

# Analog-Elektronik

## Aufgabensammlung 1

Stand: 01 vom 28. 2. 07

1. Eine Betriebsspannung ist zu überwachen. Sie soll einen unteren Grenzwert nicht unterschreiten. Dieser ist durch eine Referenzspannung  $U_{REF}$  gegeben. Eine Zweifarben-LED ist folgendermaßen zu schalten:
  - Betriebsspannung  $>$  Referenzspannung: grün,
  - Betriebsspannung  $\leq$  Referenzspannung: rot.Geben Sie eine entsprechende Prinzipschaltung an (ohne Dimensionierung). Die Speisespannung(en) zum Betrieb der Überwachungsschaltung können als gegeben vorausgesetzt werden.
2. Entwerfen und dimensionieren Sie einen nichtinvertierenden Verstärker mit einer Verstärkung von 5. Bei einem Spannungshub von 10 V darf ein Strom von maximal 25 mA entnommen werden.
3. Welche 3dB-Grenzfrequenz hat der Verstärker gemäß Aufgabe 2, wenn das Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt = 250 kHz beträgt?
4. Der Amplitudenfehler einer Operationsverstärkerschaltung soll 2% nicht übersteigen. Die maximale Signalfrequenz beträgt 10 kHz. Welche 3dB-Grenzfrequenz muß der Verstärker mindestens aufweisen?
5. Dimensionieren Sie eine NF-Verstärkerstufe<sup>1)</sup> mit folgenden Kennwerten:
  - $U_{CE} = 2,5$  V
  - $I_C = 2$  mA (Kollektorruhestrom)
  - $U_{BE(on)} = 0,65$  V.
6. Ein Relais soll einschalten, wenn wenigstens eines von drei Steuersignalen CTL\_A, CTL\_B, CTL\_C aktiv ist. Signalspannung: 24 V. Entwerfen und dimensionieren Sie eine entsprechende Schaltstufe. Zu schaltender Laststrom = 100 mA. Halbleiterbauelemente: (1) Bipolartransistor, Stromverstärkung = 100; (2) SI-Diode, Durchlaßstrom = 100 mA.
7. Auf einen Tiefpaß mit einer Grenzfrequenz von 500 kHz geben wir Impulse mit einer Anstiegszeit von 2 ns. Welche Anstiegszeit werden die ausgangsseitigen Signale (näherungsweise) haben?
8. Erläutern Sie kurz, weshalb der subtrahierende Verstärker (Operationsverstärker-Grundschialtung) als Differenzmeßverstärker nicht besonders gut geeignet ist.

---

1): Grundlage: Bipolartransistor. Gegenkopplung im Emitterkreis.

9. Wie beschalten Sie diesen Differenzmeßverstärker (Abb. 1), um eine Verstärkung von 100 zu erreichen?

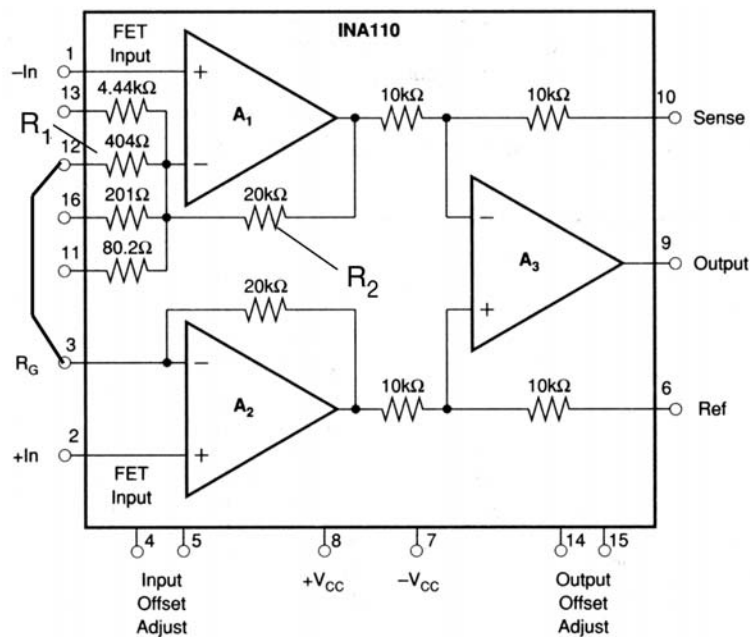


Abb. 1 Differenzmeßverstärker (Instrumentation Amplifier Quelle: Burr-Brown / Texas Instruments)

10. Abb. 2 zeigt einen Datenblattausschnitt. Welche Gatespannung müssen Sie am FET anlegen, damit er sicher im Schaltbetrieb arbeitet?

