

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. Mai 2006 (04.05.2006)

PCT

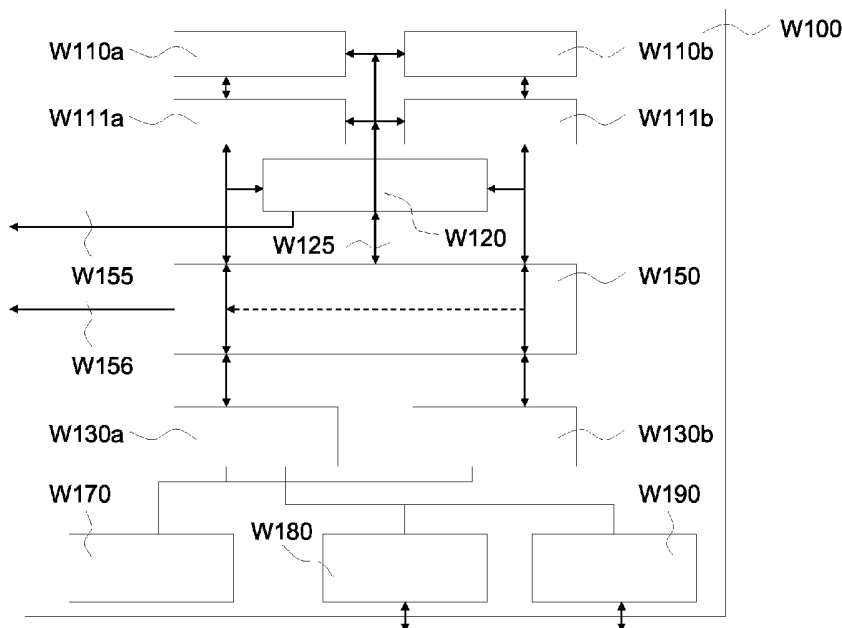
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/045782 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G06F 9/318 (2006.01) 102004051964.1 25. Oktober 2004 (25.10.2004) DE
102005037213.9 8. August 2005 (08.08.2005) DE
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/055509 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 25. Oktober 2005 (25.10.2005) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEIBERLE, Reinhard** [DE/DE]; Kalkaeckerstrasse 10, 71665 Vaihingen/Enz (DE). **MUELLER, Bernd** [DE/DE]; Stahler Strasse 38, 70839 Gerlingen (DE). **ANGERBAUER, Ralf** [DE/DE]; Clara-Schumann-Strasse 4, 71701 Schwieberdingen (DE). **COLLANI, Yorck** [DE/DE]; Lisztweg 9, 71717 Beilstein (DE). **GMEHLICH, Rainer** [DE/DE]; Hoehenweg 2, 71254 Ditzingen (DE). **BOEHL, Eberhard** [DE/DE]; Heimbühlstrasse 36, 72768 Reutlingen (DE). **KOTTKE, Thomas** [DE/DE]; Leimentalstrasse
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102004051937.4 25. Oktober 2004 (25.10.2004) DE
102004051992.7 25. Oktober 2004 (25.10.2004) DE
102004051952.8 25. Oktober 2004 (25.10.2004) DE
102004051950.1 25. Oktober 2004 (25.10.2004) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SWITCHING BETWEEN OPERATING MODES OF A MULTIPROCESSOR SYSTEM BY MEANS OF AT LEAST ONE EXTERNAL SIGNAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR UMSCHALTUNG ZWISCHEN BETRIEBSMODI EINES MULTIPROZESSORSYSTEMS DURCH WENIGSTENS EIN EXTERNES SIGNAL



(57) Abstract: The invention relates to a method for switching in a computer system comprising at least two execution units. It is possible to switch between at least two operating modes, a first operating mode corresponding to a comparison mode and a second operating mode corresponding to a performance mode. The invention is characterised in that the switching is triggered by at least one signal generated outside the computer system.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/045782 A2



13/1, 71139 Ehningen (DE). **PFEIFFER, Wolfgang** [DE/DE]; Braunersbergsteige 13, 71723 Grossbottwar (DE). **HARTWICH, Florian** [AT/DE]; Lerchenstrasse 17/1, 72762 Reutlingen (DE). **HARTER, Werner** [DE/DE]; Hummelberg 4, 75428 Illingen (DE). **GRAEB-ITZ, Karsten** [DE/DE]; Segelfalterstrasse 4, 70439 Stuttgart (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;** Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren zur Umschaltung bei einem Rechnersystem mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten, wobei zwischen wenigstens zwei Betriebsmodi umgeschaltet wird und ein erster Betriebsmodus einem Vergleichsmodus und ein zweiter Betriebsmodus einem Performanzmodus entspricht dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung durch wenigstens ein Signal ausgelöst wird, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird.

5

10 Verfahren und Vorrichtung zur Umschaltung zwischen Betriebsmodi eines Multiprozessorsystems durch wenigstens ein externes Signal

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Umschaltung zwischen wenigstens zwei Betriebsmodi eines Multiprozessorsystems mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten sowie ein entsprechendes Prozessorsystem gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche

20 Transiente Fehler, ausgelöst durch Alpha-Teilchen oder kosmische Strahlung, werden zunehmend ein Problem für integrierte Halbleiterschaltungen. Durch abnehmende Strukturbreiten, sinkende Spannungen und höhere Taktfrequenzen nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass eine Spannungsspitze, hervorgerufen durch ein Alpha-Teilchen oder kosmische Strahlung, einen logischen Wert in einer integrierten Schaltung verfälscht. Ein falsches Berechnungsergebnis kann die Folge sein. In sicherheitsrelevanten Systemen, insbesondere im Kraftfahrzeug, müssen solche Fehler daher zuverlässig detektiert werden.

25 Bei sicherheitsrelevanten Systemen, wie z.B. einem ABS-Regelsystem in einem Kraftfahrzeug, in denen Fehlfunktionen der Elektronik sicher detektiert werden müssen, werden bei den entsprechenden Steuereinrichtungen solcher Systeme üblicherweise Redundanzen zur Fehlererkennung eingesetzt. So ist beispielsweise in bekannten ABS-Systemen jeweils der

30 komplette Mikrocontroller dupliziert, wobei die gesamten ABS-Funktionen redundant berechnet

- 2 -

und auf Übereinstimmung geprüft werden. Tritt eine Diskrepanz der Ergebnisse auf, so wird das ABS-System abgeschaltet.

