amateurfunk-oe.at
OE · ÖSTERREICH

Spannungswandler, Schaltnetzteil und Stabilisierung

η = P_aus / P_ein · Buck und Boost · Schaltnetzteil mit PWM und Ferrit-Übertrager · Störlinien und Netzfilter · Z-Diode · Längsregler · 78xx

DC/DC-Wandler und Wirkungsgrad

- **Step-Down** (Tiefsetzsteller, Buck): herab, z. B. 13,8 V → 5 V. **Step-Up** (Hochsetzsteller, Boost): hinauf, z. B. 12 V → 19 V fürs Notebook.
- **$\eta = P_{aus} / P_{ein}$** mit P = U · I, immer unter 100 %. Differenz = Wärme.
- 12 V · 2 A = 24 W → 5 V · 3 A = 15 W: **η = 62,5 %** (nicht 160 % Kehrwert, nicht 41,7 % = 5/12).
- 5 V · 3 A = 15 W → 12 V · 1 A = 12 W: **η = 80 %** (nicht 125 %).

Schaltnetzteil (SMPS)

- **Vorteile:** hoher Wirkungsgrad (auch bei wechselnder Last), **geringes Gewicht und Volumen** (hohe Frequenz → kleiner Ferrit-Übertrager, kleine Siebkondensatoren), kleine Kühlkörper. 13,8 V / 35 A mit nur 2 kg.
- **Nachteile: hochfrequente Störungen** (Hauptnachteil, EMV-Maßnahmen nötig), mehr Bauteile.

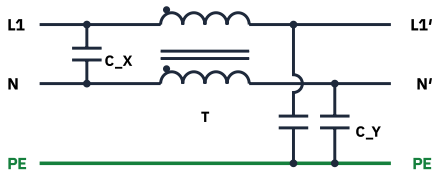
Aufbau und Regelung

- 230 V~ → Netzfilter → Brückengleichrichter → **Ladeelko ≈ 325 V⎓** (bleibt nach dem Ausstecken geladen!) → **Block E** → Ferrit-Übertrager → Diode, Siebung → 13,8 V⎓.
- **Block E = Impulsbreitenmodulator**: Transistor nur ein oder aus. Längere **Einschaltdauer** = mehr Energie. **Schaltfrequenz bleibt konstant**.
- Rückmeldung der Ausgangsspannung über **Optokoppler**. Übertrager und Optokoppler sorgen für **galvanische Trennung** vom Netz.

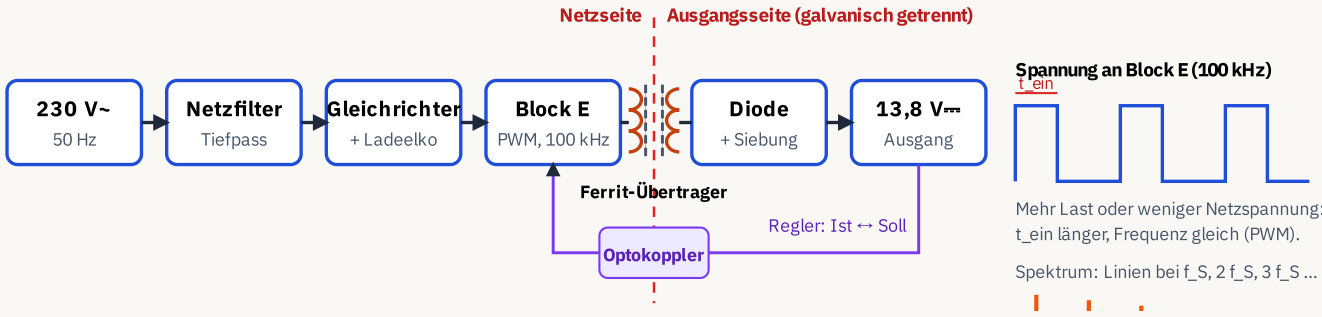
Störungen

- Rechteckflanken → Oberschwingungen bei n · f_S: **Störlinie alle f_S** (Linien alle 120 kHz → SMPS mit 120 kHz). Bürstenmotor: breitbandig, unregelmäßig. Linearnetzteil: nur 100-Hz-Brumm.
- Am Gehäuse stark, in 1 m kaum messbar. Die **Netzleitung wirkt als Antenne** → Filter am Netzeingang, Ferrite an den Kabeln.
- Österreich: EMVV 2015, § 8 mit Anhang I Z 1: Störungen dürfen den bestimmungsgemäßen Betrieb von Funkgeräten nicht verhindern.

