(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 32 693 T2** 2005.02.10

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 666 526 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 32 693.7**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 300 440.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **25.01.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.08.1995**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **17.03.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.02.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G06F 1/32**

(30) Unionspriorität:
190292 **02.02.1994** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif., US

(74) Vertreter:
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col., 50667 Köln

(72) Erfinder:
Wisor, Michael T., Austin, Texas 78749, US;
O'Brien, Rita M., Austin, Texas 78749, US

(54) Bezeichnung: **Leistungssteuerungssystem für integrierten Prozessor**

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

[0001] Ein immerwährendes Entwicklungsziel von Herstellern ist die Verringerung des Energieverbrauchs von Computersystemen. Durch einen verringerten Energieverbrauch verringert sich typischerweise die Wärmeerzeugung des Systems, wodurch die Zuverlässigkeit erhöht wird und die Kosten gesenkt werden. Ferner ist die Verringerung des Energieverbrauchs bei der Maximierung der Lebensdauer von batteriebetriebenen tragbaren Computersystemen besonders wichtig.

[0002] Es sind verschiedene Techniken zum Verringern des Energieverbrauchs von Computersystemen entwickelt worden. Diese Techniken umfassen die stärkere Integration von Schaltungen und den Einbau verbesserter Schaltungen und Energiemanagementeinheiten (PMUs). Eine spezifische Technik zum Verringern des Energieverbrauchs umfasst die Möglichkeit zum Stoppen von Taktsignalen, die inaktive Schaltungsteile treiben. Ein System, bei dem eine solche Technik angewandt wird, umfasst typischerweise eine Energiemanagementeinheit, die inaktive Schaltungsteile detektiert oder vorhersagt und entsprechend die den inaktiven Schaltungsteilen zugeordneten Taktsignale stoppt. Durch Abschalten "nicht, benutzter" Taktsignale, die inaktive Schaltungsteile treiben, wird der Gesamt-Energieverbrauch des Systems verringert. Eine ähnliche Technik umfasst die Möglichkeit, die Frequenz von Taktsignalen zu reduzieren, welche Schaltungsteile in nicht zeitkritischen Operationsmoden treiben, und eine weitere Technik umfasst die Möglichkeit, Energie von inaktiven Schaltungsteilen wegzunehmen.

[0003] In WO-A-92 21081 ist ein tragbares Computersystem beschrieben, das eine Reduzierung des Energieverbrauchs während Ruheperioden durch Reduzieren der Frequenz eines CPU-Takts bietet. Ein Interrupt, das eintritt, während der CPU-Takt langsam abläuft, führt den CPU-Takt zu seiner Hochfrequenzrate zurück, bis das Interrupt verarbeitet worden ist, wonach er zu seiner Niederfrequenzrate zurückkehrt.

[0004] In EP-A-0565914 ist eine Einrichtung zur Energieeinsparung in einem tragbaren Computersystem beschrieben, wobei sich drei CPUs das Energiemanagement teilen. Wenn das Betriebssystem detektiert, dass keine sinnvolle Arbeit durchgeführt wird, tritt das System in einen Zustand mit niedrigem Energieverbrauch ein, in dem ein CPU-Takt langsam abläuft. Wenn ein Interrupt während eines Zustands mit niedrigem Energieverbrauch auftritt, kehrt der Haupt-CPU-Takt wieder zu seiner hohen Geschwindigkeit zurück, bis das Interrupt verarbeitet worden ist, und dann kehrt das System in seinen vorherigen Zustand mit niedrigem Energieverbrauch zurück.

[0005] Gemäß dem Dokument "Technique for monitoring a computer system's activity for the purpose of a DOS-compatible system" IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 3, No. 4, September 1990, New York, US, Seite 474-477, XP106 498, führt jede inaktive Periode zu einem Eintritt des tragbaren Personalcomputers in einen Energiesparmodus zwischen voll aktiv und inaktiv. Ein Interrupt bewirkt, dass der Computer während der Verarbeitung des Interrupts in einen aktiven Zustand zurückkehrt, wonach er wider in den Energiesparmodus zurückkehrt.

[0006] Sowohl EP-A-0458756 als auch EP-A-0549368 beschreiben Computersysteme, die, wenn sie in einem Zustand mit niedrigem Energieverbrauch unterbrochen werden, zum Bearbeiten des Interrupts in einen Bearbeitungszustand mit hohem Energieverbrauch eintreten und in den vorherigen Zustand mit niedrigem Energieverbrauch zurückkehren, wenn die Interrupt-Bearbeitung abgeschlossen ist.

[0007] Bei Computersystemen mit Energieverwaltung, bei denen die oben beschriebenen Techniken zum Verringern des Energieverbrauchs angewandt werden, werden typischerweise verschiedene Aktivitäten an der Verwendungsstelle oder durch Snooping von Zentralbussen überwacht. Beispielsweise kann eine Aktivitätsüberwachungseinrichtung einer Energiemanagementeinheit direkt mit verschiedenen dem Mikroprozessor und Peripherievorrichtungen zugeordneten Steuerleitungen verbunden sein, um festzustellen, ob bestimmte Aktivitäten stattfinden. Je nach detektierten Aktivitäten kann die Energiemanagementeinheit in Reaktion darauf ausgewählte Schaltungsteile abschalten, die Frequenzen ausgewählter Taktsignale verringern und/oder ausgewählte Taktsignale vollständig stoppen.

[0008] In den vergangenen Jahren sind integrierte Prozessoren als Ersatz der früheren diskreten Mikroprozessoren und diesen zugeordneten Peripherievorrichtungen in Computersystemen entwickelt worden. Ein integrierter Prozessor ist eine integrierte Schaltung, die sowohl die Funktionen eines Mikroprozessors als auch die verschiedener Peripherievorrichtungen, wie z. B. unter anderem eines Speicher-Kontrollers, eines DMA-Kontrollers, eines Zeitgebers und einer Bus-Interface-Einheit, ausführt. Die Einführung integrierter Prozessoren hat zu einer Verringerung der Gesamtkosten, der Größe und des Gewichts von Computersystemen

geführt und in vielen Fällen verbesserte Leistungscharakteristiken der Computersysteme erbracht.

[0009] Ein Problem, das bei der Konfiguration von Computersystemen mit integrierten Prozessoren auftritt, besteht darin, dass zahlreiche Überwachungsstellen einer externen Energiemanagementeinheit nicht mehr zur Verfügung stehen. Das heißt, da der CPU-Kern und verschiedene Peripherievorrichtungen auf einem gemeinsamen Chip mit integrierter Schaltung aufgenommen sind, ist es möglich, dass die internen Verbindungen zwischen dem CPU-Kern und den Peripherievorrichtungen nicht von außen zugänglich sind. Somit ist es möglich, dass bestimmte Aktivitäten nicht in Echtzeit detektierbar sind. Obwohl externe Paketstifte an dem integrierten Prozessor vorgesehen sein können, um einen externen Direktzugriff auf die ausgewählten internen Überwachungsstellen zu schaffen, führen solche zweckbestimmte Stifte zu einer beträchtlichen Erhöhung der Gesamtanzahl von Stiften des integrierten Prozessors und erfordern ferner eine Vergrößerung der Chipgröße des integrierten Prozessors zur Aufnahme zusätzlicher Bonddraht-Pads. Folglich kommen zu den Kosten für den integrierten Prozessor noch beträchtliche Kosten hinzu.

[0010] Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit Computersystemen, einschließlich denjenigen, bei denen integrierten Prozessoren eingebaut sind, betrifft das Bestimmen, wie die Energiemanagementeinheit jede detektierte Aktivität behandeln soll. Obwohl eine Vielzahl von Systemen vorgeschlagen worden ist, bei denen die Energiemanagementeinheit bewirkt, dass die Frequenzen der ausgewählten Taktsignale bei Detektierung bestimmter Systemaktivitäten erhöht und bei Nichtdetektierung der Systemaktivitäten gesenkt werden, behandeln solche Systeme die detektierten Aktivitäten typischerweise nicht unterschiedlich. Folglich kann die Effizienz dieser Systeme in gewissem Maße eingeschränkt sein, da zahlreiche detektierte Aktivitäten andere damit verbundene Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben als andere Aktivitäten. Entsprechend ist eine Energiemanagementeinheit für einen integrierten Prozessor gewünscht, die beispielsweise die Frequenzen ausgewählter Taktsignale, die Ein-/Aus-Zustände ausgewählter Taktsignale und/oder das Anlegen von Energie an ausgewählte Schaltungsteile steuert, so dass detektierte Aktivitäten des integrierten Prozessors voneinander unterscheidbar sind, wodurch ein optimales Energiemanagement erreicht wird.

[0011] Die oben beschriebenen Probleme werden zum großen Teil durch ein erfindungsgemäßes Energiemanagementsystem für einen integrierten Prozessor gelöst. Bei einer Ausführungsform wird ein integrierter Prozessor bereitgestellt, der einen mit einer Vielzahl von chipintegrierten Peripherievorrichtungen, wie z. B. einem DMA-Kontroller, einem Interrupt-Kontroller und einem Zeitgeber, gekoppelten CPU-Kern aufweist. Der integrierte Prozessor weist ferner eine mit dem DMA-Kontroller, dem Interrupt-Kontroller und dem Zeitgeber gekoppelte Energiemanagement-Mitteilungseinheit zum Überwachen der internen Interrupt- und Busanforderungssignale des integrierten Prozessors auf. Die Energiemanagement-Mitteilungseinheit kann ferner andere ausgewählte Aktivitäten des integrierten Prozessors überwachen, wie z. B. Aktivitäten einer Gleitkomma-Koprozessor-Subeinheit. Anhand der detektierten Aktivitäten, falls solche vorliegen, kodiert die Energiemanagement-Mitteilungseinheit eine Mitteilung auf einem Energiemanagement-Mitteilungsbus, wodurch Informationen über die internen Ereignisse des integrierten Prozessors an eine externe Energiemanagementeinheit geliefert werden.

