

DESY-Bibliothek
13. JAN. 1966 ✓

DEUTSCHES ELEKTRONEN - SYNCHROTRON **DESY**

DESY 65/17
Dezember 1965
Experimente

Ein 100 MHz-Voruntersetzer
in biquinärer Tunnelnioden-Transistor-Schaltung

von

H. Nentwich

2 HAMBURG 52 · NOTKESTIEG 1

Ein 100 MHz-Voruntersetzter
in biquinärer Tunnel-Dioden-Transistor-Schaltung

von

H. Nentwich

Abstract

A 100 MHz decimal prescaler is described which operates in the bi-quinary mode with a tunnel-diode flip-flop and a five-stage ring counter. The pulse pair resolution is better than 10 nsec. The unit has gate signal input, reset and optical readout.

Inhalt

1. Einleitung
 2. Funktion
 - 2.1 Allgemeiner Aufbau des 100 MHz-Voruntersetzers
 - 2.2 Pulsformer
 - 2.3 Flip-Flop
 - 2.4 Fünffach-Untersetzerring
 - 2.5 Gate
 - 2.6 Nullstellung
 - 2.7 Ziffernanzeige
 3. Spezifikation
 4. Literatur
- Anhang:
- A 1 Gesamtschaltbild
 - A 2 Oszillogramme
 - A 3 Ansicht der Kassette mit Schaltplatine

1. Einleitung

Seit 1960 sind zahlreiche Schaltungen mit Transistoren, Tunnelnioden oder Kombinationen von beiden veröffentlicht worden, die angeben, wie Impulsfolgefrequenzen bis zu 100 MHz oder mehr gezählt werden können ([1] bis [14]). Im folgenden wird eine 100 MHz-Dekade beschrieben, die als reproduzierbarer und betriebssicherer Voruntersetzer Bestandteil der DESY-Standard-Elektronik ist. Der 100 MHz-Voruntersetzer kann beispielsweise einem 25 MHz-DESY-Zähler oder einem 40 MHz-Borer-Zähler vorgeschaltet werden, um das Auflösungsvermögen der Photomultiplier besser ausnutzen zu können. Der Einbau erfolgt in einer 1/8 U-ESONE-Kassette.

2. Funktion

2.1 Allgemeiner Aufbau

Die 100 MHz-Dekade zählt biquinär mit einem Tunnelnioden-Flip-Flop und einem Tunnelnioden-Transistor-Fünfferring. Das Flip-Flop (2:1) steuert über einen transistorierten Kopplungsverstärker den Fünffach-Untersetzerring (5:1). Dem Tunnelnioden-Flip-Flop ist ein Pulsformer vorgeschaltet. Gate-Möglichkeit, Nullstellung und im Bedarfsfall Ziffernanzeige sind vorhanden.

2.2 Pulsformer

Die im Längszweig liegende Si-Diode D1 vom Typ HD 5001 (Bild 1) arbeitet in dieser Schaltung als Limiter-Diode und zeigt wegen ihrer geringen Parallelkapazität (ca. 1,5 pF) gute Begrenzereigenschaften. Im Ruhestand ist D1 leitend. Sobald D1 durch ein negatives Eingangssignal gesperrt wird, bringt der Strom I über D2 die 1 mA-Tunnelnioden TD1 vom Typ AE 100, deren Arbeitspunkt im Ruhestand unterhalb der Peak-Spannung liegt, zum Kippen. TD1 arbeitet als Schmitt-Trigger und verharret für die Zeit, die die Diode D1 gesperrt bleibt, oberhalb der Talspannung. Wird die Ansprechschwelle am Eingang wieder unterschritten, kippt TD1 in den Ruhestand zurück. Das an ihr entstehende Rechtecksignal wird über die Backward-Diode D3 (BD3) einem

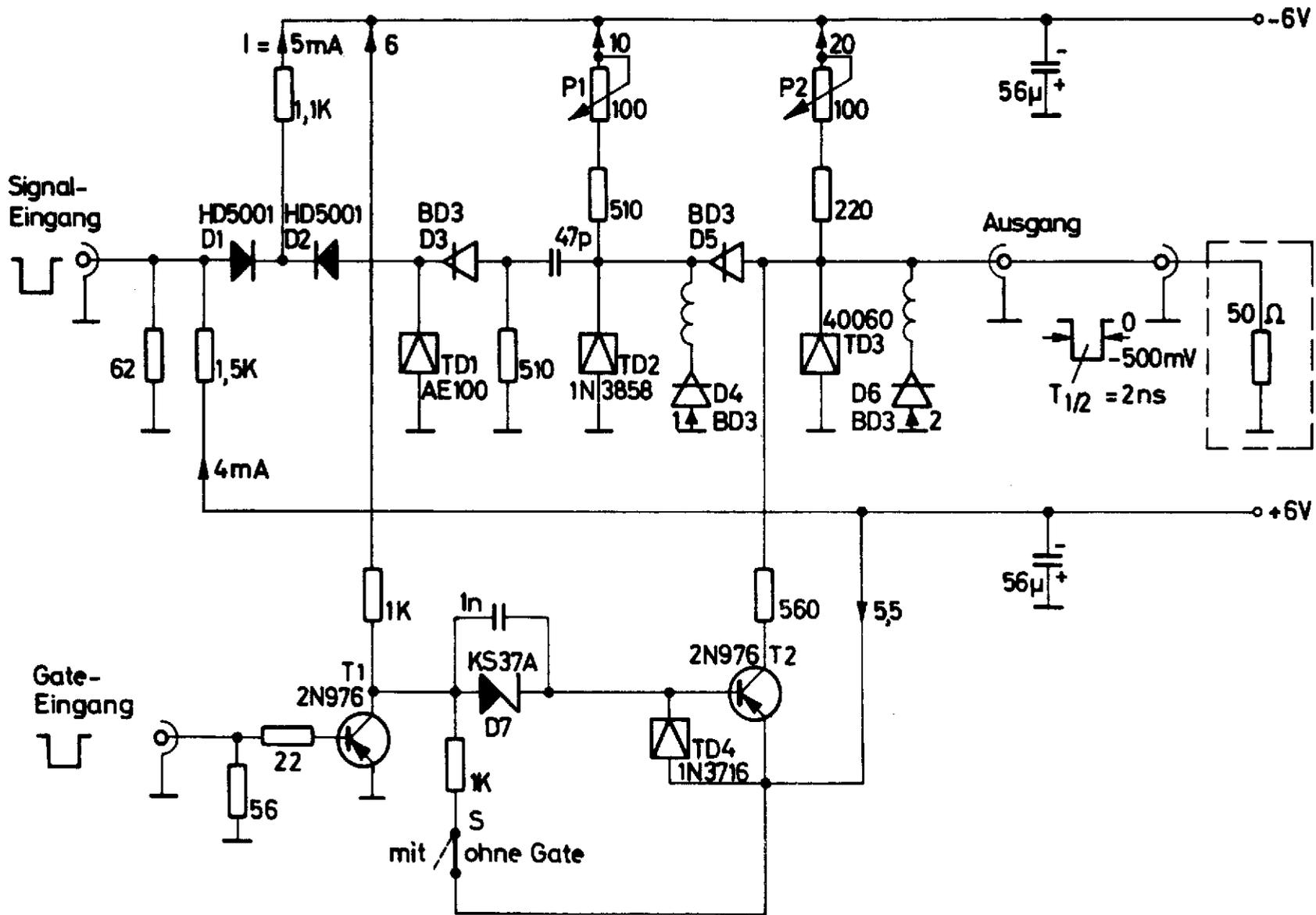


Bild 1 Pulsformer mit Gate-Schaltung

Differenzierglied zugeführt; die negativen Differenzierspitzen triggern einem Tunnelnioden-Univibrator mit einer 10 mA-Ge-TD 1 N 3858 (TD2). Ein weiterer TD-Univibrator mit einer 20 mA-GaAs-TD 40060 (TD3) sorgt für eine Leistungsverstärkung und stellt ein Normsignal von -500 mV an 50Ω mit $T_{1/2} = 2$ ns für die Antriggenng des TD-Flip-Flops zur Verfügung.

