

Juni 1989

elrad

öS 58,— · sfr 6,80

HEISE



Sonderteil
Umwelttechnik

DM 6,80

H 5345 E

magazin für elektronik

elrad

Digitales Signalprocessing

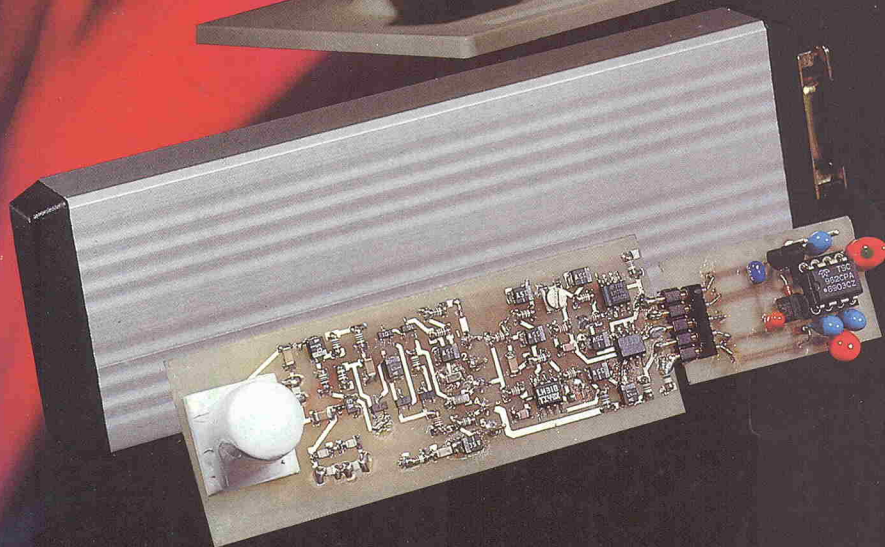
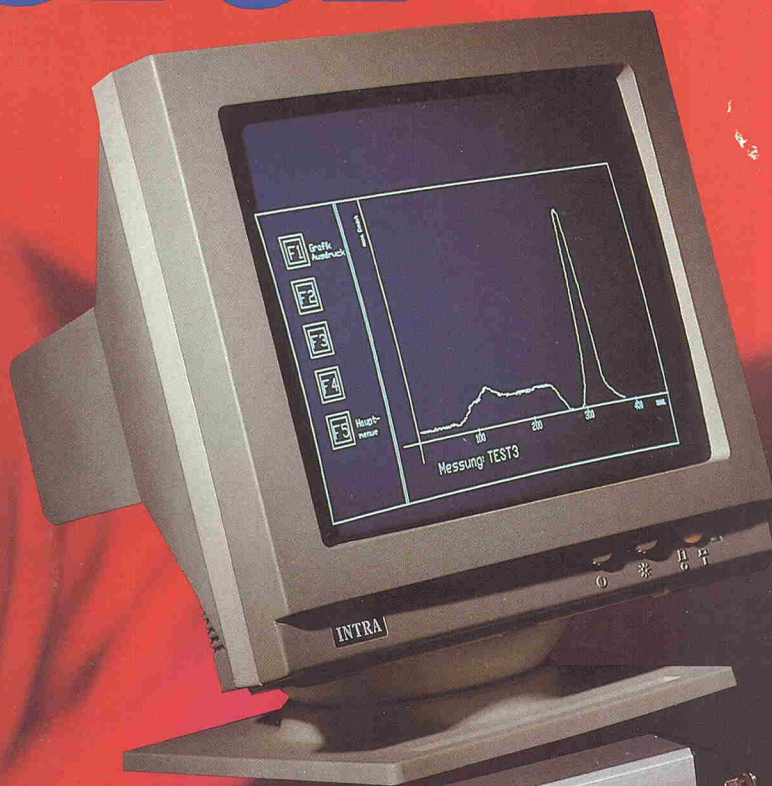
**Bits und Bytes
statt RLC**

1-Chip-Systemlösung

Klimaskop

Wattsekunden integriert

Ergoskop



Szintillationsdetektor in SMT

Gammaskop

6

Juni 1989

TTL	SN 74 LS 75	0.48
SN 7400	0.78	
SN 7401	0.84	
SN 7402	0.78	
SN 7403	0.78	
SN 7404	0.78	
SN 7405	0.78	
SN 7406	1.10	
SN 7407	1.10	
SN 7408	0.78	
SN 7409	1.10	
SN 7410	0.78	
SN 7411	0.78	
SN 7412	1.40	
SN 7413	0.78	
SN 7414	0.88	
SN 7416	0.88	
SN 7417	0.95	
SN 7420	0.78	
SN 7422	1.10	
SN 7423	2.20	

CMOS

SN 7400	0.78	
SN 7401	0.84	
SN 7402	0.78	
SN 7403	0.78	
SN 7404	0.78	
SN 7405	0.78	
SN 7406	1.10	
SN 7407	1.10	
SN 7408	0.78	
SN 7409	1.10	
SN 7410	0.78	
SN 7411	0.78	
SN 7412	1.40	
SN 7413	0.78	
SN 7414	0.88	
SN 7416	0.88	
SN 7417	0.95	
SN 7420	0.78	
SN 7422	1.10	
SN 7423	2.20	
SN 7425	1.25	
SN 7426	1.10	
SN 7427	1.10	
SN 7428	0.84	
SN 7430	1.10	
SN 7432	1.11	
SN 7433	1.11	
SN 7437	1.11	
SN 7438	1.11	
SN 7440	1.02	
SN 7441	5.15	
SN 7442	1.30	
SN 7443	2.28	
SN 7444	2.39	
SN 7445	2.56	
SN 7446	2.56	
SN 7448	4.50	
SN 7450	0.27	
SN 7451	0.65	
SN 7453	0.78	
SN 7454	0.57	
SN 7460	0.75	
SN 7470	1.42	
SN 7472	1.30	
SN 7473	1.30	
SN 7474	1.12	
SN 7475	1.10	
SN 7476	1.50	
SN 7480	3.70	
SN 7481	6.00	
SN 7482	4.10	
SN 7483	2.25	
SN 7484	6.00	
SN 7485	2.15	
SN 7486	1.36	
SN 7489	5.73	
SN 7490	1.36	
SN 7491	0.75	
SN 7492	1.63	
SN 7493	1.50	
SN 7494	2.35	
SN 7495	2.14	
SN 7496	2.18	
SN 7497	13.20	
SN 74100	7.92	
SN 74104	3.70	
SN 74105	2.17	
SN 74107	1.45	
SN 74109	1.45	
SN 74110	3.99	
SN 74111	3.44	
SN 74115	5.95	
SN 74116	4.44	
SN 74118	6.90	
SN 74119	5.97	
SN 74120	4.36	
SN 74121	1.40	
SN 74122	2.30	
SN 74123	1.47	
SN 74125	1.80	
SN 74126	1.80	
SN 74128	2.15	
SN 74132	1.59	
SN 74136	1.94	
SN 74141	2.73	
SN 74142	13.30	
SN 74143	9.68	
SN 74144	14.75	
SN 74145	2.79	
SN 74147	4.70	
SN 74148	3.20	
SN 74 LS 00	0.31	
SN 74 LS 01	0.30	
SN 74 LS 02	0.31	
SN 74 LS 03	0.31	
SN 74 LS 04	0.31	
SN 74 LS 05	0.31	
SN 74 LS 08	0.31	
SN 74 LS 09	0.31	
SN 74 LS 10	0.31	
SN 74 LS 11	0.31	
SN 74 LS 12	0.31	
SN 74 LS 13	0.31	
SN 74 LS 14	0.41	
SN 74 LS 15	0.31	
SN 74 LS 20	0.31	
SN 74 LS 21	0.31	
SN 74 LS 22	0.31	
SN 74 LS 26	0.31	
SN 74 LS 27	0.31	
SN 74 LS 28	0.31	
SN 74 LS 30	0.31	
SN 74 LS 32	0.31	
SN 74 LS 33	0.31	
SN 74 LS 37	0.31	
SN 74 LS 38	0.31	
SN 74 LS 40	0.31	
SN 74 LS 42	0.54	
SN 74 LS 47	0.85	
SN 74 LS 48	0.78	
SN 74 LS 49	1.37	
SN 74 LS 51	0.31	
SN 74 LS 54	0.31	
SN 74 LS 55	0.31	
SN 74 LS 63	3.38	
SN 74 LS 73	0.59	
SN 74 LS 74	0.44	

Transistoren

AC 187 K	1.03
AC 188 K	1.03
BC 107 B	0.33
BC 108 B	0.30
BC 140-10	0.46
BC 140-16	0.44
BC 160-16	0.45
BC 177 B	0.30
BC 178 B	0.30
BC 179 B	0.30
BC 237 A	0.10
BC 237 B	0.10
BC 307 B	0.10
BC 327-25	0.11
BC 328-25	0.11
BC 337-25	0.11
BC 338-25	0.11
BC 516	0.18
BC 517	0.30
BC 546	0.08
BC 547	0.08
BC 548	0.08
BC 549	0.08
BC 550	0.08
BC 551	0.13
BC 552	0.08
BC 553	0.08
BC 554	0.08
BC 555	0.08
BC 556	0.11
BC 557	0.08
BC 558	0.08
BC 559	0.08
BC 560	0.11
BC 561	0.08
BC 562	0.08
BC 563	0.08
BC 564	0.08
BC 565	0.08
BC 566	0.08
BC 567	0.08
BC 568	0.08
BC 569	0.08
BC 570	0.08
BC 571	0.08
BC 572	0.08
BC 573	0.08
BC 574	0.08
BC 575	0.08
BC 576	0.08
BC 577	0.08
BC 578	0.08
BC 579	0.08
BC 580	0.08
BC 581	0.08
BC 582	0.08
BC 583	0.08
BC 584	0.08
BC 585	0.08
BC 586	0.08
BC 587	0.08
BC 588	0.08
BC 589	0.08
BC 590	0.08
BC 591	0.08
BC 592	0.08
BC 593	0.08
BC 594	0.08
BC 595	0.08
BC 596	0.08
BC 597	0.08
BC 598	0.08
BC 599	0.08
BC 600	0.08
BC 601	0.08
BC 602	0.08
BC 603	0.08
BC 604	0.08
BC 605	0.08
BC 606	0.08
BC 607	0.08
BC 608	0.08
BC 609	0.08
BC 610	0.08
BC 611	0.08
BC 612	0.08
BC 613	0.08
BC 614	0.08
BC 615	0.08
BC 616	0.08
BC 617	0.08
BC 618	0.08
BC 619	0.08
BC 620	0.08
BC 621	0.08
BC 622	0.08
BC 623	0.08
BC 624	0.08
BC 625	0.08
BC 626	0.08
BC 627	0.08
BC 628	0.08
BC 629	0.08
BC 630	0.08
BC 631	0.08
BC 632	0.08
BC 633	0.08
BC 634	0.08
BC 635	0.08
BC 636	0.08
BC 637	0.08
BC 638	0.08
BC 639	0.08
BC 640	0.08
BC 641	0.08
BC 642	0.08
BC 643	0.08
BC 644	0.08
BC 645	0.08
BC 646	0.08
BC 647	0.08
BC 648	0.08
BC 649	0.08
BC 650	0.08
BC 651	0.08
BC 652	0.08
BC 653	0.08
BC 654	0.08
BC 655	0.08
BC 656	0.08
BC 657	0.08
BC 658	0.08
BC 659	0.08
BC 660	0.08
BC 661	0.08
BC 662	0.08
BC 663	0.08
BC 664	0.08
BC 665	0.08
BC 666	0.08
BC 667	0.08
BC 668	0.08
BC 669	0.08
BC 670	0.08
BC 671	0.08
BC 672	0.08
BC 673	0.08
BC 674	0.08
BC 675	0.08
BC 676	0.08
BC 677	0.08
BC 678	0.08
BC 679	0.08
BC 680	0.08
BC 681	0.08
BC 682	0.08
BC 683	0.08
BC 684	0.08
BC 685	0.08
BC 686	0.08
BC 687	0.08
BC 688	0.08
BC 689	0.08
BC 690	0.08
BC 691	0.08
BC 692	0.08
BC 693	0.08
BC 694	0.08
BC 695	0.08
BC 696	0.08
BC 697	0.08
BC 698	0.08
BC 699	0.08
BC 700	0.08
BC 701	0.08
BC 702	0.08
BC 703	0.08
BC 704	0.08
BC 705	0.08
BC 706	0.08
BC 707	0.08
BC 708	0.08
BC 709	0.08
BC 710	0.08
BC 711	0.08
BC 712	0.08
BC 713	0.08
BC 714	0.08
BC 715	0.08
BC 716	0.08
BC 717	0.08
BC 718	0.08
BC 719	0.08
BC 720	0.08
BC 721	0.08
BC 722	0.08
BC 723	0.08
BC 724	0.08
BC 725	0.08
BC 726	0.08
BC 727	0.08
BC 728	0.08
BC 729	0.08
BC 730	0.08
BC 731	0.08
BC 732	0.08
BC 733	0.08
BC 734	0.08
BC 735	0.08
BC 736	0.08
BC 737	0.08
BC 738	0.08
BC 739	0.08
BC 740	0.08
BC 741	0.08
BC 742	0.08
BC 743	0.08
BC 744	0.08
BC 745	0.08
BC 746	0.08
BC 747	0.08
BC 748	0.08
BC 749	0.08
BC 750	0.08
BC 751	0.08
BC 752	0.08
BC 753	0.08
BC 754	0.08
BC 755	0.08
BC 756	0.08
BC 757	0.08
BC 758	0.08
BC 759	0.08
BC 760	0.08
BC 761	0.08
BC 762	0.08
BC 763	0.08
BC 764	0.08
BC 765	0.08
BC 766	0.08
BC 767	0.08
BC 768	0.08
BC 769	0.08
BC 770	0.08
BC 771	0.08
BC 772	0.08
BC 773	0.08
BC 774	0.08
BC 775	0.08
BC 776	0.08
BC 777	0.08
BC 778	0.08
BC 779	0.08
BC 780	0.08
BC 781	0.08
BC 782	0.08
BC 783	0.08
BC 784	0.08
BC 785	0.08
BC 786	0.08
BC 787	0.08
BC 788	0.08
BC 789	0.08
BC 790	0.08
BC 791	0.08
BC 792	0.08
BC 793	0.08
BC 794	0.08
BC 795	0.08
BC 796	0.08
BC 797	0.08
BC 798	0.08
BC 799	0.08
BC 800	0.08
BC 801	0.08
BC 802	0.08
BC 803	0.08
BC 804	0.08
BC 805	0.08
BC 806	0.08
BC 807	0.08
BC 808	0.08
BC 809	0.08
BC 810	0.08
BC 811	0.08
BC 812	0.08
BC 813	0.08
BC 814	0.08
BC 815	0.08
BC 816	0.08
BC 817	0.08
BC 818	0.08
BC 819	0.08
BC 820	0.08
BC 821	0.08
BC 822	0.08
BC 823	0.08
BC 824	0.08
BC 825	0.08
BC 826	0.08
BC 827	0.08
BC 828	0.08
BC 829	0.08
BC 830	0.08
BC 831	0.08
BC 832	0.08
BC 833	0.08
BC 834	0.08
BC 835	0.08
BC 836	0.08
BC 837	0.08
BC 838	0.08
BC 839	0.08
BC 840	0.08
BC 841	0.08
BC 842	0.08
BC 843	0.08
BC 844	0.08
BC 845	0.08
BC 846	0.08
BC 847	0.08
BC 848	0.08
BC 849	0.08
BC 850	0.08
BC 851	0.08
BC 852	0.08
BC 853	0.08
BC 854	0.08
BC 855	0.08
BC 856	0.08
BC 857	0.08
BC 858	0.08
BC 859	0.08
BC 860	0.08
BC 861	0.08
BC 862	0.08
BC 863	0.08
BC 864	0.08
BC 865	0.08
BC 866	0.08
BC 867	0.08
BC 868	0.08
BC 869	0.08
BC 870	0.08
BC 871	0.08
BC 872	0.08
BC 873	0.08
BC 874	0.08
BC 875	0.08
BC 876	0.08
BC 877	0.08
BC 878	0.08
BC 879	0.08
BC 880	0.08
BC 881	0.08
BC 882	0.08
BC 883	0.08
BC 884	0.08
BC 885	0.08
BC 886	0.08
BC 887	0.08
BC 888	0.08
BC 889	0.08
BC 890	0.08
BC 891	0.08
BC 892	0.08
BC 893	0.08
BC 894	0.08
BC 895	0.08
BC 896	0.08
BC 897	0.08
BC 898	0.08
BC 899	0.08
BC 900	0.08
BC 901	0.08
BC 902	0.08
BC 903	0.08
BC 904	0.08
BC 905	0.08
BC 906	0.08
BC 907	0.08
BC 908	0.08
BC 909	0.08
BC 910	0.08
BC 911	0.08
BC 912	0.08
BC 913	0.08
BC 914	0.08
BC 915	0.08
BC 916	0.08
BC 917	0.08
BC 918	0.08
BC 919	0.08
BC 920	0.08
BC 921	0.08
BC 922	0.08
BC 923	0.08
BC 924	0.08
BC 925	0.08
BC 926	0.08
BC 927	0.08
BC 928	0.08
BC 929	0.08
BC 930	0.08
BC 931	0.08
BC 932	0.08
BC 933	0.08
BC 934	0.08
BC 935	0.08
BC 936	0.08
BC 937	0.08
BC 938	0.08
BC 939	0.08
BC 940	0.08
BC 941	0.08
BC 942	0.08
BC 943	0.08
BC 944	0.08
BC 945	0.08
BC 946	0.08
BC 947	0.08
BC 948	0.08
BC 949	0.08
BC 950	0.08
BC 951	0.08
BC 952	0.08
BC 953	0.08
BC 954	0.08
BC 955	0.08
BC 956	0.08
BC 957	0.08
BC 958	0.08
BC 959	0.08
BC 960	0.08
BC 961	0.08
BC 962	0.08
BC 963	0.08
BC 964	0.08
BC 965	0.08
BC 966	0.08
BC 967	0.08
BC 968	0.08
BC 969	0.08
BC 970	0.08
BC 971	0.08
BC 972	0.08
BC 973	0.08
BC 974	0.08
BC 975	0.08
BC 976	0.08
BC 977	0.08
BC 978	0.08
BC 979	0.08
BC 980	0.08
BC 981	0.08
BC 982	0.08
BC 983	0.08
BC 984	0.08
BC 985	0.08
BC 986	0.08
BC 987	0.08
BC 988	0.08
BC 989	0.08
BC 990	0.08
BC 991	0.08
BC 992	0.08
BC 993	0.08
BC 994	0.08
BC 995	0.08
BC 996	0.08
BC 997	0.08
BC 998	0.08
BC 999	0.08
BC 1000	0.08
BC 1001	0.08
BC 1002	0.08
BC 1003	0.08
BC 1004	0.08
BC 1005	0.08
BC 1006	0.08
BC 1007	0.08
BC 1008	0.08
BC 1009	0.08
BC 1010	0.08
BC 1011	0.08
BC 1012	0.08
BC 1013	0.08
BC 1014	0.08
BC 1015	0.08
BC 1016	0.08
BC 1017	0.08
BC 1018	0.08
BC 1019	0.08
BC 1020	0.08
BC 1021	0.08
BC 1022	0.08
BC 1023	0.08
BC 1024	0.08
BC 1025	0.08
BC 1026	0.08
BC 1027	0.08
BC 1028	0.08
BC 1029	0.08
BC 1030	0.08
BC 1031	0.08
BC 1032	0.08
BC 1033	0.08
BC 1034	0.08
BC 1035	0.08
BC 1036	0.08
BC 1037	0.08
BC 1038	0.08
BC 1039	0.08
BC 1040	0.08
BC 1041	0.08
BC 1042	0.08
BC 1043	0.08
BC 1044	0.08
BC 1045	0.08
BC 1046	0.08
BC 1047	0.08
BC 1048	0.08
BC 1049	0.08
BC 1050	0.08
BC 1051	0.08
BC 1052	0.08
BC 1053	0.08
BC 1054	0.08
BC 1055	0.08
BC 1056	0.08
BC 1057	0.08
BC 1058	0.08
BC 1059	0.08
BC 1060	0.08
BC 10	

Bec-Querelen

Wenn, wie im Bergischen Land östlich von Köln, eine Atomreaktorfabrik auf dem Berg steht, bestehen gute Aussichten, in den Gewässern des Tales radioaktive Substanzen zu finden, falls solche entweichen. Der Schreiber dieser Zeilen, Anfang der 60-er Jahre dort beschäftigt, hatte die Aufgabe, regelmäßig Wasserproben aus dem „Firmenteich“ zu entnehmen. Immer dieselbe Prozedur: Szinti mit Eichquelle überprüfen, Proben eindampfen, wiegen und messen.

Jedesmal nur Hintergrundstrahlung. Nur einmal gab es kräftige Peaks: einige Wochen, nachdem die erste chinesische A-Bombe in der Atmosphäre gezündet worden war. „Jetzt bekommen die Fische Schlitzaugen“ spottete damals ein Kollege.

Makabere Sprüche dieser Kategorie sind out. Der Versuch, die Atomenergie zu nutzen, ist längst ein Trauerspiel voller echter makaberer Szenen. Mit Harrisburg und Tschernobyl konnte man rechnen: kalkuliertes Restrisiko. Wenn ein Reaktor im Schnitt alle 10.000 Jahre hochgeht, passiert es bei 500 AKWs im Schnitt alle 20 Jahre.

Doch diese zwei Katastrophenstücke werden noch lange auf dem Spielplan stehen: Erst kürzlich, nach fast 10 Jahren versuchten Abbruchs, kam die Entscheidung, den US-Meiler dicht zu betonieren — nachdem die Abbrucharbeiten sehr wahrscheinlich ¹⁾ mehr nichtsahnende Krebsopfer gefordert hatten als die heißen Tage von 1979. Und das Tschernobyl-Strontium, das nur langsam in die Nahrungskette gelangt: Wann wird es uns aufgetischt? In 10 Jahren? In 30 Jahren?

Die Schauspieler aus dem Industrie-Lager liefern dazu allerdings weiterhin passende Sprüche der makaberen Art — zum Beispiel: „Wo sind denn in Tschernobyl die hunderttausend Gautoten?“ Klar: Nur wer gleich umfällt, hat zuviel Dosis abbekommen. Wer Krebs kriegt, hat wahrscheinlich zuviel geraucht. Nach dieser Logik ist die Atomreaktortechnik, diese bisher massivste Kriegshandlung gegen die Natur dieses Planeten, sogar umweltfreundlich.

Derweil geht das makabere Schauspiel weiter. Nachdem in Kalkar der operative und in Hamm der definitive Stillstand eingetreten sind, bleiben vielleicht auch den wackeren

Wackersdorfern ihre 1600 Arbeitsplätze mit eingebauter Leukämie erspart; doch ihr Bürgermeister bejubelt nicht die Rettung der Opfer, sondern beweint vor laufender Kamera den mutmaßlichen Rückzug der Täter.

Das Publikum jedoch hat größtenteils das Schmierentheater durchschaut, die Gefahr erkannt. Und eben wegen ihrer Gefährlichkeit wird sich die Atomenergietechnik nicht durchsetzen, nicht etwa deshalb, „weil es in der Bevölkerung ein Akzeptanzproblem gibt“ — wie die Strahlemänner ihr Rückzugsgefecht kommentieren. Nichts hat geholfen. Nicht der mißbrauchte Steuerzahler, ja nicht einmal die schö-

nen neuen Maßeinheiten für die Strahlendosis (1 neues Gray entspricht 100 alten rad), für die Äquivalentdosis (1 Sv = 100 rem) und die radikale Reduzierung von 3876 Röntgen Dosisleistung auf gerade mal 1 harmloses Coulomb/kg. Ein neues Sellafield ist ein altes Windscale zuviel.

In Tschernobyl, wo die Evakuierung kein Ende nimmt, haben kürzlich Umweltschützer den zum Aufräumen abkommandierten Wehrpflichtigen Geigerzähler in die Hand gedrückt: Die Geräte wurden prompt konfisziert. Elektronik in der Hand der potentiellen Opfer — eine Waffe gegen den Wahnsinn?

Die vielen hundert Atomkultstätten werden auch das deutsche Publikum weiterhin in Atem halten. Denn, das hat schon damals der Teich an den Tag gebracht: China ist kaum weiter weg als Cattenom oder Stade.

Manfred H. Kalsbach

Manfred H. Kalsbach

So rechnet die Atomindustrie: ²⁾

Frage: Wann ist die Einführung einer Strahlenschutzmaßnahme nicht erforderlich?

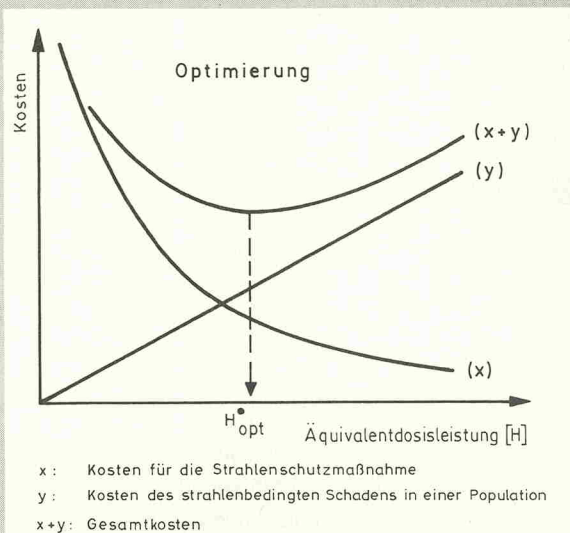
Antwort: Wenn der untere Eingriffswert der Dosis nicht überschritten wird.

Frage: Wie wird der untere Eingriffswert der Dosis hergeleitet?

Antwort: Durch Optimierung von Nutzen und Kosten einer Strahlenschutzmaßnahme, nach folgendem Verfahren:

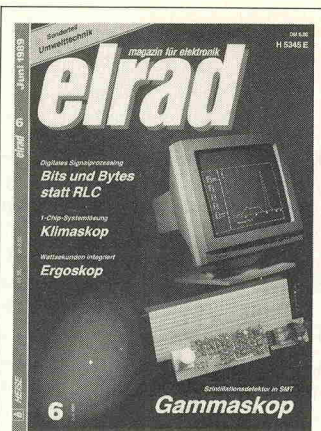
Ergebnis: Die tolerierte Dosisleistung H_{opt} wird nicht nach rein gesundheitlich-medizinischen Gesichtspunkten ermittelt, sondern rein nach Kosten-gesichtspunkten.

Oder auch: Es wird soviel toleriert, daß die Kosten von Strahlenschutzmaßnahmen und Menschenopfern minimal sind. Eine wahrhaft optimale Dosis.



¹⁾ Nach Einschätzung eines kanadischen Fernseheteams.

²⁾ Grafik aus: Alexander Kaul, Bundesgesundheitsministerium: „Ionisierende Strahlung“ MMV Medizin Verlag, München 1987



Titelgeschichte

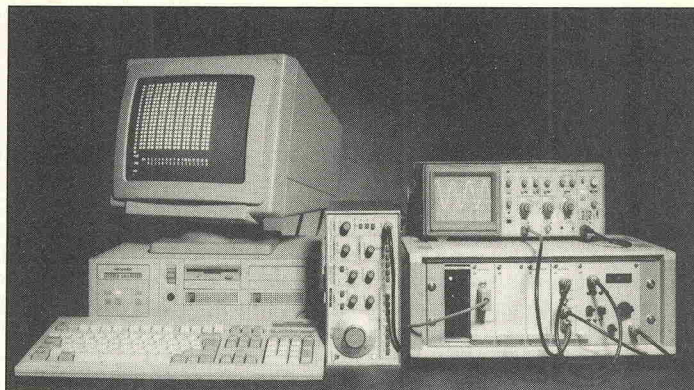
Zerfalls-

erscheinungen

Das Synonym für radioaktive Kontaminierung — egal ob bei Mensch oder Salatkopf — ist in Filmen das beängstigende Knattern eines Geiger-Müller-Zählrohrs. Meßtechnisch wird bei diesem Verfahren die ionisierende Wirkung der Radioaktivität auf Gase ausgenutzt. Die Auswertung eines anderen Sekundäreffektes — das Auftreten von Lichtquanten in bestimmten Materialien — wird in dem Projekt eines Szintillationszählers beschrieben. Dieses Projekt wiederum ist die Hauptgeschichte im Schwerpunktthema „Umwelt“.

■ Seite 36

γ -
Skop



Digital filtern

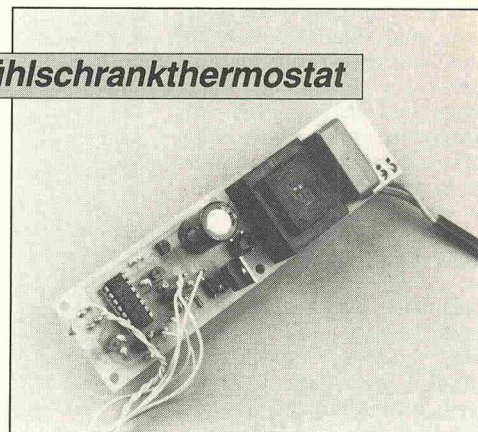
Als Einstieg in die digitale Signalverarbeitung behandelt der vierte Teil des Signalprozessor-Projektes 'Kurz-er Prozeß' die Grundlagen der digitalen Filterung.

Weiterhin gibt es Auskünfte über die Kommandos und Protokolle der Terminalkopplung PC-DSP-System.

■ Seite 70

Digitaler Kühlschrankthermostat

So ein Kühlschrank hat's nicht gerade leicht: Ab und an leise surrend verrichtet er jahrelang klaglos seinen kühlenden Dienst, obwohl dem eiskalten Haushalts-Engel vom Benutzer dafür kaum Aufmerksamkeit entgegengebracht wird — die schenkt der User eher dem Kühlschrank-Inhalt. Aber eines Tages ist es dann so weit: Der Thermostat fällt aus. Doch bevor man jetzt eine Reparatur-Werkstatt gerade bei älteren Modellen in Ersatzteil-Beschaffungsschwierigkeiten bringt oder den Kühlschrank, der nun seinem Namen nicht mehr gerecht wird, der finalen Entsorgung zuführt, sollte man einen kühlen Kopf bewahren und ganz cool weiterblättern bis



schaffungsschwierigkeiten bringt oder den Kühlschrank, der nun seinem Namen nicht mehr gerecht wird, der finalen Entsorgung zuführt, sollte man einen kühlen Kopf bewahren und ganz cool weiterblättern bis

■ Seite 26

Einzeller High machen

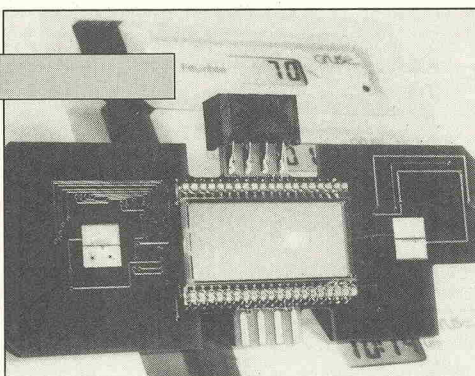
Batterien und Halbleiter passen ganz gut zusammen, was Strom-‘Vorrat’ und Stromverbrauch betrifft. Spannungsmäßig sieht es ungünstiger aus. Erst mehrere Batteriezellen in Reihe schaffen

eine brauchbare Spannung. Doch jetzt gibt es passende 1 V/5 V-DC/DC-Wandler. Sie machen Einzeller High. Rubrik: Schaltungstechnik aktuell.

Seite 12

Alle Wetter!

Das Wetter hat viele Seiten. Ungefähr genauso viele, wie das in diesem Heft beschriebene Meßsystem. Denn dieses System ist ausbaubar. Und anpaßbar. Es besteht aus einzelnen Multifunktions-Meßmodulen, die — zusammengekommen und mit einer Basisstation versehen — auch nicht vor der Kommunikation mit einem

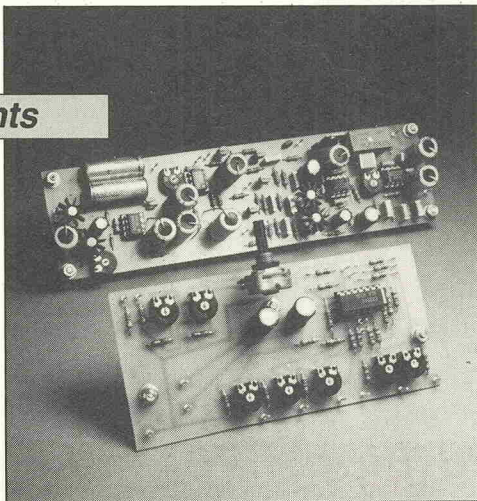


Rechner haltmachen. Alles in allem: Das Meßsystem hat viele Seiten. Und eine davon ist die Wetterstation.

Seite 19

Cockpit rechts

Der DC-gesteuerte Klangsteller ‘Audio-Cockpit’ geht in die nächste Runde. Der dritte Teil beschreibt die Projekt-Einheiten, die das Gerät stereofähig machen.



Seite 58

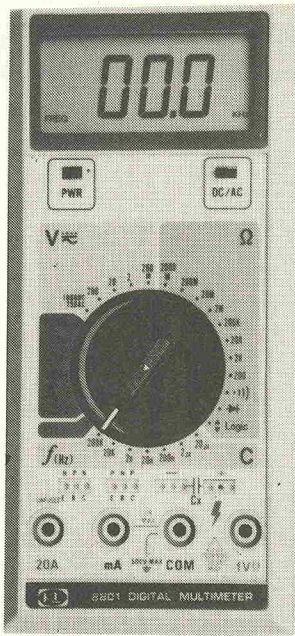
Gesamtübersicht

	Seite
„...“	3
Briefe	6
aktuell	8
Schaltungstechnik aktuell	12
Arbeit & Ausbildung ..	15
Wetterstation Prima Klima?	19
Kühlschrank-Thermostat Ein cooler Typ	26
Ausprobiert Servicenter	30
Das Thema: Umwelt-Technik	31
Vorverstärker Audio-Cockpit (3)	58
Die elrad-Laborblätter Low-Power-ICs (3) ...	63
E-Mathe	68
DSP Kurzer Prozeß (4)	70
Layouts	79
Elektronik-Einkaufsverzeichnis ..	81
Die Inserenten	85
Impressum	83
Vorschau	86



NEU Das Digitalmultimeter als Universaltester!!! NEU

3 ½ stelliges Digitalmultimeter MODELL 8801



- * mit Frequenzmessung (200kHz)
- * mit Kapazitätsmessung 1pF Auflösung bis 20µF
- * mit Dioden/Logik- und Transistortest
- * Gleichspannung 200mV bis 1000V 0,5% Grundgenauigk.
- * Wechselspannung 200mV bis 750V 0,8% Grundgenauigk.
- * Gleich- u. Wechselstrom 200µA bis 20A, Auflösung. 100nA
- * Widerstand. 2000Ohm bis 200MOhm
- * Große Anzeige * Über- und Batterie low wird angezeigt

Mit Ersatzsicherung, Batterie, Prüfschnüre u. Tragetasche
Universal-Netzteil dazu

nur 109,— DM
nur 9,90 DM

BRENNER, Elektronik & Messtechnik,

Kerneigenstr. 1, 8348 Wittibreut,
Tel. 08574-295, Fax. 08574-852

Briefe an die Redaktion

OFW-Bericht — zu oberflächlich?

In der Ausgabe 4/89, Seite 16, berichtete elrad in der Rubrik „Schaltungstechnik aktuell — Neue Bauelemente“ über die Schaltungstechnik von Oberflächenwellen-Resonatoren. Im Mittelpunkt der Betrachtung stand das OFW R2554 von Siemens. Vielleicht doch kein neues Bauelement?

Es ist bedauerlich, daß in diesem Artikel behauptet wird: „... der OFW R2554 ... ist als Schwerpunkttyp kurzfristig auch in kleineren Stückzahlen lieferbar“, ohne diese Aussage mit Siemens vorher abgestimmt zu haben. Es ist doch sonst nicht möglich, daß ca. zwei Wochen nach Erscheinen des Artikels Siemens mitteilt: „Nicht mehr in unserem Lieferprogramm. Ersatzlos gestrichen.“

H. Jonckers
4444 Bad Bentheim

Die Schwerpunkttypen, die der für kleinere Stückzahlen zuständige Siemens-Bauteile-Service in Fürth bereit hält, sind nach (allgemeiner) Aussage der Firma kurzfristig lieferbar. In dem Prospekt „Oberflächenwellen-Resonatoren auf Quarz von 200 MHz bis 1000 MHz, Lieferprogramm 1988/89“, der ebendort erhältlich ist, wird der

R2554 als Schwerpunkttyp aufgeführt. Im übrigen ist der elrad-Beitrag nach Unterlagen entstanden, die Siemens Ende letzten Jahres zur „Electronica“ herausgegeben hatte. Der elrad-Beitrag enthält also keine Falschbehauptung, und anlässlich der Erarbeitung des Beitrags im Februar bestand auch kein Anlaß, eine besondere Recherche vom Stapel zu lassen.

Das hat inzwischen Siemens getan, und zwar bei Siemens. Der Laden war ja schon immer etwas groß und unübersichtlich. Die Münchener Zentrale konnte für uns ermitteln: Seit 1. 4. 1989 wird in Fürth statt des R2554 der preiswertere Nachfolgetyp R2527 ausgeliefert; dieser ist, da Schwerpunkttyp, kurzfristig auch in kleineren Stückzahlen lieferbar.

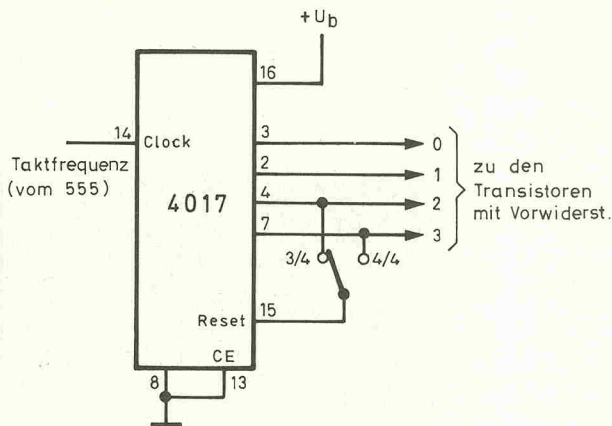
Bei alledem muß man vielleicht berücksichtigen, daß ein Siemens-Geschäftsjahr bereits am 30. 9. endet und daß die Produktpalette zur Mitte des Siemens-Jahres, nämlich zum April überarbeitet wird.

(Red.)

Hifi-Boxen Selbstbauen!
Hifi-Disco-Musiker Lautsprecher
Geld sparen leichtgemacht durch bewährte Komplettbausätze der führenden Fabrikate
Katalog kostenlos!



LSV-HAMBURG
Lautsprecher Spezial Versand
Postfach 76 08 02/E · 2000 Hamburg 76
Tel. 040/29 17 49



Takt — ganz einfach

In Heft 4/89, Seite 32, brachte elrad unter dem Titel „Takt“ das Projekt eines Metronoms. Ein elrad-Leser entdeckte ein wesentliches Schaltungsmerkmal: viel konzeptionelle Redundanz.

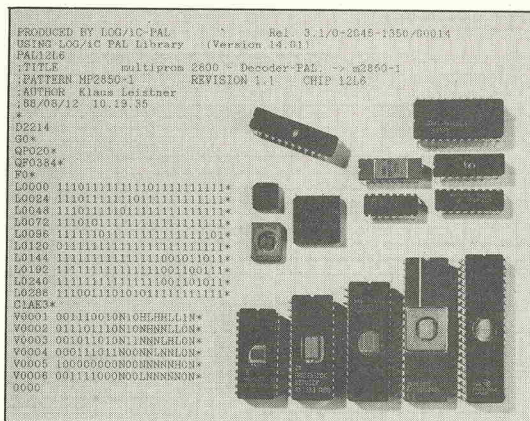
Als Musiker hat es mich natürlich gefreut, daß gleich nach der „Übungsröhre“ wieder ein

Beitrag „für uns“ dabei war. Ich finde das Taktgerät praktisch und bauenswert, jedoch stört mich der enorme Schaltungsaufwand: Die vier 74-er ICs könnte man nämlich durch ein einziges CMOS-IC namens 4017 ersetzen (siehe Skizze).

Bruno Heil
GB-Burgess Hill

elrad 1989, Heft 6





Programmierservice

PROMs & EPROMs, PALs & GALs

Die Firma Celetronic, Berlin, wird ihren dort schon länger eingeführten Programmierservice auf das gesamte Bundesgebiet ausdehnen. Das Angebot richtet sich an alle Anwender von pro-

grammierbaren Bauelementen, für die die Anschaffung eines eigenen PLD- oder (E)PROM-Programmiergerätes nicht lohnend ist. Der Service kann auch dann eine günstige Lösung sein, wenn einmalig und/oder innerhalb kurzer Zeit eine größere Produktionsmenge benötigt wird, der Bauteil-Typ jedoch mit vorhan-

denem Gerät nicht programmiert werden kann.

Bei Celetronic als deutschem Entwickler und Hersteller von Programmiergeräten steht das Equipment bereit, um fast alle Arten von PLDs, bipolaren PROMs, EPROMs, EEPROMs sowie Intel-Prozessoren der Reihen 874X und 87

elrad 4/89	Bs.	Pl.
Autoranging Multimeter ohne LCD-Modul	339,00	64,00
MMIC-Antennen-Verteiler	26,00	11,00
Universeller Meßverstärker	808,00	64,00
Breitbandverstärker mit Vorteiler	31,00	6,00
Metronom	45,00	26,00
Klanginstellsystem, NF- u. Klang	49,90	59,00
Klanginstellsystem, Steuerteil	67,50	—
Klanginstellsystem, Overload	6,69	—
Klanginstellsystem, Stromversorgung	14,49	—
Digi-Signal-System, Speicher, oh. Speicher	159,00	64,00
RAM 62256-15(10)	—	224,00
Digi-Signal-System, A/D-D/A-Wandler	224,00	64,00
Digi-Signal-System, Erweiterung	138,99	64,00

Info: Die Original-elrad-Bausätze werden ab Heft 10/1988 ohne Aufpreis grundsätzlich mit gedrehten Präzisions-IC-Fassungen sowie Metallwiderständen bestückt.

Wir halten zu allen neuen Bauanleitungen aus elrad, elektor und ELO die kompletten Bausätze sowie die Platinen bereit!
Fordern Sie unsere Liste Nr.: 06/9 gegen frankierten Rückumschlag an!

elrad 5/1989	Bs.	Pl.
Auto Devil, 30W Mono inkl. Kühlkörper	79,00	64,00
Auto Devil, Wandler 12V/40V	—	—
(4x 10 000µs/63V)	220,00	40,00
Auto Devil, Limiter ohne ALC-6100	120,00	38,00
Limiter Modul ALC-6100	75,00	—
PAL-Alarm, Autoalarmanlage inkl. PAL	33,00	10,00
Kapazitive Objektüberwachung	65,90	19,00

Preise der älteren elrad-Bausätze entnehmen Sie bitte unserer Anzeige im jeweiligen Heft.

Bausätze, Spezialbauteile und Platinen auch zu älteren elrad-Projekten lieferbar!



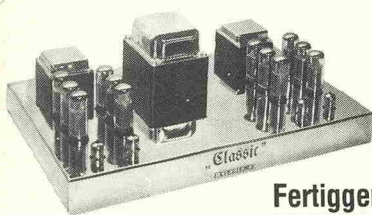
Diesselhorst Elektronik
Inh. Rainer Diesselhorst
Hohenstaufenring 16
4950 Minden
Tel. 0571/57514
Btx/Tx: 0571 5800108

Vertrieb für Österreich:
Fa. Ingeborg Weiser
Versandhandel mit elektronischen
Bausätzen aus elrad
Schembergasse 1D,
1230 Wien, Tel. 02 22/886329

Alle elrad-Qualitäts-Bausätze liefern wir Ihnen in Blister-(SB)-Verpackung aus. Hierdurch werden Transportschäden, wie sie bei Tütenverpackungen entstehen, weitgehendst vermieden!

Unsere Garantie-Bausätze enthalten nur Bauteile 1. Wahl (keine Restposten) sowie grundsätzlich IC-Fassungen und Verschiedenes. Nicht im Bausatz enthalten: Baubeschreibung, Platine, Schaltplan und Gehäuse. Diese können bei Bedarf mitbestellt werden. Versandkosten: Nachnahme-Päckchen DM 8,50 * Nachnahme-Paket (ab 2 kg) DM 15,00 * Vorkasse-Scheck DM 6,50. Anfragenbeantwortung nur gg. frankierten Rückumschlag (DM 1,00). Bauteileliste, Bausatzliste, Gehäuseliste anfordern gegen je DM 2,50 in Bfm.

● RÖHREN- UND TRANSISTORVERSTÄRKER ● STUDIOTECHNIK ●



Fertigerät
DM 2900,—

Komplettbausatz alle elektronischen und mechanischen Bauteile einschließlich Chassis **DM 2200,—**

EXPERIENCE electronics Inh. Gerhard Haas
Weststraße 1 • 7922 Herbrechtingen • Tel. 073 24/53 18

PPP-Endstufenbausatz
PPP-Netzteilsatz
Ausgangsübertrager neue Version einschließlich vernickelter Haube
Netztrafo einschließlich vernickelter Haube
Anpaßübertrager für Moving Coil Systeme
Mu-Metall geschirmt
Studio Eingangsübertrager Mu-Metall geschirmt 1:1+1
Studio Eingangsübertrager Mu-Metall geschirmt 1:2+2
Studio Line-Übertrager 1:1
Studio Line-Split-Übertrager 1:1+1
Ausgangsübertrager für 4x 6550 A (= KT 88)
Ausgangsübertrager für 4x EL 34
Ausgangsübertrager für 2x EL 34
Ausgangsübertrager für 2 und 4x EL 84
Eintakt-Ausgangsübertrager für 1x EL 84

DM 270,—
DM 125,—
DM 180,—
DM 290,—
E-1020 DM 75,—
E-1220 DM 65,—
E-1420 DM 65,—
L-1130 C DM 35,—
L-1230 C DM 43,—
A-465 SG DM 190,—
A-434 DM 140,—
A-234 DM 110,—
A-484 US DM 115,—
A-184 DM 75,—

EXPERIENCE electronics Originalteile

Weitere Spezialtrafos und Übertrager sind in der Lagerliste enthalten. Die Datenblattmappe Ausgabe Januar 1989 über Spezialtrafos, Übertrager, Drosseln und Audiomodulen ist gegen eine Schutzgebühr von DM 9,— zuzüglich DM 2,— Versandkosten in Briefmarken o. Überweisung auf Postcheckkonto Stuttgart 205679-702 erhältlich.

Geschäftszeiten:
Montag bis Donnerstag 9.00 bis 16.00 Uhr
Freitag 9.00 bis 14.00 Uhr

HiFi-Bausätze

„Car Devil“ Spannungswandler mit 4x 10 000µ/63V DM 220,—
„Car Devil“ Limiter ohne Übertrager DM 120,—
Phasenumkehrstufe „Brückenteufel“ DM 62,—
High-End-Endstufe „Black Devil“, „Car Devil“
inkl. Kühlkörper DM 79,—
Mono-Netzteil „Black Devil“ inkl. Kühlkörper DM 107,—
Stereo-Netzteil „Black Devil“ inkl. Kühlkörper DM 127,—
Netztrafo NTT-2 DM 85,—
Vorverstärker „Vorgesetzter“ DM 175,—
Steckernetzteil fertig montiert mit Renkstecker DM 38,—
Entzerrervorst. Fertigbaustein mit sel. NE 5534 R DM 150,—
Übersühröhre, Bausatz ohne Chassis DM 200,—
Originalplatinen bitte extra bestellen.

Lagerliste mit Bausätzen, Spezialteilen, FRAKO-Elkos, Metallband-, Metalloxid-Widerständen, selektierten NE 5534 und Fertigeräten der Serie „Classic“, Prospekt MPAS über das EXPERIENCE Instrumentenverstärker-System werden zugeschiedt gegen DM 2,— Rückporto in Briefmarken. Bitte angeben, ob Prospekt MPAS gewünscht wird.

Neosid-Fertigfilter

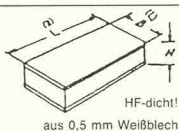
BV 5036	2,25	BV 5061	2,25
BV 5046	2,25	BV 5063	2,25
BV 5048	2,25	BV 5800	2,25
BV 5049	2,25	BV 5135	2,25
BV 50341	2,80	BV 5243	2,80
BV 5056	2,25		

Satelliten-Tuner ECS 51
(900—1750 MHz)
ZF 480 + 70 MHz DM 165,—

Tonablage
von 4,5—8 MHz abstimbar, paßt zu allen veröffentlichten Satellitenempfangsanlagen
Baus. DM 69,— Fertig DM 125,—
PLL-Baustein NE 568
Bausatz kpl. DM 40,—
In Kürze werden auch Bausatzveröffentlichungen (s. HF- und Videotechnik) aus ELRAD bzw. ELEKTOR, als Bausatz bei uns erhältlich sein.

Telef. Auftragsannahme:
Mo.—Fr. 9—12 Uhr u. 15—18 Uhr
Selbstabholer nur nach telef. Vereinbarung.

GEHÄUSE GUT LÖTBAR



MMIC

MSA 0104	11,—
MSA 0304	10,50
MSA 0404	12,50
MSA 0835	34,—
MSA 0885	13,50

NE 564	10,50
NE 568	10,—
NE 592	1,20
SL 1451	38,50
SL 1452	28,—
SP 5060	33,—
TBA 1205	2,90
TDA 5660X	8,90

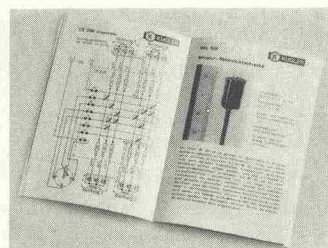
Deckel	Länge x Breite	Höhe 30 DM	Höhe 50 DM
37 x 37		2,40	
37 x 74		2,85	
37 x 111		3,50	4,20
37 x 148		4,50	
55,5 x 74		3,40	
55,5 x 111		4,70	
55,5 x 148		6,70	
74 x 74		4,70	5,—
74 x 111		6,—	6,50
74 x 148		6,70	7,50
162 x 102		12,—	13,—
f. Europakarte			

Katalog über Gesamtprogramm erhalten Sie gegen eine Schutzgebühr von DM 3,50 (Briefmarken).

WERNER ELEKTRONIK
Finkenweg 3, 4834 Harsewinkel 3, 025 88/6 23

Opto-Elektronik f. Profis u. Amateure

Bitte fordern
Sie unseren
**Mini-Katalog (A7) mit
Händler-Nachweisliste
an (kostenlos)!**



Optoelektron. Steuergeräte
Postfach 16
D-7929 Gerstetten
Telefon (0 73 23) 66 24

Köster-Elektronik fertigt Geräte für...



... Belichten

UV-Belichtungsgeräte
UV I Nutzfl. 460 x 180 mm **DM 198,—**
UV II Nutzfl. 460 x 350 mm **DM 289,—**
u.a.m.



... Ätzen

Rapid de Luxe
Nutzfl. 165 x 230 mm **DM 199,—**
Rapid III A
Nutzfl. 260 x 400 mm **DM 239,—**
u.a.m.



... Siebdrucken

Siebdruckanl. 27 x 36 cm ab DM 154,—
Siebdruckanlage Profi 43 x 53 cm ab DM 229,—
Verschiedene Ausführungen
Sämtl. Anlagen werden m. kpl. Zubehör, z.B. Farben, Rakel usw. geliefert.

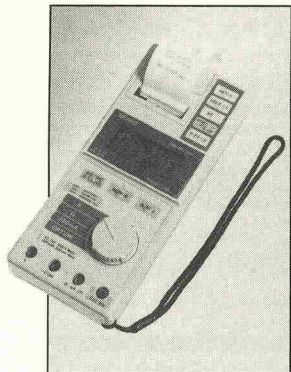


Köster-Elektronik
Am Autohof 4
7320 Göppingen
Telefon 07161/73194
Telefax 07161/13593

... außerdem

**Eprom-Löschgeräte ·
Fotopositiv beschichtetes
Basismaterial · Leuchtpulte**

Kostenlosen Katalog mit technischen Daten und Beschreibungen bitte anfordern!



Meßtechnik

Schwarz auf weiß

Neu im Vertriebsprogramm der Firma nbn-Elektronik, Herrsching, ist das druckende Digital-Multimeter SDM-3200. Neben den Meßfunktionen — Volt DC/AC, Ampere DC/AC, Ω und LPQ — verfügt das Gerät über

eine automatische Meßbereichsumschaltung und Nullpunktgleichung. Das 3 1/2-stellige LC-Display zeigt neben dem Meßwert auch die Uhrzeit bzw. das Datum an.

Der eingebaute Thermo-drucker listet neben dem jeweiligen Meßwert auch die Datums- und Zeitanzeige auf. Initialisiert wird der Drucker wahlweise manuell (über eine Starttaste) oder automatisch in Intervallen von 10 s bis 1 h. Insgesamt sind acht verschiedene Intervallauern einstellbar.

Vier Akkus versorgen das Multimeter mit dem notwendigen Betriebsstrom. Die Leistungsaufnahme beträgt 40 mW (Drucker ausgeschaltet) bzw. 1,2 W mit aktiviertem Drucker. Das über Direktvertrieb erhältliche Gerät kostet etwa 495,— DM zzgl. MWSt.

CAM

Vom Schreibtisch zum Werkstisch

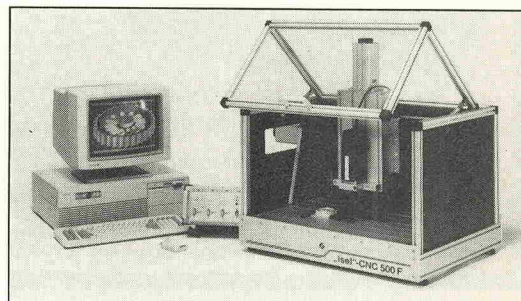
Was in größeren Industrieunternehmen schon seit einiger Zeit gang und gäbe ist, läßt so manchen Entwicklungsingenieur, aber auch Inhaber von Klein- und Mittelbetrieben vor Neid erblasen: die Möglichkeit nämlich, schnell benötigte Einzelstücke auch schnell zur Hand zu haben. CAM macht's möglich: die Verbindung computerunterstützter Konstruktion (CAD) mit numerisch programmierbaren Bearbeitungsmaschinen (CNC).

Bei der Firma Isert-Electronic heißt so eine Verbindung Desktop-NC. Hardwaremäßig besteht dieses System neben einem DOS-Rechner aus einer dreiachsigen NC-Maschine mit der Be-

zeichnung CNC 500 F, die mit einem Preis ab 6000 DM auch für kleinere Betriebe durchaus erschwinglich sein dürfte. Der x- und y-Verfahrweg dieser Maschine beträgt 500 mm, wobei der großzügig bemessene Aufspannbereich von 750 x 750 mm dafür sorgt, daß der gesamte Verfahrweg voll genutzt werden kann.

Softwareseitig kommt beispielsweise das Programm AutoCAD zum Einsatz. Das von der

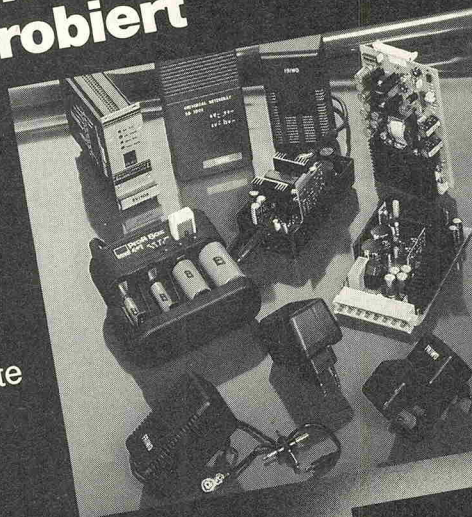
NC-Maschine anzufertigende Werkstück wird mit AutoCAD entworfen und schließlich per serieller Schnittstelle zur CNC 500 F geschickt. Wo die AutoCAD-Zeichnung Punkte enthält, bohrt die Maschine Löcher. Linien, Bögen und Texte verwandelt sie in Fräs- und Gravurbahnen. Termingeplagte Leiterplattenentwickler werden dies ebenso zu schätzen wissen wie der Ingenieur, der wieder einmal vorgestern eine gravierte, gebohrte und



ANZEIGE

Das Qualitätsprogramm — Made in W.-Germany — International approbiert

Steckernetz- und Ladegeräte für die industrielle Erstausrüstung
Ladegeräte für NiCd- und Bleibatterien
Schaltnetzteile als Steckernetzgeräte, Tischgeräte, Europakarten in Chassis- und 19"-Ausführung
Universalnetzgeräte, Ladegeräte und NiCd-Batterien



Der führende Hersteller in Europa für Kleinstromversorgungs- und Ladegeräte
Ein Unternehmen der FRIWO-Gruppe im Rahmen der CEAG Industrie-Aktien und Anlagen AG

FRIWO®

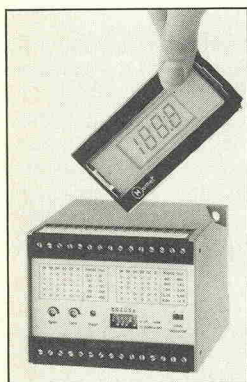
Friemann & Wolf Gerätebau GmbH · Postfach 12 09 · D-4412 Ostbevern · Telefon (02532) 81-0
Telex 892 515 fwgb · Telefax (02532) 75 50

einsatzfertige ausgefräste Frontplatte braucht. Selbst so profane Dinge wie etwas aufwendigere Türschilder sind mit weitaus weniger Zeitaufwand als bisher herstellbar.

Meßtechnik

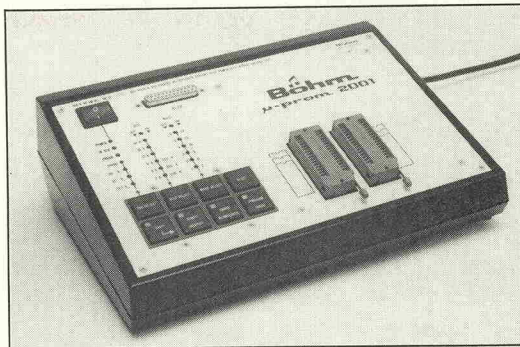
f/I-Umformer

Für die Meßwertübertragung zeitabhängiger Größen wie Drehzahl,



Geschwindigkeit oder Durchfluß stellt die Firma Dr. Horn GmbH, Schönaich, den f/I-Wandler EV 165 vor, bei dem der aktuelle Meßwert auf dem anbaubaren LC-Display dargestellt werden kann. Die 3 1/2-stellige LC-Anzeige rastet dann (anstelle der obersten Abdeckplatte) zwischen den Klemmenblöcken ein.

Mit DIP-Schaltern und Trimpoties kann der Stromausgang 0... 20 mA (bzw. 4... 20 mA) jedem in Binärschritten eingeteilten Frequenzbereich zwischen 0... 12,5 Hz und 0... 12 kHz zugeordnet werden. Das Gerät ist in einem Makrolon-Gehäuse zur Befestigung auf einer Hutschiene nach EN 50 022 eingebaut. Der Umformer wird mit einer Wechselspannung von wahlweise 220 V oder 110 V betrieben.



Programmiergerät

E-Brenner

Mit dem µ-prom 2001 stellt die Firma Böhm ein neues Programmiergerät vor, mit dem sich alle gängigen 8 Bit breiten EPROMs und EEPROMs brennen lassen. Das Gerät kann sowohl im Stand-Alone-Betrieb arbeiten als auch über die eingebaute RS-232-Schnittstelle in Verbindung mit einem Rechner betrieben werden. Neben

den üblichen Funktionen — wie Verifizieren, Kopieren, Leertest usw. — ist auch eine automatische Erkennung des Herstellers und der EPROM-Größe implementiert. Das funktioniert natürlich nur, wenn ein entsprechender 'Identify-Code' im Chip integriert ist.

Zum Brennen selbst stehen 12 Programmier-Algorithmen zur Verfügung, so daß wohl alle marktüblichen EPROMs

'behandelt' werden können. Durch einen speziellen Quick-Pulse Algorithmus läßt sich beispielsweise ein 27C64 in nur 4 Sekunden duplizieren.

Die Spannungen V_{CC} und V_{PP} sind galvanisch von den Anschlüssen der Sockel getrennt und werden erst bei Programm- oder Testläufen zugeschaltet, wobei V_{CC} für das Copy-EPROM bei schnellen Programmier-Algorithmen automatisch von 5 V auf 6 V umgeschaltet wird. Als Programmierspannung steht neben den Festspannungen 12,5 V, 21 V und 25 V eine frei programmierbare Spannung zur Verfügung. Das Ganze ist im Bausatz für ca. 900 DM zu erstehen, während für ein Fertiggerät bereits ca. 1200 DM hinzublättern sind.

ANZEIGE

Die billige Kopie aus Taiwan kann langfristig sehr teuer werden.

Hohe Arbeitsgenauigkeit bei gleichbleibender Qualität im Dauereinsatz und kurzfristige Liefertermine bei Zubehör und Ersatzteilen, zeichnen **EMCO** – Maschinen besonders aus.

Überzeugende Technik zum attraktiven Preis.



Technische Daten: EMCO FB-2

Max. Höhe zwischen Frästisch und Arbeitsspindel 370 mm
Ausladung der Spindel 163 mm
Tischgröße 630 x 150 mm
Längshub des Frästisches 380 mm
Querhub des Frästisches 140 mm
6 Drehzahlen 120/200/370/680/1100/2000 (50 Hz) U/min
Fräskopf 360° dreh- und schwenkbar

emco

Sudetenstr. 10 · Postfach 1165
8227 Siegsdorf / Oberbayern
Tel. (08662) 7065 · Fax (08662) 12168

Anforderungscoupon:

Ausfüllen und schicken an:

EMCO Maier · 8227 Siegsdorf · Postfach 1165 · Tel. (08662) 7065

Bitte schicken Sie mir Informationsmaterial über:

☐ EMCO Compact 8 ☐ EMCO FB-2 ☐ Ges. Herstellungsprogramm

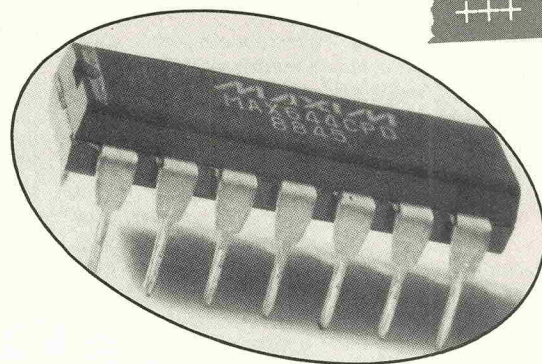
Absender: _____

Telefon: _____

Technische Daten: EMCO Compact 8

Spitzenhöhe/Spitzenweite 105 mm/450 mm
Drehdurchmesser über Support 118 mm
Spindelnase Werksnorm (ähn. DIN 55021) Morsekegel MK 3
Spindeldurchlaß 20 mm
Arbeitsspindel-drehzahlen 100/250/350/500/850/1700 U/min
Vorschübe über Leitspindel 0,09 und 0,18 mm/U

Maschinenabbildungen teilweise mit Zubehör.



Braucht nur 1,2 V:

DC-Wandler für Batterie-Einzeller

Viele Portables dürfen noch tragbarer werden, weil sich vielfach die Batterie-Reihenschaltung erübrigt. Maxim macht zwei neue DC/DC-Wandler-ICs verfügbar, die mit sehr niedrigen Spannungen arbeiten und mit einem hohen Wirkungsgrad aufwarten.

Eigenstrombedarf beträgt bei 5 V Speisespannung nur 25 μ A. Daraus resultiert bei Ausgangsströmen von 0,5 mA...50 mA ein Wirkungsgrad von über 75%. MAX 644 kann bei 1,3 V Speisespannung immerhin 5 V bei 50 mA Ausgangsstrom liefern. MAX 645 schafft bei 3 V Speisespannung 5 V Ausgangsspannung bei 100 mA Laststrom.

Damit bieten sich zahlreiche Einsatzmöglichkeiten für diese Wandlerbausteine, z.B.:

- Personenruf-Portables
- Solargespeiste Geräte
- Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (battery backup)
- Batteriegespeiste Meßgeräte

Der hohe Wirkungsgrad wird durch eine patentierte Doppel-Konverter-Technik erreicht, wobei zwei Wandlerstufen hintereinander geschaltet sind. Der erste Wandler hebt die Primärspannung auf 12 V an. Diese 12-V-Kleinleistungsstromversorgung in einer Bootstrap-Konfiguration bildet die Stromversorgung für den Chip selbst. Die 12 V garantieren ausreichende Spannungsreserve, um den Durchlaßwiderstand (ON-Widerstand) eines N-Kanal-Leistungs-MOSFETs des zweiten („Haupt“-) Wandlers zu reduzieren, der die eigentliche Ausgangsspannung von 5 V liefert.

Dank dieser Technik verringert sich der ON-Widerstand des

Leistungs-MOSFETs von 1 Ω (bei 5 V) auf 0,5 Ω . Niedriger Durchlaßwiderstand und geringer innerer Spannungsabfall sind die Schlüssel zum hohen Wirkungsgrad bei einer Speisespannung des Wandlers um 1 V. Zur vollständigen Beschaltung werden nur 6 zusätzliche Bauelemente benötigt.

Viele batteriebetriebene Geräte verringern die mittlere Leistungsaufnahme — und verlängern damit die Batterielebensdauer — indem nicht benötigte Schaltungsteile, wann immer möglich, abgeschaltet werden, damit möglichst lange im „Stand-by“-Betrieb bei sehr geringer Stromaufnahme gearbeitet wird. Die ICs

Für tragbare Geräte ist eine einzelne Alkali-Mangan-Batterie die ideale Energiequelle. Sie bietet einen optimalen Kompromiß zwischen Abmessung und Kapazität und ist überall preiswert erhältlich. Die meisten elektronischen Schaltungen versagen allerdings den Dienst, wenn die Batteriespannung am Ende der Batterielebensdauer auf 0,9 V abgesunken ist.

Zum Betrieb der meisten Digitalschaltungen benötigt man sowieso 5 V, also bietet sich von vornherein ein Gleichspannungswandler an. Bisher gab es jedoch keine Gleichspannungswandler, die bei Eingangsspannungen um 1 V mit brauchbarem Wirkungsgrad arbeiteten. Man mußte mehrere in Reihe geschaltete Einzelbatterien oder nichtgenormte mehrzellige Batterien verwenden.

Die Wandler-ICs MAX 644 und MAX 645 von Maxim lösen diese Probleme. Aufgrund der CMOS-Technologie benötigen diese neuen Bauelemente sehr geringe Ruhestrome. Der

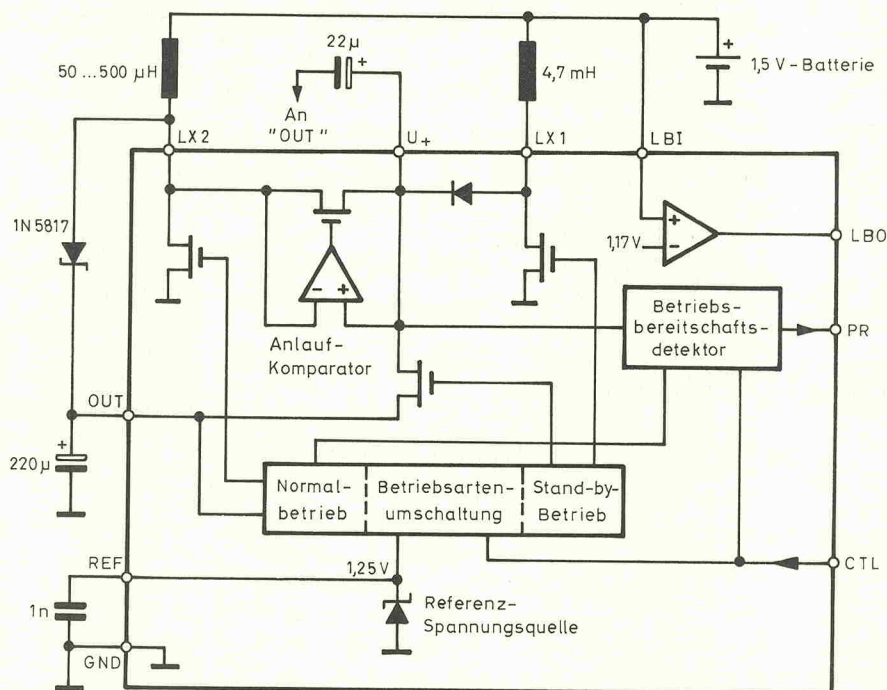


Bild 1. Blockschaltbild der ICs MAX 644/645.

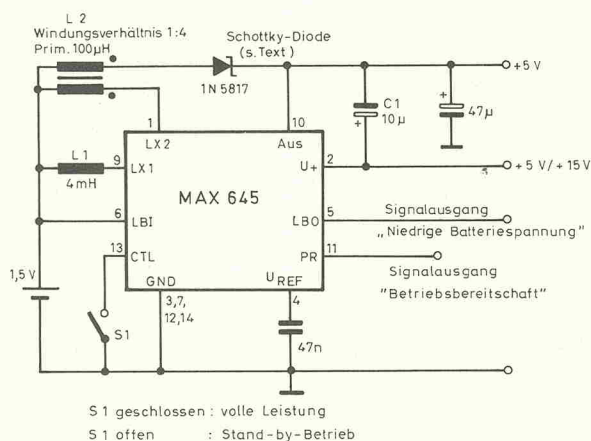


Bild 2. Typische Schaltung für das IC MAX 645 bei Betrieb an 1,5 V.

MAX 644/645 bieten diese Möglichkeit.

Im Stand-by-Betrieb liefert der erste Wandler 5 V bei geringem Ausgangsstrom, der zweite Wandler ist abgeschaltet. Der Ruhestrom für den Eigenbedarf der ICs ist dann wesentlich geringer. Ein Schalteingang (CTR) erlaubt einfaches Umschalten der zwei Speisezustände, wobei aber in jedem Fall konstante 5 V am Ausgang anliegen. Der „power ready“-Ausgang (PR) liegt im eingeschalteten Zustand auf logisch 1. Beim Umschalten vom Stand-by- auf Normalbetrieb oder beim Anlegen der Batteriespannung geht der PR-Ausgang erst nach einigen Millisekunden auf logisch 1.

Die ICs enthalten auch einen Detektor, der den „Low Battery“-Ausgang (LBO) auf log. 0 zieht, wenn die Batteriespannung unter 1,15 V abgesunken ist. Dieser Ausgang ist ein offener Drain-N-Kanal-Ausgang. An einem weiteren Ausgang steht eine Referenzspannung von 1,25 V zur Verfügung.

Zusätzlich zu den beiden Spulen werden 3 Siebkondensatoren benötigt: einer für den +5-V-Ausgang, ein weiterer für den +12-V-Ausgang und einer für den Referenzspannungsausgang. Das einzige weitere externe Bauelement ist die Rückkopplungsdioden zwischen LX2 und dem +5-V-Ausgang. Für den +12-V-Ausgang wird

keine Diode benötigt, da sie bereits integriert ist. Die näheren Einzelheiten gehen aus der Blockschaltung Bild 1 hervor.

Beide ICs nehmen im Stand-by-Betrieb nur 125 µW auf. Das MAX 644 ist für eine nominelle Eingangsspannung von 1,5 V spezifiziert. Der zulässige Bereich beträgt 0,9 V...1,6 V.

Das MAX 645 ist bei Verwendung einfacher Induktivitäten für 3 V Eingangsspannung optimiert. Bei 1,5 V Batteriespannung muß für L2 ein Transformator mit dem Windungsverhältnis 1:4 verwendet werden, siehe Bild 2. Die ICs unterscheiden sich hauptsächlich durch das Tastverhältnis des Oszillators. Es beträgt beim MAX 644 maximal 75%, beim MAX 645 50%. Durch das höhere Tastverhältnis eignet sich der MAX 644 besser für den Batteriespannungsbereich 0,9 V...1,5 V.

