



technische mitteilungen

DEKADENZÄHLRÖHREN

ELESTA AG BAD RAGAZ ELEKTRONISCHE STEUERAPPARATE TEL. 085 9 11 55 / 54

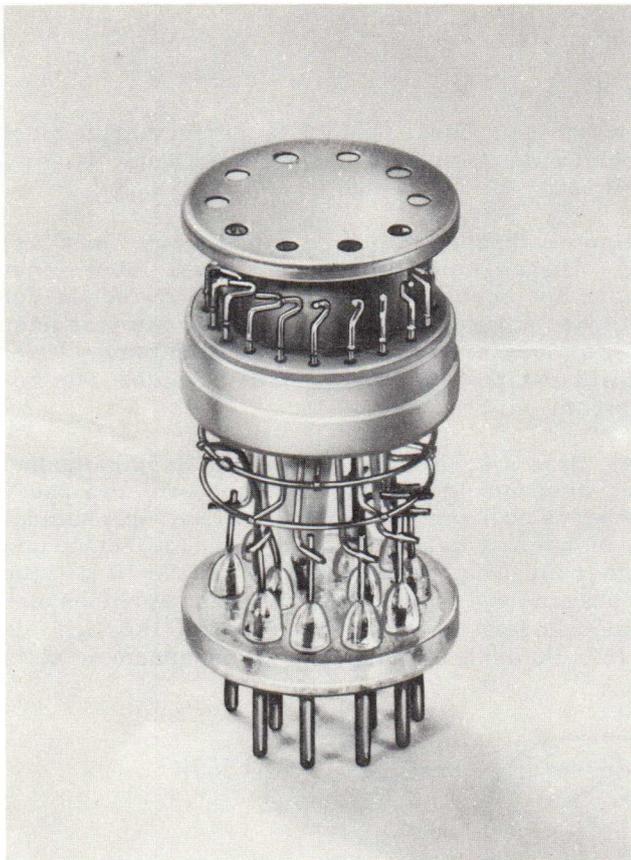


Fig. 1: Elektrodensystem der Zählröhre EZ 10

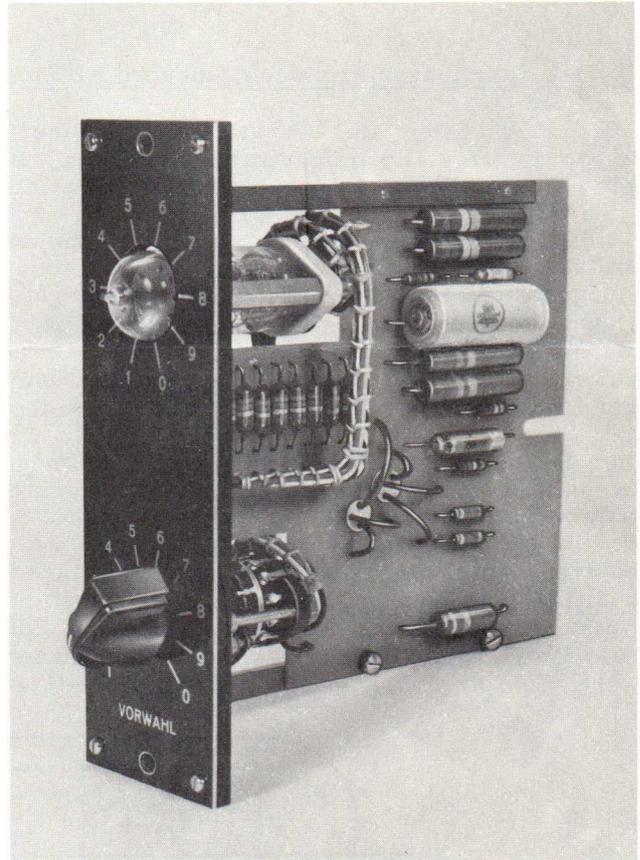


Fig. 2: Zählstufe mit Transistorvorverstärker

INHALT

1. Allgemeines
2. Das Funktionsprinzip der Zählröhre EZ 10
3. Allgemeine Betriebshinweise
4. Dekadenzähler mit Elektronenröhren als Vor- und Zwischenstufen
5. Zählaltungen mit Transistoren
6. Die Zählröhre EZ 10B
7. Fertige Zählstufen und komplette elektronische Zählgeräte
8. Schlussfolgerungen

Handelscompagnie N.V.

1. Allgemeines

Bei den Dekadenzählröhren der Serie EZ 10 handelt es sich um eine völlige Neuentwicklung, deren erste Prototypen im Jahr 1957 verfügbar wurden. Ein neuartiges Zählprinzip ermöglicht Zählfrequenzen, welche jene der früher üblichen gasgefüllten Zählröhren um ein vielfaches übersteigen. So liegt die obere Grenze der Zählfrequenz für das Normalmodell EZ 10 bei mehr als 200 kHz und die zur Zeit als Labormuster verfügbare EZ 10 B erreicht sogar ein MHz. Der Zählmechanismus ermöglicht den Bau von Dekadenstufen mit ausserordentlich geringem Schaltaufwand und die Röhren stellen sehr bescheidene Anforderungen an Höhe und Dauer der zu zählenden Impulse sowie an die Konstanz der Betriebsspannungen. Die 10 kalten Hauptkathoden sind separat herausgeführt, wodurch Vorwahl, elektrische Ablesung und Koinzidenzablesung erleichtert werden. Bemerkenswert sind auch die kleinen Aussenabmessungen, welche jenen normaler Novalröhren entsprechen.

