ERKLÄRBÄR

Serie Elektronik · Folge 8 · Advanced

ADVANCED

LEHRERINFO ZUM VIDEO · GYMNASIUM / MATURA / ABITUR

Spezielle Dioden – Advanced

FACH	STUFE	DAUER	VIDEO
Physik	Gymnasium, Sek II	13:14 min	youtube.com/@Erklaerbaer

01 Lernziele

Nach dem Video können die Schülerinnen und Schüler …

- die Sperrkennlinie einer Z-Diode beschreiben ($I_{Z,min}$, differentieller Widerstand r_Z, $I_{Z,max} = P_{tot}/U_Z$) und $\Delta U = r_Z \cdot \Delta I$ anwenden,
- den Vorwiderstand für einen Lastbereich aus zwei Grenzfällen dimensionieren und einen Normwert wählen,
- die Verlustleistungen von Z-Diode und Vorwiderstand im ungünstigsten Fall prüfen,
- Glättungs- und Stabilisierungsfaktor berechnen und die Grenzen der Z-Stabilisierung begründen,
- die Freilaufdiode rechnerisch beurteilen ($U = L \cdot \Delta I/\Delta t$, $\tau = L/R$, $W = ½ L I^2$),
- Fotodiode (Fotostrom ∝ Beleuchtungsstärke), Solarzellenkennlinie mit MPP und Schottky-Diode erklären.

02 Voraussetzungen

Z-Diode und Freilaufdiode (Folge 8 Grundlagen), differentieller Widerstand (Folge 6 Advanced), Zeitkonstante τ (Folge 4 Advanced), Selbstinduktion (Folge 5 Advanced), Netzteil mit Ladeelko (Folge 7 Advanced).

03 Ablauf des Videos

ZEIT	KAPITEL	INHALT
0:00	Einstieg	Netzteil 14 … 18 V zu ungenau · Z-Diode mit Vorwiderstand · perfekt konstant? PAUSE-FRAGE · Ident · Serien-Fahrplan
1:03	Was du brauchst	Z-Diode in Sperrrichtung · differentieller Widerstand · Selbstinduktion
1:25	Die Z-Kennlinie	$I_{Z,min}$, $r_Z \approx 10\ \Omega$ (9,1 V) · $\Delta I = 20$ mA → 0,2 V · $I_{Z,max} = 0{,}5\ W / 9{,}1\ V \approx 55$ mA · Zener- und Lawineneffekt
2:34	Vorwiderstand für einen Lastbereich	14 … 18 V, 0 … 20 mA: $R_{V,max}$ 196 Ω, $R_{V,min}$ 162 Ω → 180 Ω · P_Z 0,45 W, P_R 0,44 W · 30 mA PAUSE-FRAGE

4:40	Wie gut stabilisiert sie?	Spannungsteiler für Schwankungen · $G \approx 1 + R_V/r_Z \approx 19$ · $S \approx 11$ · Grenzen → Transistor
5:32	Die Freilaufdiode rechnerisch	0,1 H, 50 mA, 1 µs → 5000 V · mit Diode: $\tau = L/R \approx 0{,}56$ ms · W = 0,125 mJ · Z-Diode in Reihe
6:49	Fotodiode und Solarzelle	Fotostrom ∝ Beleuchtungsstärke · 50 µA · 100 kΩ = 5 V · Kennlinie, MPP ≈ 0,5 V, MPP-Tracking
7:43	Die Schottky-Diode	Metall-Halbleiter, 0,3–0,45 V · 2 A: 1,8 W gegen 0,9 W · schnell, aber Sperrstrom und 20–100 V
8:25	Projekt-Baustein Netzteil	10-V-Referenz: R_V 160 … 400 Ω → 330 Ω, 24 mA, 0,24 W · Ausblick 9,3 V
9:11	Prüfungsfallen	Fünf Prüfungsfallen
9:57	Zusammenfassung	Das Wichtigste in sechs Punkten
10:40	Quiz	4 Fragen, 3 zum Rechnen

04 Typische Prüfungsfallen

- **Mindeststrom vergessen:** Bei $R_{V,max}$ müssen Laststrom und $I_{Z,min}$ noch fliessen.
- **Leerlauf vergessen:** Ohne Last fliesst der ganze Strom durch die Z-Diode – P_{tot} prüfen.
- **Grenzfälle falsch kombiniert:** $U_{E,min}$ mit $I_{L,max}$, $U_{E,max}$ mit $I_{L,min}$.
- **Normwert einfach aufgerundet:** Er muss zwischen $R_{V,min}$ und $R_{V,max}$ liegen – sonst andere Z-Diode wählen.
- **Leistung im Vorwiderstand vergessen:** Sie kann grösser sein als die der Z-Diode.

