



1. Einleitung

Wie aus Bild 1 hervorgeht, besteht eine Digitaluhr aus folgenden Baugruppen: Quarzgenerator, Teiler, Zähler, Treiberstufen, Anzeige und Stromversorgung.

Der Quarzgenerator stellt eine Taktspannung im Kilohertzbereich zur Verfügung, die von der Teilerstufe auf Sekunden- oder Minutenimpulse geteilt wird. Diese Zeitimpulse werden von einer Zählerkette gezählt, wobei die Zähler *Sekundenzehner*, *Minutenzehner* und *Stundenzehner* entsprechend vorzeitig zurückgesetzt werden müssen. Die Stellogik bewirkt, daß von außen ein Stellen der Digitaluhr möglich ist, d. h., hierdurch gelangen zusätzlich Zählimpulse auf die entsprechenden Zähler.

Das Netzteil sichert die Stromversorgung der Digitaluhr. Für Hochvolt-MOS-Schaltkreise werden dabei laut Herstellervorschrift 2 Betriebsspannungen (-13 und -27 V) benötigt.

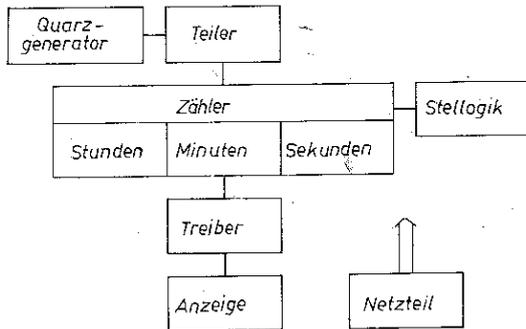


Bild 1 Übersichtsschaltplan einer Digitaluhr

2. Quarzgenerator

Der Quarzgenerator stellt die wichtigste Baugruppe in der Digitaluhr dar, da er für die Ganggenauigkeit verantwortlich ist. Bei Realisierung in MOS-Hochvolttechnik sollte die Quarzfrequenz im Bereich zwischen 30 und 500 kHz (maximal 1 MHz) gewählt werden. Die nachfolgende Teilerstufe kann dabei (z. B. Realisierung mit *U 111 D*) bestimmte Festwerte des Quarzgenerators fordern.

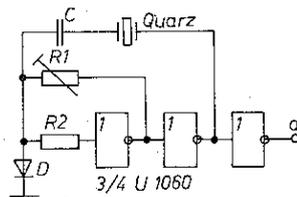


Bild 2 Quarzgenerator

Mit dem NOR-Gatter-Schaltkreis *U 106 D* sowie mit 3 Widerständen, einer Diode, einem Kondensator und einem entsprechenden Quarz läßt sich ein geeigneter Quarzgenerator aufbauen. Für die Generatorschaltung nach Bild 2 sind für die Schwingungserzeugung nur die Gatter G1 und G2 sowie C und R notwendig. Das Gatter G3 versteuert die Flanken. Es entkoppelt außerdem den Generator von der übrigen Schaltung so, daß sich Lastschwankungen nicht auf die Stabilität der Quarzfrequenz auswirken können. Die Diode D und der Widerstand R2 verhindern, daß auftretende positive Impulse über die Gateschutzdiode am Eingang des NOR-Gatters abgeleitet werden. Gemäß Herstellervorschrift darf die Gateschutzdiode nicht für Begrenzungszwecke genutzt werden; sie soll das Gate nur vor statischen Aufladungen schützen.

3. Teilereinheit

Zur Realisierung von Teilerstufen stehen im wesentlichen 2 Schaltkreise zur Verfügung.

3.1. Teilerstufen mit *U 112 D*

Der *U 112 D* enthält 7 binäre Teilerstufen. Seine Grenzfrequenz wird mit 125 kHz angegeben. Bei Einsatz des *U 112 D* besteht der Vorteil, daß an beliebiger Stelle Rückführungen angebracht werden können, so daß man nicht eine fest vorgegebene Generatorfrequenz benötigt. Er hat jedoch den Nachteil, daß er sich nicht rücksetzen läßt. Daraus folgt, daß er als Teiler maximal zur Erzeugung von Sekundenimpulsen eingesetzt werden sollte. Bild 3 zeigt eine Schaltung, die von 32,768 kHz auf 1-s-Impulse teilt. Dafür werden 2 Schaltkreise vom Typ *U 112 D* benötigt. Da man insgesamt jedoch 15 binäre Teilerstufen braucht, wurde aus ökonomischen Gründen für die letzte Teilerstufe das RST-Flipflop *U 103 D* eingesetzt.