Bei der Ueberwindung der bei den ersten Produktionsserien aufgetretenen Schwierigkeiten spielten nicht nur konstruktive Massnahmen an Röhre und Fassungen, sondern auch teils scheinbar geringfügige schaltungstechnische Verbesserungen eine wesentliche Rolle. Trotz der noch keineswegs abgeschlossenen Entwicklung scheint es daher gerechtfertigt, eine Nummer dieser Mitteilungen dieser Röhrentype zu widmen. Die Mitteilung beschränkt sich auf eine Beschreibung des Funktionsprinzips und der zum Zählen nötigen Grundschaltungen und geht nicht auf die in zahlreichen Varianten möglichen Ables-, Vorwahl- und Koinzidenzschaltungen ein.

Die nachstehend beschriebenen Schaltungen wurden mindestens in mehreren Exemplaren und während einigen tausend Stunden erprobt. Bei richtigem Aufbau gewährleisten sie einfache und zuverlässige Zählgeräte.

2. Das Funktionsprinzip der Zählröhre EZ 10

Die EZ 10 besteht im wesentlichen aus einer zylinderförmigen Anode und 20 fächerförmig um diese angeordneten gleichartigen kalten Kathoden. Figur 1 zeigt eine Aufnahme des Innenaufbaus, Figur 3 ein Prinzipschema, in dem die Röhre linear abgewickelt ist.

10 der 20 Kathoden dienen als von 0 - 9 numerierte Hauptkathoden. Sie sind einzeln aus dem Glaskolben herausgeführt und werden - soweit sie elektrische Ausgangssignale abgeben sollen - über einen Ausgangswiderstand von 6,8 k Ω mit dem negativen Pol der Speisespannung verbunden. Zwischen den Hauptkathoden sind die 10 parallel verbundenen Hilfskathoden angeordnet, die über einen gemeinsamen Widerstand von 20 - 50 k Ω ebenfalls mit dem negativen Pol der Speisespannung verbunden sind. Der positive Pol der Speisespannung liegt über dem Anodenwiderstand von 220 k Ω an der Anode. Die negativen Eingangsimpulse werden den Hilfskathoden zugeführt.

Zur Erklärung der Funktion sei zunächst angenommen, dass die Entladung stabil auf Hauptkathode 1 brennt. Zwischen dieser und der Anode herrscht die Brennspannung der Gasentladung von etwa 280 V während die übrigen 280 V im wesentlichen als Spannungsabfall am Anodenwiderstand erscheinen. Die beiden benachbarten Hilfskathoden befinden sich im unmittelbaren Bereich der Entladung und nehmen infolge Sondenwirkung einen kleinen Strom auf, der am Eingangswiderstand von 20 - 50 k Ω eine positive Vorspannung von 15 - 25 V erzeugt. Diese Vorspannung verhindert ein Ueberspringen der Entladung auf die Hilfskathoden. Auch die Zündung einer andern Hauptkathode ist nicht möglich, da dazu eine höhere Spannung als die zwischen Anode und Hauptkathoden verfügbare Brennspannung nötig wäre. Die Entladung brennt somit stabil auf Kathode 1.

