

Digital-Uhr zum Selbstbau

1. Teil

Die Schaltung ist auf geätzten Platinen aufgebaut. Die Kosten des Gerätes liegen noch unter 200 DM (Bild 1). Durch geringfügigen Umbau bzw. Erweiterung läßt sich die Grundschialtung auch als Rechner, Zeitnehmer, Stoppuhr oder Frequenzzähler verwenden.

Für das Verständnis der Arbeitsweise der Digital-Uhr ist es erforderlich, die Grundbegriffe der Digitalzählung sowie der entsprechenden Schaltungen zu kennen. Es sei hier auf die einschlägige Literatur darüber verwiesen (1, 2, 3, 4, 5), da diese Erläuterungen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Der Verfasser beschränkt sich darauf, vor den Beschreibungen der einzelnen Stufen nur die wichtigsten Grundbegriffe zu erläutern.

Als Grundlage für das Zählen der Sekundenimpulse dient die Netzfrequenz von 50 Hz, die in einem besonderen Teiler mit Hilfe von sechs Multivibratorstufen auf die Taktfrequenz von $1 \text{ Hz} \approx 1 \text{ Sekunde}$ heruntergeteilt wird. Die sich daran anschließenden Zählstufen müssen einmal bis 10 (Minuten-, Sekunden- und Stunden-Einer), ferner bis 6 (Minuten-Zehner, Sekunden-Zehner) und bis 2 (Stunden-Zehner) zählen. Sind also im Sekunden-Zähler (Einer) z. B. 9 s ausgezählt, so kippt diese Dekade beim Eintreffen des 10. Impulses wieder auf 0 zurück, wobei gleichzeitig ein Übertrag in den Sekunden-Zehner geliefert wird, der nun eine 1 anzeigt.

Sind 59 Sekunden gezählt, so liefern beim 60. Impuls sowohl die Sekunden-Einer- als auch die Sekunden-Zehner-Dekade einen Ausgangsimpuls, der die Minuten-Einer-Dekade um einen Schritt weiterschaltet und somit in der dritten Zählröhre von rechts eine Eins erscheint (Bild 1). Die Vorgänge wiederholen sich nun entsprechend bis zum Zeitpunkt 23 h 59 min 59 s.

Ist dieser erreicht, so wird beim nächsten eintreffenden Impuls durch eine besondere Schaltungsmaßnahme die gesamte Zählleinrichtung auf 00 h 00 min 00 s gestellt.

Die Schaltung

Bild 2 zeigt die Schaltung der verwendeten bistabilen Multivibratorstufe, die in allen Stufen der Digital-Uhr verwendet wird. Zur Erläuterung der Arbeitsweise geht man am besten vom binären Zustand „0“ aus, d. h. der rechte Transistor T 2 ist leitend. An seiner Basis steht dann eine positive Spannung, die ihn voll durchsteuert. Durch den jetzt fließenden hohen Kollektorstrom fällt am Kollektorwiderstand R 2 fast die ge-

Diese Bauanleitung stützt sich auf zahlreiche Veröffentlichungen von Schaltungen und Schaltungsvorschlägen der Industrie sowie in- und ausländischer Transistorenhersteller. Die Digital-Uhr enthält insgesamt sechs Ziffernanzeigeröhren für die Zeitablesung. Ihr Arbeitsprinzip läßt sich mit dem von elektronischen Rechenanlagen vergleichen. In fast 30 Flipflop-Stufen werden dabei die aus einem Taktgeber stammenden Normalimpulse ausgezählt.

samte Betriebsspannung bis auf die sogenannte Kollektor-Rest- oder -Sättigungsspannung ab. Diese beträgt bei Epitaxialtransistoren je nach Art 0,1 bis 1,5 V. Dadurch überwiegt nun an der Basis von T 1 der negative Anteil, der über den Widerstand R 7 den Transistor sperrt. An seinem Kollektor liegt nun die gesamte Betriebsspannung, die wiederum über den Spannungsteiler R 5/R 9 die Durchsteuerung des Transistors T 2 noch verstärkt.

An der Buchse Spannung liegt also eine Spannung von etwa 2 V (diese Spannung besteht im wesentlichen aus dem Spannungsabfall am Widerstand R 8). Von den Dioden ist nun nur die rechte Diode D 2 leitend, da sie anodenseitig positiv und katodenseitig weniger positiv vorgespannt ist. Demgegenüber ist die Diode D 1 gesperrt, da ihre Katode über den Widerstand R 3 an der vollen positiven Betriebsspannung liegt.

Gelangt nun an den Eingang ein negativer Impuls, so kann er nur an D 2 bzw. an T 2 wirksam werden. Er erscheint dann als positiver Impuls am Kollektor, gelangt über R 4/C 1 an die Basis des Transistors T 1 und öffnet ihn. Dieser

Transistor wiederum liefert an seinen Kollektor einen negativen Impuls, der die Sperrung des Transistors T 2 noch beschleunigt.

Die gesamte Stufe hat also ihr Zustandsbild verändert, sie entspricht jetzt dem binären „L“ (linker Transistor leitend). Beim nächsten Impuls wiederholt sich der gleiche Vorgang umgekehrt. Die Stufe besitzt also die zwei stabilen Zustände „0“ und „L“; man kann mit ihr bis 2^n zählen, wobei n die Stufenzahl ist.

Stunden-, Minuten- Sekunden-Einer

Bild 3 zeigt die Gesamtschaltung der ersten drei Dekaden. Die Stufen mit den Transistoren T 1 bis T 8 sind mit den eben erläuterten identisch. Um nun bis 10 zählen zu können, brauchte man mindestens vier Stufen, denn $2^4 = 16$ und $2^3 = 8$. Bei der Anordnung von vier Stufen müssen jedoch sechs Zählerstellungen übersprungen werden.

Die Transistoren T 9 bis T 18 dienen als Treibertransistoren für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1020. Diese Röhre besitzt eine Zündspannung von 160 V sowie eine Löschspannung von 120 V und benötigt einen Katodenstrom von etwa 1 mA, wodurch sie für diese Anwendung besonders gut geeignet erscheint. Soll also z. B. die Zahl 7 angezeigt werden, so würde der Transistor T 16 leiten.

Nun zur Decodierung: Der erste Flipflop trifft jeweils die Entscheidung: gerade Zahl – ungerade Zahl. Daher sind die Emitter aller Treibertransistoren, die eine ungerade Katodenzahl steuern an den linken Kollektor der ersten Flipflop-Stufe angeschlossen, diejenigen mit geraden Katodenzahlen an den rechten Kollektor der ersten Stufe.

Ferner sind die Basisanschlüsse der Treibertransistoren paarweise zusammengefaßt und zwar 0 mit 1, 2 mit 3, 4 mit 5 usw. Die weitere Decodierung erfolgt nun über die Basiswiderstände der Treibertransistoren, die zu den jeweils gesperrten Transistoren der Dekade führen.