ON (\*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 1 \text{ mA}$	2.1	3	4	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10 \text{ V}$ $I_D = 14 \text{ A}$		0.06	0.07	$\Omega$

Abb. 2 Datenblattauszug (Quelle: ST Microelectronics)

11. Eine Transistorstufe wird erprobt (Abb. 3). Es zeigt sich, daß der Transistor viel zu lange braucht, um auszuschalten (Speicherzeit). Schlagen Sie brauchbare Schaltungslösungen vor, um die Speicherzeit zu verringern (nur Prinzipien; keine Dimensionierung).

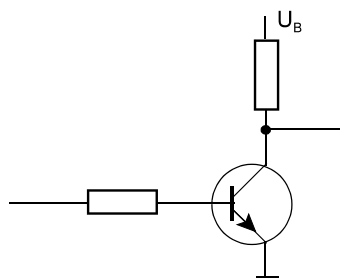


Abb. 3 Tranistorstufe

12. Was soll diese Schaltung (Abb. 4) leisten? Wird sie richtig funktionieren? Schlagen Sie ggf. eine Abhilfe vor.

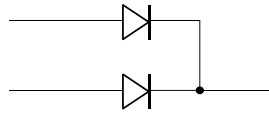


Abb. 4 Diodenschaltung

13. Aus einer Wechselspannung mit einem Hub von  $10 V_{SS}$  sind Impulse mit einem Hub von  $+12 V$  zu erzeugen. Geben Sie eine einfache Schaltungslösung (ohne Dimensionierung) an.
14. Wir lösen Aufgabe 13 erneut, und zwar unter Nutzung eines Optokopplers (Abb. 5). Geben Sie die erforderliche Beschaltung an und dimensionieren Sie die passiven Bauelemente. Optokoppler-Eingang: Flußspannung =  $1,7 V$ , Durchlaßstrom =  $20 mA$ . Optokoppler-Ausgang: Kollektorstrom =  $20 mA$ , Betriebsspannung  $+12 V$ , Speisespannung  $V_{CC} = +5 V$ .

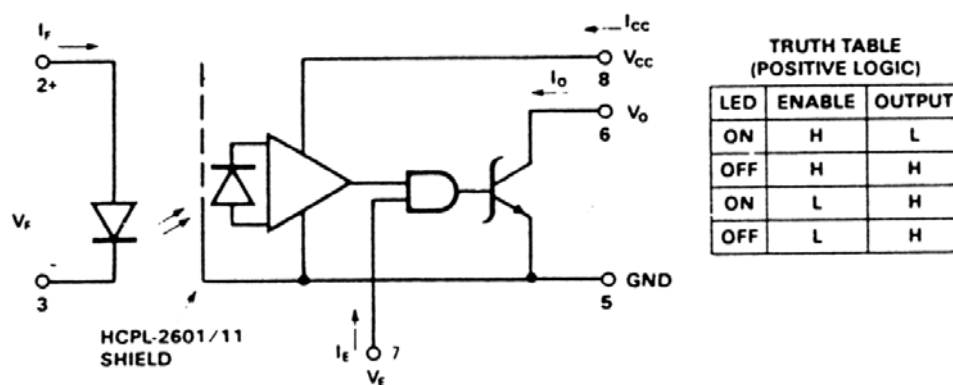


Abb. 5 Optokoppler (Quelle: Hewlett-Packard)

15. Erläutern Sie kurz den Fachbegriff Phasenreserve. Wie groß sollte die Phasenreserve wenigstens sein?
16. Wieviele Bits muß ein A-D-Wandler mindestens haben, wenn ein Störabstand (SNR) von 85 dB gefordert ist? (Ggf. auf eine industrieübliche Größe runden.)
17. Ein Leistungs-FET hat eine Gateladung  $Q_G$  von  $22 nC$ . Welcher Gatestrom ist erforderlich, um den FET in  $3 \mu s$  einzuschalten?
18. Erläutern Sie kurz (Text + Skizze(n)), wie ein A-D-Wandler nach dem Flash-Prinzip funktioniert.
19. 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 (Dimensionierung nicht erforderlich).

