

Integrierte magnetisch betätigte kontaktlose Schalter B 461 G und B 462 G

Dipl.-Ing. GERD SCHWOTZER

Mitteilung aus dem VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)

Anwendung

Der B 461 G wird als kontaktloser Schalter in der Schreib- und Datentechnik, vorzugsweise im Tastschalter TSH 19 F, eingesetzt. Der B 462 G kann z. B. in der Fahrzeugelektronik angewendet werden.

Anmerkung: Über den Freigabeingang kann der Ausgang des Schaltkreises bei angelegtem Magnetfeld gesperrt werden. Damit liegt eine zweite Steuermöglichkeit vor. Es werden TTL-Pegel verarbeitet. Die IS ist auch ohne Beschaltung dieses Eingangs funktionsfähig.

Gehäuse Plastgehäuse; die Abmessungen entsprechen der TGL 38 658 (Bild 1)

Masse ≈ 1 g

Fachbereichsstandard TGL 38 658

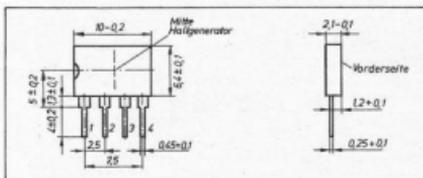


Bild 1: Abmessungen der integrierten kontaktlosen Schalter B 461 G und B 462 G

Allgemeines

B 461 G und B 462 G sind integrierte kontaktlose Schalter, die durch ein Magnetfeld betätigt werden. Wenn ein ausreichend große Magnetfeld vorhanden ist ($B \geq B_{\text{H}}$) und ein H-Signal am Freigabeingang anliegt, schaltet der offene Kollektor ausgang von H nach L. Das Magnetfeld muß dabei senkrecht mit dem Südpol auf die mit der Kerbe gekennzeichnete Fläche des Bauelementes einwirken. Bezüglich der logischen Funktion arbeiten die Bauelemente als NAND mit Triggerfunktion, wenn das Magnetfeld als zweiter Eingang angesehen wird.

Der große Betriebsspannungsbereich, der durch beide Typen abgedeckt wird (4,75...18 V), gestattet neben der TTL-Kompatibilität die Ansteuerung von MOS-Logikschaltungen (B 462 G). Die zur Ansteuerung dieser Schaltungen notwendige Flankensteilheit des Ausgangsimpulses wird durch die Konstruktion des Schaltkreises realisiert.

Im Gegensatz zu bisher bekannten Hallsonden ist bei diesen Schaltkreisen der Hallgenerator auf Siliziumbasis aufgebaut. Zur Auswertung der dadurch relativ kleinen Hallspan-

nung ist ein Differenzverstärker integriert und zur Ansteuerung des Ausgangstransistors ein Trigger. Eine temperatur- und spannungsstabile Spannungsquelle versorgt die einzelnen Schaltungsteile. Im folgenden wird die Funktionsweise dieser Baugruppen der IS kurz erläutert.

Hallgenerator

Der Hallgenerator ist das Kernstück dieser IS und auf dem Chip als großflächiger Epitaxiewiderstand ausgebildet, der von einem konstanten (spannungs- und temperaturstabilen) Strom durchflossen wird. Bei Einwirkung eines Magnetfeldes senkrecht zur Stromflußrichtung stellt sich zwischen den Hallsonden ein Potentialunterschied, die Hallspannung (U_{H}), ein. Der Halleffekt und damit diese Spannung basieren auf der Auslenkung der Elektronen in einem transversalen Magnetfeld durch die Lorentzkraft. Bei der Annahme des Stromflusses in x-Richtung und der Wirkung des Magnetfeldes in z-Richtung ergibt sich eine Elektronenauslenkung in der negativen y-Richtung. Es existiert folgender Zusammenhang zwischen der Hallspannung und den Steuergrößen (Steuerstrom I und Steuerfeld B):

$$U_{\text{H}} = \frac{R_{\text{H}}}{d} IB + U_{\text{H0}} \quad (1)$$

Dabei gilt außerdem

d = Dicke des Halbleiters

R_{H} = Hallkonstante

U_{H0} = Nullspannung (U_{H} ohne Magnetfeld).

