

Negative Hilfsspannungsquellen

Neben der positiven Betriebsspannung benötigen viele Schaltungen zusätzlich eine negative Spannung. Der vorliegende Artikel beschreibt 4 Varianten zur Erzeugung einer negativen Hilfsspannung.

Allgemeines

Digitale Schaltungen kommen meistens mit einer einzigen Versorgungsspannung aus, sehen wir einmal von seltenen Sonderfällen ab. Im Bereich der Analogtechnik sieht es da ganz anders aus. Hier ist die zur Schaltungsmasse symmetrische Versorgungsspannung, d. h. eine positive und eine gleich große negative Spannung weit verbreitet, wobei sich analoge Schaltungen vielfach auch mit einer etwas geringeren negativen Spannung begnügen.

Die negative Betriebsspannung kann in vielen Fällen deutlich schwächer, d. h. weniger strombelastbar ausgeführt sein. Dies beruht nicht zuletzt darauf, daß Ope-

rationsverstärker auch eine definierte 0V-Ausgangsspannung abgeben sollen, ohne daß hier eine große Belastung auftritt. Allein die Einstellung der Offset-Spannung und des Ausgangs-Nullpunktes ist ohne negative Hilfsspannung nur schwer bzw. überhaupt nicht möglich.

Wird nun überwiegend digital arbeitenden Schaltungen ein Analogteil in Form eines Vorverstärkers oder AD-Wandlers zugefügt, ist für eine entsprechende Erweiterung meist eine negative Hilfsspannung erforderlich. Eine Realisierung, die auch nachträglich mit vergleichsweise geringem Aufwand durchführbar ist sowie einige weitere Schaltungen zur Erzeugung erdsymmetrischer Spannungen, beschreibt der vorliegende Artikel.

Einweggleichrichtung

In Abbildung 1 ist eine doppelte Einweggleichrichterschaltung gezeigt.

Ausgehend von einer einzigen Trafowicklung mit 2 Anschlüssen gelangt die positive Halbwelle über die Gleichrichterdiode D 1 auf die Kondensatoren C 1 und C 3. Zwischen dem Ausgang U 1 und der Schaltungsmasse steht somit eine positive Gleichspannung zur Verfügung, deren Leerlaufspannung sich wie folgt ergibt:

$$U_1 = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}} - U_{D1}$$

Um aus derselben Eingangs-Wechselspannung zusätzlich eine negative Betriebsspannung zu generieren, wird einfach ge-

