

Das UNISCOPE von ELV-HAMEG

10-MHz-UNIVERSAL-OSZILLOSKOP

Teil 2

In dem hier vorliegenden 2. Teil stellen wir Ihnen die technischen Einzelheiten, sowie die Schaltung mit ausführlicher Beschreibung vor.

Technische Einzelheiten

1. Vertikal-Ablenkung

Der Vertikal-Verstärker besteht aus symmetrisch aufgebauten Gegentaktstufen. In Verbindung mit selektierten FET's und monolithisch integrierten Eingangsstufen wird die Driftgefahr des Verstärkers stark reduziert. Eine Driftkompensation ist daher überflüssig.

Die Bandbreite des Vertikal-Verstärkers beträgt mindestens 10 MHz (-3 dB). Typisch sind jedoch Werte nahe 15 MHz. Ausgehend von 4 cm Bildhöhe für die niederen Frequenzen, bezieht sich der -3 dB-Wert auf 2,8 cm. Da dieser Wert hauptsächlich von der Aussteuerbarkeit der Y-Endstufe bestimmt wird, können bei kleineren Bildhöhen Signale mit noch wesentlich höherer Frequenz aufgezeichnet werden. Im 27-MHz-Bereich wird eine Bildhöhe von etwa 1,5 cm erreicht. Das

maximale Überspringen des gesamten Verstärkers liegt unter 1%. Die vornehmlich in der Endstufe auftretenden Laufzeitunterschiede werden mit mehreren RC-Gliedern auf konstante Gruppenlaufzeit kompensiert.

Eines der kritischsten Baueinheiten eines Oszilloskops ist der Eingangsteiler. Er dient der Anpassung der Signalamplitude an den Meßverstärker und muß in jeder Stellung exakt frequenzkompensiert sein. Andernfalls ist eine naturgetreue Übertragung z. B. von Rechtecksignalen unmöglich. Für den vorliegenden Fall ist das maximale Teilverhältnis 4000:1. Völlig passive Teiler können in diesem Fall nur 2stufig aufgebaut werden. Das bedeutet den Abgleich von etwa 10 C-Trimmern. Beim UNISCOPE wurden nur die dekadischen Teiler abgleichbar gemacht. Die Zwi-

schwerte werden elektronisch umgeschaltet. Außer dem Vorteil der geringeren Anzahl von Abgleichelementen ergibt sich bei dieser Art der Umschaltung auch eine kleinere Eingangskapazität.

2. Zeitablenkung

Triggerung und Zeitablenkung des UNISCOPE's arbeiten mit der von HAMEG entwickelten LP-Technik. Besonderes Qualitätsmerkmal ist die stabile Triggerung bis mindestens zur doppelten Grenzfrequenz des Meßverstärkers. Trotz der Verwirklichung kompromißloser Anforderungen ist die Schaltung durch Anwendung monolithisch integrierter Schaltkreise relativ einfach. Gegenüber der sonst üblichen Triggeraufbereitung wird das Synchronsignal einem Spannungs-Komparator mit TTL-Ausgang zugeführt. Der Spannungssprung wird dann als Triggerflanke für die nachfolgende Steuerlogik benutzt. Die hohe Empfindlichkeit des verwendeten Komparators erlaubt auch die Triggerung extrem kleiner Signale. Selbst bei einer Bildhöhe von nur 2 mm können diese noch einwandfrei stehend aufgezeichnet werden. In Stellung „Automatische Triggerung“ ist die Darstellung einfacher Signale auch ohne Bedienung des „LEVEL“-Reglers möglich. In diesem Fall wird der Ablenkgenerator ständig ausgelöst, so daß auch ohne Signal am Eingang des Meßverstärkers auf dem Bildschirm immer eine Zeitlinie geschrieben wird. Die Auslösung des Ablenkgenerators kann positiv oder negativ erfolgen. Für die Triggerung von Videosignalen mit Bildfrequenz ist ein Filter zuschaltbar, welcher die höherfrequenten Zeilenimpulse unterdrückt. Bei externer Triggerung ist ein Signal von etwa $0,5 V_{SS}$ erforderlich.

Die Zeitablenkung ist in 18 Bereiche aufgeteilt. Bei maximaler Auflösung sind Signale mit einer Frequenz von 10 MHz noch auswertbar. Unter Berücksichtigung der Triggermöglichkeiten liegt die untere Grenze bei etwa 2-3 Hz. Die horizontale Ablenkung kann, wie z. B. bei XY-Betrieb, auch extern erfolgen.

