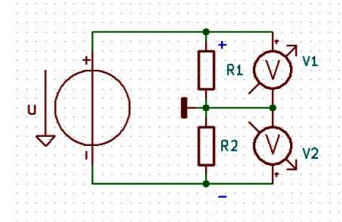


Lösungen der Übungsaufgaben des Repetitorium 6

Du hast eine ideale 10V Spannungsquelle zur Verfügung. Für eine elektronische Schaltung benötigst Du eine $\pm 5V$ Spannungsquelle mit geringer Belastbarkeit. Wie konstruierst Du diesen Aufbau?

Ein Spannungsteiler $R_1 = R_2$ leistet genau das Geforderte: Der Mittelanschluss wird die Masse, der „untere“ Abgriff wird der Minus – Pol, der „obere“ Abgriff der Plus – Pol.



Der Widerstandswert eines elektrischen Widerstandes bei 0 Volt ist zu bestimmen. Wie gehst Du vor?

Offensichtlich handelt es sich um eine „hebbare Unstetigkeit“. Dieser begegnet man mit der Regel von L'Hospital. Beispielsweise legt man an den Widerstand eine zeitlich veränderliche Spannung an (Aufnahme der Kennlinie) und misst den entsprechenden Strom. Bis zu den Zerstörungsgrenzen ergibt sich eine Gerade. Mathematisch kann man das beispielsweise so darstellen: Wir wählen willkürlich eine zeitlich veränderliche Spannung, beispielsweise

$$U(t) = U_0 \cdot (t - 1), 0 \leq t \leq 2$$

Damit ergibt sich ein linearer Spannungsverlauf, der innerhalb von 2 Sekunden von $-U_0$ bis $+U_0$ führt. Der daraus resultierende Strom ist

$$I(t) = \frac{U(t)}{R}$$

Einsetzen

$$R = R \cdot \frac{U_0 \cdot (t - 1)}{U_0 \cdot (t - 1)} = R \cdot \frac{\frac{d(U_0 \cdot (t - 1))}{dt}}{\frac{d(U_0 \cdot (t - 1))}{dt}} = R \cdot \frac{U_0}{U_0} = R$$

Dieser Ausdruck ist natürlich an allen Stellen R , ausgenommen an $t = 1$. Dann wenden wir L'Hospital an

$$R = R \cdot \frac{U_0 \cdot (t - 1)}{U_0 \cdot (t - 1)} = R \cdot \frac{\frac{d(U_0 \cdot (t - 1))}{dt}}{\frac{d(U_0 \cdot (t - 1))}{dt}} = R \cdot \frac{U_0}{U_0} = R$$

Damit ist die hebbare Unstetigkeit behoben und der Widerstandswert ist an allen Stellen der Kennlinie definiert.

Eine Katze spielt mit dem Lichtschalter einer batteriebetriebenen Taschenlampe. Entsteht auf diese Weise Wechselspannung?

Nein, durch manuelle (auch pfotuelle) Aktion in ihrer Höhe veränderte Gleichspannung gilt nicht als Wechselspannung.

Ein lineares elektrisches Netzwerk ist durch die Klemmenspannung 10V und den Innenwiderstand 100k Ω definiert. Verwendest Du das Norton – Äquivalent oder das Thévenin – Äquivalent?

Der Widerstand ist „hoch“, daher handelt es sich um eine Stromquelle. Ich verwende daher das Norton – Äquivalent.

Ein lineares elektrisches Netzwerk ist durch die Klemmenspannung 10V und den Innenwiderstand 0.1 Ω definiert. Verwendest Du das Norton – Äquivalent oder das Thévenin – Äquivalent?

Der Widerstand ist „niedrig“, daher handelt es sich um eine Spannungsquelle. Ich verwende daher das Thévenin – Äquivalent.

Erkläre die Unterschiede zwischen Masse und Erde.

Als Masse (engl. ground, abgekürzt GND) bezeichnet man einen leitenden Körper, dem im Regelfall das Potential null zugeordnet wird, welches das Bezugspotential für alle Signal- und Betriebsspannungen darstellt. Im Prinzip kann jeder beliebige Knoten einer elektrischen Schaltung Masse sein und als Bezugspotential für die Festlegung aller Spannungen in diesem Netzwerk verwendet werden.