20. Ein Relais soll einschalten, wenn drei Steuersignale CTL\_A, CTL\_B, CTL\_C gleichzeitig aktiv sind. Signalspannung: 12 V. Entwerfen und dimensionieren Sie eine entsprechende Schaltstufe. Zu schaltender Laststrom = 200 mA. Halbleiterbauelemente: (1) Bipolartransistoren, Stromverstärkung = 100; (2) SI-Dioden, Durchlaßstrom = 70 mA.
21. Wie könnte eine nur mit Transistoren und Widerständen aufgebaute ODER-Verknüpfung von drei Signalen A, B, C aussehen? (Prinzipschaltbild + kurze Erläuterung; Dimensionierung nicht erforderlich).
22. Abb. 6 zeigt einen einfachen Kabeltester. Über den Drehschalter kann jeder Anschluß auf Seite A mit Masse verbunden werden. Jede mit dem ausgewählten Anschluß verbundene Ader schaltet einen Stromweg von der Batterie nach Masse, der auf beiden Seiten A, B die zugehörigen LEDs zum Leuchten bringt. Zum Prüfen des Schirms und zur Batteriekontrolle sind zusätzliche LEDs vorgesehen. Dimensionieren Sie die Widerstände R1...R7 unter folgenden Bedingungen:
- Strom durch die LEDs zwischen 1,5 und 2 mA (Niedrigstrom-LEDs),
  - Batteriespannung 9 V,
  - Flußspannung 2,2 V.

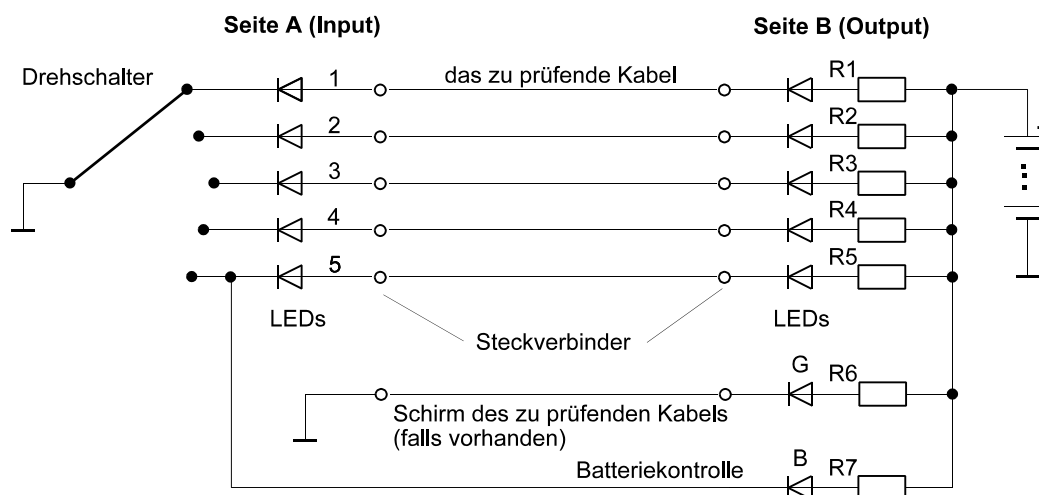


Abb. 5 Kabeltester

23. Welche Ausgangsspannung  $U_A$  ergibt sich bei den in Abb. 6 gezeigten Schaltungen, wenn die Eingangsspannung  $U_E$  jeweils 2,1 V beträgt?