Mit Hilfe der Potentiometer P1 und P2 wird die Ansprechschwelle des Pulsformers eingestellt.

Dieser Pulsformer hat den Vorteil, von der Anstiegszeit und der Dauer des Eingangssignals unabhängig zu sein und zudem Spannungsamplituden bis zu 30 V verarbeiten zu können. Bei sorgfältigem Aufbau und geeigneter Dimensionierung der Univibrator-Zeitkonstanten lassen sich Folgefrequenzen bis zu 200 MHz erreichen.

2.3 Flip-Flop

Das Flip-Flop (Bild 2) besteht aus der von WEBER [12] angegebenen Kombination von zwei Tunnelnioden und einem 50Ω -Koaxialkabel-Inverter. Im Ruhestand liegt TD1 unterhalb der Peak-Spannung (stabiler Bereich niederer Spannung), TD2 oberhalb der Talspannung (stabiler Bereich höherer Spannung). Jede der beiden Tunnelnioden wird über eine Backwarddiode BD3 von den negativen Pulsformer-Signalen angesteuert.

Der erste Impuls bringt TD1 zum Kippen (stabiler Bereich hoher Spg.): der im Kabel invertierte Spannungssprung schaltet TD2 in den stabilen Bereich niederer Spannung und bereitet so TD2 für das folgende Pulsformersignal vor. Nach zwei Eingangsimpulsen ist der Ruhezustand wieder hergestellt.

Mit Hilfe eines koaxial eingebauten TD-Pulsformers konnte im DESY-Labor ein TD-Flip-Flop dieser Art bis zu einer Eingangsfolgefrequenz von 420 MHz betrieben werden.

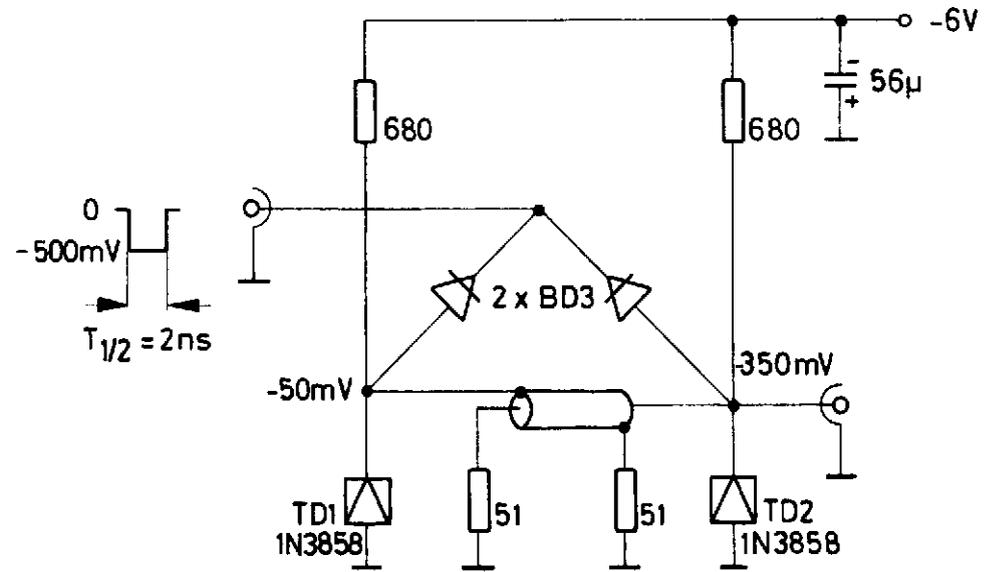
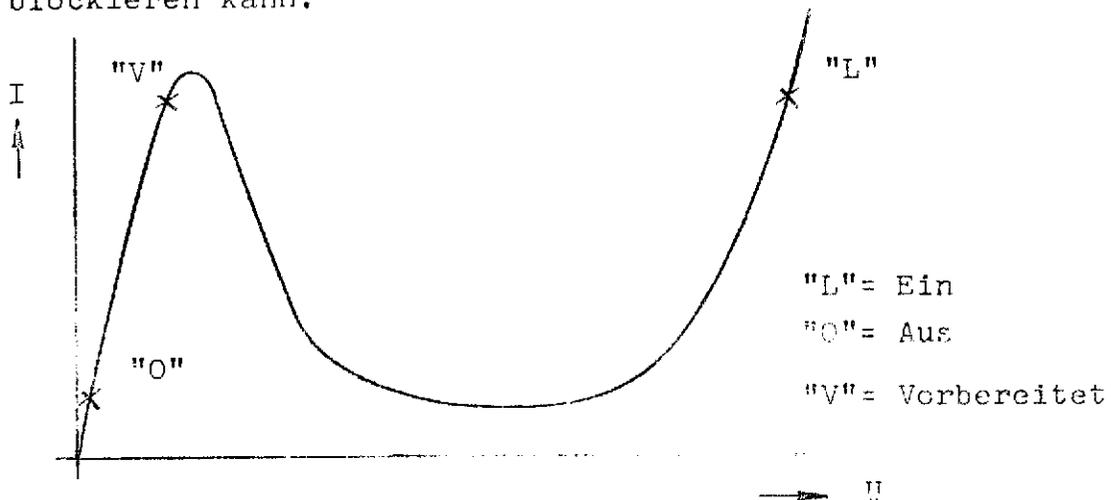


Bild 2 Flip-Flop

2.4 Fünffach-Untersetzerring

Als Fünffach-Untersetzerring fand die von BALDINGER und SIMMEN [14] publizierte Tunneldioden-Transistor-Kombination nach Bild 3 Verwendung, die eine wesentliche logische Verbesserung des RCA-Untersetzerringes ([5], [7]) darstellt, indem durch Gleichspannungskopplung und Hinzufügen eines dritten Zustandes der Ring bei richtiger Dimensionierung keine falschen Zustände zeigt und sich nicht blockieren kann.



Die fünf Ge-Tunnelioden vom Typ 1N 3858 können drei verschiedene stabile Zustände "Ein", "Aus" und "Vorbereitet" einnehmen. Eine TD in "Ein" zwingt über ihren Kopplungstransistor (pnp-Typ 2N 976) die folgenden TD in den Zustand "Aus". Die Schaltung ist so dimensioniert, daß nach erfolgter Nullstellung die Tunnelioden TD1 und TD4 im Zustand "L" sind, so daß die jeweils folgenden Tunnelioden TD2 und TD5 in den Zustand "O" gezwungen werden; die Tunneliode TD3, die durch den Zustand "O" der TD2 nicht beeinflußt wird, nimmt dann den Zustand "Vorbereitet" ein. Ein Triggerimpuls bringt die vorbereitete TD (hier TD3) zum Kippen, die ihrerseits wieder die folgende TD (hier TD4) in den "Aus"-Zustand zwingt. Die Zustände der Tunnelioden TD1 und TD2 ändern sich nicht, so daß jetzt TD5 vorbereitet ist usf. Das Weiterschalten erfolgt somit nur in einer Richtung.