Die beiden Typen unterscheiden sich auch im Tastverhältnis der Spulentreiberausgänge. Beim Testen der Wafer werden interne Verbindungen aufgetrennt, um die Oszillatorfrequenz und das Tastverhältnis der Spulentreiber einzustellen. Drei Spannungen werden ebenfalls durch das Auftrennen interner Verbindungen eingestellt: +5 V bei hoher Ausgangsleistung, +12 V und +5 V im Stand-by-Betrieb. Auf Kundenwunsch kann die

Parameter	Bezeichnung	Betriebsspannung	Min.	Typ.	Max.	Einh.
Min. Startspannung	UMIN	Volle Leistung oder Stand-by	1,0	1,15		V
Min. Dropoutspannung	UDR	Volle Leistung oder Stand-by		1,0		V
Ausgangsspannung	UOUT	Volle Leistung oder Stand-by und gesamter Strombereich	4,5		5,5	V
Ausgangsstrom	IOUT	Volle Leistung $U_e = 1,3$ V Stand-by			50 0,5	mA mA
Ruhestrom des ICs	ILO	Stand-by $U_e = 1,3$ V		80		µA
Interne Speisepannung	U^+	Volle Leistung Stand-by	10 4,5	12 5,6	15 V	V
Eingangstrom Batteriespannungsdetektor	ILBI	$ULBI < U^+, > 0V$	-1		1	nA
Ansprechspannung Batteriespannungsdetektor	UTRIP		1,15		1,19	V
Ausgangsspannung Batteriespannungsdetektor	ULBO	Stromaufnahme 1,6 mA		0,2	0,4	V
Ausgangsstrom Batteriespannungsdetektor	ILBO	Volle Leistung Stand-by		25 5		µA µA
'Power-Ready'-Ausgangsspannung LO	PRSAT	Stromaufnahme 0,3 mA			0,4	V
'Power-Ready'-Ausgangsspannung HI	PRHV	Ohne Last	4,5		5,5	V
LX1-Ausgangswiderstand (Sättigung)	LX1SAT	Beim Starten, $U_e = 1,3$ V Volle Leistung Stand-by		1000 40 90		Ω Ω Ω
LX2-Ausgangswiderstand (Sättigung)	LX2SAT			0,6		Ω
LX2-Leckstrom	ILX2	Übertemperatur		20 2		nA µA
Oszillatorfrequenz	FOSC	Volle Leistung Stand-by	18 17			kHz kHz
Tastverhältnis Oszillatorspannung	ODC	MAX 644 MAX 645	3 1			— —

Die wichtigsten Daten und Speisebedingungen für MAX 644/645.

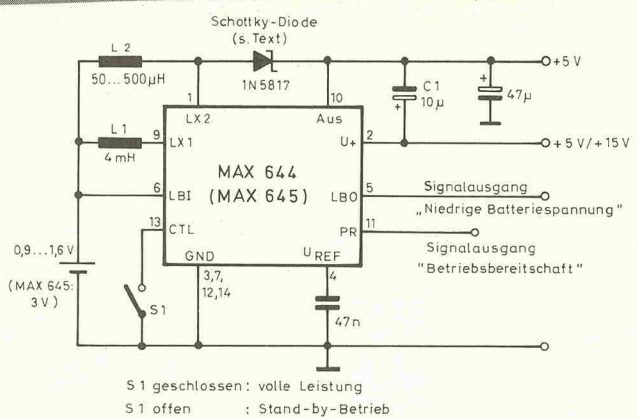


Bild 3. Typische Schaltung für das MAX 644. Die Schaltung trifft auch für das MAX 645 bei 3 V Speisespannung ohne Trafo zu.

Stand-by-Spannung auch auf + 3 V programmiert werden.

Die Schaltung in Bild 3 gilt übrigens für beide Typen, also auch für den MAX 645 ohne Transformator bei 3 V Batteriespannung. Die Induktivität L1 beträgt typisch 5 mH. L2 muß je nach gewünschtem Ausgangsstrom gewählt werden. Die Induktivität kann 50 µH...500 µH für Ausgangsströme von 100 mA bis herab zu 5 mA betragen. Die Induktivitäten sollten geringe Abmessungen und vor allen Dingen einen niedrigen Serienwiderstand aufweisen, der unter 40 Ω liegt.

Der Wirkungsgrad wird hauptsächlich von zwei Bauelementen beeinflusst: von der (obligatorischen!) Schottky-Diode und von L2. Der Innenwiderstand von L2 darf nur so hoch sein, daß beim maximalen Ausgangsstrom eine Spannung von höchstens 10% der Batteriespannung an L2 abfällt.

Die Tabelle gibt einen Überblick über die Bezeichnungen der Anschlüsse und die wichtigsten Parameter.

Nach Unterlagen der Firma SE Spezial Elektronik, Bückeburg.

ANZEIGEN

Platinenangebot

Platine Car Devil Verstärker	12,65 DM
Platine Limiter	15,90 DM
Platine Wandler	15,50 DM
Platine Alarmanwärter	5,25 DM
Platine Alarmsens	4,40 DM
Platine Alarmpal	5,20 DM
Platine Audio-Cockpit	29,95 DM
Platine Spannungswächter	4,45 DM
Platine Metronom	12,75 DM
Platine Antennen-Verteiler	6,95 DM
Platine Frequenzmesser-Vorsatz	3,75 DM
Platine Netz-Modem	17,30 DM
Platine FBAS-RGB Wandler	14,80 DM
Platine Video Kopierschutzfilter	9,65 DM
Platine IR-Sender	9,95 DM

Platine IR-Empfänger	10,80 DM
Platine Rohrenverstärker Endstufe	31,60 DM
Netzteil	12,95 DM
Platine TV Modulator	3,95 DM
Platine Halogendimmer	8,50 DM
Platine Black-Devil-Brücke	8,65 DM
Platine Hybrid-Sinusgenerator	9,95 DM
Platine Unterwasserleuchte	6,95 DM
Ausführliche Elrad Platinenliste ab 1978	kostenlos auf Anforderung

Elrad Bauteilesätze

Bauteilesatz Kapazitiver Alarm	39,95 DM
Bauteilesatz Car Devil	lieferbar
Bauteilesatz Audiocockpit	98,50 DM
Bauteilesatz Spannungskomparator	16,65 DM
Bauteilesatz C-64-Sampler	29,30 DM

Bauteilesatz Batterie-Checker	21,90 DM
Bauteilesatz Netz-Modem	92,40 DM
Bauteilesatz IR-Sender inkl. Netzteil	51,80 DM
Bauteilesatz IR-Empfänger	40,30 DM
Bauteilesatz Video Kopierschutzfilter	25,60 DM
Bauteilesatz Metronom	34,50 DM
Bauteilesatz Eprom Brenner	63,70 DM
Bauteilesatz TV Modulator	39,85 DM
Bauteilesatz Unterwasserleuchte	27,50 DM
Bauteilesatz Black-Devil-Brücke	62,50 DM

Unsere 13seitige Elrad Bausatzliste mit Beschreibung können Sie kostenlos anfordern.
(Liegt jeder Bestellung bei.)
(Zu fast allen neuen Bauanleitungen können wir ab Lager die Platinen und Bauteilesätze liefern.)

Sonderposten Becher-Elkos

16500 µF / 75 V	STK = 11,50 DM
30000 µF / 50 V	STK = 14,90 DM
39000 µF / 50 V	STK = 16,90 DM
44000 µF / 50 V	STK = 18,90 DM
54000 µF / 30 V	STK = 12,50 DM

20 Becher-Elkos nach Ihren Kapazitätswünschen zusammengestellt (Spannungsbereich 6,3V-26 Volt) zum Superpreis von 14,95 DM
Alle Becher-Elkos von namhaften Herstellern.

Diese Auflistung ist nur ein kleiner Auszug. Es stehen insgesamt 3000 Elkos in den verschiedensten Spannungen und Kapazitäten zum Verkauf. Lieferung solange Vorrat.
Interessierten Kunden stellen wir kostenlos eine ausführliche Auflistung zur Verfügung.

Service-Center H. Eggemann
4553 Neuenkirchen-Steinfeld · Jiwittsweg 13 · Telefon (05467) 241

BENKLER Elektronik-Versand Vertrieb elektronischer Geräte und Bauelemente

Ringkerntransformatoren	Mos-Fet	HITACHI	19"-Gehäuse	Elkos	NKO	Lüfter																																																																															
<table><tr><th>Leistung</th><th>Spannungen 2x... Volt</th><th>Preis</th></tr><tr><td>120 VA</td><td>12/15/20/24/30/36 Volt</td><td>52,40 DM</td></tr><tr><td>170 VA</td><td>12/15/20/24/30/36 Volt</td><td>57,90 DM</td></tr><tr><td>250 VA</td><td>18/24/30/36/45 Volt</td><td>66,90 DM</td></tr><tr><td>340 VA</td><td>18/24/30/36 Volt</td><td>74,80 DM</td></tr><tr><td>500 VA</td><td>30/36/42/48/54 Volt</td><td>99,80 DM</td></tr><tr><td>700 VA</td><td>30/36/42/48/54/60 Volt</td><td>125,70 DM</td></tr><tr><td>1100 VA</td><td>32/38/50/60 Volt</td><td>174,50 DM</td></tr></table> <p>Andere RK-Typen, Print- und Netztrafos bitte anfragen.</p>	Leistung	Spannungen 2x... Volt	Preis	120 VA	12/15/20/24/30/36 Volt	52,40 DM	170 VA	12/15/20/24/30/36 Volt	57,90 DM	250 VA	18/24/30/36/45 Volt	66,90 DM	340 VA	18/24/30/36 Volt	74,80 DM	500 VA	30/36/42/48/54 Volt	99,80 DM	700 VA	30/36/42/48/54/60 Volt	125,70 DM	1100 VA	32/38/50/60 Volt	174,50 DM	<table><tr><td>2 SJ 49</td><td>11,— DM</td></tr><tr><td>2 SJ 50</td><td>11,— DM</td></tr><tr><td>2 SK 134</td><td>11,— DM</td></tr><tr><td>2 SK 135</td><td>11,— DM</td></tr></table> <p>Andere Typen auf Anfrage</p>	2 SJ 49	11,— DM	2 SJ 50	11,— DM	2 SK 134	11,— DM	2 SK 135	11,— DM		<table><tr><td>1HE 250 mm</td><td>54,60 DM</td></tr><tr><td>2HE 250 mm</td><td>61,60 DM</td></tr><tr><td>2HE 360 mm</td><td>68,60 DM</td></tr><tr><td>3HE 250 mm</td><td>68,60 DM</td></tr><tr><td>3HE 360 mm</td><td>77,00 DM</td></tr></table> <p>Lieferbar: 1 HE bis 6 HE 250 u. 360 mm Tiefe.</p>	1HE 250 mm	54,60 DM	2HE 250 mm	61,60 DM	2HE 360 mm	68,60 DM	3HE 250 mm	68,60 DM	3HE 360 mm	77,00 DM	<table><tr><td>10.000 µF</td><td>70/80V</td><td>16,50</td></tr><tr><td>10.000 µF</td><td>80/90V</td><td>17,00</td></tr><tr><td>12.500 µF</td><td>70/80V</td><td>17,50</td></tr><tr><td>12.500 µF</td><td>80/90V</td><td>18,00</td></tr></table> <p>VAVO Elkos Typ: ECO</p> <table><tr><td>1000 µF</td><td>100 Volt</td><td>14,70</td></tr><tr><td>2200 µF</td><td>100 Volt</td><td>21,20</td></tr><tr><td>4700 µF</td><td>100 Volt</td><td>31,80</td></tr><tr><td>10000 µF</td><td>100 Volt</td><td>56,90</td></tr></table>	10.000 µF	70/80V	16,50	10.000 µF	80/90V	17,00	12.500 µF	70/80V	17,50	12.500 µF	80/90V	18,00	1000 µF	100 Volt	14,70	2200 µF	100 Volt	21,20	4700 µF	100 Volt	31,80	10000 µF	100 Volt	56,90	<table><tr><td>220 Volt:</td><td></td></tr><tr><td>80x80x25</td><td>21,70</td></tr><tr><td>80x80x38</td><td>23,70</td></tr><tr><td>92x92x25</td><td>22,70</td></tr><tr><td>120x120</td><td>24,50</td></tr></table> <p>12 Volt:</p> <table><tr><td>60x60x25</td><td>27,70</td></tr><tr><td>80x80x25</td><td>29,70</td></tr></table> <p>Gitter auf Anfrage</p>	220 Volt:		80x80x25	21,70	80x80x38	23,70	92x92x25	22,70	120x120	24,50	60x60x25	27,70	80x80x25	29,70
Leistung	Spannungen 2x... Volt	Preis																																																																																			
120 VA	12/15/20/24/30/36 Volt	52,40 DM																																																																																			
170 VA	12/15/20/24/30/36 Volt	57,90 DM																																																																																			
250 VA	18/24/30/36/45 Volt	66,90 DM																																																																																			
340 VA	18/24/30/36 Volt	74,80 DM																																																																																			
500 VA	30/36/42/48/54 Volt	99,80 DM																																																																																			
700 VA	30/36/42/48/54/60 Volt	125,70 DM																																																																																			
1100 VA	32/38/50/60 Volt	174,50 DM																																																																																			
2 SJ 49	11,— DM																																																																																				
2 SJ 50	11,— DM																																																																																				
2 SK 134	11,— DM																																																																																				
2 SK 135	11,— DM																																																																																				
1HE 250 mm	54,60 DM																																																																																				
2HE 250 mm	61,60 DM																																																																																				
2HE 360 mm	68,60 DM																																																																																				
3HE 250 mm	68,60 DM																																																																																				
3HE 360 mm	77,00 DM																																																																																				
10.000 µF	70/80V	16,50																																																																																			
10.000 µF	80/90V	17,00																																																																																			
12.500 µF	70/80V	17,50																																																																																			
12.500 µF	80/90V	18,00																																																																																			
1000 µF	100 Volt	14,70																																																																																			
2200 µF	100 Volt	21,20																																																																																			
4700 µF	100 Volt	31,80																																																																																			
10000 µF	100 Volt	56,90																																																																																			
220 Volt:																																																																																					
80x80x25	21,70																																																																																				
80x80x38	23,70																																																																																				
92x92x25	22,70																																																																																				
120x120	24,50																																																																																				
60x60x25	27,70																																																																																				
80x80x25	29,70																																																																																				

BENKLER Elektronik-Versand · Winzingerstr. 31—33 · 6730 Neustadt/Wstr. · Tel. 063 21/300 88 · Fax 063 21/300 89 · Btx 063 21/300 89

ELOXALFRONTPLATTEN

selbst herstellen mit GEDAKOP-ALUFOTOPLATTEN!

Mit GEDAKOP-Alufotoplatten können Sie Ihre Frontplatten und Schilder mit kleinstem Aufwand schnell und umweltfreundlich selbst herstellen. In wenigen Minuten erhalten Sie von Ihrer Transparentzeichnung oder einem Film ein einwandfreies **eloxiertes**, ein- oder mehrfarbiges Aluminiumschild. Nach dem Sealen (Verdichten) haben Sie ein kratzfestes und absolut lösungsmittelbeständiges Schild. Die Farbe ist in der kristallharten Oberfläche des eloxierten Aluminiums eingeschlossen. GEDAKOP-Alufotoplatten sind von 0,125 bis 3,0 mm Materialstärke lieferbar.

dd-PRODUKTE-VERTRIEB GMBH
Alex-Möller-Str. 18, 6832 Hockenheim, Telefon 0 62 05/71 39, Telefax 0 62 05/1 75 13

ISDN in der Schule

Für Lehrer mit Funklizenz ein alter Hut

Um Schüler auf die Arbeitswelt vorzubereiten, haben einige Bundesländer mittlerweile Sonderprogramme zur Einführung in die neuen Technologien ins Leben gerufen. Probleme entstehen aber, wenn die Lehrer, die diese Einführungen gestalten sollen, die Technologien selbst nur unzureichend oder gar nicht kennen. Eine ganze Reihe von Antworten zu diesem vielschichtigen Themenkomplex hat vor kurzem der Bundeskongreß lizenzierter Lehrer im Deutschen Amateur-Radio-Club (DARC) e.V. geliefert, der vom 10. bis 12. März in Goslar stattfand.

Unter den mehr als 50 000 lizenzierten Funkamateuren der Bundesrepublik gibt es immerhin rund 600, die als Lehrer an Schulen aller Stufen arbeiten. Diese Lehrer stehen über das Referat 'Schule und Amateurfunk' im DARC seit Jahren in ständiger Verbindung miteinander. Schnell entwickelte sich das Bedürfnis, die Erfahrungen, die der einzelne an seiner Schule macht,

mit anderen auszutauschen, Unterrichtsreihen, Projekte und einfache Unterrichtsmittel an andere weiterzugeben. Und so wurde bereits vor drei Jahren die Idee zum Bundeskongreß geboren.

Der diesjährige Kongreß stand ganz unter der Fragestellung, wie lizenzierte Lehrer didaktische Modelle an nicht lizenzierte weitergeben können, wie und was der 'normale' Physik-, Geographie- oder Englischlehrer von den Funkamateuren lernen kann.

Einig war man sich sofort, daß der Amateurfunk in der Schule in allen Fächern eingesetzt werden kann. Neben den technischen Fächern ist hier besonders das Fach Englisch betroffen, denn der weitreichende Funkverkehr auf der Kurzwelle setzt gute Englischkenntnisse sowohl beim Sprechen als auch — und vor allem — beim Verstehen voraus.

Es wurde aber auch von der Zusammenarbeit mit Geographielehrern berichtet, die — um an aktuelle Informationen aus fernen Ländern zu kommen — über Funk mit diesen Ländern in direkte Verbindung treten können.

„Nur wenige Eingeweihte wissen, was sich hinter dem Kürzel ISDN verbirgt. Bei diesem neuen Informationsdienst der Bundespost geht es um die Zusammenfassung von Informationen wie Bilder, Texte oder Computerdaten zu 'Paketen', die dann per Telefonkabel transportiert werden können. Diese Technik soll in den nächsten Jahren auch bereits den Schülern nahegebracht werden. Aber für die mei-



Zahlreiche didaktische Anregungen gab es auf dem DARC-Bundeskongreß lizenzierter Lehrer. Größter Spaß für viele war es, selbst wieder einmal Hand anlegen zu können.

amateure auch die Gehäuse ihrer Geräte öffnen und damit im wahrsten Sinne des Wortes anderen einen Einblick in die Technik liefern.

Darüberhinaus erfahren die Schüler beim Einsatz von Packet Radio ganz neue Dimensionen des Computereinsatzes. Wer früher stundenlang allein vor dem Bildschirm seines Home-Computers saß, fängt nun an, den Rechner für die Kommunikation mit anderen zu nutzen. Und besonders spannend wird es natürlich, wenn plötzlich die Bereitschaftsmeldung von OSCAR 13 auf dem Bildschirm erscheint: „Hallo, hier ist AMSAT OSCAR 13, der Internationale Satellit zur Förderung von Wissenschaft, Amateurfunk und vor allem internationaler Zusammenarbeit.“

Der von bundesdeutschen Funkamateuren gebaute OSCAR 13 und der englische UoSAT 2 (OSCAR 11) sind Satelliten, mit denen jeder arbeiten kann, der über die entsprechenden technischen Geräte verfügt. So wird die Klasse zur Bo-

sten Lehrer ist ISDN noch ein Buch mit sieben Siegeln. Die Funkamateure dagegen nutzen diese Technik bereits seit Jahren, allerdings ohne Kabel, per Ultrakurzwelle. Diese Betriebsart heißt Packet Radio und ist für Funkamateure fast schon ein alter Hut“, erklärte Wolfgang Lipps, Referent für 'Schule und Amateurfunk' im DARC und Veranstalter des Bundeskongresses.

Hinzu kommt: Anders als bei Industrieprodukten können die Funk-

Schulungen, Seminare, Kongresse

Der Unternehmensbereich Elektronik für Wissenschaft und Industrie der Philips GmbH, Kassel, bietet Schulungen an:

5.6.—9.6.
11.9.—15.9.
'Meßtechnik'

Seminare der Racal-Milgo GmbH, Neu-Isenburg:

6.6.—9.6.
'Grundlagen der Datenkommunikation'
DM 1490,— + Mwst.

12.6.
'Einführung in die Datenkommunikation'
DM 380,— + Mwst

20.6.—23.6.
'X.25-Datenpaketvermittlung und Datex-P'
DM 1490,— + Mwst.

Seminare im Valvo Design Zentrum, Hamburg:

1./2.6.
'ASIC Design Aufbau-seminar'
5.—9.6.
'C auf 68000-Systemen'

6./7.6.
'PLD-Grundseminar'

8.6.
'PLD-Aufbauseminar'

Die Hitex-Systementwicklung veranstaltet Seminare zur In-Circuit-Emulatorfamilie:

6.6.—7.6.
26.9.—27.9.
'teletest 51'

13.6.—14.6.
3.10.—4.10.
'teletest 16'

Workshops der Advanced Micro Devices GmbH, München:

13./14.6. Hannover
27./28.6. München
'Programmierbare Logik (PAL)'

1./2.6. Stuttgart
15./16.6. Hannover
29./30.6. München
'Programmierbare Gate Arrays (LCA)'

Ringkerntransformatoren

- Sonderwünsche werden schnell bearbeitet
- Prospekte auf Anfrage
- Wir liefern kurzfristig



aus eigener Herstellung

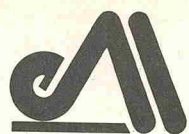
Wir fertigen auch
Ringkerntransformatoren
für Halogenbeleuchtung!

BSAB

Elektronik
Strulik und Bosch OHG

Kapuzinerstraße 5
4170 Geldern 1
Tel. 0 28 31/120 51
Telex 8 12 675

Ihr Haus für Elektronik



eMedia GmbH
SOFTWARE

elrad-Programme

Dieses Angebot bezieht sich auf frühere elrad-Veröffentlichungen. Eine zusätzliche Dokumentation oder Bedienungsanleitung ist, soweit nicht anders angegeben, im Lieferumfang nicht enthalten. Eine Fotokopie der zugrundeliegenden Veröffentlichung können Sie unter Angabe der Programmnummer bestellen. Jede Kopie eines Beitrags kostet 5 DM, unabhängig vom Umfang. Eine Gewähr für das fehlerfreie Funktionieren der Programme kann nicht übernommen werden. Änderungen, insbesondere Verbesserungen, behalten wir uns vor.

Best.-Nr.	Programm	Datenträger	Preis
S018-616A	EPROMmer	1/88 Diskette/Atari ST (Brennroutine, Kopieroutine, Vergleichen, Editieren, String suchen, Gem-Oberfläche)	35,— DM
S018-616M	EPROMmer	1/88 Diskette/MS-DOS (Brennroutine, Kopieroutine, Vergleichen [EPROM-Inhalt mit Datei], Vergleichen zweier Dateien)	29,— DM
S097-586S	µPegelschreiber	9/87 Diskette/Schneider + Dokumentation	248,— DM
S117-599S	Schrittmotorsteuerung	11/87 Diskette/Schneider + Dokumentation	98,— DM
S128-684M	Maßnahme	11/88 Diskette/MS-DOS (Meßdatenerfassung)	49,— DM
S029-698A	ELISE	1/89 Diskette/Atari	98,— DM
S039-704	Frequenzsynthese	3/89 Diskette/Atari	29,— DM

elrad-Eproms/PALs

EPROM	Preis
5x7-Punkt-Matrix	25,— DM
Atomuhr	25,— DM
Digitaler Sinusgenerator	25,— DM
Digitales Schlagzeug	25,— DM
-TOM1	25,— DM
-TOM2	25,— DM
-TOM3	25,— DM
-TOM4	25,— DM
-SIMMONS HITOM	25,— DM
-SIMMONS MIDTOM	25,— DM
-SIMMONS LOTOM	25,— DM
-BASSDRUM	25,— DM
-BASSDRUM MID	25,— DM
-BASSDRUM HIGH	25,— DM
-BASSDRUM HEAVY	25,— DM
-BASSDRUM GATED	25,— DM
-CONGA	25,— DM
-TIMBALE	25,— DM
-SNARE HIGH1	25,— DM
-SNARE HIGH2	25,— DM
-SNARE HIGH3	25,— DM
-SNARE HIGH4	25,— DM
-SNARE HIGH5	25,— DM
-RIMSHOT	25,— DM
-RIMSHOT VOL2	25,— DM
-SNARE REGGAE	25,— DM
-SNARE GATED	25,— DM
-SNARE HEAVY	25,— DM
-SNARE LUTZ M.	25,— DM
-SNARE MEDIUM	25,— DM
-CLAP RX	25,— DM
-CLAP	25,— DM
-HIHAT OPEN VOL1	25,— DM
-HIHAT OPEN	25,— DM
-HIHAT CLOSED	25,— DM
-GLAS	25,— DM
-COWBELL	25,— DM
-CRASH	25,— DM
-PAUKE	25,— DM
-RIDE	25,— DM
Hygrometer	25,— DM
MIDI-TO-DRUM	25,— DM
D.A.M.E.	25,— DM
µPegelschreiber	9/87 25,— DM
E.M.M.A.	3/88 25,— DM
E.M.M.A.	4/88 25,— DM
MIDI-Monitor	5/88 25,— DM
Frequenz-Shifter	5/88 25,— DM
Printerface	7-8/88 25,— DM
E.M.M.A.	9/88 25,— DM
ELISE	1/89 25,— DM
-Betriebssystem, Mini-Editor, Bedienungsanleitung	25,— DM
-DCF-Uhr	25,— DM
Sin/Cos-Generator	25,— DM
IEC-Konverter	25,— DM
Betriebssystem	25,— DM
PAL	Preis
Autoalarmanlage	5/89 25,— DM

So können Sie bestellen:

Um unnötige Kosten zu vermeiden, liefern wir nur gegen Vorkasse. Fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck über die Bestellsomme zuzüglich DM 3,— (für Porto und Verpackung) bei oder überweisen Sie den Betrag auf eines unserer Konten.

Schecks werden erst bei Lieferung eingelöst. Wir empfehlen deshalb diesen Zahlungsweg, da in Einzelfällen längere Lieferzeiten auftreten können.

Bankverbindung:
Kreissparkasse Hannover, Kt.-Nr. 4408 (BLZ 250 502 99)

Ihre Bestellung richten Sie bitte an:

eMedia GmbH
Bissendorfer Str. 8 · 3000 Hannover 61

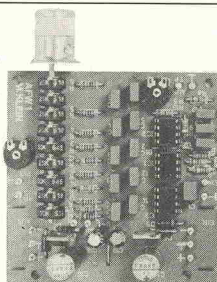
Aktivweiche für Hörprofile

ALLPASSFREQUENZWEICHE AFW1 mit 24 dB/Okt.

Butterworth 4. Ord. Opt. Lösung für Linear Phase Aktivboxen durch Allpaß-Char. Unhörb. Laufzeitverzerr., extrem konst. Amplituden u. Phasengang. Kein „ringing“, exzell. Impulsverh., unerreichte räuml. Auflösung u. Tiefenstaffelung. Trennfreq. variabel. Analog-Lösung! Frequ.-prop. Spannung zur einf. Einstellung (Voltmeter): 1 mV Δ 1 bzw. 10 Hz. Ideale Entkopplung d. aufwendiges Netzteil. Rauscharme schnelle FET-OpAmps. Pegelregler, verlustarme C's, Subsonic-Filter. Baßanhebung mögl. beliebig anreihbar d. Steckern! Ausführl. Beschreibung v. Theorie u. Praxis. DC-700 kHz, Klirr < 0,008%, Rausch. A-bew. -108 dBV (126 dB/10 V), max. U_{aus} 10 V_{eff}, R_{in} 100 K Ω , R_{aus} < 100 Ω . U_{B} \pm 15 bis \pm 35 V. Maße: 80 x 80 mm. 1 Modul = 2-Weg-System, 2 Module = 3-Weg-System usw. Typ angeben: AFW-SW 28 bis 375 Hz, AFW-TT 270 Hz bis 3,8 kHz, AFW-HT 600 Hz bis 8 kHz. Fertiges Modul je DM 75,—.

Im Lieferprogramm: Power-MOS-Verst. von 20-800 W. Vorverstärker. Aktivmodul. LS-DC-Lautsprecherschutz. Leistungsverstärker. Monobaß. Gehäuse und viel sinnvolles Zubehör.

»Das deutsche Qualitätsprodukt mit 3-Jahres-Garantie.«



Gesamtkatalog gratis

H. KLEIN
ELEKTRONIK

H. Klein Elektronik · Schubertstraße 7
7531 Neuhausen/Hamburg bei Pforz.
Telefon (0 72 34) 77 83 · Fax (0 72 34) 52 05

Digitale Steuerungen

Netzteile Entwurf - Entwicklung - Fertigung

Leiterplatten

Feinleitertechnik

Layout-Entwicklung - Fertigung - Bestückung
alle Leistungen einzeln oder als Paket nach Ihren Spezifikationen



auch **kleine Stückzahlen**

feis digitaltechnik

Dipl.-Phys. Horst-Jürgen Feis

die kleine Firma mit der großen Leistung

Ritterstraße 16
2000 Hamburg 76
Tel. (040) 200 43 27

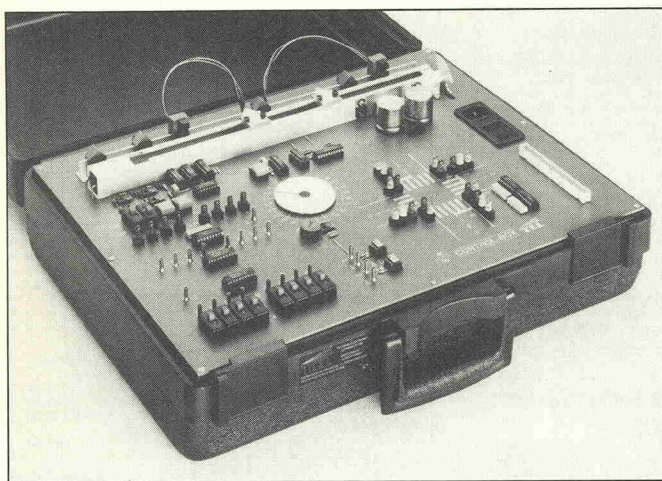
Arbeit & Ausbildung

denstation und ein Hauch von Cape Canaveral weht plötzlich durch die Schule, wenn die Satelliten auf kleinen Computern im Klassenraum ihre technischen Daten darstellen. Außentemperatur, Batterieladung, Sonnenbestrahlung sind Daten, auf die jeder — ob mit oder ohne Funklizenz — Zugriff hat. Der englische Satellit verfügt zum Beispiel über einen sogenannten Digi-Talker, eine Einrichtung, mit der er Informationen über sein Befinden in englischer Sprache formuliert. Wolfgang Lipps dazu: „Er verfügt zwar nicht über Shakespeares Sprachschatz, aber seine

Texte liegen vielleicht etwas näher an den Interessen der Jugendlichen.“

Der obenstehende Text ist ein Abdruck aus dem DARC-Report, der Pressemitteilung des Deutschen Amateur-Radio-Club e.V. Schulen, Schüler und Lehrer, die an einer Zusammenarbeit in der beschriebenen Form Interesse haben, erhalten Informationen bei:

DARC
Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Postfach 1155
3507 Baunatal 1



Steuerungstechnik

Trainingskoffer

Mit der „Control Box“ der TEL GmbH, Pforzheim, steht ein kompaktes Steuerungsmodell zum Erlernen der für das Lösen von Steuerungsaufgaben benötigten Grundfunktionen zur Verfügung. Zu den Grundfunktionen zählen die Folgesteuerung von zeitabhängigen Ab-

läufen, Wegmessung und Positionierung, Verarbeitung analoger Daten, Steuerung von Schrittmotoren sowie die Messung von Drehzahlen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen.

Passende Interface-Karten werden für folgende Steuerungscomputer angeboten: Z80-Trainer (TEL), MFA-Computer, IBM-PC und Kompatible sowie beliebige SPS.

Das Arbeitsamt informiert

was? wieviel? wer?

Die kleine Fibel 'was? wieviel? wer?', die in Kurzform über sämtliche finanziellen Leistungen des Arbeitsamtes informiert, wurde neu aufgelegt. In ihr sind die am Jahresanfang in Kraft getretenen gesetzlichen Neuregelungen berücksichtigt.

Beschrieben werden sowohl Leistungen für Arbeitnehmer als auch für Arbeitgeber. Nicht nur Arbeitslosengeld, Arbeitslosenhilfe, Kurzarbeiter- oder Konkursausfallgeld, auch die Förderung der beruflichen Bildung, der Arbeitsaufnahmen, der beruflichen Rehabilitation, der Einstellung Schwerbehinderter, von Maßnahmen zur Ar-

elrad 1989, Heft 6

beitsbeschaffung bis hin zum Kindergeld werden dargestellt.

Darüber hinaus nennt das kleine Heft, das kostenlos bei jedem Arbeitsamt erhältlich ist, die Anschriften und Telefonnummern aller Dienststellen der Bundesanstalt für Arbeit.



POP
elektronik GmbH

Der kompetente
Lieferant des
Fachhandels für
Hobby-Elektronik

- ständig beste Preise und neue Ideen.
- Spezialist für Mischpulte und Meßgeräte, besonders METEX.
- Laufend Programmergänzungen und aktuelle Neuheiten, wie z. B. digitaler Autotester KT-100, Infrarot-Audio-Übertrager „Gamma“, Slim-Line-Mixer MX-850 und vieles mehr.
- Umfangreiches Bauteilesortiment, z. B. Metall- u. Kunststoffknöpfe, Schalter, Kunststoffgehäuse und Zubehör, Steckverbinder, Opto-Elektronik, Anzeigengeräte, Lüfter, Trafos, Kopfhörer, Mikros, Lötgeräte, Netzteile.
- Neu im Sortiment: Alarmanlagen im umfangreichen Sonderkatalog.

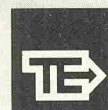
Postfach 22 01 56 · 4000 Düsseldorf 12
Tel.: 02 11/2 00 02-33 · Telex 8586829 page D
FAX: 02 11/2 00 02 41

Digitalspeichervorsatz

Modell DSA-524, sofort ab Lager lieferbar!

Eine kostengünstige Alternative zu Digitalspeicheroszilloskopen. Angeschlossen an ein Oszilloskop oder an einen PC stehen vielfältige Funktionen zur Verfügung:

- Bandbreite DC bis 35 MHz
- 2 Kanäle, je 4 kByte Speicher
- Autoranging
- RS-423, IEEE-488, Analog- u. Digitalplotterschnittstellen
- 50 nichtflüchtige Speicher
- Zeit- u. Spannungsmessungen direkt am Bildschirm
- Kurvenaddition und Multiplikation



Telemeter Electronic

D-8850 Donauwörth
Telefon (0906) 40 91
Telex 51856 teldo d

albs



SUB 20 – Entwickelt für den stereoplay-Subwoofer, die universelle aktive Frequenzweiche (Heft 6-7/88) • mit regelbarer Subbaßanhebung 20 Hz von 0 bis 6 dB • mit regelbarem Tiefpaßfilter 50-150 Hz und 12/24 dB • mit Subsonicfilter 18 dB/15 Hz und...und...und...

SUB 20 – Das Fertigergerät für höchste Ansprüche

Musik bleibt Musik
durch rein DC-gekoppelte Electronic

DAC-MOS – die 100% DC-gekoppelten MOS-Fet-Leistungsverstärker mit sym. Eingang vervollständigen unsere erfolgreiche Serie RAM-4/PAM-10 (Testbericht stereoplay 9/86 (absolute) Spitzenklasse).

Hi-End-Module von albs für den Selbstbau Ihrer individuellen Hi-Fi-Anlage • DC-gekoppelter, symmetrischer Linearvorverstärker mit 1-Watt-CLASS-A-Kabeltreiber • DC-gekoppelter RIAA-Entzerrervorverstärker • Aktive Frequenzweichen – variabel und steckbar • Gehäuse aus Acryl, Alu und Stahl – auch für hochprofessionelle 19"-Doppel-Mono-Blöcke • Power-Pack-Netzteile bis 440 000 µF • Vergossene, geschirmte Ringkerntrafo bis 1200 VA • Viele vergoldete Audioverbindungen und Kabel vom Feinsten • ALPS-High Grade-Potentiometer und albs Stufenschalter...und vieles andere mehr. Ausführliche Infos DM 10,- (Briefmarken/Schein), Gutschrift mit unserer Bestellkarte. Änderungen vorbehalten, Warenlieferung nur gegen Nachnahme oder Vorkasse.

albs-Alltronic

B. Schmidt · Max-Eyth-Straße 1 (Industriegebiet)
7136 Ötisheim · Tel. 07041/2747 · Tx 7263738 albs

INDUSTRIE-MESSKARTEN PC, XT, AT

Eigene Herstellung:

VD-8008 Videodigitalisierer mit Software für CGA, EGA, Genoa	991,-
VGA-Software für VD-8008 mit 64 Echtd-Graustufen, Abspeicherung im TIFF-Format	155,-
VD-8010 Videodigitalisierer, BAS in/out Halbbildverb., Color, TIFF, VGA Treiber	1498,-
FBAS-RGB Splitter für Farbsignale in RGB umzuwandeln, für Videodigitalisierer	1198,-
EGA-BAS Adapter, wandelt RGB von CGA/EGA-Karte in BAS – Video um	119,-
TTY-Karte (20mA-Loop) serielle COM1 Karte für Industrie, mit Optokopplern	298,-
RS-232C/422 Wandler im ext. Gehäuse für Kabellängen bis 1000 Meter bei 9,6 kBd	249,-
PC-Oszilloskope LF inkl. AD-Karte & Software CGA, EGA	198,-
AD-Karte 8 Bit für PC/AT, 1 Kanal, 1 msec. kompl. inkl. Software	129,-
AD-Karte 8 Bit für PC/AT, 16 Kanal, 1 msec. kompl. inkl. mV-Software	198,-
AD 12 Bit Karte 7...25 µsec., 4 sample & hold, 16 Kanal, 16 TTL I/O und IRO	598,-
Multiplexer-Karte 1 auf 32 rüstet AD und DA Karten auf 32 Kanal auf (0-5 Volt)	179,-
Proto-1 Prototypenkarte mit 24 TTL I/O (8255) und Lochrasterfeld	198,-
72 TTL-I/O mit 3x16 Bit Timer Quarzosc., IRO und Rechteckgeneratorschw.	298,-
Relais-1 Karte mit 8 Relais und 8 TTL I/O, zum Steuern von kleinen Lasten	249,-
OPTO-1 Optokopplerkarte mit 16 Ein-, 8 Ausgängen (ca. 20 mA) inkl. Software	398,-
ST-1 Stepperkarte zum Steuern von Schrittmotoren, z.B.: ISERT-Motoren	298,-
TR-1 Treiberkarte mit 4 Phasen, 30 VA, für ST-1 Karte zum Nachschalten	283,-
I2-Z Frequenzzählerkarte für PC/AT bis 1300 MHz inkl. BASIC-Software	298,-
Eprom-Simulatorkarte 2764-256 (32 KB) Echtzeit, verarbeitet Intel-Hex-Code	298,-
Z-80 EUROKIT mit PC-Assembler, Emulator, Eprommer 512K, Z-80 Rechner und Buch	1599,-
Z-80 Einplatinencomputer mit BASIC, V24, Centronics, ADC 8 Bit, u.v.m.	481,-

Aktuelles:

Farbdigitalisierer, ECHTZIT 512x512 pix. für FBAS & RGB-Anschluß, PAL-Norm	5695,-
CCD-Industriekamera mit 500x500 pix. ab 3 LUX, BAS-Ausgang, 12 Volt	1799,-
Slot-Erweiterung für PC auf 4 Steckplätze, extern, mit Kabel komplett	256,-
48 TTL-I/O mit 3x16 Bit Timer und 16 LED auf einer Karte	248,-
Eprommer 512K, externer Texttoolsockel kompl. & Software	368,-
PAL-Programmer für PC/AT mit externem Metallgeh. & Textool kompl. mit Softw.	798,-
AD-DA 12 Bit Karte mit 16 AD und 1 DA Kanal kompl. mit PASCAL-Treiber	248,-
PS-2-Modell Prototypenkarte, lange Ausführung	185,-
Relais-Board, programmierbar über Centronics, 8x220 Volt / a. 2 Amp.	289,-

Vertrieb in Österreich:

Fa. Huber & Pammer, A-5280 Braunau, Tel. 077 22/3449
Kostenlose INFO anfordern. Versand erfolgt per NN.

HEINRICH-KOLTER-ELECTRONIC
Steinstr. 22 · 5042 Ertstadt · Tel. 022 35/7 67 07 · Fax. 7 20 48

AD-DA

Universelle Meß- und Effektplatte für C-64 (Expansionsport) zur Messung, Bearbeitung und Ausgabe von Spannungen und Signalen (Feldstärken, Solar-, Akkuspannungen, Musik, Sprache bis 18 kHz usw.). Inklusive ROM mit Programmen wie **SPEICHEROSZILLOSKOP** mit Abtastfrequenz von 10/Stid. bis 50 000/s in 22 1-2-5-Schritten per Tastatur einstellbar, Kurvendarstellung (138 Ausschnitte durchblätterbar) auf Gitternetz, über 35 000 Meßwerte speicherbar, **SOUND-SAMPLING** (Popmusik-Effekte), **DIGITALER NACHHALL** (Intensität und Dauer regelbar, beste Qualität), und andere. Direkter Anschluß an Audiogeräte möglich. Trotz allem: **einfachste Handhabung**, auch bei eigener (z.B. BASIC-) Programmierung. Mit Anleitung komplett für **nur DM 139,-**

Schalten Sie!

Relaisplatte für C-64 (User-Port) als Diasteuergerät, Akkuladezeitbegrenzer, Pflanzenbewässerungssteuerung und, und, und... Mit 4 SIEMENS-Umschaltrelais, einzeln ansteuerbar. Schalt-/Dauerstrom bis 2 A, Schaltspannung bis 150 V~, 125 V~, Schaltleistung bis 60 W. Je eine praktische Anschluß-Schraubklemme pro Relais. Inklusive Programmieranleitung komplett für **nur DM 59,-**

Gratis-Informationen anfordern!

Bitzer Digitaltechnik, Postfach 11 05
7065 Winterbach, Telefon 0 71 81 62 27 48

Elektronische Bauelemente

in reichhaltiger Auswahl – zu günstigen Preisen – ideal für Hobby/Beruf, Werkstatt/Service, Firmen/Institute

Aktuellen **Elektronik-Hauptkatalog** anfordern. Unseren Katalog erhalten Sie gegen eine Schutzgebühr von DM 5,- (Briefmarken, Scheck, Schein) oder **kostenlose Info-Preisliste** anfordern.

UNSER ANGEBOT:

(Ab DM 25,- Bestellwert liegt unser Katalog kostenlos bei.)	
Kohlewiderstands-Sortimente, 1/4 W. 5%, E12 von 10Ω – 3,3 MΩ, 67 Werte à 10 St. DM 16,45, à 25 St. DM 34,95, à 100 St. DM 92,75, 100 Stück pro Wert DM 1,60 (Reihe E12 von 1Ω – 10 MΩ)	
Metalloberflächen-Sortimente, 1/4 W. 1%, E24 von 10Ω – 1 MΩ, 121 Werte à 10 St. DM 47,95, à 25 St. DM 114,-, à 100 St. DM 342,-, 100 Stück pro Wert DM 3,05 (Reihe E24 von 4,7Ω – 4,7 MΩ)	
(Alle Widerstände mit zusätzlicher Ohmwertbeschriftung)	
100-Stück-Sortiment IC-Fassungen Low-Cost	DM 19,95
45-Stück-Sortiment IC-Fassungen Präzision	DM 29,95
Computer-Lüfter 12 V DC 80 x 80 x 25 mm	DM 17,95
Computer-Lüfter 220 V AC 80 x 80 x 25 mm	DM 18,75
UNI-Dioden 1N4148 100 Stück DM 2,22 500 Stück DM 9,99	
Flexibles Lautsprecherkabel LAFLEX 2x4,0 transparent pro Meter DM 2,90 ab 10 m à DM 2,78 ab 25 m à DM 2,60	

Nachnahme-Versand ab DM 15,- (+P/V), Ausl. ab DM 200,- (+P/V).
Kostenlose Katalogausendung erfolgt automatisch an unsere Kunden.

LEHMANN-electronic-Versand

Inh.: Günter Lehmann

Bruchsaler Straße 8, 6800 Mannheim 81, (06 21) 89 67 80

Angebot des Monats:

Netzteil 12V/2A

IC-stabilisiert, kann mit Dauerstrom von 2A betrieben werden. Ausgangsspannung 12V, für 4 Watt CB-Funkgeräte geeignet, Bausatz einschließlich Trafo.
Typ B 555 **DM 18,55**

Hochleistungsnetzteil 10 A

Ein hochwertiges Netzteil speziell für Funkgeräte. Bei der Entwicklung dieses Netzgerätes wurde besonders auf Auslegung, Funktionssicherheit und HF-Festigkeit Wert gelegt.

Technische Daten:	
Ausgangsstrom 10 A, Trafospaltung 18 V	
Brummspannung 5 mV/12 V/10 A	
Typ B 551	DM 58,75
Passender Trafo	DM 39,60
2 Einbauminstrumente	
25 V und 10 A	DM 29,50

KATALOG '89 nur gegen Vorkasse DM 3,20 + 1,80 Porto

HANS-A. **OPPERMANN**
ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE
Bahnhofstr. 17, 3074 Steyerberg, Telefon 0 57 64/21 49

Anzeigenschluß

für

elrad
9/89

ist am

20. Juli 1989

COMBA
COMPUTER & BAUTEILE

Was denn?!
Schon 18.30 Uhr und Sie suchen noch 500 Stück DRAM 511000 A-80, weil es Morgen schon zu spät ist.

Rufen Sie an!
Fast alle gängigen DRAM-Typen liegen für Sie auf Lager! Ob Tausend oder Einen, Lieferung am nächsten Tag. 41256-10? Na klar, auf Lager! 4164-10?

Sicher, und auch Hundertfüßiger. CO PROZESSOREN kein Problem. Heute anrufen und bestellen – Morgen komm's an.

Gute Preise, oder wie?
Rufen Sie doch einfach an!

Tel. 061 81/257035
Fax. 061 81/257057

Disco Sounds



Auszug aus unserem Lieferprogramm
„Alles für den Flightcase- und Boxenbau“

z.B. Kugelecken

Schwere Ausführung, Stahl, verzinkt	2,50 DM
Mittl. Ausführung aus 1,2 mm Stahl	1,70 DM
Leichte Ausführung aus 0,8 mm Stahl	1,10 DM

sowie weitere 9 Ausführungen (Katalog S. 69f)



z.B. Aluminium-Profil

zum Schutz von Gehäusekanten (2-m-Stückel)	
Leichte Ausführung 20 x 20 x 1,2 mm, Preis pro m:	3,30 DM
Mittl. Ausführung 30 x 30 x 1,5 mm, Preis pro m:	4,50 DM

sowie Schließprofile, Rackschienen (Katalog Seite 68)



z.B. Lautsprecher-Schutzgitter

für professionelle Anwendungen, aus gestanztem Stahlblech, schwarze Einbrennlackierung, gummielast. 6 Größen:	
5" – 10,80 DM	12" – 16,70 DM
8" – 12,90 DM	15" – 18,50 DM
10" – 13,50 DM	18" – 26,80 DM

Lautsprecher-Klammer aus Kunststoff, glasfaserverstärkt, Stück 1,20 DM |



z.B. Lautsprecher-Chassis

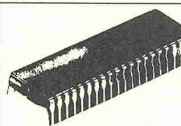
von FANE, EV, Thorolf etc.	
FANE Studio 5M	97,- DM
FANE Studio 8M	128,- DM
FANE Studio 10M	215,- DM
FANE Studio 12B	248,- DM
FANE Studio 15B	338,- DM
FANE Colossus 24 BASS	845,- DM

(Alle technischen Daten im Katalog ab Seite 59 gelistet!)

Unseren 112 Seiten starken LLV-Katalog 88/89 schicken wir gerne gegen Einsendung der Schutzgebühr von 5,- DM (Briefmarken, Scheck, Schein) zu.

LLV

Lautsprecher & Lichtanlagen, Versandhandel, Grimm-Boss GbR
Eifelstr. 6 · 5216 Niederkassel 5 · Tel. 02 28/45 40 58



ICL 7107+7106, Intensil à	5,99
ab 10 Stück	à 5,55
ab 25 Stück	à 5,55
ICL 7106R	6,95
ab 10 Stück	à 6,45
ICL 7135	25,50
2N3055 RCA	1,25
2N3055 Motorola	1,-



Telefunken, 7-Segment-Anzeigen, 13 mm, rot	
D350 PA (gem. Anode)	1,20
ab 25 Stück	à 1,10
D350 PK (gem. Anode)	1,20
ab 25 Stück	à 1,10

1/4-W-Kohleschichtwiderstände, 5%, axial, in 100er-Tüten, neue Ware.
Lieferbare Werte von 1 Ω bis 10 MΩ.
100 Stück, pro Wert (1 Tüte) 1,-

100 Led, Sortiment, 3+5 mm	5,-
100 BC-Transistoren, Sortiment	5,-
100 Tantal-Kondensatoren	5,-
25 Potis 4+6 mm Achse	5,-
25 Schieberegler, Sortiment	5,-
100 MKH-Kondensatoren, Sortiment	5,-
100 Elkos, Sortiment	5,-
10 Cermet-Trimmer, sortiert	5,-

Wiederverkäufer Händlerliste schriftlich anfordern!

Kostenlosen Katalog '89' (200 Seiten) anfordern!

(wird bei Bestellung automatisch mitgeliefert) Fax 0 92 51/74 31

SCHUBERTH
electronic-Versand

8660 Münchberg, Wiesenstr. 9
Telefon 0 92 51/60 38



Prima Klima?

Universelle Meß-Module

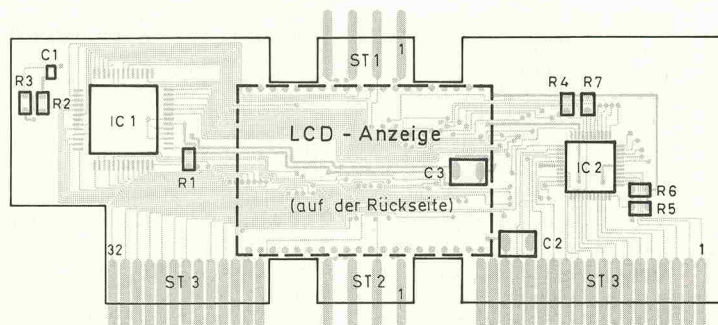
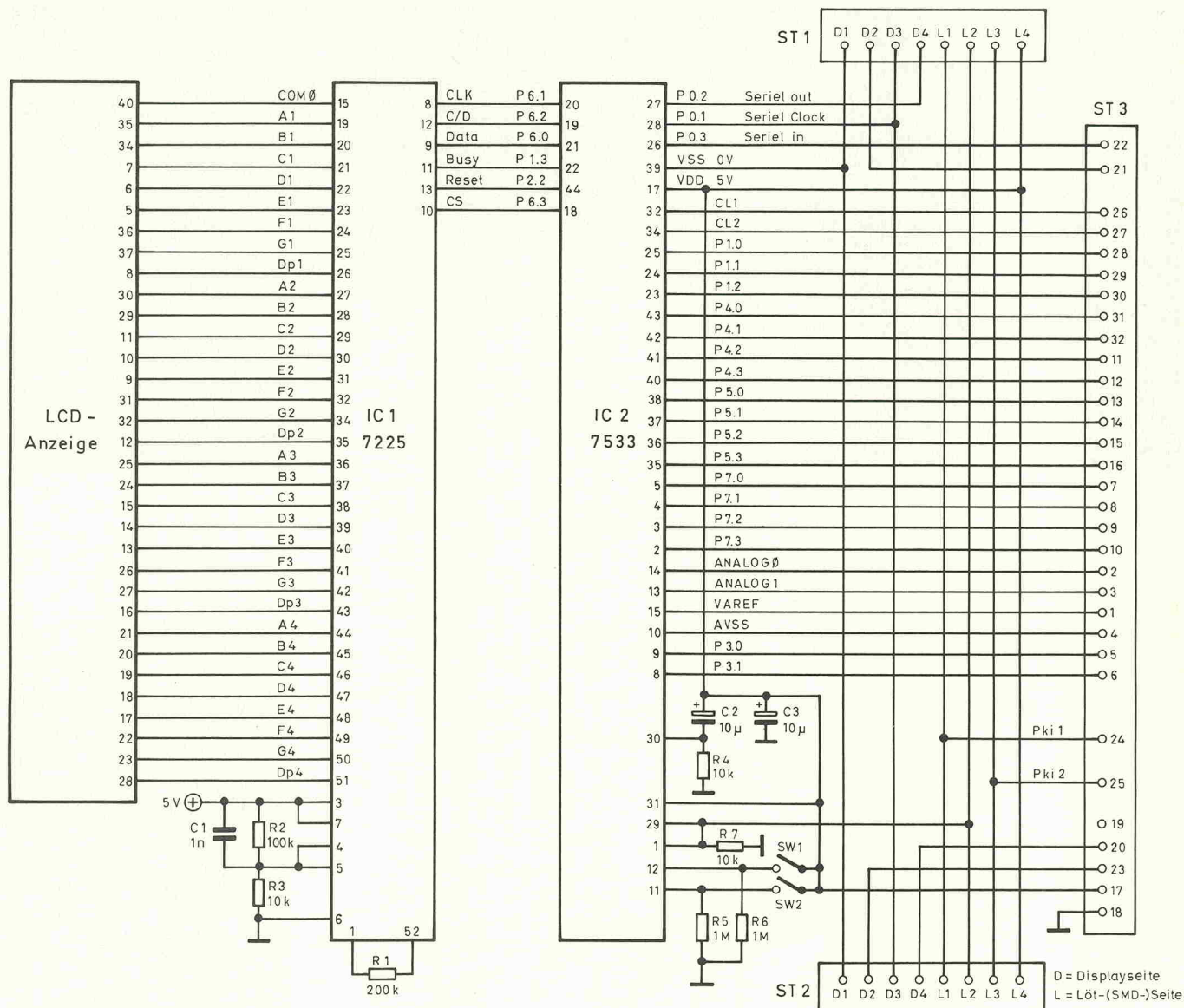
Ulrich Gruse

Alle reden vom Wetter. Wir auch. Und wir haben auch allen Grund dazu — nämlich ein modulares Meßsystem, das durch seine Vielseitigkeit und Leistungsfähigkeit ein gewichtiges Wörtchen mitzureden haben wird. Und damit die Botschaft auch richtig rüberkommt, besitzt nicht nur jedes Meßmodul eine LCD-Anzeige, sondern das ganze System darüberhinaus eine serielle und eine parallele Schnittstelle, so daß sich auch der letzte Rechner noch einen Reim auf das Wetter machen kann.

Eigentlich geht es ja nicht nur ums Wetter. Hauptbestandteil des nachfolgend beschriebenen Meßsystems und jedes einzelnen Moduls ist vielmehr die Auswert- und Anzeigeplatine, die Meßwerte von allen möglichen Sensoren verarbeiten kann. Wie Bild 1 zeigt, besteht die Schaltung dieser Platine lediglich aus zwei vielbeinigen Schaltkreisen nebst dem Display und nicht mal einer handvoll Kondensatoren und Widerstände. IC1 ist dabei nur zur Steuerung des LC-Displays zuständig. Es handelt sich hier um einen programmierbaren LCD-Controller/Driver, der über einen seriellen Eingang mit den darzustellenden Daten versorgt wird.

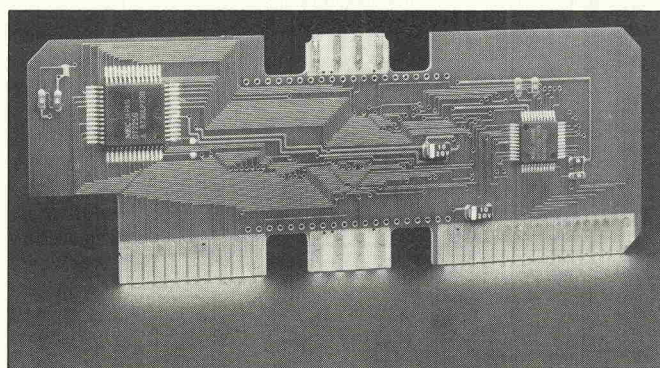
Diese Daten werden von IC2

generiert, seines Zeichens ein maskenprogrammierter 4-Bit-Mikrocomputer. Das zugehörige Programm stammt von der Braunschweiger Firma Gruse und wurde so flexibel gestaltet, daß man den Prozessor einfach als eine preiswerte programmierbare Black-Box ansehen sollte, die man für alle erdenklichen Meßaufgaben einsetzen kann. Die Anschlußbelegung der 'Black-Box' kann Bild 2 entnommen werden. Man sieht da die vier Analogeingänge AN0...AN3, die auf einen hochpräzisen 8-Bit-Wandler führen, 30 I/O-Pins und Anschlüsse für die eingebaute serielle 8-Bit-Schnittstelle. Die Flexibilität des Programms wird dadurch erreicht, daß ein Großteil der Ports zur Konfiguration des Prozessors genutzt wird. Das heißt, der Computer zieht sich bei jedem Reset — also direkt nach dem Einschalten — die logischen Pegel an diesen Eingängen rein und richtet nach den vorgefundenen Verhältnissen sein Arbeitsprogramm ein. Die betreffenden Eingänge sind neben einigen anderen Signalen auf Lötvasen (ST3) an der Unterkante der Platine geführt, an die man die jeweilige Meßaufnehmerplatine direkt und rechtwinklig anlöten kann. Die Kodierung der Pins findet also zweckmäßigerweise auf der letztgenannten Platine statt.



Die Anschlüsse für SW1 und SW2 befinden sich in Form großer geteilter Kontaktflächen auf der Rückseite der Platine.

Bild 1. Gebunkert: Alle aktiven Teile der Prozessor/Anzeige-Platine verschwinden in zwei kleinen schwarzen Schachteln.



Bevor aber überhaupt etwas gemessen werden kann, muß eine 'Basisstation' eingerichtet werden. An diese Station können dann bis zu 14 Meßmodule angeschlossen werden, die alle über einen internen seriellen Kommunikationskanal miteinander verbunden sind. Die entsprechenden Anschlüsse sind

an der Ober- und Unterseite der Platine als ST1 und ST2 herausgeführt. Diese Anordnung gestattet es, die einzelnen Module einfach aufeinanderzustecken, so daß jede zusätzliche Verkabelung entfällt. Die Basisstation hat demnach mehrere Aufgaben: Erstmal muß sie alle Module mit Spannung versor-

ST3	Funktion						Bem.	Uhr	Volt	Ampere	Feuchte	Temperatur	Licht	Druck
1	Referenzspannung (+)						Analog-Eingänge	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V
2	Analog 1							⊥	E	E	⊥	E	E	E
3	Analog 2							⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	⊥
4	Referenzspannung (—)							⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	⊥
5	seriell aus						serielle Schnittstelle							
6	Takt													
7	Basismodul	Strobe	Meßmodul	Offset	Bit 0	Parallele Schnittstelle bzw. Offsetwert f. Anzeige		⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	5 V
8		Strobe			Bit 1		⊥	⊥	⊥	5 V	⊥	5 V		
9		D4/D5			Bit 2		⊥	⊥	⊥	⊥	5 V			
10					Bit 3		⊥	⊥	⊥	⊥	5 V			
11		1		N.O.	0	1	Betriebsart	5 V	⊥	⊥	5 V	⊥	⊥	⊥
12								0	Zähler	1	⊥	⊥	5 V	5 V
13		D 0		Faktor	Bit 0	Parallele Schnittstelle bzw. Offset-Faktor		5 V	⊥	⊥	5 V	⊥	5 V	⊥
14							D 1	⊥	⊥	5 V	⊥	5 V	5 V	
15							D 2	⊥	⊥	5 V	5 V	5 V	⊥	
16							D 3	⊥	⊥	5 V	⊥	5 V	⊥	
17	+ 5 V						Betriebsspannung	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V	
18	GND							⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	⊥	
19	NC													
20	Data Out (Bottom)						interne Datenkommunikation		22	22	22	22	22	22
21	Data In (Top)							22	23	23	23	23	23	23
22	Si							21	20	20	20	20	20	20
23	Data In (Bottom)								21	21	21	21	21	21
24	Pki 1								27	27	27	27	27	27
25	Pki 2								26	26	26	26	26	26
26	CI 1								25	25	25	25	25	25
27	CI 2								24	24	24	24	24	24
28	Zähler	Meßzeit (siehe Tab. II)	Sonst.	Offset	Bit 4	Meßzeit bzw. Offsetwert f. Anzeige	5 V	⊥	⊥	5 V	5 V	⊥	⊥	
29					Bit 5		5 V	⊥	⊥	⊥	5 V	⊥	5 V	
30					Bit 6		5 V	⊥	⊥	E	⊥	⊥	5 V	
31	Dez. Punkt	0	1	0	1	Dezimal-Punkt	5 V	⊥	⊥	⊥	5 V	⊥	⊥	
32		0	0	1	1		5 V	5 V	⊥	⊥	5 V	⊥	⊥	
		—	1.Stelle	2.Stelle	3.Stelle	E = Eingang N.O. = negativer Offset								

Meßzeit in Sekunden				
ST3	0,1	1,0	10	100
28	0	0	1	1
29	0	1	0	1

Tabelle II

Bild 2. Die Anschlußbelegung des Prozessors: Mehr drin als drum.

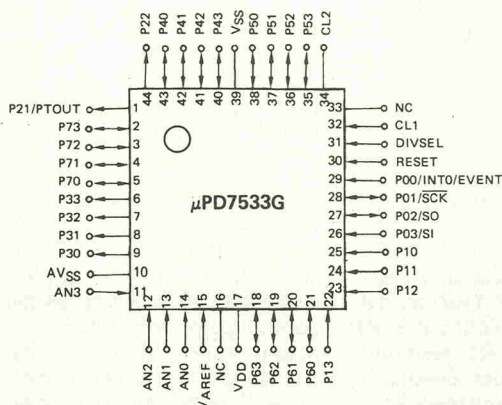


Tabelle I. Programmatische Verbindung: Über die Anschlüsse von ST3 wird die Funktion der Prozessor/Anzeige-Platine festgelegt.

gen. Dann erzeugt sie den gemeinsamen Takt für alle angeschlossenen Prozessoren, und sammelt schließlich die von diesen Prozessoren ermittelten Daten und gibt sie über die serielle oder parallele Schnittstelle an einen angeschlossenen Rechner weiter. Und damit die

Basisstation auch mal etwas anderes zu tun hat, als dauernd nur Daten hin und her zu schieben, wurde sie gleich mit der verantwortungsvollen Aufgabe des Zeitzählens betraut. Die Uhrenfunktion erweist sich vor allen Dingen dann als nützlich, wenn die Meßstation in Verbindung mit einem Rechner eingesetzt wird: Die Meßwerte sind von vornherein mit der Zeit ihrer Erfassung gekoppelt. Doch dazu später.

Der Aufbau der Basiseinheit geschieht genau so wie der Aufbau eines Meßmoduls: Man nehme eine dieser Prozessor/Anzeigeplatinen, löte rechtwinklig daran eine Meßaufnehmerplatine — in diesem Fall eben die Basisplatine — und programmiere die Pins nach Tabelle I für die gewünschte Funktion. Wie Bild 3 zeigt, zerfällt

die Schaltung der Basisplatine in drei Teile: die Stromversorgung, den Taktgenerator und den Schnittstellentreiber. Da es sich hierbei um elementare Grundsaltungen handelt, soll an dieser Stelle auf eine Schaltungsbeschreibung verzichtet werden.

Die einzelnen Meßmodule werden in gleicher Weise zusammengebaut wie die Basisstation. Eine Auswahl der möglichen und schon realisierten Module zeigen die Bilder 4...10. Den Reigen eröffnet mit Bild 4 ein Voltmeter. Diese Schaltung besteht lediglich aus einem steckbaren Spannungsteiler, mit dem man zwischen einem Anzeigebereich von 5,10 V oder 25,5 V wählen kann. Mit einer zweiten Brücke wird die Stelle des Dezimalpunktes entsprechend dem eingestellten Bereich verändert. Übrigens ergibt sich der Anzeigebereich zwingend aus der bereits erwähnten 8-Bit-Auflösung des A/D-Wandlers, die einem Wertebereich von 0...255 entspricht. So löst das Voltmeter bei einem eingestellten Anzeigebereich von 5,10 V noch 20 mV auf, während es bei 25,5 V nur noch 100 mV sind.

Auch bei dem Amperemeter nach Bild 5 wird der Anzeigebereich mit Jumpers umgeschaltet. Allerdings kann hier zwischen den drei Bereichen 2,55 mA, 25,5 mA und 255 mA gewählt werden. Der durch die Eingangsbuchse eingespeiste Strom fließt über den nach Masse gebrückten Widerstand nach Masse und verursacht an diesem einen Spannungsabfall, der vom OpAmp verstärkt und an die Prozessor/Anzeigeplatine zwecks Verwertung weitergereicht wird.

Da die Versorgungsspannung des Operationsverstärkers über der Referenzspannung des Analogwandlers liegen muß, wird die 5-V-Betriebsspannung über eine Spannungsverdopplerschaltung auf 8 V erhöht. Bild 6 zeigt die zugehörige Schaltung, die für alle Platinen mit Operationsverstärkern die gleiche ist.

Elementarer Bestandteil jeder Wetterstation ist ein Thermometer. Wie aus Bild 7 ersichtlich, sorgt in diesem Fall der Temperatursensor LM355 für eine temperaturabhängige

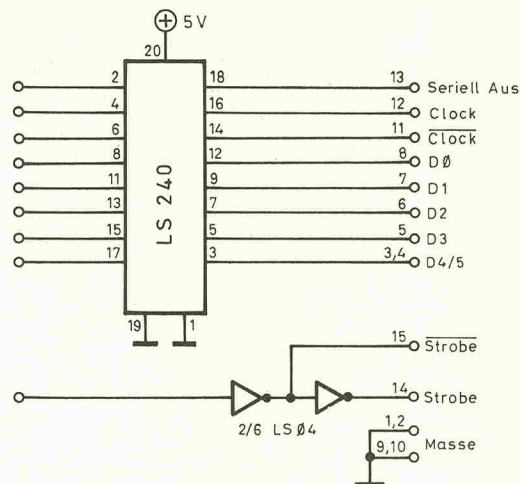
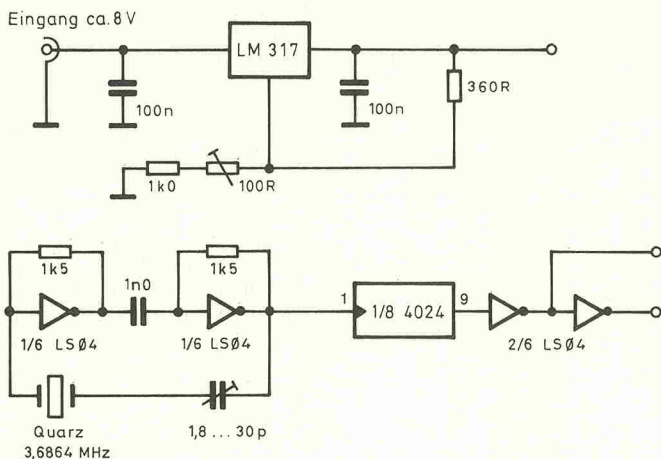
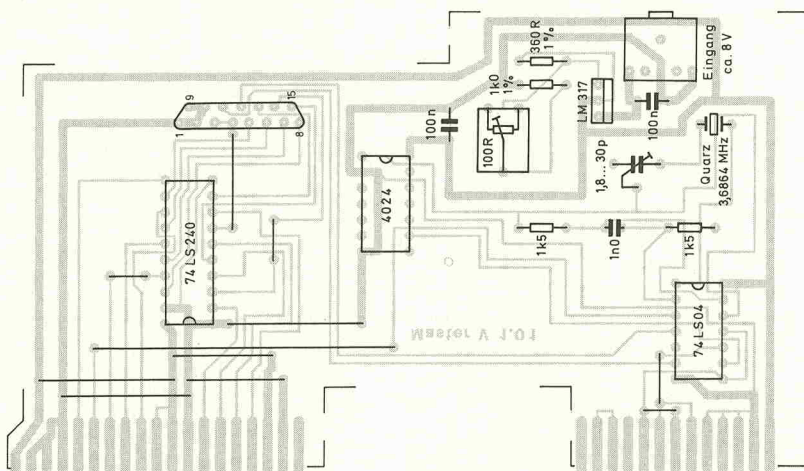
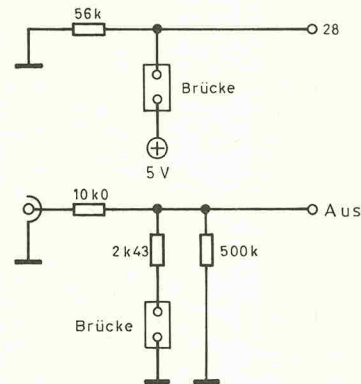


Bild 3. Die Basisplatine. Da die Betriebsspannung gleichzeitig Referenzspannung ist, mußte auf den Einsatz eines Festspannungsreglers verzichtet werden.



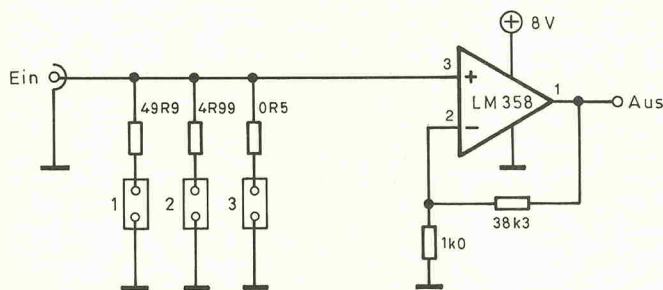
Spannung, die ebenfalls wieder von einem OpAmp verstärkt wird. In der angegebenen Dimensionierung mißt das Temperaturmodul von $-25,0^{\circ}\text{C}$... $102,5^{\circ}\text{C}$, wobei die Auflösung $0,5^{\circ}$ beträgt. Über eine Klinkenbuchse mit Schaltkontakten kann ein zweiter Sensor angeschlossen werden.

Die Kalibrierung des Moduls erfolgt über die Trimmer R1 und R2. Dazu besorgt man sich am besten ca. 36°C warmes Wasser und mißt dessen genaue Temperatur mit einem Fieberthermometer. Mit dem Trimmer R1 und eingestecktem Zusatzfühler wird daraufhin die Anzeige des Temperaturmo-



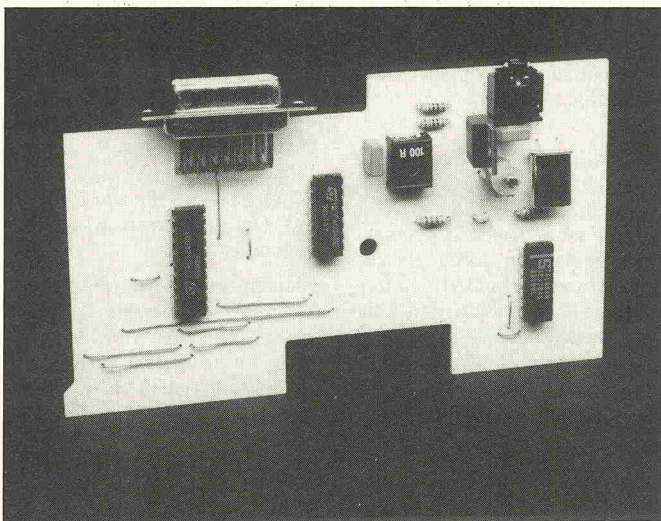
Beide Brücken offen: 0,00 bis 5,10 V
Beide Brücken gesteckt: 0,00 bis 25,50 V

Bild 4. Spannungsmesser.
Was Volt ihr mehr?



Brücke 1: 0 bis 2,55 mA
Brücke 2: 0 bis 25,5 mA
Brücke 3: 0 bis 255 mA

Bild 5. Stromlinienförmig:
Das Amperemeter.



duls auf exakt diesen Wert eingestellt. Nun nimmt man den Zusatzfühler ab und wiederholt das Ganze mit dem ersten Sensor und R2. Man beachte, daß dieser Fühler sowohl durch R1 als auch durch R2 beeinflusst wird, während der Zusatzfühler nur von R1 abhängig ist.

Bild 8 zeigt die einfache Schaltung des Helligkeitsmessers. Ein OpAmp mißt den Kurzschlußstrom der Fotodiode BPW34 und leitet sie an die zugehörige Anzeige/Prozessorplatine weiter. Sieht man sich einmal die entsprechende Spalte in Tabelle I an, stellt man

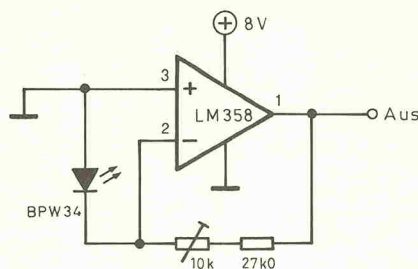


Bild 8. Kommt auch ohne Hellseherei zurecht: Der Helligkeitsmesser.