In der Schaltung nach Bild 4 wird von 100 kHz auf 1 s geteilt. Dazu sind 14 Teilerstufen erforderlich, wobei jetzt außerdem 7 Rückführungen benötigt werden. Bei einem L-Impuls am Ausgang a gelangt ein differenzierter negierter Impuls (H-Impuls) über die Dioden auf die entsprechenden Teilereingänge und bewirkt eine entsprechende Voreinstellung. Zur Impulsnegierung wurde wegen seiner höheren Belastbarkeit ein *SMY 50* eingesetzt.

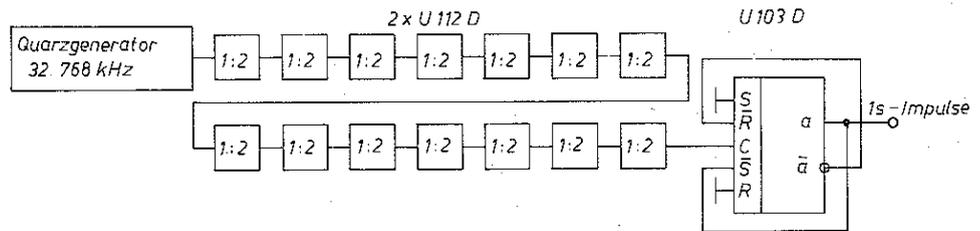


Bild 3 Frequenzteiler mit *U 112 D* von 32,768 kHz auf 1 s

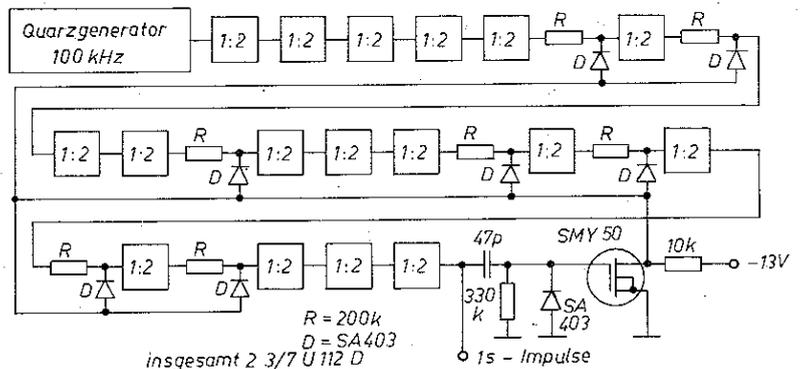


Bild 4 Frequenzteiler mit *U 112 D* von 100 kHz auf 1 s

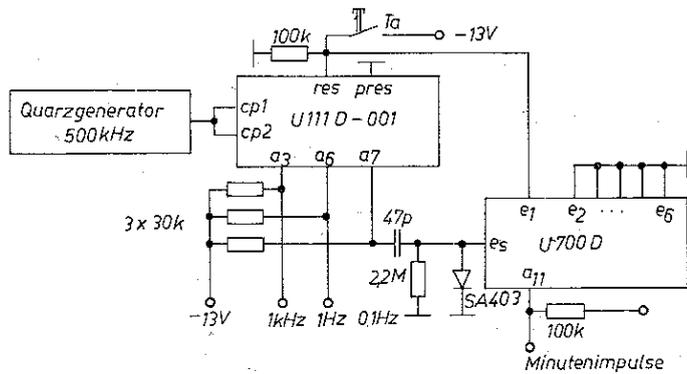


Bild 5 Teiler mit U 111 D-001 von 500 kHz auf 1 min

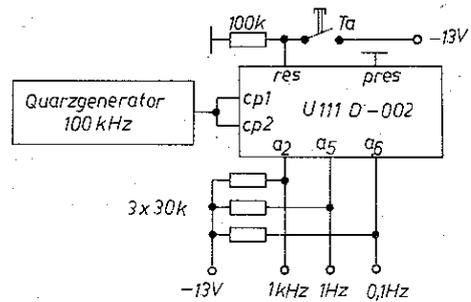


Bild 6 Teiler mit U 111 D-002 von 100 kHz auf 10 s

3.2. Teilerstufen mit U 111 D

Der U 111 D ist ein Teilerschaltkreis, der in 2 Varianten angeboten wird:

