

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 94/2022 (51) Int. Cl.: **H02M 3/156** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 20.04.2022 **H02M 1/00** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2023 **H03K 7/08** (2006.01)
H02M 7/5395 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2011156684 A1
US 2021021192 A1

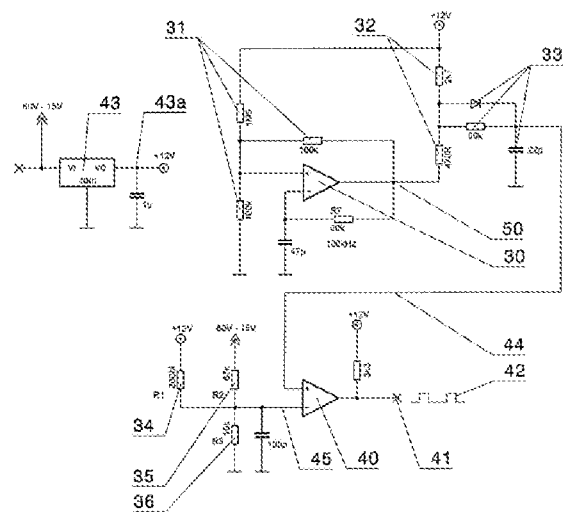
(71) Patentanmelder:
Schöller Karl
1200 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Schöller Karl
1200 Wien (AT)

(54) **Pulsgenerator für unregelmäßige Gleichspannungswandler**

(57) Pulsgenerator für unregelmäßige Gleichspannungs-Schalt-Synchron-Wandler mit variabler Wandler-Eingangsspannung aus 2 Komparatoren (30, 40), von denen ein Komparator (30) als Relaxationsoszillator beschaltet ist, und der andere (40) einen Ausgangspuls (51) des Oszillators mit einer Steuerspannung aus der mit einem Spannungsteiler (35, 36) skalierten und optional mittels eines vorgespannten Widerstandes (34) auch versetzten Eingangsspannung, vergleicht. Dadurch entsteht an dessen Ausgang (41) ein Rechteckpuls mit einer Pulsweite, umgekehrt proportional zur Wandler-Eingangsspannung (für einen Abwärtswandler), oder mit einer Pulsbreite, proportional zur Wandler-Eingangsspannung (für einen Aufwärtswandler). Dieser Rechteckpuls ist dafür vorgesehen, über eine synchrone Halbbrücke oder eine dazu äquivalente Schaltung zwei Transistoren anzusteuern, um nach einem LC-Filter am Wandlerausgang eine von der Wandler-Eingangsspannung nahezu unabhängige, (nahezu) konstante Gleichspannung zu liefern.

Fig. 5



Zusammenfassung

Pulsgenerator für unregelte Gleichspannungs-Schalt-Synchron-Wandler mit variabler Wandler-Eingangsspannung aus 2 Komparatoren (30, 40), von denen ein Komparator (30) als Relaxationsoszillator beschaltet ist, und der andere (40) einen Ausgangspuls (51) des Oszillators mit einer Steuerspannung aus der mit einem Spannungsteiler (35, 36) skalierten und optional mittels eines vorgespannten Widerstandes (34) auch versetzten Eingangsspannung, vergleicht. Dadurch entsteht an dessen Ausgang (41) ein Rechteckpuls mit einer Pulsweite, umgekehrt proportional zur Wandler-Eingangsspannung (für einen Abwärtswandler), oder mit einer Pulslücke, proportional zur Wandler-Eingangsspannung (für einen Aufwärtswandler). Dieser Rechteckpuls ist dafür vorgesehen, über eine synchrone Halbbrücke oder eine dazu äquivalente Schaltung zwei Transistoren anzusteuern, um nach einem LC-Filter am Wandlerausgang eine von der Wandler-Eingangsspannung nahezu unabhängige, (nahezu) konstante Gleichspannung zu liefern.

Fig. 5

Beschreibung

Pulsgenerator für unregelmäßige Gleichspannungswandler

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Pulsgenerator für unregelmäßige, also rückkopplungsfreie Gleichspannungs-Schalt-Synchron-Wandler mit variabler Wandler-Eingangsspannung, umfassend

- eine Schaltung, beispielsweise einen IC mit zumindest 2 Analog-Komparatoren,
- die Beschaltung eines der Komparatoren als Relaxationsoszillator (Kippschwinger)
- eine Verbindung für eine vom Oszillator erzeugten oder abgeleiteten Schwingung mit dem zweiten Komparator,
- einen Spannungsteiler optional mit Offset,
- zumindest einen Hilfsspannungserzeuger,

wobei die Rückkopplungsfreiheit sich nur auf die bei geregelten Wandlern eingesetzte Rückführung der Wandler-Ausgangsspannung zum Pulsgenerator bezieht, nicht aber auf die Rückkopplung innerhalb eines Komparators oder einer Komparator-Beschaltung.

Stand der Technik

Unregelmäßige Gleichspannungs-Schalt-Wandler (ohne Rückkopplung - das englische „control“ unterscheidet nicht zwischen gesteuert und geregelt) sind meist als Wandler für eine konstante Eingangsspannung ausgelegt und liefern eine konstante Ausgangsspannung kleiner (Abwärtswandler) oder größer (Aufwärtswandler) als die Eingangsspannung. Ein Pulsgenerator mit konstantem Tastverhältnis - quasi ein Pulsweitenmodulator ohne Modulation - sorgt für den linearen Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsspannung. Damit die Ausgangsspannung auch bei kleinen Ausgangsströmen - bis herunter auf Leerlauf (Null Ampere) - konstant bleibt, führt man diese Wandler als Synchronwandler aus.

Für Wandler mit variabler Eingangsspannung dagegen setzt man üblicherweise einen Regler (Rückkopplung) zwischen Ein- und Ausgang ein, der seinen Sollwert von einer Referenzspannungsquelle bezieht, und seinen Stellwert durch einen Differenzverstärker (Operationsverstärker) erzeugt. Dieser Stellwert steuert dann einen Pulsgenerator mit variablem Tastverhältnis (Pulsweitenmodulator).

Beide genannten Wandlertypen wandeln diesen (Rechteck-)Puls mittels eines LC-Filters dann in die konstante Ausgangs-Gleichspannung um.

Aufgabenstellung

Im Hinblick auf Kosten und Lieferengpässen für „Spezialchips“ soll möglichst mit Standardbauteilen ein sehr kompakter Gleichspannungswandler bereitgestellt werden, der in einem weiten Eingangsspannungsbereich (bis 1:4 oder kleiner) eine ausreichend konstante Ausgangsspannung liefert.