Zum leichteren Verständnis, verdeutlicht man sich am besten die Zustände der einzelnen Stufen, wie dies in Tabelle 1 zu sehen ist. Im Ruhezustand sind hier alle rechten Transistoren lei-

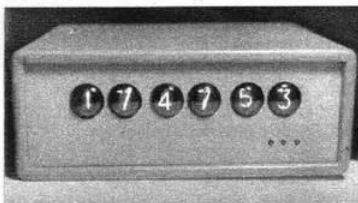


Bild 1. Gesamtansicht des fertigen Gerätes. Rechts sind die drei Schalter zur Eichung zu erkennen

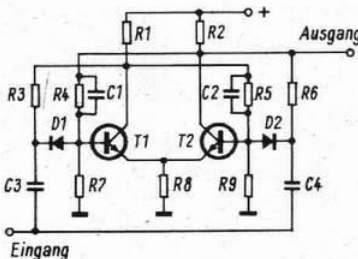


Bild 2. Schaltung des in allen Stufen verwendeten bistabilen Multivibrators

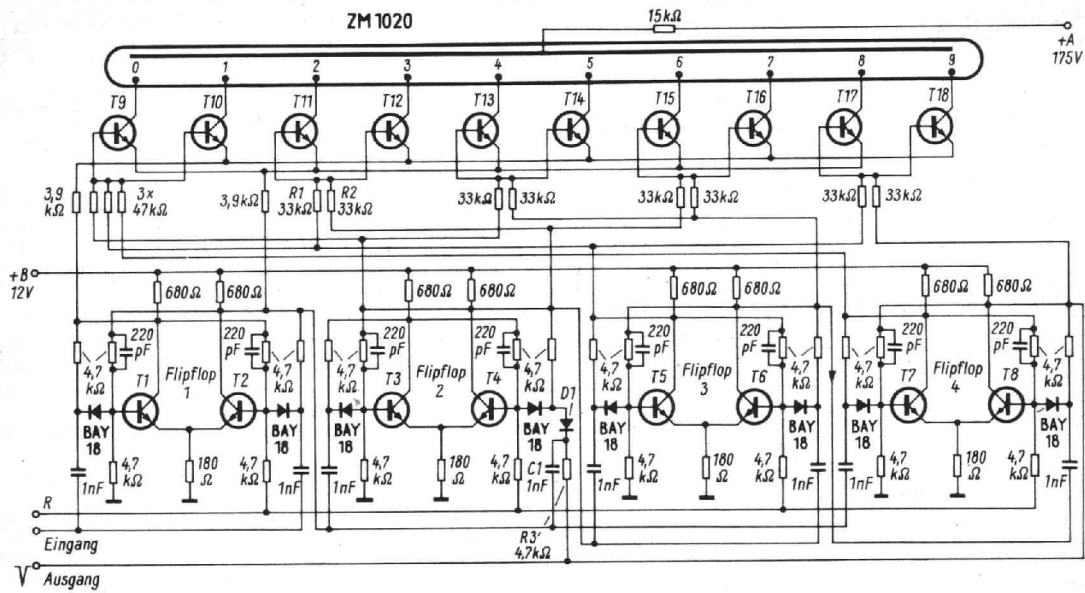


Bild 3. Schaltung des Stunden-, Minuten- und Sekunden-Einers

tend, und die Dekade hat den Zustand 0000. Beim Eintreffen des ersten Impulses kippt die erste Stufe, und es ergibt sich der Zustand L000. Beim zweiten Impuls kippt die erste Stufe wieder zurück, wobei sie unter Abgabe eines negativen Impulses die zweite Stufe auf L steuert. Die Dekade befindet

sich nun in der Stellung 0L00. Soll diese herausgelesen werden (es müßte dann eine 2 angezeigt werden), so sieht man zunächst, daß der Transistor T 2 die Emitter aller „geraden“ Treibertransistoren praktisch über den Emitterwiderstand von 180 Ω an Masse gelegt hat.

Weiterhin führt der Basiswiderstand R 1 des Transistors T 11 an den Kollektor des Transistors T 5 (+ 12 V) und der Basiswiderstand R 2 an den Kollektor des Transistors T 4 (+ 12 V). Durch diese beiden positiven Spannungen, die an der Basis des Transistors T 11 liegen, wird dieser Transistor leitend, und die Katoden-Anoden-Glimmstrecke 2 der Zählröhre kann zünden; die 2 leuchtet auf.

Entsprechend sind die anderen Treibertransistoren beschaltet. Der letzte Flipflop wird für die ersten acht Zustände nicht zur Decodierung herangezogen, da er erst ab neun seinen Zustand verändert. Die Dekade zählt nämlich von 0...9 rein binär, und erst beim Übergang von 9 auf 10 erfolgt die Rückstellung auf 0000.

Nach dem 9. Impuls ergibt sich der Zustand L00L. Beim Eintreffen eines weiteren Impulses folgt zunächst theoretisch 0L0L, der negative Ausgangs-

impuls des Flipflop 1 stellt jedoch jetzt auch den letzten Flipflop auf 0, während er am Flipflop 2 wirkungslos bleibt, da der einzige steuerbare Eingang (rechts) über die Diode D 1 vom Kollektor T 8 gesperrt bleibt, der auf + 12 V liegt. So ergibt sich aus 0L0L zunächst 000L und dann 0000. Der Ausgangszustand ist wieder erreicht.

Die dazugehörige Platine für diese drei Dekaden ist in Bild 4 und 5 zu sehen.

Rückstellung

Auf den Platinen ist nahe der Minus-Leiterbahn die Bahn für die Rückstellung R zu sehen. Hierfür liegen die rechten Basiswiderstände der Flipflops nicht an der Minusspannung bzw. an Masse, sondern sie sind „hochgelegt“ und getrennt herausgeführt. Über diese Leitung erfolgt die Gesamtrückstellung der Digitaluhr.

Minuten- und Sekunden-Zehner

Bild 6 zeigt die Schaltung des Minuten- und Sekunden-Zehners. Da hierbei nur von 0...5 gezählt werden muß, genügen drei Stufen. Das Rückführen bzw. Überspringen der überzähligen zwei Zählstel-

Tabelle 1. Schaltzustände der einzelnen Flipflop-Stufen (Zehner)

	Wertigkeit	Anzeige
Ausgangszustand	0 0 0 0	0
nach Impuls 1	L 0 0 0	1
nach Impuls 2	0 L 0 0	2
nach Impuls 3	L L 0 0	3
nach Impuls 4	0 0 L 0	4
nach Impuls 5	L 0 L 0	5
nach Impuls 6	0 L L 0	6
nach Impuls 7	L L L 0	7
nach Impuls 8	0 0 0 L	8
nach Impuls 9	L 0 0 L	9
	0 0 L L	10
	L L 0 L	11
	0 0 L L	12
	L 0 L L	13
	0 L L L	14
	L L L L	15
Ausgangszustand	0 0 0 0	16 = 0

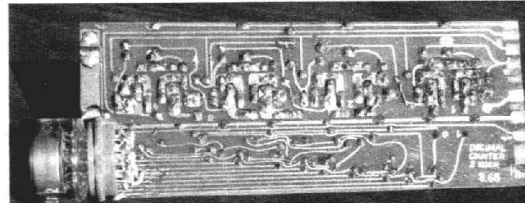
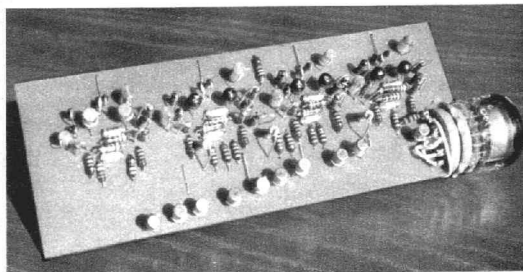


Bild 5. Verlauf der Leitungszüge der 10er-Dekade

Links: Bild 4. Blick auf die fertige Platine des Stunden-Einers

lungen geschieht vom Kollektor T 59 auf die Basis des Transistors T 58. Die Anordnung stellt sich also bereits nach sechs Impulsen wieder auf 000 zurück. (Tabelle 2).