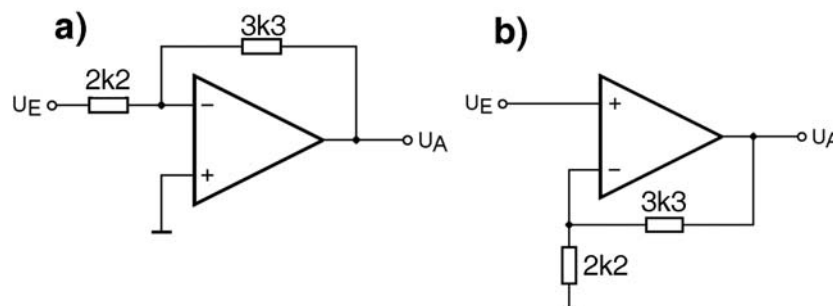
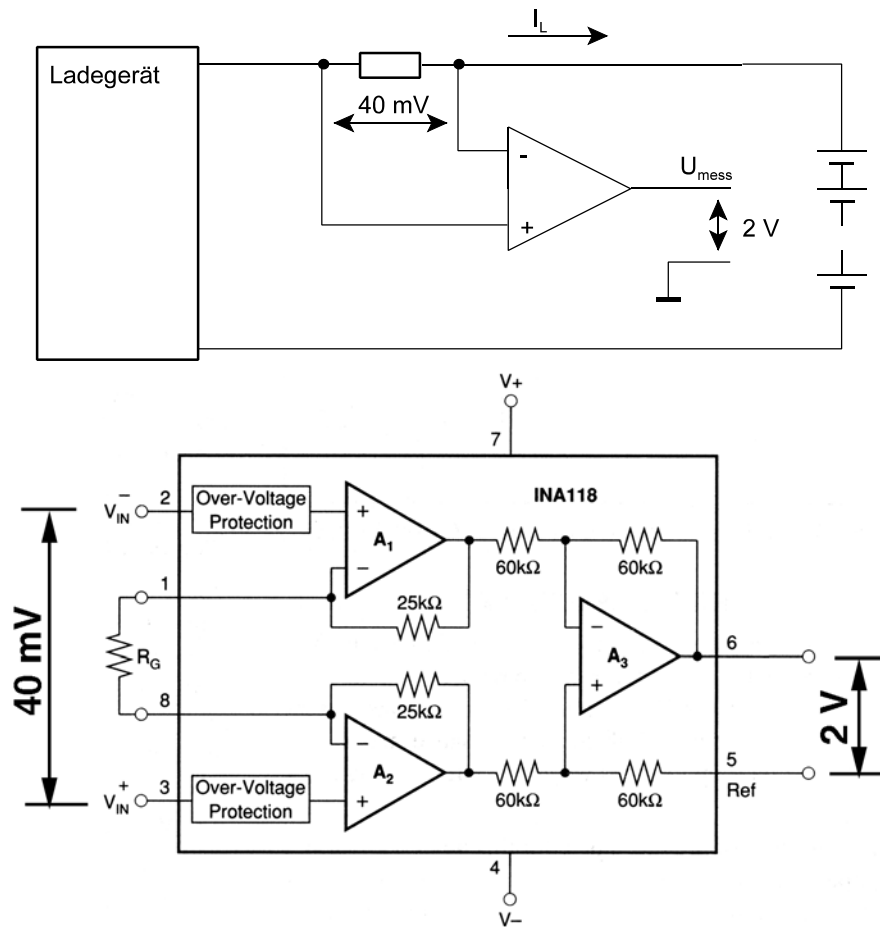


Abb. 6 Verstärkerschaltungen

24. Es ist der von einem Ladegerät in einen Akku hineinfließende Strom zu überwachen (Abb. 7). Hierzu verwenden wir einen Differenzmeßverstärker. Beschalten Sie den dargestellten Typ so, daß sich bei einer Eingangsdifferenzspannung von 40 mV eine Ausgangsspannung von 2 V ergibt.
25. Ergänzen Sie die Anordnung von Abb. 7 um eine Überwachungsschaltung, die zwei LEDs ansteuert: eine grüne, wenn die Meßspannung  $U_{\text{mess}}$  2,1 V überschreitet und eine rote, wenn  $U_{\text{mess}}$  0,7 V unterschreitet (nur Prinzipschaltung, keine Dimensionierung). Lösen Sie hierbei das Problem, die beiden genannte Referenzspannungen mit einfachen Mitteln bereitzustellen (wobei es auf Genauigkeit nicht besonders ankommt).



**Abb. 7** Schaltung zur Ladestromüberwachung. Darunter ein Differenzmeßverstärker (Quelle: Burr-Brown / Texas Instruments)

26. Erläutern Sie kurz (mit Skizzen) die Fachbegriffe „Low Side Drive“ und „High Side Drive“. In welcher Auslegung ergibt sich ein Problem, wenn NPN- oder N-Kanal-Leistungsbaulemente eingesetzt werden? Weshalb? Wie kann das Problem gelöst werden?
27. Bauen Sie aus zwei Elkos einen Kondensator, der für den Wechselstrombetrieb geeignet ist (Schaltbild). Welche Kapazität hat ein solcher Kondensator, wenn Sie zwei Elkos zu je 1500  $\mu\text{F}$  einsetzen?

28. Abb. 8 zeigt das Bode-Diagramm eines Operationsverstärkers. Kann dieser Verstärker als 1:1-Puffer (Impedanzwandler) betrieben werden? Erläutern Sie kurz (anhand des Diagramms), wie Sie zu Ihrer Aussage gekommen sind.

