

17 Dioden und LEDs

17.1 Schaltzeichen und Kennzeichnung der Anschlüsse

17.2 Kennlinien

17.3 Beschreibung der Kennlinien

17.4 Typische LED-Schaltung

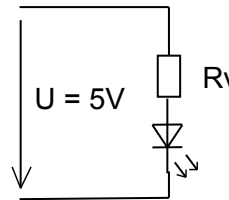
17.5 Aufgabe des Vorwiderstandes

17.6 Berechnung des Vorwiderstandes

17.7 Grafische Ermittlung des Vorwiderstandes

17.8 Übung: LED –Kennlinie und Arbeitsgerade

Die Tabelle beschreibt die Kennlinie der nebenstehenden roten Niedrigstrom-LED.



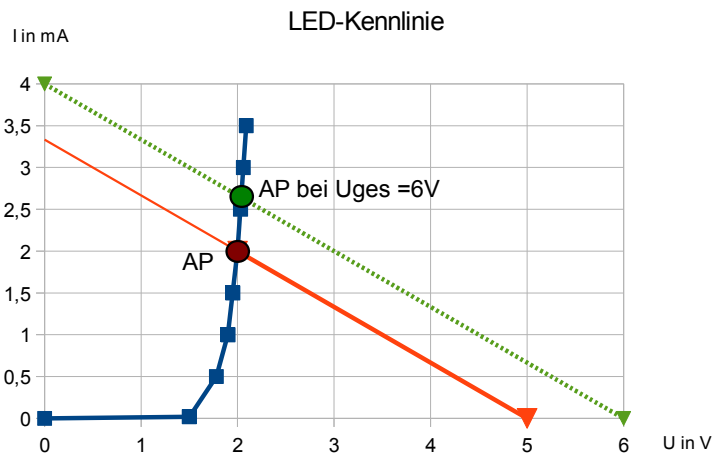
| U in V | I in mA |
|--------|---------|
| 0 | 0 |
| 1,5 | 0,02 |
| 1,78 | 0,5 |
| 1,9 | 1 |
| 1,95 | 1,5 |
| 2 | 2 |
| 2,03 | 2,5 |
| 2,06 | 3 |
| 2,09 | 3,5 |

17.8.1 Skizzieren Sie die Diodenkennlinie mit den angegebenen Werten.

17.8.2 Wählen Sie einen Arbeitspunkt.

17.8.3 Zeichnen Sie die Arbeitsgerade ein.

17.8.4 Berechnen Sie den Widerstand Rv mit Hilfe der Arbeitsgeraden.



$$R = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{0V - 5V}{3,3mA - 0mA} \right| = 1510 \Omega$$

17.8.5 Berechnen Sie R ohne Arbeitsgerade mit den Werten $I_{LED} = 2mA$, $U_{LED} = 2V$.

$$U_{LED} = 2V \rightarrow U_R = U_{ges} - U_{LED} = 3V$$

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{3V}{2mA} = 1500 \Omega$$

17.8.6 Auf welchen Wert ändert sich der Strom durch die LED, wenn die Gesamtspannung auf 6V erhöht wird?

Annahme: U_{LED} bleibt ungefähr gleich (steile Kennlinie)

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{4V}{1500\Omega} = 2,67 \text{ mA}$$

Arbeitsgerade zeichnen:

Schnittpunkt mit X-Achse (5V/0A)

Schnittpunkt mit Y-Achse: (0V/ 4mA) weil $6V/1500\Omega = 4\text{mA}$

→ abgelesen: $I = 2,7\text{mA}$

17.9 Übung: Versuchsbeschreibung Kennlinienaufnahme

Beschreiben Sie einen Versuch zur Bestimmung der Kennlinie einer LED.
Verlangt: Schaltungsskizze mit Messgeräten, Vorgehensweise.

Siehe Laborbericht

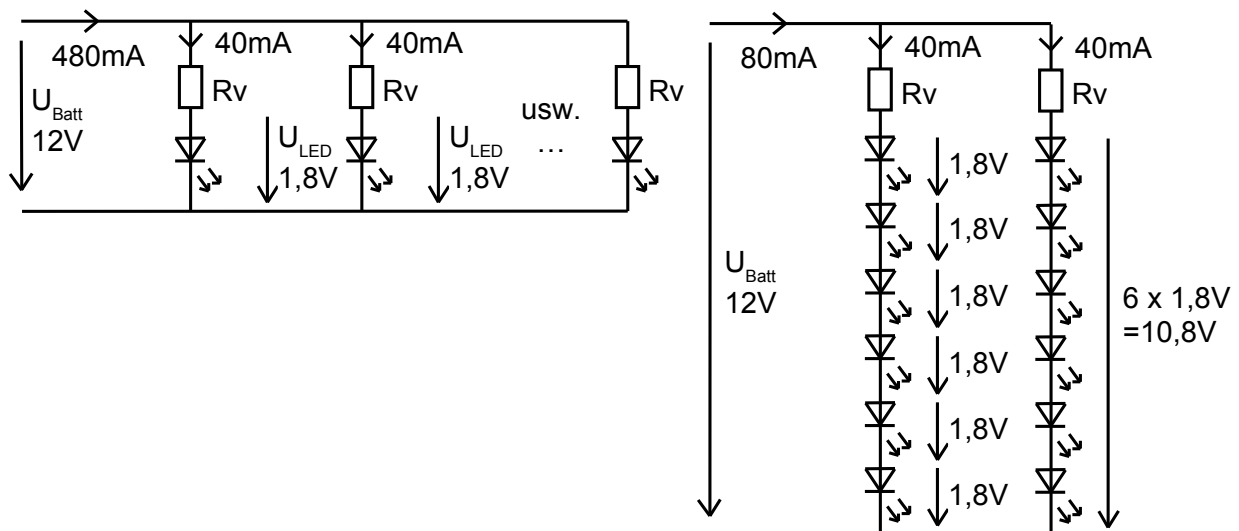
17.10 Übung: E-Bike-Bremslicht

Eine LED-Schaltung mit 12 ultrahellen, roten LEDs für ein E-Bike-Bremslicht wird gesucht. Die Schaltung wird an 12V (Batterie) betrieben. Gesucht ist eine Schaltung, bei der möglichst wenig Verlustleistung in Form von Wärme erzeugt wird.