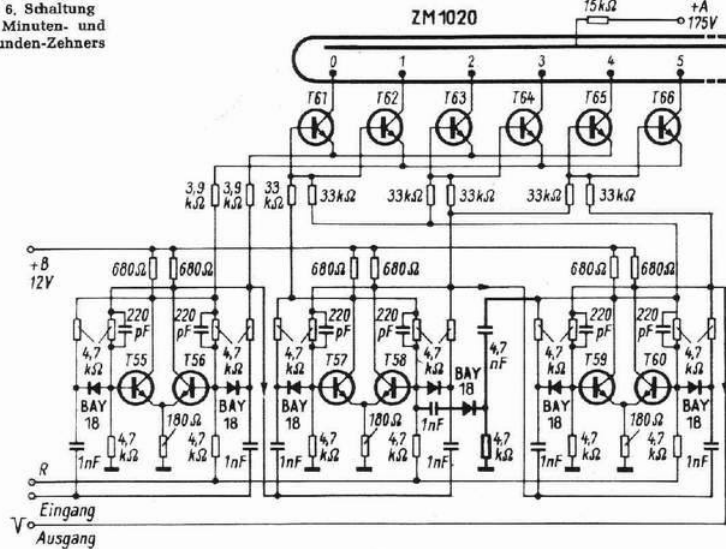
Nach dem dritten Impuls ist der Zustand LL0 erreicht. Beim nächsten Impuls folgt dann theoretisch 00L. Gleichzeitig entsteht jedoch am Kollektor des Transistors T 59 ein negativer Impuls, der auf die Basis des Transistors T 58 gegeben wird und diesen Flipflop von der eben erreichten Stellung 0 wieder auf L stellt, womit der Zustand 0LL erreicht wird. Dann folgt LLL und schließlich 000 – die Stufe ist wieder im Ausgangszustand. An der Anzeigeröhre sind nur die Katoden 0...5 beschaltet. Die Anordnung der Bauelemente geht aus Bild 7 und 8 hervor.

Stunden-Zehner

Bild 9 zeigt die Schaltung des Stunden-Zehners. Da nur von 0...2 gezählt wird, benötigt man nur zwei Flipflopstufen. Die überflüssige Zählstellung wird durch eine etwas schwierigere Rückführung übersprungen.

Insgesamt sind vier Zustände möglich: 00 L0 LL. Es ergibt sich nun zunächst die Schwierigkeit von 0L direkt auf 00 zurückzuspringen. Würde nämlich nur

Bild 6. Schaltung des Minuten- und Sekunden-Zehners



einfach die Stellung 0L überspringen, also von L0 gleich auf LL geschaltet, so wäre der erste Flipflop stets in L-Stellung, was zur Folge hätte, daß er zweimal hintereinander nur ungerade Zahlen anzeigen würde. Es erschiene dann zunächst die 1 und dann die 2 mit der 1 zusammen!

Daher ist eine Rückführung erforderlich, die diese Mängel nicht aufweist und sofort von 0L auf 00 schaltet. Hat der Zähler also den Zustand 0L („2“ angezeigt), so schaltet beim nächsten eintreffenden Impuls die erste Stufe auf L. Dabei entsteht am linken Transistor ein negativer Impuls, der über den Kondensator C1 auf die Basis des Transistors T 81 gelangt und die zweite Stufe von L auf 0 schaltet. Diese gibt nun ihrerseits einen negativen Impuls ab, der über C 2, D 1 und C 3 auf die Basis des Transistors T 79 gelangt und den kurz vorher

erfolgten Kippvorgang im Flipflop 1 wieder rückgängig macht, indem sie ihn erneut auf 0 zurückkippt. Nach 0L folgt dann also 00.

In den Anzeigeröhren sind nur die Katoden 0...2 beschaltet. Die Widerstandsmatrix ist hierbei sehr einfach, da nur zwei Entscheidungen zu treffen sind.

Tabelle 2. Schaltzustände der einzelnen Flipflop-Stufen (Sechser)

	Wertigkeit	Anzeige
Ausgangszustand	0 0 0	0
nach Impuls 1	L 0 0	1
nach Impuls 2	0 L 0	2
nach Impuls 3	L L 0	3
nach Impuls 4	0 0 L	4
nach Impuls 5	L 0 L	5
	0 L L	6
	L L L	7
	0 0 0	0

Tagessprung

Wenn man keine besonderen Vorkehrungen trifft, zählt die Uhr bis 29 h 59 min 59 s. Nun soll aber bereits nach der Stellung 23 h 59 min 59 s die Rückstellung auf 00 h 00 min 00 s geschehen. Hierzu ist es erforderlich eine sogenannte Gate-Schaltung (Tor-Schaltung) bzw. ein UND-Gatter vorzusehen.

Bild 10 zeigt eine normale UND-Schaltung. Die Eingänge der drei Dioden besitzen unterschiedliches Potential. Am Ausgang ergibt sich nur dann eine positive Spannung, wenn Eingang 1 und Eingang 2 und Eingang 3 gleichzeitig die

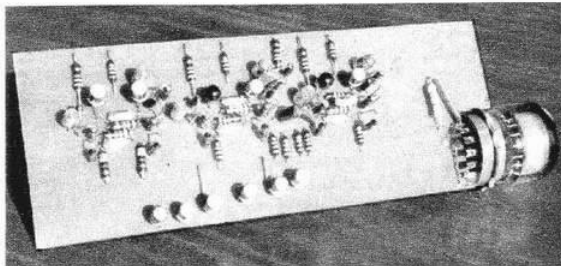


Bild 7. Blick auf die fertige Platine des Minuten-Zehners

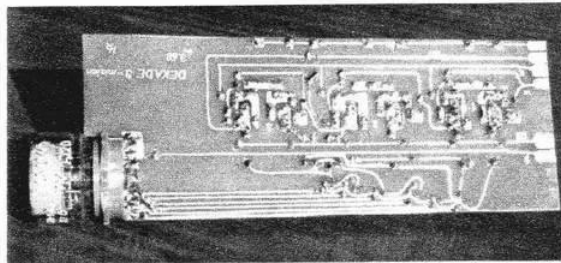
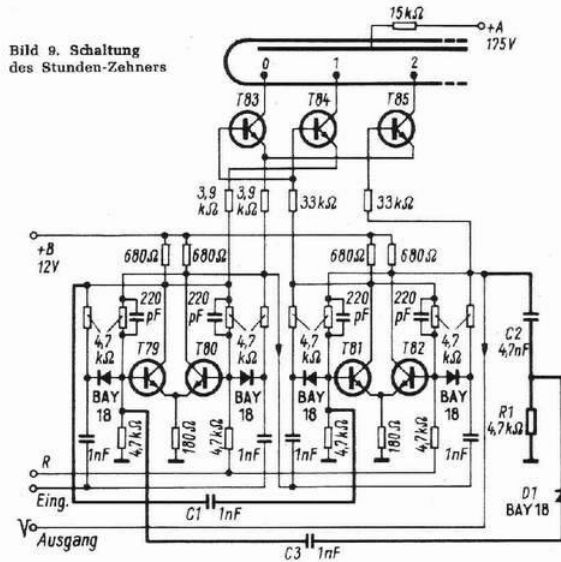