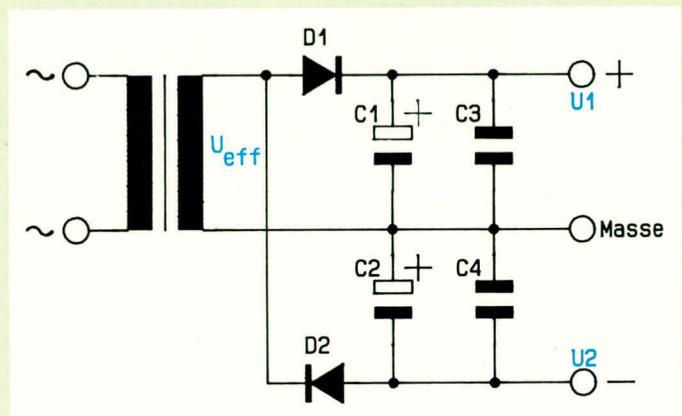


Bild 1 zeigt eine doppelte Einweggleichrichterschaltung

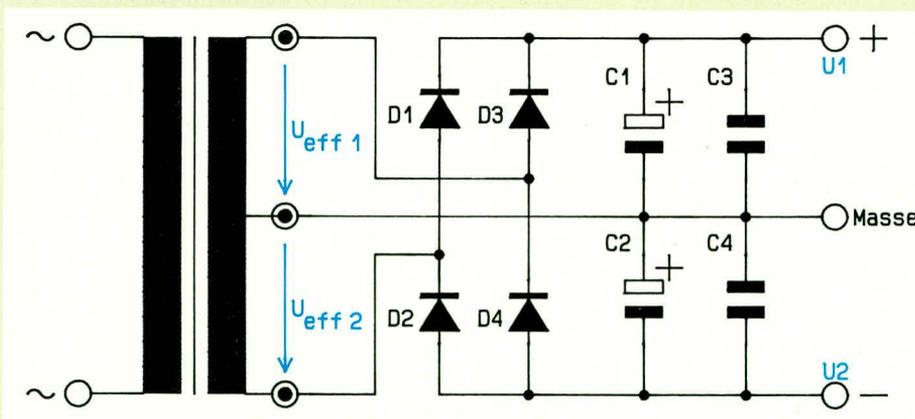
mäß Abbildung 1 eine zweite Diode (D 2) mit entgegengesetzter Polarität und den zugehörigen Kondensatoren C 2, C 4 eingesetzt. D 2 ist nur während der negativen Halbwelle der Wechselspannung durchgeschaltet und lädt die Kondensatoren C 2, C 3 ungefähr auf den negativen Spitzenwert der Eingangs-Wechselspannung auf. Zwischen dem Ausgang U 2 und der Schaltungsmasse steht somit eine vom Betrag gleichgroße Spannung mit negativem Vorzeichen zur Verfügung.

Wesentlicher Nachteil dieser doppelten Einweggleichrichterschaltung besteht darin, daß sowohl im positiven als auch im negativen Zweig jeweils nur eine Halbwelle der Wechselspannung genutzt wird. Darüber hinaus führt eine unterschiedliche Stromentnahme zwischen positivem und negativem Ausgangszweig zu einer verstärkten Transformatorbelastung und damit zu erhöhten Gesamtverlusten, obwohl natürlich beide Ausgänge mit unterschiedlichen Strömen belastbar sind.

Fazit: Steht eine positive Gleichspannung zur Verfügung, die über eine Einweggleichrichterschaltung generiert wurde, so kann durch Hinzufügen eines zweiten, negativen Zweiges (D 2, C 2, C 4) eine gleichgroße negative Hilfsspannung erzeugt werden.

Bild 2 (unten): Mittelpunktgleichrichterschaltung mit symmetrischer Ausgangsspannung

Bild 3 (rechts): Modifizierte „Villard-Schaltung“ zur Erzeugung einer negativen Hilfsspannung



Mittelpunktschaltung

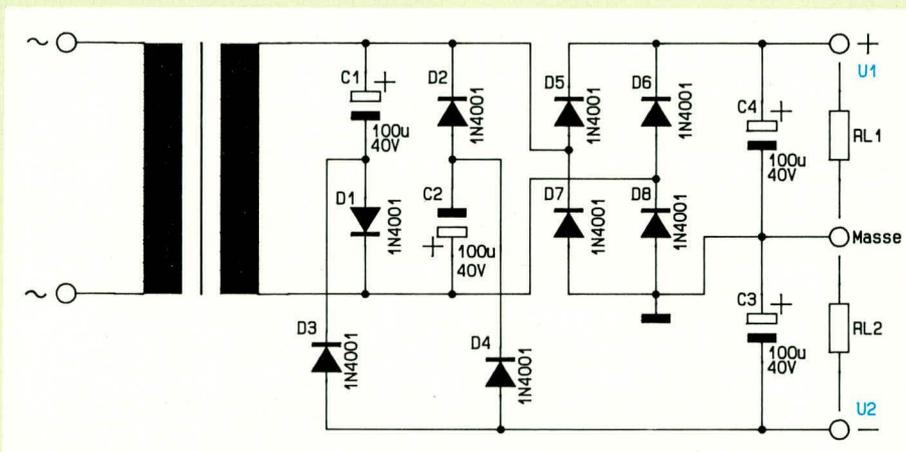
Steht eine Transformatorwicklung mit Mittelanzapfung zur Verfügung, so kann gemäß Abbildung 2 in eleganter Weise eine negative Hilfsspannung generiert werden.