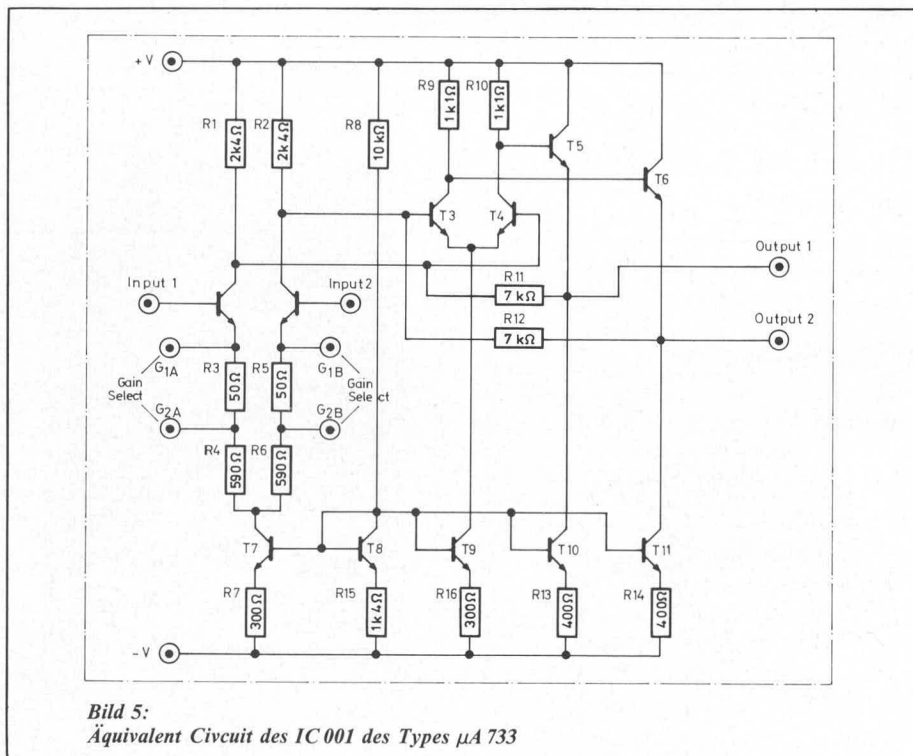


Bild 5:
Äquivalent Circuit des IC 001 des Types $\mu A 733$

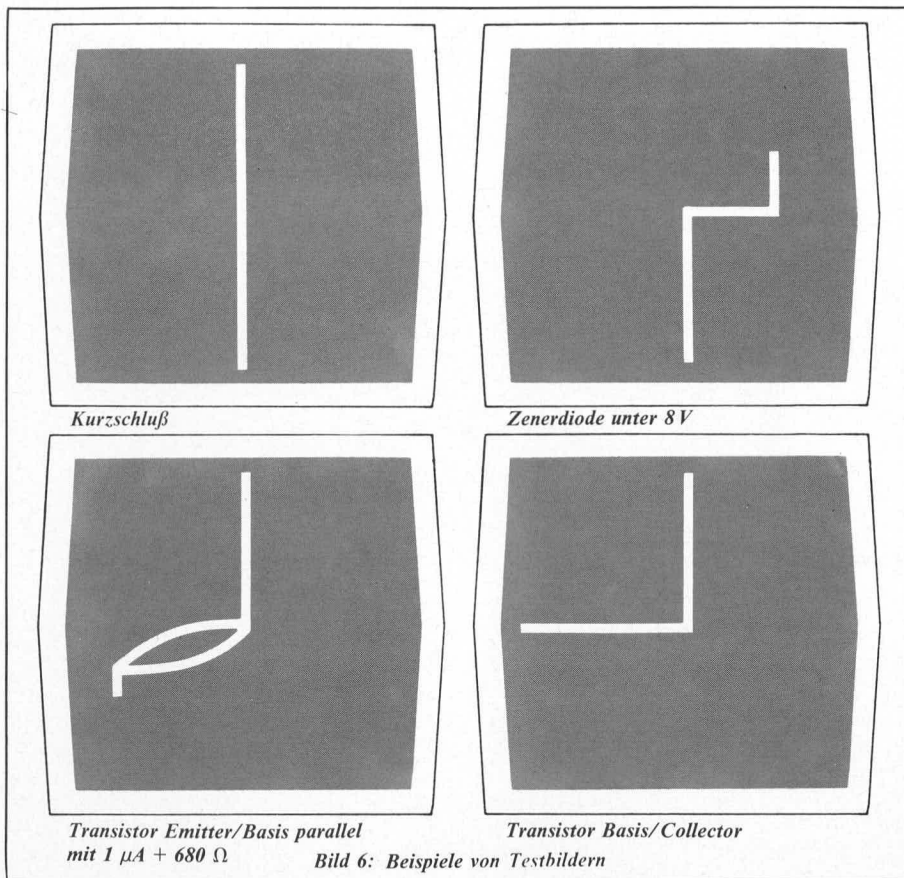


Bild 6: Beispiele von Testbildern

3. CRT-Kreis und Netzteil

Als Strahlröhre findet die C 312 P1 Verwendung. Der Schirmdurchmesser beträgt etwa 75 mm wovon ca. 70 mm, ausnutzbar sind. Die Gesamtbeschleunigung ist 1,8 KV. Diese im Verhältnis zum Schirmdurchmesser relativ hohe Spannung bewirkt ein helles und scharfes Bild. Der Schirmphosphor entspricht dem P31-Standard. Die gesamte Röhre ist durch eine Mumetall-Abschirmung geschützt, so daß auch von außen einwirkende Störfelder den Strahl normalerweise nicht beeinflussen können. Vor dem Bildschirm befindet sich eine in cm aufgeteilte Rasterscheibe.

