

Funkschau

Radio, Fernsehen, Elektroakustik, Elektronik

Ein vielseitiger Farbbildgenerator
mit ungewöhnlichem Farbmuster

Gleichspannungswandler mit Tastregelung

Ein moderner Fernsteuerempfänger

Thyristorstabilisierter Netzteil

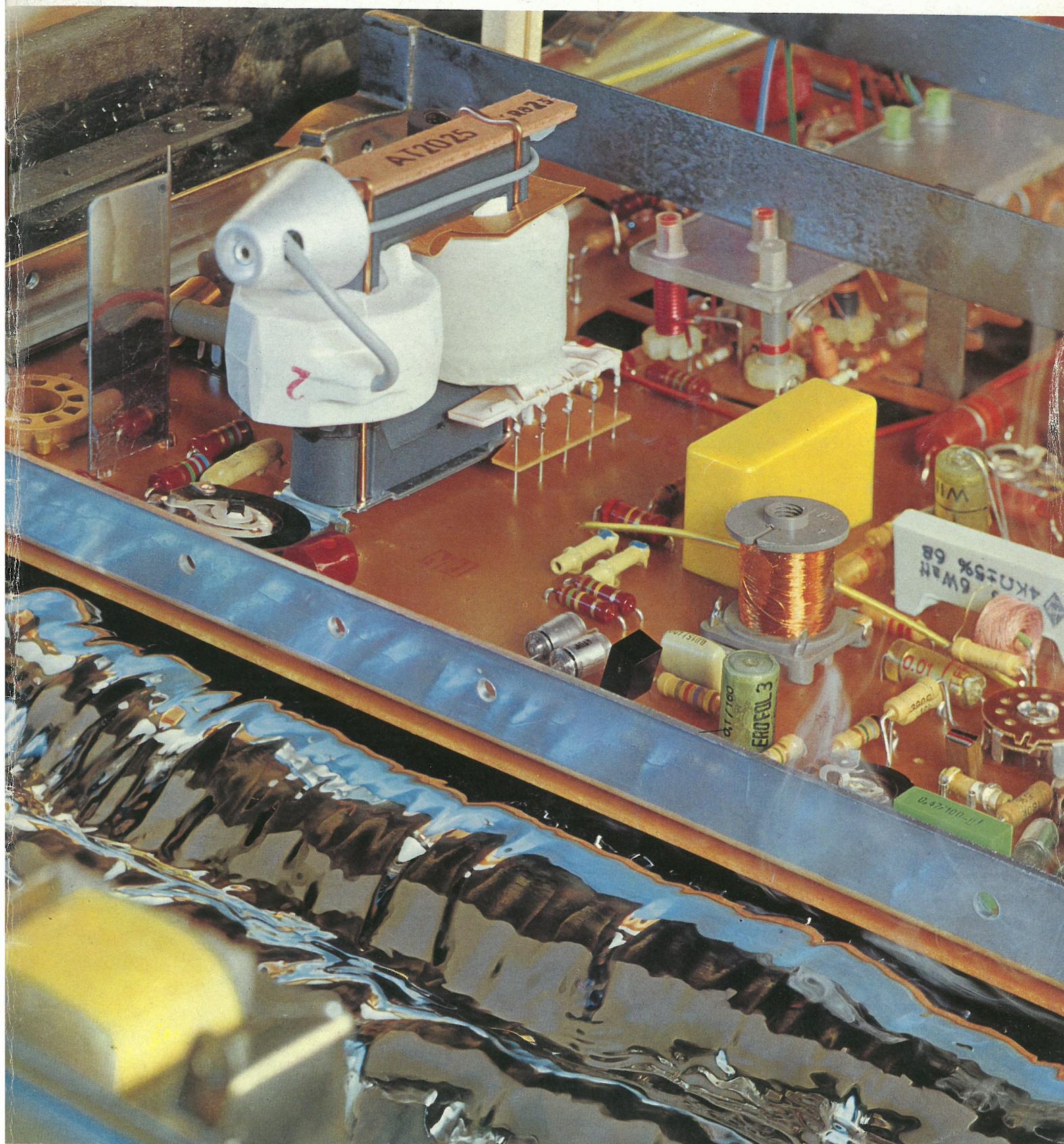
Die Interkama 1968

B 3108 D

23

2.— DM

Zum Titelbild: 1119 Lötstellen sind in 30 Sekunden hergestellt, wenn die Leiterplatten für Farb- oder Schwarzweiß-Fernsehgeräte von Metz über die automatische Lötvorrichtung gleiten (siehe Seite 722).