Nullstellung	L	O	V	L	O
1. Zählimpuls	L	O	L	O	V
2. "	O	V	L	O	L
3. "	O	L	O	V	L
4. "	V	L	O	L	O
5. "	L	O	V	L	O

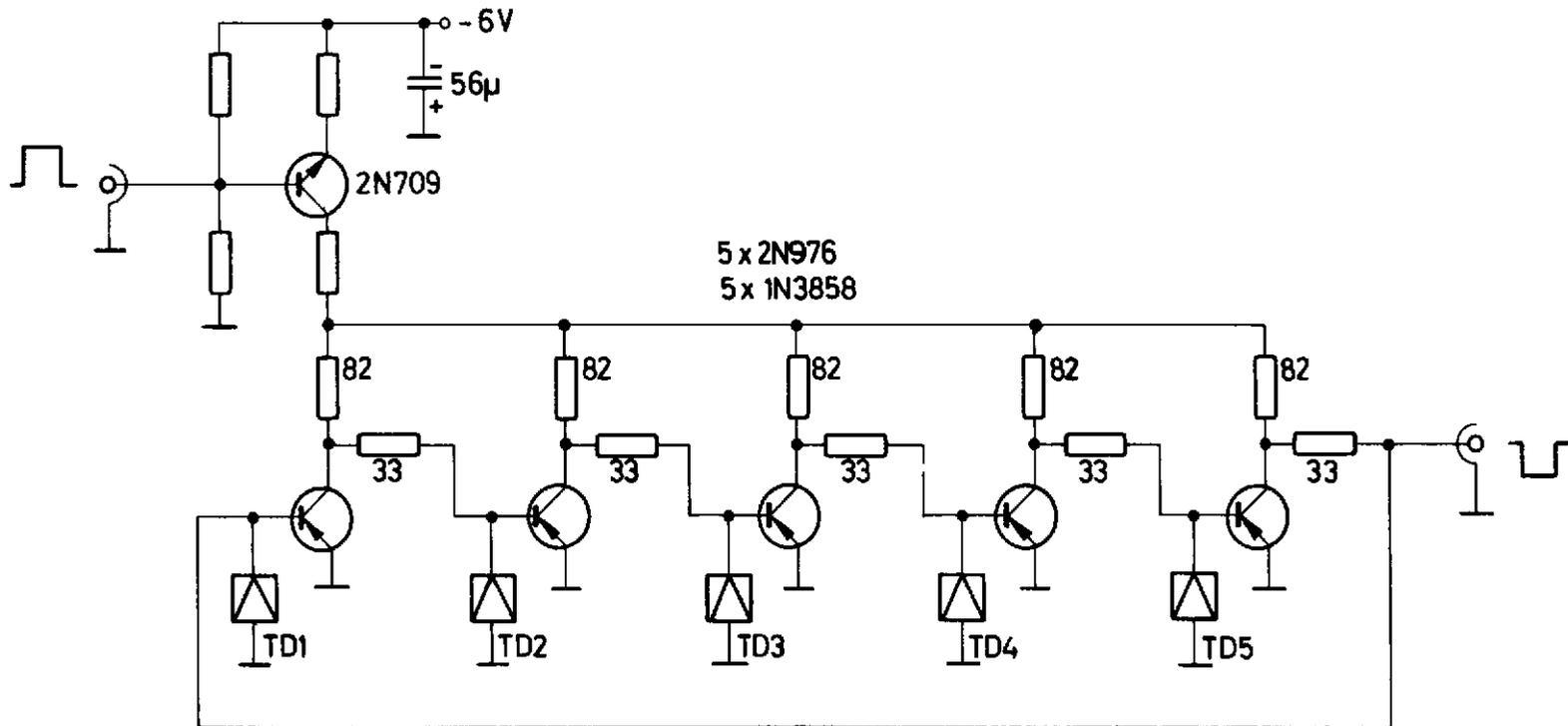


Bild 3 Fünffach-Untersetzerring

Ein großer Vorteil dieser Ringschaltung ist, daß falsche Zustände oder ein Blockieren nicht möglich sind.

Da die Kopplungstransistoren in den Sättigungsbereich gesteuert werden, sind bei dieser Schaltung große Toleranzen in der Spannungsversorgung und der Antriggeramplitude zulässig, wodurch sie für eine Serienfertigung besonders geeignet ist. Das Auflösungsvermögen ist wegen des Sättigungsbetriebes auf ca. 70 MHz beschränkt. In Verbindung mit dem unter 2.3 beschriebenen Tunnelndioden-Flip-Flop können somit ca. 140 MHz gezählt werden.

Mit einer von ENGELMANN beschriebenen Schaltung [9] eines im nichtgesättigten Betrieb arbeitenden Transistor-Fünffach-Untersetzerringes konnten in Verbindung mit einem Tunnelndioden-Flip-Flop Folgefrequenzen von 250 MHz im DESY-Labor gezählt werden. Das gute Funktionieren dieser Schaltung ist jedoch stark von der Stabilität der Versorgungsspannungen und der Konstanz der Triggeramplitude abhängig; außerdem müssen unbedingt Transistoren gleicher Stromverstärkung benutzt werden. Deshalb ist diese Schaltung für eine Serienproduktion nicht geeignet.

Wie BALDINGER und SIMMEN in [14] anführen, kann mit einer aus GaAs-Tunnelndioden (z.B. 40 060) und Si-Transistoren (z.B. 2 N 709) aufgebauten Ringschaltung ein Auflösungsvermögen von 140 MHz, in Verbindung mit dem Tunnelndioden-Flip-Flop und einem Kopplungsverstärker genügend großer Bandbreite somit ein Auflösungsvermögen von 240 MHz erreicht werden.

2.5 Gate

Das Gate (Bild 1) besteht aus einer Kombination von zwei pnp-Transistoren vom Typ 2 N 976 in Emitterschaltung, die über eine von einem Kondensator für Impulse kurzgeschlossene Zenerdiode KS 37 A miteinander gekoppelt sind. Der Kollektor von T2 ist über 560Ω mit der GaAs-Tunnelndiode 40 060 des Pulsformers verbunden. Parallel zur Basis-Emitter-Strecke von T2 liegt eine als Schmitt-Trigger arbeitende 5mA-Ge-Tunnelndiode 1 N 3716, die die Steilheit des Gate-Eingangssignals erhöht. Bei geschlossenem Schalter S arbeitet die 100 MHz-Dekade

ohne Gate. T2 ist dann stromlos. Wird der Schalter S geöffnet ("Mit Gate"), so sinkt der Vorstrom durch die GaAs-Tunnelodiode soweit, daß Eingangssignale diese nicht zum Kippen bringen. Nur für die Dauer eines extern angelegten negativen Gate-Signals wird der Vorstrom der GaAs-Tunnelodiode wieder soweit erhöht, daß diese von Eingangssignalen zum Kippen gebracht wird.

