

# DC-DC-Wandler

*Die Funktionsweise eines Step-up-Wandlers wird anhand einer erprobten, vielfältig einsetzbaren Schaltung ausführlich beschrieben.* **Teil 2**

## Allgemeines

Im ersten Teil dieser Artikelreihe über DC-DC-Wandler („ELVjournal“ 6/93) haben wir uns im wesentlichen mit Abwärts-Wandlern befaßt. Neben den sekundärgetakteten DC-DC-Wandlern haben wir auch die Funktionsweise der primärgetakteten Wandler beschrieben.

Bei diesem Wandlertyp wird das Spannungs-Umsetzungsverhältnis meist durch den Ausgangstransformator bestimmt, d. h. Step-up- und Step-down-Wandler unterscheiden sich prinzipiell nicht.

Bei den sekundärgetakteten DC-DC-Wandlern ist dies nicht der Fall. Die Grundschaltung des sekundärgetakteten Abwärts-Wandlers läßt sich nicht zu einem Aufwärts-Wandler umdimensionieren. Dennoch besteht zwischen beiden Wandlertypen eine gewisse Ähnlichkeit.

pen eine gewisse Ähnlichkeit.

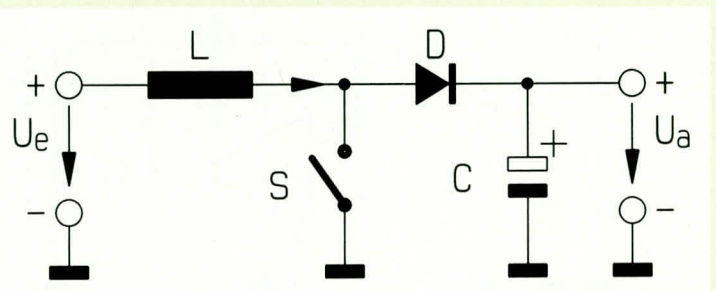
Durch „Umlegen“ der einzelnen Grundelemente des in Abbildung 1 („ELVjournal“ 6/93) dargestellten Abwärts-Wandlers erhalten wir einen sekundärgetakteten Aufwärts-Wandler.

Abbildung 4 zeigt die Grundschaltung des wiederum nur aus 4 Grundelementen bestehenden Step-up-Wandlers. Auch hier können wir die Diode und den Leistungs-

schalter zu einem Leistungsumschalter zusammenfassen, wodurch die gesamte Leistungsstufe dann nur noch aus 3 Grundelementen besteht.

Wie wir es vom Abwärts-Wandler kennen, wird auch hier der Leistungsschalter  $S$  periodisch geschaltet. Ist der Schalter geöffnet, so fließt vom Eingang über die Drossel  $L$  und die Diode  $D$  ein Strom zum Ausgang des Wandlers. Der Kondensator  $C$

**Bild 4:**  
Grundschaltung  
des sekundär-  
getakteten  
Aufwärts-  
Wandlers



lädt sich nun auf den Wert der Eingangsspannung, reduziert um die an der Diode D abfallende Diodenflußspannung auf und am Ausgang steht die niedrigste mögliche Ausgangsspannung an.

Wird der Schalter S geschlossen, steigt der Strom durch die Drossel L an. In diesem Schaltzustand wird eine Entladung des Ausgangskondensators durch die nun sperrende Diode D verhindert. Öffnet der Schalter es, so addiert sich die an der Drossel liegende Spannung zu der Eingangsspannung  $U_e$  hinzu und der Ausgangskondensator C wird über die Diode D entsprechend aufgeladen. Der mathematische Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung wird durch die folgende Formel beschrieben:

$$U_a = \frac{t_{aus} + t_{ein}}{t_{aus}} \cdot U_e$$

Auch bei diesem Wandlertyp wird die Ausgangsspannung durch das Tastverhältnis, mit dem der Leistungsschalter S schaltet, bestimmt. Es besteht keine galvanische Trennung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung.

### Schaltung des Aufwärts-Wandlers

Abbildung 5 zeigt die detaillierte Schaltung des Step-up-Wandlers. Obwohl die Steuersignalerzeugung prinzipiell auf die

gleiche Weise wie beim Abwärts-Wandler aus Abbildung 3 („ELVjournal“ 6/93) erfolgen kann, haben wir für den Step-up-Wandler eine völlig andere Schaltungsvariante gewählt. Dennoch ist auch die hier aufgezeigte Schaltung ausschließlich mit konventionellen Bauelementen ausgeführt,

## Preiswerter Step-up-Wandler durch den Einsatz konventioneller Bauelemente

damit Messungen an den einzelnen Funktionseinheiten des Wandlers leicht möglich sind.

