

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 715 237 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
05.06.1996 Patentblatt 1996/23

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **G05F 1/56**

(21) Anmeldenummer: 95118311.0

(22) Anmeldetag: 21.11.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT NL**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**D-80333 München (DE)**

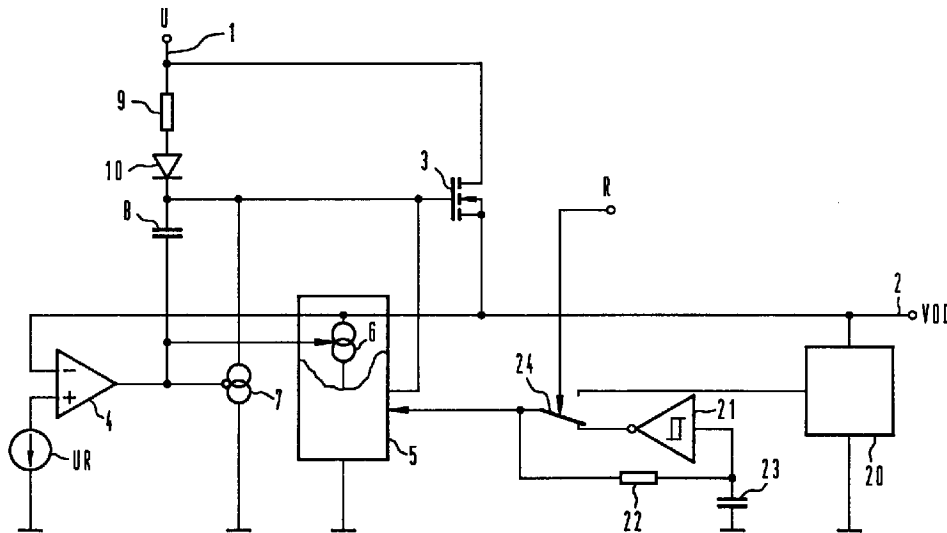
(30) Priorität: 29.11.1994 DE 4442466

(72) Erfinder: **Feldtkeller, Martin, Dipl.-Ing.**  
**D-81543 München (DE)**

### (54) Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer geregelten Ausgangsspannung

(57) Eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer geregelten Ausgangsspannung aus einer unregelmäßigen Eingangsspannung enthält einen mit seiner Laststrecke zwischen den Eingangs- und Ausgangsanschluß (1, 2) geschalteten MOS-Transistor (3). Der Ausgang eines Regelverstärkers (4) ist über eine Kapazität (8) mit dem Gateanschluß des MOS-Transistors (3) verbunden. Eine vom Regelverstärker Ausgang invers angesteuerte Stromquelle (7) dient zur Entladung

der Kapazität (8). Dadurch werden Schwankungen der geregelten Ausgangsspannung (VDD) dynamisch ausgeglichen. Eine vom Regelverstärker Ausgang gleichsinnig angesteuerte Ladungspumpe (5) sorgt für eine statische Ansteuerung des Gateanschlusses des MOS-Transistors (3). Die Schaltung kann monolithisch integriert werden. Sie weist eine geringe Verlustleistung und einen geringen Flächenverbrauch auf.



EP 0 715 237 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer geregelten Ausgangsspannung aus einer unregelmäßigen Eingangsspannung mit einem Transistor, dessen Laststrompfad zwischen den Eingangsanschluß zum Zuführen der unregelmäßigen Eingangsspannung und den Ausgangsanschluß zum Abgriff der geregelten Ausgangsspannung geschaltet ist, und mit einem Regelverstärker, dem die geregelte Ausgangsspannung zuführbar ist und dessen Ausgangsanschluß mit dem Steueranschluß des Transistors gekoppelt ist.

Spannungsregler sind notwendig, wenn eine von außen zuführbare Versorgungsspannung starken Schwankungen unterliegt, die zu versorgenden Funktionseinheiten jedoch eine möglichst konstante Betriebsspannung erfordern. Um einen großen zulässigen Schwankungsbereich der Eingangsspannung zu erhalten, so daß die versorgten Funktionseinheiten auch bei möglichst niedriger Eingangsspannung noch arbeiten, ist es notwendig, daß der Spannungsabfall zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung möglichst gering ist. Diese Anforderungen liegen beispielsweise im Bereich der Kraftfahrzeugelektronik vor.