Das Gate arbeitet sicher mit negativen Signalen von optimal -1V und gestattet Öffnungszeiten beliebiger Dauer (Schmitt-Trigger!). Einschalt- und Ausschaltzeit betragen ca. 5 ns.

2.6 Nullstellung

Die Nullstellung erfolgt über einen Druckschalter mit zwei getrennten Kontaktpaaren. Wie aus dem Gesamtschaltbild ersichtlich ist, werden mit einer geeigneten Widerstandskombination unter Verwendung der Spannungen -6V und +6V die sieben Tunnelioden der bi-quinären Kombination durch kurzzeitiges Betätigen des Druckschalters in die Nullstellung

TD4 = "0", TD5 = "L", TD7 = "L", TD8 = "0", TD9 = "V",
TD10 = "L" und TD11 = "0"

gebracht.

2.7 Ziffernanzeige

Im Bedarfsfall ist der Voruntersetzter mit einer dekadischen Ziffernanzeige (Schaltung siehe Anhang) ausgerüstet. Die Anzeige der Ziffern 0 bis 9 erfolgt mit einer Nixieröhre vom Typ ZM 1020.

Die beiden Tunnelioden des Flip-Flops sowie die fünf Tunnelioden des Untersetzertringes sind hochohmig über Transistoren 2N 1307 an den Eingang einer aus 30 Dioden AA 112 bestehenden Matrix angeschlossen. Die Dioden sind so angeordnet, daß die jeweils im "L"-Zustand befindlichen Tunnelioden (drei bei jedem Zählimpuls) durch eine Und-Verknüpfung einen der 10 am Ausgang der Matrix angeschlossen Treibertransistoren BSX 21 zum Leiten bringen. Dadurch wird die Zündspannung der Anzeige-

röhre erreicht, und die zu der jeweiligen Und-Verknüpfung gehörende Ziffer leuchtet auf.

Zu großem Dank bin ich Herrn Dr. Stuckenberg, DESY Hamburg, und Herrn Simmen, Institut für Angewandte Physik Basel, für zahlreiche Anregungen und Hinweise für diese Arbeit verpflichtet.

3. Spezifikation

SIGNALEINGANG

Impedanz: 50Ω
Kopplung: DC; $U_{\pm} = 0V \pm 50 \text{ mV}$
Polarität: negativ
Ansprechschwelle: $-600 \text{ mV} \pm 50 \text{ mV}$
max. Amplitude: -30 V
Impulsdauer: 2 ns oder größer
Anstiegszeit: beliebig
Abfallzeit: beliebig
Zeitauflösung für
Doppelimpulse: besser als 10 ns
statistische Totzeit: ca. 10 ns

MAXIMALE FOLGEFREQUENZ: typ. 120 MHz

SIGNALAUSGANG

Kopplung: DC
Polarität: negativ
Amplitude: $-3 \text{ V} \pm 10 \%$ an 50 Ohm
Tastverhältnis: 2 : 5
Anstiegszeit: 4 ns
Abfallzeit: 5 ns

VERZÖGERUNGSZEIT

zwischen Eingang und
Ausgang: ca. 35 ns

GATE: extern durch $-1 \text{ V}/50 \text{ Ohm}$
(optimaler Wert)

TEMPERATURBEREICH: 0°C bis 45°C

VERSORGUNGSSPANNUNGEN

$+ 6 \text{ V} \pm 10 \%$	24mA	} Voruntersetzer
$- 12 \text{ V} \pm 15 \%$	140mA	
$- 24 \text{ V} \pm 15 \%$	185mA	
$- 6 \text{ V} \pm 20 \%$	27mA	} Ziffernanzeige
$+100 \text{ V} \pm 20 \%$	0,6mA	
$+200 \text{ V} \pm 20 \%$	1mA	

4. Literatur

- [1] P. SPIEGEL
High Speed Scalers using Tunnel Diodes
Rev. Sci. Instr. 31 (1960) 754-755

- [2] N.N.
100-MC Solid-State Gated Counter
Electronic Design 8 (Oktober 1960) 58-59

- [3] Z. TARCZY - HORNOCH
Five-Binary Counting Technique Makes
Faster Decimal-Counting
Electronic Design 9 (Januar 1961) 34-37

- [4] J.A. HILTEBEITEL
A 100 MC Decade Counter Using
The 2 N 796 (MADT) In Saturated Circuitry
Philco Corporation, Lansdale Division,
Pennsylvania Application Lab. Report 708,
April 1961

- [5] F.P. HEIMANN
100-MC Tunnel-Diode Ring Counter
Proc. IRE 49 (1961) 1215

- [6] B.RABINOVICI
Tunnel Diode Decade Counter
Rev. Sci.Instr. 33 (1962) 1391-1392

- [7] N.N.
RCA TunnelDiodes
Techn. Manuel TD-30 (1963) 60

- [8] L.C. DREW
Using Microcircuits in High-Resolution
Range Counters
Electronics 36 (1963) 31-33

- [9] R. ENGELMANN
Bi-Quinary Scaling: Accuracy
and Simplicity at 500 MC
Electronics 36 (1963) 34-36

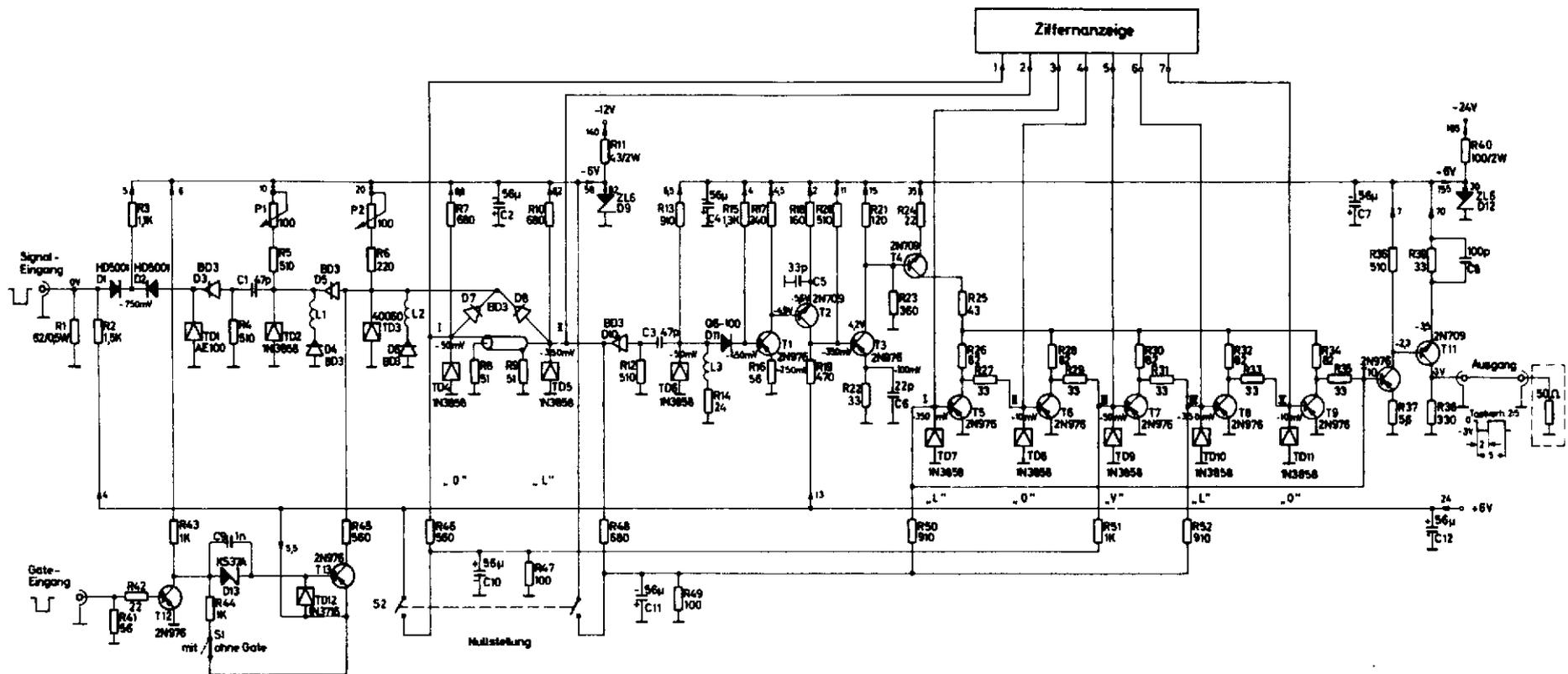
- [10] W. HILBERG
Das Zählen sehr schnell aufeinander
folgender Impulse
Telefunken AG - Forschungsinstitut
Techn. Bericht FIT - Nr. 19/63