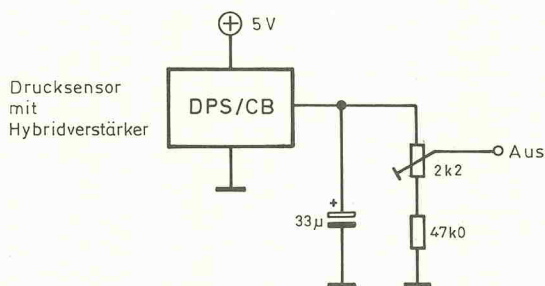


Bild 9. Einfach beinDruckend einfach: Die Schaltung des Barometers.

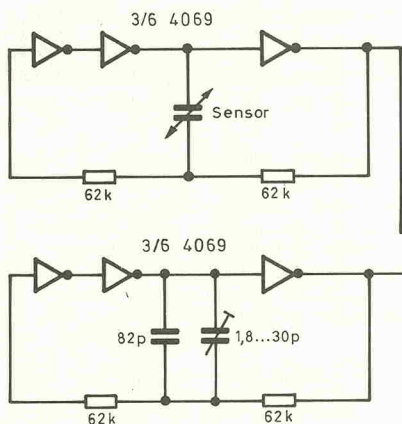


Bild 10. Für feuchte Fälle: Das Hygrometer.

kapazitiver Sensor, der ja bekanntermaßen seine Kapazität in Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchtigkeit ändert. Zweckmäßigerweise wird dieser Sensor als frequenzbestimmendes Element in einem Schwingkreis eingesetzt, so daß die Frequenz als Maß für die Feuchtigkeit ausgewertet werden kann. Allerdings ist diese Frequenz nicht nur von der Feuchtigkeit, sondern auch sehr von der Temperatur abhängig. Um diese Fehlerquelle auszuschließen, ist in der Schaltung nach Bild 10 ein zweiter Schwingkreis aufgebaut, diesmal aber

mit einer Festkapazität als frequenzbestimmendes Glied. Die Frequenzen der beiden Oszillatoren sind über ein als digitaler Subtrahierer geschaltetes D-FlipFlop miteinander verknüpft. Da beide Oszillatoren ungefähr die gleiche Temperaturdrift besitzen, egalisiert sich durch die Subtraktion der Einfluß der Temperatur. Ein dem Subtrahierer nachgeschalteter Teiler sorgt dafür, daß die Frequenz für den Prozessor noch bekömmlich ist. Apropos: Bei diesem Meßmodul wird die Prozessor/Anzeige-Platine in ihrer Eigenschaft als Zähler be-

nötigt. Die zuständigen Pins von ST3 sind also mit den entsprechenden Pegeln zu versehen (siehe Tabelle I).

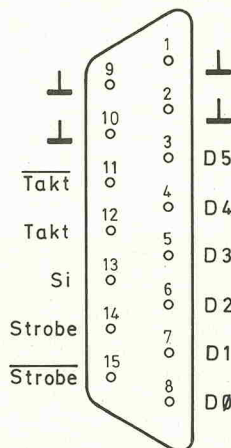
Vor Inbetriebnahme des Meßsystems muß die Basisplatte abgeglichen werden. Man besorge sich also ein Steckernetzteil oder ein ähnlich geeignetes Gerät, das eine Spannung von 8...10 V liefern kann, und setze mit selbiger die Basisstation unter Strom. Mit dem 100R-Trimмер muß die Ausgangsspannung des Spannungsreglers LM317 nun möglichst genau auf 5,000 V eingestellt werden. Da diese Spannung gleichzeitig als Referenzspannung erhalten muß, hängt von deren Einstellung die Meßgenauigkeit aller Module ab. Auch die Frequenz des Taktgenerators sollte abgeglichen werden.

Das geschieht, indem die Frequenz am Ausgang des Teilers (Pin 12 des 4024) mit dem Trimmkondensator auf 1,843200 MHz eingestellt wird.

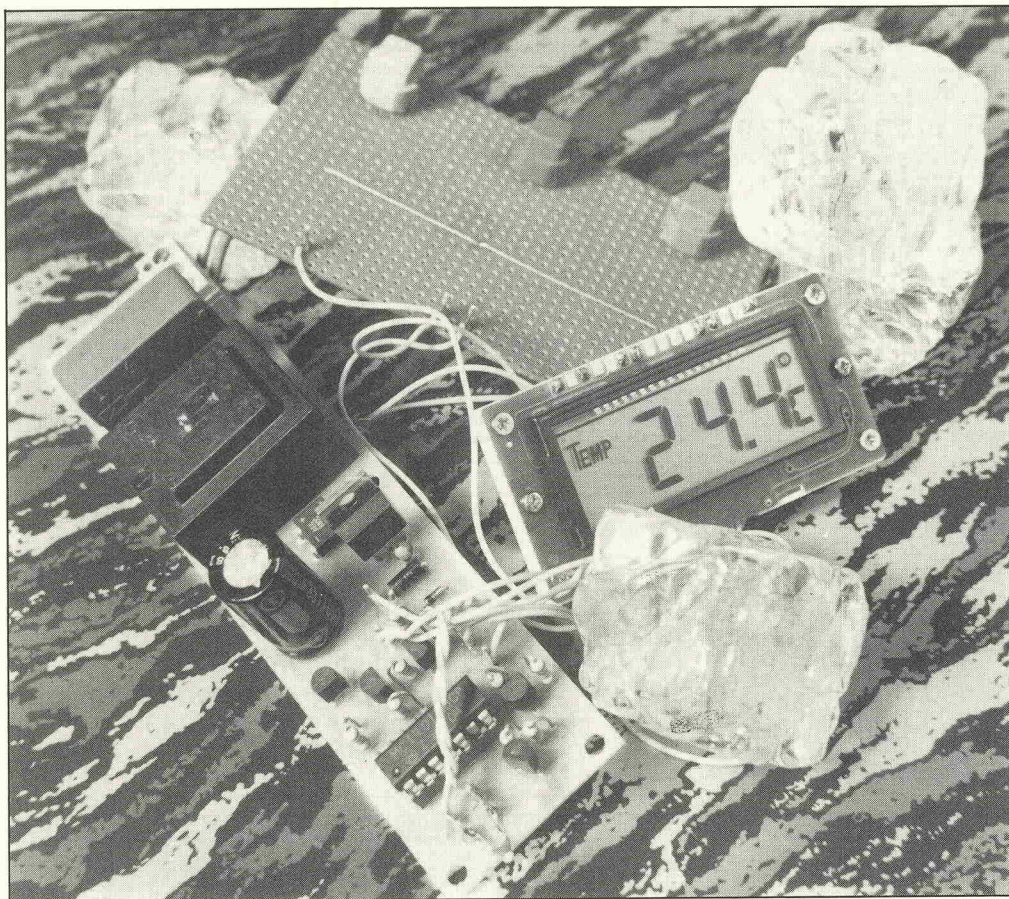
Nach erfolgreichem Abschluß dieser Vorarbeiten wird nun bei ausgeschalteter Stromversorgung — ausgehend vom Basismodul — ein Modul nach dem anderen miteinander verbunden, wobei das vorhergehende jeweils über ST2 und das nachfolgende jeweils über ST1 angeschlossen wird. Dem letzten Modul muß dann noch ein Kurzschlußstecker für ST1 verpasst werden, der den Anschluß D2 mit D4 verbindet.

Nach erneutem Einschalten der Stromversorgung sollten alle angeschlossenen Module als Ausdruck ihrer prompt einsetzenden Betriebsamkeit ihre LCD-Anzeigen ohne Zögern in 'Bewegung' setzen. Auch die Basisstation beginnt gleich mit ihrer Tätigkeit, nämlich erstens abwechselnd Uhrzeit und Datum zu verkünden, und zweitens Kontakt mit einem eventuell angeschlossenen Rechner aufzunehmen. Zu diesem Zweck wird pro Messung ein ASCII-Zeichenstring für alle angeschlossenen Module losgeschickt. Als Startzeichen dient dabei ein Gleichheitszeichen, gefolgt von jeweils vier Zeichen pro Modul, von denen jedes einer Ziffer der vierstelligen Anzeige entspricht. Begonnen wird mit dem Basismodul, das 2 mal 4 Zeichen für Uhrzeit und Datum sendet. Danach folgen die vier Zeichen des nächsten Moduls etc.. Zum Schluß wird dann ein CR,LF übertragen. Und hier das serielle Datenformat in Stichworten: 300 Baud, 8 Bit, no Parity, 1 Stop Bit, 5-V-Pegel. Zusätzlich steht für den Synchronbetrieb noch ein Taktausgang zur Verfügung, der aber normalerweise nicht benötigt wird. Bei der parallelen Datenübertragung sind 6 Bits signifikant. Das Strobe-Signal wird je nach Bedarf invertiert und nichtinvertiert angeliefert.

Zum Schluß sei noch verraten, wie die Uhr gestellt werden kann: Mit S1 werden nacheinander die einzustellenden Parameter (Minuten, Stunden, Tag und Monat) aufgerufen, die dann mit S2 verändert werden können. □



Friedliche Koexistenz an der Basis: Die Subminiatur-D-Buchse auf der Basisplatte vereinigt serielle und parallele Schnittstelle.



Ein cooler Typ

Thermostat mit Temperatur-Zeit-Modul

Michael Drexler

Ein defekter Kühlschrank muß nicht immer gleich ein großes Loch in die Haushaltskasse reißen. Denn oft besteht der Defekt lediglich aus einem funktionsuntüchtigen Thermostaten.

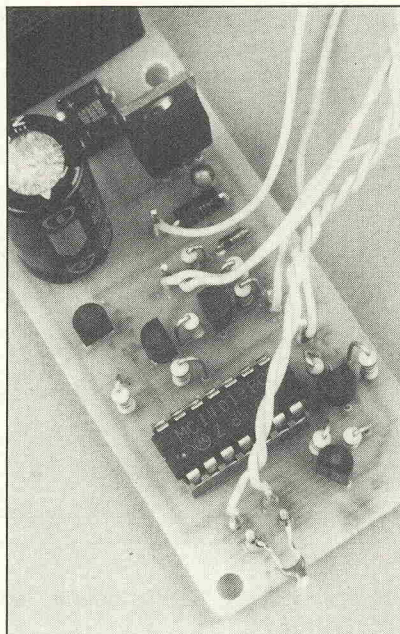
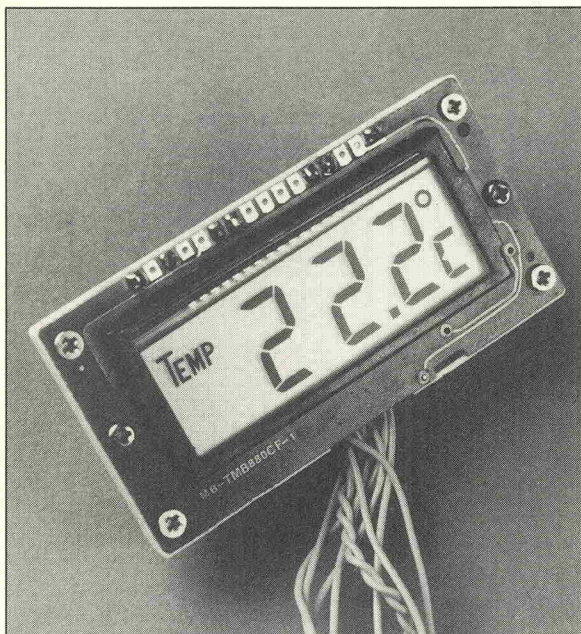
Ein defekter Thermostat ist mit dem hier vorgestellten Projekt relativ einfach zu erneuern, und nebenbei ist die Reparatur verhältnismäßig preiswert: Die Kosten für dieses Gerät belaufen sich auf etwa 60 DM. Und dann verfügt man über einen Thermostaten, der gleich noch die Innentemperatur des Kühlschranks anzeigen kann und sich komfortabel und genau einstellen läßt. Davon abgesehen ist er auch weniger störanfällig als sein mechanisches Gegenstück.

Der normale Thermostat im Kühlschrank besteht aus einem mit Gas oder Flüssigkeit gefüllten Rohr, das in das Gefrierfach gelegt ist. Die Innentemperatur des Gefrierfaches be-

stimmt die Ausdehnung der Rohrfüllung und damit den Druck auf das Rohrende. Hier ist nämlich ein Balg angebracht, der sich bei zu hoher Temperatur so weit ausdehnt, daß ein mechanischer Schaltkontakt geschlossen wird und der Kompressor anspringt. Die Rohrfüllung zieht sich dann langsam zusammen, der Schalter öffnet sich, und der Kreislauf beginnt wieder von neuem. Eine Feder sorgt dafür, daß der Schalter im Normalfall geöffnet ist; der Balg arbeitet also gegen den Federdruck. Mit dem Drehknopf im Kühlschrank stellt man nichts anderes als den Druck ein, den die Feder auf den Balg ausübt.

Aus dieser Kurzbeschreibung sind auch schon die potentiellen Defekte des Thermostaten ersichtlich: Die Feder kann brechen, oder die Flüssigkeit kann aus dem Rohr entweichen. In diesem Fall ist der Kühlschrank nicht mehr betriebsfähig, da der Kompressor permanent ausgeschaltet bleibt. Ein Auswechseln des Balgs ist nicht möglich, und das Austauschen des kompletten Thermostaten kann vom Privatmann normalerweise auch nicht durchgeführt werden. Damit bleiben als Alternativen nur die Anschaffung eines neuen Kühlschranks oder die Reparatur durch eine Werkstatt, die aber insbesondere bei alten Geräten durch Ersatzteil-Beschaffungsschwierigkeiten erschwert wird und zudem nicht ganz billig ist.

Wenn man nun trotzdem den Kühlschrank behalten will, bietet sich der Einbau eines elektronischen Thermostaten geradezu an. Die defekte Mechanik kann dann im Gerät verbleiben. Zunächst sollte aber festgestellt werden, ob der Thermostat wirklich der Übeltäter ist. Dazu muß man nur seine beiden Schaltdrähte finden und verbinden. Dabei ist natürlich Vorsicht geboten, denn der Kompressor arbeitet mit Netzspannung. Zunächst werden beim stromlosen (!) Kühlschrank die Thermostat-Anschlüsse mit einem Draht überbrückt. Erst dann wird der Kühlschrank mit dem 220-V-Netz verbunden. Wenn jetzt der Kompressor anläuft, kann man zunächst aufatmen und sich schon auf ein elektronisch geregeltes Gerät freuen.



Der Kern des Thermostaten besteht aus einem handelsüblichen LCD-Temperatur-Zeit-Modul. Das Modul bietet die Möglichkeit, eine obere und eine untere Grenztemperatur einzugeben, nach deren Erreichen jeweils ein Signal abgegeben wird. Diese Fähigkeit wird in dieser Schaltung ausgenutzt. Der Kühlschrank-Kompressor soll sich bei der unteren Grenztemperatur ausschalten und bei der oberen wieder einschalten. Da ein nahezu beliebig großer Hysterese-Bereich eingestellt werden kann, lassen sich längere Kühlzeiten und auch längere Pausen erzielen. Weil der Kompressor in diesem Fall nicht mehr so oft anspringen muß, wird durch Wahl einer relativ großen Hysterese ein den Kompressor schonendes Schaltverhalten erreicht.

Die Verarbeitung der vom Modul abgegebenen Signale übernimmt ein Flipflop, dessen Ausgangssignal die aus einem Relais bestehende Schaltstufe ansteuert. Zur Stromversorgung wird ein stabilisiertes 12-V-Netzteil eingesetzt; das Modul wird getrennt durch eine Mignon-Akkuzelle versorgt. Um Dauerbetrieb zu gewährleisten und lästiges Batterieladen zu vermeiden, wird der Akku ständig mit einem relativ kleinen Strom geladen. Durch die separate Stromversorgung des Moduls ist sichergestellt, daß

die Programmierung des Thermostaten bei einem Stromausfall nicht verlorengeht. Sobald wieder Netzstrom zur Verfügung steht, arbeitet die Schaltung korrekt weiter und bringt die Kühlschranktemperatur in den eingestellten Temperaturbereich zurück.

In Bild 1 ist der komplette Schaltplan des Thermostaten dargestellt. Das Netzteil stellt eine stabilisierte Betriebsspannung in Höhe von 12 V bereit. Die Diode D2 schützt den Spannungsregler vor eventuell in der Schaltung entstehenden Spannungsspitzen. Eine Mignon-Akkuzelle (B) versorgt das Modul mit Betriebsstrom, wobei der Widerstand R1 die Höhe des Dauerladestroms für die NiCd-Zelle bestimmt. Die Diode D3 verhindert, daß der Akku bei einem Netzstromausfall vom hinteren Schaltungsteil

'leergelutscht' wird. Über die Taster s(tellen), h(igh) und l(ow) werden die entsprechenden Steuereingänge des Moduls zur Einstellung der Grenztemperaturen bedient.

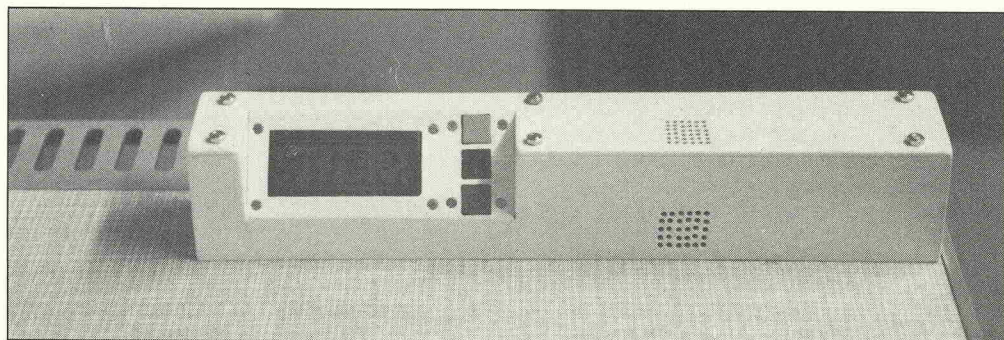
In Intervallen von jeweils zehn Sekunden mißt das Modul LCD1 die Innentemperatur des Kühlschranks. Die Ausgangssignale des Moduls stehen an zwei Anschlüssen zur Verfügung: Pin 6 wird bei Erreichen der oberen Grenztemperatur aktiviert, Pin 7 bei der unteren Grenztemperatur. Am jeweiligen Ausgang steht für die Dauer der Über- bzw. Unterschreitung — mindestens aber für eine Minute — H-Pegel an.

Bei einer Modul-Betriebsspannung von 1,25 V weist der H-Pegel einen Spannungswert von ebenfalls 1,25 V auf, so daß zum Ansteuern des Flipflops (Betriebsspannung: 12 V) eine

Pegelanpassung durchgeführt werden muß. Die Anpassung erfolgt mit den npn-Transistoren T1 und T2, die allerdings das Signal invertieren. Aus diesem Grund ist je eine zusätzliche Inverterstufe mit den Transistoren T3 und T4 erforderlich. Liegt bei dieser Stufe am Eingang L-Pegel, schalten die pnp-Transistoren durch, und am Ausgang liegt wieder der ursprüngliche H-Pegel an, jetzt jedoch mit einer Spannung von 12 V.

Mit diesen aufbereiteten Signalen werden die Eingänge des Flipflops IC2 angesteuert. Das Überschreiten der oberen Temperaturgrenze aktiviert den Set-Eingang, und der Flipflop-Ausgang nimmt H-Pegel an. Transistor T5 schaltet durch, das Relais zieht an, und der Kompressor wird eingeschaltet. Entsprechendes gilt für das Unterschreiten der unteren Temperaturgrenze: In diesem Fall wird der Reset-Eingang angesprochen, die Ausgangsspannung nimmt L-Potential an, und das Relais fällt ab. Liegt die Temperatur innerhalb des eingestellten Bereichs, sind beide Flipflop-Eingänge inaktiv, der Ausgang verbleibt folglich im vorangegangenen Zustand. Auf eine Taktsteuerung des Flipflops kann somit verzichtet werden.

Es könnte nun der praktische Fall eintreten, daß die untere Grenze gerade erreicht wurde und damit der Reset-Eingang für eine Minute aktiviert ist. Innerhalb dieser Minute wird nun die Kühlschranktür geöffnet, und die Innentemperatur steigt über die obere Grenze, was eine Aktivierung des Set-Eingangs zur Folge hat. In diesem Fall schaltet das Flipflop den Ausgang auf H, und der Kompres-



Das vom Autor angefertigte Spezialgehäuse für den Thermostaten.

Digitaler Kühlschrankthermostat

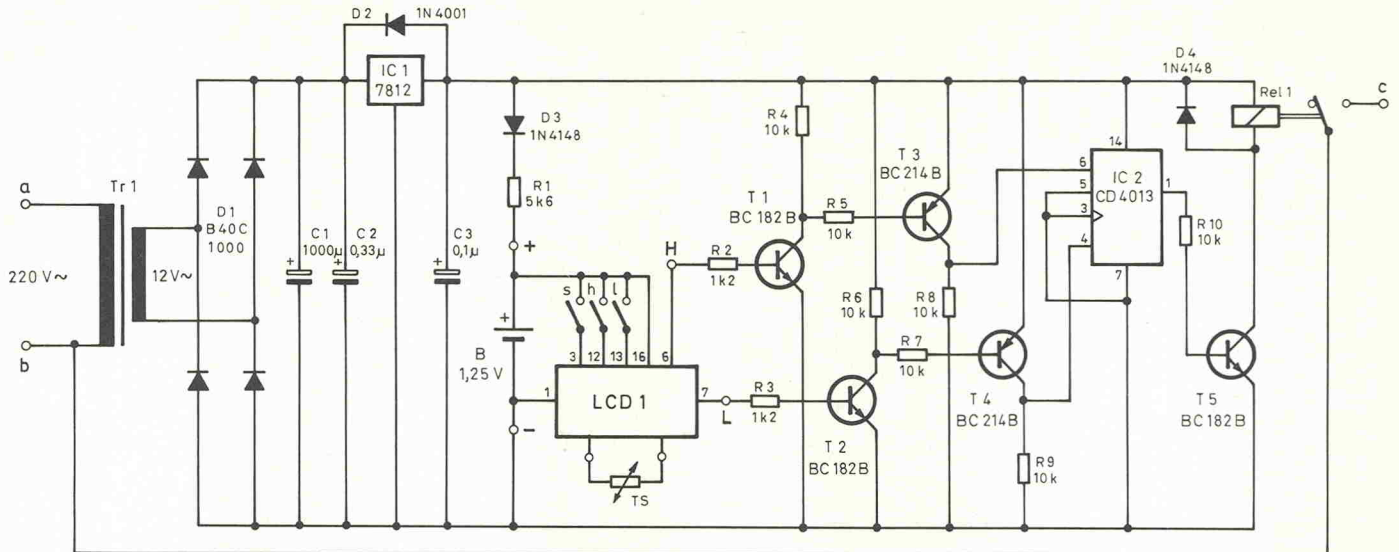


Bild 1. Die Stromaufnahme des Temperatur-Zeit-Moduls beträgt lediglich 3 μ A, so daß der Akku B auch längere Netzstrom-Ausfälle problemlos überbrückt.

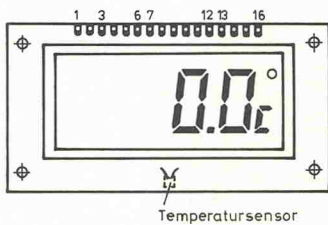


Bild 2. Für den Kühlschrank-Thermostaten werden nur die mit Zahlen versehenen Modul-Anschlüsse benötigt. Alle anderen Pins bleiben frei.

Stückliste

Widerstände (alle 1/4 W, 5%)

R1 5k6
R2,3 1k2
R4...10 10k

Kondensatoren

C1 1000 μ /40V Elko
C2 0 μ 33/35V Tantal
C3 0 μ 1/35V Tantal

Halbleiter

D1 B 40 C 1000, DIL-Gehäuse
D2 1 N 4001
D3,4 1 N 4148
T1,2,5 BC 182 B
T3,4 BC 214 B

IC1 7812
IC2 4013

Sonstiges

Tr1 Print-Netztrafo 12 V/1,1 VA
B NiCd-Mignon-Akku 1,25 V/500 mAh
LCD1 Temperatur-Zeit-Modul Relais 250 V/8 A, 1 x Um, Spulenspannung 12 V, stehend
1 Printklemme, dreipolig
3 Taster (Schließer)
1 IC-Sockel DIL 14
1 Platine 35 mm x 140 mm

Schließlich sind die Bedien-Taster auf ein kleines Stück Loch-rasterplatine zu löten. Ihre Kontakte werden dem Schaltplan entsprechend verbunden.

Anschließend folgt die Installation des Thermostaten. Zunächst muß der im LCD-Modul eingelötete Temperatursensor ausgebaut werden. Dazu wird das Modul aufgeschraubt, der Sensor ausgelötet und eine zweiadrige Litze an die beiden Lötunkte, an denen vorher der Sensor befestigt war, eingelötet. Die Lage des Sensors ist aus Bild 2 ersichtlich. Bei dieser Gelegenheit sind auch die Verbindungsdrähte zur Platine anzulöten. Dies sollte auf der dem Display abgewandten Seite geschehen, um später keine Probleme bei der Befestigung zu haben. Die Plastikrückseite kann anschließend wieder angeschraubt werden.

Die Litze des Temperatursensors wird mit ihrem anderen Ende auf der Platine an den Stützpunkten TS angelötet. Von dort aus führt eine zweite, zweipolige Litze durch ein Loch in der Kühlschrankwand oder Türdichtung in das Innere des Gerätes. Das Durchführungsloch muß natürlich wieder abgedichtet werden, am besten mit Silikonmasse. Im Kühlschrank-Innenen wird dann der Sensor an das Litzenpaar gelötet und an der gewünschten Stelle befestigt.

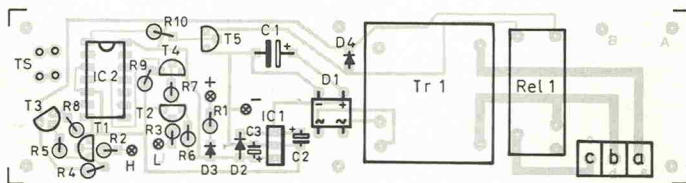


Bild 3. Die Netzspannung wird den Klemmen a und b zugeführt; der Kompressor wird an die Klemmen a und c angeschlossen.

sor läuft an. Tritt der umgekehrte Fall ein (nach Erreichen der oberen Temperatur wird die untere Grenze innerhalb einer Minute unterschritten), läuft der Kompressor weiter, bis die Minute verstrichen ist und der Set-Eingang inaktiv wird. Dieses Schaltverhalten verhindert zu kurze Laufzeiten des Kompressors. Somit wer-

den alle möglichen Praxisfälle vom Flipflop korrekt ausgewertet. Parallel zum Relais liegt die Diode D4, die induktive Spannungsspitzen unterdrückt. Das Relais schaltet den Netzanschluß b an den Kontakt c — der Kompressor ist also an die Anschlüsse a und c anzuklemmen.

Der Nachbau dürfte kaum Probleme bereiten; der Umstand, daß sowohl auf der Platine als auch an den Ausgangsklemmen mit einer Spannung von 220 V gearbeitet wird, sollte jedoch Anlaß zu besonderer Vorsicht sein. Als ideale 'Verpackung' für den Thermostaten eignet sich ein passendes Kunststoffgehäuse, so daß eine Gehäuse-Erdung nicht erforderlich ist.

Auf der Platine sollten die Leiterbahnen zwischen dem Relais und den Kontakten b und c mit Lötzinn 'angedickt' werden, da hier der relativ hohe Kompressor-Betriebsstrom fließt. Das Flipflop IC2 (CMOS) sollte nicht direkt eingelötet werden, sondern in eine geeignete IC-Fassung gesteckt werden.

Dank seines relativ großen Temperaturbereiches von -20°C bis $+70^{\circ}\text{C}$ eignet sich der Thermostat auch für die Temperaturregelung in anderen Geräten.

Die restlichen Verbindungen zwischen Modul und Platine sind dem Schaltbild entsprechend herzustellen. Dann wird das Steuerkabel für den Kompressor angeklemt. Da in den meisten Kühlschränken bereits ein Stromverteiler eingebaut ist (meist an der Unterseite nahe am Kompressor), kann man ihn zum Anklemmen der Thermostat-Anschlüsse benutzen. Die Leitungen a und c ersetzen hierbei die alten Thermostatleitungen, Anschluß b wird mit der noch freien, zweiten Netzleitung verbunden (aber keinesfalls mit dem gelb-grünen Schutzleiter!).

Zum Schluß werden die drei Bestandteile des Thermostaten (Modul, Platine, Tastatur) ins vorgesehene Gehäuse montiert. Für die Tastatur und für das Modul sind zuvor passende Ausbrüche herzustellen.

Noch ein Wort zur Verlegung der netzspannungsführenden Leitungen des Thermostaten: Zweckmäßigerweise führt man diese an der Rückseite des Kühlschranks nach unten. Hier befindet sich aber auch die Kühlschlange (Kondensor), die im Betrieb recht warm wird. Um einen Kontakt zwischen dem Kondensor und dem Kabel zu vermeiden, sollte es entlang der Rückwand innerhalb eines geeigneten Alurohrs geführt werden. Das Rohr wird oben und unten mit kurzen Schrauben an der Rückwand verankert.

Nachdem die Schaltung erfolgreich eingebaut ist und den ersten Funktionstest überstanden hat, können nun die Schalttemperaturen programmiert werden. Zunächst wird die obere Grenztemperatur eingestellt.

Hierzu hält man den Taster h(igh) fest und betätigt den Ta-

ster s(tellen) solange, bis die gewünschte Temperatur erreicht ist. Zum Einstellen der unteren Grenztemperatur wird ähnlich vorgegangen, mit dem Unterschied, daß jetzt der Taster l(ow) festgehalten wird. Wird kein Taster betätigt, müssen auf dem Display die momentane Innentemperatur und die Symbole HI und LO erscheinen.

Die einzustellenden Grenztemperaturen hängen natürlich von der Platzierung des Sensors ab. Es ist einleuchtend, daß der Innenraum direkt neben dem Gefrierfach am kältesten ist. Wenn hier eine Temperatur von 0°C herrscht, können im unteren Kühlraum beispielsweise $+5^{\circ}\text{C}$ gemessen werden. Der Autor montierte den Sensor ca. 5 cm unter dem Gefrierfach und erreichte bei einem eingestellten Temperaturbereich von $+1^{\circ}\text{C}$ bis $+5^{\circ}\text{C}$ im unteren Kühlraum eine relativ konstante Temperatur von $+6^{\circ}\text{C}$. Auf jeden Fall sollte man aber mit Hilfe eines zweiten Thermometers einige Messungen zur Ermittlung des richtigen Temperaturbereiches durchführen.

Der hier beschriebene Thermostat eignet sich aber nicht nur für die Temperaturregelung von Kühlschränken. Sein Gesamt-Temperaturbereich von -20°C bis $+70^{\circ}\text{C}$ macht ihn auch für andere Geräte, beispielsweise für elektrische Heizkörper, interessant. Da das Temperatur-Zeit-Modul zudem über eine serielle Schnittstelle verfügt, können mit einem Computer beliebige Temperaturen (innerhalb des genannten Bereiches) in Abhängigkeit von der Zeit aufgenommen und als 'Fieberkurve' dargestellt werden.

Nach dem Einbau von drei weiteren Bedienelementen (zwei Taster, ein Umschalter) steht zusätzlich eine komplette Uhr zur Verfügung. Die Möglichkeiten des Moduls sind im vorliegenden Projekt also noch nicht voll ausgereizt. Für 'normale' Temperaturregelungen reicht diese Stufe jedoch völlig aus und bietet gerade bei Kühlschrank-Anwendungen mit geringem Aufwand relativ viel Komfort bei gleichzeitig hoher Zuverlässigkeit. □

Beliebte elrad-Bausätze

Unsere Bausätze enthalten alle Bauteile laut Stückliste inklusive Platine und Sonstiges * Gehäuse extra!

* Alle Bauteile — auch Platinen — einzeln erhältlich!

April 1989	
Elektronisches METRONOM (optisch)	DM 59,90
MMIC-Antennenverteiler 3fach	DM 31,90
Frequenzmessvorsatz Einbauvers.	DM 23,45
dic. Tastkopfversion o. Gehäuse	DM 21,90
Universeller Meldestärker (ASP)	DM 899,00
DSP: Systemkarte	DM 327,30
DSP: Speicherkarte 20 MHz-Version	DM 418,00
DSP: AD/DA-Wandlerskarte	DM 308,00
DSP: Erweiterungskarte	DM 199,00

Bausätze bis 3/1989	
RGB-FBAS-Wandler + Audio + Gehäuse	DM 185,00
Steuerelektronik für Aqua-Akku	DM 33,30
NETZ-MODEM + Trafo	DM 117,40
Halogenius ohne Netzteil/Lampe	DM 32,20
Batterie-Tester	DM 38,20
VIDEO-Kopierschutzfilter o. Netzteil	DM 36,90

!!! Bitte beachten Sie auch unsere Angebote in früheren elrad-Heften: z. B.: 12/88, S. 95 !!!

Anfragenbeantwortung nur geg. Rückporto 1,50

Versand: Nachnahme (Portopauschale DM 5,50 + 2,00 NV-Gebühr) * Vorauskass.: Bestellwert + DM 5,50 Porto * Oder: Postgiro Karlsruhe 2205 52-757 * Geiste angeben!

Geist Electronic-Versand GmbH
Otto-Gönnenwein-Straße 5
D-7730 VS-Schwenningen
TELEFON: 0 77 20/3 66 73

Anzeigenschluß für elrad 9/89 ist am 20. Juli 1989

Tennert-Elektronik

Ing. Rudolf K. Tennert

***** AB LAGER LIEFERBAR *****	
* AD-/DA-WANDLER	
* CENTRONICS-STECKERBINDER	
* C-MOS-40XX-43XX-74HCXX	
* DIODEN BRIDEN	
* DIP-KABELVERBINDER-KABEL	
* ENGABETASTEN DIGITAST++	
* FEINSICHERUNGSX20+-HALTER	
* FERNSEH-THYRISTOREN	
* HYBRID-VERSTÄRKER STK..	
* IC-SOCKEL+TEXTTOOL-ZIP-DIP	
* KERAMIK-FILTER	
* KONDENSATOREN	
* KÜHLKÖRPER UND ZUBEHÖR	
* LABOR-EXP.-LEITERPLATTEN	
* LABOR-SORTIMENTE	
* LEITUNGS-TREIBER	
* LINEARE-ICS	
* LÖTLÖTLÖSEN, LÖTSTATIONEN	
* LÖTSAUGER + ZINN	
* LÖTLOSEN, LÖTSTIFT +	
* EINZELSTECKER DAZU	
* MIKROPROZESSOREN UND PERIPHERIE-BAUSTEINE	
* MINIATUR-LAUTSPRECHER	
* OPTO-TEILE LED + LCD	
* PRINT-RELAIS	
* PRINT-TRANSFORMATOREN	
* QUARZE + Oszillatoren	
* SCHALTER+TASTEN	
* SCHALT-NETZTEILE	
* SPANNUNGS-REGLER FEST+VAR	
* SPEICHER-EPROM/PROM/RAH	
* STECKERBINDER-DIVERSE	
* TEMPERATUR-SENSOREN	
* FAST-CODIER-SCHALTER	
* TRANSISTOREN	
* TRIAC-THYRISTOR-DIAC	
* TTL-74LS/74ALS/74FXX	
* WIDERSTÄNDE + NETZWERKE	
* Z-DIODEN + REF.-DIODEN	

* KATALOG AUSG. 1988	
* MIT STAFFELPREISEN	
* ANFORDERN — 176 SEITEN	
* >>>>>> KOSTENLOS <<<<<<<<	

7056 Weinstadt-Endersbach
Postfach 22 22 · Ziegeleistr. 16
Tel.: (0 71 51) 66 02 33 u. 6 89 50

Musik Elektronik

Kawai K-5 Synthesizer

(Unverb. Preismf. DM 3990,—)

Unser Preis: DM 1995,—



16-stimmiger Synthesizer mit je 2 multifunktionalen Oszillatoren pro Stimme * Pro Oszillator kann stufenlos jeder Oberton bis zur 63. Harmonischen eingestellt werden, sowie 4 getrennten Hüllkurvengeneratoren zugewiesen werden * Filter mit Hüllkurvengenerator * VCA mit Hüllkurvengenerator * LFO mit 6 versch. Wellenformen * Hauptausgang sowie 4 prog. Einzelausgänge * MIDI-Multi-Mode mit dyn. Stimmenanzahl * 15-teliger Split * 48 Single, 48 Multi-Sound-Speicher, erweiterbar über Cartridge * Großes LCD-Display *

Kawai K-1 Synthesizer

Unser Preis DM 1390,—

Kawai K-1r 19" Synthesizer

unser Preis DM 950,—



16-stimmiger Synthesizer mit 256 Wellenformen * LFO * Hüllkurvengenerator * MIDI-Multi-Mode * Prog. Stereo-Ausgang * Erweiterbar über Cartridge * 64 Single, 32 Multi-Mode-Speicher *

Kawai Q-80 MIDI-Sequencer

DM 1120,—

MIDI-Sequencer * 32 Spuren * 26.000 Noten Speicherkapazität * eingebauter 3,5"-Disketten-Laufwerk mit 150.000 Noten Kapazität * Separater 64 Kbytes Speicher zum abspeichern System-Exclude-Daten z. B. Klang-Daten * Aufnahme in Real-Time und Step-by-Step * Human-Quantisierung * Tempo-Programmierung * Einteilung in 100 Pattern/10 Songs möglich * Batterie-Pufferung *

Kombinationspreise:
Q-80 + K-5 + 800 versch. Sounds auf Disk DM 3090,—
Q-80 + K-5m + 800 versch. Sounds auf Disk DM 2580,—
Q-80 + K-1 + 1700 versch. Sounds auf Disk DM 2450,—
Q-80 + K-1r + 1700 versch. Sounds auf Disk DM 1985,—
Editor + Dump-Program für K-5 auf Atari ST DM 99,—

KORG MS-04

Unser Tiefpreis: DM 59,—

Modulationspedal für CV/Gate Synthesizer wie MS-10/20, Formant, Modular-Systeme etc. * Beinhaltet LFO mit Sägezahn, Rechteck, Sinus und Zufallsgenerator, sowie eine Pitch-Bending Einheit. Beide Einheiten, Pitch und LFO, lassen sich über 2 Ausgänge getrennt wie auch gemischt benutzen. Ausgang umschaltbar von ± 1 Volt auf ± 4 Volt * 4 Regler, 3 Schalter *

Alesis Microverb II

Unser Tiefpreis: DM 395,—

Digitales Halbleiter mit 16 versch. Programmen von 200 ms bis zum 10-Sekunden-Konzert-Hall, sowie Gated und Reverse Hall * Hervorragende Klangqualität durch 16-Bit-Auflösung * Lieferung incl. Netzteil * Stereo * 19"-Adapter als Zubehör: DM 60,—

KORG KMS-30

Synchronizer

Unverb. Preismempfehlung DM 560,—

Unser Tiefpreis: DM 199,—

Multifunktionaler Synchronizer um MIDI-Geräte, DIN-Sync-Geräte (z. B. Korg DDM-110/220, MC-202, TR-606, TR-808 etc.) sowie Bandmaschinen und Cass. Recorder zu synchronisieren * Anschlüsse: 2x MIDI In-Out, MIDI-In, 2x DIN-Sync-Out, DIN-Sync-In, Tape-In/Out * Lieferung incl. Netzteil *

Digitech RDS-1900 Digital-Delay

DM 498,—

Digital-Delay mit 1900 ms Verzögerung bei 15 kHz Frequenzgang * Modulationsgenerator für Chorus/Fanger-Effekte * Regler für Input, Mix und Output mit 4-fach LED-Anzeige * 19" Format * 220 V Anschluss * Stereo-Ausgang * Feedback * Delay-Zeit läßt sich auch über externes Volumen-Pedal steuern *

Korg MEX-8000

Unverb. Preismempfehlung DM 690,—

Unser Preis: DM 179,—

Speichererweiterung für Korg Synthesizer wie z. B. EX-800, Poly-8000, DM-6000, DWEX-8000 etc. * Über MIDI lassen sich 4 Speicherbanken mit je 64 Sounds (also 256 Speicher) laden * Latenzzeit ca. 2 Sekunden *

Akai S-700 Sampling-Expander

Unverb. Preismempfehlung DM 2090,—

AUDIO ELECTRIC Preis: DM 1250,—



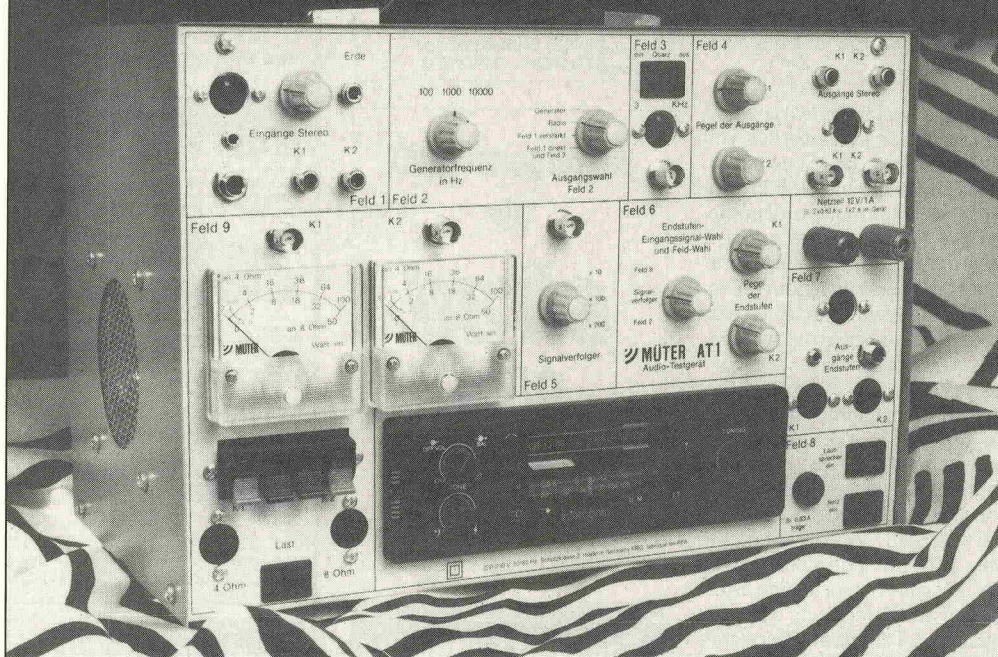
6-stimmiger 19" Sampler * 16 kHz Frequenzgang bei 12-Bit Auflösung * Eingebautes 2" Laufwerk * 6 Soundspeicher mit je 0,8-8 Sekunden Aufnahmezeit, erweiterbar auf 16 Speicher * 6-faches Mix-Sampling möglich * MIDI-Mono-Mode * Line und Mic-Anschluß zum selber sampeln * Weit über 100 Studiounders als Zubehör lieferbar * Viele Nachbearbeitungsmöglichkeiten wie LFO, Filter, Overdrive, Rückwärtsabspielen, Release etc. Lieferung incl. 3 bespielten Disketten, 220 Volt.

Begrenzte Stückzahlen * Schnellversand per Post, Nachnahme. * Alle Geräte originalverpackt mit Garantie * Ausführliches Informationsmaterial gegen DM 3,50 in Briefmarken.

AUDIO ELECTRIC GmbH
Robert-Bosch-Straße 1
7778 Markdorf (Bodensee)
Tel. 0 75 44/17 16 08

Servicenter

Ausprobiert: Der Audiotester von Mütter



Peter Rübke-Doerr

An Meßgeräte für Rundfunk- und Fernsehwerkstätten werden bemerkenswerte Anforderungen gestellt. Kosten dürfen sie nichts, wie alles andere auch, genau sollen sie sein, wie die PTB selber, und zweieinhalb Geräte in der Größe von Streichholzschachteln müssen sämtliche Einsatzfälle der gesamten Werkstatt abdecken. Denn Platz ist immer zu wenig da. Diesen überzogenen Ansprüchen genügt der Audiotester AT 1 freilich nicht. Will er auch nicht.

Die Firma Mütter in Oer-Erkenschwick war früher lediglich als Anbieter von Spezialgeräten bekannt — beispielsweise von Bildröhren-Regeneriergeräten oder Röhrenmeßgeräten; hier lebte gewissermaßen eine Elektronikerfamilie von ihrem Kathoden-Know-how. Nur sind in den letzten zwanzig Jahren die Kathoden seltener geworden und die Bildröhren billiger. Es verwundert daher nicht, daß inzwischen diese Mono-Kultur etwas aufgelockert wurde: durch Regeltrenntrafos, Wattmeter oder Farbbild-Testgeneratoren. Ein völlig neues Produkt ist der Audiotester. Er hat sich das Gerät einmal angesehen und im Labor bei einigen Messungen eingesetzt.

Jeder, der des öfteren Audiogeräte durchzumessen oder zu reparieren hat, kennt das Problem der Arbeitsvorbereitung: Als erstes benötigt man eine Spannungsquelle, um das Gerät in Betrieb nehmen zu können (such, wühl, klemm ab, streit/schimpf mit Kollegen, weil irgendwo Netzteil stehen-

gelassen), dann braucht man einen Lautsprecher zum Abhören, einen Lastwiderstand zum Messen, einen Generator, ein Millivoltmeter und, und, und. Kurz gesagt, der zeitliche Aufwand bis zum Beginn der eigentlichen Arbeit ist manchmal genauso groß wie der zeitliche Aufwand für die Messungen selbst. Und hier setzt nun die Idee von Müters Audio-Tester an: Alle normalerweise benötigten Geräte sind in einem Gehäuse vereinigt. Dadurch spart man Platz, Geräteaufwand und Zeit.

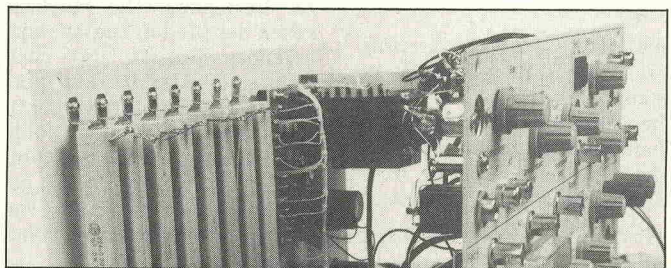
Im einzelnen befinden sich im Audio-Tester folgende Kompo-

nenten: komplettes Stereo-Autoradio mit Kassettenspieler als Signalquelle, zwei Abhörlautsprecher, zwei Wattmeter mit Lastwiderständen, zwei Tongeneratoren — einer davon quartzgesteuert als Frequenznormal für Bandgeschwindigkeitsmessungen — ein Eingangsfeld, ein Ausgangsfeld, ein Signalverfolger und jede Menge Umschalter und Buchsen.

Ganz klar, daß man bei einer derartig vielfältigen Fehlbedienungsmöglichkeit erst einmal einige Übungsstunden benötigt — und natürlich ein gutes Handbuch. Dieses besteht aus acht eng beschriebenen Schreibmaschinenseiten und stellt alle denkbaren Anwendungsfälle recht anschaulich dar. Allerdings meinen wir, daß dem schaltungstechnisch geschulten Techniker ein Blockschaltbild die vielen gedruckten Worte hätte ersparen können (was von Mütter inzwischen ebenso gesehen wird; das Blockschaltbild ist bereits in Arbeit).

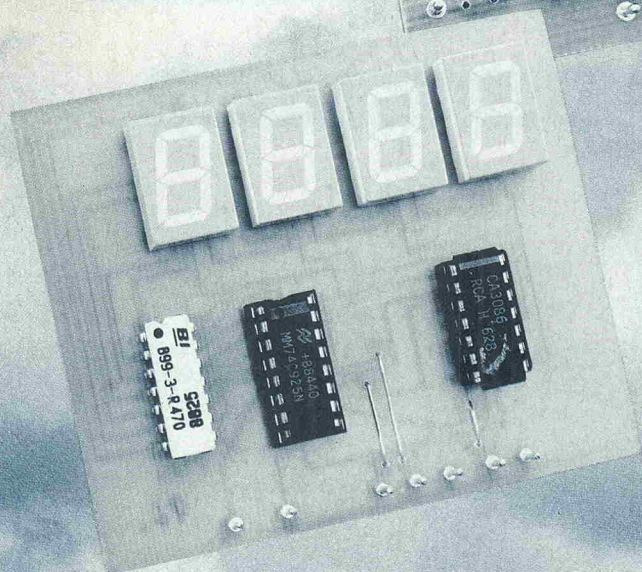
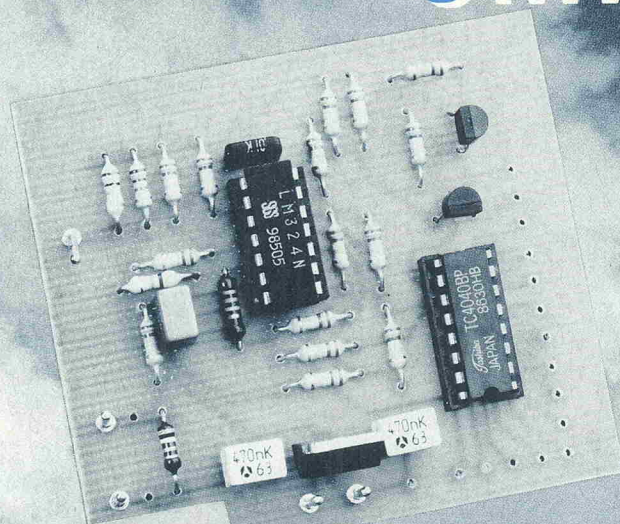
Das Gerät erwies sich in der Laborpraxis als hervorragend gelungene Kombination notwendiger Service-Meßgeräte. Ein empfehlenswertes Gerät also, doch man sollte auch auf seine Grenzen hinweisen: Der AT 1 ist ein echtes Servicegerät und nicht für Audio-Entwicklungen gebaut. Beispielsweise hält sich die Genauigkeit aller Signale und Anzeigen in den bauteileüblichen Grenzen, entwicklungspezifische Meßgeräte wie Klirrfaktormesser oder Millivoltmeter fehlen ganz.

Übrigens: Wer das Gerät kennt oder kennenlernen will und meint, daß die Zuleitungen zu den Lastwiderständen zu dünn seien, dem sei gesagt, daß rein rechnerisch der Leitungswiderstand unter 0,1 Ω liegt und damit zu vernachlässigen ist. Das Gerät ist eben für die (Service-) Praxis. □



D A S T H E M A

Umwelttechnik

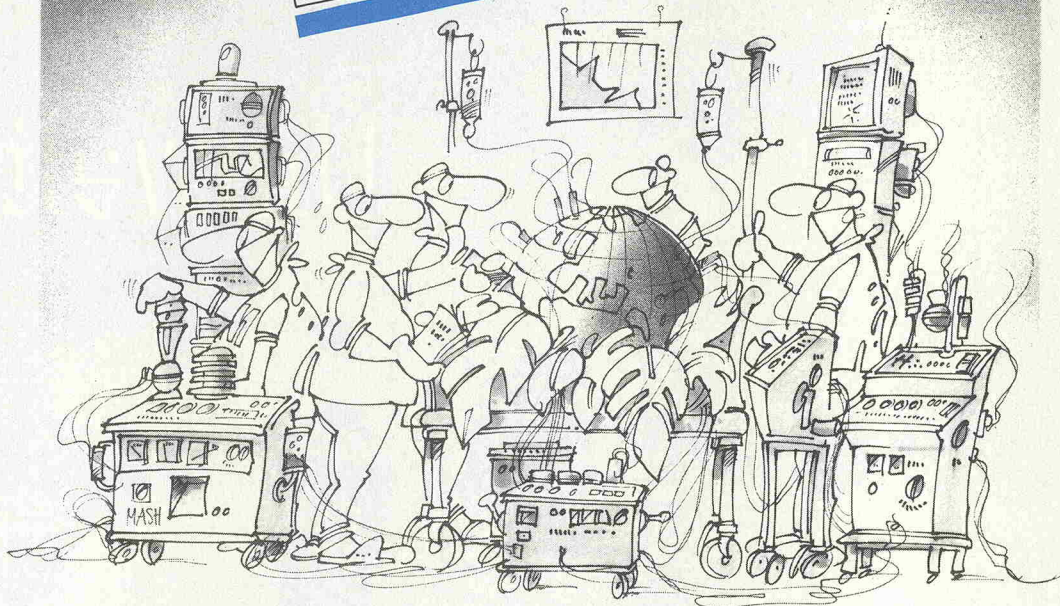


**Grundlagen
Projekte**



Elektronik gegen Umweltpest. Den Beelzebub mit dem Teufel austreiben? Nein. Läuft nicht. Lediglich hier und da das Leiden des todkranken Patienten lindern und ansonsten in der Diagnostik wertvolle Unterstützung sein. Das kann Elektronik für die Umwelt leisten. Den Rest müssen wir schon selber machen.

Editorial



Inhalt

Wiederaufarbeitung der Grundlagen

Radioaktivität. Zerfall der Materie, gefährliche Strahlung. Ein wichtiges Kapitel der Atomphysik, das man gut drauf haben muß, will man mit Geiger-

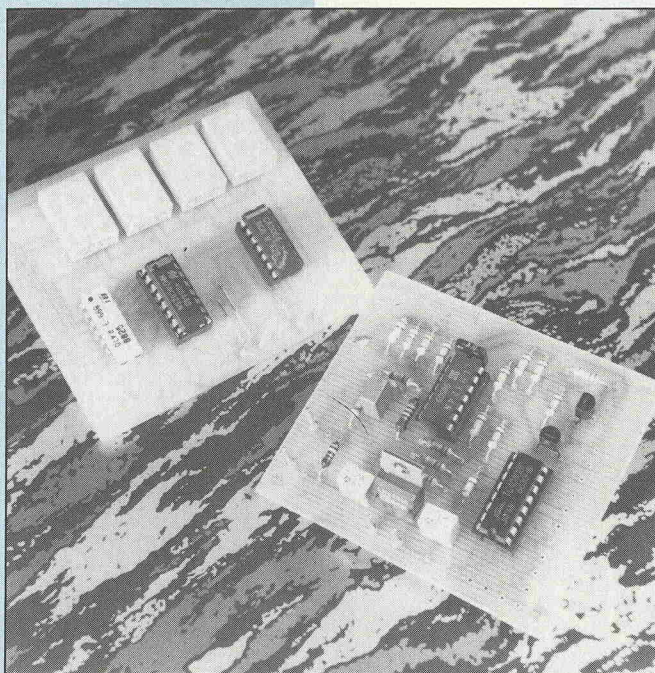
zählern oder Besserem der Umwelt bzw. ihren Feinden zu Leibe rücken. Unser Beitrag will helfen, einige Grundkenntnisse aufzufrischen. Dann geht's ins Bio-medizinische.

Seite 48

Energiemesser

In diesem Beitrag wird ein Energie- und Leistungsmesser für Windkraft- und Solargeneratoren beschrieben, der die von diesen, heute noch alternativen Energiequellen gelieferte elektrische Arbeit mißt und auf einem LED-Display anzeigt. Und wenn die gelieferte Energie bekannt ist, kann man leicht denjenigen Zeitpunkt berechnen, bei dem die Investitionskosten für den Generator durch den Energiegewinn amortisiert sind ...

Seite 54



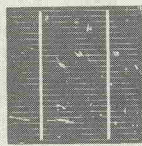
Gesamtübersicht

	Seite
aktuell	33
Kernstrahlungsmesser Szintillationsdetektor	36
Grundlagen Radioaktivität	48
Energiemesser Buchhalter	54

SOLAR-ZELLEN

IN THEORIE
UND PRAXIS

Die freundliche Energie
für eine bessere Zukunft



Photovoltaik

Die freundliche Energie...

So steht es auf einer gut 70-seitigen Broschüre über „Solarzellen in Theorie und Praxis“. Herausgeber ist die Hamburger Firma Solaris-Sonnenenergie, die sich auf den anwenderorientierten Bereich der Photovoltaik spezialisiert hat.

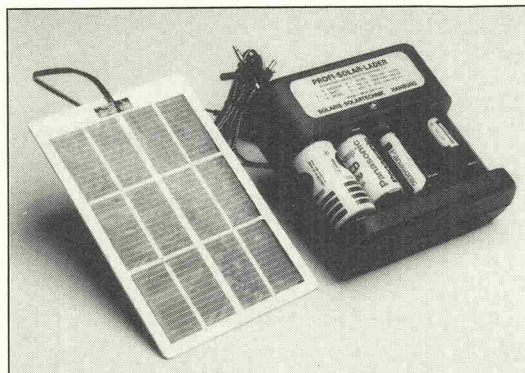
Die Broschüre behandelt zunächst ausführlich die physikalisch-elektrischen Grundlagen der Solarzellen. In Sachen Praxis informiert sie ehrlich, ohne übertriebene Erwartungen zu wecken, darüber, wo, wie und unter welchen Umständen

den sich der Einsatz von Solarzellen zur Stromerzeugung lohnt. Ein eher nüchterner, im Tenor jedoch positiver Zukunftsausblick schließt den firmenneutralen allgemeinen Teil ab.

Neben den Solarpanels in zahlreichen Watt-Größen bietet Solaris auch die Verbraucher elektrischer Energie an. Neben dem offenbar nicht klein zu kriegenden Spielzeug (Hochradler Modell 1880 u.a.) dominieren jedoch hier endlich die echten Nutzanwendungen, wobei selbstverständlich auf Niederspannungsvorsorgung und geringe Leistungsaufnahme der Verbraucher strikt geachtet wurde. Leuchten

mit großem Wirkungsgrad, Kühlschränke, eine Kombi-Elektronik Wechselrichter/Ladegerät, ein Fernseh-Portable, Lüfter und Pumpen: Viele Dinge also für Camper und andere, die sich zeitweise von der EVU-gestützten Zivilisation abnabeln wollen. Unser Foto zeigt ein Solar-Ladegerät für alle NiCad-Klein-Akkus, das kürzlich zur Hobbytronie in Dortmund vorgestellt wurde und mit Panel für 158 D-Mark angeboten wird.

Durchaus alternativ gestaltet sich auch der Kauf der Broschüre: Sobald sie eintrifft, kann man sie mit der beige-fügten Zahlkarte über 12,50 D-Mark bezahlen.



Glasfaser-Strecke

Extrabreit

Technischer Fortschritt für die Kommunikation über Glasfaser: Eine optische Ultra-Breitband-Mikrowellen-Verbindung wurde in der Electro-Optics Division von Marconi hergestellt. Die englische Firma hat mit Erfolg eine 1 km lange Glasfaser-Strecke für den Frequenzbereich 2...20 GHz zur Demonstration der Leistungsfähigkeit in Betrieb genommen.

Die neue Technologie läßt aufgrund ihrer hohen Bandbreite 3000 Fernsehkanäle oder sechs Millionen Te-

lefonkanäle zu. Zusätzlich lassen sich mehrere optische Trägerfrequenzen auf die gleiche Glasfaserstrecke multiplexen, mit geringem Übersprechen auch bei nur geringfügig unterschiedlichen Wellenlängen. Diese Eigenschaften erhöhen die Informationsübertragungsfähigkeit der Strecke beträchtlich.

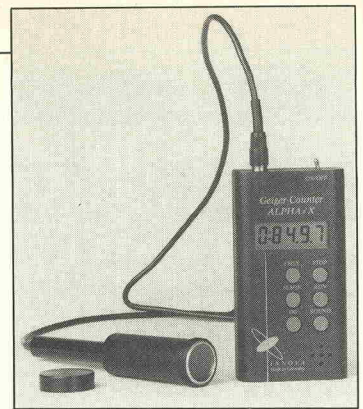
Die neue Glasfaser-Technologie unterscheidet sich von existierenden optischen Telekommunikationsstrecken durch den Einsatz eines externen Modulators, der die Information der optischen Trägerwelle aufmoduliert. Der elektrooptische Modulator

ist eine Spezialentwicklung des GEC-Marconi Research Centre und vermeidet einige Probleme, die mit direkt modulierten Halbleiter-Lasern auftreten. Dieses Konzept erlaubt auch die wesentlich höhere Bandbreite.

Die bekannten Vorteile der optischen Übertragung gegenüber Koaxialkabeln sind: wesentlich geringere Verluste, geringeres Gewicht und kleinere Abmessungen sowie die Unempfindlichkeit gegen elektrische und magnetische Störfelder. Der Durchmesser einer Glasfaser beträgt typisch 0,125 mm.

Meßtechnik

Mobiler Zähler



Mit dem Geigerzähler Alpha iX bietet die Firma Kaiser Computer aus Hüfingen ein mobiles Meßgerät zur Erfassung radioaktiver Strahlung an. Erkennt werden Alpha-Strahlen mit einer Mindestenergie von 1,9 MeV, Beta-Strahlen ab 0,09 MeV und Gamma-Strahlen ab 0,02 MeV.

Die Meßzeit des digitalen Impulszählers beträgt wahlweise 1 min, 10 min oder unendlich, wobei die Anzeige gehalten werden kann, oh-

ne daß die zwischenzeitlich aufgelaufenen Impulse verlorengehen. An den Geigerzähler können je nach Anwendungsbe- reich und Art der Strahlung verschiedene, eichfähige Zählrohre angeschlossen werden, unter ihnen auch ein Zählrohr für Flüssigkeiten, Pulver und anderes Schüttgut.

Der Geigerzähler Alpha iX hat die Abmessungen 13 x 6 x 3,5 cm und kostet — je nach Meßrohr — zwischen 600 DM und 1 000 DM.

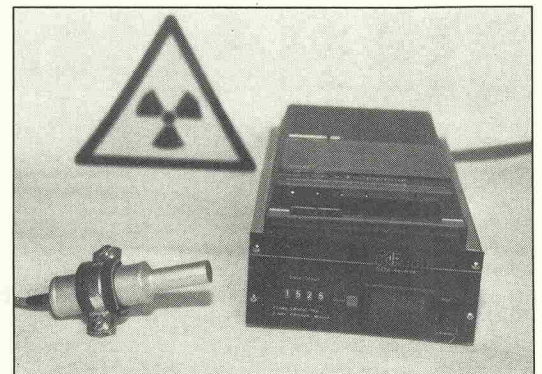
Meßtechnik

Datensammler

Die Firma Robert Mayr aus Krumbach stellt ein als 'Data-Rekorder' bezeichnetes Meßgerät vor, das primär für die Dauerüberwachung und -aufzeichnung der Umweltradioaktivität sowie für den Einsatz in Meßnetzen entwickelt wurde. Es kann aber auch für andere zu protokollierende Messungen verwendet werden.

Der Sensor besteht aus einer leicht zu montierenden, absolut wasserdichten Gamma-Sonde

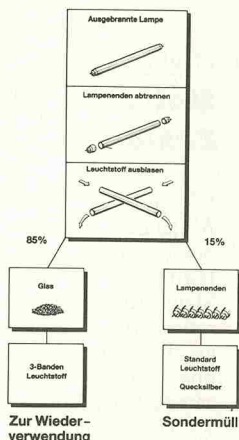
(nach Wahl auch energiekompensiert) mit einer abgeschirmten Zuleitung. Als Datenträger für die Meßwerte dienen handelsübliche Kompaktkassetten oder auch portable Buffer. Die Meßdaten können zur Auswertung direkt — beispielsweise über einen Akustik-Koppler — in einen Rechner eingespielt werden. Der Data-Rekorder verfügt über eine Anschlußmöglichkeit für einen Drucker oder für einen Computer. Nach Herstellerangabe beträgt der Preis 2 182 D-Mark zzgl. MWSt.



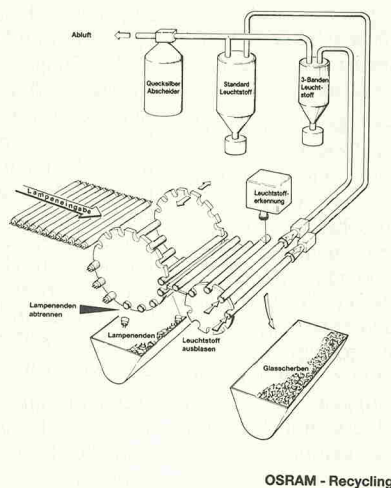
Leuchtstoffröhren Lichtblicke

Der gute Ruf von Leuchtstofflampen in Hinblick auf ihre Umweltverträglichkeit rührt vor allen Dingen daher, daß sie durch ihren hohen Wirkungsgrad relativ wenig Strom verbrauchen. Das ist auch okay so. Aber inzwischen dürfte sich wohl herumgesprochen haben, daß viele dieser Lampen mit PCB- (polychlorierte Biphenyle) haltigen Kondensatoren ausgerüstet sind, die jetzt anfangen, das gefährliche Gift freizusetzen. Zwar sind derartige Kondensatoren seit 1986 nicht mehr zum Einsatz in Lampen zugelassen, jedoch ändert das nichts an der Tatsache, daß viele der vor dieser Zeit installierten Licht-

So wird entsorgt



Schematische Darstellung der Anlage



OSRAM - Recycling

anlagen im höchsten Maße gesundheitsgefährdend sind.

Immerhin — die Industrie hat reagiert. AEG teilt mit, daß sie für die Erst- und Nachbestückung von Leuchtstofflampen entsprechende Kondensatoren mit einem Dielektrikum aus metallisiertem Papier und umweltfreundlichem Imprägniermittel im Programm hat, während SEL verlauten läßt, daß in ihren Kondensatoren nie PCB-haltige Isolierstoffe verwendet wurden und daß immer gewährleistet sei, daß Kondensatoren für Leuchtstofflampen von SEL weiterhin toxologisch völlig unbedenklich sind und weltweit eingesetzt werden können. Ist doch ein Wort, oder?

ANZEIGEN

DRAM's — DRAM's — DRAM's — DRAM's

51.1000 — 85ns (1Mbit x 1)	DM 49,68
51.1000 — 100ns (1Mbit x 1)	DM 48,62
51.4256 — 100ns (256Kbit x 4)	DM 59,10
41.256 — 80ns (256Kbit x 1)	DM 23,45
41.256 — 100ns (256Kbit x 1)	DM 19,30
41.256 — 120ns (256Kbit x 1)	DM 16,33

Sonderangebot — begrenzter Vorrat

Frank Bach · Elektronikversand
Geisenheimer Straße 13a · 1000 Berlin 33
Telefon: 030/821 81 98

Lieferung gegen Scheck oder Vorkasse auf
Postgirokonto Nr. 26 93 49-100 BLZ 100 100 10 in der Reihenfolge des Bestelleingangs

Auszug aus unserer Preisliste!

A241	8,38	ECC83	5,65	EF83	10,26	EL504	7,02	PC88	3,03	PY500A	10,83
DAF96	5,31	ECC85	4,11	EF85	3,85	EL508	21,09	PC92	18,70	5Y3GT	8,21
DF91	5,13	ECC86	5,70	EF86	6,27	EL519	22,23	PCC88	5,76	6L6GC	12,37
DF96	5,25	ECC88	7,41	EF89	5,13	ELL80/E	37,62	PCF802	5,25	6V6GT	8,84
DK91	6,27	ECF80	5,53	EF91	6,84	EM11	9,69	PCL805	6,73	807	19,27
DL96	5,82	ECF82	6,27	EF93	5,13	EM80	6,79	PL519	22,23	6550	61,56
DY802	3,42	ECF82	7,30	EF94	5,19	EM84	5,82	PY88	3,65	7025	9,69
EAA91	3,03	ECH81	4,34	EF98	5,19	EMM803	11,29	RÖHREN-FASSUNGEN			
EAB80	3,94	ECL80	3,99	EF183	3,53	EY51	5,25	für Schraubbefestigung			
EAF42	6,84	ECL82	4,91	EF184	3,53	EY86	2,57	Miniatur Hartpapier			0,69
EAF801	8,89	ECL85	5,36	EF806S	31,92	EY500A	11,86	Miniatur Keramik			1,26
EBF11	11,86	ECL86	5,13	EL34	12,32	EZ11	8,95	Oktal Preßstoff			2,85
EBF80	3,94	ECL113	20,52	EL36	7,30	EZ80	5,25	Novol Hartpapier			0,69
EBF89	3,94	ECL805	5,36	EL41	42,64	EZ81	5,65	für Printmontage			
EC92	10,04	ECL900	54,72	EL84	4,79	GY501	7,98	Miniatur Preßstoff			1,03
EC40	43,32	EF12	23,37	EL86	5,82	GZ34	12,66	Novol Preßstoff			1,37
ECC81	5,88	EF41	12,77	EL90	7,87	PAB80	2,80	Magnoval Keramik			3,88
ECC82	3,71	EF80	3,88	EL95	3,88	PC86	2,85	Dekal Preßstoff			1,14

Spezial-Röhren auf Anfrage!

Auch weitere Röhren-Typen preiswert lieferbar!

Lieferung per Nachnahme ab Lager Nürnberg. Inlandsbestellungen über DM 150,— porto- und spesenfrei. Zwischenverkauf vorbehalten. Bitte fordern Sie unsere komplette PREISLISTE an!

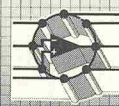
ELEKTRONIK-VERTRIEBS GMBH

Dallingerstraße 27, Postfach 45 02 55, 8500 NÜRNBERG 40,
Telefon (09 11) 45 91 11, Telex 6 23 665 bibnb d, Telefax 09 11/45 81 02
Geschäftszeiten: Mo.—Fr. 8—13 u. 14—17 Uhr. Nach Geschäftsschluss: Automatischer Anrufbeantworter

Praktische OpAmp- Technik

R.M. Marston
**110 Operationsverstärker-
Schaltungen**

für den Hobby-Elektroniker



HEISE

Der Operationsverstärker ist eines der wichtigsten elektronischen Bauelemente. In diesem Buch werden erprobte Schaltungen aus einem weiten Anwendungsspektrum vorgestellt. Alle Schaltungen sind bewußt einfach gehalten und be-reiten auch dem Anfänger kaum Probleme. Ein Buch für die Praxis.

ELEKTRONIK

Broschur, 147 Seiten
DM 16,80
ISBN 3-922 705-04-9



Verlag
Heinz Heise
GmbH & Co KG
Postfach 61 04 07
3000 Hannover 61

Im Buch-, Fachhandel oder beim Verlag erhältlich. 504/1.4

Der Firma Osram ist in Sachen Leuchtstoffröhren und Umweltbewußtsein ein ganz anderes Licht aufgegangen. Sie weiß, das Entladungslampen, zu denen die am meisten verbreiteten Leuchtstofflampen gehören, wegen ihres Quecksilbergehalts zum Sondermüll zählen, und demzufolge auf Sondermülldeponien entsorgt werden müssen. Das hat Osram keine Ruhe gelassen, und so hat die Firma ein Verfahren entwickelt, mit dem wertvoller Rohstoff zurückgewonnen und der Anteil des Sondermülls auf einige wenige Prozent reduziert werden kann.

Dieses Verfahren manifestiert sich in einer Maschine, die bis zu 4000 Stück Leuchtstofflam-

pen pro Stunde verarbeiten kann. Neben diesem Hochleistungstyp sind auch kleinere Maschinen entwickelt worden, deren Kapazität den örtlichen Gegebenheiten anpaßbar ist. Solche Maschinen werden Osram zufolge von Recycling-Unternehmen und öffentlichen Betreibern von Mülldeponien wie Landkreisen und Städten dringend verlangt.

Nebenbei: Da der Verbraucher, ob privat oder gewerblich, nach dem Abfallbeseitigungsgesetz für die Entsorgung seiner Gebrauchsgüter verantwortlich ist, sollte er sich bei der zuständigen Stadtverwaltung bzw. Landratsamt über Sammelstellen und Entsorgungsunternehmen informieren.

Windenergie

Das Mega-Projekt

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) hat jetzt ein windiges Projekt in Angriff genommen: Das „100 MW Wind-Projekt“. Dazu sollen über einige Jahre hinweg Windparks und Einzelanlagen mit einem Kostenaufwand in der Größenordnung von 400 Mio. DM aufgebaut werden, wobei Vater Staat einen Anteil von 130 Mio. DM übernimmt. Das BMFT wird dazu mit einem langfristig angelegten Meß- und Bewertungsprogramm beitragen, das den beteiligten Betreibern von Windkraftanlagen über 10 Jahre auch finanzielle

Unterstützung für ihre Teilnahme am Projekt gewährt.

