



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

(10) **DE 101 39 660 B4 2007.07.05**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 39 660.0**  
 (22) Anmeldetag: **11.08.2001**  
 (43) Offenlegungstag: **27.02.2003**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **05.07.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G06F 11/28 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

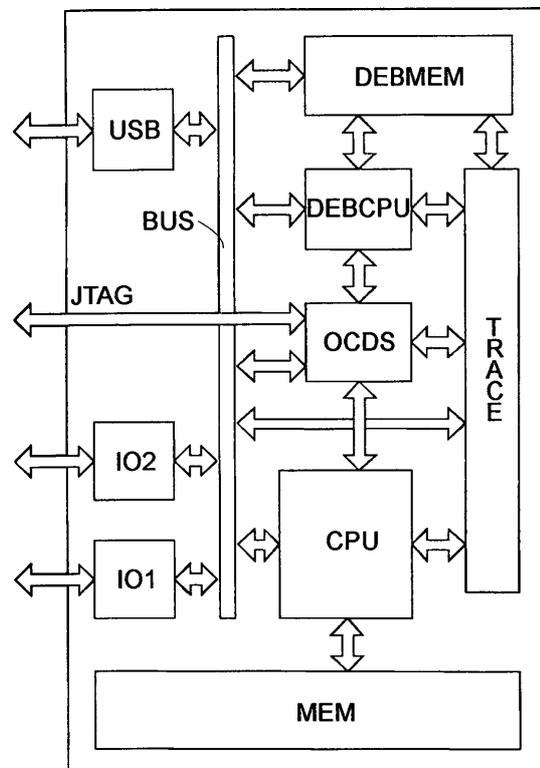
(74) Vertreter:  
**Jannig & Repkow Patentanwälte, 86199 Augsburg**

(72) Erfinder:  
**Siebert, Harry, 82178 Puchheim, DE; Mayer, Albrecht, Dr., 82041 Deisenhofen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
**DE 199 45 900 A1**  
**DE 101 25 388 A1**  
**US 66 84 343 B1**  
**SCHMITT, Wolfgang, Nexus Debug-Konzept der Zukunft?, In: Elektronik 17/99, S. 99, S. 52-59;**

(54) Bezeichnung: **Programmgesteuerte Einheit mit Debug-Ressourcen**

(57) Hauptanspruch: Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die programmgesteuerte Einheit ein Mikroprozessor ist, und daß die im Mikroprozessor enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine CPU (DEBCPU) enthalten.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 bis 3 und 18 bis 20, d.h. eine programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge.

**[0002]** Programmgesteuerte Einheiten dieser Art sind beispielsweise aus der DE 6 684 343 B1 und der DE 101 25 388 A1 bekannt.

**[0003]** Vorliegend interessieren insbesondere durch Mikroprozessoren, Mikrocontroller, Signalprozessoren und dergleichen gebildete programmgesteuerte Einheiten. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher vor allem auf diese Art von programmgesteuerten Einheiten. D.h., mit dem Begriff "programmgesteuerte Einheit" wird, sofern nichts Gegenteiliges erwähnt ist, jeweils ein Mikroprozessor, ein Mikrocontroller, oder ein Signalprozessor bezeichnet.

**[0004]** Programmgesteuerte Einheiten wie Mikroprozessoren, Mikrocontroller, Signalprozessoren etc. sind in unzähligen Ausführungsformen bekannt und bedürfen keiner näheren Erläuterung.

**[0005]** Ein bekanntes Problem von programmgesteuerten Einheiten besteht darin, daß es nicht oder nicht ohne weiteres möglich ist, auftretende Fehler zu lokalisieren und zu beheben.

**[0006]** Aus diesem Grund ist man dazu übergegangen, programmgesteuerte Einheiten mit Debug-Ressourcen auszustatten, durch welche die innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge überwacht werden können. Zu diesen Debug-Ressourcen gehören beispielsweise die bekannten On-Chip-Debug-Support-Module bzw. OCDS-Module.

**[0007]** Solche und andere Debug-Ressourcen ermöglichen es, das Auftreten von von außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgebbaren Zuständen oder Ereignissen innerhalb der programmgesteuerten Einheit zu überwachen und dann, wenn ein solcher Zustand oder ein solches Ereignis aufgetreten ist, von außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgebbare Aktionen durchzuführen oder zu veranlassen.