Alle wichtigen Versorgungs-Spannungen sind elektronisch stabilisiert. Deshalb haben auch größere Netzspannungsschwankungen auf die dargestellten Bilder kaum einen Einfluß. Für die Stabilisierung der Niederspannungen werden nur kurzschlußfeste Festspannungs-Regler verwendet.

Der Netzkreis ist vollkommen berührungssicher aufgebaut. Zu beachten ist jedoch, daß die im Gerät erzeugte Hochspannung lebensgefährlich ist. Das UNISCOPE entspricht den VDE-Bestimmungen 0411 Schutzklasse I. Netzspannungs-Umschaltung und Netzsicherung sind ohne Ausbau des Gerätes von außen zugänglich.

4. Komponententester

Die Umschaltung von Oszilloskop-Betrieb auf Komponenten-Prüfung erfolgt mittels „GD“-Taste. Das Testergebnis wird auf dem Bildschirm angezeigt. Bildhöhe und Bildbreite sind fest eingestellt. Die Testspannung beträgt ca. 5 V. Normale Halbleiter können deshalb mit dem Komponenten-Tester nicht zerstört werden. Neben einzelnen Bauteilen können auch solche direkt in der Schaltung geprüft wer-

den. Besonders bei der Fehlersuche in komplex aufgebauten Schaltkreisen ist es durch Vergleich möglich, Fehler zu lokalisieren. Kurzgeschlossene Prüfbjekte werden durch einen senkrecht stehenden Strich angezeigt. Bei Unterbrechung oder ohne Prüfbjekt zeigt sich immer eine waagerechte Linie. Schräg stehende Striche deuten auf Widerstände im Meßkreis hin. Bei überwiegend kapazitiven Einflüssen zeigen sich ellipsenförmige Bilder. Der Einfluß von Halbleitern wird durch Knicke in der Linienführung angezeigt. Eine Veränderung der Oszilloskop-Einstellungen ist bei Testbetrieb nicht erforderlich. Daher kann sofort nach dem Auslösen der „GD“-Taste der Oszilloskop-Betrieb fortgesetzt werden. Für alle Prüfungen muß das Testobjekt stromlos und erdfrei sein.

Schaltungsbeschreibung

Das UNISCOPE besteht aus 4 Baugruppen:

- Vertikal-Verstärker (Bild 1)
- Zeitablenkung (Bild 2)
- Bildröhrenkreis (Bild 3)
- Stromversorgung (Bild 4)

