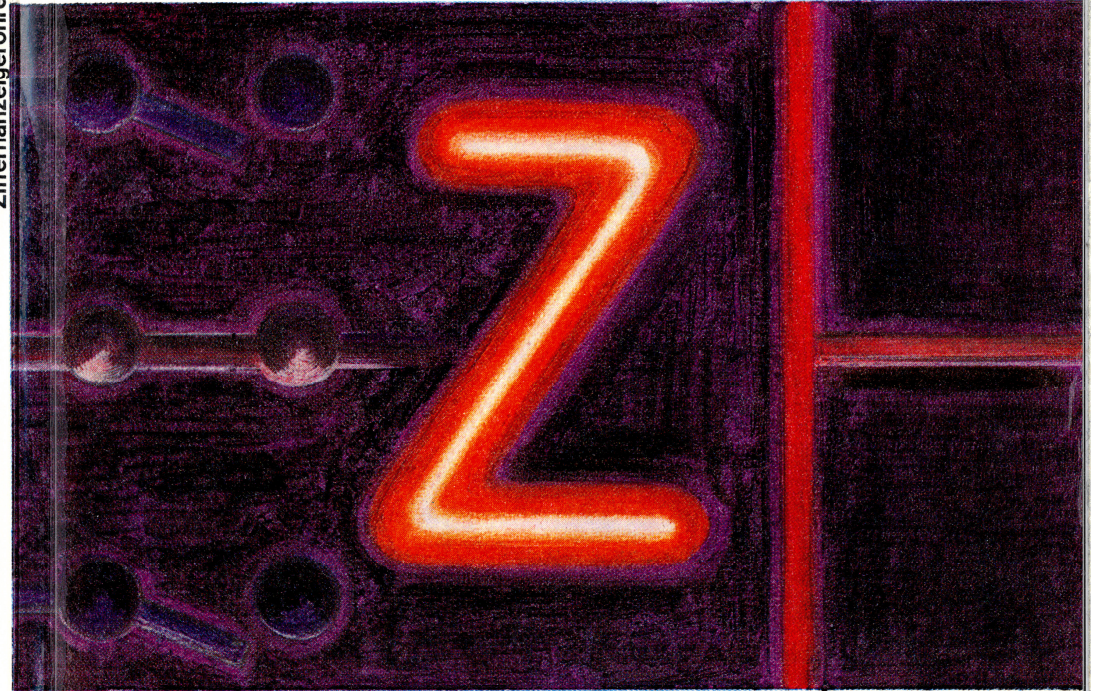


# VALVO

Ziffernanzeigeröhren



VALVO

## Ziffernanzeigeröhren

ZIFFERNANZEIGERÖHREN





## Ziffernanzeigeröhren

nach Berichten von  
D. J. G. Janssen, E. Schubert, P. H. G. van Vlodrop,  
bearbeitet von G. Euler

Alle den Inhalt und den Versand dieser Broschüre betreffenden Zuschriften sind an die VALVO GmbH, 2 Hamburg 1, Burchardstraße 19, zu richten.

Die VALVO GmbH übernimmt keine Gewähr, daß die in dieser Schrift angegebenen Schaltungen, Geräte, Maschinen, Anlagen, Bauelemente, Baugruppen oder Verfahren frei von Schutzrechten sind. Die hier gegebenen Ratschläge sind unverbindliche und keine Haftung begründende Empfehlungen.

Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur gestattet, wenn im Einzelfall die Genehmigung des Herausgebers dazu vorliegt.

Abgabe dieser Broschüre gegen eine Schutzgebühr von 3,- DM

Ausgabe Juli 1970

Druck: Hanseatische Druckanstalt GmbH, Hamburg

## INHALT

<b>1. Einige allgemeine Gesichtspunkte</b>	7
<b>2. Zur Wirkungsweise von Ziffernanzeigeröhren</b>	10
2.1. Aufbau und Betriebseinflüsse	10
2.2. Brennspannungen einer Ziffernanzeigeröhre	11
2.3. Nicht eingeschaltete Entladungsstrecken (Katoden als Sonden)	16
<b>3. VALVO-Ziffernanzeigeröhren</b>	20
<b>4. Katodenschalter in der Anzeige-Einheit</b>	26
4.1. Ausgeschaltete Katoden	26
<b>5. Dimensionierung der Anzeige-Einheit</b>	29
<b>6. Katoden-Schalt-Transistoren im Durchbruch</b>	31
6.1. Katoden-Schalt-Transistoren BSW 69	32
<b>7. Ansteuersysteme</b>	32
7.1. Statische Ansteuerung einer Ziffernanzeigeröhre	33
7.2. Dynamische Ansteuerung	34
7.2.1. Katoden-Abtastsystem	35
7.2.2. Anoden-Abtastsystem	37
<b>8. Ansteuerschaltungen</b>	40
8.1. Ansteuerung eines PANDICON®	40
8.1.1. Ansteuerschaltung	40
8.1.2. Anodenschalter	42
8.1.3. Versorgungsteil	45
8.1.4. Dekodierer- und Katodenschalter	45
8.2. Anodenschalter mit anodenseitiger Dekodierung für ein PANDICON®	47
8.2.1. Anodenteil mit Diodenmatrix	47
8.2.2. Anodenteil mit integrierten Dekodierschaltungen	52
8.3. Dynamische Ansteuerschaltung für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1000 (fremderregter Anodenwähler)	53
8.4. Ansteuerschaltung für die quibinäre Röhre ZM 1030	53
<b>9. Ansteuerschaltungen für Ziffernanzeigeröhren mit Thyristortetroden</b>	59
9.1. Wirkungsweise	59
9.2. Praktische Anzeigeschaltungen mit der Thyristortetrode BRY 39	61
9.2.1. Anzeigeschaltung mit einer Röhre ZM 1000 und einem Ringzähler	61
9.2.2. Anzeige mit zusätzlicher Speicherung	63

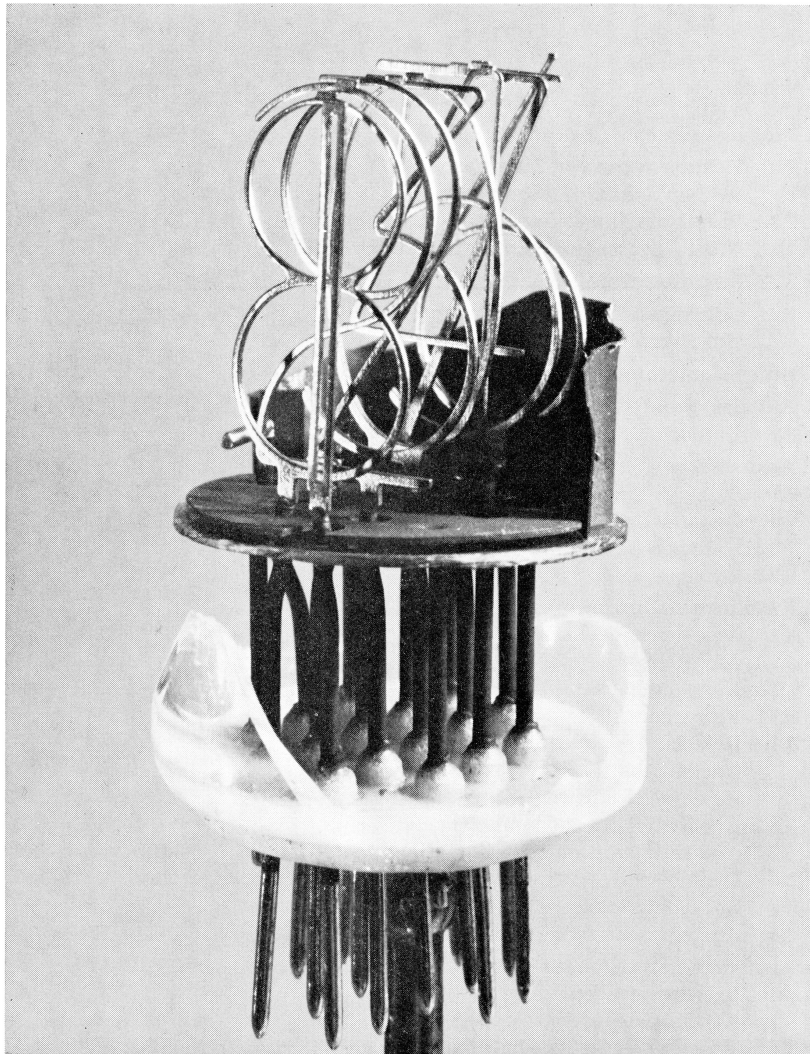


Bild 1.1. Systemaufbau der Ziffernanzeigeröhre ZM 1000. Das Anodengitter ist entfernt. Man erkennt die Anordnung der einseitig eingespannten zifferförmigen Katoden.

## 1. Einige allgemeine Gesichtspunkte

Bei der Verarbeitung von Daten ist es vielfach erforderlich, die von der Maschine gelieferten Ergebnisse in einer Anzeige-Einheit direkt für das menschliche Auge erfassbar darzustellen.

Für Ausgabe- oder Anzeigesysteme, bei denen auf eine Speicherung verzichtet werden kann – oder auch parallel zu einem Speicher – sind in den letzten Jahren dekadische Ziffern- und Zeichenanzeigeröhren eingeführt worden, und sie haben sich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen gegenüber anderen Verfahren durchgesetzt.

Ziffernanzeigeröhren sind gasgefüllte Kaltkathodenröhren, in denen beim Betrieb eine Glimmentladung brennt. Jede Röhre enthält eine Anode und hintereinander angeordnete Katoden in Ziffernform oder Zeichenform. Die eingeschaltete Katode leuchtet durch Glimmbedeckung hellrot auf und wird sichtbar.

Bild 1.1 zeigt den Systemaufbau einer Ziffernanzeigeröhre ZM 1000. Systematische Untersuchungen haben ergeben, daß Ziffernanzeigeröhren eine Betriebsdauer von mehreren zehntausend Stunden ohne erkennbare Einbuße an Helligkeit und Kontrast der dargestellten Ziffern und Zeichen erreichen können.

Ziffernanzeigeröhren haben wegen ihres Wirkungsmechanismus und ferner wegen einer ausgereiften Fertigungstechnik eine hohe Zuverlässigkeit, so daß beispielsweise MTBF-Werte (Mean Time Between Failure) in der Größenordnung von  $10^5$  Stunden erzielt werden können.

Ein Heiz- und Glühfaden, der ausfallen könnte und unerwünschte zusätzliche Wärme liefern würde, ist bei Ziffernanzeigeröhren nicht vorhanden.

Die zum Betrieb von Ziffernanzeigeröhren erforderlichen Steuerschaltungen sind relativ einfach aufgebaut. Neuerdings konnten Systeme entwickelt werden, die vor allem bei mehr- oder vielstelliger Anzeige eine bemerkenswerte Einsparung an Bauelementen ermöglichen. Ziffernanzeigeröhren sind daher auch hinsichtlich des Aufwandes für die Ansteuerung vorteilhaft.

Um den Aufbau kompakter Anzeige-Einheiten mit vielen Ziffern zu erleichtern, sind Vielfachanzeigeröhren entwickelt worden, die sogenannten PANDICON®-Röhren. Sie enthalten eine Vielzahl von vollständigen Dezimalstufen (0 bis 9), die zusammen mit anderen Zeichen zu einer räumlich-mechanischen Baueinheit zusammengefaßt und in einer gemeinsamen Umhüllung untergebracht sind, so daß eine vielstellige und doch kompakte Anzeige-Einheit entsteht.

Die Bilder 1.2, 1.3, 1.4 und 1.5 zeigen einige Herstellungsvorgänge sowie die Endkontrolle von PANDICON®-Röhren ZM 1200.



Bild 1.2. Montage des Systems einer PANDICON®-Röhre ZM 1200

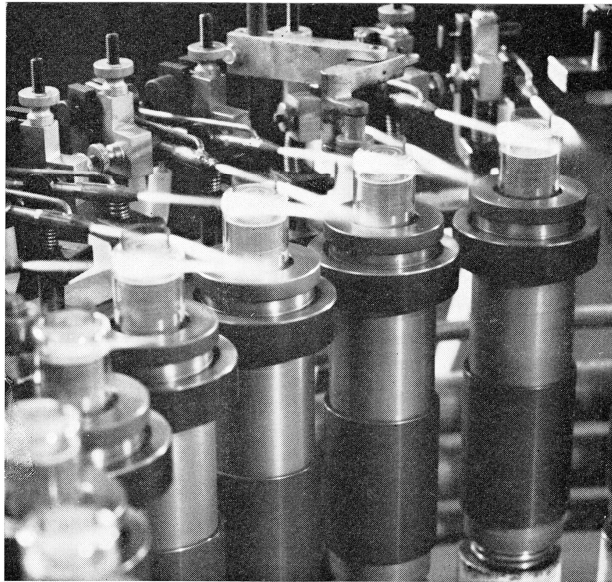


Bild 1.3. Einschmelzen der PANDICON®-Röhren

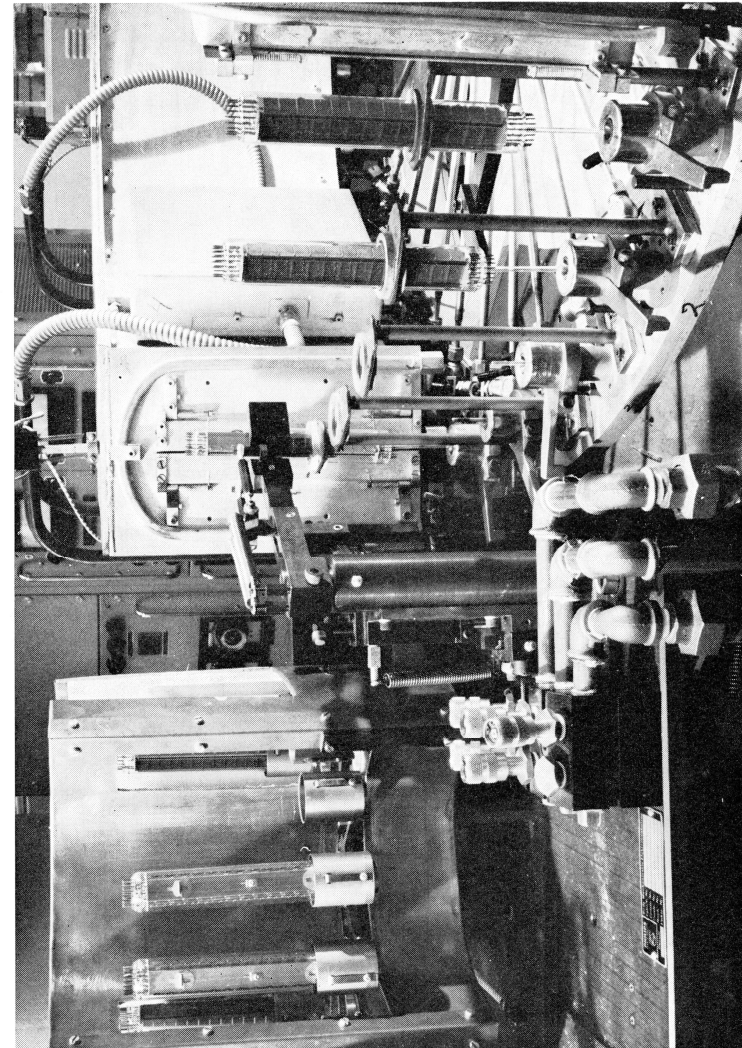


Bild 1.4. PANDICON®-Röhren auf dem Pumpstand

Als Steuereinheiten für Ziffernanzeigeröhren kommen vor allem Halbleiterschaltungen in Frage. Das Schalten und Verarbeiten der an Ziffernanzeigeröhren benötigten Spannungen erfolgt heute mit Hilfe von Silizium-Transistoren und -Dioden und Thyristoren sowie mit speziell entwickelten integrierten Schaltungen.

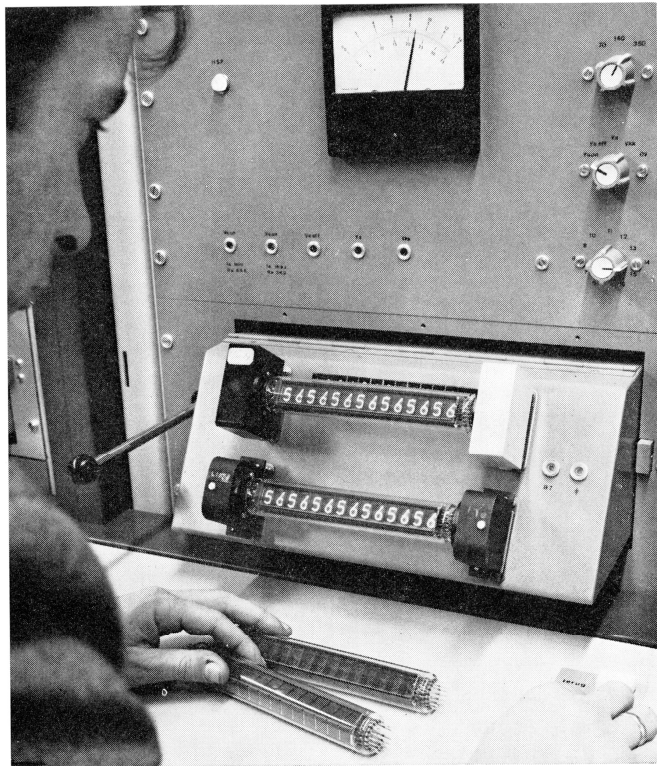


Bild 1.5. Endkontrolle der PANDICON®-Röhren

## 2. Zur Wirkungsweise von Ziffernanzeigeröhren

### 2.1. Aufbau und Betriebseinflüsse

Als Gasfüllung von Ziffernanzeigeröhren wird Neon mit geringen Zusätzen von Argon und Quecksilber verwendet. Im Betrieb findet eine anomale Glimmentladung zwischen der Anode und jeweils einer einzelnen eingeschalteten ziffernförmigen Katode statt. Bei einer normalen Glimmentladung werden in ungünstigen Fällen nur Teile der Katoden von der Entladung bedeckt. Mit

wachsendem Strom geht die normale Glimmentladung in die anomale über, bei der die ganze Katode bedeckt wird und bei der auch die Helligkeit der Entladung zunimmt. Damit die Entladung nicht auch noch auf die Zuführungsdrähte übergreift und ferner die Katodenerosion durch das verstärkte Ionenbombardement nicht zu groß wird, werden Maximalwerte für den Röhrenstrom festgelegt. Diese hängen von der Einschaltzeit und dem Tastverhältnis ab. Angegeben werden diese Werte für eine bestimmte Integrationszeit. Da die Röhren meist am 50 Hz-Netz betrieben werden, ist diese Zeit in vielen Fällen 20 ms. Beim Impulsbetrieb reicht die jeweils kurze Brenndauer nicht dazu aus, daß sich die Entladung bis auf die Zuleitungen ausbreitet (vorausgesetzt, der Strom wird nicht zu groß).

Ein weiterer Gesichtspunkt, der zur Wahl eines definierten Strombereichs führt, hängt mit der Selbstreinigung der Katode sowie des Gases und mit der „Katodenvergiftung“ zusammen: Damit die Ziffernanzeigeröhre zufriedenstellend arbeitet, muß die Elektronenauslösung durch Ionen auf den wirksamen Katodenflächen möglichst groß und die Emissionsfähigkeit der übrigen Systemteile möglichst klein sein. Unter dieser Voraussetzung breitet sich im Betrieb – bei nicht zu niedrigen Strömen – die Glimmentladung gleichmäßig über die jeweilige Katodenoberfläche aus. Liegt der Katodenstrom unterhalb eines bestimmten Wertes, so wird nur ein Teil der Oberfläche fortwährend gereinigt, indem mehr Material durch Katodenerstäubung abgetragen als durch Diffusion wieder aufgebracht wird.

Die nicht von der Glimmentladung bedeckten Katodenteile werden mehr und mehr „vergiftet“ (die Elektronenauslösearbeit durch Ionen wächst). Dies geschieht vor allem unmittelbar an den Rändern der von der Entladung bedeckten Bereiche, wo sich die Staubteilchen häufen. Die Katodenvergiftung kann rückgängig gemacht werden, indem die betreffenden Katodenabschnitte von einer Glimmentladung für längere Zeit bedeckt und so gereinigt werden. Da das zerstäubte Katodenmaterial sich auch zu benachbarten Katoden anlagert, müssen auch diese Katoden nach vorgeschriebenen Intervallen betrieben werden, damit die Elektronenauslösung groß bleibt und die Röhrenkennwerte sich während der Lebensdauer nur wenig ändern. Die oberen Stromgrenzen hängen auch von der Wärmeentwicklung in der Katode ab. Der maximale mittlere Strom bestimmt die maximale Katodentemperatur: Die Katodentemperatur bestimmt aber im wesentlichen die Gasdichte in unmittelbarer Nähe der Katode, d. h. für den Bereich des Katodenfalls der Entladung. Die Gasdichte nimmt mit steigender Temperatur ab. Bei zu hohem Strom wird also die Katodenerstäubung zu stark und die nicht betriebenen Katoden werden unerwünscht vergiftet. Hinzu kommt noch der bereits erwähnte Gesichtspunkt, nach dem eine Ausbreitung der Entladung auf andere Systemteile nicht vorkommen darf.

### 2.2. Brennspannungen einer Ziffernanzeigeröhre

In einer Ziffernanzeigeröhre sind die einzelnen Katoden verschieden geformt und besitzen abweichende Lagen gegenüber der Anode. Die Glimmentladun-

gen haben daher verschieden lange positive Säulen und geringfügig voneinander abweichende Brennspannungen. Die Brennspannung an der Röhre schwankt also, wenn die verschiedenen Ziffern nacheinander eingeschaltet werden. Weitere Gründe für unterschiedliche Brennspannungen bei Ziffernanzeigeröhren sind die Streuungen des Gasdruckes von Röhrenexemplar zu Röhrenexemplar und die Toleranzen der mechanischen Systemteile, ferner auch unterschiedliche Kolbentemperaturen.