**[0008]** Die Zustände oder Ereignisse, deren Auftreten durch die Debug-Ressourcen überwachbar sind, können beispielsweise, aber bei weitem nicht ausschließlich umfassen:

- den Zugriff der programmgesteuerten Einheit oder bestimmter Komponenten derselben auf bestimmte Speicheradressen oder Register, und/oder

- den Transfer bestimmter Daten innerhalb der programmgesteuerten Einheit, und/oder
- den Stand des Instruction Pointers.

**[0009]** Die Aktionen, die die Debug-Ressourcen beim Auftreten eines solchen oder anderen Zustandes oder Ereignisses ausführen oder veranlassen, können beispielsweise, aber ebenfalls nicht ausschließlich umfassen:

- eine Meldung des Umstandes, daß die zu überwachende Bedingung eingetreten ist, an eine außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgeordnete Einrichtung,
- das Auslesen oder das Verändern des Inhalts bestimmter Speicherelemente oder Register,
- die Ausgabe von Trace-Informationen, d.h. die Ausgabe von innerhalb der programmgesteuerten Einheit transferierten oder verwendeten Adressen, Daten und/oder Steuersignalen, an eine außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgeordnete Einrichtung,
- das Anhalten der Programmausführung,
- die Fortsetzung des Programmausführung im sogenannten Single-Step-Modus, oder
- das Ausführen von zum Debuggen oder Emulieren der programmgesteuerten Einheit dienenden Routinen durch die CPU der programmgesteuerten Einheit.

**[0010]** Das Vorsehen von Debug-Ressourcen bietet somit eine ganze Reihe von Möglichkeiten, in der programmgesteuerten Einheit auftretende Fehler zu lokalisieren und zu beheben.

**[0011]** Die Möglichkeiten, die die Debug-Ressourcen bieten, hängen jedoch von der die Debug-Ressourcen bildenden Logik ab. Beim Entwurf dieser Logik muß daher sorgfältig abgewägt werden, welche Funktionen die Debug-Ressourcen erfüllen können sollten oder müssen, und welche nicht. Sowohl Debug-Ressourcen mit einem zu stark eingeschränkten Funktionsumfang, als auch Debug-Ressourcen mit einem übermäßig großen Funktionsumfang sind nachteilig. Ersteres, weil sich damit nur einfache Fehler finden lassen oder die Fehlersuche mit einem großen Aufwand verbunden ist, und letzteres, weil dadurch die Gefahr zunimmt, daß die Debug-Ressourcen aufgrund von Fehlbedienungen und/oder Hardware-Fehlern selbst nicht ordnungsgemäß arbeiten.

**[0012]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine programmgesteuerte Einheit zu schaffen, durch deren Debug-Ressourcen auftretende Fehler schnell und einfach lokalisierbar und behebbar sind.

**[0013]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in den Patentansprüchen 1 bis 3 und 18 bis 20 beanspruchten programmgesteuerten Einheiten gelöst.

**[0014]** Die erfindungsgemäßen programmgesteuerten Einheiten sind durch einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller, oder einen Signalprozessor gebildete programmgesteuerte Einheiten, welche sich dadurch auszeichnen,

- daß die Debug-Ressourcen eine CPU enthalten, und/oder
- daß ein Teil der Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge vorgesehen ist.

**[0015]** Dadurch, daß die Debug-Ressourcen eine CPU enthalten, können diese beliebig komplexe Überwachungen und Aktionen ausführen. Dies ist bei herkömmlichen, d.h. unter Verwendung einer Logik aufgebauten Debug-Ressourcen selbst dann, wenn es sich um eine sehr komplexe Logik handelt, nicht möglich. Dabei sind die unter Verwendung einer CPU aufgebauten Debug-Ressourcen sogar kleiner realisierbar und leichter bedienbar als herkömmliche Debug-Ressourcen mit großem Funktionsumfang.

**[0016]** Dadurch, daß ein Teil der Debug-Ressourcen die innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge überwachen kann, können auch innerhalb der Debug-Ressourcen auftretende Fehler lokalisiert und behoben werden. Damit stellt es keinen oder jedenfalls keinen großen Nachteil mehr dar, wenn die Debug-Ressourcen komplexer aufgebaut sind als es bisher der Fall ist.

**[0017]** Die vorgeschlagenen Neuerungen sind unabhängig voneinander einsetzbar und ermöglichen es einzeln und erst recht in Kombination, in programmgesteuerten Einheiten auftretende Fehler unter allen Umständen schnell und einfach zu lokalisieren und zu beheben.

