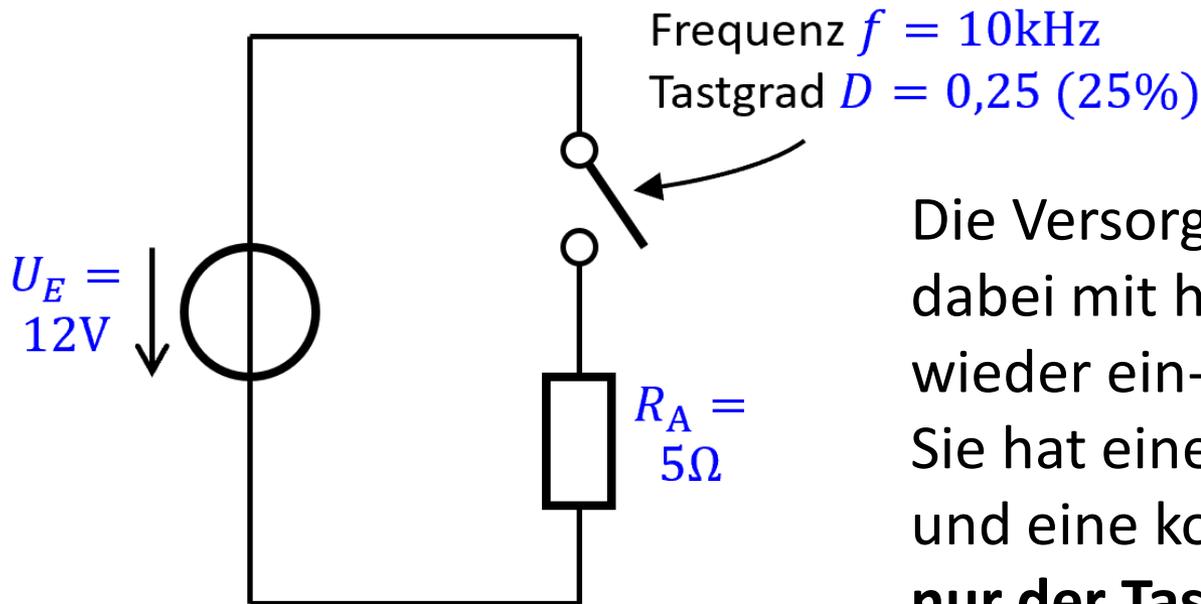


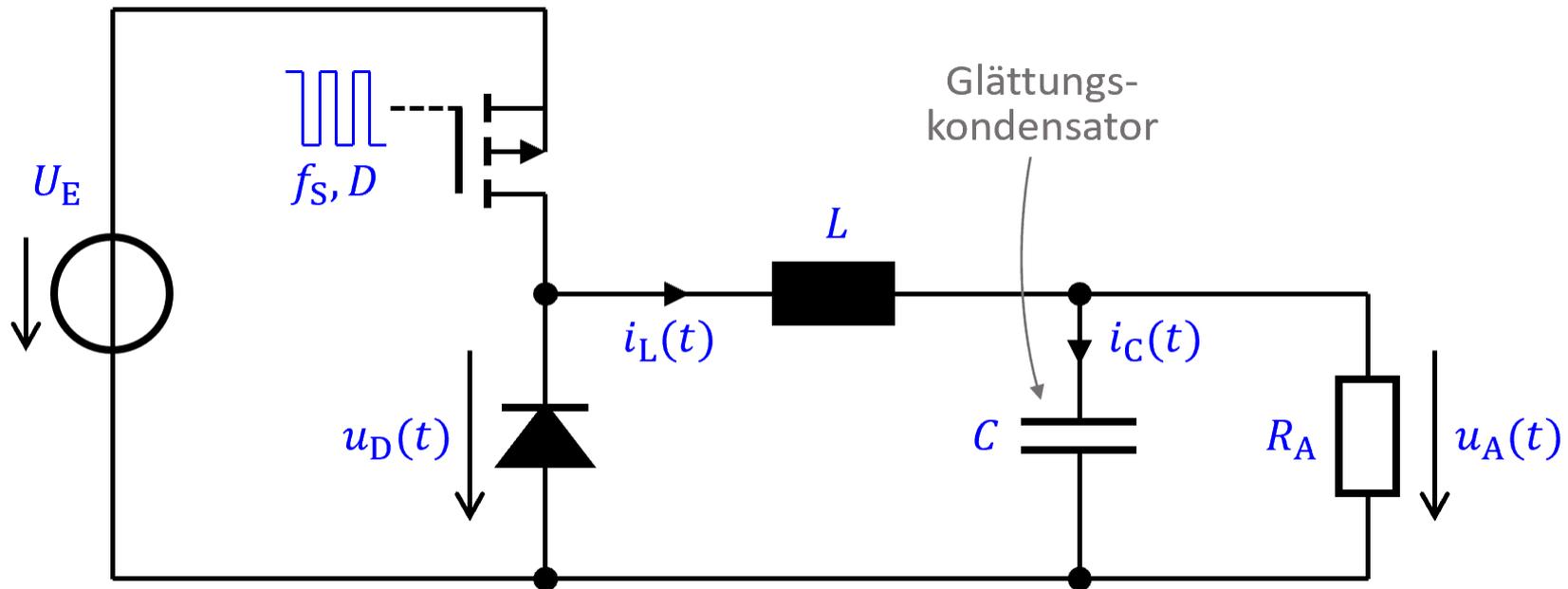
9. Schaltungen der Leistungselektronik

Wenn große Lasten (Elektromotoren, Heizungen, Leuchtmittel) stufenlos angesteuert werden müssen, geschieht dies oft mittels **Pulsweitenmodulation, kurz PWM**.



Die Versorgungsspannung wird dabei mit hoher Frequenz immer wieder ein- und ausgeschaltet. Sie hat eine konstante Amplitude und eine konstante Frequenz, **nur der Tastgrad ist variabel.**

