

B 555 D

Monolithisch integrierter bipolarer Zeitgeberschaltkreis

Dipl.-Ing. RALF WAGNER und
Dipl.-Ing. RAINER ZIMMERMANN

Mitteilung aus dem VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)

Anwendung

Der Schaltkreis B 555 D ist eine monolithisch integrierte Zeitgeberschaltung, die sich für präzise Zeitverzögerungen in einem Bereich von einigen Mikrosekunden bis zu zehn Minuten und als Oszillator einsetzen läßt. Weitere Anschlüsse ermöglichen das Rücksetzen und eine Impulsbreitensteuerung.

Besondere Merkmale sind:

- Stabilisierung der Verzögerungszeit gegen Betriebsspannungs- und Umgebungstemperaturschwankungen
- hohe Strombelastbarkeit der Ausgangsstufe
- TTL-Kompatibilität
- einfache Außenbeschaltung.

Erzeugnisstandard Fachbereichsstandard TGL 34 160

Bauform achtpoliges DIL-Plastgehäuse der Bauform 21.2.1.2.8 TGL 26 713

Masse < 1 g

Der Doppelzeitgeber B 556 D enthält zwei datengleiche Zeitgeber des Typs B 555 D, die unabhängig voneinander arbeiten. Für den B 556 D gilt der Fachbereichsstandard TGL 13 787, die Bauform ist ein 14poliges Plastgehäuse 21.1.1.2.14 nach TGL 26 713.

Die Anschlußbelegungen enthält Bild 1, das Blockschaltbild eines Zeitgeberbausteins ist im Bild 2 dargestellt. Die in den Aufstellungen angegebenen zulässigen Grenzwerte und elektrischen Kennwerte gelten sowohl für den B 555 D als auch näherungsweise für die beiden Systeme des B 556 D. Deshalb wurden zur Verbesserung der Übersichtlichkeit von den genannten Erzeugnisstandards abweichende Kurzzeichen verwendet. Die Zuordnung kann der Tafel entnommen werden.

Zuordnung der Kurzzeichen

verwendete Kurzzeichen	Kurzzeichen nach TGL 26 713 bzw. 13 787		
	B 555 D	B 556 D 1	B 556 D 2
U_{11}	U_1	U_5	U_{11}
U_{12}	U_2	U_3	U_2
I_{11}	I_1	I_4	I_{11}
I_{12}	I_2	I_3	I_2
I_{13}	I_3	I_5	I_{13}

Funktionsbeschreibung

Entsprechend dem Blockschaltbild (Bild 2) besteht der Zeitgeberschaltkreis aus zwei Komparatorstufen, einem RS-Flip-Flop, einem als Entladestufe bezeichneten Transistor und der Ausgangsstufe. Der Komparator N₁ besteht aus einer Differenzverstärkerstufe VT₁ bis VT₃ (s. Bild 4), deren invertierender Eingang zu Beginn der Zeitverzögerung ein Triggersignal über den Anschluß 2 erhält und an deren nichtinvertierendem Eingang über einen internen Spannungsteiler eine Referenzspannung von $1/3 U_{CC}$ liegt.

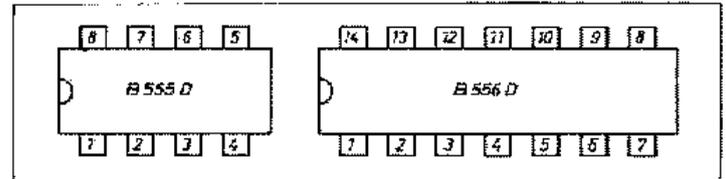


Bild 1: Anschlußbelegung (von oben gesehen)

	B 555 D	B 556 D/1	B 556 D/2
Masse	1		7
Triggereingang	2	6	8
Ausgang	3	5	9
Rücksetzeingang	4	4	10
Kontrollspannung	5	3	11
Schwellwerteingang	6	2	12
Entladeeingang	7	1	13
Betriebsspannung	8		14

