



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 38 187 T2** 2008.07.10

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 820 098 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 38 187.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 304 747.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **01.07.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.01.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.07.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 23/467** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**680451            15.07.1996    US**

(73) Patentinhaber:

**International Business Machines Corp., Armonk,  
N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Duscher, R., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
70176 Stuttgart**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Buller, Marvin Lawrence, Austin, Texas 78746, US;  
Carpenter, Gary Dale, Pflugerville, Texas 78660,  
US; Hoang, Binh Thai, Round Rock, Texas 78681,  
US**

(54) Bezeichnung: **Geschaltete Steuerung der thermischen Impedanz zur Reduzierung von Temperaturabweichungen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen die Steuerung thermischer Zustände. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verringern mechanischer Spannungen aufgrund von Unterschieden des thermischen Ausdehnungskoeffizienten durch Verringerung thermischer Übergänge, die bei Änderungen der Verlustleistung auftreten.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Bei Personal Computern, Arbeitsplatzrechnern und selbst bei der Mehrzahl der Server werden zur Regelung der Temperaturen im Gehäuse, wo sich die elektronischen Bauelemente befinden, Luftkühlungen eingesetzt. Da solche Rechnersysteme nicht nur im Büro, sondern auch zu Hause zunehmend eingesetzt werden, geht die Entwicklung in Richtung stromsparender Systeme, die den Ort, an dem sie eingebaut sind, nicht so stark erwärmen. Eine Lösung zur Verringerung der Verlustleistung bestand bisher darin, verschiedene elektronische Einrichtungen mit Stromsparfunktionen auszustatten. Diese Leistungssteuerung hat sich insbesondere bei Mikroprozessoren als wünschenswert herausgestellt, bei denen der hohe Grad an Datenverarbeitungsleistung zu einem hohen Integrationsgrad der Schaltkreise, zu hohen Taktraten und damit zu hoher Verlustleistung der integrierten Schaltkreise geführt. Obwohl auch andere integrierte Schaltkreise von der Leistungssteuerung profitieren können, eignen sich insbesondere Mikroprozessoren dafür, da sie oft von Betriebsmodi mit hoher Datenverarbeitungsleistung und entsprechender Verlustleistung zu längeren Perioden mit geringer oder Leerlaufleistung wechseln.

**[0003]** Verfahren zur Leistungssteuerung versetzen Mikroprozessoren und entsprechende integrierte Schaltkreise in Abhängigkeit von ihrer Arbeitsleistung oft in verschiedene Zustände. Beim Durchlaufen solcher Betriebszustände mit geringer Leistung schwanken die Temperaturen des integrierten Schaltkreises in Abhängigkeit von den Leistungszuständen.

**[0004]** Mit der Verringerung der Abmessungen der integrierten Schaltkreise und der Zunahme der Chip-Funktionalitäten wird bei integrierten Schaltkreisen immer mehr von Anschlussdrähten am Rand des Schaltkreisgehäuses zu Stift- oder Kugelrasteranordnungen übergegangen, die sich in der Industrie bei Neuentwicklungen immer mehr durchsetzen. Integrierte Schaltkreise mit Kugelrasteranordnungen wenden sowohl bei Keramikgehäusen als auch bei Flip-Chip-Bauelementen das Direktverlöten zwischen einer Anordnung hochschmelzender Lötlegierungen auf dem integrierten Schaltkreis und einer ent-

sprechenden Anordnung von Kupferkontakten auf schwer entflammaren (Typ 4, FR4) oder analogen Glasfaser-Leiterplatten an. Die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Silicium-Chips und der Keramikgehäuse unterscheiden sich deutlich von denen herkömmlicher Glasfaser-Leiterplatten. Zum Beispiel weist ein Keramiksubstrat einen nominellen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 7 ppm/K auf, während der thermische Ausdehnungskoeffizient einer FR4-Leiterplatte in der Ebene der Leiterplatte 20 ppm/K und über die Ebene der Leiterplatte hinweg 60 bis 80 ppm/K beträgt.