**[0018]** Unabhängig hiervon ist es dadurch möglich, universell einsetzbare Debug-Ressourcen zu entwerfen, die nicht oder nur geringfügig an die programmgesteuerte Einheiten, in welchen sie jeweils eingesetzt werden, angepaßt werden müssen.

**[0019]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der folgenden Beschreibung, und den Figuren entnehmbar.

**[0020]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigen

**[0021]** [Fig. 1](#) eine erste programmgesteuerte Einheit mit den im folgenden beschriebenen Debug-Ressourcen, und

**[0022]** [Fig. 2](#) eine zweite programmgesteuerte Einheit mit den im folgenden beschriebenen Debug-Ressourcen.

**[0023]** Bei den im folgenden beschriebenen programmgesteuerten Einheiten handelt es sich um einen Mikrocontroller. Es sei jedoch bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß sich die nachfolgend beschriebenen Besonderheiten des Mikrocontrollers auch bei beliebigen anderen programmgesteuerten Einheiten wie Mikroprozessoren, Signalprozessoren etc. einsetzen lassen.

**[0024]** Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß von den beschriebenen Mikrocontrollern nur die besonders interessierenden Bestandteile derselben gezeigt sind und beschrieben werden.

**[0025]** Die in der [Fig. 1](#) gezeigte programmgesteuerte Einheit enthält eine erste CPU CPU, eine erste Speichereinrichtung MEM, einen ersten I/O-Controller IO1, einen zweiten I/O-Controller IO2, einen USB-Controller USB, und Debug-Ressourcen, wobei die Debug-Ressourcen ein OCDS-Modul OCDS, eine zweite CPU DEBCPU, eine zweite Speichereinrichtung DEBMEM, und eine Datenerfassungseinrichtung TRACE enthält.

**[0026]** Die genannten Komponenten sind über einen Bus BUS und/oder über Einzelverbindungen wie in der [Fig. 1](#) gezeigt miteinander verbunden.

**[0027]** Im normalen Betrieb der programmgesteuerten Einheit liest die CPU CPU aus der Speichereinrichtung MEM in dieser gespeicherte Befehle und Operanden aus und führt diese im Zusammenwirken mit den I/O-Controllern IO1, IO2, dem USB-Controller USB und/oder sonstigen in der programmgesteuerten Einheit enthaltenen Peripherieeinheiten aus.

**[0028]** Die Debug-Ressourcen sind im normalen Betrieb der programmgesteuerten Einheit inaktiv, und werden nur während des Debuggens oder Emulierens der programmgesteuerten Einheit verwendet.

**[0029]** Die Debug-Ressourcen werden von einer außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehenen Einrichtung, welches beispielsweise ein Computer sein kann, gesteuert. Hierzu ist die externe Einrichtung über ein JTAG-Interface JTAG oder eine sonstige Schnittstelle der programmgesteuerten Einheit mit den Debug-Ressourcen (im betrachteten Beispiel mit dem OCDS-Modul OCDS, eventuell aber auch mit einer oder mehreren anderen oder weiteren Komponenten der Debug-Ressourcen) verbunden. Über das JTAG-Interface geben die Debug-Ressourcen auch bestimmte Daten an die externe Einrichtung aus, welche daraus die in der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge ermitteln kann.

**[0030]** Das OCDS-Modul OCDS überwacht das Auftreten von ihr von der externen Einrichtung vorgegebenen Bedingungen innerhalb der programmgesteuerten Einheit, und führt bei Auftreten einer oder

mehrerer Bedingungen von der externen Einrichtung vorgegebene oder fest eingestellte Aktionen aus.

**[0031]** Dabei können die vorgegebenen Bedingungen, deren Auftreten das OCDS-Modul OCDS überwacht, sämtliche Bedingungen umfassen, die herkömmliche OCDS-Module überwachen können, und können die Aktionen, die das OCDS-Modul OCDS auf das Auftreten einer Bedingung hin ausführt oder veranlaßt, sämtliche Aktionen umfassen, die herkömmliche OCDS-Module in solchen Fällen ausführen können.

**[0032]** Die Zustände oder Ereignisse, deren Auftreten durch das OCDS-Modul OCDS überwachbar sind, können demnach beispielsweise, aber bei weitem nicht ausschließlich umfassen:

- den Zugriff der programmgesteuerten Einheit oder bestimmter Komponenten derselben auf bestimmte Speicheradressen oder Register, und/oder
- den Transfer bestimmter Daten innerhalb der programmgesteuerten Einheit, und/oder
- den Stand des Instruction Pointers.