Spannungsregler mit geringem Spannungsverlust sind beispielsweise im Lehrbuch Tietze, Schenk: "Halbleiterschaltungstechnik", 9. Auflage, 1991, Kapitel 18.3.4, Seiten 547 bis 549 beschrieben. Zwischen dem Anschluß für die unregelmäßige Eingangsspannung und dem Anschluß für die geregelte Ausgangsspannung ist der Laststrompfad eines pnp-Transistors geschaltet, wobei dessen Emitter mit dem eingangsseitigen Anschluß und dessen Kollektor mit dem ausgangsseitigen Anschluß verbunden ist. Heutzutage sind die vom Spannungsregler zu versorgenden Funktionseinheiten üblicherweise in CMOS-Technologie hergestellt, die einen hohen Integrationsgrad und eine geringe Verlustleistung bei niedrigen Kosten ermöglicht. Wenn der Spannungsregler zum Erreichen einer möglichst hohen Integrationsdichte auf dem CMOS-Schaltkreis zusammen mit den zu versorgenden Funktionseinheiten angeordnet sein soll, bestehen Probleme bei der Realisierung des Regeltransistors. Die Herstellung eines derartigen für eine hohe Stromaufnahme ausgebildeten bipolaren pnp-Regeltransistors ist in CMOS-Herstellungsprozessen nicht ohne weiteres möglich.

In der deutschen Offenlegungsschrift DE-A1-37 16 880 ist eine Spannungsregelschaltung gezeigt, bei der der Laststrompfad eines MOS-Transistors zwischen den Eingangsanschluß zum Anschluß einer unregelmäßigen Batteriegleichspannung und den Ausgangsanschluß, an dem die geregelte Ausgangsspannung zum Anschluß einer Last anliegt, geschaltet ist. Eine Regelverstärkerschaltung, der die geregelte Ausgangsspannung zuführbar ist, sorgt für die Ansteuerung des MOS-Transistors. Die Versorgungsspannung des Regelverstärkers wird von einer Spannungszerhackerschaltung bereitgestellt,

die für eine Spannungsverdopplung sorgt, so daß der MOS-Transistor voll angesteuert wird.

In der Literaturstelle Electronic Design, "Microcontroller Switches 5-A, 60-V Current Pulses", 14. Oktober 1993, Seiten 71 bis 79 ist eine Schaltung zur Ansteuerung von MOS-Transistoren gezeigt, bei der ein High-Side-Schalter von einer Ladungspumpe angesteuert wird. Die Ladungspumpe erzeugt eine über der Versorgungsspannung des MOS-Transistor liegende Spannung.

In der deutschen Patentschrift DE-C2-30 10 618 ist eine Konstantspannungsschaltung gezeigt, bei der im Eingangs-Ausgangsstrompfad die Emitter-Kollektor-Strecke eines Bipolartransistors liegt, dessen Basisanschluß von einer Regelschaltung gesteuert wird. Eine Anlaufschaltung sorgt für eine sichere Inbetriebnahme der Schaltung. Die Anlaufstufe enthält einen Kondensator, dessen erster Anschluß an die unregelmäßige Eingangsspannung angeschlossen ist und dessen zweiter Anschluß über einen Widerstand nach Bezugspotential geschaltet ist. Der zweite Anschluß des Kondensators ist außerdem über einen Widerstand und über eine Diode in die Regelschaltung geführt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die vollständig in CMOS-Technologie herstellbar ist. Sie soll eine möglichst geringe Verlustleistung bei gutem Regelverhalten aufweisen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Schaltungsanordnung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die den Ausgang des Regelverstärkers auf den Steueranschluß des Transistors koppelnde Kapazität sorgt dafür, daß die Ausgangsspannung auch schnelle ausgangsseitige Laständerungen ausregelt. Die Ladungspumpe sorgt für die relativ langsame, statische Steuerung des Regeltransistors. Die Ladungspumpe kann demnach für eine geringe Stromaufnahme dimensioniert werden. Dies bedeutet außerdem, daß die in der Ladungspumpe bekanntlich notwendigen Kapazitäten relativ klein dimensioniert werden können. Die integrierte Realisierung des Spannungsreglers benötigt demnach einen geringen Strom und eine geringe Fläche.

