

3



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

**0 360 887
A1**

2

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: **88115839.8**

51

Int. Cl.⁵ **G05F 3/30**

22

Anmeldetag: **26.09.88**

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.04.90 Patentblatt 90/14

71

Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

34

Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

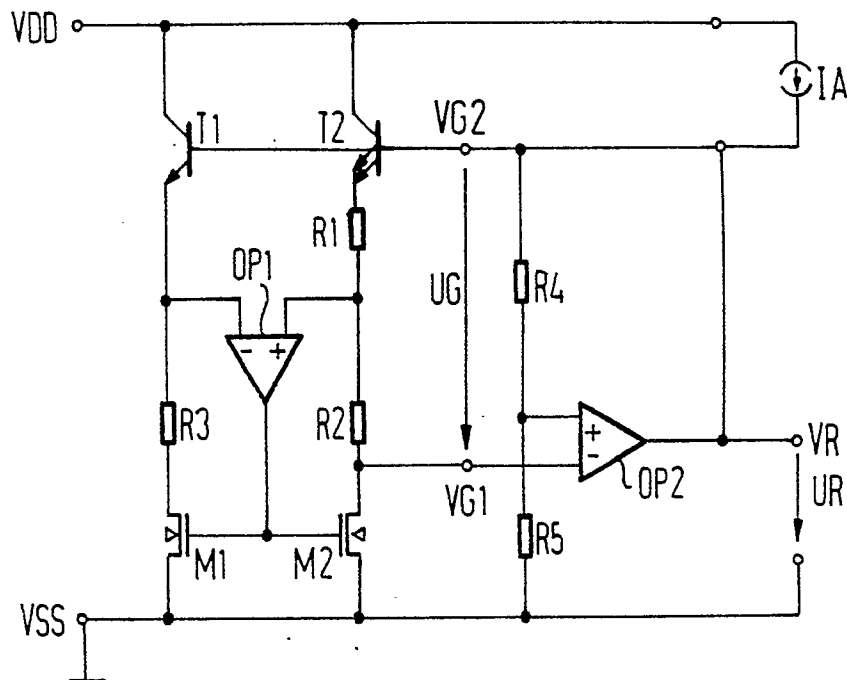
72

Erfinder: **Zitta, Heinz**
Grosssattelstrasse 9
A-9580 Drobollach(AT)

54

CMOS-Spannungsreferenz.

(57) Zur Erzeugung einer temperaturunabhängigen Referenzspannung (UR) mit Hilfe einer Schaltungsanordnung in komplementärer MOS-Technik, die eine nur unipolare Versorgungsspannung (VDD, VSS) besitzt, wird vorgeschlagen, den Ausgang der verwendeten Bandgap-Schaltung (VG1) auf ihren Bezugspunkt (VG2) rückzukoppeln. Vorzugsweise dient dazu ein Operationsverstärker (OP2). Mit Hilfe einer Anlaufschaltung (IA) läßt sich die Referenzspannung (UR) als Betriebsspannung der Schaltungsanordnung verwenden, so daß Speisespannungsänderungen wirksam unterdrückt werden.



EP 0 360 887 A1

CMOS-Spannungsreferenz

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung im komplementärer MOS-Technik nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bandgap-bzw. Bandabstands-Schaltungen sind bekannt und beispielsweise in dem Buch "Halbleiter-Schaltungstechnik" von U. Tietze und Ch. Schenk, 7. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1985, Seiten 534 ff. beschrieben.

In der vorgenannten Veröffentlichung ist ausgeführt, daß mit derartigen Bandgap-Schaltungen Referenzspannungen erzeugt werden können, die unabhängig von Temperaturkoeffizienten der in ihr verwendeten Bauelemente eine temperaturunabhängige Referenzspannung liefern. Das Prinzip derartiger Schaltungen besteht darin, den negativen Temperaturkoeffizienten der Basis-Emitter-Diodenspannung eines Bipolartransistors durch Addition einer Spannung mit entsprechend positivem Temperaturkoeffizienten zu kompensieren, indem ein zweiter Transistor mit anderer Basis-Emitter-Spannung und einem Emittewiderstand benutzt wird.