Das soll ein Wandler ohne Rückkopplung ermöglichen, um die Signalarückführung von Ausgang zu Eingang einzusparen. Die Signalarückführung stellt speziell bei galvanisch getrennten Wandlern einen gewissen Aufwand dar, meist in Form einer Optokoppler-Schaltung. Jedoch lassen sich auch bei galvanisch verbundenen Wandlern ohne Rückkopplung Bauteile einsparen.

Dazu ist ein möglichst einfacher Pulsgenerator erforderlich, der seine Pulsweite aus der variablen Eingangsspannung herleitet. Für Aufwärtswandler gilt:

$$U_o = \frac{T}{t_{aus}} \cdot U_e \quad (a)$$

(Tietze, Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik, 11. Auflage, Seite 986). Zwischen t_{aus} und U_e besteht für die angestrebte konstante Wandler-Ausgangsspannung U_o Proportionalität.

Ein Abwärtswandler dagegen erfordert für die angestrebte konstante Spannung U_o wegen

$$U_o = \frac{t_{ein}}{T} \cdot U_e \quad (b)$$

(Tietze, Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik, 11. Auflage, Seite 981) zwischen t_{ein} und U_e hyperbolische Charakteristik.

Im Hinblick auf kleinere Stückzahlen ist eine „halb-diskrete“ Schaltung eines Wandlers wünschenswert, die jedoch der Kompaktheit einer voll integrierten Schaltung nahe kommen soll. Dabei hilft schon das Einsparen eines Operationsverstärkers (mit mindestens 8 Pins). Nur ein ungereregelter Wandler kommt ohne Operationsverstärker zur Stellgrößenerzeugung aus.

Darlegung der Erfindung

Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 dadurch gelöst,

dass in einer bevorzugten Ausführung als Aufwärtswandler

ein Komparator einer mindestens 2 Analog-Komparatoren umfassenden Schaltung, beispielsweise als IC (Integrated Circuit), beschaltet als Relaxationsoszillator (Kippschwinger), einen am invertierenden Eingang, bei kleiner Hysterese gut angenäherten Dreieckpuls oder Sägezahnimpuls erzeugt und diesen mit einer Steuerspannung, vorzugsweise der skalierten und versetzten Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers, durch einen 2. Komparator

vergleicht und damit an dessen Ausgang einen Rechteckpuls liefert, dessen Pulsweiten von der Eingangsspannung des Wandlers im Wesentlichen proportional sind,

und dass in einer bevorzugten Ausführung als Abwärtswandler

ein Komparator einer mindestens 2 Analog-Komparatoren umfassenden Komparator-Schaltung, mit gegenüber dem Aufwärtswandler geänderten Schwellenspannungen des Schmitttriggers einen Rechteckpuls mit Ein(-schalt-)zeiten erzeugt, die gegenüber der Periodendauer T des Pulses kleiner als das Verhältnis zwischen minimaler und maximaler Wandler-Eingangsspannung sind,

wobei durch ein nachfolgendes, stromrichtungsabhängiges RC-Glied ein gegenüber dem ursprünglichen Rechteckpuls abfallverzögerter Puls entsteht, dessen Asymptote durch einen spannungsteilenden Pull-Up-Widerstand am Ausgang des Komparators größer als Null ist,

und dieser abfallverzögerte Puls mit einer Steuerspannung, vorzugsweise der skalierten und versetzten Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers, durch einen 2. Komparator verglichen wird, so dass an dessen Ausgang ein (weiterer) Rechteckpuls auftritt mit einer Pulsweite im Wesentlichen umgekehrt proportional zur Eingangsspannung des Wandlers.

In beiden genannten Ausführungen erfolgt die Skalierung und optional auch Versetzung der Eingangsspannung durch einen Spannungsteiler optional mit Offset.

Aus den Unteransprüchen 4 bis 6 lässt sich weiterbilden, dass sich für den beschriebenen Spannungswandler noch Bauteile einsparen lassen, dass darüber hinaus eine integrierte Ausführung anzustreben, und dass der Wandler kurzschlussfest einsetzbar ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

- Figur 1 einen erfindungsgemäßen Pulsgenerator für einen Aufwärtswandler,
- Figur 2 die zeitlichen Spannungsverläufe für den Aufwärtswandler,
- Figur 3 Spannungsteiler mit Offset zur Skalierung und Versetzung der Eingangsspannung,
- Figur 4 den vollständigen Aufwärtswandler mit Pulsgenerator,
- Figur 5 einen erfindungsgemäßen Pulsgenerator für einen Abwärtswandler,
- Figur 6 die zeitlichen Spannungsverläufe für den Abwärtswandler,
- Figur 7 die absoluten und prozentuellen Abweichungen der Abwärtswandler-Ausgangsspannung vom Sollwert in Bezug zur Wandler-Eingangsspannung
- Figur 8 den vollständigen Abwärtswandler mit Pulsgenerator.

Ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungen

Eine bevorzugte Ausführungsform des Pulsgenerators ist für einen nicht isolierenden Aufwärtswandler in Fig. 1 mit den zeitlichen Spannungsverläufen in Fig. 2 dargestellt. Ein Komparator 1 eines Analog-Komparator-ICs ist dort als Relaxationsoszillator (Kippschwinger) beschaltet. Die Widerstände 2 (R_{1H} , R_{2H} , R_{3H}) definieren die Hysterese, also die Schwellenwerte des Schmitttriggers, das RC-Glied 3, 4, optional mit Diode 3a, die Schwingungsfrequenz des Oszillators. Die Verbindung 5 führt einen vom Oszillator erzeugten Dreieckspuls 14 (mit Diode 3a einen Sägezahnspuls) an den 2. Komparator 6 des IC, der die zeitlich veränderliche Spannung des Dreieckspulses (Sägezahnspulses) mit einer Steuerspannung 15 vergleicht, die aus der Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers gewonnen wird. Diese Steuerspannung wird aus der Eingangsspannung des Wandlers durch einen Spannungsteiler mit Offset erzeugt, der aus den Widerständen 7, 8, 9 besteht. Der Ausgang 12 des Komparators 6 führt dadurch einen Rechteckpuls 13, dessen Pulslücken von der Eingangsspannung des Wandlers im Wesentlichen linear abhängig sind. Ein Hilfsspannungserzeuger 11 mit geringer Leistung, vorzugsweise als Längsregler ausgeführt und von der Wandler-Eingangsspannung gespeist, versorgt den Komparator-IC und den Spannungsteiler mit Offset 7, 8, 9.