LED-Daten: $U_F = 1,8V$, $I_F = 40 \text{ mA}$

17.10.1 Skizzieren Sie 2 Varianten:

- a) alle 12 LEDs parallel mit je einem Vorwiderstand
- b) 6 LEDs in Reihe mit Vorwiderstand, parallel dazu noch einmal 6 LEDs in Reihe mit Vorwiderstand



17.10.2 Berechnen Sie für a) die Vorwiderstände, die Leistung eines Widerstandes, die Gesamtleistung der Widerstände und die Gesamtleistung der Schaltung.

$$R_V = \frac{U_{Rv}}{I} = \frac{(12V - 1,8V)}{40\text{mA}} = 255\Omega$$

$$P_{Rv} = U_{Rv} * I = 10,2V * 40\text{mA} = 408\text{mW}$$

$$P_{Rv\text{ges}} = 12 * P_{Rv} = 4,9W$$

$$P_{\text{ges}} = U_{\text{ges}} * I_{\text{ges}} = 12V * (12 * 40\text{mA}) = 5,76W$$

17.10.3 Berechnen Sie für b) die Vorwiderstände, die Leistung der Widerstände und die Gesamtleistung der Schaltung.

$$R_V = \frac{U_{Rv}}{I} = \frac{(12V - 6 * 1,8V)}{40mA} = \frac{1,2V}{40mA} = 30\Omega \quad P_{Rv} = U_{Rv} * I = 1,2V * 40mA = 48mW$$

$$P_{ges} = U_{ges} * I_{ges} = 12V * (2 * 40mA) = 0,96W$$

17.10.4 Warum kann man nicht alle 12 LEDs in Reihe schalten?

Die Gesamtspannung müsste größer als $12 * 1,8V = 21,6V$ sein.

17.10.5 Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile der Schaltungen a) und b).

a) viel größerer Energieverbrauch, wenn eine LED oder ein LED-Anschluss-Kontakt* defekt ist, leuchten die anderen LEDs trotzdem. (* kommt häufiger vor als ein LED-Defekt)

b) viel geringerer Energieverbrauch, wenn eine LED oder ein LED-Anschluss-Kontakt* defekt ist, leuchten die Hälfte der LEDs nicht.

17.10.6 Auf welchen Wert ändert sich der Strom durch die LEDs, wenn bei Schaltung b) die Gesamtspannung 14V (statt 12V) beträgt? (Hinweis: nach der Berechnung wissen Sie, warum die LEDs häufig mit einer Konstantstromquelle betrieben werden.)

$$I = \frac{U_{Rv}}{Rv} = \frac{3,2V}{30\Omega} = 107mA$$

Hinweis: Spannungsschwankungen am Akku sind nichts Ungewöhnliches. Dies würde dazu führen, dass die Helligkeit der LEDs sich sehr stark verändern würde. Daher verwendet man statt des Vorwiderstandes häufig eine Konstantstromquelle, die man im einfachsten Fall aus einem Transistor und einem Widerstand aufbauen kann. Es gibt aber auch ICs, die speziell für diesen Zweck entwickelt wurden und nur wenig mehr als eine ultrahelle LED kosten.

17.11 Vergleich Glühlampe - Energiesparlampe - LED-Beleuchtung

Recherchieren Sie die Eigenschaften, Vor- und Nachteile und Einsatzgebiete dieser 3 möglichen Beleuchtungsarten und stellen sie diese tabellarisch gegenüber.

Stellen Sie die Anschaffungs- und Betriebskosten für 1 Jahr bei einer durchschnittlichen täglichen Leuchtdauer von 2 Stunden gegen über:

- 60W-Glühlampe
- vergleichbare Energiesparlampe
- vergleichbare LED-Beleuchtung

| Glühlampe | Energiesparlampe | LED-Beleuchtung |
|---|--|-----------------------------|
| 60W | 12W | 8W |
| $60W * 2h * 365Tage = 43,8kWh$ | $12W * 2h * 365Tage = 8,76kWh$ | $8W * 2h * 365Tage=5,84kWh$ |
| $43,8kWh * 0,2€/kWh = 8,76€$ | $8,76kWh * 0,2€/KWh = 1,75€$ | $5,84kWh * 0,2€/kWh =1,17€$ |
| Sonnenähnliches Lichtspektrum | Erreichen maximale Helligkeit erst nach Minuten | Maximale Helligkeit sofort |
| Nur 95% der Energie wird in Licht umgesetzt | Enthält Quecksilber Entsorgung auch der elektronischen Steuerung problematisch | Teuer in der Anschaffung |
| Lebensdauer 1000h | Lebensdauer 10000h | Lebensdauer 20000h |

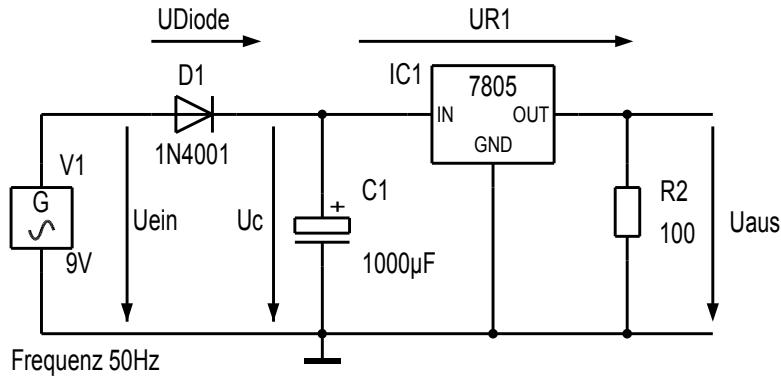
| Vergleichstabelle: Abgestrahlte Lichtmenge für verschieden Beleuchtungen | | | |
|--|-----------|------------------|-----|
| Lichtmenge | Glühlampe | Energiesparlampe | LED |
| 100lm | 15W | 3W | 2W |
| 200lm | 25W | 5W | 4W |
| 400lm | 40W | 7W | 5W |
| 700lm | 60W | 12W | 8W |
| 900lm | 75W | 15W | 10 |
| 1400lm | 100W | 20W | 13W |

18 Diodenschaltungen: Kapitel ohne Aufgaben

19 Übungen Diode und LED

19.1 Einweggleichrichter

19.1.1 Skizzieren Sie eine Schaltung, die aus einer 9V-Wechselspannung eine 5V-Gleichspannung erzeugt. Die Schaltung soll u.a. einen Einweggleichrichter und einen Spannungsregler enthalten.