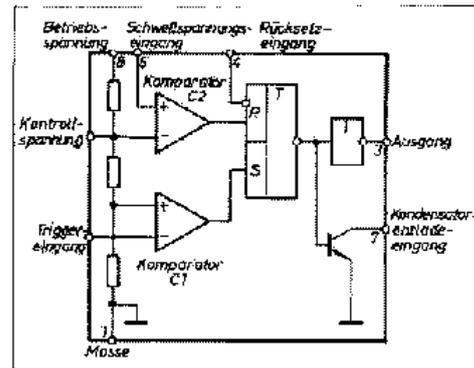


Bild 2: Blockschaltbild

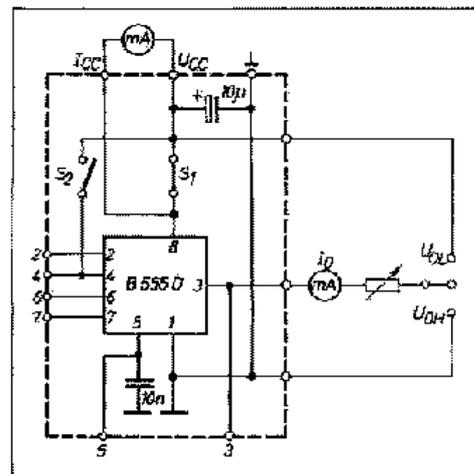
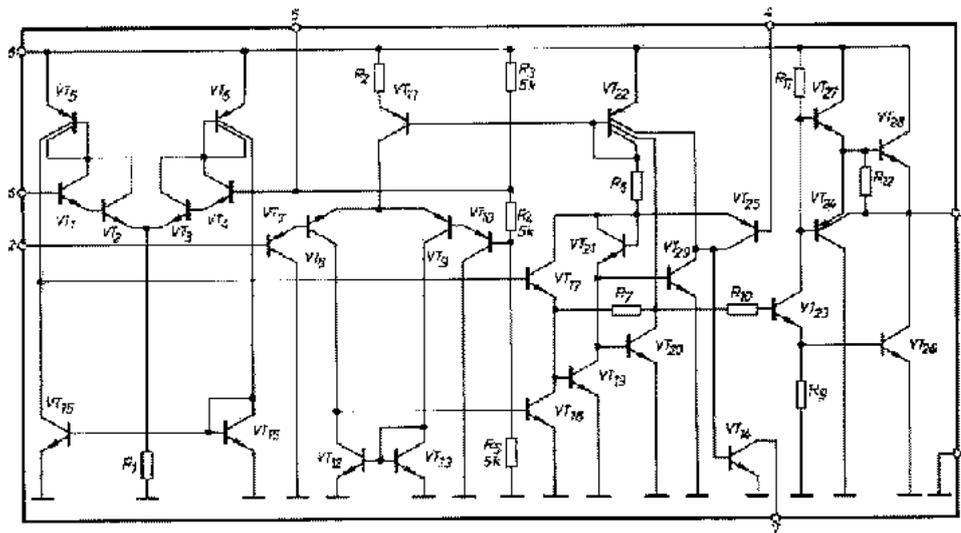


Bild 3: Statische Meßschaltung

Liegt am Triggeranschluß eine Spannung $1/3 U_{CC} < U_{TR} \leq U_{CC}$, so hat der Ausgang des Komparators L-Pegel. Unterschreitet die Triggerspannung den Wert von $1/3 U_{CC}$, so geht der Ausgang des Komparators nach H, und das nachfolgende Flip-Flop wird gesetzt. Der zum Triggern erforderliche Strom beträgt $I_{TR} < 1 \mu A$.

Bild 4: Innenschaltung



Grenzwerte, gültig für den Betriebstemperaturbereich

Kenngröße	min.	max.
Betriebsspannung U_{CC} in V	4,5	16
Ausgangsstrom I_B in mA	-200	200
Eingangsspannungen in V		
U_{I1}	0	U_{CC}
U_{I2}		
U_{I3}		
U_{I5}		
Entladestrom I_{L1} in mA	0	100
Gesamverlustleistung P_{tot} in mW ¹⁾	-	600
		1 200 ²⁾
Betriebstemperaturbereich θ_a in °C	-25	85
Lagerungstemperaturbereich θ_s in °C	-40	125

¹⁾ vgl. Bild 13
²⁾ B 556 D

Auch der Komparator 2 besteht aus einer Differenzverstärkerstufe VT_1 bis VT_3 . Die Referenzspannung beträgt $2/3 U_{CC}$ und liegt hier am invertierenden Eingang. Am nichtinvertierenden Eingang liegt eine Spannung $0 \leq U_{I2} < 2/3 U_{CC}$. Überschreitet U_{I2} durch die Aufladung des zeitbestimmenden Kondensators C oder durch das Eintreffen eines Impulses den Referenzpegel von $2/3 U_{CC}$, so geht der Ausgang des Komparators 2 nach H, und das Flip-Flop wird zurückgesetzt. Der Eingangsstrom dieses Komparators beträgt $I_{I5} < 0,2 \mu A$.