Ein Mikrocontroller besteht einerseits aus Speichermodulen (z.B. RAM, ROM, Cache), aus einem Prozessor (CPU, Core) und aus Ein- /Ausgangs-Schnittstellen, so genannten Peripherals (z.B. A/D-Wandler, CAN-Schnittstelle). Da Speicherelemente mit Prüfcodes (Parity oder ECC) effektiv überwacht werden können, und Peripherals oft anwendungsspezifisch als Teil eines Sensor- oder Aktor-Signalfades überwacht werden, besteht ein weiterer Redundanzansatz in der alleinigen Verdopplung der Cores (CPUs) eines Mikrocontrollers.

Solche Mikrocontroller mit wenigstens zwei integrierten Cores sind auch als Dual-Core oder Multi-Core Architekturen bekannt. Beide Cores führen redundant und takt synchron das gleiche Programmsegment aus, die Ergebnisse der beiden Ausführungseinheiten werden verglichen, und ein Fehler wird dann bei dem Vergleich auf Übereinstimmung erkannt werden. Im Folgenden wird diese Konfiguration eines Multi-Core Systems als Vergleichsmodus bezeichnet.

Dual-Core oder Multi-Core Architekturen werden in anderen Anwendungen auch zur Leistungssteigerung, also zu einer Performanz-Steigerung eingesetzt. Beide Cores führen unterschiedliche Programme aus, wodurch sich eine Leistungssteigerung erzielen lässt, weshalb diese Konfiguration eines Multi-Core Systems als Leistungsmodus oder Performanzmodus bezeichnet wird. Dieses System wird auch als ein symmetrisches Multiprozessorsystem (SMP) bezeichnet.

Eine Erweiterung dieser Systeme kann mittels einer Umschaltung erreicht werden, d.h. je nach Anwendungszweck des Multiprozessorsystem kann dieses in einem Vergleichsmodus oder in einem Performanzmodus betreiben werden. Im Vergleichsmodus werden die Ausgangssignale der Cores miteinander verglichen. Bei einer Differenz wird ein Fehlersignal ausgegeben. Im Performanzmodus arbeiten die beiden Cores als ein symmetrisches Mehrprozessorsystem (SMP) und führen unterschiedliche Programme aus.

Vorteile der Erfindung

Es sind Systeme, vor allem im Automobilbereich bekannt, die auf externe Ereignisse oder abhängig von externen Ereignissen reagieren sollen. In solchen Systemen kann es vorteilhaft

sein, eine Umschaltung abhängig von prozessorexternen Bedingungen (z.B. Sensorwerte, Systemzustand, Fahrzeugzustand) vorzunehmen. Im Automobil werden in Zukunft zunehmend zeitgesteuerte Kommunikationssysteme eingesetzt. In Verbindung mit diesen Kommunikationssystemen kann es vorteilhaft sein, den Betriebsmodus eines Multiprozessorsystems abhängig von einer globalen Zeitbasis des Kommunikationssystems oder weiterer Zeitereignisse umzuschalten.

In Echtzeitsystemen kann es u.a. auch zur Fehlerbehandlung nützlich sein, eine Betriebsmodusumschaltung eines Multiprozessorsystems von einem Redundanzmodus (Vergleichsmodus) in einen Nichtredundanzmodus (Performanzmodus) vorzunehmen, um eine getrennte Fehlerlokalisierung und -behandlung zu ermöglichen. Auch unterschiedliche Systemmodi (z.B. in einem Kraftfahrzeugregelsystem) können unterschiedliche Anforderungen an die optimalen Prozessormodi stellen. Damit kann es nützlich sein, das gleiche Programm im Systemmodus 1 in einem ersten Betriebsmodus des Prozessorsystems ablaufen zu lassen, während es im Systemmodus 2 vorteilhafter Weise in einem zweiten Betriebsmodus des Prozessorsystems abläuft. Eine gezielte Umschaltung in einen dedizierten Betriebsmodus oder das Unterbinden einer solchen Umschaltung abhängig von externen Signalen ist im Stand der Technik, d.h. durch eine programmspezifische Kennung oder den Zugriff auf eine bestimmte Speicheradresse nicht zu leisten.

Aufgabe der Erfindung ist es abhängig von einem externen Signal eine Umschaltung zwischen verschiedenen Betriebsmodi einzuleiten.

Vorteilhafterweise wird ein Verfahren zur Umschaltung bei einem Rechnersystem mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten beschrieben, wobei zwischen wenigstens zwei Betriebsmodi umgeschaltet wird und ein erster Betriebsmodus einem Vergleichsmodus und ein zweiter Betriebsmodus einem Performanzmodus entspricht dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung durch wenigstens ein Signal ausgelöst wird, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird. Vorteilhaft ist dem externen Signal eine Kennung zugeordnet oder dieses eine solche enthält, wobei nur dann eine Umschaltung erfolgt, wenn die Kennung vorhanden ist. Vorteilhaft wird durch die Kennung festgelegt, in welchen Betriebsmodus umgeschaltet wird. Vorteilhaft enthält die Kennung eine Zeitbedingung, durch welche festgelegt wird wann umgeschaltet wird. Vorteilhaft erfolgt durch das externe Signal eine Umschaltung nur in einer Richtung zwischen den Betriebsmodi. Vorteilhaft erfolgt durch das externe Signal ausschließlich eine Umschaltung vom