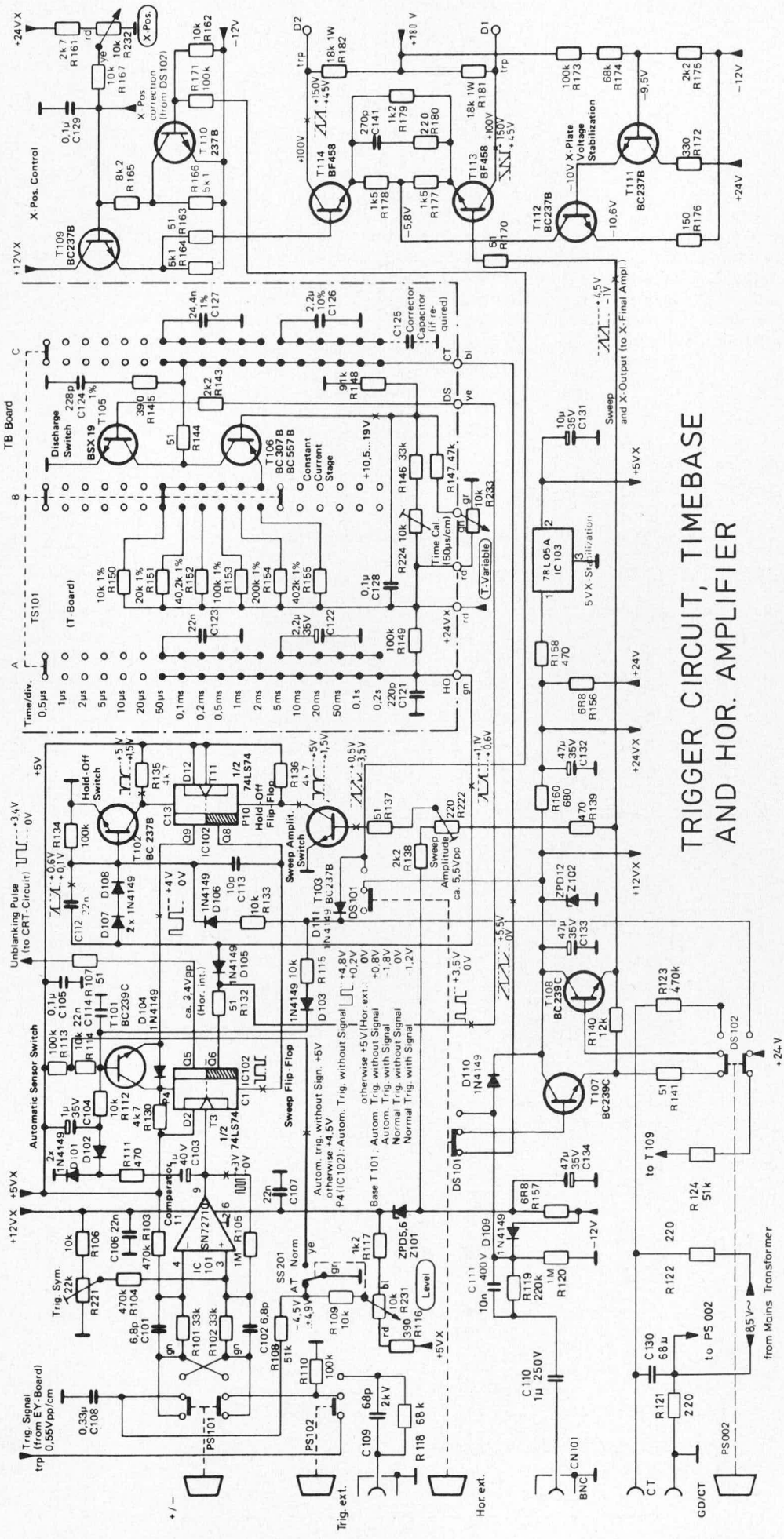
Für jede Gruppe existiert ein separates Schaltbild mit allen Einzelheiten. Das Zusammenwirken und die Verbindungen untereinander sind aus dem Blockschaltbild ersichtlich. Um auch den Lesern außerhalb der Bundesrepublik die Verständlichkeit der Schaltbilder zu erleichtern, sind alle Bezeichnungen und Hinweise in englischer Sprache ausgedrückt.

a) Vertikal-Verstärker (Bild 1)

Für die Anpassung des aufzuzeichnenden Signals an den Eingang des Vertikalverstärkers besitzt das UNISCOPE einen 12stelligen Eingangsteiler. Seine Eingangsimpedanz wird von den frequenzkompensierten dekadischen Teilern bestimmt. Sie

ist in allen Stellungen gleich. Die 1-2-5--Zwischenwerte werden elektronisch umgeschaltet. Nach der Unterteilung gelangt das Signal an den Verstärker, dessen FET-Eingang (T 001) mit der Diode FD 300 (D 001) gegen Überspannungen geschützt wird. Zwecks geringster Driftschwankungen ist der gesamte Verstärker in Gegentakt aufgebaut. Aus dem gleichen Grund sind die beiden FET (T 001 + T 002) selektiert und die folgende Stufe als monolithisch integrierter Baustein ausgeführt. Im gleichen IC, dem μA 733 (IC 001), erfolgt auch die Abschwächung für die 1-2-5-Zwischenwerte des Eingangsteilers, sowie die Gewinnung der 2. Phase für den Gegentakt-Betrieb. Wie aus Bild 5 ersichtlich, beinhaltet das μA 733 einen relativ hohen Stabilisierungsaufwand. Im Emittierkreis der Eingangsstufe befindet sich eine Konstantstromstufe, welche eine relativ hochohmige Entnahme und damit eine symmetrische Erzeugung der Gegentaktphase erlaubt.