Viele Verbraucher funktionieren nicht korrekt, wenn ihre Versorgungsspannung ständig ein- und wieder ausgeschaltet wird.

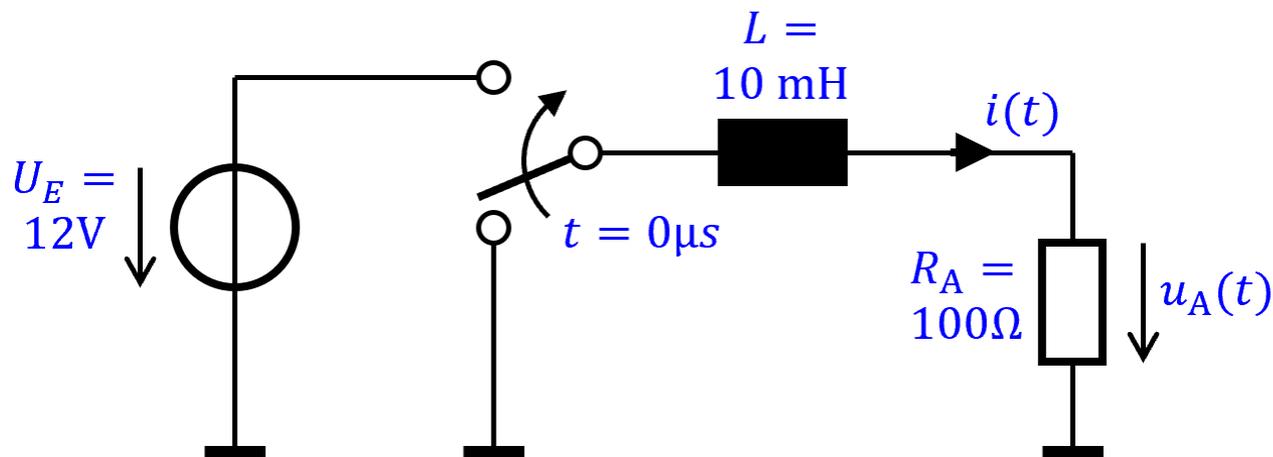


In diesen Fällen kann die Schaltung von Folie 1 um weitere Bauteile, insbesondere um eine Spule, ergänzt werden. Es ergeben sich sog. **Gleichspannungswandler: Aufwärts- und Abwärtswandler.**

