

Eisenlose Gleichspannungswandler mit A 205

PETER SALOMON

(rescript rfe 1979, H4, S263-264)

Gleichspannungswandler werden häufig dann benötigt, wenn aus einem fest vorgegebenen niedrigen Spannungswert eine höhere Spannung erzeugt werden soll. Üblicherweise wird dann die Gleichspannung zerhackt und nach Transformierung auf den geforderten Wert wieder gleichgerichtet und gesiebt. Die dazu notwendigen Wickелеlemente bereiten jedoch perspektivisch immer größere technologische Probleme, so daß sich beim heutigen Stand der Halbleitertechnik eine eisenlose Variante als ökonomischer realisierbar erweist.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für einen eisenlosen 6-zu-12-V-Konverter.

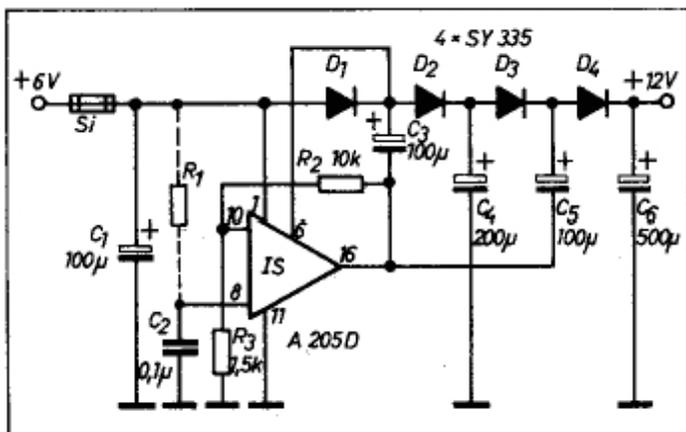


Bild 1: 6-zu-12-V-Konverter mit A 205 D

Durch die als astabilen Multivibrator geschaltete IS wird eine Rechteckspannung mit einer Frequenz von etwa 10 kHz erzeugt. Damit wird eine Verdreifacherschaltung mit den Dioden D₁ bis D₄ und den Kondensatoren C₃ bis C₆ angesteuert. Der Kondensator C₂ bestimmt in Verbindung mit dem integrierten Gegenkopplungswiderstand R_G [1] und den Widerständen R₂ und R₃ nach [2] die Frequenz

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2R_G C_2 \ln \left(1 + \frac{R_3}{R_2} \right)}$$

Da R_G mit 3,9 kΩ festgelegt ist, läßt sich die Frequenz nur noch mit R₂, R₃, bzw. C₂ beeinflussen. Das Widerstandsverhältnis R₂/R₃ muß jedoch so ausgelegt sein, daß die maximal zulässige Spannung U_e nicht überschritten wird, d. h.

$$\frac{R_2}{R_3} > \frac{U_B - U_e}{U_e}$$

Bei U_B = 6 V ist R₂/R₃ > 0,2 zu dimensionieren. Damit der zulässige Eingangsstrom von I_e = 2 mA nicht überschritten wird, muß

$$R_2 > \frac{U_B - U_e}{I_e + \frac{U_e}{R_3}}$$

sein. Mit R_1 läßt sich die Symmetrie der Rechteckspannung korrigieren. Die Schaltfrequenz sollte so hoch wie möglich gewählt werden, da dann die Kondensatoren C_3 bis C_6 entsprechend geringe Kapazitätswerte haben können. Die Höhe der Schaltfrequenz wird jedoch durch die schnell ansteigenden Umschaltverluste der IS und der Dioden D_1 bis D_4 begrenzt. Der Bereich um 10 kHz hat sich als günstig erwiesen. Die am Ausgang der IS stehende Rechteckspannung wird über die Kondensatoren C_3 und C_5 zweimal auf die Betriebsspannung aufgestockt, so daß an C_6 etwa der dreifache Wert von U_B steht (abzüglich der Flußspannung von D_1 bis D_4 und im Leerlauf). C_3 und C_5 wirken dabei als Energiespeicher, die über D_1 und D_3 geladen werden und deren Ladung über D_2 und D_4 die Kondensatoren C_4 und C_6 auflädt.