Als Erde bezeichnet man das elektrische Potential des leitfähigen Erdreichs. Dieses wird mittels geeigneter Erder (z.B. Fundamente oder Erdspieß) technisch zugänglich gemacht und mit dem Erdanschluss bzw. Schutzleiter verbunden.

Nur für Fortgeschrittene: Gib die Kennfarben für den Neutralleiter und den Leiter der Schutzterde an. Darf man bei Elektroinstallationsanlagen den Neutralleiter mit der Schutzterde verbinden?

Die Kennfarbe des Neutralleiters ist blau, die der Schutzterde ist grün – gelb.

Die elektrische Verbindung des Neutralleiters mit der Schutzterde ist streng verboten, da auf diese Weise die Funktion des Fehlerstromschutzschalters blockiert wird.

Nenne einige Arten von Dioden und erkläre mit wenigen Worten deren Einsatzzwecke.

- Gleichrichter – Dioden zur Gleichrichtung von Wechselspannung.
- Kapazitätsdioden, Varicap – Dioden zur elektrisch steuerbaren Änderung einer Kapazität.
- Fotodioden zur Lichtmessung.
- Solarzellen zur Energieerzeugung.
- Z – Dioden als Referenzspannungsquelle.
- Transil – Dioden zum Schutz vor kurzzeitigen Überspannungsimpulsen.
- Schottky – Dioden zur besonders effektiven Gleichrichtung von Wechselspannung.
- Tunnelioden für einfach aufgebaute Generatoren.
- Leuchtdioden als Lichtquelle für Signalisierung, Beleuchtung und Informationsübertragung.
- Laserdioden in optischen Laufwerken, zur Telekommunikation, in der Sensortechnik sowie zur Unterhaltung.

- Quanten – Kaskaden – Laser als mid – IR – Quelle mit hoher spektraler Intensität für die chemische Analytik und die Telekommunikation.
- Diacs für Zündschaltungen.

Mit einem DMM wird ein Strom von 10A gemessen. Der Messwiderstand ist so bemessen, dass an ihm bei 20A ein Spannungsabfall von 200mV auftritt. Berechne:

- Den Widerstandswert des Messwiderstandes.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{200mV}{20A} = 10m\Omega$$

- Die unter diesen Bedingungen (im Idealfall) freigesetzte Wärmeleistung.

$$P = U \cdot I = 100mV \cdot 10A = 1W$$

- Die unter diesen Bedingungen (im Idealfall) innerhalb 1 Minute freigesetzte Wärmeenergie.

$$W = \int_{0s}^{60s} P \cdot dt = P \cdot \int_{0s}^{60s} dt = P \cdot t \Big|_{0s}^{60s} = 1W \cdot 60s = 60Ws$$

- Um wie viele Grad Celsius (ab Raumtemperatur) würde 1cm³ Wasser (im Idealfall) mit dieser Wärmeenergie erwärmt werden?

$$1cal = 4,2Ws. 60Ws = 14,3cal. 1cm^3 \text{ Wasser wird daher um etwa } 14,3^{\circ}C \text{ erwärmt.}$$

Erkläre die Funktion einer Diode.