Performanzmodus in den Vergleichsmodus. Vorteilhaft erfolgt durch das externe Signal ausschließlich eine Umschaltung vom Vergleichsmodus in den Performanzmodus. Vorteilhaft stellt das Signal die Triggerung einer Unterbrechungsverarbeitung dar. Vorteilhaft entspricht die Kennung einem vorgegebenen Signalverlauf, insbesondere eines pulsweitenmodulierten Signals. Vorteilhaft entspricht die Kennung einer vorgegebenen Frequenz. Vorteilhaft entspricht die Kennung einer vorgegebenen Bitfolge eines Digitalsignals. Vorteilhaft entspricht die Kennung einer vorgegebenen Nachrichten-ID einer Botschaft eines Kommunikationssystems. Vorteilhaft wird die Umschaltung durch eine Kombination aus wenigstens einem Signal, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird und aus wenigstens einer Information, die innerhalb des Rechnersystems erzeugt wird, ausgelöst. Vorteilhaft erfolgt eine Umschaltung nur dann, wenn das wenigstens eine externe Signal und die wenigstens eine Rechnersysteminterne Information zeitgleich vorhanden sind. Vorteilhaft erfolgt eine Umschaltung nur dann, wenn eine zeitlich begrenzte Freigabe zur Umschaltung abhängig von wenigstens einem externen Signal erfolgt und innerhalb der begrenzten Freigabezeit wenigstens eine Rechnersysteminterne Information oder ein Rechnersysteminternes Ereignis zur Umschaltung vorliegt. Vorteilhaft ist eine Vorrichtung zur Umschaltung bei einem Rechnersystem mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten enthalten, wobei Umschaltmittel enthalten sind, die derart ausgestaltet sind, dass diese zwischen wenigstens zwei Betriebsmodi umschalten, wobei ein erster Betriebsmodus einem Vergleichsmodus und ein zweiter Betriebsmodus einem Performanzmodus entspricht dadurch gekennzeichnet, dass Empfangsmittel enthalten sind, welche wenigstens ein außerhalb des Rechnersystems erzeugtes Signal empfangen, wobei die Umschaltung durch das außerhalb des Rechnersystems erzeugte Signal ausgelöst wird. Vorteilhaft ist das Empfangsmittel zum Empfang des wenigstens einen externen Signals ein Interruptcontroller. Vorteilhaft sind Empfangsmittel enthalten, welche wenigstens ein außerhalb des Rechnersystems erzeugtes Signal empfangen, und Mittel enthalten sind, welche das von außerhalb empfangene Signal oder eine Kennung desselben mit einem intern erzeugten Signal kombinieren, wobei die Umschaltung durch eine Kombination aus wenigstens einem Signal, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird und aus wenigstens einer Information, die innerhalb des Rechnersystems erzeugt wird, ausgelöst wird

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche sowie der Beschreibung.

Figuren

5 Figur 1 zeigt ein Multiprozessorsystem mit zwei Ausführungseinheiten, mit Einrichtungen zum Vergleich von Daten der zwei Ausführungseinheiten und mit einer Umschalteinheit zur Umschaltung der Betriebsmodi

Figur 2 zeigt ein Multiprozessorsystem mit zwei Ausführungseinheiten, mit Einrichtungen zum Vergleich von Daten der zwei Ausführungseinheiten und mit einer Umschalteinheit zur Umschaltung der Betriebsmodi und einer externen Signalquelle, die ein Umschaltsignal erzeugt

10 Figur 3 zeigt ein Multiprozessorsystem mit zwei Ausführungseinheiten, mit Einrichtungen zum Vergleich von Daten der zwei Ausführungseinheiten und mit einer Umschalteinheit zur Umschaltung der Betriebsmodi und einer externen Signalquelle, die mit einem Interruptcontroller des Multiprozessorsystem verbunden ist.

15 Figur 4 zeigt ein Multiprozessorsystem mit zwei Ausführungseinheiten, mit Einrichtungen zum Vergleich von Daten der zwei Ausführungseinheiten und mit einer Umschalteinheit zur Umschaltung der Betriebsmodi und einer externen Signalquelle, die über ein Kommunikationssystem mit dem Multiprozessorsystem verbunden ist.

Figur 5 zeigt eine allgemeine Umschalt- und Vergleichseinheit.

20

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

25 Eine Ausführungseinheit kann im Folgenden sowohl einen Prozessor/Core/CPU, als auch eine FPU (Floating Point Unit), DSP (Digitaler Signalprozessor), Coprozessor oder ALU (Arithmetic logical Unit) bezeichnen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein in Figur 1 dargestelltes Multiprozessorsystem W100 mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten W110a, W110b, einer Vergleichseinheit W120 und einer Umschalteinheit W150. Die Ausführungseinheiten sind jeweils über einen optionalen

Zwischenspeicher W111a, W111b mit einer Vergleichseinheit W120 und einer Umschalteinheit W150 verbunden. Die Umschalteinheit W150 hat wenigstens zwei Ausgänge zu zwei Systemschnittstellen W130a, W130b. Über diese Schnittstellen können Register, Speicher oder Peripherals wie Digitale Ausgänge, D/A-Wandler, Kommunikationscontroller angesteuert werden.

5

Dieses Multiprozessorsystem kann in wenigstens zwei Betriebsmodi betrieben werden, einem Vergleichsmodus VM und einem Performanzmodus PM.

Im Performanzmodus PM werden in den unterschiedlichen Ausführungseinheiten unterschiedliche Befehle, Programmsegmente oder Programme parallel ausgeführt. In diesem Betriebsmodus ist die Vergleichseinheit deaktiviert. Die Umschalteinheit W150 ist in diesem Betriebsmodus so konfiguriert, dass jede Ausführungseinheit über den optionalen Zwischenspeicher mit einer der Systemschnittstellen W130a, W130b verbunden ist. Über die Systemschnittstellen kann ein Resultat einer Ausführungseinheit in einen Speicher W170 geschrieben werden oder auf einen Peripheriebaustein W180, W190 ausgegeben werden. Ein Peripheriebaustein kann z.B. ein Analog-Digital-Wandler oder ein Kommunikationscontroller eines Kommunikationssystems (z.B. SPI, LIN, CAN, FlexRay) sein.

10

15

Zur Deaktivierung der Vergleichseinheit gibt es mehrere Möglichkeiten. Zum einen kann man an den Vergleich ein Signal führen, mit dem dieser aktiviert oder deaktiviert wird. Dazu ist im Vergleich eine zusätzliche Logik einzufügen, die dies durchführen kann. Eine weitere Möglichkeit ist es, dem Vergleich keine zu vergleichenden Daten zuzuführen. Eine dritte Möglichkeit ist es, auf Systemebene das Fehlersignal des Vergleichers zu ignorieren. Weiter kann man auch das Fehlersignal selbst unterbrechen. Allen Möglichkeiten ist gemeinsam, dass sie im System einen Zustand erzeugen, bei dem es keine Rolle spielt, wenn zwei oder mehr Daten, die potenziell verglichen werden, verschieden sind. Wird dieser Zustand durch eine Maßnahme im Vergleich oder dessen Ein- oder Ausgangssignalen erreicht, dann wird der Vergleich als passiv oder deaktiviert bezeichnet.