Bild 8. Verlauf der Leitungszüge der 60er-Dekade

Bild 9. Schaltung des Stunden-Zehners



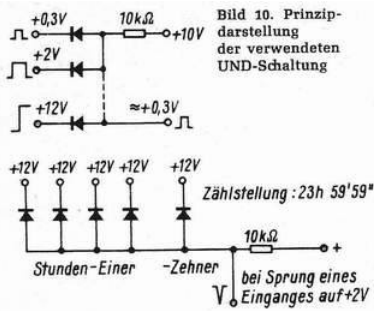


Bild 10. Prinzipdarstellung der verwendeten UND-Schaltung

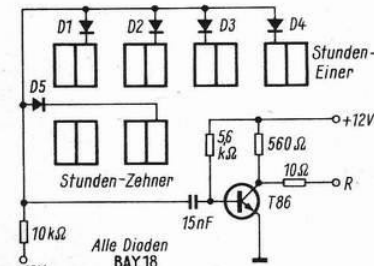


Bild 12. Schaltung für den Tagessprung

gleiche Spannung führen. Die Höhe des Ausgangssignales ist dann gleich der Höhe des kleinsten positiven Signales und seine zeitliche Dauer gleich der des kürzesten Eingangssignales.

Bild 11 zeigt das Prinzip des Tagessprunges. Die vier linken Dioden des Stunden-Einers liegen auf +12 V. Ferner liegt auch die rechte Diode, die zum Stunden-Zehner führt ebenfalls auf +12 V (zum Zeitpunkt 23 h, 59 min 59 s). Am Ausgang steht nun eine Spannung

Frequenzmodulierter Multivibrator als Wobbler

Wichtiger Bestandteil des Generators ist ein astabiler Multivibrator, dessen Frequenz sich im Rhythmus der angelegten variablen Signalspannung ändert. Vom gewöhnlichen Multivibrator unterscheidet er sich lediglich dadurch, daß er

von +12 V. Kommt jetzt aus dem Minuten-Zehner der Übertragsimpuls in den Stunden-Einer, so springt das Potential an den linken drei Dioden von 12 V auf etwa 2 V, d. h. ein negativer Impuls wird frei. Da gleichzeitig der Ausgang der UND-Schaltung von +12 V auf +2 V springt, entsteht auch dort dieser negative Impuls. Dieser wird nun zur Rückstellung benutzt.

Die praktische Ausführung zeigt das Blockschaltbild (Bild 12). Springt der Stunden-Einer von 3 h auf 4 h und ist gleichzeitig der Stunden-Zehner auf 2 (D 5), so erscheinen an den Kathoden der Dioden D 1, D 2 und D 3 statt +12 V jetzt +2 V (Zustand 00L0 nach LL00). Dieser negative Impuls kommt nun über den 15-nF-Kondensator auf die Basis des Transistors T 86. Dieser Transistor war bisher durch den 5,6-kΩ-Widerstand in seiner Basisleitung leitend und legte so die R-Leitung an Masse. Nun wird er durch den negativen Impuls gesperrt; er gibt am Kollektor einen positiven Impuls ab. Alle Dekaden stellen sich auf 0, da die rechten Transistoren leitend werden.

In der Kollektorleitung des Transistors T 86 liegt noch ein Widerstand von 10 Ω. Durch ihn ergibt sich ein Spannungsabfall von etwa 0,3 V, so daß beim Anlegen der Netzspannung an das Gerät automatisch alle Anzeigeröhren 0 zeigen. (Fortsetzung folgt)

Literatur

- [1] Klein, P.: Zahlensysteme und Codierung. ELEKTRONIK 1967, Heft 3, Seite 65.
- [2] Siemens - Schaltbeispiele für Halbleiterbauelemente, Bände 1962-1968.
- [3] Digital Logic Handbook der Digital Equipment GmbH, Köln. Seite 184 ff. „General Purpose Clocks“.
- [4] Intermetall-Schaltbeispiele.
- [5] Stubbe, H.: Eine Lektion Digital-Elektronik. FUNKSCHAU 1968, Heft 20, Seite 619, und Heft 21, Seite 661.

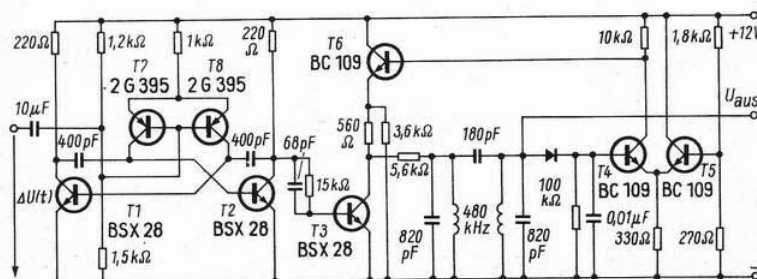


Bild 1. Gesamtschaltung des frequenzmodulierten Multivibrators

kleiner Amplitude der Signalspannung ΔU ist die Frequenzabweichung vom Mittelwert durch $\Delta f = -k\Delta U$ gegeben. Die Spannung ΔU kann nun eine beliebige Zeitfunktion sein.

Die vom Multivibrator erzeugten Impulse umfassen neben der Grundfrequenz auch die unerwünschten höheren harmonischen Schwingungen. Sie werden durch einen Bandpaß bestimmt, der so breit ist, daß die Grundschwingung von $f_0 - \Delta f$ bis $f_0 + \Delta f$ durchgelassen wird; er ist aber gleichzeitig eng genug, um die höheren Harmonischen zu sperren. Als Filter dienen zwei kapazitätsgekoppelte Kreise (Bild 1).

Der Frequenzverlauf eines solchen Filters beschreibt eine charakteristische sattelförmige Kurve (Bild 2). Das bedeutet, daß nicht alle Frequenzen gleich gut übertragen werden. Daher ist eine negative Rückkopplung erforderlich, die diese Änderung kompensiert und die Amplitude konstant hält. Die Ausgangsspannung des Verstärkers ist also niedriger als sie ohne diese Gegenkopplung wäre. Zum Regeln dient der Transistor T 6, der an den Transistor T 3 eine niedrigere Speisespannung abgibt. Dadurch wird die Amplitude der Impulse kleiner und gleichzeitig konstanter.

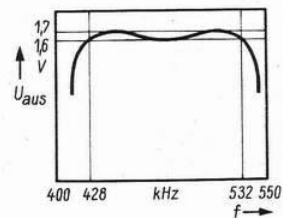


Bild 2. Frequenzabhängigkeit der Ausgangsspannung

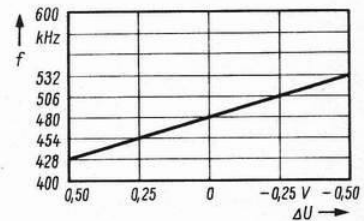


Bild 3. Abhängigkeit der Frequenz von der Signalspannung ΔU

Die Schaltung in Bild 1 ist für die Frequenz von $f_0 = 480$ kHz ausgelegt. Die Grundfrequenz läßt sich linear von 428 bis 532 kHz beeinflussen (Bild 3). Die maximale Änderung der Ausgangsspannung bei einer Bandbreite von $B = 2 \cdot \Delta f = 104$ kHz beträgt $\pm 2\%$. Sieht man für den Wobbler eine kleinere Bandbreite vor, so wird die Ausgangsspannung noch konstanter. Es ist zweckmäßig, dem Generator einen Verstärker nachzuschalten. - Das Gerät wurde im Laboratorium der Elektrotechnischen Fakultät in Ljubljana konstruiert.

