

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 908/2003
(22) Anmeldetag: 2003-06-12
(42) Beginn der Patentdauer: 2005-10-15
(45) Ausgabetag: 2006-07-15

(51) Int. Cl.⁷: H02M 3/335
H02M 1/088, G05F 1/565

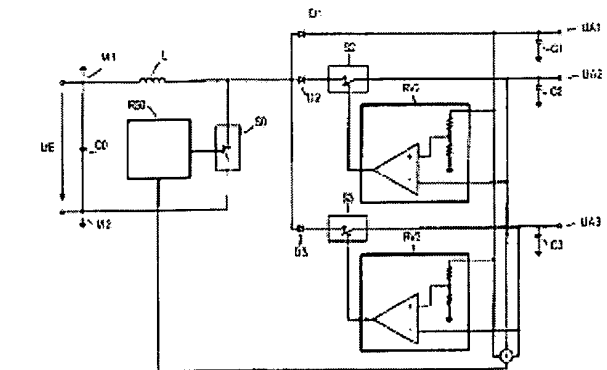
(56) Entgegenhaltungen:
EP 0438232A2 US 5594286A
US 4631654A

(73) Patentinhaber:
APHONA KOMMUNIKATIONSSYSTEME
ENTWICKLUNGS- UND
VERTRIEBSGMBH
A-1230 WIEN (AT).

(72) Erfinder:
KNORR JOHANNES DIPL.ING.
WIEN (AT).

(54) SPERRWANDLERSCHALTUNG UND SPANNUNGSWANDLER MIT MEHREREN AUSGÄNGEN MIT FESTEM VERHÄLTNIS DER AUSGANGSSPANNUNGEN

- (57) Diese Sperrwandlerschaltung besteht aus einem Eingangskreis, aufgebaut aus einem induktiven Bauelement (L) und einem in Serie liegenden, von einem Regler (RS0) angesteuerten Schalter (S0), und zumindest zwei Ausgangskreisen, deren gemeinsamer Anschlusspunkt zwischen Drossel (L) und Schalter (S0) liegt. Der erste Ausgangskreis enthält einen Gleichrichter (D1) und einen Kondensator (C1), während jeder weitere Ausgangskreis zusätzlich über einen von einem eigenen Regler (RV2, RV3) gesteuerten, in Serie liegenden Schalter (S2, S3) verfügt. Jeder ausgangsseitige Regler (RV2, RV3) erhält neben der eigenen Ausgangsspannung (z.B. UA1) als Regelgrößen zugeführt und regelt auf ein konstantes Verhältnis derselben, während der eingangsseitige Regler (RS0) die gewichtete oder ungewichtete Summe aller Ausgangsspannungen als Regelgröße heranzieht und damit den Absolutwert einstellt. Durch die Verwendung von eingangsseitigem Summenregler (RS0) und ausgangsseitigen Verhältnisreglern (RV2, RV3) wird ein weitgehend konstantes Verhältnis der Ausgangsspannungen zueinander nicht nur im Normalbetrieb, d.h. wenn alle Ausgänge ihre Nennspannung erreicht



Die Erfindung betrifft eine Sperrwandlerschaltung bzw. Spannungswandler mit mehreren Ausgängen zur Aufteilung des Wandler-Ausgangsstromes auf zwei oder mehrere Ausgänge gleicher oder auch unterschiedlicher Ausgangsspannung bei beliebiger Stromaufteilung, wobei die Stromaufteilung durch zeitliche gestaffelte bzw. geschachtelte Anschaltung der Ausgänge an den Wandler erfolgt und im Wandler nur ein einziges induktives Bauelement vorhanden ist.

Stand der Technik

Schaltungen dieser Art, ob nun basierend auf Sperrwandler, Flusswandler oder einer Kombination beider, entsprechen dem Stand der Technik. Ausführungsbeispiele sind z.B. in den Dokumenten AT 397 320 B, US 6,504,267 B1, US 6,522,110 B1, US 5,617,015 oder AT 404 306 B enthalten. Die Regelung der Ausgangsspannungen dieser Schaltungen beruht entweder darauf, dass für die Ausgänge separate Regler eingesetzt werden (AT 404 306 B), oder dass ein zentraler digitaler Steuer-Block die Steuerung der Schalter nach Vergleich der Ausgangsspannungen mit dem jeweiligen Sollwert bzw. einer Referenzspannung übernimmt (US 5,617,015 bzw. US 6,522,110 B1).