So ist generell vorgesehen, daß pro erzeugter Kilowattstunde elektrischen Stromes ein Zuschuß von 8 Pf gewährt wird, wobei Privatpersonen und Landwirte wahlweise anstatt dessen einen Zuschuß zu den Investitionskosten in Anspruch nehmen können, der sich nach den Abmessungen der Windkraftanlagen richten wird und 30...40% der Kosten betragen kann. Für die Bewilligung gelten insbesondere folgende Kriterien:

- technische Reife, Entwicklungsstand und Demonstrationsbedarf des Anlagentyps
- Demonstrationsbedarf des gewählten

Standortes (Vielfalt unterschiedlicher Standorte)

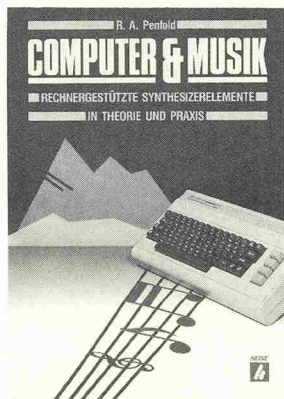
- Ausgewogenheit hinsichtlich der Beteiligung unterschiedlicher Betreiber (Energiewirtschaft, Kommunen, Landwirte, Gewerbe, Einzelpersonen)

- Beitrag zur Weiterentwicklung und Hebung des technischen Standes der deutschen Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Windtechnik.

Um das Großexperiment, dessen Anlaufphase auf etwa fünf Jahre geschätzt wird, möglichst schnell in Gang zu bringen, unterstützt das BMFT nach eigenen Aussagen „einen großzügigen, 'stürmischen' Start“.

ANZEIGEN

Computer für Mucker



COMPUTER & ELEKTRONIK

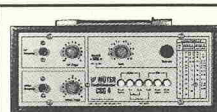
Der Homecomputer als Hilfsmittel zur elektronischen Klangsynthese
— Stichworte Sequenzer, MIDI — Schnittstellen, Soundgeneratoren, Digitalumsetzer, Kompander, Mehrkanal-Generatoren.
Sämtliche Themen werden leicht nachvollziehbar behandelt. Vorausgesetzt wird etwas Erfahrung in der Programmierung von Computern und im Aufbau einfacher Schaltungen.

Broschur, 108 Seiten
DM 18,80
ISBN 3-922705-37-5



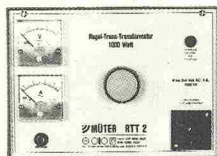
Verlag
Heinz Heise
GmbH & Co KG
Postfach 61 04 07
3000 Hannover 61

Im Buch-, Fachhandel oder beim Verlag erhältlich. 53712.4

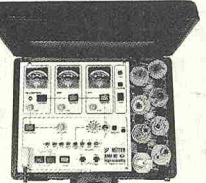


CSG 4, Color-Testbild-Sender mit Kreis, VHF, UHF, S-Kanäle, Video-Ausgang; DM 951,00;

RTT 2, Regel-Trenntrafo, 0 bis 270 V, 4 A, 1100 W, V- und A-Meter; NV-Netzteil für Schalt-I-Bremse, sehr robust, DM 751,00;



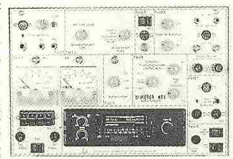
Neu: BMR 90 HiEc Bildröhren-Meß-Regenerator jetzt mit G1-G2-Schlußreparatur, regeneriert verbrauchte Bildröhren noch besser; 131 Adapter, 10 Heizspannungen; 3 BMR-Typen ab DM 675,00;



MÜTER Kriedillweg 38
4353 Oer-Erkenschwick
Tel. (02368) 2053

INFO kostenlos anfordern. Postkarte in diesem Heft.

Neu: AT 1, Audio-Tester mit Wattmeter, 100 W-Lasten, Tonband-Köpf- und Gleichlauf-Justage, Schnelltest von Mic TB PH CD LS KH, Signal-Verfolger/-Injektor, 2 Generatoren, Prüfverstärker u. Lautsprecher, Radio, 12 V-Netzteil, ersetzt 10 Geräte und alle Adapter; DM 1114,00;



STEFAN KARAMANDIS
Alles über
SOLARZELLEN
Ein Anwender-Handbuch



Alles über SOLARZELLEN
Ein Handbuch für Anwender
180 S., 125 Abb.,
DM 29,80

- Was ist Energie und warum ist sie unerlässlich?
- Was ist Sonnenenergie, wie kann sie technisch genutzt werden und warum muß man sie einsetzen, um den künftigen Energiebedarf der Erde zu decken?
- Welche physikalischen Verfahren und technischen Mittel stehen hierzu zur Verfügung?
- Welches ist der heutige Entwicklungsstand und welche Voraussetzungen müssen noch erfüllt werden?

Fragen dieser Art werden im Rahmen dieser beiden Bücher ausführlich besprochen.



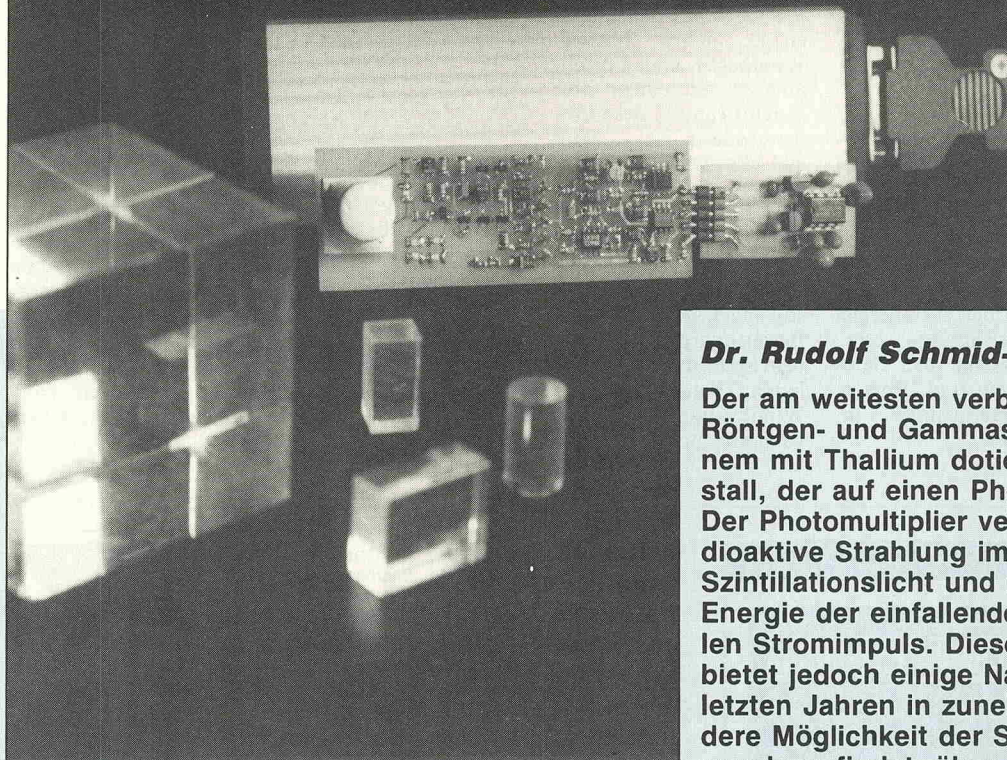
Das ABC der Sonnenenergie
124 S., 64 Abb.,
DM 16,80

ELEKTRA VERLAG GmbH

Nibelungenstraße 14, 8014 Neubiberg bei München, Telefon (0 89) 6 01 13 56

Szintillationsdetektor

Szintillationsdetektor ohne Hochspannung



Dr. Rudolf Schmid-Fabian

Der am weitesten verbreitete Detektor für Röntgen- und Gammastrahlung besteht aus einem mit Thallium dotierten Natriumjodid-Kristall, der auf einen Photomultiplier geklebt ist. Der Photomultiplier verstärkt das durch die radioaktive Strahlung im Kristall hervorgerufene Szintillationslicht und man erhält einen zur Energie der einfallenden Strahlung proportionalen Stromimpuls. Diese Detektorkombination bietet jedoch einige Nachteile, weshalb in den letzten Jahren in zunehmendem Maße eine andere Möglichkeit der Strahlungsmessung Anwendung findet, über die in diesem Artikel ausführlich berichtet werden soll.

Die rasche Entwicklung der Halbleitertechnologie ermöglichte die Herstellung von immer empfindlicheren Photodioden, die einfallendes Licht mit einem sehr guten Wirkungsgrad in Strom umwandeln können (siehe Kasten PIN-Photodioden). Gleichzeitig wurden rauscharme, ladungsempfindliche Vorverstärker entwickelt, die diese schwachen Ströme ausreichend verstärken können. Zusammen mit einem entsprechenden Szintillationskristall, der mit der PIN-Diode verklebt wird, kann man ein einfaches Detektorsystem aufbauen, das in einigen Punkten einer NaJ-Photomultiplier-Kombination überlegen ist. Eine kleine Gegenüberstellung zeigt die Vor- und Nachteile der beiden Systeme:

● Photomultiplier

Nachteile:

- benötigt Hochspannung (mehrere 1000 V)
- teuer
- stoßempfindlich
- empfindlich auf magnetische Felder
- relativ groß

Vorteile:

- hohe Eigenverstärkung, benötigt nur geringe Nachverstärkung
- geringes Rauschen
- kurze Signalanstiegszeiten

● PIN-Diode

Nachteil:

- keine Verstärkung, daher ist das Rauschen vor allem durch den Vorverstärker bestimmt

Vorteile:

- preiswert
- geringe Größe
- niedrige Spannung (circa 30 V)
- geringe Stromaufnahme (circa 35 mA mit Verstärker)
- relativ unempfindlich auf Stoß
- keine Magnetfeldempfindlichkeit
- hohe Stabilität und Langlebigkeit

Vor allem die Hochspannung schreckt viele Anwender davon ab, mit Photomultipliern zu arbeiten, obwohl inzwischen eine sehr gute A/D-Wandlerkarte für PCs angeboten wird, die eine komplette, einstellbare Hochspannungseinheit enthält und nur noch durch ein Kabel

mit dem Detektor verbunden werden muß. Aber so etwas hat natürlich seinen Preis.

Das hier vorgestellte Detektorsystem besteht im wesentlichen aus einer PIN-Diode mit einer aktiven Fläche von 1 cm^2 , einem kleinen CsJ(Tl)-Kristall ($1 \times 1 \times 2 \text{ cm}^3$) und einer SMT-Platine mit Vorverstärker, Hauptverstärker und einem Komparator (Bild 1).

Der CsJ-Kristall wird nach dem Polieren (alle 6 Seiten müssen glasklar erscheinen, siehe auch Kasten über anorganische Szintillationskristalle) mit einem Epoxidharzkleber auf die PIN-Diode geklebt und nach dem Erhärten des Klebers sorgfältig mit Teflonband umwickelt. Um Einwirkungen von Streulicht bei optisch nicht ganz

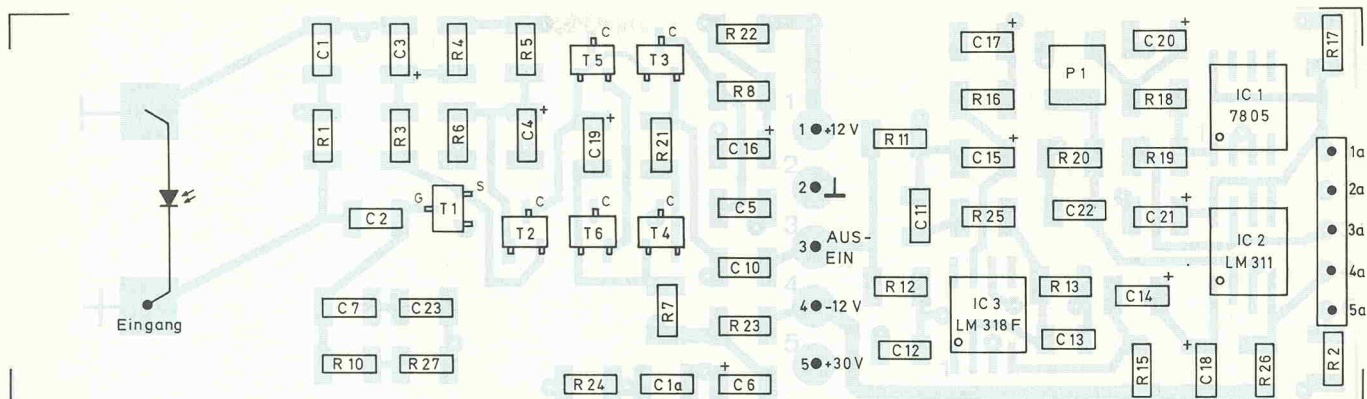


Bild 1. Der Bestückungsplan der Verstärkerplatine.

dichtem Detektorgehäuse zu vermeiden, wird die Kristall-Dioden-Kombination mit schwarzem Isolierband umwickelt. Die komplette Detektoreinheit ist fertig montiert erhältlich.

Die Platinenvorlagen für den Verstärker sind am Ende des Heftes abgedruckt. Nach dem Ätzen der Platine sollte diese gut gereinigt und getrocknet werden. Vor allem im Vorverstärkerteil ist der Verstärker sehr empfindlich auf kleinste Kriechströme, da von der PIN-Diode sehr schwache Ströme verarbeitet werden müssen. Schon 2000...3000 Elektronen

reichen aus, um ein verwertbares Signal zu erzeugen. Ist die Platine mit Resten vom Ätzbad verunreinigt, kann dies zu einer Verstärkung des von der PIN-Diode kommenden Dunkelstromes führen.

Wird kein Lötstoplack verwendet, so ist es empfehlenswert, die kritischen Stellen, an denen Leiterbahnen unter Bauteilen durchgeführt sind, mit etwas Lack zu schützen. Ein Kurzschluß unterhalb eines Kondensators beispielsweise ist nur schwer zu entdecken.

Die meisten der verwendeten Bauteile sind in der SM-Technik gebräuchlich. Bei einigen sind jedoch noch einige Bemerkungen notwendig:

Die Hochohmwiderstände müssen in rauscharmer Dickschichttechnik gefertigt sein. Die angegebenen Werte können hier bis zu 20% abweichen. Beim Bestücken muß darauf geachtet werden, daß sie möglichst nicht mit der Hand angefaßt werden, da Verunreinigungen von den Fingern zu kleineren Übergangswiderständen führen können. Der Eingangsfet (T1, Bild 2) ist besonders wichtig. Es wird ein n-Kanal Junction-FET verwendet. Die Eingangskapazität sollte in der Größenordnung der Kapazität der PIN-Diode liegen. Leider ist der hierfür am besten geeignete J-FET, der 2SK300 derzeit in SMT schwer zu bekommen. Hier kann man als Vergleichstypen den 2SK322, 2SK370BL oder auch den 2SK613 verwenden. Diese zeigen aber nicht ganz die gleichen Ergebnisse. Bei europäischen oder amerikanischen J-FET-Typen, wie zum Beispiel MMBF4393 und

Stückliste

DC/DC-Wandler

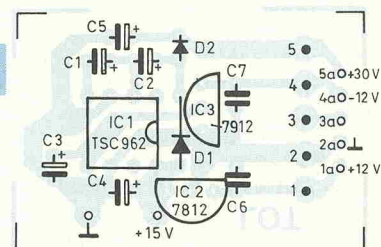
Halbleiter	
IC1	TSC962
IC2	LM7812
IC3	LM7912
D1,2	1N4148

Kondensatoren	
C1,2,4	10µ, 16V, Tantal
C3	47µ, 16V, Tantal
C5	10µ, 35V, Tantal
C6,7	100n

Sonstiges	
1	8-polige DIL-Fassung
1	5-polige SIL-Buchse
1	Platine 'DC/DC-Wandler'

Verstärkerplatine

Halbleiter	
IC1	7805, SMD
IC2	LM311
IC3	LM318F
T1	2SK300, siehe auch Text
T2,4,6	BC857
T3,5	BC847
Widerstände	
R1	50M, Dickschicht
R2,24	1M
R3,8	470R
R4,21	47R
R5,6	4k7
R7,12	22k
R10,27	100M, Dickschicht
R11,13	470k
R15,16,17,22,23,26	100R



Die Bestückung der DC/DC-Wandlerplatine.

R18	47k
R19	10k
R20	220k
R25	220R
P1	SMD-Trimmer 10k

Kondensatoren	
C1,1a,4,	
5,10	0,1µ
C2	10n
C3,6,14,15,	
16,17,18,	
19,20,21	1µ
C7,23	1p
C11	10n
C12	47p
C13,22	10p

Sonstiges	
1	Detektorkombination PIN-Diode, CsJ-Kristall
1	5-polige SIL-Stiftleiste
5	Lötnägel
1	Platine 'Szintillationsdetektor'

SST309, sind Source und Drain vertauscht. Ist keiner dieser FET-Typen erhältlich, empfiehlt es sich, den 2SK300 im TO92-Gehäuse zu verwenden. Er wird mit der Bezeichnung 2SK152 verkauft.

Beim Löten sollte vor allem beim Eingangs-FET und den Transistoren auf kurze Lötzei-

ten mit geringer Temperatur geachtet werden.

Als Spannungsversorgung muß eine sehr saubere Gleichspannung verwendet werden, die frei von Welligkeit und Hochfrequenzanteilen ist. Wegen der hohen Empfindlichkeit des Vorverstärkers führen Störungen in der Versorgungsspan-

Der Autor



Jahrgang 1953, mittlere Reife, Ausbildung zum Chemielaboranten, Abitur auf dem 2. Bildungsweg. Physikstudium in Heidelberg, das

er unter anderem durch freie Mitarbeit bei einer Computerzeitschrift finanziert. Heute ist er als Entwickler für Strahlungsdetektoren bei der Firma Stratec in Birkenfeld tätig. In seiner Freizeit unternimmt er ausgedehnte Radtouren mit Sohn (7) und Hund.

Anorganische Szintillationskristalle

Die wichtigsten handelsüblichen Kristalle, die für die Messung radioaktiver Strahlung verwendet werden, sind NaJ(Tl)- (Thallium-aktiviertes Natriumjodid), CsJ(Tl)- (Thallium-aktiviertes Cäsiumjodid) und BGO-Kristalle ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$). Einige physikalische Eigenschaften sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die angegebene Wellenlänge entspricht dem Maximum des Emissionsspektrums (siehe Bild 4 im Kasten 'PIN-Photodioden'). Anstelle der Lichtausbeute — das ist die Anzahl der Photonen, die bei vollständiger Absorption eines Photons mit einer Energie von einem MeV freigesetzt werden — wird auch häufig die relative Lichtausbeute für Photomultiplier mit S-11-Photokathode bezogen auf NaJ = 100% angegeben (CsJ = 45%, BGO = 12%).

Das gute Abschneiden von NaJ gegenüber CsJ ist hierbei durch das bessere Übereinstimmen der spektralen Empfindlichkeit des Photomultipliers mit dem Emissionsspektrum von NaJ bedingt. Bei Verwendung von PIN-Dioden eignet sich CsJ am besten.

Ein weiterer Grund für die Verwendung von CsJ liegt in der starken Hygroskopie von NaJ, wodurch dieses nur in absolut trockener Atmosphäre zu bearbeiten ist. NaJ-Detektoren werden daher in luftdicht versiegelten Aluminiumgefäßen mit Glasfenster für den Lichtaustritt verkauft.

CsJ und BGO können ohne Probleme bei normaler Luftfeuchtigkeit bearbeitet werden. CsJ ist sehr leicht mechanisch mit einer feinen Säge und Feile bearbeitbar und man kann es entweder mit einem feuchten Tuch oder trocken mit einem auf eine Schleifscheibe gespannten Filztuch polieren. Bei feuchter Behandlung ist eine Nachpolitur mit Isopropanol empfehlenswert. BGO ist glasähnlich und daher schwerer zu bearbeiten. Wie Bild 1 zeigt, ist die Lichtausbeute auch von der Temperatur abhängig. Dieser

Effekt ist besonders störend bei BGO, da hier im normalen Temperaturbereich bei Zunahme der Temperatur ein Abnehmen der ohnehin schlechteren Lichtausbeute zu verzeichnen ist. Folgende Prozesse bestimmen die Umwandlung des ein-

fallenden Gammaquants in Szintillationslicht:

Beim Photoeffekt wird die gesamte Energie des einfallenden Photons von einem im Atom gebundenen Elektron aufgenommen. Das Elektron kann

Material	Lichtausbeute [Photonen/MeV]	Wellenlänge [nm]	Brechungsindex n	Dichte [g/cm ³]
NaJ (Tl)	37700	410	1,85	3,67
CsJ (Tl)	51800	560	1,84	4,51
BGO	8200	480	2,15	7,13

Tabelle 1.

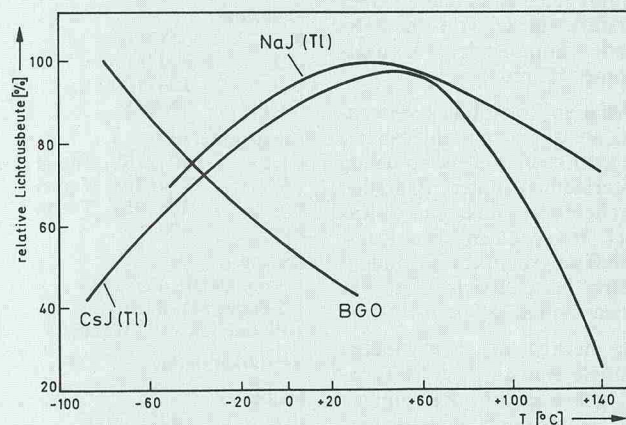


Bild 1. Das Temperaturverhalten verschiedener Szintillatormaterialien [2].

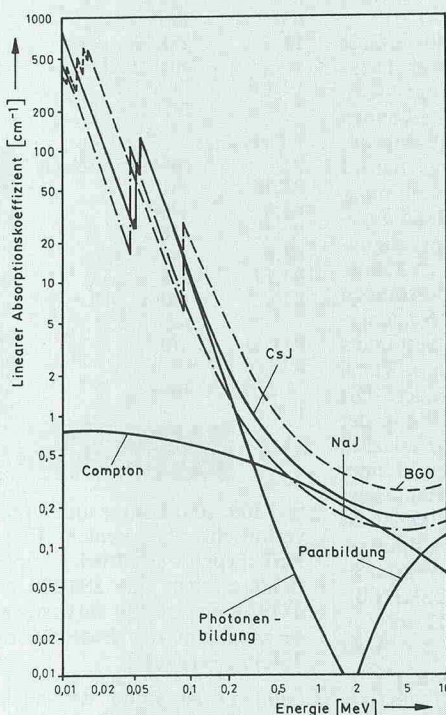


Bild 2. Linearer Absorptionskoeffizient als Funktion der Energie [2].

kann auch nur einen Teil der Energie des einfallenden Photons aufnehmen und man erhält ein gestreutes Photon mit niedriger Energie und ein beschleunigtes Elektron. Bei dieser Compton-Streuung verläßt das gestreute Photon oft den Kristall und es wird nur die auf das Elektron übertragene Energie nachgewiesen. Ist die Energie des Gammaquants höher als 1,02 MeV, so kann Paar-Produktion stattfinden. Hierbei entsteht ein Elektron-Positron-Paar. Das Positron ist das Antiteilchen des Elektrons mit gleicher Masse aber entgegengesetzter Ladung. Dieses vernichtet sich bei Berührung mit einem Elektron und es entstehen zwei Gammaquanten mit je 511 keV Energie. Können eines oder beide 511-keV-Photonen den Kristall verlassen, so fehlt diese Energie und man erhält im Energiespektrum eines radioaktiven Strahlers eine zusätzliche Linie, die um 511 keV beziehungsweise 1,02 MeV niedriger liegt. Diese Linien werden als 'single escape' beziehungsweise 'double escape' bezeichnet.

Das eigentliche Szintillationslicht wird in allen Fällen nicht direkt von der Gammastrahlung hervorgerufen. Nur geladene Teilchen, wie zum Beispiel das beschleunigte Elektron, können den Kristall entlang ihrer Teilchenspur ionisieren, wobei dann das charakteristische Licht erzeugt wird.

Ein wesentliches Kriterium für die Auswahl eines Szintillatormaterials ist das Absorptionsverhalten für radioaktive Strahlung. Bild 2 zeigt den linearen Abschwächungskoeffizienten als Funktion der Energie für CsJ. Man erkennt, daß die verschiedenen Absorptionsmechanismen in den einzelnen Energiebereichen unterschiedlich zum totalen Absorptionskoeffizienten beitragen. Als Vergleich sind die Kurven für NaJ und BGO eingetragen. Man erkennt, daß BGO aufgrund seiner hohen Dichte und hohen Kernladungszahl die maximale Absorption aufweist. Es wird

daher in der Hochenergiephysik bevorzugt verwendet, bei der die Gammaquanten mehrere MeV an Energie besitzen. Im Vergleich mit NaJ zeigt sich eine deutliche Überlegenheit von CsJ. Obwohl CsJ etwas teurer ist als NaJ, kann man aufgrund des geringeren Volumens, das für das gleiche Absorptionsvermögen benötigt wird, einen preiswerten Detektor bauen.

Die Größe des Kristalls richtet sich nach der gewünschten Ausbeute bei der zu untersuchenden Gammaenergie. Mit folgender Formel und den Werten aus Bild 2 kann die Effizienz des Kristalls in Abhängigkeit von der Energie berechnet werden:

$$I = I_0 \times e^{(-u \times x)}$$

Hierbei ist I_0 die einfallende, I die abgeschwächte Strahlungsintensität hinter dem Kristall und x die Dicke des Kristalls.

Bei Verwendung von PIN-Dioden sollte der Kristall nicht wesentlich größer als die aktive Fläche der Diode sein, da sonst ein großer Teil des Lichtes verloren geht. Niedrige Gammaenergien kann man daher am besten mit einem kleinen Kristall messen. Soll vor allem das Vorhandensein von radioaktiver Strahlung im Zählbetrieb gemessen werden, so kann man mit einer 1 cm^2 -PIN-Diode CsJ-Kristalle bis zu $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ auslesen.

Die optische Kopplung des Kristalls an einen Photomultiplier oder an eine PIN-Diode erfolgt am besten durch Verkleben mit klarem Epoxidharz, dessen Brechungsindex möglichst nahe dem des Kristalls ist, um Reflexionen an der Klebestelle zu vermeiden. Aber auch ein klarer Silikonkleber eignet sich. Damit das Szintillationslicht möglichst vollständig gesammelt wird, müssen die restlichen Kristallflächen mit einem guten Reflektor versehen werden. Als bestes und einfachstes Mittel erweist sich weißes Teflonband, das in mehreren Lagen (mindestens 10) möglichst dicht um den Kristall gewickelt wird.

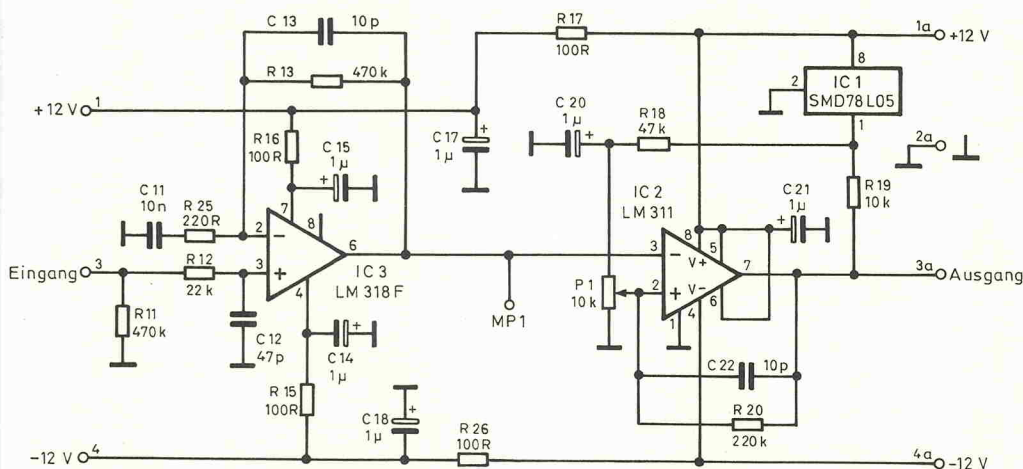
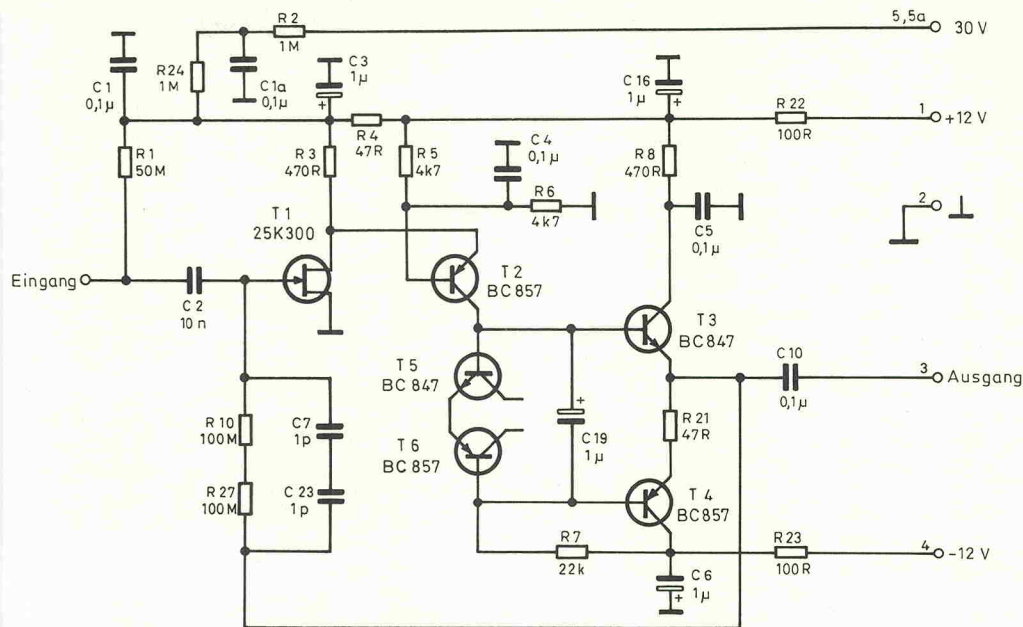


Bild 2. Schaltbild des Szintillationsverstärkers.

Bild 3. Der DC/DC-Wandler.

nung zu einem erhöhten Rauschen und können im schlimmsten Fall sogar den Verstärker zum Schwingen anregen. Der Verstärker arbeitet mit einer symmetrischen Spannung von $\pm 8 \dots \pm 12 \text{ V}$. Die Sperrspannung der PIN-Diode muß so gewählt werden, daß der optimale Arbeitspunkt der Diode erreicht ist (siehe Kasten PIN-

Photodioden). Bei Verwendung eines anderen EingangsfETs muß darauf geachtet werden, daß die zulässigen Spannungen zwischen Source und Drain beziehungsweise Gate nicht überschritten werden. Ohne dabei die Schaltung zu ändern, kann man dies durch die entsprechenden Versorgungsspannungen erreichen.

PIN-Photodioden

Der Begriff Photodiode umfaßt ein breites Spektrum an verschiedenen Halbleiterelementen. Dieses reicht von den bekannten Sonnenzellen, die einfallendes Licht in Strom umwandeln, bis hin zu sehr schnellen Avalanche Photodioden, bei denen eine interne Ladungsverstärkung stattfindet.

Im Zusammenhang mit Szintillationskristallen werden vor allem PIN-Photodioden verwendet. Diese bestehen aus einer dünnen Siliziumscheibe mit einer nur wenige tausendstel Millimeter starken p-dotierten und einer n-dotierten Schicht (Bild 1). Zwischen diesen

bildet sich ein pn-Übergang aus und es entsteht eine Raumladungszone (Sperrschicht). Eine zusätzliche eigenleitende Schicht (Intrinsischschicht oder i-Schicht) mit sehr hohem Widerstand trennt den pn-Übergang, wodurch unter anderem die Spannungsfestigkeit erhöht wird. Eine von außen angelegte Sperrspannung vergrößert die Raumladungszone. Trifft Strahlung auf (Teilchenstrahlung, Röntgenstrahlung oder Licht), so bilden sich paarweise Elektronen und Löcher. Unter einem 'Loch' versteht man in diesem Zusammenhang die überschüssige positive Ladung des Kristallgitters,

wenn ein Elektron herausgeschlagen wurde. In reinem p- oder n-leitendem Material rekombinieren die Ladungsträger sofort wieder. Innerhalb der Raumladungszone diffundieren die Elektronen in den p-leitenden und die Löcher in den n-leitenden Bereich. Das Raumladungsgebiet wird kurzzeitig kompensiert und es entsteht ein kurzer Stromstoß.

Der entstehende Photostrom ist von der Intensität und der Frequenz des einfallenden Lichtes sowie der Quanteneffizienz — dem

Verhältnis zwischen der Anzahl der einfallenden Photonen und der erzeugten Elektronen — abhängig.

Der Ladungsimpuls wird über einen Kondensator in den ladungsempfindlichen Vorverstärker eingekoppelt. Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis, welches das Auflösungsvermögen des Detektorsystems bestimmt, ist vor allem von der Kapazität der PIN-Diode und deren Dunkelstrom (der Strom, der fließt, wenn kein Licht einfällt) abhängig. Die Kapazität der Diode ist umgekehrt proportional zur Tiefe der

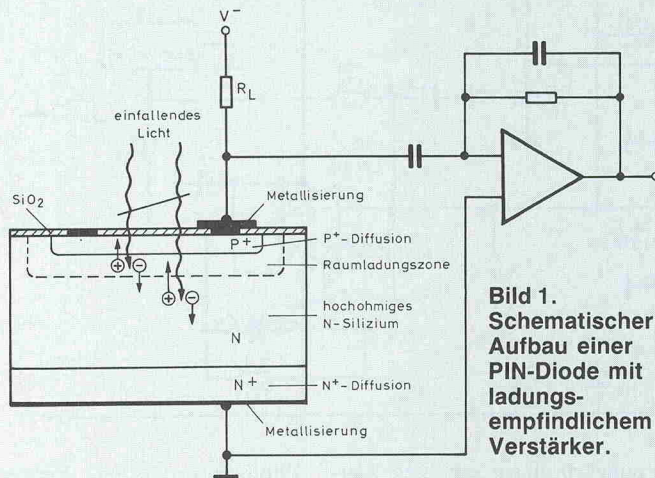


Bild 1. Schematischer Aufbau einer PIN-Diode mit ladungsempfindlichem Verstärker.

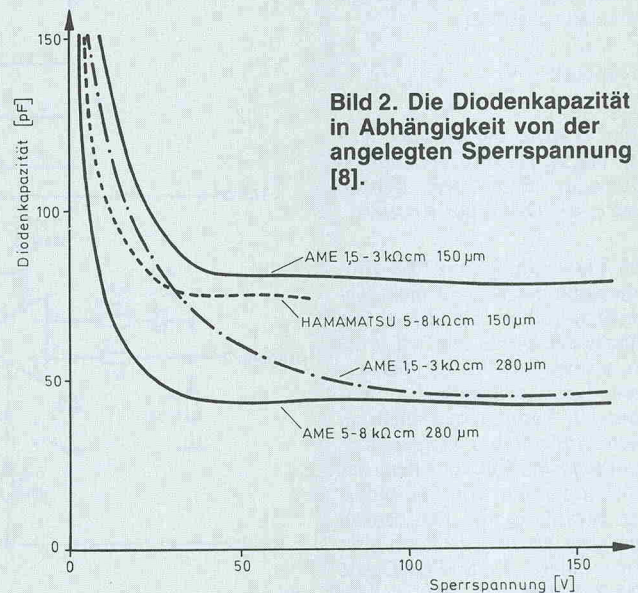


Bild 2. Die Diodenkapazität in Abhängigkeit von der angelegten Sperrspannung [8].

Zur problemlosen Spannungsversorgung kann man die Schaltung mit dem TSC962 nach Bild 3 einsetzen. Der verwendete Baustein erzeugt aus einer positiven eine gleichgroße negative Spannung. Mittels Kaskadierung des positiven Zweiges steht auch die Spannung für die PIN-Diode bereit.

Zur Spannungssiebung sind zwei Spannungsregler für die positive und die negative Versorgungsspannung vorgesehen. Die Schaltung wird in der angegebenen Bauteildimensionierung mit 15 V betrieben. Bei Betrieb an einem Rechner steht in der Regel nur eine Spannung von 12 V zur Verfügung, in diesem Fall müssen die Span-

nungsregler gegen 8- oder 9-V Typen ersetzt werden.

Die Verstärkerplatine sollte zusammen mit dem Detektor in einem optisch dichten Metallgehäuse befestigt werden. Die Detektoreinheit aus Kristall und Diode kann direkt auf die Platine gesetzt werden, wobei die Diode in Sperrrichtung betrieben wird. Man sollte auch hier beim Einlöten auf die Temperaturempfindlichkeit der PIN-Diode achten. Sollen unterschiedliche Detektoreinheiten eingesetzt werden, bietet es sich an, diese in separaten Metallgehäusen unterzubringen.

Zum Testen des Verstärkers eignet sich ein über einen 1-pF-Kondensator eingespeistes

Rechtecksignal mit einer Amplitude von etwa 1,5 V.

Die Praxis hat gezeigt, daß die häufigsten Fehlerquellen überhitzte Halbleiterbauteile und unvollständig angelötete Hochohmwiderrstände sind.

Mit dem fertig aufgebauten Detektorsystem hat man nun zwei Meßmöglichkeiten:

Mit Hilfe des eingebauten Komparators kann der Detektor als reiner Zähler arbeiten. Hierzu wird die Schwelle 50...100 mV über dem Rauschpegel eingestellt. Mit einem einfachen Impulzzähler kann eine statistische Auswertung der Impulshäufigkeit erfolgen. In normaler Umgebung

sollte das System einen Nulleffekt von ungefähr 1...2 Impulsen pro Sekunde anzeigen. Dies kommt vor allem durch die K-40-Strahlung — dieses 'natürliche' radioaktive Kaliumisotop ist überall vorhanden und hat eine Energie von 1460 keV.

Mit diesem Meßverfahren kann man lediglich feststellen, ob die Umgebung oder ein Nahrungsmittel erhöhte Strahlung aufweist, ohne die Energie der Strahlung zu bestimmen. Es kann Gammastrahlung erfaßt werden, die über 150 keV liegt. Dieser Wert hängt vom Rauschen und der Schwelleneinstellung ab. Nimmt die Zählrate ohne ersichtlichen Grund deut-

Raumladungszone. Da die Raumladungszone mit zunehmender Sperrspannung tiefer wird, nimmt die Kapazität dabei ab. Wie rasch dies erfolgt, hängt von der Dicke der Diode und vom Widerstand des verwendeten Siliziummaterials ab (Bild 2). Eine kleine Kapazität führt auch zu schnelleren Impulsen.

Leider steigt mit zunehmender Sperrspannung auch der Dunkelstrom (Bild 3). Auch dieses Verhalten ist vom verwendeten Diodenmaterial abhängig. Man kann daher bei gegebener Diode ein mi-

nimales Rauschen durch die richtige Wahl der Sperrspannung erreichen. Meist liegt der ideale Wert zwischen 20 V und 40 V.

Sehr wichtig für ein geringes Diodenrauschen ist die Temperatur. Bedingt durch die zunehmende Leitfähigkeit von Silizium mit steigender Temperatur nimmt der Dunkelstrom bei höheren Temperaturen deutlich zu. Als Richtwert kann man annehmen, daß sich der Dunkelstrom alle 20°C verzehnfacht. Daher sollte eine PIN-Diode möglichst bei niedrigen Temperaturen be-

trieben werden, wenn eine hohe Energieauflösung gewünscht wird. Der Dunkelstrom bei Raumtemperatur sollte 5 nA nicht übersteigen. 45°C sollte als Betriebstemperatur nicht überschritten werden.

Zur Beurteilung und Auswahl einer PIN-Diode für Szintillationskristalle muß die Quanteneffizienz beziehungsweise das Ansprechverhalten bei der vom Szintillationsmaterial bevorzugt emittierten Wellenlänge betrachtet werden. Bild 4 zeigt die Quanteneffizienz zweier verschiedener Dioden im Vergleich zur relativen Lichtintensität als Funktion der Wellenlänge für die drei

wichtigsten Szintillatorkristalle.

Die aktive Fläche der PIN-Diode — zur Erreichung einer maximalen Lichtausbeute — ist im Idealfall so groß wie die Kristallfläche. Es werden PIN-Dioden von 1 mm² bis zur Größe eines kompletten 4-Zoll-Silizium-Wafers mit 85 mm Durchmesser angeboten. Die Oberfläche besteht bei lichtempfindlichen Dioden aus einer dünnen Schicht Siliziumdioxid (SiO₂) und einer lichtdurchlässigen Epoxidharzschicht. Bei Teilchendetektoren wird stattdessen eine sehr dünne Lage Aluminium oder Gold aufgedampft.

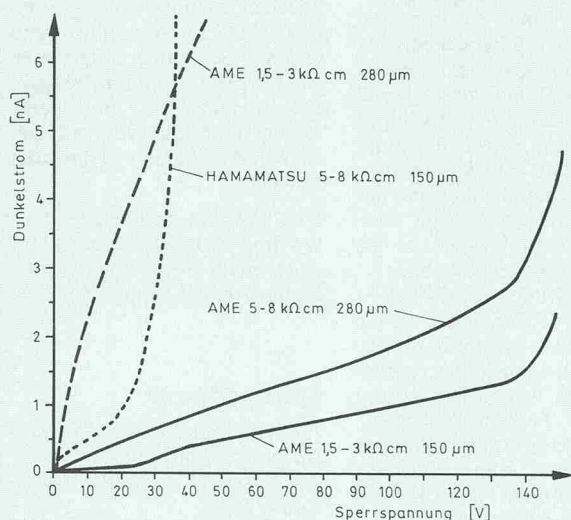


Bild 3. Dunkelstrom in Abhängigkeit von der Sperrspannung für verschiedene Diodenmaterialien [8].

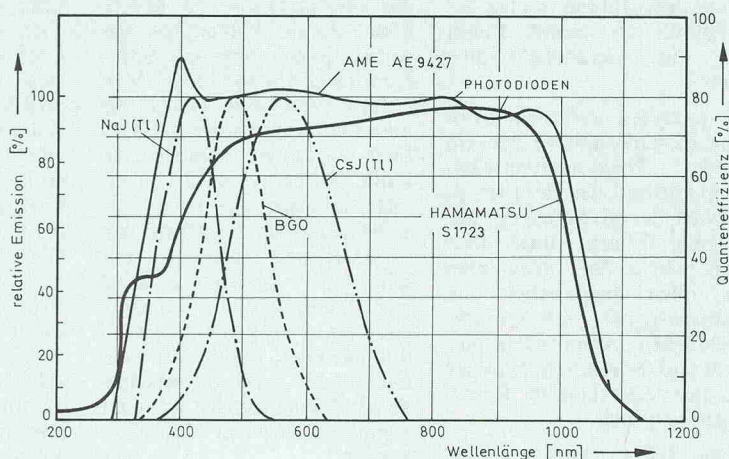


Bild 4. Spektrale Empfindlichkeit von zwei UV-angehobenen PIN-Dioden und Emissionsspektren verschiedener Szintillationskristalle [1] [3].

lich zu, so sollte die Schwelle erneut überprüft werden, da bei Temperaturerhöhung auch der Rauschpegel zunimmt.

Für die zweite Möglichkeit — der Energiemessung der einfallenden Strahlung — wird das Analogsignal vor dem Komparatoreingang abgegriffen (MP1). Da die steilen Flanken des Komparatorsignales auf den Vorverstärker überkopelt und die Impulsform verändern können, sollte die Schwelle des Komparators möglichst hoch eingestellt oder dieser Teil der Schaltung nicht bestückt werden.

Es gibt bereits relativ preiswerte A/D-Wandlerkarten für den PC, Amiga oder Atari. Diese

Karten haben am Eingang eine sogenannte Sample-and-Hold-Schaltung, die den vom Verstärker kommenden unipolaren, positiven Impuls am Maximum gewissermaßen 'einfriert' und dann diesen Spannungswert in einen digitalen Wert für den Computer überträgt. Diese Werte können dann in Form eines Pulshöhenspektrums angezeigt werden.

Ein Beispiel dazu zeigt Bild 4. Die hier gemessene Cs-137-Strahlung liefert ein relativ einfaches Spektrum mit nur einer Linie bei 662 keV.

Man erkennt die wichtigen markanten Punkte eines solchen Pulshöhen- oder Energiespektrums. Wird die volle

Gammaenergie im Detektor absorbiert, trägt der gemessene Impuls zum sogenannten Photopeak bei. Bei einem Großteil der Ereignisse tritt Compton-Streuung auf. Hierbei wird ein Teil der Energie auf ein Elektron übertragen und das Photon wird gestreut. Dieses gestreute Photon entweicht meist aus dem Zähler. Dadurch ergibt sich der Compton-Untergrund zwischen Backscatter-Peak und Comptonkante.

Für den Abgleich bei Energiemessungen werden normalerweise verschiedene radioaktive Präparate gemessen und im Computer mit bekannten Energiewerten verglichen. Meist hat man solche Quellen jedoch

nicht zur Verfügung. Hier kann man sich mit der natürlichen K-40-Strahlung behelfen. Um diese besser von anderem Untergrund abzutrennen, wird das Detektorsystem zusammen mit einer kleinen Tüte mit ungefähr 100 g Kaliumchlorid in eine Bleiabschirmung gebracht und mehrere Stunden gemessen. Man sollte dann ein Energiespektrum erhalten, das rechts von einem breiten Compton-Untergrund einen relativ kleinen Peak aufweist (Bild 5).

Je größer der Kristall ist, desto besser ist das Verhältnis zwischen dem eigentlichen Photopeak und dem Compton-Untergrund, da dann die Wahrscheinlichkeit zunimmt, daß

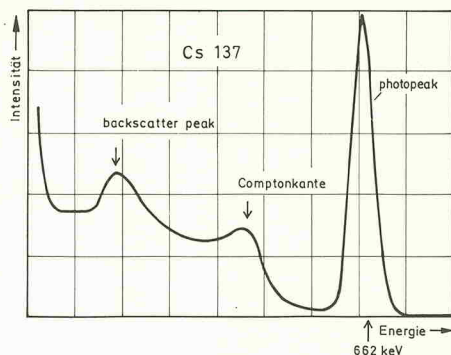


Bild 4. Das Spektrum einer Cs-137-Quelle.

das Comptongestreuete Photon ebenfalls im Kristall absorbiert wird und somit zum Signal beiträgt. Für die Messung in Bild 5 wurde ein CsJ-Kristall von $1,4 \times 1,6 \times 3 \text{ cm}^3$ verwendet. Da das Detektorsystem sehr linear arbeitet, kann man in guter Näherung eine 1-Punkt-Eichung durchführen, wobei der Nullpunkt als zweiter Punkt für die Geradengleichung dient.

Bei manchen A/D-Wandlern kann es vorkommen, daß ein Offset (Nullpunktverschiebung) vorliegt, der natürlich zu falschen Energiewerten bei der Messung führen würde. Dies kann man testen, indem man wie oben beschrieben ein Rechtecksignal mit unterschiedlichen Amplituden einspeist und die Amplitudenwerte mit den entstehenden Kanalzahlen vergleicht.

Ist das System abgeglichen, so

kann man Nahrungsmittel, Luft oder Wasser auf radioaktive Verseuchung untersuchen. Am besten bringt man das zu untersuchende Material zusammen mit dem Detektor in eine Bleiburg aus Bleiziegeln, um Untergrundstrahlung zu unterdrücken. Hierbei sei jedoch vor der Interpretation der Ergebnisse durch Unkundige gewarnt. Bild 6 zeigt ein Spektrum einer Co-56-Quelle. Man erkennt sehr viele Peaks, die man bei Kenntnis des radioaktiven Isotops identifizieren kann. Bei der Vielzahl von Linien kann man sich leicht vorstellen, daß ein Spektrum von verschiedenen Isotopen sehr schwer zu analysieren ist. Wird eine kontinuierliche Messung über einen längeren Zeitraum durchgeführt, so läßt sich dennoch durch Vergleich verschiedener Messungen eine Zu- oder Abnahme einzelner Linien erkennen.

Weiterhin muß auch der statistische Fehler in Betracht gezogen werden. Ein Peak im Energiespektrum ist nur dann statistisch signifikant, wenn es mindestens $2 \text{ Sigma} = 2 \cdot \sqrt{N}$ beträgt. Zum Beispiel ist der statistische Fehler von 100 Zählereignissen in einem Kanal 10. Ein Peak sollte also mindestens 20 Zählereignisse mehr als die benachbarten Energieintervalle aufweisen und dies über mehrere benachbarte Kanäle, da ja die Auflösung wesentlich breiter als eine Kanalbreite ist. Zum Beispiel beträgt die Auflösung für die Cs-137-Linie bei 662 keV 7...8%.

Die Intensität einzelner Linien gibt nicht unmittelbar den Gehalt des dazugehörigen Isotopes an. Will man die Intensität zweier Linien unterschiedlicher Energie miteinander vergleichen, so muß man das Integral über den gesamten jeweiligen Peak bilden, den Untergrund abziehen und mit der Absorptionswahrscheinlichkeit bei der entsprechenden Energie verrechnen. Zum Beispiel ist die Emissionswahrscheinlichkeit der Co-56-Linie bei 1771 keV in Bild 6 mit 15,7% höher als die der 2599-keV-Linie mit 16,9%. Trotzdem ist der höher energetische Peak wesentlich kleiner, weil die Transmissionswahrscheinlichkeit, mit der das Gammaquant ohne Wechselwirkung durch den Kristall fliegt, viel größer ist.

Ein interessantes und aufschlußreiches Untersuchungsobjekt sind Waldpilze, da sie manche Elemente besonders anreichern. Zum Beispiel zeigen Morcheln noch heute, mehrere Jahre nach Tschernobyl, ein Verhältnis von Cs 134 (796 keV) zu Cs 137 (662 keV), das nicht der natürlichen Zusammensetzung entspricht. Es sei jedoch noch einmal ausdrücklich erwähnt, daß das bloße Vorhandensein einzelner Linien im gemessenen Spektrum, die auf eines der von Kernkraftwerken bevorzugt emittierten radioaktiven Isotope hinweist, noch lange keine radioaktive Verseuchung anzeigen muß. Nur eine deutliche Zunahme einzelner Linien bei gleichen Meßintervallen gibt einen Grund zur Annahmen, daß erhöhte Strahlung aufgetreten ist. Ob diese Zunahme bedenklich ist oder nicht, diese Beurteilung muß Experten mit geeigneten Meßgeräten überlassen werden.

Die korrekte praktische Auswertung von Strahlenmessungen werden wir in einem gesonderten Artikel behandeln. □

Literaturhinweise

- [1] T.E. Hansen, *AME Technical publication* (1989)
- [2] Harshaw Radiation Detectors (1984)
- [3] Hamamatsu, *Technical Information SD-08* (1987)
- [4] K. Yamamoto, 'Highly Stable Silicon PIN Photodiode', *Nucl. Instr. Meth.*, 253, S.542...547, 1987.
- [5] Z. Bian, 'The Use of Silicon Photodiodes in a CI(Tl) Calorimeter', *Nucl. Instr. Meth.*, 239, S.518...526, 1985.
- [6] C.Y. Fan, 'Detection of Scintillation Photons with Photodiodes', *Rev. Sci. Instr.*, Vol.35, S.158...163, 1964.
- [7] T.E. Hansen, *Nucl. Instr. Meth.*, 235, S.249, 1985.
- [8] G.A. Johansen, J. Stadsnes, T.E. Hansen, 'Evaluation of Low Noise Silicon Photodiodes for Space Research Applications', *Technic. Rep. 189*, Universität Bergen, Norwegen.
- [9] I. Holl, E. Lorenz, G. Mageras, 'A Measurement of the Light Yield of some common Inorganic Scintillators', *IEEE Nuclear Science Symposium*, San Francisco, Okt. 1987.

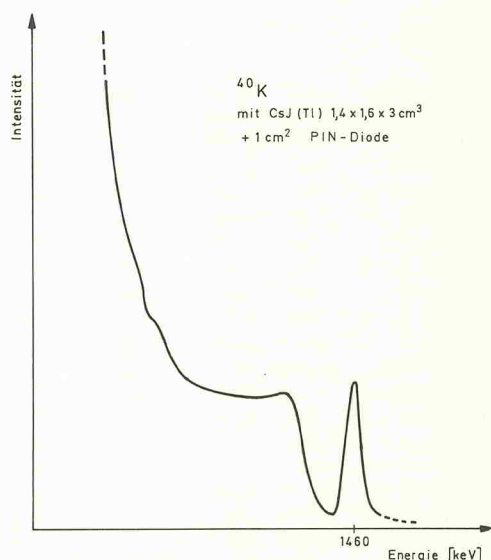


Bild 5. Das Spektrum einer Kalium-40-Quelle (Stratec).

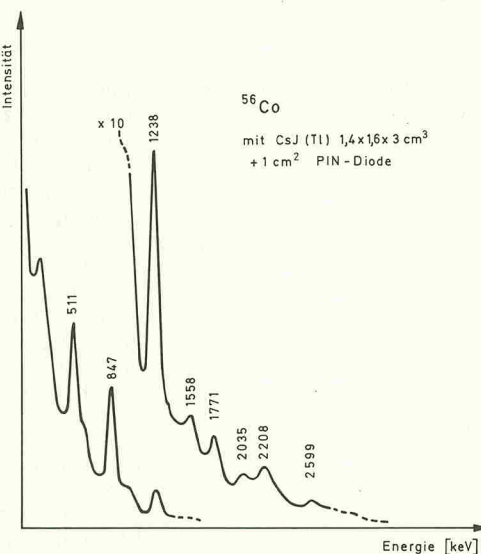


Bild 6. Photopeaks von Co 56.

Antwortkarte

Bitte mit der
jeweils gültigen
Postkartengebühr
freimachen

**Verlag Heinz Heise
GmbH & Co. KG
Zeitschriften-Vertrieb
Postfach 610407**

3000 Hannover 61

elrad-Abonnement

Abrufkarte

Abgesandt am

198

zur Lieferung ab

Heft 198

Absender (Bitte deutlich schreiben!)

Vorname/Name

Beruf

Straße/Nr.

PLZ Ort

Veröffentlichungen nur gegen Vorkasse.
Bitte veröffentlichen Sie umstehenden Text in
der nächsterreichbaren Ausgabe von elrad.

☐ Den Betrag buchen Sie bitte von meinem
Konto ab.

Kontonr.:

BLZ:

Bank:

☐ Den Betrag habe ich auf Ihr Konto über-
wiesen,
Postgiro Hannover, Kontonr. 9305-308
Kreissparkasse Hannover,
Kontonr. 000-019968
☐ Scheck liegt bei.

Datum rechtsverb. Unterschrift
(für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsb.)

elrad-Kontaktkarte

Anschrift der Firma, bei
der Sie bestellen bzw. von der
Sie Informationen erhalten wollen.

Absender

(Bitte deutlich schreiben)

Vorname/Name

Beruf

Straße/Nr.

PLZ Ort

Telefon Vorwahl/Rufnummer

Postkarte

Bitte mit der
jeweils gültigen
Postkartengebühr
freimachen

Firma

Straße/Postfach

PLZ Ort

elrad - Kleinanzeige

Auftragskarte

elrad-Leser haben die Möglichkeit,
zu einem Sonderpreis Kleinanzeigen
aufzugeben.

Private Kleinanzeigen je Druckzeile
DM 4,25

Gewerbliche Kleinanzeigen je Druck-
zeile DM 7,10

Chiffregebühr DM 6,10

elrad-Kontaktkarte

Abgesandt am

198

an Firma

Bestellt/angefordert

elrad-Kontaktkarte

Mit dieser Service-Karte können Sie

- **Informationen anfordern** oder **Bestellungen** bei den inserierenden Anbietern **vornehmen**.

elrad-Magazin für Elektronik

Kontaktkarte

Ich beziehe mich auf die in elrad ____/8__, Seite ____ erschienene Anzeige

- ☐ und bitte um weitere **Informationen** über Ihr Produkt _____
- ☐ und gebe die nachfolgende **Bestellung** unter Anerkennung Ihrer Liefer- und Zahlungsbedingungen auf:

Menge	Produkt/Bestellnummer	à DM	gesamt DM

Absender nicht vergessen!

Datum, Unterschrift (für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

elrad-Kontaktkarte

Mit dieser Service-Karte können Sie

- **Informationen anfordern** oder **Bestellungen** bei den inserierenden Anbietern **vornehmen**.

elrad-Magazin für Elektronik

Kontaktkarte

Ich beziehe mich auf die in elrad ____/8__, Seite ____ erschienene Anzeige

- ☐ und bitte um weitere **Informationen** über Ihr Produkt _____
- ☐ und gebe die nachfolgende **Bestellung** unter Anerkennung Ihrer Liefer- und Zahlungsbedingungen auf:

Menge	Produkt/Bestellnummer	à DM	gesamt DM

Absender nicht vergessen!

Datum, Unterschrift (für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

BURR-BROWN®



Kontaktkarte

Hauptniederlassung
BURR-BROWN Int. GmbH
Kurze Straße 40
7024 Filderstadt-Bonlanden
Tel. 0711/77 04-0
Fax 0711/77 04-109
Ttx. (17)7 111 257

Techn. Büro Bremen
Tel. 0421/25 39 31

Techn. Büro Düsseldorf
Tel. 02154/84 45

Techn. Büro Frankfurt
Tel. 06103/2 10 92

Techn. Büro Erlangen
Tel. 09131/2 40 36

Techn. Büro München
Tel. 089/61 77 37

BURR-BROWN®



Datenblätter:

- ☐ ADS 807
- ☐ ISO 107/108
- ☐ ISO 121/122 P
- ☐ OPA 2107
- ☐ PCM 60
- ☐ PWS 740
- ☐ SDM 862/872
- ☐ komplette Preisliste

Meine Applikation:

.....

.....

.....

.....

.....

Bitte senden Sie mir ausführliche Unterlagen zu den in Ihrer Anzeige vorgestellten Analog- und-Wandler-ICs

Applikationsberichte:

- ☐ AN 72 D 12 Bit Datenerfassung
- ☐ AN 80 D 16 Bit Datenerfassung
- ☐ AN 88 D 8 Kanal ISO-System
- ☐ AN 87 D Sensor-Platine
- ☐ Sonstiges.....

.....

.....

.....

elrad-Kontaktkarte

Anschrift der Firma, bei
der Sie bestellen bzw. von der
Sie Informationen erhalten wollen.

Absender

(Bitte deutlich schreiben)

Vorname/Name

Beruf

Straße/Nr.

PLZ Ort

Telefon Vorwahl/Rufnummer

Postkarte

Firma

Straße/Postfach

PLZ Ort

Bitte mit der
jeweils gültigen
Postkartengebühr
freimachen

elrad-Kontaktkarte

Abgesandt am

198

an Firma

Bestellt/angefordert

elrad-Kontaktkarte

Anschrift der Firma, bei
der Sie bestellen bzw. von der
Sie Informationen erhalten wollen.

Absender

(Bitte deutlich schreiben)

Vorname/Name

Beruf

Straße/Nr.

PLZ Ort

Telefon Vorwahl/Rufnummer

Postkarte

Firma

Straße/Postfach

PLZ Ort

Bitte mit der
jeweils gültigen
Postkartengebühr
freimachen

elrad-Kontaktkarte

Abgesandt am

198

an Firma

Bestellt/angefordert

BURR-BROWN[®] BB Kontaktkarte

Absender

Vorname/Name

Beruf

Straße/Nr.

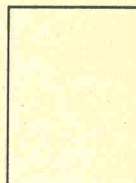
PLZ Ort

Telefon Vorwahl/Rufnummer

Postkarte

BURR-BROWN Int. GmbH
Kurze Straße 40

7024 Filderstadt 4



BURR-BROWN[®] BB Kontaktkarte

Abgesandt am

198

an Firma

Bestellt/angefordert

Präzisions Analog IC's

ISO 107 Hochspannungs-Trennverstärker mit interner Stromversorgung und Multikanal-Synchronisierung
 Linearität: 0,025 % max.
 Trennspannung: 8kV Test 3,5 kV Dauer
 Bandbreite: 20 kHz
 Gehäuse: DIP 32 Preis*: 159,10 DM

ISO 108 ISO-Spannungs-Frequenz-Wandler
ISO 109 Das integrierende Prinzip garantiert höchste Störsicherheit.
 Transientenunterdrückung: bis 10 kV/ μ s
 Linearität bei 1 MHz: 0,025 % max.
 Trennspannung: 2,1/4,9 kV DC
 Gehäuse: DIP 24/40 Preis*: 60,90/74,20 DM

ISO 122 Der kleinste und preiswerteste Trennverstärker im DIP 16

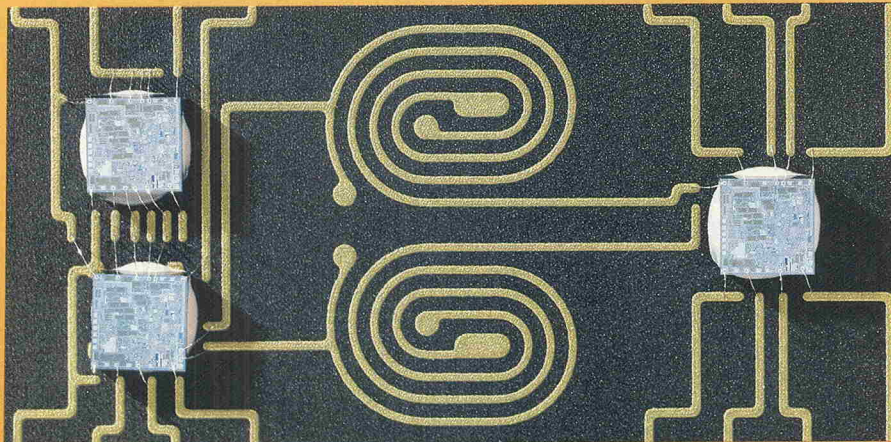
Linearität: 0,008 % 0,015 % max.
 Trennspannung: 1,5 kV AC
 Preis bei 1.000 Stück: 35,00 DM

ISO 102 Der Trennverstärker für höchste Präzision: 0,002 % (15 Bit) typ.

Trennspannung: 2,1 kV DC
 Gehäuse: DIP 24 Preis*: ab 56,50 DM

PWS 740 Multi-Kanal ISO-Stromversorgung
 Kit bestehend aus Treiber, Trafo und Gleichrichter. Speisung bis zu 10 Stück ISO 122 möglich. Kosten pro Kanal ca. 20,00 DM.

Präzisions-Analog-IC am Beispiel des ISO 102: Trennverstärker mit kapazitiver Kopplung (6pF//1T Ω) ermöglichen höchste Linearität (typ. 15 Bit). Hohe Trennspannung (bis 8kV) mit Test nach VDE 884. Die digitale Übertragung garantiert höchste Störsicherheit durch die Übertragung nach dem VFC-Prinzip (ISO 102/108/109) oder der Puls-Breitenmodulation (ISO 107/120/121/122). Höchste Zuverlässigkeit und hervorragende Eigenschaften bezüglich partieller Entladung durch den hermetischen Aufbau.



PCM 60 16 Bit 2-Kanal CMOS-Audio Digital-Analog-Wandler

Klirrfaktor (THD) 86 dB min
 Gehäuse: SOIC 24 Preis*: 61,10 DM

SDM 862 12 Bit Datenerfassungssystem

SDM 872 mit 8/16 Kanal-Multiplexer, Instrumentenverstärker, Sample-Hold und AD-Wandler
 Taktrate: 33/50 kHz
 Gehäuse: LCC 68 und PGA 68
 Preis*: ab 254,00/292,00 DM

OPA 2107 Dual Präzisions DI-FET-OPA

Eingang: 5pA / 500 μ V / 5 μ V/ $^{\circ}$ C
 Rauschen bei 10 kHz: 8nV/ \sqrt Hz
 Einschwingzeit auf 0,01 %: 2 μ s
 Gehäuse: TO 99 DIP 8 SOIC 8
 Preis*: ab 23,50 DM

ADS 807 12 Bit-100 kHz Sampling ADC

ADS 808 pinkompatibel zu ADC 574/674/774-Serie, jedoch zusätzlich mit internem Sample-Hold.
 Gehäuse: DIP 28 Preis*: ab 165,00 DM

Mit diesen Testplatinen und Applikationsschriften erreichen Sie optimale Daten und kurze Entwicklungszeit:
AN 72-D 12 Bit 16 Kanal Datenerfassungssystem. Busanpassung durch Wire-Wrap. Europlatine mit SDM 862/3 o. SDM 872/3
AN 87-D Sensor-Meßverstärker für DMS, PT 100 u.a. Platine mit 5,5 x 7 cm beinhaltet XTR 110 und INA 101
AN 80-D 4/8-Kanal Datenerfassungssystem. Europlatine mit MPC 801, INA 110, OPA 27, OPA 606, SHC 76 und ADC 71/76
AN 88-D 8 Kanal Trennverstärkerplatine mit ISO 120 und PWS 740

Bitte fordern Sie Unterlagen mit der Leser-Service-Karte an!

* Preis bei 25 Stück

BURR-BROWN International GmbH
 Kurze Strasse 40 7024 Filderstadt 4
 Telefon: 0711/77 04-0
 Teletex: (17)7 111 257
 Telefax: 0711/77 04-109

BURR-BROWN®


Büro Bremen Tel.: 0421/25 39 31
 Büro Düsseldorf Tel.: 02154/84 45
 Büro Frankfurt Tel.: 06103/2 10 92
 Büro Erlangen Tel.: 09131/2 40 36
 Büro München Tel.: 089/61 77 37

Zerfall, Strahlung, Messung

Wiederaufarbeitung radioaktiver Grundlagen

Quantitative und qualitative Messungen an Quellen radioaktiver Strahlung, etwa an kontaminierten Lebensmitteln und Boden- oder Gewässerproben, erlauben Rückschlüsse auf das biologische Gefahrenpotential der Strahlungsquellen. Dazu sind jedoch Kenntnisse erforderlich, die nicht in den Bedienungsvorschriften des Meßequipments stehen.

Dieser Beitrag knüpft an elementare Kenntnisse der Atomphysik und Reaktortechnik an und beleuchtet dann die Strahlungsmeßtechnik insbesondere im Hinblick auf biomedizinische Grundlagen.

Bei Kernreaktionen, insbesondere bei der Kernspaltung, entstehen zahlreiche, zumeist instabile Nuklide, die spontan, d.h. ohne äußere Einwirkung, unter Emission von Strahlung zerfallen. Man unterscheidet zwei Formen radioaktiver Strahlung: zum einen die Teilchenstrahlung, zu der Protonen, Neutronen, Alpha- und Betastrahlen gehören, zum anderen die nichtmaterielle Röntgen- und Gammastrahlung, die zu einem bestimmten Bereich der elektromagnetischen Strahlen gehören.

Um ein Maß für die Stärke der Radioaktivität zu erhalten, hat man die Aktivität eines Stoffes als die Zahl der Zerfälle je Sekunde definiert. Die Einheit

der Aktivität ist das Becquerel (Bq). Einer Aktivität von 1 Bq entspricht also ein Zerfall pro Sekunde.

Die Aktivität A einer bestimmten Menge eines Stoffes ändert sich mit der Zeit t nach folgender Beziehung:

$$A(t) = A_0 \exp\left(-\frac{0,69}{T_{1/2}}t\right)$$

A_0 ist dabei die Ausgangsaktivität, $A(t)$ die Aktivität zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt. Die Halbwertszeit $T_{1/2}$, das ist die Zeit, nach der die Aktivität auf die Hälfte abgesunken ist, ist für jedes radioaktive Nuklid eine charakteristische Größe.

In Bild 1 sind das radioaktive Zerfallsgesetz und die Bedeutung der Halbwertszeit am Zerfall des ^{131}J erläutert. ^{131}J hat eine Halbwertszeit von etwa 8 Tagen. Nach dieser Zeit ist seine Aktivität nur noch halb so groß wie zu Beginn. Nach weiteren 8 Tagen ist die Aktivität wieder um die Hälfte gesunken, beträgt also nur noch ein Viertel des ursprünglichen Wertes. Nach drei Halbwertszeiten mißt man noch ein Achtel der Anfangsaktivität, nach 80 Tagen (d.h. $10 T_{1/2}$) nur noch ungefähr $1/1000$ $[(1/2)^{10}]$.

Allen Strahlenarten gemeinsam ist die Tatsache, daß mit ihnen Energie transportiert wird, die

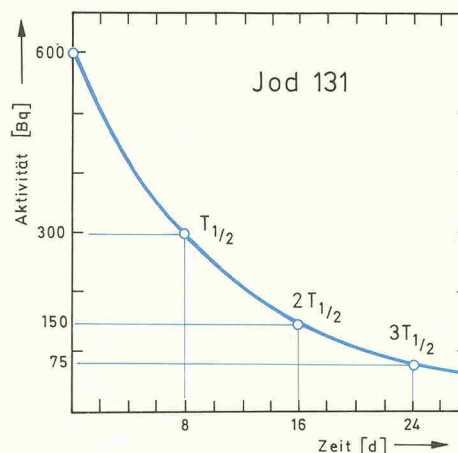


Bild 1. Zerfallsgesetz und Halbwertszeit der Radioaktivität am Beispiel Jod-131.

auf andere Materie übertragen werden kann. Die Wirkung der Strahlung ist allerdings je nach Energie und Art stark unterschiedlich.

Die Röntgen- und die Gammastrahlung sind Strahlungsformen, die zu den elektromagnetischen Wellen gehören. Sie sind nicht materiell, d.h. die von ihnen transportierte Energie ist nicht an einen materiellen Träger gebunden. Die masselosen Träger der elektromagnetischen Strahlung nennt man Photonen oder Quanten. Letztere Bezeichnung geht auf eine der fundamentalen Aussagen der Quantentheorie zurück, nach der die Energie der Strahlung nur in ganz bestimmten Portionen — den sogenannten Quanten — vorkommen kann. Für die elektromagnetische

Strahlung charakteristisch ist auch, daß sie sich im Vakuum oder in Luft mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet.

Bekannte Beispiele für elektromagnetische Strahlung sind das sichtbare Licht, die infrarote Wärmestrahlung oder die Radiowellen. Der gesamte Bereich der elektromagnetischen Strahlen reicht von den Langwellen bis hin zu der energiereichsten Form, der sogenannten „harten“ Gammastrahlung. Das sichtbare Licht macht nur einen winzigen Teil aus, wie Bild 2 zeigt. Aufgetragen sind hier die Frequenz (a), die Wellenlänge (b) und die Energie (c) der elektromagnetischen Strahlung mit den gebräuchlichen Bezeichnungen und Einheiten. Das Elektronenvolt (eV) ist die in der Kern- und Atomphysik

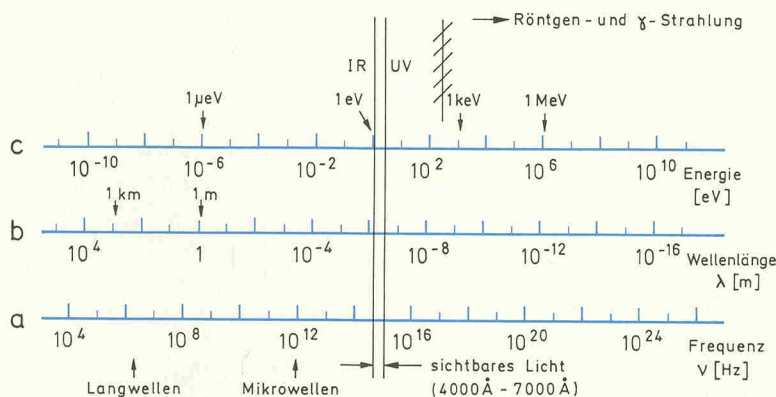


Bild 2. Das elektromagnetische Spektrum mit Frequenz/Wellenlänge- und Energieskala.

übliche Energieeinheit; dabei gilt: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, wobei für J auch Js stehen kann.

Die Beziehungen zwischen den drei dargestellten Größen γ , λ und E sind relativ einfach: Das Produkt aus Wellenlänge λ (Einheit 1 m) und Frequenz γ (Einheit 1 Hz = eine Schwingung/Sekunde) ergibt die Geschwindigkeit des Lichtes

$$\lambda \cdot \gamma = c = 300\,000 \text{ km/s}$$

Die Energie ist $E = h\gamma$, dabei ist

$$h = 4,13 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \\ = 6,26 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

das sogenannte Plancksche Wirkungsquantum.