05 Einsatz im Unterricht

r_Z messen: Z-Diode 9,1 V mit Vorwiderstand am Netzgerät; Strom von 5 auf 25 mA erhöhen, ΔU messen, r_Z bestimmen.

Lastbereich: Poti als Last verkleinern, bis die Ausgangsspannung einbricht; mit der Rechnung vergleichen.

Freilaufdiode: Relais mit und ohne Diode am Oszilloskop; Abklingzeit des Spulenstroms mit $\tau = L/R$ vergleichen.

Solarzelle: Mit Lastpoti die I-U-Kennlinie aufnehmen, P = U · I berechnen und den MPP bestimmen.

06 Hinweise und Quellen

- Richtwerte aus Datenblättern: 0,5-W-Z-Dioden (z. B. BZX55C9V1) $r_Z \approx 10$ Ω bei 5 mA; Fotodiode BPW34 ≈ 50 µA bei 1000 lx. Temperaturkoeffizient: Zener-Effekt negativ, Lawineneffekt positiv, um 5–6 V nahezu null.
- $G \approx 1 + R_V/r_Z$ vernachlässigt die Last; genauer gilt $G = 1 + R_V/(r_Z \parallel R_L)$. Stabilisierungsfaktor $S = G \cdot U_A/U_E$. Der MPP einer Silizium-Solarzelle liegt bei etwa 80 % der Leerlaufspannung.

NAME _____ KLASSE _____ DATUM _____

Z-Diode, Freilauf, Solarzelle

1 Kennlinie ●○○

Eine 5,6-V-Z-Diode hat r_Z = 8 Ω. a) Ihr Strom steigt von 10 mA auf 40 mA. Um wie viel steigt die Spannung? b) Wie gross ist $I_{Z,max}$ bei P_{tot} = 0,5 W?

2 Lastbereich ●●●

U_E = 10 … 14 V, Z-Diode 5,6 V / 0,5 W, I_L = 0 … 40 mA, $I_{Z,min}$ = 5 mA. a) Berechne $R_{V,max}$ und $R_{V,min}$. b) Gibt es einen E12-Wert dazwischen (… 82 · 100 …)? c) Was tust du, wenn nicht? Rechne mit einer 1,3-W-Z-Diode neu und prüfe 82 Ω. d) Welche Leistung muss der Vorwiderstand aushalten?

3 Glättungsfaktor ●●○

R_V = 82 Ω, r_Z = 8 Ω, U_A = 5,6 V, U_E ≈ 12 V. a) Berechne G. b) Der Eingang schwankt um 4 V. Wie stark schwankt der Ausgang? c) Berechne den Stabilisierungsfaktor S.

4 Grenzen ●●○

Begründe mit einer Abschätzung, warum eine Z-Stabilisierung für einen Verbraucher mit 1 A ungeeignet ist.

5 Freilaufdiode ●●○

Ein Relais für 12 V hat 400 Ω und L = 0,2 H. a) Welcher Strom fliesst? b) Wie gross ist τ mit Freilaufdiode? c) Welche Energie ist gespeichert? d) Welche Spannung entstünde ohne Diode bei Abschalten in 2 µs?

6 Fotodiode ●○○

Eine Fotodiode liefert bei 800 lx 40 µA; der Messwiderstand hat 47 kΩ. a) Welche Spannung entsteht? b) Welche bei 2000 lx?

7 Solarzelle ●●○

Messwerte U | I: 0,10 V | 2,95 A · 0,30 V | 2,90 A · 0,45 V | 2,75 A · 0,50 V | 2,60 A · 0,55 V | 2,20 A · 0,60 V | 1,10 A. Berechne die Leistungen und bestimme den MPP.