Das RS-Flip-Flop besteht aus den Transistoren VT_{14} , VT_{20} , dem Rückkopplungswiderstand R_7 sowie den Ansteuerstufen VT_{17} , VT_{18} und weiteren Bauelementen zur Stromversorgung und Pegelanpassung. Es wird durch positive Signale an der Basis von VT_{18} gesetzt und durch positive Signale an der Basis von VT_{17} rückgesetzt. Im gesetzten Zustand führt der Kollektor von VT_{20} L-Pegel. Ein Rücksetzen ist darüber hinaus über VT_{25} dominant bei $U_{I1R} \leq 0,4 V$ möglich. Dabei ist abzusichern, daß U_{I1R} die Rücksetzschwelle möglichst schnell und ausreichend weit überschreitet, um das Auftreten undefinierter Schaltzustände zu vermeiden. Um ein unbeabsichtigtes Rücksetzen durch äußere Störeinflüsse zu verhindern, ist eine Spannung $1/3 U_{CC} < U_{I1R} \leq U_{CC}$ anzulegen.

Durch das Flip-Flop wird über VT_{26} die Entladestufe VT_{14} angesteuert, die sich bei rückgesetztem Flip-Flop im leitenden Zustand befindet. Durch den Kollektorstrom I_{IK} von VT_{14} wird die externe Kapazität des zeitbestimmenden RC-Gliedes je nach der angewendeten Grundschaltung auf- oder entladen. Der Wert von I_{IK} ist von der Sättigungsspannung VT_{14} (U_{I1E}) und von U_{CC} abhängig und wird durch VT_{22} begrenzt.

Das Steuersignal für die Endstufe wird am Kollektor von VT_{20} abgenommen und an VT_{23} invertiert. Die Gegentaktausgangsstufe ermöglicht positive und negative Ausgangsströme bis 200 mA, weshalb die externe Last zwischen dem Ausgang und Masse oder U_{CC} angeschlossen werden kann. Die Ausgangsspannung U_2 kann aber auch ohne externen Lastwiderstand abgenommen werden. Bei rückgesetztem Flip-Flop, d. h. im nichtgetriggerten Zustand, liegt der Ausgang auf L-Potential, das durch die Sättigungsspannung von VT_{26} bestimmt wird.

Elektrische Kennwerte

Die garantierten Größt- bzw. Kleinstwerte werden im Erzeugnisstandard angegeben.
 Meßbedingungen: $t_a = 25^\circ C \pm 5 K$ und $U_{I1R} = U_{I1E}$, wenn nicht anders angegeben. Meßschaltung nach Bild 3

Kenngröße	min.	typ.	max.
Meßbedingungen			
Stromaufnahme I_{CC} in mA¹⁾			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1E} = 7 V, U_{I5} = 12 V$	9,1	9,6	11,3
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 2,7 V, U_{I3} = 4,5 V$	2,6	3,1	3,5
Kontrollspannung U_K in V			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1E} = 3 V$	9,99	10,01	10,04
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 0,7 V$	3,32	3,33	3,34
L-Ausgangsspannung U_{O1} in mV			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1E} = 7 V, U_{I5} = 12 V$			
$I_B = 100 mA$	302	310	340
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 2,7 V, U_{I3} = 4,5 V$			
$I_B = 5 mA$	24	25	28
H-Ausgangsspannung U_{O1} in V			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1E} = 3 V, U_{I5} = 8 V$			
$I_B = 100 mA$	13,28	13,30	13,36
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 0,7 V, U_{I3} = 2,3 V$			
$I_B = 100 mA$	3,29	3,30	3,34
Triggerstrom $-I_{IT}$ in nA			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1E} = 0$			
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 0$	110		570
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 0$	70		490
Rücksetzstrom $-I_{IR}$ in nA			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1R} = 0$			
$U_{I1E} = 5 V, U_{I2} = 0$	115		130
$U_{I1E} = 5 V, U_{I2} = 0$	17		20
Schwellstrom I_{IS} in nA			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I5} = 12 V$			
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 4,5 V$	123		190
$U_{I1R} = 5 V, U_{I2} = 4,5 V$	55		97
Entladungsleckstrom I_{LE} in pA			
bei $U_{CC} = 15 V, U_{I1E} = 3 V, U_{I5} = 8 V$			
$U_{I1R} = 12 V$			420
$U_{I1E} = 5 V, U_{I2} = 0,7 V, U_{I3} = 2,3 V$			580
$U_{I1E} = 4,5 V$			60
$U_{I1E} = 4,5 V$			75
Triggerschwelle U_{IT} in V			
bei $U_{CC} = 15 V$	5,011	5,022	5,037
$U_{I1E} = 5 V$	1,666	1,672	1,678
Rücksetzschwelle U_{IR} in V			
bei $U_{I1E} = 15 V$	0,547	0,564	0,574
$U_{I1R} = 5 V$	0,566	0,582	0,592
Schallschwelle U_{IS} in V			
bei $U_{CC} = 15 V$	10,01	10,02	10,03
$U_{I1E} = 5 V$	3,33	3,34	3,35
Anstiegszeit t_{RI1} in ns			
bei $U_{CC} = 15 V$		52	60
$U_{I1E} = 5 V$		102	262
Abfallzeit t_{FI1} in ns			
bei $U_{CC} = 15 V$		5,1	5,4
$U_{I1E} = 5 V$		23	25