[0012] Eine Energiemanagementeinheit, die auch zusätzliche Systemaktivitäten beispielsweise durch Snooping eines Busses detektieren kann, klassifiziert jede detektierte Aktivität entweder als Primäraktivität oder als Sekundäraktivität. Die Energiemanagementeinheit weist mehrere Zustände auf, von denen jeder einem anderen Energiemanagementmodus zugeordnet ist. Übergänge zwischen den Zuständen der Energiemanagementeinheit sind von der Art der detektierten Aktivitäten abhängig. Beim Rücksetzen des Computersystems tritt die Energiemanagementeinheit in einen Bereit-Zustand ein, in dem das CPU-Taktsignal und das Systemtaktsignal mit ihren maximalen Frequenzen angetrieben werden. Wenn über einen vorbestimmten Zeitraum keine Primäraktivitäten detektiert werden, geht die Energiemanagementeinheit sukzessive von dem Bereit-Zustand in einen Schlummerzustand, dann in einen Standby-Zustand und dann in einen Aussetzzustand über. Im Schlummerzustand wird die Frequenz des CPU-Taktsignals verlangsamt, und im Standby-Zustand wird das CPU-Taktsignal gestoppt. Im Aussetzzustand werden sowohl das CPU-Taktsignal als auch das Systemtaktsignal gestoppt und kann die Energie von ausgewählten Schaltungsteilen weggenommen werden. Wenn eine Sekundäraktivität detektiert wird, während sich die Energiemanagementeinheit im Schlummerzustand oder im Bereit-Zustand befindet, tritt die Energiemanagementeinheit in einen Übergangszustand ein, in dem sowohl das CPU-Taktsignal als auch das Systemtaktsignal über einen vorbestimmten Zeitraum mit maximaler Frequenz angetrieben werden. Anschließend kehrt die Energiemanagementeinheit wieder in den vorherigen Energiemanagementzustand zurück. Primäraktivitäten bewirken, dass die Energiemanagementeinheit unabhängig von dem aktuellen Zustand in den Bereit-Zustand eintritt. Bei einer Ausführungsform klassifiziert die Energiemanagementeinheit Aktivitäten einer Gleitkomma-Koprozessoreinheit, Parallelport-Aktivitäten, Seriellport-Aktivitäten, Disketten-Aktivitäten und Festplatten-Aktivitäten als Primäraktivitäten. Die Energiemanage-

menteinheit klassifiziert Systemmanagement-Interrupt-(SMI-) Aktivitäten, Interrupt-Aktivitäten und Zeitgeber-Aktivitäten als Sekundäraktivitäten. Andere ausgewählte Aktivitäten können entweder als Primär- oder Sekundäraktivitäten programmiert werden. Die Energiemanagementeinheit ermöglicht eine Flexibilität und Optimierung der Energieverwaltung.

[0013] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Energiemanagementeinheit für ein Computersystem vorgesehen, wobei das Computersystem einen Prozessor, mindestens eine Peripherievorrichtung und einen Taktgenerator zum Liefern eines CPU-Taktsignals an den Prozessor und eines Systemtaktsignals an die Peripherievorrichtung aufweist. Die Energiemanagementeinheit weist auf: eine Taktsteuereinheit zum selektiven Verändern der Frequenzcharakteristik des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals; einen Systemmonitor zum Detektieren einer Primäraktivität des Computersystems und einer Sekundäraktivität des Computersystems; und eine mit der Taktsteuereinheit und dem Systemmonitor gekoppelte Energiemanagement-Zustandsmaschine. Die Energiemanagementeinheit weist auf: einen ersten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Treiben des CPU-Steuersignals mit einer maximalen relativen Frequenz vorgesehen ist; einen zweiten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Treiben des CPU-Taktsignals mit einer niedrigeren Frequenz vorgesehen ist; einen dritten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Stoppen des CPU-Taktsignals vorgesehen ist; einen vierten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Stoppen des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals vorgesehen ist; und einen Übergangszustand. In dem Übergangszustand ist die Taktsteuereinheit zum Treiben des CPU-Taktsignals bei der maximalen relativen Frequenz vorgesehen, wobei der Zustand dadurch gekennzeichnet ist, dass das CPU-Taktsignal über einen vorbestimmten Zeitraum bei der maximalen relativen Frequenz getrieben wird, wobei die Energiemanagement-Zustandsmaschine nach Ablauf der vorbestimmten Zeit in den vorhergehenden Zustand zurückkehrt. Ein Auftreten einer Primäraktivität bewirkt, dass die Energiemanagement-Zustandsmaschine in den ersten Zustand eintritt, und ein Auftreten der Sekundäraktivität bewirkt, dass die Energiemanagement-Zustandsmaschine in den Übergangszustand eintritt.

[0014] Bei einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem mit einem Prozessor, mindestens einer Peripherievorrichtung und einem Taktgenerator zum Liefern eines CPU-Taktsignals zu dem Prozessor und eines Systemtaktsignals zu der Peripherievorrichtung vorgesehen. Das Verfahren umfasst folgende Schritte: Treiben des CPU-Taktsignals mit einer maximalen relativen Frequenz; Überwachen des Computersystems hinsichtlich eines Auftretens entweder einer Primäraktivität oder einer Sekundäraktivität; und selektives Verändern der Frequenzcharakteristiken des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals zum: Treiben des CPU-Taktsignals mit einer maximalen relativen Frequenz; Treiben des CPU-Taktsignals mit einer reduzierten Frequenz; Stoppen des CPU-Takts; Stoppen des CPU-Takts und des Systemtakts. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass es ferner die Schritte des Treibens des CPU-Taktsignals bei der maximalen relativen Frequenz über eine vorbestimmte Zeit umfasst, wenn eine Sekundäraktivität auftritt, das CPU-Taktsignal nach der vorbestimmten Zeit zu der vorhergehenden Frequenz zurückkehrt und das CPU-Taktsignal bei der maximalen relativen Frequenz getrieben wird, wenn eine Primäraktivität auftritt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] Weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden anhand der detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen offensichtlich. Es zeigen:

[0016] **Fig.** 1 ein Blockschaltbild eines Computersystems mit einem erfindungsgemäßen Energiemanagementsystem;

[0017] **Fig.** 2 ein Blockschaltbild einer in einen in **Fig.** 1 gezeigten integrierten Prozessor eingebauten Energiemanagement-Mitteilungseinheit;

[0018] **Fig.** 3 ein Zeitdiagramm eines von der in **Fig.** 1 gezeigten Energiemanagement-Mitteilungseinheit ausgeführten Mitteilungssendezyklus;

[0019] **Fig.** 4 ein Diagramm einer in der in **Fig.** 1 gezeigten Energiemanagement-Mitteilungseinheit enthaltenen Algorithmus-Zustandsmaschine;

[0020] **Fig.** 5 ein Diagramm einer in der in **Fig.** 1 gezeigten Energiemanagementeinheit enthaltenen Algorithmus-Zustandsmaschine;

[0021] **Fig.** 6 ein Blockschaltbild mit Darstellung von mit einer Implementierung einer erfindungsgemäßen Energiemanagementeinheit in Zusammenhang stehenden Details.

[0022] Obwohl die Erfindung verschiedene Modifikationen und alternative Ausführungsformen umfassen kann, sind spezifische Ausführungsbeispiele in den Zeichnungen gezeigt, und diese werden nachstehend genauer beschrieben. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Zeichnungen und die detaillierte Beschreibung nicht als Einschränkung der Erfindung auf die spezielle hier offenbarte Ausführungsform angesehen werden dürfen, sondern dass im Gegenteil sämtliche Modifikationen, Äquivalente und Alternativen, die in die Wesensart und den Umfang der vorliegenden Erfindung fallen, wie sie in den beiliegenden Patentansprüche definiert ist, abgedeckt sind.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0023] **Fig.** 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Computersystems **200**, bei dem ein erfindungsgemäßes Energiemanagementsystem zum Einsatz kommt. Das Computersystem **200** weist einen über einen externen Bus **206** mit einer Peripherievorrichtung **204** gekoppelten integrierten Prozessor **202** auf. Der integrierte Prozessor **202** ist ferner über einen Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** mit einer Energiemanagementeinheit **208** gekoppelt.

[0024] Der integrierte Prozessor **202** weist einen mit einer Vielzahl von chipintegrierten Peripherievorrichtungen, wie z. B. einem DMA- (Speicherdirektzugriffs-) Kontroller **222**, einem Interrupt-Kontroller **224** und einem Zeitgeber **226**, gekoppelten CPU-Kern **220** auf. Der CPU-Kern **220** ist über eine chipintegrierte Bus-Interface-Einheit **228** mit dem externen Bus **206** gekoppelt. Ein Taktgenerator **230** und eine Energiemanagement- (PM-) Mitteilungseinheit **232** sind ebenfalls in den integrierten Prozessor **202** eingebaut. Die Operation des Taktgenerators **230** und der Energiemanagement-Mitteilungseinheit **232** werden nachstehend genauer beschrieben.