Netzeingangsfilter (Tiefpass)



- **C_X** zwischen L und N (Gegentakt), **C_Y** von L′ bzw. N′ gegen PE (Gleichtakt, nur nF).
- **T**: stromkompensierte Drossel, gleichsinnig in L und N. **Keine Transformatorfunktion** für die Netzspannung (nie quer zwischen L und N).
- **PE nie mit L1 oder N verbinden.**



Z-Diode als Stabilisierung

- Immer in **Sperrrichtung** und mit **Vorwiderstand R_V**. Ab $U_Z \approx 5$ V sehr steile Kennlinie.
- Durch R_V fließt $I_Z + I_L$. Wirkungsgrad sehr niedrig.
- **$P_L = U_L \cdot I_L$, $P_{ein} = U_E \cdot (I_L + I_Z)$.**
- 13,8 V, R_L = 470 Ω, I_L = 10 mA, I_Z = 15 mA: U_L = 4,7 V, P_L = 47 mW, P_{ein} = 345 mW, **η ≈ 0,14** (0,34 = nur 4,7/13,8, Z-Strom vergessen).

Längstransistor und Festspannungsregler

- Längstransistor = veränderlicher Widerstand in Reihe zur Last. Si: Emitter 0,6 V unter der Basis: **$U_A \approx U_Z$ – 0,6 V**, z. B. 5,6 V → **5 V** (nicht 5,6 / 6,2 / 11,2 V). Braucht Kühlkörper.
- Festspannungsregler (78xx): Referenz + Regelung im IC, ±2 V am Eingang → wenige mV am Ausgang. C_E und C_A nach Datenblatt, sonst Schwingneigung. Masse-Strom vernachlässigbar.
- **U_E muss größer als U_A sein**: Standard ≈ 3 V Reserve (7812 ab 15 V), Low-Drop ≈ 1 V. 7812 an 15…18 V: Ausgang schwankt **nahezu 0 V**.

Verlustleistung im Linearregler

$P_V = P_{ein} - P_{aus} = (U_E - U_A) \cdot I$

Beispiel	Ergebnis
13,8 V → 9 V, 0,9 A	**P_V = 4,32 W**
13,8 V → 5 V an 10 Ω (0,5 A)	**P_V = 4,4 W**
13,8 V → 5 V, I_E 455 mA, I_A 450 mA	**η = 2,25 / 6,28 ≈ 0,36**
7805 an 13,8 V, 1 A	**8,8 W** > P_{aus} 5 W

Fallen: 8,10 W = P_{aus}, 12,42 W = P_{ein}, 0,99 = nur Stromverhältnis, 0,64 = Verlustanteil 1 – η. Kühlkörper: mit 5 K/W bei 4,3 W etwa +22 K.

Quellen: Grundlagen der Stromversorgung, Rechenbeispiele selbst nachgerechnet; EMVV 2015 (BGBl. II Nr. 22/2016) § 8 und Anhang I, RIS; Idee nach 50ohm.de (Spannungswandler, Schaltnetzteil I und II, Spannungsstabilisierung). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/schaltnetzteil-und-stabilisierung/

Stand November 2026

ÜBUNGSBOGEN

Quiz: Schaltnetzteil und Stabilisierung

Name: _____

Kreuzen Sie jeweils die richtige Antwort an. Die Lösungen stehen unten auf der Seite.

Ergebnis: ____ / 12

1. Ein DC/DC-Wandler nimmt bei 13,8 V 1 A auf und gibt bei 5 V 2,2 A ab. Wie groß ist sein Wirkungsgrad?

- ☐ **A** etwa 45 %
- ☐ **B** etwa 36 %
- ☐ **C** etwa 125 %
- ☐ **D** etwa 80 %

2. Step-Up-Wandler: 5 V bei 2 A hinein, 12 V bei 0,75 A heraus. Wie groß ist der Wirkungsgrad?

- ☐ **A** 42 %
- ☐ **B** 90 %
- ☐ **C** 38 %
- ☐ **D** 111 %

3. Was zeichnet ein Schaltnetzteil gegenüber einem Trafo-Netzteil gleicher Leistung aus?

- ☐ **A** niedriger Wirkungsgrad, wenig Gewicht, kleines Volumen
- ☐ **B** niedriger Wirkungsgrad, viel Gewicht, großes Volumen
- ☐ **C** hoher Wirkungsgrad, viel Gewicht, großes Volumen
- ☐ **D** hoher Wirkungsgrad, wenig Gewicht, kleines Volumen

4. Was ist im Funkraum der Hauptnachteil eines Schaltnetzteils?

- ☐ **A** Es kann hochfrequente Störungen erzeugen.
- ☐ **B** Es brummt stark mit 50 Hz im Lautsprecher.
- ☐ **C** Es kann keine hohen Ströme liefern.
- ☐ **D** Es hat einen schlechten Wirkungsgrad.

