

Angewandte Elektronik AE

Klausur vom 19. 9. 2014

Aufgaben und Musterlösungen

1. Abb. 1 zeigt zwei Diodenbausteine (Quelle: Wago). Welcher ist für eine UND-Verknüpfung brauchbar, welcher für eine ODER-Verknüpfung? Wir arbeiten mit einer positiven Betriebsspannung (UB) und positiver Logik. Ergänzen Sie die Schaltbilder so, daß sich ein UND-Gatter und ein ODER-Gatter ergibt.

(10 Punkte)

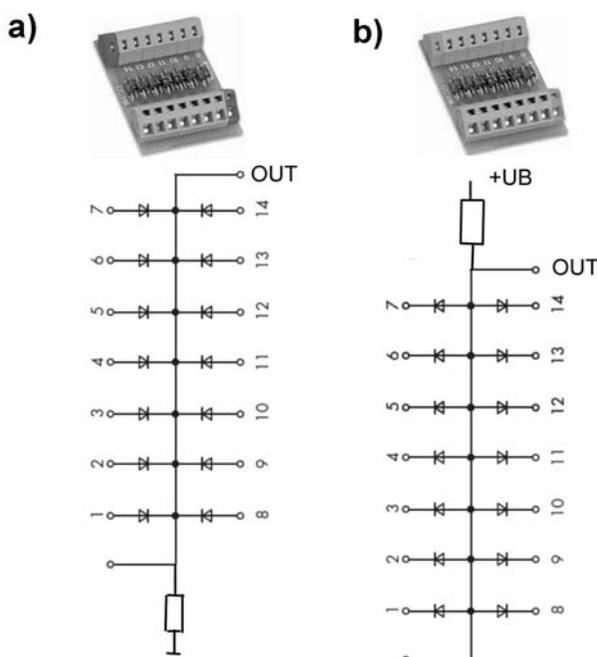


Abb. 1

Beim UND-Gatter liegen – von den Eingängen her gesehen – die Dioden in Sperrichtung, beim ODER-Gatter in Flußrichtung. Also a) = ODER; b) = UND.

2. Wir betrachten eine Leistungsstufe, die eine Induktivität (Relais oder Betätigungsmagnet) schaltet. Um die Abschalt-Spannungsspitze zu beseitigen, wird gern eine Freilaufdiode eingesetzt. Welchen (funktionellen) Nachteil (der gelegentlich von Bedeutung sein kann) hat diese Schaltungslösung?

(8 Punkte)

Für die Abschaltspannung liegt die Diode in Flußrichtung. Somit bleibt der Stromkreis zunächst geschlossen. Damit fließt weiterhin Strom durch die Spule. Infolge dessen verlängert sich die Abfallzeit.

3. Abb. 2 zeigt zwei Schaltstufen, die ein Relais ansteuern. Zeichnen Sie jeweils ein, welche Polarität die Abschaltspannungsspitze hat und wie eine Freilaufdiode angeschlossen werden muß.

(8 Punkte)

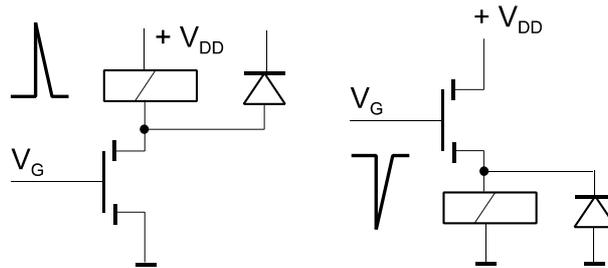
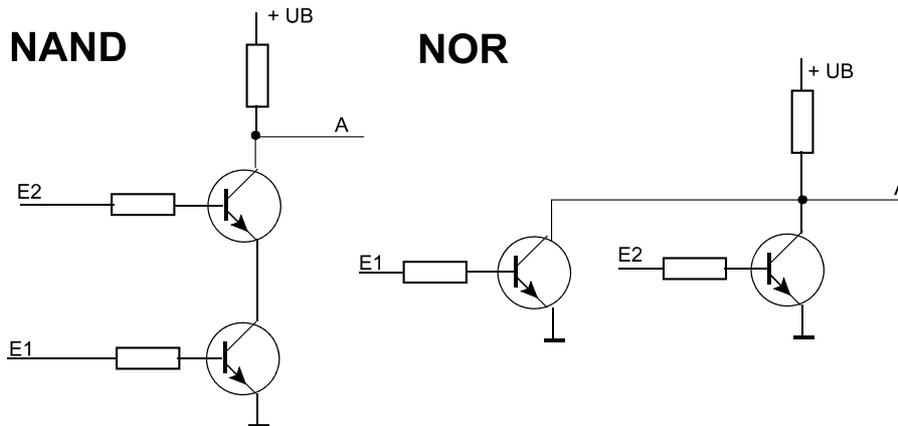


Abb. 2

4. Skizzieren Sie ein NAND- und ein NOR-Gatter mit jeweils zwei Eingängen. Die Gatter sind als Transistorschaltungen (ohne Dioden) aufzubauen.