Patent AT 404 306 B zeigt einen Sperrwandler mit einem Ausgangskreis ohne gesteuerten Schalter und zumindest einem Ausgangskreis mit gesteuertem Schalter samt zugehörigem Regler. Als Regelgröße zur Steuerung des Schalters im Eingangskreis wird entweder die Ausgangsspannung des Ausgangskreises ohne gesteuerten Schalter oder das Reglerausgangssignal eines Ausgangskreises mit gesteuertem Schalter verwendet. Jeder Regler verfügt jedenfalls über eine Referenzspannung.

Patent EP 0 438 323 A2 zeigt die Erzeugung von zwei geregelten Ausgangsspannungen mit nur einem Schalttransistor. Die beiden Ausgangsspannungen können nahezu unabhängig voneinander über die Schaltfrequenz bzw. das Tastverhältnis des Ansteuersignals für den Transistor variiert werden. Dazu werden die Ausgangsspannungen getrennt voneinander erfasst und Schaltfrequenz bzw. Tastverhältnis entsprechend nachgeregelt. Nachteilig ist die Beschränkung auf zwei geregelte Ausgangsspannungen.

Patent US 5,594,286 schützt auch das Verfahren zur Regelung mehrerer, parallel auf einen Ausgang arbeitender Spannungswandler, sodass der Gesamtstrom auf die einzelnen Wandler aufgeteilt wird. Neben der Ausgangsspannung wird dazu der Ausgangsstrom jedes Wandlers erfasst und daraus ein Mittelwert gebildet. Die Abweichung der einzelnen Ströme vom Mittelwert führt, wenn diese einen bestimmte Größe überschreitet, zur Nachregelung des jeweiligen Wandlers (Pulsweitenmodulation).

Patent US 4,631,654 enthält einen Spannungswandler für zwei Zustände (Betrieb/Bereitschaft) mit zumindest zwei Ausgangsspannungen, die zueinander proportional sind. Diese Proportionalität kann z.B. durch einen Übertrager mit mehreren Sekundärkreisen erzielt werden. Die Regelung im Betriebszustand erfolgt dann beispielsweise dadurch, daß die Ausgangsspannungen über ein Widerstandsnetzwerk (das auch (Zener-)Dioden beinhalten kann) auf einen gemeinsamen Punkt zusammengeführt (Summenbildung, durch die (Zener-)Dioden auch mit nichtlinearer Gewichtung) und in der Folge mit einer Referenzspannung verglichen werden, ehe letztlich das Tastverhältnis des Schaltwandlers entsprechend verändert wird. Hier wird durch einen Summenregler in Verbindung mit der Eigenschaft des Übertragers, mehrere zueinander proportionale Ausgangsspannungen zu erzeugen, die Einstellung und Regelung der gewünschten Ausgangsspannungen erzielt. Nachteilig ist der verwendete Übertrager mit mehreren Ausgangskreisen, die bei variabler Stromverteilung nicht immer gleichmäßig ausgelastet und mehr oder weniger stark überdimensioniert sind.

Ziel der hier angestrebten Lösung ist es, unter Berücksichtigung geringer Bauteilkosten (wenn möglich, ohne Übertrager) zwei oder mehr Ausgangsspannungen zu erzeugen, eine veränderliche Stromaufteilung (für die Versorgung modularer Systeme) zu ermöglichen (unter Beibehal-

5 tung guter Regeleigenschaften und Vermeidung von überdimensionierten großen und teuren Baugruppentteilen wie separaten Sekundärwicklungen), und schließlich die Eigenschaft zu wahren, dass alle Ausgangsspannungen auch bei Überlastung einzelner oder aller Ausgangskreise sowie beim Einschalten (zumindest bis zu bzw. ab einer Spannung von 1 bis 2 Volt des Ausgangskreises mit der höchsten Ausgangsspannung) stets im gleichen Verhältnis stehen. Letzteres kann bei manchen Anwendungen von Vorteil sein, z.B. bei der Versorgung von Schaltungen von Logikfamilien mit unterschiedlicher Versorgungsspannung o.ä., und erleichtert die Detektion einer fehlerhaften Ausgangsspannung infolge Überlastung oder Kurzschlusses, da nur ein Ausgangskreis überwacht werden muss.