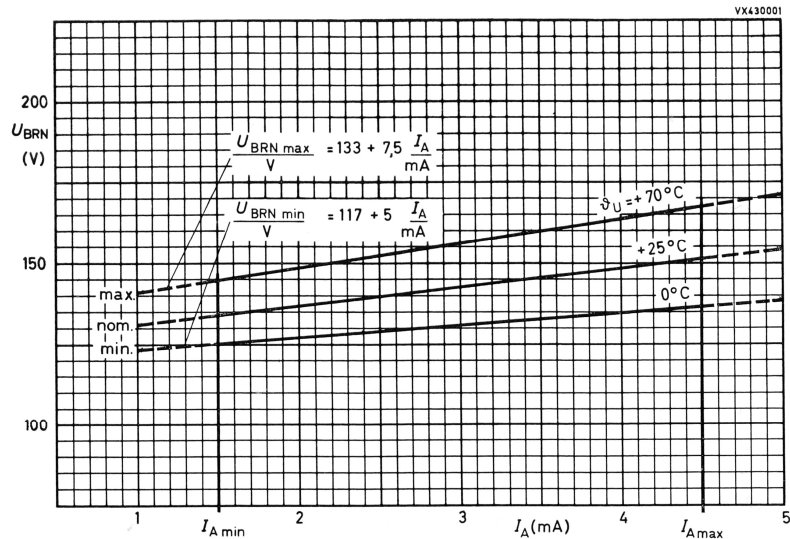


Bild 2.1. Brennspannungen als Funktion des Anodenstromes für maximale, mittlere und minimale Umgebungstemperatur der Ziffernanzeigeröhre ZM 1000

Mit wachsender Temperatur steigt die Brennspannung der Ziffernanzeigeröhre. Für die Abhängigkeit der Brennspannung vom Strom kann in guter Näherung für den Betriebsbereich ein linearer Verlauf angenommen werden<sup>1)</sup>. Bild 2.1 zeigt als Beispiel für eine Ziffernanzeigeröhre ZM 1000 die Brennspannung als Funktion des Anodenstromes

$$U_{BRN}(I_A, \vartheta) = U_{BRN0}(\vartheta) + r_i(\vartheta) \cdot I_A$$

1) Es wird im folgenden der besseren Übersicht halber vom Anodenstrom  $I_A$  ausgegangen, der sich aus dem Katodenstrom und der Summe der Ströme  $\Sigma I_{KK}$  der ausgeschalteten Katoden (bei nicht idealen Schaltern an den Röhrenkatoden) zusammensetzt. Es ist also in jedem Fall  $I_A \geq I_K$ . Im Fall der Ziffernanzeigeröhre ZM 1000 werden in den technischen Daten die Maximalwerte und Minimalwerte für den Anodenstrom angegeben. Da die Katode der Röhre ZM 1000 sehr widerstandsfähig ist, ist der zulässige Anodenstrombereich recht groß (1,5 mA bis 4,5 mA). Die Summe der Ströme der ausgeschalteten Katoden beträgt maximal 0,5 mA, so daß der Katodenstrombereich  $1 \text{ mA} \leq I_K \leq 4,5 \text{ mA}$  wird.

mit  $\Delta U_{BRN}/\Delta I_A = r_i(\vartheta)$ , dem Brennspannungsanstieg (Innenwiderstand) bei einer Temperatur  $\vartheta$ , und mit  $U_{BRN0}(\vartheta)$ , dem theoretischen Schwellenwert.  $\vartheta$  ist die Umgebungstemperatur, in den technischen Daten mit  $\vartheta_U$  bezeichnet. Für die maximale Temperatur (von z. B.  $\vartheta_{max} = 70^\circ\text{C}$ ) gilt für den oberen Grenzwert der Brennspannung

$$U_{BRN \max}(I_A) = U_{BRN0 \max} + r_{i \max} I_A, \quad (I_{A \min} \leq I_A \leq I_{A \max})$$

und für den unteren Grenzwert, z. B. für  $\vartheta_{\min} = 0^\circ\text{C}$ ,

$$U_{BRN \min}(I_A) = U_{BRN0 \min} + r_{i \min} I_A, \quad (I_{A \min} \leq I_A \leq I_{A \max}).$$

Diese Grenzwerte müssen bei der Dimensionierung der Schaltung für die ungünstigsten Fälle von Schwankungen der Versorgungsspannung und für die ungünstigsten Widerstandstoleranzen berücksichtigt werden. Bild 2.2a zeigt die in der Regel verwendeten Röhrenschaltungen mit einem Anodenwiderstand

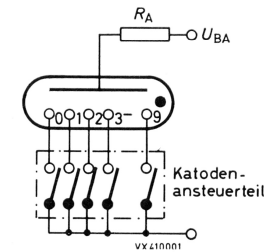


Bild 2.2a. Grundsaltung für den Betrieb einer Ziffernanzeigeröhre

und einem als Schaltergruppe dargestellten Ansteuerenteil. Bild 2.2b zeigt gestrichelt die Widerstandsgeraden für die maximale und minimale Versorgungsspannung und die Endpunkte des Strombereiches

$$I_{A \min} \leq I_A \leq I_{A \max}$$

für Gleichstrombetrieb. Ferner sind die Kurven mit minimaler und maximaler Brennspannung nach Bild 2.1 eingetragen. Die Widerstandswerte, die zu den strichpunktierten Geraden gehören, sind nicht zulässig, da die Grenzwerte für den Anodenstrom überschritten werden (in dem doppelt schraffierten Bereich ist ein Betrieb nicht erlaubt). Für den maximalen und minimalen Widerstandswert (gestrichelte Geraden) ergibt sich danach

$$R_{A \max} = \frac{U_{BA \min} - U_{BRN \max}(I_{A \min})}{I_{A \min}} \quad (1)$$

und

$$R_{A \min} = \frac{U_{BA \max} - U_{BRN \min}(I_{A \max})}{I_{A \max}} \quad (2)$$

Beim Gleichspannungsbetrieb sind  $I_{A \max}$ ,  $I_{A \min}$  Gleichstromwerte, bei Impuls- oder Halbwellenbetrieb die über die Integrationszeit gemittelten Augenblicks-



werte  $i_A(t)$

$$I_A = \int_0^T i_A dt, \quad (T \text{ z. B. } 20 \text{ ms, üblicher Wert; } i_A > 0),$$

wobei jede mögliche Phasenlage berücksichtigt werden muß.

Im Fall des Impulsbetriebes tritt neben die Bedingungen (1) und (2) noch die Forderung, daß der Scheitelwert des Stromes kleiner als der in den technischen Daten angegebene Maximalwert  $I_{AM}$  ist. Es gilt dann entsprechend Gl. (2)

$$R_{A \min}' = \frac{U_{BA \max} - U_{BRN \min}(I_{AM})}{I_{AM}} \quad (3)$$

Mit den für einen praktischen Fall gewonnenen Werten  $R_{A \max}$ ,  $R_{A \min}$  (bzw.,  $R_{A \min}'$ ) kann dann ein Widerstandsnormwert gesucht werden, dessen Toleranzen innerhalb des ermittelten Widerstandsbereiches liegen müssen. In den meisten Fällen ist es nicht erforderlich, die Schwankungen der Versorgungsspannung durch eine Stabilisierung zu verringern, um mit üblich tolerierten Widerständen auszukommen.

Wie man aus Bild 2.2b erkennt, kann auch eine Absolut-Vergrößerung der Versorgungsspannung nützlich sein, um eine bestimmte Widerstandstoleranz nicht unterschreiten zu müssen.

In praktischen Schaltungen hängt die Wahl der Versorgungsspannung häufig von der übrigen Schaltung ab, auch wirtschaftliche Überlegungen können einen

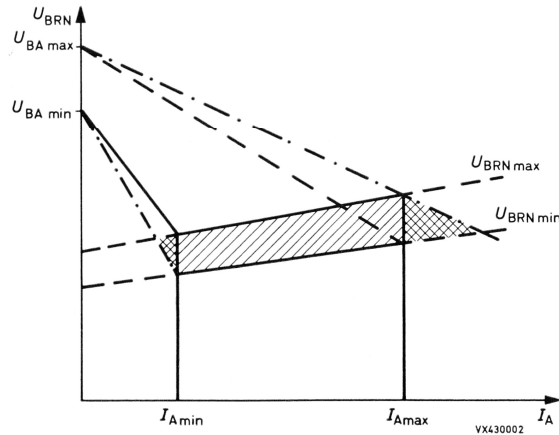


Bild 2.2b. Maximale und minimale Brennspannung als Funktion des Anodenstromes. Eingetragen sind gestrichelt die Widerstandsgeraden für den Maximal- und den Minimalwert der Versorgungsspannung. Die strichpunktiierten Widerstandsgeraden berühren nichtzulässige Strombereiche.

Einfluß haben. Allgemein kann gesagt werden, daß im Fall großer Temperaturschwankungen eine hohe Speisespannung und ein hoher Widerstandswert nötig sind und umgekehrt.

In den technischen Daten sind Diagramme  $U_{BA}$  als Funktion von  $R_A$  mit  $I_A$  als Parameter für bestimmte Temperaturen angegeben, mit denen die Dimensionierung der Schaltung erleichtert wird. Bild 2.2c zeigt ein solches Diagramm für die Röhre ZM 1000. Neben den Grenzwerten ( $I_A = 4,5 \text{ mA}$ ,  $\vartheta_U = 0^\circ \text{C}$ ), ( $I_A = 1,5 \text{ mA}$ ,  $\vartheta_U = 70^\circ \text{C}$ ) ist noch ein Nominalwert ( $I_A = 2,5 \text{ mA}$ ,  $\vartheta_U = 25^\circ \text{C}$ ) eingetragen.

Es sei beispielsweise

$$U_{BA} = 300 \text{ V} \pm 10 \%,$$

d. h.  $U_{BA \max} = 330 \text{ V}, U_{BA \min} = 270 \text{ V}.$

Der Temperaturbereich sei  $0^\circ \text{C} \leq \vartheta_U \leq 70^\circ \text{C}.$

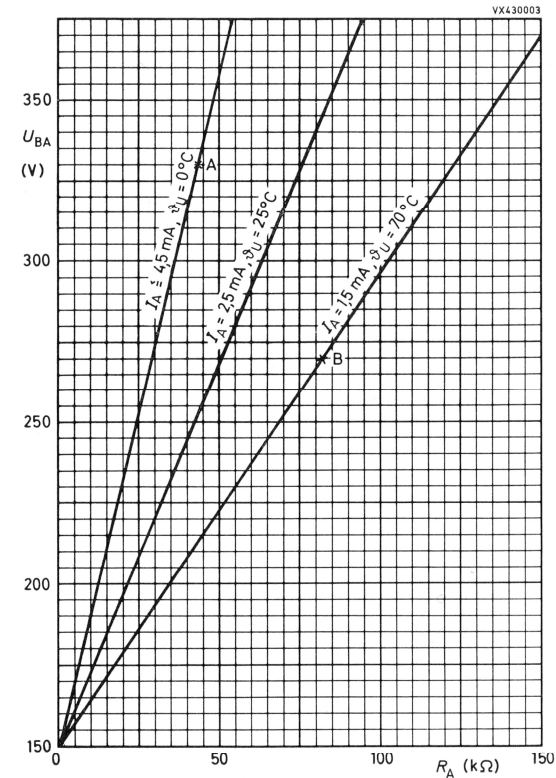


Bild 2.2c. Diagramm zum Bestimmen der Toleranzen des Anodenwiderstandes für die Röhre ZM 1000. Beispiel zum Gebrauch des Diagramms.

Aus dem Diagramm folgt

$$R_A (\partial U_{\min}, U_{BA \max}, I_{A \max}) = 43 \text{ k}\Omega, \text{ (Punkt A im Diagramm);}$$

$$R_A (\partial U_{\max}, U_{BA \min}, I_{A \min}) = 83 \text{ k}\Omega, \text{ (Punkt B im Diagramm).}$$

Es muß also  $43 \text{ k}\Omega \leq R_A \leq 83 \text{ k}\Omega$  sein; damit empfiehlt sich ein Normwert  $R_A = 63 \text{ k}\Omega \pm 10\%$ .

### 2.3. Nicht eingeschaltete Entladungsstrecken (Katoden als Sonden)

Beim Betrieb einer Ziffernanzeigeröhre fließt – wie erwähnt – nicht der gesamte Anodenstrom über die eingeschaltete Entladungsstrecke, die übrigen Katoden sind ebenfalls als Sonden dem Plasma der Glimmentladung ausgesetzt. In Abhängigkeit von der Potentialdifferenz zwischen der Sonde und dem umgebenden Plasma fließt über die jeweilige nicht eingeschaltete Katode ein Strom. Das Plasma der Glimmentladung ist ein hochionisiertes Gas, bestehend aus Ionen und Elektronen, mit einer praktisch verschwindenden resultierenden Gesamtladung. Das Plasma erstreckt sich über die Bereiche des negativen Glimmlichtes und der positiven Säule der Glimmentladung; die Elektronen und Ionen bewegen sich in diesen Bereichen durch Diffusion, wobei fortwährend Stöße zwischen den Teilchen stattfinden. Die Elektronen haben in den üblichen Glimmentladungen eine erheblich höhere Energie ( $eU = 3kT/2$ ) und damit eine höhere zugeordnete Temperatur als die Ionen. Das Potential einer isolierten, freien (Sonden-)Katode wird sich daher auf einen Wert einstellen, der niedriger als der der Umgebung ist, da die Elektronen gegen eine höhere Spannung anlaufen können als die Ionen. Das Potential der isolierten Sonde, das sogenannte Flußpotential, liegt in Ziffernanzeigeröhren etwa 5 V niedriger als das Anodenpotential. Der Sondenstrom setzt sich zusammen aus dem Anteil, der durch Ionen hervorgerufen wird und dem, der durch die Elektronen aufgebracht wird. Bei entgegengesetzten Bewegungsrichtungen addieren sich die positiv gezählten Ströme  $i_{ges} = i_e + i_i$ .

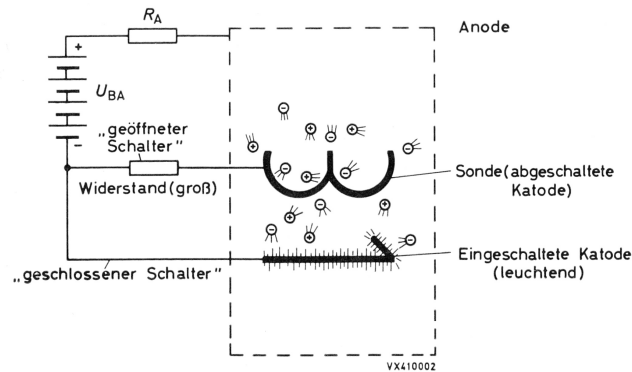


Bild 2.3. Als große Sonde wirkende Katode im Bereich der Gasentladung

Bild 2.3 zeigt eine ausgeschaltete Katode als Sonde, hier die Ziffer „3“, in der Röhre. Die Sonde wird von den Ladungsträgern teilweise durchsetzt. Ein Teil der Träger, Ionen und Elektronen strömt zur Sonde. Im Fall des Flußpotentials ist  $i_{ges} = 0$  und  $i_e = -i_i$ ; der Elektronenstrom ist also gleich dem Ionenstrom zur Sonde. Wird die ausgeschaltete Katode negativ gegen das Flußpotential, nimmt der von den Elektronen stammende Stromanteil gegenüber dem Ionenanteil ab. Es werden dann aus der nächsten Umgebung der Elektrode zunehmend Ionen abgesaugt und Elektronen vertrieben, so daß sich dort ein Bereich positiver Raumladung ausbildet. Wird das Potential weiter abgesenkt, nimmt der Strom zunächst nur relativ wenig zu (abschirmende Wirkung der positiven Raumladungsschicht). Erst wenn das Sondenpotential in die Größenordnung des Katodenpotentials kommt – etwa 30 V gegen die eingeschaltete Katode – steigt der Strom stark an; es entsteht ein Nebenglimmen, und die nicht eingeschaltete Elektrode wirkt zunehmend als Katode. Wird dagegen eine ausgeschaltete Katode positiv gegen das Flußpotential, tritt ein rasch mit wachsendem Potential zunehmender Strom in umgekehrter Richtung ein; die Katode arbeitet dann als Anode. (Dieser Zustand mit umgekehrter Stromrichtung ist für Ziffernanzeigeröhren nicht zulässig. Ein Strom, der zusätzlich zum Anodenstrom durch die eingeschaltete Katode fließt, würde den zulässigen Maximalwert  $I_{K \max}$  unkontrolliert überschreiten lassen.)

Es sei an dieser Stelle vermerkt, daß der Verlauf des Sondenstromes stark von der Form und Ausdehnung der Sonde abhängt. Bei z. B. sehr schmalen Sonden, die sich in einem ausgedehnten Plasma befinden, entsteht bei Überschreiten des Flußpotentials eine Raumladungsschicht, die einen weiteren steilen Anstieg des Elektronenstromanteils verhindert. Eine solche Sonde würde nicht als Anode wirken können. In Bild 2.4a ist der Verlauf des Sondenstromes zu einer nicht eingeschalteten Katode ( $I_{KK}$ ) in Abhängigkeit von der Spannung der nicht eingeschalteten Katode, gemessen gegen die Spannung der eingeschalteten Katode ( $U_{KK}$ ), aufgetragen.

Es zeigt sich der besprochene Verlauf mit einem Achsenschnittpunkt beim Wert des Flußpotentials und ferner bei kleinen Spannungsdifferenzen gegen-

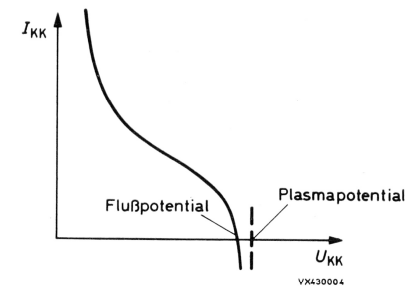


Bild 2.4a. Typischer Stromverlauf ( $I_{KK}$ ) einer ausgeschalteten als Sonde wirkenden Katode als Funktion der Spannung, gemessen gegen die eingeschaltete Katode ( $U_{KK}$ ), (Anodenstrom konstant)

über dem Flußpotential zunächst ein steil, dann aber flach und später (bei niedrigen Spannungen gegen die eingeschaltete Katode) stark ansteigender Strom  $I_{KK}$ .

Bild 2.4b zeigt die Grenzkurven für den minimalen und den maximalen Sondenstrom bei konstantem Anodenstrom  $I_A$ , die für die einzelnen Katoden erwartet werden können.

Die Kurven streuen in einem weiten Bereich, in Abhängigkeit beispielsweise von der Lage der ausgeschalteten Katode zur eingeschalteten. Ist die als Sonde wirkende Katode der Entladungsstrecke benachbart, so stellt sich ein größerer Strom ein. Ein minimaler Strom ergibt sich, wenn die betrachteten Katoden, von denen eine gezündet ist, sich an den beiden Außenseiten der Katodenanordnung befinden.

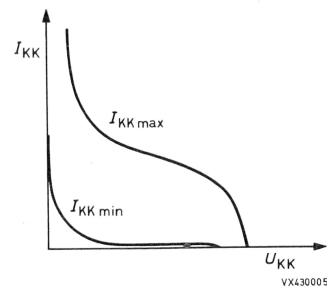


Bild 2.4b. Minimaler und maximaler Sondenstrom als Funktion von  $U_{KK}$

In den technischen Daten werden noch die Summen der Katodenströme  $\Sigma I_{KK}$  aller nicht eingeschalteten Katoden, insbesondere die Minimal- und Maximalwerte  $\min. \Sigma I_{KK}$ ,  $\max. \Sigma I_{KK}$ , angegeben (vgl. dazu Bild 2.4c). Zur Abhängigkeit der Sondenströme  $I_{KK}$  und (auch von der Summe  $\Sigma I_{KK}$ ) vom Anodenstrom kann man sagen, daß im Bereich  $U_{KK} < 100$  V in guter Näherung Proportionalität gilt ( $I_{KK} = \alpha I_A$ ). Für den maximalen Strom  $I_{KK \max}$ , den eine ausgeschaltete Katode im ungünstigsten Fall führt, kann erfahrungsgemäß etwa  $I_{KK \max} = \max. \Sigma I_{KK} / 2$  gesetzt werden.

In Bild 2.4c ist der empfohlene Sondenstrom-Spannungsbereich schraffiert eingezeichnet. Zu kleinen Katodenvorspannungen  $U_{KK}$  hin ist eine Grenze  $U_{KK \min} \approx 50$  V gegeben (oberhalb der das Nebenglimmen der nicht eingeschalteten Katoden zu vernachlässigen ist). Bei sehr kleinen Sondenströmen  $I_{KK} < 100 \mu\text{A}$  kann die Spannung  $U_{KK}$  niedriger sein. Nach rechts hin ist der Betriebsbereich durch  $\max. I_{KK}$  bzw.  $\max. \Sigma I_{KK}$  begrenzt und nach unten durch  $I_{KK} \geq 0$ . (Nichteingeschaltete Katoden sollen nicht als Anoden arbeiten.)

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß im Fall des Impulsbetriebes (dynamische Ansteuerung) in der Regel die Katoden, die zu gleichen Ziffern und verschiedenen Entladungsstrecken gehören, parallel geschaltet und

mit dem gleichen Katodenschalter verbunden sind. Bei dynamischer Ansteuerung treten weit höhere Augenblickswerte des Katodenstromes auf als bei statischem Betrieb. Damit unterscheidet sich auch das Plasma in bezug auf die Teilchengeschwindigkeit erheblich von dem bei statischem Betrieb.

Eine weitere Grenze des Strom-Spannungsbereiches muß bei dynamischer Ansteuerung beachtet werden. In diesem Betriebsfall tritt Nebenglimmen (Hintergrundleuchten) der nicht eingeschalteten Katoden zusätzlich auch bei sehr hohen Katodenvorspannungen auf; in der Regel bei Werten von etwa  $U_{KK} > 120$  V an. Für die dynamische Ansteuerung sollte die Spannung der nicht eingeschalteten Katoden also nicht zu hoch gewählt werden.

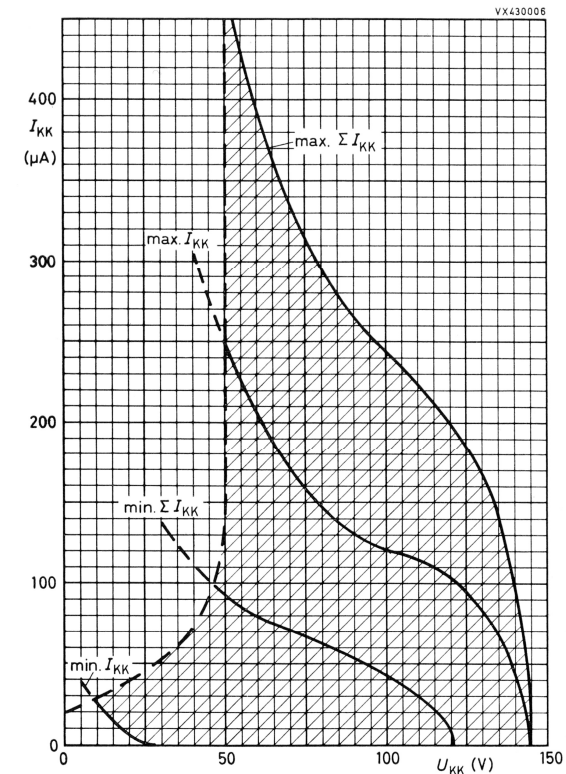


Bild 2.4c. Sondencharakteristiken für die Ziffernanzeigeröhren ZM 1000 für  $I_A = 2,5$  mA. Eingetragen sind die maximalen und minimalen Sondenströme einzelner Sonden und der Summen der Ströme. Der Betriebsbereich ist schraffiert.