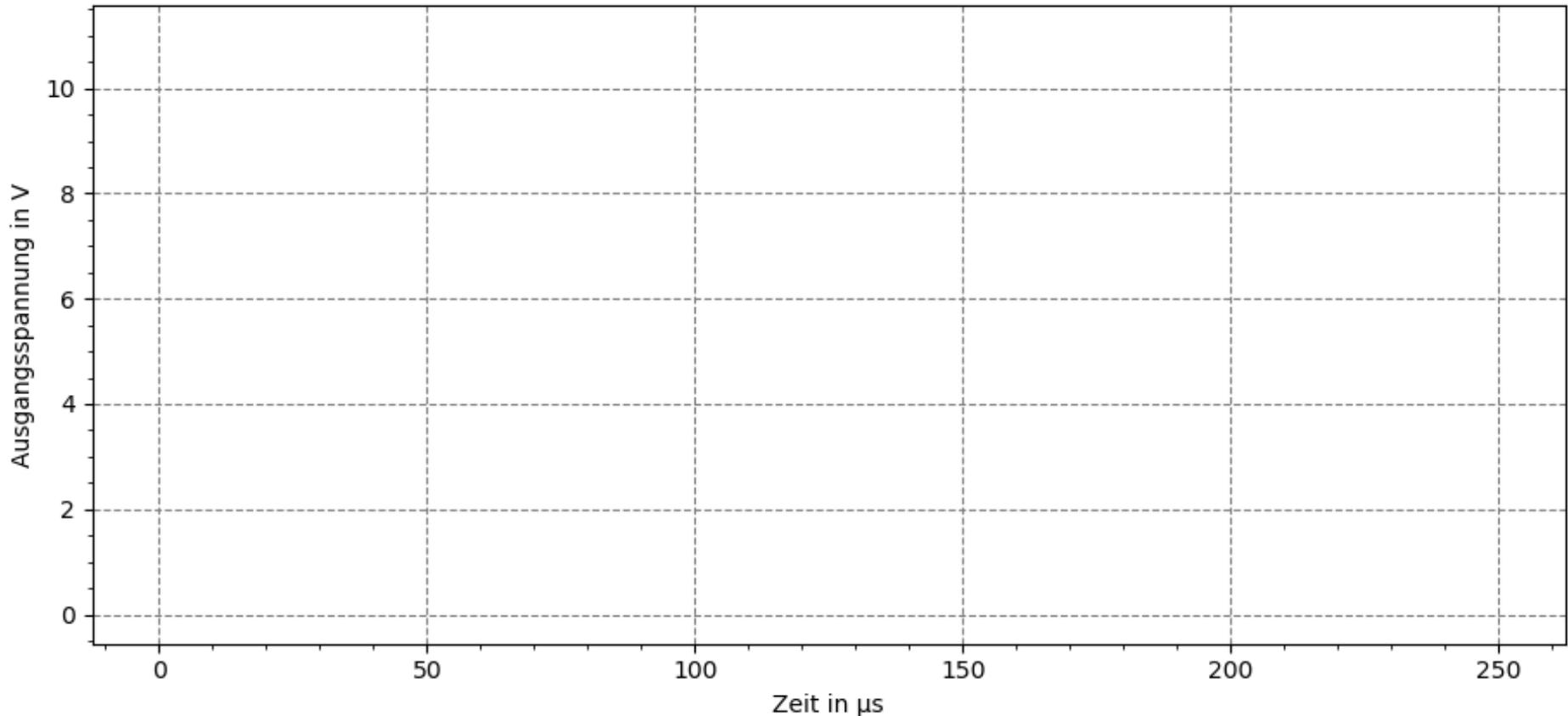
Zur Vorbereitung betrachten Sie die abgebildete Schaltung. Wenn der Schalter zum Zeitpunkt $t = 0\mu\text{s}$ eingeschaltet wird, gilt für $i(t)$:

$$i(t) = \frac{U_E}{R_A} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ mit } \tau = \frac{L}{R_A}$$

- Wie groß ist die Zeitkonstante τ ?
- Wie groß ist der Strom $i(t)$ nach sehr langer Zeit?
- Wie schnell steigt $i(t)$ unmittelbar nach dem Einschalten an?
- Stellen Sie eine Formel zur Berechnung der Spannung $u_A(t)$ auf.