Ein selbstgebauter elektronischer Rechner

3. Teil (Schluß)

Multiplikation und Division

Bei der Multiplikation benötigt man den Speicher C, einen Zähler und einen Vergleicher in der Schaltung nach Bild 10. Speicher C enthält mit drei Schaltern den Multiplikator. Der Multiplikator gibt an, wie oft der Multiplikand, der in Speicher A steht, zum Inhalt des Speichers B, der zuerst gelöscht ist, addiert werden soll. Der Zähler verfolgt bei der Ausführung der Multiplikation die Schrittschalterdurchgänge und damit die Zahl der Additionen des Multiplikanden. Sind Zählerstand und Inhalt des Speichers C gleich, so gibt die Vergleichsschaltung einen Impuls an die Operationssteuerung, um die Rechnung zu beenden.

Der Zähler stellt mit FF-ZA 1, -ZA 2, -ZA 3 und -ZA 4 eine neue Kombination von Flipflops dar. Am Anfang stehen durch LFF alle Flipflops auf 0L. Ein besonderes Signal, LZA, löscht bei Bedarf nur den Zählerstand. Mit jedem Schrittschalterdurchgang erzeugt die Operationssteuerung zur Zeit $2T-4$ einen Impuls am Zählereingang PUZ. Der erste Eingang von Flipflop ZA 1 wird – wie auch bei den anderen drei Flipflops – von seinem eigenen Rücksetzausgang vorbereitet.

Mit dem ersten Impuls PUZ wird also FF-ZA 1 gesetzt. Der zweite Impuls stellt dasselbe Flipflop über Eingang 2 wieder auf 0L. Die ansteigende Flanke am unteren Ausgang des ersten Flipflops setzt im selben Augenblick FF-ZA 2. Mit dem dritten Impuls wird das erste Flipflop wieder auf 0L gebracht. Erscheint die ansteigende Flanke von PUZ das vierte Mal, wird FF-ZA 1 zurückgesetzt und löscht über Eingang 2 das zweite Flipflop, dessen unterer Ausgang nun FF-ZA 3 setzt, usw. Betrachtet man nur die oberen Ausgänge der Flipflops und ZA 1 als 2^0 -Bit, so erhält man der Reihenfolge nach die Zählerstände 0000, 000L, 00L0, 00LL, 0L00, 0L0L usw. Man sieht, daß die Zählerstände in ihrer Folge die Dualzahlen darstellen. Da man nur mit dreistelligen Operanden arbeitet, benötigt man das vierte Flipflop nicht. Es erfüllt bei der Division andere Aufgaben.

Der Vergleicher ist eine einfache Schaltung, die pro Bit aus drei NOR-Gliedern besteht. Die drei Schalter in Speicher C sind in Aus-Stellung gezeichnet. Ist als Beispiel der Schalter 2^0 eingeschaltet und hat der Zähler einen Schritt gezählt, wodurch ZA 1 WAHR ist, so liefert NOR-V 01 einen L-Wert und NOR-V 02 einen 0-Wert. V 03 ist damit FALSCH. Tabelle 5 zeigt die verschiedenen Vergleichsmöglichkeiten, wobei 2^0 mit L den Einschaltzustand bezeichnet.

Mit dem NOR-Glied VGL werden alle drei Bits verglichen. Stimmen alle Bits des Speichers C mit den Flipflops überein, so liegen an den drei Eingängen V 03, V 13 und V 23 FALSCHEN Signale. PUV liefert zur Zeit $3T-4$ von der Operationssteuerung einen FALSCHEN Steuerimpuls und macht zur gleichen Zeit VGL WAHR. Mit WAHREM VGL beendet die Operationssteuerung die Rechnung.