[0025] Der externe Bus **206** stellt beispielsweise einen PCI-Lokalbus dar. Es sei darauf hingewiesen, dass andere Bus-Standards, wie z. B. die ISA- oder EISA-Bus-Standards, alternativ verwendet werden können. Die Peripherievorrichtung **204** stellt eine beliebige extern verbindbare Peripherievorrichtung dar, wie z. B. einen Video-Kontroller, ein Diskettenlaufwerk oder einen Drucker.

[0026] Die Energiemanagementeinheit **208** ist zum Verwalten und Minimieren des Energieverbrauchs des Computersystems **200** vorgesehen. Die Energiemanagementeinheit **208** empfängt ein kodiertes Signal PMCODE[2:0] auf dem Energiemanagementbus **210**. Das kodierte Signal PMCODE[2:0] zeigt bestimmte Aktivitäten an, die in dem integrierten Prozessor **202** auftreten, wie nachstehend beschrieben. Die Energiemanagementeinheit **208** erzeugt einen Satz Taktsteuersignale auf Leitungen **250** und einen Satz Energiesteuersignale auf Leitungen **252**. Die Taktsteuersignale und die Energiesteuersignale werden jeweils zum Steuern der Frequenzen ausgewählter Taktsignale und zum Steuern der Energieversorgung ausgewählter Schaltungsteile verwendet. Insbesondere werden die Taktsteuersignale von dem Taktgenerator **230** empfangen, der ein CPU-Taktsignal und ein Systemtaktsignal erzeugt. Die Frequenzen des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals hängen von den von der Energiemanagementeinheit **208** erzeugten Taktsteuersignalen ab. Die Energiesteuersignale auf den Leitungen **252** sind zum Steuern der Energieversorgung ausgewählter Schaltungsteile vorgesehen, die das Computersystem **200** aufweist, wie z. B. der Peripherievorrichtung **204**. Es sei darauf hingewiesen, dass bestimmte Energiesteuersignale zum Steuern der Energieversorgung verschiedener interner Schaltungsteile des integrierten Prozessors **202** zu dem integrierten Prozessor **202** geliefert werden können. Weitere Details bezüglich der Energiemanagementeinheit **208** werden nachstehend beschrieben.

[0027] Der CPU-Kern **220** ist eine Datenverarbeitungseinheit, die einen vorbestimmten Befehlssatz implementiert, wie z. B. den Befehlssatz des Mikroprozessors Modell 80486. Der CPU-Kern **220** weist ferner eine Gleitkomma-Koprozessor-Subeinheit auf. Der DMA-Kontroller **222** ist zum Steuern von Datenübertragungen zwischen einem (nicht gezeigten) Systemspeicher und verschiedenen (ebenfalls nicht gezeigten) I/O-Peripherievorrichtungen vorgesehen. Der Interrupt-Kontroller **224** ist zum Anschließen, Priorisieren und Abdecken verschiedener dem Computersystem **200** zugeordneter Interrupt-Signale vorgesehen. Der Zeitgeber **226** ist für allgemeine Zeitsteuer-Funktionen, einschließlich der Erzeugung eines Zeitgeber-Tick-Interrupt-Signals, vorgesehen. Schließlich ist die Bus-Interface-Einheit **228** zum Manipulieren und Steuern der Übertragung von Daten, Adressen und Steuersignalen zwischen dem externen Bus **206** und einem internen Bus **260** vorgesehen. Es sei darauf hingewiesen, dass der DMA-Kontroller **222**, der Interrupt-Kontroller **224**, der Zeitgeber **226** und die Bus-Interface-Einheit **228** entsprechend einer Vielzahl bekannter Schaltungsimplementierungen ausgebildet sein können.

[0028] **Fig.** 2 zeigt ein Blockschaltbild der Energiemanagement-Mitteilungseinheit **232**. Wie in der Figur gezeigt, weist die Energiemanagement-Mitteilungseinheit **232** einen Busanforderungsdetektor **302**, einen NPU-Monitor **304** und einen Interrupt-Detektor **306** auf, die alle mit einer Mitteilungssende-Logikeinheit **308** gekoppelt sind. Der Busanforderungsdetektor **302** ist in der Lage, ein dem Bus **260** zugeordnetes Busanforderungssignal und die anschließende Freigabe des Busses **260** zu detektieren. Es sei darauf hingewiesen, dass das Busanforderungssignal von dem DMA-Kontroller **222** oder der Bus-Interface-Einheit **228** (die in Reaktion auf einen externen Busmaster das Busanforderungssignal aktiviert) erzeugt werden kann. Der NPU-Monitor **304** ist mit dem CPU-Kern **220** gekoppelt und in der Lage zu detektieren, wann die Koprozessor-Subeinheit des CPU-Kerns **220** aktiv ist. Der Interrupt-Detektor **306** ist mit dem Interrupt-Kontroller **224** und dem CPU-Kern **220** gekoppelt und ist in der Lage, die Aktivierung eines Interrupt-Signals INT, eines nichtabdeckbaren Interrupt-Signals NMI, eines Systemmanagement-Interrupt-Signals SMI und eines Zeitgeber-Tick-Interrupt-Signals zu detektieren. Der Interrupt-Detektor **306** ist ferner in der Lage zu detektieren, wann ein entsprechender Interrupt-Service und ein entsprechender Zeitgeber-Tick-Service gelöscht ist.

[0029] Je nach von dem Busanforderungsdetektor **302**, dem NPU-Monitor **304** und dem Interrupt-Detektor **306** detektierter Systemaktivität gibt die Mitteilungssende-Logikeinheit **308** ein kodiertes Signal auf dem Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** aus. Das Kodieren des Energiemanagement-Mitteilungsbusses **210** ist nachstehend in Tabelle I aufgeführt.

Tabelle I

Intern ablaufendes Ereignis	**Bitdefinition PMCODE[2:0]**	**Beschreibung**
PM-Bus-NOP	000	Kann als Nulloperationsbefehl verwendet werden.
NPU aktiv	001	Beginn eines NPU-Befehls ist detektiert worden.
Bus-Anforderung	010	Entweder ein externer Busmaster oder der interne DMA-Kontroller ist aktiv.
NMI aufgetreten	011	Ein nichtabdeckbarer Interrupt ist der CPU zugeführt worden.
SMI aktiv	100	Ein Systemmanagementmodus-Interrupt ist der CPU zugeführt worden.
Interrupt aktiv	101	Mindestens eine Interrupt-Service-Routine wird gerade durchgeführt, ausschließlich Zeitgeber-Interrupts.
Zeitgeber aktiv	110	Ein Zeitgeber-Interrupt steht an oder ist in Betrieb.
Alles gelöscht	111	Zeigt an, dass eine Busanforderung oder ein Interrupt-Service abgeschlossen ist.

[0030] Tabelle I zeigt, dass der Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** mit einem PMCODE[**2**:0]-Wert von 001 angetrieben wird, wenn der Beginn eines Koprozessor-Befehls von dem NPU-Monitor **304** detektiert worden ist. Der Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** wird mit einem PMCODE[2:0]-Wert von 010 angetrieben, wenn entweder ein externer Busmaster oder der interne DMA-Kontroller **222** aktiv ist, wie von dem Busanforderungsdetektor **302** detektiert. Ein PMCODE[2:0]-Wert von 011 wird an den Energiemanagement-Mitteilungs-

bus **210** angelegt, wenn ein nicht abdeckbarer Interrupt von dem CPU-Kern **220** empfangen wird, und ein PMCODE[**2**:0]-Wert von 100 wird an den Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** angelegt, wenn der CPU-Kern **220** einen Systemmanagementmodus-Interrupt empfängt. Ein PMCODE[2:0]-Wert von 101 wird an den Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** angelegt, wenn mindestens eine Interrupt-Service-Routine gerade durchgeführt wird, und zwar ausschließlich Zeitsteuerungs-Interrupts, und ein PMCODE[2:0]-Wert von 110 wird an den Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** angelegt, wenn ein Zeitgeber-Interrupt ansteht oder in Betrieb ist. Schließlich wird ein PMCODE[2:0]-Wert von 111 an den Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** angelegt, wenn eine oben genannte Busanforderung oder ein oben genannter Interrupt-Service abgeschlossen ist.

[0031] **Fig.** 3 zeigt ein Zeitdiagramm eines von einer Mitteilungssende-Logikeinheit **308** ausgeführten Mitteilungssendezyklus. Wie dargestellt, werden, wenn das Auftreten einer überwachten Aktivität oder die Beendigung einer überwachten Aktivität detektiert worden ist, die PMCODE[2:0]-Leitungen des Energiemanagement-Mitteilungsbusses **210** mit einer gültigen kodierten Mitteilung entsprechend den in Tabelle I aufgeführten Werten angetrieben. Ein Validierungs-Strobesignal mit der Bezeichnung PMVALID# wird gleichzeitig auf dem Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** aktiviert, um anzuzeigen, dass eine gültige Mitteilung auf den Leitungen PMCODE[2:0] angesteuert wird.