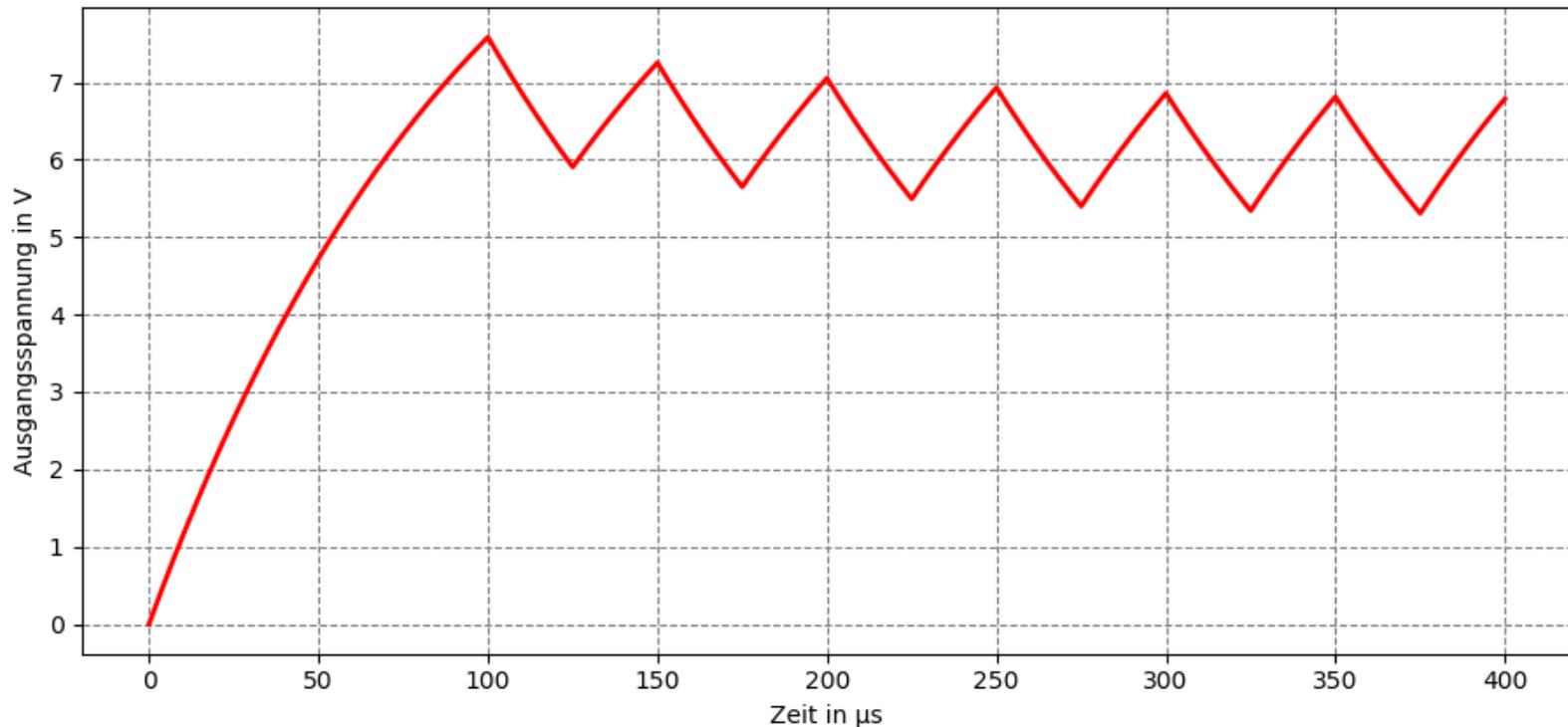


- e) Skizzieren Sie die Verläufe von $i(t)$ und $u_A(t)$.
- f) Wie sehen die zeitlichen Verläufe von $i(t)$ und $u_A(t)$ aus, wenn der Schalter bei $t = 100\mu\text{s}$ wieder ausgeschaltet wird?



9.1. Der Abwärtswandler

Der Schalter wird bei $t = 125\mu\text{s}$ wieder ein-, bei $t = 150\mu\text{s}$ aus-, bei $t = 175\mu\text{s}$ ein-, bei $t = 200\mu\text{s}$ wieder ausgeschaltet usw.



Am Ausgang stellt sich eine mittlere Spannung von $U_A = 6\text{V}$ ein, die durch einen Kondensator weiter geglättet werden kann.