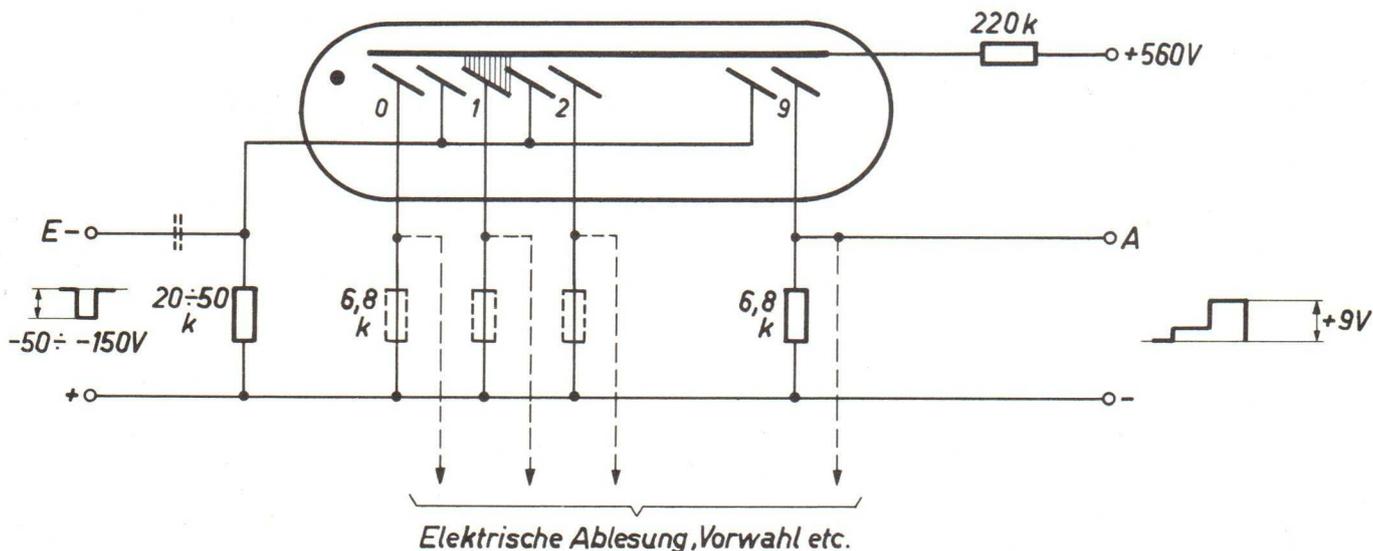


Fig. 3: Prinzipschaltung

Ein negativer Eingangsimpuls, der grösser ist als die positive Vorspannung der Hilfselektroden, bewirkt, dass zwischen diesen und der Anode eine höhere Spannung als die Brennspannung von 280 V entsteht. Somit zündet eine Entladung zwischen einer der Hilfskathoden und der Anode. Die Zündung tritt sicher an einer von den zwei Hilfskathoden auf, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft der auf Kathode 1 bestehenden Entladung befinden. Aus Figur 2 ist zu ersehen, dass die rechts von 1 liegende Hilfskathode bevorzugt ist, da infolge der Schrägstellung ihr eines Ende direkt in die bestehende Entladung hinein ragt. Bei Anlegen des Impulses zündet daher die rechts von Kathode 1 liegende Hilfskathode und der Spannungsabfall am Anodenwiderstand erhöht sich so weit, dass nun zwischen den Hilfskathoden und der Anode keine höhere als die Brennspannung liegt. Die Spannung zwischen den Hauptkathoden und der Anode wird nun zwangsläufig kleiner als die Brennspannung und die Entladung auf Kathode 1 erlischt. Anlegen eines Impulses bewirkt also Uebergang der Entladung von Kathode 1 auf die rechts davon liegende Hilfskathode.

Bei Wegnehmen des Impulses entsteht am Eingangswiderstand der Hilfskathoden wieder eine positive Spannung, die die Entladung neuerdings auf eine Hauptkathode treibt. Aus den gleichen Gründen wie oben beschrieben, bewirkt die Schrägstellung der Kathoden neuerdings einen Transfer nach rechts, d.h. auf die Hauptkathode Nummer 2. Anlegen und Wegnehmen eines Zählimpulses verursacht so einen Schritt in Vorwärtsrichtung. Wenn die Entladung von Kathode 9 auf Kathode 0 übergeht, wird der Zwischenverstärker für die folgende Dekade betätigt.

Die hohe Zählgeschwindigkeit wird einerseits durch die für den Entladungstransfer günstige Geometrie und andererseits durch die Wahl geeigneter Materialien und Füllgase erreicht, in denen die Erzeugung der Nachlieferungselektronen ohne Zeitverlust auf photoelektrischem Weg erfolgt.

3. Allgemeine Betriebshinweise

Im Prinzip hängt die Funktion der EZ 10 nicht von einer bestimmten Form der Eingangsimpulse ab. Zweckdienlich wird jedoch ein sehr langsamer Anstieg und Abfall der Impulsspannung vermieden, da bei stark verschliffenen Impulsen und niedrigen Zählfrequenzen die Gefahr des Ueberspringens einzelner Kathoden besteht. Man betreibt die Röhre somit am besten mit einigermaßen rechteckförmigen Impulsen. Die Impulsspannung ist ebenfalls unkritisch. Bis zu Zählfrequenzen von etwa 50 kHz kann sie 40 - 150 V betragen. Am besten sind Impulsspannungen von 50 - 80 V, da dann Schwankungen der Speisespannungen am wenigsten stören. Bei Frequenzen über 50 kHz ist die Impulsspannung auf etwa 120 V zu steigern. Die Vorderflanke des Impulses soll nicht steiler als 10^{-8} s/V sein.

Meist ist es ausserdem von Vorteil, den Steuerimpuls zu differenzieren, so dass an seinem Ende eine positive Spitze von etwa 20 V auftritt (Fig. 4). Das geschieht durch geeignete Wahl der Zeitkonstante des Ankopplungsgliedes. Diese Massnahme verbessert einerseits die Funktion bei höheren Zählfrequenzen und sie ermöglicht es andererseits, den Widerstand zwischen Hilfskathoden und dem Minuspol der Spannungsquelle unter 50 k Ω zu verkleinern, ohne dass die Gefahr des Stehenbleibens der Entladung auf einer Hilfskathode besteht. Kleine Hilfskathodenwiderstände von 20 - 30 k Ω verbessern die Lebensdauer der Röhre besonders bei überwiegender Belastung einzelner Kathoden.