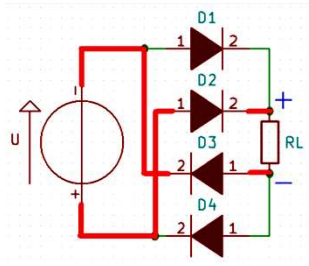
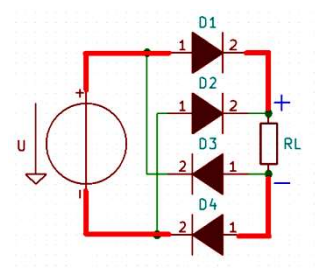
Dotierte Halbleitermaterialien sind für sich selbst ungeladen. Werden sie zueinander in Kontakt gebracht, kommt es zum Ladungsausgleich: Löcher strömen in den N – Bereich, Elektronen in den P – Bereich. Die Folge ist allerdings die Ausbildung eines elektrischen Feldes, das der Diffusion entgegen wirkt. Es kommt zur Ausbildung eines räumlich begrenzten Gleichgewichtszustandes, der Sperrschicht. Um weitere Ladungsträger zu bewegen, muss ein äußeres elektrische Feld angelegt werden das stark genug ist, Ladungsträger über den Potentialwall der Sperrschicht zu bewegen: Die Diode wird in Durchlassrichtung betrieben. Die elektrische Wirkung des Potentialwalls ist ein Spannungsabfall, der vom Material, der Geometrie und der Stromstärke abhängt. Bei Siliziumdioden beträgt er etwa 0.7V. Wird die Diode in Sperr – Richtung betrieben, verbreitert sich lediglich die Sperrschicht – die Diode leitet nicht.

Erkläre die Funktion eines Einweggleichrichters.

Der Einweggleichrichter beruht darauf, dass die Gleichrichterdiode nur für eine Stromrichtung (kenntlich an der Pfeilrichtung) leitfähig ist. Daher wird beim Anschluss der Anode an die Wechselspannungsquelle nur die positive Halbwelle an die Last geschaltet, die negative Halbwelle ist gesperrt.

Erkläre die Funktion eines Brückengleichrichters.

Um einen Gleichrichter zu verstehen, verfolgt man nicht die Spannungen, sondern die Stromflüsse. Während der positiven Halbwelle fließt der Strom vom Pluspol der Spannungsquelle durch Diode D1 an den oberen Anschluss von RL. Der Weg durch D3 ist gesperrt (schau auf die Pfeilrichtung der Diode!). Der Strom fließt weiter durch RL hindurch und durch D4 wieder in die Spannungsquelle zurück. Der Weg durch D2 ist versperrt, da ihre Anode auf niedrigerem Potential liegt als die Kathode.



Während der negativen Halbwelle fließt der Strom vom Pluspol der Spannungsquelle durch Diode D2 an den oberen Anschluss von RL. Der Weg durch D4 ist gesperrt (schau auf die Pfeilrichtung der Diode!). Der Strom fließt weiter durch RL hindurch und durch D3 wieder in die Spannungsquelle zurück. Der Weg durch D1 ist versperrt, da ihre Anode auf niedrigerem Potential liegt als die Kathode.

Du misst den Widerstand einer Siliziumdiode mit der Widerstandsmessfunktion eines DMM. Welche Anzeige erwartest Du?

In Sperr – Richtung ist der Widerstand „unendlich“. In Flussrichtung kann je nach Diodentyp ein hoher Widerstand (M Ω – Bereich) messbar sein, vor allem bei Signaldiode ist auch in dieser Betriebsart der Widerstand „unendlich“.

Du hast ein Drehspulmessinstrument mit den Werten 1mA 15 Ω . Du möchtest damit 250V Gleichspannung messen. Geht das prinzipiell? Was musst Du ergänzen? Hinweis: Beide technisch relevanten Werte sind zu berechnen!

1) Berechnung des Spannungsabfalls am Messinstrument.

$$U = R \cdot I = 15\Omega \cdot 1\text{mA} = 15\text{mV}$$

Dieser Wert ist gegenüber der Gesamtspannung vernachlässigbar, der Vorwiderstand ist daher auf die gesamte zu messende Spannung auszulegen.

2) Berechnung des Widerstandswertes des Vorwiderstandes

$$R = \frac{U}{I} = \frac{250\text{V}}{1\text{mA}} = 250\text{k}\Omega$$

3) Berechnung der Leistung des Vorwiderstandes

$$P = U \cdot I = 250\text{V} \cdot 1\text{mA} = 250\text{mW}$$

Du hast ein Drehspulmessinstrument mit den Werten 1mA 15Ω. Du möchtest damit 1A Gleichstrom messen. Geht das prinzipiell? Was musst Du ergänzen? Hinweis: Beide technisch relevanten Werte sind zu berechnen!