20

25

Im Vergleichsmodus VM werden in beiden Ausführungseinheiten W110a, W110b gleiche oder gleichartige Befehle, Programmsegmente oder Programme abgearbeitet. Über die optionalen Zwischenspeicher W111a, W111b werden die Ausgangssignale der Ausführungseinheiten an die Vergleichseinheit W120 und an die Umschalteinheit W150 geführt. In der Vergleichseinheit werden die beiden Daten auf Übereinstimmung geprüft. Nach erfolgtem Vergleich wird der Umschalteinheit über ein Statussignal W125 mitgeteilt, ob diese eines der übereinstimmenden Ergebnisse an eine der Systemschnittstellen ausgeben darf oder ob sie aufgrund einer erkannten

30

Diskrepanz der Ergebnisse das Signal sperren muss. In diesem Fall kann von der Vergleichseinheit ein optionales Fehlersignal W155 ausgegeben werden. Dieses Fehlersignal kann anstatt von der Vergleichseinheit auch von der Umschaltseinheit ausgegeben werden W156.

Die Umschaltung kann dabei entweder über die Ausführung von speziellen
5 Umschaltinstruktionen, speziellen Instruktionssequenzen, explizit gekennzeichneten Instruktionen oder durch den Zugriff auf eine bestimmte Speicheradresse durch wenigstens einen der Cores des Multiprozessorsystems ausgelöst werden. In der vorliegenden Erfindung wird die Umschaltung zwischen den beiden Betriebsmodi des Multiprozessorsystem durch wenigstens ein Signal W160 ausgelöst, welches von einer Einrichtung bzw. Signalquelle W140
10 außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird dargestellt in Figur 2.

In einem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt eine Umschaltung abhängig von genau einem Signal. Diese Umschaltung kann so erfolgen, dass durch genau eine Eigenschaft des Signals ein Wechsel von einem beliebigen ersten Betriebsmodus, in dem sich das Multiprozessorsystem zum Empfangszeitpunkt des Signals befindet, in einen zweiten Betriebsmodus erfolgt.

15 In einem zweiten Ausführungsbeispiel kann die Umschaltung so konfiguriert sein, dass durch genau eine Eigenschaft des Signals ein Wechsel des Betriebsmodus in nur eine Richtung, d.h. von einem ersten, zuvor definierten Betriebsmodus in genau einen zweiten, zuvor definierten Betriebsmodus erfolgt, z.B. vom Performanzmodus in den Vergleichsmodus. Ist das Multiprozessorsystem zum Empfangszeitpunkt des Signals bereits in dem zweiten, als
20 Zielzustand definierten Betriebsmodus, dann bleibt das Umschaltsignal ohne weitere Auswirkungen auf das Multiprozessorsystem. Die Umschaltung in die jeweils andere Richtung erfolgt dann anderweitig über ein bekanntes Verfahren, z.B. abhängig von einem prozessorinternen Signal oder Ereignis, dem Zugriff auf eine bestimmte Speicheradresse, abhängig von der Ausführung eines bestimmten Programms, Programmsegments oder Befehls
25 oder aber über ein zweites, externes Signal.

Die oben genannte Eigenschaft des Signals kann das Vorhandensein eines Signals oder das Über- oder Unterschreiten eines Signalpegels sein.

In einem dritten Ausführungsbeispiel erfolgt die Umschaltung der Betriebsmodi in
30 Abhängigkeit wenigstens eines Signals, welches außerhalb des Rechnersystems von einer Einrichtung bzw. Signalquelle W140 erzeugt wird und dem eine Kennung zugeordnet ist oder das eine solche enthält, wobei nur dann eine Umschaltung erfolgt, wenn die Kennung vorhanden ist. Durch die Kennung des Signals kann festgelegt werden, in welchen

Betriebszustand das Multiprozessorsystem umschalten soll. Die Kennung kann eine Zeitbedingung enthalten und/oder einem bestimmten, vorgegebenen Signalverlauf entsprechen, z.B.

dem Gradient eines Signals,
5 dem Tastverhältnis eines pulswertenmodulierten Signals,
einer vorgegebenen Frequenz eines Wechsellspannungssignals, eines
pulswertenmodulierten oder frequenzmodulierten Signals,
einer vorgegebenen Bitfolge eines Digitalsignals
einer vorgegebenen Nachrichten-ID einer Botschaft eines Kommunikationssystems

10 Die Kennung kann auch einer Kombination von zwei oder mehr der vorgenannten
Signalverläufen entsprechen.

Die Signalquelle W140 kann dabei einem der folgenden Elemente oder einer Kombination von mehreren der folgenden Elemente entsprechen:

15 μ C-externer Timer (z.B. von Zeitbasis eines Kommunikationssystems)
Fehlensignal einer μ C-externen Einheit (z.B. Watchdog im SG)
Sensorsignal
Weiteres Steuergerät
Statussignal eines Anwendungssystems (z.B. Regelstatus eines ABS-Systems,
20 Abgaslimits eines Verbrennungsmotors, ... bei einem Automobilsystem)

Die Signalquelle W140 kann in einer ersten Ausführungsvariante ausschließlich dazu
vorhanden sein, ein Umschaltsignal zu erzeugen. Eine solche Signalquelle kann, wie in Figur 2
gezeigt, über eine Punkt-zu-Punkt Verbindung W160 mit dem Multiprozessorsystem verbunden
25 sein, dort speziell direkt mit der Umschalteinheit W150.

In einer zweiten, in Figur 3 gezeigten Ausführungsvariante wird das externe Umschaltsignal
W160 als Interruptsignal über einen Interruptcontroller W159 empfangen. Das externe Signal
bewirkt in dieser Variante die Triggerung einer Unterbrechungsverarbeitung, die Umschaltung
zwischen den Betriebsmodi wird dann vom Interruptcontroller initiiert.

30 Als Signalquelle kann in einer weiteren Ausführungsvariante aber auch, wie in Figur 4 gezeigt,
ein weiteres Steuergerät oder ein intelligenter Sensor W145 dienen, der über ein
Kommunikationssystem W165 an das Prozessorsystem angebunden ist. Das digitale Signal wird

dann über die Kommunikationsschnittstelle W195 und den internen Daten-/Adressbus an die Umschalteinheit W150 geführt.

Es ist auch eine beliebige Kombination der beschriebenen Signalquellen W140, W145, der Art der Signalanbindung W160, W165 und des Interruptcontrollers W159 vorstellbar.