Dusan Kodek

Digital-Uhr zum Selbstbau

2. Teil

Taktgeber

Das Schaltschema des 1-Hz-Gebers ist in Bild 13 zu sehen. Aus dem Netzteil wird eine 6,3-V-Wechselspannung auf einen Schmitt-Trigger mit den pnp-Transistoren T 87 und T 88 gegeben. Am Kollektor von T 88 entstehen so negative Rechteckimpulse, die zum Zählen verwendet werden. Diese Zählschaltung zählt bis 50, wozu 6 Stufen erforderlich sind; die überzähligen 14 Stellungen werden durch die fettgedruckte Rückführung übersprungen. Der Einfachheit halber sind nicht alle Stufen im Detail gezeichnet, sondern es ist nur das Blockschema angegeben. Am Ausgang dieser Einheit steht dann eine 1-Hz-Impulsfolge zur Verfügung. Diese reicht im allgemeinen für die Ganggenauigkeit der Uhr aus, da die Netzfrequenz sehr konstant ist.

Wird eine extrem genaue Anzeige gewünscht, so kann man einen 800-Hz-Quarzgenerator verwenden, dessen Ausgang durch einen Teiler 800 : 1 heruntergeteilt wird. Da jedoch ein Quarz für diese Frequenz rund 60 DM kostet, wurde zu Gunsten der Preiswürdigkeit der Digital-Uhr darauf verzichtet.

Ist einem Leser auch der normale Aufwand für den Teiler nach Bild 13 noch zu groß, so kann man auch die sehr einfache Schaltung nach Bild 14 verwenden. Das gewünschte Teilungsverhältnis wird hier an den Basis-Trimpotentiometern mit Hilfe eines Oszillografen eingestellt.

Bild 15 und 16 zeigt die Platine des 1-Hz-Taktgebers nach Bild 13 von oben bzw. unten.

Der Netzteil

Bild 17 zeigt das Netzteil. Wie man aus der Schaltung sieht, wurde (aus

Der erste Teil dieser Bauanleitung erschien in der FUNKSCHAU 1969, Heft 2, Seite 33. Er befaßte sich mit verschiedenen Teilschaltungen, wie Stunden-, Minuten- und Sekunden-Einer sowie Zehner und Tagessprung.

Gründen der Platzersparnis) ein Allstromnetzteil gewählt. Die Anodengleichspannung von 175 V wird so direkt über einen Siliziumgleichrichter aus dem Netz gewonnen.

Der Längsleibwiderstand von 12 k Ω ist recht kritisch, da von seiner Größe die Deutlichkeit der Ziffernanzeige abhängt. Die Versorgung der Platinen und der übrigen Stufen geschieht durch ein stabilisiertes Niedervolt-Netzteil. Es empfiehlt sich, einen Transformator mit mindestens 2 \times 6,3 V und 1 A Belastbarkeit zu wählen. Besser ist ein solcher mit 15 V/1 A. Die Spannung für den Schmitt-Trigger kann dann über einen Spannungsteiler 150 Ω /150 Ω von der Sekundärseite abgenommen werden.

Die Ausgangsspannung wird durch eine Z-Diode ZD 12 konstant gehalten, während zur kombinierten Stabilisie-

rung und Brummsiebung der Längstransistor T 101 dient. Hierfür ist praktisch jeder Leistungstransistor brauchbar, der einen dauernden Kollektorstrom von etwa 450 mA bzw. eine Verlustleistung von mindestens 5 W aufnehmen kann. Auf gute Kühlung ist zu achten! Daher auch das Gehäuse nicht zu klein machen, bzw. Lüftungslöcher vorsehen!

Die Eichung

Bild 18 zeigt das Prinzip der Eichung. Wird die Uhr erstmals in Betrieb genommen, so stellen sich beim Einschalten alle Ziffern auf 0. Nun gibt man durch Drücken des jeweiligen Schalters solange die 1-Hz-Folge auf den betreffenden Zähler, bis die gewünschte Zeit angezeigt wird.

Soll z. B. die Zeit 18 h 24 min 10 s eingestellt werden, so drückt man zunächst die Tasten S 3 und dann S 1 so lange, bis in den linken beiden Röhren die 18 er-

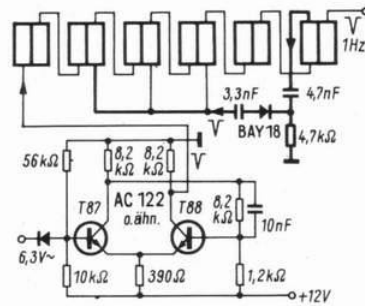


Bild 13. Schaltschema des verwendeten Taktgebers (1 Hz)

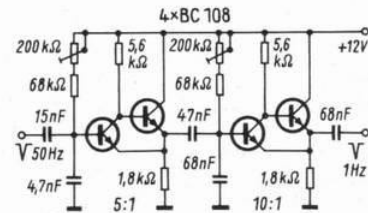


Bild 14. Schaltung eines vereinfachten Teilers. Der Eingang wird mit den Ausgangsimpulsen des Schmitt-Triggers gesteuert