**[0005]** Aufgrund der großen Abmessungen und der vom Mikroprozessor freigesetzten Verlustleistung hat es sich durchgesetzt, nicht nur Wärmesenken an sich, sondern auch Wärmesenken mit Miniaturventilatoren direkt auf dem integrierten Schaltkreis anzubringen. Die Ventilatoren richten den Luftstrom direkt auf das Gehäuse des integrierten Schaltkreises und dessen Wärmesenke, um den integrierten Schaltkreis durch Konvektion zu kühlen und damit dessen Temperatur zu begrenzen. Ferner ist es üblich, mit einem zusätzlichen Ventilator Kühlluft durch das Gehäuse des Computersystems zu blasen, in welchem sich die Leiterplatte mit dem darauf montierten Mikroprozessor sowie weitere Leiterplatten und Komponenten befinden.

**[0006]** Die thermischen Spannungen zwischen dem integrierten Schaltkreis und der Leiterplatte, auf der er montiert ist, insbesondere bei einer Verbindung mittels einer Kugelrasteranordnung, führen schließlich zum Ermüdungsbruch der Lötverbindungen. Die Langzeitprüfung solcher Systeme während ihres Einsatzes hat gezeigt, dass Kugelrasterverbindungen zwischen integrierten Schaltkreisen und FR4-Leiterplatten eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber thermischen Schwankungen aufweisen. Im Hinblick auf die Gesamtkonstruktion des Computers wurden die Einschränkungen in Bezug auf das Ein- und Ausschalten der Computer und der entsprechenden Mikroprozessoren als akzeptabel angesehen. Seit der Einführung zusätzlicher und häufiger thermischer Schwankungen durch die Stromsparfunktionen lassen sich die Ausfälle durch Ermüdungsbrüche nicht mehr ignorieren. Durch die Einführung der Stromsparfunktionen nimmt die Anzahl der thermischen Spannungswechsel nicht nur stark zu, die Wechsel erfolgen auch relativ unvorhersehbar. Die Wiederholungshäufigkeit der thermischen Spannungswechsel wird nämlich direkt durch das ausgeführte Programm und die Eingriffe des Benutzers in das Computersystem beeinflusst. Daher besteht ein Bedarf an der Verbesserung der Zuverlässigkeit der Kugelrastergrenzfläche von integrierten Schaltkreisen mit Stromsparfunktionen gegenüber thermischen Spannungen.

**[0007]** In der US-Patentschrift 5 491 610 und im IBM

Technical Disclosure Bulletin, Bd. 38, Nr. 8, S. 613 bis 614, August 1995, werden die Varianten einer Lösung des Problems beschrieben, bei der an der Wärmesenke Temperatursensoren angebracht und zur Regelung der Drehzahl des Ventilators verwendet werden, um eine relativ konstante Temperatur aufrechtzuerhalten. Leider erfordern solche Lösungen die Komplexität von Temperatursensoren, Motorsteuerungen für den Ventilator und Ventilatormotoren, die für schwankende Drehzahlen geeignet sind. Obwohl die Zuverlässigkeit der Verbindung zwischen dem integrierten Schaltkreis und der RF4-Leiterplatte durch solche Weiterentwicklungen verbessert werden kann, wird dadurch die Komplexität des Systems erhöht und die Zuverlässigkeit durch die Temperaturmessung und die Regelung der Ventilatordrehzahl verringert.

**[0008]** Deshalb besteht weiterhin ein Bedarf an einem System und einem Verfahren zur Verringerung der thermischen Spannungen zwischen einer Leiterplatte und einem integrierten Schaltkreis mit Kugelrasterverbindung bei möglichst geringen konstruktiven Veränderungen und mit geringer Komplexität.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0009]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Minderung der obigen Nachteile bereitzustellen.

**[0010]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Computersystem bereitgestellt, bei dem zur Begrenzung der Temperaturen von integrierten Schaltkreisen eine Konvektionskühlung und eine Vorrichtung nach Anspruch 1 zur Begrenzung von Temperaturschwankungen verwendet werden.