Aus der Veröffentlichung IEEE ISSC Vol.SC-20, No. 6, Dec. 1985, pp. 1151-1157 ist eine Bandgap-Schaltung in komplementärer CMOS-Technik gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bekannt. Die unterschiedlichen Basis-Emitter-Spannungen der Bipolartransistoren werden beispielsweise durch unterschiedliche Flächenverhältnisse der Emitterzonen erzeugt. Die Schaltung bezieht sich auf eine p-Wannen-CMOS-Technik, wie sie beispielsweise auf einem n⁻-leitenden Substrat oder einer entsprechend leitfähigen epitaktischen Schicht realisiert werden kann. n-Kanal-Feldeffekttransistoren werden erzeugt, indem p⁺-Zonen für Source und Drain in das Substrat eingebracht werden. Zur Herstellung von p-Kanal-Feldeffekttransistoren ist eine p⁻-leitende Wanne erforderlich, in die für die Source- und Drainanschlüsse n⁺-leitende Zonen eingebracht werden. Bipolartransistoren lassen sich in dieser Technik erzeugen, indem auf dem n⁻-leitenden Substrat eine p⁻-leitende Wanne und in diese wiederum eine n⁺-leitende Anschlußzone eingebracht wird. Auf diese Weise entsteht ein Substrat-npn-Transistor, bei dem die n⁺-Zone den Emitter, die p⁻-Wanne die Basis und das Substrat den Kollektor darstellt. Der Kollektor bzw. das Substrat müssen an die positive Betriebsspannung angeschlossen werden, um parasitäre Dioden zwischen den p-Wannen und dem Substrat sicher zu sperren.

Die aus der genannten Vorveröffentlichung bekannte CMOS-Bandgap-Schaltung hat als Bezugspunkt für die Bandgap-Spannung die Basisan-

schlüsse der beiden npn-Transistoren. Üblicherweise legt man diesen Punkt an das Bezugspotential, d. h. an Masse. Der Ausgangsanschluß der Bandgap-Spannung liegt am Verbindungspunkt des Drainanschlusses eines MOS-Transistors mit einem Widerstand, die beide im Emittierkreis eines Bipolartransistors angeordnet sind. In jedem Fall ist für die bekannte CMOS-Bandgap-Schaltung eine bezüglich des Bezugspotentials positive und eine negative Versorgungsspannung erforderlich.

Andererseits sind Bandgap-Schaltungen bekannt, die mit einer nur unipolaren Versorgungsspannung auskommen, dafür jedoch auf bipolare Transistoren verzichten müssen. Diese Schaltungen erreichen jedoch nicht die Temperaturstabilität von bipolaren Bandgap-Schaltungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine CMOS-Spannungs-Referenzschaltung anzugeben, die mit einer nur unipolaren Versorgungsspannung auskommt und die Temperaturstabilität bipolarer Bandgap-Schaltungen erreicht.

Diese Aufgabe wird bei einer Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung besitzt den Vorteil, daß sie sich mit einer niedrigen und dazu unipolaren Spannung bezüglich des Bezugspotentials betreiben läßt und daß sich mit ihr auch höhere Referenzspannungen als die Bandgap-Spannung des Halbleitermaterials realisieren läßt.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Figur der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Gemäß der Figur enthält die Bandgap-Schaltung zwei bipolare Transistoren T1 und T2 mit unterschiedlichen Basis-Emitter-Spannungen. Beide Kollektoranschlüsse sind an die Klemme VDD angeschlossen, die gegenüber der Bezugsspannung ein positives Potential führt. Im Emittierkreis des Transistors T1 ist ein Widerstand R3 und in Reihe dazu der Ausgangskreis eines Feldeffekttransistors M1 angeordnet, dessen Source an der Klemme VSS liegt. Die Klemme VSS ist an Bezugspotential, d. h. an Masse gelegt. Im Ausgangskreis des Transistors T2 ist die Reihenschaltung zweier Widerstände R1 und R2 sowie des Ausgangskreises eines anderen Feldeffekttransistors M2 angeordnet. Der Sourceanschluß von M2 liegt ebenfalls an der Klemme VSS. Die Verbindungspunkte des Emitters von T1 mit dem Widerstand R3 einerseits und der beiden Widerstände R1 und

R2 andererseits führen auf die Eingänge eines Operationsverstärkers OP1, dessen Ausgang die Transistoren M1 und M2 steuert. Am Drainanschluß des Transistors M2, dem der Anschluß VG1 entspricht, ist bezogen auf die Basisanschlüsse der Bipolartransistoren T1 und T2, denen der Anschluß VG2 entspricht, die Bandgap-Spannung UG abzugreifen.