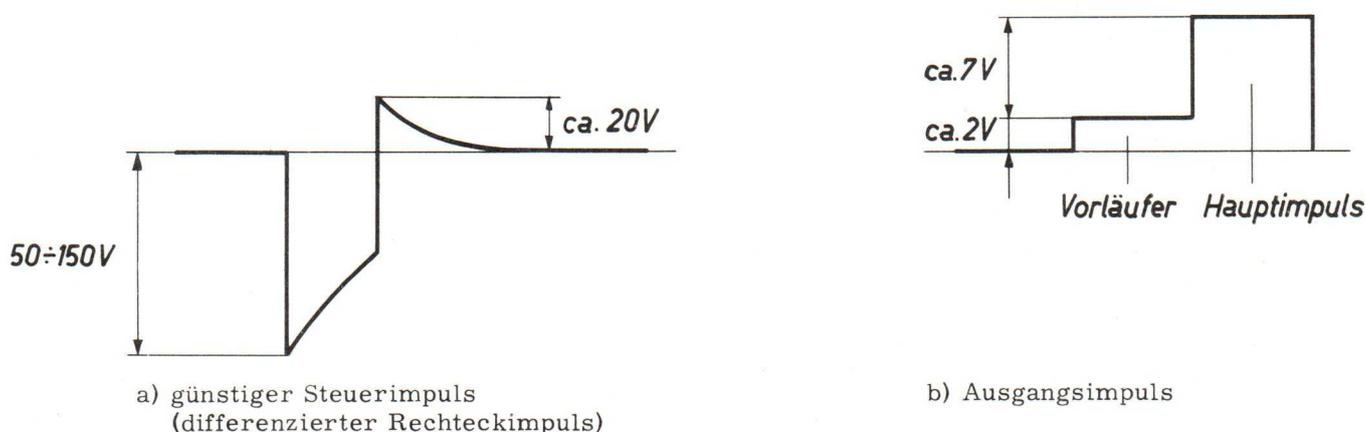


Fig. 4: Steuer- und Ausgangsimpulse

Die Ablesewiderstände in den einzelnen Zuleitungen der Hauptkathoden dürfen wohl kleiner, nicht aber grösser als 6, 8 k Ω sein. Wo weder elektrische Ablesung noch Fortschaltimpulse nötig sind, können sie weggelassen werden.

Die Spannung der Ausgangsimpulse beträgt ca. 7 V (Fig. 4). Es ist zu beachten, dass vor dem eigentlichen Impuls ein niedriger Vorläufer von ca. 2 V erscheint. Dieser Vorläufer hat die Dauer des Hilfskathodenimpulses und er entsteht durch die in Abschnitt 2 besprochene Vorionisation der Hauptkathode durch die Entladung auf der benachbarten Hilfskathode.

Um eine störende Einwirkung des Vorläufers auf die angeschlossene nächste Dekade zu verhindern, können zwei verschiedene Verfahren angewendet werden. Am einfachsten wird der Kathodenimpuls differenziert und der aus der Hinterflanke entstehende negative Impuls zur Steuerung der folgenden Dekade verwendet. In diesem Fall muss der Schaltimpuls jeweils von Kathode 9 der vorstehenden Dekade abgenommen werden. Diese Möglichkeit wird in den nachstehend beschriebenen Schaltungen mit Elektronenröhren verwendet.

Es ist aber auch möglich, den Vorläufer durch ein Diodentor abzuschneiden, das erst Spannungen über 2 V durchlässt. Der positive Fortschaltimpuls für die folgende Dekade wird in diesem Fall an Kathode 0 abgenommen. Dieses zweite Verfahren wird bei den in Abschnitt 5 beschriebenen Schaltungen mit Transistorverstärkern verwendet.

Nullrückstellung und Vorwahl auf eine beliebige Zahl geschieht durch kurzzeitiges Anlegen einer negativen Spannung von etwa 120 V an die entsprechende Kathode. Eine weitere Möglichkeit der Rückstellung besteht im kurzzeitigen Abschalten aller Kathoden ausser der gewünschten.

Weiterhin ist beim Aufbau darauf zu achten, dass der Anodenwiderstand unmittelbar am Röhrensockel liegt. So werden Schaltkapazitäten vermieden, die zu Kippschwingungen führen können.

Bei der Verdrahtung ist es zur Vermeidung von Haarrissen und langsamem Lufteintritt besonders wichtig, für flexible Anschlüsse und freie Beweglichkeit der Kontaktfedern in der Röhrenfassung zu sorgen.

Die Speisespannungen sind weitgehend unkritisch. Die Anodenspannung wird so eingestellt, dass bei der richtigen Netzspannung der auf dem Datenblatt angegebene mittlere Nennstrom fliesst. Dann sind Schwankungen von $\pm 15\%$ zulässig.