¹⁾ Für den B 556 D gilt etwa der doppelte Wert von I_{CC} .

Bei $U_{I1R} = 5 V$ ist das Ausgangssignal TTL-kompatibel. Dabei empfiehlt es sich, zur Verbesserung der dynamischen Eigenschaften eine Kapazität von 100 pF vom Ausgang nach Anschluß 1 (Masse) zu schalten. Die Anstiegszeit reduziert sich damit auf 60 ns, und für die Abfallzeit wurden 16 ns gemessen.

Zeitgebergrundschaltungen

Der zumeist als monostabile Verzögerungsstufe eingesetzte Zeitgeberschaltkreis wird durch einen externen Triggerimpuls ausgelöst, wonach die Ausgangsspannung von L nach H springt und die Kapazität eines externen RC-Gliedes sich aufzuladen oder zu entladen beginnt. Eine von diesem RC-Glied abgeleitete Spannung wird zur Steuerung für den Komparator 2 verwendet, der nach Überschreiten seines Schwellwertes die Ausgangsspannung auf L zurückspringen läßt, wonach die Kapazität des RC-Gliedes durch die Entladestufe wieder in den Anfangszustand gebracht wird. Bei der Aufladeschaltung (Bild 5) wird nach einem Triggerimpuls C über R aufgeladen. Erreicht U_{IS} den Schwellwert $2/3 U_{CC}$, so ist der Verzögerungsvorgang beendet, und C wird über den nun geöffneten VT_{14} entladen.

C_5 dient zur Unterdrückung von Störungen, die U_{CC} überlagert sind.

Bei der Entladeschaltung (Bild 6) wird nach einem Triggerimpuls und gesperrtem VT_{14} der aufgeladene Kondensator C über R entladen, bis U_{IS} den Schwellwert $2/3 U_{CC}$ erreicht, wobei der Verzögerungsvorgang beendet wird und VT_{14} wieder öffnet. Die erzielbare Haltezeit beträgt für beide Schaltungsvarianten $t_p \approx 1,1 RC$.

Oszillatorgrundschaltung

Durch die äußere Beschaltung läßt sich der B 555 D auch als Oszillator verwenden. Hierfür sind geeignete Triggersignale entweder vom Zeitglied selbst oder vom Schaltungsausgang abzuleiten. Bei der einfachen Schaltung nach Bild 7 wird eine Periodendauer $T \approx 1,4 RC$ bei einem Tastverhältnis $k = t_p/T$ erreicht. Die Frequenzkonstanz ist gering, das Tastverhältnis kann nicht verändert werden.

Eine verbesserte Oszillatorschaltung zeigt Bild 8. Beim Einschalten lädt sich C über R_A und R_B auf, bis U_T den Wert von $2/3 U_{CC}$ übersteigt, der Ausgang umschaltet und VT_{14} öffnet. Nun entlädt sich C über R_B , bis U_C die Triggerschwelle von $1/3 U_{CC}$ unterschreitet und sich der Vorgang wiederholt. Die Periodendauer beträgt $T = 0,693 (R_A + 2R_B) C$, das Tastverhältnis ergibt sich zu $k = (R_A + R_B) / (R_A + 2R_B)$.

Das Tastverhältnis ist durch die Variation der Widerstände R_A , R_B im Bereich von etwa 0,5 ($R_A \approx 0$) und 1 ($R_B \approx 0$) einstellbar. Durch eine Diode VD mit niedriger Flußspannung fließt der Aufladestrom nur noch über R_A und VD, wobei k auch Werte von $\leq 0,5$ annehmen kann. Es gilt dann für die Periodendauer die Beziehung $T \approx 0,69 (R_A + R_B) C$, und das Tastverhältnis ergibt sich zu $k = R_A / (R_A + R_B)$.