Zunächst wollen wir die konventionelle Mittelpunktschaltung beschreiben. Die obere Transformatorwicklung mit der Wechselspannung U_{eff1} gibt während der positiven Halbwelle über D 3 ihre Span-

nung auf die Kondensatoren C 1, C 3. Zur gleichen Zeit ist der gegenphasige Spannungsverlauf der zweiten Wicklung mit der Wechselspannung U_{eff2} ohne Einfluß auf den positiven Gleichspannungszweig, da D 1 gesperrt ist. Eine Halbwelle später ist dann D 3 gesperrt und D 1 durchgeschaltet, d. h. der positive Ausgangsspannungszweig (U 1) wird in jeder Halbwelle nachgeladen, und zwar abwechselnd über die obere und die untere Trafowicklung.

Die bis hierher beschriebene Gleichrichterschaltung stellt die konventionelle Mittelpunktschaltung dar, wobei D 2, D 4 sowie C 2, C 4 zunächst unberücksichtigt geblieben sind.

Wird nun eine negative Hilfsspannung benötigt, brauchen lediglich die Komponenten D 2, D 4, C 2, C 4 hinzugefügt werden und die beiden Trafowicklungen mit den Spannungen U_{eff1} und U_{eff2} laden



lastung (wenn überhaupt) zugemutet werden darf. Bei Neudimensionierung eines Netzteils hingegen können vom Grundsatz her beide Ausgangsgleichspannungen in gleicher Weise belastet werden.

Modifizierte „Villard-Schaltung“

Eine sogenannte „Villard-Schaltung“ dient zur Spannungsverdopplung und besteht aus 2 Kondensatoren und 2 Dioden. In etwas abgewandelter Form kann eine solche Schaltung auch zur Erzeugung einer negativen Hilfsspannung dienen.

In Abbildung 3 sehen wir zunächst eine bekannte Brückenschaltung, bestehend aus D 5 bis D 8 sowie dem Ladekondensator C 4. Diese Art der Gleichrichtung stellt in der modernen Technik inzwischen die am weitesten verbreitete Gleichspannungserzeugung dar. Neben einer gleichmäßigen

Trafoauslastung ergibt sich auch ein Minimum an Pufferaufwand im Gegensatz zur Einweggleichrichtung. Diese Schaltungsvariante einmal vorausgesetzt, muß man sich allerdings schon etwas Besonderes einfallen lassen, um ohne nennenswerten Aufwand zu einer negativen Hilfsspannung zu kommen, sofern diese im nachhinein erforderlich wird.

Die Lösung dieses Problems ist jedoch vergleichsweise einfach möglich, schaut man sich zunächst einmal die Komponenten C 1, C 3 sowie D 1 und D 3 an. Während der positiven Halbwelle der Eingangs-Wechselspannung ist D 1 leitend und lädt C 1 ungefähr auf den Spitzenwert der Wechselspannung auf, abzüglich der Diodenflußspannung von D 1. Kehrt sich die Polarität um, sperrt D 1 und D 3 wird leitend, um einen Teil der Ladung von C 1 in C 3 zu übertragen. Dieser Vorgang wiederholt sich nun in jeder Periode der Eingangs-Wechselspannung.

Je nach Größe der Kondensatoren und Belastbarkeit der eingesetzten Dioden kann diese Schaltungsvariante Ströme bis zu 100 mA und teilweise sogar noch mehr liefern. Die Kondensatoren werden zwar

dann in gleicher Weise wie bei der Erzeugung der positiven Spannung nun C 2, C 4 mit einer negativen Spannung gleicher Größe auf, da D 2 und D 4 mit umgekehrter Polarität eingesetzt wurden.