[0032] **Fig.** 4 zeigt ein Diagramm einer Algorithmus-Zustandsmaschine **500**, die in einer Mitteilungssende-Logikeinheit **308** enthalten ist. Die Zustandsmaschine **500** tritt bei Rücksetzung des Systems in einen Ruhezustand **502** ein und geht in den Zustand **504** über, wenn eine überwachte Aktivität entweder von dem Busanforderungsdetektor **302**, dem NPU-Monitor **304** oder dem Interrupt-Detektor **306** detektiert wird. Die Art der detektierten Aktivität wird im Zustand **504** detektiert. Die Zustandsmaschine **500** geht als nächstes in den Zustand **506** über, in dem eine gültige Mitteilung entsprechend den kodierten Werten aus Tabelle I auf den Leitungen PMCODE[2:0] des Energiemanagement-Mitteilungsbusses **210** angesteuert wird. Das Validierungs-Strobesignal PMVALID# ist auch im Zustand **506** aktiviert. Wenn im Zustand **506** eine zusätzliche Aktivität detektiert wird, geht die Zustandsmaschine **500** wieder in den Zustand **504** zurück, bestimmt die Art der detektierten Aktivität und kehrt wieder in den Zustand **506** zurück und treibt den Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** entsprechend an. Wenn sämtliche Interrupts gelöscht und sämtliche Busanforderungen deaktiviert sind, tritt die Zustandsmaschine **500** in einen Zustand **508** ein, in dem eine kodierte "Alles-klar"-Mitteilung auf dem Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** gesendet wird. Das Validierungs-Strobesignal PMVALID# wird wieder im Zustand **508** aktiviert, wenn die Alles– klar-Mitteilung auf den Leitungen PMCODE[2:0] aktiviert ist. Im Anschluss an die Alles-klar-Mitteilung kehrt die Zustandsmaschine **500** wieder in den Ruhezustand **502** zurück.

[0033] Anhand von **Fig.** 1 werden als nächstes Details der Energiemanagementeinheit **208** beschrieben. Die Energiemanagementeinheit **208** weist eine mit einem Adressen-Snooping-Dekoder **262**, einer Taktsteuereinheit **264**, einer Energiesteuereinheit **266** und einer Zeitüberwachungs-Zählereinheit **268** gekoppelte Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** auf. Eine Konfigurationsregistereinheit **270** ist ebenfalls mit der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** und ein Dekoder **272** ist mit der Konfigurationsregistereinheit **270** gekoppelt.

[0034] Die Energiesteuereinheit **266** bzw. die Taktsteuereinheit **264** steuern die Versorgung mit und das Wegnehmen von Energie von ausgewählten Teilen des Computersystems **200** und die Frequenzen der CPU- und Systemtaktsignale je nach internem Zustand der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260**. **Fig.** 6 zeigt ein Zustandsdiagramm mit Darstellung mehrerer interner Zustände der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260**. Insbesondere weist die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** einen Bereit-Zustand **600**, einen Schlummerzustand **602**, einen Standby-Zustand **604**, einen Aussetzzustand **606** und einen Übergangszustand **608** auf. Im Bereit-Zustand **600** ist das Computersystem **200** vollständig betriebsbereit; das heißt, sämtliche Komponenten des Computersystems **200** werden mit voller Geschwindigkeit getaktet und sind eingeschaltet. Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** tritt bei Einschalten des Computersystems und bei Rücksetzung in den Bereit-Zustand **600** ein. Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** tritt auch dann in den Bereit-Zustand **600** ein, wenn eine primäre Systemaktivität detektiert wird oder wenn ein "Bereit-Zustand"-Wert von der Software über den externen Bus **206** in ein (nicht gezeigtes) internes Zustandsregister der Konfigurationsregistereinheit **270** geschrieben wird. Die Klassifizierung bestimmter Aktivitäten als "Primär"aktivitäten wird nachstehend beschrieben.

[0035] Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** geht vom Bereit-Zustand **600** in den Schlummerzustand **602** über, wenn während einer gesamten ersten Zeitüberwachungsdauer (0,125 Sekunden bis 16 Sekunden) keine Primäraktivität detektiert wird, wie von einem ersten Zeitüberwachungszähler in der Zeitüberwachungs-Zählereinheit **268** festgestellt. Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** kann alternativ durch Schreiben eines "Schlummerzustand"-Werts durch die Software in das Zustandsregister der Konfigura-

tionsregistereinheit **270** in den Schlummerzustand **602** eintreten. Im Schlummerzustand **602** steuert die Taktsteuereinheit **264** den Taktgenerator **230** derart, dass das CPU-Taktsignal auf eine vorprogrammierte Frequenz verlangsamt wird. Es sei darauf hingewiesen, dass im Schlummerzustand **602** das Systemtaktsignal weiterhin mit seiner maximalen relativen Frequenz angetrieben wird und sämtliche Komponenten eingeschaltet sind.

[0036] Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** geht vom Schlummerzustand **602** in den Standby-Zustand **604** über, wenn das System während einer gesamten zweiten Zeitüberwachungsdauer (1 Minute bis 16 Minuten) im Ruhezustand ist, ohne dass Primäraktivitäten auftreten, wie von einem zweiten Zeitüberwachungszähler in der Zeitüberwachungs-Zählereinheit **268** festgestellt. Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** kann alternativ durch Schreiben der Software in das Zustandsregister der Konfigurationsregistereinheit **270** in den Standby-Zustand **604** eintreten. Im Standby-Zustand **604** kann die Energiesteuereinheit **266** bewirken, dass die Energie von ausgewählten Schaltungsteilen, wie z. B. der Peripherievorrichtung **204**, weggenommen wird. Ferner bewirkt die Taktsteuereinheit **264** im Standby-Zustand **604**, dass der Taktgenerator **230** das CPU-Taktsignal abschaltet. Das Systemtaktsignal wird weiterhin mit seiner maximalen relativen Frequenz angetrieben.

[0037] Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** geht vom Standby-Zustand **604** in den Aussetzzustand **606** über, wenn das System während einer gesamten dritten Zeitüberwachungsdauer (5 Minuten bis 60 Minuten) im Ruhezustand ist, ohne dass Primäraktivitäten auftreten, wie von einem dritten Zeitüberwachungszähler in der Zeitüberwachungs-Zählereinheit **268** festgestellt. Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** kann alternativ durch Schreiben eines "Aussetzzustand"-Werts durch die Software in das Zustandsregister der Konfigurationsregistereinheit **270** in den Aussetzzustand **606** eintreten. Im Aussetzzustand **606** der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** kann die Energiesteuereinheit **266** bewirken, dass die Energie von einem ausgewählten Schaltungsteil, wie z. B. einer Peripherievorrichtung **244**, weggenommen wird, und bewirkt die Taktsteuereinheit **264**, dass der Taktgenerator **230** sowohl das CPU-Taktsignal als auch das Systemtaktsignal stoppt. Je nach System kann die Energiesteuereinheit **252** ferner bewirken, dass Energie von weiteren Schaltungsteilen weggenommen wird.

[0038] Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** tritt entweder aus dem Schlummerzustand **602** oder aus dem Standby-Zustand **604** in den Übergangszustand **608** ein, wenn eine Sekundäraktivität detektiert wird, wie nachstehend genauer beschrieben. Je nach detektierter Sekundäraktivität bleibt die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** über einen vorbestimmten Zeitraum nach der Detektierung der Sekundäraktivität oder über einen vorbestimmten Zeitraum nach Beendigung der Sekundäraktivität in dem Übergangszustand **608**. Im Übergangszustand **608** bewirkt die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260**, dass die Taktsteuereinheit **264** den Taktgenerator **230** derart steuert, dass das CPU-Taktsignal und das Systemtaktsignal mit ihren maximalen relativen Frequenzen angetrieben werden. Ferner werden sämtliche Schaltungsteile mit Energie versorgt. Nach Ablauf des vorbestimmten Zeitraums kehrt die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** wieder in den vorherigen Zustand zurück (d. h. den Schlummerzustand **602** oder den Standby-Zustand **604**).

[0039] Die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** führt bei Aktivierung des Validierungs-Strobesignals PMVALID# eine Zwischenspeicherung jeder von der Energiemanagement-Mitteilungseinheit **232** übermittelten Mitteilung durch. Wenn die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** eine neue Mitteilung empfängt, stellt sie fest, ob eine Primär- oder eine Sekundäraktivität detektiert worden ist. In der nachstehenden Tabelle II sind die Arten der in dem Computersystem **200** detektierten Aktivitäten sowie die Klassifizierung jeder Aktivität und die Detektionsquelle zusammengefasst. Es sei darauf hingewiesen, dass zusätzlich zu den über den Energiemanagementbus **210** empfangenen Mitteillungen weitere Systemaktivitäten durch Snooping des externen Busses **206** detektiert werden. Der Adressen-Snooping-Dekoder **262** führt diese Snooping-Funktion durch und liefert eine Anzeige verschiedener detektierter Aktivitäten an die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260**. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass die Klassifizierung bestimmter detektierter Aktivitäten über die Software programmierbar ist; das heißt, bestimmte Aktivitäten können, wie nachstehend angezeigt, von der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** entweder als Primäraktivitäten oder als Sekundäraktivitäten behandelt werden, und zwar je nach den Anforderungen des Programmierers. Die Klassifizierung dieser Aktivitäten wird durch Schreiben in ausgewählte Konfigurationsregister in der Konfigurationsregistereinheit **270** programmiert.