10 Beschreibung

15 Die vorgeschlagene Lösung beruht auf der Idee der Verwendung von Ausgangskreisen, wovon nur einer einen nicht schaltbaren Gleichrichter enthält und jeder weitere sehr wohl, wie dies bereits in Patent AT 404 306 dargelegt ist. Hier wird jedoch auf mehrere Sekundärwicklungen oder den Übertrager überhaupt zu Gunsten einer kostengünstigen Drossel verzichtet (die unabhängig von der Stromaufteilung stets vom Gesamtstrom durchflossen ist), wie dies auch in Patent US 6,504,267 B1 möglich ist.

20 Das geforderte feste Verhältnis der Ausgangsspannungen zueinander wird dadurch erreicht, dass die ausgangsseitigen Regler die zu regelnde Ausgangsspannung nicht mit einer festen Referenzspannung (wie z.B. in Patent AT 404 306 dargelegt) vergleichen, sondern mit der Ausgangsspannung eines anderen Ausgangs (Verhältnisregler). In Patent US 4,631,654 ist zwar ein Summenregler enthalten, der beide oder alle Ausgangsspannungen zur Steuerung des eingangsseitigen Schalters heranzieht, der Verhältnisregler fehlt jedoch: Das konstante Verhältnis der Ausgangsspannungen zueinander wird nur durch den Übertrager erreicht und wird deshalb bei wechselnder Belastung wegen der Wicklungswiderstände nicht gut eingehalten.

30 Damit der Absolutwert der Ausgangsspannungen eingehalten wird, wird die gewichtete oder ungewichtete Summe *aller* Ausgangsspannungen dem eingangsseitigen Regler zugeführt (Summenregler), der diese mit einer einzigen Referenzspannung vergleicht und den eingangsseitigen Schalter entsprechend ansteuert.

35 Wie erwähnt, ist in zu Patent US 5,594,286 eine Lösung zur Aufteilung des Gesamtstroms auf einzelne Teilströme (die Wandler-Ausgangsströme) enthalten, indem die Teilströme gemessen und mit deren Mittelwert verglichen werden. Bei der hier vorgeschlagenen Schaltung führt der direkte und hysteresefreie Vergleich jeweils zweier Ausgangsspannungen untereinander dazu, welche der beiden Ausgangskreise bevorzugt angeschaltet wird, was schließlich zu einem (variablen) Aufteilungsschlüssel für den Gesamtstrom auf die Ausgänge führt. Dadurch ist die präzise (und lastunabhängige) Ausregelung der Ausgangsspannungen zueinander gewährleistet. Die Erfassung der Summe aller Ausgangsspannungen (Mittelwertbildung) dient ausschließlich zur Regelung der Ansteuerung des eingangsseitigen Schalters.

45 Zur Erklärung des Reglerprinzips ein Beispiel. Im Fall einer Schaltung mit drei Ausgangsspannungen U_1 , U_2 , U_3 und einer Referenzspannung U_{REF} arbeitet der Summenregler so, dass die Bedingung

$$U_{REF} = U_1 + U_2 + U_3$$

50 erfüllt ist, während die zwei nötigen Verhältnisregler z.B. die Ausgangsspannungen U_1 und U_2 bzw. U_1 und U_3 in ein festes Verhältnis bringen, d.h.

$$U_2 = k_{12} \cdot U_1$$

$$U_3 = k_{13} \cdot U_1,$$

wobei durch k_{12} und k_{13} die Verhältnisse festgelegt sind. Die Konstanten k_{12} und k_{13} lassen sich z.B. mit Hilfe von Spannungsteilern einstellen. Durch diese unabhängigen drei Gleichungen und U_{REF} sind also die drei Unbekannten U_1 , U_2 , U_3 eindeutig bestimmt.

Fig. 1: Sperrwandler mit drei Ausgängen: Blockschaltbild

Fig. 2: Sperrwandler für +5V und +3.3V

Der hier beschriebene Gleichspannungswandler kann sehr einfach als Hochsetzsteller (ein Schalteranschluss des Eingangskreises liegt auf Massepotential) oder als Inverter (ein Drosselanschluss liegt auf Massepotential) ausgeführt sein. Im folgenden wird Fig. 1, wo das Blockschaltbild einer Sperrwandlerschaltung mit drei Ausgängen gezeigt ist, zur Funktionserklärung herangezogen. Nachfolgend wird das in Fig. 2 gezeigte, etwas detailliertere Ausführungsbeispiel eines Sperrwandlers für zwei Ausgangsspannungen beschrieben. Zunächst zum Prinzip (Fig. 1):