5 In einer weiteren Ausprägung des Systems ist die Umschaltung zwischen den Betriebsmodi nicht ausschließlich von einem externen Signal, sondern durch eine Kombination wenigstens eines externen Signals und wenigstens einer Information, eines Ereignisses oder eines Signals, welches innerhalb des Rechnersystems erzeugt wird. Dieses rechnersysteminterne Ereignis kann z.B. die Ausführung eines Programmbefehls oder ein Zugriff auf eine bestimmte

10 Speicheradresse sein. Diese Information erhält die Umschalteinheit W150 über die in Figur 2, Figur 3 und Figur 4 gezeigten Verbindungen W112a, W112b zwischen Ausführungseinheiten W110a, W110b bzw. optionalem Zwischenspeicher W111a, W111b, Vergleichseinheit W120 und Umschalteinheit W150. Die Kombination des Signals erfolgt zweckmäßigerweise innerhalb der Umschalteinheit W150. Die Kombination ist in einer ersten Variante so ausgeführt, dass

15 eine Umschaltung zwischen den Betriebsmodi nur dann erfolgt, wenn das wenigstens eine externe Signal und die wenigstens eine interne Information zeitgleich vorliegen. In einer weiteren Variante wird durch das externe Signal nur eine Freigabe einer Umschaltung erzeugt, die vorzugsweise zeitlich begrenzt ist. Eine Umschaltung ist dann nur durch ein internes Ereignis, das innerhalb eines definierten Zeitfensters nach der Freigabe auftritt, möglich.

20 Das externe Signal kann anstelle einer Freigabe zur Umschaltung auch die Rücknahme einer Freigabe bzw. ein Sperren einer Umschaltung erzeugen. Auch diese ist vorzugsweise zeitlich begrenzt. Damit kann vor allem eine Umschaltung zu bestimmten Zeitpunkten oder bei bestimmten Systemzuständen verhindert werden.

In den vorangehenden Ausführungsbeispielen ist jeweils ein Multiprozessorsystem mit zwei

25 Ausführungseinheiten und zwei Betriebsmodi beschrieben. Die kennzeichnenden Merkmale der Erfindung können ebenso auf Multiprozessorsysteme mit mehr als zwei Ausführungseinheiten angewendet werden. Änderungen sind dabei hauptsächlich in der Umschalteinheit und der Vergleichseinheit notwendig.

Ein allgemeiner Fall der Umschalt- und Vergleichskomponente, die auch für die Verwendung in

30 einem System mit mehr als zwei Ausführungseinheiten geeignet ist, ist in Figur 5 gezeigt. Von den n zu berücksichtigenden Ausführungseinheiten gehen n Signale N140, ..., N14n an die Umschalt- und Vergleichskomponente N100. Diese kann bis zu n Ausgangssignale

N160,..., N16n aus diesen Eingangssignalen erzeugen. Im einfachsten Fall, dem "reinen Performanzmodus", werden alle Signale N14i auf die entsprechenden Ausgangssignale N16i geleitet. Im entgegen gesetzten Grenzfall, dem "reinen Vergleichsmodus" werden alle Signale N140,..., N14n nur auf genau eines der Ausgangssignale N16i reduziert.

5 In einem System mit n Ausführungseinheiten und $n > 2$ sind mehr als nur zwei Betriebsmodi denkbar. Anhand Figur 5 lässt sich darlegen, wie die verschiedenen denkbaren Modi entstehen können. Dazu ist in dieser Figur die logische Komponente einer Schaltlogik N110 enthalten. Diese legt zunächst fest, wie viele Ausgangssignale es überhaupt gibt. Weiter legt die Schaltlogik N110 die Abhängigkeit der Ausgangssignale von den Eingangssignalen fest. In
10 mathematischer Form formuliert ist also durch die Schaltlogik eine Funktion von der Menge $\{N140, \dots, N14n\}$ in die Menge $\{N1601, \dots, N16n\}$ definiert.

Die Verarbeitungslogik N120 legt dann zu jedem der Ausgänge N16i fest, in welcher Form die Eingänge zu diesem Ausgangssignal beitragen. Um beispielhaft die verschiedenen Variationsmöglichkeiten zu beschreiben, sei ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen, dass der
15 Ausgang N160 durch die Signale N141, ..., N14m erzeugt wird. Falls $m = 1$, entspricht dies einfach einer Durchschaltung des Signals, falls $m = 2$ dann werden die Signale N141, N142 auf Übereinstimmung verglichen. Dieser Vergleich kann synchron oder asynchron durchgeführt werden, er kann bitweise oder nur auf signifikante Bits oder auch mit einem Toleranzband durchgeführt werden.

20 Falls $m \geq 3$ gibt es mehrere Möglichkeiten.

Eine erste Möglichkeit besteht darin alle Signale zu vergleichen und bei Vorhandensein mindestens zweier verschiedener Werte einen Fehler zu detektieren, den man optional signalisieren kann.

25 Eine zweite Möglichkeit besteht darin, dass man eine k aus m –Auswahl vornimmt ($k > m/2$). Diese kann durch Verwendung von Vergleichen realisiert werden. Optional kann ein Fehlersignal generiert werden, wenn eines der Signale als abweichend erkannt wird. Optional kann ein weiteres Fehlersignal generiert werden, wenn alle der zu vergleichenden Signale verschieden sind.

30

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, diese Werte einem Algorithmus zuzuführen. Dieser kann beispielsweise die Bildung eines Mittelwerts, eines Medianwerts, oder die Verwendung eines fehlertoleranten Algorithmus (FTA) darstellen. Ein solcher FTA beruht darauf, Extremwerte der Eingangswerte wegzustreichen und eine Art der Mittelung über die restlichen Werte vorzunehmen. Diese Mittelung kann über die gesamte Menge der restlichen Werte, oder vorzugsweise über eine in HW leicht zu bildende Teilmenge vorgenommen werden. In diesem Fall ist es nicht immer notwendig, die Werte tatsächlich zu vergleichen. Bei der Mittelwertbildung muss beispielsweise nur addiert und dividiert werden, FTM, FTA oder Median erfordern eine teilweise Sortierung. Gegebenenfalls kann auch hier bei hinreichend großen Extremwerten optional ein Fehlersignal ausgegeben werden.

Diese verschiedenen genannten Möglichkeiten der Verarbeitung mehrerer Signale zu einem Signal werden der Kürze wegen als Vergleichsoperationen bezeichnet.