Wie entstehen die elektromagnetischen Strahlungsarten? Röntgenstrahlung entsteht beim Auftreffen schneller Elektronen auf Materie oder durch Elektronenübergänge im Bereich der inneren Elektronenschalen eines Atoms (atomare Abregung). Gammaquanten werden bei der Abregung der Atomkerne emittiert (nukleare Abregung). Dies ist häufig die letzte Stufe des radioaktiven Zerfalls, der fast immer eine Kombination aus materieller und nichtmaterieller Strahlung bewirkt (siehe Bild 3, Zerfall von $^{131}_{53}\text{J}$).

Ionisierung: die wesentliche biologische Wirkung der Strahlung

Im Gegensatz zur elektromagnetischen Strahlung liegt die Energie der Teilchenstrahlung in ihrer Bewegungsenergie, d.h. nach $E_{\text{Bew}} = 1/2 mv^2$ in ihrer Masse m und ihrer Geschwindigkeit v , die zugleich auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit darstellt. Teilchenstrahlung besteht aus Alpha- und Betastrahlung sowie aus Protonen und Neutronen.

Bei den Alphastrahlen handelt es sich um vollständig ionisierte, also 2-fach positiv geladene ^4He -Kerne, somit um einen aus zwei Neutronen und zwei Protonen bestehenden Verband, den der radioaktive Kern beim Alpha-Zerfall aussendet. Die typischen Energien der Alpha-

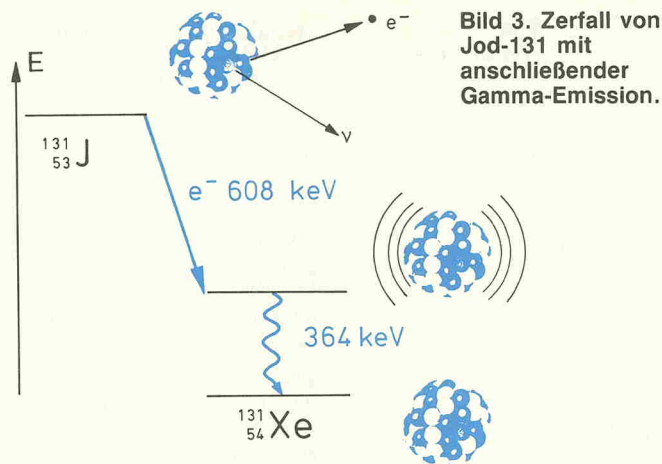
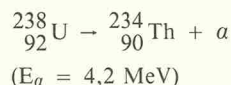
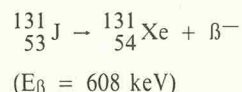


Bild 3. Zerfall von Jod-131 mit anschließender Gamma-Emission.

teilchen betragen einige Millionen Elektronenvolt, Abkürzung: MeV; $M = 10^6$. Das entspricht Geschwindigkeiten von etwa 5% der Lichtgeschwindigkeit, also rund 15000 km/s. Bei der Emission von Alphateilchen findet eine Kernumwandlung statt. Das neue Element hat eine um vier Masseinheiten kleinere Masse, es hat zwei Neutronen und zwei Protonen weniger als das Mutterelement. Beispiel:

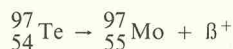


Betastrahlung sind Elektronen oder ihre Antiteilchen, die positiv geladenen Positronen, die beim Zerfall eines radioaktiven Nuklids emittiert werden. Zur Unterscheidung spricht man vom β^- - bzw. vom β^+ -Zerfall. Charakteristisch für den Beta-Zerfall ist die Tatsache, daß die Masse des Kerns sich nicht ändert, sondern nur die Kernladungszahl, die sich je nach Art des Beta-Zerfalls um eine Einheit erhöht oder erniedrigt. Der β^- -Zerfall tritt häufig bei Kernen mit hohem Neutronenüberschuß auf: ein Neutron zerfällt in ein Proton und ein Elektron — das β^- -Teilchen — und ein nahezu masseloses Teilchen, das Neutrino. Die Kernladung steigt um eine Einheit. Beispiel:



Der β^+ -Zerfall findet in Kernen mit Protonenüberschuß statt. Es werden ein positiv geladenes Positron — das

β^+ -Teilchen — und ein Neutrino emittiert. Dabei wandelt sich ein Proton in ein Neutron um, und die Kernladung sinkt um eine Einheit. Beispiel:



Protonen und Neutronen werden bei Kernreaktionen an Teilchenbeschleunigern oder bei der Kernspaltung frei. Sie treten vor allem dann auf, wenn die Nuklide und Bruchstücke noch so stark angeregt sind, daß im Kernverband weniger fest gebundene Nukleonen emittiert werden können. Dabei werden Neutronen etwas leichter ausgesandt als Protonen.

Im Zusammenhang mit den Strahlungsarten sind auch die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie sowie die Reichweiten der Strahlung in Materie von großem Interesse.

Strahlung verliert ihre Energie in Materie durch viele verschiedenartige Stoßprozesse mit den Atomen oder Molekülen des von ihr durchdrungenen Stoffes, die dabei ionisiert werden. Hierauf beruht auch im wesentlichen die biologische Wirksamkeit aller Strahlung.

Man unterscheidet bei der Wechselwirkung der Strahlung mit Materie allgemein zwischen direkt ionisierender Strahlung — hierzu gehören Alpha-, Betastrahlen und Protonen — und indirekt ionisierender Strahlung — dazu zählen Gammastrahlung und Neutronen. Diese Klassifizierung beruht darauf, daß die direkt ionisierenden Teilchen alle eine elektrische Ladung besitzen und mit den Elektronenhüllen der

sie umgebenden Atome in direkte elektrische Wechselwirkung (Coulombkraft) treten können, was ungeladener Strahlung nicht möglich ist.

Alphastrahlen haben aufgrund ihrer relativ großen Masse die kleinste Reichweite, hinterlassen aber auf ihrer Spur die höchste Ionisationsdichte, das ist die Anzahl der Ionen pro Volumeneinheit. Die Ionisationsdichte ist aber bei der Bemessung des Strahlenschadens in biologischem Gewebe bzw. bei seiner Reparatur eine sehr wichtige Größe. Die typische Reichweite von Alphastrahlen in Luft beträgt einige Zentimeter. Sie ist sehr scharf begrenzt, d.h. die Intensität der Alphastrahlung fällt nach dieser Strecke nahezu abrupt auf Null ab.

Betastrahlen haben, verglichen mit Alphastrahlen, eine größere und nicht so scharf begrenzte Reichweite. Die von ihnen erzeugte Ionisationsdichte ist jedoch wesentlich geringer. Ihre Reichweite in Luft beträgt je nach Energie typischerweise einige Meter.

Tabelle I gibt für Alpha- und Betastrahlung zweier Nuklide Beispiele für Reichweiten in verschiedenen Stoffen. Hieraus ersieht man, daß sich Alpha- und Betastrahlen schon durch relativ kleine Schichtdicken vollständig abschirmen lassen (gleiches gilt auch für die Protonen, die sich ungefähr so wie Alphastrahlen verhalten). Dies ist ein Merkmal aller elektrisch geladenen Strahlungen.

Im Gegensatz zu den Alpha- und Betastrahlen haben die Gammastrahlen keine definierte Reichweite, sondern erfahren lediglich eine Abschwächung ihrer Intensität nach folgender Beziehung: $I(x) = I_0 \exp(-\mu x)$. Dabei sind I_0 die

Strahlung	α	β
Medium		
Luft	30 mm	1 m
Wasser	4/100 mm	1,5 mm
Haut	4/100 mm	1,5 mm
	$E_\alpha = 5,1 \text{ MeV}$ Pu-239	$E_\beta = 0,5 \text{ MeV}$ Sr-90

Tabelle I. Reichweiten von Alpha- und Betastrahlung in verschiedenen Medien.

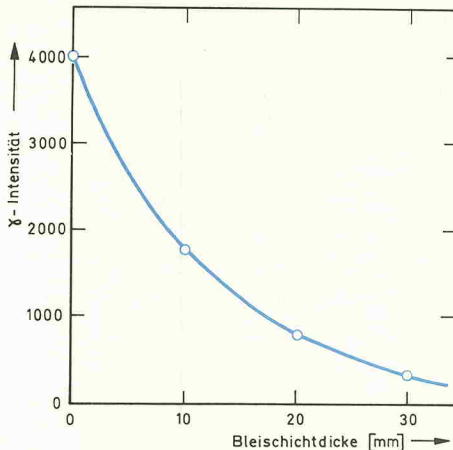


Bild 4.
Abschwächung
von Gamma-
Strahlung in Blei;
Strahlungs-
energie: 1 MeV.

Ausgangsintensität, $I(x)$ die Intensität nach Durchqueren einer Schichtdicke x und μ der Absorptionskoeffizient, der stark von der Energie der Gammastrahlung und dem absorbierenden Material abhängt.

Bild 4 gibt ein Beispiel für die Abschwächung der Intensität von Gammastrahlung in Blei, die Intensitätseinheiten sind willkürlich gewählt. Sie soll zeigen, daß eine Bleischicht von 1 cm Stärke die Intensität von Gammastrahlung mit 1 MeV Energie unabhängig von der Ausgangsintensität immer auf etwa die Hälfte reduziert. Hieraus ergibt sich sofort, daß zur Abschirmung großer Intensitäten relativ große Schichtdicken erforderlich sind. Außerdem schirmt ein Element mit großer Kernladungszahl besser ab als ein 'leichtes'. Für die Absorption von Neutronen gilt ebenfalls ein exponentielles Schwächungsgesetz.

Im Hinblick auf die Meßtechnik im Bereich Umwelt ist eine Betrachtung der bei der Kernspaltung in AKWs entstehenden Nuklide angezeigt. Bei der

Kernspaltung wird Masse in Energie umgewandelt. Dabei zerfällt ein schwerer Kern mit der Massenzahl A von ca. 240 in zwei Bruchstücke mit Massenzahlen von ca. 100 und ca. 140, siehe Bild 5. Gleichzeitig werden zwei bis drei Neutronen emittiert.

Das in den meisten Reaktortypen zur Energiegewinnung verwendete Nuklid ist ^{235}U . Es wird mit langsamen Neutronen beschossen, so daß ein Neutroneneinfang möglich wird. Dabei entsteht der instabile Kern ^{236}U , der dann spaltet. Die freiwerdenden schnellen Neutronen können nach Abbremsung (Moderation) zur Initiierung neuer Spaltungen verwendet werden. Es entsteht eine Kettenreaktion.

Bei jeder Spaltung entstehen zwei Spaltfragmente. Für eine einzelne Spaltung läßt sich die Massenaufteilung nicht exakt vorhersagen, jedoch ist die Häufigkeitsverteilung der entstehenden Spaltprodukte sehr genau bekannt, sie ist in Bild 5 gezeigt. Die entstehenden Isotope sind zumeist instabil und

zerfallen zum größten Teil nach kurzer Zeit unter Emission radioaktiver Strahlung. Tabelle II gibt einige der längerlebigen Isotope unter den Spaltprodukten an.

Im folgenden geht es um die Messung der Radioaktivität (Dosimetrie). Zunächst werden gebräuchliche Meßinstrumente für Radioaktivität vorgestellt, danach die wichtigsten Begriffe der Dosimetrie erläutert.

Zur Messung der Radioaktivität steht ein umfangreiches Instrumentarium an Detektoren zur Verfügung. Man kann sie grob klassifizieren in Zähler, die die durch Ionisation infolge Strahlungseinwirkung entstehenden Ladungen messen, und in Meßgeräte, die sekundäre Prozesse nach Absorption der einfallenden Strahlung, z.B. Lichtemission, beobachten. In die erste Kategorie gehören alle gasgefüllten Zähler, wie die Ionisationskammer und das Geiger-Müller-Zählrohr sowie die Halbleiterzähler, in die zweite die Szintillationszähler, die sich wiederum in organische Substanzen aufteilen.

Bei der *Ionisationskammer* handelt es sich um einen je nach Anwendung mit Luft oder einem Gasgemisch bei normalem Druck gefüllten, abgeschlossenen Behälter. Zwei gegenüberliegende Begrenzungsflächen dienen als Hochspannungselektroden: Die Ionisationskammer entspricht einem luftgefüllten Plattenkondensator. Die durch ein Eintrittsfenster einfallende Strahlung, z.B. Röntgenstrahlung, führt zur Ionisation von Gasmolekülen, die entstehenden Elektronen und Rumpfionen werden durch die an den Platten anliegende Hochspannung „abgesaugt“.

Bewegte Ladungen entsprechen aber einem fließenden Strom in der Ionisationskammer. Die Stärke dieses Stroms ist der Anzahl der Ladungsträgerpaare proportional, d.h. die Stromstärke ist ein Maß für die Ionendosisleistung (s.u.) der Strahlung.

Ein wesentlicher Nachteil der Ionisationskammer liegt darin, daß sich nur relativ hohe Strahlungsintensitäten nachweisen lassen, da die Ionisation stark genug sein muß, um den Strom messen zu können.

Der *Geiger-Müller-Zähler* ist im Prinzip ein mit einem Gasgemisch bei niedrigem Druck gefülltes Rohr, in dessen Mitte sich ein auf positiver Hochspannung liegender Draht befindet. Dieser Aufbau entspricht einem gasgefüllten Zylinderkondensator. Die in das Rohr durch ein Eintrittsfenster eindringende Strahlung führt zu einer Primäronisation. Die freigesetzten Elektronen werden nun durch die hohe Feldstärke in der Nähe des Drahtes stark beschleunigt und können weitere Moleküle ionisieren. Es entsteht eine Ladungsträgerlawine, die so stark anwachsen kann, daß ein meßbarer Spannungsimpuls entsteht.

Durch diesen Vervielfältigungseffekt ist es z.B. möglich, einzelne Gammaquanten nachzuweisen. Ein wesentlicher Nachteil des Geiger-Müller-Zählrohrs ist seine geringe Anspruchswahrscheinlichkeit für Gammastrahlung; nur etwa jedes tausendste Gammaquant führt zu einer Primäronisation mit anschließender Ausbildung der sekundären Elektronenlawine.

Die Stärke des Eintrittsfensters bestimmt den Verwendungszweck des Geiger-Müller-Zäh-

Isotop	Symbol	T	Spaltausbeute (%)	Zerfall
Krypton-85	^{85}Kr	10,8 Jahre	1,3	β , γ
Strontium-90	^{90}Sr	28,5 Jahre	5,9	β
Jod-131	^{131}I	8,04 Tage	2,8	β , γ
Xenon-133	^{133}Xe	5,3 Tage	6,8	β , γ
Caesium-134	^{134}Cs	2,1 Jahre	7,7	β , γ
Caesium-137	^{137}Cs	30,1 Jahre	6,3	β , γ
Uran-235	^{235}U	$7 \cdot 10^8$ Jahre		α , γ
Plutonium-239	^{239}Pu	2400 Jahre		α , γ

Tabelle II. Manche brauchen etwas länger: eine Auswahl von Isotopen aus der Gruppe der längerlebigen Spaltprodukte.

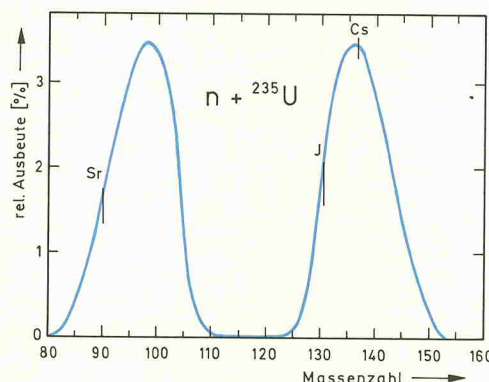


Bild 5.
Typische
Spaltmassen-
verteilung mit
Peaks in den
Massen-
bereichen 100
und 140.

lers. Ist es entsprechend dünn, können auch niederenergetische Betastrahlen und Alpha-Teilchen detektiert werden. Es ist allerdings nicht möglich, die jeweilige Strahlenart zu identifizieren, der Geiger-Müller-Zähler kann nur die gesamte vorhandene Aktivität erfassen.

Halbleiterzähler eignen sich — je nach Ausführung — sowohl für den Nachweis von Gamma- als auch von ionisierender Teilchenstrahlung. Im Betrieb gleichen sie einer in Sperrichtung betriebenen Diode. Die sich ausbildende, nahezu ladungsträgerfreie Sperrschicht ist der aktive Bereich des Zählers. Hier einfallende Strahlung setzt Ladungsträger (Elektronen, Löcher, Paare) frei, ihre Anzahl ist wiederum ein Maß für die Energie der Strahlung.

Halbleiterdetektoren weisen gegenüber den vorher erwähnten Zählertypen den großen Vorteil auf, daß sie eine sehr präzise Information über die Energie der Strahlung liefern. Dies ermöglicht es z.B. im Fall der Gammastrahlung, anhand der gemessenen charakteristischen Energien einzelne in der Probe enthaltene Nuklide zu identifizieren. Nachteile der Halbleiterzähler bestehen in ihrer geringen Nachweiswahrscheinlichkeit und relativ hohen mechanisch und thermischen Empfindlichkeit.

Beim **Szintillationszähler** unterscheidet man zwei Klassen:

1. Die anorganischen Szintillatoren. Zu ihnen gehören Kristalle wie Natriumjodid (NaJ) oder Bariumfluorid (BaF₂).
2. Die organischen Szintillatoren. Zu diesen zählen künstliche, kristallartige Makromoleküle wie Anthrazen oder Stilben, bestimmte Kunststoffe oder organische Lösungen, z.B. von Anthrazen in Naphtalin.

Alle Szintillationszähler basieren auf dem gleichen Prinzip: Die einfallende Strahlung wird absorbiert, anschließend erfolgt durch atomare oder nukleare Prozesse die Umwandlung in Licht, das dann mit photoempfindlichen Meßgeräten in ein Ladungs- oder Spannungssignal umgewandelt wird, dessen Größe z.B. im Fall der Gammastrahlung der absorbierten Energie proportional ist. Ein großer Vorteil aller

Szintillationszähler ist ihre relativ hohe Ansprechwahrscheinlichkeit und Lichtausbeute für fast alle Strahlenarten.

Nachteilig wirkt sich gerade im Fall der Gammastrahlung die relativ schlechte Energieauflösung aus, die eine präzise Identifizierung von Nukliden, wie sie bei Halbleiterzählern möglich ist, verhindert.

Dosisleistung: die pro Zeiteinheit aufgenommene Dosis

Nicht nur öffentliche Diskussionen der letzten Jahre haben gezeigt, daß die Strahlendosimetrie eine äußerst komplizierte Angelegenheit ist, deren Beurteilung zumindest die Kenntnis der wichtigsten relevanten Meßgrößen voraussetzt. Im nächsten Abschnitt sollen deshalb Begriffe wie Aktivität, Energiedosis, Ionendosis oder Äquivalentdosis umrissen werden. Der an tieferen Details interessierte Leser sei auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

Wie bereits erwähnt, gibt die Aktivität einer Probe an, wieviele Atome eines Stoffes je Sekunde radioaktiv zerfallen. Befinden sich mehrere radioaktive Nuklide in einer Probe, unterscheidet man zwischen der absoluten, d.h. der gesamten, und der spezifischen, das ist die auf ein Nuklid bezogene Aktivität. Die Einheit der Aktivität ist das Becquerel (Bq = 1/s).

Die Aktivität sagt zunächst nichts über die Gefährlichkeit des Stoffes aus. Beispiel: 1 m³ Beton enthält etwa 400.000 Bq Kalium 40. Der größte Teil dieser Strahlung wird jedoch im Beton selbst absorbiert. Die gleiche Aktivität von Plutonium 239 ist in einem Staubkorn mit einer Masse von 0,18 mg enthalten. Ein derartiges, beispielsweise in der Lunge eingelagertes Staubkorn führt mit großer Wahrscheinlichkeit zum Tode der betreffenden Person.

Die Bestimmung der absoluten oder spezifischen Aktivität einer Stoffmenge ist — nicht nur bei kleinen Proben — äußerst schwierig und nur dann möglich, wenn neben der Nachweis-

wahrscheinlichkeit des Detektors auch seine geometrische Akzeptanz, d.h. derjenige Bruchteil der in alle Raumrichtungen normalerweise gleichmäßig emittierten Strahlung, der in den Zähler gelangt, bekannt ist. Die Bestimmung der Effizienz muß mit Eichpräparaten bekannter Stärke bei jeder Messung neu durchgeführt werden. Das Beispiel des Betonwürfels verdeutlicht, daß auch die Abstrahlungseigenschaften der Probe sehr genau bekannt sein müssen, um nicht falsche Resultate zu erzielen.

Strahlendosis, Äquivalentdosis und Dosisleistung sind zu unterscheiden. Die Strahlendosis gibt die Energiemenge an, die von einem bestimmten Material, biologischem Gewebe oder auch unbelebtem Stoff aufgenommen wird. Ihre Einheit ist das Gray (Gy). Eine Strahlendosis von 1 Gy bedeutet die Aufnahme einer Wattsekunde (Joule) pro Kilogramm eines Körpers.

Das Gray ersetzt die alte Einheit rad (radiation absorbed dose: absorbierte Strahlendosis): 1 Gy = 100 rad.

Es soll noch betont werden, daß es sich generell um kleine Energiemengen handelt und die biologische Wirkung nicht auf der Erwärmung des Körpergewebes, sondern auf der Ionisation durch Strahlung beruht: Die in 50% aller Fälle letale (tödliche) Dosis liegt bei etwa 4 Gy (400 rad). Wird ein 75 kg wiegender Mensch dieser Strahlendosis ausgesetzt, so erhöht sich seine Körpertemperatur nur um etwa 0,001 °C. Die unterschiedlichen Absorptionsmechanismen führen zu unterschiedlichen Wirkungen gleicher Strahlendosen der verschiedenen Strahlungsarten in biologischem Gewebe. Dies wird durch einen dimensionslo-

Strahlung	Bewertung
Gamma/Röntgen	1
Beta	1
Protonen	ca. 10
Neutronen	ca. 10
Alpha	ca. 20
mehrfach geladene Ionen	ca. 20

Tabelle III: Biologische Bewertungsfaktoren für verschiedene Strahlungen.

sen Bewertungsfaktor, siehe Tabelle III, in den auch noch die Energie der Strahlung eingeht, berücksichtigt. Die zugehörige Größe ist die Äquivalentdosis. Sie ist definiert als das Produkt aus Bewertungsfaktor und Strahlendosis. Ihre Einheit ist das Sievert (Sv), das die alte Einheit rem (radiation equivalent man) ersetzt: 1 Sv = 100 rem.

Bei der Bewertung der biologischen Wirkung einer Strahlung spielt in manchen Fällen auch die Zeitdauer der Einwirkung eine Rolle. Es ist ein Unterschied, ob beispielsweise eine Dosis von 1 Gy Gammastrahlung schlagartig aufgenommen wird oder etwa über einen Zeitraum von 20 Jahren. Der erste Fall führt zu unmittelbaren Strahlenschäden (Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Haarausfall, Blutbildveränderung), während im zweiten Fall lediglich eine statistische Aussage, z.B. über die Erhöhung des Krebsrisikos, gemacht werden kann.

Die Größe, die diesem Unterschied Rechnung trägt, ist die Dosisleistung bzw. Äquivalentdosisleistung: Sie gibt an, welche Strahlendosis bzw. Äquivalentdosis pro Zeiteinheit aufgenommen wurde.

Eine selten verwendete Größe ist die Ionendosis. Sie gibt die Zahl der Ladungen bezogen auf 1 kg einer Materie an. Ihre Einheit ist Coulomb/kg, sie ersetzt die alte Einheit Röntgen (R): 1 C/kg = 3.876 R oder 1 R = 0,258 mC/kg. Eine einzelne (positive oder negative) Ladung entspricht dabei $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Entsprechend der Energie- und Äquivalentdosisleistung ist auch die Ionendosisleistung als aufgenommene Ionendosis je Zeiteinheit (s, h, a) definiert.

Die Strahlenbelastungen durch Röntgendiagnostik, Nuklearmedizin und oberirdische Atomtests dürfen nicht außer Acht bleiben. In der Medizin werden ionisierende Strahlen sowohl zu diagnostischen als auch therapeutischen Zwecken eingesetzt. Die größte Strahlenexposition resultiert dabei aus der diagnostischen Anwendung der Röntgenstrahlen. Es ist sehr schwierig, eine mittlere Be-



Neu: SMDs in der Hobbyelektronik

Ein SMD-Bauchbuch und Halbleiterskript mit SMD-Schaltg.-Entwürfen, techn. Kurzdaten von ca. 750 SMDs. 88 Seiten. Best.-Nr. SW 112 B. Lieferung gegen Voreinsendung von 19,80 DM + 2,- DM = 21,80 DM (inkl. Versandk.) auf Postgiro München 4945 66-808. S. Wirsum, Herzog-Stephan-Weg 23, 8011 Zorneding Telefon (08106) 20214

!!!!!!SONDERANGEBOTE!!!!!!

1N4007 .. % 6,95	CA 3240 .. 2,75	LM 339 .. 0,49	TL 084 .. 1,05	8087 .. 298,-	27C128-150 .. 13,95
1000 St. .. 85,-	ICL7108/07 .. 6,90	LM 3914/15 .. 7,25	TL 271 .. 1,50	8087-1 .. 445,-	27128-250 .. 8,50
1N4148 .. % 2,60	ICL7109 .. 18,30	TAA 861A .. 0,99	TL 555 .. 0,99	8087-2 .. 370,-	27255-200 .. 12,50
1000 St. .. 19,95	ICL7135 .. 17,95	TDA 2595 .. 5,30	U 210B .. 3,75	55257-PL10 .. 58,-	27256-250 .. 9,95
1N4448 .. % 3,95	ICL7650 .. 9,95	TL 071 .. 0,75	U 212 .. 8,90	62256-PL10 .. 58,-	27C512-150 .. 25,90
1000 St. .. 33,90	ICL7660 .. 3,50	TL 072 .. 0,82	U 664 B .. 4,95	6264 PL-10 .. 19,90	27C512-250 .. 18,90
ADC 0808 .. 16,50	ICL8069 .. 3,90	TL 074 .. 1,10	UAA 180 .. 4,30	41256-70 .. 26,50	27512-200 .. 18,90
CA 3091 D .. 29,50	LM 324 .. 0,44	TL 081 .. 0,65		41256-120 .. 18,90	27512-250 .. 17,90
CA3161+62 .. 11,50	LM 339 .. 0,44	TL 082 .. 0,72	68000CP16 .. 69,90	41256-150 .. 17,90	511000-P10 .. 56,90

Widerstandsorten R1370: alle E12-Werte von 1 Ohm bis 22 M Ohm // W. gegarbt 1370 St. nur 34,90 // Cermet-Spindeltrimmer 13 mm 1 W 20 Umdrehungen alle Werte von 10 Ohm bis 2 M Ohm 1,45 St. // 10 St. 10,80 // 100 St. sortiert nur 89,- // Fördern Sie unsere neue kostenlose Sonderliste an!!!
R. Rohleder - Saarbrückener Str. 43 - 8500 Nürnberg 50 - Tel. 0911/48 55 61

19"-Gehäuse

Stabile Stahlblechausführung, Farbton schwarz, Frontplatte 4 mm Alu Natur, Deckel + Boden abnehmbar. Auf Wunsch mit Chassis oder Lüftungsdeckel.

1 HE/44 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST012	53,- DM
2 HE/88 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST022	62,- DM
2 HE/88 mm	Tiefe 360 mm	Typ ST023	73,- DM
3 HE/132 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST032	73,- DM
3 HE/132 mm	Tiefe 360 mm	Typ ST033	85,- DM
4 HE/176 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST042	87,- DM
4 HE/176 mm	Tiefe 360 mm	Typ ST043	89,- DM
5 HE/220 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST052	89,- DM
6 HE/264 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST062	98,- DM
Chassisblech	Tiefe 250 mm	Typ CA025	12,- DM
Chassisblech	Tiefe 360 mm	Typ CA036	15,- DM

Weiteres Zubehör lieferbar. Kostenloses 19" Info anfordern.

GEHÄUSE FÜR ELRAD MODULAR VORVERSTÄRKER 99,- DM

GEHÄUSE FÜR NDFL VERSTÄRKER 79,- DM

19"-Gehäuse für Parametrischen EQ (Heft 12/85) 79,- DM

Gehäuse- und Frontplattenfertigung nach Kundenwunsch sind unsere Spezialität. Wir garantieren schnellste Bearbeitung zum interessanten Preis. Warenversand per NN, Händleranfragen erwünscht.

A/S-Beschallungstechnik, 5840 Schwerte
Siegel + Heinings GbR

Gewerbegebiet Schwerte Ost, FAX-Nr.: 02304/45180
Ruf: 02304/44373, Tlx 8227629 as d

plus ELECTRONIC GmbH 2 KATALOGE KOSTENLOS

anfordern: Preiswerte Elektronik, Bauteile, Sonderpostenblatt

- Aktive und Passive Bauteile ● Bausätze ● Sortimente ● Werkzeuge
- Lautsprecher ● Telefone ● Auto- und Musikelektronik ● Antennen ●
- Computer - Zubehör ●

plus - elektronik GmbH Ernst-Grote-Str.26 Postfach 100107
3004 Isernhagen 1 (Awb) Tel. (0511) 61897 Fax (0511) 614864

electro acoustic

Ein neues Spezialheft.
Rund um Studio, Beschallung und Licht.

Von Profis für Profis.

Für Tonmeister, -ingenieure, -techniker usw.

Mit den Bereichen Licht, Akustik, Beschallung, Mikros, Mischpulte, Meßgeräte.

Jetzt im Verlag erhältlich! Für DM 16,80.

Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG
Postfach 610407, 3000 Hannover 61, Ruf-Nr. 0511/5352-160

Grundlagen der Radioaktivität

lastung — wie dies sehr gut für die terrestrische Belastung und kosmische Strahlung möglich ist — anzugeben, da die Einzeldosen sehr stark von der Art der Untersuchung abhängen. So kann beispielsweise je nach medizinischer Indikation die Anzahl der Aufnahmen beträchtlich schwanken.

Eine weitere Rolle spielt die nuklearmedizinische Untersuchung, bei der, abhängig von der medizinischen Indikation, verschiedene radioaktive Isotope zur Anwendung kommen. Als Beispiele seien hier aufgeführt die Schilddrüsen-Szintigraphie, bei der hauptsächlich Jod-Isotope zur Anwendung kommen, oder die Leber-Szintigraphie, bei der Technetium- oder Gold-Isotope benutzt werden. Für die Strahlenbelastung zumindest in allgemeiner Hinsicht vernachlässigbar sind therapeutische Anwendungen radioaktiver Isotope, da hiervon nur eine sehr kleine Gruppe der Gesamtbevölkerung betroffen ist.

Wie schon erwähnt, trägt die Röntgendiagnostik den größten Anteil der medizinischen Strahlenbelastung bei. Hier können je nach Anwendung beträchtliche Dosen verabreicht werden. Im Falle eines Herzkatheders beträgt die Hautoberflächen-dosis rund 400 mSv, die Knochenmarkdosis rund 90 mSv und die Keimdrüsensdosis immerhin noch rund 20 mSv. Bei einer Magen/Darm-Untersuchung betragen die entsprechenden Dosen 150 mSv und 3 mSv. Geringer sind die Werte bei einer Durchleuchtung der Lunge: 1 mSv für die Hautoberfläche, 0,2 mSv Knochenmarkdosis und weniger als 0,05 mSv in den Keimdrüsen.

Hieraus wird verständlich, daß es schwierig ist, eine genaue Strahlenbelastung durch die Medizin anzugeben. Die mittlere Dosis, die meistens angegeben wird, ist die sogenannte mittlere genetisch signifikante Dosis, wobei die Kindererwartung in Abhängigkeit vom Alter der betroffenen Personen berücksichtigt wird. Sie beträgt nach Angaben des Bundesgesundheitsamtes 0,5 mSv/Jahr. Daneben werden oft noch mittlere Knochenmarkdosen (ca. 3 mSv/Jahr) und leukämie-signifikante Dosen (ca.

2,5 mSv/Jahr) angegeben. Es muß betont werden, daß diese Werte beträchtlichen Schwankungen unterworfen sind.

Bei den oberirdischen Kernwaffentests wurden große Mengen radioaktiver Substanzen in die Stratosphäre geschleudert. von den Höhenwinden wurden Schwebstoffe mit Korngrößen kleiner 10 µm weltweit verteilt; diese sind für die Belastung relevant.

Bei den radioaktiven Isotopen handelt es sich einmal um die Spaltprodukte aus der Kernspaltung von 235-U oder 239-Pu sowie um diese Isotope selbst. So entsteht zum Teil 239-Pu bei der Spaltung aus 238-U; es wird aber auch nicht die gesamte Menge an 239-Pu einer Plutonium als Spaltstoff enthaltenden Bombe bei der Spaltung umgesetzt.

Man schätzt die Menge des weltweit freigesetzten Plutoniums auf über 3 Tonnen. Bei den Fusionsbomben wurde zum Teil durch die hohen Neutronenflüsse 3-H (Tritium) und 14-C in beträchtlichen Mengen erzeugt. Bei den wichtigsten Fallout-Produkten, die verteilt wurden, handelt es sich um 90-Strontium, 89-Strontium, 131-Jod und 137-Cäsium sowie 3-H und 14-C. Die Belastung während der Zeit der Bombenversuche dürfte in der Bundesrepublik bei einigen 0,1 mSv (10 mrem)/Jahr gelegen haben. Sie ist nach Einstellung der oberirdischen Tests etwas zurückgegangen und beträgt heute weniger als 0,05 mSv (5 mrem)/Jahr. □

Literatur

„Die Strahlenbelastung des modernen Menschen“

Schule für Strahlenschutz

1. Auflage 1973

Eidg. Institut für Reaktorforschung

CH-5303 Würlingen

„Strahlen und Strahlenschutz“

H. Kiefer, W. Koetzer

Springer Verlag 1986

„Radiation Protection“

J. Sharpiro

Harvard University Press

ISBN 0-674-74584-1

„Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz“

W. Petzold

B.H. Teubner, Stuttgart



PREMA GmbH, Geschäftsbereich Meßgeräte

Robert-Koch-Straße 10 · D-6500 Mainz 42 · Telefon: (0 61 31) 50 62 - 0
Telefax: (0 61 31) 50 62 - 22 · Telex: 4 187 666 prem d

Digitalmultimeter 5000

vielseitiges 6½-stelliges Digitalmultimeter mit allen gängigen Meßfunktionen: Gleich- und Wechselspannungs- oder Strommessungen sowie Widerstandsmessungen mit hoher Genauigkeit. Echt-Effektivwertmessung bei Wechselgrößen. Volle Fernsteuerbarkeit aller Gerätefunktionen über IEEE-488-Bus. Sicherheit durch unverlierbare Kalibrierdaten. Erweiterung auf 10 Kanäle durch optionell im Gerät eingebauten Meßstellenumschalter.

PREMA

Halogenlicht-Transformatoren

Deutsches Markenfabrikat – Industriequalität – Sicherheits-
transformatoren nach VDE 0551 – Ausg.-Sp. 11,5 V
Isolation prim-sek. = 4 KV – Temperaturklasse T 60 / E
großzügige Dimensionierung – geringe Erwärmung

Ringkern-Lichttransformatoren

Ausführung LTB, im Becher
vergossen, Litzen primär und
sekundär, mit und ohne zer-
störungsfreiem Temperaturschutz



Ausführung ohne Temperaturschutz

LTB 10	50 VA	81x39 mm	0,7 kg	47,20 DM
LTB 20	100 VA	104x44 mm	1,4 kg	60,50 DM
LTB 30	200 VA	125x53 mm	2,6 kg	78,90 DM
LTB 40	300 VA	125x65 mm	3,2 kg	92,60 DM

Ausführung mit Temperaturschutz

LTB 11	50 VA	81x39 mm	0,7 kg	57,20 DM
LTB 22	100 VA	104x44 mm	1,4 kg	69,90 DM
LTB 33	200 VA	125x53 mm	2,6 kg	88,90 DM
LTB 44	300 VA	125x65 mm	3,2 kg	102,50 DM

Ringkern-Lichttransformatoren

Ausführung LT, vergossenes
Mittelloch mit Zentralbohrung,
Litzen primär und sekundär,
durchschlagfeste Abdeckbandage



LT	50 VA	75x36 mm	0,6 kg	44,20 DM
LT	60 VA	95x39 mm	1,2 kg	57,50 DM
LT	70 VA	116x50 mm	2,4 kg	74,60 DM
LT	80 VA	118x56 mm	2,9 kg	87,50 DM

Mantelkern-Lichttransformatoren

Ausführung LTM, gekapselte Wick-
lung, primär Litzen – sekundär
6,3 mm-Flachstecker, tauchim-
prägniert und ofengetrocknet



LTM 51	50 VA	74x 80x65 mm	1,5 kg	37,60 DM
LTM 52	100 VA	85x 91x64 mm	2,5 kg	50,90 DM
LTM 53	200 VA	114x123x74 mm	5,8 kg	66,80 DM
LTM 54	300 VA	114x123x91 mm	3,2 kg	83,90 DM

Qualitätstransformatoren nach VDE 0550

Deutsches Markenfabrikat – Industriequalität – kompakt, stromarm, für alle Anwendungen

42 VA	22,90 DM	76 VA	33,80 DM
601 2x 6V 2x3,5A	702 2x12V 2x3,2A	951 2x12V 2x11,0A	64,30 DM
602 2x12V 2x1,8A	703 2x15V 2x2,6A	952 2x20V 2x 5,7A	
603 2x15V 2x1,4A	704 2x18V 2x2,2A	953 2x28V 2x 4,5A	
604 2x18V 2x1,2A	705 2x24V 2x1,6A	954 2x36V 2x 3,5A	
125 VA	38,90 DM	190 VA	53,30 DM
851 2x12V 2x3,3A	901 2x12V 2x8,0A		
852 2x15V 2x3,3A	902 2x20V 2x4,8A		
853 2x20V 2x3,2A	903 2x24V 2x4,0A		
854 2x24V 2x2,6A	904 2x30V 2x3,2A		

Netz-Trenn-Transformatoren

Primärspannung: 220V – Sekundärspannungen: 190/205/220/235/250V	
940 150 VA	49,20 DM
990 260 VA	66,80 DM
1240 600 VA	96,90 DM
1640 1000 VA	146,70 DM
1740 1300 VA	183,10 DM
1840 1900 VA	266,00 DM

Transformator-Sonderservice

Wir fertigen Ihren ganz speziellen Transformator maßgeschneidert.
Sonderanfertigungen aller aufgeführten Leistungsklassen erhalten Sie mit
Spannungen Ihrer Wahl!

Mögliche Eingangsspannungen: 220V, 2x110V,
380V oder Spannungen nach Ihrer Wahl.
Mögliche Ausgangsspannungen: Spannungen
bis 1.000V – bei einem Strom von mind. 0,050 A.
Für Spannungen ab 200V müssen Sie aufgrund
des notwendigen erhöhten Isolationsaufwandes
den Faktor 1,25 in Ihre Leistungsberechnung
einbeziehen.

Beispiel: 400V/0,050A = 20VA x 1,25 = 25 VA

Bestellbeispiel: gewünschte Spannung: 2x21V 2x2,5A

Rechnung: 21x2,5 + 21x2,5 = 105 VA – passender Trafo = Typ 850

Typ 500	24 VA	24,50 DM	Typ 1350	700 VA	137,80 DM
Typ 600	42 VA	28,20 DM	Typ 1400	900 VA	169,50 DM
Typ 700	76 VA	38,90 DM	Typ 1500	1300 VA	212,60 DM
Typ 850	125 VA	44,70 DM	Typ 1600	1900 VA	297,40 DM
Typ 900	190 VA	61,20 DM	Typ 1700	2400 VA	359,00 DM
Typ 950	250 VA	72,50 DM	Typ 1950	3200 VA	445,00 DM
Typ 1140	400 VA	98,40 DM			

Im angegebenen Preis sind eine Eingangsspannung und zwei Ausgangs-
spannungen enthalten. Weitere Spannungen oder Spannungsabgriffe
werden mit jeweils 2,00 DM berechnet.

Schirmwicklung zwischen Primär- und Sekundärwicklung 2,00 DM.
Die Typen 1500–1950 werden ohne Aufpreis imprägniert und ofen-
getrocknet geliefert. Anschlußklemmen entsprechen Industrie-Ausführung.
Die Lieferzeit für Sonderanfertigungen beträgt 2–3 Wochen.

Ringkerntransformatoren nach VDE 0550

Deutsches Markenfabrikat
Industriequalität

kleine Abmessungen
sehr geringes Gewicht
hohe Leistung
sehr geringes Streufeld



80 VA	45,90 DM	120 VA	56,50 DM
R 8012 2x12V 2x3,4A		R 12015 2x15V 2x4,0A	
R 8015 2x15V 2x2,7A		R 12020 2x20V 2x3,0A	95x48mm
R 8020 2x20V 2x2,0A	0,80kg	R 12024 2x24V 2x2,5A	1,30kg
R 8024 2x24V 2x1,7A		R 12030 2x30V 2x2,0A	

Ringkerntransformatoren nach VDE 0550

170 VA	62,50 DM	250 VA	72,20 DM
R 17012 2x12V 2x1,7A		R 25012 2x12V 2x10,4A	
R 17015 2x15V 2x1,4A		R 25018 2x18V 2x7,0A	
R 17020 2x20V 2x1,3A	98x50mm	R 25024 2x24V 2x5,2A	115x54mm
R 17024 2x24V 2x1,1A	1,60kg	R 25030 2x30V 2x4,2A	2,40kg
R 17030 2x30V 2x0,9A		R 25036 2x36V 2x3,5A	

Ringkerntransformatoren nach VDE 0550

340 VA	79,90 DM	500 VA	107,50 DM
R 34012 2x12V 2x1,4A		R 50012 2x12V 2x20,8A	
R 34015 2x15V 2x1,1A		R 50030 2x30V 2x8,5A	
R 34024 2x24V 2x1,1A	118x57mm	R 50036 2x36V 2x7,0A	134x64mm
R 34030 2x30V 2x1,0A	2,80kg	R 50042 2x42V 2x6,0A	3,70kg
R 34036 2x36V 2x0,9A		R 50048 2x48V 2x5,0A	

Ringkerntransformatoren nach VDE 0550

700 VA	136,00 DM	1100 VA	187,00 DM
R 70030 2x30V 2x12,0A		R 110032 2x32V 2x17,2A	
R 70042 2x42V 2x 8,3A	139x68mm	R 110038 2x38V 2x14,5A	170x72mm
R 70048 2x48V 2x 7,3A	4,10kg	R 110050 2x50V 2x11,0A	6,00kg
R 70060 2x60V 2x 5,8A		R 110060 2x60V 2x 9,2A	

Ringkerntransformatoren Baureihe „LN“

Ringkerntransformatoren sind ab sofort auch als „LN-Typen“ lieferbar.
Ein spezielles Herstellungsverfahren garantiert extrem geringes Streu-
feld und minimale Geräuschemissionen.

Bevorzugter Anwendungsbereich: Hochwertige Vor- u. Endverstärker

100 VA	63,70 DM	200 VA	84,80 DM
LN 10012 2x12V 2x 4,2A		LN 20024 2x24V 2x 4,2A	
LN 10015 2x15V 2x 3,3A	98x50mm	LN 20030 2x30V 2x 3,3A	118x54mm
LN 10024 2x24V 2x 2,1A	1,60kg	LN 20036 2x36V 2x 2,8A	2,80kg

Ringkerntransformatoren nach VDE 0550

400 VA	138,10 DM	900 VA	189,00 DM
LN 40030 2x30V 2x 6,7A		LN 90042 2x42V 2x10,7A	
LN 40036 2x36V 2x 5,1A	139x68mm	LN 90048 2x48V 2x 9,4A	170x72mm
LN 40042 2x42V 2x 4,8A	4,10kg	LN 90054 2x54V 2x 8,3A	6,00kg

Ringkerntransformatoren-Sonderservice

Wir fertigen Ihren ganz speziellen Ringkerntrafo maßgeschneidert.
Sonderanfertigungen aller oben angegebenen Leistungsklassen erhalten
Sie mit Spannungen Ihrer Wahl!

Mögliche Eingangsspannungen: 220V, 2x110V
Mögliche Ausgangsspannungen: Spannungen von ca. 8V – 100V

Der Preis für Sonderanfertigungen beträgt:

Grundpreis des Serientrafos mit entsprechender Leistung plus 12,- DM.

Dieser Preis enthält zwei Ausgangsspannungen oder eine Doppelsp. Ihrer Wahl.

Weitere Spannungen oder Spannungsabgriffe jeweils Aufpreis 5,- DM.

Schirmwicklung zwischen Primär- und Sekundärwicklung 4,- DM.

Die Lieferzeit für Sonderanfertigungen beträgt 2–3 Wochen!

AKTUELLE Transformator-Kombination AKTUELL

TDK 800 Trafo-Drossel-Kombination für Schweißgerät

aus 1/89, Baugröße EI 150Nb u. EI 108b

AT 100 PPP Übertrager für 100-Watt-PPP aus 1/89,

L x B x H = 114 x 114 x 90 mm, Gewicht 5,2 kg

NT 100 PPP Netztrafo für 100-Watt-PPP aus 1/89,

L x B x H = 135 x 135 x 115 mm, Gewicht 8,5 kg

AT 100 PPP und NT 100 PPP werden in liegender Ausführung mit

Gewindebolzen und ca. 20 cm langen Anschlußdrähten geliefert. Wir

garantieren höchste Qualität!

Becherelkos – aus laufender Fertigung

Ausführung mit Gewindebolzen und Lötanschlüssen

EBLF 400 4700µF 70/80V 35 x 58 mm

EBLF 500 10000µF 70/80V 45 x 84 mm

EBLF 600 10000µF 80/90V 45 x 84 mm

Ausführung mit Gewindebolzen und Schraubanschlüssen

EBLF 700 10000µF 100V 51 x 102 mm

Ausführung ohne Gewindebolzen mit Schraubanschlüssen

EBSA 800 4700µF 63V 36 x 50 mm

EBSA 900 10000µF 63V 51 x 85 mm

EBSA 1000 10000µF 100V 51 x 102 mm

Ringschellen für stehende Befestigung von EBSA 800-1000

RS 36 36 mm Ø 1,90 DM RS 51 51 mm Ø 2,10 DM

Metal-Brückengleichrichter

BG 6 80 V - 25 A 6,50 DM BG 8 40 V - 50 A 9,80 DM

BG 7 80 V - 35 A 7,90 DM BG 9 250 V - 25 A 7,90 DM

220 V / 50 Hz-Stromversorgung – netzunabhängig aus der 12 V- oder 24 V-Batterie

FA-Rechteck-Wechselrichter

Ausgangsspannung
220 V unregelmäßig,
rechteckförmig
Frequenz konstant
50 Hz ± 0,5 %
Wirkungsgrad ca.
90 %
Leerlaufstrom
kurzzeitig bis zur
1,5-fachen Nennleistung überlastbar.
12V- oder 24V-Ausführung zum gleichen
Preis lieferbar.



Batteriespannung abgeben!

Bevorzugte Einsatzbereiche sind u.a.:

Verbraucher mit nicht zu hoher Anlaufleistung

wie z.B. Beleuchtung, Fernseher, kleinere

Motoren u.s.w.

Weitere technische Angaben siehe Liste

Betriebsbereiter offener Batterie:

FA 5 F 12V oder 24V – 200VA

FA 7 F 12V oder 24V – 400VA

FA 9 F 12V oder 24V – 600VA

Betriebesbereitetes Gerät im Gehäuse mit

Steckdose, Polklemmen und Schalter:

FA 5 G 12V oder 24V – 200VA

FA 7 G 12V oder 24V – 400VA

FA 9 G 12V oder 24V – 600VA

Batterie-Ladegerät im Gehäuse mit

Steckdose, Polklemmen und Schalter:

FA 5 L 12V oder 24V – 200VA

FA 7 L 12V oder 24V – 400VA

FA 9 L 12V oder 24V – 600VA

Einzelbauteile: Lade- und Schnell-Ladegerät in Werkstätten, Reisemobilen, Bussen,

Booten usw., Versorgung von Akkus in Notstromversorgungen, Wochenendhäusern usw.

UWR-Trapez-Wechselrichter

Ausgangsspannung
220V ± 3 %, treppen-
förmig
Frequenz
50 Hz quarzgenau
85–90 % Wirkungs-
grad
hoch überlastbar
kurzschluß- und verpolungs-
geschützt.
UWR-Wechselrichter liefern eine geregelte
treppenförmige Ausgangsspannung, welche
ein sinus-ähnliches Verhältnis zwischen
Effektiv- und Scheitelwert besitzt.



Bevorzugte Einsatzbereiche sind u.a.:

Verbraucher mit hoher Leistungsaufnahme

und überhöhter Anlaufleistung

Weitere technische Angaben siehe Liste

Betriebsbereiter offener Batterie:

UWR 12/350 12V/350VA

UWR 24/350 24V/350VA

UWR 12/600 12V/600VA

UWR 24/600 24V/600VA

Aufpreis für Einschaltautomatik

UWR 12/1000 12V/1000VA

UWR 24/1000 24V/1000VA

UWR 24/2000 24V/2000VA

Aufpreis für Einschaltautomatik

UWR 12/250 12V/250VA

UWR 24/250 24V/250VA

UWR 24/300 24V/300VA

UWR 24/350 24V/350VA

UWR 24/400 24V/400VA

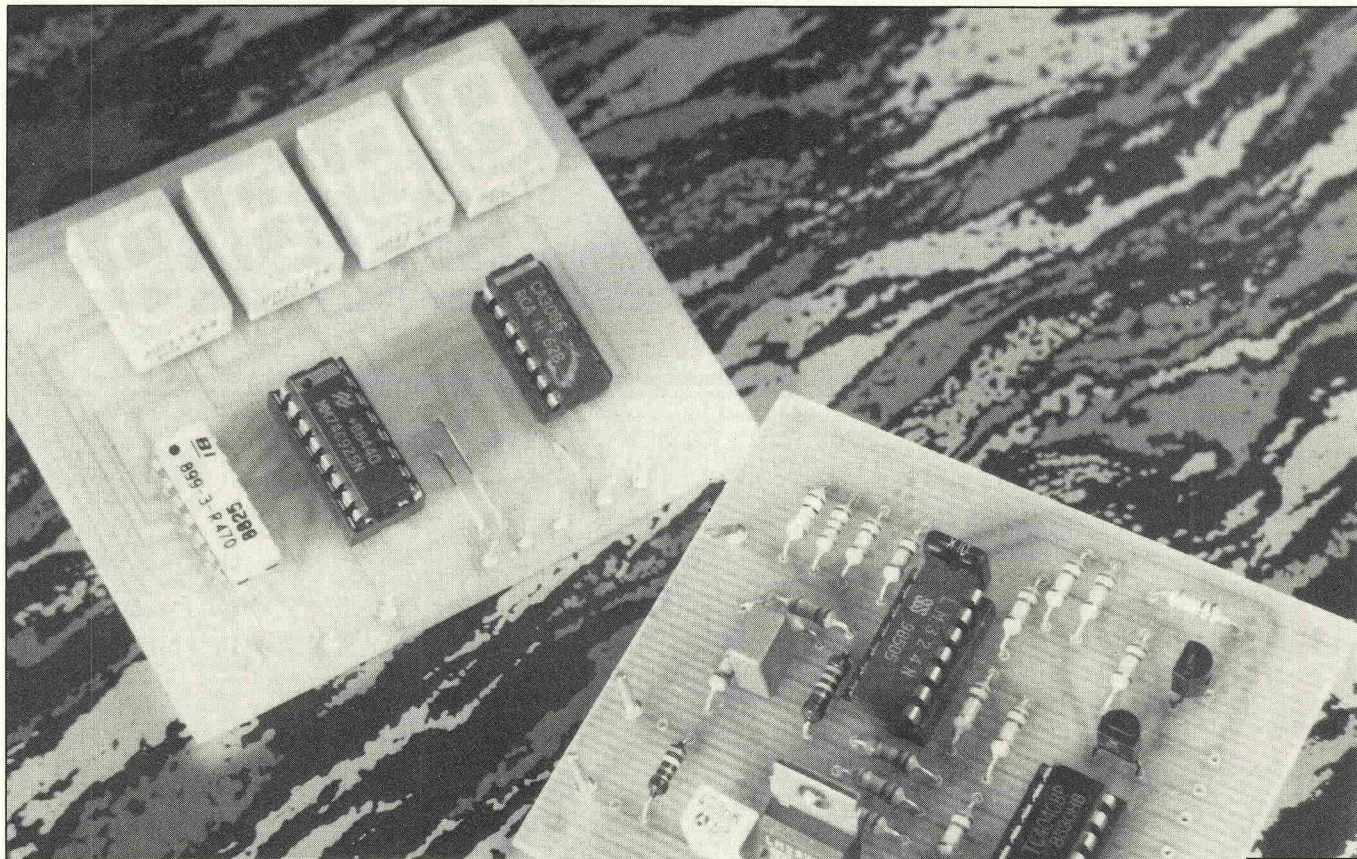
UWR 24/450 24V/450VA

UWR 24/500 24V/500VA

UWR 24/550 24V/550VA

UWR 24/600 24V/600VA

UWR 24/650 24



Buchhalter

Wh-Meter für Windkraft- und Solargeneratoren

Peter Herlitz

Das in diesem Projekt beschriebene Gerät dient primär der Erfassung und Anzeige der von einem Windkraft- oder Solargenerator gelieferten Energie. Aber auch andere meßtechnische Anwendungen sind durchaus möglich.

Solar- und Windkraftgeneratoren kleiner Leistung erfreuen sich zunehmender Popularität, nicht zuletzt wegen ihrer in der letzten Zeit stark gefallen Preise. Hinzu kommt die — wenn auch zumeist leistungsbegrenzte — Unabhängigkeit vom 220-V-Netz, die derartige Energielieferanten für Einsätze in entlegenen Gebieten prädestiniert. In nahezu allen Anwendungsfällen wird dabei die vom Generator gelieferte Energie zunächst in einem Akku zwischengespeichert, bevor sie der Nutzlast, also dem 'Verbraucher', zugeführt wird.

Von Hauptinteresse ist dabei die Frage, wieviel Energie innerhalb einer bestimmten Zeit vom Generator an den Akku geliefert wurde, denn schließlich kann nur diese Energiemenge dem Akku maximal ent-

nommen werden. Die Antwort auf die Energie-Frage gibt der hier beschriebene Energiemes-ser.

Vorab einige grundlegende Sätze: Generatoren liefern einen Strom I (gemessen in Ampere) bei einer bestimmten Klemmenspannung U (gemessen in Volt). Das Produkt aus diesen beiden Größen ergibt die Leistung P mit der Einheit Watt (W). Und wenn die Leistung für eine bestimmte Zeit t erbracht wird, berechnet sich die vom Generator abgegebene Energie A als das Produkt aus Leistung und Zeit — die Einheit der elektrischen Energie lautet folglich Wattsekunde (Ws) bzw. Wattstunde (Wh).

So weit, so gut. Leider liefern Windkraft- und Solargeneratoren weder eine konstante Klem-

menspannung noch einen konstanten Strom — beide Größen sind ursächlich von der Windgeschwindigkeit bzw. von der Bestrahlungsstärke abhängig. Weitere Einflüsse wie zum Beispiel die Umgebungstemperatur spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

Zum anderen braucht für die Energie-Erfassung nicht vorausgesetzt zu werden, daß die Messungen in stets gleichbleibenden Zeitabständen erfolgen. Im Gegenteil: Mathematisch gesehen wird die elektrische Leistung über die Zeit integriert. Für den Nutzer eines mit einer Solaranlage versehenen Wochenendhauses ist es zudem völlig irrelevant, ob die im Akku gespeicherte Energie von einem einzigen Sonnentag mit vier anschließenden Tagen der Finsternis oder von

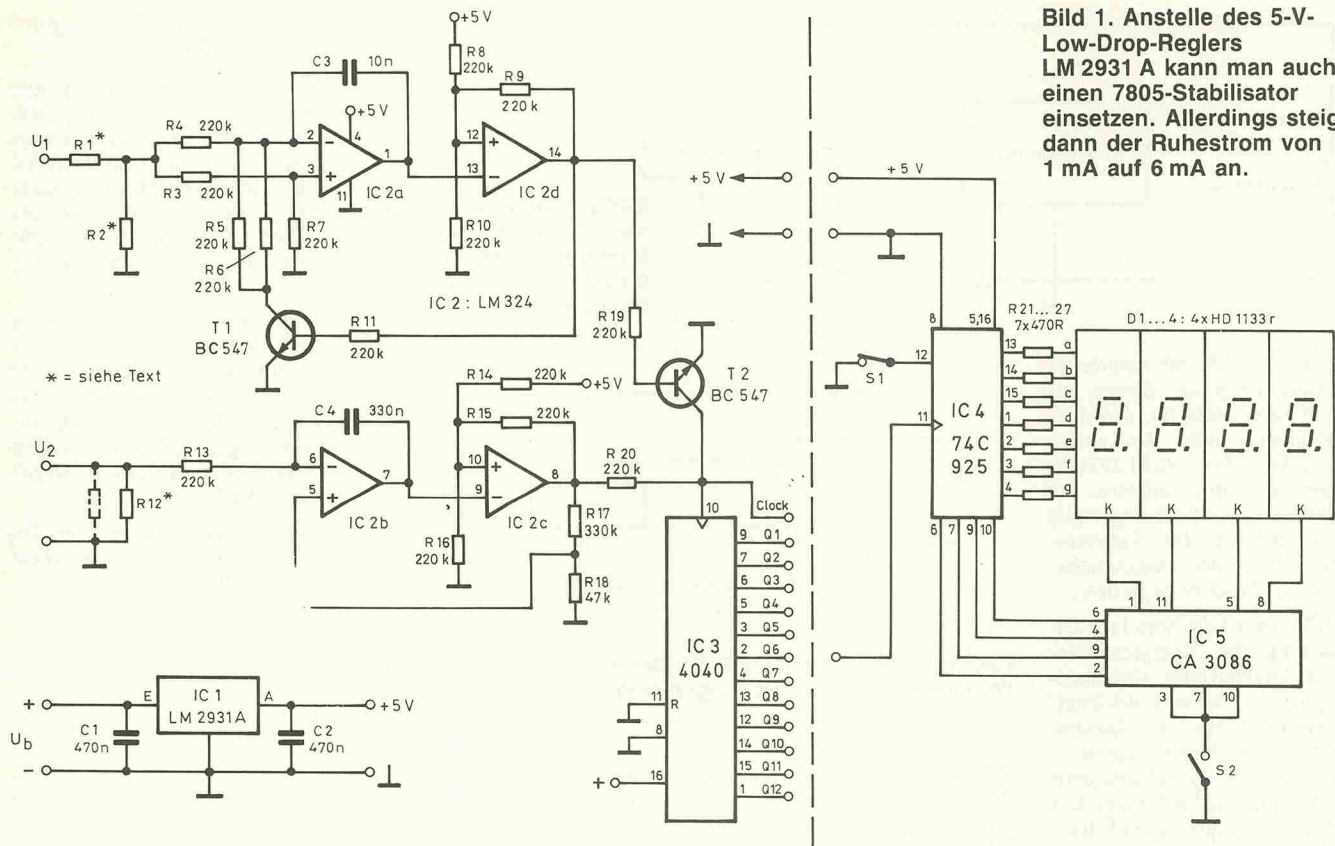


Bild 1. Anstelle des 5-V-Low-Drop-Reglers LM 2931 A kann man auch einen 7805-Stabilisator einsetzen. Allerdings steigt dann der Ruhestrom von 1 mA auf 6 mA an.

fünf Tagen mit bedecktem Himmel herrührt — ihn interessiert nur die absolute, während seiner Abwesenheit kumulierte Energie.

Damit sind die für die Energiemessung wesentlichen Punkte fixiert. Die praktische Umsetzung wird in der Gesamtschaltung des Energiemessers in Bild 1 gezeigt. Der Spannungseingang ist dabei der mit U1 bezeichnete Anschluß. Die Operationsverstärker IC2a und IC2d bilden zusammen mit ihrer externen Beschaltung einen spannungsgesteuerten Oszillator VCO1, der ein Ausgangssignal mit einer zur angelegten Spannung proportionalen Frequenz f_1 erzeugt.

Der vom Generator gelieferte Strom durchfließt den Meßwiderstand R12, an dem eine zum Strom proportionale Spannung U_2 abfällt. Ein zweiter VCO rund um IC2b und IC2c erzeugt eine Rechteckspannung, deren Tastverhältnis d zu U_2 proportional ist. Durch Verknüpfung beider VCO-Spannungen entsteht ein Signal mit

einer Frequenz f , die zu U_1 und zu U_2 — also zu Generatorspannung und -strom — proportional ist. Voraussetzung hierfür ist, daß die Frequenz f_2 des Oszillators VCO2 viel größer als die Frequenz f_1 des Oszillators VCO1 ist. In Bild 2 ist das resultierende Ausgangssignal dargestellt.

Der angeschlossene Baustein IC3 summiert die Eingangsimpulse auf und teilt gleichzeitig die Frequenz in Zweierpotenzen herunter. Der Teilfaktor ist frei wählbar; er hängt von der

erwarteten Impulszahl und von der gewünschten Meßdauer ab.

Bei geeigneter Wahl des Teilfaktors können die vom Zählerbaustein IC4 zu registrierenden Impulse über Tage, Wochen oder Monate aufsummiert werden, je nach individuellen Gegebenheiten.

Die Anzahl der vom Zähler IC4 gemessenen Impulse wird durch Einschalten des Schalters S2 auf dem LED-Display zur Anzeige gebracht. Statt eines LED-Displays könnte hier auch ein LC-Display (mit passendem

Treiber) eingesetzt werden, so daß die Anzeige dauernd eingeschaltet bleiben kann. Im allgemeinen wird man die Anzeige jedoch nur kurz zum Ablesen einschalten. Durch Betätigen des Tasters S1 (Öffner) wird der Zähler auf Null zurückgesetzt.

Bei der Auswahl der Bauelemente wurde auf eine möglichst kleine Stromaufnahme geachtet. Die Betriebsspannung des Energiemessers darf Werte zwischen 5,2 V und 16 V annehmen. Der Betriebsstrom beträgt bei ausgeschaltetem LED-Dis-

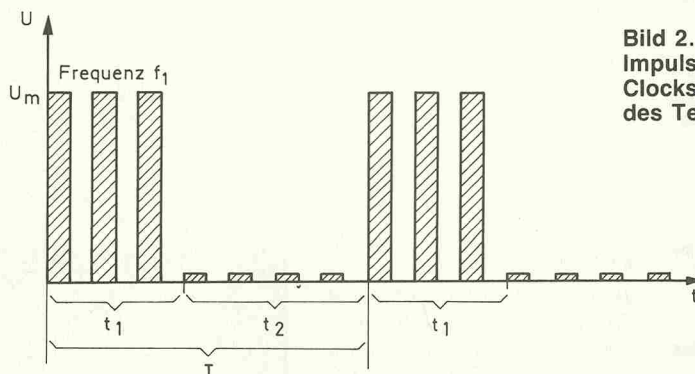


Bild 2. Typisches Impulsdiagramm des Clocksignals am Eingang des Teilers IC3.

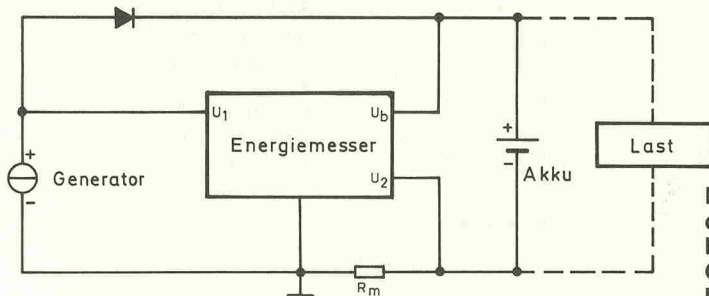
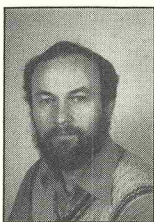


Bild 3. Grundbeschaltung des Energiemessers für Messungen der von einem Generator gelieferten Energie.

play etwa 1 mA; mit aktivierter Anzeige steigt der Strom auf ca. 30 mA. Falls für den 5-V-Stabilisator nicht der vorgeschlagene Typ (LM 2931 A) eingesetzt wird, sondern der populäre Spannungsregler 7805, beträgt die Ruhestromaufnahme bei ausgeschaltetem LED-Display ca. 6 mA.

In Bild 3 wird die Standard-Beschaltung des Energiemessers für akkugepufferte Generatoren gezeigt. Hier wird der Energiemesser direkt vom Generator bzw. vom Akku gespeist — eine externe Spannungsquelle ist also nicht erforderlich. Der in Bild 3 gezeigte Stromfühler-Widerstand R_m ist mit dem Widerstand R_{12} identisch.

Der Autor



Gymnasiallehrer und Familienvater. Dabei war das fünfjährige Mathematik- und Physikstudium für ihn eine große Erleichterung für den theoretischen Zugang, versperrt seiner Meinung nach allerdings auch oft den Blick für schnelle und praktische Lösungen eines Problems, da man eher geneigt ist zu rechnen als zu suchen und zu probieren.

Obgleich schon als Jugendlicher an Elektronik interessiert, dauerte es bis zu seinem 35. Lebensjahr, bis Peter Herlitz sich mit diesem faszinierenden Gebiet als Hobby beschäftigte — neben seiner eigentlichen Lebensaufgabe als

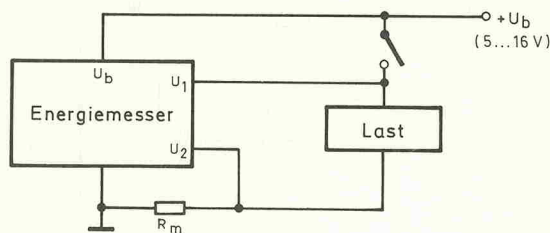


Bild 4. Mit dieser Beschaltung des Energiemessers wird die einem 'Verbraucher' zugeführte Energie gemessen.

Bild 4 zeigt eine zweite Anwendungsschaltung. In diesem Fall wird nicht die von einem Generator an einen Akku gelieferte Energie gemessen, sondern diejenige Energie, die in einem beliebigen Verbraucher (der Last) umgesetzt wird. Auch hier arbeitet der Widerstand R_m (= R_{12}) als Stromfühler.

Der Energiemesser arbeitet nur dann korrekt, wenn die an seinen Anschlüssen U_1 und U_2 anstehenden Spannungen innerhalb bestimmter Bereiche liegt: Für U_1 sind Spannungen zwischen 0,45 V und 7,8 V zulässig, für U_2 Spannungen zwischen 20 mV und 600 mV. Mit einem entsprechend dimensionierten Spannungsteiler R_1/R_2 sowie durch Wahl eines geeigneten Widerstands R_{12} kann die Schaltung für Generatoren mit beliebig hoher Spannung bzw. mit beliebig hohem Strom angepaßt werden. Das dem Teiler-Eingang (Pin 10 von IC3) zugeführte Signal weist bei den angegebenen Werten eine Frequenz zwischen 1 Hz und 600 Hz auf. Der Eingangswiderstand beider VCOs ohne vorgeschaltetem Spannungsteiler bzw. Stromfühler beträgt ca. 200 k Ω .

Hier ein Berechnungsbeispiel: Der Energiemesser soll für einen Solargenerator mit den Daten 13,5 V/500 mA angepaßt

werden. Die Widerstände R_1 und R_2 sollen die Eingangsspannung U_1 auf etwa 6 V herunterteilen. Also gilt:

$$\begin{aligned} 13,5 \text{ V} / 6 \text{ V} &= (R_1 + R_2) / R_2 \\ &= 1 + R_1 / R_2 \\ 2,25 &= 1 + R_1 / R_2 \\ 1,25 &= R_1 / R_2 \end{aligned}$$

Der Widerstand R_2 muß wesentlich kleiner als der VCO-Eingangswiderstand (200 k Ω) sein. Gewählt wird:

$$\begin{aligned} R_2 &= 10 \text{ k} \\ \text{Daraus folgt:} \\ R_1 &= 12,5 \text{ k} \Omega \approx 12 \text{ k} \Omega \end{aligned}$$

Die an dem Stromfühler R_{12} abfallende Spannung soll ca.

0,5 V betragen. Folglich gilt:
 $R_{12} = 0,5 \text{ V} / 0,5 \text{ A} = 1 \Omega$

Der für diesen Solargenerator passende Akku kann beispielsweise folgende Daten aufweisen: 12 V/3 Ah. Aber auch Akkus mit einer höheren Kapazität können — je nach voraussichtlicher Durchschnitts-Ladezeitdauer — verwendet werden.

Und damit ist der praktische Teil dieses Projekts vorerst abgeschlossen. Für die theoretisch interessierten Leser folgen nun einige Erläuterungen und Berechnungsgrundlagen für die beiden in der Schaltung enthaltenen VCOs.

Die Ausgangsfrequenz des Oszillators VCO1 wird beschrieben durch

$$f_1 = \frac{3}{4 \cdot R_4 \cdot C_3} \cdot \frac{U_1}{U_m} =$$

$$K_1 \cdot U_1$$

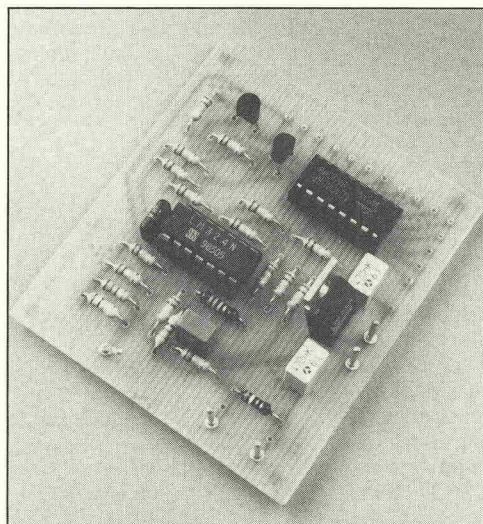
Dabei wird mit U_m diejenige Spannung bezeichnet, die der Operationsverstärker am Ausgang maximal erreichen kann. Sie berechnet sich zu

$$U_m \approx 5,0 \text{ V} - 1,1 \text{ V} = 3,9 \text{ V}$$

Bei einer Eingangsspannung U_1 in Höhe von 0,5 V beträgt die Ausgangsfrequenz f_1 ca. 44 Hz; bei 7,5 V weist sie einen Wert von 656 Hz auf.

Die Gleichung für die Ausgangsfrequenz des Oszillators VCO2 lautet

$$f_2 = \frac{U_2 \cdot (U_{ref} - U_2)}{R_{13} \cdot C_4 \cdot U_{ref} \cdot \Delta U}$$



Wer die Wahl hat, hat die Qual: 13 Signalausgänge stehen zur Verfügung.