Durch den Oszillator, aufgebaut mit den Gattern IC 1 A, B, den Widerständen R 1, R 2 sowie dem Kondensator C 5 wird die Takt- oder auch Schaltfrequenz des Wandlers festgelegt. Bei der gewählten Dimensionierung liegt sie mit 25 kHz deutlich über der Hörschwelle des Menschen, wodurch mögliche mechanische Schwingungen an der Drossel nicht mehr stören. Aus dem an Pin 4 des IC 1 B anliegenden Rechtecksignals wird durch R 3 in Verbindung mit C 6 ein sägezahnförmiges Signal generiert. Hierzu ist die Grenzfrequenz des

Tiefpasses R 3 / C 6 entsprechend niedrig gewählt.

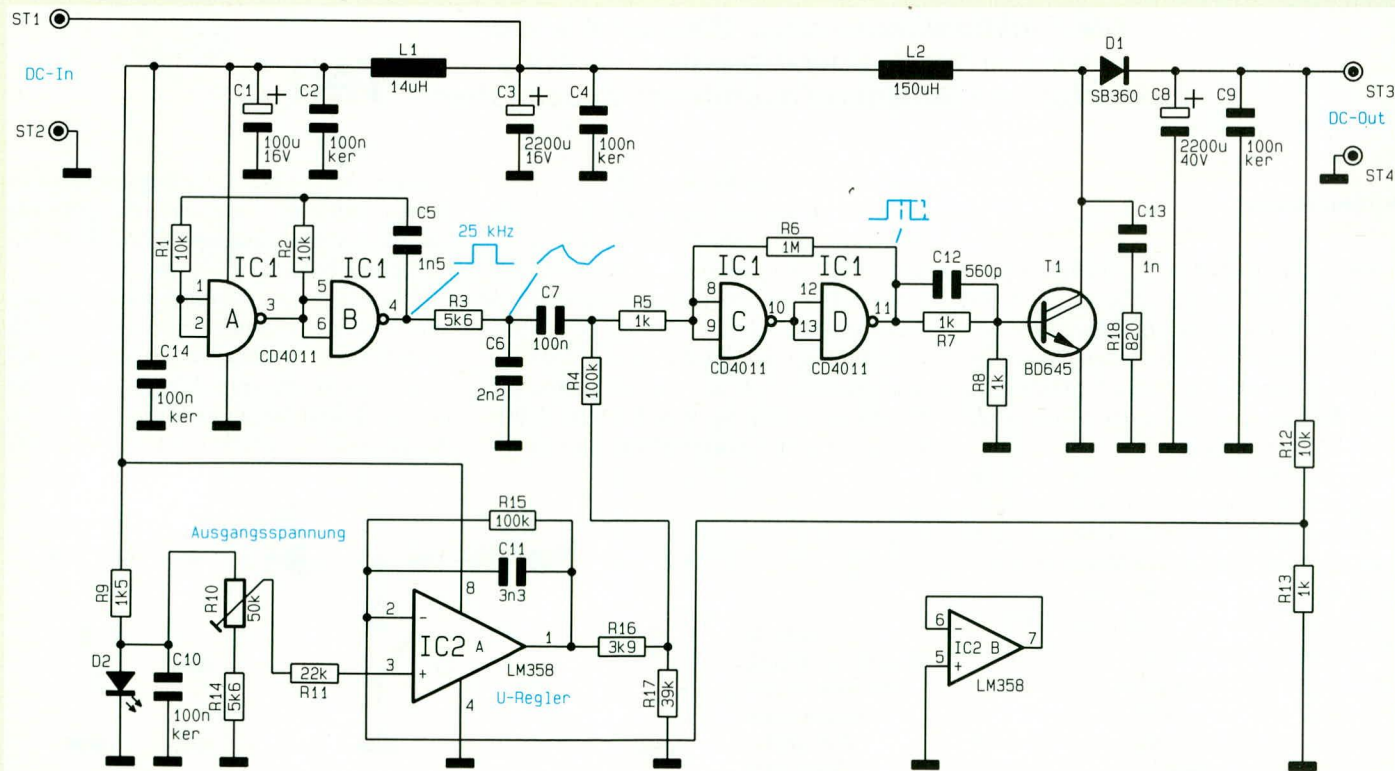
Mit dem Kondensator C 7 wird eine Gleichspannungsentkopplung des Sägezahnsignals vom DC-Pegel des Oszillators vorgenommen. IC 1 C, D in Verbindung mit R 5, R 6 bilden einen Komparator, dessen Schaltschwelle bedingt durch die Gatterschalt-schwelle bei ca.  $U_{Bet}/2$  liegt. Die genaue Lage der Schalt-

schwelle spielt hier nur eine untergeordnete Rolle, denn sobald der Regelkreis, auf den wir noch detailliert eingehen, geschlossen wird, erfolgt automatisch eine Ausregelung. Die Hysterese des Komparators wird durch die Widerstände R 5 und R 6 festgelegt.