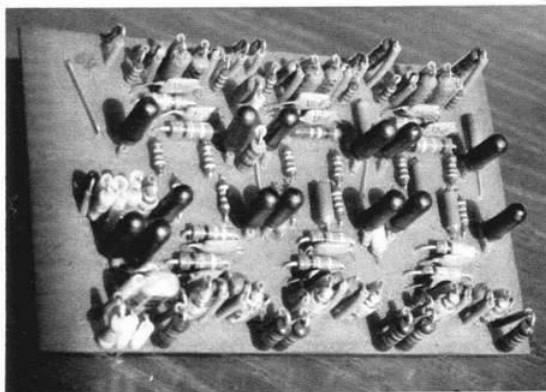


Bild 15. Ansicht der Platine des 1-Hz-Taktgebers von oben

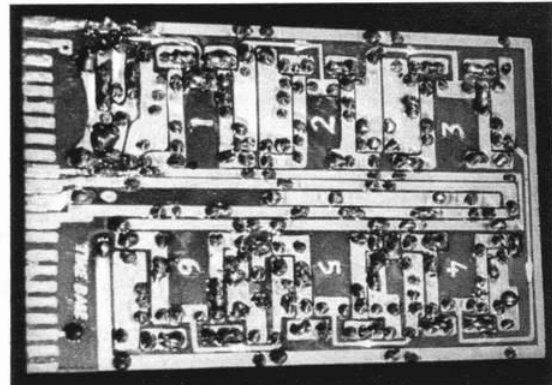


Bild 16. Unteransicht der Platine des 1-Hz-Taktgebers

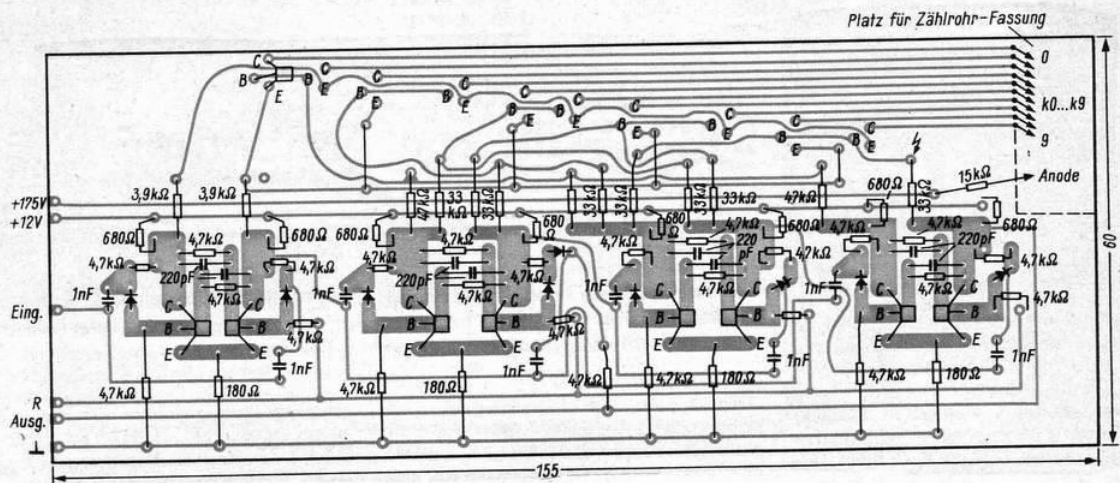


Bild 20. Ansicht der Platine für den Stunden-, Minuten- und Sekunden-Einer. Rechts oben ist bei sämtlichen Platinen des Gerätes ein Ausschnitt von 26 mm × 12 mm herauszuschneiden, der die Fassung der Zählröhre ZM 1020 aufnehmen soll. Alle Dioden sind vom Typ BAY 18. Aus Platzgründen sind u. U. einige Widerstände senkrecht anzuordnen. Für die noch einzufügenden Dioden des Tagessprunges bei der Platine des Stunden-Einers sind keine Leiterbahnen vorgesehen. Sie werden handverdrahtet nach der Blockschaltung „Tagessprung“ (Bild 12 in Heft 2) an die Kollektoren der jeweiligen Transistoren gelötet

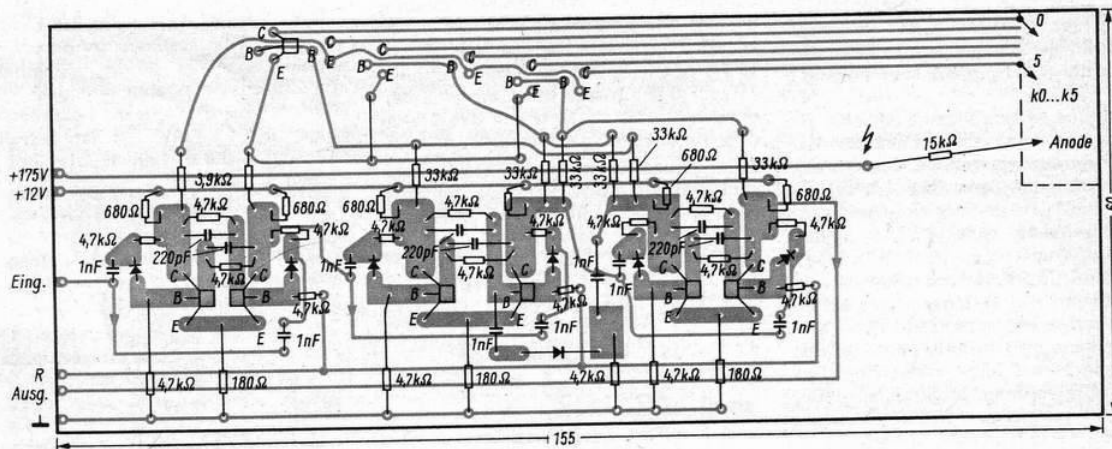


Bild 21. Ansicht der Platine für den Minuten- und Sekunden-Zehner. Beschaltet werden von den zehn Kathoden der Ziffernanzeigeröhre nur die der Ziffern 0 bis 5

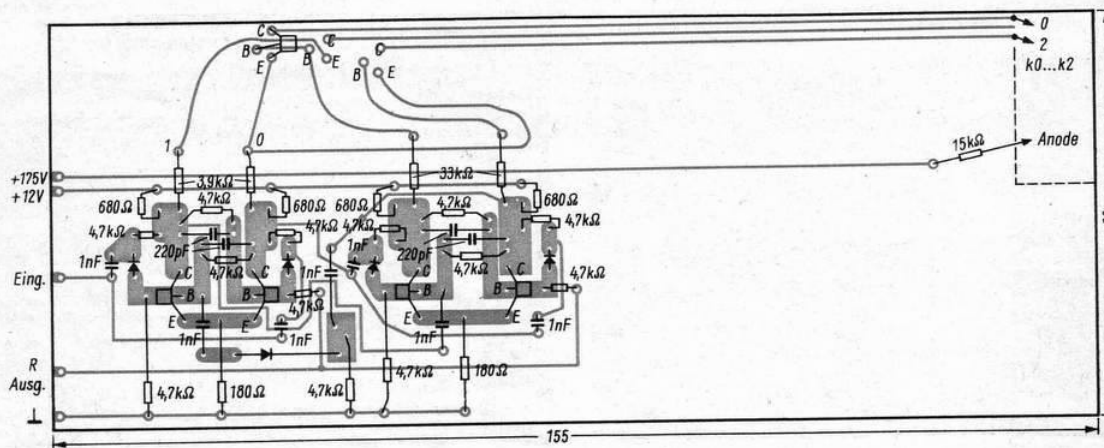


Bild 22. Ansicht der Platine des Stunden-Zehners. Hier sind nur die Ziffern 0, 1 und 2 belegt. Erscheinen die Ziffern nicht deutlich und klar, so sind wegen der geringeren Belastung die beiden 3,9-kΩ-Widerstände, links im Bild, auf max. 6,8 kΩ zu erhöhen

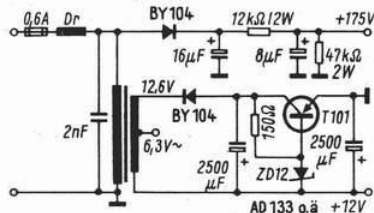


Bild 17. Schaltung des verwendeten Netzteil

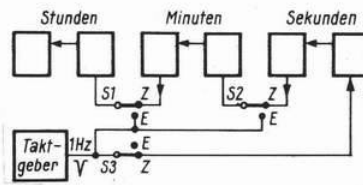


Bild 18. Anordnung der Eichschalter, E = Eichen, Z = Zählen

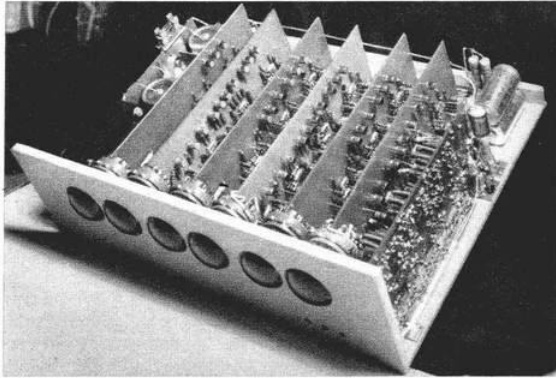


Bild 19. Ansicht des fertig verdrahteten Gerätes

schiene ist. Dann betätigt man die Taste S 2, bis die mittleren beiden Röhren die 24 anzeigen. Nun wird noch die 10 in den beiden rechten Röhren eingestellt und dann sofort der Schalter S 3 wieder auf Z gestellt; die Uhr zeigt fortan die genaue Zeit an.