Fig. 2 zeigt den Rechteckpuls 13 am Ausgang des Pulsgenerators mit Dreieckschwingung 14 in Abhängigkeit von der Steuerspannung 15 (U_3) des Wandlers. Die beiden als U_{th+} und U_{th-} bezeichneten Schwellenwerte 16, 17 des Schmitttrigger-Oszillators liegen symmetrisch oberhalb und unterhalb der halben Hilfsspannung 11a. Die Hysterese ist so klein gehalten, dass die Abweichung von Lade- und Entladekurve 14 des Oszillator-RC-Gliedes gegen eine ideale Dreieckschwingung vernachlässigbar ist.

Die Steuerspannung 15 ist durch den Spannungsteiler mit Offset 7, 8, 9 so bemessen, dass sie immer im Hysteresebereich des Schmitttriggers liegt. Der Wert für die maximale Steuerspannung 15a (U_{3max}) ist knapp unterhalb des oberen Schwellenwertes 16 des Schmitttriggers so festgelegt, dass der Puls möglichst nie zu einer Gleichspannung degeneriert. Aus der Auszeit t_{aus} des Rechteckpulses 13 in der Gleichung (a) für diesen Spannungswert t_{ausmax} 19 ergibt sich t_{ausmin} 18 wegen der Proportionalität zwischen U_e und t_{aus} zu:

$$t_{ausmin} = t_{ausmax} \cdot \frac{U_{3min}}{U_{3max}} \quad (c)$$

und daraus auch die minimale Steuerspannung 15b (U_{3min}).

Die Berechnung des Spannungsteilers 8, (R_2), 9 (R_3) mit Offset-Widerstand 7 (R_1), aus Fig. 1, in Fig. 3 noch einmal idealisiert dargestellt, folgt aus der Superposition beider Spannungsquellen:

$$U_3 = \frac{U_1 R_2 R_3 + U_2 R_1 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \quad (d),$$

$$R_2 = R_3 \frac{-U_1 U_{3max} + U_1 U_{2max} - U_{2max} U_{3min} + U_1 U_{3min} - U_1 U_{2min} + U_{2min} U_{3max}}{U_1 U_{3max} - U_1 U_{3min}} \quad (e),$$

$$R_1 = \frac{R_2 R_3 (U_1 - U_2)}{U_3 (R_2 + R_3) - U_2 R_3} \quad (f),$$

mit

U_1	Hilfsspannung 11a,
$U_2 = U_e$	Wandler-Eingangsspannung
U_{2max}	maximale Wandler-Eingangsspannung,
U_{2min}	minimale Wandler-Eingangsspannung.

(Die Hilfsspannung U_1 11a wird vorzugsweise dem Ausgang des Hilfsspannungserzeugers 11 entnommen.)

Figur 4 zeigt die komplette Schaltung des Aufwärtswandlers. Zum beschriebenen Pulsgenerator kommen eine integrierte, synchrone Halbbrücke 20 mit Bootstrap-Kondensator 21, zwei n-Kanal-MOSFETs 22 sowie eine Induktivität 23 und ein Glättkondensator 24 hinzu.

Eine andere, bevorzugte Ausführungsform des Pulsgenerators ist für einen nicht isolierenden Abwärtswandler in Fig. 5 mit den zeitlichen Spannungsverläufen in Fig. 6 dargestellt. Ein Analog-Komparator 30 eines mindestens 2 Komparatoren umfassenden ICs ist mit gegenüber dem Aufwärtswandler geänderten Schwellenspannungen des Schmitttriggers durch die Widerstände 31 als Rechteckgenerator beschaltet, der einen Rechteckpuls 50 mit Ein(-schalt-)zeiten gegenüber der Periodendauer T liefert, die kleiner als das Verhältnis zwischen minimaler und maximaler Wandler-Eingangsspannung sind. (Das reale Aussehen des Pulses 50 mit 100kHz stammt von einer Messung an einem Komparator LM 393 mit 12V Versorgungsspannung.)

Ein stromrichtungsabhängiges RC-Glied 33 macht daraus einen Puls 51 aus abfallverzögerten Impulsen, die sich asymptotisch einem Spannungspegel größer als Null nähern, der aus dem spannungsteilenden Pull-Up-Widerstand 32 am Ausgang des Komparators 30 resultiert.

Die aus der Eingangsspannung des Wandlers gewonnene Steuerspannung 52, erzeugt durch einen Spannungsteiler mit Offset aus den Widerständen 34, 35 und 36, wird mit dem Puls 51 auf der Verbindungsleitung 44 durch einen 2. Komparator 40 verglichen, so dass an dessen Komparatorausgang 41 ein Rechteckpuls 42 auftritt, dessen Pulsweite im Wesentlichen umgekehrt proportional (b) zur Eingangsspannung des Wandlers ist.

Die Steuerspannung 52 ist durch den Spannungsteiler mit Offset 34, 35, 36 so bemessen, dass sie jedenfalls im Schwingungsbereich des Pulses 51 liegt. Genauer so, dass der Wert für die maximale Steuerspannung 52b (U_{3max}) bei maximaler Eingangsspannung des Wandlers eine Pulsweite $t_{ein\ min}$ 53 des Rechteckpulses 42 ergibt. Und bei minimaler Steuerspannung 52a eine Pulsweite $t_{ein\ max}$ 54. Für einen 1:4 Wandler, z. B. mit $U_{e\ max} = 60V$ und $U_{e\ min} = 15V$, beträgt $t_{ein\ min}$ dann 25% der Periodendauer T und $t_{ein\ max}$ 100% davon. (Ein $t_{ein\ max}$ von 100% würde an: Ausgang des Pulsgenerators eine Halbbrücke nach dem Ladungspumpenprinzip erfordern, eine kostengünstigere Bootstrap-Halbbrücke dagegen erhöht die erlaubte $U_{e\ min}$ um einige 100mV.)

Die Berechnung des Spannungsteilers mit Offset 34, 35, 36 ergibt sich analog zu dem Spannungsteiler 7, 8, 9 des Aufwärtswandlers aus den Gleichungen (d), (e), (f). Durch geeignete Wahl von U_{3max} und U_{3min} kann der Offset und somit der Widerstand 34 (R_1 in Fig. 5) zumindest beim Abwärtswandler entfallen. Dies ergibt sich aus den Gleichungen (e), (f), wenn das Verhältnis von $U_{e\ max}$ (= $U_{2\ max}$) zu $U_{e\ min}$ (= $U_{2\ min}$) gleich dem Verhältnis von U_{3max} 52b zu U_{3min} 52a ist.