**[0011]** Ferner wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren nach Anspruch 7 zur Begrenzung der Temperaturschwankungen in einem Computersystem bereitgestellt, das die Konvektionskühlung zur Begrenzung der Temperaturen von integrierten Schaltkreisen verwendet.

**[0012]** Bei einer speziellen Form der Erfindung wird die thermische Impedanz zwischen dem integrierten Schaltkreis und der Umgebungsluft entsprechend dem Zustand des Leistungssteuerungssystems geändert. Dies erfolgt durch selektives Aktivieren und Deaktivieren des zum Kühlen des integrierten Schaltkreises verwendeten Ventilators, wobei der Ventilator aktiviert wird, wenn das Leistungssteuerungssignal einem Betriebszustand mit hoher Verlustleistung anzeigt, und der Ventilator deaktiviert wird, wenn das Leistungssteuerungssignal einen Betriebszustand mit niedriger Verlustleistung anzeigt. Der Ventilator des integrierten Schaltkreises wird ausschließlich als Reaktion auf das Leistungssteuerungssignal geschaltet, ohne die tatsächliche Temperatur des inte-

grierten Schaltkreises zu prüfen oder zu kontrollieren. Das System und das Verfahren gemäß der Erfindung verringern nicht nur die Extremwerte der mit Änderungen der Leistungssteuerung verbundenen Temperaturschwankungen, sondern verringern auch deutlich die Geschwindigkeit der Temperaturänderungen am integrierten Schaltkreis. Durch die Verringerung der Geschwindigkeit der Temperaturänderungen und der Temperaturextremwerte werden die durch die Zyklen der Leistungssteuerung verbundene thermische Spannung verringert und die Zuverlässigkeit der Verbindung zwischen dem integrierten Schaltkreis und der FR4-Leiterplatte verbessert.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0013]** [Fig. 1](#) ist ein schematisches Schaubild zur Veranschaulichung der Erfindung zur Verringerung thermischer Spannungen zwischen einem integrierten Schaltkreis und einer Leiterplatte durch Steuerung des Ventilators des integrierten Schaltkreises.

**[0014]** [Fig. 2](#) ist ein schematisches Schaubild, das die thermisch äquivalente Schaltung der Struktur von [Fig. 1](#) zeigt.

**[0015]** [Fig. 3](#) ist eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung der Wirkungen der vorliegenden Erfindung, die die Leistungs- und Temperaturverläufe gegenüberstellt.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSART

**[0016]** [Fig. 1](#) veranschaulicht schematisch eine Ausführungsart der Erfindung. Auf der Leiterplatte 1 ist mittels einer Kugelrastreranordnung ein integrierter Schaltkreis 2 angebracht, wobei die elektrische Verbindung zum integrierten Schaltkreis 6 über die Löt-kugelanordnung 3 an der Unterseite des Keramiksubstrats 4 hergestellt wird. Diese Kombination wird im Allgemeinen als integrierter Schaltkreis bezeichnet. In engem Kontakt mit dem integrierten Schaltkreis 6 ist auf diesem eine Wärmesenkenanordnung 7 angebracht. Die Wärmesenkenanordnung 7 ist mit einem Ventilator und entsprechenden (nicht gezeigten) Luftkanälen ausgestattet, um die Konvektionskühlung mit einem durch einen Ventilator 9 beförderten Luftstrom 8 zu ermöglichen.

**[0017]** Die Ausführungsart in [Fig. 1](#) beinhaltet auch einen gesteuerten Schalter 11. Der Schalter 11 versorgt den Ventilator 9 und gegebenenfalls weitere Ventilatoren innerhalb des Computergehäuses mit Strom. Der Schalter 11 aktiviert oder deaktiviert selektiv den Ventilator 9 als Reaktion auf das über die Leitung 12 übertragene Leistungssteuerungssignal RUN/SLEEP (Betriebszustand, Ruhezustand). Das Zustandssignal auf der Leitung 12 wird oft als das Signal „Halt“ oder „Strom abschalten“ bezeichnet, das