**[0033]** Die Aktionen, die das OCDS-Modul OCDS beim Auftreten eines solchen oder anderen Zustandes oder Ereignisses ausführt oder veranlaßt, können beispielsweise, aber ebenfalls nicht ausschließlich umfassen:

- eine Meldung des Umstandes, daß die zu überwachende Bedingung eingetreten ist, an die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgegebene externe Einrichtung,
- das Auslesen oder das Verändern des Inhalts bestimmter Speicherelemente oder Register,
- das Anhalten der Programmausführung durch die CPU CPU,
- die Fortsetzung des Programmausführung im sogenannten Single-Step-Modus, oder
- das Ausführen von zum Debuggen oder Emulieren der programmgesteuerten Einheit dienenden Routinen durch die CPU CPU.

**[0034]** Darüber hinaus kann das OCDS-Modul OCDS auch das Auftreten der genannten oder anderer Bedingungen innerhalb der Debug-Ressourcen, genauer gesagt das Auftreten von innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen, im betrachteten Beispiel also innerhalb der CPU DEBCPU, innerhalb der Speichereinrichtung DEBMEM, und/oder innerhalb der Datenerfassungseinrichtung TRACE vorliegenden Zuständen oder Ereignissen überwachen. Hierzu sind herkömmliche OCDS-Module nicht in der Lage.

**[0035]** Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß das OCDS-Modul zusätzlich zu den genannten Debug-Ressourcen-Komponenten oder anstelle derselben auch beliebige andere Debug-Res-

ourcen-Komponenten überwachen könnte. Unabhängig hiervon könnte vorgesehen werden, daß die Überwachung der innerhalb der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge auch durch ein eigenes (zweites) OCDS-Modul erfolgen könnte, welches über das erwähnte JTAG-Interface JTAG oder ein eigenes JTAG-Interface oder ein sonstiges Interface mit der erwähnten externen Einrichtung oder einer anderen externen Einrichtung verbunden ist. In diesem Fall könnte das zweite OCDS-Modul sogar auch noch die im ersten OCDS-Modul ablaufenden Vorgänge verfolgen.

**[0036]** Dadurch ist es möglich, daß auch die innerhalb der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge verfolgt werden können, also auch die Debug-Ressourcen selbst emuliert und debugged werden können. Damit können auch innerhalb der Debug-Ressourcen auftretende Fehler lokalisiert und behoben werden.

**[0037]** Das OCDS-Modul OCDS steuert darüber hinaus auch die CPU DEBCPU und die Datenerfassungseinrichtung TRACE, und kann auch seinerseits wiederum von der CPU DEBCPU gesteuert werden.

**[0038]** Die Datenerfassungseinrichtung TRACE ist im betrachteten Beispiel ein NEXUS-Modul, und dient zum Erfassen, Komprimieren, und Ausgeben sogenannter Trace-Informationen. Das NEXUS-Modul überwacht das Auftreten von durch das OCDS-Modul OCDS oder die CPU DEBCPU vorgegebenen Bedingungen innerhalb der programmgesteuerten Einheit, und gibt, wenn die Bedingung oder eine der Bedingungen erfüllt ist, ohne eine Unterbrechung des Betriebes der programmgesteuerten Einheit von durch das OCDS-Modul OCDS oder die CPU DEBCPU vorgegebene, innerhalb der programmgesteuerten Einheit verwendete bzw. erzeugte und ohne die Debug-Ressourcen von außerhalb der programmgesteuerten Einheit nicht zugängliche Adressen, Daten und/oder Steuersignale aus. Dadurch ist es beispielsweise, aber bei weitem nicht ausschließlich möglich, daß das NEXUS-Modul jedesmal, wenn die CPU CPU Daten von einer bestimmten Adresse oder einem bestimmten Adreßbereich lesen möchte, die der CPU CPU daraufhin zugeführten Daten ausgibt.

**[0039]** Das NEXUS-Modul basiert auf dem von der IEEE Industry Standards and Technology Organization (IEEE-ISTO) in 1999 definierten, als "The Nexus 5001 Forum Standard for a Global Embedded Processor Debug Interface" bezeichneten Standard. Bezüglich weiterer Einzelheiten zum vorliegend verwendeten NEXUS-Modul wird daher auf diesen Standard verwiesen.