1) Berechnung des Spannungsabfalls am Messinstrument.

$$U = R \cdot I = 15\Omega \cdot 1mA = 15mV$$

2) Berechnung des Widerstandswertes des Parallelwiderstandes

$$R = \frac{U}{I} = \frac{15mV}{999mA} = 15m\Omega$$

3) Berechnung der Leistung des Parallelwiderstandes

$$P = U \cdot I = 15mV \cdot 999mA = 15mW$$

Du hast ein Drehspulmessinstrument mit den Werten 1mA 15Ω. Du möchtest damit 250V Wechselspannung messen. Geht das prinzipiell? Was musst Du ergänzen oder ändern? Hinweis: Zwei Antworten sind gefordert!

Möglichkeit 1: Unter Vorschaltung eines Brückengleichrichters und eines Vorwiderstandes. Dabei ist die Umrechnung der Betragsmittelwertmessung dieses Verfahrens auf das Effektivwertverfahren zu berücksichtigen!

Möglichkeit 2: Nein, ich verwende statt des Drehspulmessinstrumentes ein Dreheisenmessinstrument. Dieses kann ohne Gleichrichter Wechselspannung messen. Allerdings haben Dreheisenmessinstrumente üblicherweise einen deutlich höheren Eigenverbrauch. Daher ist der Vorwiderstand für dieses Instrument neu zu bestimmen.

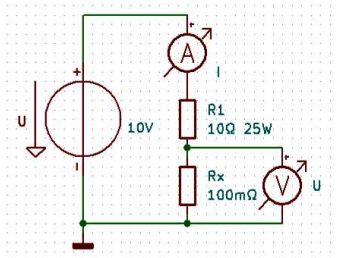
Du misst mit einem Voltmeter die Spannung an einer hochohmigen Quelle. Während der Messung kommt eine Kollegin / ein Kollege und zieht den Pullover aus. Welche Konsequenz für Deine Messung erwartest Du? Was machst Du dagegen?

Es ist mit Messfehlern aufgrund von Influenz der durch die Berührelektrizität (fälschlich Reibungselektrizität) entstandenen Aufladungen zu rechnen. Wenn möglich, haben KollegInnen während empfindlicher Messungen die entsprechenden Verhaltensregeln einzuhalten. Sollte dies nicht durchsetzbar sein, muss der gesamte Messaufbau elektrostatisch geschirmt werden.

Du hast nur ein Budget von unter 1€ für einen Aufbau zur Abschätzung der Höhe von Gleichstrom. Was konstruierst Du? (Nein, nicht bei ebay kaufen...)

Mehrere Dutzend Windungen lackisolierten Kupferdraht auf zwei Träger aus Holz oder Plastik wickeln. Dazwischen ein Stück Karton montieren, in die Mitte eine Nadel stechen. Auf die Nadelspitze eine Kompassnadel legen. Mit einem ausgeborgten Messgerät dann die Auslenkung der Nadel durch einen bekannten Strom messen und auf dem Karton markieren.

Du möchtest den genauen Widerstandswert eines Widerstandes mit nominal 100mΩ messen. Wie gehst Du vor?



Ich verwende eine Vierpunktmessung (spannungsrichtiger Aufbau). Das ist zulässig, da der Innenwiderstand des Voltmeters mit mindestens 1MΩ gegenüber dem zu messenden Widerstand irrelevant ist. R1 dient zur Erhöhung der Impedanz der Spannungsquelle, anders formuliert um der Spannungsquelle eine gewisse Stromquellencharakteristik zu geben. Nach Messung von I und U wird der genaue Wert von Rx mittels Ohmschem Gesetz berechnet.

Nenne mindestens vier gebräuchliche Halbleitermaterialien für Dioden. Bonuspunkt: Was war das erste Halbleitermaterial, mit dem bereits 1874 eine Diode hergestellt worden war?

Silizium, Siliziumkarbid, Galliumarsenid, Galliumnitrid.

Karl Ferdinand Braun entdeckte und beschrieb als erster eine Punktkontakt – Diode auf der Grundlage von Blei(II)-sulfid (bergmännische Bezeichnung Galenit, Bleiglanz).

Welchen Anzeigebereich erwartest Du bei einem DMM mit der Angabe „3,5 Stellen“?