Der Rechner berücksichtigt auch die Multiplikation mit Null. Ist der Multiplikand Null

Die beiden ersten Teile dieser Gerätebeschreibung erschienen in der FUNKSCHAU 1968, Heft 21, Seite 663, und in Heft 22, Seite 701. Wir erläuterten bisher den grundsätzlichen Aufbau, NOR-Glieder, Inverter, Flipflops, Taktgeber und Ringschalter, Schrittschalter, Speicher sowie die Rechenoperationen Addition und Subtraktion.

und lautet z. B. die Aufgabe 0×3 , so bleibt der Rechner nach dem dritten Schrittschalterdurchgang stehen, und Speicher B enthält 0000. Anders liegen die Verhältnisse, wenn der Multiplikator Null ist. Der Vergleichsimpuls PUV trifft mit $3T-2-4$ später ein als der Zählereingangsimpuls mit $2T-2-4$. PUV kann also mit $3T-2-4$ nie für ein Gleichheitssignal VGL sorgen, wenn der Inhalt des Speichers C 000 ist, da zur Zeit $3T-2-4$ der Zähler bereits den ersten Schritt gezählt hat. Der Multiplikand würde so oft addiert werden, bis FF-SBU mit dem Impuls ABU der Operationssteuerung Überlauf anzeigen würde, womit der Rechner stehen bliebe. Speicher B soll aber das richtige Ergebnis 000 anzeigen. Das wird erreicht, indem die Operationssteuerung während des ersten Schrittschalterdurchgangs vor dem Zählereingangsimpuls zur Zeit $BT-2-4$ ein FALSCHES Signal über PUV freigibt.

Bei der Division wird der Divisor, den man dem Speicher A eingibt, so oft vom Dividenden, der im Speicher B steht, subtrahiert, bis das Flipflop SBU eine negative Zahl anzeigt. Dann hat der Rechner gerade einmal zu viel subtrahiert und muß demnach den Divisor zurückaddieren. Also enthält

der Speicher B den Rest der Division, während der Zählerstand gleich dem ganzzähligen Quotienten ist. Den Speicher C und die Vergleichsschaltung benötigt der Rechner für die Division nicht.

Da der Schrittschalter zwei Durchläufe mehr ausführt, als der Zählerstand angeben soll, sorgt die Operationssteuerung dafür, daß am Zählereingang PUZ während des ersten Durchlaufs und des letzten, bei dem rückgerechnet wird, kein Impuls auftritt. Während der anderen Durchgänge erscheinen im Gegensatz zur Multiplikation die Impulse zur Zeit $1T-2-4$.

Auch die Division mit Null berücksichtigt der Rechner. Ist nur der Dividend Null, so befindet sich nach einmaliger Subtraktion eine negative Zahl im Speicher, wonach so gleich wieder addiert und die Rechnung beendet wird. Gerade diese beiden Schritte verändern den Zähler nicht; keine Zählerlampe brennt.

Hat sich beim 7. Zählerschritt – entspricht 8 Schrittschalterdurchgängen – noch keine negative Zahl im Speicher B eingestellt, so ist, da der Dividend höchstens 7 sein kann, der Divisor kleiner als 1, also Null. Mit dem nächsten Schritt wird Flipflop ZA 4 gesetzt. Der Ausgang ZA 4 beendet den Rechengang über die Operationssteuerung. ZA 4 liegt mit 0-Wert am NOR-Glied NDN. Ist der Dividend nicht Null, so ist DDD FALSCH und NDN WAHR, womit die Lampe $\rightarrow \infty$ brennt. Hat aber der Dividend den Wert Null, so werden mit dem achten Schritt alle Lampen gelöscht; der Quotient ist unbestimmt.