$$U 111 D \text{ Mode } 001, \frac{f_e}{f_a} = 5 \cdot 10^6;$$

$$U 111 D \text{ Mode } 002, \frac{f_e}{f_a} = 1 \cdot 10^7$$

Der U 111 D hat 7 Teilerstufen. Beim Mode 002 teilen alle Teilerstufen im Verhältnis 1:10; beim Mode 001 teilt die erste Teilerstufe 1:5, während alle weiteren 6 Teilerstufen ebenfalls 1:10 teilen. Die Grenzfrequenz des U 111 D beträgt 500 kHz. Bild 5 zeigt eine Teilerschaltung mit dem Mode 001. Der Quarzgenerator stellt 500-kHz-Impulse zur Verfügung. Beim U 111 D-001 können dann am Ausgang a3 1-kHz-Impulse (z. B. für Multiplexsteuerung) und am Ausgang a6 1-s-Impulse abgenommen werden. Zur Gewinnung von Minutenimpulsen wurde dem Ausgang a7, der 10-s-Impulse ausgibt, ein U 700 D nachgeschaltet. Wegen der geforderten Impulsform an e_s des U 700 D mußte ein entsprechendes Differenzglied zwischengeschaltet werden. Nach Durchlauf der 6 Kanalstellen des U 700 D ist genau eine Minute vergangen. Über T beim U 111 D und über e1 beim U 700 D läßt sich die Teilerkette mit der Taste T rücksetzen, wodurch für das genaue Stellen der Digitaluhr eine entsprechende Ausgangslage der Teilerkette fixiert wird. Der U 111 D hat Open-drain-Ausgänge, d. h., bei Nutzung der Ausgänge ist ein Widerstand gegen die Betriebsspannung zu schalten. Der Hersteller schreibt dafür einen Widerstand von 30 kΩ vor. Zu beachten ist außerdem, daß die beiden Takteingänge nur parallel geschaltet, d. h. gleichzeitig angesteuert werden dürfen. Bild 6 zeigt eine Teilerschaltung mit dem Mode 002. Der Quarzgenerator muß jetzt eine Frequenz von 100 kHz bereitstellen. Zur Erzeugung von Minutenimpulsen läßt sich wiederum ein U 700 D verwenden.

4. Zählereinheit

Zum Zählen der Sekunden-, Minuten- und Stundenimpulse stehen das Schieberegister U 311 D und der Zählerschaltkreis U 121 D zur Verfügung.

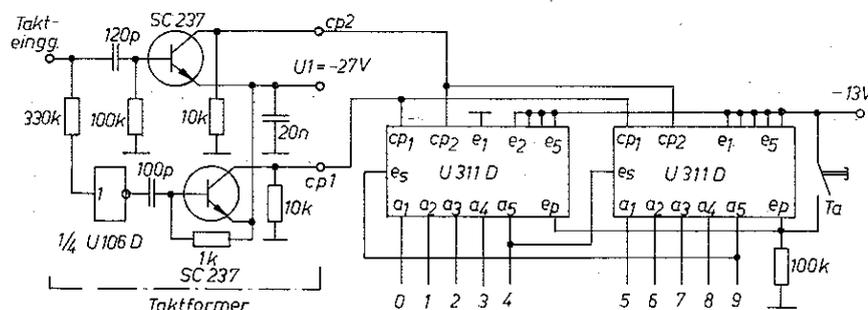


Bild 7 Zählerschaltung von 0 bis 9 mit U 311 D

4.1. Zählereinheit mit U 311 D

Das statische Schieberegister U 311 D hat 5 bit. Durch die Zusammenschaltung von 2 IS U 311 D läßt sich ein dekadischer Zähler aufbauen. Dem U 311 D muß jedoch ein Taktformer vorgeschaltet werden, der die Versorgung mit 2 Takten (cp1, cp2) absichert. Bild 7 zeigt eine Zählerschaltung, die von 0 bis 9 zählt. Beim Taktformer werden wegen der Betriebsspannung von -27 V spannungsfeste Transistoren benötigt. Wichtig ist auch der Einsatz eines Abblockkondensators (22 nF) direkt an den beiden Emitttern, da es sonst zu Störbeeinflussungen kommen kann. Über die Taste T wird mit L-Pegel die Übernahme der an den Eingängen der beiden U 311 D liegenden Informationen auf die Ausgänge bewirkt. Damit erhält der Ausgang a1 des linken U 311 D H-Potential, während alle anderen Ausgänge auf L-Potential geschaltet werden. Mit jedem Taktimpuls am Eingang e wird das H-Potential an den Ausgängen um eine Stelle weitergeschoben. Durch die entsprechende Verkopplung von Ausgang a5 und Eingang e_s wirkt die Schaltung als Ringzähler. Diese Schaltung eignet sich vor allem für den Einsatz von Ziffernanzeigeröhren.

Bild 8 zeigt eine Möglichkeit, wie man mit einem U 311 D auch einen 6stelligen Zähler aufbauen kann. Durch den Einsatz einer 5fach-Diode (SAM 45) wird nach dem Negator erst dann H-Potential erreicht, wenn alle Ausgänge des U 311 D L-Potential angenommen haben.