4. Dekadenzähler mit Elektronenröhren als Vor- und Zwischenstufen

Die Fig. 5, 6 und 7 zeigen Schaltungen der verschiedenen Stufen eines Dekadenzählers. Die Eingangsstufe gemäss Fig. 5 enthält einen Impulsformer (Schmitt-Trigger) und eine Zählröhre mit Vorwahlschalter. Impulsdauer und Pause sollen mindestens je $5\ \mu\text{s}$ betragen, so dass die maximale Zählfrequenz bei etwa 100 kHz liegt. An der Eingangsklemme wird eine negative Impulsspannung von 30 - 60 V benötigt, welche innerhalb maximal $5 \cdot 10^{-2}$ Sekunden von 0 auf 30 V ansteigt. Weitere Anforderungen an die Form der zu zählenden Impulse werden nicht gestellt. Auch Germanium-Photodioden oder Steuerkontakte können gemäss Abb. 5 direkt an die Eingangsstufe angeschlossen werden. Die Zwischenstufen nach Fig. 6 bestehen jeweils aus einem monostabilen Multivibrator mit fester Impulsdauer als Zwischenverstärker und aus einer Zählröhre mit Vorwahlschalter.

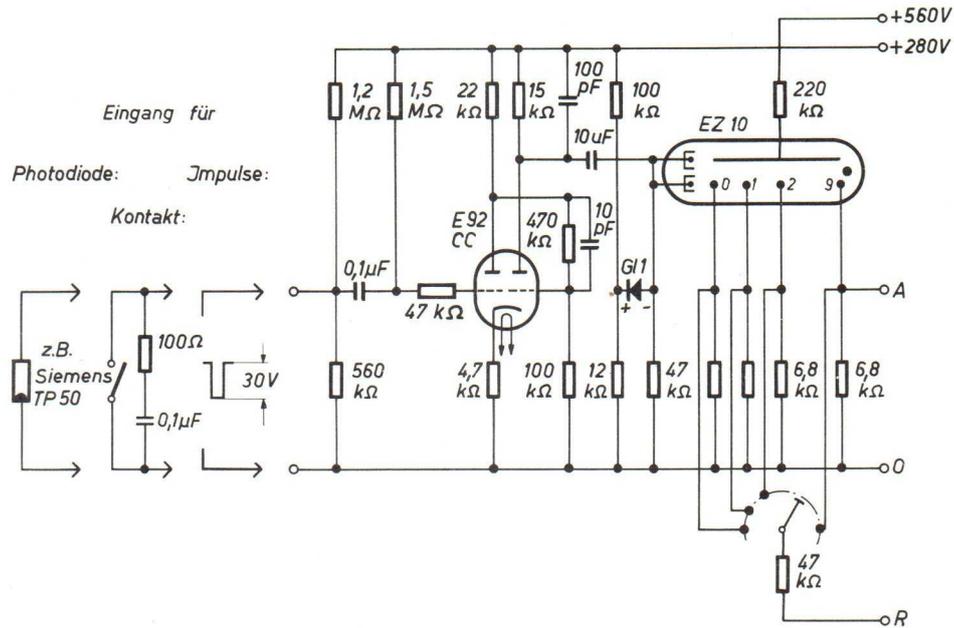
Es trägt zur Lebensdauer und Betriebssicherheit der Zählstufen bei, wenn ihre Impulsdauer jeweils möglichst lange gewählt wird. Fig. 6 gibt deshalb verschiedene Dimensionierungen für drei Impulslängen an, welche maximalen Zählgeschwindigkeiten von 10 kHz, 1 kHz und 100 Hz entsprechen. Zur Steuerung der Zwischenstufen werden negative Impulse von 6 - 10 V mit steiler Vorderflanke benötigt.

In Spezialfällen empfiehlt sich die Verwendung der Zwischenstufen an Stelle der Eingangsstufen, so z. B. zur Verlängerung kurzer Eingangsimpulse oder zur Zählung der Impulse nicht prellfreier Kontakte.

Fig. 7 zeigt eine Endstufe und das Netzanschlussgerät. Die Endstufe eignet sich zum Antrieb eines elektromechanischen Relais oder eines elektromagnetischen Zählwerkes. Sie besteht ebenfalls aus einem monostabilen Multivibrator fester Impulsdauer und wird an Kathode 9 der letzten Zählstufe angeschlossen. Sie spricht also immer dann an, wenn der vorgeschaltete Zähler den Stand 0000..... erreicht.