- [11] R.S. FOOTE, D. JOHNSON
High Speed Decade Pulse Counting
Rev. Sci. Instr. 35 (1964) 1126-1129

- [12] J. WEBER
Ein Tunneliodendekade für
Folgefrequenzen bis zu 250 MHz
Nucl. Instr. and Methods 26 (1964) 325-328

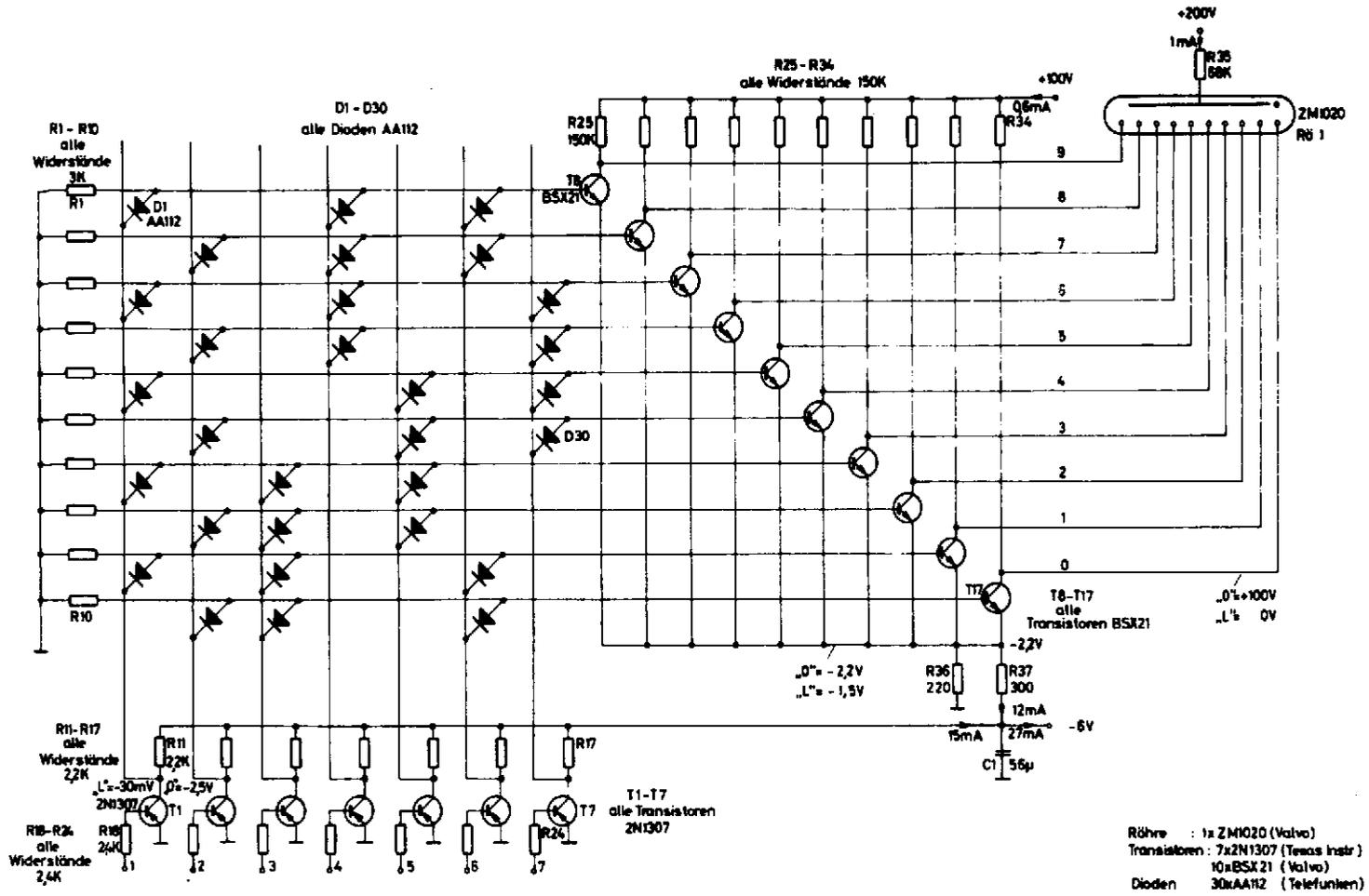
- [13] W. HILBERG
A 500 MC Twisted Ring Counter
whose Resolution is Limited By
Gate Switching Speed Only
Nucl. Instr. and Methods 33 (1965) 322-324

- [14] E. BALDINGER, A. SIMMEN
A Reliable and Versatile Fast
Decimal Scaler
Nucl. Instr. and Methods 33 (1965) 363



- Transistoren: 10 x 2N709 (Sprague)
 3 x 2N708 (Fahradl)
 Tunnelknoten: 9 x 9C3858 (RCA)
 1 x 40080 (RCA)
 1 x AE100 (Telefunken)
 1 x 9C376 (Gen. Electric)
 Dioden: 7 x BD3 (Gen. Electric)
 2 x HD5001 (Hughes)
 1 x OS-100 (ADC)
 Zenerdioden: 2 x ZL5 (Intermetall)
 1 x KS37A (Ferranti)
- L1: Cu (3mm² Flg) mit 3mm²
 L2: - 2Wdg -
 L3: - 3Wdg -
- Alle Stromangaben in mA