Die Aufgabe der Verarbeitungslogik ist es also, die genaue Gestalt der Vergleichsoperation für jedes Ausgangssignal – und damit auch für die zugehörigen Eingangssignale – festzulegen. Die Kombination der Information der Schaltlogik N110 (d.h. die o.g. Funktion) und der Verarbeitungslogik (d.h. die Festlegung der Vergleichsoperation pro Ausgangssignal, d.h. pro Funktionswert) ist die Modusinformation und diese legt den Modus fest. Diese Information ist im allgemeinen Fall natürlich mehrwertig, d.h. nicht nur über ein logisches Bit darstellbar. Nicht alle theoretisch denkbaren Modi sind in einer gegebenen Implementierung sinnvoll, man wird vorzugsweise die Zahl der erlaubten Modi einschränken. Zu betonen ist, dass im Fall von nur zwei Ausführungseinheiten, wo es nur einen Vergleichsmodus gibt, die gesamte Information auf nur ein logisches Bit komprimiert werden kann.

Eine Umschaltung von einem Performanz- in einen Vergleichsmodus ist im allgemeinen Fall dadurch charakterisiert, dass Ausführungseinheiten, die im Performanzmodus auf verschiedene Ausgänge hin abgebildet werden, im Vergleichsmodus auf den gleichen Ausgang hin abgebildet werden. Vorzugsweise ist dies dadurch realisiert, dass es ein Teilsystem von Ausführungseinheiten gibt, bei dem im Performanzmodus alle Eingangssignale N14i, die im Teilsystem zu berücksichtigen sind, direkt auf korrespondierende Ausgangssignale N16i geschaltet werden, während sie im Vergleichsmodus alle auf einen Ausgang hin abgebildet sind. Alternativ kann eine solche Umschaltung bei Systemen mit mehr als drei Ausführungseinheiten auch dadurch realisiert werden, dass Paarungen geändert werden. Es ist dadurch dargestellt, dass man im allgemeinen Fall nicht von dem Performanzmodus und dem Vergleichsmodus sprechen kann,

obwohl man in einer gegebenen Ausprägung der Erfindung die Menge der erlaubten Modi so einschränken kann, dass dies der Fall ist. Man kann aber immer von einer Umschaltung von einem Performanz- in einen Vergleichsmodus (und umgekehrt) sprechen.

5

10 Patentansprüche

15

1. Verfahren zur Umschaltung bei einem Rechnersystem mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten, wobei zwischen wenigstens zwei Betriebsmodi umgeschaltet wird und ein erster Betriebsmodus einem Vergleichsmodus und ein zweiter Betriebsmodus einem Performanzmodus entspricht
dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung durch wenigstens ein Signal ausgelöst wird, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem externen Signal eine Kennung zugeordnet ist oder dieses eine solche enthält, wobei nur dann eine Umschaltung erfolgt, wenn die Kennung vorhanden ist.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Kennung festgelegt wird, in welchen Betriebsmodus umgeschaltet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennung eine Zeitbedingung enthält, durch welche festgelegt wird wann umgeschaltet wird.

30

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch das externe Signal eine Umschaltung nur in einer Richtung zwischen den Betriebsmodi erfolgt.

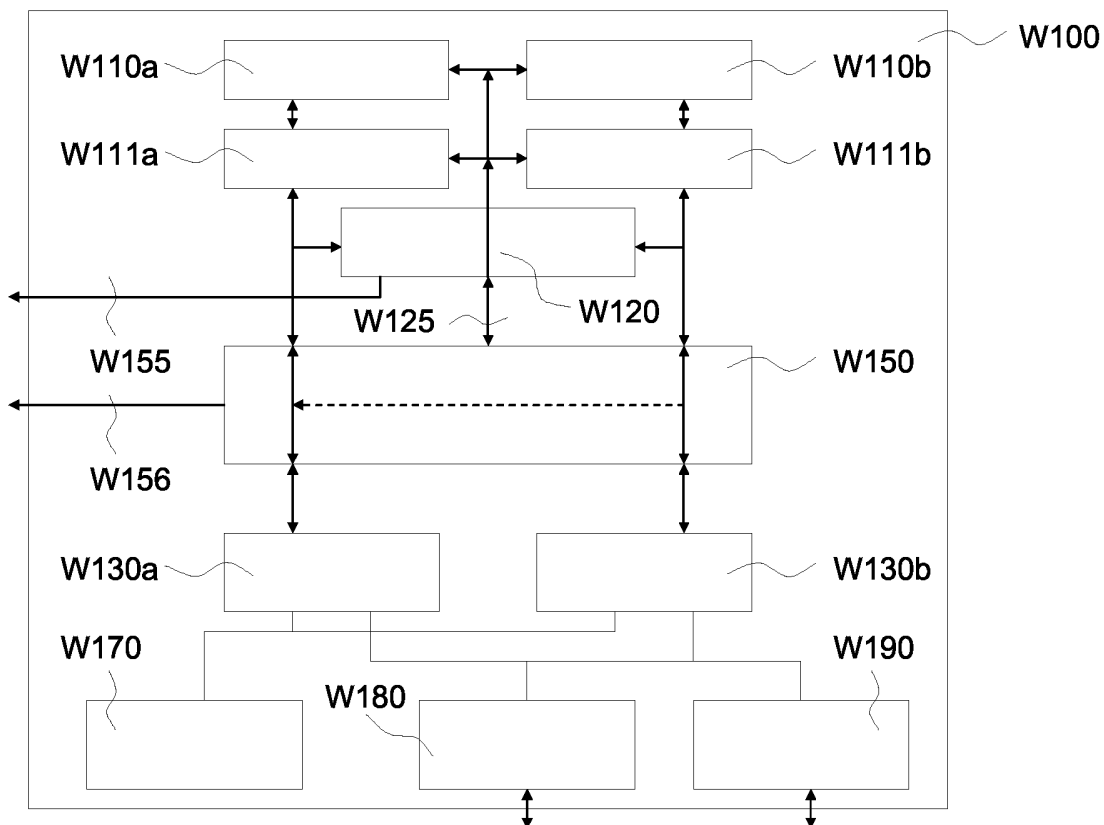
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch das externe Signal ausschließlich eine Umschaltung vom Performanzmodus in den Vergleichsmodus erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch das externe Signal ausschließlich eine Umschaltung vom Vergleichsmodus in den Performanzmodus erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Signal die
5 Triggerung einer Unterbrechungsverarbeitung darstellt.
9. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennung einem vorgegebenen Signalverlauf, insbesondere eines pulsweitenmodulierten Signals entspricht.
10. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennung einer
10 vorgegebenen Frequenz entspricht.
11. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennung einer vorgegebenen Bitfolge eines Digitalsignals entspricht
15
12. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennung einer vorgegebenen Nachrichten-ID einer Botschaft eines Kommunikationssystems entspricht
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung durch
20 eine Kombination aus wenigstens einem Signal, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird und aus wenigstens einer Information, die innerhalb des Rechnersystems erzeugt wird, ausgelöst wird
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Umschaltung nur
25 dann erfolgt, wenn das wenigstens eine externe Signal und die wenigstens eine Rechnersysteminterne Information zeitgleich vorhanden sind.
15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Umschaltung nur
30 dann erfolgt, wenn eine zeitlich begrenzte Freigabe zur Umschaltung abhängig von wenigstens einem externen Signal erfolgt und innerhalb der begrenzten Freigabezeit wenigstens eine Rechnersysteminterne Information oder ein Rechnersysteminternes Ereignis zur Umschaltung vorliegt.