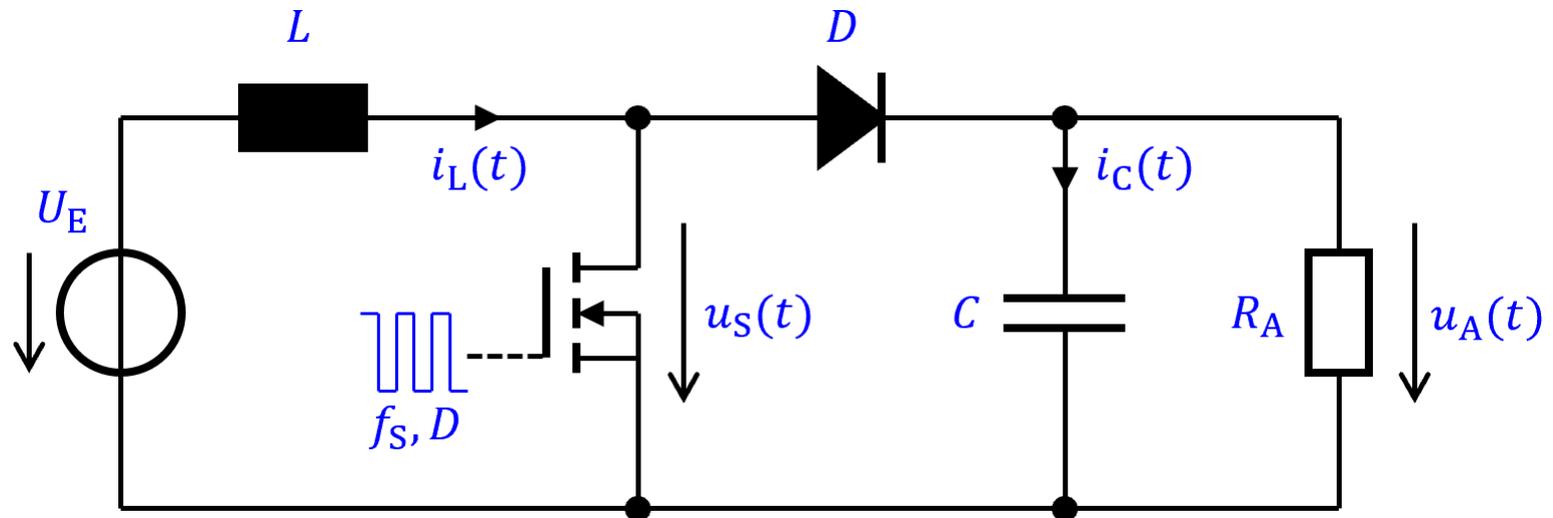
Die auf der Folie 2 gezeigte Schaltung nennt man **Abwärtswandler** (engl. step-down converter, buck converter). Bei idealen Bauelementen (Diode, MOSFET, Spule, Kondensator) kann die mittlere Ausgangsspannung sehr einfach berechnet werden:

$$U_A = U_E \cdot D \text{ mit dem Tastgrad } D = 0 \dots 1$$

Bei realen Bauelementen gilt diese einfache Beziehung nur noch näherungsweise, U_A ist zudem von der Belastung abhängig. In der Praxis werden daher oft **geregelte Spannungswandler** eingesetzt.

9.2. Der Aufwärtswandler

Werden MOSFET, Diode und Spule anders angeordnet, ergibt sich der sog. Aufwärtswandler (engl. step-up converter, boost converter).