### 3. VALVO-Ziffernanzeigeröhren

Für verschiedene Anwendungen und Gerätekonstruktionen steht ein vielfältiges Programm von VALVO-Ziffernanzeigeröhren zur Verfügung. In der folgenden Übersicht werden die VALVO-Ziffernanzeigeröhren gezeigt und die wichtigsten Merkmale, wie Symbolart und -größe usw., zusammengefaßt. Zur Zeit gibt es VALVO-Ziffernanzeigeröhren

als einzelne Anzeigeröhren,  
als Vielfach-Anzeigeröhren PANDICON®-Röhren,  
mit 3 mm, 10 mm, 14 mm, 15,5 mm, 31 mm Ziffernhöhe,  
für frontales oder seitliches Ablesen,  
mit rotem Kontrastfilterlack oder neutral,  
für statische oder für dynamische Ansteuerung,  
mit den Ziffern 0 bis 9,  
mit verschiedenen Zeichen und Symbolen,  
zum direkten Einlöten oder zum Einbau in Fassungen,  
mit Einbau-Zubehör.

Es handelt sich jeweils um Typenfamilien, bei denen ein Grundtyp und dessen Varianten je nach der geplanten Anwendung einander ergänzen.

#### Seitlich ablesbare Ziffernanzeigeröhren

Typ	Kontrast-Filter	Symbole	Ziffern- bzw. Symbol-		Betrieb	Anschlüsse
			höhe (mm)	abstand (mm) Mitte/Mitte		
ZM 1000	nein	0 bis 9, Dezimalkomma	14	19	statisch, dynamisch	16 Stifte Fassung: 55 702
ZM 1000 R	ja	0 bis 9, Dezimalkomma	14	19	statisch, dynamisch	16 Stifte Fassung: 55 702
ZM 1001	nein	+ , - , ~ , XYZ	14	19	statisch, dynamisch	16 Stifte Fassung: 55 702
ZM 1001 R	ja	+ , - , ~ , XYZ	14	19	statisch, dynamisch	16 Stifte Fassung: 55 702
ZM 1005	nein	0 bis 9, Dezimalpunkt	14	19	dynamisch	16 Stifte Fassung: 55 702
ZM 1005 R	ja	0 bis 9, Dezimalpunkt	14	19	dynamisch	16 Stifte Fassung: 55 702

Typ	Kontrast-Filter	Symbole	Ziffern- bzw. Symbol-		Betrieb	Anschlüsse
			höhe (mm)	abstand (mm) Mitte/Mitte		
ZM 1040	ja	0 bis 9	31	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1042	nein	0 bis 9	31	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1041	ja	+ , - ,	20	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1043	nein	+ , - ,	20	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1080	ja	0 bis 9	13	19	statisch, dynamisch	13 Drähte
ZM 1082	nein	0 bis 9	13	19	statisch, dynamisch	13 Drähte
ZM 1081	ja	, - , ~	10,5	19	statisch, dynamisch	7 Drähte
ZM 1083	nein	+ , - , ~	10,5	19	statisch, dynamisch	7 Drähte
ZM 1200 PANDICON- Röhre ZM 1206	nein	0 bis 9, Dezimal- und Markierungspunkt	10	10	dynamisch	zweimal 17 Stifte
ZM 1030	ja	0 bis 9	15,5	23	statisch, dynamisch	Noval Fassung: B 8 700 29
ZM 1032	nein	0 bis 9	15,5	23	statisch, dynamisch	Noval Fassung: B 8 700 29
ZM 1031/01	ja	+ , - , ~	13	23	statisch, dynamisch	Noval Fassung: B 8 700 29
ZM 1033/01	nein	+ , - , ~	13	23	statisch, dynamisch	Noval Fassung: B 8 700 29

**Frontal ablesbare Ziffernanzeigeröhren**

ZM 1020	ja	0 bis 9	15,5	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1022	nein	0 bis 9	15,5	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1021	ja	A, V, $\Omega$ , %, +, -, ~	15,5	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1023	nein	A, V, $\Omega$ , %, +, -, ~	15,5	30	statisch, dynamisch	13 Stifte Fassung: B 8 702 28
ZM 1162	nein	0 bis 9	15,5	20	statisch, dynamisch	14 Stifte Fassung: 55 705

**ZM 1000-Familie**

Für alle Aufgaben in der digitalen Meßtechnik steht als Universaltyp die Röhrenfamilie ZM 1000 zur Verfügung (vgl. Bild 3.1). Merkmale sind:

seitliches Ablesen der 14 mm-Ziffern bzw. der Zeichen,  
sehr gute Lebensdauer und Zuverlässigkeit,  
sehr gute Ablesbarkeit durch feines Anodengitter im Sichtfeld,  
einseitig eingespannte stabile Ziffern-Katoden,  
Perspektivenausgleich,  
16 Anschlußstifte im 2,54 mm-Rastermaß für gedruckte  
Schaltungen,  
Röhrenboden tauchlöttest,  
Einbaubehälter lieferbar.



Bild 3.1. Ziffernanzeigeröhre ZM 1000

Besonders für die vielstellige Anzeige eignen sich die Röhren ZM 1005 und ZM 1005 R. Sie sind speziell für die dynamische Ansteuerung mit verbesserten Eigenschaften bezüglich Impulsbetrieb entworfen worden.

**ZM 1020-Familie**

Die Standardfamilie ZM 1020 (Bild 3.2) in gedrungener, frontal ablesbarer Bauform ist zur Zeit am weitesten verbreitet und universell einsetzbar. Zahlreiche äquivalente oder ähnliche Typen anderer Hersteller können durch die ZM 1020-Familie ersetzt werden.

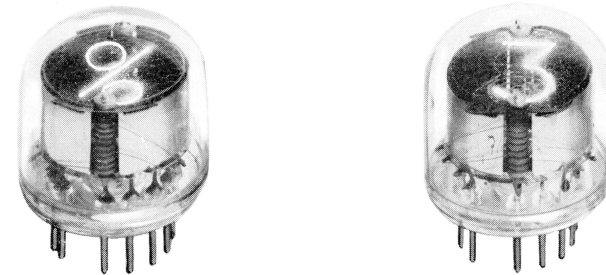


Bild 3.2. Zeichenanzeigeröhre ZM 1023 und dekadische Ziffernanzeigeröhre ZM 1022

**ZM 1162**

Die Röhre ZM 1162 (Bild 3.3) mit ca. 16 mm Ziffernhöhe ist frontal ablesbar und ermöglicht einen raumsparenden Aufbau mehrstelliger Anzeige-Einheiten. Die Stirn- und Seitenflächen des Rechteckkolbens sind abgeflacht, so daß die Kolbenkontur dem Ziffernbild angepaßt ist und bei eng benachbarter Anordnung sich ein flüssiges Schriftbild mehrstelliger Zahlen ergibt.

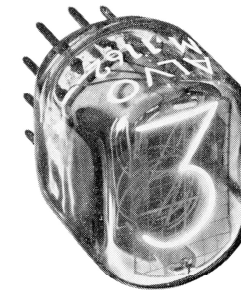


Bild 3.3. Ziffernanzeigeröhre ZM 1162

**ZM 1040-Familie**

Die Röhrenfamilie ZM 1040 (Bild 3.4) hat mit 30 mm die größte Ziffernhöhe (seitlich ablesbar).

Die großen Ziffern erlauben ein sicheres Ablesen noch bei größeren Entfernungen bis etwa 10 m, so daß diese Typenfamilie z. B. für Betriebs-Anzeigeräte bevorzugt eingesetzt werden kann.

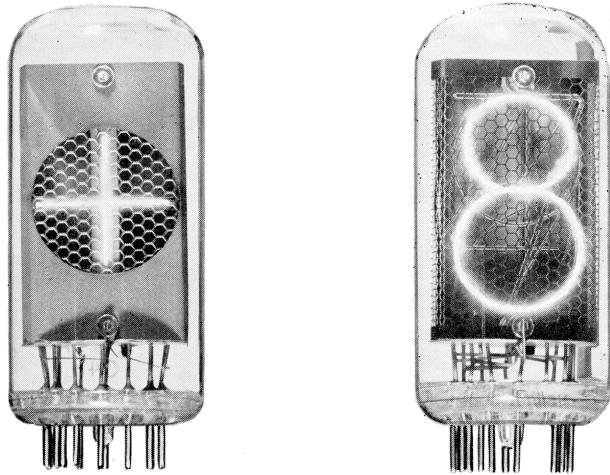


Bild 3.4. Zeichenanzeigeröhre ZM 1043 und Ziffernanzeigeröhre ZM 1042

**ZM 1080-Familie**

Bei einer mittleren Ziffernhöhe von 13 mm wird diese seitlich ablesbare Röhre ZM 1080 (Bild 3.5) vorzugsweise für Tisch- oder Laboratoriumsgeräte verwendet. Die Röhre wird mit den Anschlußdrähten direkt in die Schaltung eingelötet.

**PANDICON®**

Mit dem Typ ZM 1200 (Bild 3.6) steht eine vierzehnstellige Anzeige-Einheit von nur 180 mm Frontlänge zur Verfügung. Bei einer Ziffernhöhe von 10 mm sind innerhalb eines Betrachtungsabstandes von etwa Armlänge optimale Ableseeigenschaften gewährleistet.

Die große Zahl innerer Verbindungen, die sonst bei dem entsprechenden Aufbau von 14 üblichen Einzelröhren außen vorgesehen werden müßten, vereinfacht den Aufbau der Anzeige-Einheit und erhöht die Zuverlässigkeit des Systems. Die Ansteuerung erfolgt dynamisch.

Die Röhre ZM 1206 enthält 8 Dezimalstufen. Ziffernabmessungen und technische Daten entsprechen der Röhre ZM 1200. Weitere Pandicon-Typen mit 12 und 10 Stufen sind zur Zeit in Vorbereitung.

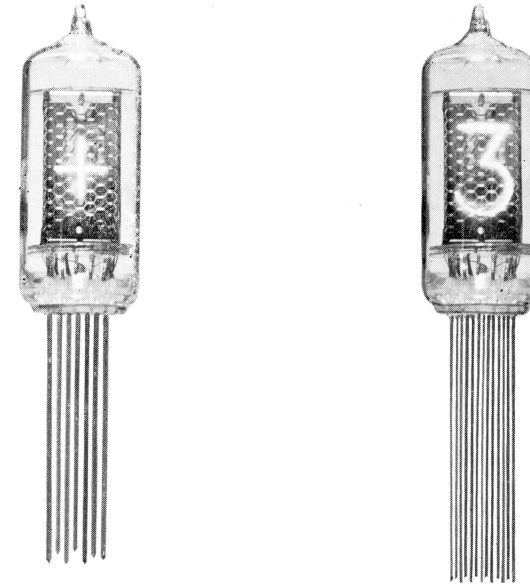


Bild 3.5. Zeichenanzeigeröhre ZM 1083 und Ziffernanzeigeröhre ZM 1082

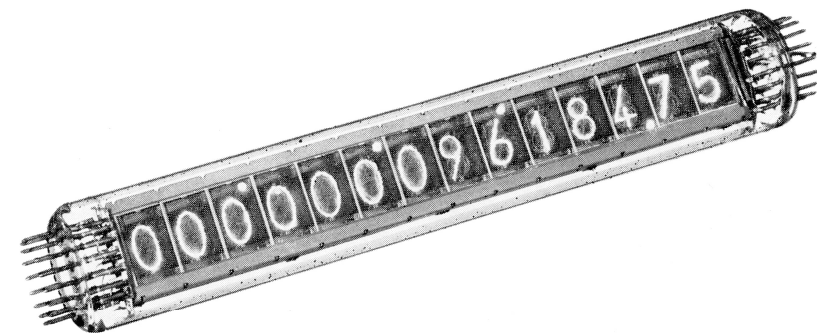


Bild 3.6. PANDICON®-Vielfach-Ziffernanzeigeröhre ZM 1200

**ZM 1030-Familie**

Die seitlich ablesbaren Röhren (Bild 3.7) dieser Familie mit 15 mm Ziffernhöhe enthalten je 2 Anoden für Ansteuerungssysteme, die im Quibinärkode arbeiten.

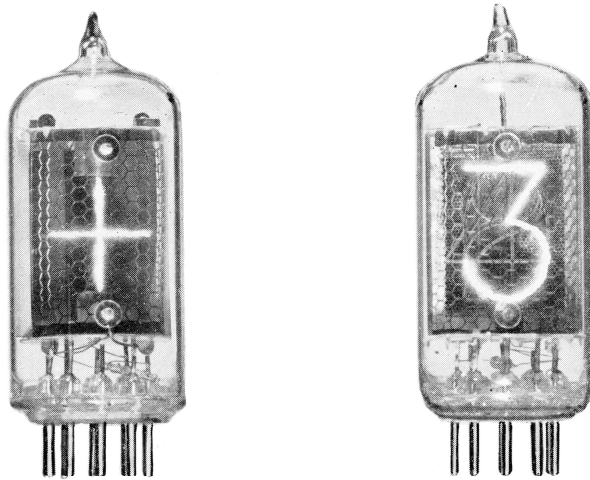


Bild 3.7. Zeichenanzeigeröhre ZM 1033/01 und Ziffernanzeigeröhre ZM 1032

**4. Katodenschalter in der Anzeige-Einheit**

**4.1. Ausgeschaltete Katoden**

Einige bekannte Katodenschaltungen mit Vorspannungserzeugung für die ausgeschalteten Katoden sind in den Bildern 4.1 bis 4.3 gezeigt. In Bild 4.1a ist jede Katode der Ziffernanzeigeröhre mit der Masse über einen großen Widerstand  $R_{KK}$  verbunden. Die eingeschaltete Katode hat Nullpotential, so daß  $I_{KK} = U_{KK}/R_{KK}$  ist. Bild 4.1b zeigt das Strom-Spannungsdiagramm. Man erkennt, daß der Widerstand  $R_{KK}$  groß sein muß, da die Widerstandsgerade für  $I_{KK} = U_{KK}/R_{KK}$  unterhalb der gestrichelten eingezeichneten Toleranzkurve liegen muß. Nun sind wegen der großen Streuung im  $I_{KK}$ -Verlauf die am Schalter (Transistor) auftretenden Spannungen nicht mehr bekannt, auch kann bei dynamischem Betrieb die obere Grenze für die Spannung  $U_{KK}$  ( $\approx 115$  V) überschritten werden.

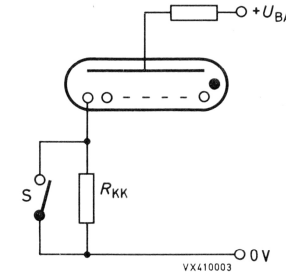


Bild 4.1a. Einfache Schaltung zum Erzeugen einer Vorspannung mit einem großen Widerstand  $R_{KK}$ . Im Fall des idealen Schalters gilt  $R_{KK} \rightarrow \infty$  (S Halbleiterschalter).

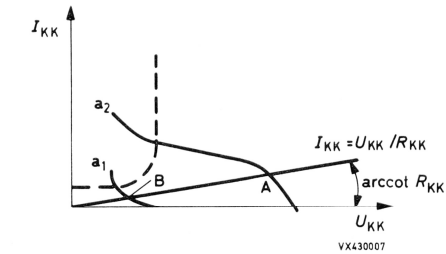


Bild 4.1b. Arbeitsgerade für den Widerstand  $R_{KK}$  im Fall der ausgeschalteten Katode. Die Schnittpunkte A, B geben die Betriebspunkte in zwei Fällen unterschiedlicher Verläufe  $I_{KK} = I_{KK}(U_{KK})$ .

Bild 4.2 zeigt Schaltungen, bei denen die Vorspannung mit Hilfe einer zusätzlichen Quelle erzeugt wird, sowie die zugehörigen  $I_{KK}, U_{KK}$ -Kurven. Werden Schalt-Transistoren verwendet, so muß die Vorspannung so gewählt werden, daß die maximal zulässige Kollektorspannung nicht überschritten wird. Die Schaltung in Bild 4.2c hat gegenüber der Schaltung von Bild 4.2a den Vorteil, daß  $U_{KK}$  stets konstant ist.

Wegen ihrer guten Eigenschaften haben sich Si-NPN-Schalt-Transistoren für den Einsatz als Katodenschalter weitgehend durchgesetzt. Für viele Anwendungen wird keine zusätzliche Vorspannungsquelle benötigt. Bild 4.3 zeigt ein Beispiel. Der Transistor wird im Durchbruch betrieben, wenn die Durchbruchspannung  $U_{CB0}$  bei erreichtem Flußpotential überschritten wird. Der Arbeitspunkt wird durch den Schnittpunkt der Durchbruchkennlinie mit der  $I_{KK}, U_{KK}$ -Kurve festgelegt. Der Wert  $U_{CB0}$  muß hoch genug sein, damit das Nebenglimmen vermieden wird, ferner muß der Transistor die beim Betrieb im Durchbruch auftretende Verlustleistung aufnehmen können. Silizium-Transistoren sind für diese Anwendung besonders geeignet; sie haben niedrige

Restströme und einen scharfen Übergang in den Durchbruch. Wie schon früher vermerkt, ist bei dynamischem Betrieb auch in diesem Fall eine Beschränkung von  $U_{KK}$  auf ca.  $U_{KK} \leq 115 \text{ V}$  nötig, die mit Hilfe einer Vorspannung entsprechend der Anordnung Bild 4.2c erreicht werden kann.

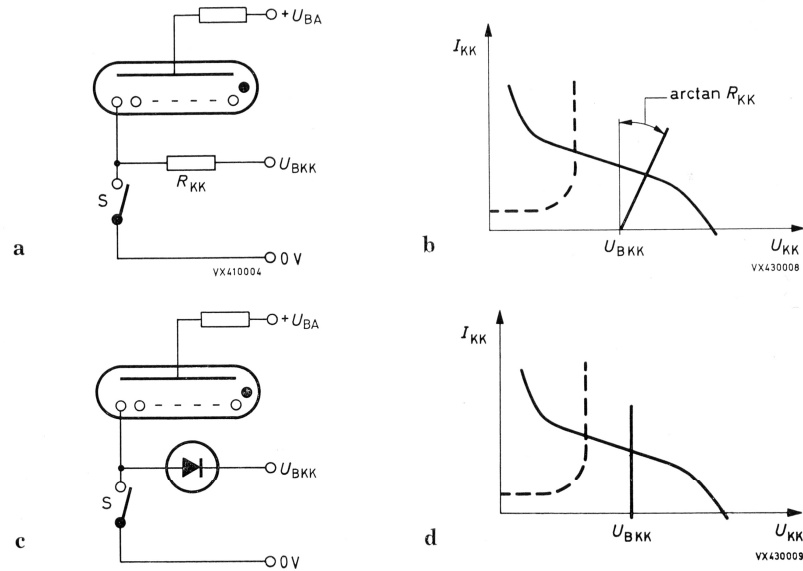


Bild 4.2. Gebräuchliche Schaltungen mit einer zusätzlichen Vorspannung. (S Halbleiterschalter)  
a, c, Schaltungen; b, d, zugehörige Diagramme  $I_{KK}(U_{KK})$

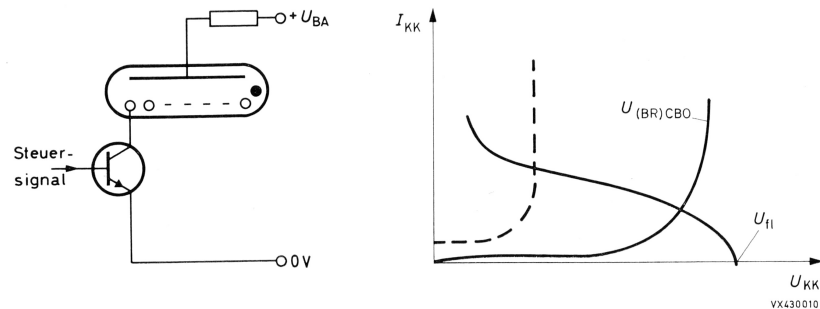


Bild 4.3. Wichtige Grundschaltung zur Ansteuerung einer Ziffernanzeigeröhre durch NPN-Transistoren mit hohen Sperrspannungen sowie das dazugehörige  $I_{KK}(U_{KK})$ -Diagramm

### 5. Dimensionierung der Anzeige-Einheit

In den technischen Daten der Ziffernanzeigeröhren ZM 1000, ZM 1040 ... sind Grenzwerte für die Anodenströme sowie die Brennspannungen als Funktionen des Anodenstromes angegeben; für die Röhren ZM 1020, ZM 1080 ... dagegen sind Grenzwerte für den Katodenstrom und auch die Brennspannungen in Abhängigkeit vom Katodenstrom angegeben. Zur Dimensionierung der Anzeige-Einheit, die zum Beispiel nach Bild 4.2a aufgebaut ist (mit einem Transistor als Schalter), müssen dann die Sondenströme und die Transistor-Sättigungsspannungen mit berücksichtigt werden. Für den Minimalwert des Anodenwiderstandes folgt analog zu Gl. (2)

$$R_{A \min} = \frac{U_{BA \max} - U_{BRN \min}(I_{K \max}) - U_{CE \text{ sat } \min}}{I_{K \max} + \min \Sigma I_{KK}(I_{K \max})} < \frac{U_{BA \max} - U_{BRN \min}(I_{K \max})}{I_{K \max}} \quad (5.1)$$

Verwendet man den letzten, etwas größeren Minimalwert  $R_{A \min}^*$

$$R_{A \min}^* = \frac{U_{BA \max} - U_{BRN \min}(I_{K \max})}{I_{K \max}} \quad (5.2)$$

dann gibt es einen kleinen Sicherheitsabstand für das Einhalten der Grenzwerten. Für  $R_{A \max}$  dagegen muß man nach Gl. (1)

$$R_{A \max} = \frac{U_{BA \max} - U_{BRN \max}(I_{K \min}) - U_{CE \text{ sat } \max}}{I_{K \min} + \max \Sigma I_{KK}(I_{K \min})} \quad (5.3)$$

setzen.

(Der Wert für  $U_{BRN \max}$  ist bei der höchsten, der Wert für  $U_{BRN \min}$  bei der niedrigsten Umgebungstemperatur zu nehmen.)

Um den Transistor gegen zu hohe Kollektorspannungen zu schützen und die Röhre vor einer unzureichenden Katodenvorspannung, kann zum Beispiel ein strombegrenzender Widerstand  $R_C$  an die Hilfsspannung  $U_2$  gelegt werden, wie in Bild 5.1 gezeigt wird. Dieses Verfahren ist allerdings heute kaum noch nötig, da es Transistoren mit ausreichend hoher Durchbruchsspannung gibt. Jedoch soll der Vollständigkeit halber auch der Widerstandswert  $R_C$  abgeschätzt werden. Nach Bild 5.1 ist

$$U_{CEV \max} = R_C(I_{KK \max} - I_C \min) + U_2 \max$$

Soll  $U_{CEV \max}$  nicht überschritten werden, dann muß mit  $I_C \min = 0$

$$R_C < \frac{U_{CEV \max} - U_2 \max}{I_{KK \max}} \quad (5.4)$$

sein.  $I_{KK \max}$  ist der maximale Strom einer ausgeschalteten Kathode, wenn  $U_{KK} = U_{CEV \max}$  gilt;  $U_{CEV \max}$  ist die maximal zulässige Kollektor-Emitter-Spannung bei gesperrter Emitter-Basis-Diode, entsprechend den technischen Daten.