Als Regeltransistor kann ein MOS-Transistor verwendet werden, dessen Drain-Source-Strompfad zwischen Eingangs- und Ausgangsanschluß geschaltet ist. Alle Schaltungselemente des Spannungsreglers können dann in integrierter CMOS-Technologie mit der Möglichkeit der Integration von MOS-Leistungstransistoren hergestellt werden. Vorzugsweise eignet sich ein D-MOS-Leistungstransistor.

Der Regelverstärker weist vorzugsweise eine hohe Bandbreite und einen niedrigen Ausgangswiderstand auf. Der Kapazitätswert der zwischen Regelverstärker-Ausgang und Steuereingang des Regeltransistors geschalteten Kapazität sollte in der Größenordnung der Eingangskapazität des MOS-Transistors liegen, vor-

zugsweise im Bereich vom 1/4-fachen bis zum Einfachen der Eingangskapazität des MOS-Transistors.

Ladungspumpen arbeiten bekanntlich taktgesteuert. Zur Bereitstellung des Arbeitstakts der Ladungspumpe weist die integrierte Halbleiterschaltung eine Taktzubereitungsschaltung auf, die gegebenenfalls auf einen externen Takt synchronisiert ist. Da die Taktzubereitungsschaltung von der geregelten Ausgangsspannung versorgt wird, steht beim Einschalten der unregelmäßigen Eingangsspannung kein zuverlässiges Taktsignal zur Steuerung der Ladungspumpe zur Verfügung. Es ist deshalb erforderlich, daß die geregelte Ausgangsspannung und somit auch die ordnungsgemäße Funktion der Ladungspumpe bereits vorliegen, bevor die Takterzeugungsschaltung aktiviert wird. Beim Einschalten des Systems, was beispielsweise durch einen entsprechenden Zustand eines Reset-Signals angezeigt wird, wird die Taktversorgung der Ladungspumpe von einem freischwingenden Oszillator bereitgestellt. Dies ist beispielsweise ein über einen Schmitt-Trigger rückgekoppeltes RC-Glied. Wenn die Ausgangsspannung geregelt vorliegt, wird das Reset-Signal abgeschaltet, und ein vom Reset-Signal gesteuerter Multiplexer trennt die Rückkopplung des RC-Glieds auf, so daß nunmehr der stabil vorliegende Systemtakt in die Ladungspumpe eingespeist wird. Dadurch wird außerdem erreicht, daß die Ladungspumpe synchron zum Systemtakt arbeitet und keine Störungen durch Überlagerung von Schwingungen verursacht werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand des in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Figur zeigt die prinzipielle Realisierung der Spannungsregelungsschaltung sowie die Schaltung zur Bereitstellung des Taktsignals für die Ladungspumpe. Die unregelmäßige Eingangsspannung U wird an einem Eingangsanschluß 1 zugeführt. Dieser ist über die Drain-Source-Strecke eines selbstsperrenden n-Kanal-MOS-Transistors 3 mit einem Ausgangsanschluß 2 zum Abgriff der geregelten Ausgangsspannung VDD verbunden. Die Ausgangsspannung VDD wird dem Minus-Eingang eines Regelverstärkers 4 zugeführt. Dessen Plus-Eingang liegt an einer Referenzspannung UR. Der Ausgang des Regelverstärkers 4 ist über einen Kondensator 8 auf den Gateanschluß des MOS-Transistors 3 gekoppelt. Eine zwischen den Gateanschluß des MOS-Transistors 3 und Bezugspotential (Masse) geschaltete steuerbare Stromquelle 7 wird vom Ausgangssignal des Regelverstärkers 4 invertiert angesteuert. Außerdem ist eine Ladungspumpe 5 vorgesehen, deren Ausgangsanschluß für eine erhöhte Ausgangsspannung mit dem Gateanschluß des MOS-Transistors 3 verbunden ist. In der Ladungspumpe 5 ist eine Stromquelle 6 vorgesehen, die vom Ausgangssignal des Regelverstärkers 4 gleichsinnig angesteuert wird und durch die die Höhe der von der Ladungspumpe 5 erzeugten Ausgangsspannung steuerbar ist.