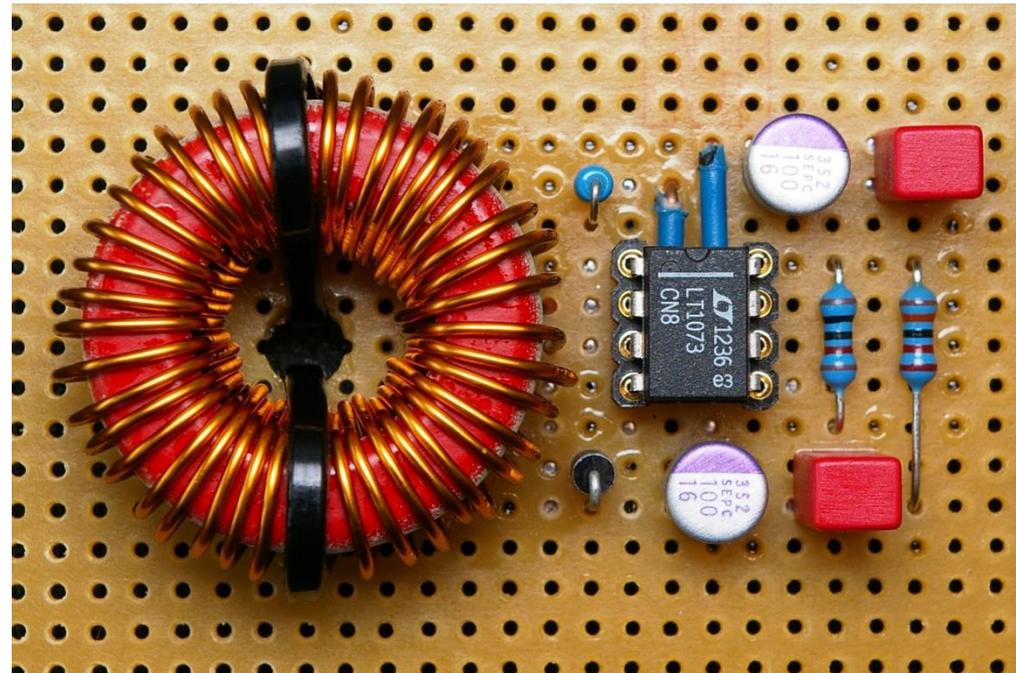


Die mittlere Ausgangsspannung ist nun größer als die Eingangsspannung. Bei idealen Bauelementen gilt wieder eine einfache Beziehung:

$$U_A = U_E / (1 - D) \text{ mit dem Tastgrad } D = 0 \dots 1$$

Lasten mit einem Strombedarf oberhalb einiger Hundert Milliampere werden in der Regel durch Schaltwandler versorgt (Abwärts- oder Aufwärtswandler), sofern ein direkter Anschluss an Batterien oder andere geeignete Spannungsquellen nicht möglich ist. Die benötigten Schaltwandler sind für kleinere Leistungen als kompakte Module, für größere Leistungen als fertig bestückte Platinen erhältlich.

Schaltwandler können auch mit speziellen integrierten Schaltungen aufgebaut werden, in denen der größte Teil der notwendigen Elektronik sowie ein geeigneter Regler enthalten sind. Sie müssen nur noch um wenige externe Bauelemente (insbes. eine geeignete Spule) ergänzt werden.