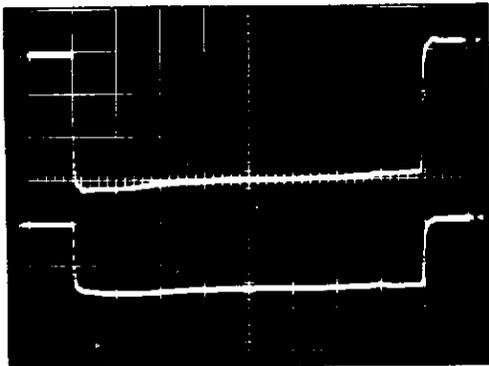
	Flip-Flop		Ring				
	I	II	I	II	III	IV	V
Nullstellung	0	L	L	0	V	L	0
1. Zifferninput	L	0	L	0	V	L	0
2. -	0	L	L	0	V	L	0
3. -	L	0	L	0	V	L	0
4. -	0	L	0	V	L	0	V
5. -	L	0	0	V	L	0	L
6. -	0	L	0	V	L	0	V
7. -	L	0	0	L	0	V	L
8. -	0	L	V	L	0	V	0
9. -	L	0	V	L	0	L	0
10. -	0	L	V	L	0	V	L



Mitabteilung	0	⊗	⊗	0	v	⊗	0
1. Zähimpuls	⊗	0	⊗	0	v	⊗	0
2. "	0	⊗	⊗	0	⊗	0	v
3. "	⊗	0	⊗	0	⊗	0	v
4. "	0	⊗	0	v	⊗	0	⊗
5. "	⊗	0	0	v	⊗	0	⊗
6. "	0	⊗	0	⊗	0	v	⊗
7. "	⊗	0	0	⊗	0	v	⊗
8. "	0	⊗	v	⊗	0	⊗	0
9. "	⊗	0	v	⊗	0	⊗	0
10. "	0	⊗	⊗	0	v	⊗	0

- Röhre : 1x ZM1020 (Valvo)
- Transistoren : 7x 2N1307 (Texas Instr.)
- 10x BSK21 (Valvo)
- Dioden : 30x AA112 (Telefunken)

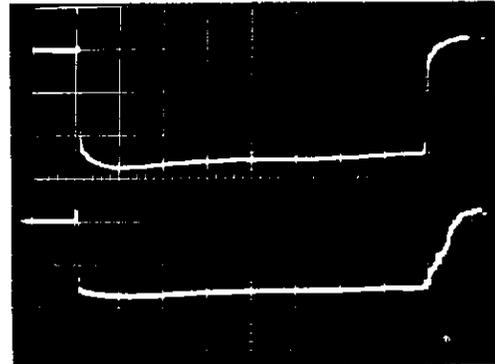
ZIFFERNANZEIGE
100 MHz-VORUNTERSETZER



200mV/cm

100mV/cm

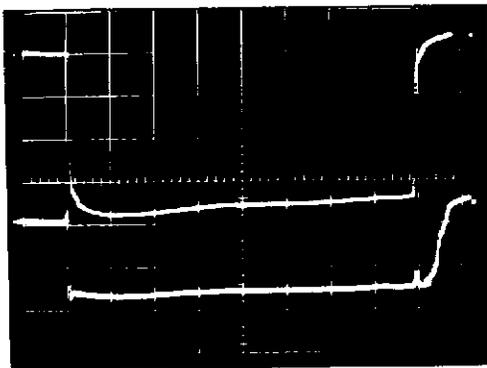
0,1µs/cm
Bild 4



2V/cm

100mV/cm

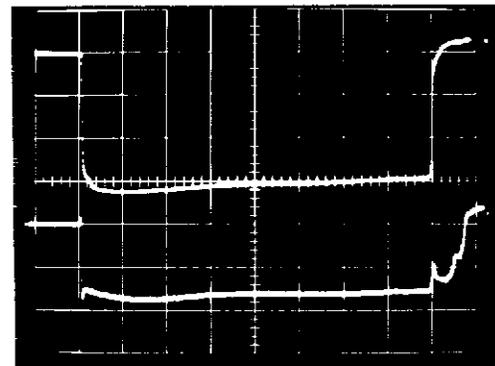
0,1µs/cm
Bild 5



4V/cm

100mV/cm

0,1µs/cm
Bild 6



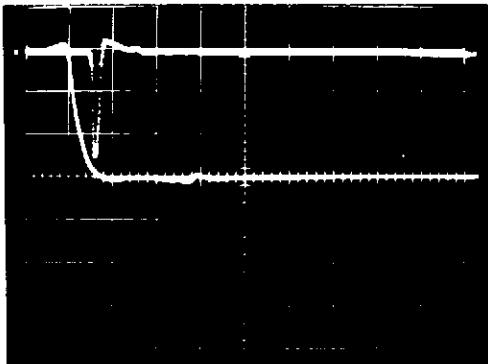
10V/cm

100mV/cm

0,1µs/cm
Bild 7

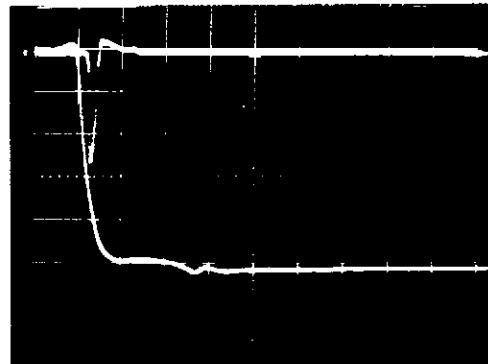
Obere Kurven
 Bild 4 : -600mV
 Bild 5 : -5V
 Bild 6 : -14V
 Bild 7 : -30V } Pulsformer - Eingangssignal an 50 Ω von 0,8µs Dauer

