

Halbleiterdioden

Studiengang: _____	Datum: _____
Set: _____ Platz: _____	
Teilnehmer: _____	

Zielstellung

- Untersuchungen zur Gleichrichterwirkung von Halbleiterdioden
- Messung der Schaltzeiten
- Untersuchungen zur Spannungsstabilisierung mit Z-Dioden

1. Begriffe und Formelzeichen

Sperrichtung, Durchlaßrichtung, Sperrspannung U_R , Sperrstrom I_R , Flußspannung U_F , Schwellspannung U_S , Durchbruchspannung U_{BR} , Restwechselspannung, Stromflußwinkel Θ , Sperrverzögerungszeit t_{rr} , Speicherzeit t_s , Abfallzeit t_f , Z-Spannung U_Z , Z-Strom I_Z , Glättungsfaktor G , Stabilisierungsfaktor S

2. Versuchsvorbereitung

- 2.1. Wiederholen Sie den Vorlesungsabschnitt "Halbleiterdioden". Machen Sie sich mit den in Punkt 1. genannten Begriffen und Formelzeichen vertraut. Wiederholen Sie die Zusammenhänge zwischen den Begriffen.
- 2.2. Stellen Sie die wichtigsten Kenn- und Grenzwerte der Dioden BY 255 und ZPD 6,2 anhand von Datenblättern zusammen und charakterisieren Sie die Dioden und deren Einsatzgebiete.
- 2.3. Berechnen Sie für die Schaltung nach Bild 4 den Vorwiderstand R_V unter der Bedingung, daß der Strom I_Z für $0 \leq U_1 \leq 20$ V und beliebige Werte von R_L einen Höchstwert von 50 mA nicht überschreiten darf.
- 2.4. Für den Glättungsfaktor einer Z-Dioden-Stabilisierung gilt näherungsweise:

$$G \approx 1 + \frac{R_V}{r_Z} \quad /1/$$

Der differentielle Widerstand r_Z berechnet sich über

$$r_Z = r_{Zj} + U_{Z0}^2 \alpha_Z R_{thU} \quad /2/$$

mit r_{Zj} - dynamischer differentieller Widerstand
 U_{Z0} - Nennwert der Z-Spannung
 α_Z - Temperaturkoeffizient der Z-Spannung
 R_{thU} - Wärmeübergangswiderstand pn-Übergang / Umgebung

Berechnen Sie für die Schaltung nach Bild 4 den Glättungsfaktor für den in Punkt 2.3. berechneten Vorwiderstand. Gehen Sie bei der Berechnung von r_Z von den Maximalwerten für α_Z und R_{thU} aus und verwenden Sie für r_{Zj} den Wert, der für den Bereich $0,1 \cdot I_{Zmax} \leq I_Z \leq I_{Zmax}$ gilt.

2.5. Bereiten Sie auf Millimeterpapier ein Diagramm zur Darstellung der Funktion $U_2=f(U_1)$ vor. Es empfiehlt sich folgende Einteilung der Achsen:

Diagramm zu 3.3. $U_1: 0 \text{ V} \leq U_1 \leq +20 \text{ V}$ 2 V/cm
 $U_2: 0 \text{ V} \leq U_2 \leq +8 \text{ V}$ 1 V/cm

3. Versuchsdurchführung und -auswertung

3.1. Diode als Gleichrichter

Bauen Sie die Schaltung nach Bild 1 zunächst mit $R_L=1 \text{ k}\Omega$ und ohne den Kondensator C_L auf. Stellen Sie am Wechselspannungsnetzteil (AC 7000) $U_1 \approx 2 \text{ V}_{\text{eff}}$ ein. Messen und notieren Sie den genauen Wert der Spannung. Bilden Sie eine Periode der Eingangs- und Ausgangsspannung U_1 und U_2 auf dem Oszilloskop ab und achten Sie darauf, daß deren Nulllinien zur Deckung gelangen. Messen Sie die Schwellspannung, eine Flußspannung und die maximale in Sperrichtung über der Diode abfallende Spannung. Plotten Sie die Darstellung und tragen Sie dort die gemessenen Werte ein. Erklären Sie die Unterschiede zwischen beiden Spannungsverläufen.

