

<b>Name:</b> <i>FH Dortmund</i>	<b>Matr.-Nr.:</b> <i>FB Informations- und Elektrotechnik</i>
------------------------------------	---

## Angewandte Elektronik AE

*Klausur vom 25. 9. 2015*

### Aufgaben und Musterlösungen

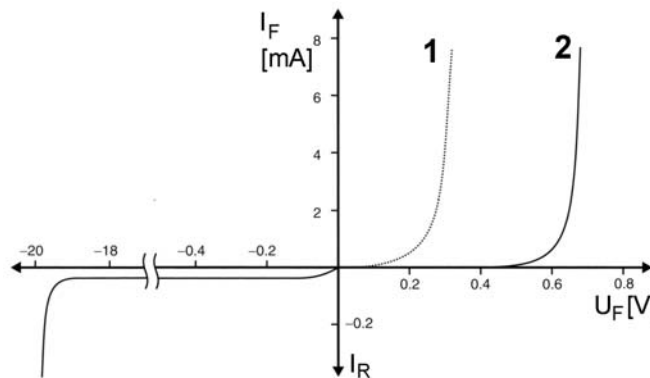
1. Erläutern Sie kurz den Fachbegriff "Rail-to-Rail".

*(5 Punkte)*

Der Begriff besagt, daß der zulässige Aussteuerbereich oder Ausgangsspannungshub bis zu beiden Betriebsspannungspegeln reicht (z. B. von - 15 V bis + 15 V, von 0 V (Masse) bis 3,3 V usw.). Mit anderen Worten, die Signalpegel können nahezu den Betriebsspannungspegeln entsprechen (z. B. 0,2...0,6 V unterhalb der positiven bzw. oberhalb der negativen Betriebsspannung).

2. Abb. 1 zeigt zwei Diodenkennlinien. Welche betrifft eine Siliziumdiode, welche eine Germaniumdiode? (Kurze Erläuterung.)

*(6 Punkte)*



**Abb. 1**

Die typische Germaniumdiode hat eine Flußspannung um 0,2...0,3 V, die typische Siliziumdiode um 0,7 V. Also 1 = Germanium, 2 = Silizium.

3. Eine Operationsverstärkerschaltung hat eine 3dB-Grenzfrequenz von 600 kHz. Wie hoch ist die maximale Betriebsfrequenz, wenn der Amplitudenfehler 0,5 % nicht überschreiten darf?

*(10 Punkte)*

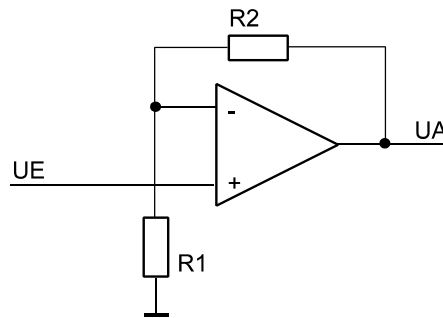
$$f = \frac{f_{3dB} \sqrt{1 - V^2}}{V}$$

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

$V = 0,995$ . Das Einsetzen in die obere Formel ergibt 60,226...kHz.

4. Entwerfen und dimensionieren Sie einen nichtinvertierenden Verstärker mit einer Verstärkung von 21. Bei einem Ausgangsspannungshub von 5 V darf ein Strom von maximal 2 mA entnommen werden.

(6 Punkte)



5 V : 2 mA ergeben einen Gesamtwiderstand  $R = 2,5 \text{ k}\Omega$ .  $R_1 = R : \text{Verstärkung}$ , also  $2,5\text{k} : 21$ . Das sind rund 119 Ohm. Bleiben für  $R_2$   $2,5\text{k} - 0,119\text{k} = 2,38 \text{ k}\Omega$ .

5. Erläutern Sie kurz den Fachbegriff Speicherzeit. Geben Sie wenigstens zwei Möglichkeiten an, die Speicherzeit zu verringern.