Die Hallkonstante ist eine Materialkonstante. Sie ist umgekehrt proportional zur Ladungsträgerkonzentration. Außerdem ist in ihr die Beweglichkeit der Ladungsträger (hier Elektronen) enthalten. Daraus resultieren die Unterschiede der Hallspannung bei verschiedenen Materialien und sonst gleichen Bedingungen. Verbindungs Halbleiter z. B. liefern hohe Hallspannungen infolge der hohen Beweglichkeit der Ladungsträger.

Mit einem für die IS B 461 G und B 462 G typischen mittleren Steuerstrom $I = 1$ mA erhält man für den Proportionalitätsfaktor der Gl. (1)

$$\frac{R_{\text{H}}}{d} I = 0,13 \text{ mV/mT}$$

Damit ergibt sich für den Idealfall der Nullspannung $U_{\text{H0}} = 0$ und mit einem Magnetfeld mit $B = 65$ mT eine Hallspannung von U_{H} etwa 8,5 mV.

Die Nullspannung wird durch konstruktive und technologische Kenngrößen bestimmt und beeinflusst in erster Linie die ökonomischen Ergebnisse beim Bauelementhersteller.

Differenzverstärker, Trigger und Ausgangstransistor

Der Differenzverstärker ist zweistufig ausgebildet und wird direkt vom Hallgenerator angesteuert. Die erste Stufe wird zur Optimierung der Schaltschwellen (Ein- und Ausschalt-induktion B_{I} ; bzw. B_{A}) in der Verstärkung umgeschaltet (etwa 28 dB vor Erreichen der Einschaltswelle und etwa 22 dB vor Erreichen der Ausschaltswelle). Dazu wird in dieser Stufe mit Strömen zwischen 90 μA und 50 μA gearbeitet. Damit wird gleichzeitig die Hysterese ΔB bestimmt.

Durch die schaltungstechnische Auslegung der zweiten Stufe, die bei einem Strom von 150 μA arbeitet, wird ge-

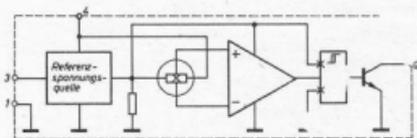


Bild 2: Blockschaltbild

währleistet, daß das Magnetfeld nur in einer einzigen Richtung wirksam werden kann. Diese Stufe liefert einen magnetfeldproportionalen Strom, der zur Ansteuerung der nachfolgenden Triggerschaltung verwendet wird.

Als Trigger wird ein Schmitt-Trigger angewendet, dessen zweiter Transistor als Multiemittertransistor ausgebildet ist und mit seinem zweiten Emitter den Ausgangstransistor mit offenem Kollektor ansteuert. Steuergröße für den Schmitt-Trigger und gleichzeitig auch für die Verstärkungsschaltung der ersten Differenzverstärkerstufe ist das Kollektorpotential eines Transistors, das durch den Ausgangsstrom des Verstärkers eingestellt wird. Nach Überschreiten der Einschaltswelle des Triggers erfolgt auch die Umschaltung der Verstärkung der ersten Verstärkerstufe auf den niedrigeren Wert. Die gesamte Hysterese der IS B 461 G und B 462 G setzt sich somit aus der Hysterese des Schmitt-Triggers und der verstärkungsbedingten Änderung der Schaltschwelle zusammen.

Die mittlere Differenzgangspannung beträgt am Einschaltpunkt für den gesamten Schaltungskomplex Differenzverstärker - Schmitt-Trigger - Ausgangstransistor etwa 5 mV.