die Mikroprozessoren nach einer bestimmten Zeitspanne der Inaktivität erzeugen. [Fig. 1](#) zeigt, dass das Signal RUN/SLEEP über eine der Verbindungen zwischen der Leiterplatte **1** und dem Keramiksubstrat **4** auch zur integrierten Schaltung geleitet wird. Wenn es sich bei der integrierten Schaltung **6** um einen Mikroprozessor handelt, stammt das Signal RUN/SLEEP in diesem Fall höchstwahrscheinlich von der integrierten Schaltung selbst. Wenn es sich bei der integrierten Schaltung **6** hingegen um einen Teil der Schaltlogik der Leiterplatte zur Unterstützung des Mikroprozessors handelt, stammt das Zustandssignal auf der Leitung **12** höchstwahrscheinlich vom Mikroprozessor und wird über die gezeigte Verbindung zur integrierten Schaltung **6** geleitet.

**[0018]** Die Erfindung geht davon aus, dass der Betriebszustand des Ventilators **9** in Verbindung mit der Wärmesenke **7** eine thermische Impedanz darstellt, die sich deutlich ändern kann, wenn der Ventilator **9** aktiviert oder deaktiviert wird. Die thermische Impedanz zwischen der integrierten Schaltung **6** und der Umgebungsluft setzt sich aus den verschiedenen Wärmeübertragungswegen zusammen.

**[0019]** [Fig. 2](#) veranschaulicht schematisch eine thermisch äquivalente Schaltung für die mechanischen Elemente in [Fig. 1](#).

$C_{\text{BOARD}}$	– Wärmespeicherkapazität der Leiterplatte.
$C_{\text{CBGA}}$	– Wärmespeicherkapazität des Keramiksubstrats und der zugehörigen Kugelrasteranordnung.
$C_{\text{SINK}}$	– Wärmekapazität der Wärmesenke
$P_{\text{CPU}}$	– Von der integrierten Schaltung des Prozessors erzeugte Leistung.
$R_{\text{BA}}$	– Thermische Impedanz zwischen der Leiterplatte und der Umgebungsluft.
$R_{\text{CBC}}$	– Thermische Impedanz zwischen der Kugelrasteranordnung und der Leiterplatte.
$R_{\text{JC}}$	– Thermische Impedanz zwischen der Verbindung der integrierten Schaltung und der an dieser angebrachten Wärmesenke.
$R_{\text{JCB}}$	– Thermische Impedanz zwischen der Verbindung der integrierten Schaltung und dem Keramiksubstrat.

$R_{\text{SA}}$	– Thermische Impedanz zwischen der Wärmesenke und der Umgebungsluft bei laufendem Ventilator.
$R_{\text{SA}'}$	– Thermische Impedanz zwischen der Wärmesenke und der Umgebungsluft bei ausgeschaltetem Ventilator.
$T_{\text{AMBIENT}}$	– Temperatur der Umgebungsluft.
$T_{\text{BOARD}}$	– Temperatur der Leiterplatte.
$T_{\text{CBGA}}$	– Temperatur des Keramiksubstrats und der zugehörigen Kugelrasteranordnung.
$T_{\text{J}}$	– Temperatur an der Verbindungsstelle der integrierten Schaltung.
$T_{\text{SINK}}$	– Temperatur der Wärmesenke.

**[0020]** Da die Werte  $R_{\text{JC}}$ ,  $R_{\text{JCB}}$  und  $R_{\text{SA}}$  ( $R_{\text{SA}'}$ ) wesentlich kleiner als die anderen thermischen Impedanzen sind, bestimmten sie in hohem Maße die Temperatur des Keramiksubstrats **4** im Verhältnis zur Temperatur der Leiterplatte **1** sowie die auf die Lötverbindungen der Kugelrasteranordnung einwirkende thermische Spannung. Wie oben erwähnt bewirken die Änderungen der durch die integrierte Schaltung **6** des Mikroprozessor-Chips erzeugten Leistung  $P_{\text{CPU}}$  entsprechende Schwankungen der thermischen Spannung und beschleunigte Ermüdung durch thermische Spannungen sowie Ausfälle der Lötverbindungen der Kugelrasteranordnung.