Ist der eingangsseitige Schalter S_0 geschlossen, liegt die Eingangsspannung U_E an der Drossel L an, und der Drosselstrom steigt von seinem Anfangswert bis zum neuerlichen Öffnen des Schalters S_0 linear auf ein Maximum an. Dieser Anfangswert kann Null (dreiecksförmiger Stromverlauf) oder größer als Null (trapezförmiger Stromverlauf) sein. In jedem Fall wird der Drosselstrom des Eingangskreises nach dem Öffnen des Schalters S_0 auf einen oder mehrere Ausgänge - im Beispiel sind es insgesamt drei - abgeleitet. Wie die Aufteilung auf die Ausgänge erfolgt, hängt von der momentanen Stellung der ausgangsseitigen Schalter S_2 und S_3 ab, wobei der Strom nur dann auf mehrere Ausgänge gleichzeitig fließen kann, wenn deren Ausgangsspannungen de facto exakt gleich groß sind (was praktisch kaum der Fall sein wird). Wenn U_{A1} die höchste Ausgangsspannung, U_{A2} die nächstkleinere und U_{A3} die niedrigste ist, wird bei geschlossenem Schalter S_3 der Strom zu Ausgang 3 fließen, während bei offenem Schalter S_3 und geschlossenem Schalter S_2 der Strom zu Ausgang 2 fließt. Nur wenn beide Schalter S_2 und S_3 offen sind, erhält der erste Ausgang den Strom.

Generell können die Ausgangsspannungen des zweiten und jedes weiteren Ausgangs U_{A2} bzw. U_{A3} nur kleiner oder höchstens gleich jener des ersten Ausgangs U_{A1} sein. Das Verhältnis der Ausgangsspannung U_{A2} , U_{A3} zu einer anderen wird durch den Spannungsteiler im jeweiligen ausgangsseitigen Regler RV_2 , RV_3 , der die Vergleichs-Ausgangsspannung herabsetzt, eingestellt. Wichtig bei der Anschaltung der Ausgangsspannungen an die ausgangsseitigen Regler RV_2 , RV_3 ist nur, dass nie zwei Regler zwei idente Ausgangsspannungen zugeführt bekommen, da dann der Bezug zu den anderen Ausgangsspannungen verloren ist.

Um Schaltverluste in den ausgangsseitigen Schaltern zu vermeiden, sollten diese während der Stromlosigkeit, also am besten knapp nach dem Schließen des eingangsseitigen Schalters S_0 oder knapp vor dessen Öffnen, geschaltet werden. Eine Taktung der ausgangsseitigen Schalter bietet sich an, die von jener der eingangsseitigen abgeleitet ist. Ob mit fester oder variabler Frequenz getaktet wird, bleibt dem Anwender überlassen.

Durch die ausgangsseitigen Regler RV_2 und RV_3 wird ein festes Verhältnis zwischen den drei Ausgangsspannungen erzwungen, das weder von der Belastung noch von der Höhe der Ausgangsspannung des jeweiligen Ausgangs abhängig ist (in der Praxis wird oft eine Untergrenze von 1 bis 2 Volt existieren, wo der meist von einer Ausgangsspannung gespeiste Regler RV_2 , RV_3 zu arbeiten beginnt). Um die Absolutwerte der Ausgangsspannungen festzulegen, erfasst der eingangsseitige Regler RS_0 die Summe aller Ausgangsspannungen und regelt danach das Tastverhältnis oder die Pulsfrequenz des eingangsseitigen Schalters S_0 . Die Summenbildung kann gewichtet mit der Größe der Ausgangsspannung erfolgen, sodass alle Ausgänge gleiche relative Restfehler aufweisen, oder ungewichtet sein, wodurch - idente Ausgangskondensatoren bzw. optionale, nachfolgende Filterkreise vorausgesetzt - die auf die Regelung des Eingangs-

kreises wirkenden Störungen, die von der Ausgangswelligkeit an den Ausgängen herrühren, von der jeweiligen Schalterstellung von S2 und S3 praktisch unabhängig werden.

Wenn die Spezifikationen der Ausgangskreise es zulassen, kann durch Überwachung des eingangseitigen, z.B. des durch den Schalter S0 getaktet fließenden Stroms mit Hilfe eines Iststrommessers (Shunt) bei der Ausführung der Schaltung als Inverter eine einfache Möglichkeit des Kurzschluss- und Überlastungsschutzes erreicht werden. Dann ergeben sich für alle Ausgangskreise idente Kurzschlussströme.