Praktische Ausführung und Bauhinweise

Wie die Bilder 4, 5, 7 und 8 erkennen lassen, sind die Zählröhren direkt an den Platinen befestigt. Zu diesem Zweck läßt man an der betreffenden Stelle ein wenig Kupfer stehen, woran sich dann mit Hilfe einer Lötfahne die Fassung befestigen läßt. Dann werden die Stirnfläche und die Unterseite der Fassung mit einem Zweikomponenten-Kleber bestrichen und verklebt. Die Katodenführungen verdrahtet man am besten mit 0,3 CuL von Hand. Man erhält so eine kompakte Einheit, die bei Serienfertigung zusammen mit anderen gleichartigen als Frequenzzähler benutzt werden kann. Die Gesamtschaltung ist in einem Holzgehäuse untergebracht, da das Gerät in erster Linie ein Möbelstück sein sollte. Wie Bild 19 zeigt, stehen die Platinen senkrecht. Vorn ist der Taktgeber zu erkennen, hinter den Platinen links der Netztransformator und rechts der Netzteil.

Im allgemeinen dürfte der Nachbau keine Schwierigkeiten bereiten. Es emp-

fehlt sich jedoch, den Taktgeber zuerst herzustellen, um dann jede einzelne Platine nach ihrer Bestückung sofort prüfen zu können.

Nun zu der Wahl der Transistoren: Dieses ist wohl die Kernfrage, da hier von wesentlich der Baupreis des Gerätes abhängt. Am besten eignen sich npn-

Planar-Transistoren mit einem Stromverstärkungsfaktor von etwa 100...140 (z. B. BFY 39 III, BC 109 usw.). Dadurch wird die Uhr aber sehr teuer.

Im Mustergerät – das sich übrigens sehr gut auch als Gesellenstück eignen würde – wurden Transistoren zweiter Wahl verwendet, die unter der Typenbezeichnung E von der Nadler-Elektronik zu beziehen sind. Es handelt sich dabei um ungestempelte, ungebrauchte Ware.

Da unter den 100 gekauften Exemplaren nur etwa sechs Ausfälle waren, sind diese Halbleiter durchaus empfehlenswert. Weitere Spezialteile nennt Tabelle 3.

Die Platinen, die in Bild 20, 21 und 22 dargestellt sind, können bei genügender Abnahme durch den Verfasser bezogen werden.

Wie schon angedeutet ist die Höhe der Anodenspannung der Anzeigeröhren kritisch. Immerhin liegen bei nicht gezündeter Glimmstrecke an den Kollektoren u. U. sehr hohe Spannungen. Sollte es daher vorkommen, daß die Ziffern nicht hell und klar zu lesen sind oder daß vielleicht mehrere Zahlen gleichzeitig schwach aufglimmen, so empfiehlt es sich, die Anodenspannung etwas zu heben oder zu senken. Hierzu kann man den erwähnten Siebwiderstand im Netzteil in den Grenzen von 10...15 kΩ verändern. Die Spannung sollte aber nie über 200 V ansteigen, da dadurch die Treibertransistoren zerstört werden können.

Tabelle 3.

Im Mustergerät verwendete Spezialteile

- 100 Transistoren (npn-Planar, Typ E), Nadler, Hannover.
- 1 Leistungstransistor AD 103 (Siemens)
- 1 Netztransformator (220 V/15 V, 1 A).
- 1 Z-Diode ZD 12 (Intermetall).
- 6 Ziffernanzeigeröhren ZM 1020 (Valvo), mit Fassungen.
- 3 Mikro-Schalter (NSF).

Digital-Uhr zum Selbstbau

Aufgrund des großen Echos, das diese Bauanleitung im In- und Ausland gefunden hat, sollen im folgenden kurz die wichtigsten und immer wiederkehrenden Fragen erörtert und eine ausführliche Baubeschreibung des Taktgebers gegeben werden. Diese Baustufe war nur als Blockschaltbild für den etwas mit der Digitaltechnik Vertrauten angegeben.

Zunächst sind in Bild 3 (Heft 2) folgende Änderungen durchzuführen: Die Diode BAY 18 vor der Basis des Transistors T 7 ist umzupolen. Das RC-Glied (4,7 k Ω /220 pF) an der Basis von T 3 führt direkt zum Kollektor von T 4. Die eingezeichnete Leitung nach oben in die Matrix entfällt. Sie ist mit dem Kollektor von T 3 zu verbinden (siehe auch Platinenplan in Heft 3).

In der Praxis hat sich weiterhin gezeigt, daß die Stromverstärkung der verwendeten Transistoren vom Typ E stark schwankt, so daß es zur sicheren Funktion erforderlich ist, den Kondensator C 3 in Bild 9 (Heft 2) auf 15 nF zu vergrößern.

Im Mustergerät verwendete Spezialteile

- 12 npn-Silizium-Planar-Transistoren Typ E (Nadler-Elektronik)
- 19 Silizium-Planar-Dioden D 2 (Nadler-Elektronik)
Schichtwiderstände 0,2 W (Beyschlag)
- 2 Germanium-pnp-Transistoren AC 152 (Siemens) o. ä.
- 1 Germanium-pnp-Transistor AC 153 o. ä. (Siemens)

Bei der Beschreibung der Digitaluhr in der FUNKSCHAU 1969, Heft 2, Seite 33, und Heft 3, Seite 81, war der Verfasser davon ausgegangen, daß nur ein relativ kleiner Leserkreis sich für den Nachbau interessieren würde. Daher wurden die Ausführungen knapp gehalten und nur auf das Wichtigste beschränkt. Hier folgen ergänzende Angaben, nach denen uns viele Leser fragten, die am Nachbau interessiert sind.

Für den Tagessprung sind die verwendeten Dioden wie folgt zu beschalten: D 1 an T 2, D 2 an T 4, D 3 an T 5, D 4 an T 7 und D 5 an T 8. Gemeint sind jeweils die Kollektoranschlüsse.

Der Taktgeber

Bild 1 zeigt die vollständige Schaltung des Taktgebers. Der im Mustergerät verwendete Taktgeber ist mit Germanium-pnp-Transistoren bestückt, wobei die dort verwendeten Stufen nicht identisch mit den in der Uhr verwendeten Flip-Flop-Zählstufen sind. Im Interesse einer Vereinheitlichung der Zählstufen des Gerätes soll der Taktgeber nun aber auch mit npn-Si-Transistoren bestückt werden. Es kamen dabei wieder Transistoren des Typ E zum Einbau (Stückliste). Ferner ist zusätzlich noch eine Torschaltung erforderlich, die in dem Blockschaltbild Bild 13 (Heft 3) nicht eingezeichnet war.

Die Schaltung

Die aus dem Netzteil kommende Wechselspannung von etwa 7 V gelangt über die Diode D 1 auf die Basis des Transistors T 1, der zusammen mit T 2 als Schmitt-Trigger arbeitet und aus der Wechselspannung eine Rechteckspannung formt.

Am Kollektor von Transistor T 2 steht also eine Rechteckspannung, die über Kondensator C 3 zur Basis von T 3 gelangt. Der Transistor T 3 arbeitet dabei als Impulsformer und Phasenumkehrstufe. Über den Widerstand R 1 wird er so stark negativ vorgespannt, daß fast die gesamte Betriebsspannung von 12 V am Kollektorwiderstand abfällt. Erscheint nun an seiner Basis eine positive Rechteck-Halbwelle, so wird er während dieser Zeit voll gesperrt, da die Steueramplitude etwa 6 V beträgt. Während dieser Zeit schnell die Kollektorspannung auf etwa 12 V herauf, und ein negativer Impuls entsteht, der jetzt auch die nötige Dachschräge hat, um von den nachfolgenden npn-Transistoren verarbeitet zu werden. Die folgende negative Halbwelle an der Basis bleibt jedoch wirkungslos, da der Transistor ohnehin durchgesteuert ist.