**[0021]** Gemäß der Erfindung werden thermische Spannungen und entsprechende Ausfallraten durch die selektive Steuerung des Ventilators **9** in direkten Zusammenhang mit dem Signal RUN/SLEEP auf Leitung **12** verringert. Die Vorteile der Erfindung sind auf zwei Faktoren zurückzuführen. Erstens und in erster Linie nehmen die Änderungsgeschwindigkeiten der Temperaturen  $T_{\text{SINK}}$  und  $T_{\text{CBGA}}$  ab, wenn der Ventilator **9** ausgeschaltet wird und die thermische Impedanz  $R_{\text{SA}}$  auf  $R_{\text{SA}'}$  ansteigt. Dadurch verringern sich die Temperaturdifferenzen zwischen der Leiterplatte **1** und des Keramiksubstrats **4** und damit die entsprechenden thermischen Spannungen beträchtlich. Zweitens sind die absoluten Schwankungen der Temperatur  $T_{\text{CBGA}}$  nicht so extrem, da die thermische Impedanz  $R_{\text{SA}'}$  groß genug ist, sodass die im Ruhezustand von der integrierten Schaltung abgegebene begrenzte Leistung eine Temperatur einstellen kann, die knapp oberhalb der Temperatur  $T_{\text{AMBIENT}}$  der Umgebungsluft liegt. Wenn jedoch der Ventilator läuft und der Wert  $R_{\text{SA}}$  sehr klein ist, wird die Temperatur  $T_{\text{CBGA}}$  des Keramiksubstrats fast bis auf Umgebungstemperatur gedrückt, wenn die integrierte Schaltung Leistung im Ruhezustand abgibt.

**[0022]** [Fig. 3](#) veranschaulicht durch repräsentative Kurven die Wirkungen bei der Verwendung der vorliegenden Erfindung im Gegensatz zum herkömmlichen Dauerbetrieb des Ventilators **9**. Die erste Kurve zeigt die von der integrierten Schaltung abgegebene Leistung  $P_{\text{CPU}}$ , wobei die Leistungsstufe  $P_{\text{RUN}}$  die Gesamtleistung im normalen Betriebsmodus und die Leis-

tungsstufe  $P_{\text{SLEEP}}$  die geringere Leistung darstellt, die im Ruhezustand oder im Stromsparmodus erzeugt wird. Das Signal RUN/SLEEP, das dem Stromsparmodus entspricht, ist in Form der Leistung der integrierten Schaltung direkt darunter dargestellt. Weiterhin wird innerhalb der Kurven der Betrieb des Ventilators gemäß der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit der Leistung der integrierten Schaltung und dem Zustand des Leistungssteuerungssignal dargestellt. Und zum Schluss wird die Temperatur  $T_{\text{CBGA}}$  des Keramiksubstrats **4** und deren zugehöriger Kugelrasteranordnung in zeitlicher Übereinstimmung mit der oben gezeigten Leistung der integrierten Schaltung dargestellt. Zu beachten ist, dass bei der mit einer durchgezogenen Linie dargestellten Temperaturkurve **13** in jedem Fall sowohl die Änderungsgeschwindigkeit als auch die Extremwerte der Schwankung geringer sind, wenn die Vorrichtung und die Verfahren gemäß der Erfindung während eines Betriebsablaufs verwendet werden, bei dem die Leistung der integrierten Schaltung auf dem Chip zwischen Betriebs- und Ruhezustand wechselt. Im Gegensatz dazu zeigt die gestrichelt dargestellte Kurve **14** höhere Änderungsraten und Temperaturextremwerte, wie sie bei herkömmlichen Ausführungen üblich sind.