Sobald  $I_{KK}$  kleiner als  $I_C$  ist, wird  $U_{KK}$  kleiner als  $U_2$ . Der kleinste Wert von  $U_{KK}$  ist dann für  $I_{KK \min} = 0$

$$U_{KK \min} = U_2 \min - R_{C \max} I_{C \max}$$

Für  $R_C$  gilt, wenn  $U_{KK \min}$  nicht unterschritten werden soll

$$R_C < \frac{U_2 \min - U_{KK \min}}{I_{C \max}} \quad (5.5)$$

$I_{C \max}$  ist bei der Spannung  $U_{CEV} = U_{KK \min}$  und bei maximaler Sperrschichttemperatur zu nehmen.

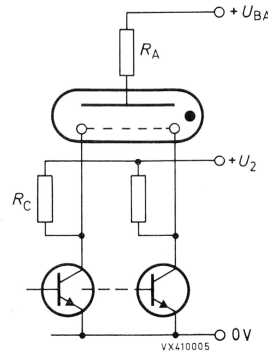


Bild 5.1. Ziffernanzeigeröhre mit zusätzlicher Hilfsspannung

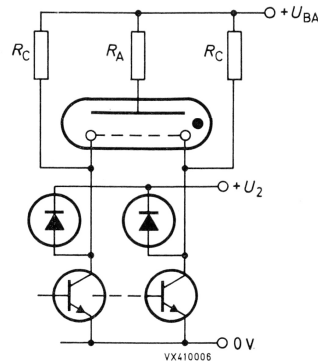


Bild 5.2. Ziffernanzeigeröhre mit Hilfswiderständen und zusätzlicher Fangspannung

Wird, wie Bild 5.2 zeigt, eine Kombination der Systeme von Bild 4.2a und Bild 4.2c gewählt, so daß mit Hilfe von Dioden die Katodenpotentiale abgefangen werden, dann muß  $U_2$  (bei vernachlässigter Diodenspannung)

$$U_{KK \min} \leq U_2 \leq U_{CEV \max}$$

sein.

Für den Fall der gesperrten Diode muß analog zu Gl. (4.5)

$$R_C < \frac{U_{BA \min} - U_{KK \min}}{I_{C \max}} \quad (5.6)$$

gelten mit  $I_{C \max}$  ( $U_{CEV} = U_{KK \min}$ ).  $U_{KK}$  sinkt dann nicht unter den Wert  $U_{KK \min}$  ab.

### 6. Katoden-Schalt-Transistoren im Durchbruch

Im Lawinendurchbruchgebiet von Transistoren gibt es Kennlinien mit teilweise negativem differentiellem Widerstand. Bild 6.1 zeigt ein Beispiel. Die Kennlinien für  $I_B < 0$  (NPN-Transistor) sind teilweise rückläufig, mit Ausnahme des Falles, bei dem der Emitterübergang gesperrt bleibt:  $I_B = -I_C$ , d. h.  $I_E = 0$ .

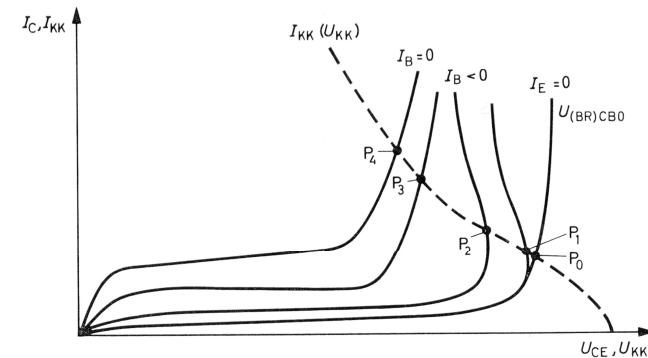


Bild 6.1. Durchbruchkennlinienfeld eines NPN-Transistors sowie  $I_{KK}$ ,  $U_{KK}$ -Verlauf. Die Punkte  $P_0$  bis  $P_4$  sind Beispiele für Arbeitspunkte.

In Bild 6.1 ist willkürlich eine Kennlinie  $I_{KK} = f(U_{KK})$  eingetragen. Abhängig vom Basisstrom des Transistors  $I_B = 0$  werden die Punkte  $P_4$ ,  $P_3$ ,  $P_2$ ,  $P_1$  eingenommen, für  $I_E = 0$  der Punkt  $P_0$ . Instabilität würde eintreten, wenn der negative differentielle Widerstand einer Transistorkennlinie größer ist als der der Kennlinie  $dU_{KK}/-dI_{KK}$ . Dieser Fall läßt sich zwar mit einer idealisierten Ersatzschaltung für den Transistor im Lawinendurchbruchgebiet streng berechnen, in der Praxis gibt es jedoch meist starke Abweichungen bei quantitativen Ergebnissen. Auch die jeweils wirksame Kennlinie  $I_{KK} = f(U_{KK})$  kann, wie man bereits aus Bild 2.4c sieht, sehr verschiedene differentielle Widerstände haben. Aus diesem Grund ist es angebracht, von vornherein dafür zu sorgen, daß der Transistor mit  $I_E = 0$  gesperrt bleibt. Dies wird in der Schaltung Bild 6.2 erreicht, wenn

$$-U_G > -U_{BE \parallel} + (R_B + r_{BR'}) I_C$$

wird.  $U_{BE \parallel}$  ist die Flußspannung für  $I_E = 0$ ,  $r_{BR'}$  ist der Basisbahnwiderstand, den man meist gegenüber  $R_B$  vernachlässigen kann. Da  $I_C$  mit Annäherung

von  $U_{CE}$  an die Durchbruchsspannung  $U_{(BR)CB0}$  stark anwächst, muß man hier für  $I_C$  den maximalen Strom  $I_{KK}$  bei der minimalen Durchbruchsspannung einsetzen, also

$$-U_G > -U_{BEfl} + R_B I_{KK \max} (U_{(BR)CB0 \min}).$$

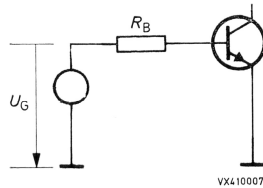


Bild 6.2. Zur Erläuterung der Wahl der Durchbruchskennlinie nach Bild 6.1

### 6.1. Katoden-Schalt-Transistor BSW 69

Der Schalt-Transistor BSW 69, ein epitaktischer NPN-Silizium-Planar-Transistor, wurde speziell für die Ansteuerung von Ziffernanzeigeröhren entwickelt. Er hat hohe Lawinendurchbruchsspannungen. Die zulässige Kollektor-Basis-Sperrspannung beträgt  $U_{CB0} = \max. 150 \text{ V}$ , die zulässige Kollektor-Emitter-Spannung ist ebenfalls  $U_{CER} = \max. 150 \text{ V}$  bei einem Widerstand zwischen Basis und Emitter von nicht größer als  $R_{BE} = 10 \text{ k}\Omega$ . Diese zulässigen Spannungen liegen im Bereich günstiger Werte für  $U_{KK}$ , bei den Ziffernanzeigeröhren etwa 140–150 V. Ferner sind die Restströme niedrig: es gilt z. B. für  $\theta_1 = 25^\circ \text{C}$

bei $U_{CB} = 100 \text{ V}$ , $I_E = 0$	$I_{CB0} \leq 100 \text{ nA}$
bei $U_{CB} = 150 \text{ V}$ , $I_E = 0$	$I_{CB0} \leq 10 \text{ }\mu\text{A}$
bei $U_{CE} = 150 \text{ V}$ , $R_{BE} = 10 \text{ k}\Omega$	$I_{CER} \leq 100 \text{ }\mu\text{A}$ .

Damit wird ein sehr kleiner Sondenstrom  $I_{KK}$  erzielt, und die Sondenspannung liegt dann weit über 100 V, was zu einer klaren Ziffernanzeige – ohne Nebenglimmen – führt. Wegen der hohen Sperrspannung muß bei dynamischem Betrieb die Vorspannung der nichteingeschalteten Katoden über Dioden und Hilfsspannung auf etwa  $U_{KK \max} \approx 120 \text{ V}$  begrenzt werden.

## 7. Ansteuersysteme

Es gibt mehrere Methoden zur Ansteuerung von Ziffernanzeigeröhren. Bei der bekanntesten Methode, der statischen Ansteuerung, werden die Ziffernanzeigeröhren parallel mit Gleichspannung betrieben, beim Impulsbetrieb (dynamische Ansteuerung) betreibt man meistens die Röhren nacheinander durch kurze Stromimpulse. Die dynamische Ansteuerung kann bei der Anzeige

großer Zahlen mit vielen Dezimalstufen vorteilhaft sein. Ist die Impulsfrequenz hinreichend hoch, so tritt bei periodischem Durchlauf aller Dezimalstufen kein Flimmern des Ziffernbildes auf. Die Helligkeit der Ziffern hängt im wesentlichen vom Tastverhältnis (Dauer der Entladung in einer Anzeigeröhre zur Periodendauer) und der Stromamplitude  $I_{KM}$  ab. Der mittlere Lichtstrom  $\Phi$ , der von einer Katode ausgeht, ist proportional zum Mittelwert des Katodenstromes  $I_K$

$$\Phi = \alpha I_K = \alpha \frac{t_p I_{KM}}{T},$$

mit  $t_p$  Dauer eines Stromimpulses,  $T$  Periodendauer,  $\alpha$  Proportionalitätskonstante.

Beim Impulsbetrieb befinden sich die leuchtenden Bereiche der Gasentladung dichter an der Katodenoberfläche als bei statischem Betrieb. Daher erscheinen beim Impulsbetrieb die Ziffern heller als bei statischer Ansteuerung, wenn der gleiche mittlere Strom fließt. Neben dem Hauptvorteil der dynamischen Ansteuerung, der in manchen Systemen Schaltungsvereinfachungen bedeutet, kommt also noch der eines geringeren Strombedarfs hinzu.

Ein Beispiel soll dies deutlich machen. Die Integrationszeit (nach den technischen Daten, zur Berechnung des mittleren Stromes aus den Augenblickswerten) sei dabei für den Impulsbetrieb größer als die Periodendauer eines Abtastzyklus. Das maximale Tastverhältnis  $t_p/T$ , bei dem bei einer Impulsdauer  $t_p$  in der Röhre der gleiche mittlere Strom wie beim statischen Betrieb fließt, kann durch einfachen Stromvergleich bestimmt werden. Für einen Impuls pro Periode ist der maximale mittlere Strom

$$I_{K \max} = \frac{t_p}{T} (I_{KM \max}).$$

Bei der Anzeigeröhre ZM 1005 ist  $I_K = \max. 2,5 \text{ mA}$ ,  $I_{KM} = \max. 20 \text{ mA}$ , damit folgt für  $t_p/T = 2,5/20 = 1/8$ . Acht Dezimalstufen bei dynamischem Betrieb hätten somit die gleiche maximale Helligkeit wie bei statischem Betrieb.

Veranschlagt man noch einen Gewinn an Erkennbarkeit beim Impulsbetrieb im Vergleich mit der Erkennbarkeit bei statischem Betrieb auf ca. 1,2, dann ist die Ziffernhelligkeit bei dynamischer Ansteuerung von etwa 10 Dezimalstufen (eine Zündung pro Abtastperiode) gleich der maximalen Helligkeit bei statischem Betrieb, die bei  $I_K = \max. 2,5 \text{ mA}$  (ZM 1005) vorhanden ist. Wie später noch eingehender besprochen wird, kann im Fall der dynamischen Ansteuerung auch bei vielstelliger Anzeige durch Parallelbetrieb das Tastverhältnis erniedrigt werden.

### 7.1. Statische Ansteuerung einer Ziffernanzeigeröhre

In Bild 7.1 wird das Prinzip der statischen Ansteuerung gezeigt. Jede Katode einer Ziffernanzeigeröhre ist über einen Schalter mit Masse verbunden. Als

Schalter werden – wie bereits erwähnt – vor allem NPN-Transistoren verwendet. Die Schalter – pro Ziffernanzeigeröhre sind 10 Schalter vorhanden – werden von dem Meß- oder Rechengert oder der Zählstufe über eine Dekodierschaltung so gesteuert, daß jeweils der der anzuzeigenden Ziffer zugeordnete Katodenschalter geschlossen ist, die übrigen geöffnet sind. Die Anoden sind über Widerstände mit einer gemeinsamen Versorgungsleitung verbunden.

Als Versorgungsspannung wird neben Gleichspannung häufig eine unglättete pulsierende Gleichspannung gewählt, bei der während jeder Halbwelle die Entladung in der Röhre einmal gezündet und einmal gelöscht wird.

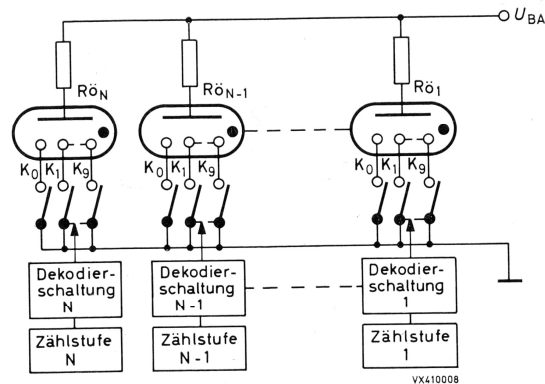


Bild 7.1. Prinzipschaltung mit N Ziffernanzeigeröhren zur Erläuterung der Schalteranordnung bei der statischen Methode. Zählengänge und Übertrag sind nicht mit eingezeichnet.

## 7.2. Dynamische Ansteuerung

In Bild 7.2 ist die die Grundschiung mit einer dynamisch angesteuerten Ziffernanzeigeröhre dargestellt. Man erkennt, daß nur  $N + 10$  Schalter bei dynamischer Ansteuerung gebraucht werden, anstelle von  $10 N$ , die bei der statischen Ansteuerung nötig sind. Zehn Katodenschalter werden gebraucht, um die Katoden zu schalten, und N Anodenschalter, um die jeweilige Stelle (Röhre) zu wählen.

Bei dieser Anordnung gibt es zwei Betriebsarten,

- das Katoden-Abtastsystem,
- das Anoden-Abtastsystem,

die im folgenden beschrieben werden sollen.

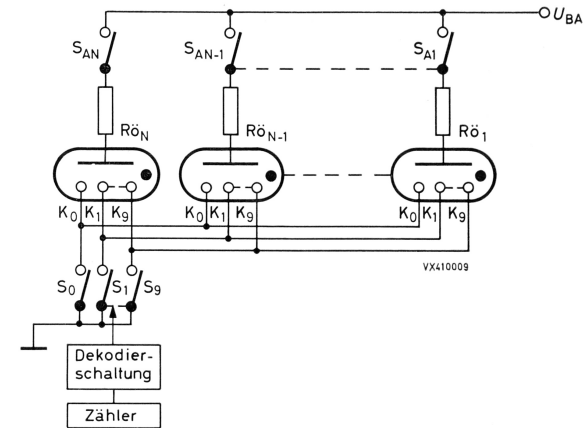


Bild 7.2. Grundschiung bei der dynamischen Methode zur Erläuterung der Schalteranordnung mit mehrstufigem Zähler und zugehöriger Dekodierung. Zählengänge und Übertrag sind nicht eingezeichnet, ebenso die Steuerung der Anodenschalter, die von Betriebsart zu Betriebsart unterschiedlich ist.

### 7.2.1. Katoden-Abtastsystem

Bild 7.3 zeigt eine Blockschiung zum Katoden-Abtastsystem. Das gewählte Beispiel zeigt eine Gruppe von N Zählstufen und N Ziffernanzeigeröhren. Alle Katoden, die der gleichen Ziffer zugeordnet sind, sind mit einem zugehörigen Katodenschalter verbunden. Ein Impuls-generator gibt fortlaufend Impulse an die Eingänge 0 bis 9 so ab, daß entgegen der Zählrichtung die Schalter  $S_9, S_8, S_7 \dots$  nacheinander geschlossen werden.

Bild 7.4 (oberer Teil) zeigt die Impulse, die an die Ausgänge des Impuls-generators 0 bis 9 gelangen, in Abhängigkeit von der Zeit. Synchron hierzu werden Impulse zu den eingezeichneten Eingängen der Zählstufen  $Z_1$  bis  $Z_N$  gegeben (unterer Bildteil). Der Übertrag von Stufe zu Stufe ist bei der Anzeige abgeschaltet.

Zum Verdeutlichen der Wirkungsweise nehmen wir an, der Zähler habe einen Zählvorgang beendet, und das Ergebnis soll angezeigt werden. Die Zählstufen  $Z_1$  bis  $Z_N$  haben dann bestimmte Zählerstellungen, die Dekade  $Z_2$  zum Beispiel den Wert 7. Wird nun der Impuls-generator in Betrieb gesetzt, so werden die Katodenschalter der Reihe nach geschlossen und Impulse zu der Abfrageleitung in die Zählstufen gegeben. Nach 3 Abfrageimpulsen gibt die Zählstufe  $Z_2$  einen Umschaltimpuls in den Anodenschalter  $S_{A2}$ . Dieser wird geschlossen und ebenso beim dritten Impuls des Impuls-generators auch der Katoden-schalter  $S_7$ . Die Zahl 7 leuchtet kurzfristig in der Röhre  $Rö_2$  auf. Der Anoden-schalter bleibt geschlossen, bis der Impuls-generator den nächsten Impuls abgibt.

Dieser Vorgang spielt sich entsprechend bei den anderen Zählstufen ab, und die Zählerstellungen werden jeweils angezeigt. Nach 10 Impulsen befindet sich der Impulsgenerator wieder in seiner Ausgangsstellung. Durch schnelles periodisches Wiederholen dieses Vorganges wird die Ablesung möglich. Es entsteht

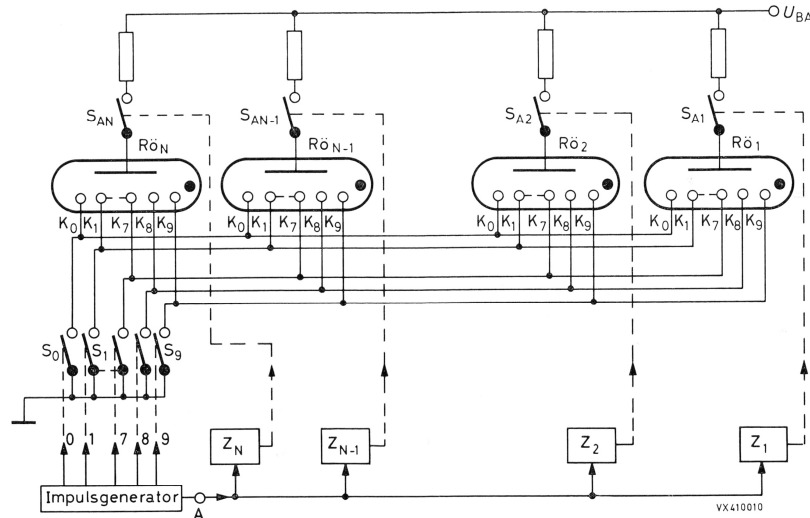


Bild 7.3. Katoden-Abtastsystem; Zählstufen  $Z_1$  bis  $Z_N$ . Der Zählengang ist nicht eingezeichnet. Die Zählstufen werden gleichzeitig über Impulse (aus A) abgefragt und steuern die Anodenschalter. Der Übertrag von einer Stufe zur anderen darf bei der Anzeige nicht wirksam sein.

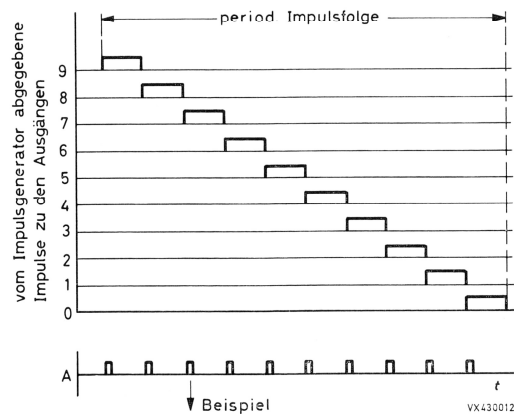


Bild 7.4. Periodische Impulsfolge zu den Ausgängen 0 bis 9 des Impulsgenerators. Unterer Bildteil: Impulsfolge, die am Ausgang A auftritt.

der Eindruck, daß die Anzeige der Ziffern kontinuierlich erfolgt, obwohl die angezeigten Ziffern nur sehr kurzzeitig aufleuchten. Damit der Anzeigevorgang beliebig oft wiederholt werden kann, muß entweder nach jedem Abfragezyklus die Zählerstellung wieder erreicht sein oder sie muß mit Hilfe eines Gedächtnisses stets wieder neu hergestellt werden.

Die Ziffernanzeigeröhren werden während der 10 Impulse (eine Impulsfolge des Generators) nur einmal für die Dauer eines Impulses gezündet. Das Tastverhältnis ist im günstigsten Fall 1/10.

Ein Merkmal des Katoden-Abtastsystems ist, daß die Katodenschalter (meist mit Transistoren bestückt) je nach der Stellung eines mehrstufigen Zählers sehr verschiedene große Ströme schalten müssen. Im ungünstigsten Fall, bei der die angezeigte Zahl aus gleichen Ziffern (z. B. 888...) besteht, muß ein Katodenschalter den N-fachen Katodenstrom einer Ziffernanzeigeröhre aufnehmen. Bei einem Spitzenwert des Katodenstromes der Ziffernanzeigeröhre ZM 1080 von  $I_{KM} = \max. 12 \text{ mA}$  und einer 12stelligen Anzeige ( $N = 12$ ) beträgt dann der Kollektorstrom des Schalt-Transistors 144 mA.