In der nächsten Stufe T 003/T 004 (2 x BF 199) werden die Grundverstärkung und die vertikale Strahlage eingestellt. Das Ausgangspotential derselben ist sehr konstant. Der Grund hierfür ist die im Emittierkreis liegende Konstantstromstufe, welche unter anderem auch die Toleranz des Ausgangspotentials vom μA 733 ausgleicht. Die folgende Stufe T 006/T 006 (ebenfalls mit BF 199 bestückt) ist als Emittierfolger geschaltet. Dieser verhindert größere Rückwirkungen durch den relativ hohen Basisstrom der Endstufe. Wegen seiner hohen Eingangsimpedanz wird auch die davor liegende Stufe nur geringfügig belastet. Vom Emittier des unteren BF 199 (T 006) wird noch das Signal für die Triggierung über R 033 und C 031 entnommen. Die Vertikalendstufe (T 123 + T 124) ist mit der kritischste Teil des Vertikal-Verstärkers. Sie muß mit relativ hoher Leistung bei voller Bandbreite die Bildröhre ausschreiben können. Hierfür ist eine Gleichstromleistung von mehr als 5 Watt erforderlich. Um die für eine Stabilisierung erforderliche Leistung zu sparen, wurden die Kollektorspannungsschwankungen der beiden Endstufentransistoren nur kompensiert. Im Falle des Ansteigens der Betriebsspannung (135 V) erhöhen sich die Basisspannungen an den Transistoren T 121 und T 122 (beide BC 237 B), wobei letzterer stärker durchschaltet und damit den Kollektorstrom der Endstufentransistoren erhöht, was ein Absinken der Kollektorspannungen zur Folge hat. Für die naturgetreue Übertragung von Rechteck- und Impuls-Signalen muß die Gruppenlaufzeit des gesamten Verstärkers bis zur Grenzfrequenz annähernd konstant sein. Daher befinden sich im Emittierkreis der Endstufe mehrere Korrekturglieder, mit denen die in den Transistoren auftretenden Laufzeitunterschiede kompensiert werden. Das Korrekturglied für den obersten Frequenzbereich ist variabel ausgelegt. Für die Anhebung im oberen Frequenzbereich sind außerdem mit den Außenwiderständen (R 197 + R 198) der Endstufe 2 Drosseln (L 101 + L 102) in Reihe geschaltet. Ihre Wirkung ist jedoch nur gering, so daß der Abfall im oberen Frequenzbereich noch relativ flach verläuft.



TRIGGER CIRCUIT, TIMEBASE AND HOR. AMPLIFIER

Bild 2: Trigger-Schaltung, Zeitbasis und Horizontal-Verstärker (X-Verstärker)

b) Zeitablenkung (Bild 2)

In dieser Baugruppe sind mehrere Funktionseinheiten zusammengefaßt. Sie beinhaltet den Triggerteil, den Ablenkgenerator und den Horizontalverstärker. Für die Triggerrung bzw. Auslösung des Ablenkgenerators ist ein Spannungssprung mit TTL-Pegel (ca. 3-4 V) erforderlich. Für diesen Zweck wird ein hochempfindlicher Spannungskomparator (IC 101) verwendet, der den Spannungssprung bereits bei einer Triggersignalspannung von weniger als 100 mV auslöst. Wird das Triggersignal intern, also dem Vertikalverstärker entnommen, steht diese Signalgröße bereits bei weniger als 3 mm Bildhöhe zur Verfügung. Am Eingang des Komparators befindet sich eine Umschalttaste (PS 101), mit welcher die Triggerpolarität bestimmt werden kann. Der an einer Seite des Komparators liegende Level-Regler (R 231) wird dabei mit umgeschaltet (SS 201). Der den Generator auslösende Spannungssprung wird auch für die gesamte Steuerlogik benutzt. Bei automatischer Triggerrung steuert er auch den Automatik-Sensor, der bei ständiger Folge der Spannungssprünge abgeschaltet wird. Kernstück der Logikschaltung ist das flankengetriggerte duale Daten-Flip-Flop 74 LS 74 (IC 102). Beide Flip-Flops sind miteinander logisch verknüpft, wodurch sich ein streng festgelegter Ablauf der Sägezahnzeugung ergibt.

Für die Zeitablenkung wird ein absolut linear ansteigender Sägezahn benötigt. Die

entsprechende Linearität erreicht man mit Hilfe einer Konstantstromstufe, die aus einem PNP-Transistor (T 106 = BC 557 B) mit umschaltbarem Emitterwiderstand besteht. Der Kollektor liegt an dem jeweils eingeschalteten Ladekondensator, der von dem konstanten Strom geladen wird. Nach Erreichen einer bestimmten Spannungshöhe schließt ein zweiter Transistor (T 105 = BSX 19) den Ladekondensator kurz. Der Entladezustand wird so lange aufrechterhalten, bis die Zeitbasislogik die nächste Aufladung freigibt. Damit der Ladekreis nicht belastet wird, erfolgt die Entnahme der beim Aufladevorgang entstehenden Sägezahnspannung über eine Darlington-Schaltung.

Die Sägezahnspannung wird dann dem Horizontalverstärker zugeführt, welcher die horizontalen Ablenkplatten der Bildröhre steuert. Im Emitterkreis des Verstärkers befindet sich eine Konstantstromstufe, die außer der Konstanthaltung der Kollektorströme auch die Erzeugung der Gegentakt-Phase begünstigt.