Tabelle II

Aktivitäts-Bezeichnung	Klassifizierung	Quelle
NPU aktiv	Primäraktivität	PM-Mitteilung
SMI aktiv/gelöscht	Sekundäraktivität	PM-Mitteilung
Int aktiv/gelöscht	Sekundäraktivität	PM-Mitteilung
Zeitgeber aktiv/gelöscht	Sekundäraktivität	PM-Mitteilung
NMI	Programmierbare Aktivität	PM-Mitteilung
Busanforderung/gelöscht	Programmierbare Aktivität	PM-Mitteilung
Parallelport-Aktivität	Primäraktivität	Adressen-Snooping
Seriellport-Aktivität	Primäraktivität	Adressen-Snooping
Festplatten-Aktivität	Primäraktivität	Adressen-Snooping
Disketten-Aktivität	Primäraktivität	Adressen-Snooping
Speicherzyklen	Programmierbare Aktivität	Adressen-Snooping
Video-Aktivität	Programmierbare Aktivität	Adressen-Snooping
Tastatur-Aktivität	Programmierbare Aktivität	Adressen-Snooping

[0040] Aus Tabelle II ist ersichtlich, dass die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** Aktivitäten einer Gleitkomma-Koprozessoreinheit, Parallelport-Aktivitäten, Seriellport-Aktivitäten, Disketten-Aktivitäten und Festplatten-Aktivitäten als Primäraktivitäten klassifiziert. Die Energiemanagementeinheit klassifiziert Systemmanagement-Interrupt- (SMI-) Aktivitäten, Interrupt-Aktivitäten und Zeitgeber-Aktivitäten als Sekundäraktivitäten. Aktivitäten nichtabdeckbarer Interrupts, Busanforderungsaktivitäten, Speicherzyklen, Video-Aktivität und Tastatur-Aktivität sind jeweils programmierbare Aktivitäten und können somit entweder als primär oder sekundär klassifiziert werden.

[0041] Systemmanagement-Interrupt-Aktivitäten und Interrupt-Aktivitäten sind Sekundäraktivitäten, die bewirken, dass das System in den Übergangszustand **608** eintritt. Ein Übergang-Zähler, der die Zeitdauer bestimmt, während der das System im Übergangszustand **608** verbleibt, beginnt mit dem Zählen jedoch erst nach Empfangen der entsprechenden Lösch-Mitteilung von dem Energiemanagement-Mitteilungsbus **210**. Nach Empfang der entsprechenden Lösch-Mitteilung beginnt der Übergang-Zähler mit dem Zählen über einen vorbestimmten Zeitraum und bewirkt nach Beendigung, dass die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehrt. Busanforderungsaktivitäten werden im wesentlichen genauso behandelt, wenn diese als Sekundäraktivitäten programmiert sind. Es sei darauf hingewiesen, dass der oben genannte Übergang-Zähler integraler Bestandteil der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** ist. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass die von dem Übergang-Zähler gesteuerte Zählperiode über ein Konfigurationsregister der Konfigurationsregistereinheit **270** programmierbar ist.

[0042] Zeitgeber-Tick-Aktivitäten können andererseits bewirken, dass der Übergang-Zähler unmittelbar bei Eintritt in den Übergangszustand **608** mit dem Zählen beginnt. Bei einer Ausführungsform bewirkt das Auftreten eines Zeitgeber-Ticks, dass der Übergang-Zeitgeber für eine Dauer von 120 µsek. mit dem Zählen beginnt. Nach Ablauf dieses Zeitraums kehrt die Energiemanagement-Zustandsmaschine aus dem Übergangszustand **608** wieder in den ursprünglichen Zustand zurück. Es sei darauf hingewiesen, dass diese spezielle Behand-

lung von Zeitgeber-Ticks von dem Programmierer programmierbar sein kann und dass in einem Modus Zeitgeber-Ticks auf die gleiche Weise wie oben mit Bezug auf Systemmanagement-Interrupt-Aktivitäten und Interrupt-Aktivitäten beschrieben behandelt werden können.

[0043] Der Dekoder **272** ist zum Dekodieren von I/O-Schreibzyklen vorgesehen, die beispielsweise von dem integrierten Prozessor **202** auf dem externen Bus **206** ausgeführt werden, und ermöglicht ein Schreiben von Konfigurationsdaten durch die Software in die verschiedenen internen Register der Konfigurationsregistereinheit **270**. Es sei darauf hingewiesen, dass die mit der Zeitüberwachungs-Zählereinheit **268** in Zusammenhang stehenden Zeitüberwachungs-Zählperioden über bestimmte Register der Konfigurationsregistereinheit **270** programmierbar sein können. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass die vorbestimmte Zeitdauer, während der die Energiemanagement-Zustandsmaschine 260 im Übergangszustand **608** verbleibt, ebenfalls programmierbar sein kann.

[0044] **Fig.** 6 zeigt ein Blockschaltbild mit Darstellung von Details in Zusammenhang mit einer Implementierung einer Energiemanagementeinheit **208**, die entsprechend der vorstehenden Beschreibung arbeitet, wobei das Blockschaltbild im wesentlichen dem Blockschaltbild aus **Fig.** 1 entspricht. Schaltungsteile, die den in **Fig.** 1 gezeigten entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Es sei darauf hingewiesen, dass verschiedene Teile des integrierten Prozessors **202** und der Energiemanagementeinheit **208** der Einfachheit und Klarheit halber aus den Zeichnungen weggelassen worden sind.

[0045] Bei der Implementierung gemäß **Fig.** 6 erzeugt die Taktsteuereinheit **264** einen Satz Steuersignale, die jeweils als "SlowCPU", "StopCPU" und "Suspend" bezeichnet sind. Bei Aktivierung des SlowCPU-Signals bewirkt der Taktgenerator **230**, dass die Frequenz des CPU-Taktsignals (relativ zu einer maximalen Frequenz) verringert wird. Bei Aktivierung des StopCPU-Signals stoppt der Taktgenerator das CPU-Taktsignal. Schließlich stoppt bei Aktivierung des Suspend-Signals der Taktgenerator sowohl das CPU-Taktsignal als auch das Systemtaktsignal.

[0046] Aktivierungen des SlowCPU-Signals, des StopCPU-Signals und des Suspend-Signals hängen von dem aktuellen Zustand (d. h. Bereit-, Schlummer-, Standby-, Aussetz- oder Übergangszustand) der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** ab. Die Konfigurationsregistereinheit **270** weist ein Taktsteuerregister **700** auf, in dem ein Konfigurationswert gespeichert ist, mit dem gesteuert wird, welches Signal, falls ein solches vorhanden ist, in einem vorgegebenen Zustand aktiviert wird. Bei einer Ausführungsform ist die Taktsteuereinheit derart konfiguriert, dass keines der Taktsteuersignale (SlowCPU, StopCPU und Suspend) aktiviert wird, wenn sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** entweder im Bereit-Zustand **600** oder im Übergangszustand **608** befindet. Das Suspend-Signal wird von der Taktsteuereinheit **264** aktiviert, wenn sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** im Aussetz-Zustand **608** befindet. Je nach in dem Taktsteuerregister **700** gespeichertem Konfigurationswert aktiviert die Taktsteuereinheit **264** entweder das SlowCPU-Signal oder das StopCPU-Signal (oder keines von beiden), wenn sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** im Schlummer-Zustand **602** befindet. Ähnlich aktiviert die Taktsteuereinheit **264** je nach im Taktsteuerregister **700** gespeichertem Konfigurationswert entweder das SlowCPU-Signal oder das StopCPU-Signal (oder keines von beiden), wenn sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** im Standby-Zustand **604** befindet. Folglich kann die spezifische Steuerung des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals während des Schlummerzustands **602** und des Standby-Zustands **604** von dem Benutzer programmiert werden.

[0047] Die in **Fig.** 6 gezeigte Konfigurationsregistereinheit **270** ist ferner mit einem Bereit-Zeitüberwachungsregister **701**, einem Schlummer-Zeitüberwachungsregister **702** und einem Standby-Zeitüberwachungsregister **703** dargestellt. Diese Register werden zum Speichern von Konfigurationswerten verwendet, um eine Einstellung des Bereit-Zeitüberwachungszeitraums, des Schlummer-Zeitüberwachungszeitraums und des Standby-Zeitüberwachungszeitraums, die von der Zeitüberwachungs-Zählereinheit **268** gesteuert werden, durch den Programmierer zu ermöglichen. Die Konfigurationsregistereinheit **270** ist schließlich mit einem Übergangs-Zeitüberwachungsregister **704** dargestellt, das eine Veränderung der Zeitüberwachungszeiträume, die von dem Übergangs-Zähler der Energiemanagement-Zustandsmaschine **260** überwacht werden, durch den Programmierer ermöglicht.