7.2.2. Anoden-Abtastsystem

Das Schema eines Anoden-Abtastsystems, bei dem der Ausgang eines Serienspeichers zur Ansteuerung dient, zeigt Bild 7.5. Die Gruppen  $Z_1$  bis  $Z_N$ , die jeweils eine binär kodierte Zahl enthalten, stellen einen Serienspeicher, bei-

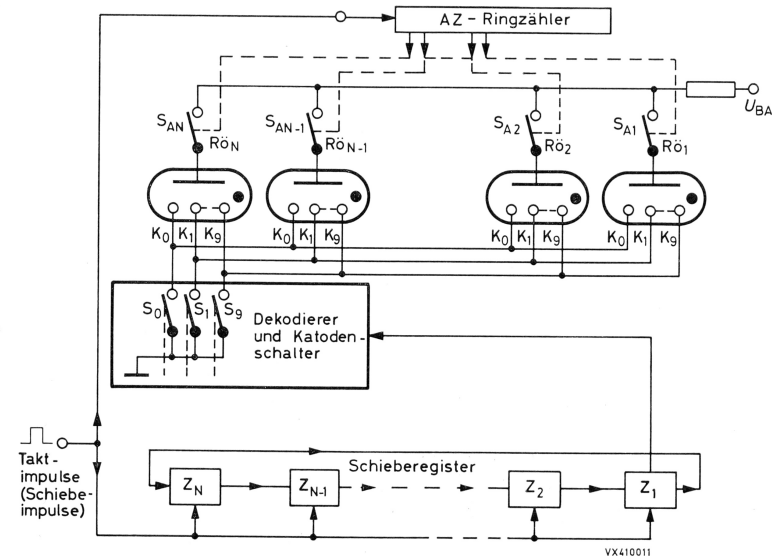


Bild 7.5. Grundschaaltung zum Anoden-Abtastsystem. Die Anodenwahleinrichtung AZ schließt nacheinander kurzzeitig die Anodenschalter.

spielsweise ein Schieberegister, dar. In diesem läuft die gespeicherte Information fortwährend zyklisch um. Am Ausgang des Speichers, in  $Z_1$ , stehen die Bits parallel zur Verfügung und gelangen auf einen Dekodierer, der neben der Auswahl der entsprechenden Katode auch die Funktion der Katodenschalter übernimmt. Von den Anodenschaltern  $S_{AN}$  ist jeweils nur einer eingeschaltet, wobei der Zähler AZ dafür sorgt, daß die Anodenschalter nacheinander, synchron mit den Taktimpulsen für das Schieberegister, eingeschaltet werden. Während also  $S_{A1}$  geschlossen ist, wird der Inhalt von  $Z_1$  dekodiert und die entsprechende Katode angesteuert, so daß die erste Zahl

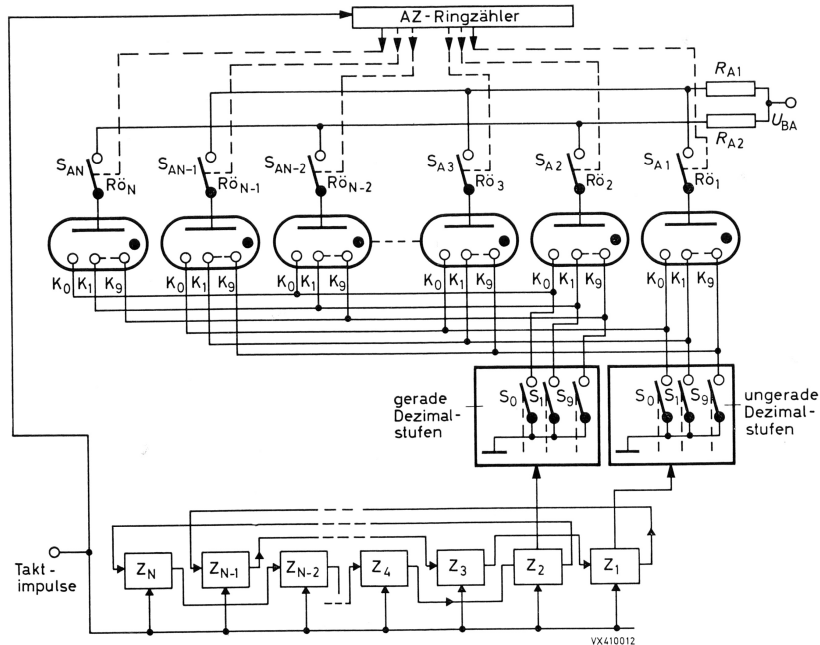


Bild 7.6a. Zum Anoden-Abstastsystem  
Prinzipialschaltung für eine Steuerung mit doppeltem Tastverhältnis

in  $R_{O1}$  erscheint. Mit dem nächsten Taktimpuls wird der Inhalt von  $Z_2$  nach  $Z_1$  geschoben und in der zweiten Dekade  $R_{O2}$  angezeigt, da jetzt der Anodenschalter  $S_{A2}$  geschlossen ist, nachdem  $S_{A1}$  wieder geöffnet wurde. Die Anzeige setzt sich in dieser Art fort, bis nach weiteren  $N-2$  Taktimpulsen der Inhalt von  $Z_N$  in der Röhre  $R_{ON}$  zu sehen ist und sich derselbe Zyklus wiederholt.

Im Gegensatz zum Katoden-Abstastsystem gilt für das Anoden-Abstastsystem, daß ein Katodenschalter (Transistor) in jedem Fall nur den Strom einer Ziffernanzeige röhre aufnehmen muß. Ein Nachteil ist das niedrigere Tastver-

hältnis, das von der Zahl der anzuzeigenden Stellen (Zahl der Röhren) abhängt. Allgemein kann aber das Tastverhältnis durch Bilden von zwei oder mehreren Katodengruppen vergrößert werden. Die Bilder 7.6a und b zeigen die Blockschaltung einer Anzeige-Einheit, bei der in einer Gruppe die geraden und in der anderen Gruppe die ungeraden Stellen mit jeweils 10 Katodenschaltern zusammengefaßt sind. Die Bits werden jeweils in die übernächste Gruppe gegeben, beispielsweise von  $Z_3 \rightarrow Z_1 \rightarrow Z_{N-1}$  und  $Z_4 \rightarrow Z_2 \rightarrow Z_N$ . Die Information, die der ersten Ziffer zugeordnet ist, befindet sich in der Gruppe  $Z_1$  und wird von  $R_{O1}$  angezeigt. Die Information, die zur zweiten Ziffer gehört, wird

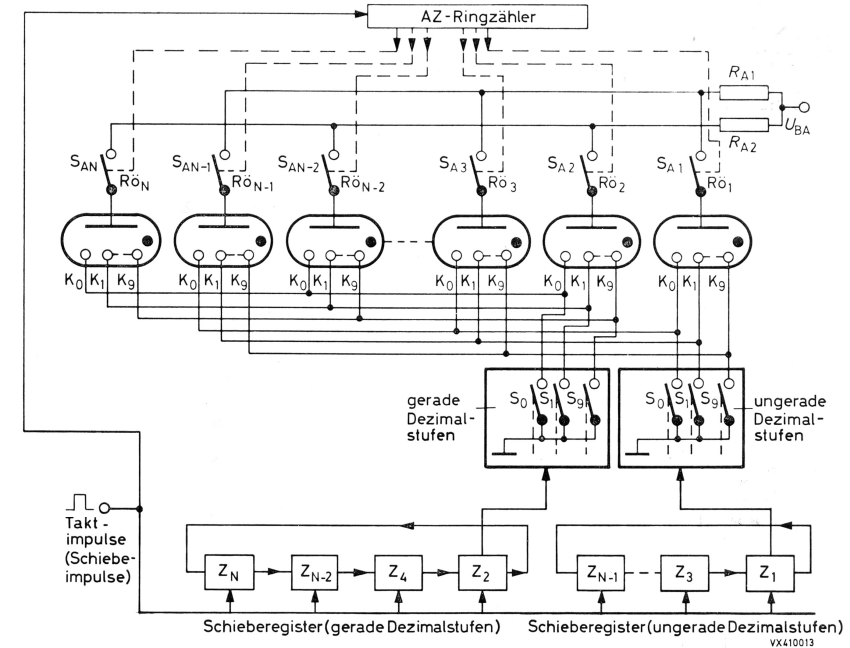


Bild 7.6b. Umgezeichnete Prinzipialschaltung nach Bild 7.6a

gleichzeitig von  $R_{O2}$  angezeigt; die dritte Ziffer gelangt nach einem Taktimpuls in der Röhre  $R_{O3}$  zur Anzeige.

Die Anodenschalter werden wie folgt betätigt: Der Schalter  $S_{A1}$  öffnet, sobald  $S_{A3}$  schließt, und  $S_{A2}$  öffnet, wenn  $S_{A4}$  schließt usw. Es sind damit jeweils zwei Röhren zugleich gezündet, eine in der geraden und eine in der ungeraden Gruppe der Stellen. Dies ermöglicht ein Tastverhältnis, das – verglichen mit dem bei der Schaltung von Bild 7.5 – doppelt so groß ist.

8. Ansteuerschaltungen

8.1. Ansteuerung eines PANDICON

8.1.1. Ansteuerschaltung

Bild 8.1.1 zeigt die Ansteuerschaltung für ein PANDICON. Die einzelnen Systemteile sind zur besseren Übersicht mit gestrichelten Umrandungen versehen. Der Anodenschalter ist ein vierzehnstufiger Ringzähler<sup>2)</sup> (siebenstufiger

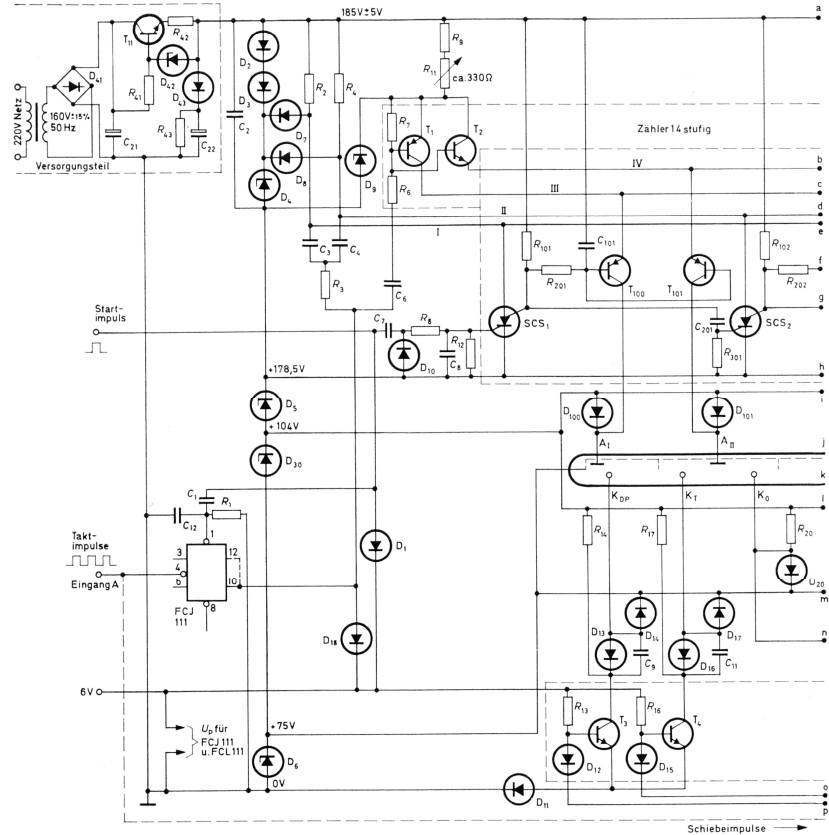
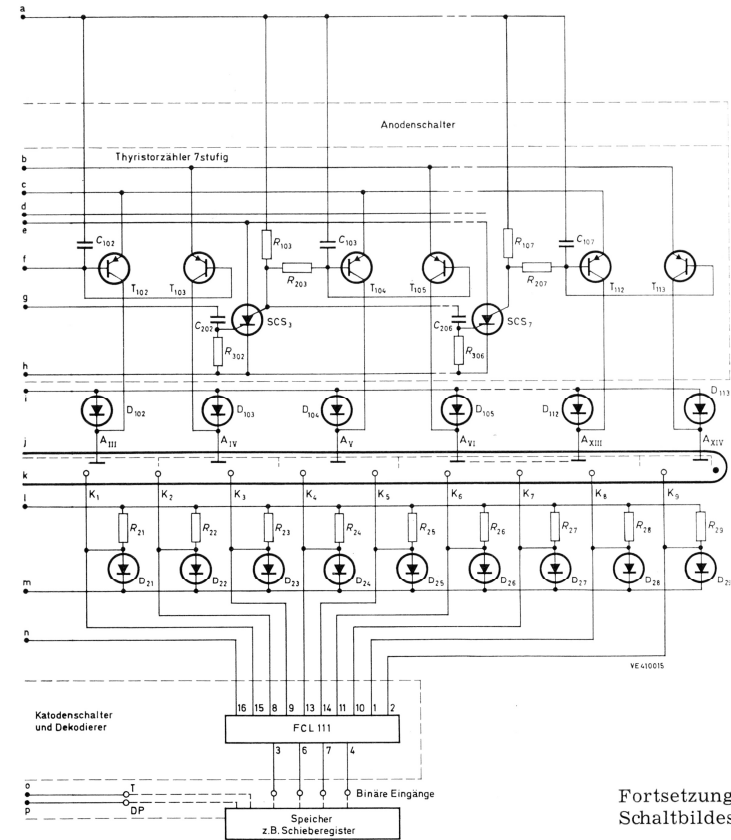


Bild 8.1.1. Ansteuerschaltung mit Speiseteil. Die vorliegende Version enthält eine integrierte Schaltung FCL 111 als Dekodierer und Katodenschalter. (Eine mit Dioden und Transistoren aufgebaute Katodeneinheit zeigt Bild 8.1.3.)

2) Der Zähler arbeitet sinngemäß als Ringzähler, da nach jedem Zyklus ein neuer Startimpuls erfolgt. Die Schaltung ist für eine 14stufige Röhre ZM 1200 angegeben. Nach Weglassen einiger Anodenstufen können auch andere Pandicon-Röhren, z. B. ZM 1206, betrieben werden.

Ringzähler mit Thyristortetroden, je 2 Schaltstellen pro Stufe). Mit 14 Taktimpulsen wird ein Abtastzyklus durchlaufen, dabei leuchtet nacheinander in jeder Dezimalstufe eine Ziffer auf. Der Startimpuls bringt den Zähler in die Ausgangsstellung. Er erfolgt sowohl zu Beginn eines Anzeigevorganges als auch am Anfang jedes Abtastzyklus, um den Zyklus einzuleiten und damit die Störsicherheit des Systems zu erhöhen. Der in integrierter Technik ausgeführte Dekodierer FCL 111 wird mit den Ausgängen des Schieberegisters verbunden, dessen Inhalt von der Röhre angezeigt werden soll. Anstelle der integrierten



Fortsetzung des Schaltbildes 8.1.1

Schaltung kann auch ein mit Transistoren bestückter Katodenteil verwendet werden, dessen Schaltung in Bild 8.1.3 dargestellt ist. Synchron mit den Taktimpulsen wird zum Dekodierer und damit zum Katodenschalter jeweils die Information (Ziffern sowie Dezimal- und Markierungspunkt) gegeben, die zur gerade eingeschalteten Dezimalstufe gehört. Die einzelnen Baugruppen sollen im folgenden anhand von Bild 8.1.1 besprochen werden.

**Bauelemente der Ansteuerschaltung Bild 8.1.1**

Alle Widerstände  $\pm 5\%$ , 0,25 W, wenn nicht anders angegeben; alle Kondensatoren  $\pm 10\%$  Toleranz.

$R_1$ 6,8 k $\Omega$	$R_{14}$ 120 k $\Omega$	$C_1$ 1 nF
$R_2$ 10 k $\Omega$	$R_{16}$ 6,8 k $\Omega$	$C_2$ 100 nF
$R_3$ 1,8 k $\Omega$	$R_{17}$ 120 k $\Omega$	$C_3$ 3,3 nF
$R_4$ 10 k $\Omega$	$R_{20}$ bis $R_{29}$ 68 k $\Omega$	$C_4$ 3,3 nF
$R_6$ 10 k $\Omega$	$R_{41}$ 22 k $\Omega$ , 2 W	$C_6$ 220 nF
$R_7$ 33 k $\Omega$	$R_{42}$ 390 $\Omega$	$C_7$ 22 nF
$R_8$ 18 k $\Omega$	$R_{43}$ 56 k $\Omega$ , 1 W	$C_8$ 270 pF
$R_9$ 390 $\Omega$	$R_{101}$ bis $R_{107}$ 10 k $\Omega$	$C_9$ 3,3 nF
$R_{11}$ 500 $\Omega$ , lin. Pot.	$R_{201}$ bis $R_{207}$ 3,3 k $\Omega$	$C_{11}$ 3,3 nF
$R_{12}$ 10 k $\Omega$	$R_{301}$ bis $R_{306}$ 10 k $\Omega$	$C_{12}$ 800 pF
$R_{13}$ 6,8 k $\Omega$		$C_{21}$ 50 $\mu$ F, 300 V
		$C_{22}$ 50 $\mu$ F, 300 V
$D_1, D_2, D_3$ BAX 13	$D_{18}$ BAX 13	$C_{101}$ bis $C_{107}$ 100 pF
$D_4$ BZY 88/C5V1	$D_{20}$ bis $D_{29}$ BAX 16	$C_{201}$ bis $C_{206}$ 270 pF
$D_5, D_6$ BZX 61/C75	$D_{30}$ BZY 88/C30	
$D_7, D_8$ BAX 13	$D_{41}$ BY 127 (4x)	$T_1$ BC 177
$D_9$ BZY 88/C3V3	$D_{42}$ BZY 88/C6V8	$T_2$ BC 107
$D_{10}, D_{11}, D_{12}$ BAX 13	$D_{43}$ BAX 17	$T_3, T_4$ BSW 69
$D_{13}, D_{14}$ BAX 16	$D_{100}$ bis $D_{113}$ BAX 16	$T_{11}$ BD 115
$D_{15}$ BAX 13		$T_{100}$ bis $T_{113}$ N 290 BSY*)
$D_{16}, D_{17}$ BAX 16	SCS BRY 39	

\*) Entwicklungsbezeichnung für PNP-Schalt-Transistor (BSV 68 in TO 18-Gehäuse)

**8.1.2. Anodenschalter**

Das System erhält vom Eingang A her Taktimpulse (Impulsfolgefrequenz 1 kHz), die in dem Flipflop FCJ 111 in Rechteckimpulse der Impulsfrequenz 0,5 kHz umgeformt und untersetzt werden.

Der Zähler im Anodenkreis ist mit sieben Thyristortetroden (SCS)<sup>3)</sup> vom Typ BRY 39 aufgebaut. Die Stufen mit dem Index 4 bis 6 sind nicht eingezeichnet. Zu jeder Tetrode gehören zwei Schalt-Transistoren, deren Kollektoren mit den Anoden des PANDICON verbunden sind. Die Anoden liegen bei stromlosen Schalt-Transistoren über die Dioden  $D_{100}$  bis  $D_{113}$  an einer Anodenvorspannung von 104 V. Sobald einer der Transistoren Strom führt, wird die Zündung des betreffenden Anzeigesystems ermöglicht.

Die Schaltung ist so ausgelegt, daß immer nur eine der sieben Tetroden gezündet ist, zum Beispiel  $SCS_2$ . Dann liegen die Basen der beiden Transistoren  $T_{102}$ ,  $T_{103}$  auf niedrigem Potential (im Gegensatz zu den Basen aller anderen

3) SCS = silicon controlled switch

Transistoren). Welcher der beiden Transistoren  $T_{102}$ ,  $T_{103}$  leitet, hängt von der Schaltstellung der beiden Transistoren  $T_1$ ,  $T_2$  ab, die durch eine Rechteck-Taktspannung geschaltet werden. Diese Rechteckspannung gelangt von dem Flipflop FCJ 111 über den Kondensator  $C_6$  an die Basen von  $T_1$  und  $T_2$ . Während der negativen Halbperiode wird  $T_1$  leitend und damit (in unserem Beispiel) über die Leitung III auch der Transistor  $T_{102}$ . Die Spannung über die Basis zum Emitter von  $T_2$  und über den Emitter und die Basis von  $T_{103}$  reicht nicht aus, um diese ebenfalls leitend werden zu lassen.

Während der positiven Halbperiode des Rechteckimpulses wird  $T_1$  gesperrt und  $T_2$  leitend, wodurch auch über die Leitung IV der Transistor  $T_{103}$  (in unserem Beispiel) leitend wird.  $T_{102}$  ist dann gesperrt. Das Weiterschalten von Tetrode zu Tetrode erfolgt durch die Rückflanken des gleichen Rechteckimpulses über  $C_3$ ,  $C_4$ . Die Impulse werden in den RC-Gliedern  $C_3 R_2$  bzw.  $C_4 R_4$  differenziert. Die über die Leitungen I und II gelangenden negativen Impulse löschen den jeweils leitenden SCS über die Anodenanschlüsse. Dabei wird über den Anoden-Steueranschluß und den Widerstand  $R_{202}$  (in unserem Beispiel) der noch leitende Transistor  $T_{103}$  gesperrt. Zugleich erhält  $SCS_3$  am Katoden-Steueranschluß über  $C_{202}$ ,  $R_{302}$  einen positiven Impuls, der  $SCS_3$  zündet. Danach wird über  $T_1$  der Transistor  $T_{104}$  eingeschaltet usw. Es sei an dieser Stelle noch vermerkt, daß die Schalt-Transistoren – da die Potentiale ihrer Basen in jedem Fall über den Thyristor festgehalten werden – im aktiven Bereich arbeiten können (z. B. bei niedrigen Brennspannungen der Röhre). Die eventuell auftretende Verlustleistung kann ohne besondere Kühlvorrichtung verarbeitet werden.

In der beschriebenen Weise werden 14 Schaltstellungen für den Anodenschalter erzielt, die den 14 Anoden der Röhre zugeordnet sind. Da jede Anode der Röhre ZM 1200 für 1 ms eingeschaltet ist, beträgt damit der Abtastzyklus 14 ms; dies bedeutet eine Zyklusfrequenz von ca. 70 Hz. Damit ist mit Sicherheit ein flimmerfreies Ziffernbild gegeben.

Aus den Taktimpulsen wird ein Startimpuls (1-aus-14-Impuls) abgeleitet, der den Anzeige-Zyklus einleitet. Da die Tetrode  $SCS_1$  mit diesem Impuls zündet, wird der Zähler in seine Anfangsstellung gebracht. Der Startimpuls geht gleichzeitig auf den Setzeingang (1) von FCJ 111, wodurch zu Beginn des Zyklus die richtige Polarität am Ausgang hergestellt wird. Auf diese Weise werden Störungen der Anzeige auch vermieden, wenn die Versorgungsspannung während eines Abtastzyklus kurzzeitig unterbrochen wird und wenn im gerade abgelaufenen Abtastzyklus Störimpulse aufgetreten sind.

Eine auftretende Störung kann also höchstens für die Dauer eines Abtastzyklus (max. 14 ms) das Anzeigeergebnis verfälschen.

In Bild 8.1.2 ist das Impulsdiagramm für die Ansteuerschaltung gezeigt: Nach je 14 Taktimpulsen erfolgt ein Startimpuls, der das Flipflop (FCJ 111) in die richtige Lage setzt und ferner den  $SCS_1$  zündet. (Bei einer Startimpulsdauer  $> 1$  ms muß der andere Flipflop Ausgang verwendet werden, wie man aus Bild 8.1.2 unmittelbar erkennt.) Die Tetroden SCS leiten nacheinander für 2 ms;

die Anoden  $A_I$  bis  $A_{XIV}$  leiten nacheinander für je 1 ms. Der Setzeingang von FCJ 111 wird über einen kapazitiven Teiler angesteuert. (Der Startimpuls darf demnach nicht direkt vom Ausgang eines Flipflop kommen, da dieses infolge der kapazitiven Last nicht kippen würde. Im gegebenen Fall muß das Startsignal über einen Inverter an den Starteingang der Ansteuerschaltung geführt werden.)