Spannungsquelle und Freigabeingang

Die Referenzquelle stellt spannungs- und temperaturstabile Spannungen für die Konstantstromversorgung von Hellgenerator, Differenzverstärker und Schmitt-Trigger zur Verfügung. Eine Besonderheit dieser Referenzquelle stellt ein Widerstand dar, der nach dem Prinzip des SFET arbeitet. Bei ihm liegt gleichsam das Gate auf Massepotential und Drain auf Betriebsspannung, während sich an Source ein Potential von etwa $2U_{BE}$ einstellt. Diese Spannung dient zur Ansteuerung eines Stromspiegelnetzwerkes, das für eine Schaltung zur Temperaturstabilisierung einen konstanten Strom bereitstellt. Im Ergebnis dessen wird dann ein nahezu temperatur- und betriebsspannungsunabhängiges Potential von etwa $+2,6$ V erhalten und steht zur Weiterverarbeitung bereit. Durch den Freigabeingang (Anschluß 3) wird über den Stromfluß durch einen pnp-Substrattransistor (Anschluß 3 ist die Basis dieses Transistors) lediglich dieses Potential beeinflusst.

Grenzwerte, gültig für den Betriebstemperaturbereich

Betriebsspannung U_N in V	-0,5...10 (B 461 G)
	-0,5...20 (B 462 G)
Eingangsspannung U_{I1} in V	-0,5...5,5
Ausgangsspannung U_{O12} in V	-0,5...7 (B 461 G)
	-0,5...18 (B 462 G)
Ausgangsstrom I_{O12} in mA	30

Funktionsbereich

Betriebsspannung U_N in V	4,75...5,25 (B 461 G)
	4,75...18 (B 462 G)
Ausgangsstrom I_{O12} in mA	bis 16
Betriebstemperaturbereich θ_a in °C	0...70

Statische Kennwerte für B 461 G, B 462 G (Meßschaltung 1)

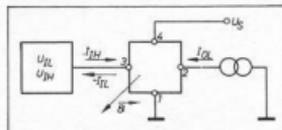
Anwendung der Meßverfahren nach TGL 31 486

	$\bar{x} - 2\sigma$	\bar{x}	$\bar{x} + 2\sigma$
--	---------------------	-----------	---------------------

● Meßbedingungen: $U_N = 5$ V, $\theta_a = 25$ °C

Stromaufnahme I_{L1} in mA			
bei $U_{I12} = 0$ V, $B = 65$ mT	0,210	0,265	0,288
Stromaufnahme I_{L2} in mA			
bei $U_{I12} = 5$ V, $B = 65$ mT	2,31	2,81	3,31
Stromaufnahme I_{L3} in mA			
bei $U_{I12} = 5$ V, $B = 0$ mT	1,37	1,64	2,06
Eingangsstrom $-I_{I13}$ in μ A ¹⁾ (Freigabeingang)			
bei $U_{I12} = 0,4$ V	0,005	0,195	0,350
Einschaltinduktion B_E in mT ²⁾			
bei $U_{I12} = 2,4$ V	17,9	37,8	64,5
Ausschaltinduktion B_A in mT ²⁾			
bei $U_{I12} = 2,4$ V	11,5	24,8	42,5
magnetische Hysterese $\Delta B = B_A - B_E$ in mT	8,0	16,2	25,4

Bild 3:
Meßschaltung 1



Sättigungsspannung des Ausgangstransistors U_{O12} in mV³⁾

bei $U_{I12} = 2$ V, $I_{L12} = 16$ mA, $B = 65$ mT	116	172	247
---	-----	-----	-----