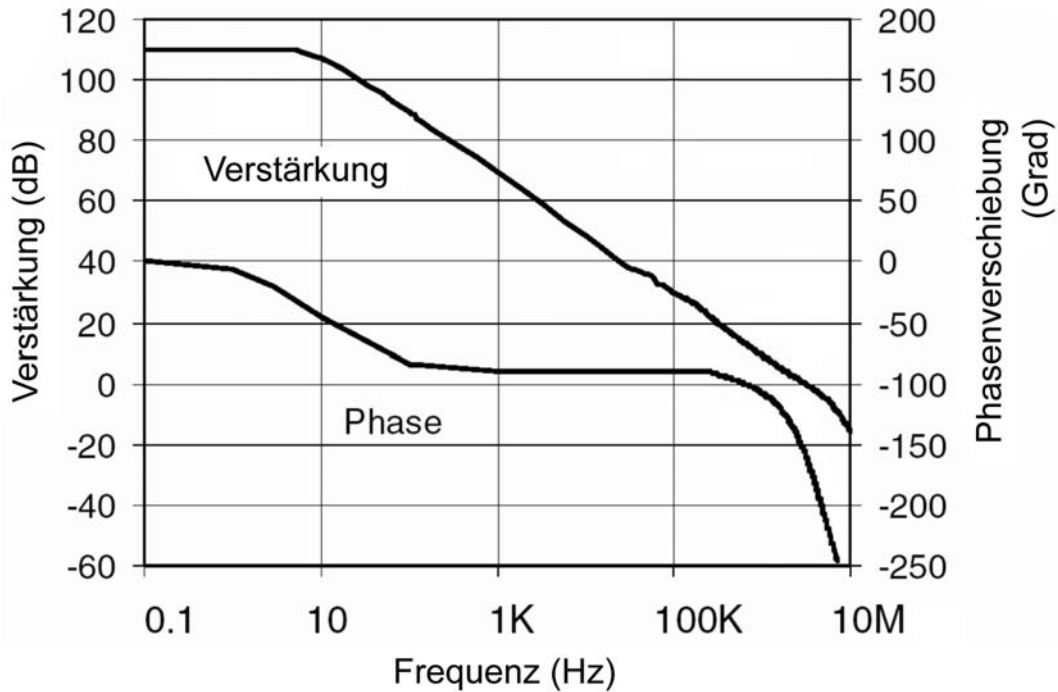


Abb. 8 Bode-Diagramm eines Operationsverstärkers (nach: Microchip)

29. Wie sieht ein 1:1-Puffer (Impedanzwandler) im Schaltbild aus? Ist ein stromgegeggekoppelter Operationsverstärker (CFA) hierfür zu gebrauchen? (Kurze Begründung.)
30. Welche Ausgangsspannungen ergeben sich an den Comparatoren gemäß Abb. 9?

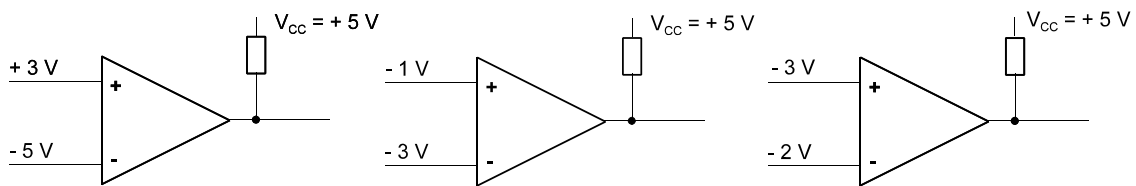


Abb. 9 Comparatoren

31. Aus einer Betriebsspannung, die zwischen 9 und 15 V schwanken kann, ist eine Referenzspannung von 1,4 V abzuleiten. Die Genauigkeitsforderungen sind nicht allzu hoch, so daß die Aufgabe mit elementaren Bauelementen gelöst werden kann. Die Referenzspannung wird praktisch nicht belastet. Geben Sie eine entsprechende Schaltung an und dimensionieren Sie ggf. erforderliche Widerstände. Um die Referenzspannung zu bilden, dürfen max. 150 mA Strom gezogen werden. Hinweis: Z-Dioden gibt es von 4 V an aufwärts. Lassen Sie sich also was einfallen . . .

32. Abb. 10 zeigt eine Stabilisierungsschaltung mit Z-Diode. Dimensionieren Sie den Widerstand  $R_V$ .  
 Vorgaben:  $U_e = 20\text{ V} \pm 20\%$ ,  $U_a = U_z = 9,0\text{ V}$ ,  $I_{z\text{max}} = 200\text{ mA}$ ,  $I_a = 30\text{ mA}$  (konstanter Laststrom);  
 $R_L$  wird nie entfernt oder verändert).

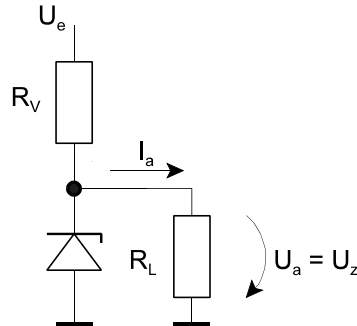


Abb. 10 Stabilisierungsschaltung

33. Ein Optokoppler ist von einem TTL-Gatter anzusteuern. Welche der beiden Anschaltungen (Abb. 11) ist besser? Weshalb? Dimensionieren Sie den Vorwiderstand  $R_V$  für einen Durchlaßstrom von  $12\text{ mA}$  und eine Flußspannung von  $1,7\text{ V}$ .