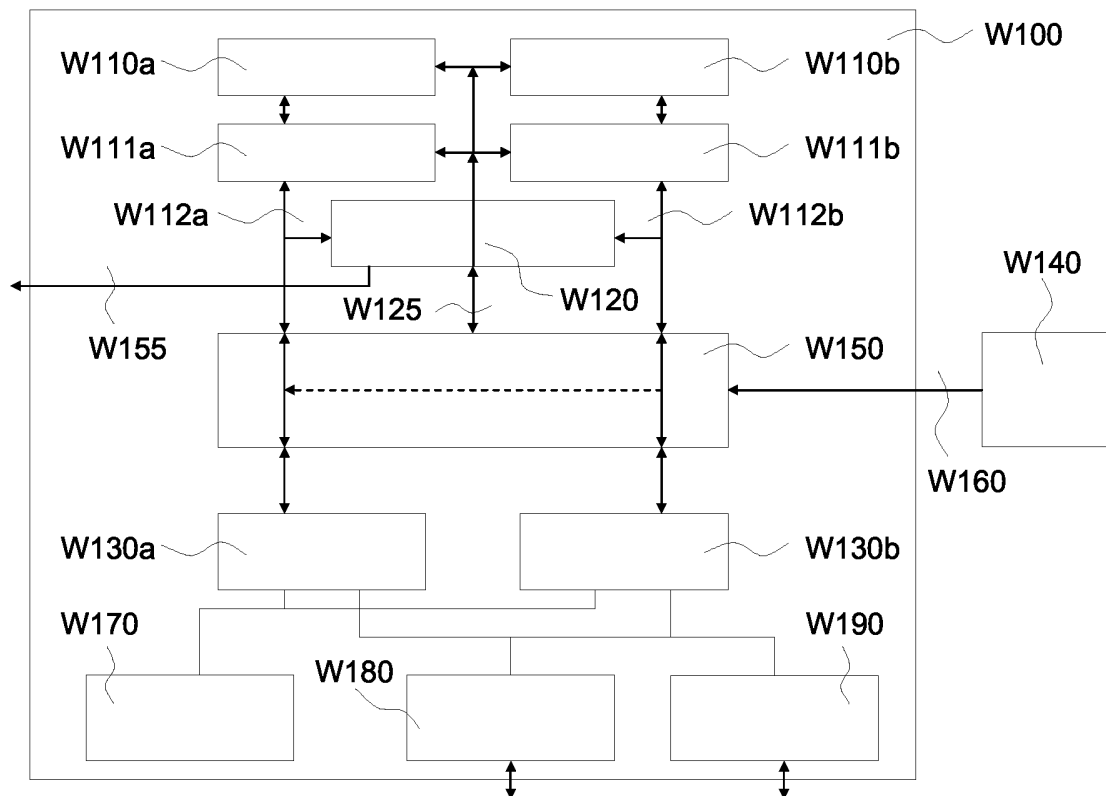
16. Vorrichtung zur Umschaltung bei einem Rechnersystem mit wenigstens zwei Ausführungseinheiten, wobei Umschaltmittel enthalten sind, die derart ausgestaltet sind, dass diese zwischen wenigstens zwei Betriebsmodi umschalten, wobei ein erster Betriebsmodus einem Vergleichsmodus und ein zweiter Betriebsmodus einem Performanzmodus entspricht
5 dadurch gekennzeichnet, dass Empfangsmittel enthalten sind, welche wenigstens ein außerhalb des Rechnersystems erzeugtes Signal empfangen, wobei die Umschaltung durch das außerhalb des Rechnersystems erzeugte Signal ausgelöst wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangsmittel
10 zum Empfang des wenigstens einen externen Signals ein Interruptcontroller ist.

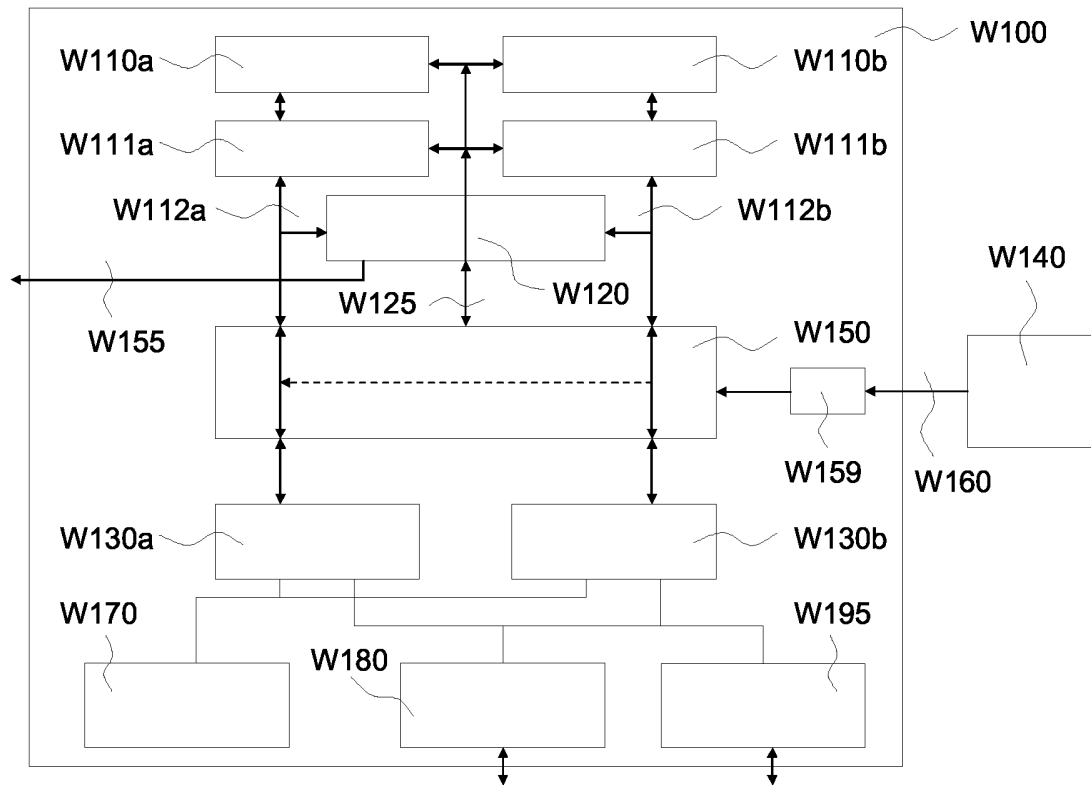
18. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass Empfangsmittel
enthalten sind, welche wenigstens ein außerhalb des Rechnersystems erzeugtes Signal empfangen, und Mittel enthalten sind, welche das von außerhalb empfangene Signal oder
15 eine Kennung desselben mit einem intern erzeugten Signal kombinieren, wobei die Umschaltung durch eine Kombination aus wenigstens einem Signal, welches außerhalb des Rechnersystems erzeugt wird und aus wenigstens einer Information, die innerhalb des Rechnersystems erzeugt wird, ausgelöst wird