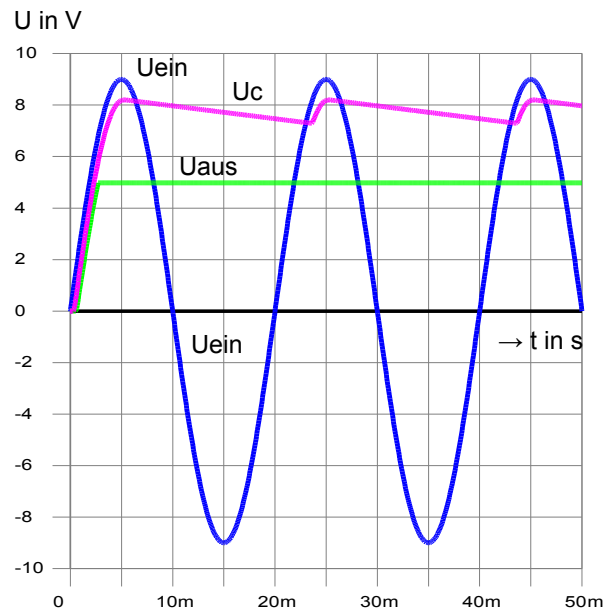
19.1.2 Erklären Sie die Aufgabe der Bauteile Ihrer Schaltung.

D1: Gleichrichterdiode

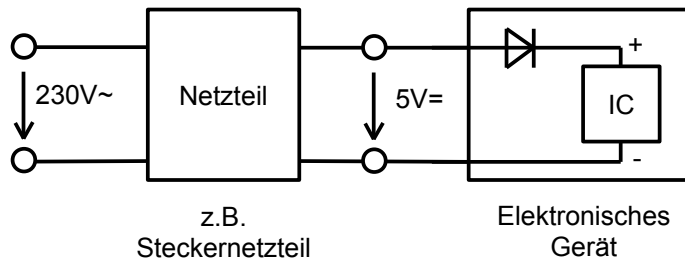
C1: Ladekondensator: überbrückt die „Spannungstäler“ wenn Uein negativ ist.

IC1: Spannungsregler erzeugt eine feste 5V-Gleichspannung

19.1.3 Skizzieren Sie die den zeitlichen Verlauf aller wichtigen Spannungen Ihrer Schaltung in ein gemeinsames Diagramm U(t)



19.2 Verpolungsschutz



In elektronischen Geräten sind fast immer elektrische Schaltkreise (ICs) enthalten, die mit Gleichspannung betrieben werden. Wenn die Spannung verpolt wird (+ und – vertauscht), können die ICs zerstört werden, daher wird hier eine Verpolungsschutz-Diode vorgesehen.

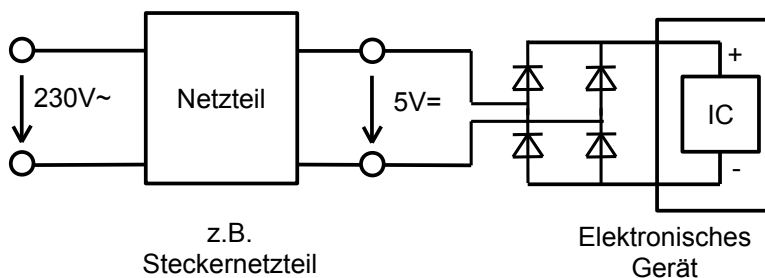
19.2.1 Welche Spannungen liegen an dem IC an, wenn die 5V-Gleichspannung a) richtig gepolt b) falsch gepolt angeschlossen wird?

a) $5V - 0,7V = 4,3V$ (An der Diode fallen $0,7V$ ab)

b) $0V$ weil die Diode sperrt.

Statt der Diode wird ein Brückengleichrichter am Eingang des elektronischen Geräts vorgesehen.

19.2.2 Skizzieren Sie die Schaltung.



19.2.3 Welche Spannungen liegen an dem IC an, wenn die 5V-Gleichspannung a) richtig gepolt b) falsch gepolt angeschlossen wird?

a) $5V - 1,4V = 3,6V$

b) $5V - 1,4V = 3,6V$ (2x $0,7V$ an Dioden)

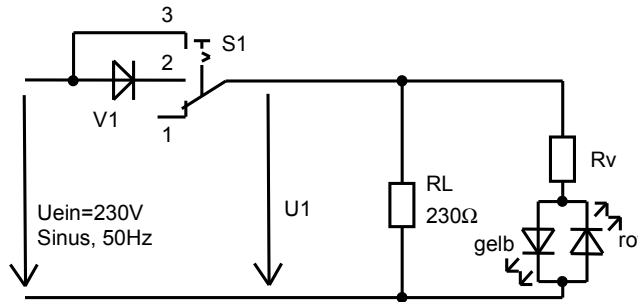
19.2.4 Welche Vor- und Nachteile besitzen die beiden Verpolungsschutz-Lösungen?

Einweggleichrichter: Nur eine Steckerpolung möglich, nur $0,7V$ Spannungsabfall

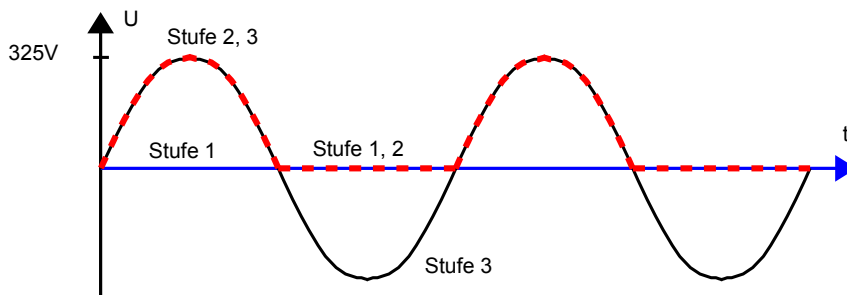
Zweiweggleichrichter: Polung des Steckernetzteils gleichgültig, aber $1,4V$ Spannungsabfall.