**[0023]** Durch die Verringerung der Änderungsgeschwindigkeit und der Extremwerte der Temperatur  $T_{\text{CBGA}}$  nimmt die auf die Lötverbindung der Kugelrasteranordnung einwirkende thermische Spannung durch die Verringerung der Temperaturdifferenz zwischen dem Keramiksubstrat **4** und der Leiterplatte **1** ab. Das führt zu einer verringerten Anzahl der durch thermische Spannungen verursachten Ermüdungsfehler und einer erhöhten Zuverlässigkeit.

**[0024]** Eine Variante der vorliegenden Erfindung sieht ein entsprechendes Abschalten anderer Ventilatoren innerhalb des Computers vor. Gleichzeitig mit  $R_{\text{SA}}$  und der Leistungsabgabe durch die integrierte Schaltung auf dem Chip nimmt damit der Wert der thermischen Impedanz  $R_{\text{BA}}$  zu. Mit der Erhöhung des Wertes der thermischen Impedanz  $R_{\text{BA}}$  verringert sich die Temperaturdifferenz zwischen den Temperaturen  $T_{\text{CBGA}}$  und  $T_{\text{BOARD}}$  weiter, wenn auch nicht so stark, und folglich verringert sich auch die Ausfallrate durch Ermüdung infolge thermischer Spannungen.

**[0025]** Obwohl die Erfindung in Verbindung mit einer Löt-Kugelverbindung zwischen übereinander liegenden Flächen mit deutlich unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten beschrieben wurde, können die Merkmale der Erfindung gleichermaßen auf Verbindungen angewendet werden, die durch Lötstifte oder durch komplett aufgeschmolzene Lötverbindungen hergestellt wurden.

### Patentansprüche

1. Computersystem, das die Konvektionskühlung

zum Begrenzen der Temperaturen von integrierten Schaltkreisen nutzt und eine Vorrichtung zum Begrenzen von Temperaturschwankungen umfasst, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst:

ein Mittel (**11**), das die Konvektionskühlung eines ausgewählten integrierten Schaltkreises aktiviert oder deaktiviert;

ein Mittel (**12**), das Betriebszustände mit hoher und niedriger Verlustleistung in dem integrierten Schaltkreis anzeigt; und

ein Mittel, welches ungeachtet der Temperatur des integrierten Schaltkreises das Mittel zur Konvektionskühlung ausschließlich auf eine Anzeige eines Betriebszustandes mit hoher Verlustleistung hin vollständig und sofort aktiviert bzw. das Mittel zur Konvektionskühlung ausschließlich auf eine Anzeige eines Betriebszustandes mit niedriger Verlustleistung hin vollständig und sofort deaktiviert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der integrierte Schaltkreis Ressourcen zur Leistungssteuerung beinhaltet und bei welcher als Mittel zum Anzeigen der Verlustleistungszustände ein Signal für den Verlustleistungszustand dient und als Aktivierungsmittel eine Steuerung dient, die auf das Leistungssteuerungssignal reagiert.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der als Mittel zur Konvektionskühlung ein Ventilator (**9**) dient, der Umgebungsluft auf den integrierten Schaltkreis richtet.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der integrierte Schaltkreis eine Kugelrasteranordnung umfasst.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher der integrierte Schaltkreis mit der Kugelrasteranordnung aus Keramik besteht, an der eine Wärmesenke (**17**) angebracht ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Steuerung als Reaktion auf das Leistungssteuerungssignal auch einen Ventilator steuert, der Luft in ein Gehäuse befördert, das sowohl den integrierten Schaltkreis als auch eine Leiterplatte beinhaltet, auf welcher der integrierte Schaltkreis angebracht ist.