(8 Punkte)

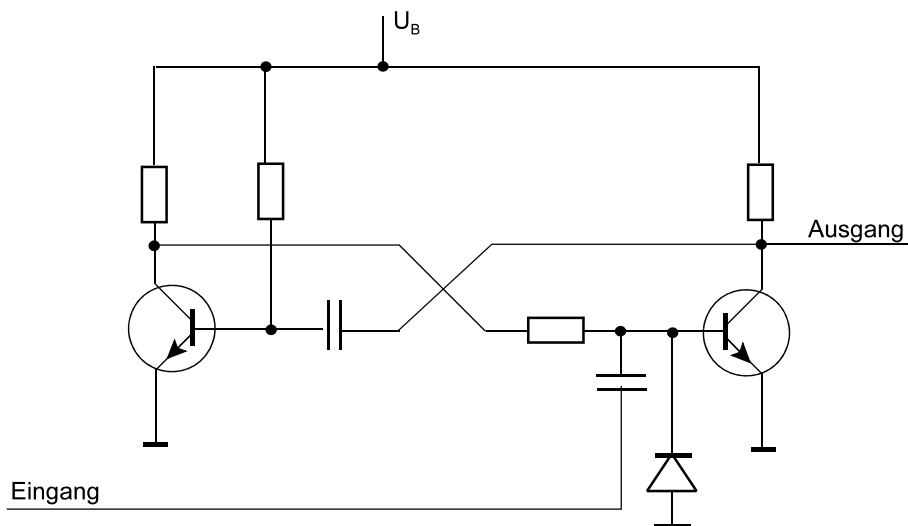
Die Speicherzeit ergibt sich beim Ausschalten eines Bipolartransistors, und zwar deshalb, weil die Ladungsträger aus der Basiszone abfließen müssen. Abhilfe:

- Übersteuerung vermeiden
- Speedup-Kondensator
- Klammerung (Baker Clamp)
- Negative Hilfsspannung

6. Erläutern Sie kurz, wie sich astabile, monostabile und bistabile Multivibratoren verhalten (mit anderen Worten, welche Art von Signalen sie abgeben) und worin sie sich grundsätzlich unterscheiden. Wie sieht die Grundsaltung eines monostabilen Multivibrators aus? (Skizze.)

(12 Punkte)

Multivibrator	Rückkopplung	Signale	Anwendungsbeispiele
Astabil	Zweimal kapazitiv (RC) gekoppelt	Rechteckschwingungen	Takt- und Impuls-generatoren, Blinkgeber
Monostabil	Einmal kapazitiv (RC), einmal direkt gekoppelt	Ein Eingangsimpuls löst einen Ausgangsimpuls konstanter Dauer aus	Impulsbildung, Zeitverzögerung, Frequenzteilung (> 2:1)
Bistabil	Zweimal direkt gekoppelt	Speicherwirkung. Eingangsimpulse bewirken Zustandsübergänge (RS- oder Toggle-Verhalten). Der jeweilige Zustand bleibt bis zum nächsten Eingangsimpuls erhalten	Speicher- und Zählfunktionen bw. Frequenzteilung (Toggle-Verhalten)



7. Es geht um eine IR-LED. Infrarotes Licht kann man nicht sehen. Um zu prüfen, ob die Diode funktioniert, soll die Flußspannung gemessen werden. Sie beträgt typischerweise 1,7 V. In der Anordnung von Abb. 2 können folgende Betriebsfälle vorkommen:

1. O.K. LED o.k. Spannung am Punkt M = Flußspannung, aber kleiner als die Betriebsspannung (VCC). Sagen wir, zwischen 1,4 und 2,1 V.
2. OPEN. Fehlerfall LED offen. Spannung am Punkt M = Betriebsspannung (VCC).
3. SHORT. Fehlerfall Kurzschluß. Spannung am Punkt M = 0 V (Massepegel).

Geben Sie eine geeignete Schaltung an (nur dem Prinzip nach, keine Dimensionierung). Sie dürfen beliebige Bauelemente einsetzen. Spitzfindigkeiten, wie beispielsweise die Hysterese, müssen Sie nicht berücksichtigen. Auch Teillösungen können Punkte einbringen...

(15 Punkte)

