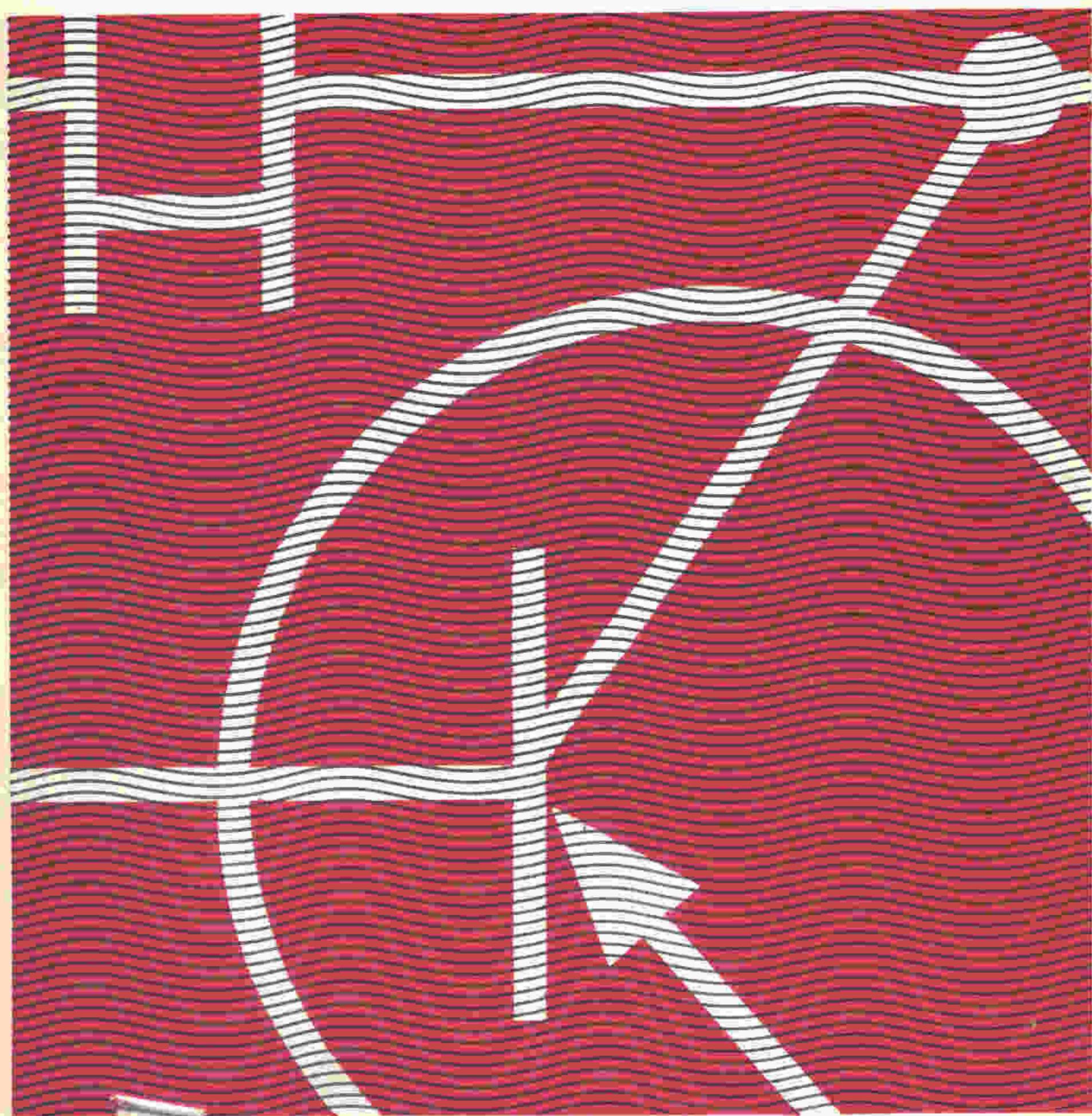


# Die neue Bastler-Schaltung

2/1968

**RFT**  
electronic



# Bastler-Schaltung

## »Elektronische Uhr«

In allen Zweigen und Bereichen der Wirtschaft und Wissenschaft finden elektronische Geräte und Anlagen immer größere Bedeutung – in vielen Fällen wird erst durch sie eine umfassende Mechanisierung der Produktion möglich –, ganze Industriezweige basieren auf der modernen Elektronik. Dabei werden die aktiven Bauelemente in immer stärkerem Maß im Schaltbetrieb verwendet, es treten – im Gegensatz zum Analogbetrieb, wie zum Beispiel in den herkömmlichen Verstärkern – nur noch zwei Zustände auf, eingeschaltet oder gesperrt bzw. leitend oder nichtleitend.

Wie die vielfach an uns herangetragenen Fragen beweisen, beschäftigen sich auch unsere Bastler und Amateure immer mehr mit dieser Technik. Deshalb werden in dem vorliegenden Heft einige Schaltungen vorgestellt, die sich mit dieser Thematik beschäftigen, und es wird ein komplettes Gerät diskutiert, um die Möglichkeiten der Verbindung der einzelnen Grundschaltungen darzustellen. Hier wird eine elektronische Uhr behandelt, wobei die jeweilige Zeit an Ziffernanzeigeröhren abgelesen werden kann. Dabei ist es nicht der Sinn dieses Heftes, jeden Bastler anzuregen, sich eine derartige Uhr aufzubauen – das wird wegen des für einen Amateur doch recht erheblichen Aufwandes Arbeitsgemeinschaften vorbehalten bleiben, die ein derartiges Gerät für Lehr- oder Ausbildungszwecke anfertigen. Mit der ausführlichen Darstellung der Funktion der einzelnen Baugruppen und ihrem Zusammenwirken soll

vielmehr angeregt werden, entsprechend den gegebenen Verhältnissen und bestehenden Forderungen neue Kombinationen zusammenzustellen, um somit Geräte oder Anlagen zu schaffen, die dem jeweiligen Verwendungszweck gerecht werden. So könnte – um einige Beispiele zu nennen – durch Hintereinanderschaltung der Unter-setzerstufen eine Zählleinheit mit beliebig vielen Stellen aufgebaut werden, exakte Zeitmessungen werden möglich, wenn die Torschaltung von außen gesteuert wird, oder mit der Messung von Impulsen über feststehende Zeiteinheiten lassen sich Frequenzen sehr genau messen.

In den nachstehend beschriebenen Schaltungen werden alle Transistoren – außer in der Quarzstufe – im Schaltbetrieb verwendet. Bei der Realisierung lassen sich deshalb auch die über den Fachhandel erhältlichen Bastlertransistoren verwenden, unter Umständen ergibt sich die Notwendigkeit, den Arbeitspunkt zu verschieben.

Zur Beschaffung der Transistoren und auch der anderen elektronischen Bauteile wollen Sie sich bitte auf jeden Fall an den Fachhandel wenden, wobei Ihnen in diesem Heft auch Fachgeschäfte genannt werden, die Ihre Wünsche über den Versandhandel realisieren.

Bevor wir mit der ausführlichen Darstellung der einzelnen Baustufen beginnen, sei uns der Hinweis gestattet, daß wir eine Patentreinheit der behandelten Schaltungen nicht garantieren können.

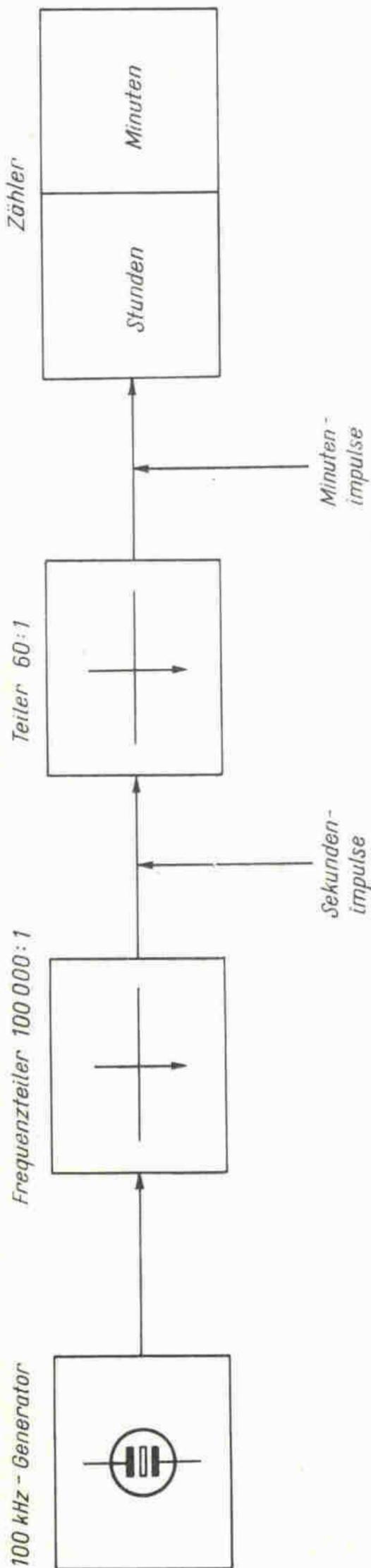


Abb. 1

Vor der Funktion der einzelnen Baustufen soll zunächst an Hand des sehr stark vereinfachten Blockschaltbildes – Abb. 1 – die prinzipielle Arbeitsweise des Gerätes erläutert werden. Mit Hilfe eines sehr frequenzstabilen Generators und nachgeschalteter Frequenzteiler werden Sekunden- und weiter Minutenimpulse erzeugt, die in einer weiteren Einheit gezählt und dargestellt werden.

Das ausführlichere Blockschaltbild entsprechend der Abb. 2 enthält die einzelnen Baustufen, die für den einwandfreien Betrieb benötigt werden und deren ausführliche Funktionsbeschreibung noch folgt. Zunächst wird aber die grundsätzliche Aufgabe der einzelnen Baugruppen dargestellt.

Der QUARZGENERATOR ist das Herz unseres Gerätes. Er bestimmt nicht nur die Genauigkeit der Uhr, sondern blockiert sie bei einem Ausfall vollkommen. Dieser Generator muß exakt bei 100 kHz schwingen, bei höherer Frequenz läuft die Uhr zu schnell, bei tieferen Frequenzen geht sie nach. Es wird weiter eine Frequenzkonstanz über lange Zeit gefordert. In industriellen Anlagen, wo es auf größte Genauigkeit und Exaktheit ankommt, werden derartige Oszillatoren in besonderen Thermostaten mit einer stabilisierten Betriebsspannung betrieben. So viel Aufwand ist im beschriebenen Gerät nicht notwendig und entsprechend den jeweils gestellten Forderungen lassen sich auch andere Generatoren verwenden, wobei der Amateur RC-Generatoren bevorzugt, weil hier mit wenig Aufwand eine relativ hohe Stabilität erreicht werden kann.

Der nachgeschaltete VERSTÄRKER trennt den SCHMITT-TRIGGER vom Generator. In dieser Baustufe wird die sinusförmige Ausgangsfrequenz des Oszillators rechteckförmig verformt. An seinem Ausgang stehen dann Impulse zur Verfügung, deren Amplitude unabhängig von der Form der Eingangsspannung am Trigger ist.

Die Impulse werden der TORSCHALTUNG zugeführt, diese Baugruppe ermöglicht, den Lauf der Uhr anzuhalten, um z. B. die richtige Zeit einzustellen.

Die folgenden PERIODISCHEN UNTERSETZER sind so dimensioniert, daß pro Gruppe eine Frequenzteilung um den Faktor 10 erfolgt. Nach dem 5. Teiler stehen also Impulse mit einer Frequenz von 1 Hz zur Verfügung. An das beschriebene Gerät wurde die Forderung gestellt, Stunden und Minuten anzuzeigen. Deshalb müssen die Sekundenimpulse nochmals untersetzt werden, das übernimmt der UNTERSETZER 60:1, der aus 6 bistabilen Multivibratoren besteht.

Das ZÄHLWERK ist hier 4stellig, es werden 4 Untersetzer mit unterschiedlichem Teilverhältnis verwendet. Über eine DIO-DENMATRIX wird eine entsprechende Dekodierung vorgenommen, damit über den ANZEIGEVERSTÄRKER eine Darstellung in der gewohnten dezimalen Form erfolgen kann. Dabei sind die unterschiedlichen Teilverhältnisse notwendig, um unserem Zeitsystem, 60 Minuten pro Stunde und 24 Stunden pro Tag, gerecht zu werden.

Mittels des NULLSTELLUNGSVERSTÄRKERS wird erreicht, daß nach 24 Stunden die Impulzzählung wieder bei Null beginnt, aber auch mit dem eingezeichneten Schalter kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt erreicht werden, daß das Zählwerk in seine Ausgangsstellung zurückgeführt wird.