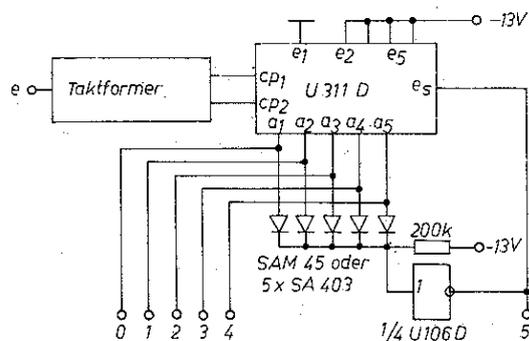


Bild 8 Zählerschaltung von 0 bis 5 mit U 311 D



4.2. Zählereinheit mit U 121 D

Der IS *U 121 D* ist ein 4-bit-BCD-Vor-/Rückwärts-Zähler mit Speicher und 7-Segment-Dekoder. Er eignet sich besonders für den Sekunden-, Minuten- und Stundenzähler im Zusammenhang mit 7-Segment-Anzeigebau-elementen. Bild 9 zeigt eine Schaltung zur Zählung von 0 bis 9. Über *cp* gelangen die Taktimpulse in die IS, wenn der Eingang *cd* auf Massepotential liegt. Mit der Taste *I* läßt sich über den Reset-Eingang *r* der Zähler rücksetzen. Die nicht benötigten Dateneingänge *p1* bis *p4* werden auf Massepotential gelegt und kommen nicht zur Wirkung, weil *ps* auf L-Potential gelegt wird. *u/d* an L-Potential legt fest, daß der Zähler vorwärts zählt. Mit *st* an L-Potential wird der Speicher mit dem Zählteil verbunden. Damit erreicht man, daß der Zählerstand immer an den Ausgängen abgenommen werden kann. Dazu muß auch der Blanking-Eingang *bl* an $U_2 = -13$ V gelegt werden. Zu beachten ist, daß der *U 121 D* Open-drain-Ausgänge hat; er eignet sich daher vorzüglich zum Aufbau von Multiplexschaltungen.

Bild 10 zeigt eine Zählerschaltung, bei der von 0 bis 5 gezählt wird. Bei Erreichung des Zählerstands 6 sperren die Ausgänge *a8* (2^2) und *a9* (2^1) erstmals beide, so daß L-Potential entsteht. Über den Reset-Eingang *r* wird dadurch der Zähler auf 0 rückgesetzt. Das UND-Gatter versteuert lediglich die Flanken.

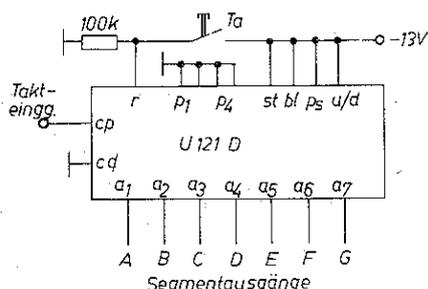


Bild 9 Zählerschaltung von 0 bis 9 mit *U 121 D*

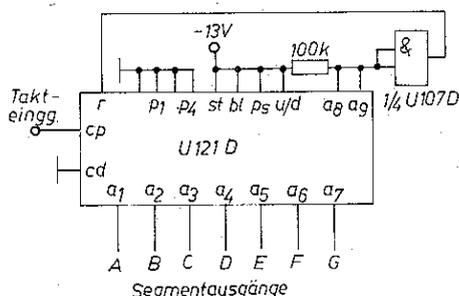


Bild 10 Zählerschaltung von 0 bis 5 mit *U 121 D*

5. Treiberschaltungen

Sowohl das Schieberegister *U 311 D* als auch die integrierte Zählerschaltung *U 121 D* sind nur in der Lage, geringe Ströme (1 bis 1,5 mA) mit ihren Ausgangsstufen zu treiben.

Bild 11 zeigt die Ansteuerung der Ziffernanzeigeröhre *Z 570 M*. Es wird ein spannungsfester Transistor benötigt, da an den Ziffernanzeigeröhren Spannungen von über 100 V anliegen. Der Widerstand *R1* von 15 k Ω sichert, daß der Basisstrom den Wert

von 1 mA nicht überschreitet. Zu beachten ist jedoch, daß bei gleichzeitig erforderlicher Abnahme eines MOS-Pegels vor dem Widerstand *R1* (z. B. entsprechend Bild 8) dieser größer als 100 k Ω sein muß, da der MOS-Pegel am Ausgang des *U 311 D* nur bis zu einer Last von 100 k Ω garantiert wird. Damit der Treibertransistor richtig sperrt, wurde sein Emitter auf -10 V gelegt. Mit dem Widerstand *R2* = 39 k Ω wird der Katodenstrom eingestellt. Er sollte für Langlebensdauerzwecke bei der Ziffernanzeigeröhre *Z 570 M* den Wert von 1,5 mA nicht überschreiten.