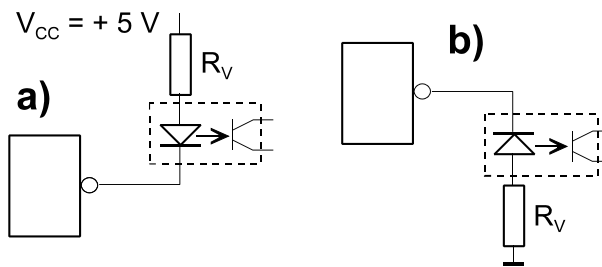


Abb. 11 Ansteuerung eines Optokopplers

34. Abb. 12 zeigt eine Brückenschaltung. Geben Sie an, welche Transistoren für welche Drehrichtung jeweils einzuschalten sind. Worauf ist beim Umschalten der Drehrichtung zu achten?

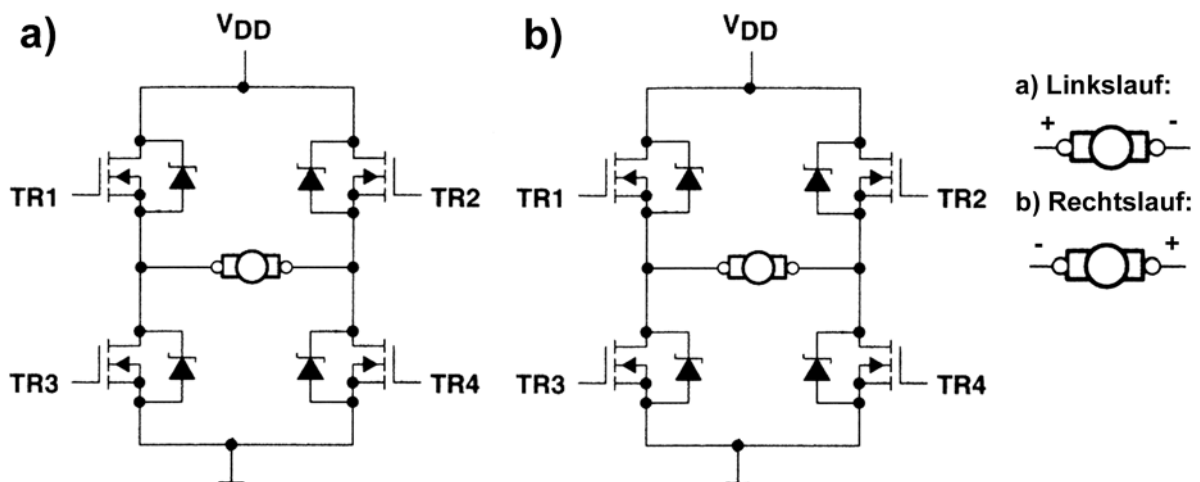
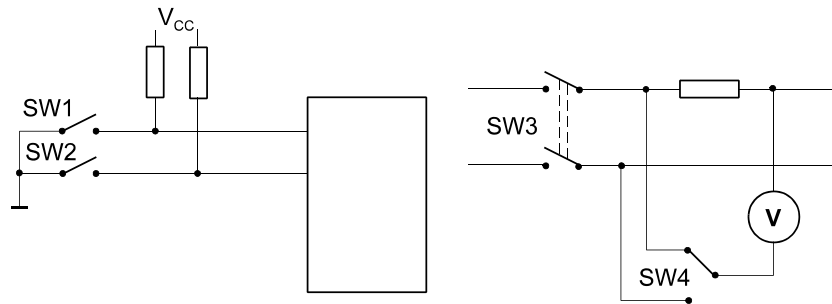


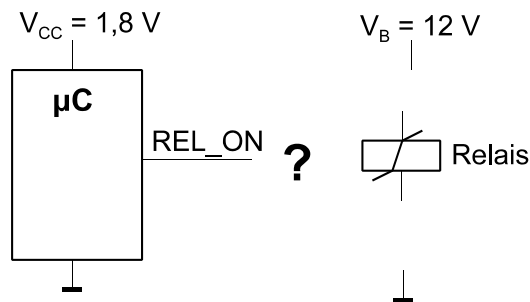
Abb. 12 Brückenschaltung

35. Abb. 13 zeigt zwei Schaltplanausschnitte. Geben Sie die Bestellbezeichnungen für die Bauelemente SW1...4 an.



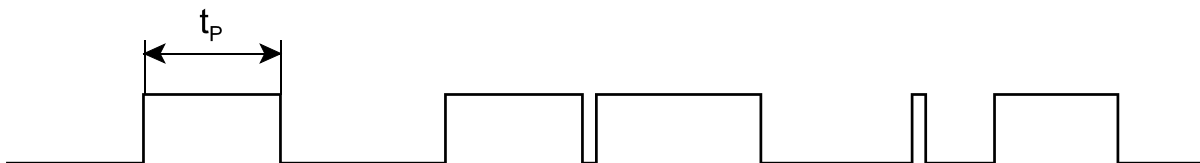
**Abb. 13** Schaltplanausschnitte mit Kontaktbauelementen