Dabei gilt

$$\Delta U = \frac{1}{3} U_m - U_{ref} \approx 0,8 \text{ V}$$

und

$$U_{ref} = \frac{R18}{R17 + R18} \cdot U_m \approx 0,5 \text{ V}$$

Den Wert des Tastverhältnisses d beschreibt die Gleichung

$$d = \frac{t_1}{T} = \frac{U_2}{U_{ref}}$$

$$\frac{R17 + R18}{R18} \cdot \frac{U_2}{U_m} = K_2 \cdot U_2$$

Da sich d im Bereich $0 \dots 1$ bewegt, muß U_2 folglich im Bereich $0 \dots U_{ref}$ liegen. Mit anderen Worten: Die Referenzspannung U_{ref} ist die obere Grenze für die Eingangsspannung U_2 . Bei der angegebenen Dimensionierung gilt

- für $U_2 = 0,5 U_{ref}$:
 $f_2 \approx 2,2 \text{ Hz}$
- für $U_2 = 0,1 U_{ref}$ bzw.
 $U_2 = 0,9 U_{ref}$:
 $f_2 \approx 0,8 \text{ Hz}$
- für $U_2 = 0$ bzw. $U_2 = U_{ref}$:
 $f_2 = 0 \text{ Hz}$

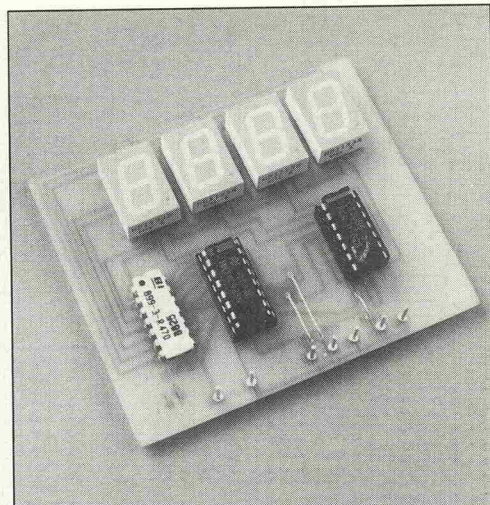
Stückliste

Widerstände (alle 1/4 W, 1%)
R1,2,12 siehe Text
R3...11,
13...16,
19,20 220k
R17 330k
R18 47k
R21...27 470R

Kondensatoren
C1,2 470n, RM 5
C3 10n, RM 5
C4 330n, RM 5

Halbleiter
IC1 LM 2931 A
IC2 LM 324
IC3 4040
IC4 74 C 925
IC5 CA 3086
T1,2 BC 547
D1...4 HD 1133 r

Sonstiges
S1 Taster 1 x Aus
(Öffner)
S2 Schalter 1 x Ein
2 IC-Sockel DIL 14
2 IC-Sockel DIL 16
1 Platine 63 mm x 72 mm
1 Platine 67 mm x 79 mm



Die Anzeige-Einheit kann auch als universeller Zählerbaustein verwendet werden.

erhält man durch Umstellen den Kalibrierfaktor E zu $E = U \times I \times t / N$

Beispiel: $U = 10 \text{ V}$, $I = 0,5 \text{ A}$, $t = 24 \text{ h}$, $N = 1036$. Wenn diese Werte in die obige Gleichung eingesetzt werden, ergibt sich für den Kalibrierfaktor E ein Wert von $0,1158 \text{ Wh}$.

Bei einer späteren Messung der von einem Generator gelieferten Energie wird die auf dem Display angezeigte Impulszahl N mit dem nunmehr bekannten Kalibrierfaktor E multipliziert, um die Energiemenge in Wh zu erhalten. Dividiert man diesen Wert durch die Meßzeit (in Stunden), erhält man die vom Generator aufgebrauchte mittlere Leistung in Watt.

Zum Schluß noch ein interessanter Anwendungstip für den Energiemesser: Wenn einer der beiden Eingänge — am besten der Stromeingang U_2 — an eine konstante, allerdings von Null abweichende Spannung gelegt wird, können mit dem verbleibenden Eingang die zeitlichen Mittelwerte beliebiger Spannungen gemessen werden, und zwar auf Tage, Wochen oder Monate hinaus. Mit einem geeigneten Temperatursensor kann man somit beispielsweise die mittlere Monatstemperatur erfassen. □

Die Frequenz am Eingang des Teilers wird beschrieben durch

$$f = d \cdot f_1 = \frac{R17 + R18}{R18}$$

$$\frac{U_2}{U_m} \cdot \frac{3}{4 \cdot R4 \cdot C3} \cdot \frac{U_1}{U_m} =$$

$$K_3 \cdot U_1 \cdot U_2 = E \cdot U_1 \cdot U_2$$

Wie leicht zu erkennen ist, wird die Meßfrequenz durch das Produkt der Eingangsspannungen U_1 und U_2 in Verbindung mit einer Konstanten, dem Kalibrierfaktor E , gebildet.

Zur Bestimmung des Kalibrierfaktors E legt man an den Ein-

gang U_1 des Energiemessers eine konstante und bekannte Spannung U ; am Eingang U_2 wird ein konstanter und bekannter Strom I eingespeist. Die Höhe der Spannung bzw. des Stroms sollte in etwa die gleiche Größenordnung aufweisen wie später beim praktischen Einsatz der Schaltung. Dann läßt man das Gerät einige Stunden oder Tage lang (Zeitdauer t) zählen.

Nach Ablauf der Meßzeit t wird der auf dem LED-Display angezeigte Wert N notiert. Aus der Gleichung $U \times I \times t = E \times N$

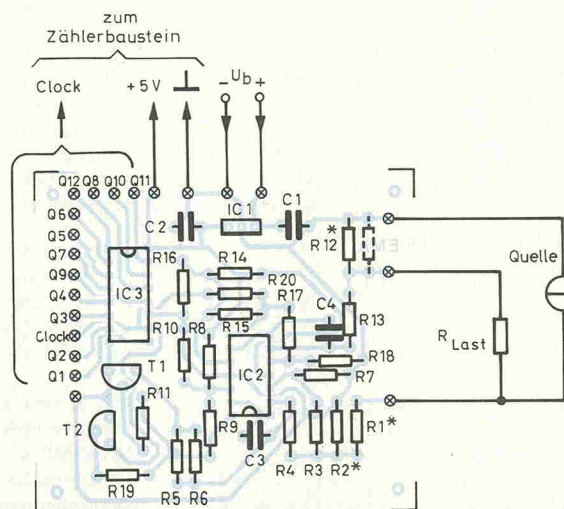


Bild 5. Die Werte der Widerstände R1, R2 und R12 hängen von den zu verarbeitenden Spannungen und Strömen ab.

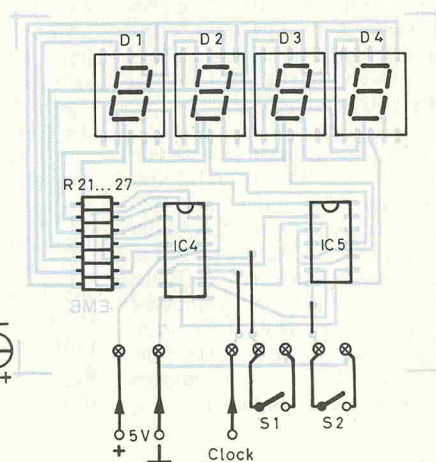


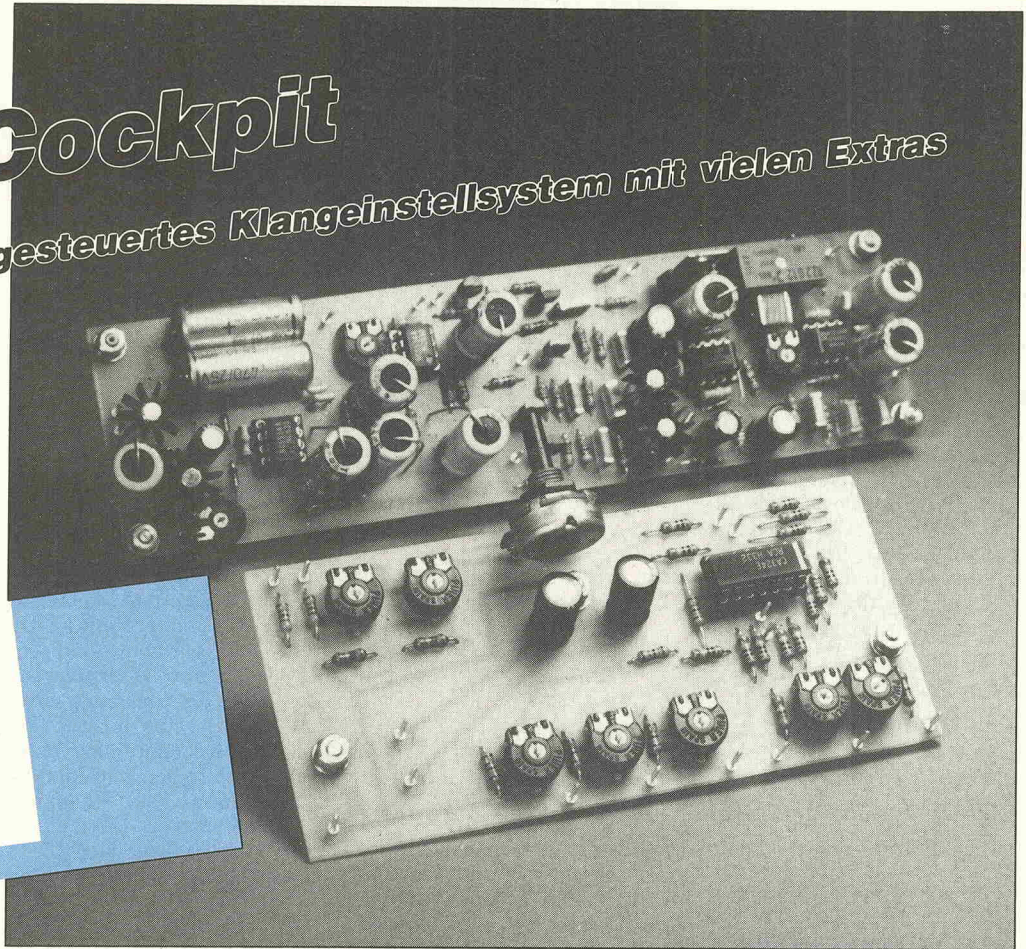
Bild 6. Mit dem Schalter S2 wird das Display ein- und ausgeschaltet. Durch Betätigen des Tasters S1 (Öffner!) wird der Zählerstand von IC4 auf Null zurückgesetzt.

Audio-Cockpit

Gleichspannungsgesteuertes Klangeinstellsystem mit vielen Extras

Ingolf John

Nach einer kurzen Pause — eine Virus-Invasion hatte das Cockpit-Personal zu einer Flugunterbrechung gezwungen — hier nun die dritte Folge dieser Projekt-Dokumentation mit der Stereo-Erweiterung. Der grau unterlegte Teil des Beitrags vermittelt weitere Gesichtspunkte des Schaltungsdesigns.



Die Stereo-Erweiterung umfaßt in der Hauptsache die Huckepack-Einheit „Cargo“, die schaltungstechnisch ein bekanntes Vorbild hat: den Nf-Teil der Haupteinheit „DeClarke“. Die Stereo-Gleichlaufseigenschaften erfordern einen Gleichmacher: die Hilfsschaltung E2.

Die Cargo-Schaltung wird von der Haupteinheit über E2 mit-gesteuert. Besonders am Beispiel der Cargo zeigt sich der Vorteil der absoluten Gleichspannungssteuerung. Keine Schalter, keine Nf-führenden Potis und kürzeste Nf-Leitungen: Das bedeutet beste Voraussetzungen für geringsten Fremdspannungsabstand.

Übersprechen, nein Danke! Das Problem des Übersprechens zwischen den Stereokanälen kann, trotz Steuerung zweier Kanäle mit nur einem „Mono“-Poti, getrost abgehakt werden. Es ist, kurz gesagt, nicht möglich, da die einzelnen Nf-Stellglieder ja, dank der Gleichspannungssteuerung, durch vollkommen separate J- und MOSFETs dargestellt sind.

Die Anpassungsplatine E2 besitzt zum Lautstärkeausgleich einen Balancesteller und, da die FETs Exemplarstreuungen unterliegen, auch einige Trimpotipotis zum Toleranzausgleich.

Da die Numerierung der Bauelemente von Cargo mit der des

Nf-Teils der Haupteinheit übereinstimmt, kann unter Berücksichtigung der in Folge 2 veröffentlichten Stückliste („Nf- und Klangeinstellstufen“ zuzüglich der dort im Steuerteil aufgeführten Bauelemente R26, D3 und Relais) gleich mit der Bestückung nach Bild 3 begonnen werden. Auch hier gilt: Vorsicht mit dem MOSFET. Der Abgleich wird nach der weiter unten folgenden Abgleichvorschrift für die Anpassungsplatine E2 vorgenommen.

Um den Gleichlauffehler der Stereokanäle unter 5% zu halten, muß die Anpassungsplatine E2 der Cargo vorgeschaltet werden. Naturgemäß besitzen

Feldeffekttransistoren Kennwerttoleranzen von 5%...15%. Diese Differenzen sind meistens etwas geringer, wenn FETs einer Serie zur Verfügung stehen. Die toleranzbedingten Abweichungen des Steuerverhaltens des zweiten (Cargo) und evtl. weiterer Kanäle lassen sich durch die E2-Anpassungsmaßnahmen auf unkritische Restfehler verringern; und zwar so weit, daß die FET-Toleranzen auf Werte unter 5%, teilweise, bei gutem Abgleich, auch unter 1% reduziert erscheinen.

Das Kernstück der Anpassungsschaltung Bild 4 besteht aus 2-fach verstärkenden, nicht

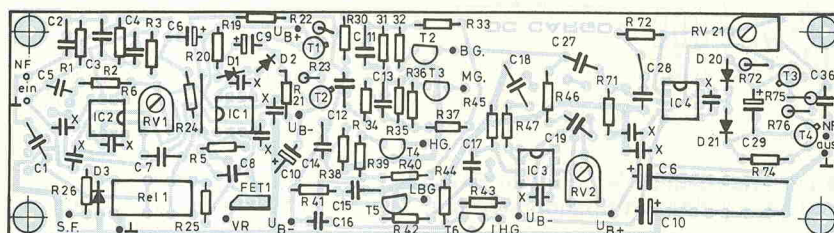


Bild 3. Der zweite Kanal der Stereoaufnahme. Der Bestückungsplan der Platine „Cargo“ zeigt Kondensatoren, die einheitlich die Bezeichnung „X“ tragen. Diese sind nicht (!) zu bestücken, da sie bei den hier verwendeten IC-Typen nicht erforderlich sind. Die beiden Punkte U_B miteinander verbinden, ebenso die beiden Punkte U_B..

Konzept und Funktion

Das Steuerkonzept der Lautstärke- und Klangeinstellung (2)

Die Loudness-Schaltung ist dem passiven Klangstellnetzwerk zugeordnet. Baß- und Hochton-Zweig sind schaltungstechnisch identisch mit der Baß- und Hochtonregelung im Klangregelzweig, und brauchen deshalb nicht weiter erläutert zu werden; lediglich bei den frequenzbeeinflussenden Bauelementen gibt es Unterschiede.

Der Baß- und Höhenhebungspegel werden von der Lautstärkesteuerung beeinflusst, beide sind über einen weiten Bereich mit den Trimpotentiometern RV3 und RV4 voreinstellbar, wobei Bild D eine typische Einstellung zeigt.

Auch hier wird die Nf mit den Widerständen R42, R43 auf einen gemeinsamen Punkt, den nichtinvertierenden Eingang von IC3 gemischt. Der Verstärkungsfaktor, und somit die Baß- und Höhenhebung, ist in einem Bereich von 24 dB variierbar. Das gemischte und verstärkte Signal wird auch hier über den Widerstand R46 dem gemeinsamen Mischpunkt (an C27) der Klangregelstufe zugeführt.

Der symmetrische Impedanzwandler am Nf-Ausgang der Hauptschaltung des Systems ist fast identisch mit der Eingangs- (Filtertreiber-) Stufe. Allerdings wurde hier das Trimpotentiometer RV21 im Gegenkopplungs-zweig vorgesehen, mit dem der Verstärkungsfaktor und somit der Ausgangsspannungshub in einem Bereich von etwa 27 dB verändert werden kann; die maximal einstellbare Ausgangsspannung beträgt (effektiv) ca. 6 V. Der Ausgangswiderstand der Schaltung ist mit ca. 40 Ω recht niedrig.

In den nachfolgenden Abschnitten geht es nun um die Erzeugung der passenden Steuerspannungen für die FETs.

Im 3-fach-Klangstellnetzwerk werden, wie schon erwähnt, JFETs mit negativ gesteuertem Gate vom Typ BF 245 B/C eingesetzt. Die negative Steuerspannung liefert ein OpAmp (jeweils 1/4 LM 324), der als invertierender Gleichspannungsverstärker geschaltet ist.

An dieser Stelle kann die Frage auftreten: Warum nicht direkt, ohne Umleitung über den OpAmp, mit negativen Spannungen von den Klang- und Lautstärkestellern kommend, steuern? So einfach stellt sich die schaltungstechnische Aufgabe leider nicht dar. Ein Blick

auf die Kennlinie des BF 245 in Bild E gibt eine erste Erklärung. In einem U_{GS} -Bereich bis ca. 1,5 V tut sich beim Anlegen der negativen Steuerspannung zunächst nichts. Um den vollen Drehwinkel der Klangsteller zu nutzen und eine richtige Positionierung der Skalenteilung zu erreichen, mußten zwei Maßnahmen erfolgen:

1. Eine Gate-Vorspannungseinstellung mit den Trimpotentiometern RV8, 9 und 10 eliminiert den „toten“ Kennlinienbereich, der „Einstellwirkungsbereich“-Anfangswert wird auf die Null-Grad-Position des Klangstellers gesetzt, und...
2. der Einstellwirkungsbereich-Endwert wird auf den Endanschlag des Klangstellers (270 Grad) voreingestellt

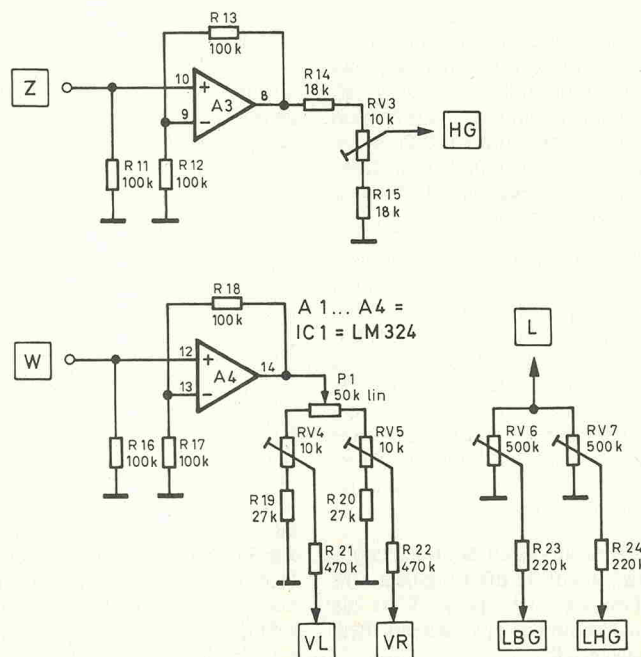
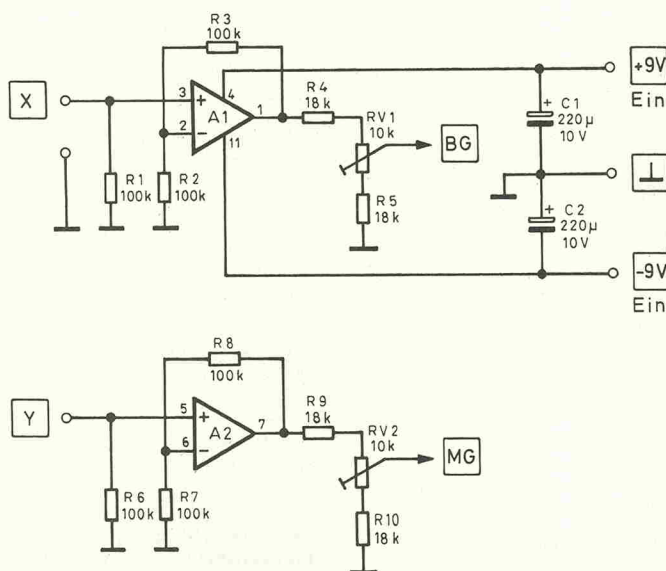
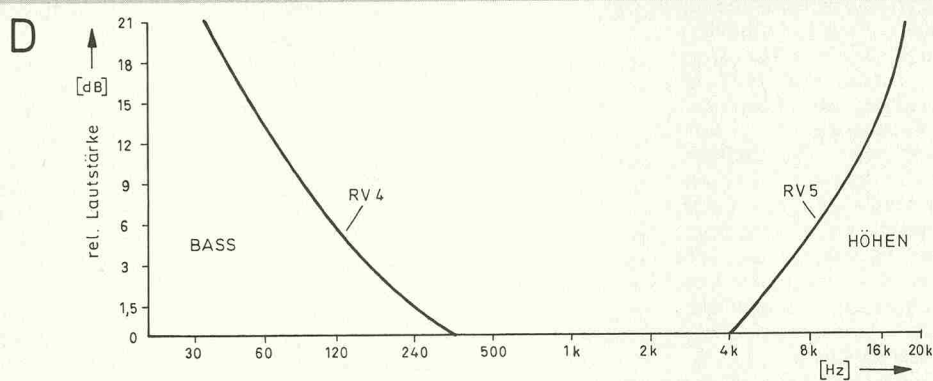
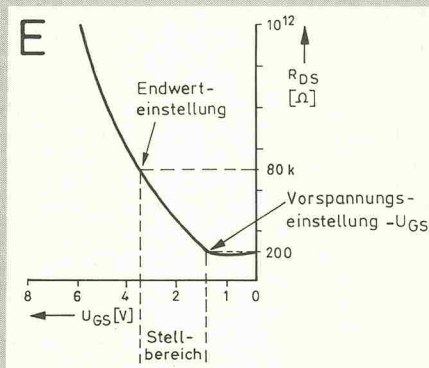


Bild 4. Anpassungsmaßnahme. Die Schaltung „E2“ korrigiert FET-Toleranzen der beiden Stereokanäle.



(Trimpotis RV11, RV12 und RV13).

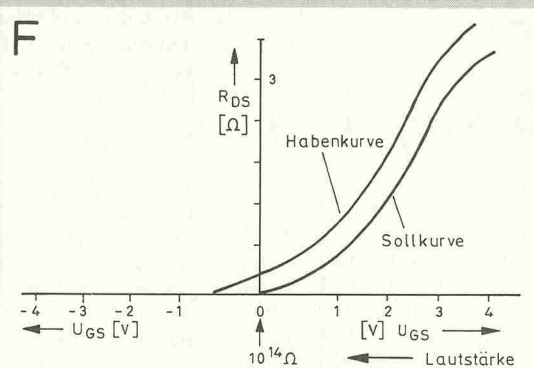
Die mit diesen Voreinstellern gewonnenen ($3\times$) zwei Spannungen werden getrennt auf den invertierenden Eingang des jeweiligen OpAmps geführt und dort additiv gemischt.

Rechnerisch läßt sich zeigen, daß sich (Beispiel: Baßsteller) mit den für R60 und R62 eingesetzten Werten und RV8 in Mittelstellung ein Gatespannungs-Anfangswert von ca. 1,4 V ergibt. Der Endwert liegt bei 3,8 V, wenn RV11 auf 200 kΩ eingestellt ist. Beide Spannungen gelten allerdings für eine Speisespannung von 8 V (statt 9 V, wie in der hier veröffentlichten Schaltung); die Grafik Bild E verdeutlicht diese Überlegungen.

Eine Sichtbarmachung des Klangstellvorganges, unter an-

derem auch zur Hilfe während der Einstellarbeiten, wird mit den im Ausgang der OpAmps angeordneten LEDs erreicht. R65, R70 und R84 reduzieren den maximalen LED-Strom auf 1,5 mA, ein noch ausreichender Wert für moderne LEDs. Der Strom wurde so niedrig gewählt, um die OpAmp-Ausgänge nur gering zu belasten, damit keine Rückwirkung auf die Steuerspannung auftritt.

Das Lautstärkestellglied wird durch einen MOSFET BD 522 dargestellt. Er ist ein N-Kanal-Anreicherungstyp mit der in Bild F angegebenen Kennlinie („Habenkurve“). Um eine Steuerspannung zu erzielen, die dem Kennlinienverlauf angemessen ist, wird ein OpAmp verwendet, auf den außer der eigentlichen Steuerspannung vom Stellglied noch eine ein-



stellbare Vorspannung gelangt, und zwar über R54 und Trimpoti RV7.

Bei auf Null eingestellter Lautstärke erreicht der FET seinen minimalen Drain/Source-Widerstand $R_{DS(on)}$ von knapp 3 Ω. Bei voll aufgedrehtem Lautstärkepoti soll der BD 522 den maximalen $R_{DS(on)}$ von 10^{14} Ω haben; mit einer über RV6 entsprechend eingestellten Verstärkung liefert der OpAmp die in dieser Situation benötigten -0,6 V. Um einen großen Einstellbereich des Endwertes zu bekommen, wurde R53 auf 82 kΩ, das Endwert-Trimpoti auf 1 MΩ festgelegt.

Zwei antiparallel geschaltete Leuchtdioden zeigen auch hier die Arbeit der MOSFET-Lautstärkesteuerung an. R4 dient als Gate-Schutzwiderstand.

Der Lautstärkeeinstellung zugeordnet ist die Loudness-Steuerung. Eine im Hinblick auf die Lautstärkeeinstellung umgekehrte Steuereckennlinie brauchen die „Loudness-FETs“ 5 und 6. Dazu sind zwei, jeweils invertierend geschaltete OpAmps notwendig.

Der invertierende Eingang von IC6, A2 erhält über R51 eine positive Spannung von +9 V, die, 1-fach verstärkt, am Ausgang invertiert erscheint (-8 V). Diese Spannung steuert die FETs, so daß deren R_{DS} den maximalen Wert von ca. 10^{12} Ω erreicht. Damit ist die erste Forderung, nämlich bei minimal aufgedrehtem Lautstärkepoti den größten Anhebungspegel zu erhalten, erfüllt. Um einen getrennten Baß- und Höhenhebungs-Regelbereich zu bekommen, wurde die Regelspannung auf zwei Trimpotis RV3 und RV4 gelegt.

Die Aufgabe des vorderen OpAmps IC6, A1 für die Loudness-Schaltung lautet: Bei Erhöhung der Lautstärke soll der Baß- und Höhenhebungsfaktor zurückgeregelt werden. Dazu muß der Verstärkungsfaktor des OpAmps A2 auf Null gebracht werden. A1 erhält also folgende Funktion: Bei steigen der positiver Eingangsspannung steigt, da invertiert ge-

invertierenden Verstärkerstufen, in deren Ausgang ein Spannungsteiler geschaltet ist. Dieser erlaubt per Trimpoti einen Toleranzausgleich in einem Bereich von bis zu 20%, um sicher gegen jede Eventualität gerüstet zu sein.

Im Ausgang des Lautstärkezweigs, bestehend aus dem OpAmp A4 und dessen Beschaltung, liegt der Balancesteller. Wie gerade hier schon sichtbar, „verteilt“ der Abgriff des Balancestellers die Ausgangsspannung des OpAmps auf zwei Spannungsteilerzweige, einen für DeClarke und einen für Cargo.

Der Stellbereich des Balancepotis ist auf 12 dB festgelegt. Im Test hat sich dieser Wert als vollkommen ausreichend herausgestellt.

Für den Toleranzausgleich der Loudness-FETs sind die beiden Trimpotis RV6 und RV7 vorgesehen. Die Trimmer besitzen die gleiche Funktion wie schon im Abschnitt über die Einstellung der Loudness-Schaltung beschrieben; sie bestimmen also den Baß- und Höhenbeimischungspegel: RV6 ist für den Baßbereich zuständig, RV7 für den Hochtonbereich.

Die Platine E2 kann nach erfolgter Bestückung (Bild 5) und Abgleich der Schaltung mit Hilfe der Achsverschraubung des Balancestellers direkt hinter die Frontplatte montiert werden. Auch hier ist nur mehradrige, ungeschirmte Litze zur Verdrahtung erforderlich. Bild 6 zeigt die Verdrahtung der drei Platinen. Die Anschlußpunkte der Haupteinheit sind in deren Bestückungsplan

eingezeichnet. Ausnahme: der Punkt VL; er liegt am Gate von FET1 (Haupteinheit) und ist als Punkt 4 bezeichnet, wobei dieser Punkt mit dem Punkt 4/W, ebenfalls auf der Hauptplatine, verdrahtet ist: Es handelt sich hierbei um eine der 17 erforderlichen ungeschirmten Litzenverbindungen. In der Stereoausführung entfallen (dauerhaft, also nicht nur zwecks Abgleich) sowohl der Widerstand R4 als auch die genannte Verbindung zwischen den Punkten 4-4/W auf der Hauptplatine.

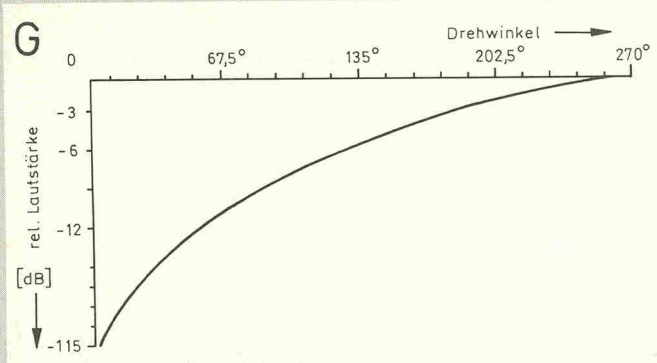
Nach dem Verschalten der E2 mit der Cargo und der Hauptplatine DeClarke kann der Abgleich erfolgen.

Auch hier ist wieder zu beachten, daß der im folgenden beschriebene Abgleich für den Klangregelbereich dreimal

durchzuführen ist (Bässe, Mitten und Höhen, bitte Klammern beachten).

1. Hauptplatine mit Spannung versorgen.
2. Kein Signal einspeisen.
3. Ohmmeter — auf der Cargo — über R31 (R35 für den Mitten- und R38 für den Hochtonbereich) anschließen. Polarität beachten, Meßbereich 100 kΩ (falls nicht vorhanden: 1 MΩ).
4. Baß- (Mitten-, Höhen-) Steller voll aufdrehen.
5. Mit Trimpoti RV1 (RV2, RV3), alle auf E2, eine Widerstandsanzeige von angenähert 47 kΩ einstellen.

Der Lautstärkeabgleich erfolgt nach folgendem Schema:



schaltet, auch seine Ausgangsspannung, nur eben in negativer Richtung. Über R50 wird diese negative Spannung dem Eingang von A2 zugeführt. Die von R51 zunächst bereitgestellte positive Spannung nimmt dabei ab. Voraussetzung für die Funktion dieser Mimik sind die völlige Gleichheit der in der Gegenkopplung des OpAmps wirksam werdenden Widerstände R50 und R51.

Eine Veränderung der Regelkurven kann durch Änderung des Verstärkungsfaktors von A1 erreicht werden. Ist früheres Absenken des Loudness-Pegels erwünscht, so ist der Widerstandswert von R49 zu erhöhen — und umgekehrt.

Die LED im Ausgang des OpAmps IC6, A2 hat wieder die übliche Funktion in Bezug

auf das Steuerteil; sie soll eine kleine optische Einstellhilfe sein.

Zu den hilfreichen Features im Audio-Cockpit zählen u.a. die Schaltungsteile Remote, Defeat und „Norm“. Sie mußten, da untereinander eingreifend, logisch verknüpft werden. Der Fernbedienungs-(Ein-) Schalter „Remote“ erhält dabei den Vorrang gegenüber den beiden Funktionen Defeat und Norm. Bei Betätigung des Remote-Schalters (S6) unterbricht dessen Umschaltkontakt, hier der Öffner, die Regelspannung zu den (Haupt-) Klangregel- und Lautstärkepotis sowie zur Defeat- und Norm-Einstellung. Dadurch werden automatisch die R_{DS} -Strecken der J- und MOSFETs auf den kleinsten erreichbaren Wert heruntergefahren, da jetzt von der Fern-

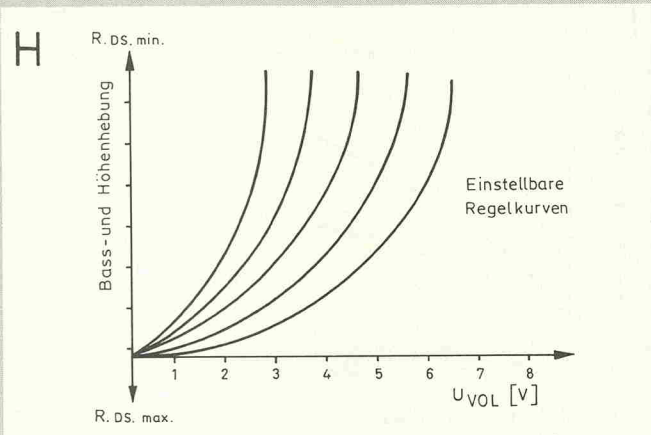
bedienung die Steuerspannungen kommen.

Der „Defeat“-Schalter überbrückt die Klangregelung und hat in der Vorrangfolge eine höhere Wertigkeit als der Norm- (Normaleinstellungs-) Schalter. Betätigt man diesen Schalter, so wird der Hauptklangregelung die Steuerspannung entzogen, statt dessen werden drei Trimpotis RV14, RV15 und RV16 gespeist. Sie sind so justiert, daß die Klangregelung einen linearen Überalles-Frequenzgang annimmt. Die Defeat-Schaltung kann aber auch für eine Klangfesteinstellung „mißbraucht“ werden.

Der „Norm“-Schalter trennt die Hauptklang- und Lautstär-

keregelung von den Stellgliedern. Jetzt kommen die Steuerspannungen von vier Trimpotis RV17...RV20. Eine Klang- und Lautstärkevoreinstellung kann mit diesen vier Trimmern „gespeichert“ und mit dem Norm-Schalter (S5) abgerufen werden. Die Dioden D5...D19 verhindern Wechselwirkungen.

Der Loudness-Schalter S2 führt im eingeschalteten Zustand die Steuerspannung, die vom Lautstärkesteller kommt, auf den Eingang des IC6, Verstärker A1 und ermöglicht eine im Hinblick auf die Lautstärkeeinstellung gehörmäßig richtige Baß- und Höhenhebung. Bei Ausschaltung der Loudness-Funktion werden +8 V fest an den Eingang von A1 gelegt. Diese



Stückliste

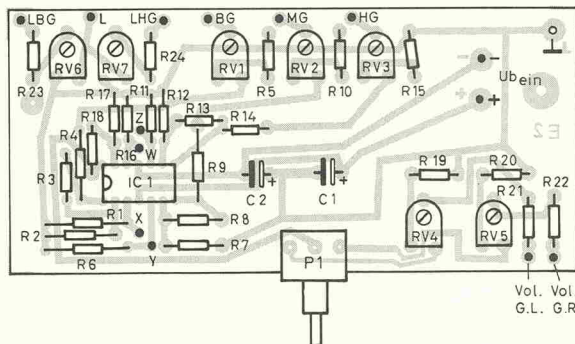
Anpassungsplatine E2

Widerstände (Metallfilm 0,4 W)

R1,2,3,6,
7,8,11,12,
13,16,17,18 100k
R4,5,9,10,
14,15 18k
R19,20 27k
R21,22 470k
R23,24 220k

Trimpotis (gepalselt,
RM 5x10 mm, liegend
RV1,2,3,4,5 10k
6,7 500k

Potentiometer
Printausführung RM 5/10,
Achs-Ø 4 mm
P1 50k lin.



Kondensatoren
C1,2 220µ/25V Elko

Halbleiter
IC1 LM 324

Verschiedenes
IC-Fassung, 14-pol. DIL
15 Lötstifte 1 mm

Bild 5. Bestückung E2. Da hier der Balancesteller enthalten ist, kann der Stereozusatz abgesetzt eingebaut werden.

1. Widerstand R4 und die Drahtverbindung Punkte 4-4/W auf der Hauptplatine entfernen (wie schon erwähnt).

2. Punkt VL (4) auf der Hauptplatine mit Punkt VL der E2 verbinden.

3. Hauptplatine mit Spannung versorgen.

4. Signal 1 kHz und $U_{eff} = 1$ V auf der Hauptplatine einspeisen.

5. Lautstärkesteller „zu“-drehen.

6. Balancesteller genau auf Mitte justieren.

7. Signalverfolger oder Verstärker an Punkt „Tape Out“ der Hauptplatine anschließen.

8. Mit Trimpoti RV4 (auf E2) Signal auf Null einstellen.

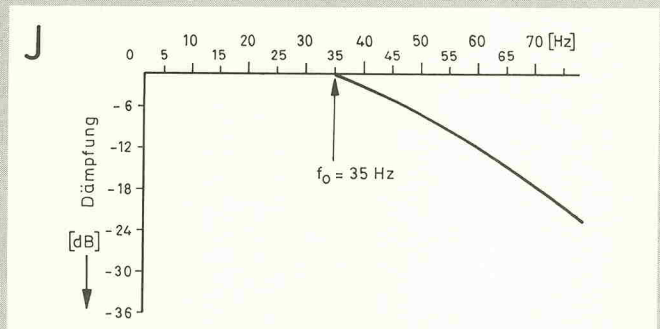
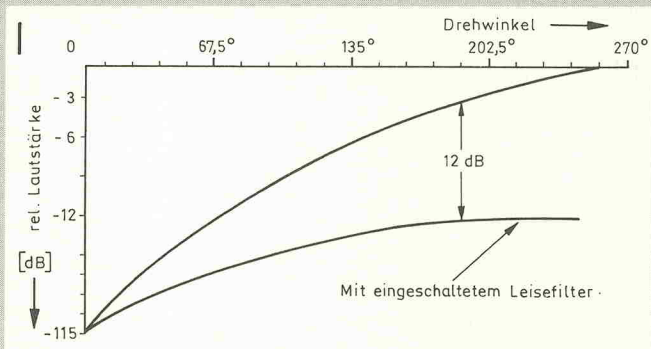
Funktion wurde bereits anläßlich der Loudness-Steuerung erklärt.

„Leisefilter“: Es ermöglicht eine Lautstärkeabsenkung um 12 dB. Die Widerstände R57 und R58 bilden, dem Lautstärkesteller nachgeschaltet, einen im Verhältnis 1:4 wirksamen Spannungsteiler. In eben diesem Verhältnis wird die Lautstärke-Steuerspannung reduziert und verringert proportional dazu die Lautstärke.

Die Meldeschaltungen Subsonic und FET-Overload: J- und MOSFETs sind nicht unbegrenzt aussteuerbar. Aus diesem Grunde, um also Übersteuerungen und damit Verzerrungen zu vermeiden, wurde der Eingang des Gerätes mit dem

FET-Overload-Indikator ausgerüstet. Bei dem als Schmitt-Trigger geschalteten OpAmp IC5, A1 bestimmt sich die Schaltschwelle aus einem, dem invertierenden Eingang vorge-schalteten Spannungsteiler, bestehend aus R12 und R13. Die Schaltschwelle wurde auf ca. 2,5 V festgelegt.

Im nichtübersteuerten Zustand des Triggers führt der Ausgang eine negative Spannung, die mit der LED 4 angezeigt wird. Signalisiert wird somit der Zustand „noch gut“ des Eingangsspannungspegels. Die Eingangsspannung gelangt über den Einweggleichrichter D4 auf einen Spitzenwertspeicher kurzer Zeitkonstante, bestehend aus R8 und C20.



Der Subsonic-Indikator arbeitet „Hand in Hand“ mit dem Subsonic-Filter. Soll heißen:

1. Der Subsonic-Indikator besitzt die gleiche Flankensteilheit (18 dB/Okt.) und...
2. die gleiche f_0 von 35 Hz (siehe Bild J).

Der OpAmp IC5, A2 ist als einstellbarer, nichtinvertierender Verstärker eingesetzt. Ihm ist ein passiver Tiefpaß mit den Komponenten R9...R11 und C21...C23 vorgeschaltet. Als Verstärkungsstellglied ist das Trimpoti RV5 vorgesehen, mit dem die Eingangsempfindlichkeit im Bereich von 15 mV...400 mV (Effektivwerte) variiert werden kann. Somit reicht die Ansprechschwelle des Subsonic-Indika-

tors bis herunter auf einen Pegel von +34 dB, was mit ziemlicher Sicherheit den meisten Ansprüchen genügt.

Dem Ausgang des ersten OpAmps A2 sind der Kondensator C25 und der Widerstand R16 parallelgeschaltet. Diese Kombination bewirkt eine gewisse Trägheit der Anzeige-Leuchtdiode, so daß auch kurze Subsonic-Impulse wahrgenommen werden können. Die (verstärkte) Ausgangsspannung von A2 gelangt auf den nichtinvertierenden Eingang des als Schmitt-Trigger geschalteten OpAmps A3. Wird die Schwellenspannung, eingestellt mit den Widerständen R17 und R18, überschritten, kippt die Ausgangsspannung und LED5 leuchtet.

9. Signal 1 kHz (wie oben) in Cargo einspeisen.

10. Signalverfolger (oder Verstärker) an Punkt „Tape Out“ auf der Cargo anschließen.

11. mit Trimpoti RV5 (auf E2) Signal auf Null einstellen.

Mit den Trimpotis RV6 (Loudness-Baß) und RV7 (Höhen) auf der E2 wird ebenso verfahren, wie es schon vorher beschrieben wurde. Es handelt sich also wiederum um eine rein subjektive Einstellung, in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad der Boxen und dem eigenen Klangempfinden.

In der nächsten Ausgabe werden weitere Extras beschrieben: die Anzeige-Einheit mit 5×12 LEDs als Einblendgrad-Kontrolle für Lautstärke, Baß, Mit-ten, Höhen und Loudness sowie der Noise-Gate-Zusatz für musikelektronische Anwendungen des Cockpits.

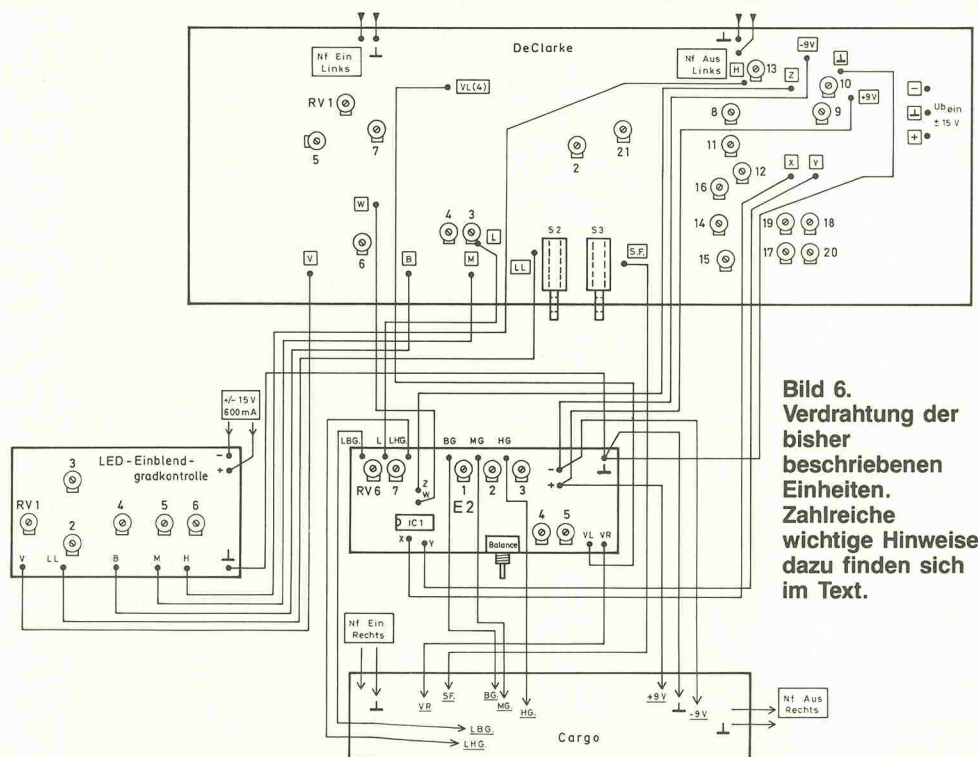


Bild 6.
Verdrahtung der
bisher
beschriebenen
Einheiten.
Zahlreiche
wichtige Hinweise
dazu finden sich
im Text.

Hinweis: Fortsetzung aus Heft 5/89

Wahlweise kann die Ansteuerung aber auch mit Netzfrequenz (50 Hz) erfolgen. Der Baustein U 2400 B arbeitet mit einer Versorgungsspannung im Bereich zwischen 5 V und 25 V und nimmt dabei einen Ruhestrom von 5 mA auf.

Micropower-Referenzspannungsquellen

Bausteine der LM x85-Referenz-Reihe werden von verschiedenen Herstellern angeboten, wobei allerdings zu beachten ist, daß diese untereinander nicht völlig identisch sind. In jedem Fall gilt jedoch, daß diese ICs nach dem Bandgap-Prinzip arbeiten und mit einer sehr niedrigen Versorgungsspannung und mit einem sehr geringen Strom auskommen. Die Reihe besteht aus den drei Typen LM 185, LM 285 und LM 385, die sich lediglich im Temperaturbereich unterscheiden.

LM x85

Der erste Unterschied zwischen den ICs verschiedener Hersteller be-

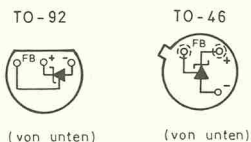


Bild 35. Pinbelegung der Bausteine aus der LM x85-Familie.

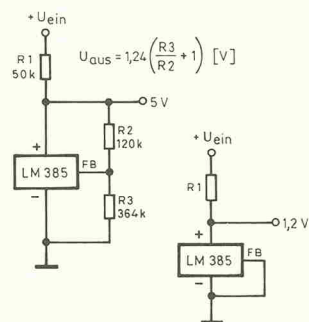


Bild 36. Beispielschaltungen mit dem LM 385.

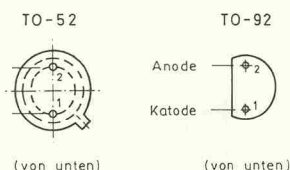


Bild 37. Pinbelegung des MP 5010. elrad 1989, Heft 6

steht darin, daß einige Anbieter nur eine 1,2-V-Version auf den Markt bringen, während andere Hersteller neben der 1,2-V-Ausführung auch einen 2,5-V-Typ in ihr Programm aufgenommen haben. Die Versionen sind anhand der Typenbezeichnungen-Zusätze '-1.2' oder '-2.5' zu unterscheiden.

Der zweite, viel wichtigere Unterschied ist, daß einige Hersteller ihren Baustein mit einem zusätzlichen, mit 'FB' bezeichneten Anschluß versehen haben, über den die Ausgangsspannung auf einen höheren Wert eingestellt werden kann.

Die Pinbelegung für beide lieferbaren Gehäuseformen ist in Bild 35 wiedergegeben. In Bild 36 sind die Grundsaltungen dieser Referenzspannungs-ICs zu sehen, wobei die links wiedergegebene Schaltung nur für ICs mit dem erwähnten FB-Eingang anwendbar ist.

Im folgenden eine kurze Übersicht der LM x85-Daten:

- Ausgangsspannung: 1,220...1,245 V bzw. 2,46...2,53 V
- Strom: 13 µA...10 mA
- Temperaturkoeffizient: 30 ppm/K
- Dynamische Impedanz: 1 Ω

MP 5010

Die Bandgap-Referenz MP 5010 von Micro Power Systems liefert eine Ausgangsspannung von 1,2 V bei einem minimalen Strom von 50 µA. Als wichtigstes Merkmal weist diese Referenzspannungsquelle einen sehr geringen Temperaturkoeffizienten auf. Der Schaltkreis wird in zwei verschiedenen Gehäusen angeboten. Bild 37 zeigt die Pinbelegung für beide Gehäuseformen.

Hier eine Übersicht über die wichtigsten Kennwerte des Bausteins MP 5010:

- Ausgangsspannung: 1,20...1,25 V
- Strom: 50 µA...5 mA
- Temperaturkoeffizient: 3(Typ N)...30(Typ G) ppm/K
- Dynamische Impedanz: 0,6 Ω

Low-Power-Timer

Der universell einsetzbare Timerbaustein 555 und seine zweifache Ausführung 556 haben für die Anwendung in batteriegespeisten Geräten einen großen Nachteil. Beim Triggern des Timers nimmt das IC kurzzeitig einen relativ großen Strom auf. Diese Stromspitze hat

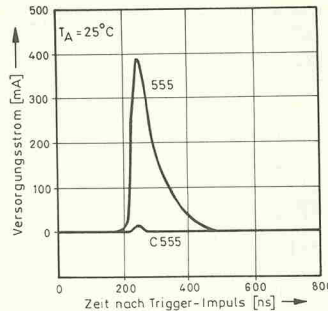


Bild 38. Vergleich des Spitzenstroms eines gewöhnlichen 555-Timers mit dem der CMOS-Version.

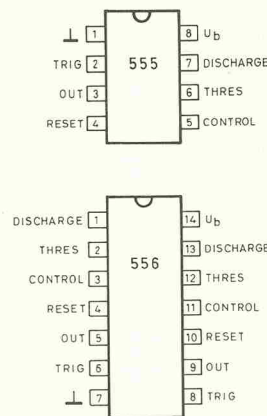


Bild 39. Pinbelegung der Timer-Bausteine 555 und 556.

eine Amplitude von etwa 400 mA, ihre Dauer beträgt ca. 200 ns. Die meisten Low-Drop-Spannungsregler verfügen nicht über ausreichende Reserven, um diesen Peak zu liefern. Man muß daher Entkopplungskondensatoren vorsehen, die den kurzzeitigen Energieimpuls liefern.

C 555/C 556

Beide Timer-ICs sind auch als CMOS-Version erhältlich, und

zwar unter der Bezeichnung (TLC) 555 und (TLC) 566 sowie ICM 7555 und ICM 556 (Intersil). Alle Ausführungen sind untereinander pin- und funktionskompatibel, weisen aber wegen der unterschiedlichen Herstellungsprozesse abweichende Kennwerte auf. Der Hauptvorteil der CMOS-Typen besteht darin, daß die Amplitude der Trigger-Stromspitze sehr viel kleiner ausfällt als bei den herkömmlichen, bipolaren Ausführungen (Bild 38).

Als zweiter Vorteil ist anzusehen, daß die Impedanz aller Baustein-Eingänge einen sehr hohen Wert aufweist. Da die Eingangsströme größenordnungsmäßig im pA-Bereich liegen, können die externen, zeitbestimmenden Widerstände ebenfalls sehr hoch ohmig dimensioniert werden. Somit lassen sich mit einfachen Mitteln auch relativ lange Timer-Zeiten realisieren.

Die Kurzdaten der CMOS-Timerbausteine lauten:

- Versorgungsspannung: 2...18 V
- Eigenstromaufnahme: 60 µA (555), 120 µA (556)
- Trigger-, Reset- und Threshold-Ströme: 20 pA
- Ausgangsstrom: 100 mA (Senke), 10 mA (Quelle)
- Frequenzbereich: 500 kHz

Für die TLC-Ausführungen von Texas Instruments gelten folgende, von der obigen Aufstellung abweichende Daten: Die minimale Versorgungsspannung beträgt 1 V, der Frequenzbereich reicht bis 2,1 MHz.

In Bild 39 sind die Pinbelegungen der beiden Timer-Bausteine wiedergegeben.

Single-Supply-OpAmps

Herkömmliche Operationsverstärker wie beispielsweise die Typen 741 oder 3140 werden zumeist an einer symmetrischen Spannung in Höhe von ±12 V oder ±15 V betrieben. Da für die seinerzeit vorgesehenen Anwendungsfälle die

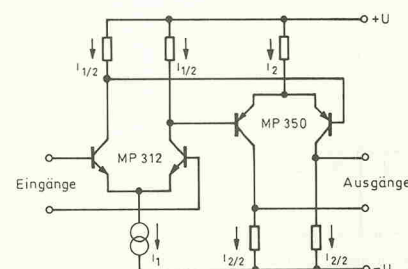
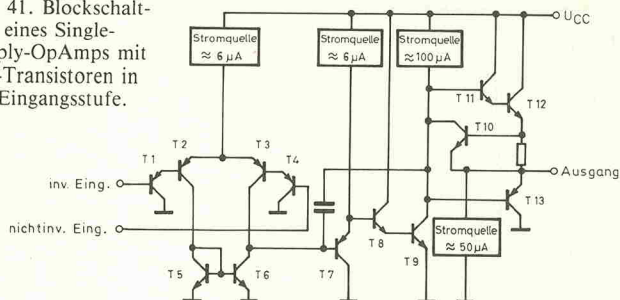


Bild 40. Grundsaltung eines herkömmlichen, bipolar aufgebauten OpAmps.

Bild 41. Blockschaltbild eines Single-Supply-OpAmps mit pnp-Transistoren in der Eingangsstufe.



Spannungsreserve zwischen Signal- und Betriebsspannung groß genug war, haben die Konstrukteure der maximalen Aussteuerbarkeit nicht übermäßig viel Aufmerksamkeit gewidmet. Für Schaltungen, die mit einer niedrigen Batteriespannung betrieben werden, ist diese Kenngröße jedoch sehr wichtig.

Das größte Problem bildet dabei die Standard-Anordnung der Tran-

sistoren in der differentiellen Eingangsstufe, die in Bild 40 gezeigt wird. Zwei npn-Transistoren sind als Differenzverstärker mit individuellen Kollektorwiderständen und gemeinsamer Stromquelle I_1 angeordnet. Über der Stromquelle fällt eine bestimmte Spannung U_{sink} ab, und zusätzlich benötigt die Basis-Emitter-Strecke der Eingangstransistoren eine Spannung von mindestens 0,65 V. Eingangsspannungen

Typenbezeichnung	Hersteller	Anzahl der OpAmps pro Chip	Betriebsspannung (V)	Gesamt-Ruhestromaufnahme (mA)	Eingangsspannung (V)	Offsetspannung (mV)	Offsetstrom (nA)	Bias-Strom (nA)	Spannungsverstärkung	Ausgangsspannung (V)	Ausgangsstrom (mA)	Anstiegszeit (V/μs)	Bandbreite (MHz)	Gehäuse
TAE 1453	Siemens	1	2...36	0,25	-0,3... + $U_b - 0,3$	5,5	100	200	18000	0,3... + $U_b - 0,3$	70	20	—	A/B
TAE 2453	Siemens	2	2...36	0,8	-0,3... + $U_b - 0,3$	5,5	100	200	10 000	0,5... + $U_b - 0,5$	70	1	—	C
TAE 4453	Siemens	4	2...36	3,0	-0,3... + $U_b - 0,3$	5,5	100	200	10 000	—	70	1	—	D
LM 124	Diverse	4	3...30	3,0	0... + $U_b - 1,5$	2	10	50	100 000	0... + $U_b - 1,5$	+40 -20	—	1	D
LM 224	Diverse	4	3...30	3,0	0... + $U_b - 1,5$	3	15	80	100 000	0... + $U_b - 1,5$	+40 -20	—	1	D
LM 324	Diverse	4	3...30	3,0	0... + $U_b - 1,5$	7	50	250	100 000	0... + $U_b - 1,5$	+40 -20	—	1	D
LM 158	Texas National	2	3...32	1,0	0... + $U_b - 1,5$	2	10	50	100 000	0... + $U_b - 1,5$	+40 -20	—	1	C/E
LM 258	Texas National	2	3...32	1,0	0... + $U_b - 1,5$	3	15	80	100 000	0... + $U_b - 1,5$	+40 -20	—	1	C/E
LM 358	Texas National	2	3...32	1,0	0... + $U_b - 1,5$	3	30	100	100 000	0... + $U_b - 1,5$	+40 -20	—	1	C/E
MC3303	Motorola Texas Fairchild	4	5...36	2,8	0... + $U_b - 2,5$	8	30	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	30	0,6	1	D
MC3403	Motorola Texas Fairchild	4	5...36	2,8	0... + $U_b - 2,5$	10	50	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	30	0,6	1	D
MC3503	Motorola Texas Fairchild	4	5...36	2,8	0... + $U_b - 2,5$	5	50	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	30	0,6	1	D
MC3405	Motorola	4	5...36	2,5	0... + U_b	10	50	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	—	0,6	1	F
MC3505	Motorola	4	5...36	2,5	0... + U_b	5	50	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	—	0,6	1	F
MC3358	Motorola	2	5...36	2,5	0... + U_b	10	75	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	30	0,6	1	C/E
MC3458	Motorola	2	5...36	2,5	0... + U_b	10	50	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	30	0,6	1	C/E
MC3558	Motorola	2	5...36	2,5	0... + U_b	5	50	500	200 000	3,5... + $U_b - 1,7$	30	0,6	1	C/E
TL321	Texas	1	3...30	0,8	0... + $U_b - 1,5$	7	50	250	100 000	0... + $U_b - 2$	+20 -40	—	—	G
MC33074 MC34074 MC35076	Motorola	4	3...44	6,5	0... + $U_b - 1,8$	4,5	75	500	100 000	0... + $U_b - 1$	30	13	4,5	D

Bild 42. Übersicht über die wichtigsten technischen Daten von 21 Single-Supply-OpAmps.

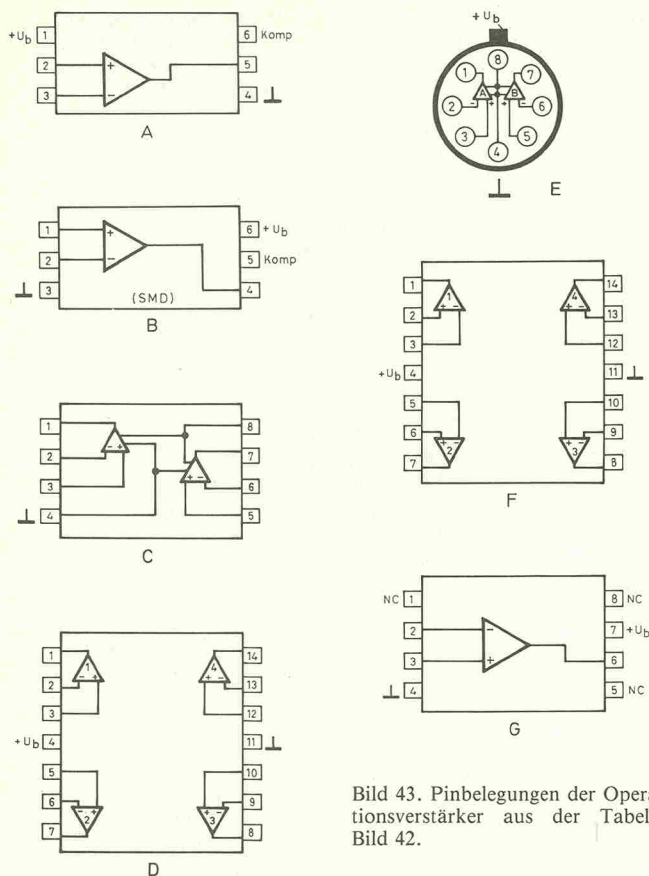


Bild 43. Pinbelegungen der Operationsverstärker aus der Tabelle Bild 42.

kleiner als $0,65 \text{ V} + U_{\text{sink}}$ können vom Operationsverstärker also nicht verarbeitet werden. Für Anwendungsfälle, bei denen der OpAmp aus einer Batterie mit einer relativ kleinen Spannung mit Betriebsstrom versorgt wird, bedeutet dies, daß der verarbeitbare Eingangsspannungsbereich sehr klein wird.

Aus diesem Grund haben fast alle Hersteller eine Reihe sogenannter 'Single-Supply'- oder 'PNP-Input-Stage'-Operationsverstärker entwickelt, die für den Einsatz bei relativ kleinen Einzel-Betriebsspannungen prädestiniert sind. Bild 41 zeigt das typische Blockdiagramm eines solchen Operationsverstärkers. Der Differenzverstärker besteht hier aus pnp-Transistoren, deren Emittoren über eine Stromquelle mit der positiven Versorgungsspannung verbunden sind. Die Kollektoren liegen an Masse. Selbst bei Eingangsspannungen von null Volt liefern die Transistoren noch Basisstrom an die Signalquelle, so daß eine vernünftige Aussteuerung der Eingangsstufe möglich ist. Die Schaltkreise verarbeiten sogar noch Eingangsspannungen, die einige hundert mV negativ gegen Masse sind!

Wegen der besonderen, komplexen Anordnung der Endstufe kann das Ausgangspotential Werte nahe Null annehmen. Die minimale Ausgangsspannung wird durch den sehr geringen Sättigungswiderstand des Transistors T13 bestimmt. Für positive Aussteuerungen ist diese Konfiguration allerdings nicht so ideal, da man die beiden U_{BE} -Spannungen der Transistoren T11 und T12 berücksichtigen muß. Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß Single-Supply-OpAmps

sowohl am Eingang als auch am Ausgang mit kleinen Signalspannungen gut zurecht kommen.

Es hat wenig Sinn, alle verfügbaren Single-Supply-Operationsverstärker einzeln zu besprechen. Daher ist in Bild 42 eine tabellarische Übersicht über die wichtigsten Kenndaten von etwa zwanzig OpAmp-Typen angegeben. In Bild 43 sind die Anschlußdaten dieser ICs zusammengefaßt.

Low-Power-Digital-ICs

Im digitalen Bereich stehen für den Entwurf batteriegespeicher Geräte gegenwärtig sechs Baustein-Familien zur Verfügung. Ihre wichtigsten Eigenschaften und Kenngrößen sind tabellarisch in Bild 44 zusammengefaßt.

4000-Reihe

Die größten Vorteile der populären 4000-CMOS-Familie bestehen darin, daß die Versorgungsspannung für diese Schaltungen völlig unkritisch ist und daß man diese Schaltungen ohne Probleme mit einer unstabilierten Spannung speisen kann. Aufgrund ihrer Technologie lassen sich die CMOS-Digital-ICs auch als analoge Verstärker betreiben, was zur Folge hat, daß man beim Schaltungsentwurf oft eine nicht unerhebliche Anzahl von ICs einsparen kann. Obendrein umfaßt diese Familie viele teilweise analoge ICs wie beispielsweise Timer, PLL-Schaltungen oder Multivibratoren, die ohne Interfaceprobleme mit den rein digitalen CMOS-Bausteinen gekoppelt werden können. Ein großer Nachteil ist allerdings die relativ niedrige obere Grenzfrequenz von nur etwa 4 MHz.

74 C-Reihe

Die 74 C-Reihe kann als Ergebnis der Umsetzung von Standard-TTL-Schaltungen in CMOS-Technik angesehen werden. Die Bausteine sind daher mit denen der 74-Standardreihe pinkompatibel. Dieser Umstand kann für Schaltungsentwürfe sehr willkommen sein, insbesondere dann, wenn man bereits Layout-Erfahrungen mit den Bausteinen der Standardreihe gesammelt hat. Allerdings arbeiten die ICs der 74 C-Reihe ebenfalls nicht besonders schnell.

74 L-Reihe

Die Leistungsaufnahme von ICs der 74 L-Reihe ist etwa zehnmal kleiner als die der Standard-74-Reihe. Allerdings weist die Verzögerungszeit dieser Bausteine einen etwa dreimal so hohen Wert auf.

74 LS-Reihe

Bei der 74 LS-Reihe handelt es sich um eine Low-Power-Ausführung der schnellen Schottky-Reihe. Die Bausteine erreichen jedoch nicht die Schnelligkeit der ICs aus der 74 S-Reihe.

Der große Vorteil der 74 LS-Reihe besteht darin, daß sie mehr oder weniger zum Industrie-Standard avancierte, so daß eine extrem breitgefächerte Funktions- und Bausteinpalette zur Verfügung steht. Zudem kann die Erhältlichkeit von 74 LS-Schaltkreisen als sehr gut bezeichnet werden.

74 ALS-Reihe

Diese 'Advanced-Low-Power-Schottky'-Familie kombiniert den geringen Stromverbrauch der LS-

Kenngröße	Familie						Einheit
	4000	74C	74L	74LS	74ALS	74HC	
Betriebsspannung	3...15	3...15	4,75...5,35	4,75...5,25	4,5...5,5	2...6	V
Statische Leistungsaufnahme eines Gatters	0,001	$10 \cdot 10^{-6}$	1	2	1,2	$2,5 \cdot 10^{-6}$	mW
Dynamische Leistungsaufnahme eines Gatters (100 kHz)	0,1	—	—	2	1,2	0,075	mW
Statische Leistungsaufnahme eines Zählers	0,001	—	—	100	60	$5 \cdot 10^{-6}$	mW
Dynamische Leistungsaufnahme eines Zählers (100 kHz)	0,12	—	—	100	60	0,125	mW
Maximale Taktfrequenz	4	12	10	33	60	55	MHz
Verzögerungszeit	94	105	33	9,4	4	8	ns
Ausgangsstrom	0,5	1	3,6	8	8	4	mA

Bild 44. Tabellarischer Vergleich der wichtigsten Kenngrößen verschiedener Low-Power-Digitalfamilien.

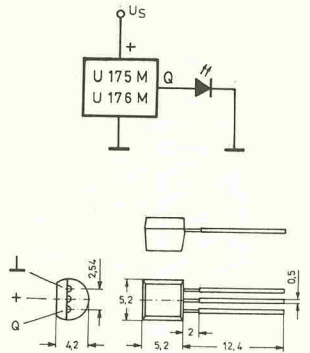


Bild 45. Grundsaltung und Pinbelegung der LED-Flasher U 175 M/U 176 M.

Reihe mit den schnellen Schaltzeiten der S-Reihe, obwohl die ICs der 74 ALS-Familie doch noch um die Hälfte langsamer arbeiten als die der 'echten' Schottky-Reihe.

74 HC-Reihe

Die 74 HC-Reihe besteht im Grunde genommen aus zwei Familien: HCT und HCU. Die erste ist völlig TTL-kompatibel, die zweite besitzt ungepufferte Ausgänge. Diese Bausteine werden in CMOS-Technik gefertigt, wobei durch Anwendung einer speziellen Herstellungstechnik (Silicon-Gate-Integration) sehr schnelle Schaltkreise entworfen werden können. Die 74 HC-Reihe ist für die Verwendung in batteriebetriebenen Geräten ideal, und zwar nicht allein aufgrund ihres großen, unkritischen Versorgungsspannungsbereichs und der geringen aufgenommenen Leistung, sondern auch wegen der kurzen Schaltzeiten. Zur Zeit sind aber noch nicht sehr viele hochintegrierte

Funktionen erhältlich, wodurch bestimmte Schaltungen, die bei der LS-Reihe in integrierter Form vorliegen, aus mehreren HC-ICs zusammengesetzt werden müssen.

LED-Treiber

Obwohl LEDs in batteriebetriebenen Geräten wegen ihrer relativ hohen Stromaufnahme möglichst zu vermeiden sind, existieren doch einige Spezial-ICs zur leistungssparenden Ansteuerung von Leuchtdioden. Zumeist werden die LEDs dabei im Blink-Modus betrieben.

U 175 M/U 176 M

Bei den Bausteinen U 175/U 176 handelt es sich um zwei nahezu identische LED-Treiber im TO-92-Gehäuse (Hersteller: Telefunken), die sich lediglich in der Blinkfrequenz unterscheiden. In Bild 45 werden die Grundsaltung und die Pinbelegung dieser Bausteine gezeigt.

Die technischen Daten in Kurzform:

- Versorgungsspannung: 4,75...13,2 V
- Unbelastete Ausgangsspannung: 2,75...10,8 V
- Blinkfrequenz: U 175 M: 0,3 Hz/V (Versorgungsspannung) U 176 M: 0,075 Hz/V

LM 3909

Der Baustein LM 3909 von National Semiconductor kann eine LED bei einer Batteriespannung von nur 1,5 V ansteuern. Um dies zu ermöglichen, wird der externe Timing-Kondensator als Booster verwendet. Die Kondensatorspannung wird der Versorgungsspannung überlagert, so daß zur Überwindung der LED-Schwellenspannung

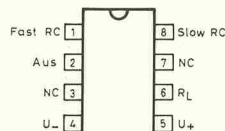
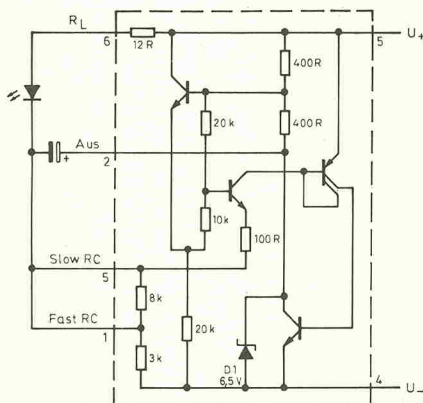


Bild 46. Beispielschaltung und Pinbelegung des LED-Flashers LM 3909.

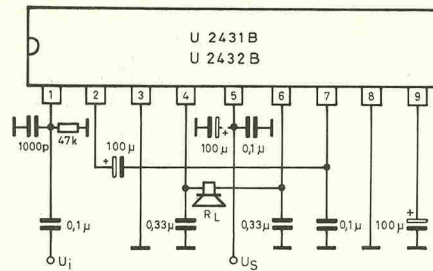


Bild 47. Beispielschaltung mit dem Brückenverstärker U 243x B.

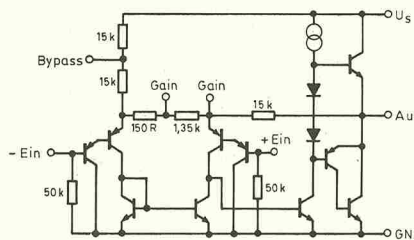
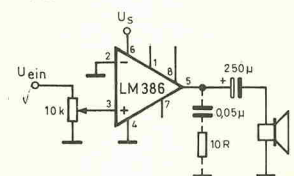
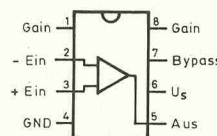


Bild 48. Internes Schaltbild, Pinbelegung und Grundbeschaltung des NF-Verstärkerbausteins LM 386.



eine ausreichende Spannungsreserve zur Verfügung steht. Bild 46 zeigt das IC-interne Schaltbild, die externe Beschaltung sowie die Pinbelegung.

Die Kurzdaten des Bausteins LM 3909:

- Versorgungsspannung: 1,15...6,0 V
- Mittlere Stromaufnahme: 0,55 mA
- LED-Stromspitze: 45 mA
- Impulsdauer: 6 ms
- Blinkfrequenz: 0,65...1,3 Hz (Timingkondensator: 300 µF, Anschlüsse 'Slow RC' und 'Fast RC' verbunden).

Audio-Treiber

Unter der Bezeichnung U 2431 B und U 2432 B stellt Telefunken zwei in SIL-9-Gehäusen untergebrachte Brückenverstärker her, die bei einer Versorgungsspannung von 6 V eine Leistung von 880 mW an einen 16-Ω-Lautsprecher abgeben.

U 243x B

Eine Standardschaltung mit dem Baustein U 243x B ist in Bild 47 wiedergegeben.

Die wichtigsten technischen Daten dieses ICs lauten:

- Versorgungsspannung: 1,8...8 V
- Klirrfaktor bei 6 V, 16 Ω und 880 mW: 10 %

LM 386

Der Baustein LM 386 von National Semiconductor wurde als Niederfrequenzverstärker für Gegenprechanlagen, Telefonmithörverstärker und ähnliche Anwendungen entwickelt. Der Hauptvorteil dieses ICs besteht in der minimalen Anzahl externer Komponenten, die benötigt werden, um mit dem IC bei einer Versorgungsspannung von 9 V eine Leistung von etwa 0,5 W an eine 8-Ω-Last abzugeben. Das Blockschaltbild, die Pinbelegung und die Standardbeschaltung zeigt Bild 48. Wegen der pnp-Struktur der Differenz-Eingangsstufe kann man massensymmetrische Signale ohne Koppelkondensatoren an den Eingang legen. Der Wert der Wechselspannungsverstärkung beträgt etwa 20, kann aber bis auf 200 erhöht werden, indem der interne Rückkopplungswiderstand zwischen den Anschlüssen 'Gain' (Pin 1) und 'Gain' (Pin 8) mit einem Kondensator überbrückt wird.

Die technischen Daten in Kurzform:

- Versorgungsspannung: 4...12 V
- Ruhestromaufnahme: 4 mA
- Ausgangsleistung: 500 mW bei 9 V und 8 Ω
- Klirrfaktor: 10 % bei 500 mW, 9 V und 8 Ω
- Signalverstärkung: 20...200
- Bandbreite (-3 dB): 300 kHz

Hinweis: Fortsetzung in Heft 7-8/89
elrad 1989, Heft 6

Ehrensache, . . .

daß wir Beiträge und Bauanleitungen aus inzwischen vergriffenen elrad-Ausgaben für Sie **fotokopieren**.

Ganz kostenlos geht das jedoch nicht: **Jeder Beitrag**, den wir für Sie kopieren, ganz gleich wie lang er ist, kostet **DM 5,—**. Legen Sie der Bestellung den Betrag bitte **nur in Briefmarken** bei — das spart die Kosten für Zahlschein oder Nachnahme. **Und: bitte, Ihren Absender nicht vergessen**.

Folgende elrad-Ausgaben sind vergriffen:

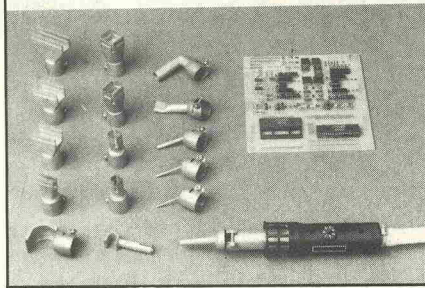
11/77 bis 5/88. elrad-Special 1, 2, 3, 4, 5 und 6. elrad-Extra 1, 2, 4 und 5 und Remix 1.

elrad - Magazin für Elektronik, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG
Postfach 610407, 3000 Hannover 61

HEISE

Kontaktloses Entlöten und Löten mit dem Leister-Labor „S“-Heißluftgerät.