19.3 Fön

Die Schaltung befindet sich in einem Föhn. S1 ist ein 3-Stufen-Schalter (Stufen 1, 2, 3). RL ist der Heizwiderstand.



19.3.1 Skizzieren Sie U1 für die 3 Schalterstellungen in ein Diagramm. Beschriften Sie die Kurven mit Stellung 1,2,3. (Spitzenwert: $230V * \sqrt{2} = 325V$)



19.3.2 Begründen Sie, welche LED in welcher Schalterstellung leuchtet.

Die gelbe LED leuchtet in Stufe 2 und 3 bei den positiven Halbwellen.

Die rote LED leuchtet nur in Stufe 3 bei den negativen Halbwellen.

Da die halbwellen 50x in der Sekunde auftreten, sieht es für das menschliche Auge so aus, als wenn die rote LED in Stufe 3 dauernd leuchtet und die gelbe LED in den Stufen 2 und 3 fortwährend leuchtet.

19.3.3 Berechnen Sie Rv für einen maximalen LED-Strom von 40mA. U_{LED-rot}=1,6V; U_{LED-gelb}=2V.

$$R_v = \frac{(325V - 1,6V)}{0,04 A} = 8,085 \text{ k}\Omega$$

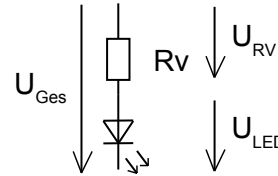
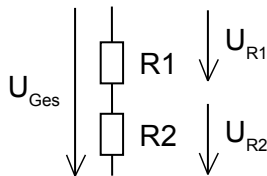
19.4 Vergleich Widerstands-Schaltung – LED-Schaltung

19.4.1 Skizzieren Sie folgende 2 Schaltungen:

Nr 1: Reihenschaltung aus 2 Widerständen (R1, R2), $U_{R2} = 2V$, $I = 20mA$, $U_{ges} = 5V$

Nr 2: Reihenschaltung aus Widerstand R1 und LED, $U_{LED} = 2V$, $I = 20mA$, $U_{ges} = 5V$.

19.4.2 Wie ändern sich die Ströme und Spannungen in beiden Schaltungen, wenn man U_{ges} erhöht? (z.B. von 5V auf 6V)



bei $U_{ges} = 5V$:

$$R2 = \frac{U2}{I2} = \frac{2V}{20mA} = 100\Omega$$

$$R1 = \frac{U1}{I1} = \frac{3V}{20mA} = 150\Omega$$

$$R_{ges} = R1 + R2 = 250\Omega$$

$$Rv = \frac{U_{RV}}{I1} = \frac{3V}{20mA} = 150\Omega$$

bei $U_{ges} = 6V$:

$$I = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{6V}{250\Omega} = 24mA$$

$$U_{R1} = R1 * I = 100\Omega * 24mA = 2,4V$$

$$U_{R2} = R2 * I = 150\Omega * 24mA = 3,6V$$

$$U_{LED} = 2V \text{ bleibt ungefähr konstant}$$

$$U_{RV} = U_{ges} - U_{LED} = 6V - 2V = 4V$$

$$I = \frac{U_{RV}}{Rv} = \frac{4V}{150\Omega} = 26,7mA$$

19.5 LED-Schaltungen

Ein Bastler möchte zwei 3W-LEDs an die 12V-Gleichspannung eines Schaltnetzteils anschließen. Laut Datenblatt liegt an der LED im Nennbetrieb eine Spannung von 4,2V an.

19.5.1 Welcher maximale Strom darf durch eine dieser LEDs fließen?

$$P_{LED} = U_{LED} * I_{LED} \rightarrow I_{LED} = \frac{P_{LED}}{U_{LED}} = \frac{3W}{4,2V} = 714,3mA$$

19.5.2 Dimensionieren Sie die Vorwiderstände, wenn Sie die LEDs parallel betreiben. (Je 1 Vorwiderstand für eine LED. Berechnen Sie R und P der Widerstände.)

$$Rv = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} = \frac{(12V - 4,2V)}{714,3mA} = \frac{7,8V}{714,3mA} = 10,92\Omega \quad P_{RV} = U_{RV} * I_{RV} = 7,8V * 714,3mA = 5,57W$$

Da am Vorwiderstand eine größere Spannung als an der LED abfällt muss der Vorwiderstand auch eine viel größere Leistung aufnehmen → sehr unökonomisch!

19.5.3 Dimensionieren Sie den Vorwiderstand, wenn Sie die LEDs in Reihe betreiben.

$$Rv = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} = \frac{(12V - 2 * 4,2V)}{714,3mA} = \frac{3,6V}{714,3mA} = 5,04\Omega$$

$$P_{RV} = U_{RV} * I_{RV} = 3,6V * 714,3mA = 2,57W$$

19.5.4 Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile der Schaltungen .2 und.3.

Die Parallelschaltung benötigt genau die doppelte Gesamtleistung weil der doppelte Strom fließt, jedoch leuchtet immer noch die andere LED, wenn eine LED defekt ist.

Als alternative Spannungsversorgung schlägt der Bastler einen billigeren Halogenlampentrafo vor, der eine Wechselspannung von 12V abgibt.

19.5.5 Diskutieren Sie Vor- und Nachteile der beiden Spannungsversorgungen.

| | |
|---|--|
| Schaltnetzteil | Konventioneller Halogenlampentrafo |
| klein | Groß, schwer |
| Geringer Eigenverbrauch Geringe Erwärmung Energieeffizient großer Wirkungsgrad | Größe Verluste Erwärmung schlechterer Wirkungsgrad |
| | Gleichrichtung notwendig |

Hinweis: Zwischenzeitlich sind speziell für die Ansteuerung von LEDs ausgelegte Vorschaltgeräte erhältlich. Diese arbeiten nach dem Schaltnetzteil-Prinzip und bringen oft weitere Vorteile mit::