Wird nun das zwischen C 7 und R 5 liegende Sägezahnsignal mit einer über R 4 kommenden variablen Gleichspannung überlagert, so verschiebt sich hierdurch die Schaltschwelle des Komparators, bezogen auf das Sägezahnsignal. Am Ausgang des Komparators steht dann ein Rechtecksignal mit variablem Impuls-Pausen-Verhältnis zur Verfügung, das über die Gleichspannung an R 4 einstellbar ist. IC 1 C, D mit Zusatzbeschaltung bilden also den für die Ansteuerung der Leistungsstufe erforderlichen Pulsweiten-Modulator.

Über die Widerstände R 7 und R 8 sowie den Kondensator C 12 erfolgt direkt die

Bild 5: Schaltbild des Step-up-Wandlers



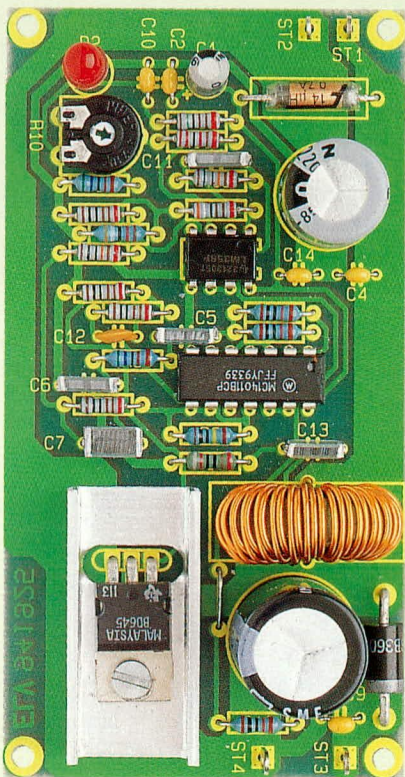
Ansteuerung des Leistungstransistors T 1. Mit diesem Darlington-Transistor ist der Leistungsschalter S aus Abbildung 4 realisiert. Die Ringkern-Drossel L 2, die Diode D 1 und der Ladeelko C 8 entsprechen den übrigen in Abbildung 4 gezeigten Grundelementen des Aufwärts-Wandlers.

Die DC-Ausgangsspannung steht an den Lötstiften ST 3 und ST 4 zur Verfügung. Über den Widerstandsteiler R 12/R 13 wird die Ist-Größe der Ausgangsspannung dem Regler um IC 2 A zugeführt. Die Soll-Größe für die Spannungsregelung wird mit Hilfe der Leuchtdiode D 2 und dem Vorwiderstand R 9 erzeugt. Hierbei werden die spannungsstabilisierenden Eigenschaften der Leuchtdiode genutzt, wodurch sich eine weitgehend stabile Ausgangsspannung unabhängig von der am Eingang anstehenden Spannung ergibt.

Mit dem Trimmer R 10 in Verbindung mit R 14 kann die Sollspannung und damit auch die Ausgangsspannung in einem weiten Bereich eingestellt werden.

Über den Festwiderstand R 11 gelangt die Sollspannung zum nicht-invertierenden Eingang des Reglers. Entsprechend der Differenz zwischen Soll- und Ist-Spannung steuert der als U-Regler arbeitende Operationsverstärker IC 2 A über den Widerstandsteiler R 16, R 17 den Eingang des Pulsweiten-Modulators um IC 1 C, D.

Durch die im Gegenkoppelzweig lie-



Ansicht des fertig aufgebauten Step-up-Wandlers

## Tabelle 2: Technische Daten Step-up-Wandler

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Eingangsspannung: ..... | 5-10 V          |
| Ausgangsspannung: ..... | 10 -20 V        |
| Restwelligkeit: .....   | ≤100 mV bei 1 A |
| Ausgangsstrom: .....    | max. 1 A        |
| Schaltfrequenz: .....   | ca. 25 kHz      |

genden Bauelemente R 15 und C 11 in Verbindung mit dem „Ist-Spannungsteiler“ R 12, R 13 erfolgt die Stabilisierung des Regelkreises.