Die Spannungsregelungsschaltung arbeitet folgendermaßen: Wenn die geregelte Ausgangsspannung VDD am Anschluß 2 beispielsweise aufgrund einer sich

ändernden Belastung abfällt, wird die vom Regelverstärker 4 gebildete Regelabweichung erhöht. Das Ausgangssignal des Regelverstärkers 4 steigt an. Der Spannungsanstieg wird über den Kondensator 8 auf den Gateanschluß des MOS-Transistors 3 übertragen. Durch den relativ konstanten Spannungsabfall längs der Gate-Source-Strecke des MOS-Transistors 3 wird die Spannung am Anschluß 2 angehoben. Der Strom durch die den Kondensator 8 entladende Stromquelle 7 wird wegen der gegensinnigen Ansteuerung vom Ausgang des Regelverstärkers 4 verringert. Das dynamische Verhalten des Regelkreises bei schnellen Belastungsänderungen der Ausgangsspannung wird im wesentlichen durch die kapazitive Kopplung des Regelverstärkerausgangs zum Steuereingang des Regeltransistors bestimmt.

Die statische Einstellung des Gatepotentials des Transistors 3 erfolgt über die Ladungspumpe 5. Der von der Stromquelle 6 eingeprägte Strom wird im vorliegend betrachteten Betriebszustand durch das ansteigende Ausgangssignal des Regelverstärkers 4 erhöht. Dies sorgt dafür, daß die Ausgangsspannung der Ladungspumpe 5 erhöht wird. Die Gatespannung des MOS-Transistors 3 wird dadurch statisch gestützt. Die Stromquelle 6 bezieht ihren Strom vom Ausgangsspannungsanschluß, wobei dieser durch die statische Regelung nachgeregelt wird. Da die Ladungspumpe 5 den Ausgangsspannungsschwankungen am Anschluß 2 nur relativ langsam zu folgen braucht, kann die Ladungspumpe für eine relativ geringe Stromaufnahme dimensioniert werden. Die in der Ladungspumpe 5 vorgesehenen Kapazitäten in Form von mindestens einem Ladekondensator und einem Umladekondensator können relativ klein dimensioniert werden. Da Kondensatoren bei der monolithischen Integration flächenkritisch sind, weist die gesamte Spannungsregelungsschaltung einen geringen Flächenverbrauch auf.

Heutzutage sind Herstellungsprozesse bekannt, bei denen Logikschaltungen gemeinsam mit MOS-Leistungstransistoren auf einer integrierten Schaltung hergestellt werden können. Mit derartigen MOS-Transistoren wurden bei praktischen Versuchen ein Spannungsabfall am MOS-Transistor und entsprechenderweise ein Unterschied zwischen Ausgangsspannung VDD und Eingangsspannung U von etwa 0,4 Volt erreicht. Die Gesamtschaltung kann demnach auch bei relativ niedriger unregelmäßiger Eingangsspannung U betrieben werden.

Zum Einschwingen der Regelung ist eine zwischen dem Anschluß 1 für die Eingangsspannung U und dem Gateanschluß des MOS-Transistors 3 geschaltete Anlaufschaltung vorgesehen. Diese enthält einen Strombegrenzungswiderstand 9 und eine Diode 10, deren Kathodenanschluß mit dem Gateanschluß des MOS-Transistors 3 verbunden ist. Beim Einschalten der Eingangsspannung U sind der Kondensator 8 sowie die in der Ladungspumpe 5 vorliegenden Kondensatoren ungeladen. Die Ausgangsspannung VDD liegt deshalb auf etwa 0 Volt. Durch die Anlaufschaltung wird dann der

Gateanschluß des MOS-Transistors 3 über die Diode 10 an die Eingangsspannung U gekoppelt, so daß am Anschluß 2 eine anfängliche Betriebsspannung vorliegt. Die Eingangsspannung U muß mindestens so groß sein, daß diese anfängliche Betriebsspannung ausreicht, damit die Regelschaltung anschwingt. Der Strombegrenzungswiderstand 9 ist relativ hochohmig zu dimensionieren, so daß die Stromquelle 7 im eingeschwungenen Zustand nicht überlastet wird.