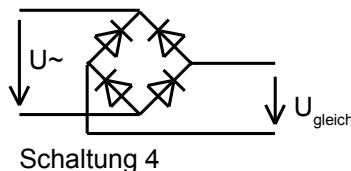
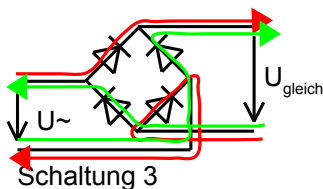
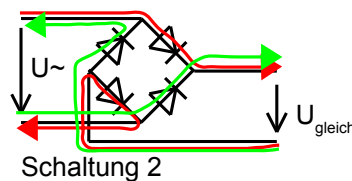
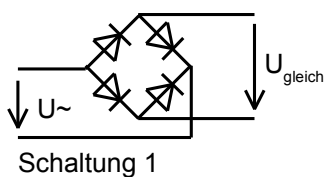
- Konstantstromquellen, daher unterschiedlich viele LEDs in Reihe schaltbar,
- dimmbar
- Fernbedienung

19.5.6 Warum darf man die Schaltungen .2 und .3 nicht ohne Schaltungsänderungen anschließen?

19.5.7 Welche Schaltungsänderungen sind gemeint?

LEDs werden zerstört, wenn man sie an negative Spannungen anschließt. Daher muss die Wechselspannung eines Halogenlampentrafos zunächst gleichgerichtet werden.

19.6 Zweiweggleichrichter (Brückengleichrichter)

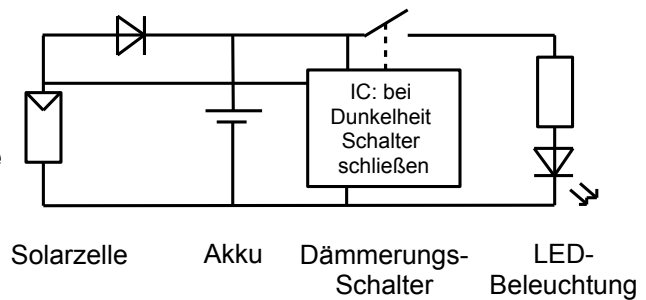


19.6.1 Welche der Schaltungen stellen funktionierende Zweiweggleichrichter dar?

19.6.2 Zeichnen Sie die beiden Stromverläufe bei der positiven und der negativen Halbwelle der sinusförmigen Eingangsspannung in eine funktionierende Schaltung ein.

19.7 Solarleuchte

In einer Solarleuchte wird Sonnenenergie am Tag in einem Akku gespeichert. Bei Dunkelheit wird die gespeicherte Energie an eine LED abgegeben.



19.7.1 Welche Aufgabe hat die Diode?
 Hinweis: Eine Solarzelle kann auch als „Verbraucher“ betrieben werden.

19.7.2 Beschreiben Sie die Stromkreise a) bei Tag und b) bei Nacht.

- a) Der Akku wird von der Solarzelle über die Diode aufgeladen. Wenn die Akku-Spannung größer als Spannung an der Solarzelle ist (z.B. bei Dunkelheit oder bei Verschattung durch eine Wolke), sperrt die Diode. Sonst würde sich der Akku über die Solarzelle entladen.
- b) Bei Dunkelheit schließt das IC den Schalter und die LED leuchtet. Ist der Akku zu weit entladen, öffnet der Schalter wieder, um den Akku vor Tiefentladung zu schützen.

Der Akku muss vor „Tiefentladung“ geschützt werden: Entlädt man einen Akku bis auf 0V, so ist er tiefentladen und wird zerstört.

19.7.3 Beschreiben Sie die Aufgaben der integrierten Schaltung (IC).
 Warum führen 3 Anschlüsse an das IC?
 Hinweis: Ein Transistor, der die LED ein- und ausschaltet, wird hier als elektronischer Schalter dargestellt.

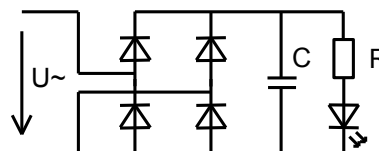
Das IC benötigt eine Spannungsversorgung, daher benötigt es 2 Anschlüsse, die parallel am Akku angeschlossen sind.

Bei Dunkelheit wird der Schalter geschlossen, jedoch nicht, wenn die Spannung am Akku zu klein ist.

Um zu erkennen, wann es dunkel ist, führt ein weiterer Anschluss (und GND) von der Solarzelle an das IC. Damit wird die Spannung an der Solarzelle gemessen.

19.8 Fahrrad-LED-Scheinwerfer

Daten: $U_{\sim\text{Spitze}} = 8,5\text{V}$ $C = 1000\mu\text{F}$
 $R = 4,7\Omega$ $U_{\text{LED}} = 3,5\text{V}$
 $U_{1\text{Diode}} = 0,7\text{V}$



19.8.1 Welcher maximale Strom (Spitzenstrom) fließt durch die LED?

An den Dioden des Zweiweggleichrichters fallen je 0,7V ab.

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{(8,5\text{V} - 2 \cdot 0,7\text{V} - 3,5\text{V})}{4,7\Omega} = 0,766\text{A}$$

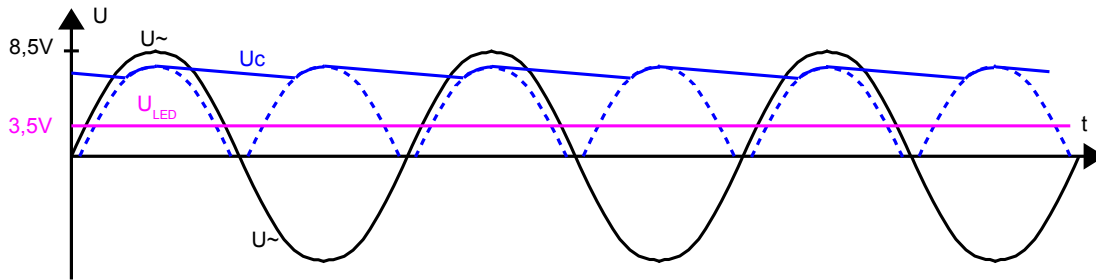
19.8.2 Welche maximale Leistung (Spitzenleistung) geben die LED und der Widerstand ab?

$$P_{\text{LED}} = 3,5\text{V} \cdot 0,766\text{A} = 2,68\text{W} \qquad P_R = 3,6\text{V} \cdot 0,766\text{A} = 2,76\text{W}$$