● Meßbedingungen: $U_N = 5$ V, $\theta_a = 25$ °C

Stromaufnahme I_{L1} in mA

bei $U_{I12} = 0$ V, $B = 65$ mT 0,180 0,213 0,273

Stromaufnahme I_{L2} in mA 2,31 2,63 3,05

bei $U_{I12} = 5$ V, $B = 65$ mT

Stromaufnahme I_{L3} in mA 1,32 1,62 2,03

bei $U_{I12} = 5$ V, $B = 0$ mT

Eingangsstrom $-I_{I13}$ in μ A¹⁾ (Freigabeingang) 0,060 0,166 0,272

bei $U_{I12} = 0,4$ V

Einschaltinduktion B_E in mT 25,5 37,0 59,0

bei $U_{I12} = 2,4$ V

Ausschaltinduktion B_A in mT 15,9 22,5 42,7

magnetische Hysterese $\Delta B = B_A - B_E$ in mT 11,4 13,7 18,2

Sättigungsspannung des Ausgangstransistors U_{O12} in mV

bei $U_{I12} = 2$ V, $I_{L12} = 16$ mA, $B = 65$ mT 128 170 199

(E-)

Sättigungsspannung des Ausgangstransistors U_{O12} in mV³⁾

bei $U_{I12} = 2$ V, $I_{L12} = 35$ mA, $B = 65$ mT 195 363 413

Durchbruchspannung des Ausgangstransistors $U_{I12FC13}$ in V⁴⁾

bei $I_C = 8$ mA 36 44 52

● Meßbedingungen: $U_N = 5$ V, $\theta_a = 70$ °C

Stromaufnahme I_{L1} in mA

bei $U_{I12} = 0$ V, $B = 65$ mT 0,137 0,162 0,185

Stromaufnahme I_{L2} in mA 2,15 2,34 2,92

bei $U_{I12} = 5$ V, $B = 65$ mT

Stromaufnahme I_{L3} in mA 1,30 1,50 1,85

bei $U_{I12} = 5$ V, $B = 0$ mT

Eingangsstrom $-I_{I13}$ in μ A¹⁾ (Freigabeingang) 0,053 0,115 0,200

bei $U_{I12} = 0,4$ V

Einschaltinduktion B_E in mT²⁾ 18,1 34,4 63,5

bei $U_{I12} = 2,4$ V

Ausschaltinduktion B_A in mT²⁾ 5,9 20,6 51,1

bei $U_{I12} = 2,4$ V

magnetische Hysterese $\Delta B = B_A - B_E$ in mT²⁾ 8,6 13,5 19,6

Sättigungsspannung des Ausgangstransistors U_{O12} in mV³⁾

bei $U_{I12} = 2$ V, $I_{L12} = 16$ mA, $B = 65$ mT 130 200 230

Eingangsstrom $-I_{I13}$ in μ A¹⁾ (Freigabeingang)

bei $U_{I12} = 2,4$ V 1,2 2,2 5,6

Sperstrom des Ausgangstransistors I_{I12} in μ A⁴⁾

bei $U_{I12} = 5$ V 20 290 2 300

Bei den Betriebsbedingungen $\theta_a = 0$ °C und $\theta_a = 25$ °C liegen die Ströme I_{L1} und I_{L2} in der Größenordnung < 10 μ A.

¹⁾ Bei diesen Größen sind nicht der 50%-Wert und die -2σ - bzw. $+2\sigma$ -Werte der Verteilung angegeben, sondern der arithmetische Mittelwert sowie Minimal- und Maximalwert.

²⁾ B_E ist derjenige Wert der Induktion, bei dem der Ausgangsstrom I_O vom H-Pegel ($I_{O12} \leq 10$ μ A) auf den L-Pegel ($I_{O12} = 16$ mA) ansteigt.

³⁾ B_A ist derjenige Wert der Induktion, bei dem der Ausgangsstrom I_O vom L-Pegel ($I_{O12} = 16$ mA) auf den H-Pegel ($I_{O12} \leq 10$ μ A) absinkt.