In der Schaltung nach Bild 12 wird die 7 mm hohe 7-Segment-LED-Anzeige *VQB 71* angesteuert. Der Widerstand von 8,2 k Ω am Ausgang des IS *U 121 D* sichert, ähnlich wie beim *U 311 D*, daß der maximal zulässige Ausgangsstrom nicht überschritten wird. Der Emitterwiderstand des *SS 216* bestimmt den Segmentstrom der *VQB 71*. Dabei sind 2 Werte angegeben. Für den statischen Betrieb werden 270 Ω eingesetzt, wobei ein Segmentstrom von etwa 10 mA fließt. Der Klammerwert gilt für den Multiplexeinsatz, bei dem kurzzeitig höhere Ströme auftreten müssen.

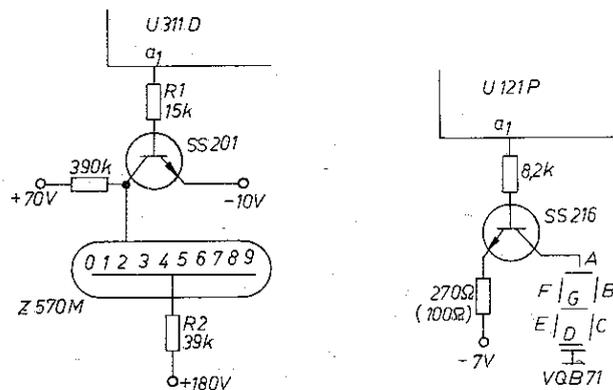


Bild 11 Ansteuerung der Ziffernanzeigeröhre *Z 570 M*

Bild 12 Ansteuerung der 7-Segment-Anzeige *VQB 71*

6. Netzteil

Auf Netzteilschaltungen soll in diesem Beitrag nicht eingegangen werden, da diese Schaltungen weitestgehend bekannt sind.

7. 6stellige Digitaluhr mit *VQB 71*

Bild 13 zeigt die Schaltung einer 6stelligen Digitaluhr mit Multiplexsteuerung. 3 Gatter eines *U 106 D* werden für den 500-kHz-Quarzgenerator eingesetzt. Über ein Dickschichtpotentiometer von 4,7 k Ω kann die Frequenz genau eingestellt werden. Der Widerstand von 20 k Ω ist unter Umständen zu variieren. Mit dem nachfolgend angeschlossenen *U 111 D-001* wird die Teilung der 500-kHz-Impulse realisiert. Am Ausgang *a3* (*IS1*) kann eine Impulsfrequenz von 1 kHz abgenommen werden, die für die Multiplexsteuerung genutzt wird. Der Ausgang *a6* (*U 111 D*) gibt 1-s-Impulse ab, die zu den Zählern *IS2* und *IS3* gelangen. *IS2* stellt dabei den *Sekundenzehner* und *IS3* den *Sekundeneiner* dar. Wie vom Hersteller vorgeschrieben, arbeiten die Zähler in synchroner Betriebsweise. Der *Sekundeneiner* zählt von 0 bis 9. In der Stellung 9 schaltet der Ausgang *a4* (*IS3*) auf H-Potential und gibt damit die Zählersperre *cd* der *IS2* frei. Der nächste Zählimpuls bewirkt, daß auch der Zähler *IS2*