19.8.3 Welche maximale Leistung muss der Dynamo abgeben, der U~ erzeugt?

$$P_{\text{dynamoMax}} = U_{\text{ges}} \cdot I_{\text{ges}} = 8,5\text{V} \cdot 0,766\text{A} = 6,5\text{W}$$

19.8.4 Zeichnen Sie die Spannungen U_C und U_{LED} in das Diagramm ein und erklären Sie den Verlauf.



19.9 LEDs: Eigenschaften, Versuche und Schaltungen

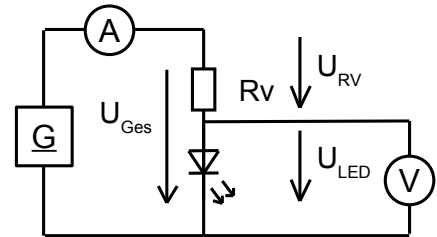
Ihr Freund erwirbt auf einem Flohmarkt 4 baugleiche, ultrahelle weiße LEDs und einen 12V-Wechselspannungstrafo. Da er weiß, dass Sie eine gute elektrotechnische Grundbildung besitzen, fragt er Sie um Rat, bevor er die LEDs an den Trafo anschließt.

19.9.1 Beschreiben Sie einen Versuch zur Bestimmung der Durchlass-Spannung einer LED. Skizzieren Sie die Schaltung mit allen notwendigen Bauteilen und Messgeräten.

LED mit Vorwiderstand (z.B. 1kΩ) an eine Gleichspannung anschließen. Spannung an der LED messen.

Wenn die LED nicht hell genug leuchtet, Widerstand verringern.

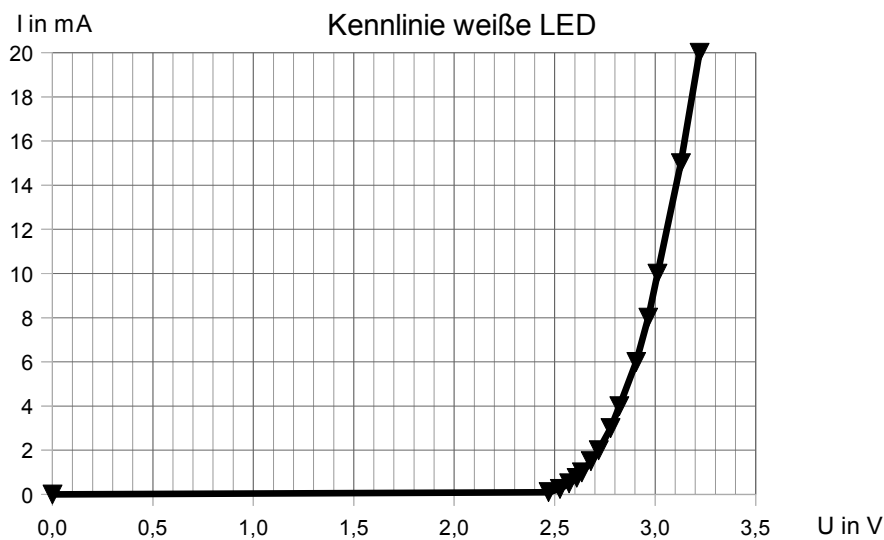
Die Spannung an der LED ändert sich dabei nur wenig.



19.9.2 Skizzieren Sie die Kennlinie einer weißen LED und erklären Sie den Kennlinienverlauf.

(Achsen beschriften, positive und negative Spannungs-Achse)

Was bedeutet der Kennlinienverlauf für den praktischen Einsatz von LEDs?



Bis ca. 2,5V sperrt die LED, sie leuchtet nicht. Bei größeren Spannungen führt eine kleine Spannungsänderung zu einer großen Stromänderung. Die „Durchlassspannung“ wird häufig bei 20mA angegeben, dies wären hier 3,2V.

19.9.3 Warum darf man eine LED niemals direkt an eine Spannungsquelle anschließen?

Durch die sehr steile Kennlinie kann eine LED den Strom niemals „selbst“ begrenzen. Zur Einstellung des Stromes ist immer ein Vorschaltgerät, z.B. eine Konstantstromquelle oder ein Widerstand notwendig.

19.9.4 Eine Reihenschaltung von 2 weißen LEDs soll an 12V Gleichspannung betrieben werden.

Daten einer LED: $U_F = 3,8V$ $I_F = 250mA$. Skizze der Schaltung!

Berechnen Sie die Größe des Vorwiderstandes.

Welche Leistungen geben die LEDs und der Widerstand ab?

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{(12V - 2 * 3,8V)}{250mA} = 17,6 \Omega$$

$$P_R = U_R * I = 4,4V * 250mA = 1,1W \quad P_{1LED} = U_{1LED} * I = 3,8V * 250mA = 0,95W$$

$$P_{2LEDs} = 2 * P_{1LED}$$

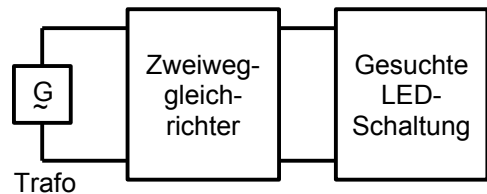
19.9.5 Sie schalten 2 LEDs mit Vorwiderstand und dazu antiparallel die anderen 2 LEDs mit Vorwiderstand an den Wechselspannungstrafo an.

Skizzieren Sie die Schaltung. Welchen Nachteil hat diese Schaltung?

Es leuchten bei jeder Halbwelle immer nur 2 LEDs aber nie alle 4 gleichzeitig. Dadurch erreicht man nur die halbe Helligkeit.

19.9.6 Wie schalten Sie die 4 LEDs sinnvollerweise, wenn Sie zwischen Wechselspannungstrafo und LED-Schaltung einen Zweweggleichrichter verwenden?

2 LEDs mit Vorwiderstand und dazu parallel die anderen 2 LEDs mit Vorwiderstand.



19.9.7 Welchen Vorteil hat der Betrieb der LEDs mit der Schaltung .6 gegenüber der Schaltung .5?

Nun leuchten immer alle 4 LEDs. Die Vorwiderstände müssen jedoch kleiner dimensioniert werden, da am Gleichrichter 1,4V abfallen. Mehr Energie geht dadurch nicht verloren, da es egal ist, ob die Spannung am Vorwiderstand oder an den Dioden abfällt.