Die eingezeichneten Schalter „Stop“, „normal – schneller Vorlauf“ und „Null-Stellung Hand“ sind zur Korrektur nach dem Einschalten an das Lichtnetz vorgesehen. Bei der Inbetriebnahme wird mittels des Schalters „Null-Stellung Hand“ das Zählwerk in

5 periodische Untersetzer 10:1

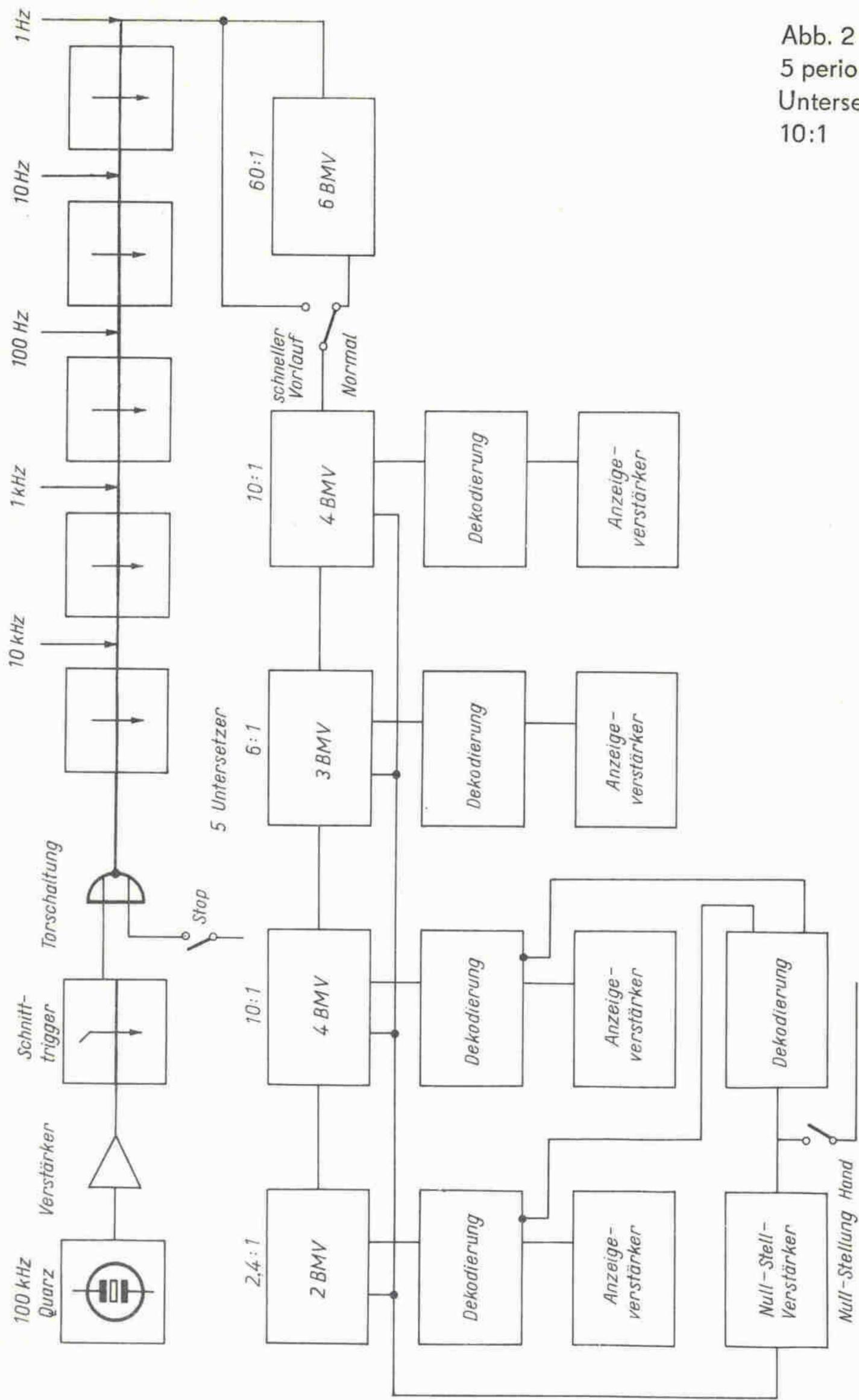


Abb. 2  
5 periodische  
Untersetzer  
10:1

die Ausgangsstellung geschaltet. Mit dem „schnellen Vorlauf“ wird dem Untersetzer, der sonst die Minuten anzeigt, pro Sekunde ein Impuls zugeführt, so wird schnell die gewünschte Zeit angezeigt. Ist der geforderte Wert erreicht, kann man mittels der Stoptaste die Torschaltung sperren und nach Betätigung des Schalters „normaler Lauf“ das Gerät zu einem definierten Zeitpunkt, z. B. mit dem letzten Ton des Zeitzeichens, starten.

Im NETZTEIL wird die Betriebsspannung für die einzelnen Stufen erzeugt. Als Arbeitsspannung wurde für alle Baustufen  $-6\text{ V}$  gewählt, teilweise wird auch eine positive Hilfsspannung von  $+6\text{ V}$  benötigt. Zum Betrieb der Ziffernanzeigeröhren werden höhere Spannungen benötigt, wobei – resultierend aus der Verwendung von Ge-Schalttransistoren – eine Unterteilung in  $+100\text{ V}$  und  $-55\text{ V}$  notwendig war.

Beim Aufbau ähnlicher Geräte sollte bei der Gestaltung der Stromversorgung beachtet werden, daß Netzunterbrechungen eine Korrektur notwendig machen. Deshalb macht sich unter Umständen die Verwendung von Akkumulatoren notwendig.

Nachdem nunmehr die wichtigsten Zusammenhänge behandelt worden sind, soll an Hand der einzelnen Schaltbilder zur Funktion der Baugruppen übergegangen werden.

#### QUARZGENERATOR

Abb. 3

Bei der verwendeten Schaltung handelt es sich um einen Generator vom Typ der kapazitiven Dreipunktschaltung. Da neben dem Quarz auch die parallel liegenden Kapazitäten auf die Frequenz Einfluß haben, ist die Möglichkeit gegeben, in geringem Maße Korrekturen vorzunehmen. Der Quarz schwingt in dieser Schaltung auf seiner Grundfrequenz.

Als Transistor wurde in der Originalschaltung die Type GS 109 verwendet, aber auch die Typen GF 100 und GF 105 oder entsprechende Basteltypen können eingesetzt werden, bei sehr ungünstigen Fällen ist unter Umständen der Arbeitspunkt zu verändern, d. h., durch Ändern des Spannungsteilers R 1 und R 2 die Basisvorspannung auf den günstigsten Wert einzustellen.

#### VERSTÄRKER

Abb. 4

Im Verstärker können ebenfalls GS 109 oder GF 100 bzw. GF 105 oder entsprechende Basteltypen eingesetzt werden. Der Transistor T 2 wird in Kollektorbasischaltung betrieben, das Signal wird am Emitter abgenommen. Eine Spannungsverstärkung erfolgt mit diesem Transistor nicht, hier erfolgt eine Trennung des Quarzgenerators von den nachfolgenden Stufen, die eine Rückwirkung verhindert. Durch den hohen Eingangswiderstand der Kollektorbasischaltung wird der Generator nicht belastet.

Der Transistor T 3 wird ohne Basisvorspannung betrieben, dadurch werden die positiven Halbwellen der Steuerfrequenz nicht verstärkt. Gelangen negative Halbwellen an die Basis, so wird der Transistor geöffnet und bis an die Restspannung durchgesteuert, das Ausgangssignal ist also nicht mehr sinusförmig, sondern schon sehr stark verzerrt.

## SCHMITT-TRIGGER

Abb. 5

Derartige Triggerstufen werden in der Impulstechnik sehr oft angewendet. Um die Funktion der Schaltung zu erläutern, nehmen wir zunächst an, daß die Basis des Transistors T 4 über einen Widerstand mit dem Massepotential verbunden sei, in der Abb. 5 ist dieser Widerstand gestrichelt eingezeichnet. Im Ruhezustand fließt durch den Transistor T 5 ein Strom, da über den Spannungsteiler R 12, R 13 und R 14 eine entsprechende Basisspannung gegeben ist. Die über den Widerstand R 15 abfallende Spannung sperrt den Transistor T 4. Wird an den Eingang eine Spannung gelegt, die größer ist als der Spannungsunterschied zwischen Basis und Emitter des Transistors T 4, kann in diesem Transistor ein Kollektorstrom fließen, dadurch wird die Spannung an der Basis von Transistor T 5 so gering, daß dieser Transistor gesperrt wird. Es ist also immer nur einer der beiden Transistoren leitend, der andere wird gesperrt. Das Umschalten in den anderen Zustand erfolgt

durch die feste Kopplung beider Transistoren schlagartig, dies wird immer dann ausgenutzt, wenn es gilt, Impulse mit besonders steilen Flanken zu erzeugen. Das ist auch in der beschriebenen Schaltung notwendig. Hier liegt die Basis von T 4 direkt am Kollektor von T 3. Der Transistor T 4 wird also dann leitend, wenn an der Basis von T 3 ein positives oder kein Signal anliegt. Ist die Spannung am Kollektor von T 3 auf einen bestimmten Wert abgefallen, wird T 5 geöffnet und T 4 gesperrt, dabei wird am Ausgang ein positiver Impuls erzeugt, der für die Torschaltung benötigt wird.

## TORSCHALTUNG

Abb. 6

Die Ausgangsspannung der Triggerstufe wird über den Kondensator C 9 zur Basis des Transistors T 6. Da dieser Transistor im Grundzustand völlig gesättigt ist, werden nur positive Impulse

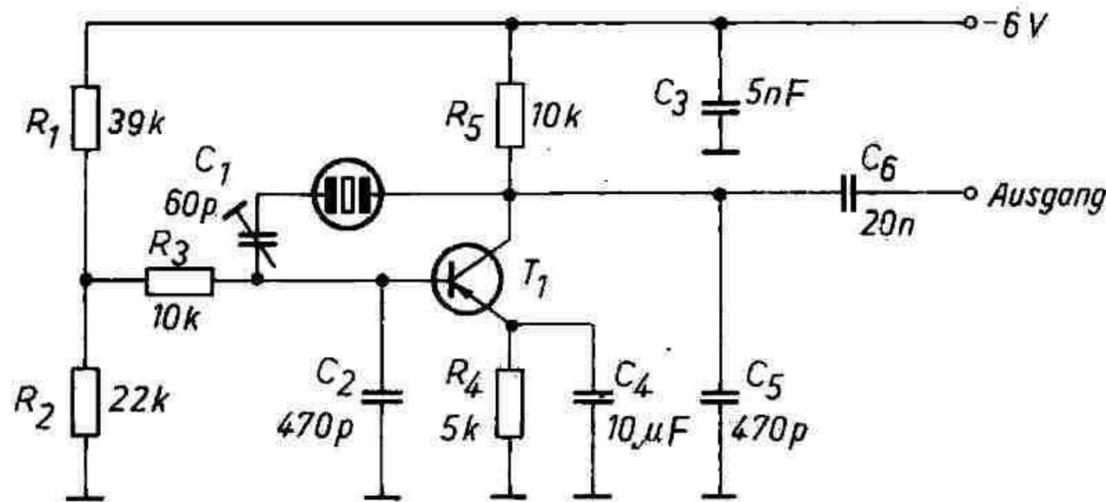


Abb. 3  
Quarzgenerator

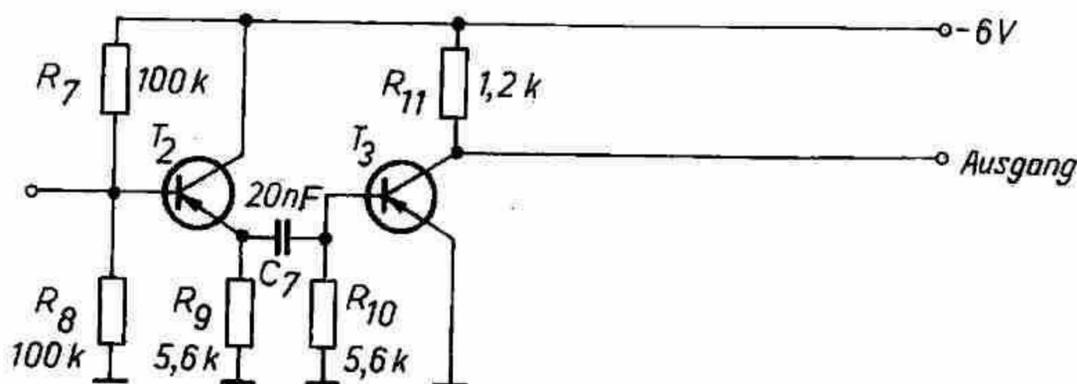


Abb. 4  
Verstärker

wirksam, die den Transistor sperren. Der Transistor T 7 ist im Normalzustand gesperrt, wird der Schalter in die Stellung „Stop“ gebracht, wird die Basis über R 18 an die Betriebsspannung gelegt. Dadurch wird der Transistor geöffnet, die Spannung am Ausgang ist gleich der Sättigungsspannung des Transistors und die Impulse werden unterdrückt.

In der beschriebenen Schaltung wird die Steuerspannung mittels eines Schalters an die Basis des Transistors T 7 geführt. Vielfach wird sich die Notwendigkeit ergeben, das Tor elektronisch zu öffnen und zu schließen. Hier könnte ein bistabiler Multivibrator verwendet werden, wie er später noch beschrieben wird. Der Widerstand R 18 wäre dann an einen der Kollektoren des Multivibrators zu legen. Durch einen Impuls am Eingang des Multivibrators wird die Torschaltung dann geöffnet, durch den nächsten Impuls geschlossen.

Dabei können diese Impulse über einen Schmitt-Trigger in ihrer Flankensteilheit so beeinflusst werden, daß sie für die Steuerung des Multivibrators geeignet sind.

In der beschriebenen Schaltung wurden für T 6 und T 7 Schalttransistoren eingesetzt. Da an sie aber nur geringe Anforderungen gestellt werden, können auch hier Bauelemente eingesetzt werden, die über die Bastlerbezugsquellen erhältlich sind. Dabei sollte der Transistor T 7 eine geringe Sättigungsspannung haben.

#### PERIODISCHE UNTERSETZER 100 kHz – 1 Hz

Abb. 7

In der elektronischen Uhr sind 5 derartige Untersetzer hintereinander geschaltet, dabei wird die jeweils am Eingang liegende Frequenz um den Faktor 10 heruntersetzt. Durch geeignete Dimensionierung – der Zeitkonstante  $C 2 \cdot (R 4 + R 5)$  – können grundsätzlich auch andere ganzzahlige Teilverhältnisse erreicht werden, wobei aus Gründen der Stabilität das Untersetzungsverhältnis nicht extrem hoch gewählt werden kann. Der Schaltung

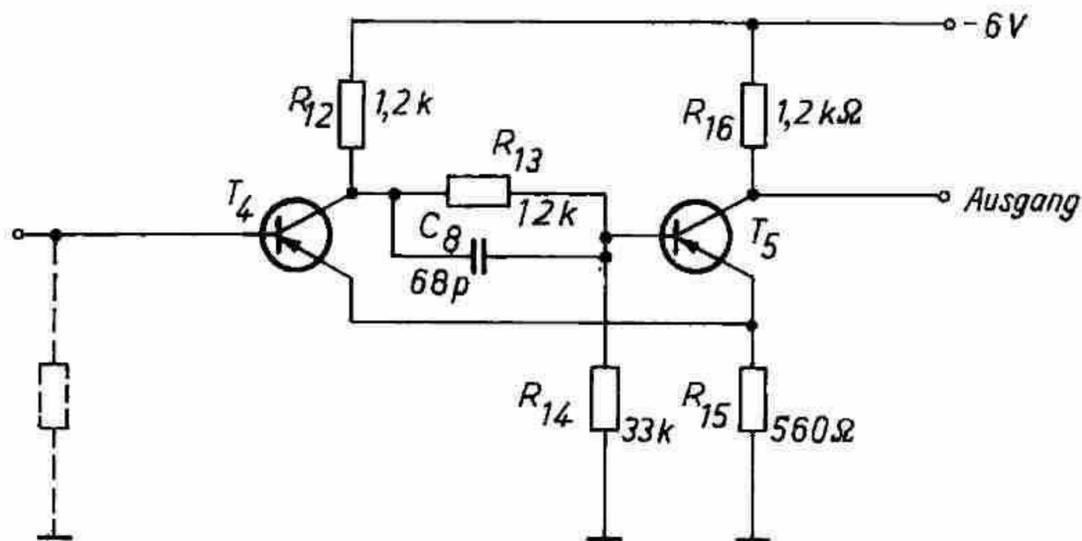


Abb. 5  
Schmitt-Trigger

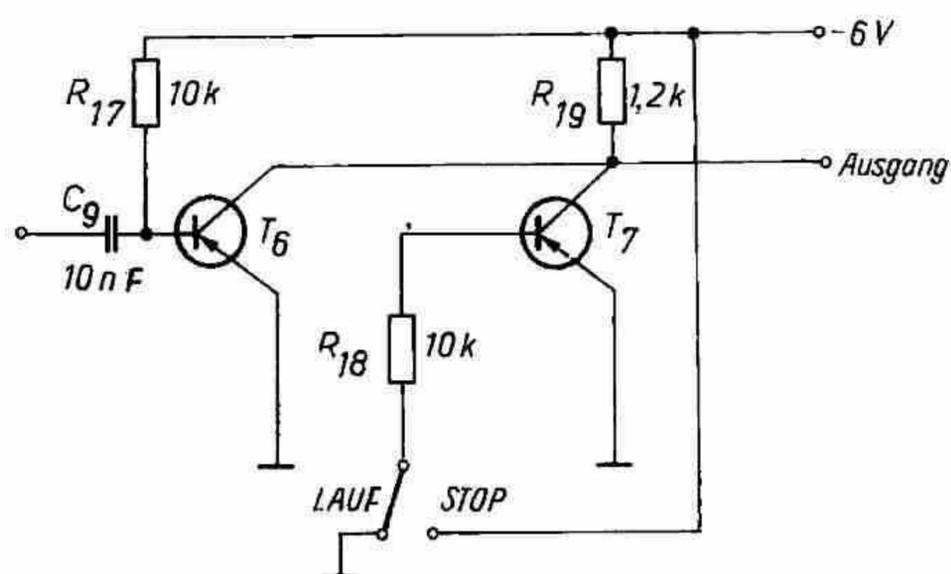


Abb. 6  
Torschaltung

sind auch Grenzen bezüglich der unteren Grenzfrequenz gesetzt, bei noch tieferen Frequenzen muß eine andere Art der Teilung gewählt werden, da die zu verwendenden Kondensatoren zu groß werden. In allen Teilern wird die gleiche Schaltung verwendet, allerdings ändern sich einzelne Werte der passiven Bauelemente entsprechend den in der Tabelle genannten Werten.