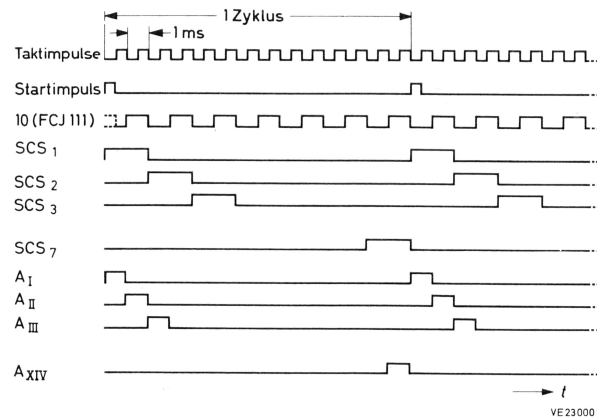


Bild 8.1.2. Impulsdiagramm zur Ansteuerschaltung nach Bild 8.1.1

Um auf jeden Fall zu vermeiden, daß eine der nicht eingeschalteten Thyristortetroden unerwünscht zündet, halten die Klemmdioden  $D_7$  und  $D_8$  die Anodenspannung dieser Thyristoren unter der Spannung ihrer Anoden-Steueranschlüsse. Die Diode  $D_{10}$  wirkt als Schutzdiode für die Thyristortetrode  $SCS_1$ . Die Z-Diode  $D_9$  ist nur für den Fall vorgesehen, daß eine oder mehrere der Anoden nicht zur Anzeige verwendet werden. Sie hat dann den Zweck, den über die Basis-Emitter-Diode eines Schalt-Transistors in den Anoden-Steueranschluß des jeweiligen Thyristors fließenden Strom zu verkleinern:

Unter worst-case-Bedingungen würde nämlich bei großem Strom  $I_{Ga}$  des Thyristors die Möglichkeit bestehen, daß der Haltestrom nicht ausreicht und der Thyristor löscht, was zu Störungen in der Anzeige führen würde.

Die Kondensatoren  $C_{101}$  bis  $C_{107}$  bilden Kurzschlüsse für die Störspitzen an den Basisanschlüssen der Anodenschalter, die durch den großen Spannungshub an den Anoden über die Basis-Kollektor-Kapazität entstehen. Der Anodenstrom wird mit dem Potentiometer  $R_{11}$  (ca.  $330 \Omega$ ) eingestellt. Er sollte etwa 8 mA betragen. Die maximal von der Ansteuerschaltung her mögliche Brennspannung für die Röhre beträgt etwa 179 V, so daß damit auch eine obere Grenze für den Anodenstrom gegeben ist.

### 8.1.3. Versorgungsteil

Der Versorgungsteil für die Anzeige-Einheit ist in Bild 8.1.1 oben links gezeigt. Er enthält eine Stromstabilisierung und eine Begrenzung. Die Z-Diode, die parallel zum Widerstand  $R_{42}$  und der Basis-Emitterstrecke von  $T_{11}$  geschaltet ist, bewirkt einen nahezu konstanten Spannungsabfall am Emittervorwiderstand  $R_{42}$  und damit einen weitgehend konstanten Emitterstrom. Dies ist ein Schutz gegen Kurzschlüsse in der Schaltung. Entstände ein Kurzschluß zwischen einer Anode und einer Katode, so würde die 104 V-Strecke  $D_{30}$ ,  $D_6$  überbrückt, und die Speisespannung fiel auf  $185 \text{ V} - 104 \text{ V} \approx 81 \text{ V}$ . Der Netzteil liefert in diesem Fall einen Strom von max.  $\approx 25 \text{ mA}$ .

Im normalen Betrieb nimmt die Ansteuerschaltung etwa 17 mA auf. Die Z-Dioden  $D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_{30}$ ,  $D_6$  stabilisieren die Speisespannung auf 185 V. Das Netzwerk  $D_{43}$ ,  $R_{43}$ ,  $C_{22}$  gleicht Spannungsänderungen, die durch das Schalten der Röhre ZM 1200 hervorgerufen werden, weitgehend aus.  $D_{43}$  dient zur Entkopplung, um ein Entladen des Kondensators  $C_{22}$  über die Ansteuerschaltung zu verhindern.

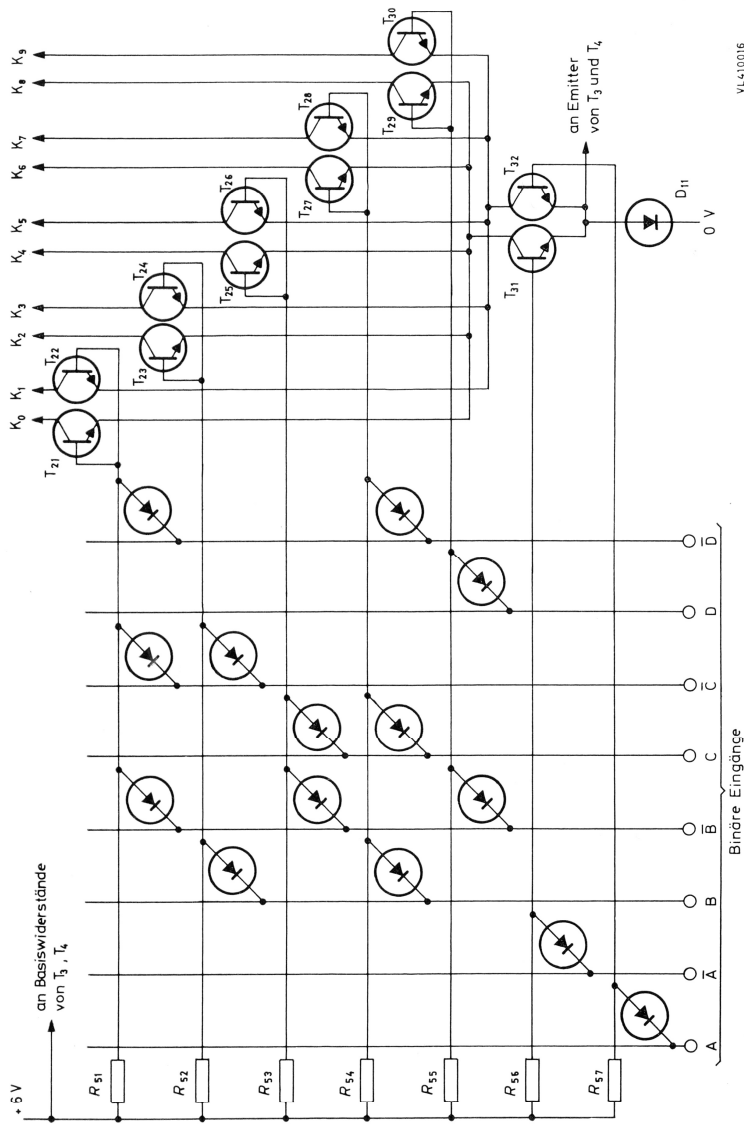
### 8.1.4. Dekodierer und Katodenschalter

Als Dekodierer und Katodenschalter dient die integrierte Schaltung FCL 111, die speziell für die Ansteuerung von Ziffernanzeigeröhren entwickelt worden ist und nach dem 3-Exzess-Kode oder dem NBCD-Kode (8-4-2-1-Kode) betrieben werden kann.  $T_3$  und  $T_4$  in Bild 8.1.1 sind die Katodenschalter für den Dezimal- und den Markierungspunkt.

Beim Umschalten der Katoden können Umladungen von Streukapazitäten das Potential einer ausgeschalteten Katode momentan unter den empfohlenen Sondenpotentialwert  $U_{KK \text{ min}}$  herabsetzen. Ein schnelles Aufladen dieser Kapazitäten erfolgt hier über die Widerstände  $R_{20}$  bis  $R_{29}$ , die mit der 104 V-Leitung verbunden sind. Auf diese Weise wird das Nebenglimmen nichteingeschalteter Katoden verhindert. Entsprechendes gilt für die Widerstände  $R_{14}$  und  $R_{17}$  bei den Katodenschaltern für den Dezimalpunkt und die Markierung. Sind diese beiden Schalter gesperrt, so liegt an den beiden Kondensatoren  $C_9$  und  $C_{11}$  eine Vorspannung von 30 V. Infolgedessen tritt beim Einschalten des Transistors  $T_3$  bzw.  $T_4$  an der entsprechenden Katode kurzzeitig eine negative Spannung von etwa 30 V auf, was eine Verkürzung der Zündverzögerung mit sich bringt. Es sei erwähnt, daß der Dezimal- und der Markierungspunkt in dieser Schaltung nur bei gleichzeitiger Anzeige einer Ziffer in der jeweiligen Stufe eingeschaltet werden darf, da der Strom über die Katoden  $K_T$  und  $K_{DP}$  laut Datenblatt je 2 mA nicht überschreiten soll.

Bild 8.1.3 zeigt den anstelle der integrierten Schaltung FCL verwendbaren Dekodierer und einen Katodenschalter, bestehend aus einer Dekodier-Diodenmatrix und einer Kaskadenanordnung von Schalt-Transistoren (BSW 69). Die





VL-10016  
 BAX 13  
 BSW 69 Alle Matrix-Dioden  
 T<sub>21</sub> bis T<sub>32</sub> 6,8 kΩ, 5%, 0,25 W  
 T<sub>21</sub> bis T<sub>32</sub> BSW 69 Alle Matrix-Dioden  
 Bild 8.1.3. Dekodierer und Katodenschalter zur Ansteuerschaltung Bild 8.1.1, die anstelle der Schaltung FCL 111 verwendet werden kann. Die Widerstände R<sub>20</sub> bis R<sub>29</sub> müssen in Bild 8.1.1 dann 180 kΩ anstelle von 68 kΩ betragen.

Basen je zweier benachbarter Katodentransistoren sind zusammengeschaltet, und der jeweils zugehörige Transistor T<sub>31</sub> bzw. T<sub>32</sub> bewirkt die Eindeutigkeit der Schaltstellung.

In der nebenstehenden Tabelle sind die Schaltstellungen der Eingänge A, B, C, D, (Eingänge  $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$ ,  $\bar{C}$ ,  $\bar{D}$  komplementär) für die Ziffern 0 bis 9 zusammengestellt. Gewählt wurde der 1-2-4-8-Kode. Die Ansteuerschaltung ist betriebssicher im Bereich der Umgebungstemperatur von -10 °C bis +70 °C.

Ziffer	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	L	0	0	0
2	0	L	0	0
3	L	L	0	0
4	0	0	L	0
5	L	0	L	0
6	0	L	L	0
7	L	L	L	0
8	0	0	0	L
9	L	0	0	L

8.2. Anodenschalter mit anodenseitiger Dekodierung für ein PANDICON

8.2.1. Anodenteil mit Diodenmatrix

In Bild 8.2.1 ist der Anodenteil mit einem stabilisierten Netzteil für eine Ansteuerschaltung des PANDICON dargestellt. Mit Hilfe einer Dekodier-Diodenmatrix können über die Eingänge H bis E mittels binär kodierter Signale die Anoden eingeschaltet werden.

Die vorliegende Schaltung eignet sich besonders für Systeme, bei denen der Ringzähler, der zur Anodenwahl dient, bereits im Gerät vorhanden ist oder bei denen die Schaltfolge nach anwendungsabhängigen Gesichtspunkten festgelegt wird.

Die Transistoren T<sub>14</sub> bis T<sub>27</sub>, die je zur Hälfte über T<sub>12</sub> und T<sub>13</sub> gespeist werden, wirken als Anodenschalter. Da die Basen der Anodenschalterpaare T<sub>14</sub>, T<sub>15</sub> bis T<sub>26</sub>, T<sub>27</sub> jeweils gemeinsam von den Transistoren T<sub>3</sub> bis T<sub>9</sub> gesteuert werden, wird mit geringem Aufwand eine eindeutige Anodenwahl erreicht.

Die Anoden-Schalt-Transistoren befinden sich auf einem Potential von etwa 180 V, während die Dekodiermatrix sowie die Transistoren T<sub>1</sub> bis T<sub>9</sub> emitterseitig und basisseitig sich etwa auf Massepotential befinden. Zum Überbrücken dieses Potentialunterschieds dient eine Reihe von 9 Z-Dioden mit Spannungen von etwa 100 V.

Über die Eingänge E und  $\bar{E}$  werden die geraden bzw. ungeraden Anoden gewählt. Entsprechend werden über die Eingänge F und  $\bar{F}$  (mit Hilfe der Schalt-Transistoren T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>) die Transistorgruppe T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>9</sub> oder T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>8</sub> gesteuert. In der folgenden Tabelle sind die Schaltstellungen der Eingänge E, F, G, H (Eingänge  $\bar{E}$ ,  $\bar{F}$ ,  $\bar{G}$ ,  $\bar{H}$  komplementär) für die Anoden A<sub>1</sub> bis A<sub>XIV</sub> zusammengefaßt. Der Zustand „L“ entspricht 6 V, der Zustand „0“ entspricht 0 V.

Der Versorgungsteil enthält neben dem Gleichrichter eine Stabilisierungsschaltung und eine Schutzschaltung gegen Kurzschlüsse in der Anzeigeröhre.

Der Leistungstransistor BD 115 – in der Versorgungsleitung – führt einen durch eine Z-Diode BZY 88 parallel zum Widerstand in der Emittierleitung konstant

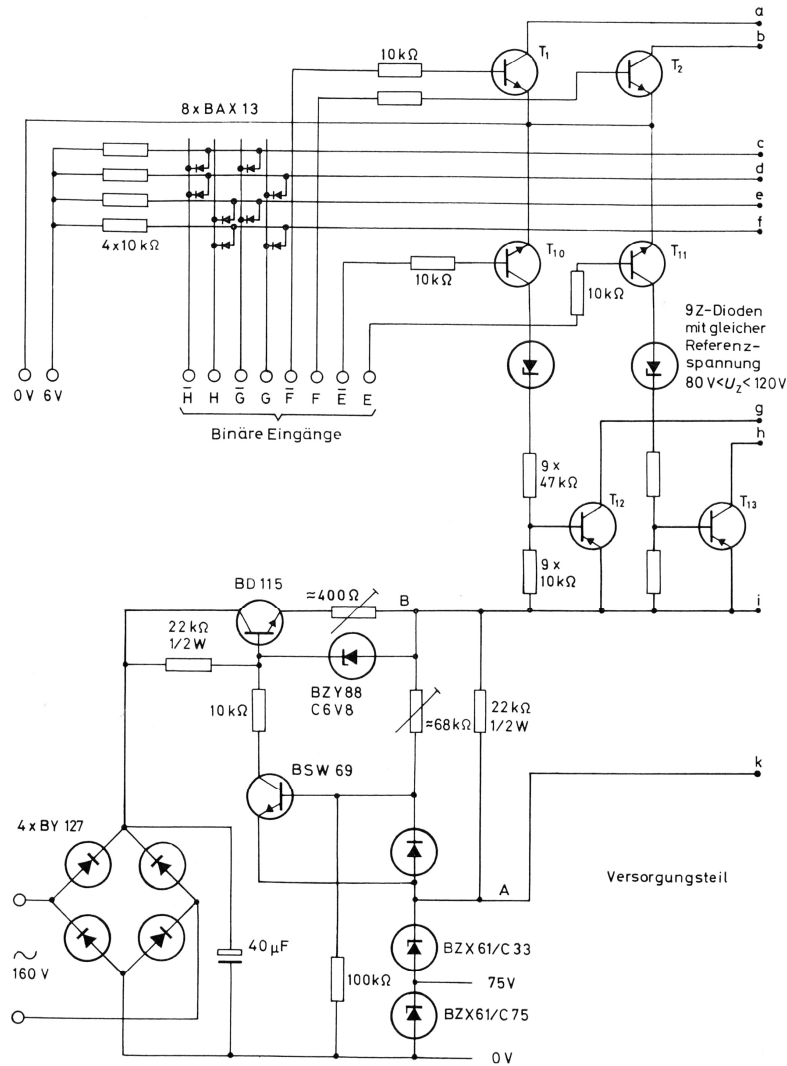
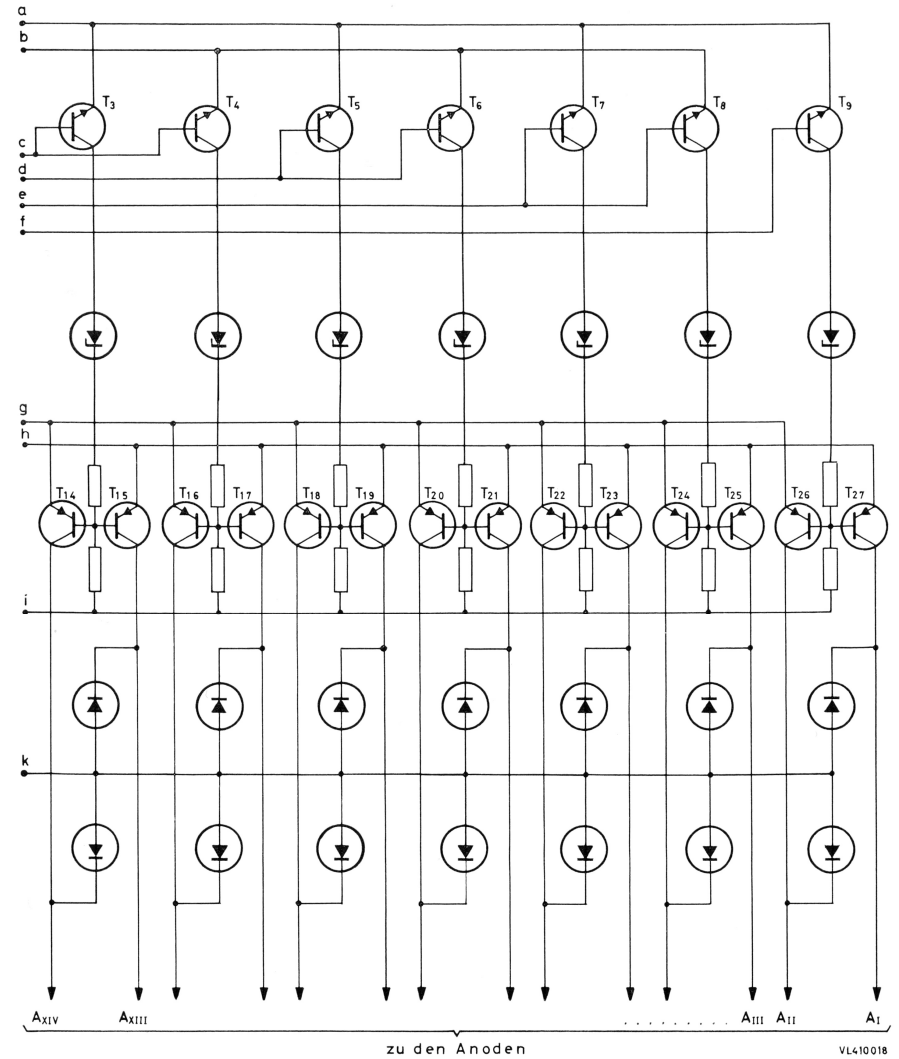


Bild 8.2.1. Anodenteil zur Ansteuerung eines PANDICON® mit einer Dekodier-Diodenmatrix  
 Alle PNP-Transistoren N 290 BSY  
 Alle NPN-Transistoren BSW 69  
 Klemmdioden BAX 16  
 Widerstände 1/8 W (5 0/10), wenn nicht anders angegeben



Fortsetzung des Schaltbildes 8.2.1 von Seite 48

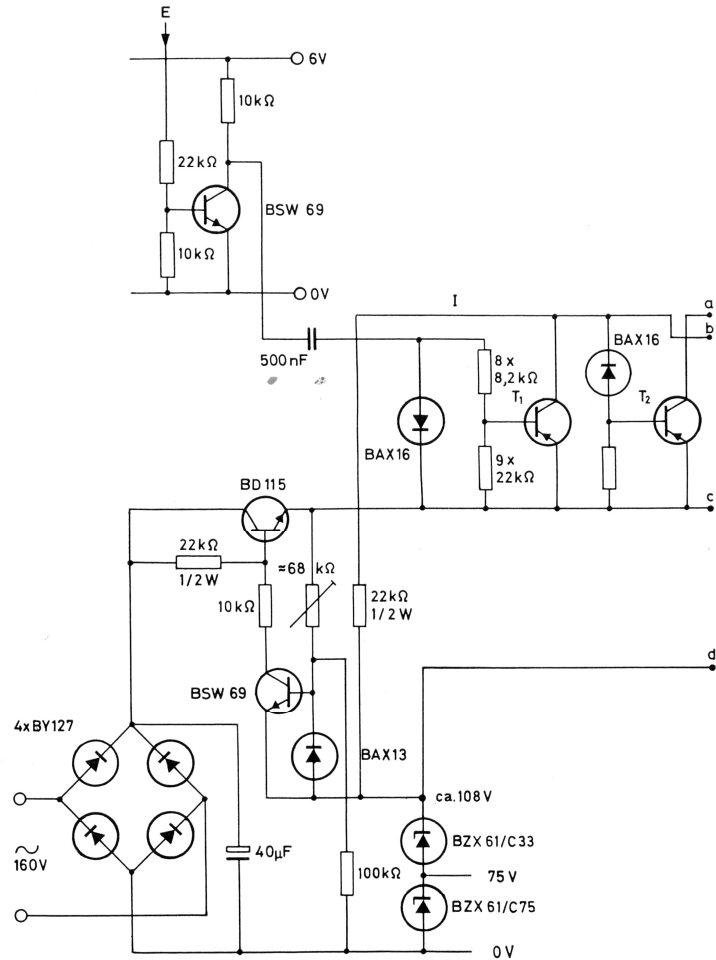
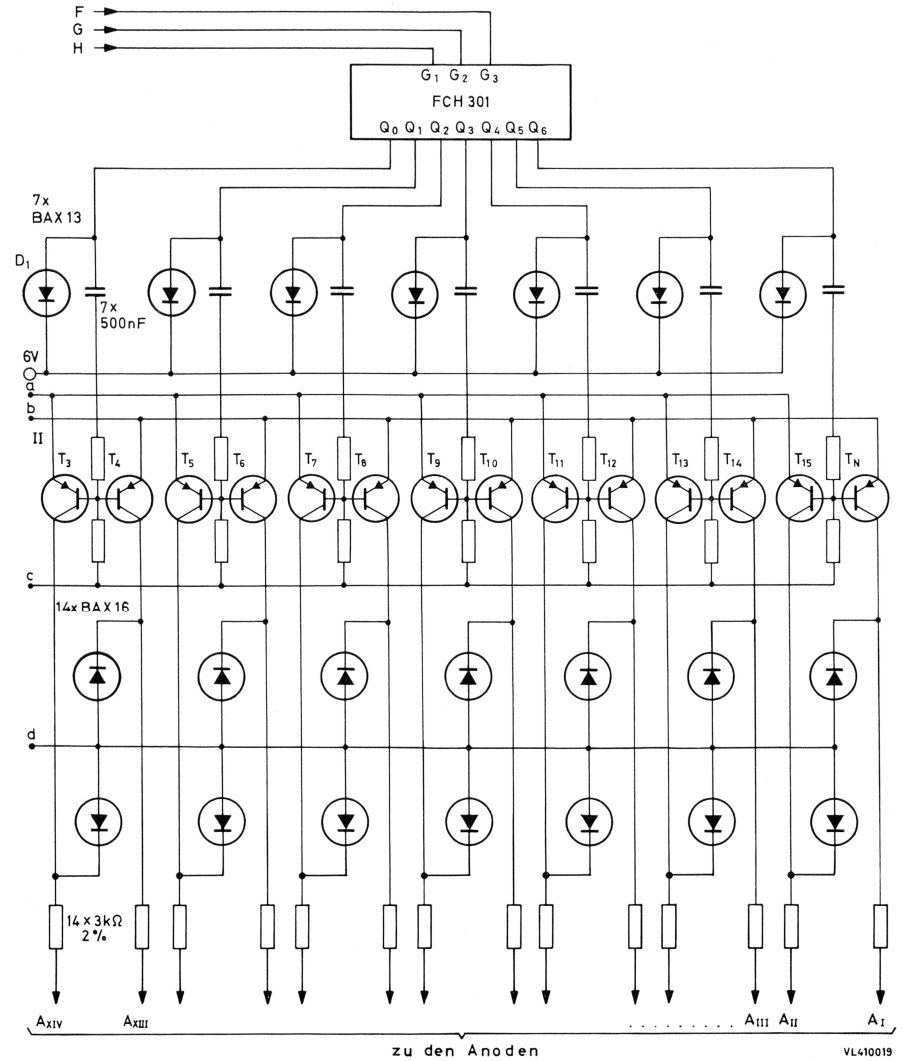


Bild 8.2.2. Anodenteil mit integrierter Schaltung FCH 301  
 Alle PNP-Transistoren N 290 BSY  
 Widerstände 1/8 W (5 %), wenn nicht anders angegeben



Fortsetzung des Schaltbildes 8.2.2 von Seite 50

gehaltenen Emitterstrom. Damit wird auch der Laststrom im wesentlichen konstant gehalten. Bei einer Verkleinerung des Lastwiderstandes, den die Anzeige-Einheit darstellt, wird die Ausgangsspannung des Versorgungsteils kleiner, der Transistor BSW 69 wird weniger leitend. Dadurch wird die Spannung an der Basis des Transistors BD 115 höher, und die Ausgangsspannung steigt wieder an.