(8 Punkte)



5. Wir bleiben bei den Gattern von Aufgabe 4. Es geht darum, die Anzahl der Eingänge zu vergrößern. Bei welcher Schaltung (NAND oder NOR) sind Probleme zu erwarten? Welche Schaltung eignet sich demzufolge besser zur Erweiterung? (Ggf. kurz begründen.)

(6 Punkte)

Beim NAND passiert zweierlei:

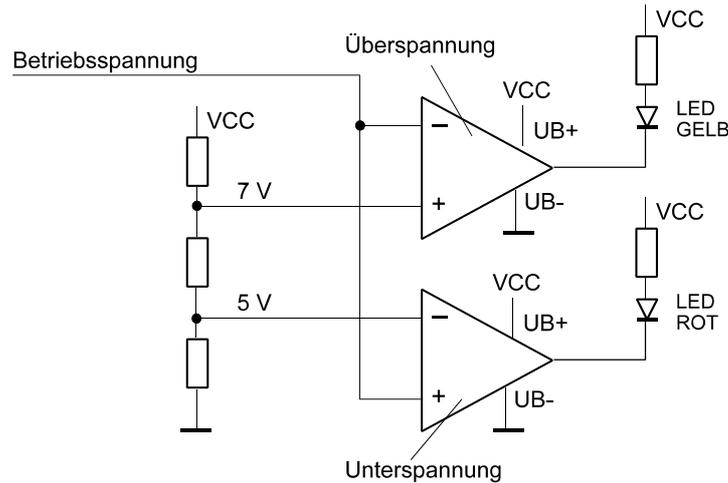
1. Am Ausgang. Jeder zusätzliche Transistor erhöht den Low-Pegel um seine Sättigungsspannung U_{CEsat} .
2. An den Eingängen. Der Emitter des n-ten Transistors liegt bei Low am Ausgang auf dem Pegel $n \cdot U_{CEsat}$. Dementsprechend steigt auch der minimale High-Pegel an den Eingängen (z. B. 1. Eingang 0,7 V, 2. Eingang 0,9 V usw.).

Somit ist das NOR (als Parallelschaltung) besser zum Erweitern geeignet.

6. Es ist eine Kontrollschaltung zu entwerfen, die eine Betriebsspannung überwacht. Wenn die Spannung niedriger ist als 5 V, soll eine rote LED leuchten, ist die Spannung größer als 7 V, eine gelbe LED. Geben Sie eine Schaltung an, die auf Komparatoren beruht und erläutern Sie kurz deren Funktion. Hierbei soll eine besondere, gleichbleibende Versorgungsspannung VCC von 12 V verfügbar sein. Die Vergleichsspannungen können auf einfachste Weise gewonnen werden. Bitte alle Bauelemente angeben. Hysterese wird nicht gefordert. Dimensionierung ist nicht erforderlich.

(12 Punkte)

Wenn es genau 12 V sind, können die Referenzspannungen mit einem Spannungsteiler gewonnen werden. Die LEDs sind so angeschlossen, daß sie leuchten, wenn der Ausgangspegel des betreffenden Komparators Low ist. Das ist dann der Fall, wenn der Pegel am Minuseingang höher ist als der am Pluseingang. Also gehört die Betriebsspannung an den Minuseingang des Überspannungskomparators und an den Pluseingang des Unterspannungskomparators.



7. Eine Operationsverstärkerschaltung hat eine 3dB-Grenzfrequenz von 30 kHz. Wie hoch ist die maximale Betriebsfrequenz, wenn der Amplitudenfehler 5% nicht überschreiten darf?

(5 Punkte)

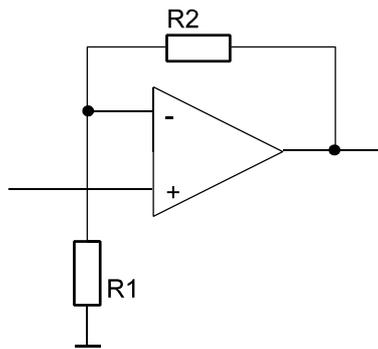
$$f = \frac{f_{3dB} \sqrt{1 - V^2}}{V}$$

$$V = 1 - \frac{\text{Amplitudenfehler [\%]}}{100}$$

V = 0,95. Das Einsetzen in die obere Formel ergibt 9,8605... kHz.