[0048] Es sei darauf hingewiesen, dass zwar die in **Fig.** 1 gezeigte Energiemanagement-Mitteilungseinheit **232** die spezifischen, in Tabelle I aufgeführten Aktivitäten detektiert, jedoch weitere interne Systemaktivitäten alternativ oder zusätzlich detektiert und über den Energiemanagement-Mitteilungsbus **210** angezeigt werden können. Beispielsweise kann die Energiemanagement-Mitteilungseinheit mit einem Dekoder zum Durchführen eines Snooping des internen Busses **260** zwecks Detektierung der Ausführung ausgewählter Buszyklen konfiguriert sein. Ferner können auch andere Quellen zum Detektieren ausgewählter Systemaktivitäten verwendet

werden. Ferner steuert die in **Fig.** 1 gezeigte Energiemanagementeinheit **208** zwar die Erzeugung verschiedener Taktsignale innerhalb des Computersystems **200** sowie die Versorgung verschiedener Peripherievorrichtungen und Subeinheiten des Computersystems **200** mit Energie, die Energiemanagementeinheit **208** kann jedoch auch zum ausschließlichen Steuern von ausgewählten Taktsignalen des Computersystems **200** oder zum ausschließlichen Steuern der Versorgung verschiedener Peripherievorrichtungen mit Energie konfiguriert sein.

[0049] Ferner sei darauf hingewiesen, dass, wenn sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine im Aussetz-Zustand **606** befindet, die Versorgung des System-Oszillators mit Energie unterbrochen werden kann, um eine weitere Verringerung des Energieverbrauchs zu begünstigen.

[0050] Zahlreiche Varianten und Modifikationen werden für Fachleute auf dem Sachgebiet anhand der vorstehenden Beschreibung offensichtlich. Beispielsweise kann der externe Bus **206** direkt oder über eine Busbrücke mit dem integrierten Prozessor **202** gekoppelt sein. Die folgenden Patentansprüche sind derart zu interpretieren, dass sie sämtliche Variationen und Modifikationen enthalten.

Patentansprüche

1. Energiemanagementeinheit für ein Computersystem, wobei das Computersystem (**200**) einen Prozessor (**202**), mindestens eine Peripherievorrichtung (**204**) und einen Taktgenerator (**230**) zum Liefern eines CPU-Taktsignals an den Prozessor und eines Systemtaktsignals an die Peripherievorrichtung aufweist, wobei die Energiemanagementeinheit (**208**) aufweist:
eine Taktsteuereinheit (**264**) zum selektiven Verändern der Frequenzcharakteristik des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals;
einen Systemmonitor zum Detektieren einer Primäraktivität des Computersystems und einer Sekundäraktivität des Computersystems; und
eine mit der Taktsteuereinheit und dem Systemmonitor gekoppelte Energiemanagement-Zustandsmaschine (**260**), wobei die Energiemanagementeinheit ferner aufweist:
einen ersten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Treiben des CPU-Steuersignals mit einer maximalen relativen Frequenz vorgesehen ist;
einen zweiten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Treiben des CPU-Taktsignals mit einer niedrigeren Frequenz vorgesehen ist;
einen dritten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Stoppen des CPU-Taktsignals vorgesehen ist;
einen vierten Zustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Stoppen des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals vorgesehen ist; und
einen Übergangszustand, in dem die Taktsteuereinheit zum Treiben des CPU-Taktsignals bei der maximalen relativen Frequenz vorgesehen ist;
dadurch gekennzeichnet, dass in dem Übergangszustand die Taktsteuereinheit das CPU-Taktsignal über einen vorbestimmten Zeitraum bei der maximalen relativen Frequenz treibt, wobei die Energiemanagement-Zustandsmaschine nach Ablauf der vorbestimmten Zeit in den vorhergehenden Zustand zurückkehrt, wobei ein Auftreten der Primäraktivität bewirkt, dass die Energiemanagement-Zustandsmaschine in den ersten Zustand eintritt, und ein Auftreten der Sekundäraktivität bewirkt, dass die Energiemanagement-Zustandsmaschine in den Übergangszustand eintritt.

2. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, ferner mit einem mit dem Systemmonitor gekoppelten Zeitablaufzähler (**268**), der in der Lage ist, festzustellen, ob nach einer Detektion einer ersten Primäraktivität durch den Systemmonitor innerhalb einer vorbestimmten Zeitspanne eine nachfolgende Primäraktivität von dem Systemmonitor detektiert worden ist.

3. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Primäraktivität des Computersystems einen Festplatten-Zyklus umfasst.

4. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Primäraktivität des Computersystems eine Aktivität eines Gleitkomma-Koprozessors umfasst.

5. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Primäraktivität des Computersystems einen Floppy-Disk-Zyklus umfasst.

6. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Primäraktivität des Computersystems einen Seriell- oder Parallelport-Zyklus umfasst.

7. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Sekundäraktivität des Computersystems ein Auftreten eines Interrupts umfasst.

8. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Sekundäraktivität des Computersystems ein Auftreten eines Systemmanagement-Interrupts umfasst.

9. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Sekundäraktivität des Computersystems ein Auftreten eines Zeitgeber-Tick-Interrupts umfasst.

10. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 2, bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine von dem ersten Zustand in den zweiten Zustand übergeht, wenn die nachfolgende Primäraktivität nicht innerhalb der vorbestimmten Zeitspanne auftritt.

11. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 2, bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine von dem zweiten Zustand in den dritten Zustand übergeht, wenn die nachfolgende Primäraktivität nicht innerhalb der vorbestimmten Zeitspanne auftritt.

12. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 2, bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine von dem dritten Zustand in den vierten Zustand übergeht, wenn die nachfolgende Primäraktivität nicht innerhalb der vorbestimmten Zeitspanne auftritt.

13. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine in den Übergangszustand eintritt, wenn die Sekundäraktivität detektiert wird, während sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine in dem zweiten Zustand befindet, und bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine nach der vorbestimmten Zeit in den zweiten Zustand zurückkehrt.

14. Energiemanagementeinheit nach Anspruch 1, bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine in den Übergangszustand eintritt, wenn die Sekundäraktivität detektiert wird, während sich die Energiemanagement-Zustandsmaschine in dem dritten Zustand befindet, und bei der die Energiemanagement-Zustandsmaschine nach der vorbestimmten Zeit in den dritten Zustand zurückkehrt.

15. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem mit einem Prozessor (**202**), mindestens einer Peripherievorrichtung (**204**) und einem Taktgenerator (**230**) zum Liefern eines CPU-Taktsignals zu dem Prozessor und eines Systemtaktsignals zu der Peripherievorrichtung, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
Treiben des CPU-Taktsignals mit einer maximalen relativen Frequenz;
Überwachen des Computersystems hinsichtlich eines Auftretens entweder einer Primäraktivität oder einer Sekundäraktivität;
selektives Verändern der Frequenzcharakteristiken des CPU-Taktsignals und des Systemtaktsignals zum:
Treiben des CPU-Taktsignals mit einer maximalen relativen Frequenz;
Treiben des CPU-Taktsignals mit einer reduzierten Frequenz;
Stoppen des CPU-Takts;
Stoppen des CPU-Takts und des Systemtakts;
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner die Schritte des Treibens des CPU-Taktsignals bei der maximalen relativen Frequenz über eine vorbestimmte Zeit umfasst, wenn eine Sekundäraktivität auftritt, und das CPU-Taktsignal nach der vorbestimmten Zeit zu der vorhergehenden Frequenz zurückkehrt, und das CPU-Taktsignal bei der maximalen relativen Frequenz getrieben wird, wenn eine Primäraktivität auftritt.

16. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt, bei dem, wenn die Primäraktivität nicht innerhalb eines zweiten vorbestimmten Zeitraums auftritt, während das CPU-Taktsignal die maximale relative Frequenz aufweist, das CPU-Taktsignal mit einer reduzierten Frequenz getrieben wird.

17. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt des Stoppens des CPU-Taktsignals, wenn die Primäraktivität nicht innerhalb eines dritten vorbestimmten Zeitraums nach der Initiierung des Schritts des Treibens des CPU-Taktsignals mit einer reduzierten Frequenz auftritt.

18. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt des Stoppens des Systemtaktsignals, wenn die Primäraktivität nicht innerhalb eines vierten vorbe-

stimmten Zeitraums nach der Initiierung des Schritts des Stoppens des CPU-Taktsignals auftritt.

19. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, bei dem die Primäraktivität einen Festplatten-Zyklus umfasst.

20. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, bei dem die Primäraktivität eine Aktivität eines Gleitkomma-Koprozessors umfasst.

21. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, bei der die Sekundäraktivität ein Auftreten eines Interrupts umfasst.