Erfindungsgemäß ist nun der Ausgang der Bandgap-Schaltung VG1 auf den Bezugspunkt VG2 rückgekoppelt. Dazu ist der Anschluß VG1 auf einen Eingang eines zweiten Operationsverstärkers OP2 geschaltet, dessen anderer Eingang am Teilerpunkt eines ohmschen Spannungsteilers aus den Widerständen R4 und R5 liegt.

Der ohmsche Spannungsteiler ist zwischen den Anschluß VG2 und die Klemme VSS, d. h. Masse, geschaltet. Der Ausgang des Operationsverstärkers OP2 ist auf den Anschluß VG2, d. h. auf die Basisanschlüsse der Bipolartransistoren T1 und T2 rückgeführt.

Gleichzeitig ist der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers OP2 an die Klemme VR gelegt, an der bezüglich des an der Klemme VSS liegenden Bezugspotentials die temperaturunabhängige Referenzspannung UR abgegriffen werden kann. Die Beziehung zwischen der temperaturunabhängigen Referenzspannung UR und der Bandgap-Spannung UG wird durch den ohmschen Spannungsteiler aus den Widerständen R4 und R5 hergestellt. So berechnet sich die temperaturunabhängige Referenzspannung UR aus dem Produkt der Bandgap-Spannung UG einerseits und der Summe der beiden Widerstände R4 und R5 bezogen auf den Widerstand R4 andererseits.

Eine Ausgestaltung der Erfindung gemäß der Figur enthält eine Anlaufschaltung IA, die zwischen dem Ausgangsanschluß VR des zweiten Operationsverstärkers OP2 und der Klemme VDD mit dem relativ positiven Versorgungsspannungspotential angeschlossen ist. Diese Anlaufschaltung IA ist als Stromquelle gezeichnet und kann beispielsweise durch einen Stromquellentransistor oder einen Widerstand realisiert werden. Die Anlaufschaltung IA ermöglicht es, daß die Referenzspannung UR als Betriebsspannung der Bandgap-Schaltung verwendet wird, so daß sich die eigentliche Referenzspannungsquelle aus den beiden Bipolartransistoren T1 und T2 mit der stabilisierten Ausgangsreferenzspannung betreiben läßt. Auf diese Weise ergibt sich eine ausgezeichnete Unterdrückung von Eingangsspannungsschwankungen an der Klemme VDD. Die Anlaufschaltung IA ist erforderlich, da sich bei Anlegen einer Spannung an die Klemme VDD die aus der temperaturunabhängigen Referenzspannung UR abgeleitete Betriebsspannung erst aufbauen muß. Die Schaltung gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur ermöglicht es, auf

eine separate Anschlußklemme VR zu verzichten, so daß die erfindungsgemäße CMOS-Spannungsreferenz nach außen nur die beiden Anschlußklemmen VDD und VSS besitzt.

Ansprüche

1. Schaltungsanordnung in komplementärer MOS-Technik zur Erzeugung einer von der Temperatur unabhängigen Referenzspannung mit Hilfe einer Bandgap-Schaltung, bei der die Reihenschaltung aus dem Ausgangskreis eines ersten Bipolartransistors (T1) mit einer ersten Basis-Emitter-Schwellspannung, einem ersten Widerstand (R3) und dem Ausgangskreis eines ersten Feldeffekttransistors (M1) zwischen den Klemmen (VDD, VSS) einer Versorgungsspannungsquelle liegt und entsprechend parallel dazu die Reihenschaltung aus dem Ausgangskreis eines zweiten Bipolartransistors (T2) mit einer zweiten Basis-Emitter-Schwellspannung, zwei in Reihe geschalteten Widerständen (R1, R2) und dem Ausgangskreis eines zweiten Feldeffekttransistors (M2) vorgesehen ist, und bei der die Basisanschlüsse der Bipolartransistoren (T1, T2) miteinander verbunden sind und die Verbindungspunkte des ersten Bipolartransistors (T1) mit dem ersten Widerstand (R3) einerseits und der zwei in Reihe geschalteten Widerstände (R1, R2) andererseits an die Eingänge (-, +) eines ersten Operationsverstärkers (OP1) gelegt sind, dessen Ausgang die beiden Feldeffekttransistoren (M1, M2) steuert, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausgang der Bandgap-Schaltung (VG1) am Drainanschluß des zweiten Feldeffekttransistors (M2) auf die Basisanschlüsse der Bipolartransistoren (T1, T2) rückgekoppelt ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Rückkoppelzweig ein zweiter Operationsverstärker (OP2) eingangsseitig (-, +) einerseits am Ausgang der Bandgap-Schaltung (VG1) und andererseits am Teilerpunkt eines zwischen den Basisanschlüssen der Bipolartransistoren (T1, T2) und der Klemme (VSS) mit relativ negativem Versorgungsspannungspotential liegenden ohmschen Spannungsteilers (R3, R4) angeschlossen ist und ausgangsseitig (VR) mit den Basisanschlüssen (VG2) der Bipolartransistoren (T1, T2) verbunden ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Ausgangsanschluß (VR) des zweiten Operationsverstärkers (OP2) und der Klemme (VDD) mit relativ positivem Versorgungspotential eine Anlaufschaltung (IA) angeschlossen ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anlaufschaltung (IA) aus einer Stromquelle besteht.

5. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anlaufschaltung (IA) aus einem Widerstand besteht.

5

10

15

20

25

30

35

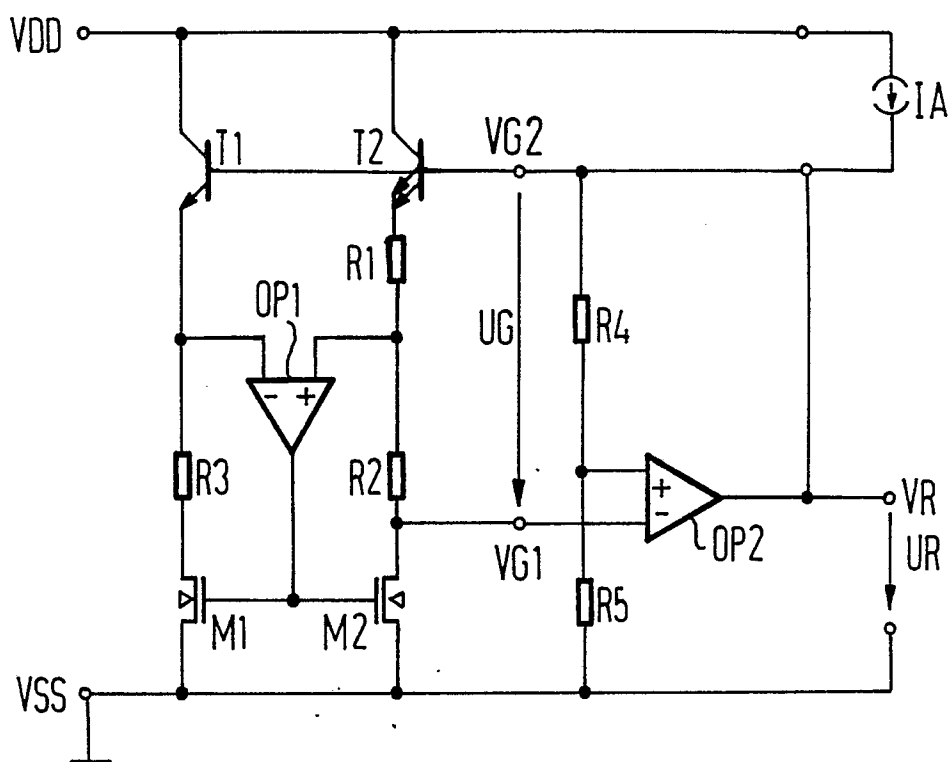
40

45

50

55

4





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, Band SC-20, Nr. 6, Dezember 1985, Seiten 1283-1285, IEEE, New York, US; S.L. LIN et al.: "A Vbe(T) model with application to bandgap reference design" * Figur 2 *	1	G 05 F 3/30
A	EP-A-0 217 225 (SIEMENS) * Zusammenfassung; Figuren *	1	
A	WO-A-8 302 342 (MOTOROLA) * Seite 8, Zeilen 1-7; Figur 2 *	3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			G 05 F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21-04-1989	Prüfer ZAEGEL B.C.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			