Fig. 2 zeigt ein einfaches, konkreteres Schaltungsbeispiel für zwei Ausgangsspannungen (+5V und +3.3V), erzeugt aus einer negativen Eingangsspannung (-30V). Der eingangseitige Regler RS0 zur Ansteuerung des Schalters S0 (N-Kanal-Feldeffekttransistor) arbeitet im Strommodus mit fixer Taktfrequenz. Zur Stromerfassung dient der in Serie zu S0 liegende Shuntwiderstand RM. Um den Drosselstrom zwischen den beiden Ausgängen zu schalten, wird Schalter S2 (P-Kanal-Feldeffekttransistor mit niedriger Schwellspannung) durch das in Regler RV2 enthaltene Flipflop angesteuert. Dieses z.B. in HCMOS-Technik aufgebaute Flipflop FF wird mit jedem Mal, wenn der eingangseitige Schalter S0 schließt, über das am Drosselanschluss liegende RC-Netzwerk RC getaktet. Der im Regler RV2 eingebaute schnelle Differenzverstärker vergleicht die beiden Ausgangsspannungen und steuert unmittelbar den Zustand nach dem Takten des Flipflops, wodurch eine schnelle Regelung und ein stromloses Schalten von S2 gewährleistet sind. Der gesamte Regler RV2 wird von der höheren Ausgangsspannung (+5V) gespeist und ist ab 1-2V funktionsfähig. Die Summe der beiden Ausgangsspannungen wird über zwei idente Widerstände R erfasst und ungewichtet über den angeschlossenen Transistor T und den am Eingangsspannungsanschluss liegenden Widerstand RFB dem Regler RS0 zugeführt. Die Temperaturdrift der Basis-Emitterstrecke des Transistors T wird in Kauf genommen. Die Stromumlenkung selbst erfolgt durch die als Schottky- oder PN-Dioden ausgeführten Gleichrichter D1 und D2. Die Schaltung ist kurzschlussfest und arbeitet typisch bei einer Schaltfrequenz von 50 bis 150kHz.

Insgesamt bietet das vorgestellte Schaltungskonzept mit kombinierter Verhältnis- und Summenregelung gute Kreuzregeleigenschaften bei beliebiger, auch zeitlich veränderlicher Aufteilung des Drosselstroms auf die Ausgänge und praktisch immer konstantem Verhältnis der Ausgangsspannungen, was speziell beim Einschalten der Speisespannung miteinander kommunizierender Digitalschaltkreise unterschiedlicher Versorgungsspannung sowie bei (beginnender) Überlastung Vorteile bringt, wenn eine Versorgungsspannung allein abzusinken droht.

Patentansprüche:

1. Sperrwandler mit einem Masseanschluss (M1 oder M2) und einem an der Eingangsspannung (UE) liegenden Eingangskreis, gebildet durch ein induktives Bauelement (L) und einen in Serie liegenden Schalter (S0), welcher durch einen Steuerimpuls von einem mit zumindest einem Reglereingang ausgestatteten Regler (RS0) angesteuert wird, zumindest zwei Ausgangskreisen, deren gemeinsamer Anschlusspunkt zwischen Schalter (S0) und dem induktivem Bauelement (L) liegt, wobei der erste Ausgangskreis von einem Gleichrichter (D1) und einem in Serie liegenden, an Masse geschalteten Ladekondensator (C1) gebildet wird, während jeder zweite oder weitere Ausgangskreis außer Gleichrichter (D2, D3) und in Serie liegenden, an Masse geschalteten Ladekondensator (C2, C3) einen dazwischengeschalteten, von einem eigenen, mit je einem nichtinvertierenden und einem invertierenden Reglereingang ausgestatteten Regler (RV2, RV3) durch einen Steuerimpuls angesteuerten Schalter (S2, S3) enthält, einer Summierschaltung (S) und eventuell einem oder mehreren Spannungsteiler(n) (ST2, ST3), *dadurch gekennzeichnet*, dass der invertierende Reglereingang des Reglers (RV2, RV3) des zweiten oder weiteren Ausgangskreises mit dem jeweiligen Ausgang (UA2, UA3) verbunden ist und der nichtinvertierende Reglereingang entweder mit der Mittelanzapfung des parallel zum Ladekondensator eines ande-

ren Ausgangs (UA1) geschalteten Spannungsteilers (ST2, ST3) verbunden oder direkt an diesen anderen Ausgang (UA1) geschaltet ist, während ein Reglereingang des Reglers (RS0) des Eingangskreises an den Ausgang der Summierschaltung (S) geschaltet und jeder Ausgang (UA1, UA2, UA3) des Sperrwandlers mit einem Eingang dieser Summierschaltung verbunden ist.

2. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass der oder die Schalter (S2, S3) des oder der Ausgangskreise(s) eine Diodenstrecke (D2) enthält(enthalten), und dass diese(r) als Transistor, Feldeffekttransistor oder IGBT ausgeführt ist (sind).
3. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Eingangskreis einen Iststrommesser, insbesondere einen Strommesswiderstand (Shunt) (RM) zur Erfassung des Eingangsstroms aufweist, dessen Messsignal einem Reglereingang des Reglers (RS0) des Eingangskreises zugeführt ist.
4. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein zweiter Reglereingang des Reglers (RS0) des Eingangskreises an die Eingangsspannung (UE) angeschlossen ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

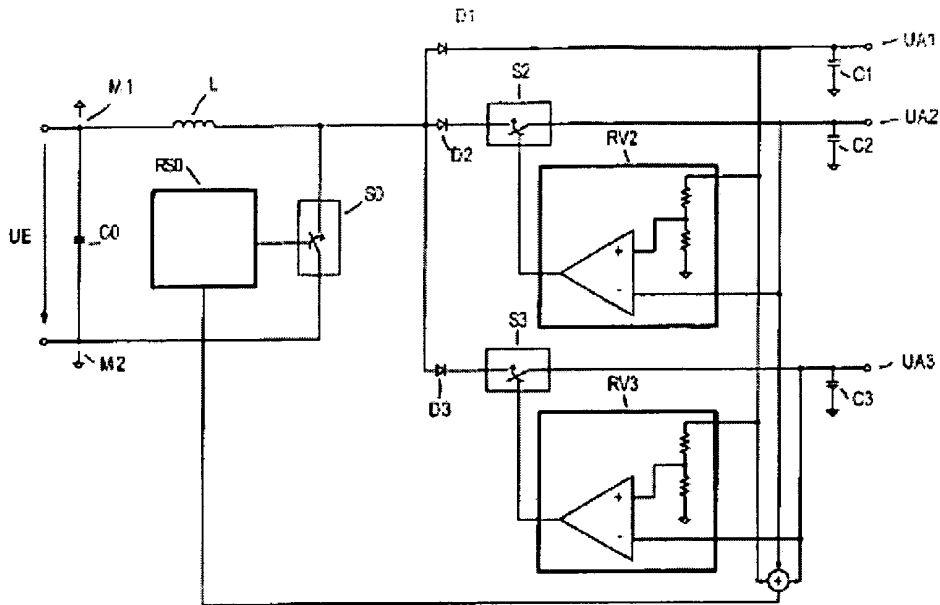


Fig. 1

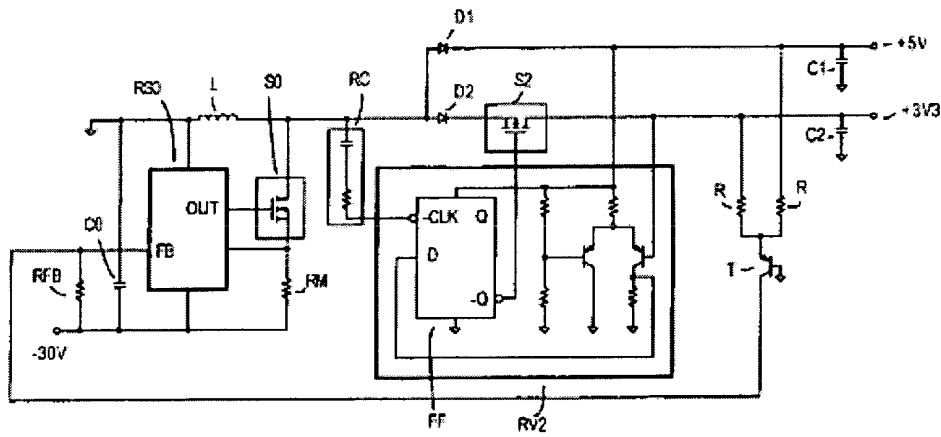


Fig. 2