Die am Ausgang der Torschaltung zur Verfügung stehenden Impulse werden über C 1, R 1 und D 1 an die Basis des Transistors T 1 geleitet. Dabei werden nur die negativen Impulse wirksam, da die positiven Impulse nicht nur von der Diode D 1 gesperrt, sondern durch Diode D 2 nach Masse kurzgeschlossen werden. In Ruhestellung ist der Transistor T 1 gesperrt, weil ihm über R 8 eine positive Spannung zugeführt wird. Dieser Transistor wird aber vom ersten negativen Impuls am Eingang bis zur Sättigung durchgesteuert. Dadurch wird über die Diode D 3 der Kondensator C 2 so aufgeladen, daß der Transistor T 3, der im Ruhezustand leitend ist, gesperrt wird. Die Sperrzeit wird durch die Zeitkonstante C 2 ·

(R 4 + R 5) bestimmt. Während der Sperrzeit kann am Ausgang ein negativer Impuls abgenommen werden, der zur Steuerung des nächsten Teilers geeignet ist. Das Ansteigen der Spannung am Kollektor von Transistor T 3 bewirkt über den Widerstand R 7 die Öffnung des 1. Transistors auch dann, wenn kein Impuls am Eingang anliegt (Rückkopplung).

Dadurch werden die weiter dem Eingang zugeführten Signale nicht wirksam. Wenn sich der Kondensator C 2 so weit entladen hat, daß im Transistor T 3 wieder ein Strom zu fließen beginnt, wird über C 3 und R 7 der Transistor T 1 gesperrt, Transistor T 2 entlädt den Kondensator C 2 vollständig und T 3 wird wieder bis zur Sättigung durchgesteuert, die Schaltung ist im Ausgangszustand. Das Umschlagen in den anderen Zustand erfolgt dabei wieder so schnell, daß die am Ausgang abnehmbaren Impulse über eine große Flankensteilheit verfügen. Wenn der Widerstand R 5 entsprechend eingestellt wurde, steigt mit dem ersten Impuls am Eingang die Spannung am Ausgang an und verbleibt für den

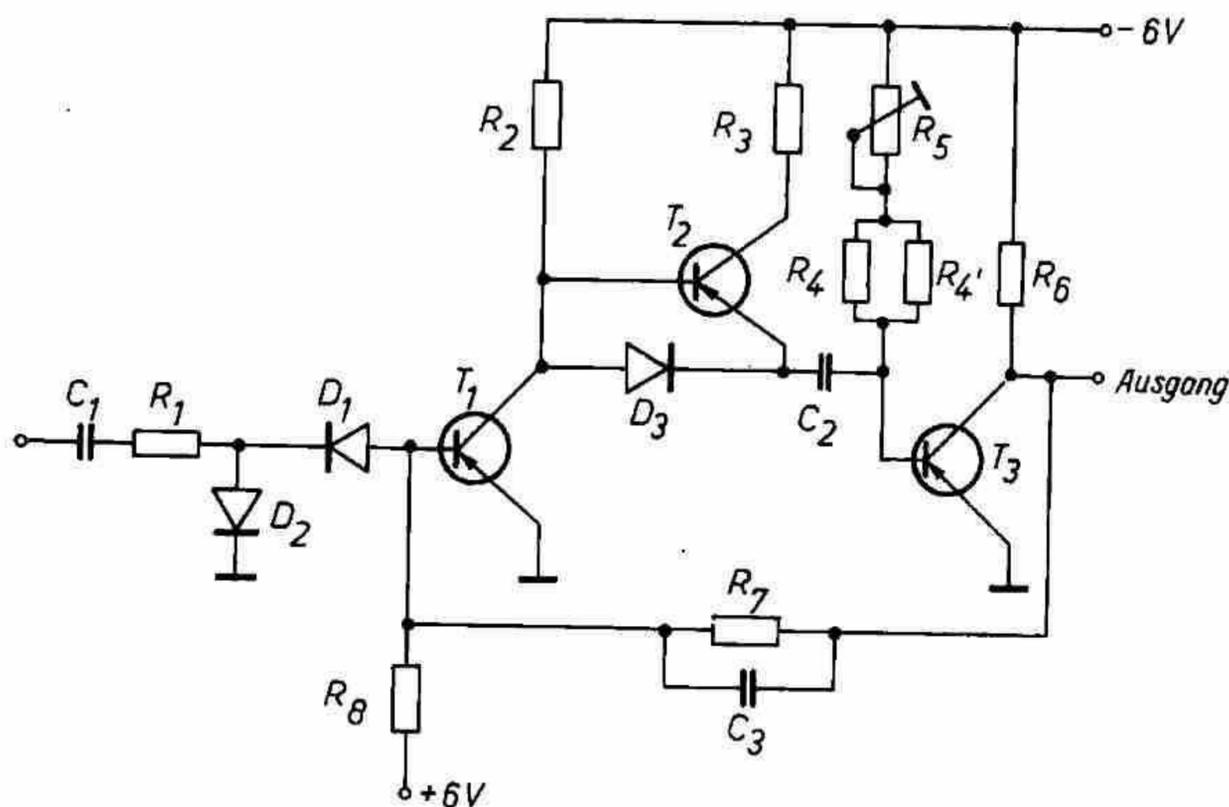


Abb. 7  
Periodischer  
Untersetzer  
und  
Schaltteiltabelle

Untersetzer Bauelement	1 100 kHz/10 kHz	2 10 kHz/1 kHz	3 1 kHz/100 Hz	4 100 Hz/10 Hz	5 10 Hz/1 Hz
C 1	330 pF	680 pF	680 pF	680 pF	680 pF
C 2	10 nF	0,1 µF	1 µF	4 µF	5 µF
C 3	330 pF	330 pF	330 pF	150 pF	150 pF
R 1	8,2 k Ω	8,2 k	8,2 k	8,2 k	8,2 k
R 2	1,2 k	1,2 k	1,2 k	1,5 k	1,5 k
R 3	120 Ohm	120 Ohm	120 Ohm	120 Ohm	100 Ohm
R 4	13,5 k	39 k	27 k	33 k	300 k
R 4'	—	22 k	22 k	—	—
R 5	2,5 k	2,5 k	2,5 k	5 k	100 k
R 6	1,2 k	1,2 k	1,2 k	3,9 k	5,6 k
R 7	8,2 k	8,2 k	8,2 k	8,2 k	8,2 k
R 8	27 k	27 k	27 k	27 k	27 k
B Tr 3	> 15	> 15	> 15	> 20	> 80

Zeitraum der nächsten 9 Impulse in dieser Höhe. Dann erfolgt schnelle Rückführung in den Ausgangszustand. Ist R 5 nicht richtig eingestellt, können also auch andere Untersetzungen als 10:1 auftreten. Diese Schaltung ist also nur für bestimmte Festfrequenzen geeignet, bei größeren Abweichungen ist eine einwandfreie Teilung nicht gewährleistet.

Am Ausgang des letzten Untersetzers stehen Impulse mit einem Abstand von einer Sekunde zur Verfügung. Da die Forderung bestand, die Minuten anzuzeigen, macht sich eine weitere Untersetzung im Verhältnis 60:1 notwendig, die mit bistabilen Multivibratoren realisiert wird.

Bevor wir mit der Beschreibung der Schaltung fortfahren, soll eine Grundschriftung erläutert werden, die sehr häufig verwendet wird, der Multivibrator. Obwohl seine Funktion allgemein als bekannt vorausgesetzt werden kann, soll auf die 3 Grundschriftungen hier noch kurz eingegangen werden.

Abb. 8 zeigt die Grundschriftung eines astabilen Multivibrators, der zwar in der elektronischen Uhr nicht enthalten ist, für den Bastler und Amateur aber eine Lösung darstellt, wenn mit wenig Aufwand ein relativ frequenzstabiler Generator realisiert werden soll. So wäre es möglich, im vorliegenden Gerät den Quarzoszillator durch einen Multivibrator zu ersetzen, wenn die Anforderungen an die Genauigkeit sehr gering sind.

Die Grundschriftung zeigt, daß der astabile MV (Multivibrator) eigentlich aus einem zweistufigen Verstärker besteht, dessen Eingang mit dem Ausgang verbunden ist. Nehmen wir an, daß T 1 leitend ist, dann wird T 2 über den Koppelkondensator so lange gesperrt, bis dieser Kondensator sich über den Basiswiderstand so weit entladen hat, daß im T 2 ein Basisstrom zu fließen beginnt. Dadurch wird über den Kondensator C 1 der Transistor T 1 gesperrt. Ist dieser Koppelkondensator wieder weit genug entladen, wird T 2 wieder gesperrt. Durch die starke Kopplung der Basis mit dem Kollektor des anderen Transistors erfolgt die Umschaltung

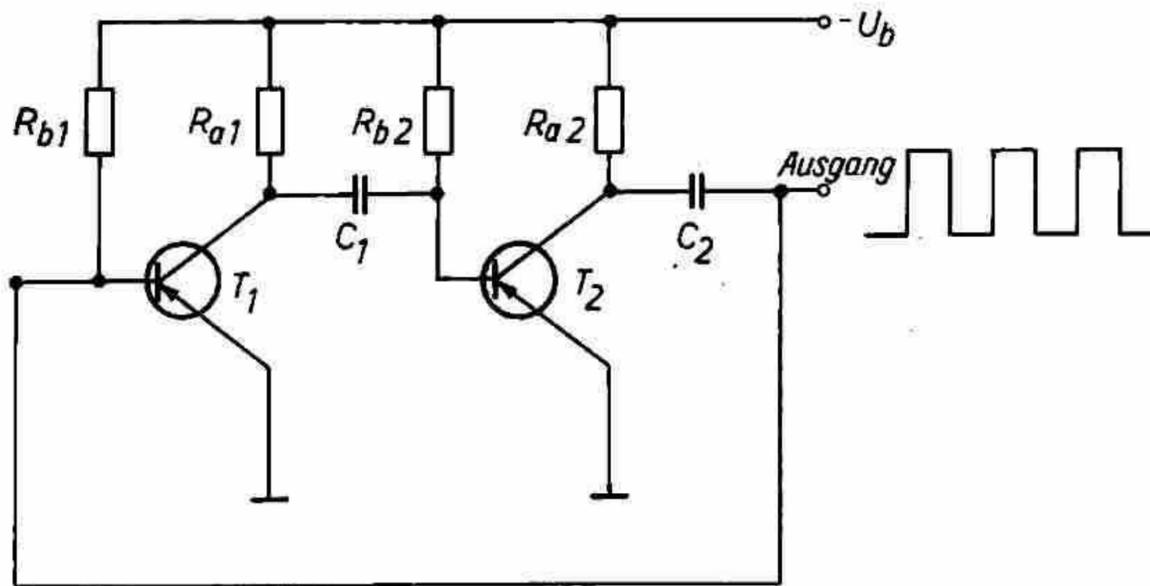


Abb. 8  
Astabiler  
Multivibrator

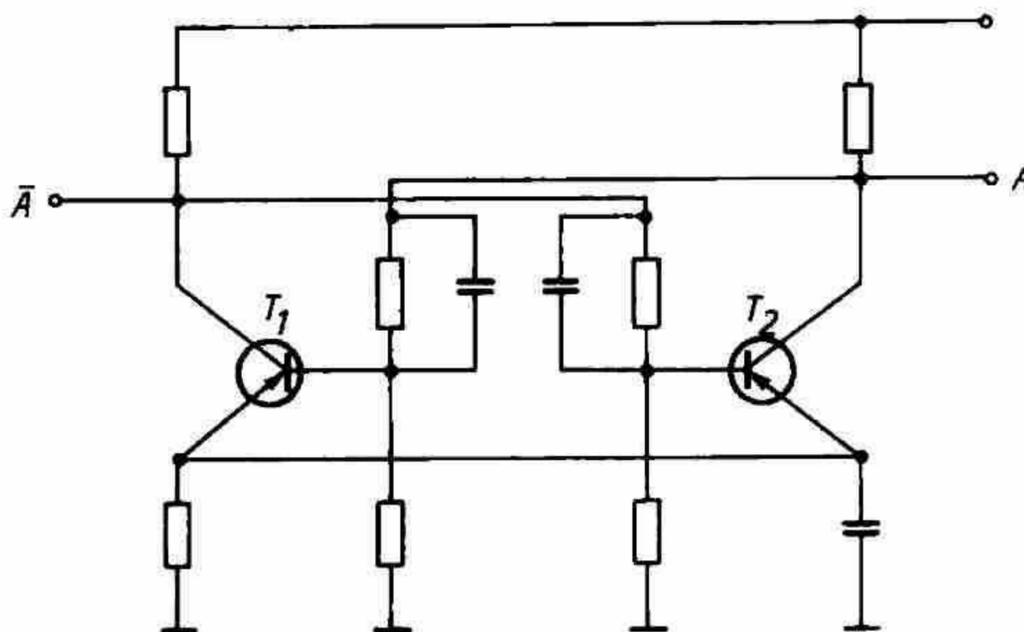


Abb. 9  
Bistabiler  
Multivibrator

in den jeweils anderen Zustand sehr schnell. Die Sperrzeiten der Transistoren lassen sich durch geeignete Dimensionierung der Koppelkondensatoren und der Basis- und Arbeitswiderstände in weiten Bereichen verändern.