3,5 Stellen = Anzeigebereich ± 2000

Nenne die drei wichtigsten Möglichkeiten, Wechselspannung zu quantifizieren. Gib von allen die mathematische Berechnungsweise an. Welche Berufsgruppen interessieren diese?

1) Spitze – Spitze – Wert U_{ss} , gemessen in V_{ss} (englisch V_{pp}).

$$U_{ss} = \max(u(t)) - \min(u(t))$$

Der U_{ss} Wert ist vor allem für die TechnikerInnen im Bereich in der Signalverarbeitung und Telekommunikation relevant.

2) Effektivwert U_{eff} , gemessen in V_{eff} (englisch V_{rms}).

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} (u(t))^2 dt}$$

Der Effektivwert interessiert die TechnikerInnen im Bereich Elektromaschinenbau, Beleuchtung, Heizung, vor allem sobald Kurvenverfälschungen aufgrund von elektronischen Steuerungen auftreten.

3) Korrigierte Betragsmittelwertmessung

$$U_{BMW} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

$$U_{eff} = U_{BMW} \cdot \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}} \sim U_{BMW} \cdot 1,11$$

Der korrigierte Betragsmittelwert genügt TechnikerInnen im Bereich Elektromaschinenbau, Beleuchtung, Heizung, wenn sicher gestellt ist, dass ausschließlich reine Sinusspannungen vorkommen.

Nenne die beiden größten Gefahren bei der Verwendung von Laborsteckverbindern mit offenen Kontaktflächen.

Bei der Verwendung von Laborsteckverbindern mit offenen Kontaktflächen besteht immer die Gefahr von versehentlichen Kurzschlüssen oder Kontakt von Personen mit spannungsführenden Anschlüssen.

Du hast ein Billigst – DMM mit lediglich einem 200V AC Messbereich zur Verfügung. Du sollst eine Wechselspannung von ungefähren 6V damit messen. Wie gehst Du vor? Hinweis: Ihr alle seht nicht aus, als seid Ihr bedürftig.

Ich kaufe ein für diese Messaufgabe geeignetes Gerät, denn das vorhandene ist vermutlich nicht imstande, ein korrektes Messergebnis zu liefern.

Du sollst eine auf Erde bezogene Spannung zwischen 10kV und 20kV messen. Dafür hast Du ein gutes DMM zur Verfügung. Was benötigst Du noch? Hinweis: Den Namen habe ich im Text genannt, wie so etwas aussieht, musst Du im Internet herausfinden.

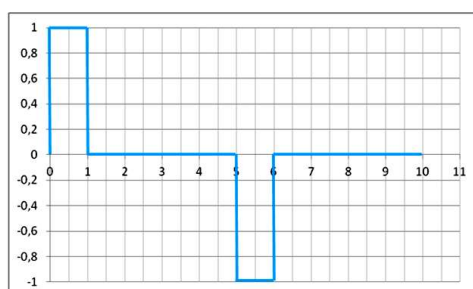
Hochspannungstastkopf



Du hast ein billiges Messgerät zur Verfügung, das nur den korrigierten Betragsmittelwert misst. Leider musst Du eine Wechselspannung messen, die wie folgt definiert ist:

1 Zeiteinheit +1V,
dann 4 Zeiteinheiten 0V,
dann 1 Zeiteinheit -1V
und dann wieder 4 Zeiteinheiten 0V.
Hinweis: Dein Messgerät mittelt ideal.

➤ Skizziere die Funktion!



- Wie hoch ist der tatsächliche Effektivwert?

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{10} (1 + 1)} = \sqrt{0,2} = 0,447 V_{eff}$$

- Welchen Anzeigewert erwartest Du?

$$U_{BMW} = 1,11 \cdot \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt = 1,11 \cdot \frac{1}{10} \cdot 2 = 0,222 V$$

- Wie viel Fehler macht das BMW – Messgerät im Vergleich zu einem TrueRMS– Messgerät?

$$Fehler = \left(1 - \frac{0,222 V}{0,447 V}\right) \cdot 100\% = 50,3\%$$