Statische Kennwerte für B 462 G (Meßschaltung 1)

Anwendung der Meßverfahren nach TGL 31 486

	min	\bar{x}	max
● Meßbedingungen: $U_s = 18 \text{ V}$, $\beta_s = 0^\circ \text{C}$			
Stromaufnahme I_{S1} in mA bei $U_{S1,2} = 0 \text{ V}$, $B = 65 \text{ mT}$	0,185	0,385	0,615
Stromaufnahme I_{S2} in mA bei $U_{S1,2} = 5 \text{ V}$, $B = 65 \text{ mT}$	2,66	3,1	3,83
Stromaufnahme I_{S3} in mA bei $U_{S1,2} = 5 \text{ V}$, $B = 0 \text{ mT}$	1,49	1,9	2,44
Eingangstrom $-I_{I1}$ in μA (Freigabeingang) bei $U_{S1,2} = 0,4 \text{ V}$	0,056	0,274	0,811
Eingangstrom $-I_{I1}$ in pA (Freigabeingang) bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	—	< 10	—
Einschaltinduktion B_{E1} in mT bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	18,9	31,4	45,8
Ausschaltinduktion B_{A1} in mT bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	12,4	19,3	34,6
magnetische Hysterese $\Delta B = B_1 - B_2$ in mT	9,2	15,0	21,1
Sättigungsspannung des Ausgangstransistors $U_{S1,2}$ in mV bei $U_{S1,2} = 2 \text{ V}$, $I_{S1,2} = 16 \text{ mA}$, $B = 65 \text{ mT}$	116	172	247
Sperrestrom des Ausgangstransistors $I_{S1,2}$ in pA bei $U_{S1,2} = 18 \text{ V}$	33	40	45
● Meßbedingungen: $U_s = 18 \text{ V}$, $\beta_s = 25^\circ \text{C}$			
Stromaufnahme I_{S1} in mA bei $U_{S1,2} = 0 \text{ V}$, $B = 65 \text{ mT}$	0,171	0,33	0,444
Stromaufnahme I_{S2} in mA bei $U_{S1,2} = 5 \text{ V}$, $B = 65 \text{ mT}$	2,5	2,95	3,65
Stromaufnahme I_{S3} in mA bei $U_{S1,2} = 5 \text{ V}$, $B = 0 \text{ mT}$	1,39	1,88	2,46
Eingangstrom $-I_{I1}$ in μA (Freigabeingang) bei $U_{S1,2} = 0,4 \text{ V}$	0,050	0,245	0,715
Eingangstrom $-I_{I1}$ in pA (Freigabeingang) bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	< 10	66	127
Einschaltinduktion B_{E1} in mT bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	18,7	28,6	47,2
Ausschaltinduktion B_{A1} in mT bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	8,5	17,0	35,0
magnetische Hysterese $\Delta B = B_1 - B_2$ in mT	8,0	14,6	21,5
Sättigungsspannung des Ausgangstransistors $U_{S1,2}$ in mV bei $U_{S1,2} = 2 \text{ V}$, $I_{S1,2} = 16 \text{ mA}$, $B = 65 \text{ mT}$	118	170	199
Sperrestrom des Ausgangstransistors $I_{S1,2}$ in pA bei $U_{S1,2} = 18 \text{ V}$	47	85	112
● Meßbedingungen: $U_s = 18 \text{ V}$, $\beta_s = 70^\circ \text{C}$			
Stromaufnahme I_{S1} in mA bei $U_{S1,2} = 0 \text{ V}$, $B = 65 \text{ mT}$	0,105	0,235	0,385
Stromaufnahme I_{S2} in mA bei $U_{S1,2} = 5 \text{ V}$, $B = 65 \text{ mT}$	2,41	2,8	3,54
Stromaufnahme I_{S3} in mA bei $U_{S1,2} = 5 \text{ V}$, $B = 0 \text{ mT}$	1,28	1,75	2,52
Eingangstrom $-I_{I1}$ in μA bei $U_{S1,2} = 0,4 \text{ V}$	0,042	0,194	0,572
Eingangstrom $-I_{I1}$ in nA bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	0,71	3,71	8,31
Einschaltinduktion B_{E1} in mT bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	10,6	26	44,4
Ausschaltinduktion B_{A1} in mT bei $U_{S1,2} = 2,4 \text{ V}$	4,8	15,1	39,4
magnetische Hysterese $\Delta B = B_1 - B_2$ in mT	7,7	13,9	21,5
Sättigungsspannung des Ausgangstransistors $U_{S1,2}$ in mV bei $U_{S1,2} = 2 \text{ V}$, $I_{S1,2} = 16 \text{ mA}$, $B = 65 \text{ mT}$	130	200	250
Sperrestrom des Ausgangstransistors $I_{S1,2}$ in nA bei $U_{S1,2} = 18 \text{ V}$	2,4	3,0	4,0