Elektronische Temperaturregelung von 20 bis 600 °C. Elektronische Luftmengenregelung von 1 bis 150 Liter per Minute. Zum kontaktlosen Entlöten und Löten von SMD- und DIP-Bauteilen in 2-4 Sekunden.



**Verlangen Sie
kostenlos
Prospekt GE 132
und Lieferanten-
Nachweis in Ihrer
Nähe.**

Karl Leister
CH-6056 Kägswil
Schweiz
Tel. (00 41 41) 66 00 77
Fax (00 41 41) 66 78 16
Telex (0 45) 8 66 404

P L A T I N E N

elrad-Platinen sind aus Epoxid-Glashartgewebe, bei einem * hinter der Bestell-Nr. jedoch aus HP-Material. Alle Platinen sind fertig gebohrt und mit Lötack behandelt bzw. verzinkt. Normalerweise sind die Platinen mit einem Bestückungsaufdruck versehen, lediglich die mit einem „OB“ hinter der Bestell-Nr. gekennzeichneten haben keinen Bestückungsaufdruck. Zum Lieferumfang gehört nur die Platine. Die zugehörige Bauanleitung entnehmen Sie bitte den entsprechenden elrad-Heften. Anhand der Bestell-Nr. können Sie das zugehörige Heft ermitteln: Die ersten beiden Ziffern geben den Monat an, die dritte Ziffer das Jahr. Die Ziffern hinter dem Bindestrich sind nur eine fortlaufende Nummer. Beispiel 011-174: Monat 01 (Januar, Jahr 81).

Mit Erscheinen dieser Preisliste verlieren alle früheren ihre Gültigkeit.

Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM
MOSFET-PA Aussteuerungskontrolle	045-413/1	4,70	Dämmungsschalter	116-521	12,90	Universal-Netzgerät	078-662	45,00
MOSFET-PA Ansteuerung Analog	045-413/2	25,30	Flurleuchte	116-522	7,80	— Netzteil	078-663	30,00
20 W CLASS-A-Verstärker	055-415	50,90	Ultralineare Röhrendstufe — HP	116-523	29,20	— DVM-Platine	078-664	35,00
Prazisions-NT	055-417	4,20	Ultralineare Röhrendstufe — NT	116-524	29,20	Dig. Temperatur-Meßsystem ds.	078-665	42,00
Hall-Digital I	055-418	73,30	Netzgerät 260 V/2 A	126-525	19,70	IR-Taster ds.	098-666	48,00
Ton-Burst-Generator (Satz)	055-419	35,30	Frequenznormal	126-526	10,00	NDFL-Mono-Hauptplatine	098-667	27,00
Atomuhr (Satz)	065-421	60,50	Multi-board	126-527	29,90	— Netzteil	098-668	20,00
Atomuhr Eprom 2716	065-421/1	25,00	CD-Kompressor	126-528	21,10	2m-Empfänger	098-669	16,00
Hall-Digital II	065-422	98,10	Hygrometer	017-530	19,80	E.M.M.A.-IEC-Bus	098-670	13,00
Fahrrad-Computer (Satz)	065-423	12,70	Hygro Eprom	017-531	25,00	LCD-Panelmeter (ds.)	098-671	15,00
Camping-Kühlschrank	065-424	26,80	C-Meter — Hauptplatine	017-532	13,40	Makrovision-Killer	098-672	26,00
De-Voice	065-425	15,50	C-Meter — Quarz-Zeitbasis	017-534	3,30	Satfinder	098-673	13,00
Lineares Ohmmeter	065-426	11,30	Stage-Intercom	017-535	9,50	SMD-DC/DC (ds.)	098-674	16,00
Computer-Schaltuhr Mutter	075-430/1	53,90	State-Variable-Equalizer	017-536	58,90	DC/DC-Wandler	098-675	15,00
Computer-Schaltuhr Anzeige	075-430/2	21,00	Limiter L6000	017-537	48,40	MIDI-Balpedal	098-676	25,00
DCT 77-Empfänger	075-431	8,80	Peakmeter	REM-542	27,60	SMD-Balancemeter	098-677	30,00
Schnellader	075-432	20,50	Oxal-Speicher	027-544	9,60	E.M.M.A.-C64-Brücke	098-678	30,00
Video Effektergät Eingang	075-433/1	13,40	Stereo-Simulator	027-547	7,50	FBAS-RGB-Wandler	098-679	35,00
Video Effektergät AD/DA-Wandler	075-433/2	11,90	Autopilot	037-548	29,00	Turbofiner	098-680	15,00
Video Effektergät Ausgang	075-433/3	27,10	Sweep-Generator — HP	037-551	16,60	Batterietester	098-681	12,00
Tweeter-Schutz	075-437	4,10	Sweep-Generator — NT	037-552	19,50	C64-Sampler	098-682	12,00
Impuls-Metalldetektor	095-438	18,60	DNR-System	037-553	11,80	EVU-Modem	098-683	48,00
Road-Runner	095-439	27,10	L0station	047-554	31,70	Maßnahme-Hauptplatine	098-684	35,00
Perpetuum Pendulum*	105-444	5,00	Laufsprecher-Schutzschaltung	047-555	1,60	— Ser Karte	098-685	65,00
VCA-Modul	105-446/1	6,00	Widerstandsflote	047-556	6,60	— ST-Steuerskarte	098-686	65,00
Keyboard-Interface/Seuer	105-447/1	87,30	Digital-Sampler	047-557	64,00	100 W-PPP (Satz f. 1 Kanal)	098-687	100,00
Keyboard-Interface/Einbauplat.	105-447/2	12,00	Midi-Logik	047-559	31,00	Thermostat mit Nachtsenkung	098-688	18,00
Doppelnetzteil 50 V	115-450	33,00	Midi-Anzeige	047-560	6,80	TV-Modulator	098-689	7,00
Stereo-Equalizer	125-454	86,30	HF-Baukasten-Mutter	057-561	49,00	Universelle getaktee	098-690	15,00
Symmetrier-Box	125-455	8,30	— NF-Verstärker	057-562	7,50	DC-Motorsteuerung	098-691	3,00
Prazisions-Fkms-Generator/Basis	125-456/1	27,00	— Netzteil	057-563	3,90	SMD-Logiktester	098-692	35,00
Prazisions-Fkms-Generator/±15 V-NT	125-456/2	7,60	UKW-Frequenzmesser (Satz)	057-566	28,50	IEEE488-PC inkl. GAL	098-693	73,00
Prazisions-Fkms-Generator/Endstufe	125-456/3	11,20	Zweitklingel	057-567	3,90	Halogend-Dimmer	098-694	10,00
Combo-Verstärker 1	016-458	14,90	LED-Übersteuerungsanzeige	057-568	3,90	Halogend-Unterwasser-Leuchte	098-695	199,00
ZF-Verstärker f. ElSat (doppelseitig)	016-461	28,60	D.A.M.E. Eprom	057-569	25,00	ELISE-Trenn/Treiber einzeln	098-696	25,00
Combo-Verstärker 2	026-462	22,20	HF-Baukasten — Mixer	067-569	6,60	ELISE-Speicherwandler einzeln	098-697	16,00
Kraftpaket 0—50 V/10 A	026-464/1	33,60	Leistungsschaltwandler	067-570	10,00	Hybrid-Sinusgenerator	098-698	12,00
Kraftpaket / Einschaltverzögerung	026-464/2	12,00	Dualnetzgerät	067-571	33,20	Black-Devil-Brücke	098-699	7,00
eISat 2 PLL/Video	026-465	4,30	Spannungsreferenz	077-573	8,00	Spannungswächter	098-700	3,00
LED-Analoguhr (Satz)	036-469	136,00	Video-PLL	077-574	2,20	µ-Modultionsadapter	098-701	30,00
eISat 3 Ton-Decoder	036-470	17,40	Video-FM	077-575	4,60	Audio-Cockpit — HP	098-702	40,00
eISat 3 Netzteil	036-471	14,40	Spannungslupe	077-576	4,50	4x-stelliges Panelmeter (ds.)	098-703	64,00
Clipping-Detektor	036-472	16,50	Wedding Piper	077-577	5,50	DSP-Systemkarte 32010	098-704	16,00
eISat 4 Stromversorgung	046-474	4,90	HF-Baukasten-FM-Demodulator	077-578	6,00	Byte-Logger (ds.)	098-705	64,00
eISat 4 LNA (Teflon)	046-477	19,75	Ultraschall-Entfernungsmesser (Satz)	077-580	16,00	SMD-Puffer	098-706	64,00
Sinusgenerator	046-478	34,00	Rauschgenerator	077-582	3,00	Autoring Multimeter	098-707	6,00
Power-Dimmer	056-481	26,90	Pink-Noise-Filter	077-583	5,70	Einbauversion	098-708	6,00
Netzblitz	056-482	14,30	Remixer (Satz)	077-585	82,00	Tastkopfversion	098-709	11,00
eISat UHF-Verstärker (Satz)	056-486	43,10	µ-Pegelschreiber-Generator-Karte	097-586	38,50	Antennen-Verteiler	098-710	26,00
Drehzahlsteller	076-495	7,20	Midi-V-Box	097-587	18,20	Metronom	098-711	64,00
Mini-Max (Satz)	076-496	59,90	Testkopf-Verstärker	097-588	4,20	DSP-Speicherkarte	098-712	64,00
Delay — Anzeige-Modul	076-497	56,50	Wechselschalter	097-589	5,00	— AD-DA-Wandlerkarte	098-713	64,00
LED-Analoguhr/Wecker- und Kalendersatz	076-498	6,50	Mäuse-Klavier	097-590	63,00	— Erweiterungskarte	098-714	64,00
— Tastatur	096-499	3,70	250 W Röhren-Verstärker Netzteil	077-591	44,50	Universeller Meßverstärker	098-715	64,00
— Anzeige	096-500	7,50	µ-Pegelschreiber AD Wandler	077-592	38,50	Kapazität Alarm	098-716	9,00
— Kalender	096-501	12,30	Midi-Keyboar	077-593	30,00	— Auswertplatine	098-717	10,00
— Wecker	096-502	15,20	Mini-Sampler	077-594	8,80	Car Devil	098-718	40,00
Fahrradregler (Satz)	096-503	11,40	NiCd-Lader	077-596	36,50	— Wandler (70u Cu)	098-719	38,00
Röhrenverstärker	106-509	74,80	µ-Pegelschreiber-NT	077-597	25,80	— Limiter	098-720	38,00
Spannungsreferenz	106-510	9,20	— Interface	077-598	58,80	PAL-Alarm	098-721	10,00
Schlagzeug — Mutter	106-511	80,00	Schrittmotorsteuerung-HP	077-599	38,50			
Schlagzeug — Voice	106-512	25,80	Aktive Antenne (SMD)	117-600	2,80			
Midi to Drum Eprom	116-520	25,00	Impedanzwandler	117-601	1,70			
Impulsgenerator	116-520	37,40	FM-Mikro (ds.)	117-602	8,00			
			Sinusspannungswandler	127-604	19,90			
			Normalfrequenzempfänger	127-605	13,70			

So können Sie bestellen: Die aufgeführten Platinen können Sie direkt bei eMedia bestellen. Da die Lieferung **nur gegen Vorauszahlung** erfolgt, überweisen Sie bitte den entsprechenden Betrag (plus DM 3,— für Porto und Verpackung) auf eines unserer Konten oder fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei. Bei Bestellungen aus dem Ausland muß stets eine Überweisung in DM erfolgen.

Kreissparkasse, Kt.-Nr. 4408 (BLZ 250 502 99)

eMedia GmbH, Bissendorfer Str. 8, Postfach 610106, 3000 Hannover 61

Auskünfte nur von 9.00 bis 12.30 Uhr 0511/53 72 95

Die Platinen sind ebenfalls im Fachhandel erhältlich. Die angegebenen Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen.



Funktionen für's Funktionieren

Vielen praktizierenden Elektronikern ist die Funktion einer Schaltung sicherlich geläufiger als eine Funktionsgleichung. Bei der Schaltungsentwicklung hat die mathematische Funktion jedoch eine wesentliche Bedeutung: Die Kennlinien von Dioden und Potentiometern, die Arbeits- und Leistungskurven von Halbleitern sind schließlich nichts anderes als grafisch dargestellte Funktionen.

Wenn eine Größe nur einen Wert annehmen kann, so handelt es sich um eine *Konstante* ($\pi = 3,14 \dots$). Kann die Größe mindestens zwei verschiedene Werte annehmen, so heißt sie *Variable*. Wird nun einer Variablen mindestens ein Wert einer zweiten Variablen zugeordnet, so nennt man diese Zuordnung *Relation*. Dabei heißt die erste Variable *unabhängig*, die zweite *abhängig*. Ist nun die Zuordnung eindeutig, das heißt, es wird der ersten Variablen genau ein Wert der zweiten zugeordnet, so ergibt sich eine *Funktion*. Zur Verdeutlichung des Unterschiedes zwischen Relation und Funktion sollen zwei Beispiele herangezogen werden.

$$y = x^2$$

Diese Zuordnung ist mathematisch nicht eindeutig, denn für jedes y existieren zwei Werte für x , mit denen die Gleichung erfüllt ist (z.B. $y = 4$ für $x = 2$ oder $x = -2$). Es handelt sich demnach um eine Relation. In der Praxis ist jedoch die Zuordnung von Variablen in einer Gleichung in der Regel eindeutig, da durch technische Gegebenheiten eine weitere Einengung des Geltungsbereiches zwangsläufig ist. So stellt der Ausdruck

$$S(u) = \frac{U}{Z}$$

für den Elektrotechniker, der den technischen Hintergrund kennt, eine eindeutige Zuordnung dar. Mathematisch exakt handelt es sich jedoch um eine mehrdeutige (hier zweideutige) Zuordnung, also um eine Relation.

Die allgemeine Geradengleichung hingegen

$$y = ax + b$$

ist in jeder Hinsicht eindeutig. Zu jedem Wert x gehört nur ein Wert y — die Zuordnung heißt deshalb Funktion. Da in dieser Beitragsreihe jedoch praktisch angewandte Mathematik betrieben wird, soll im weiteren nicht mehr so streng zwischen Relation und Funktion unterschieden werden, sofern es sich um für den Elektroniker erkennbare, eindeutige, technische Gegebenheiten handelt.

Viele Zusammenhänge in Naturwissenschaft und Technik können mit Funktionen exakt oder zumindest mit ausreichender Näherung beschrieben werden. Das gilt insbesondere für die Elektrotechnik, bei der viele Vorgänge nicht sichtbar und in sehr kurzen Zeitintervallen ablaufen und somit nur mathematisch nachvollziehbar sind. Funktionen können als empirisch gegebene Funktion mit Hilfe einer Wertetabelle, als Graph im Koordinatensystem oder in analytischer Form als Funktionsgleichung dargestellt werden. Die Menge der Werte, die die

$\frac{\varphi}{\text{Grad}}$	$\frac{R}{\Omega}$
0	0
50	60
100	130
150	230
200	400
250	800

Bild 1. Wertetabelle für die Funktion $R = f(\varphi)$.

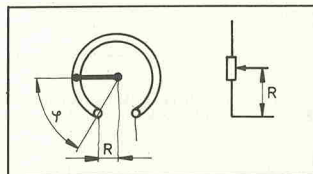


Bild 2. Drehwinkel einer Potentiometerachse und abgegriffener Widerstandswert bilden eine Funktion.

unabhängige Veränderliche annehmen kann, heißt *Definitionsbereich*. Die Menge der Werte der abhängigen Veränderlichen heißt *Wertebereich* der Funktion. In der Regel ist der Definitionsbereich technischer Funktionen stark eingeschränkt. Das gilt besonders für Näherungsfunktionen.

Die allgemeine Schreibweise für eine Funktionsgleichung, durch die jedem Wert x genau ein Wert y zugeordnet wird, ist:

$$y = f(x) \text{ (Gesprochen: } y \text{ gleich } f \text{ von } x)$$

Dabei sind zu unterscheiden:

x = unabhängige Veränderliche (Argument)

y = abhängige Veränderliche

f = Funktionsvorschrift

Die empirisch gegebene Funktion

Eine mittels einer Wertetabelle oder Tabelle empirisch gegebene Funktion ist in Bild 1 dargestellt. Es handelt sich dabei um diskrete (einzelne) Wertepaare eines Winkels φ und eines Widerstandes R , die an einem $1\text{-k}\Omega$ -Potentiometer mit positiv logarithmischem Verhalten und 270° Drehwinkel gemessen wurden (Bild 2). Im Kopf der Tafel sollte immer das Formelzeichen und die Einheit der Größe eingetragen sein. In den Spalten oder Zeilen sind die gemessenen oder errechneten Zahlenwerte aufgeführt. Formelzeichen und Einheit bilden dabei einen Quotienten, der zusammen mit dem Zahlenwert eine Gleichung erfüllt. So erhält man für

$$\frac{R}{\Omega} = 130$$

durch Umstellen den Wert für R : $R = 130\Omega$

Die Notation in einer Tabelle in dieser Form ist im Gegensatz zu anderen Möglichkeiten mathematisch exakt. Die Funktionsdarstellung mit Hilfe einer Tabelle hat immer den Nachteil, daß nur eine begrenzte Anzahl von Wertepaaren vorliegt, das heißt, daß nicht für jeden Wert des Arguments ein Funktionswert angegeben werden kann. Erforderliche Zwischenwerte können, wie man es z.B. bei der Benutzung von Logarithmentafeln macht, durch *Interpolation* (lat. interpolare, dazwischenschalten) abgeschätzt werden. In den meisten Fällen verwendet man die lineare Interpolation (die Wertepaare werden durch Geraden verbunden), deren Ergebnis bei komplizierten Funktionen jedoch sehr fehlerhaft sein kann. Durch Interpolation ermittelte Werte sind umso genauer, je mehr Tabellenwerte existieren und je näher die einzelnen Stützwerte zusammenliegen.

Beispiel: Gesucht wird der Widerstandswert des Potentiometers (Bild 1 und 2) für einen Drehwinkel von $\varphi = 210^\circ$. Die beiden Stützwerte sind $\varphi = 200^\circ$ und $\varphi = 250^\circ$. Zwischen diesen Werten ist die Widerstandszunahme je Drehwinkel (Steigung der Geraden):

$$a = \frac{R_5 - R_4}{\varphi_5 - \varphi_4} = \frac{800\Omega - 400\Omega}{250^\circ - 200^\circ} = 8 \frac{\Omega}{\text{Grad}}$$

Die Differenz zwischen dem Stützwinkel φ_4 und dem Winkel φ , der das Argument des gesuchten Widerstandswertes ist, beträgt

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_4 = 210^\circ - 200^\circ = 10^\circ$$

Daraus läßt sich nun die Geradengleichung aufstellen:

$$R = \underbrace{8 \frac{\Omega}{\text{Grad}} \cdot 10^\circ}_{\text{Wertzuwachs für } \varphi = 10^\circ} + \underbrace{400\Omega}_{\text{Wert für } \varphi = 200^\circ} = 480\Omega$$

Der tatsächliche Wert (normalerweise nicht bekannt) ist ca. 460Ω . Der Fehler, der hier etwa 4% ausmacht, kommt dadurch zustande, daß beim exakten Funktionsverlauf im Beispiel der Quotient Widerstand pro Drehwinkel kontinuierlich größer wird, wogegen in dem interessierenden Bereich mit einem konstanten Quotienten von $8 \Omega/\text{Grad}$ gerechnet wurde.

Graphische Darstellung

Der Zusammenhang zwischen zwei Variablen wird anschaulich, wenn man die zusammengehörenden Wertepaare in ein Koordinatensystem (lat. coordinare: zuordnen) einträgt. Dazu benutzt man meistens das von dem Philosophen Rene Descartes (1596 - 1650) entworfene kartesische Koordinatensystem. Es besteht aus einem rechtwinkligen Achsenkreuz mit zwei Koordinatenachsen. Die waagerechte Achse heißt *x-Achse* oder *Abszisse*, die senkrechte Achse heißt *y-Achse* oder *Ordinate*. Die beiden Achsen teilen das Feld in vier *Quadranten* (Bild 3). Oft wird nur ein Quadrant für einen Graph verwendet. Der Punkt, an dem sich die Achsen schneiden, ist der *Nullpunkt* (*Ursprung*).

Will man die Zuordnung von drei Größen in der Ebene darstellen, so wird eine Größe als *Parameter* konstant gehalten. Mehrere Graphen mit verschiedenen Parametern im selben Achsenkreuz ergeben eine *Kurvenschar* (Bild 4). Werden die Wertepaare aus Bild 1 in den ersten Quadranten eines kartesischen Koordinatensystems eingetragen und

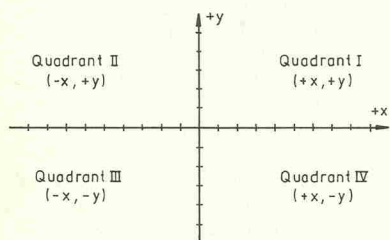


Bild 3. Die beiden Hauptachsen des kartesischen Koordinatensystems gliedern die Ebene in vier Quadranten.

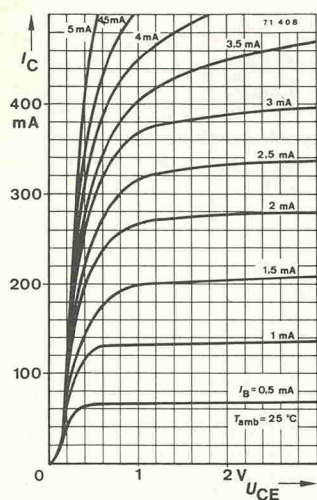


Bild 4. Die Ausgangskennlinien eines Transistors bilden eine Kurvenschar. Die Funktion lautet $I_C = f(U_{CE})$, I_B ist der Parameter.

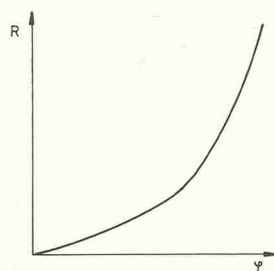


Bild 6. Graph der Funktion $R = f(\varphi)$.

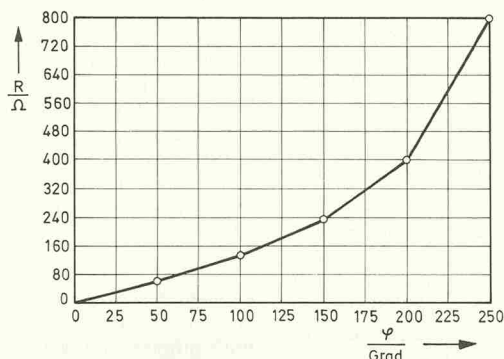


Bild 5. Die Werte aus der Tabelle in Bild 1 liefern bereits ein grobes Abbild der Funktion, wenn ihre Punkte linear miteinander verbunden werden.

mit Geraden verbunden, ergibt sich Bild 5. Die verbindenden Geraden geben den funktionalen Zusammenhang der interpolierten Wertebereiche wieder. Werden alle Wertepaare eines funktionalen Zusammenhangs dargestellt, erhält man einen kontinuierlichen, vollständigen Linienzug: die Funktionskurve. Bild 6 zeigt die Funktionskurve für den Verlauf des Widerstandes R abhängig vom Winkel des Potentiometers

$$R = f(\varphi)$$

Eine weitere Möglichkeit zur graphischen Darstellung von Funktionen bietet das *Polarkoordinatensystem*. Es besteht aus strahlenförmigen Netzlinien. Jeder Punkt der Ebene wird in diesem Fall nicht durch zwei Achsenabstände (x, y), sondern durch einen Radius r und dessen Winkel φ zu einer Bezugsstrecke, der *Polachse*, festgelegt (Bild 7). Wichtige Anwendungen des Polarkoordinatensystems stellen Richtdiagramme bzw. Richtkennlinien dar (Bild 8). Die Koordinaten eines kartesischen Systems lassen sich in solche des polaren Systems umrechnen und umgekehrt. Es gelten die Beziehungen:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\varphi = \arctan \frac{y}{x}$$

$$x = r \cdot \cos \varphi \quad y = r \cdot \sin \varphi$$

Wie in späteren Beiträgen noch gezeigt wird, haben diese Zusammenhänge große Bedeutung bei der Berechnung von Wechselstromkreisen mit Hilfe der komplexen Zahlen.

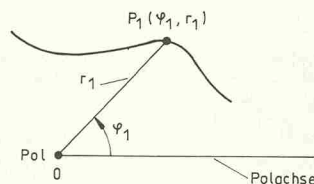
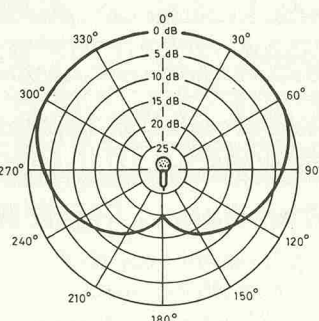


Bild 7. Definition eines Punktes P_1 durch Polarkoordinaten.

Bild 8. Das Richtdiagramm eines Mikrofons ist ein häufig anzutreffendes Beispiel für die praktische Anwendung von Polarkoordinaten.



Die Funktion in analytischer Form

Wie bereits erwähnt, wird ein funktionaler Zusammenhang durch die allgemeine Gleichung

$$y = f(x)$$

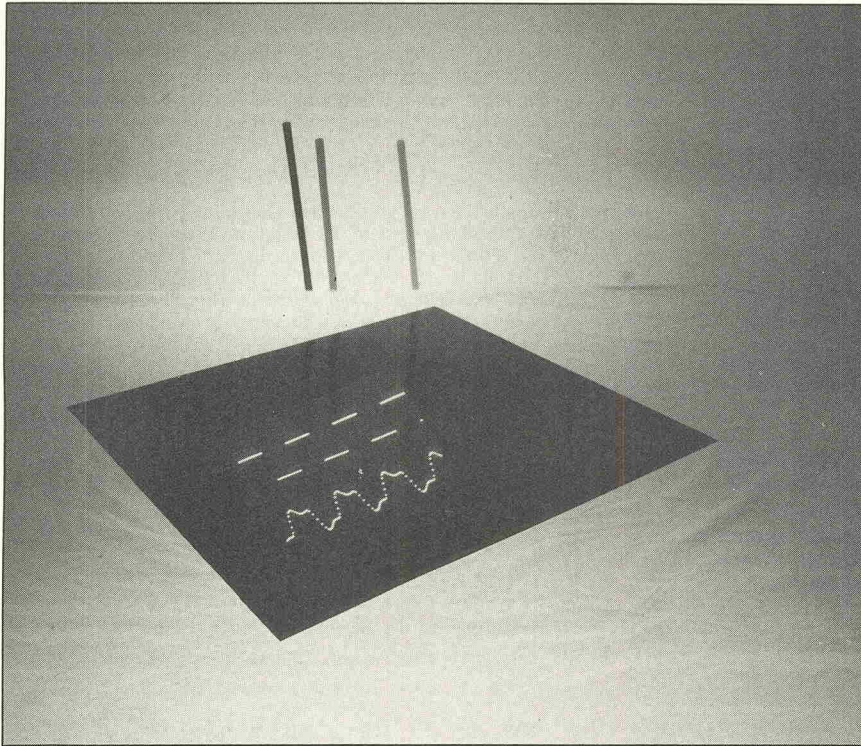
ausgedrückt. Der Term $f(x)$ steht stellvertretend für jede beliebige Zuordnungsvorschrift. Damit läßt sich zu jedem Wert einer Größe x die zugehörige Größe y berechnen. Diese Form der Gleichung heißt *Funktionsgleichung*. Auch Formeln können Funktionsgleichungen sein. Der Mathematiker unterscheidet die *explizite* und die *implizite* Form der Kurvengleichung. Bei der expliziten Form stehen die beiden verknüpften Variablen auf je einer Seite der Gleichung. Bei der impliziten Form stehen beide Variablen und etwaige Konstanten auf einer Seite der Gleichung. Die Funktionsgleichung

$$y = 2x + b$$

ist demnach in expliziter Form geschrieben. In impliziter Form muß sie lauten

$$y - 2x - b = 0.$$

Welche Form man wählt, hängt von der gestellten Aufgabe ab. Der gravierende Vorteil der Funktionsbeschreibung in analytischer Form liegt in der einfachen Weiterverarbeitbarkeit mit allgemeinen mathematischen Methoden.



Kurzer Prozeß

Grundlagen digitaler Filter und das Terminalprogramm zum DSP-System

Ralf Bauer, Ingolf Hellmann

Spätestens bei der Anschaffung eines CD-Players wird man mit dem Begriff 'Digitales Filter' konfrontiert. Dunkel ahnt man, daß die in der analogen Schaltungstechnik gebräuchlichen Filter wohl auch digital nachzubilden sind. Deshalb wird es Zeit einmal zu zeigen, wie digitale Filter funktionieren und was sie leisten.

Man mag sich fragen, wozu man Digitalfilter überhaupt benötigt. Es ist doch nichts einfacher, als mit ein paar Kondensatoren, Widerständen und einem Operationsverstärker ein Analogfilter aufzubauen. Aber gerade dort, wo analoge Filter ihre Schwächen haben, liegen die Stärken der digitalen Filter. Sie sind extrem stabil und eignen sich problemlos zur Verarbeitung von sehr tiefen Signalfrequenzen unterhalb von 1 Hz, wie sie beispielsweise bei Erdbebenmessungen auftreten. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Bildverarbeitung, wo durch Hochpaßfilterung die Umrisse von Objekten hervorgehoben werden. Auch in der Sprachverarbeitung sind digitale Filter sehr beliebt. Ist die digitale Steuerbarkeit des Filters gefordert, werden auch analoge Filter sehr schnell aufwendig, bleiben aber doch recht unflexibel.

Bevor es um die Berechnung eines digitalen Filters geht, gebe ich einen kleinen Überblick über einige wichtige Grundbegriffe aus der Analog-Filtertechnik. Man möge sich ein Filter zunächst einmal als Blackbox mit einem Eingang und einem Ausgang vorstellen. Was in dem Kästchen vor sich geht, läßt sich durch eine Übertragungsfunktion $H(f)$ beschreiben, die für jede Frequenz f den Grad der Dämpfung beim Durchlaufen des Filters angibt (Bild 21). Was auf der rechten Seite aus dem Filter herauskommt, ist also von der Frequenz abhängig. Genaugenommen multipliziert ein Filter das Spektrum des Eingangssignals mit der Übertragungsfunktion $H(f)$. Normalerweise ist eine Übertragungsfunktion vorgegeben; es sollen zum Beispiel nur Frequenzen, die kleiner als 1000 Hz sind, durchgelassen werden. Ein solches Filter

nennt man sinngemäß Tiefpaß, weil nur Frequenzen unterhalb einer bestimmten Grenzfrequenz (hier $f_g = 1000$ Hz), das Filter passieren können. Alle anderen Frequenzen erscheinen nicht am Ausgang des Filters.

Ein ideales Filter hat einen sprunghaften Übergang zwischen dem Durchlaß- und dem Sperrbereich. Frequenzen, die im Durchlaßbereich liegen, kommen ohne jede Dämpfung am Ausgang des Filters wieder heraus ($H(f) = 1$), während die Frequenzen im Sperrbereich nicht am Ausgang erscheinen ($H(f) = 0$). Meist wird die Übertragungsfunktion nicht als Funktion der Frequenz f , sondern von p dargestellt. Dabei ist $p = j\omega$ und $\omega = 2\pi \cdot f$.

Im folgenden findet eine Beschränkung auf Filter zweiten Grades statt. Sie sind in der Praxis, egal ob analog oder digital, sehr beliebt. Sie sind einfach aufzubauen und lassen sich durch Reihenschaltung leicht zu einem Filter höherer Ordnung aufstocken. Eine Filterkaskade aus Filtern 2. Ordnung ist außerdem stabiler als ein Filter höherer Ordnung. Die Übertragungsfunktion $H(p)$ für ein solches Filter lautet:

$$H(p) = \frac{a_0 + a_1 \cdot p + a_2 \cdot p^2}{b_0 + b_1 \cdot p + b_2 \cdot p^2}$$

Mit den sechs Koeffizienten ($a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$) ist die Übertragungsfunktion $H(p)$ und damit auch das Filter in all seinen Eigenschaften eindeutig festgelegt. Woraus besteht nun ein digitales Filter, und wie läßt sich die Übertragungsfunktion $H(p)$ digital realisieren?

Auch für digitale Filter kann man ein Schaltbild zeichnen. Es besteht allerdings nicht aus Widerständen, Kondensatoren, Spulen und Operationsverstärkern, sondern aus digitalen Rechenelementen (siehe Bild 22):

- Multiplizierer: Der Eingangswert A wird mit einem konstanten Koeffizienten B multipliziert und am Ausgang C ausgegeben.

- Addierer: Die Eingangswerte A und B werden addiert und am Ausgang C ausgegeben.

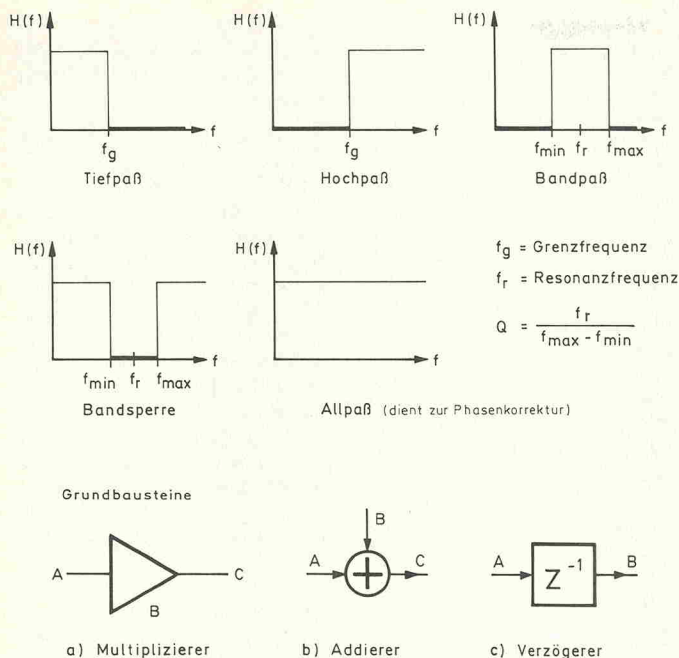


Bild 22. Rechenelemente und Zwischenspeicher sind die Grundbausteine digitaler Filter.

● **Verzögerer:** Der Eingangswert wird, um die Abtastzeit T_a verzögert, am Ausgang B ausgegeben. Die Variable Z ist ein Zwischenspeicher, in der der Eingangswert bis zum nächsten Aufruf abgelegt wird. Natürlich muß für jeden Verzögerer eine andere Zwischenspeichervariable verwendet werden.

Bild 23 zeigt einige Beispiele dafür, wie diese Grundbausteine zu Filtern kombiniert werden können. Im Prinzip handelt es sich also um Rechenschaltkreise, die aus einem Strom von Eingangswerten $x(z)$ nach einer bestimmten Gleichung einen Strom von Ausgangswerten $y(z)$ produzieren. Bei den Beispielen handelt es sich um Filter zweiten Grades, da in die Berechnung Werte eingehen, die um bis zu zwei Abtastzeiten verzögert wurden. In der angegebenen Gleichung ist $x(k)$ der k -te Eingangswert und $y(k)$ der k -te Ausgangswert. Der neue Ausgangswert wird also aus dem aktuellen Eingangswert, dem letzten Ein- und Ausgangswert und dem vorletzten Ein- und Ausgangswert zusammengesetzt.

Wie in der analogen Filtertechnik, so gibt es auch hier Standardschaltungen, die für bestimmte Zwecke eine optimale Lösung darstellen. Bei Analog-

Bild 21. Ideal wäre: Der Übergang vom Durchlaß- in den Sperrbereich ist sprunghaft.

filtern ist es notwendig, die Bauteile umzugruppieren, wenn zum Beispiel aus einem Tiefpaß ein Hochpaß werden soll. Bei einem Digitalfilter genügt es dagegen völlig, die Koeffizienten der Multiplizierer auszuwechseln. Gleiches gilt auch, wenn die Grenzfrequenz verändert werden soll. Da alte Ausgangswerte für die Berechnung von neuen Ausgangswerten herangezogen werden, nennt man diese Art von Filter rekursives Filter. Der Ausgangswert wird wieder, mit verschiedenen Koeffizienten ge-

wichtet, auf den Eingang oder auch auf Punkte zwischen dem Eingang und dem Ausgang zurückgeführt. Eine solche Rückführung ist sehr nützlich, denn sie beeinflußt die Steilheit des Filters in positiver Weise. Auch analoge Filter haben meist einen oder mehrere Rückkopplungswege. Leider ist dieser Vorteil nicht ungetrübt. Durch eine ungünstige Rückkopplung kann sich das Filter aufschaukeln und ins Schwingen geraten. Um die Schwingneigung unter Kontrolle zu halten, gibt es verschiedene Techniken bei der Berechnung der Filterkoeffizienten.

Welche der hier gezeigten Schaltungen verwendet werden, hängt von vielen Faktoren ab. So sollte die Ausführungszeit für einen Filterdurchgang möglichst klein sein, damit die Abtastfrequenz möglichst groß gemacht werden kann oder mehrere Filter hintereinandergeschaltet werden können.

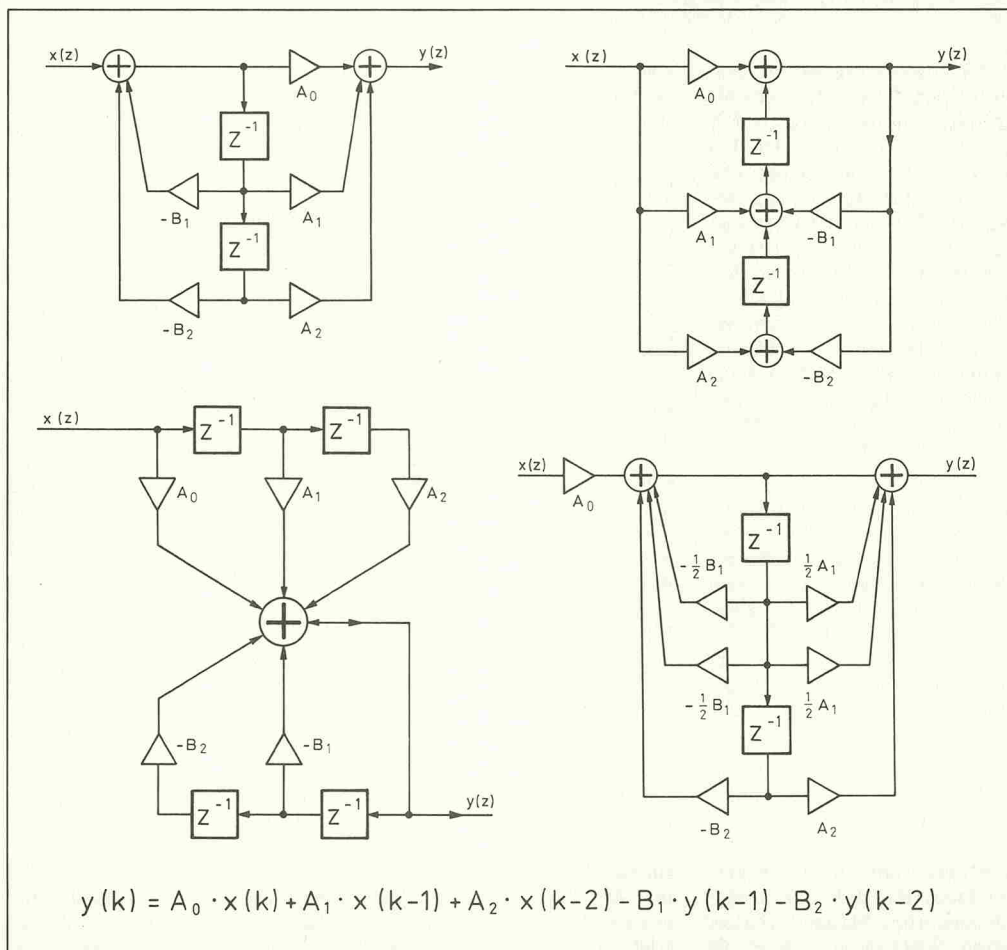


Bild 23. Einige der möglichen Grundschaltungen.

Buchbesprechung

DSP-Versuche am Bildschirm



In der angelsächsischen Literatur werden diese Filter auch als 'Infinite Impulse Response Filter' oder kurz IIR-Filter bezeichnet. Der mathematische Aufwand zur Berechnung der digitalen Filterkoeffizienten ist beträchtlich. Mit Hilfe der sogenannten Z-Transformation muß man vom zeit- und wertekontinuierlichen (analogen) Bereich in den zeit- und wertediskreten (digitalen) Bereich überwechseln. Dazu ist $p = j\omega$ durch $z = \exp(p \cdot T_a)$ zu ersetzen, wobei T_a die Abtastzeit ist ($f_a = 1/T_a$).

Der Weg zum fertigen Filter ist aber noch weit. Um die Koeffizienten A_0 bis A_2 und B_0 bis B_2 zu berechnen, gibt es nun mehrere Methoden. Eine davon ist die bilineare Z-Transformation, die auch leicht von einem Computerprogramm ausgeführt werden kann (siehe Bild 24).

Dieses Verfahren geht von folgendem aus: Analoge Filter sind sehr gut erforscht und hätten auch ausgezeichnete Eigenschaften, wenn nicht die verwendeten Bauteile durch verschiedenartige Mängel behaftet wären. Was liegt also näher, als eine mathematische Umrechnung (Transformation) zu ent-

wickeln, in die man vorne die analogen Koeffizienten hineinsteckt und hinten die digitalen herausbekommt?

Und es ist tatsächlich so einfach, wie es sich anhört. Die bilineare Z-Transformation besteht für Filter 2. Ordnung aus 8 Gleichungen. Zunächst wird die Grenzfrequenz des Filters auf die Abtastfrequenz normiert und in dieser Form in die Transformations-Gleichungen eingesetzt. Jetzt benötigt man noch die analogen Koeffizienten b_1 und b_2 , die man für den gewünschten Filtertyp einer Tabelle entnehmen kann (Tabelle 5). Der Koeffizient b_0 ist immer gleich eins. Die erste Tabellenspalte gibt die Ordnung des gewünschten Filters an. Ein Filter mit einer Ordnung größer als zwei wird aus einer Kaskade von Filtern 2. Ordnung hergestellt. Dabei haben die verschiedenen Teilfilter unterschiedliche Grenzfrequenzen.

Beispielsweise findet man die Koeffizienten für ein Butterworth-Filter 6. Ordnung in der Butterworth-Tabelle, und zwar im Abschnitt für die Ordnung 6. Für das erste Teilfilter sind die Koeffizienten also $b_1 = 1.9319$, $b_0 = 1.0000$, für das zweite Teilfilter

Die digitale Signalverarbeitung gewinnt in vielen Bereichen der Elektronik immer mehr an Bedeutung. In der Audiotechnik, Telekommunikation, Medizinelektronik sowie der Meß- und Regeltechnik ist sie schon nicht mehr wegzudenken. Durch die Verfügbarkeit leistungsfähiger Signalprozessoren lassen sich heute Anwendungen realisieren, die in Analogtechnik gar nicht oder nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand möglich sind. Da sich jede Übertragungsfunktion mathematisch beschreiben läßt, können alle Anlagenschaltungen grundsätzlich auch rein digital realisiert werden, vorausgesetzt es steht genügend Rechenleistung zur Verfügung. DSP-Applikationen haben gegenüber analoger Schaltungstechnik den Vorteil, daß Toleranz, Drift und Alterung der Bauelemente wegfallen und die Anwendung in der Fertigung absolut reproduzierbar ist. Auch können mit einer bestehenden Schaltung durch

Austausch der Software völlig unterschiedliche Applikationen realisiert werden.

Immer mehr Entwickler werden heute mit potentiellen DSP-Anwendungen konfrontiert. Oftmals scheuen sie aber den Einsatz eines Signalprozessors aus Furcht vor der damit verbundenen Mathematik. Wenn man in die digitale Signalverarbeitung einsteigen möchte, ist es unerlässlich, die graue Theorie durch praktische Übungen zu ergänzen. Um jedoch praktische Erfahrungen zu sammeln, mußte man sich bisher zunächst viel mit Hardware und Software beschäftigen, wobei die Hauptarbeit nicht mit digitaler Signalverarbeitung, sondern vielmehr mit Prozessorarchitektur, Assemblerprogrammierung und Schaltungslayout zu tun hat.

Mit neuen Softwareprodukten ist es jedoch jetzt möglich, DSP-Anwendungen auf einem PC zu simulieren und dabei

Bilineare Z-Transformation

normierte Abtastfrequenz: $\Omega_a = \frac{f_a}{f_g}$

Normierungsfaktor: $W = \frac{1}{\tan\left(\frac{\pi}{\Omega_a}\right)}$

Einstellen der Güte Q: $a_1' = \frac{a_1}{Q}$ und $b_1' = \frac{b_1}{Q}$

$$A_0 = \frac{a_0 + a_1' \cdot W + a_2' \cdot W^2}{b_0 + b_1' \cdot W + b_2' \cdot W^2}$$

$$A_1 = \frac{2 \cdot (a_0 - a_2' \cdot W^2)}{b_0 + b_1' \cdot W + b_2' \cdot W^2}$$

$$A_2 = \frac{a_0 - a_1' \cdot W + a_2' \cdot W^2}{b_0 + b_1' \cdot W + b_2' \cdot W^2}$$

$$B_0 = 1$$

$$B_1 = \frac{2 \cdot (b_0 - b_2' \cdot W^2)}{b_0 + b_1' \cdot W + b_2' \cdot W^2}$$

$$B_2 = \frac{b_0 - b_1' \cdot W + b_2' \cdot W^2}{b_0 + b_1' \cdot W + b_2' \cdot W^2}$$

Bild 24. Diese Gleichungen liefern die digitalen Filterkoeffizienten.

$b_1 = 1.4142$, $b_0 = 1.0000$ und für das dritte Teilfilter $b_1 = 0.5176$, $b_0 = 1.0000$. Der Koeffizient b_2 ist immer gleich 1.0000. Diese Koeffizienten

werden nacheinander in die Transformations-Gleichungen eingesetzt, und man erhält die Koeffizienten für die drei digitalen Filter.

fast ganz auf Mathematik, Algorithmen und Assemblerprogrammierung zu verzichten. Aus einer Zusammenarbeit zwischen Burr-Brown und der University of California in Berkeley entstand so das Buch 'Digital Signal Processing Experiments'. Die Übungen in diesem Buch basieren auf dem Softwarepaket DSPlay, mit dem auch komplexe DSP-Applikationen innerhalb kürzester Zeit auf einem PC realisiert werden können. Ursprünglich als Begleit- und Übungsbuch für Studenten gedacht, eignet sich das Buch auch zum Selbststudium für diejenigen, die bereits über einige Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung verfügen.

Die DSPlay-Software ist in einer etwas vereinfachten Form dem Buch beigelegt, so daß alle Experimente sofort nachvollzogen werden können. Um eine DSP-Applikation mit der Software zu simulieren, werden die

einzelnen Funktionsblöcke auf dem Bildschirm platziert und miteinander verbunden (siehe Bild 1). Jeder Block stellt dabei eine für sich abgeschlossene Funktion dar. Etwa 65 verschiedene Funktionen ermöglichen die Bearbeitung nahezu aller Anwendungen der digitalen Signalverarbeitung.

Die zu verarbeitenden Signale werden entweder rechnerisch erzeugt (Sinus, Cosinus, Puls, Rauschen) oder von einer Datei eingelesen. Für die Verknüpfung der Signale stehen sowohl mathematische (Addierer, Multiplizierer, etc.) als auch komplexe Funktionen (FFT, DFT, Fenster, FIR- und IIR-Filter, Korrelation, usw.) zur Verfügung. Nachdem die Applikation als sogenanntes 'Flowgram' auf dem Bildschirm erstellt wurde, kann die Simulation gestartet werden. Dabei werden immer Blöcke von Daten bearbeitet, die Blocklänge kann dabei bis 512 frei gewählt

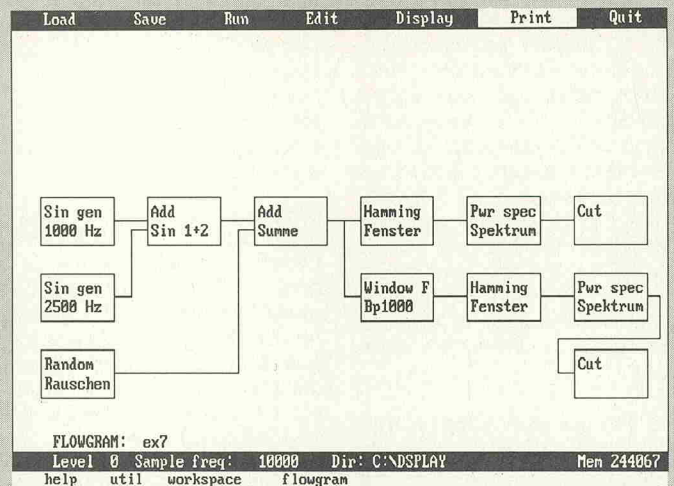


Bild 1.

werden (in der Vollversion des Programms sind es bis 4096 Datenpunkte). Jeder Funktionsblock verfügt dabei über einen eigenen Datenspeicher. Nach der Simulation, die in Abhängigkeit von der Komplexität der Applikation einige Se-

kunden dauert, können die Daten einzelner oder mehrerer Blöcke grafisch dargestellt und mit Zoom- und Cursorfunktionen vermessen werden. Sie können auch in einer Datei zur späteren Auswertung gespeichert werden.

	a0	a1	a2
Tiefpaß	1	0	0
Hochpaß	0	0	1
Bandpaß	0	1	0
Bandsperre	1	0	1
Allpaß	b0	-b1	b2

Tabelle 5. Die analogen Koeffizienten dienen als Eingangsgrößen für die Z-Transformation.

BESSEL Filter:				TSCHEBYSCHIEFF Filter mit 0.5 dB Welligkeit				TSCHEBYSCHIEFF Filter mit 2.0 dB Welligkeit			
Grad	Teilfilter	b1	b2	Grad	Teilfilter	b1	b2	Grad	Teilfilter	b1	b2
2	1	1.3617	0.6180	2	1	1.3614	1.3827	2	1	1.1813	1.7775
4	1	1.3397	0.4889	4	1	2.6282	3.4341	4	1	2.4025	4.9862
	2	0.7743	0.3890		2	0.3648	1.1509		2	0.2374	1.1896
6	1	1.2217	0.3887	6	1	3.8645	6.9797	6	1	3.5880	10.4648
	2	0.9686	0.3505		2	0.7528	1.8573		2	0.4925	1.9622
	3	0.5131	0.2756		3	0.1589	1.0711		3	0.0995	1.0826
8	1	1.1112	0.3162	8	1	5.1117	11.9607	8	1	4.7743	18.1510
	2	0.9754	0.2979		2	1.0639	2.9365		2	0.6991	3.1353
	3	0.7202	0.2621		3	0.3439	1.4206		3	0.2153	1.4449
	4	0.3728	0.2087		4	0.0885	1.0407		4	0.0547	1.0461
10	1	1.0215	0.2650	10	1	6.3648	18.3695	10	1	5.9618	28.0376
	2	0.9393	0.2549		2	1.3582	4.3453		2	0.8947	4.6644
	3	0.7815	0.2351		3	0.4822	1.9440		3	0.3023	1.9858
	4	0.5604	0.2059		4	0.1994	1.2520		4	0.1233	1.2614
	5	0.2883	0.1665		5	0.0563	1.0263		5	0.0347	1.0294
BUTTERWORTH Filter:				TSCHEBYSCHIEFF Filter mit 1.0 dB Welligkeit				TSCHEBYSCHIEFF Filter mit 3.0 dB Welligkeit			
Grad	Teilfilter	b1	b2	Grad	Teilfilter	b1	b2	Grad	Teilfilter	b1	b2
2	1	1.4142	1.0000	2	1	1.3022	1.5515	2	1	1.0650	1.9305
4	1	1.8478	1.0000	4	1	2.5904	4.1301	4	1	2.1853	5.5339
	2	0.7654	1.0000		2	0.3039	1.1697		2	0.1964	1.2009
6	1	1.9319	1.0000	6	1	3.8437	8.5529	6	1	3.2721	11.6773
	2	1.4142	1.0000		2	0.6292	1.9124		2	0.4077	1.9873
	3	0.5176	1.0000		3	0.1296	1.0766		3	0.0815	1.0861
8	1	1.9616	1.0000	8	1	5.1019	14.7608	8	1	4.3583	20.2948
	2	1.6629	1.0000		2	0.8916	3.0426		2	0.5791	3.1808
	3	1.1111	1.0000		3	0.2806	1.4334		3	0.1765	1.4507
	4	0.3902	1.0000		4	0.0717	1.0432		4	0.0448	1.0478
10	1	1.9754	1.0000	10	1	6.3634	22.7468	10	1	5.4449	31.3788
	2	1.7820	1.0000		2	1.1399	4.5167		2	0.7414	4.7363
	3	1.4142	1.0000		3	0.3939	1.9665		3	0.2479	1.9952
	4	0.9080	1.0000		4	0.1616	1.2569		4	0.1008	1.2638
	5	0.3129	1.0000		5	0.0455	1.0277		5	0.0283	1.0304

Die Übungen in dem Buch sind in 11 Kapitel gegliedert. Die einzelnen Experimente bauen aufeinander auf und sollten deshalb in der vorgegebenen Reihenfolge erarbeitet werden. So beginnt das erste Kapitel mit Signalerzeugung und Konvolution. Neben den vorgegebenen Beispielen werden auch weitere Aufgaben gestellt und jeweils Querverweise auf die entsprechenden Passagen in den einschlägigen Lehrbüchern gegeben.

In den nächsten Kapiteln werden die Z-Transformation, Systemfunktionen, Pole/Nullstellen und Impulsantworten von digitalen Filtern behandelt. Ein Design-Programm für digitale Filter ist ebenfalls in der DSPlay-Software enthalten. Sowohl IIR- als auch FIR-Filter mit 3 bis 256 Taps können nach verschiedenen Design-Methoden berechnet werden. Die Durchlaßcharakteristik und der Phasengang können nach der

Berechnung der Filterkoeffizienten grafisch dargestellt und ausgemessen werden. Die Koeffizienten können anschließend gespeichert und in einem Filterblock eines Flowgrams verwendet werden.

Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit linearphasigen Filtern, Amplitudenmodulation, Fouriertransformation sowie verschiedenen Methoden für das Design von Digitalfiltern. Im letzten Kapitel werden schließlich die Auswirkungen von Quantisierungseffekten bei Digitalfiltern behandelt.

Der besondere Vorteil der beigefügten DSPlay-Software liegt darin, daß die Flowgrams innerhalb weniger Minuten modifiziert werden können. So lassen sich die Auswirkungen von Änderungen an der DSP-Applikation in kürzester Zeit feststellen.

Die vollständige Version von DSPlay weist gegenüber der

dem Buch beiliegenden Fassung noch folgende Leistungsmerkmale auf: ein mathematischer Koprozessor (8087/287) wird unterstützt und läßt die Simulation deutlich schneller laufen. Zusätzlich zu den vorhandenen Funktionsblöcken kann der Anwender eigene Blöcke in Turbo Pascal erstellen. Darüberhinaus ist es möglich, auch mit 'realen' Signalen zu arbeiten, da die Vollversion von DSPlay auch die Analog-Ein/Ausgabe über das PCI-20000-System von Burr-Brown ermöglicht. Während das DSPlay-Programm alle DSP-Applikationen auf dem PC simuliert, ermöglicht die Version DSPlay/XL zusammen mit einer Signalprozessor-Einsteckkarte für den PC auch DSP-Anwendungen in Echtzeit. Aus den Flowgrams wird dabei direkt ausführbarer Code für den Fließkomma-Signalprozessor DSP32 von AT&T erzeugt. Für die DSP-Platine stehen auch Platinen zur Analog- und Digi-

tal-Ein/Ausgabe zur Verfügung, unter anderem 16-Bit-A/D- und D/A-Wandler mit 150 kHz Abtastrate speziell für Audioanwendungen.

Für die dem Buch beiliegende DSPlay-Software wird ein IBM-kompatibler PC/XT/AT/386 mit 512 kB RAM und CGA-, EGA- oder VGA-Grafikadapter benötigt. Über einen Epson-kompatiblen Grafikdrucker können die Flowgrams und die grafischen Darstellungen der Signale auch ausgedruckt werden.

Jochen Weiland

*New Jersey 1989
Kamas, Lee
Digital Signal Processing
Experiments
103 Seiten, eine Diskette
DM 79,—
Burr-Brown
International GmbH
7024 Filderstadt
ISBN 0-13-212853-5*

Die Koeffizienten a_0 , a_1 und a_2 legen den Filtertyp fest. Für Bandpaßfilter kann auch die Filtergüte Q vorgegeben werden, indem man a_1 und b_1 durch die gewünschte Güte di-

vidiert. Je größer die Güte des Bandpasses, desto steiler fallen die Flanken rechts und links der Resonanzfrequenz ab. Die ermittelten digitalen Filterkoeffizienten A_0 bis A_2 und B_0 bis

B_2 können direkt in den angegebenen Filterschaltungen verwendet werden.

Der entscheidende Nachteil der IIR-Filter war, daß durch die vorhandene Rückkopplung Stabilitätsprobleme auftreten. Es liegt natürlich der Gedanke nahe, einfach auf alle Rückkopplungen zu verzichten. Die Frage ist aber, ob dann überhaupt noch eine Filterwirkung möglich ist.

Nichtrekursive Digitalfilter werden in der deutschsprachigen Literatur auch als Trans-

versalfilter und in der angelsächsischen Literatur als Finite Impulse Response Filter oder kurz FIR-Filter bezeichnet (siehe Bild 25). FIR-Filter sind IIR-Filter, bei denen die Koeffizienten B_n alle gleich Null sind, also Spezialfälle von IIR-Filtern. Es gibt eine einfache und anschauliche Möglichkeit, um FIR-Filter zu berechnen. Wird auf ein Filter ein Einheitsimpuls (nur ein Eingangswert ist 1,0, alle anderen sind 0) gegeben, so erscheint am Ausgang eine Impulsantwort. Man stelle nun fest, daß die Werte der Impulsantwort genau den benötigten Koeffizienten entsprechen.

Nun ist es aber in der Praxis so, daß nicht die Impulsantwort, sondern der Frequenzgang des Filters vorgegeben ist. Zum Glück gibt es aber noch die Fourier-Transformation, die aus dem Frequenzgang die Impulsantwort liefern kann. Als Beispiel dient ein idealer Tiefpaß, der aus Symmetriegründen allerdings auf negative Frequenzen erweitert wurde. Das hat für die Praxis keine Auswirkungen, sondern nur mathematische Gründe (Bild 26).

Die Funktion (Bild 27) ist vom $\sin(x)/x$ -Typ und hat an der

elrad 1989, Heft 6

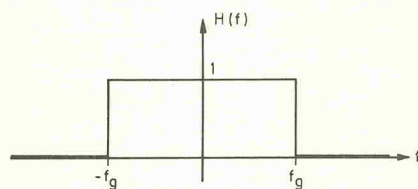
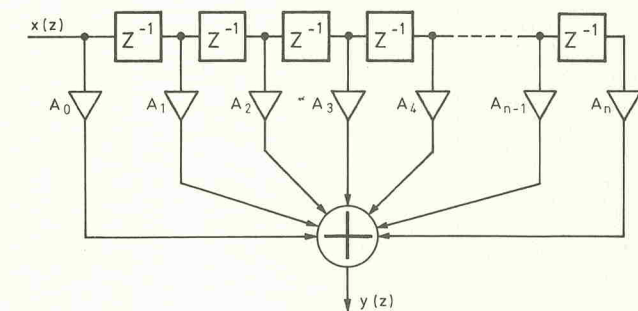


Bild 26. Die Fourier-Transformation liefert die FIR-Koeffizienten (rechts) aus dem vorgegebenen Frequenzgang (oben).

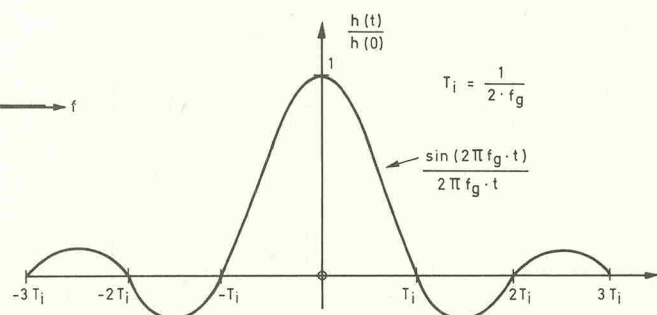


Bild 25. Ein FIR-Filter kommt völlig ohne Rückkopplung aus.

Koeffizienten: FIR-Tiefpaß

$$a(k) = \begin{cases} \frac{\sin\left(\left(k - \frac{N}{2}\right) \cdot \omega_g \cdot T\right)}{\left(k - \frac{N}{2}\right) \cdot \pi} & ; k \neq \frac{N}{2} \\ \frac{\omega_g \cdot T}{\pi} & ; k = \frac{N}{2} \end{cases} \quad N \text{ ungerade}$$

Hamming-Window

$$w(k) = 0,54 + 0,46 \cdot \cos \frac{2\pi k}{N-1}$$

Stelle Null den Grenzwert 1,00. N ist die Anzahl der Filterschritte, oft auch Taps genannt, die ungerade sein muß. Die Impulsantwort hat unendlich viele von Null verschiedene Ausgangswerte. Da für das

FIR-Filter aber nur N Werte verwendet werden, tritt natürlich eine Veränderung des Frequenzganges auf. Dabei tritt ein Überschwingen kurz vor dem Übergang vom Durchlaß in den Sperrbereich auf.

Bild 27.

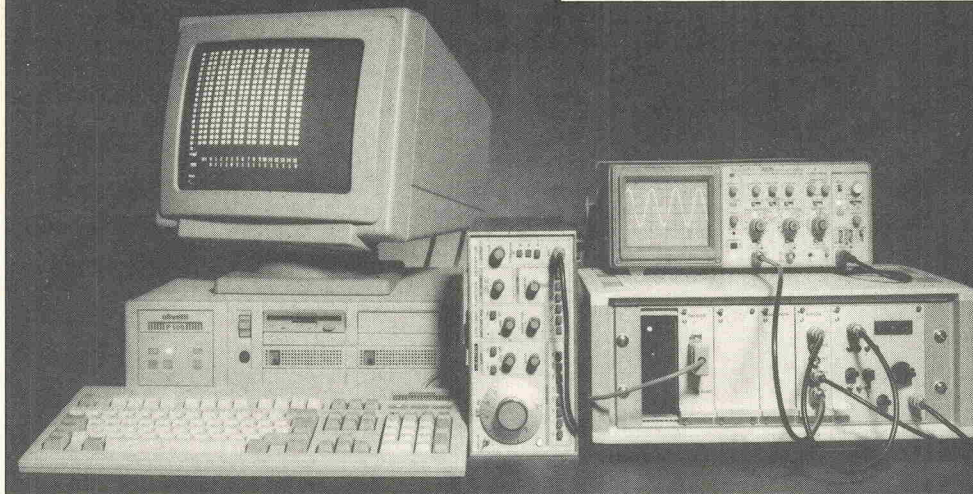
Dieses Überschwingen wird in der Nachrichtentechnik als Gibbssches Phänomen bezeichnet. Durch die Fensterung (englisch windowing) kann man diesen sehr störenden Einfluß verringern oder sogar beseitigen. Fenster sind bestimmte Funktionen, mit denen die Fourier-Koeffizienten (bezie-

hungsweise Filterkoeffizienten) multipliziert werden, um die endliche Anzahl von Koeffizienten auszugleichen. Sehr gebräuchlich ist das Hamming-Window.

Allgemein gilt, daß ein FIR-Filter immer einen linearen Phasengang aufweist. Dies stimmt nur bedingt. Die Koeffizienten müssen dazu bestimmte Bedingungen erfüllen. Eine Möglichkeit ist, die Koeffizienten symmetrisch zur 'Filtermitte' anzuordnen. Liegt zum Beispiel ein FIR-Filter mit 6 Stufen vor, so muß: A0=A6, A1=A5, A2=A4 und A3=A3 sein.

(wird fortgesetzt)

PC an DSP . . .



Wie in den vorangegangenen Folgen des kurzen Prozesses schon des öfteren angeführt ist das DSP-System über eine V.24-Schnittstelle steuerbar. Hier nun eine Liste der Kommandos, die in der fertigen Terminalsoftware benutzt werden, sowie die jeweils dazugehörigen Protokolle.

Kommando: **Load**

Wirkung: Laden eines Programmes vom PC in den Programmspeicher des DSP-Systems.

Syntax: Load Laufwerk:Programm
Laufwerk: A...F (keine Angabe: Laufwerk A:).
Name ohne Extension: Filetype .OBJ.

Protokoll: PC=>DSP
10h; Highbyte Startadresse; Lowbyte Startadresse;
Programmopcode in ASCII; 17h (Abschluß).

Beispiel: Das Programm 'Dummy' soll übertragen und ab Adresse 0 im Programmspeicher abgelegt werden.

Mnemonic

ZAC

B 0

END

Übertragung:

10h;00h;00h;37h;46h;38h;39h;46h;39h;30h;30h;
30h;30h;30h;30h;17h

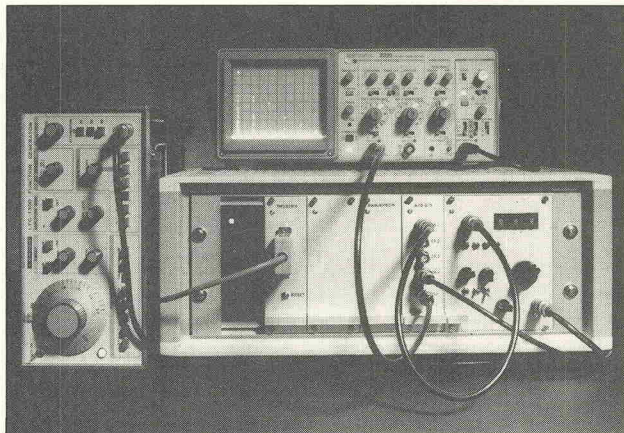
Opcode

7F89h

F900h 0000h

Kommando: **Fill**

Wirkung: Ein Programmspeicherbereich kann mit bestimmten Werten geladen werden.



Syntax: Fillx,y=z
x=Startadresse, y=Länge, z=Wert

Protokoll: PC=>DSP
70h; a; b; c; d; e; f
DSP=>PC
17h (Ende)
a=Highbyte Startadresse
b=Lowbyte Startadresse
c=Highbyte Länge
d=Lowbyte Länge
e=Highbyte Wert
f=Lowbyte Wert

Beispiel: Der Programmspeicherbereich 0h...100h soll mit dem Wert 55DDh geladen werden.
Fill0,100=55DD
PC=>DSP
70h;00h;00h;00h;01h;00h;55h;DDh
DSP=>PC
17h

Kommando: **Test**

Wirkung: Der Inhalt einer Speicherstelle wird angezeigt und kann verändert werden.

Syntax: Testx
x=Speicherstelle

Protokoll: PC=>DSP
60h; x; y; 19h
DSP=>PC
Inhalt der Speicherstelle in ASCII; 17h
PC=>DSP
61h; a; b; 19h
DSP=>PC
Inhalt der nächsten Speicherstelle; 17h

x=Highbyte Speicheradresse
y=Lowbyte Speicheradresse
a=Highbyte neuer Wert
b=Lowbyte neuer Wert

Beispiel: Die Werte der Speicherstellen 1234h...1237h sind 4711h...4714h.
Test1234
PC=>DSP
60h; 12h; 34h; 19h
TMS=>PC
34h; 37h; 31h; 31h; 17h

Es wird nun nach dem neuen Wert gefragt (New Value). Trägt man hier beispielsweise ABCD ein, geht die Übertragung folgendermaßen weiter:

PC=>DSP
61h; ABh; CDh; 19h
DSP=>PC
34h; 37h; 31h; 32h; 17h

Es können also fortlaufend Speicherplätze beschrieben werden.
<CR> bei New Value führt zum Abbruch.

Kommando: **Dump**

Wirkung: Der Inhalt eines Arbeitsspeicherbereiches wird auf dem Bildschirm angezeigt.

Syntax: Dumpx,y
x=Startadresse, y=Länge des Dump

Protokoll: PC=>DSP
30h; v; w; x; y; 19h
DSP=>PC
1. Speicherstelle in ASCII
PC=>DSP
19h
DSP=>PC
2. Speicherstelle in ASCII
PC=>DSP
19h
DSP=>PC
Letzte Speicherstelle; 17h

Beispiel: Die Speicher 1234h...1237h haben die Inhalte 4711h...4714h.

Dump1234,4
PC=>DSP
30h; 12h; 34h; 00h; 04h; 19h
DSP=>PC
34h; 37h; 31h; 31h
PC=>DSP
19h
.
.
.
DSP=>PC
34h; 37h; 31h; 34h; 17h

Kommando: **Register**

Wirkung: Der Datenspeicherbereich wird auf dem Bildschirm angezeigt.

Syntax: Reg

Protokoll: PC=>DSP
38h; 19h
DSP=>PC
Datenspeicher 0 in ASCII
PC=>DSP
19h
DSP=>PC
Datenspeicher 1 in ASCII
PC=>DSP
19h
.
.
.
DSP=>PC
Datenspeicher 143 in ASCII; 17h

<p>Kommando: Input</p> <p>Wirkung: Ein Eingangsport wird permanent gelesen und als 16-Bit Binärwert angezeigt.</p> <p>Syntax: Inpx x = 0...7</p> <p>Protokoll: PC => DSP 40h; x DSP => PC aktueller Portwert in ASCII PC => DSP 19h DSP => PC aktueller Portwert in ASCII PC => DSP 19h Wird ein neues Kommando vom PC empfangen bricht das DSP-System die Übertragung ab. DSP => PC 17h</p> <p>Kommando: Output</p> <p>Wirkung: Übergabe eines Wertes an einen Ausgangsport.</p> <p>Syntax: Outx,y x = Portadresse, y = Ausgabewert</p> <p>Protokoll: PC => DSP 50h; x; y; z x = 0...7, y = Highbyte Wert, z = Lowbyte Wert</p>	<p>Kommando: End</p> <p>Wirkung: Rückkehr zum Betriebssystem.</p> <p>Syntax: End</p> <p>Kommando: Dram</p> <p>Wirkung: Anzeige von Speicherbereichen der Speicherkarte</p> <p>Syntax: Dramx,y x = Startadresse des Dump, y = Länge des Dump</p> <p>Protokoll: Siehe In- und Output-Befehle</p> <p>Beispiel: Die Speicherstellen 23456h und 23457h haben die Werte 4711h und 4712h Dram23456,2 PC \geq DSP 50h; 06h; 00h; 02h; 50h; 05h; 34h; 56h; 40h; 07h DSP \geq PC 34h; 37h; 31h; 31h PC \geq DSP 21h DSP \geq PC 17h PC \geq DSP 50h; 05h; 34h; 57h; 40h; 07h DSP \geq PC 34h; 37h; 31h; 32h PC \geq DSP 21h DSP \geq PC 17h</p>
<p>Kommando: Bio</p> <p>Wirkung: Die 16 BIO-Eingänge werden permanent auf dem Bildschirm angezeigt.</p> <p>Syntax: Bio</p> <p>Protokoll: PC => DSP 48h siehe Input-Befehl</p> <p>Kommando: Run</p> <p>Wirkung: Das im Speicher befindliche Programm wird gestartet.</p> <p>Syntax: Run</p> <p>Protokoll: PC => DSP 20h</p> <p>Kommando: Halt</p> <p>Wirkung: Das laufende Programm wird unterbrochen.</p> <p>Syntax: Halt</p> <p>Protokoll: PC => DSP 21h</p> <p>Kommando: Com</p> <p>Wirkung: Wahl eines von vier seriellen Ausgabeports des PCs.</p> <p>Syntax: Comx x = 1...4</p>	<p>Kommando: Fram</p> <p>Wirkung: Speicherbereiche auf der Speicherkarte füllen</p> <p>Syntax: Framx,y=z x = Startadresse, y = Länge der Operation, z = Wert</p> <p>Protokoll: Siehe In- und Output-Befehle</p> <p>Beispiel: Die Speicherstellen 23456h und 23457h sollen mit 4711h gefüllt werden Fram23456,2=4711 PC \geq DSP 50h; 06h; 00h; 02h; 50h; 05h; 34h; 56h; 50h; 07h; 47h; 11h; 50h; 06h; 00h; 02h; 50h; 05h; 34h; 57h; 50h; 07h; 47h; 11h</p> <p>Kommando: Tram</p> <p>Wirkung: Der Inhalt einer Speicherstelle der RAM-Karte kann abgefragt und verändert werden (siehe Test-Befehl)</p> <p>Syntax: Tramx x = Adresse</p> <p>Protokoll: Es werden die In- und Output-Befehle verwendet.</p>

Nachträge und Berichtigungen

● Im Bestückungsplan Bild 4 (Heft 3/89, Seite 21) ist der DIL-Schalter J1 als IC eingezeichnet, was eigentlich nicht schlimm ist, er muß nur um 180° gedreht werden.