Anwendbarer Wertebereich des externen RC-Gliedes

Um die Einhaltung der zulässigen Gesamtverlustleistung zu sichern, darf I_{BE} nicht zu groß und damit R nicht zu klein werden. Da auch der Schwellstrom I_{IS} des Komparators 2 den externen Widerstand durchfließen muß, ist ein Wertebereich $1 k\Omega \leq R \leq 10 M\Omega$ anwendbar.

Um den Einfluß der Schaltungskapazitäten gering zu halten, ist $C \geq 1 nF$ zu wählen. Die obere Grenze wird vom Isolationswiderstand bestimmt, der wenigstens $R_{IS} > 10 R$

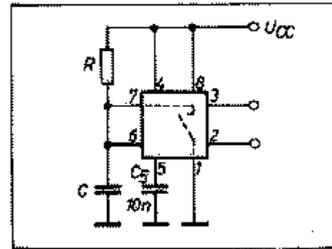


Bild 5: Zeitverzögerung durch Kondensatoraufladung

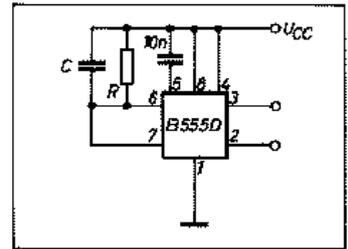


Bild 6: Zeitverzögerung durch Kondensatorentladung

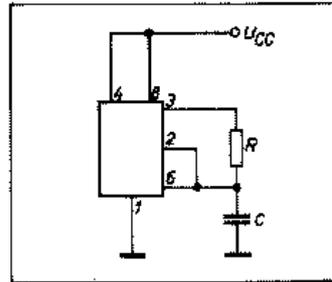


Bild 7: Einfache Oszillatorschaltung

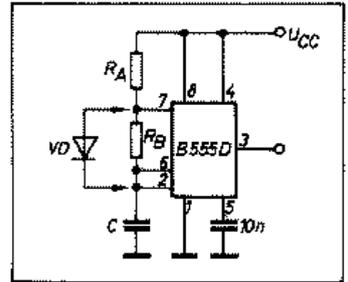


Bild 8: Oszillatorschaltung

betragen sollte. Kunststofffoliekondensatoren können bis $C > 100 \mu F$ verwendet werden, während bei Elektrolytkondensatoren über $10 \mu F$ die Haltezeit schon zunehmend durch die Kondensatoreigenentladung mitbestimmt wird.

Anwendungshinweise

Eine negative Spannung am Ausgang, z. B. beim Abschalten einer induktiven Last, kann ein Hängenbleiben der Ausgangsstufe verursachen oder diese sogar zerstören. Durch eine Beschaltung mit Dioden ist der Ausgang vor negativen Spannungsspitzen zu schützen (Bild 9).

Der Anschluß 5 ist für einen Siebkondensator bei verbrumpter Betriebsspannung vorgesehen. Bei Aufprägen einer Spannung $1V \leq U_K < U_{CC}$ kann die Haltezeit bzw. die Oszillatorfrequenz unabhängig vom externen RC-Netzwerk verändert werden. Auf Grund dieser Eigenschaft ist der B 555 D als spannungsgesteuerter Zeitgeber oder Oszillator verwendbar. Das Variationsverhältnis für t_p , f_{osz} ist auf den Bildern 24a und 24b gezeigt.

Der Schaltkreis arbeitet sicher und frequenzstabil bei Haltezeiten $t_p \geq 4 \mu s$ und Oszillatorfrequenzen $f_{osz} \leq 250 kHz$. Bei eingestellten Haltezeiten von weniger als