36. Ein Mikrocontroller mit einer Betriebsspannung von 1,8 V soll ein Relais ansteuern (Abb. 14). Da es sich nur um ein einziges Relais handelt, soll eine diskrete Transistorstufe verwendet werden. Welche Transistorart setzen Sie ein? Weshalb? Skizzieren sie die Schaltung mit allen wesentlichen Einzelheiten (Dimensionierung ist nicht erforderlich). Erläutern Sie, wozu ggf. vorgesehene zusätzliche Bauelemente dienen.



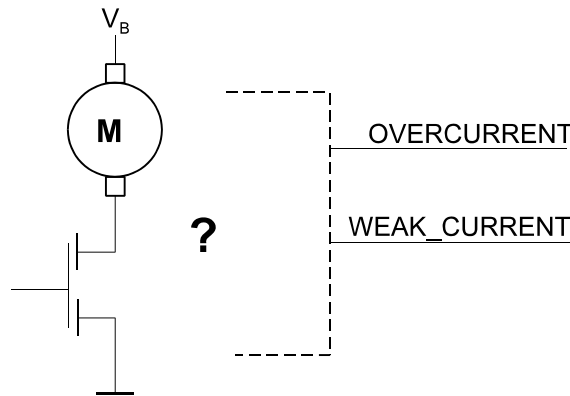
**Abb. 14** Ansteuerung eines Relais

37. Ein Widerstand hat die Wertangabe 2K2J. Geben Sie den kleinsten und den größten zulässigen Widerstandswert an (in Ohm).
38. Abb. 15 zeigt eine Impulsfolge, die auf ein Differenzierglied gegeben wird. Die breiten Impulse sind beträchtlich länger als Zeitkonstante ( $t_p \gg \tau$ ), die schmalen beträchtlich kürzer ( $\ll \tau$ ). Zeichnen Sie den Ausgangsspannungsverlauf ein.



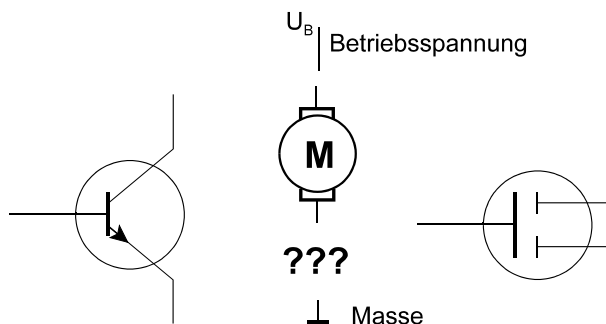
**Abb. 15** Impulsfolge

39. Abb. 16 veranschaulicht eine Leistungsstufe. Der Laststrom ist zu überwachen. Es sind zwei Fehlersignale abzugeben: 1. OVERCURRENT, wenn ein bestimmter Maximalstrom überschritten wird, 2. WEAK\_CURRENT, wenn der Strom einen bestimmten Mindestwert unterschreitet (Hilfestellung: Sie müssen den Stromfluß irgendwie messen und mit Sollwerten vergleichen...).



**Abb. 16** Leistungsstufe

40. Ein Gleichstrommotor ist anzusteuern (Abb. 17). Betriebsspannung: 12 V. Als Leistungsbaulement kann ein Bipolartransistor oder ein FET eingesetzt werden.
- wie sieht die Leistungsstufe aus (Skizze), wenn der Motor nach dem Prinzip “Low Side Drive“ angesteuert werden soll?
  - wie sieht die Leistungsstufe aus (Skizze), wenn der Motor nach dem Prinzip “High Side Drive“ angesteuert werden soll?
  - welche der beiden Prinzipschaltungen ist günstiger (im Sinne der Einfachheit), wenn das Leistungsbaulement ein NPN- oder N-Kanal-Typ sein soll?
  - welchen Leitfähigkeitstyp wählen Sie, wenn “High Side Drive“ gefordert ist, aber kein Zusatzaufwand getrieben werden soll?
  - welche Transistorart (bipolar oder FET) verwenden Sie, wenn die Stufe auf einfachste Weise (ohne Zusatzaufwand) von einem Mikrocontroller aus angesteuert werden soll, der eine Betriebsspannung von 2,5 V hat? (Kurze Begründung.)