Dynamische Kennwerte für B 461 G, B 462 G (Meßschaltung 2)

Anwendung der Meßverfahren nach TGL 31 486

Meßbedingungen: $U_s = 5 \text{ V}$, $\beta_s = 25^\circ \text{C}$, $B = 70 \text{ mT}$

Generatorbedingungen siehe Anmerkung zum Impulsiagramm (Bild 5)

	min	\bar{x}	max
Signalverzögerungszeit t_{V11} in μs	0,77	1,0	1,43
t_{V12} in μs	0,4	0,6	0,76
Anstiegszeit t_{R11} in μs	0,12	0,17	0,22
Abfallzeit t_{F11} in μs	0,026	0,032	0,036

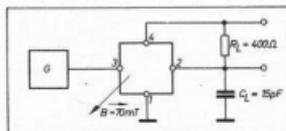


Bild 4: Meßschaltung 2

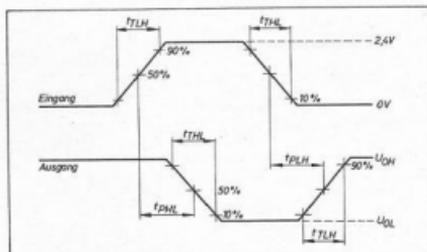


Bild 5: Impulsiagramm

- Anmerkungen:
1. Der Generator G muß Impulse mit folgenden Eigenschaften liefern:
 $U_s = 2,4 \text{ V} \pm 70 \text{ mV}$; $t_{V11} = t_{V12} \leq 25 \text{ ns} \pm 0,75 \text{ ns}$; $f = 125 \text{ kHz}$
 $\pm 25 \text{ kHz}$; $t_d = (4 \pm 1) \mu\text{s}$
2. C_L beinhaltet auch Aufbau- und Sondenkapazitäten

Dynamische Kennwerte für B 462 G (Meßschaltung 2)

Anwendung der Meßverfahren nach TGL 31 486

Meßbedingungen: $U_s = 18 \text{ V}$, $\beta_s = 25^\circ \text{C}$, $B = 70 \text{ mT}$

	min	\bar{x}	max
Signalverzögerungszeit t_{V11} in μs	0,65	0,79	1,1
t_{V12} in μs	0,12	0,26	0,4
Anstiegszeit t_{R11} in μs	0,12	0,16	0,22
Abfallzeit t_{F11} in μs	0,052	0,072	0,095

Funktionstabelle

Eingänge	Magnetfeld	Zustand des Ausgangstransistors
U_{S1}	B_1	on
U_{I1}	B_1	off
U_{S1}	B_2	off
U_{I1}	B_2	off

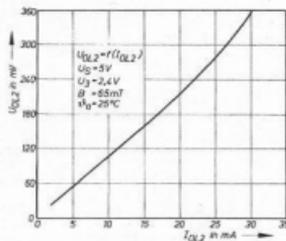


Bild 6: Sättigungsspannung des Ausgangstransistors in Abhängigkeit vom Laststrom

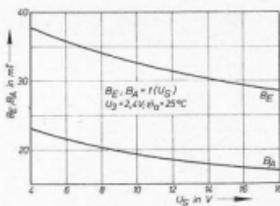


Bild 7: Ein- und Ausschaltinduktion in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