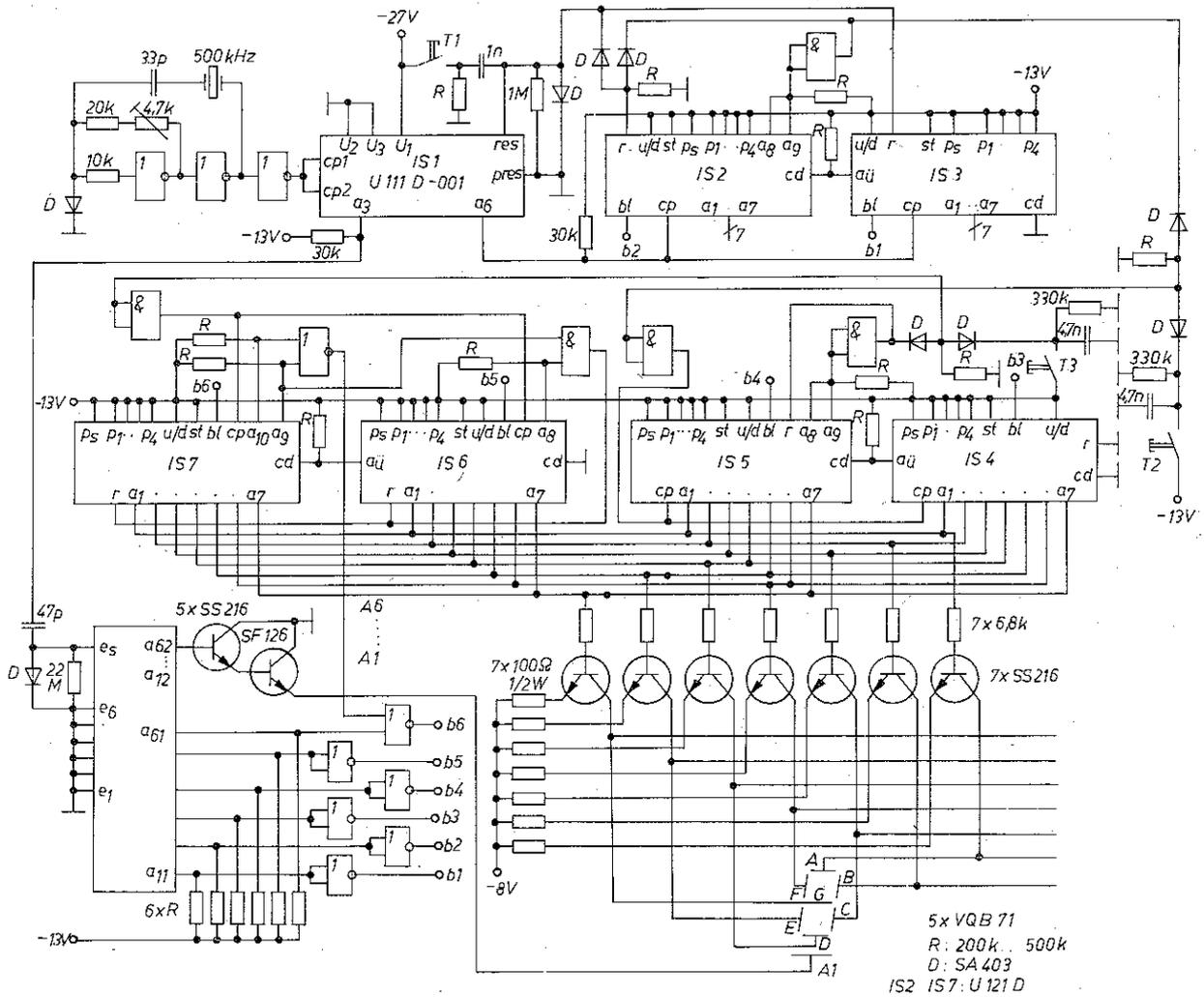


Bild 13 6stellige Digitaluhr mit LED-Anzeige

eine Stelle weiter zählt. Erreicht der Zähler IS2 die 6, wird über a8 und a9 sowie über das nachfolgende UND-Gatter ein L-Impuls erzeugt, der über r die Rücksetzung des Zählers auf 0 veranlaßt. Die Dioden-ODER-Schaltung bei r von IS2 gewährleistet, daß auch von anderer Stelle eine Rücksetzung durchgeführt werden kann. Mit Betätigung der Taste T1 gelangt ein differenzierter L-Impuls zu den Rücksetzeingängen von IS1, IS2 und IS3. Dadurch werden *Sekundeneiner*, *Sekundenzehner* und Teilerschaltkreis rückgesetzt. Anschließend dauert es genau 1 s, bis der erste Zählimpuls wieder an cp von IS3 wirksam wird. Diese Schaltung sichert, daß die Uhr bei jeder vollen Minute genau gestellt werden kann. Bei der Zählerstellung 6 von IS2 gelangt der L-Impuls von a8 und a9 über das UND-Gatter nicht nur an r, sondern auch als Zählimpuls über ein weiteres Dioden-ODER-Glied an die cp-Eingänge oder Minutenzählerkette. IS4 stellt den *Minuteneiner* und IS5 den *Minutenzehner* dar. Diese beiden Zählerschaltkreise sind ähnlich beschaltet wie die Sekundenzähler. Bei ihnen entfällt jedoch das Rücksetzen über r von außen. Durch mehrmaliges Betätigen der Taste T2 gelangen L-Impulse über ein Dioden-ODER-Glied zu den Zählereingängen von IS4 und IS5. Das ermöglicht das Stellen des Minutenzählers. Bei Erreichung des Zählerstands 6 der IS5 gelangt ein Zählimpuls zur Stundenzählerkette. IS6 stellt den *Stundeneiner* dar, IS7 den *Stundenzehner*. Zu beachten ist, daß bei Erreichung des Zählerstands 24 die Stundenzählerkette rückgesetzt werden muß. Zu diesem Zeitpunkt liegt an a9 von IS7 und an a8 von IS6 L-Potential, das über ein UND-Gatter den beiden r-Eingängen der Zähler zugeführt wird. Mit dem Taster T3 ist das Stellen der Stundenzählerkette möglich. (Die an den Tastern T2 und T3 be-