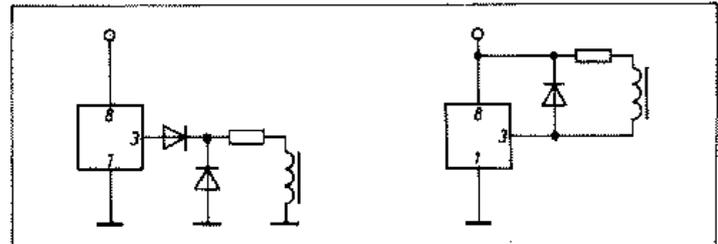


Bild 9: Beschaltung des Ausgangs bei induktiver Last

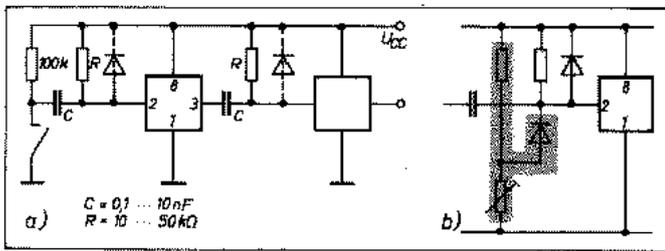


Bild 10a: Differenzglied für Triggerimpulse und Kettenschaltung mehrerer Verzögerungsglieder
 Bild 10b: Schaltungsvariante für Haltezeiten $t_p = 1 \dots 5 \mu\text{s}$

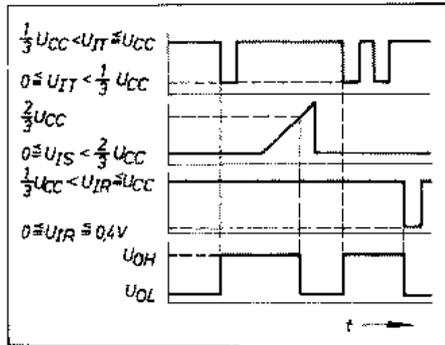


Bild 11: Funktionsablaufdiagramm

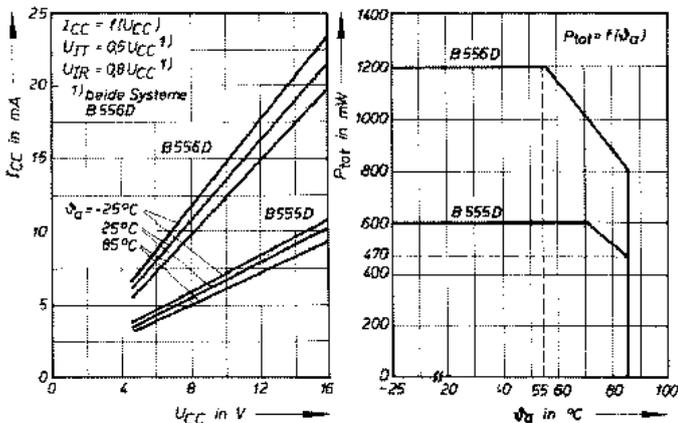


Bild 12: Gesamtstromaufnahme in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

Bild 13: Zulässige Gesamtverlustleistung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

4 μs können Doppelimpulse auftreten, wenn durch den Triggerimpuls die Eingangstristoren VT_7, VT_8 in die Sättigung gesteuert werden. Dieser unerwünschte Effekt löst sich durch Anlegen einer Vorspannung am Triggereingang von U_{IT} etwas kleiner als $1/3 U_{CC}$ vermeiden (Bild 10b). Ist der Triggerimpuls länger als die durch das RC-Netzwerk eingestellte Haltezeit, so bleibt der Ausgang bis zum Ende des Triggerimpulses auf H-Potential. Während der Haltezeit eintreffende Triggerimpulse bleiben wirkungslos. Insbesondere bei hohen Arbeitsfrequenzen und bei der Kettenschaltung mehrerer Zeitgeberbausteine empfiehlt es sich, die zugeführten Triggerimpulse zu differenzieren (Bild 10a), wobei die auftretende positive Spitze durch eine Diode nach U_{CC} begrenzt werden sollte, um eine momentane Grenzwertüberschreitung von $U_{IT} > U_{CC}$ zu vermeiden.

Die Signalverzögerungszeiten, die neben den Umschaltverlusten der Endstufe die obere Grenzfrequenz bestimmen, betragen etwa:

- Verzögerung zwischen Trigger- und Ausgangsimpuls $t_{PLH} = 250 \text{ ns}$
- Verzögerung zwischen Schwellwert und Ausgangsimpuls $t_{PHLS} = 160 \text{ ns}$
- Verzögerung zwischen Rücksetz- und Ausgangsimpuls $t_{PHLR} = 400 \text{ ns}$