Die Spannungsversorgung der aktiven Schaltungskomponenten um IC 1 und IC 2 erfolgt aus der ungestabilisierten Eingangsspannung. Hierzu werden vorhandene Stör-signale durch die Drossel L 1 in Verbindung mit den Kondensatoren C 1 und C 2 unterdrückt.

Die technischen Daten dieses universellen Step-up-Wandlers sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

## Stückliste: DC/DC-Wandler

### Widerstände:

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| 820Ω .....                | R18             |
| 1kΩ .....                 | R5, R7, R8, R13 |
| 1,5kΩ .....               | R9              |
| 3,9kΩ .....               | R16             |
| 5,6kΩ .....               | R3, R14         |
| 10kΩ .....                | R1, R2, R12     |
| 22kΩ .....                | R11             |
| 39kΩ .....                | R17             |
| 100kΩ .....               | R4, R15         |
| 1MΩ .....                 | R6              |
| PT10, liegend, 50kΩ ..... | R10             |

### Kondensatoren:

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 560pF/ker .....   | C12                  |
| 1nF .....         | C13                  |
| 1,5nF .....       | C5                   |
| 2,2nF .....       | C6                   |
| 3,3nF .....       | C11                  |
| 100nF/ker .....   | C2, C4, C9, C10, C14 |
| 100nF .....       | C7                   |
| 100µF/16V .....   | C1                   |
| 2200µF/16V .....  | C3                   |
| 2200µF/40 V ..... | C8                   |

### Halbleiter:

|                     |     |
|---------------------|-----|
| CD4011 .....        | IC1 |
| LM358 .....         | IC2 |
| BD645 .....         | T1  |
| SB360 .....         | D1  |
| LED, 5mm, rot ..... | D2  |

### Sonstiges:

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Spule, 14µH .....                  | L1 |
| Ringkernspule, 150µH .....         | L2 |
| 1 U-Kühlkörper                     |    |
| 1 Zylinderkopfschraube, M 3 x 8 mm |    |
| 1 Mutter, M 3                      |    |
| 4 Lötstifte mit Lötöse             |    |

## Nachbau

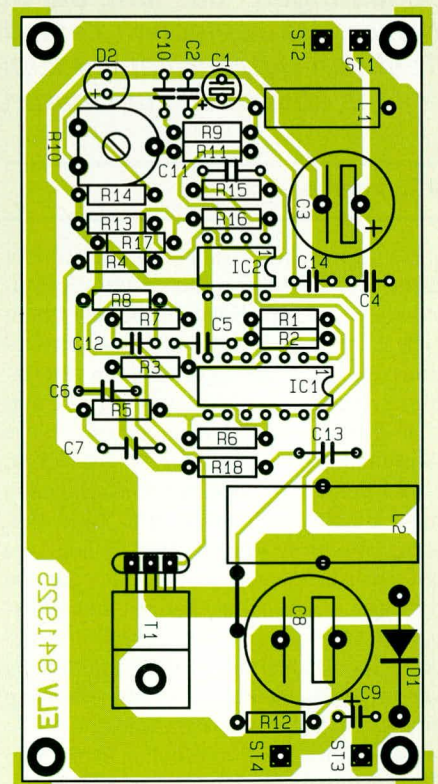
Der Step-up-Wandler wird auf einer 100 x 53 mm messenden, einseitig ausgeführten Leiterplatte aufgebaut. Anhand von Stückliste und Bestückungsplan nehmen wir die Bestückung der Bauelemente vor. Es empfiehlt sich, zuerst die niedrigen Bauelemente wie Dioden und Widerstände und dann die übrigen höheren Komponenten einzubauen und festzulöten.

Der Leistungstransistor T 1 ist liegend zu montieren, wobei zur Kühlung ein entsprechender U-Kühlkörper eingesetzt wird. Zuerst wird die mechanische Befestigung mit einer M 3-Schraube und Mutter und anschließend die elektrische Verbindung durch Verlöten der Anschlußbeine vorgenommen.

Ist die Schaltung soweit fertiggestellt, sollte vor der ersten Inbetriebnahme nochmals eine sorgfältige Prüfung auf korrekte Bestückung und Lötung erfolgen.

Obwohl die Schaltung des Step-up-Wandlers in erster Linie als praktisches Schaltungsbeispiel für das Verständnis der funktionellen Zusammenhänge konzipiert wurde, bietet sich auch der reale Einsatz aufgrund der einfachen und preiswerten Ausführung im Bereich der Elektronik an.

ELV



Bestückungsplan der 100 x 53 mm messenden, einseitig ausgeführten Leiterplatte