Tabelle 5.
Vergleichsfunktion für die Stelle 2^0

Bit 2^0	FF-ZA 1	VO 1	VO 2	VO 3
0	0	L	0	L
0	L	0	0	L
L	0	L	0	L
L	L	0	L	0

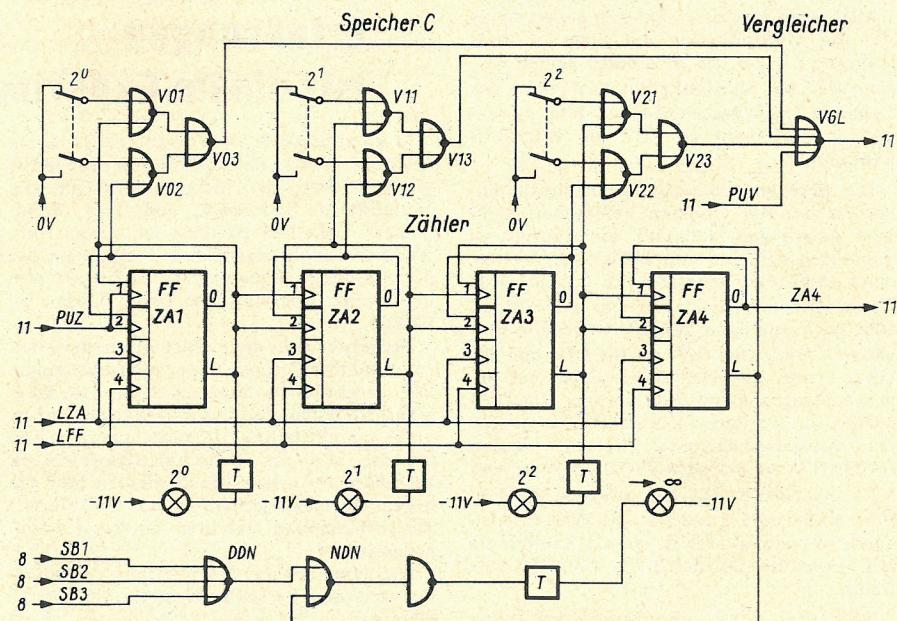


Bild 10. Speicher C, Zähler und Vergleicher für Multiplikation und Division

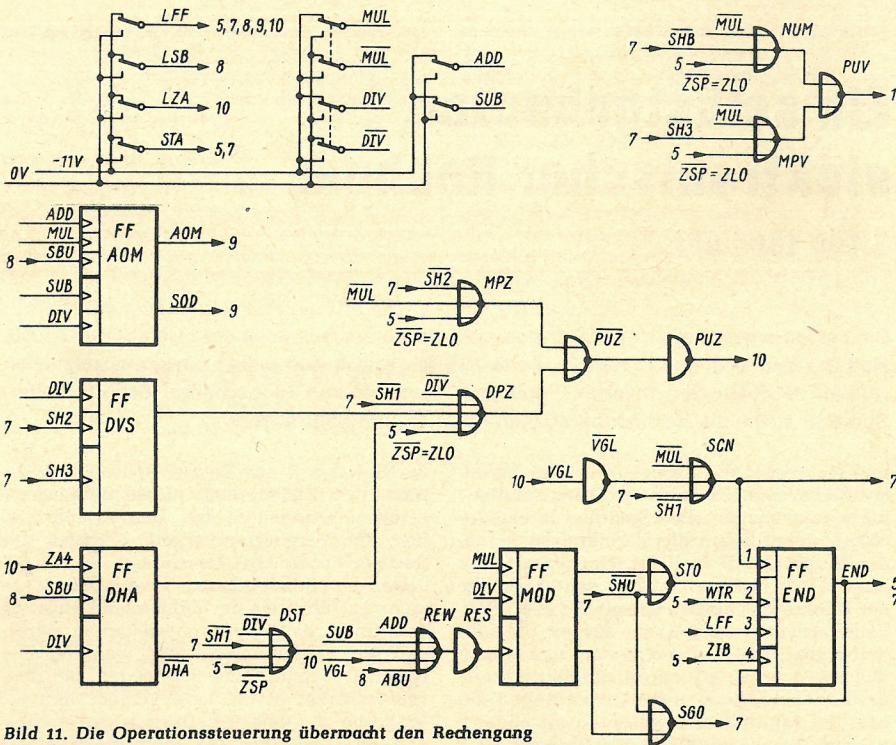


Bild 11. Die Operationssteuerung überwacht den Rechengang und erzeugt Befehle

Operationssteuerung

Das den Rechengang, besonders bei Multiplikation und Division, überwachende und steuernde Organ ist die Operationssteuerung in Bild 11. Da hier die Impulsfolgen ziemlich verwickelt sind, ist es ratsam, sich Impulsschemen aufzuzeichnen.

Das Flipflop AOM entscheidet, ob komplementiert werden soll oder nicht. Dabei ist der dritte Eingang bei Division wichtig. Mit ihm wird von Subtraktion auf Addition umgeschaltet, wenn SBU durch die negative Zahl im Speicher B WAHR wird.

PUV, MPV und NUM erzeugen den Vergleichsimpuls nur bei der Multiplikation. ZL0 erzeugt mit seinem 0-Wert nur während der dritten Stellenrechnung ein WAHRES Signal 3 T 2-4. NUM wird zur Zeit BT 2-4 WAHR und prüft Speicher C auf Nullinhalt. Beide Impulse werden von NOR-PUV invertiert.