19.9.8 Berechnen Sie die Vorwiderstände in ihrer Schaltung .6.

$U_{trafo} = 12V$, $U_{LED} = 3,8V$ $I_{LED} = 250mA$, $U_{Diode} = 0,7V$

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{(12V - 2 * U_{LED} - 2 * U_{Diode})}{I_{LED}} = \frac{(12V - 2 * 3,8V - 2 * 0,7V)}{0,25A} = 12 \Omega$$

20 Solarzellen: Kapitel ohne Aufgaben

21 I(U)-Kennlinien von Solarzellen: Kapitel ohne Aufgaben

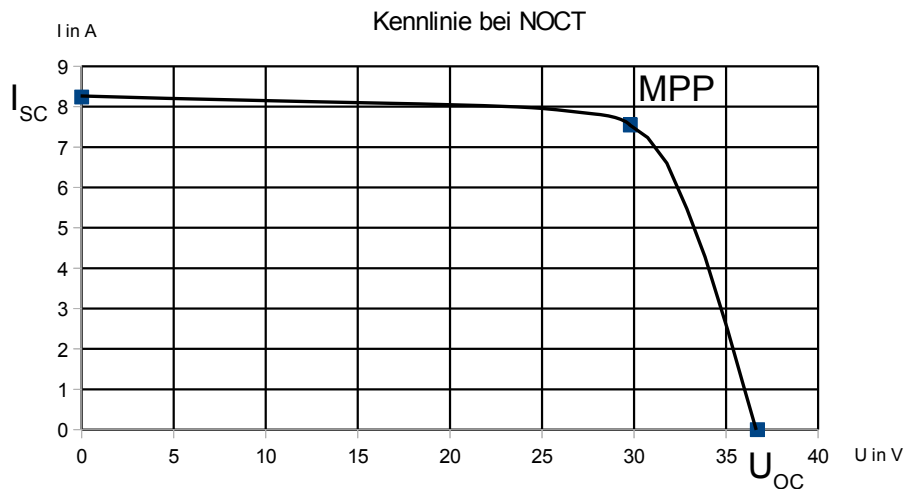
22 Datenblatt-Beispiel eines Solarmoduls mit Aufgaben

22.1 Kennlinie mit Kennwerten zeichnen

22.1.1 Skizzieren Sie den ungefähren Verlauf der I(U)-Kennlinie bei Standard-Test-Bedingungen (STC) mithilfe der gegebenen Werte.

22.1.2 Beschriften Sie diese Werte in Ihrer Kennlinie .

| | | | |
|---|----------------|------------------|------|
| Daten bei Standard-Test-Bedingungen (STC): 1000W/m ² , AM 1,5, Zelltemperatur 25°C | | | |
| Nennleistung | W _p | P _{MPP} | 225 |
| Nennspannung | V | U _{MPP} | 29,8 |
| Nennstrom | A | I _{MPP} | 7,55 |
| Leerlaufspannung | V | U _{OC} | 36,7 |
| Kurzschluss-Strom | A | I _{SC} | 8,24 |
| Modulwirkungsgrad | % | η | 13,4 |
| Bei 200W/m ² werden 97% von η _{STC} erreicht | | | |



22.2 Wirkungsgradberechnung

22.2.1 Berechnen Sie mithilfe der

- Solarzellengröße,
- der Anzahl der Solarzellen,
- der Strahlungsstärke 1000W/m²
- und der angegebenen Nennleistung

den Wirkungsgrad des Solarmoduls.

$$P_{\text{Sonne}} = 60 * 0,156^2 \text{ mm}^2 * 1000 \text{ W / mm}^2 = 1460\text{W}$$

$$\eta = P_{\text{MPP}} / P_{\text{Sonne}} = 225\text{W} / 1460\text{W} = 0,154 = 15,4\%$$

22.2.2 Wodurch könnte die Abweichung zum angegebenen Modulwirkungsgrad entstehen?

Mögliche Gründe für die Abweichung: schon eine Größentoleranz der Zellen von 1mm ergibt 0,2% Abweichung im Wirkungsgrad. Oft haben die Solarzellen Aussparungen an den Ecken, wodurch sich die effektiv genutzte Fläche deutlich verkleinert.



22.3 Zusammenschaltung von Solarmodulen

Es steht eine fensterlose Dachfläche von 5,1 m x 6,1 m zur Verfügung.

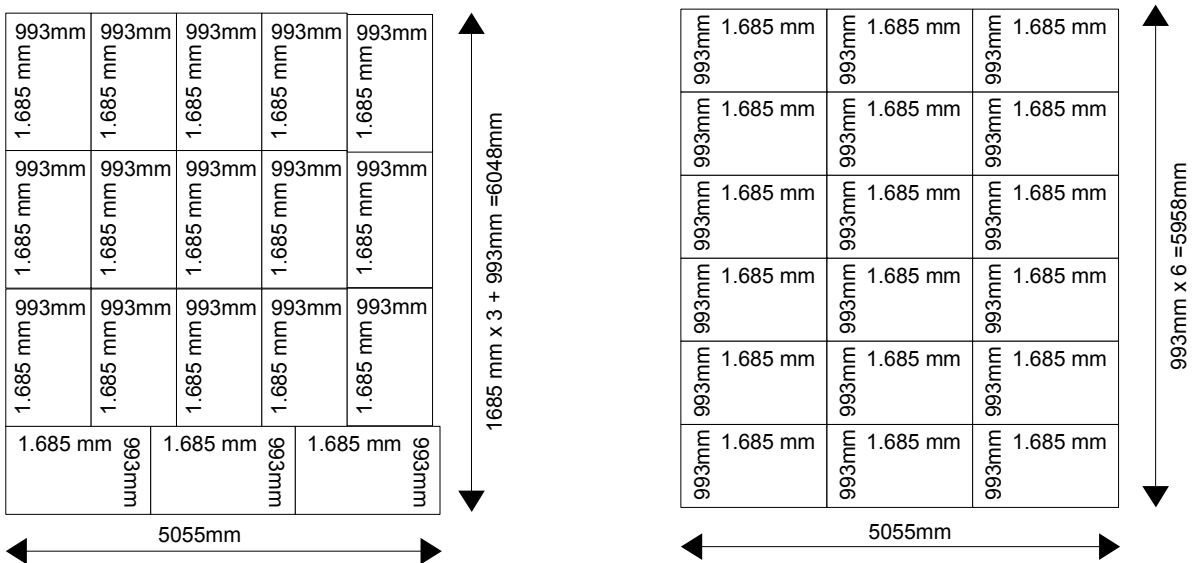
22.3.1 Ordnen Sie möglichst viele der beschriebenen Module an.