Beispiel eines Ablaufes der Zeitablenkung

1. Flip-Flop I erhält vom Komparator (IC 101) einen Triggerimpuls. Ausgang Q5 wird high und tastet die Strahlröhre hell. Ausgang Q6 wird negativ und sperrt den Emittertransistor T 105 des Typs BSX 19. Die Aufladung des gerade eingeschalteten Zeitkondensators beginnt. Dabei ist der Clock-Eingang T 3

von Flip-Flop I gesperrt. Während der Aufladung eintreffende Triggerimpulse können nichts bewirken.

2. Die Basis von T 103 erhält die von der Darlington-Schaltung verstärkte positive Sägezahnspannung zusammen mit einer negativen Gleichspannung. Beim Erreichen einer bestimmten (mit R 222 einstellbaren) Sägezahn-Amplitude schaltet T 103 durch, P 10 von Flip-Flop II wird low. Dementsprechend schaltet Flip-Flop I ebenfalls um. Ausgang Q5 wird low, die Strahlröhre also dunkel. Ausgang Q6 wird high, Transistor T 105 schaltet durch und entlädt sehr schnell den Zeitkondensator. Der Clock-Eingang T 3 bleibt aber für Triggerimpulse noch gesperrt.
3. Die Holdoff-Zeit (HO-Zeit, Sperrzeit der Triggerrung) beginnt zu laufen. Sie wird bestimmt von den HO-Kondensatoren und einem definierten TTL-Impuls. Der Clock-Eingang T 3 ist immer noch gesperrt.
4. Die Holdoff-Zeit ist abgelaufen. Am Flip-Flop I wird der Clock-Eingang T 3 jetzt freigegeben. Der erste, vom Komparator kommende Triggerimpuls startet den nächsten Sägezahn.

Mit Hilfe der Automatik-Sensor-Schaltung (T 101 und die Verdopplerschaltung am Komparatorausgang 9) kann die Zeitablenkung auch ohne Trigger-