MPZ generiert den Zählereingangsimpuls nur bei Multiplikation mit einem L-Wert während 2 T 2-4. Da DPZ durch seinen Eingang DIV bei Multiplikation 0 ist, kann der Impuls 2 T 2-4 das NOR-Glied PUZ passieren und erscheint an PUZ als WAHRER Zählimpuls.

Die Erzeugung des Zählereingangsimpulses ist bei der Division komplexer. Geht man davon aus, daß DPZ einen L-Impuls aufweisen soll, um den Zähler zu schalten, dann muß erst einmal MPZ 0 sein, was durch MUL bei Division immer der Fall ist. DPZ wird nur dann WAHR, wenn alle Eingänge 0 sind. Das trifft zu für DIV und für DHA, weil FF-DHA durch DIV auf 0 gesetzt wurde. Setzt man voraus, daß DVS 0-Wert hat, so kann nur der Teil von ZL0 ein Ausgangszählsignal liefern, dessen FALSCH-Wert mit dem FALSCH-Wert von SH1 koinzidiert. ZL0 hat während XT 2-4, SH1 während 1 T 1-2 T 1 den Wert 0. Also kann, wenn DVS WAHR ist, ein Zählimpuls mit L-Wert nur zur Zeit 1 T 2-4 an DPZ auftreten.

DPZ sorgt dafür, daß während des ersten Schrittschalterdurchgangs kein Zählimpuls

auftritt. Mit der Rechenarteneinstellung DIV wird FF-DVS gesetzt und bleibt in diesem Zustand, bis SH 3 es zurücksetzt. Während dieser Zeit, in der der Zählimpuls auftreten sollte, sperrt DVS das Glied DPZ. Beim nächsten Schrittschalterdurchgang wird FF-DVS zeitlich erst wieder nach dem Zählimpuls gesetzt.

Das Flipflop DHA sperrt den Zählimpuls bei Division, wenn der Speicher B mit SBU eine negative Zahl anzeigt. Außerdem leiten SBU und ZA 4 das Rechenende ein. Diese Betrachtung soll jedoch beim END-Signal beginnen.

Vor dem Rechenstart wird mit LFF das Rechenende sichergestellt. ZIB ist das durch den Start ausgelöste Signal, das mit der Umkehr des Flipflops END die Taktimpulse zum Ringschalter freigibt. Zum Rechenende tragen eine Reihe verschiedener Signale bei.

SCN setzt das Flipflop END über Eingang 1, wenn VGL bei Multiplikation einen Nullinhalt des Speichers C signalisiert. Mit SH 1 erreicht man, daß die erste Stelle gar nicht erst berechnet wird, da sonst im Speicher B ein falsches Ergebnis und nicht Null stehen könnte.

Über Eingang 2 schalten WTR und STO das Flipflop END. Setzt man voraus, daß RES mit einem WAHREN Signal Anlaß zum Rechenende gegeben hat und dadurch FF-MOD in Stellung OL ist, so wirkt STO vorbereitend, wenn sich der Schrittschalter in seiner letzten Phase befindet, während das FF-SHU gesetzt ist. Das Flipflop END wird also zum Zeitpunkt XT 1 nach UT 4 in die Stellung L0 gebracht. END löst darauf FF-SHU im Schrittschalter. Wenn auch WTR über FF-SHU mit SHU den Eingang 2 von FF-END zur Zeit UT 1 vorbereitet, so war doch beim Eintreffen von WTR an diesem Eingang die Setzbedingung noch nicht erfüllt.

Die beiden oberen Eingänge von FF-MOD verhindern mit MOD das Rechenende nach dem ersten Schrittschalterdurchgang und starten den neuen mit SGO.

Um das Rechenende einzuleiten, muß REW FALSCH sein, wozu mindestens ein WAHRER Eingang von NOR-REW Bedingung ist. ADD und SUB haben bei Addition und Subtraktion immer L-Wert, so daß die Rechnung nach dem ersten Schrittschalterdurchgang beendet wird. ABU gibt den Überlauf des Speichers B bekannt, und VGL ist das normale Ende einer Multiplikation, bei Gleichheit von Zählerstand und Inhalt des Speichers C. VGL beendet über diesen Weg die Rechnung später als über das NOR-Glied VGL, an dem, durch SH 1 bedingt, nur der zur Zeit BT 2-4 eintreffende Vergleichsimpuls wirksam sein kann.