7. Verfahren zum Begrenzen von Temperaturschwankungen in einem Computersystem unter Verwendung der Konvektionskühlung zum Begrenzen der Temperaturen von integrierten Schaltkreisen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Positionieren einer Quelle eines Konvektionskühlmittels in der Nähe eines ausgewählten integrierten Schaltkreises;

Erkennen von Betriebszuständen mit hoher und niedriger Verlustleistung in dem integrierten Schaltkreis; vollständiges und sofortiges Aktivieren des Konvek-

onskühlmittelstroms auf den integrierten Schaltkreis ausschließlich als Reaktion auf das Erkennen eines Betriebszustandes mit hoher Verlustleistung; und vollständiges und sofortiges Deaktivieren des auf den integrierten Schaltkreis gerichteten Konvektionskühlmittelstroms ausschließlich als Reaktion auf das Erkennen eines Betriebszustandes mit niedriger Verlustleistung.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem der integrierte Schaltkreis Ressourcen zur Leistungssteuerung beinhaltet, der Erkennungsschritt das Erkennen eines Leistungssteuerungssignals umfasst, der Schritt des Aktivierens des Konvektionskühlmittelstroms das Einschalten des Stroms für einen Ventilator umfasst und der Schritt des Deaktivierens des Konvektionskühlmittelstroms das Abschalten des Stroms für den Ventilator umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem der integrierte Schaltkreis eine Kugelrastranordnung umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9, bei dem der Schritt des Aktivierens und Deaktivierens ferner das Versorgen eines Ventilators mit Strom umfasst, der Luft in ein Gehäuse befördert, das sowohl den integrierten Schaltkreis als auch eine Leiterplatte beinhaltet, auf welcher der integrierte Schaltkreis angebracht ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