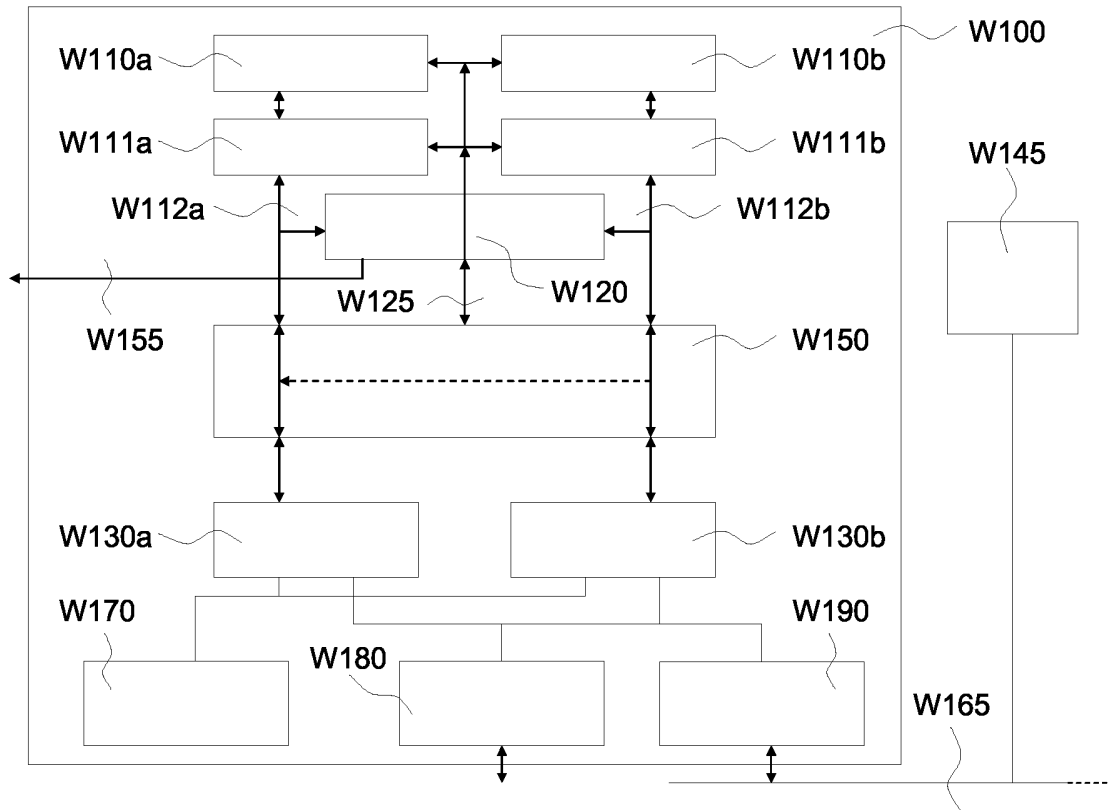
Figur 1



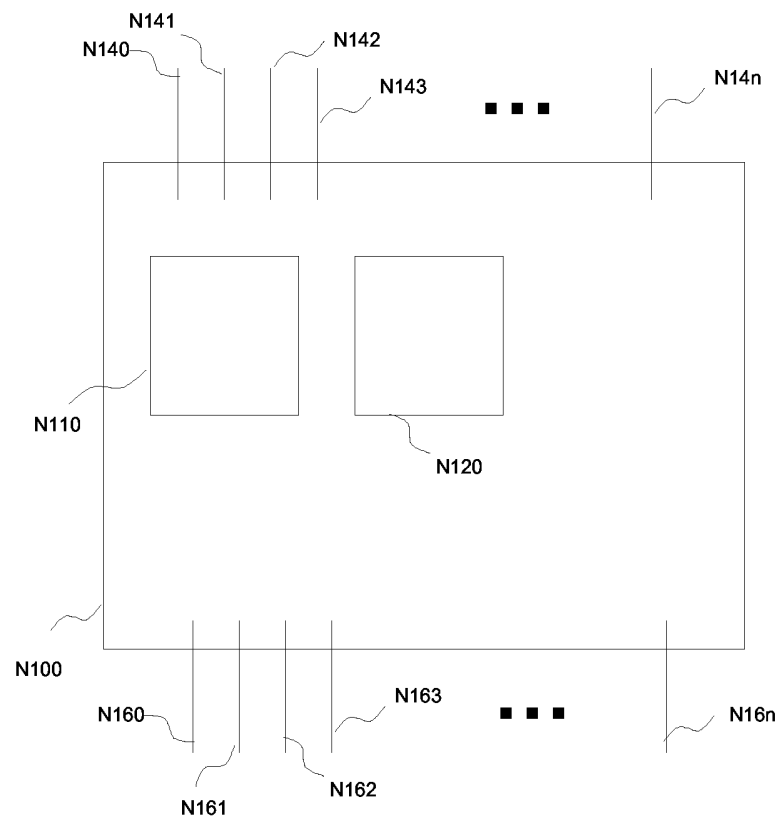
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5