findlichen RC-Glieder wirken als Entpreller.) Durch die Verknüpfung der Ausgänge a9 und a10 des IS7 mit einem NOR-Gatter wird eine Vornullunterdrückung bei der Stundenzählerkette realisiert.

Die 6 VQB 71 werden im Multiplexbetrieb angesteuert. Dazu werden die entsprechenden Open-drain-Ausgänge der 6 Zählerschaltkreise zusammenschaltet. Der Multiplexer wird im wesentlichen durch den U 700 D realisiert. Vom Teilerschaltkreis U 111 D gelangen 1-kHz-Impulse über ein Differenzierglied in den U 700 D. In schneller Folge schalten die Ausgänge des U 700 D auf H-Potential. Dabei erhalten die Ausgänge a11 und a12 bzw. a21 und a22 usw., d. h. Ausgänge mit gleicher erster Ziffer, immer gleichzeitig H-Potential. Da jedoch die Blanking-Eingänge der Zählerschaltkreise L-Potential benötigen, ist über die NOR-Gatter eine Negation erforderlich. Die Anoden der VQB 71 werden über Transistortandemstufen angesteuert, diese direkt wieder von den Parallelausgängen des U 700 D. So wird z. B. b1 mit dem Blanking-Eingang des IS3 verbunden, während der Ausgang a12 des U 700 D über die Transistorstufen die Anode A1 der zugehörigen Anzeige ansteuert. Entsprechendes gilt für die weiteren Zähler und Anzeigen. Die Ausgänge a1 bis a7 von IS2 und IS3, die in der Schaltung wegen der besseren Übersichtlichkeit nur angedeutet wurden, müssen auf der Leiterplatte selbstverständlich mit den entsprechenden Ausgängen der Zählerschaltkreise IS4, IS5, IS6 und IS7 verbunden werden. Die in der Schaltung verwendeten UND-Glieder, bei denen die Eingänge verbunden sind, versteuern die Flanken der entsprechenden Impulse, wodurch ein sicheres Arbeiten der Zähler gewährleistet wird.



8. 4stellige Digitaluhr mit IB 6 (IW6)

Bild 14 zeigt eine 4stellige Digitaluhr mit Fluoreszenzanzeigeröhren IB 6. Der Quarzgenerator gibt eine Impulsfolgefrequenz von 200 kHz ab. Das RST-Flipflop U 103 D teilt diese Frequenz auf 100 kHz. Vom Ausgang a des U 103 D werden die Impulse zu cp1 und cp2 des U 111 D-002 weitergeleitet. 10-s-Impulse können dann am Ausgang a6 von IS2 abgenommen und dem U 700 D zugeführt werden. Nachdem alle 6 Kanäle den U 700 D durchlaufen sind, ist genau 1 min vergangen. Rücksetzen läßt sich die Teilerkette (U 111 D und U 700 D) über den Taster T1. Dabei kann das Differenzglied auch entfallen, da durch den U 111 D keine Multiplexschaltung versorgt werden muß. Die Zählerschaltungen für Minuten und Stunden sind ähnlich wie in der Schaltung nach Bild 13 ausgeführt. Die Fluoreszenzanzeigen IB 6 können durch die Zählerschaltkreise U 121 D direkt angesteuert werden. Die Gitter der Fluoreszenzröhren werden dabei auf Massepotential gelegt, während die Katoden etwa -25 V benötigen. Zu beachten ist jedoch, daß die IB 6 eine Heizspannung von 1 V und einen Heizstrom von 50 mA benötigt. Mit wenigen Windungen um die Sekundärspule des Transformators läßt sich jedoch diese Forderung leicht erfüllen. Die Vornullunterdrückung wird über den Ausgang a6 von IS7 realisiert. Mit H-Potential am Gate sperrt der SMY 50, und das Gitter der Fluoreszenzröhre wird von Masse abgetrennt. Dadurch bleibt die Anzeige dunkel. Der Ausgang a5 des U 111 D liefert Sekundenimpulse, die zum Dezimalpunkt der Anzeigeröhre Stunden-einer geführt werden. Der blinkende Punkt zeigt dann die Sekundenimpulse an.