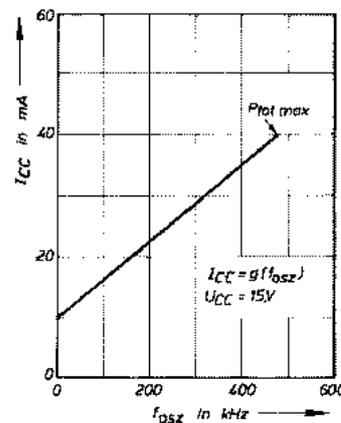


Bild 14: Betriebsstromaufnahme in Abhängigkeit von der Arbeitsfrequenz (gilt nur für B 555 D)

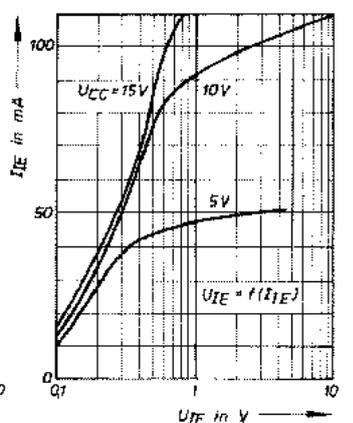


Bild 15: Entladerestspannung an VT_{14} in Abhängigkeit von I_{IE}

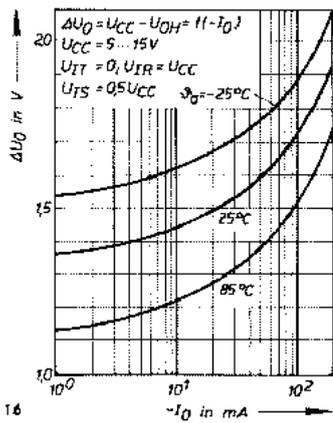


Bild 16: Differenz der Betriebs- zur Ausgangs-H-Spannung in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom

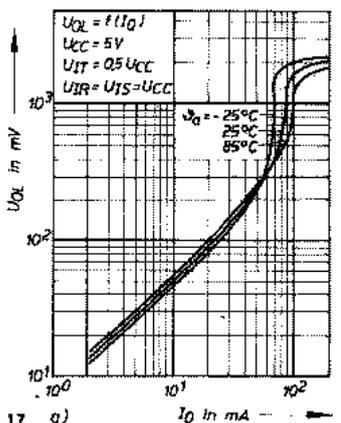
Bild 17: Ausgangs-L-Spannung in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom. a) bei $U_{CC} = 5 \text{ V}$; b) bei $U_{CC} = 15 \text{ V}$

Bild 18: Temperaturabhängigkeit des Schwellstromes

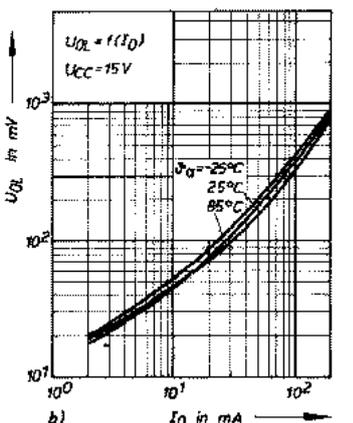
Bild 19: Temperaturabhängigkeit der Rücksetzschwelle

Bild 20: Laufzeitverzögerung in Abhängigkeit von der Triggerimpulsspannung

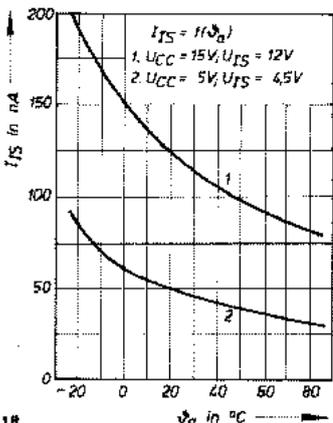
Bild 21: Minimale Triggerimpulsbreite in Abhängigkeit von der minimalen Triggerimpulsspannung



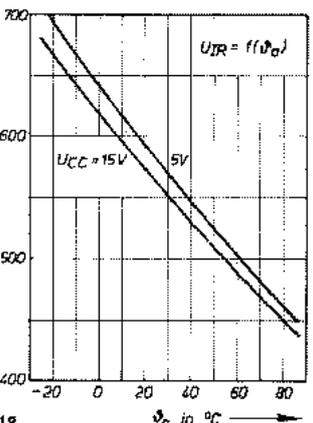
17 a)



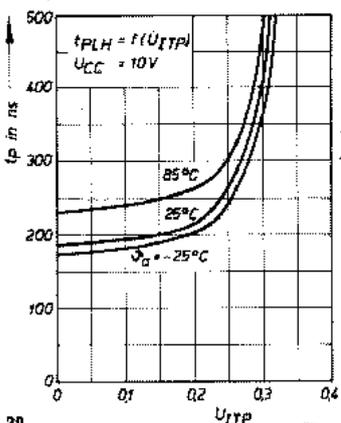
b)