In Fig. 7 wird die Abweichung der hyperbolischen Beziehung aus Gleichung (b) zum Resultat 42 aus Puls 51 und die dadurch abweichende Ausgangsspannung des Wandlers vom Sollwert (dort konstante 15V) deutlich. Minimale Abweichung resultiert aus Variation der Zeitkonstanten des RC-Gliedes 33 sowie der Widerstände 32 und 35. Die Abweichung liegt dann für einen 1:4 Wandler im Bereich von +/-4% und für einen 1:2 Wandler bei +/-2%.

Der Hilfsspannungserzeuger 43 gleicht - abgesehen von den unterschiedlichen Spannungsbereichen - dem des Aufwärtswandlers.

Figur 8 zeigt die komplette Schaltung des Abwärtswandlers. Zum beschriebenen Pulsgenerator kommen eine integrierte, synchrone Halbbrücke 60 mit Bootstrap-Kondensator 61, zwei n-Kanal-MOSFETs 62 sowie eine Induktivität 63 und ein Glättkondensator 64 hinzu.

Weil ein unregelter Spannungswandler wegen fehlender Rückkopplung keine Fehlerkorrektur beinhaltet, ist die Ausgangsspannung nur dann (annähernd) lastunabhängig, wenn die Durchlasswiderstände der Transistoren 22, 62 und der Induktivität 23, 63 sehr klein sind, zusammen unter einem Ohm. Für Ausgangsströme des Wandlers unter 0,5A sind dafür aber durchaus kostengünstige und kompakte Bauteile erhältlich.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----|---|
| 1 | 1. Komparator für Pulsgenerator des Aufwärtswandlers |
| 2 | Widerstände Hysterese Schmitttrigger |
| 3 | Widerstand RC-Glied Oszillator |
| 3a | Diode zur Umwandlung eines Dreieckpulses in einen Sägezahn puls |
| 4 | (Schwing-)Kondensator für RC-Glied Oszillator |
| 5 | Dreieckpuls, Sägezahn puls vom Oszillator, Oszillatorausgang, Verbindung zu erstem Eingang des 2. Komparators |
| 6 | 2. Komparator für Pulsgenerator des Aufwärtswandlers |
| 7 | R_1 , Offset-Widerstand für Steuerspannungs-Spannungsteiler |
| 8 | Widerstand Spannungsteiler |
| 9 | Widerstand Spannungsteiler |
| 10 | 2. Eingang 2. Komparator, Spannungsteiler-Knoten |
| 11 | Hilfsspannungserzeuger für Aufwärtswandler |
| 11a | Spannungsausgang des Hilfsspannungserzeugers für Aufwärtswandler, Hilfsspannung |
| 12 | Ausgang Pulsgenerator für Aufwärtswandler |
| 13 | Rechteckpuls Ausgang Pulsgenerator, Ausgangspuls |
| 14 | Dreieckpuls Oszillator Pulsgenerator, Dreieckschwingung |
| 15 | Steuerspannung, skalierte und versetzte Eingangsspannung U_3 des Wandlers |
| 15a | $U_{3\max}$ maximale Steuerspannung |
| 15b | $U_{3\min}$ minimale Steuerspannung |
| 16 | U_{th+} obere Schwellenspannung Schmitttrigger |
| 17 | U_{th-} untere Schwellenspannung Schmitttrigger |
| 18 | $t_{aus\min}$ minimale Auszeit des Rechteckpulses 13 |
| 19 | $t_{aus\max}$ maximale Auszeit des Rechteckpulses 13 |
| 20 | synchrone Halbbrücke |
| 21 | Bootstrap-Kondensator |
| 22 | n-Kanal-MOSFETs |
| 23 | Induktivität |

24	Glättkondensator
30	1. Komparator für Pulsgenerator des Abwärtswandlers
31	Widerstände Hysterese Schmitttrigger
32	Spannungsteiler-Pullup-Widerstände
33	stromrichtungsabhängiges RC-Glied, Verzögerungsglied
34	R_1 , Offset-Widerstand für Steuerspannungs-Spannungsteiler
35	Widerstand Spannungsteiler
36	Widerstand Spannungsteiler
40	2. Komparator für Pulsgenerator des Abwärtswandlers
41	Ausgang Pulsgenerator für Abwärtswandler
42	Ausgangssignal Pulsgenerator, Rechteckpuls Abwärtswandler, Resultat aus 51
43	Hilfsspannungserzeuger für Abwärtswandler
44	Verbindungsleitung vom Verzögerungsglied zu erstem Eingang des 2. Komparators
45	2. Eingang 2. Komparator, Spannungsteiler-Knoten
50	Rechteckpuls von Oszillator, Oszillatorausgang
51	abfallverzögerter Puls aus 50 mit angehobener Asymptote der Entladungskurve
52	Suerspannung, skalierte und versetzte Eingangsspannung U_3 des Wandlers
52a	$U_{3 \min}$
52b	$U_{3 \max}$
53	$t_{\text{ein min}}$ minimale Ein(-schalt-)zeit des Rechteckpulses 42
54	$t_{\text{ein max}}$ maximale Ein(-schalt-)zeit des Rechteckpulses 42
60	synchrone Halbbrücke
61	Bootstrap-Kondensator
62	n-Kanal-MOSFETs
63	Induktivität
64	Glättkondensator
65	Sicherung
R_{1H}	Widerstand Hysteresedefinition (Fig. 1)
R_{2H}	Widerstand Hysteresedefinition (Fig. 1)
R_{3H}	Widerstand Hysteresedefinition (Fig. 1)
U_a	Wandler-Ausgangsspannung
T	Periodendauer Oszillator
t_{aus}	Auszeit Rechteckpuls
t_{ein}	Ein(-schalt-)zeit Rechteckpuls
U_1	Hilfsspannung, Ausgangsspannung Hilfsspannungserzeuger
U_2	Wandler-Eingangsspannung (= U_e)
$U_{2 \max}$	maximale Wandler-Eingangsspannung
$U_{2 \min}$	minimale Wandler-Eingangsspannung
U_e	Wandler-Eingangsspannung
$U_{e \max}$	maximale Wandler-Eingangsspannung
$U_{e \min}$	minimale Wandler-Eingangsspannung
U_3	Suerspannung, skalierte und optional auch versetzte Eingangsspannung
R_1	Offset-Widerstand für Steuerspannungs-Spannungsteiler
R_2	Widerstand Steuerspannungs-Spannungsteiler an Hilfsspannung
R_3	Widerstand Steuerspannungs-Spannungsteiler an Masse