Die Größe der Kondensatoren muß so dimensioniert werden, daß die Zeitkonstante des mit dem äquivalenten Lastwiderstand gebildeten RC-Gliedes wesentlich größer ist als $T/2$. Da der Impulsausgangsstrom der IS ohne Berücksichtigung der Umschaltverluste etwa das Vierfache des Laststromes beträgt, verringert sich entsprechend Bild 2 der nutzbare Ausgangsspannungshub schnell mit steigendem Laststrom.

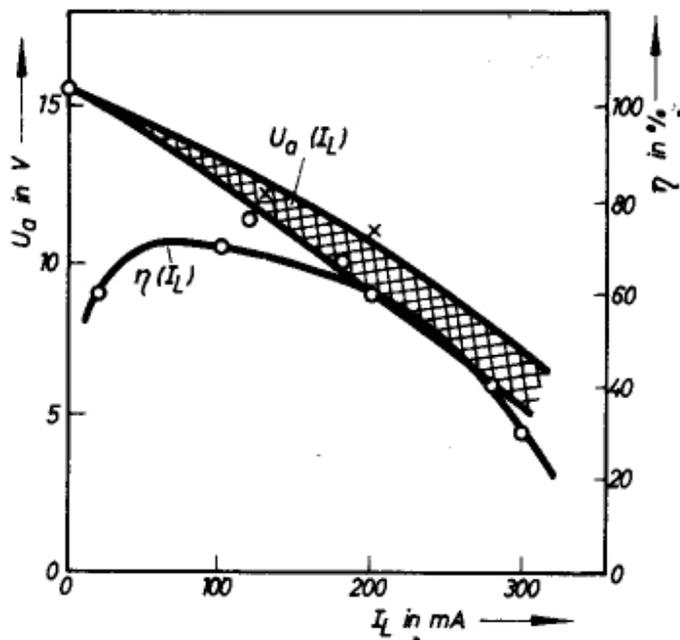


Bild 2: Ausgangsspannung des Konverters in Abhängigkeit von Laststrom und Wirkungsgrad

Bei Ausgangsströmen von 100...200 mA wird ein Wirkungsgrad von 50...60 %, erreicht. Dieses Ergebnis ist hauptsächlich durch die hohe Sättigungsspannung der Darlingtontrennstufe der IS bedingt (Bild 3).

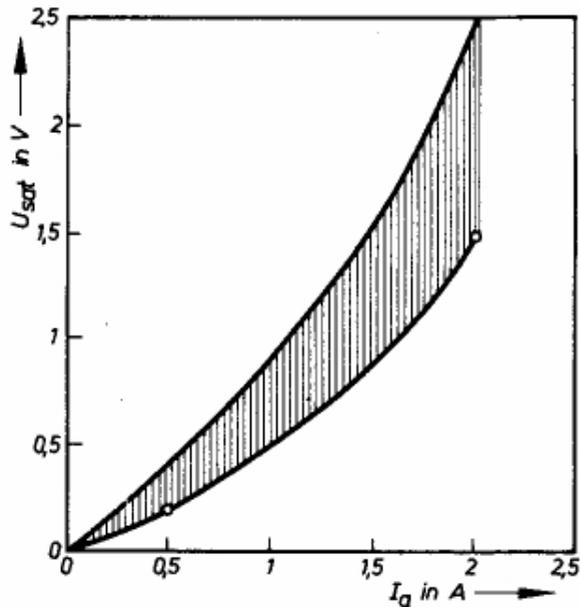


Bild 3: Sättigungsspannung der A 205 in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom

Größere Lastströme lassen sich mit der Schaltung nach Bild 4 erreichen.