Das Flipflop DHA wird von SBU gesetzt, wenn eine negative Zahl im Speicher B steht, oder mit ZA 4 bei Division durch Null. DHA erzeugt am Ausgang des NOR-Gliedes DST ein Division-Stop-Signal, wenn alle anderen Eingänge zu diesem Gatter FALSCH sind. Das ist bei Division zur Zeit 1 T 2-4 der Fall.

Die wichtigsten der beschriebenen Signale können an einer Leuchtanzeige der Operationssteuerung des Rechners abgelesen werden, wenn man den – genügend langsame – Einzeltakt zur Demonstration wählt.

Erfahrungen mit einem Experimentier-System

Je komplizierter ein Fachgebiet ist, desto einfacher muß es dem Lernenden dargestellt werden. Das gilt insbesondere für die schnelle Elektronik und ihre Randgebiete. Mancher Neuling ist schon froh, wenn er die grundsätzlichen Funktionen der gebräuchlichen Bauelemente kennt, um sich über eine Schaltung ein Urteil bilden zu können.

Betrachtet man die elektrotechnischen und rundfunktechnischen Experimentiersysteme der vergangenen zwanzig Jahre, so kann man feststellen, daß besonders Jugendlichen viele grundsätzliche Versuche vorenthalten blieben, die die Unterhaltungselektronik betreffen. Im wesentlichen dürften hier die hohen Versorgungsspannungen und die mit ihr verbundenen Gefahren hindernd gewesen sein.

Mit zunehmender Verwendung der nichtlinearen und verstärkenden Halbleiterbauelemente entfiel dieses Problem, so daß es heute möglich ist, jede gängige elektro-

nische Schaltung – zumindest zu Demonstrationszwecken – mit einer Spannung unter 10 V zu betreiben.

Zu den Fähigkeiten eines Elektronikers gehören in jedem Fall das Schaltungslesen und das Löten. Natürlich kann man darüber streiten, ob das Löten für Lehrsysteme unbedingt erforderlich ist, weil es zu den rein handwerklichen Tätigkeiten zählt. Abgesehen davon wird man wohl kaum Kinder mit dem Lötkolben unbeaufsichtigt hantieren lassen, so daß es zumindest für diesen Kreis sinnvoller erscheint, sich auf die reinen Denk- und Erfassungsprozesse zu beschränken.

Dies vorausgesetzt erscheint das Lectron-System¹⁾ von Braun als eine sehr gute Lösung, Schaltung und Schaltbild miteinander zu vereinigen. Mit wenigen Ausnahmen ist hier jedes Bauelement in einem durchsichtigen Kunststoffgehäuse untergebracht, des-

¹⁾ Vgl. FUNKSCHAU 1968, Heft 19, Seite 606.

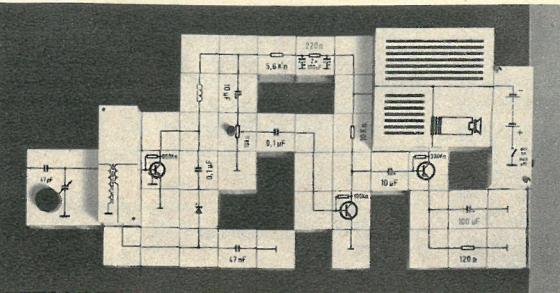


Bild 1. Geradeausempfänger in Reflexschaltung mit Lectron-Bausteinen zusammengestellt

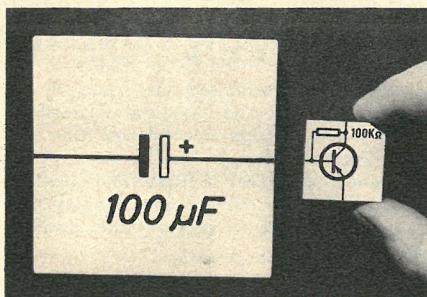
sen Oberfläche mit dem jeweiligen Schaltungssymbol versehen ist. Der Kontakt zwischen den einzelnen Bausteinen wird über Neusilberplättchen hergestellt, hinter denen sich kleine Magnete befinden. Geschickterweise ist die Magnetisierung so ausgelegt, daß die etwa $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ großen Klötzen mittig aneinander liegen. Der besondere Vorteile dieses Lehrsystems besteht jedoch darin, unmittelbar ein einwandfreies Schaltbild darzustellen. Bild 1 veranschaulicht beispielsweise einen abgestimmten Geradeausempfänger in Reflexschaltung.