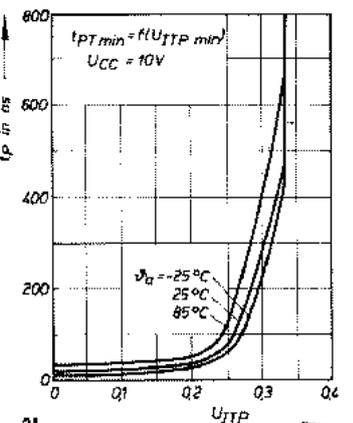
18



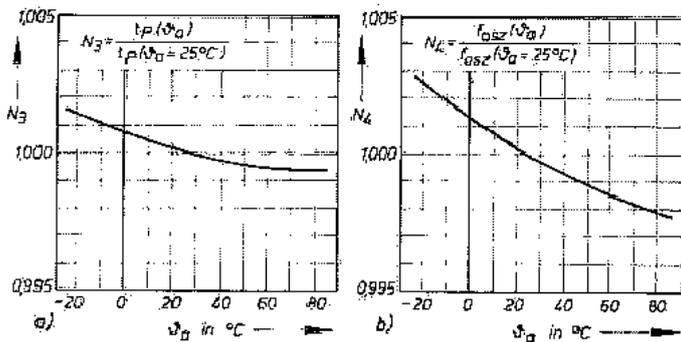
19



20



21



23

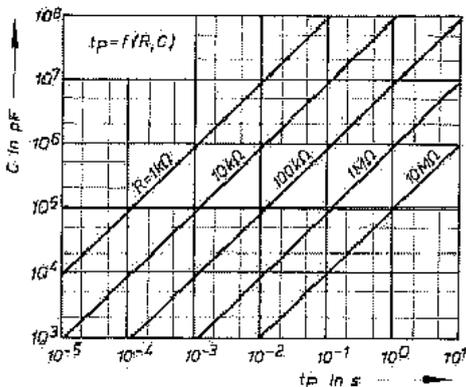


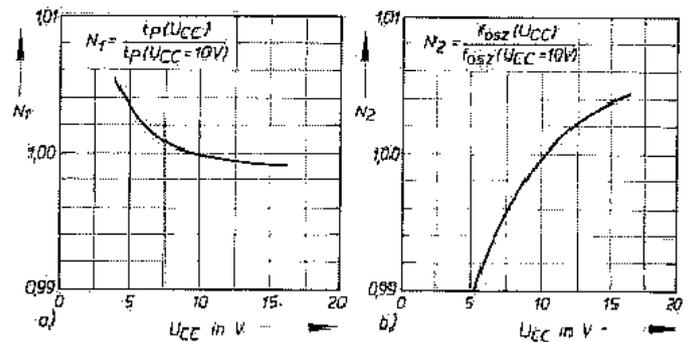
Bild 22: Normierte Betriebsspannungsabhängigkeit. a) der Haltezeit; b) der Oszillatorfrequenz

Bild 23: Normierte Temperaturabhängigkeit. a) der Haltezeit; b) der Oszillatorfrequenz

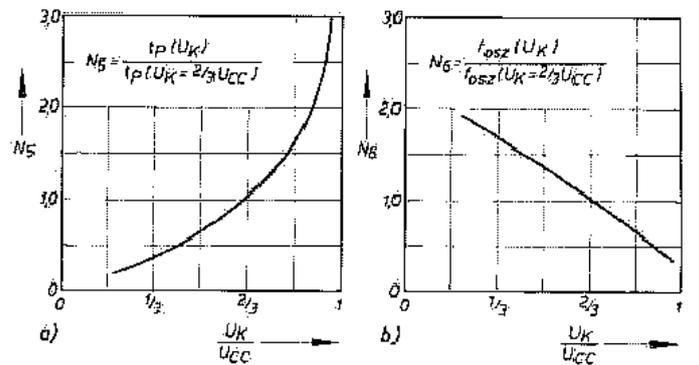
Bild 24: Normierte Abhängigkeit von der Impulsbreitensteuerspannung. a) der Haltezeit; b) der Oszillatorfrequenz

Bild 25: Arbeitsbereich als Zeitverzögerung in der Schaltung nach Bild 5

Bild 26: Arbeitsbereich als Impulsozillator in der Schaltung nach Bild 8



22



24