Es hat sich gezeigt, daß mit zunehmender Kapazität des Kondensators 8 die Ausgangsspannungsschwankung zunehmend schneller dynamisch ausgeregelt werden kann. Um den Flächenverbrauch des Kondensators 8 trotzdem möglichst gering zu halten, sollte dessen Kapazität zweckmäßigerweise etwa in der Größenordnung der Eingangskapazität des Gateanschlusses des MOS-Transistors 3 liegen. In der Praxis wird auch ein gutes Regelverhalten noch erreicht, wenn der Kondensator 8 einen Kapazitätswert von 1/4 der Eingangskapazität des MOS-Transistors 3 aufweist.

Die Ladungspumpe 5 kann nach herkömmlichen Schaltungsprinzipien realisiert werden. Sie enthält beispielsweise einen Ladekondensator, an dem die erhöhte Ausgangsspannung abgreifbar ist. Der Ladekondensator wird von einer Umladekapazität aufgeladen und nachgeladen. Diese wird während einer ersten Schaltphase aus der Versorgungsspannung aufgeladen, während einer zweiten Schaltphase wird die gespeicherte Ladung mit umgekehrter Orientierung an den Ladekondensator übertragen. Hierzu ist bekanntlich eine Taktsteuerung notwendig. Im eingeschwungenen Zustand wird die Taktsteuerung für die Ladungspumpe 5 von einer üblicherweise in der integrierten Schaltung vorgesehenen Takterzeugungseinrichtung 20 versorgt. Die Einrichtung 20 sorgt für die funktionsgerechte Taktaufbereitung und -verteilung an sämtliche Funktionseinheiten der integrierten Schaltung. Sie wird aus der geregelten Versorgungsspannung VDD am Anschluß 2 mit Spannung versorgt. Aus diesem Grunde ist die Takterzeugungseinrichtung 20 beim Einschalten der Eingangsspannung U noch nicht aktiv. Der zum Einschwingen der Regelung notwendige Takt für die Ladungspumpe wird deshalb während der Einschwingphase von einem frei schwingenden Oszillator 21...23 versorgt. Zur Umschaltung zwischen dem aus dem frei schwingenden Oszillator 21...23 erzeugten Taktsignal und dem aus der Takterzeugungseinrichtung 20 erzeugten Taktsignal ist ein Multiplexer 24 vorgesehen. Dessen Eingang zur Steuerung der Schalteinstellung wird von einem Signal R gesteuert. Das Signal R ist das üblicherweise vorliegende Reset-Signal, das aktiv ist, solange die Einschwingphase vorliegt und die geregelte Ausgangsspannung VDD noch nicht ihren Sollwert erreicht hat. Der frei schwingende Oszillator enthält ein RC-Glied 22, 23, dessen Ausgang über einen Schmitt-Trigger 21 auf seinen Eingang rückgekoppelt ist. Wenn die Ausgangsspannung VDD ihren Sollwert erreicht hat, wird das Reset-Signal R deaktiviert, so daß der Multiplexer 24 zur Takterzeugungsschaltung 20 umschaltet und die

Rückkopplung des frei schwingenden Oszillators aufgetrennt wird. Die Ladungspumpe schwingt nun synchron zum Systemtakt. Sie kann dann keine durch Überlagerung von Schwingungen hervorgerufene Störungen verursachen. Während der Einschwingphase kann der frei schwingende Oszillator, insbesondere der Schmitt-Trigger 21, aus der anfänglich anliegenden Betriebsspannung VDD versorgt werden.

Das aktive Reset-Signal R kann beispielsweise eine bestimmte Zeitspanne lang nach dem Einschalten beispielsweise unter Anwendung einer Zeitverzögerungsschaltung aktiviert werden. Die Zeitverzögerung muß derart lang bemessen sein, daß die geregelte Ausgangsspannung VDD stabil mit dem Sollwert vorliegt.