Beim bistabilen Multivibrator (BMV) – Abb. 9 – finden wir, wie vom Namen schon angedeutet wird, zwei stabile Zustände. Dieser Multivibrator soll nicht schwingen, sondern das Umschalten in den anderen Zustand soll auf ein Signal von außen erfolgen. Deshalb sind die beiden Transistoren über Widerstände miteinander gekoppelt, die Basisspannung wird einem Spannungsteiler entnommen, der zwischen dem Kollektor des anderen Transistors und Masse liegt. Wenn T 1 leitend ist, liegt an seinem Kollektor die Sättigungsspannung. Der gemeinsame Emitterwiderstand ist so zu dimensionieren, daß mit dem Spannungsteiler der Basis von T 2 eine solche Spannung zugeführt wird, die den Transistor T 2 sperrt. Zum Umschalten in den anderen Zustand ist es notwendig, der Basis von T 2 einen negativen Impuls zuzuführen oder mit einem

positiven Impuls T 1 zu sperren, dann wird sich am Kollektor von T 1 eine solche Spannung einstellen, daß T 2 über den Spannungsteiler geöffnet wird.

Bevor wir die im Gerät verwendeten BMV ausführlicher behandeln, soll noch auf den monostabilen Multivibrator hingewiesen werden. Hier wird ein Transistor mit einer Hilfsspannung immer in leitendem Zustand gehalten. Aus dem Prinzipschaltbild – Abb. 10 – kann man sofort erkennen, daß T 1 so lange geöffnet bleibt, bis an seine Basis eine Impulsspannung gelegt wird; die Schaltung kippt mit der Zeitkonstante  $T = 0,7 RC$  in den Ausgangszustand zurück. Eine spezielle Ausführung des monostabilen Multivibrators stellen auch die bereits behandelten periodischen Untersetzer dar.

In der Abb. 11 wird der BMV gezeigt, der für die nachfolgenden Stufen immer wieder verwendet wird. Das Umschalten in den jeweils anderen Zustand erfolgt mittels positiven Impulsen, die dem gemeinsamen Eingang zugeführt werden. Die Rechteckimpulse werden an R 1, C 1 bzw. R 2, C 2 differenziert und die Torschal-

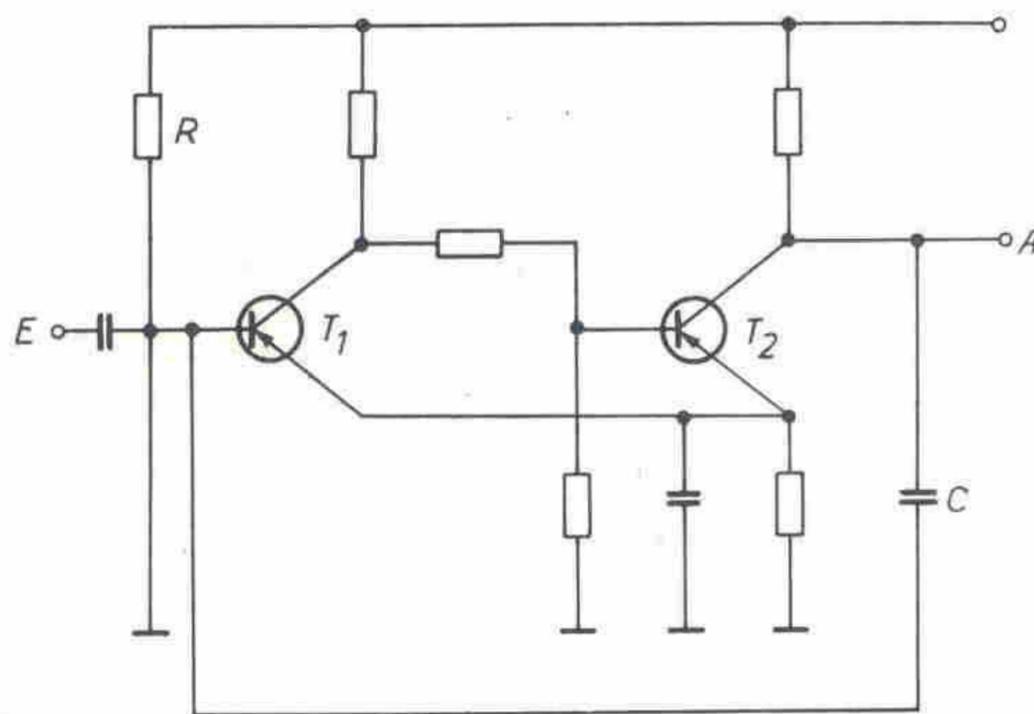


Abb. 10  
Monostabiler  
Multivibrator

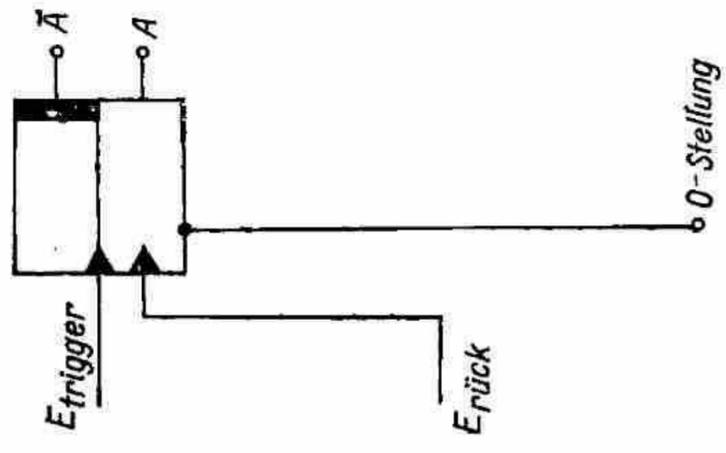
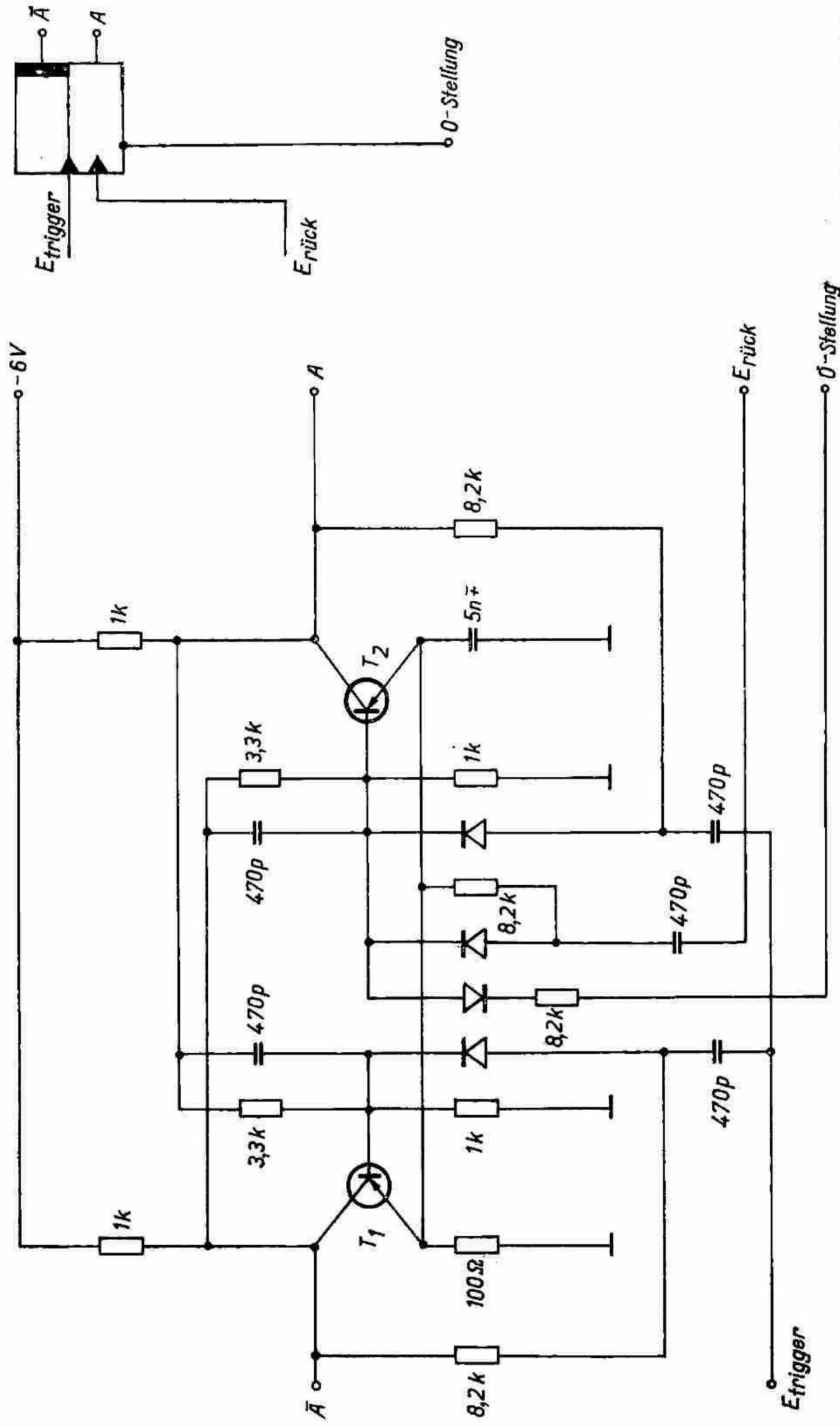


Abb. 11  
Bistabiler  
Multivibrator –  
Schaltbild  
und  
logisches Symbol

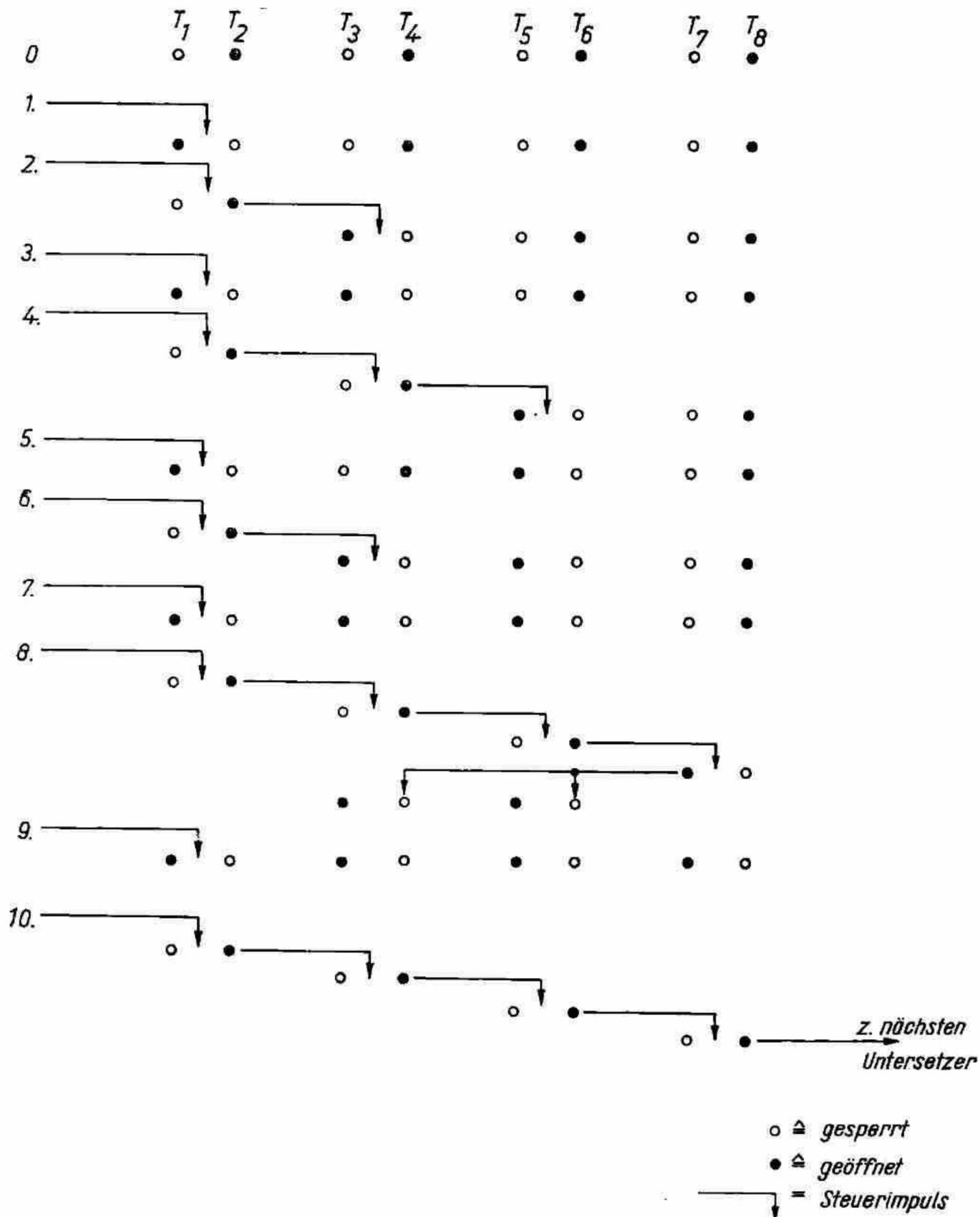
tung aus R 1 und D 1 bzw. R 2 und D 2 bewirkt, daß die positiven Impulse nur dem geöffneten Transistor zugeführt werden. Die Kondensatoren vom Kollektor zur Basis des anderen Transistors beeinflussen die Umschlagzeit des BMV und sind für die Flankensteilheit von Bedeutung. Am Ausgang des BMV stehen Rechteckimpulse zur Verfügung, die wiederum zur Ansteuerung weiterer BMV geeignet sind. In der Ausgangsstellung soll der Transistor T 2 geöffnet sein, dies wird erreicht, wenn über den Anschluß „Nullstellung“ eine negative Spannung angelegt wird. Über den Anschluß „Eingang rück“ kann mit positiven Impulsen erreicht werden, daß der Transistor T 2 gesperrt wird, der BMV seinen zweiten definierten Zustand einnimmt.