Patentansprüche

1. Pulsgenerator für unregelmäßige, also rückkopplungsfreie Gleichspannungs-Schalt-Synchron-Wandler mit variabler Wandler-Eingangsspannung, umfassend

- eine Schaltung, beispielsweise einen IC mit zumindest 2 Analog-Komparatoren (1, 6, 30, 40),
- die Beschaltung eines der Komparatoren (1, 30) als Relaxationsoszillator (Kippschwinger)
- eine Verbindung (5, 44) für eine vom Oszillator erzeugte (14, 50) oder abgeleitete (51) Schwingung mit dem zweiten Komparator (6, 40)
- einen Spannungsteiler optional mit Offset (7, 8, 9, 34, 35, 36),
- zumindest einen Hilfsspannungserzeuger (11, 43),

wobei die Rückkopplungsfreiheit sich nur auf die bei geregelten Wandlern eingesetzte Rückführung der Wandler-Ausgangsspannung zum Pulsgenerator bezieht, nicht aber auf die Rückkopplung innerhalb eines Komparators oder einer Komparator-Beschaltung,

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine der Oszillatorschwingungen (14, 50) direkt oder über ein Verzögerungsglied (32, 33) mit einem der beiden Eingänge des zweiten Komparators (6, 40) so verbunden ist, dass ein Vergleich mit der am zweiten Eingang (10, 45) dieses Komparators (6, 40) anliegenden Steuerspannung aus der skalierten und optional auch versetzten Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers einen Ausgangspuls (13, 42) liefert, der von der Eingangsspannung des Wandlers abhängig ist,
- die Skalierung und Versetzung der Eingangsspannung des Wandlers durch einen Spannungsteiler (8, 9, 35, 36) optional mit Offset erfolgt, wobei dieser Offset ggf. durch den Widerstand (7, 34) zwischen dem Spannungsteiler-Knoten (10, 45) und einer Hilfsspannung (11a, 43a) hervorgerufen wird, die dem Hilfsspannungserzeuger (11, 43) entnommen ist.

2. Pulsgenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schmitttrigger-Schwellenspannungen (16, 17) des Oszillators durch Widerstände (2) so ausgelegt sind, dass der Oszillator zumindest näherungsweise einen Dreieckspuls (14) oder Sägezahnspuls an den Komparator (6) liefert,
- der Komparator (6) diesen Dreieckspuls bzw. Sägezahnspuls mit der Steuerspannung (15) des Wandlers vergleicht und dadurch einen Rechteckspuls (13) für Aufwärtswandler generiert, dessen Pulslücken (z. B. 18, 19) proportional zur Eingangsspannung des Wandlers sind,
- die Versorgung des Komparator-ICs durch den Hilfsspannungserzeuger (11) erfolgt.

3. Pulsgenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schmitttrigger-Schwellenspannungen des Oszillators durch Widerstände (31) so ausgelegt sind, dass der Oszillator einen Rechteckspuls (50) mit Ein(-schalt-)zeiten gegen die Periodendauer T liefert, die kleiner sind als das Verhältnis zwischen minimaler und maximaler Wandler-Eingangsspannung, wodurch nach Anhebung des Asymptotenpegels mit einem spannungsteilenden Pull-Up-Widerstand (32) am Ausgang des Komparators durch ein stromrichtungsabhängiges RC-Glied (33) als Verzögerungsglied ein abfallverzögerter Puls (51) auftritt,
- dieser Puls (51) mit der Steuerspannung des Gleichspannungswandlers durch einen 2.

Komparator (40) verglichen wird, so dass an diesem Komparatorausgang ein Rechteckpuls (42) auftritt, dessen Pulsweite im Wesentlichen umgekehrt proportional zur Eingangsspannung des Wandlers ist,

- die Versorgung des Komparator-ICs durch den Hilfsspannungserzeuger (43) erfolgt.

4. Pulsgenerator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Offset-Widerstand (34) des Spannungsteilers aus den Widerständen (35, 36) bei geeigneter Dimensionierung der übrigen Parameter entfällt.

5. Gleichspannungswandler mit Pulsgenerator nach den vorigen Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass

- jene Komponenten des Wandlers mit geringem Platzbedarf zu einer integrierten Single-Chip-Schaltung zusammengefasst sind.

6. Gleichspannungswandler mit Pulsgenerator nach den vorigen Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Sicherung (65), vorzugsweise eine rückstellende Sicherung, am Ausgang des Wandlers angebracht ist, welche die Kurzschlussfestigkeit der Wandler-Schaltung herstellt.