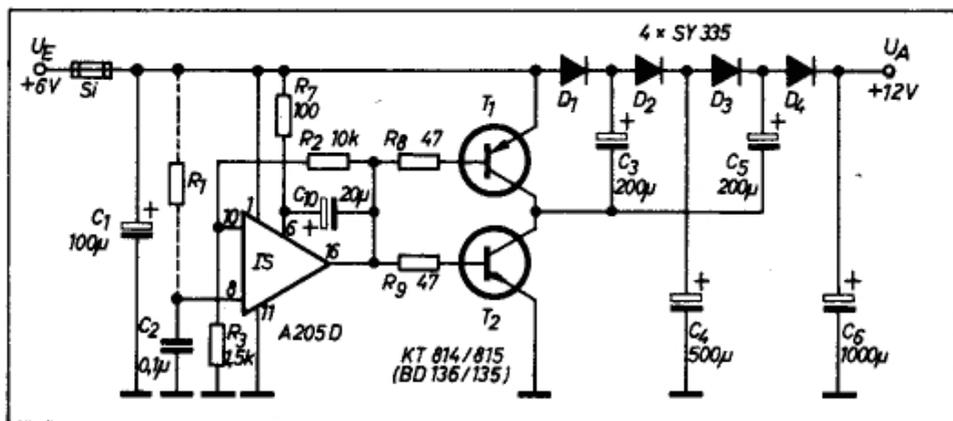


Bild 1: 6-zu-12-V-Konverter höherer Leistung mit A 205 als Treiber

Hier wird die IS als Treiberstufe für eine in Emitterschaltung ausgeführte Komplementärendstufe mit T_1 und T_2 benutzt. Dadurch wird auch bei hohen Lastströmen entsprechend den Transistorparametern der nutzbare Ausgangsspannungshub nicht wesentlich verringert. Damit die Leistungstransistoren T_1 bzw. T_2 voll durchgesteuert bzw. richtig gesperrt werden können, wird mit R_7 C_{10} eine Bootstrapschaltung angewendet. T_1 und T_2 werden dann je nach Dimensionierung von R_8 und R_9 und den Stromverstärkungsfaktoren bis zum maximalen Schaltstrom

$$I_{s \max} \approx B \frac{U_B}{R_{8/9}}$$

voll durchgesteuert. Die Basisströme (Ausgangsstrom der IS) müssen in jedem Fall kleiner als 0,3,..0,5 A sein, da anderenfalls eine einwandfreie Sperrung des nicht durchgeschalteten

Transistors nicht mehr gewährleistet ist. Ursache ist die bereits oben erwähnte hohe Sättigungsspannung der IS bei den angegebenen Strömen (bis zu 0,5 V).

Bild 5 zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung in Abhängigkeit vom Laststrom und den erreichten Wirkungsgrad. Der relativ hohe Innenwiderstand von etwa 10...20 Ω ist typisch für solche Vervielfacherschaltungen und für viele Anwendungsfälle zu hoch.

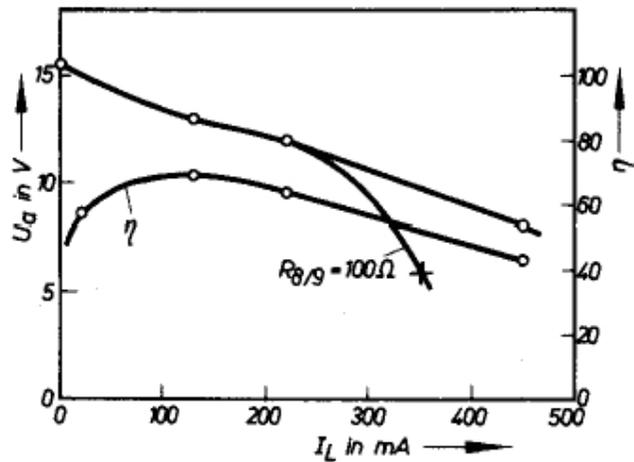


Bild 5: Ausgangsspannung des Konverters nach Bild 4 in Abhängigkeit von Laststrom und Wirkungsgrad