Um in den weiteren Abbildungen die Zeichenarbeiten zu reduzieren, werden wir dort vielfach das logische Symbol für einen BMV verwenden, wie es in der Abb. 11 ebenfalls aufgeführt ist.

## FREQUENZUNTERSETZUNG MITTELS BISTABILER MULTIVIBRATOREN

In der weiteren Erläuterung des Gerätes soll der im Blockschaltbild folgende Unter-setzer 60:1 erst später behandelt werden, er stellt wie die Unter-setzerstufen 6:1 und 2,4:1 eine Ausnahme dar, wenn auch mit diesen Schaltungen bewiesen werden kann, daß sich auch andere Unter-setzungsverhältnisse als das allgemein übliche Verhältnis 10:1 realisieren lassen.

In der Abb. 13 wird die Grundschaltung für einen dekadischen Zähler unter Verwendung von BMV sowohl mittels der schon vorgestellten logischen Symbole als aber auch mit den wichtigsten Bauelementen nochmals dargestellt, weil nicht jeder Leser sofort mit den Schaltsymbolen so vertraut sein wird, daß die Funktion der gesamten Einheit auf den ersten Blick erkannt wird. Es wird empfohlen, die Wirkungsweise auch an Hand der Abb. 12 zu vergleichen. Das Fließen von Kollektorstrom wird mit ● dargestellt, dagegen bedeutet ○, daß der Transistor gesperrt ist. Am Ausgang



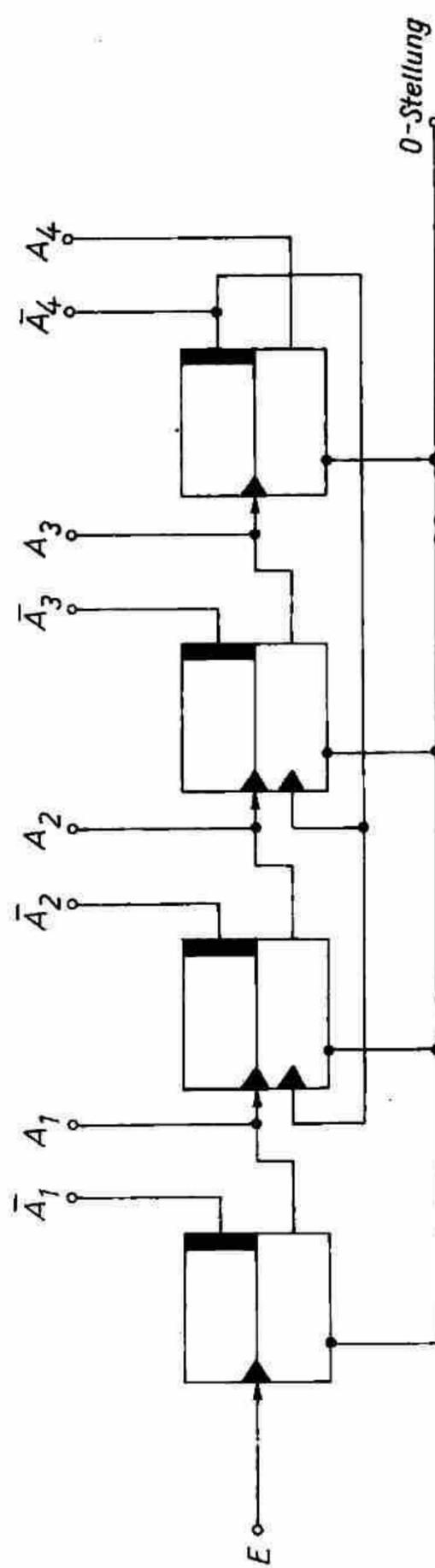
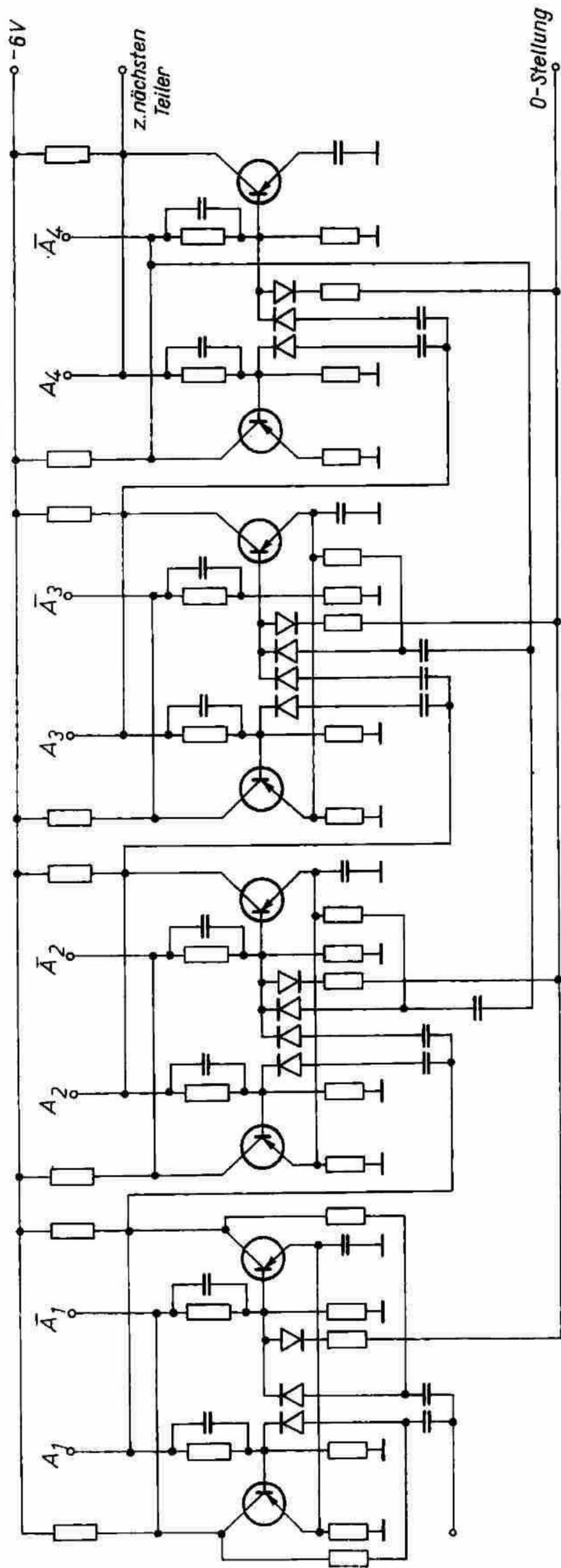


Abb. 13  
 Dekadischer  
 Untersezter –  
 Prinzip-  
 schaltbild  
 und  
 Darstellung  
 mittels  
 logischer  
 Symbole

A 1, A 2, A 3 und A 4 steht jeweils eine positive Impulsflanke zur Verfügung, wenn die Transistoren T 2, T 4, T 6 und T 8 vom gesperrten in den leitenden Zustand umgeschaltet werden. Da jeder Multivibrator praktisch die Frequenz um den Faktor 2 herabsetzt, wird bei der Reihenschaltung von 4 Multivibratoren eine Teilung von 16:1 erreicht, um ein dekadisches Teilverhältnis zu erreichen, werden innerhalb eines Teilers Impulse rückgeführt. So bewirkt der 8. Impuls am Eingang der Teilerstufe am Ausgang  $\overline{A 4}$  einen positiven Impuls, der – wie auf der Tabelle nach Abb. 13 verglichen werden kann – T 4 und T 6 sperrt. Mit dem 10. Impuls wird so die Ausgangsstellung erreicht, gleichzeitig kann am Ausgang des Zählers ein Impuls abgenommen werden, der zur Ansteuerung eines neuen BMV geeignet ist. Zum besseren Verständnis wird in der Abb. 14 die Schaltbelegungstabelle für den dekadischen Zähler gezeigt und die Wertigkeit der einzelnen Ausgänge angegeben, wobei die angezeigte Ziffer der Summe der Wertigkeiten entspricht.

Der Ordnung halber sei erwähnt, daß die hier dargestellte Verknüpfung der BMV nicht die einzige mögliche Lösung darstellt, im Prinzip laufen aber alle Schaltungen von dekadischen Teilern mit BMV darauf hinaus, daß die dem Binärsystem entsprechenden Stellungen 10 bis 15 übersprungen werden.

#### TEILERSTUFE 6:1

Die Abb. 15 und 16 zeigen, daß hier 3 BMV in Reihe geschaltet sind. Dabei ist der Ausgang  $\overline{A 3}$  mit dem Rückstelleingang der 2. Stufe verbunden. Der 4. Impuls am Eingang bewirkt das Umschalten aller BMV in den anderen stabilen Zustand, dabei wird gleichzeitig durch den positiven Impuls am Ausgang von  $\overline{A 3}$  eine weitere Umschaltung des 2. BMV bewirkt. Mit dem 6. Impuls werden dann alle BMV in die Ausgangs-(Null-)Stellung zurückgeführt.

In der elektronischen Uhr wird ein Teiler 10:1 und der Teiler 6:1 miteinander gekoppelt und zur Anzeige der Minuten eingesetzt.

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
0	0	0	0	0
1	L	0	0	0
2	0	L	0	0
3	L	L	0	0
4	0	0	L	0
5	L	0	L	0
6	0	L	L	0
7	L	L	L	0
8	0	L	L	L
9	L	L	L	L
<b>Wertigkeit:</b>	1	2	4	2

0  $\hat{=}$  Ausgangsspannung 0V  
 L  $\hat{=}$  Ausgangsspannung  $\approx$  -6V

Abb. 14  
 Dekadischer  
 Zähler,  
 Schalt-  
 belegungs-  
 tabelle

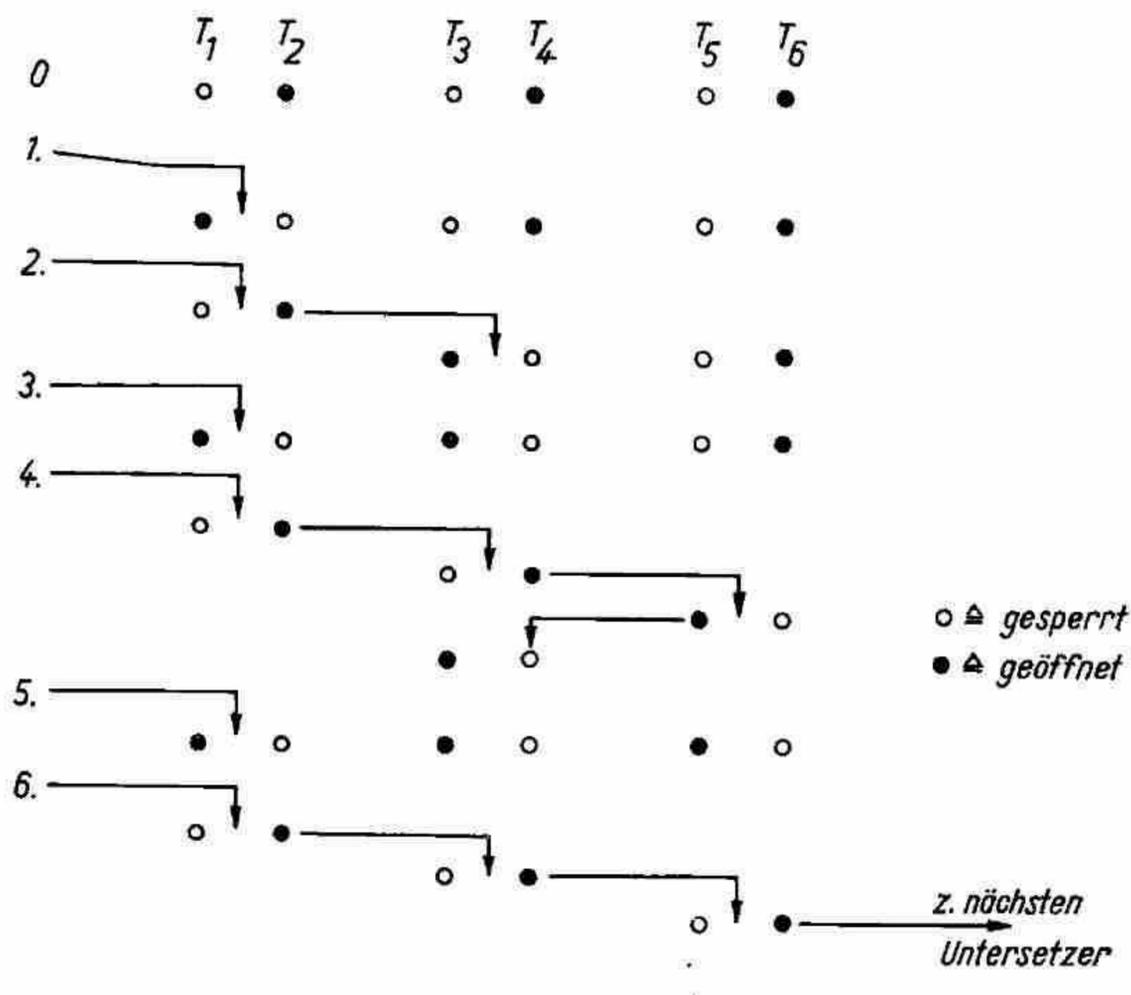


Abb. 15  
Kollektorstrom-  
und  
Schalt-  
belegungs-  
tabelle

	$A_1$	$A_2$	$A_3$
0	0	0	0
1	L	0	0
2	0	L	0
3	L	L	0
4	0	L	L
5	L	L	L
Wertigkeit:	1	2	2

0  $\triangleq$  Ausgangsspannung 0V  
 L  $\triangleq$  Ausgangsspannung -6V

Vor dieser Einheit macht sich noch die Untersetzung der Sekundenimpulse notwendig.

Dazu wird die  
TEILERSTUFE 60:1

verwendet. Natürlich hätte auch hier eine Kombination von je einem Teiler 6:1 und 10:1 verwendet werden können, und sollen auch die Sekunden angezeigt werden, ist diese Lösung nicht zu vermeiden. Die in der Abb. 17 gezeigte Prinzipschaltung benötigt aber nicht nur einen BMV weniger, sondern stellt auch eine interessante technische Lösung dar, die unseren Lesern nicht verschwiegen werden soll. In der Abb. 18, in der auszugsweise angezeigt wird, welche Transistoren leitend oder gesperrt sind, wird gezeigt, daß jeweils nach dem 8. Impuls der 4. BMV umgeschaltet wird. Nach dem 32. Impuls wird vom Ausgang  $\bar{A} 5$  also dem Kollektor des Transistors T 11 ein positiver Impuls auf T 6 rückgeführt und damit erreicht, daß mit dem 60. Impuls der Ausgangszustand erreicht wird.