8 Schottky-Diode ●○○

Ein Netzteil liefert 3 A über eine Diode. Vergleiche die Verlustleistung einer Siliziumdiode (0,95 V) mit einer Schottky-Diode (0,5 V).

9 Quiz aus dem Video

a) r_Z = 10 Ω, ΔI = 20 mA. ΔU?

- ☐ 0,02 V
- ☐ 0,2 V
- ☐ 2 V

b) $U_{E,min}$ = 12 V, U_Z = 5,1 V, $I_{L,max}$ = 30 mA, $I_{Z,min}$ = 5 mA. $R_{V,max}$?

- ☐ 98 Ω
- ☐ 197 Ω
- ☐ 230 Ω

c) R_V = 220 Ω, r_Z = 11 Ω. Glättungsfaktor?

- ☐ 2
- ☐ 21
- ☐ 200

d) U_L = 0,6 V, I_K = 3 A. MPP etwa bei …

- ☐ 0,6 V, 3 A
- ☐ 0,5 V, 2,8 A
- ☐ 0,3 V, 1,5 A

Lösungen

1 Kennlinie

a) $\Delta U = 8\ \Omega \cdot 0{,}03\ A =$ **0,24 V**. b) $I_{Z,max} = 0{,}5\ W / 5{,}6\ V \approx$ **89 mA**.

2 Lastbereich

a) $R_{V,max} = (10\ V - 5{,}6\ V) / 45\ mA \approx$ **98 Ω**; $R_{V,min} = (14\ V - 5{,}6\ V) / 89\ mA \approx$ **94 Ω**. b) **Nein** – 82 Ω ist zu klein, 100 Ω zu gross. c) 1,3 W: $I_{Z,max} \approx 232\ mA \rightarrow R_{V,min} \approx 36\ \Omega$; **82 Ω passt** (≤ 98 Ω). Leerlauf bei 14 V: 8,4 V / 82 Ω ≈ 102 mA → $P_Z \approx$ **0,57 W** < 1,3 W. d) $P_R = (8{,}4\ V)^2 / 82\ \Omega \approx$ **0,86 W** → 1-W-Widerstand.

3 Glättungsfaktor

a) $G = 1 + 82/8 \approx$ **11**. b) $\Delta U_A = 4\ V / 11{,}25 \approx$ **0,36 V**. c) $S = 11{,}25 \cdot 5{,}6\ V / 12\ V \approx$ **5,3**.

4 Grenzen

Durch R_V muss immer der volle Laststrom plus $I_{Z,min}$ fliessen. Fällt die Last weg, übernimmt die Z-Diode den ganzen Strom: bei 1 A und 5,6 V schon **≈ 5,6 W**, dazu die Verluste in R_V. Der Wirkungsgrad ist schlecht – besser **Z-Diode als Referenz plus Längstransistor**.

5 Freilaufdiode

a) $I = 12\ V / 400\ \Omega =$ **30 mA**. b) $\tau = 0{,}2\ H / 400\ \Omega =$ **0,5 ms**. c) $W = ½ \cdot 0{,}2\ H \cdot (0{,}03\ A)^2 =$ **0,09 mJ**. d) $U = 0{,}2\ H \cdot 0{,}03\ A / 2\ \mu s =$ **3000 V**.

6 Fotodiode

a) $40\ \mu A \cdot 47\ k\Omega \approx$ **1,9 V**. b) $100\ \mu A \cdot 47\ k\Omega =$ **4,7 V**.

7 Solarzelle

P: 0,30 · 0,87 · 1,24 · **1,30** · 1,21 · 0,66 W. MPP bei **0,50 V und 2,60 A**, ≈ 1,3 W.

8 Schottky-Diode

Silizium: $0{,}95\ V \cdot 3\ A =$ **2,85 W**; Schottky: $0{,}5\ V \cdot 3\ A =$ **1,5 W** – gut 1,3 W weniger Wärme.

9 Quiz

a) **0,2 V** · b) **197 Ω** · c) **21** · d) **0,5 V, 2,8 A**