Fig. 1

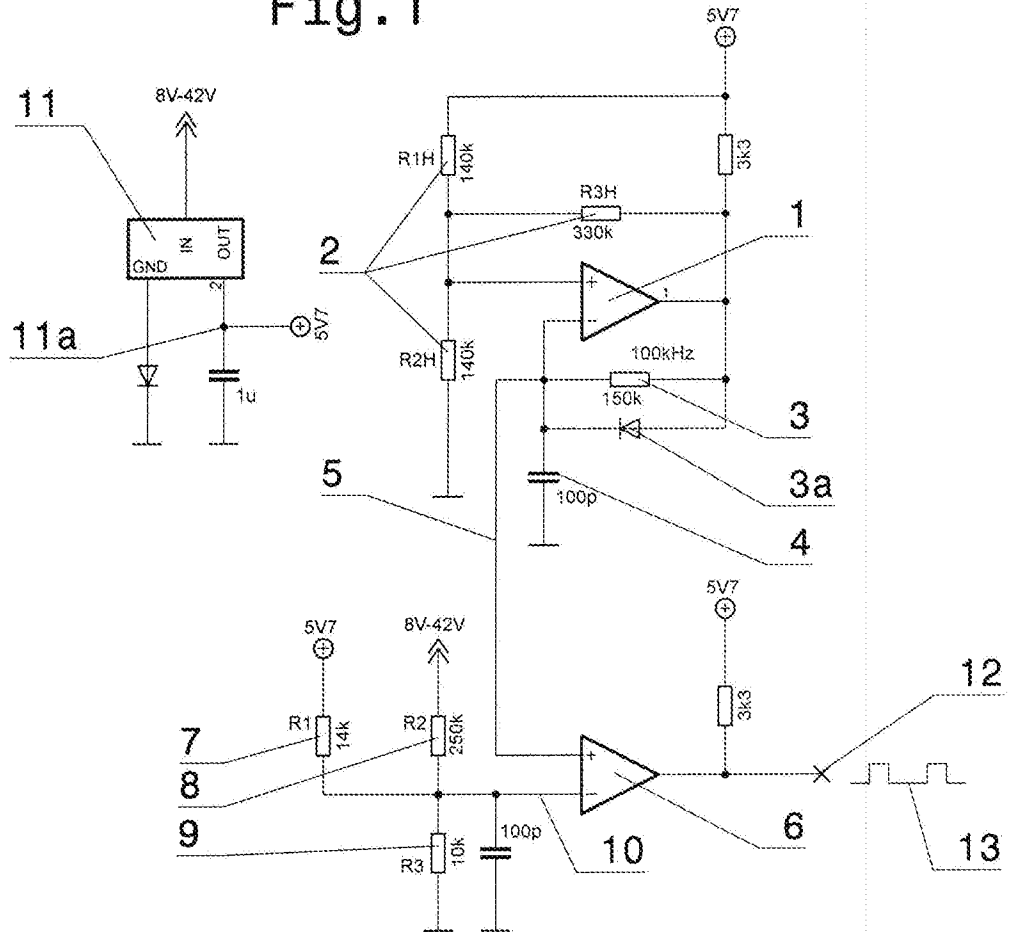
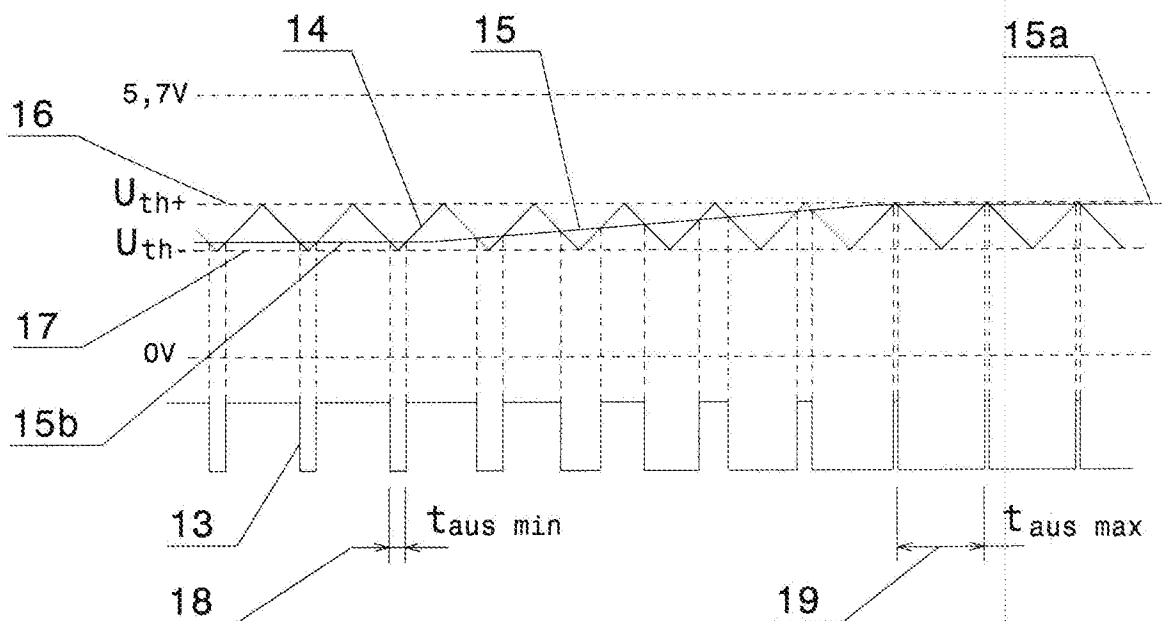


Fig. 2



3/4

Fig.5

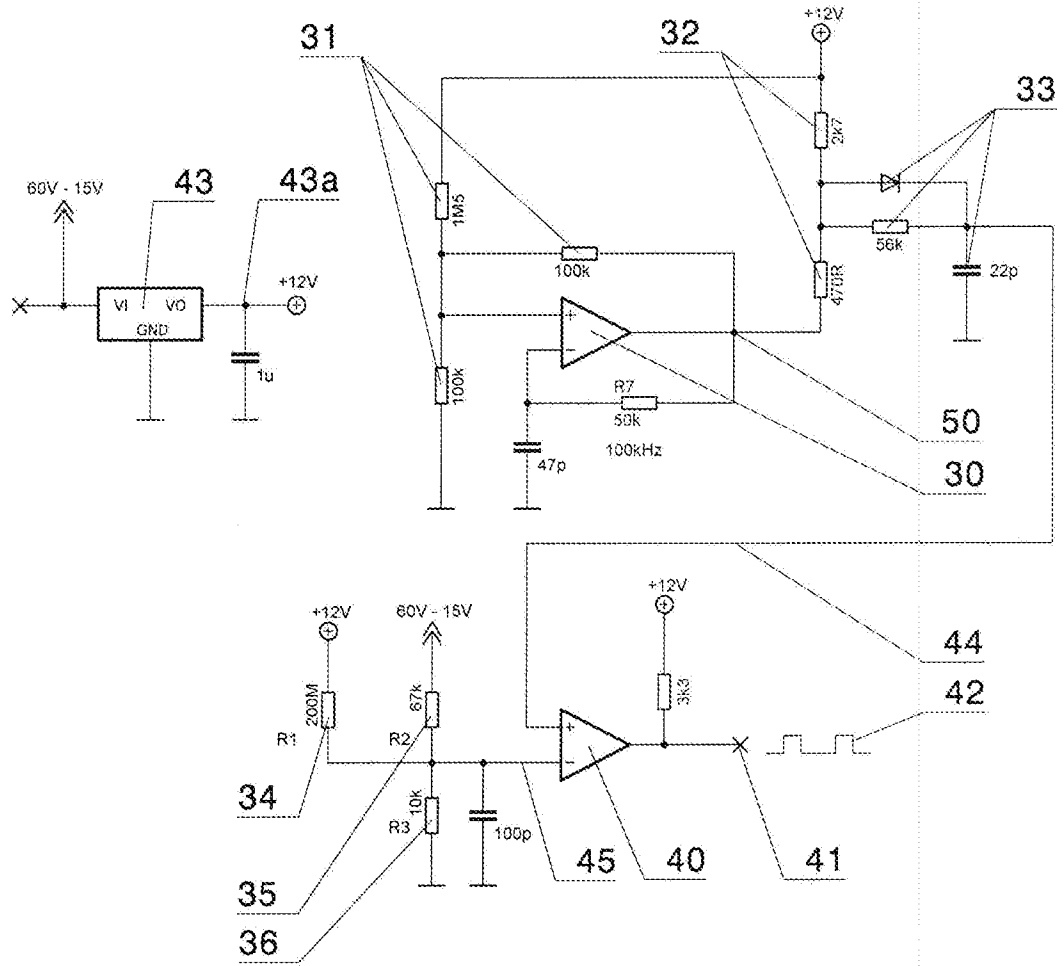
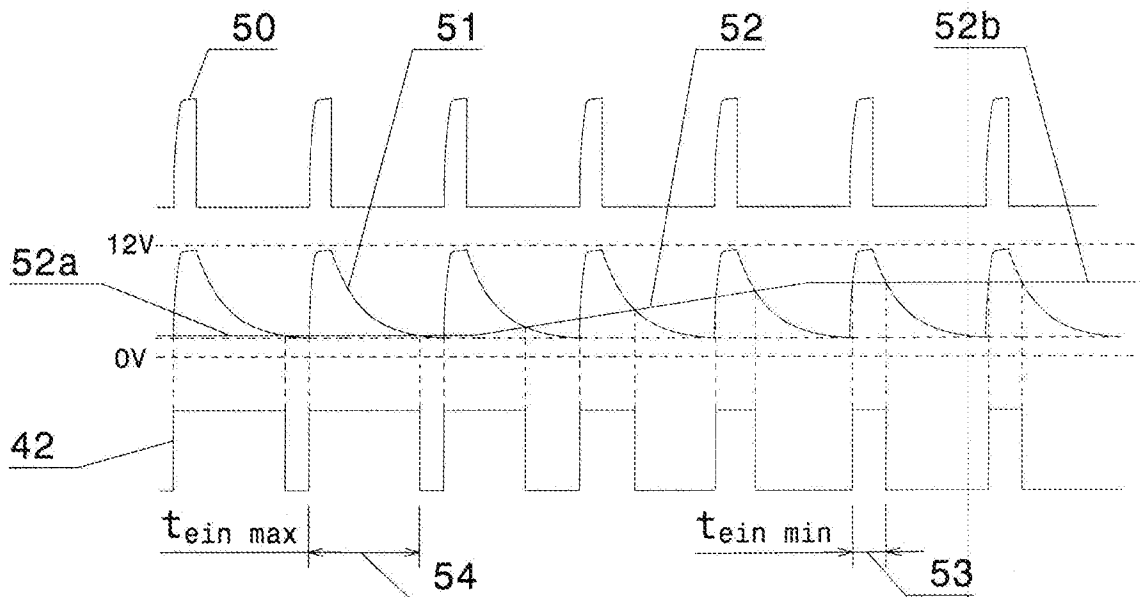