Es lassen sich also mit Hilfe von bistabilen Multivibratoren und entsprechenden Rückführungen nicht nur dekadische, sondern die verschiedensten ganzzahligen Frequenzteilerschaltungen realisieren, wobei im Gegensatz zu den vorher behandelten periodisch arbeitenden Untersettern diese Schaltungen frequenzunabhängig sind. Bei sehr hohen Frequenzen treten allerdings Schwierigkeiten auf, weil die Schaltzeit der verwendeten Transistoren eine technisch bedingte Grenze setzt.

Der Untersetzer 2,4:1 besteht aus 2 BMV, hier erfolgt keine gesonderte Rückführung. In Verbindung mit dem vorgeschalteten Teiler 10:1 wird nach 24 Stunden der Null-Stellungs-Verstärker betätigt und alle Zähler werden in die Nullstellung zurückgeführt. Dies wird später noch erklärt.

Um die bisher behandelten Frequenzteiler abzuschließen, wird bemerkt, daß sich die Schaltungen sowohl mit Transistoren GF 100 bis GF 105, GS 121 als auch mit GS 109 bis GS 112 realisieren lassen, wobei die GS-Typen speziell für den Schaltbetrieb ent-

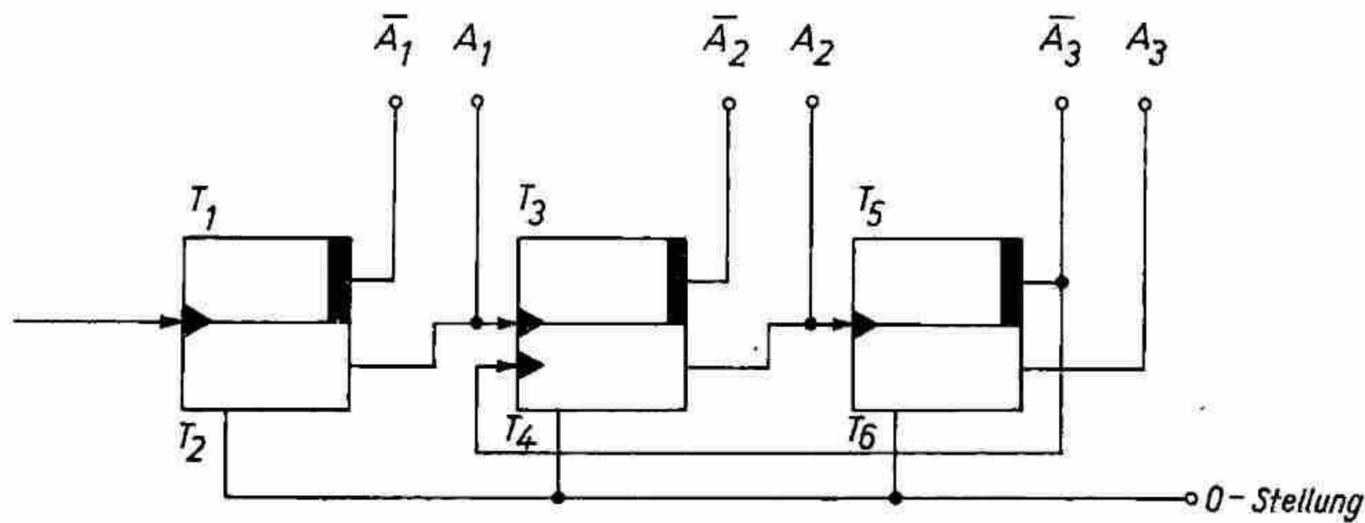


Abb. 16  
Untersetzer  
6:1

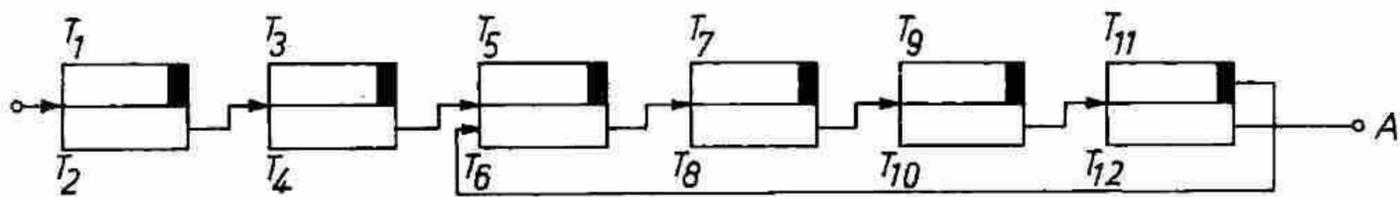


Abb. 17  
Untersetzer  
60:1

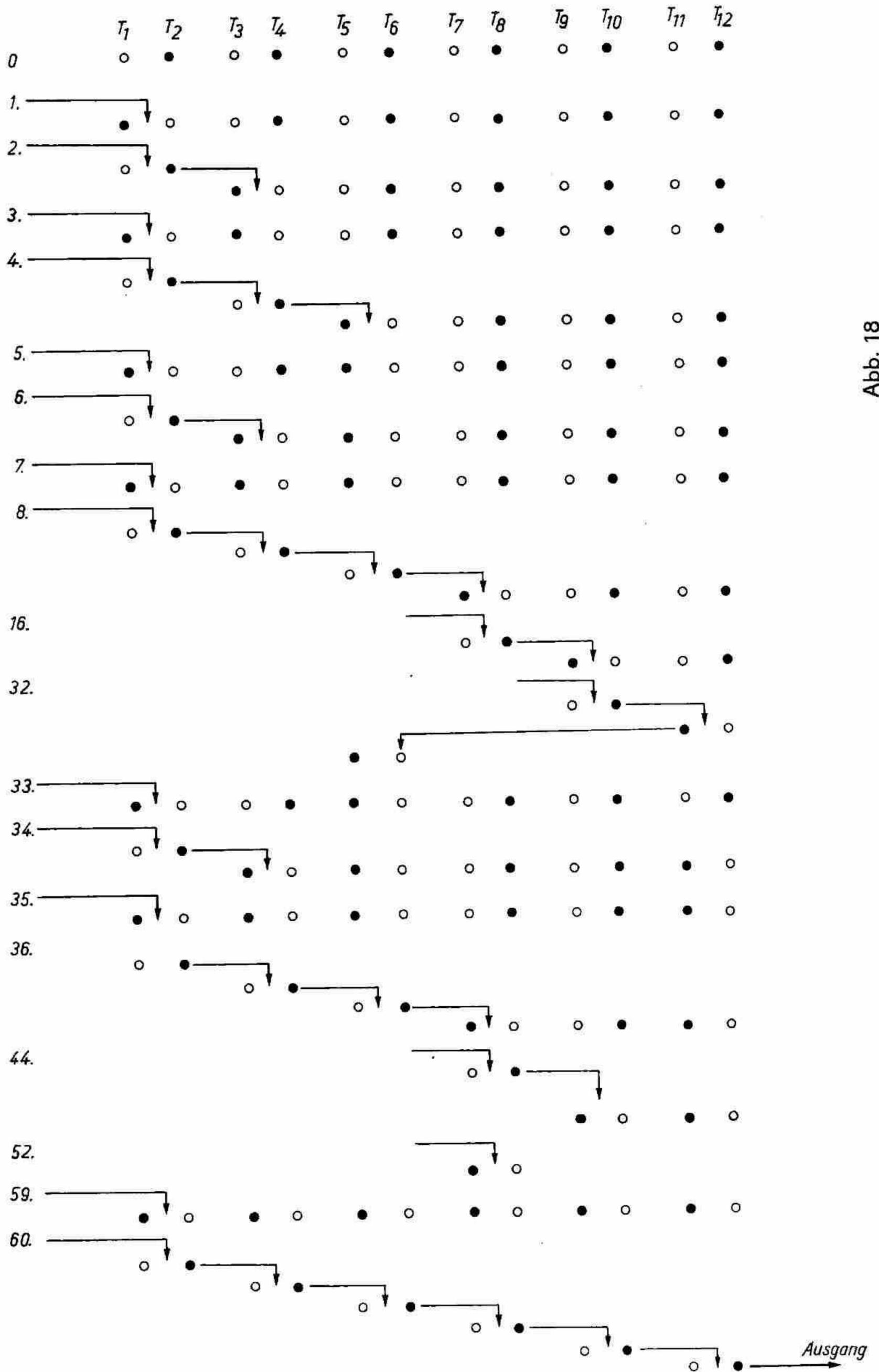


Abb. 18  
Kollektorstromtabelle, Unterseizer 60:1

wickelt wurden und zu bevorzugen sind, wenn hohe Frequenzen vorliegen. Da die Transistoren nur im Schaltbetrieb verwendet werden, können von den Amateuren und Bastlern auch hier die Bauelemente, die zu herabgesetzten Preisen über den einschlägigen Fachhandel bezogen werden können, in die Schaltungen eingesetzt werden. Bei den periodischen Unteretzern sollte der 3. Transistor keine zu hohe Restspannung aufweisen, damit die einwandfreie Funktion des 1. Transistors gewährleistet ist. Bei den hier vorliegenden Frequenzen werden auch an die Dioden nicht zu große Anforderungen gerichtet, da die Schaltzeiten noch eine relativ untergeordnete Rolle spielen. Deshalb lassen sich auch die Diodenstrecken von Transistoren verwenden, vorausgesetzt, daß die Sperrspannung ausreicht.

Für die Anzeige der Zeit, also der Demonstration, welche BMV sich jeweils in einem Zähler in welchem Zustand befinden, gibt es verschiedene Lösungswege. So könnten einem dekadischen Zähler 10 kleine Glühlämpchen zugeordnet werden, die jeweils bei der

entsprechenden Ziffer aufleuchten. Die hier weiter beschriebene Schaltung stellt aber eine bedeutend elegantere Lösung dar, scheidet – im Gegensatz zur vorher angedeuteten Variante – Fehlablesungen nahezu vollständig aus, weil zur Anzeige Ziffernanzeigeröhren verwendet werden. Es handelt sich dabei um die Type Z 560 M, die im VEB Werk für Fernsehelektronik hergestellt wird. Diese Anzeigeröhren beruhen in ihrer Wirkungsweise auf dem Prinzip von Glimmlampen, wobei die Elektroden ziffernförmig geformt sind. Dabei sind zum Zünden der einzelnen Elektrodenstrecken Spannungen größer als 150 Volt nötig, bei Spannungen unter 120 Volt verlischt die Röhre.

Wenn Ziffernanzeigeröhren mit Transistoren gesteuert werden sollen, müssen diese der Forderung, daß die maximale Kollektor-Emitterspannung größer als Differenz zwischen Anodenzündspannung und Anodenlöschspannung der Anzeigeröhre ist, entsprechen. Die entsprechende Schaltung wird in der Abb. 19 dargestellt. Es ist zu erkennen, daß jeder Ziffer einer Anzeigeröhre

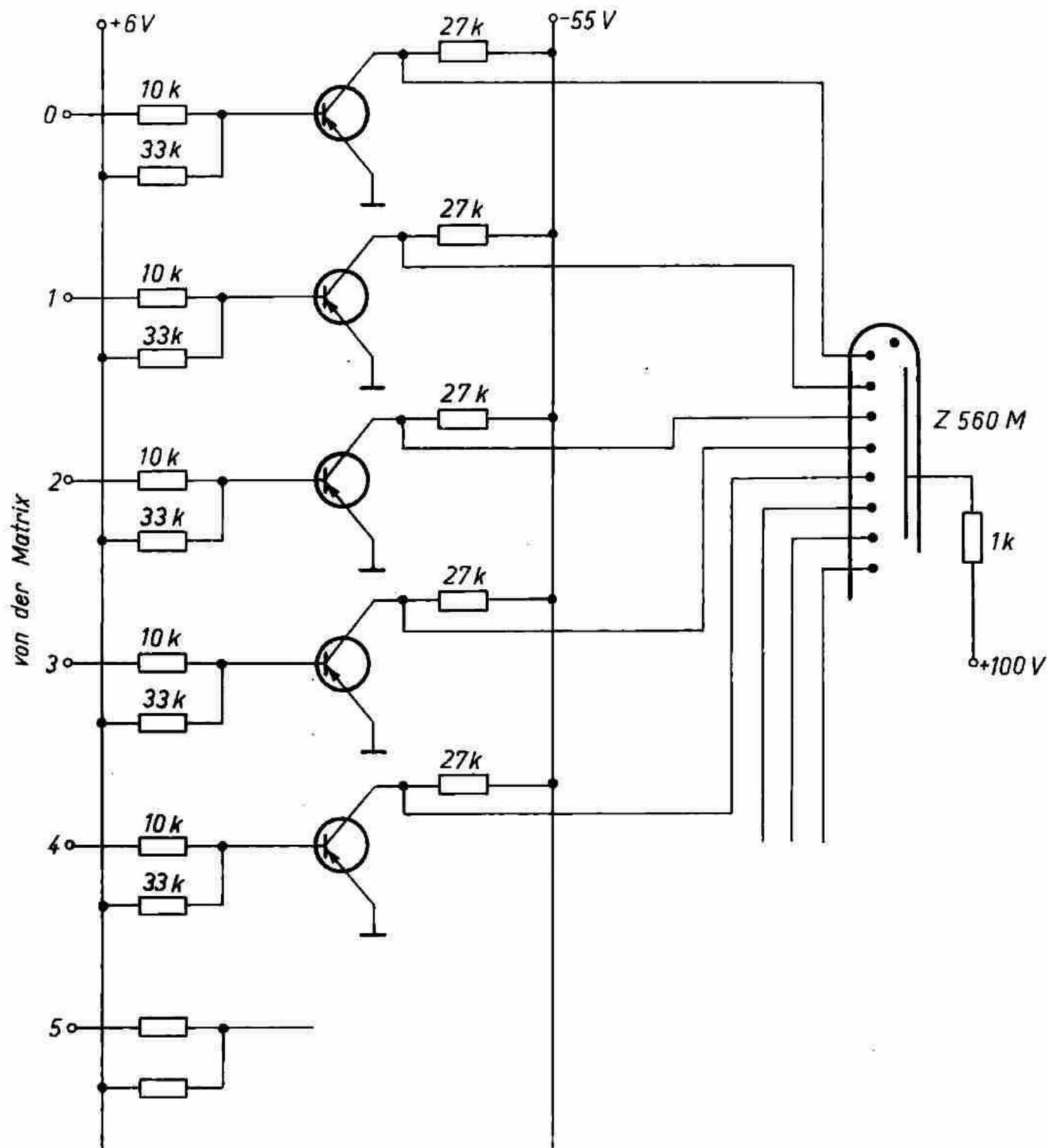


Abb. 19  
Anzeigeverstärker  
mit pnp-  
Transistoren  
(auszugsweise)

ein Transistor zugeordnet wird, dessen Kollektor-Spannung bei einer Basisvorspannung von  $\approx +0,6$  Volt 55 Volt beträgt. Wenn an einen Transistor keine Eingangsspannung angelegt wird, ist er also in gesperrtem Zustand, weil ihm über den Widerstand 33 k $\Omega$  eine Sperrspannung zugeführt wird. Der entsprechenden Elektrodenstrecke der Zifferanzeigeöhre wird eine Spannung von  $-55$  V und 100 V zugeführt, die Ziffer leuchtet auf. Wird dem Eingang aber eine negative Eingangsspannung, die den Transistor aufsteuert, zugeführt, liegt am Kollektor die Restspannung, in der Zifferanzeigeöhre kann kein Anodenstrom fließen, da an den Elektrodenstrecken lediglich 100 V anliegen und diese Spannung unter dem Löschkpunkt liegt.