● In Tabelle 1 (Heft 3/89, Seite 22) — es geht um die Einstellung der Übertragungsgeschwindigkeiten — handelt es sich zum einen um Baudraten mit der Einheit kBit/s, zum anderen ist die Geschwindigkeit der Schalterstellungen 'sonst' 9,6 kBit/s.

● In Heft 4/89 Seite 30 wurden die DIL-Schalterstellungen für den Aufruf des Programmes OSZ.OBJ invers angegeben. Die richtigen Stellungen sind: Schalter 5...8, 1000.

● Sowohl auf der A/D-D/A-Wandlertarte (Heft 4/89, Seite 31, Bild 11), als auch auf der Erweiterungskarte (Bild 13) müssen Brücken eingelötet werden. Bild 28 zeigt wo sie hingehören.

● Auf der A/D-D/A-Wandlertarte (Heft 4/89, Seite 31) sind die ICs 16 und 19 um 180° gedreht einzusetzen.

● Der Anschluß der Bedienelemente für den Einsatz des DSP-Systems als Transientenrekorder ist im Schaltbild (Heft 4/89, Seite 30, Bild 12) etwas zu kurz gekommen. Die korrekte Verdrahtung zeigt Bild 29.

● Bild 14 in Teil drei des 'Kurzten Prozesses' (Heft 4/89, Seite 51) sollte die unterschiedliche Programmspeicherorganisation des TMS32010 darstellen. Die richtige Beschriftung zeigt Bild 30.

● In Heft 5/89 Seite 54 sind die Bildnummerierungen der im Text angesprochenen Befehlsformate und Beispielskommandos verloren gegangen. Die Nummerierung ist von oben nach unten: Bild 16...20.

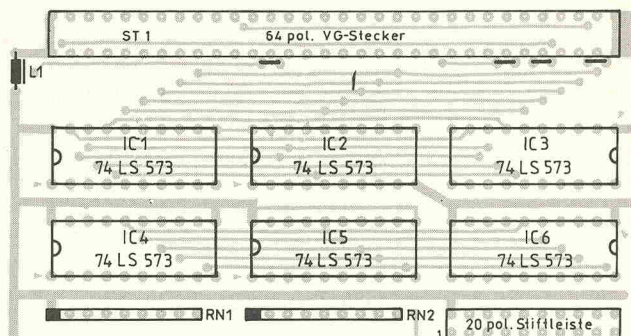


Bild 28. Die Ankoppelung der Ein- und Ausgabeports erfolgt mit Drahtbrücken direkt unterhalb der VG-Leiste. Unten die A/D-D/A-Wandlertarte, oben die Erweiterungskarte.

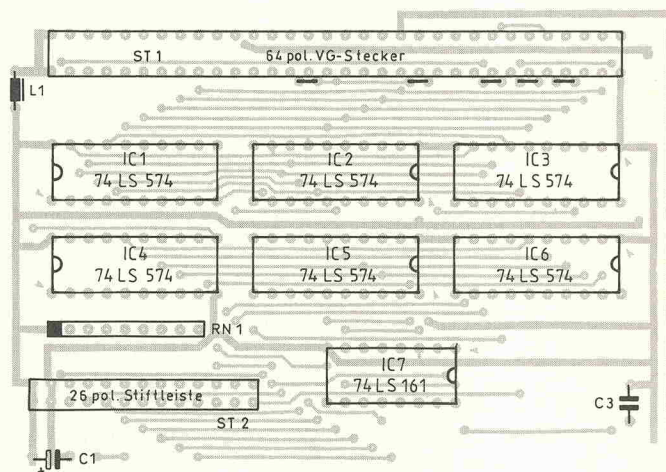


Bild 29

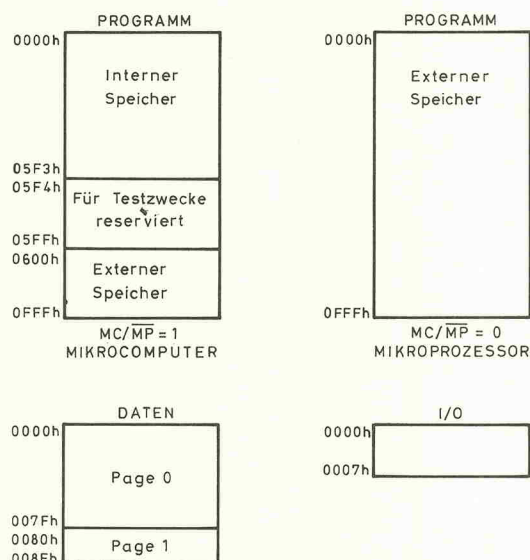
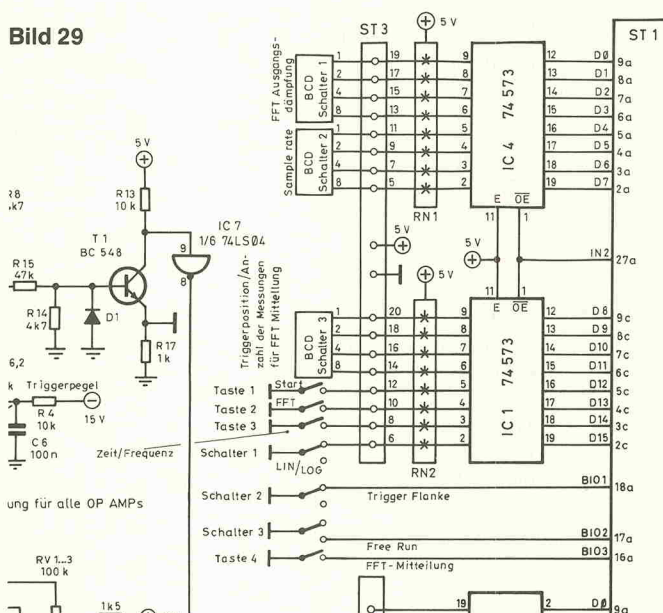
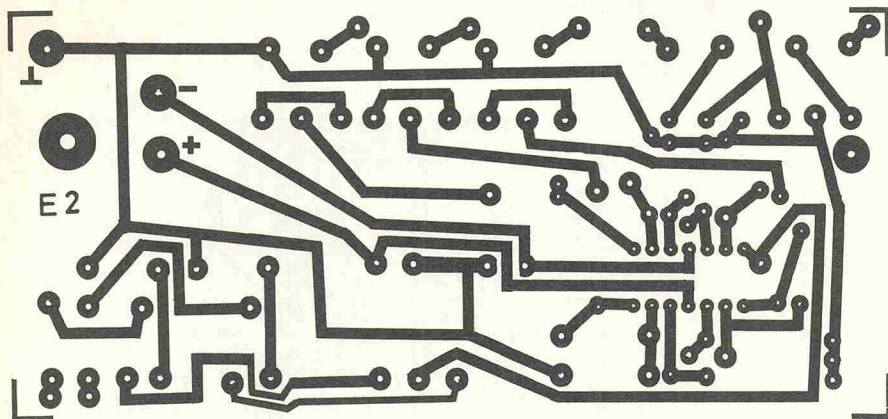
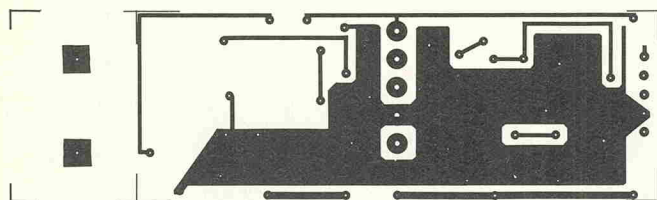


Bild 30

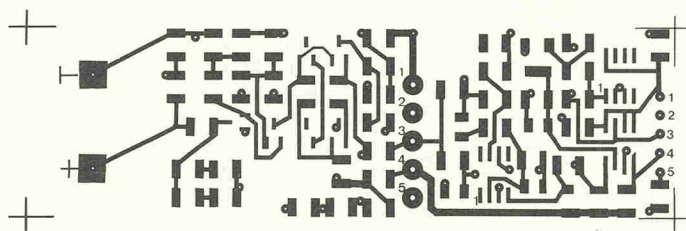
Die Layouts



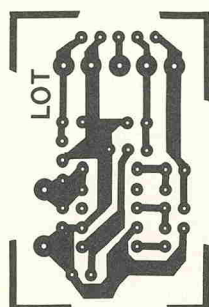
Audio-Cockpit Anpassung Cargo ▲



Szintillations-Detektor-Hauptplatine

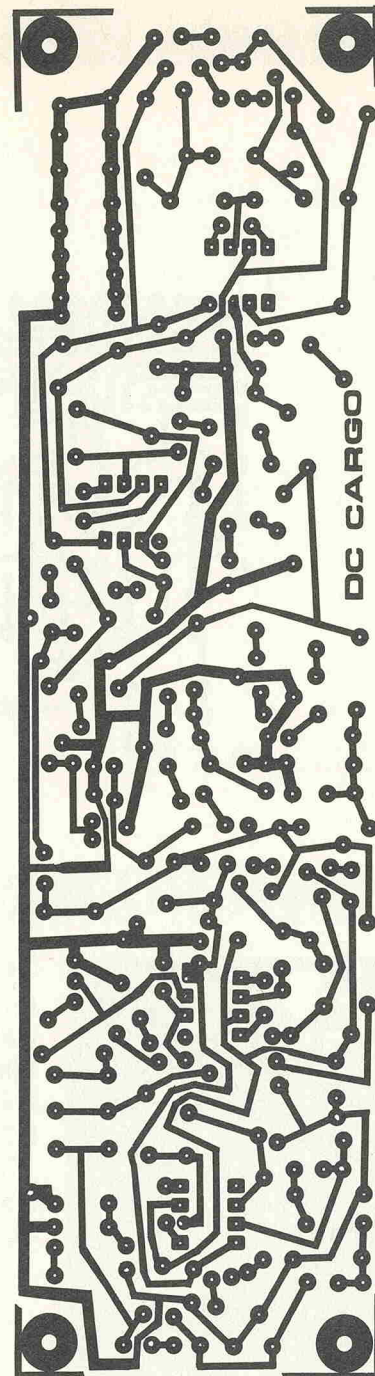
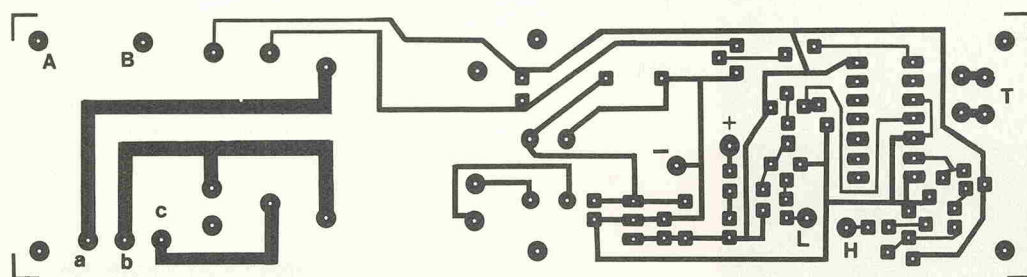


▼ Szintillations-Detektor-DC/DC-Wandler



elrad 1989, Heft 6

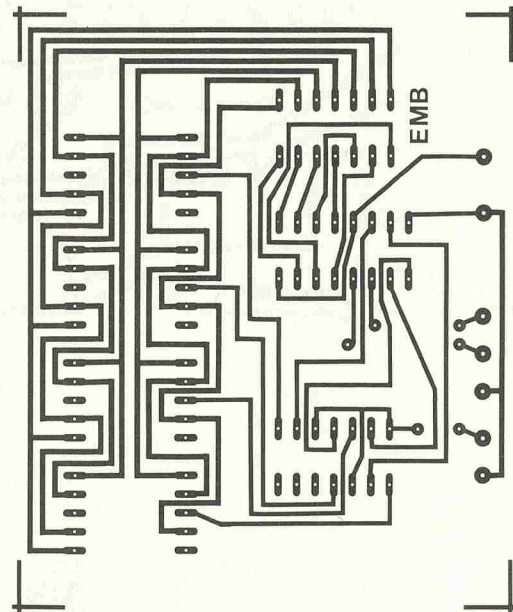
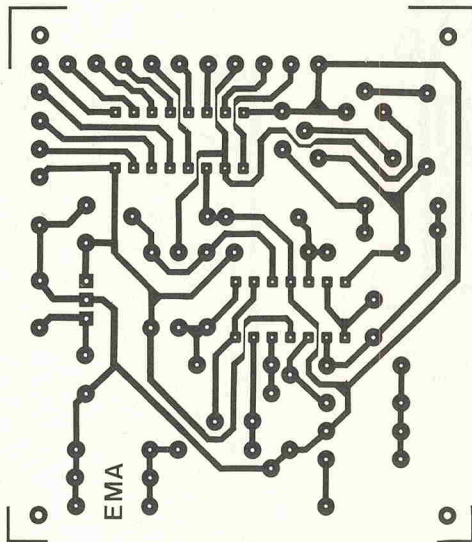
▼ Kühlschrank-Thermostat



▼ Meßplatine

Energiemesser-

Anzeigeplatine ▼



Vorschau auf c't und iX



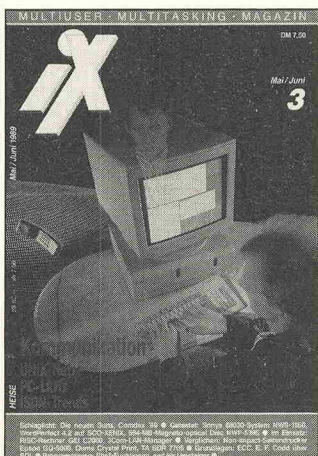
Benutzeroberflächen erleichtern die Handhabung des kärglich auf dem Bildschirm präsenten DOS. 14 dieser „Shells“ hat c't auf Herz und Nieren geprüft.

c't 6/89 — jetzt am Kiosk

Test: 14 Benutzeroberflächen für PCs im Vergleich ★ Hochauflösende Multiscan-Monitore für 1024 x 768 Bildpunkte ★ Grundlagen: RISC-Architekturen ★ Know-how: 387-Power für Turbo-Pascal 5.0 ★ Netzwerksichere DOS-Programme schreiben ★ Btx-Software-Decoder im Vergleich ★ Textverarbeitung auf dem Amiga ★ Recht: Gewährleistungsansprüche ★ u.v.a.m.

c't 7/89 — ab 23. Juni am Kiosk

Report: SX-gestützte Rechnersysteme ★ Programm: Plastische Darstellung komplizierter Molekülstrukturen ★ Know-how: Font-Editor für Amiga ★ Der Levenshtein-Algorithmus ★ u.v.a.m.



Ohne Kommunikationsmöglichkeiten ist eine moderne DV undenkbar. iX beleuchtet, welche Rolle ISDN dabei spielt.

iX 3/89 — jetzt am Kiosk

ISDN und UNIX — der Stand der Dinge ★ Einblick: Marvin C2000 — ein Superrechner im Rechenzentrum ★ Know-how: E. F. Codd über die Mängel von SQL ★ sed-Editor für Umsteiger ★ Schlaglicht: Die neuen Suns, Comdec '89 ★ Getestet: 594-MB-Magneto-optical Disk NWP-539S ★ u.v.a.m.

iX 4/89 — ab 7. Juli am Kiosk

Hypertext und Hypermedia — die neuen Informationsstrukturen jetzt auch unter UNIX ★ Formulardrucker — Eindruck auf allen Medien ★ C-Geschichte(n) — woher C kommt, wohin C geht ★ Ultrix vs. VMS — Gemeinsamkeiten und Unterschiede von DEC's VAX-Betriebssystemen ★ u.v.a.m.

— Änderungen vorbehalten —

Augsburg

CITY-ELEKTRONIK B. Rothgänger
Schertlinstr. 12a, 8900 Augsburg
Tel. (08 21) 59 42 97

Bekannt durch ein breites Sortiment zu günstigen Preisen.

Jeden Samstag Fundgrube mit Bastlerraritäten.

Berlin

Art RADIO ELEKTRONIK

1 BERLIN 44, Postfach 225, Karl-Marx-Straße 27
Telefon 0 30/6 23 40 53, Telex 1 83 439
1 BERLIN 10, Stadtverkauf, Kaiser-Friedrich-Str. 17a
Telefon 3 41 66 04

CONRAD ELECTRONIC

Telefon: 030/261 7059
Kurfürstenstraße 145, 1000 Berlin 30

Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-
elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

GEMEINHARDT

LAUTSPRECHER + ELEKTRONIK
Kurfürstenstraße 48A · 1000 Berlin 42/Mariendorf
Telefon: 0 30/7 05 20 73

WAB

OTTO-SUHR-ALLEE 106 C
1000 BERLIN 10
(030) 341 55 85
..IN DER PASSAGE AM RICHARD-WAGNER-PLATZ
.....GEÖFFNET MO-FR 10-18, SA 10-13
ELEKTRONISCHE BAUTEILE · FACHLITERATUR · ZUBEHÖR

Bielefeld

ELEKTRONIK-BAUELEMENTE-MESSGERÄTE

alpha electronic

A. Berger GmbH & Co. KG
Heeper Str. 184
4800 Bielefeld 1
Tel.: (05 21) 32 43 33
Telex: 9 38 056 alpha d

ELECTRONIC
VOLKNER

DER FACHMARKT

4800 Bielefeld
Taubenstr./Ecke Brennerstr. · Telefon 05 21/2 89 59

Braunschweig

BAUELEMENTE DER ELEKTRONIK
Dipl.-Ing. Jörg Bassenberg
Nußbergstraße 9, 3300 Braunschweig, Tel.: 05 31/79 17 07

ELECTRONIC

VOLKNER

DER FACHMARKT

3300 Braunschweig

Zentrale und Versand:

Marienberger Str. 10 · Telefon 05 31/87 62-0
Telex: 952 547

Ladengeschäft:

Sudetenstr. 4 · Telefon 05 31/5 89 66

Bremen

ELECTRONIC

VOLKNER

DER FACHMARKT

2800 Bremen

Hastedter Heerstraße 282/285 · Tel. 04 21/4 98 57 52

Spulen, Quarze, Elektronik-Bauteile, Gehäuse, Funkgeräte:

Andy's Funkladen

Admiralstraße 119, 2800 Bremen, Tel. 04 21 / 35 30 60

Ladenöffnungszeiten: Mo.-Fr. 8.30-12.30, 14.30-17.00 Uhr.
Sa. 10.00-12.00 Uhr. Mittwochs nur vormittags.

Bauteile-Katalog: DM 2,50 CB/Exportkatalog DM 5,50

Dietzenbach

FW Electronic

- Japanische IC's
- Japanische Transistoren
- Japanische Quarze
- Quarz-Sonderanfertigungen
- Funkgeräte und Zubehör
- dnt-Satelliten-Systeme

F. Wicher Electronic

Inh.: Friedrich Wicher

Groß- und Einzelhandel

Gallische Str. 1 · 6057 Dietzenbach 2
Tel. 0 60 74/3 27 01

Dortmund

city-elektronik

Elektronik · Computer · Fachliteratur

Güntherstraße 75 · 4600 Dortmund 1

Telefon 02 31/57 22 84

Qualitäts-Bauteile für den
anspruchsvollen Elektroniker
Electronic am Wall
4600 Dortmund 1, Hoher Wall 22
Tel. (02 31) 1 68 63

KELM electronic & HOMBERG

4600 Dortmund 1, Leuthardstraße 13
Tel. 02 31/52 73 65

ELECTRONIC

VOLKNER

DER FACHMARKT

4600 Dortmund

Westenhellweg 70, Tel. (02 31) 14 94 22
im Hause „Saturn-Hansa“, Untergeschoß

Düsseldorf

ELECTRONIC

VOLKNER

DER FACHMARKT

4000 Düsseldorf 1

Oststraße 15, Rückseite Kaufhof am Wehrhahn
Tel. (02 11) 35 34 11, Eröffnung Mitte März '88

Duisburg

Preuß-Elektronik

Schelmweg 4 (verlängerte Krefelder Str.)

4100 Duisburg-Rheinhausen

Ladenlokal+Versand * Tel. 02135-22064

FUNK-SHOP I. Kunitzki

Asterlager Str. 98, Telefon 02135/63333
4100 Duisburg-Rheinhausen

Bauteile, Bausätze, Funkgeräte

Essen

CONRAD ELECTRONIC

Telefon: 0201/23 80 73

Viehhofer Straße 38 - 52, 4300 Essen 1

Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-
elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

KELM electronic & HOMBERG

4300 Essen 1, Vereinstraße 21

Tel. 0201/23 45 94

Frankfurt

Art Elektronische Bauteile

6000 Frankfurt/M., Braubachstr. 1

Telefon 0 69/29 53 21, Telefax 0 69/28 53 62

ELECTRONIC
VOLKNER

DER FACHMARKT

6000 Frankfurt

Bornheim, Berger Str. 125-129

Tel. (069) 4960658, im Hause „Saturn-Hansa“

Freiburg



Fa. Algaier + Hauger
Bauteile — Bausätze — Lautsprecher — Funk
Platinen und Reparaturservice
Eschholzstraße 58 · 7800 Freiburg
Tel. 07 61/27 47 77

Gelsenkirchen

Elektronikbauteile, Bastelsätze



Inh. Ing. Karl-Gottfried Blindow
465 Gelsenkirchen, Ebertstraße 1—3

Giessen

**Armin elektronische
Hartel Bauteile
und Zubehör**

Frankfurter Str. 302 ☎ 06 41/25177
6300 Giessen

Hagen



**Electronic
Handels GmbH**

5800 Hagen 1, Elberfelder Straße 89
Telefon 0 23 31/214 08

Hamburg

**balü[®]
electronic**

Handelsgesellschaft mbH & Co. KG
2000 Hamburg 1 · Burchardstraße 6 · Sprinkenhof
Telefon (0 40) 33 03 96 + 33 09 35
Telefax (0 40) 33 60 70

**CONRAD
ELECTRONIC**

Telefon: 0 40 / 29 17 21
Hamburger Str. 127, 2000 Hamburg 76
Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-
elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

ELECTRONIC
VOLKNER
DER FACHMARKT

2000 Hamburg
Wandsbeker Zollstr. 5 · Telefon 0 40/6 52 34 56

Hannover

RADIO MENZEL

Elektronik-Bauteile u. Geräte

3000 Hannover 91 · Limmerstr. 3—5
Tel. 05 11/44 26 07 · Fax 05 11/44 36 29

ELECTRONIC
VOLKNER
DER FACHMARKT

3000 Hannover
Ihme Fachmarktzentrum 8c · Telefon 05 11/44 95 42

Heilbronn

KRAUSS elektronik

Turmstr. 20, Tel. 0 71 31/68 191
7100 Heilbronn

Hirschau

**CONRAD
ELECTRONIC**

Hauptverwaltung und Versand
8452 Hirschau · Tel. 09622/30-111
Telex 63 12 05
Europas größter
Elektronik-Spezialversender
Filialen:
2000 Hamburg 76, Hamburger Str. 127, Tel.: 040/29 17 21
4300 Essen 1, Viehofer Str. 38-52, Tel.: 0201/23 80 73
8000 München 2, Schillerstraße 23 a, Tel.: 089/59 21 28
8500 Nürnberg 70, Leonhardstraße 3, Tel.: 0911/26 32 80
Conrad Electronic Center GmbH & Co. in:
1000 Berlin 30, Kurfürstenstr. 145, Tel.: 030/ 261 70 59

Kaiserslautern

HRK-Elektronik

Bausätze · elektronische Bauteile · Meßgeräte
Antennen · Rdf u. FS Ersatzteile
Logenstr. 10 · Tel.: (06 31) 6 02 11

Kassel

ELECTRONIC
VOLKNER
DER FACHMARKT

3500 Kassel 1
Königstor 52 · Tel. (05 61) 77 93 63

Kaufbeuren



JANTSCH-Electronic
8950 Kaufbeuren (Industriegebiet)
Pörschstraße 26, Tel.: 0 83 41/1 42 67
Electronic-Bauteile zu
günstigen Preisen

Kiel

BAUELEMENTE DER ELEKTRONIK

Dipl.-Ing.
Jörg Bassenberg
Weißenburgstraße 38, 2300 Kiel

Köln



ELECTRONIC
VOLKNER
DER FACHMARKT

5000 Köln
Bonner Straße 180 · Telefon 02 21/37 25 95

Lünen



4670 Lünen, Kurt-Schumacher-Straße 10
Tel. 0 23 06/6 10 11

Mannheim

ELECTRONIC
VOLKNER
DER FACHMARKT

6800 Mannheim 1
L 13 3-4, schräg gegenüber dem Hauptbahnhof
Tel. (06 21) 2 15 10



**SCHAPPACH
ELECTRONIC**
S6, 37
6800 MANNHEIM 1

Mönchengladbach

Brunenberg Elektronik KG

Lürriper Str. 170 · 4050 Mönchengladbach 1
Telefon 021 61/44 21
Limitenstr. 19 · 4050 Mönchengladbach 2
Telefon 021 66/42 04 06

Moers



**NÜRNBERG-
ELECTRONIC-
VERTRIEB**

Uerdinger Straße 121
4130 Moers 1
Telefon 0 28 41 / 3 22 21

München

**CONRAD
ELECTRONIC**

Telefon: 089/59 21 28
Schillerstraße 23 a, 8000 München 2

Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-
elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur



RADIO-RIM GmbH
Bayerstraße 25, 8000 München 2
Telefon 089/55 72 21
Telex 529 166 rarim-d
Alles aus einem Haus

Münster

Elektronikladen
Giesler & Danne GmbH
HF-Spezialbauteile
Hammer Str. 157, 4400 Münster
Telefon (02 51) 7 95 - 1 25

Neumünster

Visaton, Lowther, Sinus

Frank von Thun

Johannisstr. 7, 2350 Neumünster
Telefon 043 21/4 48 27
Neue Straße 8—10, 2390 Flensburg
Telefon 04 61/138 91



Nürnberg

Radio-TAUBMANN

Vordere Sternstraße 11 · 8500 Nürnberg
Ruf (09 11) 22 41 87
Elektronik-Bauteile, Modellbau,
Transformatorbau, Fachbücher

Rauch Elektronik

Elektronische Bauteile, Wire-Wrap-Center,
OPPERMANN-Bausätze, Trafos, Meßgeräte
Ehemannstr. 7 — Telefon 09 11/46 92 24
8500 Nürnberg

Oldenburg

e — b — c utz kohl gmbh
Elektronik-Fachgeschäft
Alexanderstr. 31 — 2900 Oldenburg
04 41/8 21 14

Elektronik-Fachgeschäft

**REICHEL
ELEKTRONIK**

Kaiserstraße 14
2900 OLDENBURG 1
Telefon (04 41) 1 30 68
Telefax (04 41) 1 36 88

Stuttgart

**Worch
Elektronik GmbH**

Heiner Worch Ing. grad.
Groß- und Einzelhandel elektronischer Bauelemente
Neckarstraße 86, 7000 Stuttgart 1
Telefon (07 11) 28 15 46 · Telex 7 21 429 penny

ELECTRONIC

VOLKNER
DER FACHMARKT

7000 Stuttgart

Lautenschlagerstr. 5/Ecke Kronenstr.
Tel. (07 11) 29 01 80
(bei Kaufhof — Königstr. — Rückseite)

Wilhelmshaven

Elektronik-Fachgeschäft

**REICHEL
ELEKTRONIK**

MARKTSTRASSE 101 — 103
2940 WILHELMSHAVEN 1
Telefon (0 44 21) 2 63 81
Telefax (0 44 21) 2 78 88

Witten



5810 Witten, Bahnhofstraße 71
Tel. 0 23 02/5 53 31

Wuppertal



**Electronic
Handels GmbH**

5600 Wuppertal-Barmen, Höhe 33 — Rolingswerth 11
Telefon 02 02/59 94 29

Impressum:

elrad
Magazin für Elektronik
Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG
Helstorfer Straße 7
Postfach 610407
3000 Hannover 61
Telefon: 05 11/53 52-0
Telex: 923 173 heise d
Telefax: 05 11/53 52-129
Kernarbeitszeit 8.30—15.00 Uhr

Technische Anfragen nur mittwochs 9.00—12.30 und
13.00—15.00 Uhr unter der Tel.-Nr. (05 11) 5 47 47-0

Postgiroamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968
(BLZ 250 502 99)

Herausgeber: Christian Heise

Chefredakteur: Manfred H. Kalsbach (verantwortlich)

Redaktion: Johannes Knoff-Beyer, Thomas Latzke,
Peter Röbke-Doerr, Hartmut Rogge

Ständige Mitarbeiter: Michael Oberesch, Eckart Steffens

Redaktionssekretariat: Lothar Segner

Technische Zeichnungen: Marga Kellner

Labor: Hans-Jürgen Berndt

Grafische Gestaltung: Wolfgang Ulber (verantw.)
Ben Dietrich Berlin, Karin Buchholz, Dirk Wollschläger

Fotografie: Lutz Reinecke, Hannover

Verlag und Anzeigenverwaltung:

Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG
Helstorfer Straße 7
Postfach 610407
3000 Hannover 61
Telefon: 05 11/53 52-0
Telex: 923 173 heise d
Telefax: 05 11/53 52-129

Geschäftsführer: Christian Heise, Klaus Hausen

Objektleitung: Wolfgang Penseler

Anzeigenleitung: Irmgard Ditzgens (verantwortlich)

Anzeigenverkauf: Werner Wedekind

Disposition: Gerlinde Donner-Zech, Christine Paulsen,
Pia Ludwig, Brigitte Wendelborg

Anzeigenpreise:

Es gilt Anzeigenpreisliste Nr. 11 vom 1. Januar 1989

Vertrieb: Wolfgang Bornschein, Anita Kreutzer

Herstellung: Heiner Nienies

Satz:
Hahn-Druckerei, Im Moore 17, 3000 Hannover 1
Ruf (05 11) 70 83 70

Druck:
C. W. Niemeyer GmbH & Co. KG,
Osterstr. 19, 3250 Hameln 1, Ruf (05 11) 200-0

elrad erscheint monatlich.

Einzelpreis DM 6,80 (s 58,—/sfr 6,80)

Das Jahresabonnement kostet: Inland DM 66,— (Bezugspreis
DM 51,— + Versandkosten DM 15,—), Ausland DM 71,40
(Bezugspreis DM 51,— + Versandkosten DM 20,40), Stu-
dentenenabonnement/Inland DM 55,80 (Bezugspreis DM 40,80
+ Versandkosten DM 15,—), Studentenabonnement/Aus-

land DM 61,20 (Bezugspreis DM 40,80 + Versandkosten DM
20,40). (Nur gegen Vorlage der Studienbescheinigung.) Luft-
post auf Anfrage. (Konto für Abo.-Zahlungen: Verlag Heinz
Heise GmbH & Co KG, Postgiro Hannover, Kt.-Nr. 401 655-
304 (BLZ 250 100 300)). Bezugszeit: Das Abonnement gilt zu-
nächst für 1 Jahr; es verlängert sich, wenn nicht 6 Wochen
vor Ablauf dieses Jahres schriftlich beim Verlag Heinz Heise
gekündigt wird, um ein weiteres Jahr.

Versand und Abonnementsverwaltung:

SAZ marketing services, Gutenbergstr. 1—5, 3008 Garbsen
Tel.: 05 11/400 21 31

Lieferung an Handel (auch für Österreich und die Schweiz):

Verlagsunion Pabel Moewig KG
Postfach 57 07, D-6200 Wiesbaden, Ruf (0 61 21) 266-0

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann
trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber
nicht übernommen werden. Die geltenden gesetzlichen und postali-
schen Bestimmungen bei Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme
von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Die gewerbliche Nutzung, insbesondere der Schaltpläne und ge-
druckten Schaltungen, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des
Herausgebers zulässig. Die Zustimmung kann an Bedingungen ge-
knüpft sein.

Honorare Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages
über. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Mit Über-
gabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Ver-
fasser dem Verlag das Exklusivrecht.

Sämtliche Veröffentlichungen in elrad erfolgen ohne Berücksichti-
gung eines eventuellen Patentschutzes. Warennamen werden ohne
Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany

© Copyright 1989 by Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG

ISSN 0170-1827

Titelidee: elrad

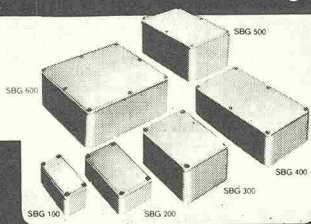
Titelfoto: Lutz Reinecke, Hannover

HAMEG ++ + HAMEG ++ + HAMEG ++ + HAMEG
Kamera für Ossi und Monitor + Laborwagen +
Traumhafte Preise + D.Multimeter ++ ab 108,—
DM ++ + 3 Stck. + ab ++ 98,—DM + D. Multimeter
TRUE RMS ab 450,— DM + F.Generator ++ ab
412,— DM + P.Generator ++ + Testbildgenerator +
Elektron.Zähler + ab 399,— DM + Netzgeräte jede
Preisliste + Meßkabel + Tastköpfe + R,L,C Dekaden
+ Adapter + Stecker + Buchsen + Video +
Audio + Kabel u.v.m. + Prospekt kostenlos + Händleranfragen erwünscht + Bachmeier electronic, 2804
Lilienthal ++ Göbelstr. 54 ++ Telef. ++ + 0 42 98/
49 80. [G]

SÜSSCO-Baby-Gehäuse

haben zahlreiche positive Eigenschaften
und sind durch Groß-Serien für viele Länder
der Welt besonders preiswert.
Abschirmung von passiven und aktiven Filtern,
Schaltungen mit kleinem Störabstand betreffend.
Die Materialzusammensetzung:
Kupfer · Magnesium · Silizium · Eisen · Mangan · Nickel ·
Zink · Blei · Zinn · Titan · Aluminium
garantiert beste Qualität und Wetterfestigkeit!
Vielseitige Einsatzmöglichkeiten in der Elektro- und
Elektronikindustrie. Ideal für NF- und HF-Verstärker,
Oszillatoren, sequentielle und kombinatorische
Digitalschaltungen, Spannungs- Netzteile usw.

SÜSSCO · 2 Hamburg 62



Telefax 0 40 / 5 31 10 25

Oehlheckerring 8-10 · Tel. (0 40) 5 31 10 21 · FS 2 12 202

Platinen Ab 4Pf/cm²µP **Keine Kosten** für Bohrung.
INFO: C. Reinwald, Postfach 1751, 8600 Bamberg. [G]

NEU — Jetzt auch im Rhein-Siegkreis — **NEU** Bestücken und Löten von Elektronik-Bauteilen nach Schaltplan-Bestückungsdruck oder Muster. **Bruno Schmidt, 5210 Troisdorf, Hauptstr. 172, Telefon: 0 22 41/40 11 93, auch nach 17.00 Uhr.** [G]

Effektgeräte für Bühne & Studio in Modulbauweise: Limiter, Noisegate, Parametr. EQ, Exciter, Vor-/Mischverstärker, Frequenzweiche u.v.a. Neuheit: Automatic Loudness. **Aktivbox AR 212: DIE** Kombination aus HiFi-Sound & PA-Power. Infos von **MIK** Elektroakustik, Schwarzwalddstr. 53, 6082 Mörfelden-Walldorf, Tel.: 0 61 05/4 12 46. [G]

Elektronische Bauteile zu Superpreisen! Restposten - Sonderangebote! Liste gratis: Digit, Postfach 37 02 48, 1000 Berlin 37. [G]

Außergewöhnliches? Getaktete Netzteile 5V-75A, Infrarot-Zubehör, Hsp. Netzteile, Geber f. Seismographen, Schreiber, PH-Meßger., Drehstrom u. spez. Motore m. u. o. Getriebe, Leistungs-Thyristoren/Dioden, präz. Druckaufnehmer, Foto-Multiplier. Optiken, Oszilloskope, NF/HF Meßger., XY-Monitore, med. Geräte, pneum. Vorrichtungen, pneum. Ventile, Zylinder etc. u.v.m. gebr. u. preiswert aus Industrie, Wissenschaft u. Medizin. Teilen Sie uns Ihre Wünsche mit, wir helfen. **TRANSOMEGA-ELECTRONICS**, Haslerstr. 27, 8500 Nürnberg 70, Tel. 09 11/42 18 40, Telex 6 22 173 mic — kein Katalogversand. [G]

PLATINEN => ilko · Tel. 43 43 · ab 3 Pf/cm² dpl. 9,5, Mühlenweg 20 · 6589 BRÜCKEN. [G]

8048 Cross-Assembler (MS-DOS) für nur DM 45,— gibt's bei: Frank Schmidt, Violastraße 25, 3550 Marburg. [G]

KKSL Lautsprecher, Celestion, Dynaudio, EV, JBL, Audax, Visaton. PA-Beschallungsanlagen-Verleih, Elektronische Bauteile, 6080 Groß-Gerau, Otto-Wels-Str. 1, Tel. 0 61 52/3 96 15. [G]

Autoradio/Lautsprecher, Frequenzweichen, Fertighäuser, Bausätze. Umfangreicher Katalog gegen 10,— DM (Scheck o. Schein, Gutschrift liegt bei. Händleranfragen erwünscht. **Tännle acoustic**, Schusterstr. 26, 7808 Waldkirch, 0 76 81/33 10. [G]

Platinenfertigung, R. Edelhauser, Dietramszellerstr. 5, 8170 Bad Tölz, Tel. 0 80 41/45 23 oder 26 09, Fax 0 80 41/88 24. [G]

Vollhartmetall LP-Bohrer, US-Multilayerqualität m. Schaftdurchmesser 3,175 mm (1/8") Ø 0,2—0,5 mm 7,50 DM/St., ab 10 St. 6,50 DM/St., Ø 0,6—3,175 mm 4,50 DM/St. ab 10 St. 3,80/St., Versand per Nachnahme + zzgl. Porto. Fa. Technotrol, Petersbergstr. 15, 6509 Gau-Odernheim, Tel. 0 67 33/55 54, Fax 0 67 33/66 68. [G]

Top Angebot: gen. überh. Meßgeräte. 0 95 45/75 23.

Elektronik-Lagerbestandsauflösung Sämtliche Artikel der Elektronik zum Großhandelspreis. Liste unter Tel. 0 93 42/76 85 (Anrufbeantworter) oder schriftlich unter Herold-Elektronik, Am Wartberg 18, 6980 Wertheim anfordern. [G]

Österreich! Bauteile - Bausätze - Computer - Zubehör - Fachliteratur - Sonderangebote! Katalog gratis! JK-Elektronik, Ing. Kloiber, D 6, Postfach 187, 1110 Wien. [G]

Signalverfolger mit Ohrhörer 9 V Batterie DM 40,—, Bausatz DM 29,—. Kaho, Postf. 23 33, 6500 Mainz.

Hilfe: Wer kann mein Digitales-Schlagzeug wieder richtig in Ordnung bringen? Aus Heft: 10/Okttober 1986. Tel. 0 52 21/6 55 92.

Übernahme **Dreh- u. Fräsarbeiten**. Stuebinger, 8380 Landau, Sonderham 3. 0 99 51/67 97. [G]

+++++ **Platinenbestückung** +++++ Wir bestücken ihre Platinen zu einem günstigen Preis. Auch Einstell- und Abgleicharbeiten. Für Industrie und Hobby. Preise auf Anfrage. Axel Sauer, Römerstr. 12, 7057 Winnenden 5. Tel. 0 71 95/6 60 12 ab 16 Uhr. [G]

VERKAUFE ISOLIERTE BECHERELKO ROE 10000µF/63V PREIS Ab 10 Stck.: DM 8,—. **PREIS** UNTER 10 Stck.: DM 10,—. TEL. 0 71 23/2 16 75.

LAUTSPRECHER + LAUTSPRECHERREPARATUR GROSS- und EINZELHANDEL. Peiter 753 Pforzheim, Weiherstr. 25, Telefon 0 72 31/2 46 65, Liste gratis. [G]

Baßverbesserung bei jeder HiFi-Anlage möglich. Unser **SOUND-PROCESSOR** löst die meisten Tiefbaß- und Wohnraumakustikprobleme flexibel und preiswert. Kostenlose Musterlieferung 14 Tage zur Ansicht. Unkomplizierter Anschluß an jeder Stereo- und Beschallungsanlage. Verkaufspreis 278 DM. Informationen kostenlos per Post. Dipl.-Ing. P. Goldt, Bödeckerstr. 43, 3000 Hannover 1, Telefon 05 11/3 48 18 91. [G]

AUDIO-MILLIVOLTMETER SV12C Bausatz-Preisliste kostenlos anford. Baumapfe DIN A4, 22 Seiten, geg. Vorkasse DM 12,50 auf PS-Hann. BLZ 250 100 30/108564-308 od. Volksbank Wolfsb. BLZ 269 910 66 Kto. 320 099 010. Audio-Meßtechn. Walter Schmidt, Wohlbergstr. 18, 3180 Wolfsburg 1. [G]

UNVERDIENT ARBEITSLOSER HOBBYELEKTRONIKER, MIT VIEL FREIZEIT, BITTET UM ZUSENDUNG NICHT BENÖTIGTER BAUTEILE UND FACHLITERATUR. PORTO WIRD ERSTATTET. G. SCHULZE, RUDOLFSSTR. 12, 2840 DIEPHOLZ.

★ **Starke Sachen von T.S tronix!!!** ★ **Welt- u. Spezialempfänger, *Scanner, *Amateurfunk-Sende-Empfänger, *CB-Export-Transceiver.** Fordern Sie noch heute unseren **Spezialkatalog EK 89/E** ggn. Voreinsendung von DM 5,— in Briefm. an! **T.S. tronix** (B. Thiel), Postfach 2244, 3550 Marburg. [G]

Netzteil Modul Bausatz 25 Amp. Dauer, 12—13,5 Volt mit großem Kühlkörper, Strombegr., kurzschlußfest, kompl. vorbereitet ohne Trafo DM 79,80. Philipp Prinz, 7970 Leutkirch 3, 0 75 67/2 94.

Transistor Tester f. eingeb. Transist. Baus. DM 15, fertig DM 20. Kaho, Pf. 2333, 6500 Mainz. [G]

PLATINENLAYOUT-PROGRAMM für IBM PC + Kompat. max. Doppelleuropa zweiseitig, Raster 1/20", Punkt zu Punkt Autorouter, interaktiv, unkompliziert, komplett mit Druck-, Plot- und Bohrprogramm sowie AutoCAD-Interface (.DXF) **Preis DM 98,—** + Porto, Demodisk DM 5,—. Dipl.-Ing. Klaus Kroesen, Kastanienweg 2, 4290 Bocholt, Tel. 0 28 71/3 73 75.

Peerless HiFi Lautsprecher Bausätze liefert: HP Schulte, Postfach 2114, 4936 Augustdorf. Liste kostenlos. [G]

Röhren NF-Baugruppen zum Ausschachten 20kg 150,— Funktion unbekannt, 50 Röhren ECC81 und 15kg Bastelteile 150,—, Versand möglich. T. 0 60 84/6 99 17—18 Uhr.

Wegen Computer-Umrüstung noch einige 41256-RAM's (80 bis 150ns) zum Selbstkostenpreis abzugeben. Tel. 02 71/7 93 23.

Gesucht wird **Frequenzwandler** mit Akkumulator als Zwischenspeicher, Ausgangsleistung < 380VA Ausgangsspg.: 60V-einphasig symmetrisch und erdfrei, Ausgangsfrequenz 400Hz (± 0,02 Hz max.) rein sinusförmig, (k > 0,5%); Betrieb an 220V-50Hz-Netz mit gr. Schaltsp! Angebote an Joh. Schmidt, Postfach 4772, 5500 TRIER 11.

HK tronics präsentiert! Bausätze, Bauteile, SMD-Bauteile- zu Tiefpreisen! **Bausatz:** Mückenscheuche für nur **DM 9,90** oh. Gehäuse. Blitz-Strobo für nur **DM 33,40**. Solar-Lader mit 4 Akkus für nur **DM 29,16**. Greifen Sie zu! HKarrer Electronic, Postf. 53, 7409 Dülflingen. [G]

RÖH 2 11/86 verkauft günstig: 0 84 61/18 87.

SMD-Bauteile SMD-Lupenbrille SMD-Werkzeuge SMD-Magazine + Behälter Akt. Liste anfordern LAE-Normann Tannenweg 9, 5206 Neunkirchen 1. [G]

Traumhafte Osz.-Preise. Electronic-Shop, Karl-Marx-Str. 83, 5500 Trier, T. 06 51/4 82 51. [G]

Verkaufe Gitarrenverst. 150W/4µPEL 34 ähnl. Experience kompl. VB DM 500. Tel. 0 97 21/4 82 35.

elrad

Sie wollen eine Anzeige in elrad schalten?

Unter **05 11/53 52-1 64, -1 21, -1 55** erreichen Sie unsere Anzeigenabteilung. Rufen Sie uns an.

HEISE



elrad - Anzeigenabteilung
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG
Helstorfer Str. 7, 3000 Hannover 61

SONDERLISTE E 89: HITACHI MOSFET-SK 134/35 o. SJ 49/50 je 10,90 DM

Sanyo STK 084 G	30,00 DM	Ringkerntrafo 300 VA 2 x 44 V	65,00 DM	IC UAA 1003/1	2,50 DM
STK 459	25,00 DM	dito 225 VA 2 x 27 V	61,00 DM	SL 31281	2,50 DM
Elkos-Becher 10000 µF 70/80 V	17,00 DM	dito 500 VA 2 x 47 V	90,00 DM	HA 1137 W	1,35 DM
10000 µF 80/90 V	18,50 DM	dito 625 VA 2 x 56 V	108,00 DM	HA 1457 W	1,70 DM
12500 µF 70/80 V	18,00 DM	dito 160 VA 2 x 30 V	52,00 DM	HA 11226	1,90 DM
12500 µF 80/90 V	18,50 DM	Min. Kippschalter 1x Um, 2x Um	je 1,00 DM	CA 758 E RCA	1,80 DM
Gehäuse 19" 1 HE	44,00 DM	Gleichrichter B 200 C 25 A	5,95 DM	TBA 440 C	1,95 DM
2 HE	54,00 DM	B 40 C 25 A	3,95 DM	LA 3301	1,50 DM
3 HE	65,00 DM	B 80 C 25 A I. Beine	2,20 DM	SN 74154 N	1,10 DM
Polklemmen 16 A Rot + SW	1,00 DM	B 80 C 3200	2,00 DM	CD 4040 AE	0,80 DM
Netzschalter 2x10 A		B 80 C 5000	2,50 DM	3850 PC	2,70 DM
mit Beleuchtung Marqu	4,10 DM	Halbleiter TL 072	0,49 DM	TCA 740	1,00 DM
Tastenschalter 3-fach	1,50 DM	TL 062	0,49 DM	MK 4027 P-3 Most	2,40 DM
		TL 074	0,80 DM	CA 3089 E RCA	1,70 DM
		MC 1458 Dip	0,45 DM		

ELEKTRONIK VERSAND EDITH LÜCKEMEIER · VILLENSTR. 10
6730 NEUSTADT/WSTR. · TEL. 063 21/33694 · FAX 063 21/34918

SONDERLISTE E 89
ANFORDERN!

Kostenlos

Coupon

erhalten Sie gegen
Einsendung dieses Coupons
unseren neuesten

Elektronik—
Spezial—KATALOG
 mit 260 Seiten.

SALHÖFER-Elektronik
 Jean - Paul - Str. 19
 8650 Kulmbach

C 0440

digitales Signalprozessorsystem mit TMS32010

im stabilen 19"-Gehäuse, inkl. Netzteil, Systemkarte, Speicherkarte, AD/DA-Karte (8 Bit, 5µs), Erweiterungskarte für Transientenrecorder und Spektrumanalyse, Terminalsoftware für MS-DOS. (Erweiterbar, durch freie Steckplätze und starkes Netzteil). (Vorgestellt in elrad 3/89.)

3900,— DM

Cross-Assembler
für TMS320 10/20/C25 MS-DOS
 (Macros, Crossreference, Include, Phasing) unter 230,— DM
Anschrift: Ingolf Hellmann, Kaarster Str. 191, 4040 Neuss
Tel.: 021 01/54 15 72

HARDWARE

16 Kanal Logik Analyser*	239,— DM
Profi-Eprommer*	239,— DM
Eprom Simulator	389,— DM
ST Scanner*	ab 199,— DM

SOFTWARE

65C02 Cross-Assembler*	279,— DM
8051 Cross-Assembler*	279,— DM
Harddisk Autoparker ACC*	49,— DM
Demo Disk Assembler*	10,— DM
* für Atari ST	

TECHNICAL TOOLS

☎ 06 21/33 50 00 · FAX 06 21/33 50 01
 Wollschläger, Richter Ziegler GdBR
 Kobellstraße 13 · 6800 Mannheim 1

WSG Elektronik Tel.: 055 09/304
Bestücken von Platinen
Klein- und Großserien
3403 Friedland 5 Hauptstr. 15



Selbstbauboxen · Video-Möbel

D-7520 BRUCHSAL
Tel. 0 72 51-723-0

Video-Kassetten-Lagerung in der Wohnung
 Komplette Videotheken-Einrichtungen • Compact-Disc Präsentation + Lagerung
 Stützpunkthändler in der gesamten BRD gesucht

Die Inserenten

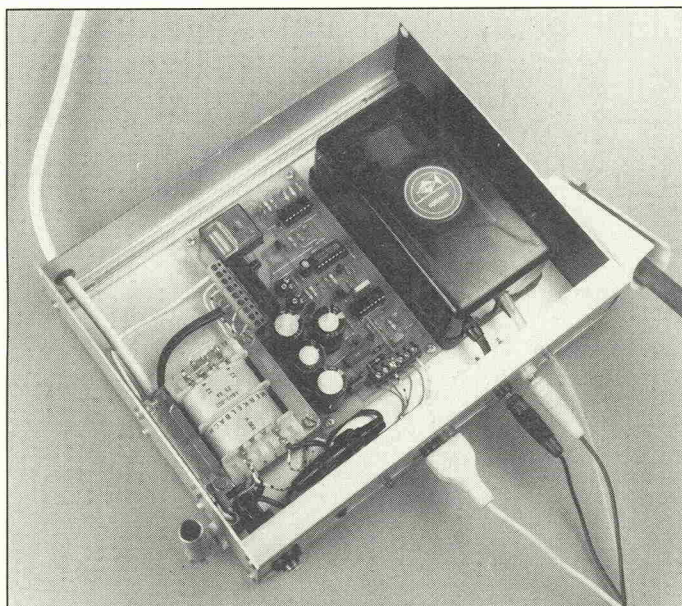
Albs-Alltronic, Ötisheim	18	EXPERIENCE electronics, Herbrechtingen	9	Oppermann, Steyerberg	18
Andy's Funkladen, Bremen	7	Feis Digitaltechnik, Hamburg	16	Plus electronic, Isernhagen	52
A/S Beschallungstechnik, Schwerte-Ost	52	FRIWO, Ostbevern	10	Pop, Erkrath	17
Audio Electric, Markdorf/Bodensee	29	Geist, VS-Schwenningen	29	PREMA, Mainz	53
Bach, Berlin	34	Hados, Bruchsal	85	RIM, München	23
Bitzer, Schorndorf	18	Heck, Oberbettingen	25	Rohleder, Nürnberg	52
Brenner, Wittibreit	6	Hellmann, Neuss	85	Salhöfer, Kulmbach	85
BSAB Electronic, Geldern	16	Isert-Elektronik, Eiterfeld	4	Sandri, Aachen	23
BTB, Nürnberg	34	M. Klein Elektronik, Neuhausen	16	Simons, Bedburg	23, 25
Burmeister, Rödinghausen	53	Köster, Göppingen	9	SMB Antennentechnik, Bonn	25
Burr-Brown, Filderstadt	47	Kolter Electronic, Erfstadt	18	Süssco, Hamburg	84
Comba, Hanau	18	Kugler, Gerstetten	9	Schuberth, Münchenberg	Umschlagseite 2, 18
dD-Produkte-Vertrieb, Hockenheim	14	Lautsprecher & Lichtenanlagen,		Technical Tools, Mannheim	85
Diesselhorst, Minden	9	Niederkassel	18	Telemeter, Donauwörth	17
Drau Electronic, Villach	23	Lehmann-Elektronik, Mannheim	18	Tennert, Weinstadt-Endersbach	29
Eggemann, Neuenkirchen	14	Leister, CH-Kägiswil	67	WELÜ-ELECTRONIC, Neustadt	85
Electronic am Wall, Dortmund	25	LSV, Hamburg	6	Werner-Elektronik, Harsewinkel	9
Elektra-Verlag, Neubiberg	35	Müter, Oer-Erkenschwick	35	Wirsum, Zorneding	52
Elektroakustik, Stade	23			WSG Elektronik, Friedland	85
Elektronik-Versand, Neustadt	14			Zeck Music, Waldkirch	7
EMCO Maier, Siegsdorf	11				
eMedia, Hannover	16, 67				

Schwerpunktthema: SMT

Nicht nur im industriellen Bereich hat sich die SMD-Technik durchgesetzt. Auch privat setzen Elektroniker zunehmend die elektronischen Winzlinge ein, deren Verarbeitung doch einiges Umdenken und -lernen erfordert. elrad packt das Thema an — mit Grundlagen, Insider-Informationen und Projekten. Apropos Projekte: Als wahrlich heißes Eisen entpuppt sich die

SMD-Lötstation

mit integrierter Ansaugvorrichtung, mit der die SMDs zunächst auf der Platine platziert werden, bevor sie mit dem Subminiatur-Lötkolben verlötet werden. Die Stromversorgung für dieses Lötkolbchen übernimmt ein impulsbreitenmoduliertes Schaltnetzteil mit vollautomatischem Standby-Betrieb in den Löt-pausen.



Spannungen im 10-mV-Takt ...

im Bereich $\pm 9,99$ V liefert die einstellbare Präzisionsspannungsquelle, deren Abmessungen dank der Realisierung in SMT denen der BCD-Schalter entsprechen.



Aktive Tiefe

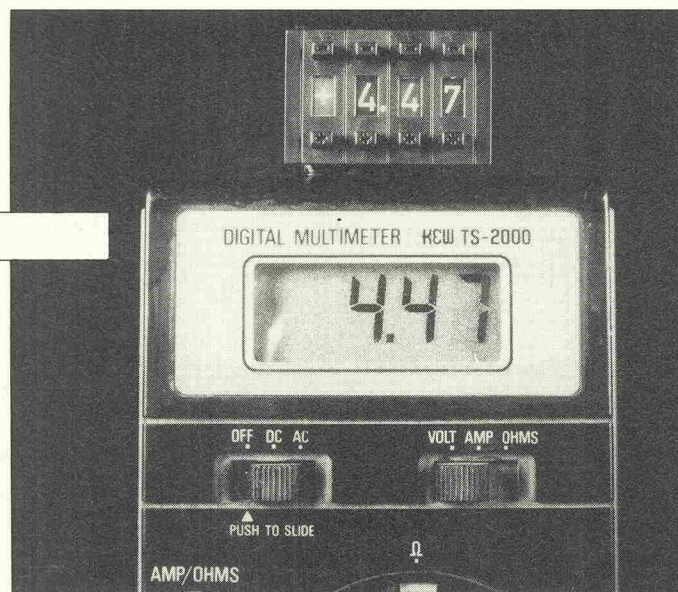
Nachhilfe in Sachen Baßwiedergabe verspricht eine aktive Einschiebeinheit der Firma Mi-voc. In Verbindung mit entsprechenden Tieftonchassis degradiert sie vorhandene Boxen zu Satelliten und sorgt mit ih-

ren 100 Watt Musikleistung für die nötige Power in den tiefen Tiefen. Mit einer Reihe von sinnvollen Einstellmöglichkeiten empfiehlt sich die Aktiveinheit aber auch für den Bühneneinsatz. Wir haben diesen Nachbrenner ausprobiert und berichten darüber im nächsten Heft.

Prädikat: Besonders wertvoll!

Im Bereich Elektronik & Computer legt der technische Fortschritt ein derart atemberaubendes Tempo vor, daß elrad bereits drei Jahre nach der letzten Leser-Umfrage erneut die Fragen stellt: Wer sind die elrad-Leser? Welche Informationswünsche sind vorrangig? Wo und wie kann die Redaktion optimieren?

Deshalb enthält die nächste Ausgabe einen Fragebogen. Unter allen Einsendern der ausgefüllten Bogen werden 111 Preise im Gesamtwert von über 18000 DM verlost. Die drei Spitzen: Meßgeräte im Wert von je über 2000 DM!



C

OMPUTEREI = ZAUBEREI?

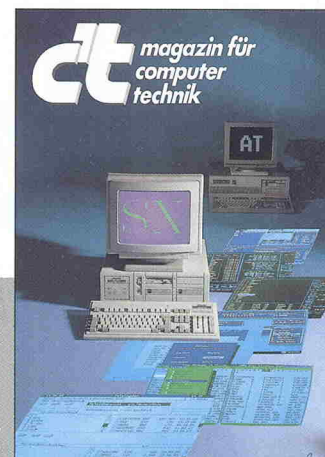
ct

- GANZ OHNE ABRAKADABRA.



Verlag Heinz Heise
GmbH & Co KG
Postfach 610407
3000 Hannover 61

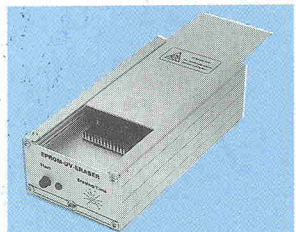
*ct magazin für computertechnik.
Dazulernen werden Sie immer.*



Erhältlich bei Ihrem Zeitschriftenhändler oder beim Verlag.

isel-Eprom-UV-Löschgerät 1 DM 89.-

- Alu-Gehäuse, L 150 x B 75 x H 40 mm, mit Kontrolllampe
- Alu-Deckel, L 150 x B 55 mm, mit Schieberverschluss
- Löschschütz, L 85 x B 15 mm, mit Aufklappblech für Eproms
- UV-Löschlampe, 4 W, Löschzeit ca. 20 Minuten
- Elektronischer Zeitschalter, max. 25 Min., mit Start-Taster
- Intensive u. gleichzeitige UV-Löschung von max. 5 Eproms



isel-Eprom-UV-Löschger. 2 (o. Abb.) ... DM 248.-

- Alu-Gehäuse, L 320 x B 220 x H 55 mm, mit Kontrolllampe
- Alu-Deckel, L 320 x B 200 mm, mit Schieberverschluss
- Vier Löschschlitze, L 220 x B 15 mm, mit Aufklappblech
- Vier UV-Löschlampen, 8 W/220 V, mit Abschaltautomatik
- Elektronischer Zeitschalter, max. 25 Min., mit Start-Taster
- Intensive u. gleichzeitige UV-Löschung von max. 48 Eproms

isel-19-Zoll-Rahmen und Gehäuse

- 10-Zoll-Rahmen, 3 HE, eloxiert DM 27.80
- 19-Zoll-Rahmen, 3 HE, eloxiert DM 36.80
- 19-Zoll-Rahmen, 6 HE, eloxiert DM 48.80
- 10-Zoll-Gehäuse-Rahmen, 3 HE, eloxiert DM 48.80
- 10-Zoll-Gehäuse, 3 HE, eloxiert DM 56.80
- 19-Zoll-Gehäuse, 3 HE, eloxiert DM 62.-
- 19-Zoll-Gehäuse, 6 HE, eloxiert DM 69.-

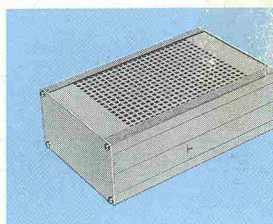


Zubehör für 19-Zoll-Rahmen und Gehäuse

- 1-Zoll-Frontplatte, 3 HE, eloxiert DM 1.-
- 2-Zoll-Frontplatte, 3 HE, eloxiert DM 1.55
- 4-Zoll-Frontplatte, 3 HE, eloxiert DM 2.75
- Führungsschiene (Kartenträger) DM -55
- Frontplattenschnellverschluss, mit Griff DM -85
- Frontplatte-Leiterplatte-Befestigung DM -70
- ABS-Gerätagriff, Ra 88 mm, anthrazit DM 1.12
- ABS-Gerätagriff, Ra 88 mm, silbergrau DM 1.45

isel-Euro-Gehäuse aus Aluminium

- Eloxiertes Aluminium-Gehäuse, L 165 x B 103 mm
- 2 Seitenteile, L 165 x H 42 oder H 56 mm
- 2 Abdeckbleche oder Lochbleche, L 165 x B 88 mm
- 2 Front- bzw. Rückplatten, L 103 x B 42 oder B 56 mm
- 8 Blechschrauben, 2,9 mm, und 4 Gummifüße



isel-Euro-Gehäuse 1 DM 11.20

- L 165 x B 103 x H 42 mm, mit Abdeckblech

isel-Euro-Gehäuse 1 DM 12.50

- L 165 x B 103 x H 42 mm, mit Lochblech

isel-Euro-Gehäuse 2 DM 12.50

- L 165 x B 103 x H 56 mm, mit Abdeckblech

isel-Euro-Gehäuse 2 DM 14.50

- L 165 x B 103 x H 56 mm, mit Lochblech

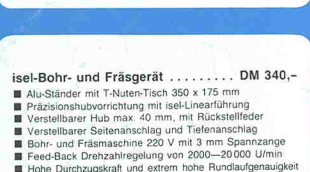
isel-Bestückungs- u. -Lötlahmen 1... DM 56.80

- Alu-Rahmen 260 x 240 x 20 mm, mit Gummifüßen
- Schließbarer Deckel 260 x 240 mm, mit Schaumstoff
- Platinen-Haltervorrichtung mit 8 verstellb. Haltefedern
- Zwei verstellbare Schienen mit 4 Rändelschrauben
- Gleichzeitiges Bestücken und Löten von Platinen
- Für Platinen bis max. 220 x 260 mm (2 Euro-Karten)



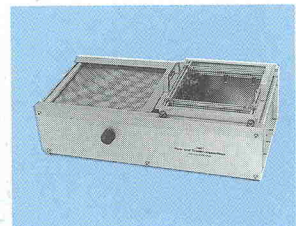
isel-Bestückungs- u. -Lötlahmen 2... DM 99.80

- Alu-Rahmen 400 x 260 x 20 mm, mit Gummifüßen
- Schließbarer Deckel 400 x 260 mm, mit Schaumstoff
- Platinen-Haltervorrichtung mit 16 verstellb. Haltefedern
- Drei verstellbare Schienen mit 6 Rändelschrauben
- Gleichzeitiges Bestücken und Löten von Platinen
- Für Platinen bis max. 360 x 230 mm (4 Euro-Karten)



isel-Flux- und Trocknungsanlage DM 396.-

- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 560 x B 295 x H 145 mm
- Schaumfluser, Flußmittelaufnahme 400 cm
- Schaumwellenhöhe stufenlos regelbar
- Heizplatte als Vorheizung und Trocknung
- Leistungsaufnahme 220 V/2000 W, regelbar
- Fluxwagen für Platinen bis 180 x 190 mm

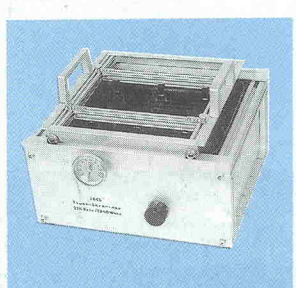


isel-Flux- und Trocknungswagen, einzeln DM 45.-

- für Platinen bis max. 180 x 190 mm

isel-Verzinnungs- und Lötanlage DM 340.-

- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 260 x B 295 x H 145 mm
- Heizplatte 220 V/2000 W, stufenlos regelbar
- Alu-Lötwanne, teflonisiert, 240 x 240 x 40 mm
- Bimetall-Zeigerthermometer, 50-250 Grad
- Lötwagen, verstellbar, max. Platinengröße 180 x 180 mm



isel-Verzinnungs- u. Lötwagen einzeln ... DM 45.-

- für Platinen bis max. 180 x 180 mm

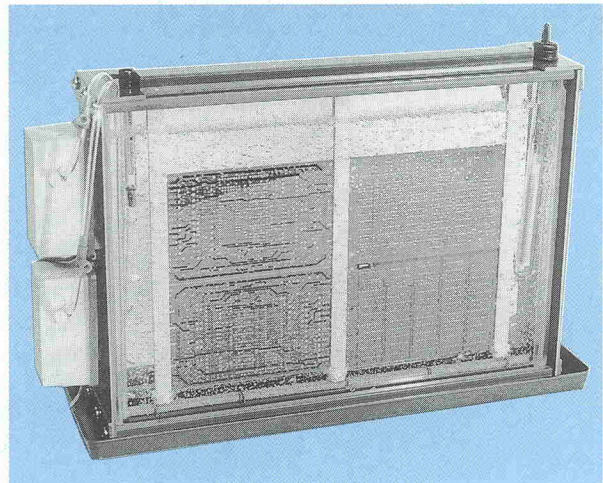


isert-electronic

isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 1

DM 180.-

- Superschmale Glasküvette, H 290 x B 260 x T 30 mm
- PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
- Spezialpumpe, 220 V, mit Luftverteilmatten
- Heizstab, 100 W/200 V, regelbar, Thermometer
- Platinenhalter, verstellbar, max. 4 Eurokarten
- Auffangwanne, L 400 x B 150 x H 20 mm



isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 2

DM 225.-

- Superschmale Glasküvette, H 290 x B 430 x T 30 mm
- PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
- 2 Spezialpumpen mit Doppelluftverteilmatten
- Heizstab, 200 W/220 V, regelbar, Thermometer
- Platinenhalter, verstellbar, max. 8 Eurokarten
- Auffangwanne, L 500 x B 150 x H 20 mm



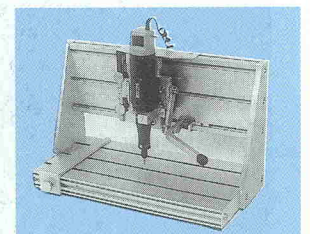
„Isert“-electronic, Hugo Isert

6419 Eiterfeld, ☎ (066 72) 7031, Telex 493150

Versand per NN, plus Verpackung + Porto, Katalog 5,- DM

isel-Bohr- und Fräsgesät DM 340.-

- Alu-Ständer mit T-Nuten-Tisch 350 x 175 mm
- Präzisionshubvorrichtung mit isel-Linearführung
- Verstellbarer Hub max. 40 mm, mit Rückstellfeder
- Verstellbarer Seitenanschlag und Tiefenanschlag
- Bohr- und Fräsmaschine 220 V mit 3 mm Spantange
- Feed-Back Drehzahlregelung von 2000-20000 U/min
- Hohe Durchzugskraft und extrem hohe Rundlaufgenauigkeit

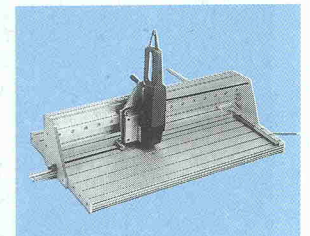


isel-Bohr- und Fräsständer mit Hubvorrichtung, einzeln

DM 239.-

isel-Präzisions-Handtrennsäge DM 980.-

- Alu-Ständer mit T-Nuten-Tisch, 800 x 500 mm
- Verfahrweg, 600 mm mit isel-Doppelspurvorschub
- Seitenanschlag mit Skala u. verstellbarem Tiefenanschlag
- Alu-Block mit Niederhalter und Absaugvorrichtung
- Motor 220 V/710 W, Leerlaufdrehzahl 10000 U/min
- Leichtmetall bis 6 mm, Kunststoff bis 6 mm Stärke
- Option: Diamant-Trennscheibe oder Hartmetall-Sägeblatt

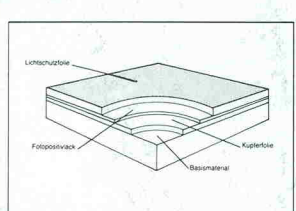


Diamant-Trennscheibe, Ø 125 mm DM 225.-

Hartmetall-Sägeblatt, Ø 125 mm DM 112.-

isel-fotopositivbeschichtetes Basismaterial

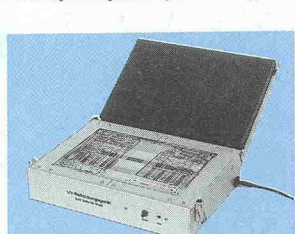
- Kupferkaschirtes Basismaterial mit Positiv-Lack
- Gleichmäßige u. saubere Fototschicht, Stärke ca. 6 µm
- Hohe Auflösung der Fototschicht u. galv. Beständigkeit
- Rückstandsfreie Lichtschutzfolie, stanz- u. schneidbar



- Pertinax FR 2, 1seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie
- Pertinax 100 x 160 DM 1.55
- Pertinax 200 x 300 DM 5.80
- Pertinax 160 x 233 DM 3.60
- Pertinax 300 x 400 DM 11.85
- Epoxyd FR 4, 1seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie
- Epoxyd 100 x 160 DM 2.95
- Epoxyd 200 x 300 DM 11.20
- Epoxyd 160 x 233 DM 6.90
- Epoxyd 300 x 400 DM 22.30
- Epoxyd FR 4, 2seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie
- Epoxyd 100 x 160 DM 3.55
- Epoxyd 200 x 300 DM 13.30
- Epoxyd 160 x 233 DM 8.25
- Epoxyd 300 x 400 DM 26.55
- 10 St. 10%, 50 St. 30%, 100 St. 35% Rabatt

isel-UV-Belichtungsgerät 1 DM 215.-

- Elox. Alu-Gehäuse, L 320 x B 220 x H 55 mm, mit Glasplatte
- Deckel L 320 x B 220 x H 13 mm, mit Schaumstoffauflage, 20 mm
- 4 UV-Leuchtstofflampen, 8 W/220 V
- Belichtungsfläche 245 x 175 mm (max. zwei Euro-Karten)
- Kurze u. gleichmäßige Belichtung für Filme u. Platten



isel-UV-Belichtungsgerät 2 DM 298.-

- Elox. Alu-Gehäuse, L 480 x B 320 x H 60 mm, mit Glasplatte
- Deckel L 480 x B 320 x H 13 mm, mit Schaumstoffauflage, 20 mm
- 4 UV-Leuchtstofflampen, 15 W/220 V
- Belichtungsfläche 365 x 235 mm (max. vier Euro-Karten)
- Kurze u. gleichmäßige Belichtung für Filme u. Platten

isel-Vakuum-UV-Belichtungsgerät 2 für zweiseitige Belichtung DM 1138.-

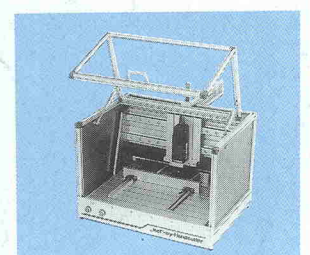
- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 475 x B 425 x H 140 mm
- Vakuumrahmen mit Selbstverschluss und Schnellbelüftung
- Nutzfläche 360 x 235 mm/maximaler Zwischenraum 4 mm
- Vakuumpumpe, 5 l/min., maximal -0,5 bar
- Acht UV-Leuchtstofflampen 15 W/220 V
- Anschluss 220 V, Leistungsaufnahme 300 W
- Zeiteinstellung 6-90 Sek. und 1-15 Min.



isel-Vakuum-UV-Belichtungsgerät 1 für einseitige Belichtung DM 898.-

isel-x/y-Handcutter DM 2250.-

- Präzisions-x/y-Tisch mit isel-Doppelspur-Vorschub
- Verfahrweg, x-Richtung 300 mm, y-Richtung 400 mm
- Aluminium-T-Nuten-Tisch, Aufspannfläche 500 x 600 mm
- Verstellbare Auflageleiste für Leiterplatten bis 165 x 400 mm
- Transparente Schutzhaube, klappbar mit 2 Gasfedern
- Motor 220 V/600 W, regelbar von 8000 bis 24000 U/min
- Feinjustierung der Schnittstelle mit Rändelschraube M6
- Ein-/Ausschalter mit Sicherheits-Abschaltautomatik



Hartmetall-Schneidscheibe, Ø 80 mm DM 340.-

Schneidscheiben-Aufnahme DM 34.-