Untere Kurven
 Bild 4-7 : Signal am Tunnelioden-Schmitt-Trigger -150mV an 50 Ω



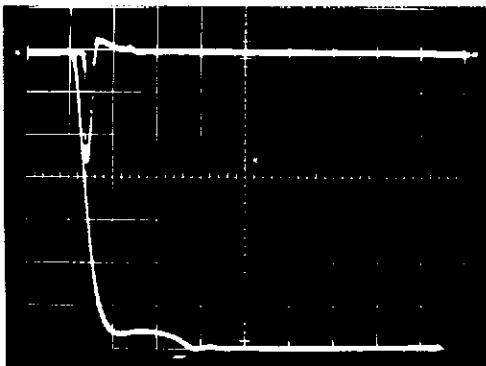
10ns/cm
Bild 8

200mV/cm
200mV/cm



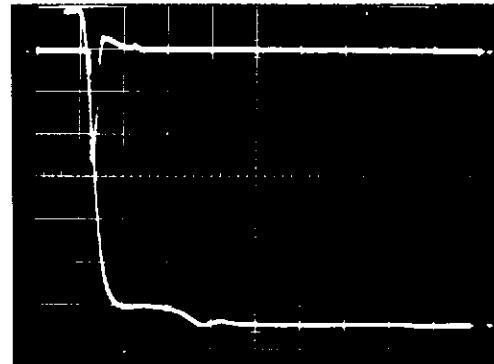
10ns/cm
Bild 9

200mV/cm
1V/cm



10ns/cm
Bild 10

200mV/cm
2V/cm

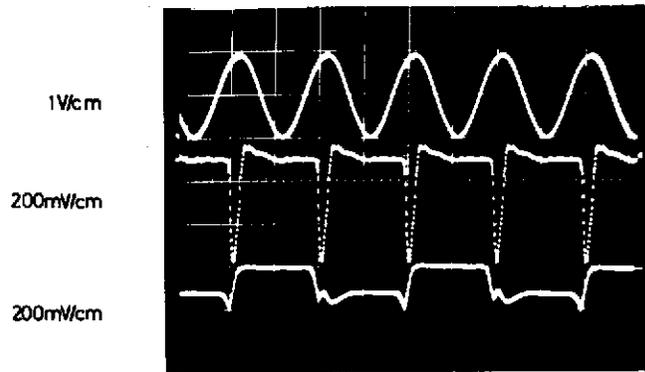


10ns/cm
Bild 11

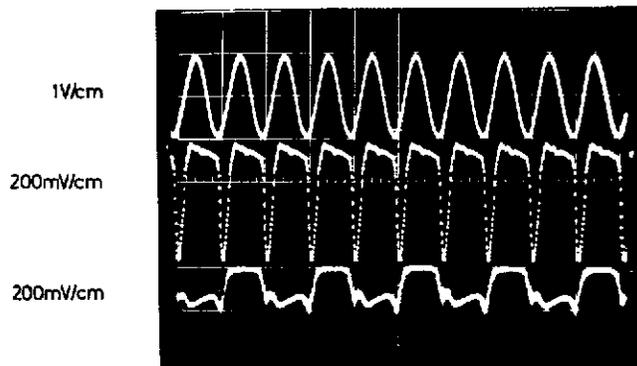
200mV/cm
4V/cm

Ausgangssignal des Pulsformers (-500mV an $50\ \Omega$, $T_{1/2} = 2\text{ns}$) bei Pulsformer-Eingangssignalen von $1\ \mu\text{s}$ Dauer und einer Amplitude von

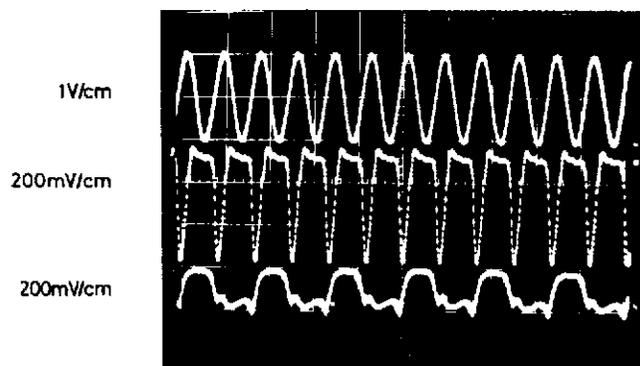
- Bild 8 : -600mV
- Bild 9 : -5V
- Bild 10 : -14V
- Bild 11 : -30V



10ns/cm
Bild 12



10ns/cm
Bild 13



10ns/cm
Bild 14

Obere Kurven

Bild 12 : 50MHz
 Bild 13 : 100MHz
 Bild 14 : 120MHz

Pulsformer-Eingangssignal $2V_{SS}$ an 50Ω

Mittlere Kurven

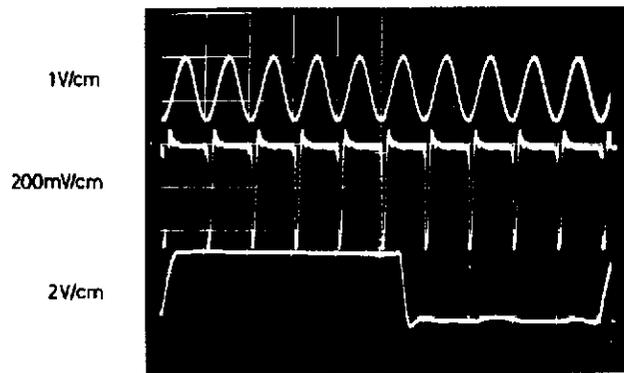
Bild 12 : 50MHz
 Bild 13 : 100MHz
 Bild 14 : 120MHz

Pulsformer-Ausgangssignal -500mV an 50Ω

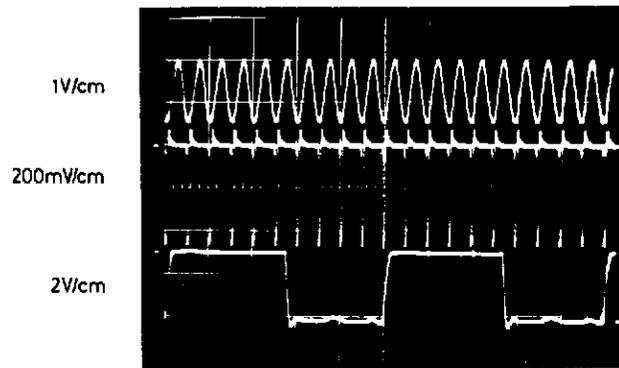
Untere Kurven

Bild 12 : 25MHz
 Bild 13 : 50MHz
 Bild 14 : 60MHz

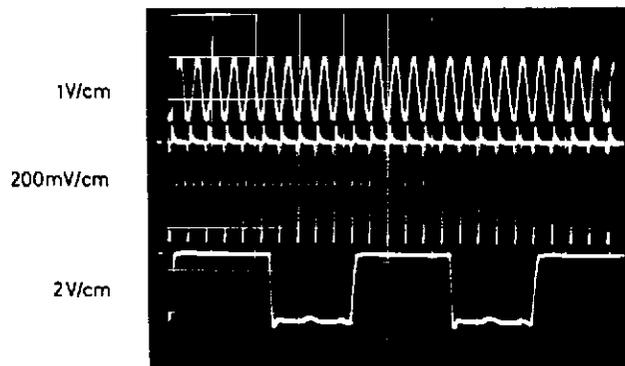
Im Verhältnis 2:1 frequenzuntersetztes Signal am Flip-Flop



20ns/cm
Bild 15



20ns/cm
Bild 16



20ns/cm
Bild 17

Obere Kurven

Bild 15 : 50 MHz
 Bild 16 : 100 MHz
 Bild 17 : 120 MHz

} Pulsformer - Eingangssignal 1,5V_{SS} an 50 Ω

Mittlere Kurven

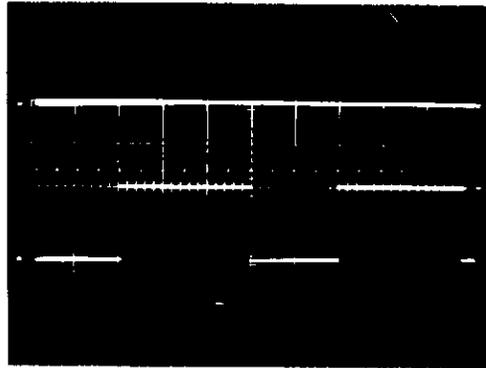
Bild 15 : 50 MHz
 Bild 16 : 100 MHz
 Bild 17 : 120 MHz