**Abb. 17** Ansteuerung eines Gleichstrommotors

41. Wir beziehen uns auf Aufgabe 40. Geben Sie eine Kontaktschaltung an, die es ermöglicht, die Drehrichtung des Motors umzuschalten.

42. Abb. 18 zeigt zwei Leistungsbauelemente – einen Bipolartransistor und einen FET. Wir messen die Spannung, die im eingeschalteten Zustand über dem jeweiligen Bauelement abfällt.

- a) wie heißt der jeweils entscheidende Kennwert, der die Größe des Spannungsabfalls bestimmt?
- b) wie ist das jeweilige Bauelement anzusteuern (an der Basis bzw. am Gate), damit dieser Spannungsabfall minimal wird?

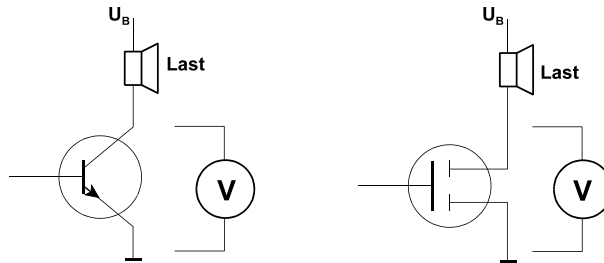


Abb. 18 Leistungsbauelemente

43. Mehrere Signale sind mit einer gemeinsamen Referenzspannung  $U_{ref}$  zu vergleichen. Es liegt nahe, hierzu Comparatoren einzusetzen (Abb. 19).

- a) welches Problem ist bei dieser Einfachlösung zu erwarten?
- b) wie heißt der Fachbegriff, der den prinzipiellen Ausweg bezeichnet?
- c) Abb. 20 zeigt zwei Schaltungen, in denen dieser Ausweg verwirklicht ist. Welche der beiden Schaltungen a), b) ist für den Einsatzfall von Abb. 19 besser geeignet? Weshalb?

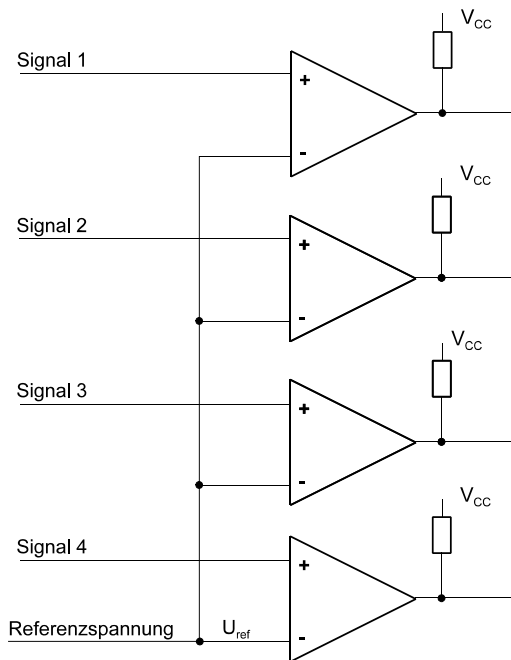


Abb. 19

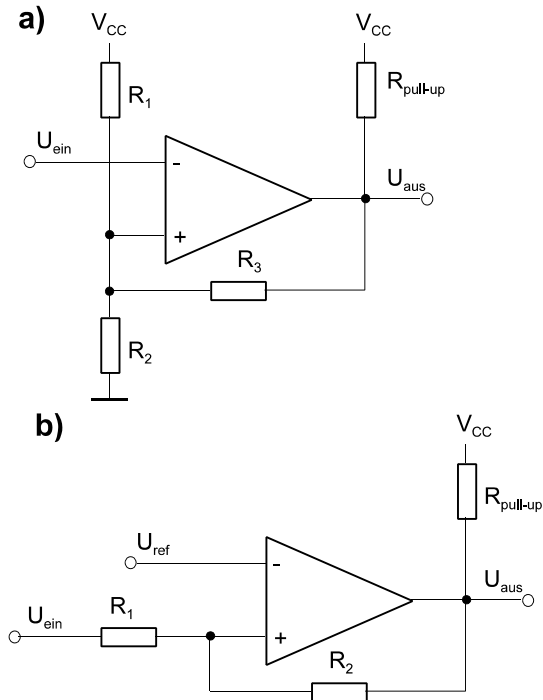


Abb. 20