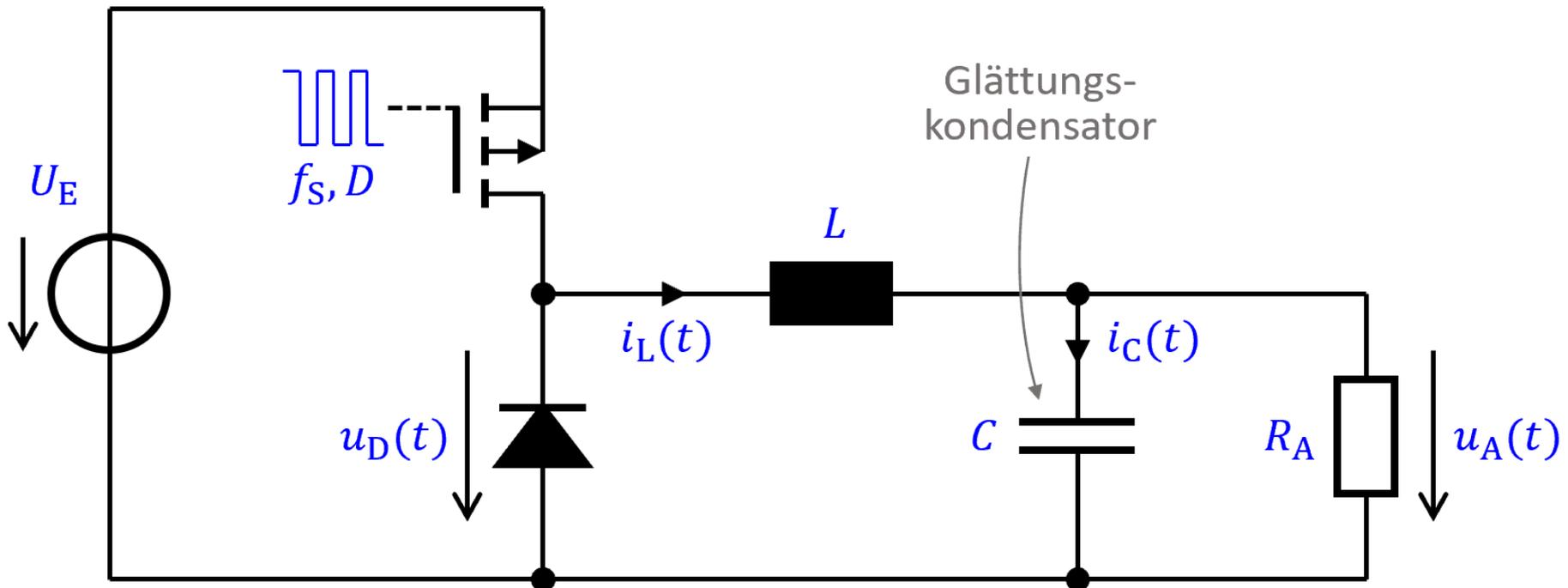


Übungsaufgabe 9.1

Skizzieren Sie in der abgebildeten Schaltung eines Abwärtswandlers die Richtung der fließenden Ströme,

a) wenn der MOSFET eingeschaltet ist (in roter Farbe),

b) unmittelbar nachdem der MOSFET ausgeschaltet wurde (in blauer Farbe).

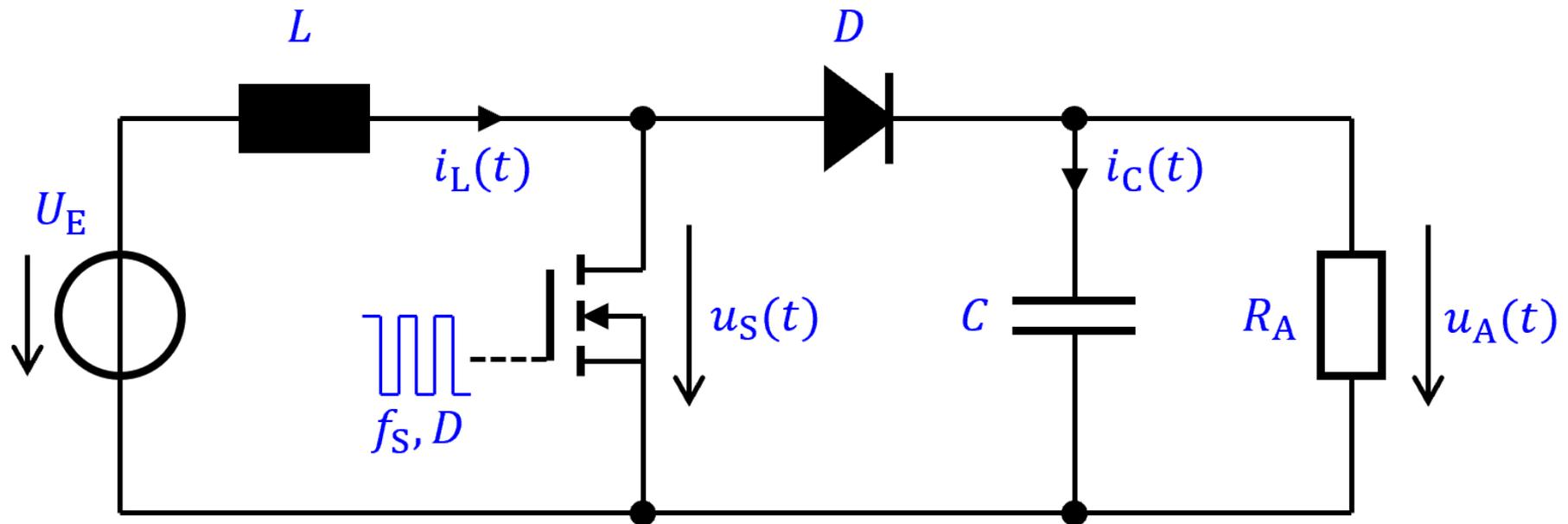


Übungsaufgabe 9.2

Skizzieren Sie in der abgebildeten Schaltung eines Aufwärtswandlers die Richtung der fließenden Ströme,

a) wenn der MOSFET eingeschaltet ist (in roter Farbe),

b) unmittelbar nachdem der MOSFET ausgeschaltet wurde (in blauer Farbe).



Übungsaufgabe 9.3

Betrachten Sie die simulierten Spannungen und Ströme in einem Aufwärtswandler mit realen Bauelementen, $U_E = 5V$ und $D = 0,333$. Um welche Spannungen und Ströme handelt es sich?