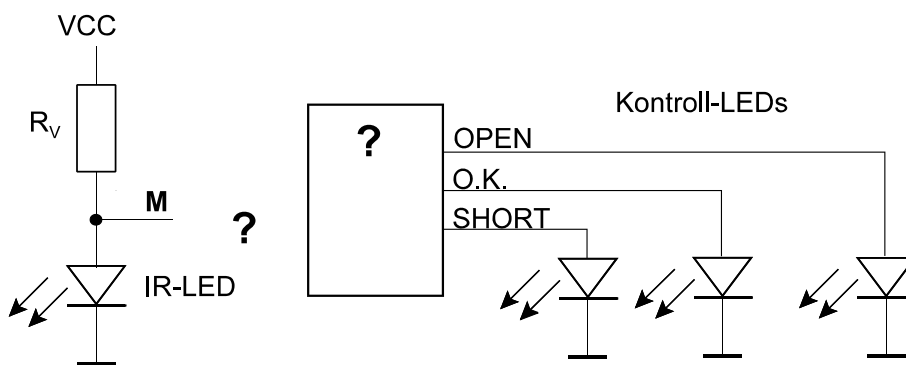
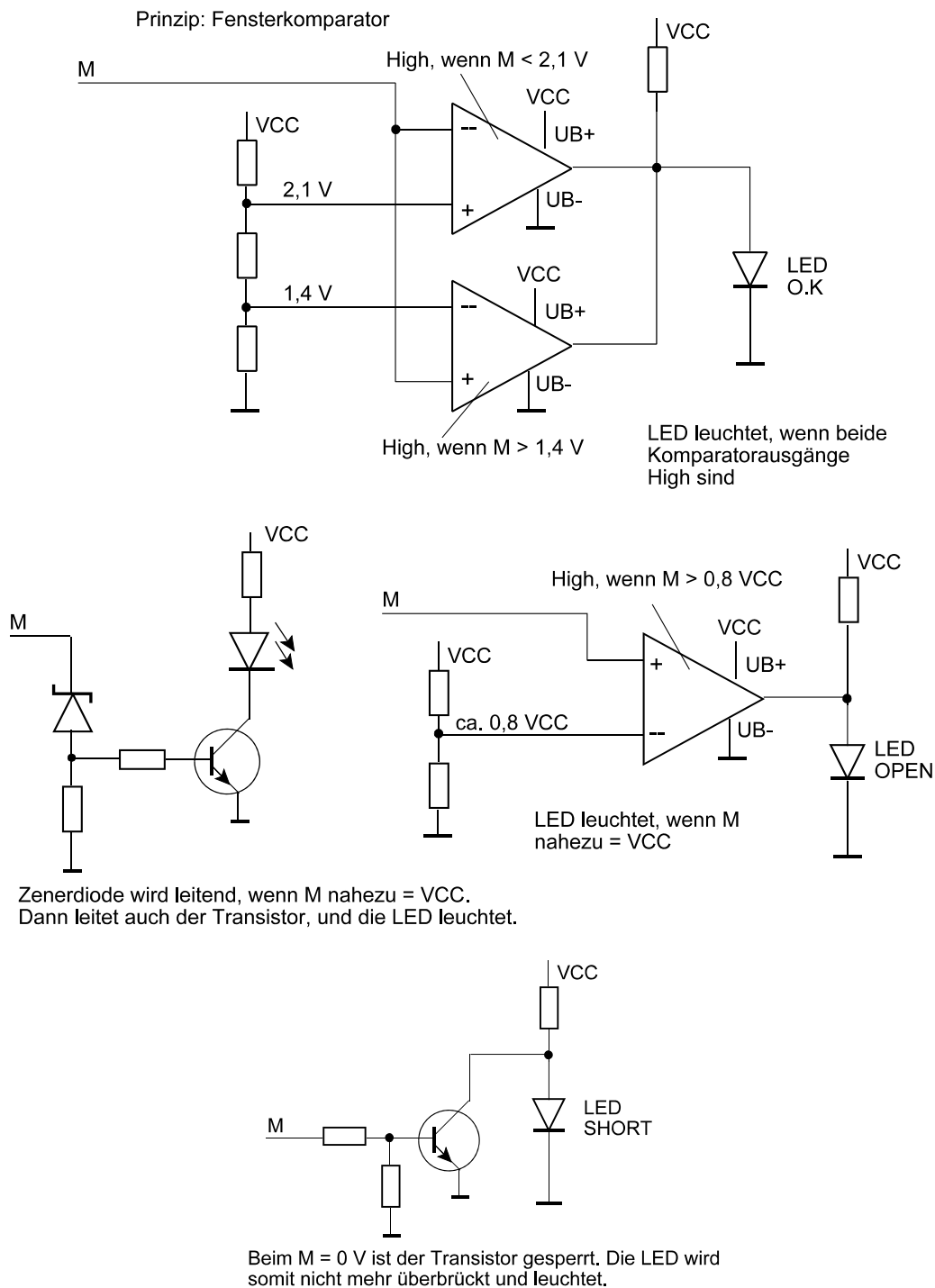


Abb. 2

Wir behandeln die drei Anzeigeprobleme unabhängig voneinander (mehr ist auch nicht gefordert).