22. Verfahren zum Energiemanagement in einem Computersystem nach Anspruch 15, bei der die Sekundäraktivität ein Auftreten eines Zeitgeber-Tick-Interrupts umfasst.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

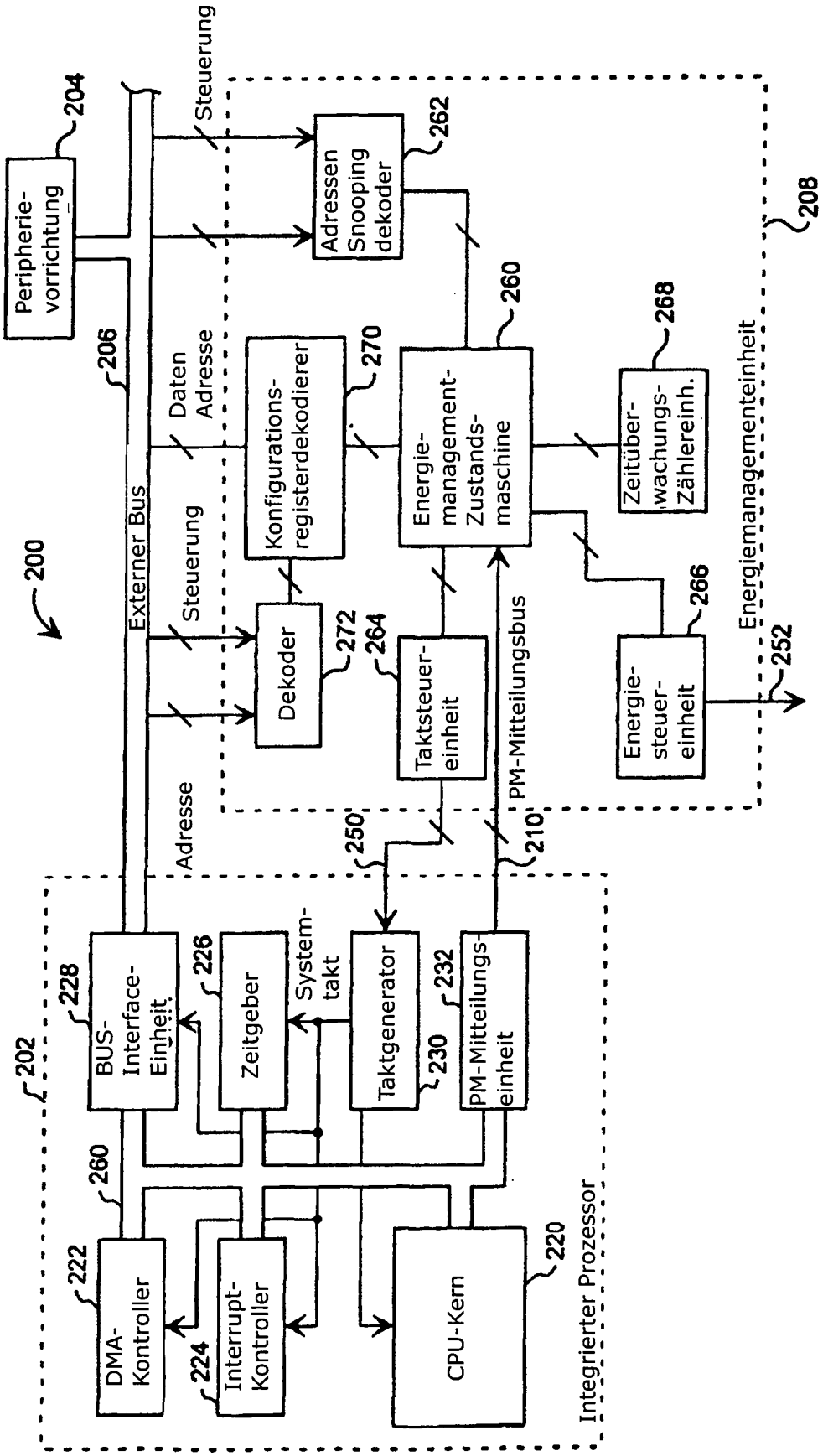

Fig.1

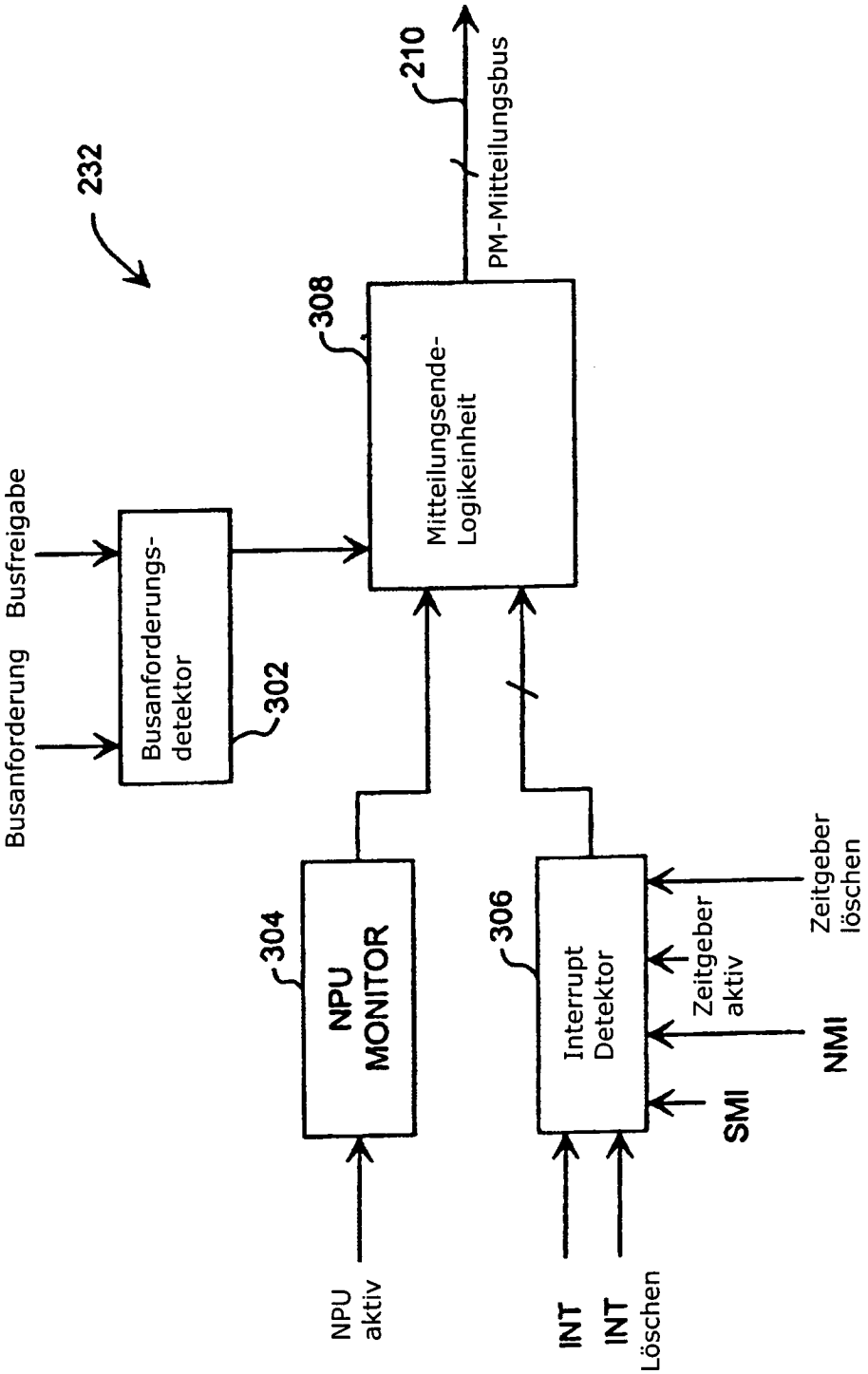
232
210
PM-Mitteilungsbus
308
Mitteilungsende-Logikeinheit
Busfreigabe
Busanforderung
Busanforderungs-detektor
302
304
NPU MONITOR
306
Interrupt Detektor
Zeitgeber löschen
Zeitgeber aktiv
NMI
SMI
NPU aktiv
INT
INT Löschen