8. Entwerfen und dimensionieren Sie einen nichtinvertierenden Verstärker mit einer Verstärkung von 11. Bei einem Spannungshub von 3 V darf ein Strom von maximal 2 mA entnommen werden.

(5 Punkte)



$$R_1 = \frac{R}{A}$$

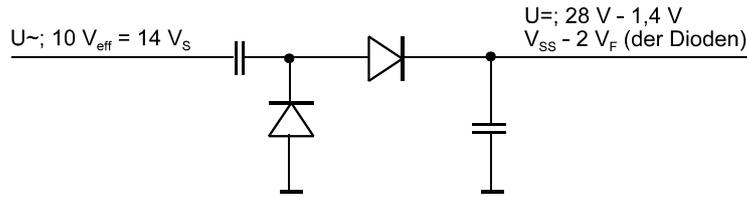
$$R = 3 \text{ V} : 2 \text{ mA} = 1,5 \text{ k}\Omega.$$

$$R_1 = \frac{1,5k}{11} = 0,136 \text{ k}; R_2 = R - R_1 = 1,363k$$

9. Eine sinusförmige Wechselspannung von 10 V_{eff} ist gegeben. Wie erzeugen Sie daraus eine Gleichspannung von ca. 28 V? Geben Sie eine entsprechende Schaltung an (wir haben sie im Praktikum aufgebaut). Dimensionierung ist nicht erforderlich.

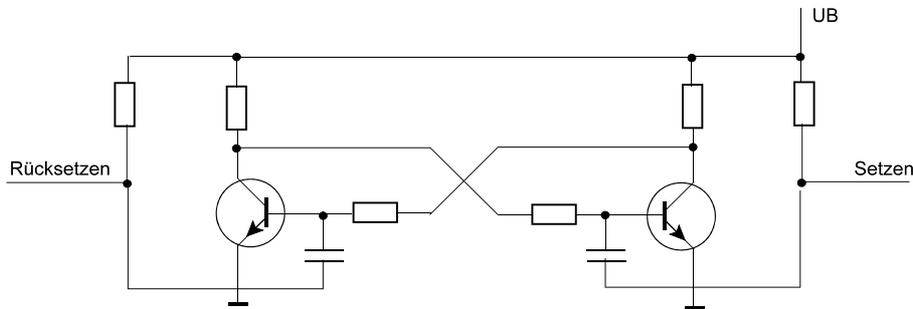
(8 Punkte)

Gesucht war eine Spannungsverdopplerschaltung:



10. Erläutern Sie kurz den Fachbegriff "bistabiler Multivibrator". Wozu ist so etwas zu gebrauchen? Skizzieren Sie eine entsprechende Transistorschaltung (Prinzipschaltung ohne Spitzfindigkeiten). (10 Punkte)

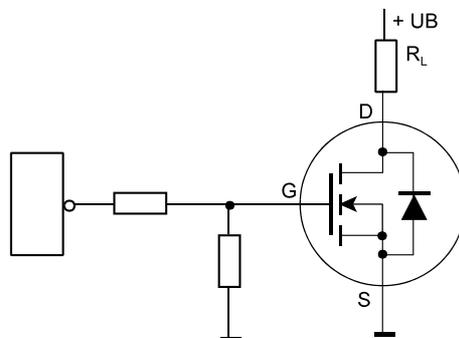
Der bistabile Multivibrator hält seinen Schaltzustand solange, bis er durch eine Erregung von außen in den jeweils anderen Zustand überführt wird (Speicherwirkung). Beide Transistorstufen sind gleichspannungsgekoppelt. Bistabiler Multivibrator ist im Grunde nur ein anderer Name für Latch oder Flipflop. Anwendung: u. a. als Merkflipflop (RS-Verhalten) und als Zählerstufe (T-Verhalten).