} Pulsformer - Ausgangssignal -500mV an 50 Ω

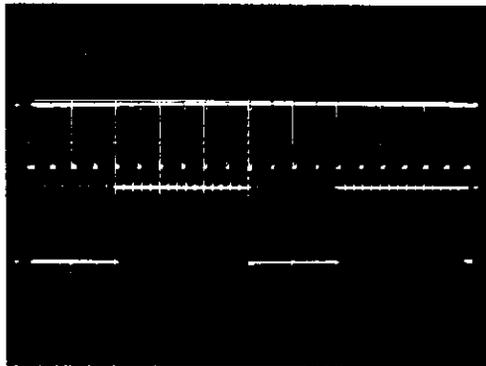
Untere Kurven

Bild 15 : 5 MHz
 Bild 16 : 10 MHz
 Bild 17 : 12 MHz

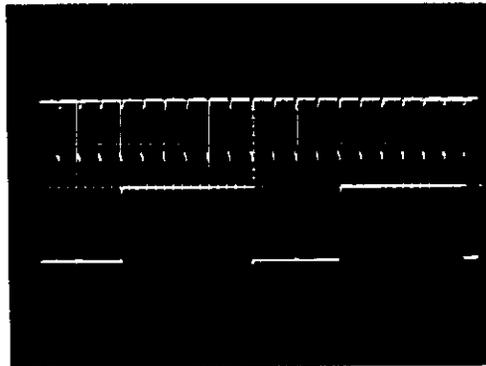
} Im Verhältnis 10:1 frequenzuntersetztes Signal
 am Ausgang der 100MHz - Dekade -3V an 50 Ω
 Tastverhältnis 2:5



02 ms/cm
Bild 18

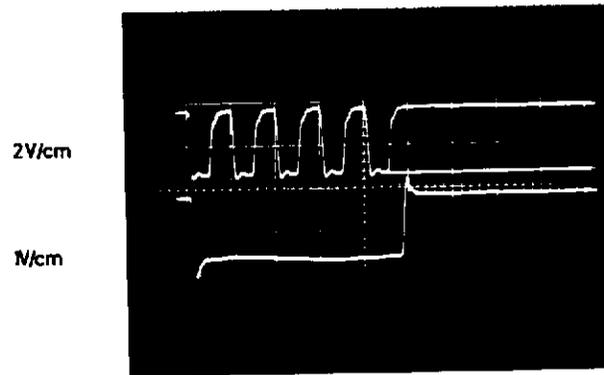


20 μs/cm
Bild 19



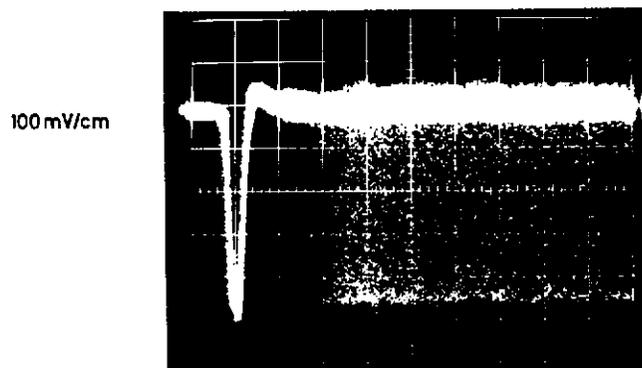
02 μs/cm
Bild 20

Bild 18 : Dekadische Untersetzung von 10kHz auf 1kHz
 Bild 19 : " " von 100kHz auf 10kHz
 Bild 20 : " " von 10MHz auf 1MHz



0,2 μ s/cm
Bild 21

Bild 21 : Dekadische Untersetzung von 50MHz auf 5MHz (obere Kurve) für die Dauer eines Gate-Öffnungsimpulses von 1 μ s (untere Kurve)



5ns/cm
Bild 22

Bild 22 : Messung der statistischen Totzeit mit Co^{60} - γ -Strahlung, mittlere Eingangszählrate etwa 10^7 Impulse pro Sekunde

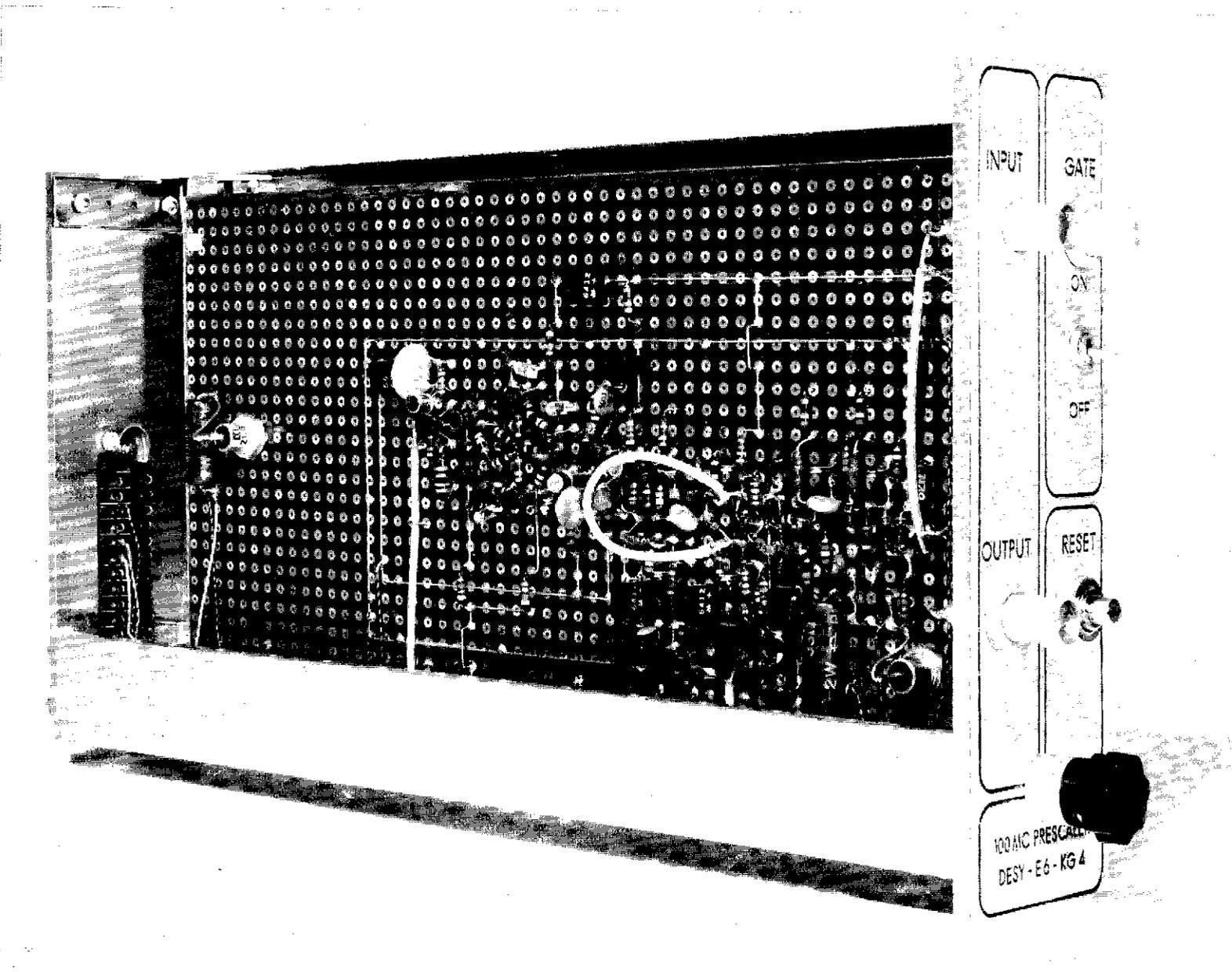


Bild 23 Ansicht der Kassette (ohne Ziffernanzeige)