Die Belastbarkeit beider Spannungen ist zunächst identisch, wobei man im Zuge einer nachträglichen Aufrüstung selbstverständlich berücksichtigen muß, daß üblicherweise der Transformator mit dem positiven Gleichrichterzweig bereits ausgelastet ist und nun dem neu hinzugekommenen negativen Zweig nur eine geringe Be-

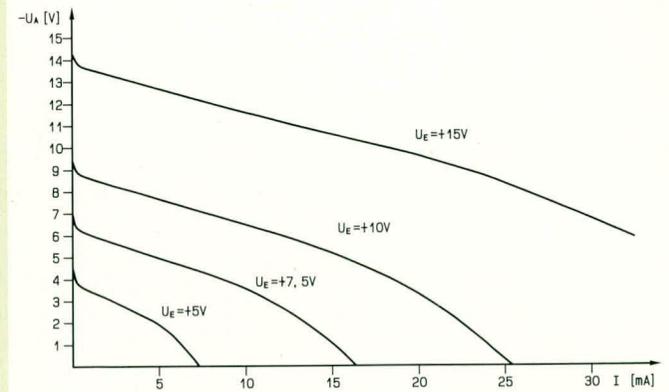
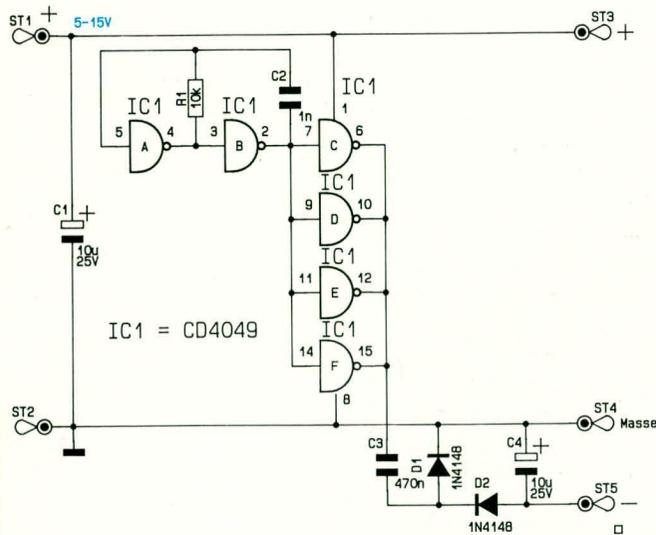


Bild 4 (links): Aktive negative Hilfsspannungsversorgung

Bild 5 (oben): Spannungsverlauf der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Strombelastung

mit einem nennenswerten Hub (Wechselspannungsanteil) beaufschlagt, jedoch grundsätzlich mit korrekter Polarität betrieben, d. h. es sind keine Folien oder MP-Kondensatoren erforderlich - „normale“ Elkos reichen aus.

Fügt man zusätzlich D 2, D 4 und C 2 hinzu, erfolgt ein Nachladen von C 3 bei jeder Halbwellen, in der Art einer Brückengleichrichtung. Dies mindert die Restwelligkeit und erhöht die Belastbarkeit.

Auf eine wichtige Besonderheit dieser in Abbildung 3 gezeigten Zusatzschaltung ist noch hinzuweisen:

Durch die Art der Aufladung von C 3 fließt der im negativen Hilfsspannungszweig benötigte Strom über die Last des positiven Hauptzweiges (RL 1). Aus diesem Grunde ist eine zwingende Voraussetzung für die einwandfreie Funktion der nachträglich eingebauten negativen Hilfsspannungsquelle, daß die Belastung geringer ist als im Hauptzweig, d. h. RL 2 weist einen höheren Widerstand entsprechend einer geringeren Belastung auf als RL 1.