Mit den verwendeten sechs Stufen erreicht man eine Zählkapazität von 64 Impulsen. Da jedoch für die 50-Hz-Folge nur 50 Zustände gebraucht werden, werden die überzähligen Stellungen durch die Rückführungen, bestehend aus den Dioden D 2/D 3/D 4 sowie den Kondensatoren C 3/C 4/C 5 in Verbindung mit C 6/R 2 übersprungen. Der negative Rückstell-Impuls entsteht dabei am Kol-

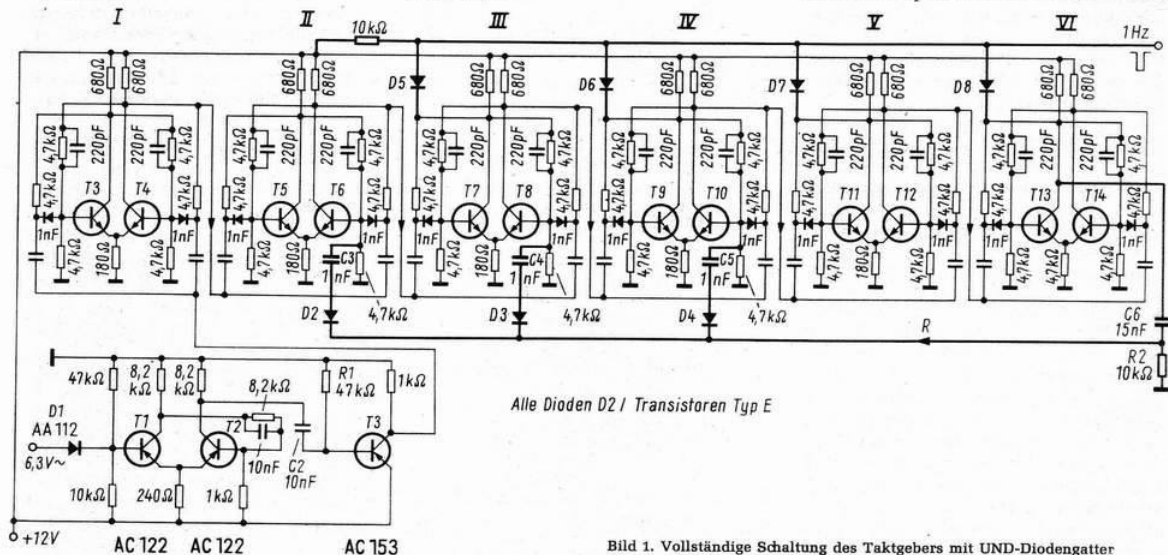


Bild 1. Vollständige Schaltung des Taktgebers mit UND-Diodengatter

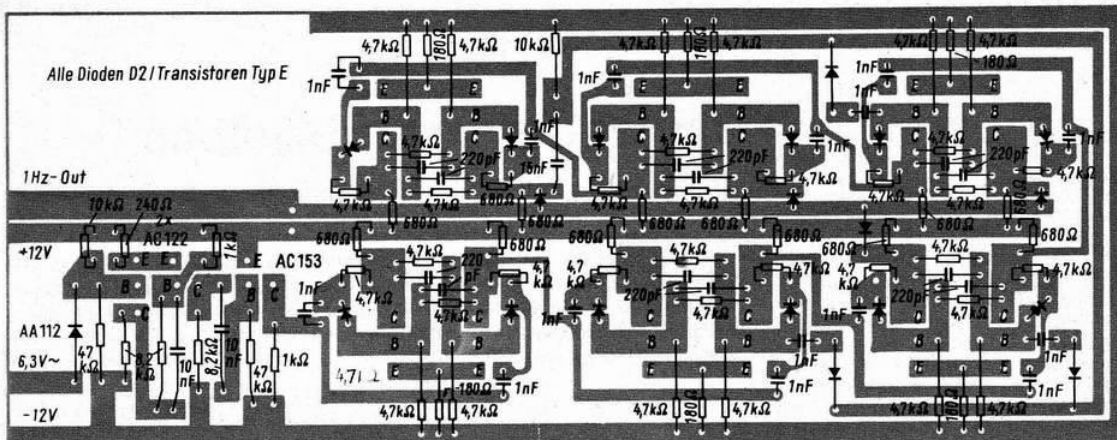


Bild 2. Ansicht der verwendeten Leiterplatte mit Bestückungsplan

lektor von Transistor T 13, er wird über C 6/R 2 differenziert und auf die Flip-Flops II, III und IV gegeben.

Sind 50 Impulse ausgezählt, so steht die gesamte Schaltung wieder im Zustand 000 000, d. h. dem Ausgangszustand. Jetzt ist das aus den Dioden D 5 bis D 8 gebildete UND-Gatter in Funktion und erzeugt am Ausgang einen negativen Impuls mit der Folgefrequenz 1 Hz. Dieser Impuls wird zum Zählen verwendet.

Inbetriebnahme

Beim Anlegen der Betriebsspannungen an den Taktgeber sollten zunächst ohne die Wechselspannung die Betriebsgleichspannungen kontrolliert werden. Die einzelnen Flip-Flop-Stufen nehmen wahllos die Zustände 0 und L ein. Man muß jedoch beim Nachmessen der Kollektorspannungen feststellen, daß jeweils ein Transistor eines Flip-Flops etwa 11 V am Kollektor führt, während gleichzeitig der andere zugehörige Transistor nur etwa 2...3 V führt. Betragen beide Spannungen nur etwa 3 V, so ist mit großer Sicherheit ein Transistor bzw. eine Diode an der Basis schadhaft. Legt man an die fehlerfreie Schaltung die Wechselspannung an, so muß das Gerät auf Antrieb arbeiten.

Bild 2 zeigt die Platine und den Bestückungsplan. Alle Widerstände sollen in 0,1-W-Ausführung gewählt werden. Die Dioden und Transistoren sollte man vor dem Einbau prüfen, um eine langwierige Fehlersuche auszuschließen.

Praktische Erfahrungen

Bei der Bestückung der Zählerplatinen bzw. der Matrix hat sich gezeigt, daß die als Treiber für die Katoden der Anzeigeröhren verwendeten Transistoren einen sehr kleinen Reststrom haben sollten, damit die Ziffern auch deutlich zu lesen sind. Weist nämlich auch nur ein Transistor einen schlechten Sperrwiderstand auf, so gelangt über diese undichte Kollektor-Basis-Strecke bereits ein Teil der an den Katoden stehenden hohen Plusspannung in die Matrix und somit auf

die Basis der anderen Transistoren. Dadurch leuchten dann alle Ziffern verschwommen und unleserlich auf.

Messungen an den Kollektoren sind hier für die Fehlersuche nicht erfolgreich, da man keine genaue Spannung definieren kann. Dies rührt von den unterschiedlichen Restströmen her und führt

im gesperrten Zustand zu Kollektorspannungen von etwa 30...80 V.

Für die Bestückung ist es nicht unbedingt erforderlich, Dioden vom Typ BAY 18 zu verwenden. Vielmehr eignen sich auch andere hochsperrende Si-Dioden. Die verwendeten Spezialteile nennt die Tabelle.