Fig.6



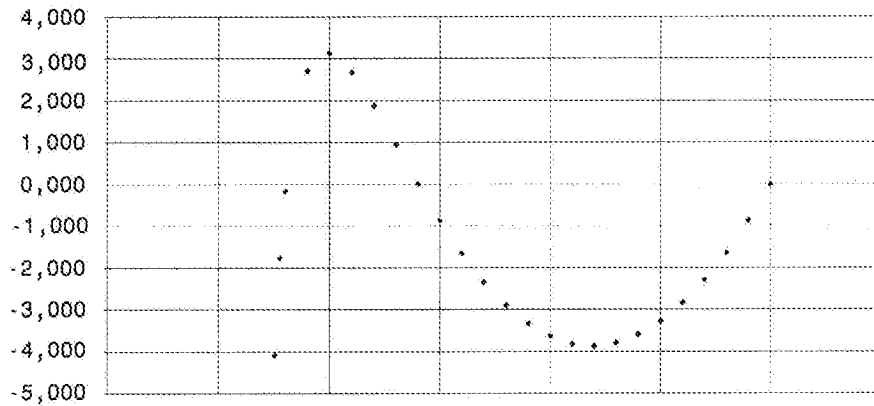
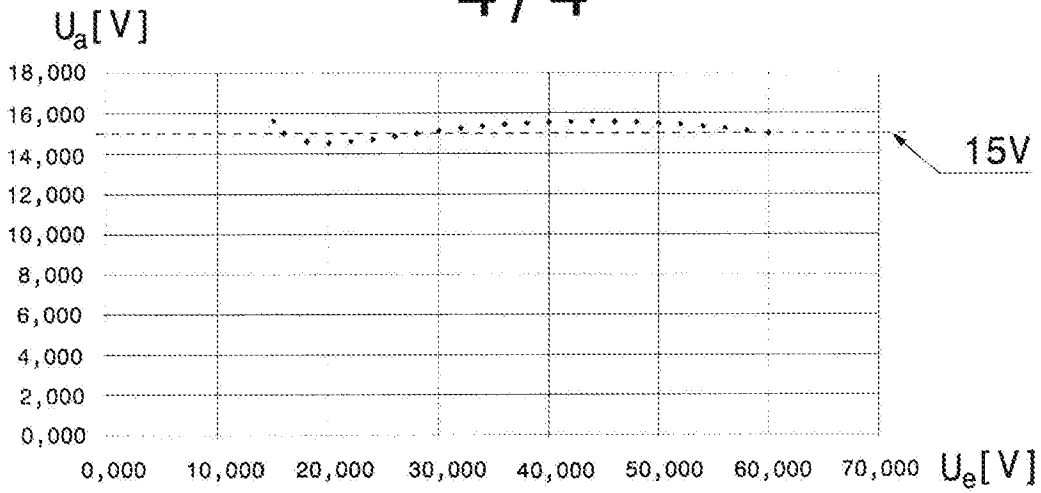


Fig.7

Abweichung[%]