Auch eine Schutzschaltung gegen Röhrenkurzschlüsse ist vorhanden. Fällt bei einem Kurzschluß zwischen einer Anode und einer Katode der Ziffernanzeigeröhre die Spannung in Punkt A auf 75 V bzw. sogar auf 0 V, so wird der Transistor BSW 69 leitend. Dabei erhält die Diode BZY 88 keinen Vorstrom mehr: die Spannung verschwindet und mit ihr auch der Emitterstrom des Transistors BD 115. Die Spannung an der Basis des Transistors BSW 69 sinkt auch rasch ab, so daß auch dieser Transistor nicht gefährdet wird.

Anode	E	F	G	H
A <sub>XIV</sub>	0	0	0	0
A <sub>XIII</sub>	L	0	0	0
A <sub>XII</sub>	0	L	0	0
A <sub>XI</sub>	L	L	0	0
A <sub>X</sub>	0	0	L	0
A <sub>IX</sub>	L	0	L	0
A <sub>VIII</sub>	0	L	L	0
A <sub>VII</sub>	L	L	L	0
A <sub>VI</sub>	0	0	0	L
A <sub>V</sub>	L	0	0	L
A <sub>IV</sub>	0	L	0	L
A <sub>III</sub>	L	L	0	L
A <sub>II</sub>	0	0	L	L
A <sub>I</sub>	L	0	L	L

### 8.2.2. Anodenteile mit integrierten Dekodierschaltungen

In Bild 8.2.2 ist ein der Schaltung von Bild 8.2.1 entsprechender Anodenteil mit einer integrierten Dekodierschaltung FCH 301 dargestellt, die im 8-4-2-1-Kode arbeitet. Während in der vorigen Schaltung Z-Dioden verwendet wurden, um die auf stark unterschiedlichen Potentialen befindlichen Schaltungsteile verbinden zu können, werden hier Kondensatoren verwendet. Die Steuerimpulse für die Anodenschalter können so von der integrierten Schaltung FCH 301 den Basen der Schalt-Transistoren T<sub>3</sub> bis T<sub>n</sub> zugeführt werden.

Die Dioden D<sub>1</sub> verhindern übermäßige Spannungsspitzen an den Dekodier-Ausgängen, die durch die Basis-Kollektor-Kapazität beim Umschalten der Anoden-Schalt-Transistoren auftreten. Für Kapazitätswerte von 500 nF kann die Einschaltdauer der Anode etwa 1 ms betragen. (Die Zeitkonstante ist  $\tau = 500 \text{ nF} \cdot 8,2 \text{ k}\Omega \approx 4 \text{ ms}$ .) Die Emitter der Schalt-Transistoren werden über den

Eingang E und die Transistoren T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub> abwechselnd an die Versorgungsleitungen gelegt. Bei eingeschaltetem Transistor T<sub>1</sub> ist T<sub>2</sub> gesperrt und bei ausgeschaltetem Transistor T<sub>1</sub> wird T<sub>2</sub> leitend, da die Leitung I eine niedrigere Spannung (108 V) als der Emitter von T<sub>2</sub> erhält.

Bild 8.2.3 zeigt eine erweiterte Schaltung mit zusätzlicher Eingangsstufe für negative Impulsspannungen von -6 V. In Bild 8.2.4 schließlich ist ein ähnlich aufgebauter Anodenteil dargestellt, der mit der integrierten Schaltung FCL 111 bestückt ist. Bei etwa gleichem Aufwand unterscheiden sich die Schaltungskonzepte durch die verschiedenen Dekodier-Schaltungen.

### 8.3. Dynamische Ansteuerschaltung für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1000

Eine Schaltung für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1000 (fremderregter Anodenwähler) mit dynamischer Ansteuerung nach dem Anoden-Abtastsystem ist in Bild 8.3 dargestellt. Die Anodenwahlschalter T<sub>1</sub> bis T<sub>n</sub> werden von einer äußeren Schaltung durch negative Impulse von ca. 5 V Amplitude betätigt, so daß sie nacheinander kurzzeitig leiten. Die Katoden-Schalt-Transistoren werden mit positiven Impulsen angesteuert. Die Transistoren T<sub>1</sub> bis T<sub>n</sub> werden von der Basisseite her über Kondensatoren betrieben; dabei kann die Quelle für die Steuerimpulse eine beliebige Vorspannung haben.

Die Klemmdioden D<sub>4</sub> bis D<sub>n'</sub> begrenzen die Anodenspannungen von R<sub>01</sub> bis R<sub>0n</sub> gegen Masse auf minimal 104 V. Die Dioden D<sub>1</sub> bis D<sub>n</sub> wirken als Schutz der Basis-Emitterstrecken gegen übermäßige Sperrspannungen. Mit Hilfe der Dioden D<sub>7</sub> bis D<sub>16</sub> werden die Spannungen der ausgeschalteten Katoden U<sub>KK</sub> auf maximal 80 V begrenzt.

### 8.4. Ansteuerschaltung für die quibinäre Röhre ZM 1030

Bild 8.4 zeigt eine Ansteuerschaltung für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1030. Die Spannungen an den Eingängen (1) und (2), mit denen die Anoden geschaltet werden, betragen  $3 \pm 0,5 \text{ V}$  (Anode eingeschaltet) und  $0 \pm 0,5 \text{ V}$  (Anode ausgeschaltet). Zum Schalten der Anoden werden zweistufige Transistorschalter T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> („gerade“ Anode), T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub> („ungerade“ Anode) verwendet. Beim Einschalten der linken Anodenstrecke über den Eingang (1) wird der Transistor T<sub>2</sub> übersteuert (der Eingang (1) hat 3 V), und das Basispotential von T<sub>1</sub> wird über den Spannungsteiler R<sub>2</sub>, R<sub>7</sub> unter das Emitterpotential gesenkt. Bei dem gesperrten Transistor T<sub>1</sub> steigt die Spannung am Punkt A über die Röhrenzündspannung an, so daß bei einem leitenden Katoden-Schalt-Transistor eine Entladungstrecke in der linken Röhrenhälfte zünden kann. Zur gleichen Zeit soll mit Hilfe eines 0-Signals am Eingang (2) eine vom vorigen Anzeigevorgang her möglicherweise noch in der rechten Röhrenhälfte befindliche Entladung gelöscht werden: Durch den Emitterstrom des Transistors T<sub>2</sub>, der über R<sub>8</sub> fließt, wird T<sub>9</sub> gesperrt und der Transistor T<sub>8</sub> leitend. Hierdurch sinkt die Anodenspannung an Punkt B ab, und die Entladung in der rechten Röhrenhälfte verlöscht.

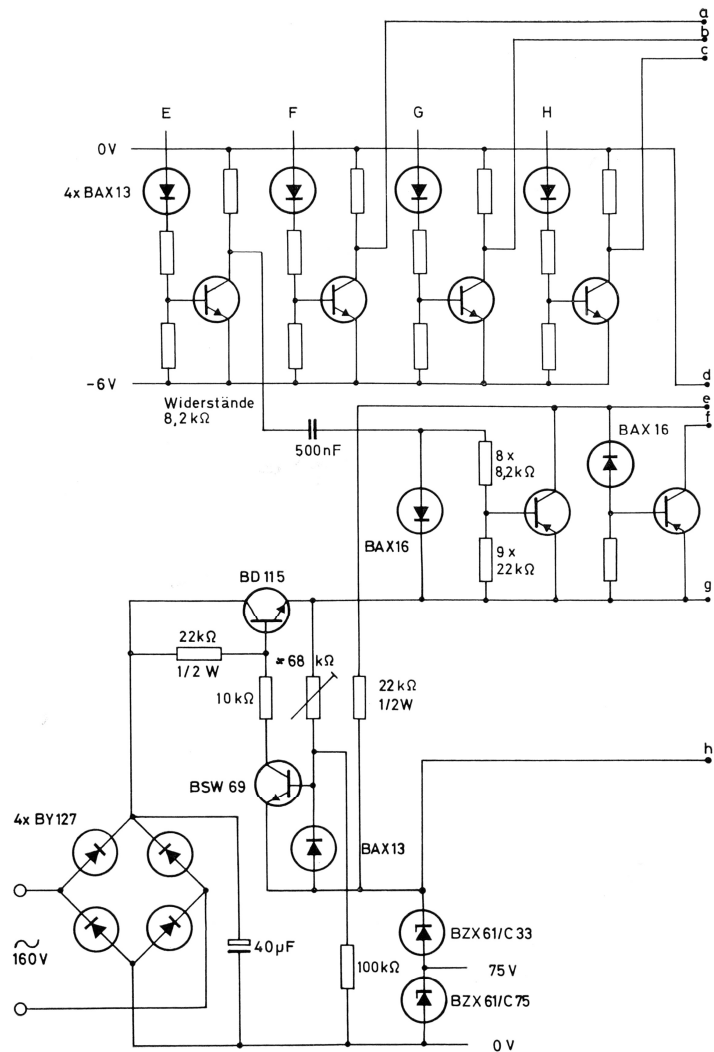
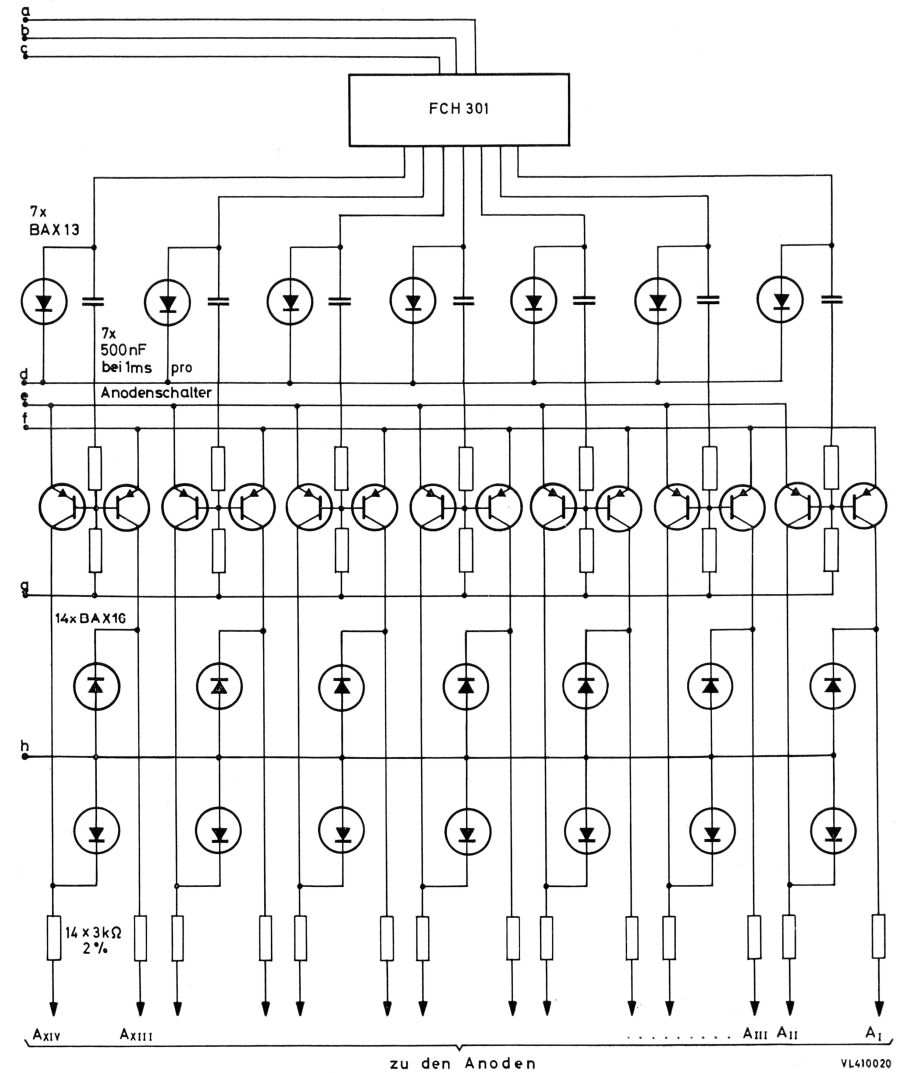


Bild 8.2.3. Anodenteil nach Bild 8.2.2 mit zusätzlicher Eingangsstufe  
 Alle PNP-Transistoren N 290 BSY  
 Alle NPN-Transistoren BSW 69  
 Dioden BAX 13  
 Klemmdioden BAX 16  
 Widerstände 1/8 W (5 %), wenn nicht anders angegeben



Fortsetzung des Schaltbildes 8.2.3 von Seite 54

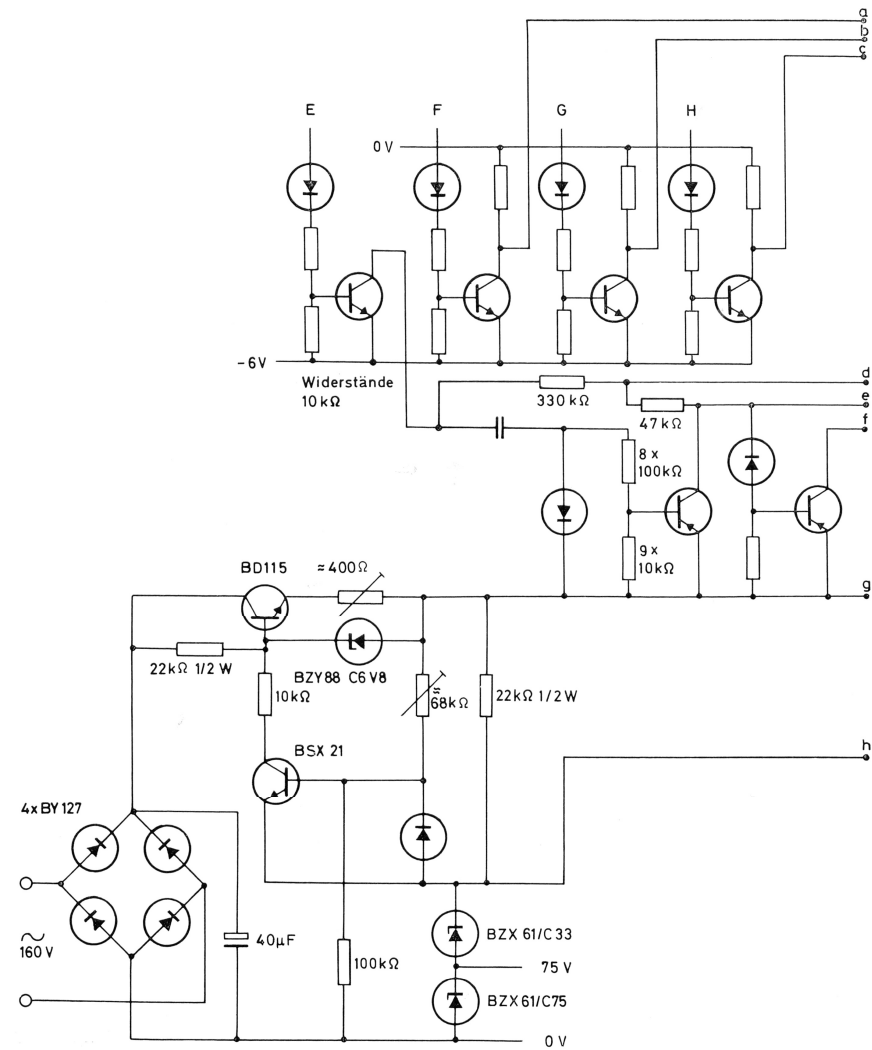
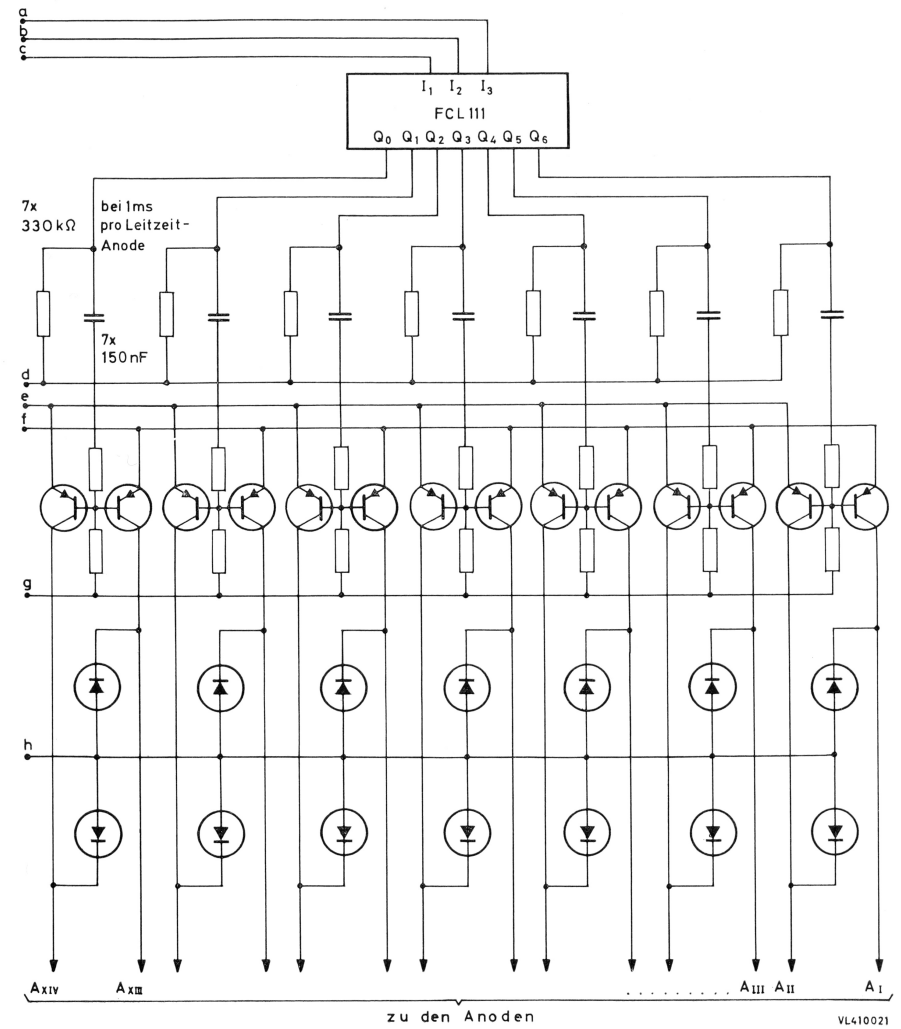
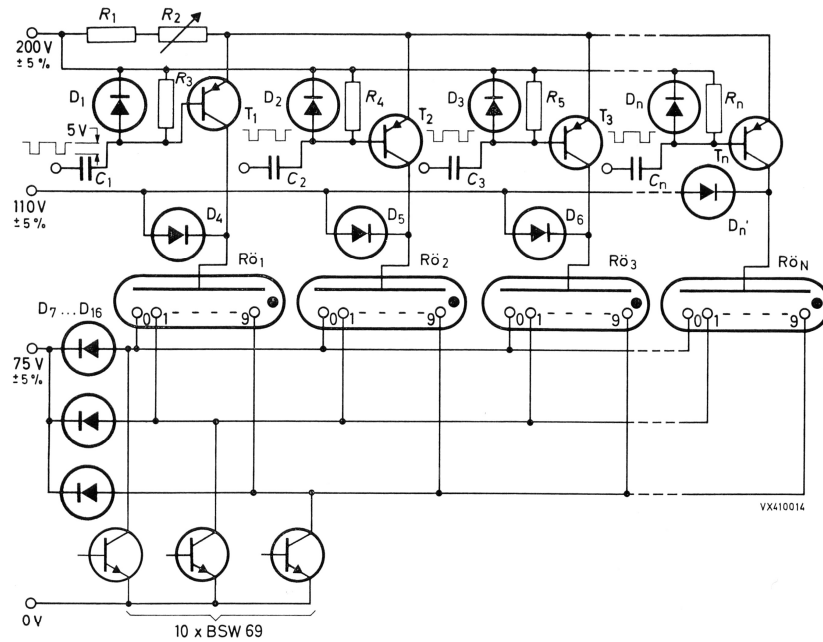