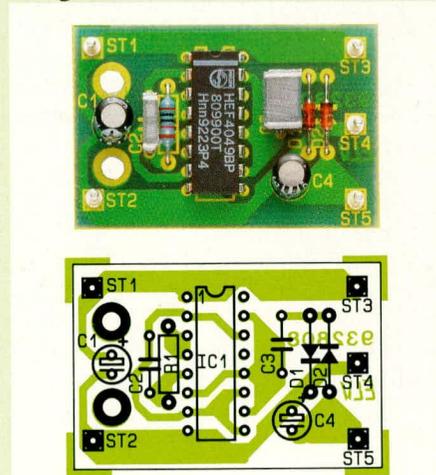
Aktive negative Hilfsspannung

Wird nachträglich eine negative Hilfsspannung erforderlich, so braucht diese in den meisten Fällen nur einen geringen Strom zu liefern. Hier bietet sich eine kleine Elektronik-Schaltung an, wie sie in Abbildung 4 dargestellt ist.

Mit IC 1 A, B ist in Verbindung mit R 1, C 2 ein Oszillator aufgebaut, der aufgrund der vorliegenden Dimensionierung mit einer Frequenz von ca. 50 kHz arbeitet.

Das so generierte Rechtecksignal gelangt auf die Eingänge der 4 parallelgeschalteten Puffer/Inverter IC 1 C, D, E, F. An ihren Ausgängen steht nun ein niederohmiges Rechtecksignal mit einer belastungsabhängigen Amplitude an, die sich im Leerlauf zwischen 0 und +UB bewegt.

Der Kondensator C 3 wird während der positiven Halbwellen über D 1 aufgeladen, um während der negativen Halbwellen einen Teil seiner Ladung über D 2 an C 4 abzugeben.



Fertig aufgebaute Platine mit zugehörigem Bestückungsplan der aktiven negativen Hilfsspannungsversorgung

Stückliste: Negative Hilfsspannung

Widerstände:
10kΩ R1

Kondensatoren:
1nF C2
470nF C3
10µF/25V C1, C4

Halbleiter:
CD4049 IC1
1N4148 D1, D2

Sonstiges:
Lötstifte 1,3mm ST1 - ST5

Durch die vergleichsweise hohe Schaltfrequenz wird nun der Kondensator C 4 blitzschnell auf eine negative Spannung aufgeladen, die vom Betrag her der positiven Versorgungsspannung entspricht, abzüglich der beiden Diodenflußspannungen D 1, D 2 sowie des Spannungsabfalls an den parallelgeschalteten Ausgängen von IC 1 C, D, E, F.

In Abbildung 5 ist der Spannungsverlauf der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Strombelastung bei verschiedenen Eingangs-Betriebsspannungen gezeigt. Wie daraus zu ersehen ist, kann diese kleine Zusatzschaltung bei geringen Belastungen eine preiswerte Lösung zur Generierung einer negativen Hilfsspannungsquelle darstellen.

Nachbau

Für die in Abbildung 4 gezeigte aktive negative Hilfsspannungserzeugung steht eine kleine Leiterplatte zur Verfügung, die aufgrund ihrer kompakten Abmessungen in den meisten Fällen leicht in bestehende Geräte nachträglich einbaubar ist. Da das Leiterbahnbild auch auf der ELV-Platinnenvorlage abgedruckt ist, besteht auch die Möglichkeit der Integration in ein bestehendes Platinenlayout.

Die Bestückung der Leiterplatte ist schnell und einfach fertiggestellt. Wir beginnen mit dem Einsetzen der 5 Lötstifte, gefolgt von dem Widerstand, den beiden Dioden und den Kondensatoren. Den Abschluß bildet das Einsetzen und Verlöten des ICs, wobei auch hier wie bei den Dioden und Elkos auf die richtige Einbaulage zu achten ist.

Ein Abgleich der Schaltung ist nicht erforderlich, so daß der Betrieb unmittelbar nach Fertigstellung und abschließender Überprüfung aufgenommen werden kann.