Um jeweils nur eine Ziffer anzuzeigen, ist es also notwendig, die anderen Transistoren, die der Anzeigeöhre zugeordnet wurden, zu öffnen, nur der Transistor, der die jeweils zur Anzeige benutzte Ziffer ansteuert, muß gesperrt werden. Dies wird mittels der De-koediereinrichtung bewerkstelligt.

In der Originalschaltung wurden zur Ansteuerung der Zifferanzeigeöhren Transistoren GC 123 verwendet. Da an diese Transistoren aber nur die Forderung nach der Kollektor-Emitter-Spannung bei vorgespannter Basis von Interesse ist und die einwandfreie Funktion von der Stromverstärkung weitgehendst unabhängig ist, können auch hier Bastel-Typen verwendet werden, die aber der Forderung nach  $U_{CEV}$  entsprechen müssen.

Wenn die Anzeige – z. B. bei Demonstrationsaufbauten – nicht unbedingt mit einer Zifferanzeigeöhre erfolgen soll, könnte, wie eingangs erwähnt, eine Glühlampenschaltung verwendet werden. Dabei ist es dem Geschick des einzelnen überlassen, gegebenenfalls durch jeweils ein Lämpchen eine Schablone zu durchleuchten, um so die entsprechende Anzeige zu erreichen.

In Industrieschaltungen oder Geräten für den Einsatz in der Industrie werden zur Ansteuerung von Zifferanzeigeöhren in der letzten Zeit Silizium-Planar- und Silizium-Planar-Epitaxie-Transistoren eingesetzt. In der DDR stehen dafür die Typen SS 110–112 und

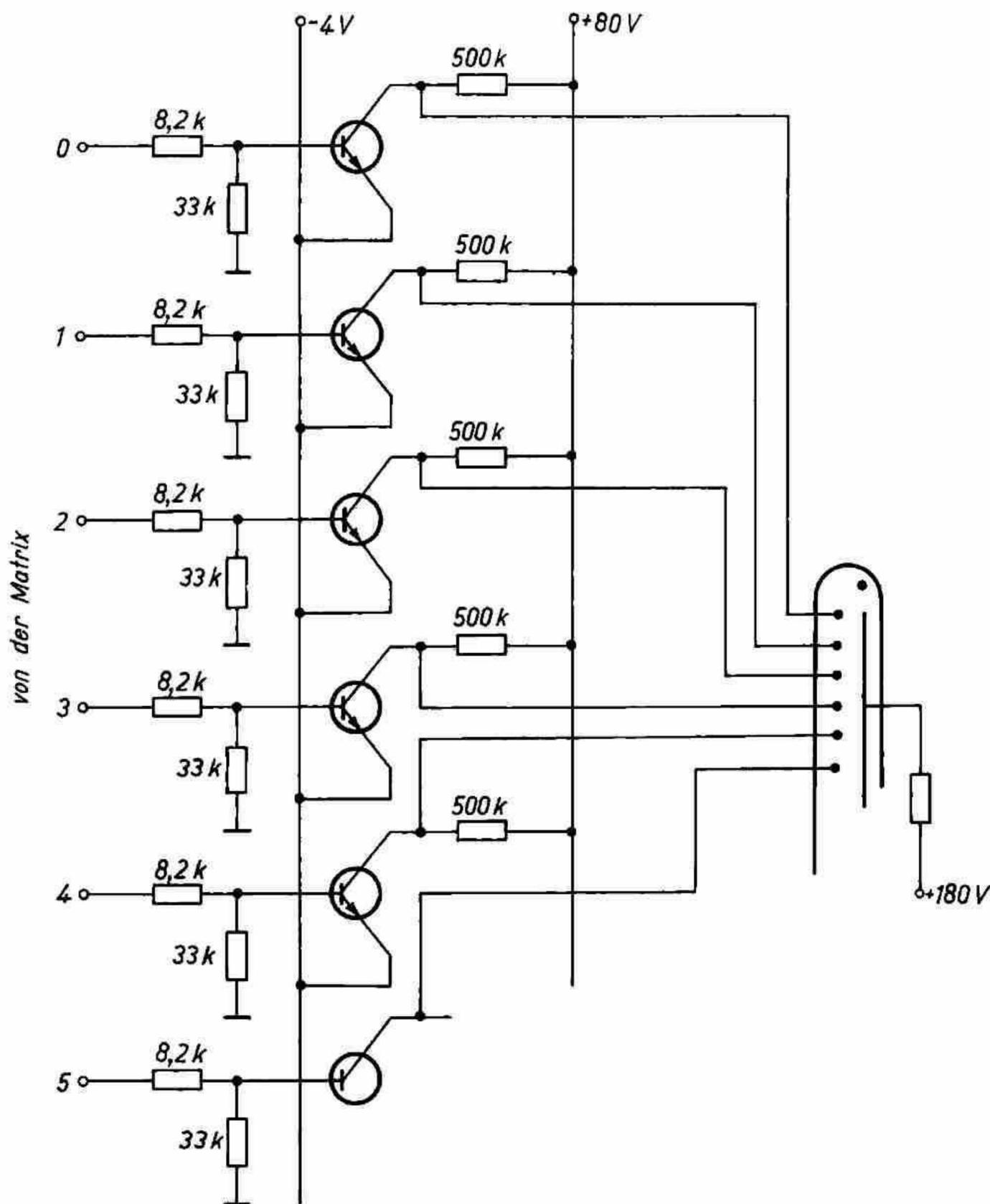


Abb. 20  
Anzeige-  
verstärker  
mit npn-  
Transistoren  
(auszugsweise)

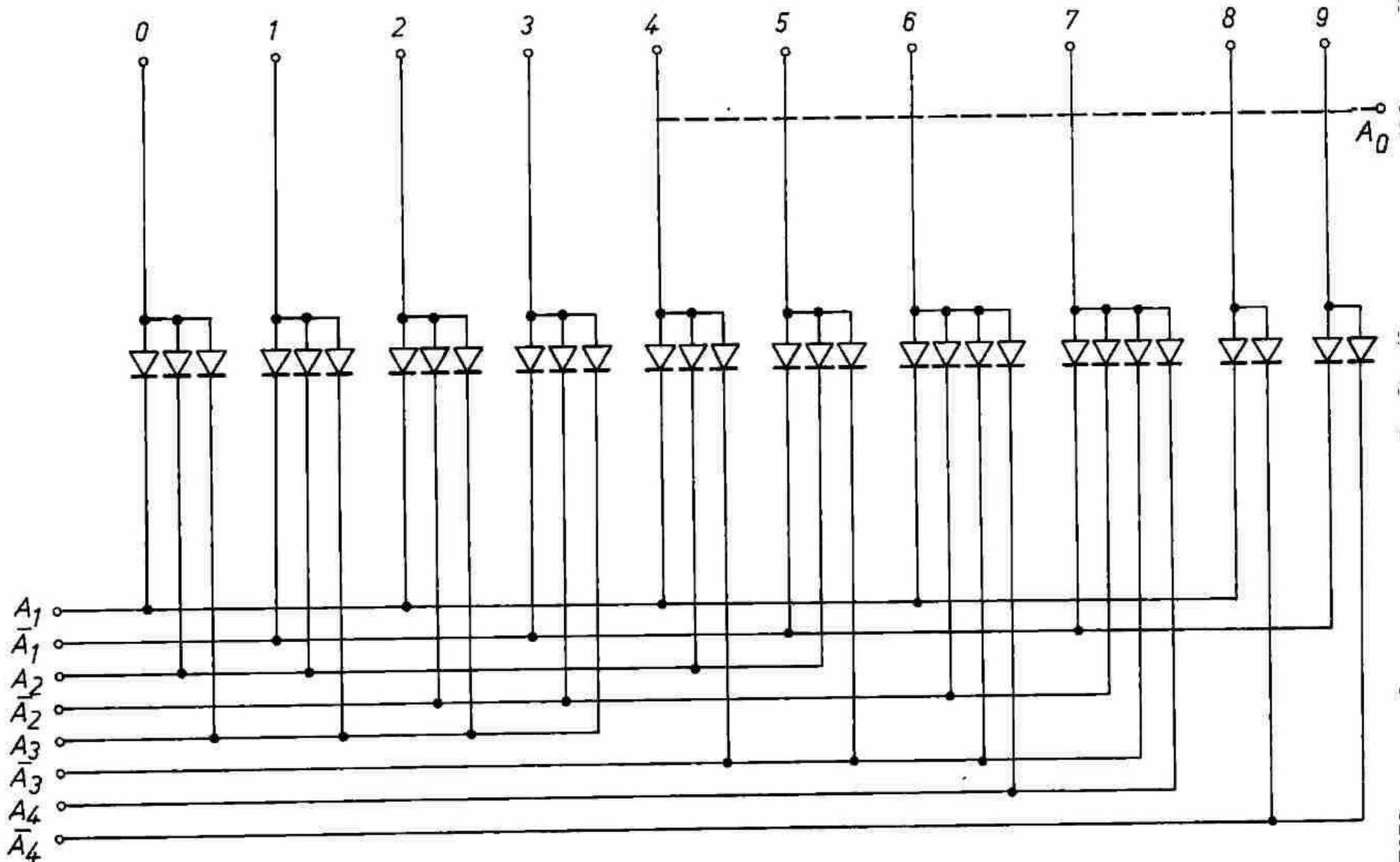
die Typen SS 200–202 mit Plastumhüllung zur Verfügung. Diese Transistoren ermöglichen eine direkte Ansteuerung der Ziffernanzeigeröhren. Da es sich um npn-Transistoren handelt, wird hier nur der jeweils benötigte Ansteuertransistor in leitendem Zustand gehalten. Ein Auszug aus dem Schaltbild für einen Anzeigeverstärker für 10 Stellen zeigt die Abb. 20. Diese Schaltung läßt sich ohne weiteres mit den bisherigen Baustufen koppeln. Dabei sind die Transistoren gesperrt, wenn dem Eingang eine negative Spannung zugeführt wird. Liegt am Eingang die Spannung 0, ist der Transistor leitend und ermöglicht das Fließen von Anodenstrom in der Ziffernanzeigeröhre. Bei Verwendung von npn-Transistoren an Stelle von pnp-Typen wird weiterhin der Leistungsbedarf der gesamten Anzeigeeinheit weit herabgesetzt, da an Stelle von 9 Transistoren nur noch einer in leitendem Zustand gehalten wird.

#### DEKODIERMATRIX

Am Eingang des Anzeigeverstärkers wird eine Steuerspannung benötigt, die jeweils nur einem Transistor zuzuführen ist. An einem dekadischen Untersetzer mit 4 BMV stehen aber 8 Ausgänge zur Verfügung, die jetzt mit den 10 Eingängen des Anzeigeverstärkers so zu koppeln sind, daß jeweils die richtige Ziffer aufleuchtet. Dies bewirken die zwischen die Teiler und Anzeigeverstärker geschalteten Diodenmatrizen entsprechend den Bildern 21–23. Dabei entkoppeln die verwendeten Dioden die einzelnen Ausgänge der Zähler. Für die negative Steuerspannung für die Anzeigeverstärker stellen die Dioden keinen Widerstand dar. Da die Transistoren in den Anzeigeverstärkern ebenfalls als Schalttransistoren betrieben werden, müssen nicht unbedingt Dioden in den Matrizen verwendet werden, weil die Zahl der Ausgänge noch relativ gering ist, lassen sich auch Widerstände verwenden. Diese sind dann so zu dimensionieren, daß einerseits die entsprechende Entkopplung zwischen den Ausgängen der Untersetzer, aber auch die sichere

Abb. 21  
Dekodierung  
für Untersetzer 10:1

zu den Anzeigeverstärkern

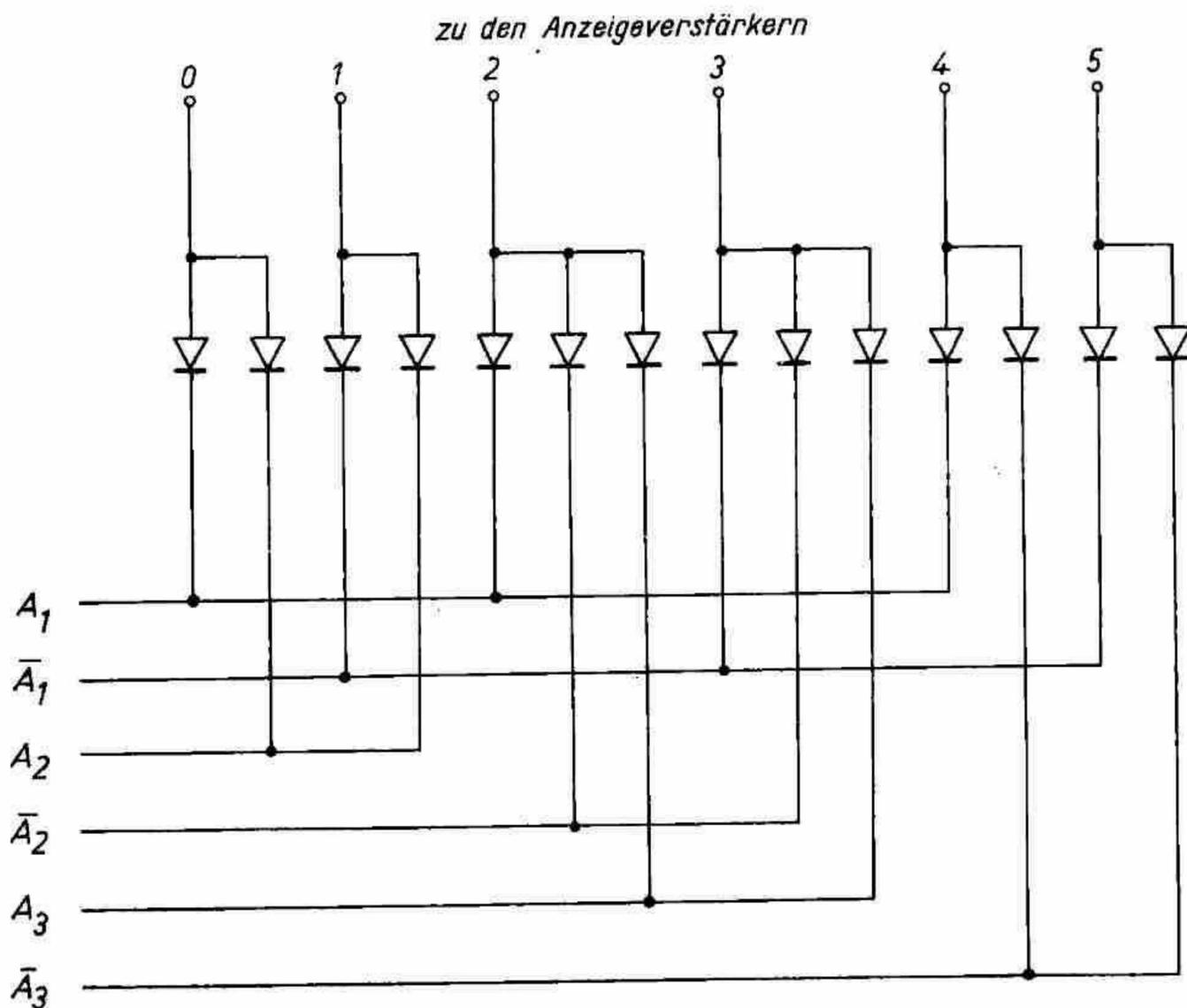


Anzeige durch die Anzeigeröhren gewährleistet ist. Der in Abb. 21 und Abb. 23 gestrichelt eingezeichnete Ausgang  $A_0$  wird bei der Stundenanzeige zur Rückstellung gesondert herausgeführt.