Wer soll nun durch ein derartiges Experimentiersystem angesprochen werden? In erster Linie dürfte den Schöpfern wohl die technisch interessierte Jugend vor Augen gestanden haben, die die Zusammenhänge der Elektronik zu begreifen sucht. Allerdings darf dabei nicht übersehen werden, daß das spielerische Erarbeiten der Schaltungsfunktionen leicht zu einem gedankenlosen Aneinanderreihen von Bausteinen führen kann. So war beispielsweise der achtjährige Sohn des Verfassers nach dem Aufbau der oben gezeigten Schaltung, deren Sinn ihm in keiner Weise klar war, der Ansicht, daß Rundfunk doch eine recht einfache Angelegenheit sei.

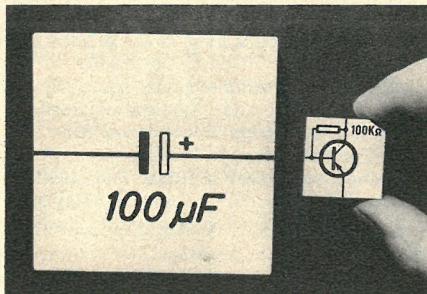
In dieser Aussage spiegelt sich modifiziert wider, was auch bei Demonstrationsversuchen in verschiedenen Grundlagenlehrgängen beobachtet werden konnte, daß nämlich in dem vorwiegend unvoreingenommenen Zuhörer der Eindruck erweckt wird, die Elektronik „funktioniere immer“. Hier ist sicherlich noch eine Lücke zu schließen, der sich vorwiegend die Hersteller umfangreicher Lehrsysteme annehmen sollten: Dem Lernenden muß klargemacht werden, wo die Grenzen einer Schaltung liegen, erst dann wird er wirklich erkennen, was Elektronik ist.

Die drei Systeme des Lectron-Programms – das Grundsystem sowie die Ausbausysteme 1 und 2 – geben insgesamt einen recht umfassenden Überblick über die Elektronik. Mit dem erstgenannten Baukasten, der mit *Moderne Elektronik* bezeichnet ist, kann man z. B. Blinklichtschaltungen, Lichtschranken, Dämmerungsschalter usw. aufbauen, ohne daß jedoch auf die elektrotechnischen Grundlagen näher eingegangen wird. Mancher Vorgebildete wird dies aus finanziellen Gründen sicher begrüßen. Dafür werden in Verbindung mit dem ersten Ausbausystem, das sich *Moderne Elektroakustik* und *Rundfunktechnik* betitelt, elementare Dinge recht intensiv behandelt. Den Abschluß bildet hier der in Bild 1 gezeigte Empfänger, für den im Zeitalter des Superhets die Baukastenbezeichnung vielleicht doch ein wenig übertrieben ist.

Zu Mißverständnissen kann schließlich auch der Titel des zweiten Ausbausystems *Höhere Elektronik* führen, der Grenzen innerhalb eines Fachgebietes vortäuscht, die keineswegs umrisse sind. Abgesehen davon könnte man meinen, daß es analog zur Mathematik auch eine „niedere Elektronik“ gäbe, worunter nach dem Aufbau des



Unten: Bild 2. Größenvergleich zwischen einem Baustein des normalen Experimentier-systems mit einem für Demonstrationszwecke (Aufnahme: Dennewitz)



Programms etwa die klassische Elektrotechnik zu rangieren hätte.

Damit sollen jedoch keineswegs die unbestreitbaren Vorteile des Gesamtsystems geschmälerd werden, denn besonders in der zweiten Hälfte der mit allen drei Baukästen möglichen 90 Versuche wird praxisnahe Elektronik vermittelt. Hierzu gehören u. a. der Schmitt-Trigger in verschiedenen Anwendungen, Temperatur-Regelschaltungen,

Spannungswandler mit Transistoren, Spannungskonstanthalter mit Glimmröhre und Z-Diode, Relaissteuerungen und Schallpegelmesser. Einige dieser Geräte sind zusätzlich als Bastelsätze mit gedruckter Leiterplatte erhältlich.

Auch für den Schaltungsentwickler können Bausteine eine Hilfe sein, wenn beispielsweise ein Detail innerhalb einer Schaltungsgruppe dimensioniert werden soll. Dazu wäre es zweckmäßig, Meßpunkte z. B. in Form eines Nietenkopfes neben den Schaltsymbolen anzudrucken.