5. Wie regelt Block E im Schaltnetzteil die Spannung?

- ☐ **A** als stufenlos veränderlicher Widerstand
- ☐ **B** durch Gleichrichten und Sieben der Netzspannung
- ☐ **C** über die Schaltfrequenz bei fester Einschaltdauer
- ☐ **D** über die Einschaltdauer bei fester Schaltfrequenz

6. Was trennt den Ausgang galvanisch vom 230-V-Netz?

- ☐ **A** das Netzfilter mit den Y-Kondensatoren
- ☐ **B** der Ladeelko hinter dem Brückengleichrichter
- ☐ **C** der Brückengleichrichter am Netzeingang
- ☐ **D** der Ferrit-Übertrager und der Optokoppler

7. Der Empfänger zeigt über das ganze Band Störträger im Abstand von genau 65 kHz. Wahrscheinliche Ursache?

- ☐ **A** ein lineares Netzteil mit 50-Hz-Trafo
- ☐ **B** eine Bohrmaschine mit Bürstenmotor nebenan
- ☐ **C** eine fehlangepasste Antenne beim Nachbarn
- ☐ **D** ein Schaltnetzteil mit 65 kHz Schaltfrequenz

8. Was gilt für ein Netzeingangsfilter?

- ☐ **A** Schutzleiter PE am Ausgang mit L verbunden
- ☐ **B** Drosselwicklung quer zwischen L und N wie ein Trafo
- ☐ **C** Drossel gleichsinnig in L und N, PE ohne Verbindung
- ☐ **D** Schutzleiter PE im Filter mit N verbunden

9. Z-Diode 5,6 V an 12 V: Die Last nimmt 20 mA, die Z-Diode 10 mA. Wie groß ist der Wirkungsgrad?

- ☐ **A** etwa 0,31
- ☐ **B** etwa 3,2
- ☐ **C** etwa 0,47
- ☐ **D** etwa 0,67

10. Längstransistor (Si), an der Basis eine Z-Diode mit 6,8 V. Welche Spannung liefert der Emitter etwa?

- ☐ **A** etwa 7,4 V
- ☐ **B** etwa 13,6 V
- ☐ **C** etwa 6,8 V
- ☐ **D** etwa 6,2 V

11. Ein 7805 liefert aus 12 V 0,6 A. Verlust im Regler?

- ☐ **A** 7,2 W
- ☐ **B** 3,0 W
- ☐ **C** 4,2 W
- ☐ **D** 1,4 W

12. Ein 7812 erhält 15 bis 18 V (schwankend). Was gilt?

- ☐ **A** Der Ausgang bleibt nahezu konstant bei 12 V.
- ☐ **B** Der Regler bräuchte mindestens 24 V Eingang.
- ☐ **C** Der Eingang müsste unter 12 V liegen.
- ☐ **D** Der Ausgang schwankt ebenfalls um etwa 3 V.

LÖSUNGEN

1 **D** · 13,8 W hinein, 11 W heraus: 11 / 13,8 ≈ 80 %.

2 **B** · 10 W hinein, 9 W heraus: η = 90 %.

3 **D** · Hohe Frequenz: kleiner Übertrager, kleine Elkos, wenig Verlust.

4 **A** · Steile Schaltflanken erzeugen ein breites Störspektrum.

5 **D** · PWM: Einschaltzeit variabel, Frequenz fest.

6 **D** · Energie magnetisch über den Kern, Rückmeldung als Licht.

7 **D** · Oberschwingungen der Schaltfrequenz bei n · 65 kHz.

8 **C** · Drossel in L und N, PE nie mit L oder N verbunden.

9 **A** · 112 mW Nutzen, 12 V · 30 mA = 360 mW hinein: η ≈ 0,31.

10 **D** · Emitter etwa 0,6 V unter der Basis: 6,8 V – 0,6 V.

11 **C** · (12 V – 5 V) · 0,6 A = 4,2 W.

12 **A** · 3 V Reserve sind da, der Regler gleicht die Schwankung aus.

Quellen: Grundlagen der Stromversorgung, Rechenbeispiele selbst nachgerechnet; EMVV 2015 (BGBl. II Nr. 22/2016) § 8 und Anhang I, RIS; Idee nach 50ohm.de (Spannungswandler, Schaltnetzteil I und II, Spannungsstabilisierung). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/schaltnetzteil-und-stabilisierung/

Stand November 2026