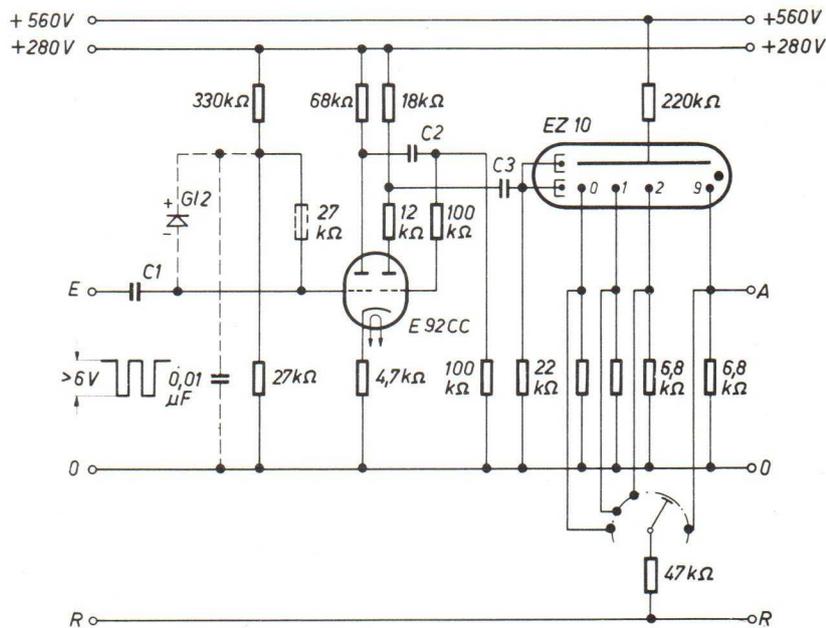
Das Netzgerät enthält den Netztransformator, zwei Selengleichrichter mit Siebkondensatoren sowie ein Netzwerk zur Erzeugung des Rückstellimpulses. Die Rückstellung erfolgt durch Drücken der Taste R. Dadurch wird der Kondensator von $0,25\ \mu\text{F}$ entladen, wobei an der Leitung R ein kräftiger negativer Impuls entsteht. Durch einen besonderen Kontakt wird gleichzeitig eine Anodenleitung der Endstufe von der Speisespannung abgetrennt. Diese Massnahme ist notwendig, um ein Ansprechen der Endstufe zu vermeiden, wenn die Rückstellung der letzten Stufe von Kathode 9 ausgeht.

Fig. 5 : Eingangsverstärker (Schmitt-Trigger) für Zählfrequenzen bis 100 kHz



G1 : Germaniumdiode oder Selengleichrichter, Sperrspannung 150 V
 10 μ F : Metallpapierkondensator oder Elektrolytkondensator mit kleinem Reststrom ($< 0,1$ mA)

Fig. 6 : Zwischenstufe für Frequenzen bis 10 kHz

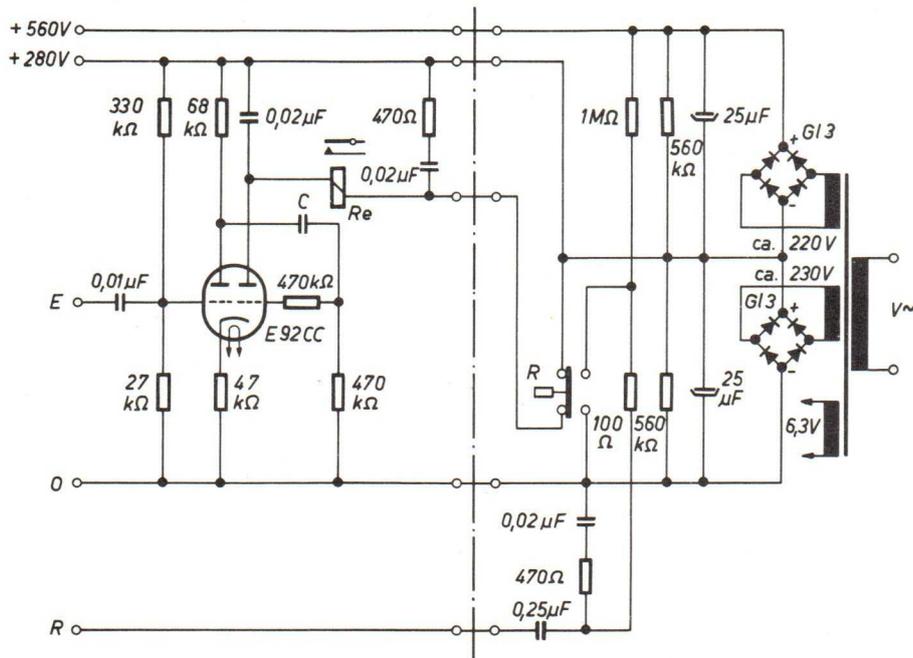


max. Zählfrequenz	C1 pF	C2 pF	C3 pF	gestrichelte Teile
10 kHz	500	100	2'000	einbauen
1 kHz	1'000	1'000	20'000	weglassen
100 Hz	1'000	10'000	200'000	weglassen

G1 2 : Germaniumdiode

Die Schaltung eignet sich als Eingangs- oder Zwischen-Stufe. Zur Steuerung müssen Impulse mit steiler negativer Flanke verfügbar sein.