Alternativ dazu kann das Reset-Signal R aus dem internen Betriebszustand der gezeigten Schaltung abgeleitet werden. Hierzu wird die Spannung VDD am Anschluß 2 abgegriffen und mit einer geeignet gewählten Schwelle verglichen. Wird die Schwelle überschritten, bedeutet dies, daß die Ausgangsspannung VDD stabil vorliegt. Das Reset-Signal R wird dann abgeschaltet, so daß der Umschalter 24 auf die Takterzeugungseinrichtung 20 umschaltet.

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer geregelten Ausgangsspannung aus einer unregelmäßigen Eingangsspannung, enthaltend:

- einen Eingangsanschluß (1) zum Zuführen der unregelmäßigen Eingangsspannung (U) und einen Ausgangsanschluß (2) zum Abgriff der geregelten Ausgangsspannung (VDD),
- einen Transistor (3), dessen Laststrompfad zwischen den Eingangs- und den Ausgangsanschluß (1, 2) geschaltet ist,
- einen Regelverstärker (4), dem die geregelte Ausgangsspannung (VDD) zuführbar ist und dessen Ausgangsanschluß mit dem Steueranschluß des Transistors (3) über eine Kapazität (8) gekoppelt ist,
- eine durch den Regelverstärker (4) steuerbare Stromquelle (7), durch die die Kapazität (8) entladbar ist,
- eine Ladungspumpe (5), die einen mit dem Steueranschluß des Transistors (3) verbundenen Ausgangsanschluß für eine erhöhte Spannung aufweist und deren Ausgangsspannung durch den Regelverstärker (4) steuerbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit zunehmender Regelabweichung der von der steuerbaren Stromquelle (7) eingepreßte Strom abnimmt und die Ausgangsspannung der steuerbaren Ladungspumpe (5) zunimmt.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Ladungspumpe (5) eine weitere steuerbare  
Stromquelle (6) enthält, die zur steuerbaren Strom-  
quelle (7) gegensinnig gesteuert wird. 5
  
4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1  
bis 3,  
**gekennzeichnet durch**  
zwischen den Eingangsanschluß (1) und den Steu- 10  
ereingang des Transistors (3) geschaltete Anlauf-  
mittel (9, 10), durch die beim Einschalten der  
Eingangsspannung (U) der Transistor (3) leitend  
geschaltet wird. 15
  
5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1  
bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
der Wert der Kapazität (8) im Bereich vom 1/4-  
fachen bis zum Einfachen der Eingangskapazität 20  
des Transistors (3) liegt. 25
  
6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1  
bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß 25  
der Transistor (3) ein MOS-Transistor ist, dessen  
Drainanschluß mit dem Eingangsanschluß (1) für  
die unregelte Eingangsspannung (U) und dessen  
Sourceanschluß mit dem Ausgangsanschluß (2) für  
die geregelte Ausgangsspannung (VDD) verbunden 30  
ist. 35
  
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1  
bis 6,  
**gekennzeichnet durch** 35  
eine von der Ausgangsspannung (VDD) gespeiste  
Takterzeugungseinrichtung (20...24), durch die die  
Ladungspumpe (5) mit einem Taktsignal gespeist  
wird. 40
  
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Takterzeugungseinrichtung (20...24) eine  
Umschalteneinrichtung (24) enthält, durch die die 45  
Ladungspumpe (5) in Abhängigkeit von einem Ein-  
gangssignal (R) entweder von einer Einrichtung  
(20), die weitere auf der gemeinsamen integrierten  
Schaltung vorhandenen Funktionseinheiten zur  
Taktsteuerung versorgt, mit einem Taktsignal  
gespeist wird oder von einem frei schwingenden 50  
Oszillator (21, 22, 23). 55
  
9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
durch die Umschalteneinrichtung (24) eine im frei  
schwingenden Oszillator (21, 22, 23) vorhandene  
Rückkopplung unterbrochen werden kann. 55
  
10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
der frei schwingende Oszillator (21, 22, 23) ein RC-  
Glieder (22, 23) enthält, dessen Ausgang über einen  
Verstärker mit Hysterese (21) auf seinen Eingang  
rückgekoppelt ist.