Fig.2

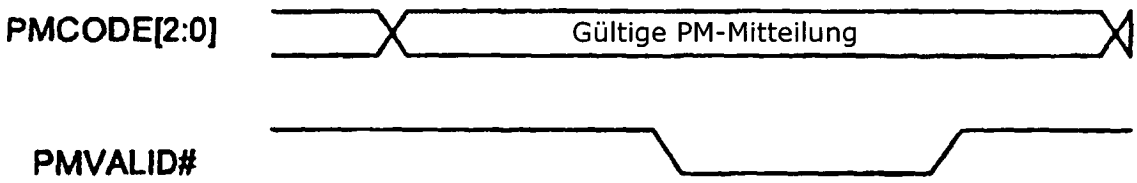

Fig.3

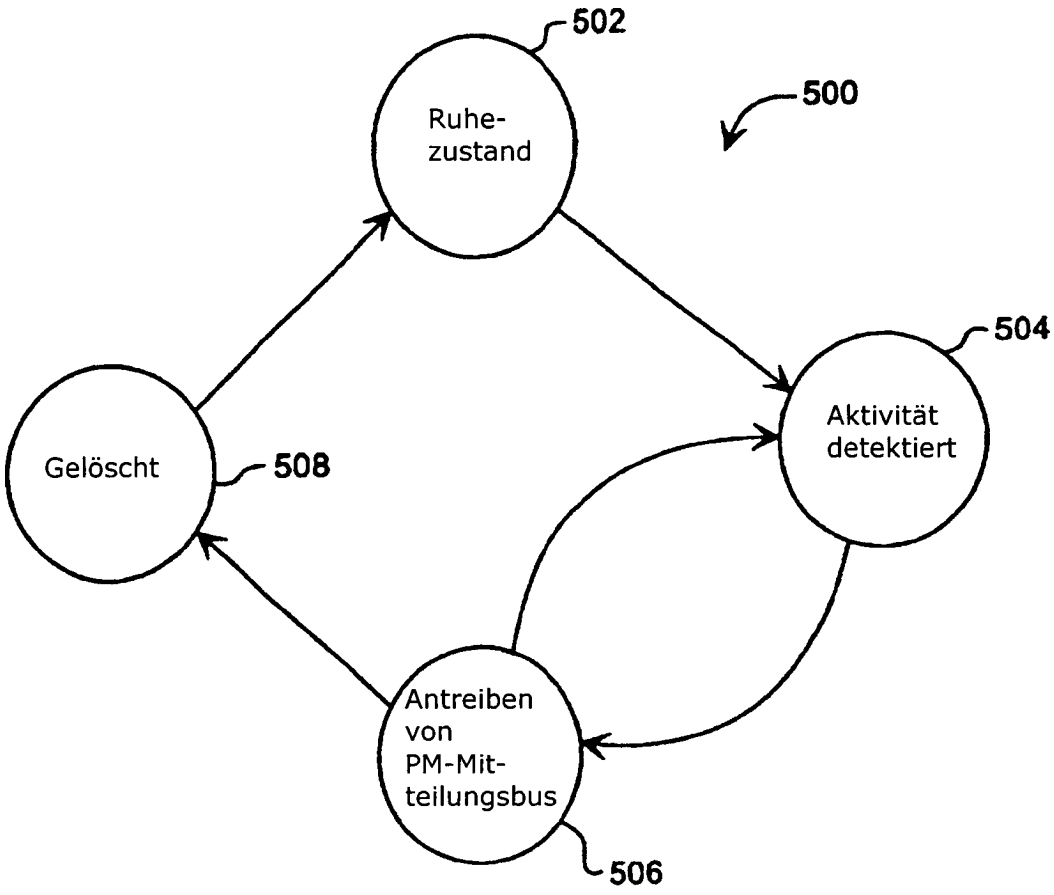
502
500
Ruhe-
zustand
504
Aktivität
detektiert
Gelöscht
508
Antreiben
von
PM-Mit-
teilungsbus
506

Fig.4

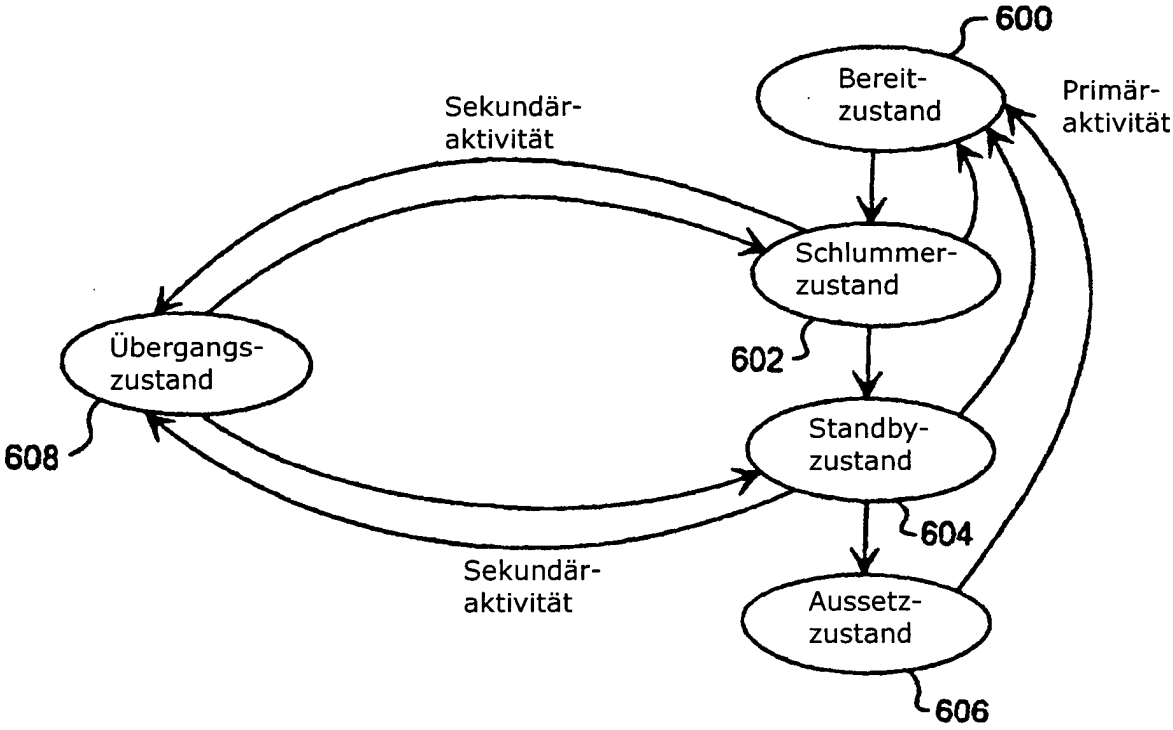
600
Bereit-
zustand
Primär-
aktivität
Sekundär-
aktivität
Schlummer-
zustand
602
Übergangs-
zustand
608
Standby-
zustand
604
Sekundär-
aktivität
Aussetz-
zustand
606

Fig.5

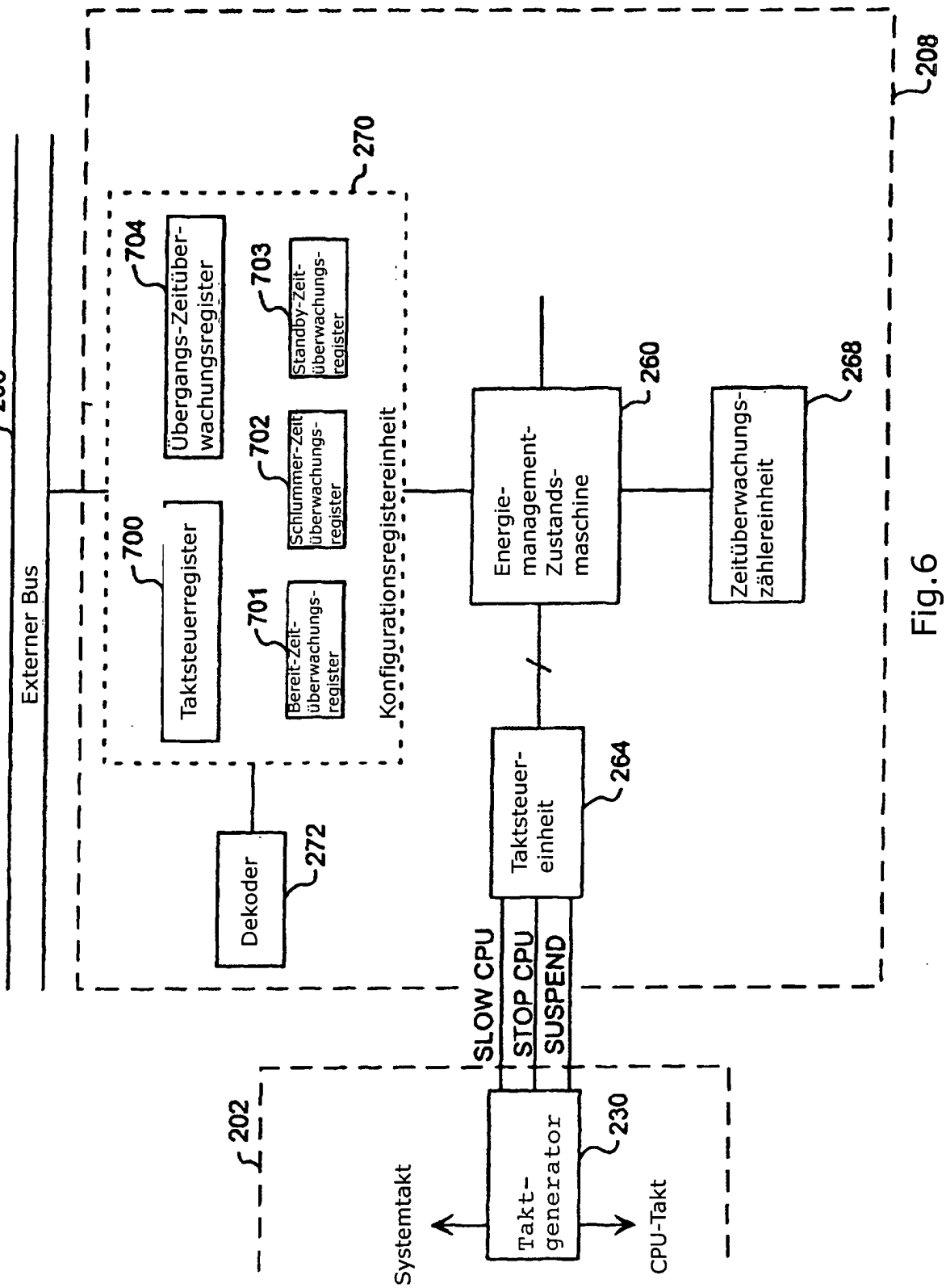
206
Externer Bus
208
270
Konfigurationsregistereinheit
700
Taktsteuerregister
701
Bereit-Zeit-überwachungs-register
702
Schlummer-Zeit-überwachungs-register
703
Standby-Zeit-überwachungs-register
704
Übergangs-Zeitüber-wachungsregister
272
Dekoder
260
Energie-management-Zustands-maschine
268
Zeitüberwachungs-zählereinheit
264
Taktsteuer-einheit
SLOW CPU
STOP CPU
SUSPEND
202
230
Takt-generator
Systemtakt
CPU-Takt

Fig.6