Fig. 7 : Ausgangsstufe zur Betätigung eines elektromechanischen Relais oder Zählers und Netzteil mit Rückstelltaste



- R : Rückstelltaste (beim Uebergang unterbrechend)
 G1 3 : Selengleichrichter, 250 V~, 70 mA, Graetzschaltung
 Re : Elektromechanisches Relais oder Zähler,
 Wicklungswiderstand 5 - 20 kΩ
 C : Kondensator 0, 01 - 0, 5 μF,
 je nach gewünschter Dauer des Ausgangsimpulses

5. Zählschaltungen mit Transistoren

Um die Vorzüge der Zählröhren mit kalten Kathoden - sofortige Betriebsbereitschaft, Wegfall der Heizung - in Zählschaltungen voll auszunützen, wurden auch Zählstufen mit Transistoren als Eingangs- und Zwischenverstärker entwickelt. Fig. 8, 9 und 10 zeigen entsprechende Schaltungen, in denen Transistoren mit einer zulässigen Kollektorspannung von 100 V verwendet werden.

Figur 8 zeigt eine Eingangsstufe, die als Schmitt-Trigger ausgeführt ist. Bei Anlegen eines negativen Impulses von 1 - 2 V wird der erste Transistor leitend und der zweite sperrt, so dass die Hilfskathoden der Zählröhre einen negativen Impuls erhalten. Impulsquellen mit Gleichspannungskomponenten sind über einen Kondensator an den Eingang E anzukoppeln.

In der Zwischenstufe gemäss Figur 9 genügt einfache Geradeausverstärkung zur Erzeugung der für die Zählröhre erwünschten Rechteckimpulse. Der Eingang der Zwischenstufe wird an Kathode 0 der vorangehenden Zählröhre angeschlossen. Die vorgespannte Diode im Basiskreis lässt nur den Hauptteil des Kathodenimpulses der vorangehenden Zählröhre zum Transistor. So werden Doppelsprünge vermieden, die sonst durch den Impulsvorläufer hervorgerufen werden könnten, der bei Annäherung der Entladung an Kathode 0 entsteht.

Im Netzteil wurde die Transistorbetriebsspannung zum sicheren Schutz der Transistoren vor Ueberlastung stabilisiert. Die Rückstellung der Entladung geschieht durch Druck auf Taste R, wobei an den vorgewählten Kathoden der Zählröhren ein negativer Impuls entsteht.

Für Zählfrequenzen bis zu 50 kHz arbeitet die Schaltung in einem Netzspannungsbereich von 180 - 240 V~ einwandfrei, wobei die Gleichspannungen bei 220 V~ auf den vorgeschriebenen Wert abzugleichen sind. Die Anodenwiderstände der Zählröhren sind direkt an deren Sockel zu montieren; ihre Toleranz beträgt $\pm 5\%$.