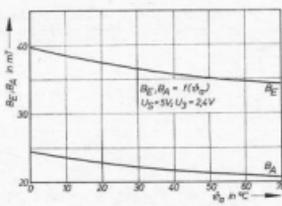


Bild 8: Ein- und Ausschaltinduktion in Abhängigkeit von Umgebungstemperatur

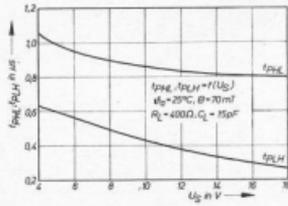


Bild 9: Signalverzögerungszeiten in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

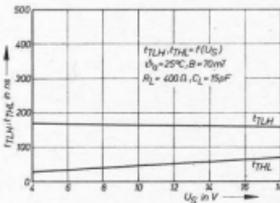


Bild 10: Flankenzeiten in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

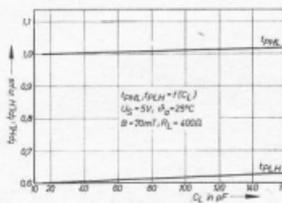


Bild 11: Signalverzögerungszeiten in Abhängigkeit von der Lastkapazität

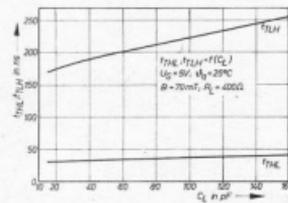


Bild 12: Flankenzeiten in Abhängigkeit von der Lastkapazität

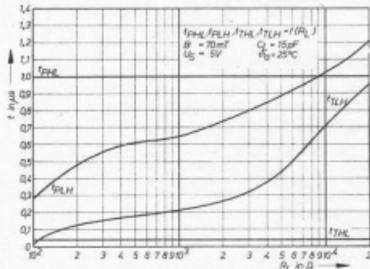


Bild 13: Schaltzeiten in Abhängigkeit vom Lastwiderstand

Bild 14: Signalverzögerungszeiten in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Bild 15: Flankenzeiten in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

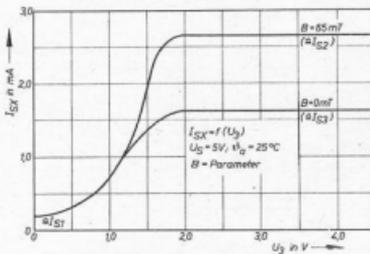
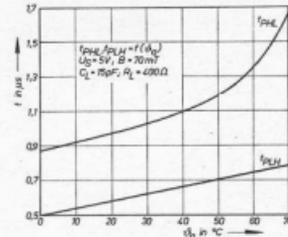


Bild 16: Stromaufnahme I_{S1}, I_{S2} in Abhängigkeit von der Freigabespannung

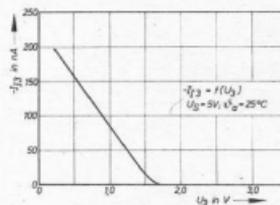
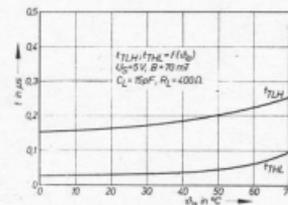


Bild 17: Engpassstrom in Abhängigkeit von der angelegten Spannung am Freigabegang

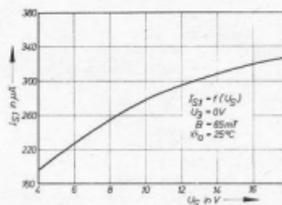


Bild 18: Stromaufnahme I_{S1} in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

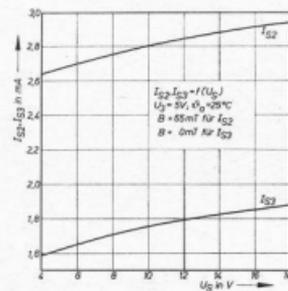


Bild 19: Stromaufnahme I_{S1}, I_{S2} in Abhängigkeit von der Betriebsspannung