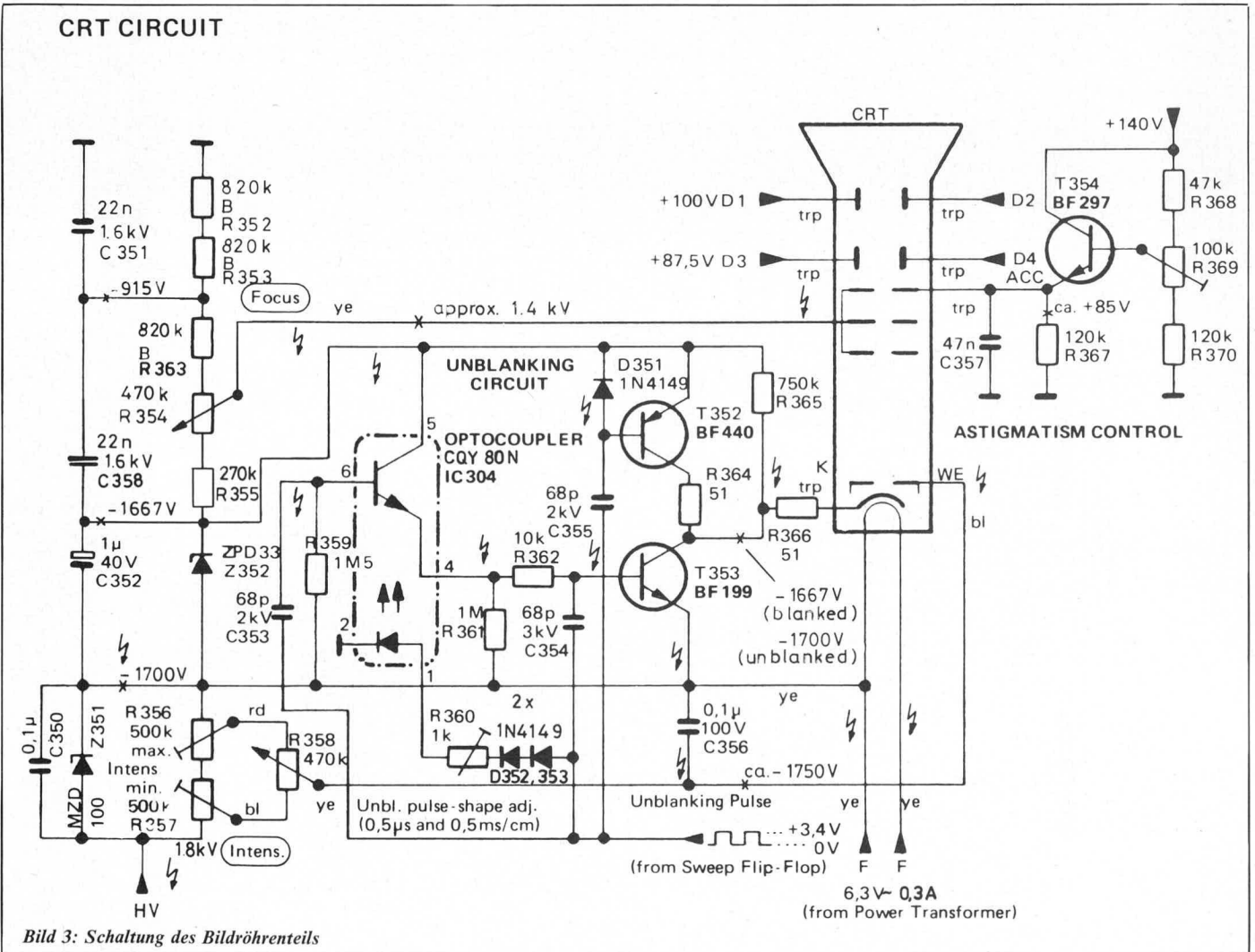


Bild 3: Schaltung des Bildröhrenteils

SQUARE-WAVE GENERATOR (approx. 1kHz)

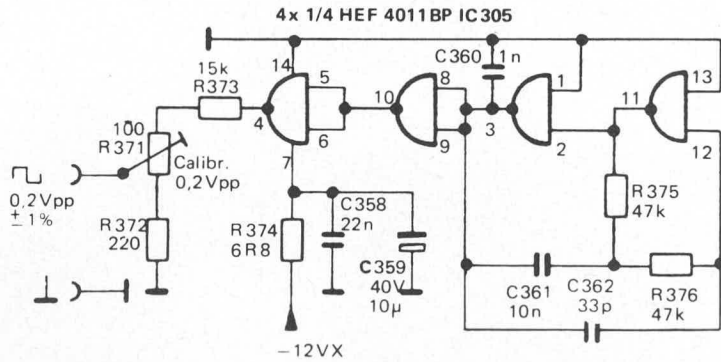


Bild 7: Schaltbild des Rechteck-Test-Oszillators

signal periodisch freilaufend arbeiten. Beim Eintreffen eines Triggerimpulses schaltet sie jedoch sofort wieder auf getriggerte Sägezahnzeugung um. Die Zeitlinie ist also immer auf dem Bildschirm sichtbar.

Bei Normaltriggerung (mit Level-Einstellung) wird die Sensor-Schaltung mit dem am Level-Regler angebrachten Schalter unwirksam gemacht. Jetzt bleibt der Bildschirm ohne eintreffendes Triggersignal dunkel. Ist ein Triggerimpuls vorhanden, wird sofort von Flip-Flop I ein Sägezahn gestartet.

c) Bildröhrenkreis (Bild 3)

Außer den Ablenkplatten, die von den Ablenkverstärkern gespeist werden, besitzt die Bildröhre noch weitere Elektroden, die von Signalen gesteuert oder mit Spannungen versorgt werden müssen. Von besonderer Bedeutung ist die auf Hochspannungspotential liegende Helltastung. Sie sorgt dafür, daß die Bildröhre während des Strahlhinlaufs hellgesteuert wird. Hierfür ist ein exaktes Rechtecksignal mit etwa 30 V Amplitude erforderlich. Erzeugt wird das steuernde Signal von der Zeitbasis-Logik. Dann wird es über einen Optokoppler (IC 304) dem Helltastkreis zugeführt, in

welchem es entsprechend verstärkt die Kathode der Bildröhre steuert. Der Optokoppler ist notwendig zur Überwindung des Potentialunterschiedes von etwa 1,8 kV zwischen Zeitbasis und Helltastkreis. Da sich jedoch Optokoppler nur für die Übertragung relativ langsamer Vorgänge eignen, mußten die schnelleren über hochspannungsfeste Kondensatoren (C 353 + C 354) angekoppelt werden. Mit dieser Methode wurde eine sehr schnelle Helltastung erreicht. Dies erkennt man besonders an der Strahllänge im schnellsten Ablenkbereich. Bei zu langsamer Helltastung würde die Zeitlinie verkürzt dargestellt.

Für die Focussierung des Elektronenstrahls ist es wichtig, daß waagerechte und senkrechte Strahlschärfe auf einen Punkt zusammenfallen. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, daß die Astigmatismuskorrekturspannung mit dem Trimmer R 369 (100 kΩ) richtig eingestellt ist.