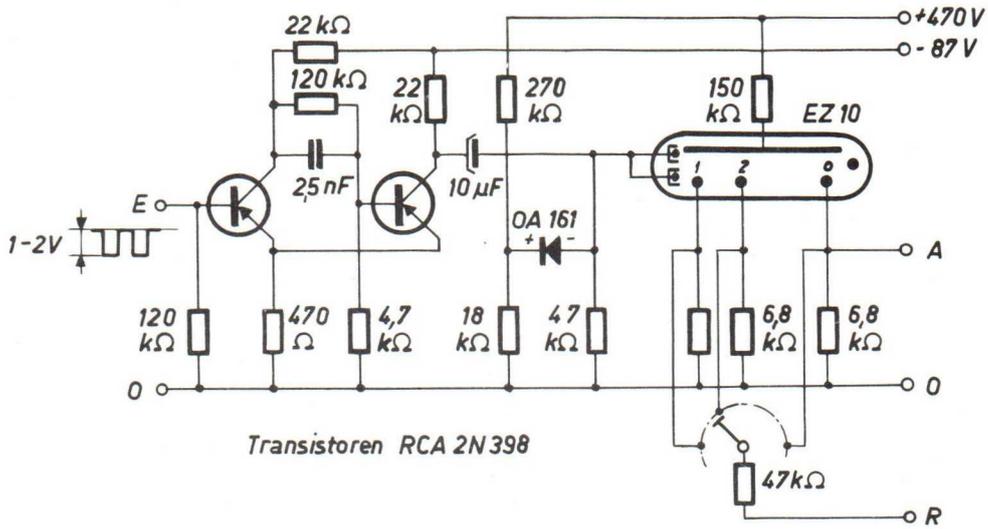


Fig. 8 : Eingangsstufe

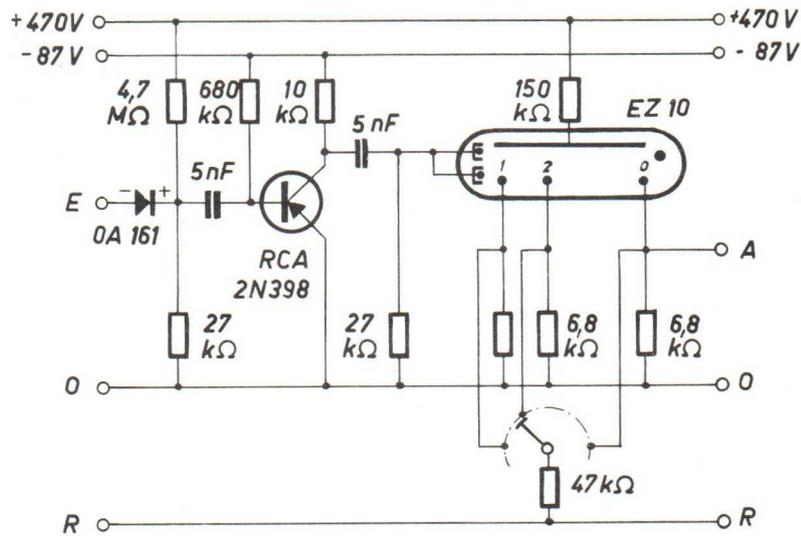


Fig. 9 : Zwischenstufe

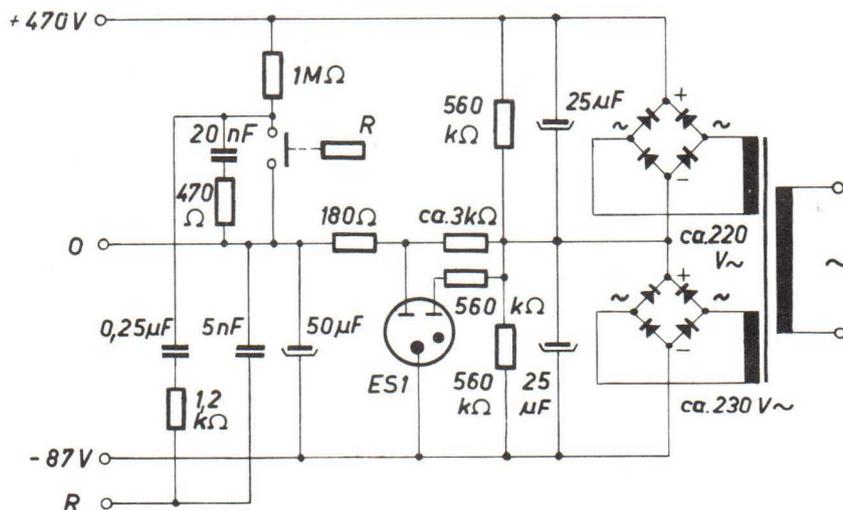


Fig. 10 : Netzteil mit Rückstellung

6. Die Zählröhre EZ 10B

Die Zählröhre EZ 10B eignet sich nicht nur für hohe Zählgeschwindigkeiten; sie weist auch unter ungünstigen Verhältnissen, nämlich dann wenn die Entladung meist nur auf einer oder einzelnen der 10 Ausgangskathoden stehen bleibt, eine sehr hohe Lebensdauer auf. Ein Nachteil ist das schwächere bläuliche Kathodenleuchten. Bei Frequenzen bis 100 kHz kann die Röhre in den vorstehend beschriebenen Schaltungen verwendet werden, wenn man den Anodenwiderstand auf 160 k Ω verringert, wobei der Anodenstrom 1,5 mA betragen soll. Um die Grenzfrequenz, welche wenig über 1 MHz liegt, zu erreichen, sind Rechteckimpulse von 0,5 Mikrosekunden Dauer und etwa 150 V Amplitude notwendig. Geeignete Schaltungen sind zur Zeit in Bearbeitung.

7. Fertige Zählstufen und komplette elektronische Zählgeräte

Ausser Zählröhren können bei Elesta auch komplette elektronische Vorwahlzähler oder Bausteine zu solchen Geräten bezogen werden. Verfügbar sind im wesentlichen Zählstufen und Netzteile, welche entsprechend Fig. 5, 6 und 7 geschaltet sind, Ausgangsstufen mit elektromechanischen Zählwerken und Gehäuse oder Einbaurahmen für diese Stufen. Das Programm wird ergänzt durch Lichtwerfer, Lichtempfänger und nackte Photodioden, welche zur photoelektrischen Abtastung direkt an diese Zähler angeschlossen werden können. Interessenten stehen entsprechende Unterlagen zur Verfügung.

8. Schlussfolgerungen

Die Zählröhren der Typenreihe EZ 10 bringen einen grundlegenden Fortschritt auf dem Gebiet der gasgefüllten Kaltkathodenzählröhren. Sie ermöglichen Zählgeschwindigkeiten bis zu 1 MHz gegenüber 10 - 20 kHz bei bisher verfügbaren Modellen. Weitere Vorteile sind die einfache Schaltungstechnik, die direkte Ablesbarkeit und Ueberwachung, die unkritische Anwendung und die kleinen Aussenabmessungen. Zur Erzielung einer guten Lebensdauer und Betriebssicherheit ist es wichtig, sich genau an die vorstehenden Betriebshinweise zu halten.