Deshalb muß durch Nachschalten eines elektronischen Reglers die Ausgangsspannung stabilisiert werden. Damit ein großer Lastbereich ausgenutzt werden kann, darf einerseits der minimale Spannungsabfall über den Regeltransistor nur sehr gering werden, andererseits muß von einer möglichst hohen Leerlaufspannung ausgegangen werden. Die hohen Flußspannungen der schnellen Dioden D_1 bis D_4 von bis etwa 1,2V vermindern jedoch entscheidend den theoretisch möglichen Vervielfachergrad. Der Einsatz von Schottkydioden mit wesentlich geringeren Flußspannungen würde den Wirkungsgrad dieses eisenlosen Spannungswandlers entscheidend verbessern.

Bild 6 zeigt ein Anwendungsbeispiel für die Wandlung einer positiven Spannung in eine (zwei) negative, wie sie z. B. als Betriebsspannungen für P-MOS-Schaltkreise benötigt werden.

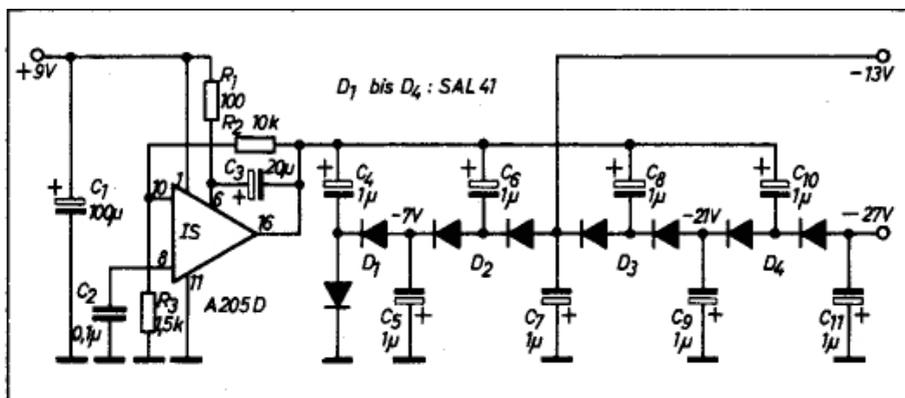


Bild 6: Eisenloser Gleichspannungswandler +9 V,/-13 V; -27 V

Da hier meist nur sehr geringe Lastströme (z. B. wenige Milliampere) fließen, arbeitet die Vervielfacherschaltung praktisch im Leerlauf, und die angegebenen Spannungswerte können etwa erreicht werden.

Literatur

[1] Kresse, K.-H.: Integrierter 5-W-NF-Verstärker A 205 D/K, radio fernsehen elektronik 27 (1978) H. 9, 5. 555-560

[2] Tietze, U.; Schenk, Ch.: Transistorschaltungstechnik, Westberlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1976

© Copyright Peter Salomon, Berlin, rescript aus rfe 1979/4; bearbeitet 2013

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, Irrtum und Änderungen vorbehalten. Eine auch auszugsweise Vervielfältigung bedarf in jedem Fall der Genehmigung des Herausgebers.

Die hier wiedergegebenen Informationen, Dokumente, Schaltungen, Verfahren und Programmmaterialien wurden sorgfältig erarbeitet, sind jedoch ohne Rücksicht auf die Patentlage zu sehen, sowie mit keinerlei Verpflichtungen, noch juristischer Verantwortung oder Garantie in irgendeiner Art verbunden. Folglich ist jegliche Haftung ausgeschlossen, die in irgendeiner Art aus der Benutzung dieses Materials oder Teilen davon entstehen könnte.

Für Mitteilung eventueller Fehler ist der Autor jederzeit dankbar.

Es wird darauf hingewiesen, dass die erwähnten Firmen- und Markennamen, sowie Produktbezeichnungen in der Regel gesetzlichem Schutz unterliegen.