#### NULLSTELLUNGSVERSTÄRKER

Dieser Baustufe, deren Schaltung in Abb. 24 gezeigt wird, soll nicht nur wegen der Korrekturmöglichkeit der gesamten Schaltung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, hier wird vielmehr eine Grundschialtung gezeigt, die in Verbindung mit den Zähleinheiten geeignet ist, nach einer bestimmten Anzahl von Impulsen eine Operation auszulösen. In der beschriebenen Uhr hat diese Schaltung die Aufgabe, die einzelnen Untersetzer nach 1440 Impulsen am ersten dekadischen Teiler, also nach 24 Stunden, in die Nullstellung zu schalten. Dabei wäre es mit einem geringen Aufwand möglich, diese Nullstellung erst nach 1452 Impulsen – also nach 24 Stunden und 12 Minuten – durchzuführen, dann ist es nur nötig, zwei weitere Dioden – wie im Bild 24 gezeigt – mit den entsprechenden Matrixausgängen der Minutenuntersetzter zu verbinden. Die Wirkungsweise der Schaltung beruht darauf, daß dem Transistor T 1 über den 10-kOhm-Widerstand und mindestens eine der beiden Dioden eine negative Spannung zugeführt wird, die

Abb. 22  
Dekodierung  
für Untersetzer 6:1



ihn geöffnet hält. Dabei führen diese beiden Dioden zu den in den Abb. 21 und 23 gestrichelt eingezeichneten Ausgängen  $A_0$ , die bei der Stundenanzeige dem dekadischen Ausgang 4 und bei der 10-Stunden-Anzeige dem Ausgang 2 zugeordnet sind. An diesen  $A_0$ -Ausgängen liegt nur dann keine Spannung an, wenn die beiden letzten Teiler die Ziffernfolge 2-4 anzeigen. Dann wird am Transistor T 1 die über den 39 kOhm zugeführte Sperrspannung von +6 V wirksam, der Transistor T 1 wird nichtleitend, durch den Anstieg der Spannung am Kollektor wird nun T 2 geöffnet und bis zur Sättigung durchgesteuert. Die Schaltung von T 2 und T 3 entspricht wieder dem bereits behandelten monostabilen Multivibrator. Durch den negativen Impuls am Kollektor und auch am Ausgang des Nullstellverstärkers werden alle die Untersatzer, die zur Zifferanzeige direkt eingesetzt werden, in die Ausgangsstellung zurückgeschaltet, damit wird am Eingang der Schaltung auch wieder über die Dioden eine negative Spannung wirksam, die die Transistoren in die Ausgangsstellung bringt. Dabei geht

das Rückstellen in die Nullstellung bei den Teilern so schnell vor sich, daß der nächste Impuls natürlich am Eingang des ersten Teilers wieder voll wirksam wird, auch wenn hier nicht nur Minuten, sondern Sekunden angezeigt werden.

Abb. 23  
Untersetzer  
und Dekodierung  
2,4:1

zu den Anzeigeverstärkern

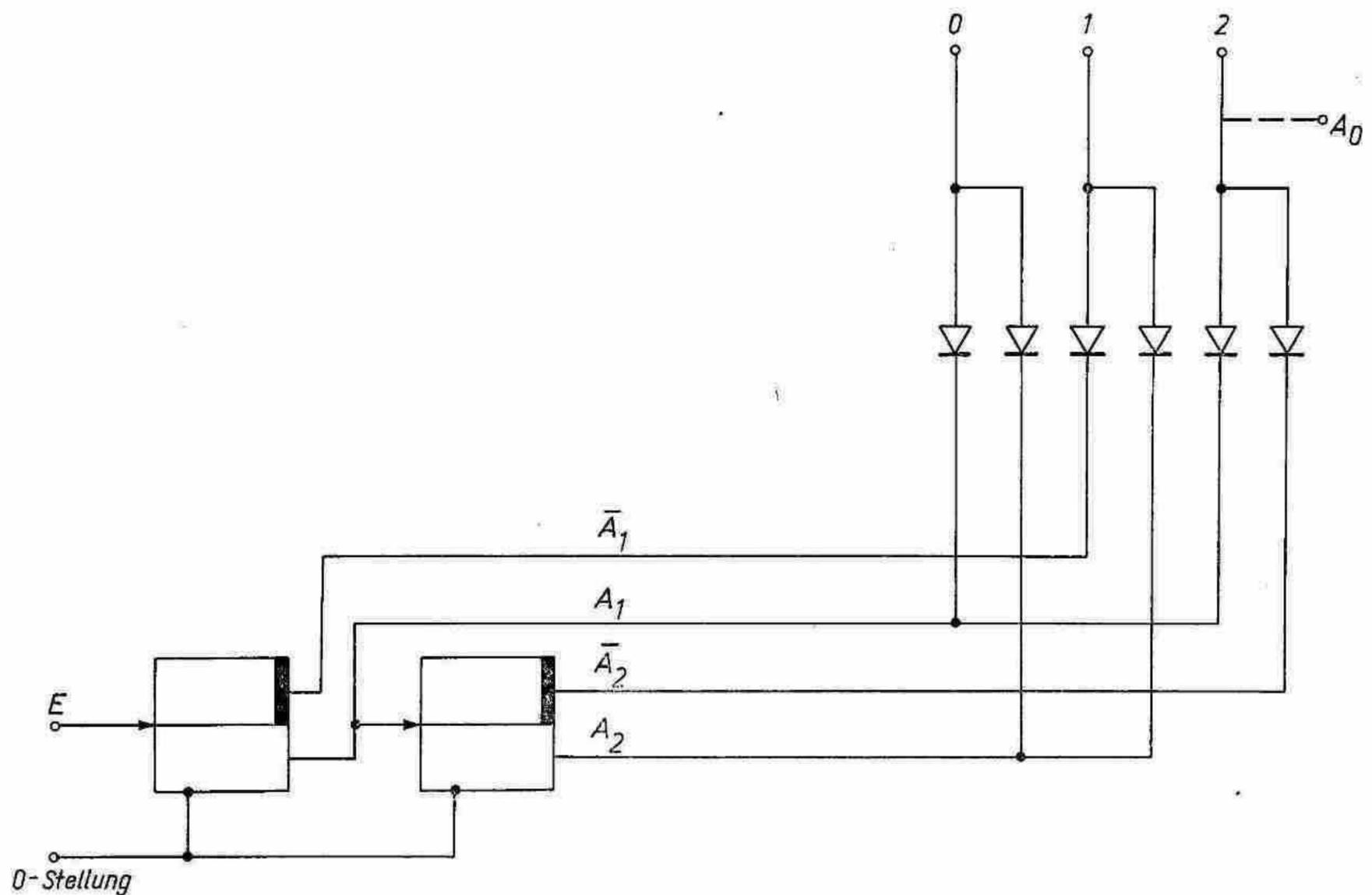
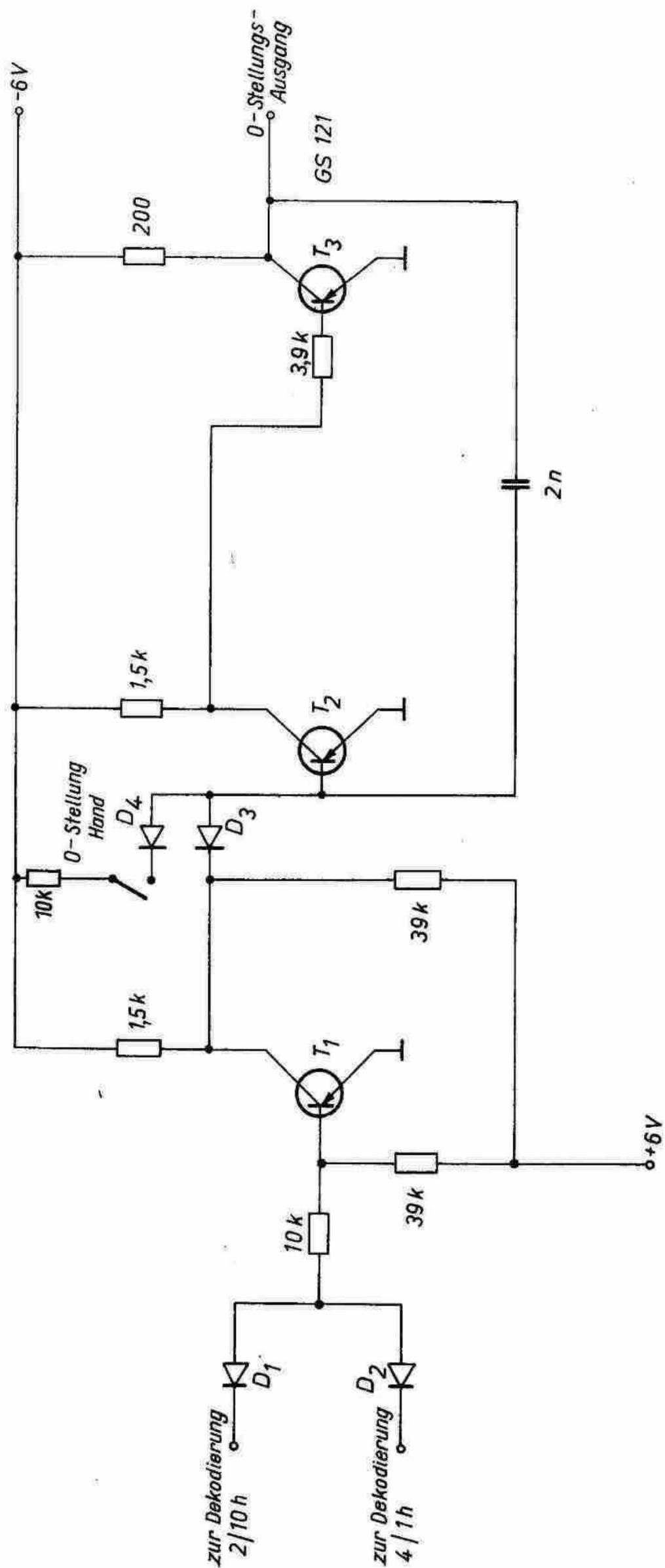


Abb. 24  
Nullstellungs-  
verstärker



Abschließend halten wir es für wichtig, nochmals zu betonen, daß mit diesem Heft nicht eine Bauanleitung im üblichen Sinne herausgegeben werden soll, sondern daß wir unsere Leser und Bastler dazu anregen wollen, sich einmal grundsätzlich mit der Impulstechnik zu befassen. Dabei mag der Aufwand für manchen recht beträchtlich erscheinen, er ist aber im Verhältnis zu dem Nutzen, den derartige Schaltungen oftmals erbringen, gering. Dazu ist weiterhin zu sagen, daß mit dem Betrieb der aktiven Bauelemente als Schalter der Sicherheitsfaktor solcher Geräte bedeutend erhöht wird.

Der Sinn dieses Heftes kann es nicht sein, eine umfassende Einführung in die Impulstechnik zu geben. Alle Interessenten verweisen wir deshalb auf die einschlägigen Fachzeitschriften und Bücher, insbesondere auf das im Verlag Technik erschienene Buch „Transistorelektronik“ von K.-H. Rumpf und M. Pulvers.

Beim Aufbau von neuen Schaltungen und dem Finden der jeweiligen Gegebenheiten entsprechenden Kombinationen wünschen wir viel Erfolg.

**Herausgeber:**  
**Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)**

---

**Regie und Gestaltung:**  
**H. Müller / Boye**

---

**Satz und Druck: I-6-1 „Neuer Tag“ Frankfurt (Oder)**  
**1810-968 G 164-68**

**Hinweis über Bezugsquellen des  
VEB Industrievertrieb Rundfunk und Fernsehen**

**Fachfilialen RFT FUNKAMATEUR**

8023 Dresden, Bürgerstraße 47

**Fachfilialen RFT AMATEUR**

27 Schwerin, Martinstraße 1

15 Potsdam, Friedrich-Ebert-Straße 113

75 Cottbus, Marktstraße 2

3018 Magdeburg, Lübecker Straße 118

402 Halle, Große Steinstraße 58

501 Erfurt, Hermann-Jahn-Straße 11/12

701 Leipzig, Grimmaische Straße 25

1034 Berlin, Warschauer Straße 71

1058 Berlin, Kastanienallee 87

92 Freiberg, Korngasse 1

**Fachfilialen RFT RADIO – TELEVISION**

122 Eisenhüttenstadt, Leninallee 10

425 Eisleben/Lutherstadt, Sangerhäuser Straße 6

58 Gotha, Hauptmarkt 32

25 Rostock, Steintor

901 Karl-Marx-Stadt, Straße der Nationen 46

47 Sangerhausen, Göpenstraße 28



**VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)**

DDR 1201 Frankfurt (Oder)-Markendorf  
Fernruf-Sammelnummer 6 90 · Fernschreiber 016 252



**VEB Werk für Fernsehelektronik**

DDR 116 Berlin-Oberschöneweide, Ostendstraße 1-5  
Fernruf 63 27 41  
Telegramm-Anschrift: Fernsehelektronik Berlin  
Fernschreiber: WF Berlin 011 470