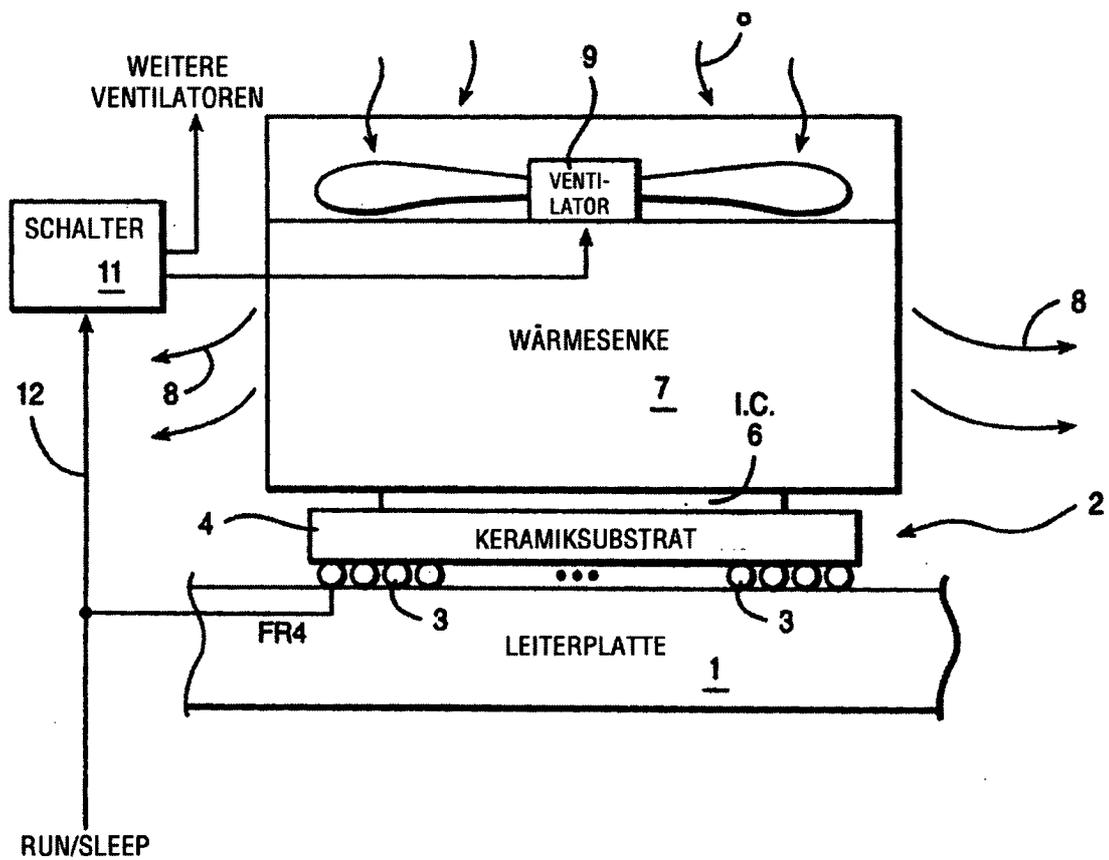
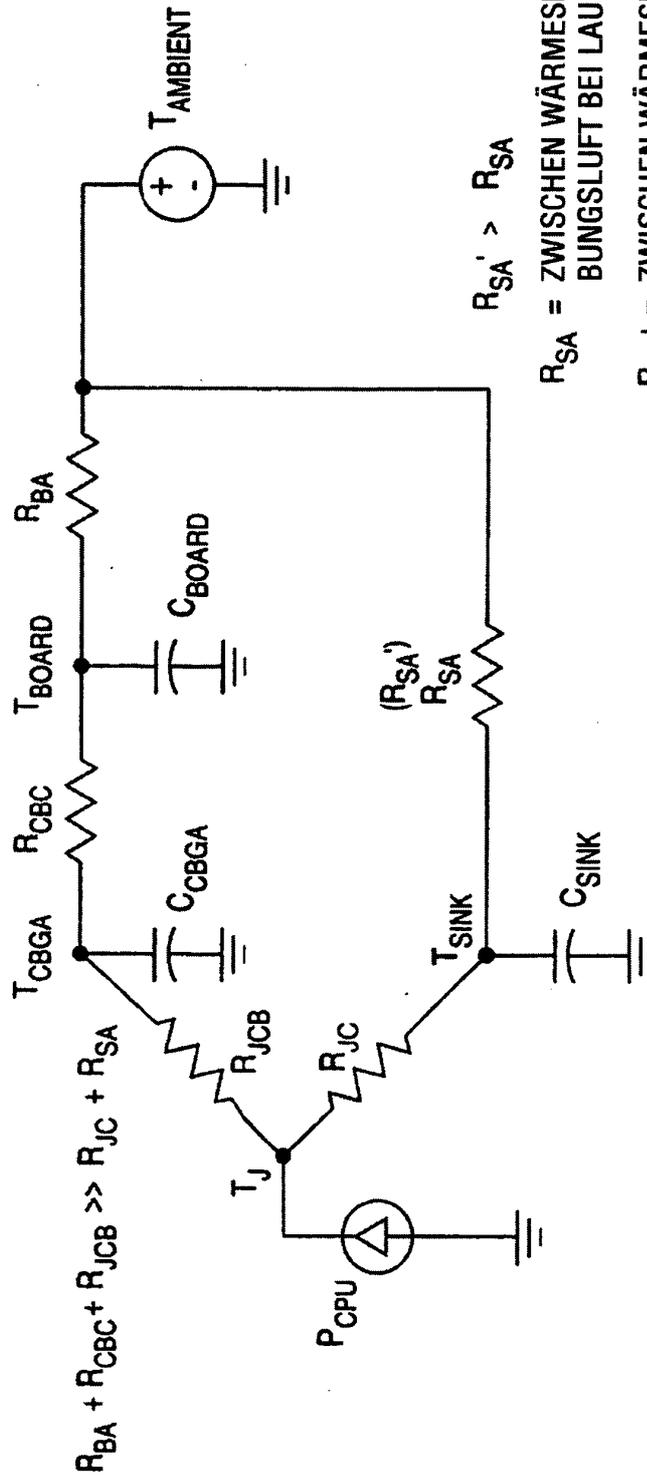


FIG. 1

FIG. 2

THERMISCHE SCHALTUNG



$R_{SA}' > R_{SA}$

$R_{SA}$  = ZWISCHEN WÄRMESENKE UND UMGEBUNGSLUFT BEI LAUFENDEM VENTILATOR

$R_{SA}'$  = ZWISCHEN WÄRMESENKE UND UMGEBUNGSLUFT BEI AUSGESCHALTETEM VENTILATOR