22.3.2 Welche Werte sind für die Gesamtspannung, den Gesamtstrom, die Nennleistung bei Zellen-Nennbetriebstemperatur (NOCT)

- a) in Reihenschaltung, b) in Parallelschaltung
- b) wenn die Hälfte der Module in Reihenschaltung parallel zur anderen Hälfte der Module in Reihenschaltung geschaltet sind

zu erwarten ?

18 Module können montiert werden.



| Daten bei Zellen-Nennbetriebstemperatur (NOCT): 800W/m ² | | | | 18 Module | | |
|---|------|------------------|-------|-----------|-------|-------|
| | | | | a) | b) | c) |
| Nennleistung | in W | P _{MPP} | 161 | 2898 | 2898 | 2898 |
| Nennspannung | in V | U _{MPP} | 26,9 | 484,2 | 26,9 | 242,1 |
| Nennstrom I = P/U | in A | I _{MPP} | 5,985 | 5,985 | 107,7 | 11,97 |

22.3.3 Sehr viele Wechselrichter werden für maximale Gleichspannungen im Bereich von 400V bis 600V angeboten. Für welche Schaltungsvariante a) bis c) entscheiden Sie sich?

Bei starker Einstrahlung, z.B. 1000W/m² können Spannungen von z.B. 29,8V * 18 = 537V bei Reihenschaltung im Nennbetrieb erwartet werden, eventuelle auch über 600V. Daher wäre aus Sicherheitsgründen die Variante c) zu bevorzugen. Variante b) scheidet wegen zu hoher Ströme und den damit verbundenen Verlusten in den Zuleitungen aus.

23 Der PN-Übergang von Dioden und Solarzellen

24 Ersatzschaltbild von Solarzellen

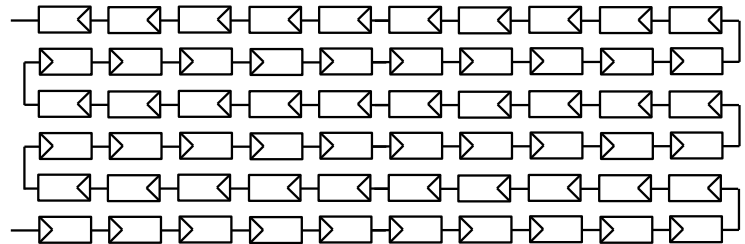
25 Laborübung Teil-Verschattung von Solarmodulen

Riesen-Verlust: Ahornblatt legt Solaranlage lahm!

Könnte es diese Überschrift in einer Zeitschrift wirklich geben?

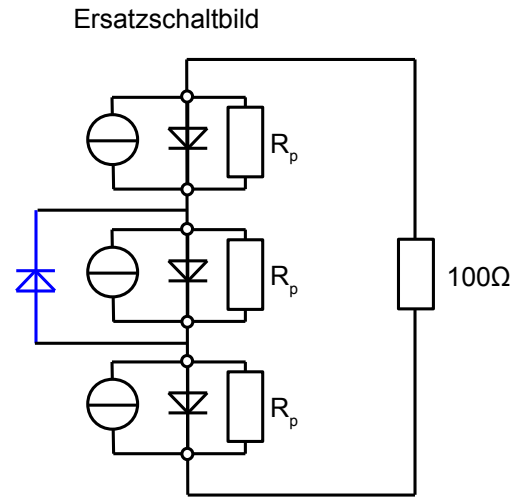
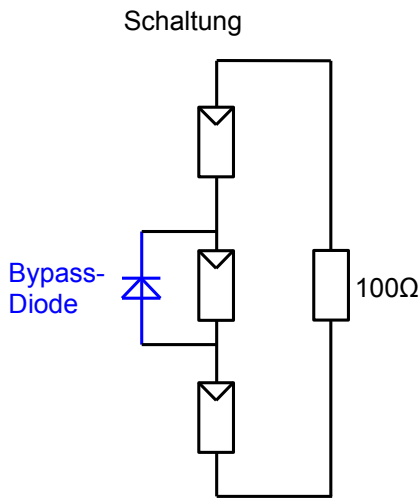
Das nebenstehende Bild zeigt die typische Verschaltung eines Solarmoduls mit 60 Solarzellen.

Wenn ein Blatt eine Solarzelle abdeckt, so lässt diese nur noch einen sehr kleinen Strom fließen. Ohne eine Schutzschaltung würde wirklich die gesamte Anlage lahmgelegt!



Welche „Schutzschaltung“ ist nötig?

- Bauen Sie die Schaltung mit 3 beleuchteten Solarzellen, einer Bypass-Diode an der mittleren Solarzelle und einem Verbraucher von 100Ω auf.



- Messen Sie den Strom und die Gesamtspannung.
- Verdunkeln Sie nacheinander immer eine der 3 Solarzellen und interpretieren Sie die Ergebnisse. Machen Sie sich in allen Fällen den Weg des Stromflusses klar.
- Erklären Sie die Ergebnisse mithilfe des Ersatzschaltbildes.
- Erklären Sie nun die Aufgabe der Bypass-Diode.
- Im Datenblatt zum oben aufgeführten Solarmodul mit 60 Solarzellen ist angegeben, dass 3 Bypass-Dioden im Modul eingebaut sind.
 - An welchen Stellen würden Sie diese einsetzen?
 - Wovor „schützen“ sie und wovor „schützen“ sie nicht?
- Bauen Sie eine Parallelschaltung aus 3 Solarzellen ohne Bypass-Diode auf.
- Prüfen Sie durch Verschattung, ob hier ähnliche Probleme auftreten können.
- Stellen Sie die Vor- und Nachteile von Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen einander gegenüber.