Bild 8.2.4. Anodenteil mit der integrierten Schaltung FCL 111  
 Alle PNP-Transistoren N 290 BSY  
 Alle NPN-Transistoren BSW 09  
 Dioden BAX 13  
 Klemmdioden BAX 16  
 Widerstände 1/8 W (5 %), wenn nicht anders angegeben



Fortsetzung des Schaltbildes 8.2.4 von Seite 56

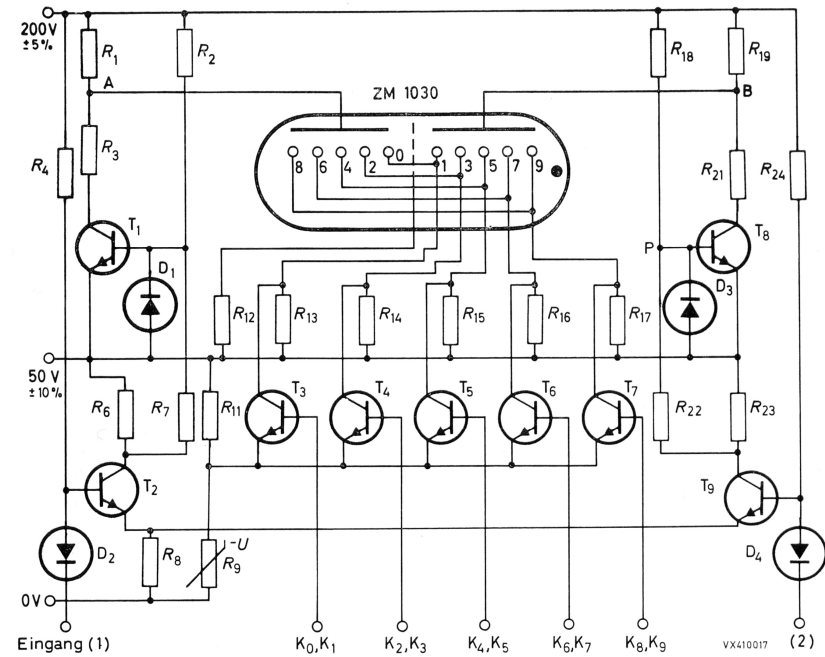


Widerstände 5% Toleranz

$R_1$	= 180 $\Omega$ ;	$D_1$	} = BAX 13;
$R_2$	= 220 $\Omega$ ;	$D_2$	
$R_3$	} = 10 k $\Omega$ ;	$D_3$ bis $D_n$	} = BAX 16;
$R_4$		$D_4$	
$R_5$ bis $R_n$		$D_5$	
$C_1$	} = 100 nF;	$D_6$ bis $D_{n'}$	} = BAX 16
$C_2$		$D_7$ bis $D_{16}$	
$C_3$ bis $C_n$		$T_1$ bis $T_n$	

Bild 8.3. Dynamische Ansteuerschaltung für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1000

Die Katodenschalter können von einer Dekodiermatrix aus angesteuert werden. Der Widerstand  $R_9$  – ein VDR, der über  $R_{11}$  einen Ruhestrom erhält – bewirkt eine Emittor-Vorspannung von ca. 1 V für  $T_3$  bis  $T_7$ . Auch im Fall des höchsten 0-Signalwertes an den Anschlüssen  $K_0, K_1, K_2, K_3$  usw. von 0,5 V werden in diesem Fall die Transistoren in den Katodenschaltern nicht unerwünscht leitend, ferner erhöht die Emittorvorspannung die Störsicherheit des Systems. Die Dioden  $D_1, D_3$  dienen zum Schutz der Basis-Emitter-Dioden der Transistoren  $T_1$  und  $T_8$  gegen zu hohe Sperrspannungen.



Widerstände 5% Toleranz

$R_1$	= 15 k $\Omega$ ;	$R_{12}$	= 10 k $\Omega$ ;
$R_2$	= 270 k $\Omega$ ;	$R_{13}$ bis $R_{17}$	= 100 k $\Omega$ ;
$R_3$	= 6,8 k $\Omega$ ;	$R_{18}$	= 270 k $\Omega$ ;
$R_4$	= 750 k $\Omega$ ;	$R_{19}$	= 15 k $\Omega$ ;
$R_6$	= 15 k $\Omega$ ;	$R_{21}$	= 6,8 k $\Omega$ ;
$R_7$	= 47 k $\Omega$ ;	$R_{22}$	= 47 k $\Omega$ ;
$R_8$	= 330 k $\Omega$ ;	$R_{23}$	= 15 k $\Omega$ ;
$R_9$	= 2322 574 90002	$R_{24}$	= 750 k $\Omega$ ;
weißer Punkt an Masse		$D_1$ bis $D_4$	O A 95
$R_{11}$	= 470 k $\Omega$ ;	$T_1$ bis $T_9$	BSW 69

Bild 8.4. Ansteuerschaltung für die Ziffernanzeigeröhre ZM 1030

## 9. Ansteuerschaltungen für Ziffernanzeigeröhren mit Thyristortetroden

### 9.1. Wirkungsweise

Eine Thyristortetrode (SCS – silicon controlled switch) hat eine Folge P-N-P-N der dotierten Schichten, die alle kontaktiert sind. Diese Tetrode wird als Schalter eingesetzt. Die Wirkungsweise kann am einfachsten mit Hilfe der von der Schichtenanordnung abgeleiteten in Bild 9.1 gezeigten Ersatzschaltung mit

2 Transistoren (einem NPN- und einem PNP-Transistor, bei denen der Kollektor des einen mit der Basis des anderen verbunden ist) erläutert werden. Die Thyristortetroden werden in der Weise betrieben, daß der Laststrom über die Anschlüsse  $G_a$  und  $K$  fließt. Das Einschalten (Zünden) erfolgt wie beim Thyristor durch einen positiven Strom- bzw. Spannungsimpuls am Katoden-Steueranschluß  $G_k$ ; zum Ausschalten ist ein negativer Impuls am Anodenanschluß  $A$  notwendig. Dies ist in Bild 9.2 zugleich mit dem Schaltzeichen für die Thyristortetrode gezeigt.

Es sei angenommen, daß beide Transistoren in Bild 9.1 gesperrt sind, d.h. daß  $U_{B1E1} < 0$ ,  $U_{B2E2} > 0$  gilt. Wird nun eine positive Spannung  $+U_{GkK} = U_{B1E1}$  an den Transistor  $T_1$  gelegt, wird der Transistor  $T_1$  leitend, und der Arbeitspunkt durchläuft zunächst den aktiven Bereich.  $T_2$  verbleibt dabei noch im Sperrzustand, und die Ströme  $I_{C2}$  und  $I_{B2}$  sind entsprechend klein. Mit zunehmendem Strom  $I_{Gk}$  und damit  $I_L$  sinkt die Spannung an  $G_a$ . Sobald nun  $U_{G_a}$  die am Emmitter von  $T_2$  liegende Spannung (12 V) unterschritten hat, wird  $T_2$  leitend, und die Stromrichtung von  $I_{B2}$  kehrt sich um. Der ansteigende Basisstrom läßt  $I_{C2}$  und damit  $I_{B1}$  anwachsen, der Stromverstärkung  $B_1$  entsprechend wächst  $I_{C1}$  an und damit auch  $I_{B2}$ . Dieser Rückkopplungseffekt führt dazu, daß

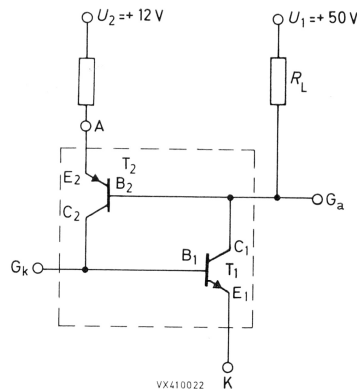


Bild 9.1. Prinzipschaltung eines SCS

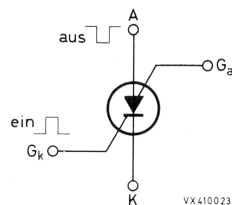


Bild 9.2. SCS mit Laststrom über die Anschlüsse  $G_a$  und  $K$

beide Transistoren schnell (in wenigen Mikrosekunden) in den Sättigungsbereich gesteuert werden.  $U_{CE1}$  ist dann unter 1 V gesunken, und der Laststrom hat seinen Maximalwert

$$I_{L \max} = \frac{U_1 - U_{CE \text{ sat}}}{R_L} \approx \frac{U_1}{R_L}$$

erreicht.

Mit dem Einsetzen des geschilderten Rückkopplungsvorganges hat die den Umschaltvorgang auslösende Spannung an  $G_k$  ihren Zweck erfüllt und kann abgeschaltet werden.

Um die Tetrode auszuschalten, legt man an den Anschluß  $A$  einen negativen Spannungsimpuls, der die Spannung am Anschluß  $A$  kurzzeitig unter den Wert von  $U_{G_a}$  senkt.  $T_2$  wird dadurch gesperrt,  $I_{C2}$  nimmt auf den Reststromwert ab.  $I_{C1}$  verkleinert sich entsprechend, und  $U_{G_a}$  steigt an. Sobald  $U_{G_a}$  (im gewählten Beispiel) 12 V überschritten hat, ist der negative Impuls an  $A$  nicht mehr erforderlich, da nun die Basis von  $T_2$  dem Emmitter gegenüber positiv ist und  $T_2$  damit gesperrt bleibt.

Wie bei anderen Thyristorarten gibt es auch bei den SCS den sogenannten Haltestrom  $I_H$ , für den in den Datenblättern ein Mindestwert angegeben wird. Dieser Kennwert besagt, daß ein SCS mit Sicherheit im „Ein“-Zustand verbleibt, solange  $I_A \geq I_H$  ist.

### 9.2. Praktische Anzeigeschaltungen mit der Thyristortetrode BRY 39

Anhand von zwei Beispielen sollen im folgenden die Eigenschaften von Thyristortetroden bei der Ansteuerung von Ziffernanzeigeröhren herausgestellt werden. Die Thyristortetroden können hier zwei Aufgaben erfüllen: Sie können als Katodenschalter und gleichzeitig auch als Zähler bzw. als Speicher arbeiten. Die Anzahl der üblicherweise notwendigen Bauelemente kann so verringert werden.

#### 9.2.1. Anzeigeschaltung mit einer Röhre ZM 1000 und einem Ringzähler

Bild 9.3 zeigt eine Ansteuerschaltung für eine von mehreren Ziffernanzeigeröhren ZM 1000. Als Katodenschalter dienen Thyristortetroden BRY 39, die als Ringzähler arbeiten. Es ist ein Ausgang für Übertragungsimpulse vorhanden. Die statische Ansteuerung der Anzeigeröhre erfolgt, nachdem der Zählvorgang abgeschlossen ist.

Die Thyristortetroden sind in zwei Gruppen aufgeteilt, von denen die eine den geraden, die andere den ungeraden Ziffern zugeordnet ist. Jede Gruppe ist mit einer gemeinsamen Versorgungsleitung (I, II) verbunden, über die auch die negativen Eingangsimpulse geleitet werden.

Zur Erläuterung der Wirkungsweise sei angenommen, daß die Tetrode  $SCS_0$  leitet und die Ziffer „Null“ in der Anzeigeröhre erscheint. Der Anoden- und der Anoden-Steuer-Anschluß der Tetrode  $SCS_0$  haben dann Spannungen von



etwa 0,2 bis 1 V, dagegen befinden sich die Anoden-Steuer-Anschlüsse  $G_a$  der anderen Tetroden auf weit höherem Potential (das sich in Abhängigkeit vom Sondenpotential der ausgeschalteten Katoden und den Restströmen der Thyristortetroden einstellt).

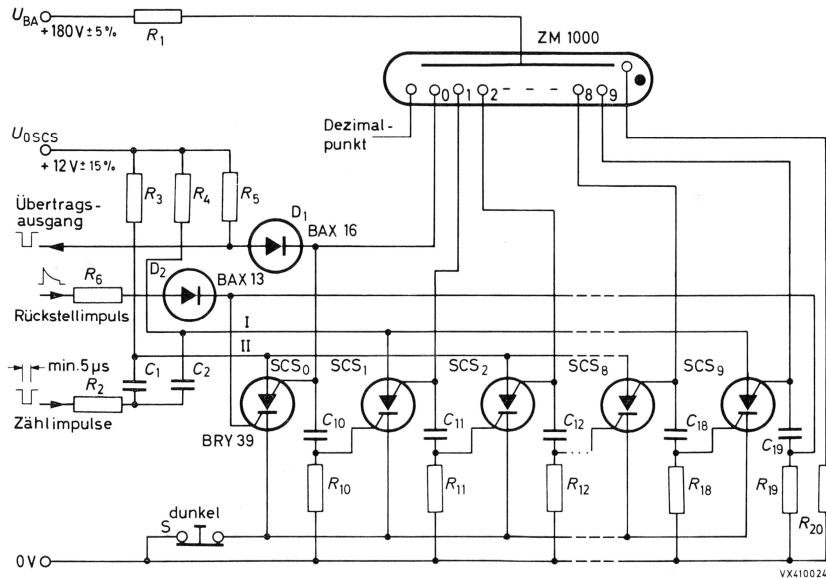


Bild 9.3. Ringzähler mit Anzeige-Einheit (ZM 1000)

Der Kondensator  $C_{10}$  ist, während  $SCS_0$  leitet, fast entladen, da  $U_{G_a}(SCS_0) \approx 0,7$  V gilt. Infolge eines negativen Zählimpulses von ca.  $-6$  V über Leitung II sinkt das Anodenpotential der Tetrode  $SCS_0$  auf Werte unter  $0$  V (z. B. bis auf  $-5$  V), so daß  $SCS_0$  sicher gesperrt wird. Der Entladungsstrom, der zur Katode  $K_0$  fließt, lädt danach  $C_{10}$  auf. Dabei entsteht an  $R_{10}$  und also auch am Katoden-Steuer-Anschluß  $G_k$  von  $SCS_1$  ein positiver Impuls, so daß  $SCS_1$  gezündet wird. Dieser Thyristor kann zünden, da der negativ gerichtete Eingangsimpuls, der über die Leitung I mit einer Amplitude von ca.  $-6$  V auch an die (auf höherem Potential  $U_A(SCS_1) \approx +12$  V liegende) Anode von  $SCS_1$  gelangt, nicht die Anodenspannung auf negative Werte senken kann. Während die Entladung von  $K_0$  auf  $K_1$  übergeht, fließt ein Strom über die Strecke Katoden-Steuer-Anschluß-Katode des Thyristors  $SCS_1$ , bis schließlich der Kondensator  $C_{10}$  bis auf eine Spannung  $U_{BA} - U_{BRN}$  (der Differenz zwischen Anodenversorgungsspannung der Röhre und der Brennspannung) aufgeladen ist. Dann ist die Entladung an der Katode  $K_0$  erloschen, und die Ziffer „1“ leuchtet in der Röhre. Bei leitendem  $SCS_1$  beträgt die Anodenspannung aller mit ungeraden Indizes gekennzeichneten Tetroden ca. 0,2 bis 1 V, die der geradzahlgigen etwa 12 V. Beim nächsten Zählimpuls wird  $SCS_1$  gelöscht und  $SCS_2$  eingeschaltet. Ein Übertrags-

signal von  $-11$  V wird zur nächsten Stufe abgegeben, wenn  $SCS_0$  gezündet wird. Zum Löschen der Entladung in der Röhre wird der Schalter S geöffnet.

Die Amplitude der Zählimpulse muß im Bereich  $0,75 U_0(SCS)$  bis  $1,25 U_0(SCS)$  liegen. Durch Spannungsteilung über die Widerstände  $R_2$ ,  $R_3$  und  $R_4$  sowie die Thyristoren sind die negativen Amplituden in den Leitungen I, II etwa halb so groß. Die Impulsdauer soll mindestens  $5 \mu s$  und der Impulsabstand (zwischen zwei Impulsen) mindestens  $20 \mu s$  betragen.

### 9.2.2. Anzeige bei zusätzlicher Speicherung

Die im folgenden beschriebene Ansteuerschaltung für eine Ziffernanzeigeröhre ermöglicht die Darstellung der an einem Rechnerausgang parallel zur Verfügung stehenden Bits bei gleichzeitiger Speicherung. Die Tetroden SCS, die den betreffenden Bits in der Schaltung Bild 9.4 zugeordnet sind, dienen einerseits als Katodenschalter und andererseits als Speicher.

Bild 9.4 zeigt eine Dezimalstufe. Mit Hilfe eines Wahlimpulses am Eingang A (links) kann diese Stufe vorgewählt (d. h. die unteren Zifferneingänge der Anzeigestufe zum Einschreiben einer Zahl vorbereitet) werden. Sodann kann über einen der unteren Eingänge (über die Dioden  $D_0$  bis  $D_9$ ) eine Entladungsstrecke gezündet werden. Danach erfolgt ein Wahlimpuls für die nächste Dekade usw.

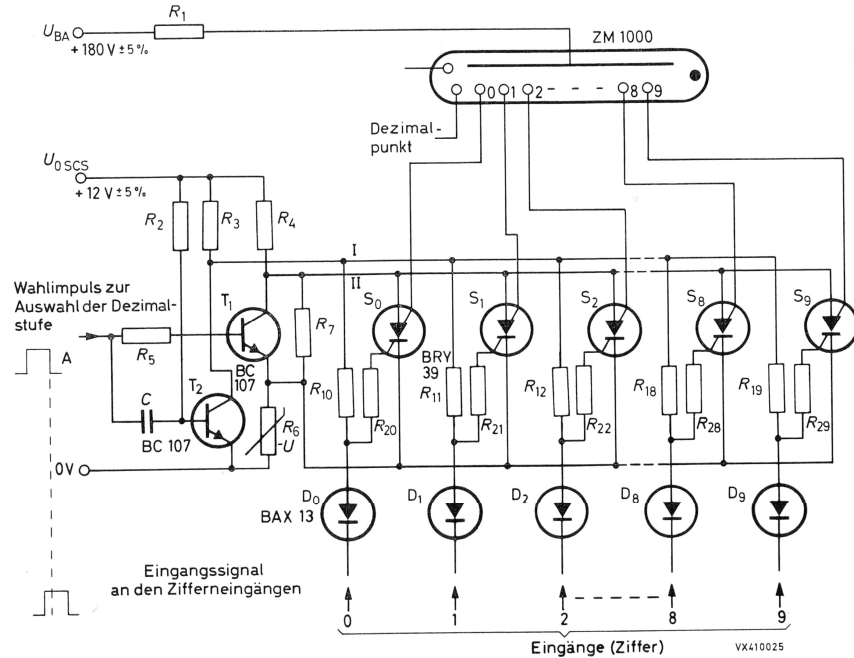
Die Schaltung arbeitet im einzelnen folgendermaßen:

Alle Katoden der Thyristor-Tetroden erhalten über den VDR ( $R_6$ ) eine Vorspannung von ungefähr  $1,5$  V gegen Masse, die weitgehend unabhängig von dem Strom durch den Transistor  $T_1$  ist. Die Anoden der Tetroden sind mit dem Kollektor von  $T_1$  verbunden, die Katoden-Steueranschlüsse werden vom Kollektor des Transistors  $T_2$  aus versorgt. In der Ruhestellung ist  $T_1$  gesperrt und  $T_2$  im Sättigungszustand ( $U_{CE(T2)} \approx +0,5$  V,  $U_{CE(T1)} = 12$  V).

Gelangt ein Wahlimpuls zum Eingang A, so wird  $T_1$  leitend, und die Anodenspannungen des SCS nehmen so weit ab, daß kein SCS mehr leiten kann. Damit wird eine zuvor angezeigte Zahl gelöscht und der „Speicher“ entleert. Am Ende des Wahlimpulses wird  $T_1$  wieder gesperrt.

**Gleichzeitig** gelangt der Wahlimpuls auch über den Kondensator  $C$  zum Transistor  $T_2$ . Da  $T_2$  vor dem Wahlimpuls schon im Sättigungszustand ist, wird  $C$  durch den Wahlimpuls aufgeladen, so daß mit der Rückflanke des Wahlimpulses die Basis von  $T_2$  negativ gegen den Emitter wird,  $T_2$  also gesperrt wird, und zwar etwa für die Dauer des Entladungsvorgangs von  $C$  über  $R_2$ . Die Leitung I hat dann eine Spannung von  $+12$  V und in dieser Zeitspanne kann über einen der unteren Eingänge eine Zahl eingeschrieben werden. Ein positiver Spannungssprung am Anschluß  $G_k$  (z. B. der Tetrode  $SCS_1$ , der den Thyristor zünden würde) tritt dann auf, wenn der betreffende untere Eingang (Eingang 1 im Beispiel) positiv ist. Die Tetrode  $SCS_1$  zündet, und die Ziffer 1 leuchtet in der Röhre auf.

Wenige Mikrosekunden später ist C wieder entladen und T<sub>2</sub> leitet, daher sinkt die Vorspannung über die Leitung I auf weniger als 1 V ab. Nun kann sich ein positiver Spannungssprung an den unteren Eingängen 0 bis 9 nicht mehr auswirken, und die Anzeige-Einheit ist vom übrigen System entkoppelt.



R <sub>1</sub>	= 16 kΩ; 2 %	R <sub>1</sub>	= 15 kΩ; 1 %
R <sub>2</sub>	= 10 kΩ; 5 %	R <sub>2</sub>	= 1 kΩ; 5 %
R <sub>3</sub>	= 1,2 kΩ; 5 %	R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub>	= 5,1 kΩ; 5 %
R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub>	= 2,2 kΩ; 5 %	R <sub>5</sub>	= 10 kΩ; 5 %
R <sub>6</sub>	2322 574 90002	R <sub>6</sub>	= 2,2 kΩ; 5 %
R <sub>7</sub>	= 8,2 kΩ; 5 %	R <sub>10</sub> bis R <sub>19</sub>	= 1 kΩ; 5 %
R <sub>10</sub> bis R <sub>19</sub>	= 8,2 kΩ; 5 %	R <sub>20</sub>	= 10 MΩ; 10 %
R <sub>20</sub> bis R <sub>29</sub>	= 3,3 kΩ; 5 %	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	= 4,7 nF; 10 %
C	= 2,7 nF; 10 %	C <sub>10</sub> bis C <sub>19</sub>	= 330 pF; 10 %
SCS <sub>0</sub> bis SCS <sub>9</sub>	= BRY 39	SCS <sub>0</sub> bis SCS <sub>9</sub>	= BRY 39

Bild 9.4. Anzeige-Einheit mit Speicher

Für die Amplitude des Wahlimpulses und der Impulse an den Zifferneingängen wird 6 V empfohlen, der Ruhewert muß zwischen 0,2 V und -1 V liegen (empfohlen wird 0 V). Die Impulsdauer des Wahlimpulses ist min. 6 µs; die Impulsdauer an den Zifferneingängen min. 5 µs. Der Impuls an den Zifferneingängen muß während der Rückflanke des Wahlimpulses eintreffen, wie in Bild 9.4 angedeutet ist.