Für Lehrzwecke stehen schließlich der besseren Erkennbarkeit wegen noch Bausteine mit etwa dreimal so großen Abmessungen wie die Normalbausteine zur Verfügung. Der in Bild 2 gezeigte Größenvergleich offenbart gleichzeitig eine nachteilige Eigenschaft, die besonders den kleinen Elementen anhaftet: Man berührt zwangsläufig beim Zusammensetzen die Neusilber-Kontaktplättchen mit den Fingerspitzen, was zu Verunreinigungen und chemischen Reaktionen mit den Hautsekreten führt. Die Folge sind dann Kontaktstörungen. Hier sollten noch Verbesserungen möglich sein.

Von der Idee her kann dieses System als zukunftsweisend für die didaktischen Möglichkeiten in den Bereichen der Elektronik gelten, zumal durch die Vielzahl der Bausteine genügend Spielraum für weitergehende Versuche vorhanden ist.

Ing. Rolf-D. Dennewitz

Empfindlicher Temperaturregler 0...250 °C

Als Geber arbeitet ein Widerstandsthermometer Typ PT 100 von Degussa. Dieses hat bei 0 °C einen Widerstand von 100 Ω, der sich linear mit je 100 °C um 38,5 Ω erhöht. Bei 250 °C beträgt also der Widerstand 196,25 Ω.

Dieses Thermometer liegt in einer mit 6 V Wechselspannung gespeisten Brücke (Bild 1). Im Vergleichszweig sind ein Widerstand von 103,9 Ω und ein Potentiometer P1 von 100 Ω in Reihenschaltung angeordnet. Am Potentiometer wird die gewünschte Temperatur eingestellt. Dem Brückenausgang liegt der Kondensator C1 parallel, um im Netz vorhandene Oberwellen abzuleiten, sowie zwei antiparallel geschaltete Dioden FD 3 zur Signalbegrenzung, um den nachfolgenden Wechselspannungsverstärker nicht zu übersteuern. Dieser Verstärker ist einstufig ausgeführt, er besitzt eine etwa 120fache Verstärkung. Die Basisspannung wird einmalig am Potentiometer P2 eingestellt. Der Kondensator C2 legt die Signalspannung

wechselspannungsseitig an den Emitter. Die Bauelemente R 4 und C 3 dienen zur Temperaturstabilisierung des Transistors BFY 39; R 5 ist ein Basisschutzwiderstand. Am Arbeitswiderstand R 6 fällt die verstärkte Brückensignalspannung ab.

Bei einer mit Wechselspannung gespeisten Brücke muß ein phasenempfindlicher Schaltkreis nachfolgen, der zwischen den beiden um 180° verschobenen Phasenlagen des Brückensignals bei Brückenverstimung, also hier zwischen zu kalt oder zu heiß, unterscheiden kann.

Dieser Schaltkreis, der ebenfalls mit Wechselspannung betrieben wird, besteht aus einer Vierschichtdiode 4E 20-8 mit

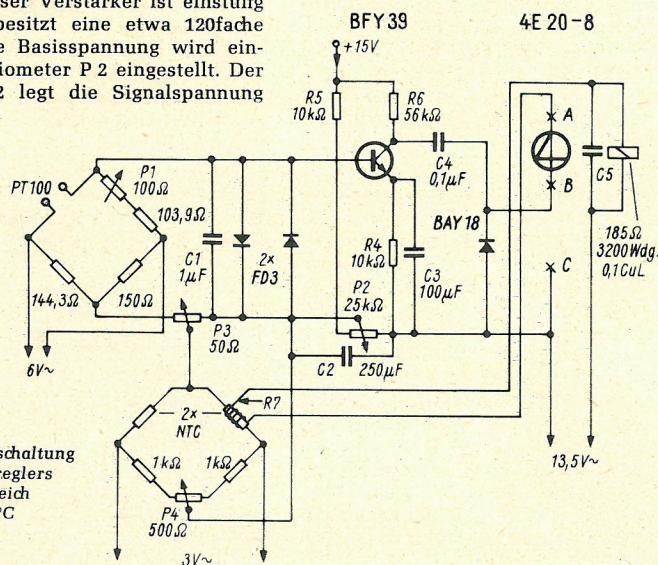


Bild 1. Die Gesamt-Schaltung des Temperaturreglers für einen Bereich von 0...250 °C