Die Helligkeitseinstellung erfolgt mit dem Intens-Regler R 358. Zum Ausgleich der Röhren- und Schaltungstoleranzen existieren 2 R-Trimmer. Mit R 356 kann die maximale, mit R 357 die minimale Helligkeit voreingestellt werden. Eine 100-V-Zenerdiode (Z 352) stabilisiert die vom Intens-Regler abgegebene Spannung, die den Wehneltzylinder steuert. Mit einer weiteren 33-V-Zenerdiode wird die Betriebsspannung des Helltastkreises stabilisiert.

d) Netzteil (Bild 4)

Die für den Bereich des UNISCOPE erforderlichen Betriebsspannungen werden im Netzteil erzeugt. Wichtig ist, daß auch bei Netzschwankungen bis $\pm 10\%$ der einwandfreie Betrieb aller Funktionsgruppen erhalten bleibt. Die Niederspannungen $-12V$ und $+24V$ sind mit Festspannungsreglern (IC 302 + IC 301) stabilisiert. Daher sind Einwirkungen auf die Zeitbasis und die Vorstufen des Y-Verstärkers praktisch unmöglich. Die Hochspannung von 1,8 kV wird mit zwei in Serie geschalteten Transistoren des Typs BF 459 geregelt. Auch bei Lastschwankungen (Helligkeitsänderung der Strahlröhre) bleibt die Hochspannung bei Netzschwankungen von $\pm 10\%$ stabil. Die Hochspannung selbst ist mit dem Trimmer R 566 einstellbar. Eine Einschaltverzögerung mit C 536 verhindert die Überlastung der Serien-Transistoren BF 459.

Die für die Ablenkstufen benötigten Spannungen $+140V$ und $+180V$ sind unstabilisiert. Erfahrungsgemäß haben sie aber selbst bei Netzschwankungen keinen Einfluß auf die Funktionstüchtigkeit, zumal der Einfluß auf die Vertikalendstufe auf andere Weise kompensiert wird.

Die Spannungs-Umschaltung des Netztransformators erfolgt mit dem in 4 Stellungen umsteckbaren Sicherungshalter an der Kaltgerätesteckerbuchse an der Rückwand des Oszilloskops. Die Netzschur ist 3-polig. Gehäuse und Chassis liegen am Netzschutzleiter.

In der kommenden Ausgabe ELV Nr. 19 stellen wir Ihnen dann die Bauanleitung mit dem Platinenlayout und der Stückliste vor, damit dem Nachbau nichts mehr im Wege steht.

POWER SUPPLY

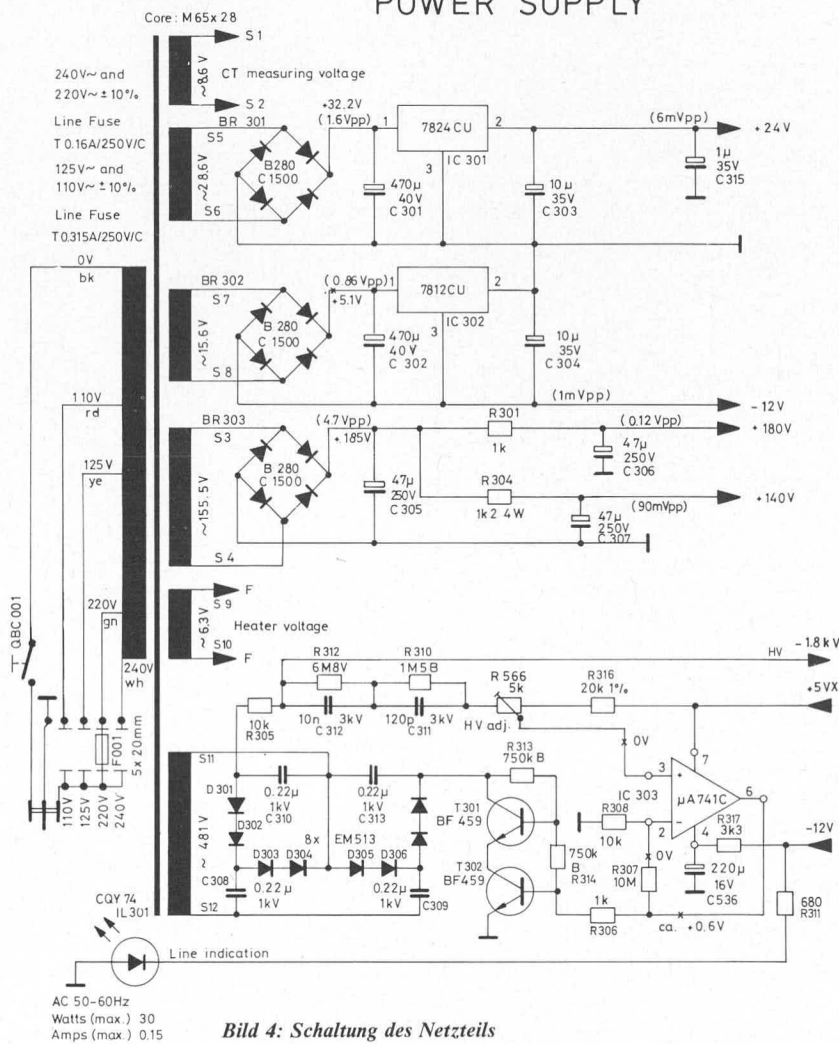


Bild 4: Schaltung des Netzteils