1. Die naheliegende Lösung ist ein Fensterkomparator (zwei Komparatoren, die ausgangsseitig so verknüpft sind, daß die LED nur dann leuchtet, wenn der Vergleich mit 1,4 V eine "Größer"-Aussage liefert und der Vergleich mit 2,1 V eine "Kleiner"-Aussage).
2. Das Problem kann u. a. mit einer Zenerdiode und einem Transistor oder mit einem weiteren Komparator gelöst werden.

3. Hier genügt ein Transistor, der bei 0 V sicher gesperrt ist. Eine entsprechende Prinzplösung mit Komparator wird auch als richtig gewertet.



8. Abb. 3 zeigt eine Leistungsschaltung mit N-Kanal-FET.

- Wozu ist die Zenerdiode gut? (Kurze Erläuterung.)
- Zeichnen Sie jeweils ein, welche Polarität die Abschaltspannungsspitze hat und wie eine Freilaufdiode angeschlossen werden muß.
- Abb. 4 zeigt einen Datenblattausschnitt. Welche Gatespannung müssen Sie an den FET anlegen, damit er sicher im Schaltbetrieb arbeitet?

(12 Punkte)

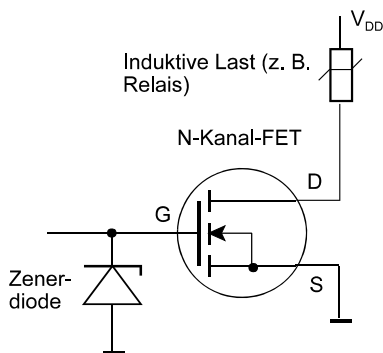


Abb. 3

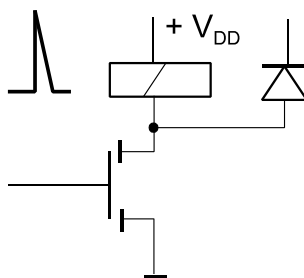
ON (\*)

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. 4

a) Spannungsspitzen im Drain-Source-Kreis werden über kapazitiv auf den Gatekreis übergekoppelt. Richtwert: im Verhältnis von etwa 6:1. Die Zenerdiode dient dazu, die Spannungsspitzen am Gate zu begrenzen.

b)



c) Mindestens 10 V. Entscheidend ist die Gatespannung, bei der ein Maximalwert für  $R_{DS(on)}$  garantiert wird (2. Zeile im Datenblattauszug). Die Schwellenspannungsangabe (Gate Threshold Voltage) ist hier unbrauchbar.

9. Ein Leistungs-FET hat eine Gateladung  $Q_G$  von 170 nC. Welcher Gatestrom ist erforderlich, um den FET in 8  $\mu\text{s}$  einzuschalten?

(5 Punkte)

$$Q = I \cdot t; I = Q : t. 170 \text{ nC} : 8 \mu\text{s} = \underline{21,25 \text{ mA}}$$

10. Abb. 6 zeigt einfache Transistorstufen. Der Transistor ist ein Kleinleistungstyp, wie er auch im Praktikum eingesetzt wurde. Welche Ausgangsspannung ergibt sich näherungsweise in den vier Betriebsfällen a) bis d)? (Eintragen und kurz begründen.)

(12 Punkte)