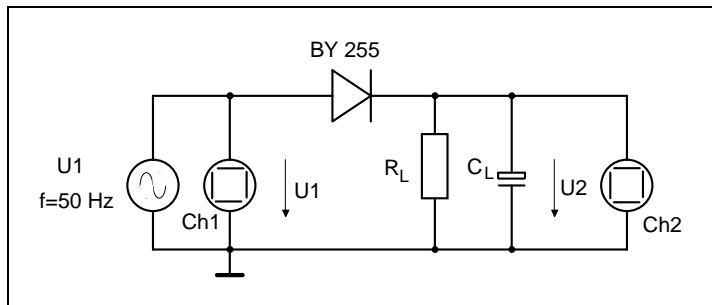


Bild 1: Gleichrichterschaltung

Stellen Sie $U_1 \approx 10 \text{ V}_{\text{eff}}$ ein, messen und notieren Sie den genauen Wert der Spannung. Untersuchen Sie die Gleichrichterschaltung mit kapazitiver Teillast, indem Sie den Kondensator $C_L=4,7 \mu\text{F}$ in die Schaltung einsetzen. Stellen Sie am Oszilloskop etwa zwei Perioden des Signals dar und plotten Sie die Darstellung. Wiederholen Sie die Messung mit dem Kondensator $C_L=220 \mu\text{F}$ und zeichnen Sie den Spannungsverlauf in die geplottete Darstellung. Wiederholen Sie diese Messung für beide Kondensatorwerte mit dem Widerstand $R_L=10 \text{ k}\Omega$. Interpretieren Sie die Ergebnisse.

Messen Sie für den Fall der geringsten Restwechselspannung den Spitze-Spitze-Wert der Restwechselspannung. Ermitteln Sie für diesen Fall die maximale über der Diode in Sperrichtung abfallende Spannung. Vergleichen Sie diesen Wert mit dem ohne kapazitive Last ermittelten Wert und ziehen Sie Schlußfolgerungen für die Dimensionierung von Dioden in Gleichrichterschaltungen.

Zur Bestimmung des Stromes durch die Diode und des Stromflußwinkels bauen Sie die Schaltung nach Bild 2 auf. **Beachten Sie die veränderte Lage des Bezugspunktes für die Messung!**

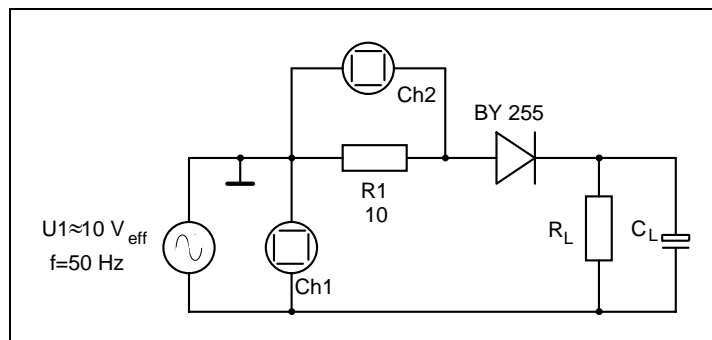


Bild 2: Meßschaltung zum Strom durch die Diode und Stromflußwinkel

Stellen Sie entsprechend der folgenden Tabelle die Spitzenwerte der Ströme durch die Diode und die Stromflußwinkel zusammen. Vergleichen Sie die Meßwerte untereinander. Interpretieren Sie die Meßwerte der Spitzenströme in Bezug auf ihre Bedeutung für die Dimensionierung von Dioden in Gleichrichterschaltungen.

R_L	C_L	U_{R1}	I_{FRM}	Δt	Θ
1 k Ω	0				
	4,7 μ F				
	220 μ F				
10 k Ω	0				
	4,7 μ F				
	220 μ F				

3.2. Bestimmung der Sperrverzögerungszeit

Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Sperrverzögerungszeit von dem in Sperrichtung fließenden Strom. Bauen Sie dazu die Meßschaltung nach Bild 1 mit $R_L=510 \Omega$ und ohne den Kondensator C_L auf. Als Spannungsquelle verwenden Sie den Funktionsgenerator, an dem Sie eine symmetrische Rechteckspannung mit einer Frequenz von $f=5 \text{ kHz}$ einstellen. Die einzustellenden Spannungswerte entnehmen Sie der folgenden Tabelle.

Form der Eingangsspannung			
$U_{eAC} [V_{ss}]$	8	10	12
$U_{eDC} [V]$	+1	0	-1
$t_s [\mu s]$			
$t_f [\mu s]$			
$t_{rr} [\mu s]$			

Bestimmen Sie die Sperrverzögerungszeit t_{rr} , die Speicherzeit t_s und die Abfallzeit t_f für die vorgegebenen Eingangsspannungen. Bilden Sie dazu im Digitalbetrieb des Oszilloskopes den im Bild 3 markierten Bereich möglichst formatfüllend ab und nutzen Sie die auf dem Bildschirm angegebenen Prozent-Marken. Plotten Sie für einen Fall der vorgegebenen Eingangsspannungen die Darstellung und tragen Sie die entsprechenden Werte in die geplottete Darstellung ein.