Anschließend sei noch erwähnt, daß bei Einsatz eines 100-kHz-Quarzes der U 103 D in der Teilerkette entfällt.

Literatur

- [1] : Halbleiteranfall-Bauelemente, grünes Heft, Firmenschrift VEB FWE
- [2] : Halbleiteranfall-Bauelemente, weißes Heft, Firmenschrift VEB FWE
- [3] Wolfram, J.: Digitaluhr mit MOS-Bauelementen, radio fernsehen elektronik 25 (1976) Heft 9, Seite 301 bis 302
- [4] Höhne/Koch/Meder: Eigenschaften und vorläufige technische Daten der Typengruppe 4-Bit-Binärzähler in MOS-Hochvolttechnik, Teil 1, radio fernsehen elektronik 23 (1974), Heft 22, Seite 721 bis 725; Teil 2, radio fernsehen elektronik 23 (1974) Heft 23, Seite 767 bis 768
- [5] Höhne/Koch/Meder: Applikationsbeispiele für die Typengruppe 4-Bit-Binärzähler in MOS-Hochvolttechnik, Teil 1, radio fernsehen elektronik 23 (1974), Heft 24, Seite 785 bis 789; Teil 2, radio fernsehen elektronik 24 (1975) Heft 1, Seite 25 bis 28
- [6] Wagner: 10⁷-Teiler U 111 D, radio fernsehen elektronik 25 (1976) Heft 8, Seite 248 bis 249

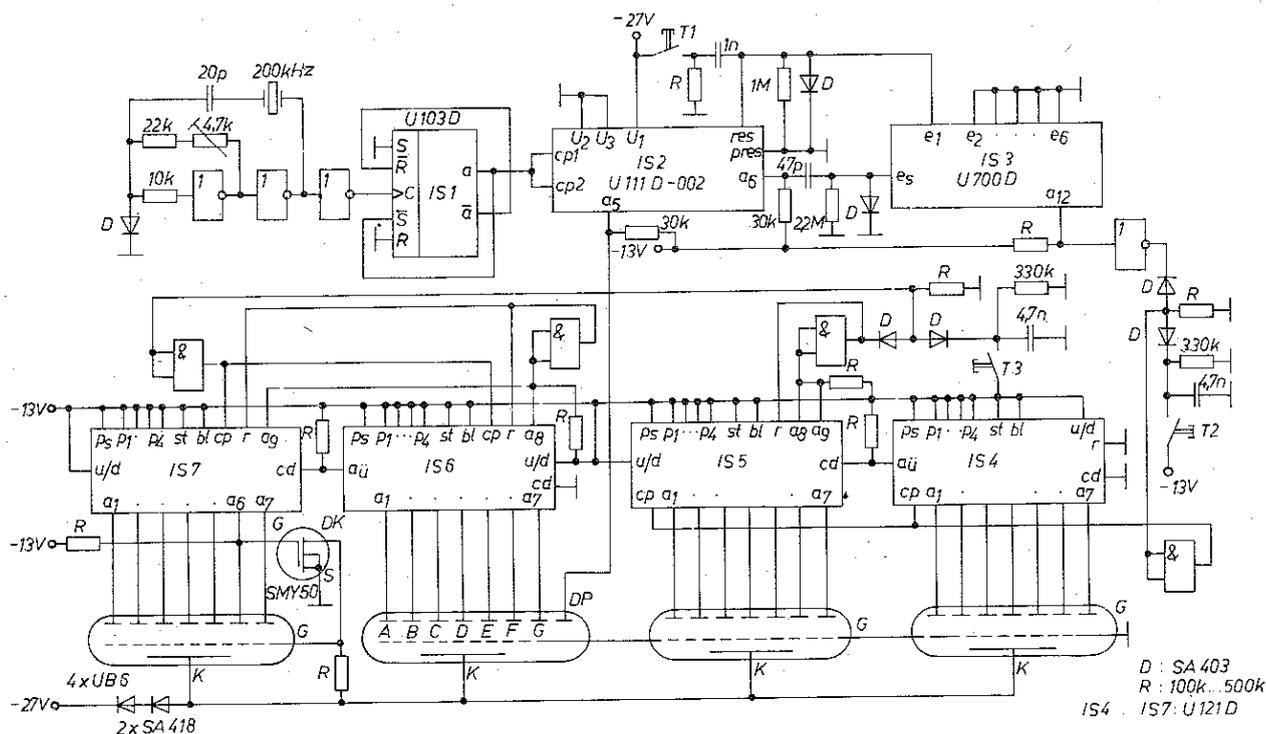


Bild 14 4stellige Digitaluhr mit Fluoreszenzanzeigeröhren