11. Abb. 3 veranschaulicht einen N-Kanal-FET, der von einem Logikschaltkreis angesteuert werden soll. Untersuchen Sie bitte die folgenden Fragen (kurz erläutern, worauf es jeweils ankommt, und die betreffenden Kennwerte im Datenblattauszug kennzeichnen, z. B. mit Pfeilen):

- a) Ist der FET verwendbar, wenn der High-Pegel bei 1,8 V liegt? – Bedingt, weil Schwellenspannung bei max. 1,1 V (1) oder gar nicht, weil kein garantierter R_{DSon} (2). Das ist anwendungsspezifisch.
- b) Ist der FET verwendbar, wenn der High-Pegel bei 2,7 V liegt? Ja, weil garantierter R_{DSon} bei 2,5 V (2).
- c) Ist der FET verwendbar, wenn der High-Pegel bei 3,3 V liegt? Ja. S. b).
- d) Wie muß das Gate angesteuert werden? Geben Sie eine einfache Lösung an.
- e) Welcher Gatestrom ist erforderlich, um den FET in 5 µs einzuschalten? Gateladung = 2,8 nC (3). $Q = I \cdot t$; $I = Q : t = 2,8 \text{ nC} : 5 \text{ µs} = 560 \text{ µA}$.

(15 Punkte)



Static @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
BV _{DSS}	Drain-to-Source Breakdown Voltage	30	—	—	V	V _{GS} = 0V, I _D = 250μA
ΔBV _{DSS} /ΔT _J	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.023	—	V/°C	Reference to 25°C, I _D = 1mA
R _{DS(on)}	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	48	63	mΩ	V _{GS} = 4.5V, I _D = 3.4A ⓄⓄ
		—	61	82		V _{GS} = 2.5V, I _D = 3.4A ⓄⓄ
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	0.5	0.8	1.1	V	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 10μA
ΔV _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage Coefficient	—	-3.6	—	mV/°C	
I _{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	1.0	μA	V _{DS} = 24V, V _{GS} = 0V
		—	—	150		V _{DS} = 24V, V _{GS} = 0V, T _J = 125°C
I _{DSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V _{GS} = 12V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		V _{GS} = -12V
g _{fs}	Forward Transconductance	8.8	—	—	S	V _{DS} = 10V, I _D = 3.4AⓄ
Q _g	Total Gate Charge Ⓞ	—	2.8	—		V _{DS} = 15V
Q _{gs}	Gate-to-Source Charge Ⓞ	—	0.13	—	nC	V _{GS} = 4.5V
Q _{gd}	Gate-to-Drain Charge Ⓞ	—	1.1	—		I _D = 3.4AⓄ (See Fig.17 & 18)
R _G	Gate Resistance	—	4.6	—	Ω	
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	4.4	—		V _{DD} = 10V, V _{GS} = 4.5V
t _r	Rise Time	—	11	—	ns	I _D = 3.4AⓄ
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	11	—		R _G = 1.8Ω
t _f	Fall Time	—	9.4	—		See Fig.15
C _{iss}	Input Capacitance	—	270	—		V _{GS} = 0V
C _{oss}	Output Capacitance	—	32	—	pF	V _{DS} = 25V
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	20	—		f = 1.0MHz

2)
1)
3)

Abb. 3

12. Wie beschalten Sie den in Abb. 4 gezeigten Differenzmeßverstärker, damit aus 150 mV Differenzspannungshub 2 V Ausgangsspannungshub werden?

(5 Punkte)

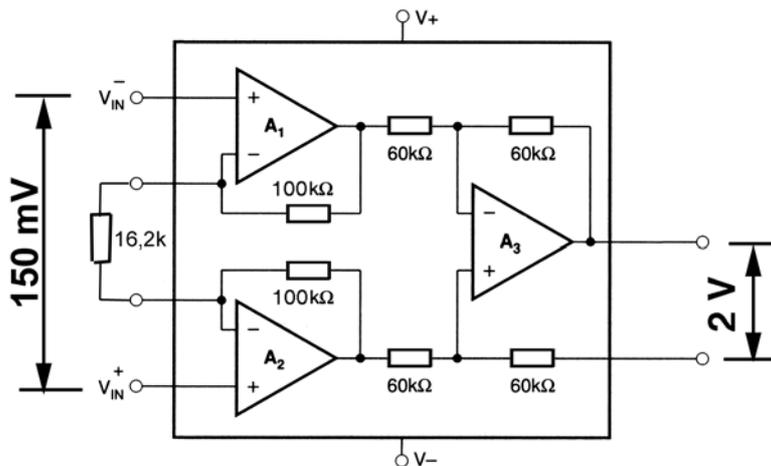


Abb. 4

Um auf 2 V zu kommen, brauchen wir eine Verstärkung (G_{DIFF}) von 13,33...

$$G_{DIFF} = 1 + \frac{2R_{FB}}{R_G}$$

$$R_G = \frac{2R_{FB}}{G_{DIFF} - 1}$$

Damit wird R_G = 16,217 kOhm.