Stellen Sie für alle angegebenen Fälle der Eingangsspannung die Meßwerte in der Tabelle zusammen. Begründen Sie die Änderung der gemessenen Zeiten bei Änderung der Spannung in Sperrichtung. Wie würde sich eine Erhöhung der Eingangsspannung in Flußrichtung auf die Zeiten auswirken?

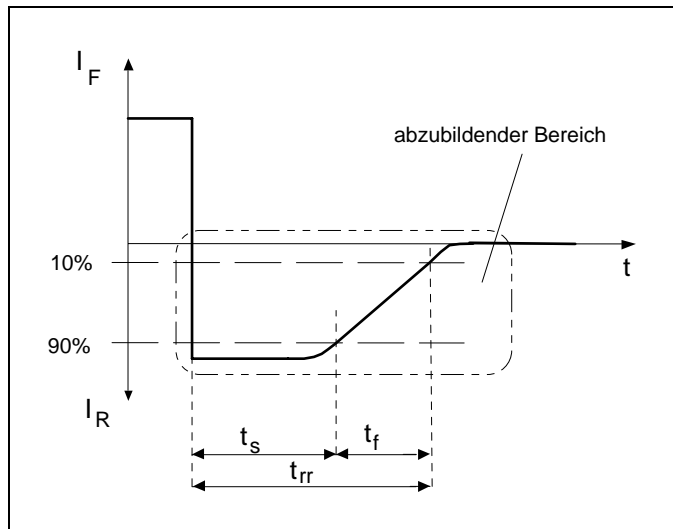


Bild 3: Definition von Speicherzeit und Sperrverzögerungszeit

3.3. Stabilisierung mit Z-Dioden

Bauen Sie die Schaltung nach Bild 4 mit dem in der Vorbereitung dimensionierten Vorwiderstand R_V auf. Verwenden Sie für R_V einen einstellbaren Widerstand, den Sie auf den berechneten Wert einstellen.

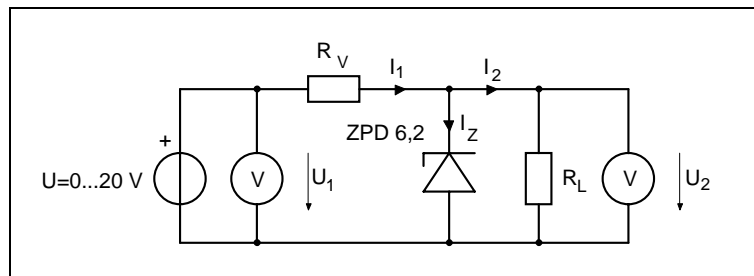


Bild 4: Stabilisierungsschaltung

Messen Sie die Funktion $U_2=f(U_1)$ für $R_L=510 \Omega$ und $R_L=1,8 \text{ k}\Omega$. Tragen Sie die Meßwerte in das vorbereitete Diagramm ein.

Bestimmen Sie den Glättungsfaktor G und den Stabilisierungsfaktor S für $U_1=15 \text{ V} \pm 20 \%$ und die o.g. Lastwiderstände. Auf Grund des flachen Kurvenverlaufes ist es günstig, die für die Berechnung erforderlichen Werte für U_1 und U_2 nicht aus der graphischen Darstellung zu entnehmen, sondern diese direkt zu messen.

Vergleichen Sie die ermittelten Werte für den Glättungsfaktor mit dem in der Vorbereitung berechneten Wert. Diskutieren Sie den Einfluß des Lastwiderstandes.

Berechnen Sie mit Hilfe der Gleichung /1/ aus den gemessenen Werten für den Glättungsfaktor den Widerstand r_Z . Diskutieren Sie Einflußgrößen, die zu einer Abweichung zu dem in der Vorbereitung berechneten Wert führen können.

Berechnen Sie den Spitze-Spitze-Wert der Restwechselspannung, wenn eine gleichgerichtete und geglättete Spannung wie im Punkt 3.1. ($R_L=10 \text{ k}\Omega$; $C_L=220 \mu\text{F}$) mittels einer Z-Diode stabilisiert wird.