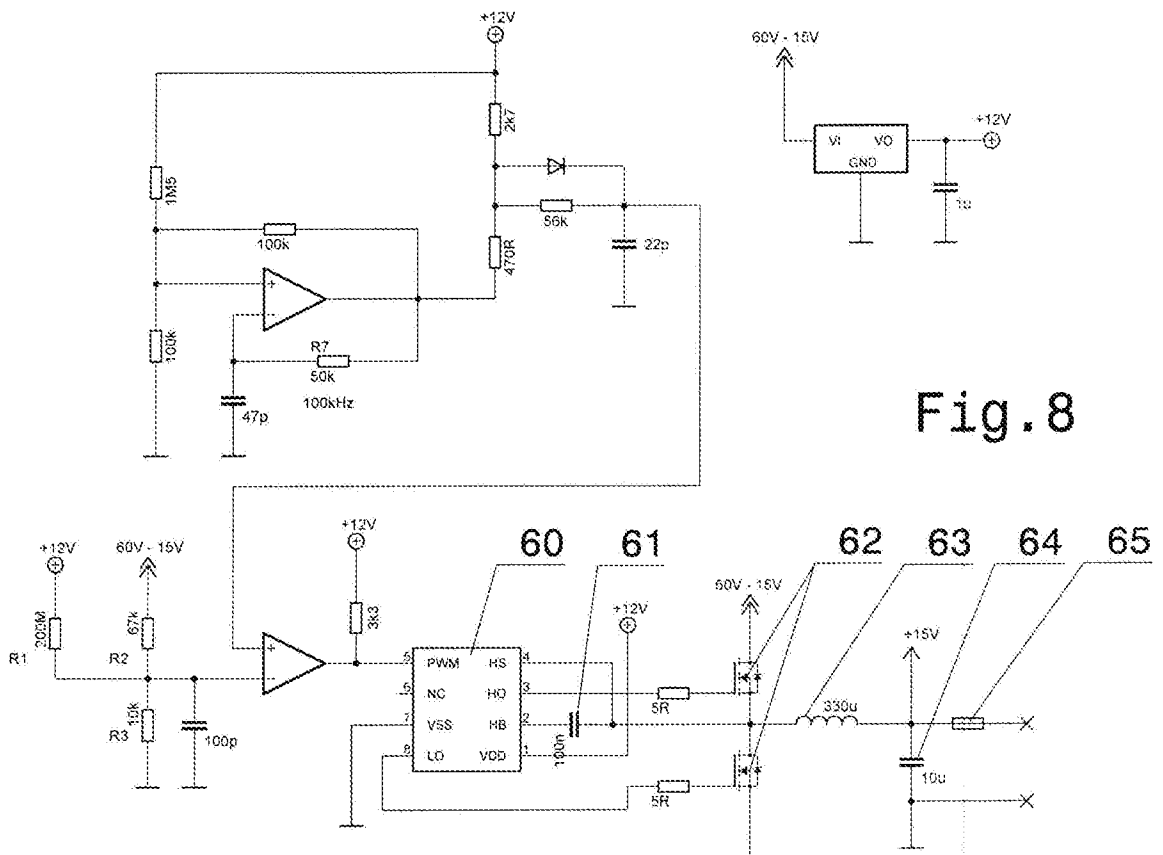


Fig.8

Patentansprüche

1. Pulsgenerator für unregelte, rückkopplungsfreie Gleichspannungs-Schalt-Synchron-Wandler mit variabler Wandler-Eingangsspannung ohne Rückführung der Ausgangsspannung, umfassend

- eine Schaltung, vorzugsweise einen IC mit zumindest 2 Analog-Komparatoren (1, 6, 30, 40),
- die Beschaltung eines der Komparatoren (1, 30) als Relaxationsoszillator
- eine Verbindung (5, 44) für eine vom Oszillator erzeugte (14, 50) oder abgeleitete (51) Schwingung mit dem zweiten Komparator (6, 40)
- einen Spannungsteiler mit Offset (7, 8, 9, 34, 35, 36) oder ohne Offset (8, 9, 35, 36),
- zumindest einen Hilfsspannungserzeuger (11, 43),

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine der Oszillatorschwingungen (14, 50) direkt oder über ein Verzögerungsglied (32, 33) mit einem der beiden Eingänge des zweiten Komparators (6, 40) so verbunden ist, dass ein Vergleich mit der am zweiten Eingang (10, 45) dieses Komparators (6, 40) anliegenden Steuerspannung aus der skalierten und ggf. auch versetzten Eingangsspannung des Gleichspannungswandlers einen Ausgangspuls (13, 42) liefert, der von der Eingangsspannung des Wandlers abhängig ist,
- die Skalierung und ggf. auch die Versetzung der Eingangsspannung des Wandlers durch einen Spannungsteiler (8, 9, 35, 36) ggf. mit Offset erfolgt, wobei dieser Offset durch den Widerstand (7, 34) zwischen dem Spannungsteiler-Knoten (10, 45) und einer Hilfsspannung (11a, 43a) hervorgerufen wird, die dem Hilfsspannungserzeuger (11, 43) entnommen ist.

2. Pulsgenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schmitttrigger-Schwellenspannungen (16, 17) des Oszillators durch Widerstände (2) so ausgelegt sind, dass der Oszillator zumindest näherungsweise einen Dreieckspuls (14) oder Sägezahnspuls an den Komparator (6) liefert,
- der Komparator (6) diesen Dreieckspuls bzw. Sägezahnspuls mit der Steuerspannung (15) des Wandlers vergleicht und dadurch einen Rechteckpuls (13) für Aufwärtswandler generiert, dessen Pulslücken (z. B. 18, 19) proportional zur Eingangsspannung des Wandlers sind,
- die Versorgung des Komparator-ICs durch den Hilfsspannungserzeuger (11) erfolgt.

3. Pulsgenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schmitttrigger-Schwellenspannungen des Oszillators durch Widerstände (31) so ausgelegt sind, dass der Oszillator einen Rechteckpuls (50) mit Ein-schalt-zeiten gegen die Periodendauer T liefert, die kleiner sind als das Verhältnis zwischen minimaler und maximaler Wandler-Eingangsspannung, wodurch nach Anhebung des Asymptotenpegels mit einem spannungsteilenden Pull-Up-Widerstand (32) am Ausgang des Komparators durch ein stromrichtungsabhängiges RC-Glied (33) als Verzögerungsglied ein abfallverzögerter Puls (51) auftritt,
- dieser Puls (51) mit der Steuerspannung des Gleichspannungswandlers durch einen zweiten Komparator (40) verglichen wird, so dass an diesem Komparatorausgang ein Rechteckpuls

- (42) auftritt, dessen Pulsweite im Wesentlichen umgekehrt proportional zur Eingangsspannung des Wandlers ist,
- die Versorgung des Komparator-ICs durch den Hilfsspannungserzeuger (43) erfolgt.
4. Gleichspannungswandler mit Pulsgenerator nach den vorigen Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Komponenten des Pulsgenerators zu einer integrierten Single-Chip-Schaltung zusammengefasst sind.
5. Gleichspannungswandler mit Pulsgenerator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- eine Sicherung (65), vorzugsweise eine rückstellende Sicherung, am Ausgang des Wandlers angebracht ist, welche die Kurzschlussfestigkeit der Wandler-Schaltung herstellt.