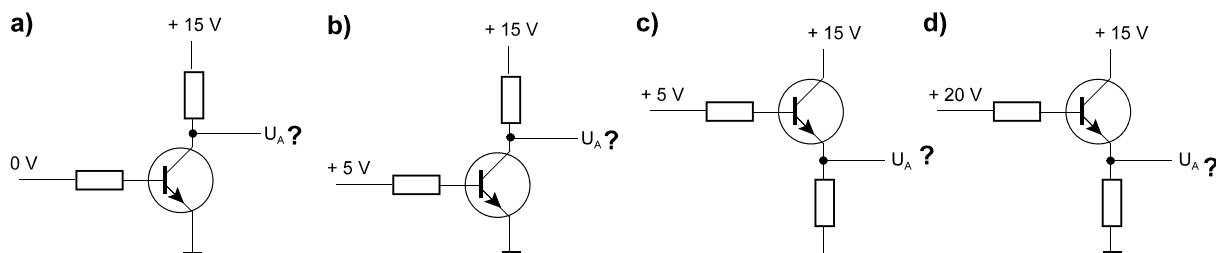


Abb. 6

- a) 15 V. Transistor nicht aufgesteuert. Kein Stromweg vom Kollektor zum Emitter.
- b) 0,2 V oder weniger (Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung). Transistor voll aufgesteuert bzw. übersteuert (je nach Basisvorwiderstand).
- c) Etwa 4,4 V. Emitterfolger.  $U_A = \text{Basisspannung} - \text{Basis-Emitter-Schwellenspannung}$  ( $U_{BEon}$ ; etwa 0,6 V).
- d) Knapp unter 15 V (14,8 V oder etwas mehr). Übersteuerung, weil Basisspannung > Betriebsspannung. Über dem Transistor fällt die Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung ab.

11. Abb. 7 zeigt eine Spannungsmeßschaltung (vgl. Praktikum...).

- a) Welchen grundsätzlichen Vorteil hat diese Prinzipschaltung?
- b) Welchen Spannungswert wird das Instrument näherungsweise anzeigen, wenn die Meßspannung 6,0 V beträgt?

(6 Punkte)

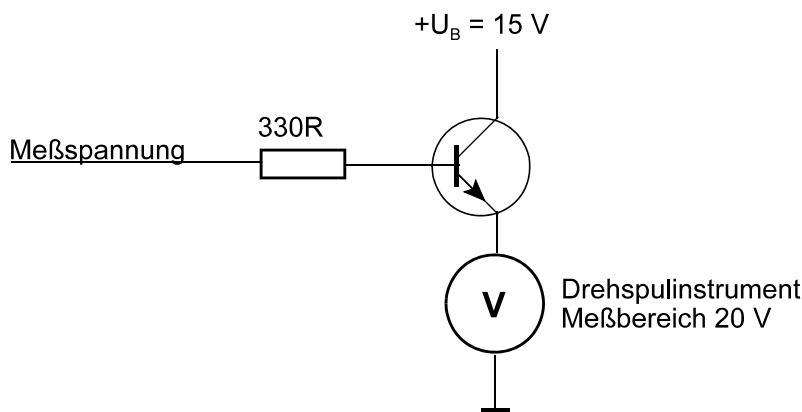


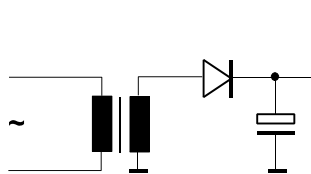
Abb. 7

- a) Hoher Eingangswiderstand (Meßspannung [V] : Basisstrom [ $\mu A$ ]).
- b) Etwa 5,4 V (Meßspannung – Schwellenspannung ( $U_{BEon}$ ) des Transistors).

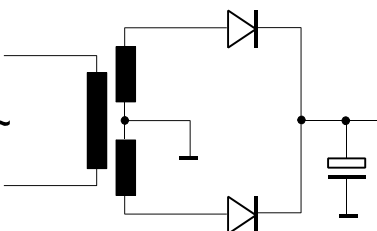
12. Skizzieren Sie die Grundschaltungen eines Einweggleichrichters, eines Zweiweggleichrichters und eines Graetzgleichrichters. Welche grundsätzlichen Nachteile haben diese Schaltungen? (Nur kurz aufzählen.)

(12 Punkte)

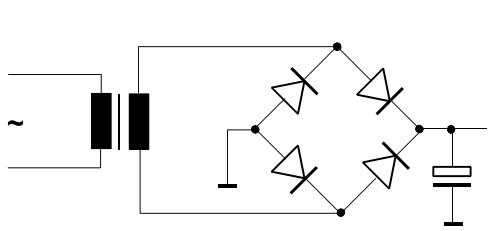
a) Einweggleichrichter



b) Zweiweggleichrichter



c) Graetzgleichrichter



Einweggleichrichter: Nutzung nur einer Halbwelle. Deshalb schlechte Ausnutzung des Trafos. Hohe Restwelligkeit / Brummspannung. Glättung erfordert große Siebkondensatoren.

Zweiweggleichrichter: Schlechte Ausnutzung des Trafos. Zwei Wicklungen, wobei in jeder Halbwelle nur eine ausgenutzt wird ausgenutzt (Trafo groß und teuer).

Graetzgleichrichter: 4 Dioden erforderlich. Jeweils 2 in Reihe, also Spannungsabfall =  $2 \cdot$  Flußspannung. Sekundäre Trafowicklung muß massefrei sein (manchmal ein Nachteil, aber nicht immer).