**[0040]** Die Datenerfassungseinrichtung TRACE muß nicht durch ein NEXUS-Modul realisiert sein.

Wichtig ist aber, daß die Datenerfassungseinrichtung TRACE nicht jeweils alle Adressen, Daten, und Steuersignale ausgibt, auf welche sie Zugriff hat, sondern nur einen durch die CPU DEBCPU oder das OCDS-Modul OCDS vorgegebenen Teil derselben ausgibt und/oder die vorgegebenen oder alle Adressen, Daten, und Steuersignale nur ausgibt, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind, beispielsweise wenn und so lange die CPU CPU eine bestimmte Routine ausführt, was beispielsweise an den Adressen feststellbar ist, von welcher die CPU CPU die von ihr ausgeführten Befehle holt.

**[0041]** Dadurch wird die später noch genauer beschriebene CPU DEBCPU entlastet, an welche die Datenerfassungseinrichtung TRACE die von ihr auszugebenden Daten ausgibt. Sofern die CPU DEBCPU entsprechend leistungsfähig ist, könnte auf die Datenerfassungseinrichtung TRACE aber verzichtet werden.

**[0042]** Wie soeben erwähnt, gibt die Datenerfassungseinrichtung TRACE die von ihr auszugebenden Daten an die CPU DEBCPU aus.

**[0043]** Die CPU DEBCPU liest aus der Speichereinrichtung DEBMEM darin gespeicherte Befehle und Operanden aus und führt sie aus. Es erweist sich als vorteilhaft, wenn die in der Speichereinrichtung DEBMEM gespeicherten Daten von der außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehenen, mit den Debug-Ressourcen kooperierenden externen Einrichtung in die Speichereinrichtung DEBMEM geschrieben werden können. Die CPU DEBCPU wird durch das OCDS-Modul OCDS gesteuert. Das OCDS-Modul kann durch die Ausgabe entsprechender Steuersignale oder Operanden an die CPU DEBCPU Einfluß auf die von der CPU DEBCPU ausgeführten Operationen nehmen; das OCDS-Modul kann die CPU DEBCPU auch anhalten oder zurücksetzen.

**[0044]** Im betrachteten Beispiel obliegt es der CPU DEBCPU, aus den ihr von der Datenerfassungseinrichtung TRACE zugeführten Daten einen bestimmten Teil herauszufiltern, und nur diese Daten aus der programmgesteuerten Einheit an die externe Einrichtung auszugeben, wobei die Ausgabe im betrachteten Beispiel über den USB-Controller USB erfolgt.

**[0045]** Herkömmliche Datenerfassungseinrichtungen (NEXUS-Module) geben die von ihnen erfaßten Daten – gegebenenfalls nach einer Zwischenspeicherung derselben in einer innerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehenen Speichereinrichtung – gleich aus der programmgesteuerten Einheit aus.

**[0046]** Dadurch, daß vorliegend die Datenerfassungseinrichtung TRACE die von ihr erfaßten Daten

an die CPU DEBCPU ausgibt, und die Ausgabe der Trace-Informationen an die externe Einrichtung durch die CPU DEBCPU erfolgt, kann die aus der programmgesteuerten Einheit ausgegebene Datenmenge erheblich reduziert werden.

**[0047]** Eine Reduzierung der Datenmenge ist unter anderem deshalb möglich, weil die CPU DEBCPU in der Lage ist, das Vorliegen von weiteren Bedingungen zu überprüfen, die erfüllt sein müssen, damit Daten ausgegeben werden, und/oder weil die CPU DEBCPU in der Lage ist, den Umfang der auszugebenden Adressen, Daten, und/oder Steuersignale abhängig von der Bedingung, die erfüllt ist, zu variieren.

**[0048]** Dies wäre zwar prinzipiell auch durch die Datenerfassungseinrichtung TRACE möglich, doch würde dies, wenn hierbei auch nur annähernd die Flexibilität erreicht werden soll, die durch die Verwendung der CPU DEBCPU erzielbar ist, eine sehr umfangreiche und kompliziert zu konfigurierende Logik erfordern.

**[0049]** Demgegenüber ist die CPU DEBCPU einfacher realisierbar, und weist die CPU DEBCPU selbst dann, wenn es sich um eine sehr einfache CPU mit beschränktem Funktionsumfang handelt, dennoch eine größere Anzahl von Möglichkeiten auf, die Bedingungen, die für eine Ausgabe von Trace-Informationen erfüllt sein müssen, sowie den Umfang der jeweils auszugebenden Trace-Informationen optimal an die jeweiligen Anforderungen anzupassen.

**[0050]** Darüber hinaus kann auch vorgesehen werden, daß die CPU DEBCPU die Bedingungen überprüft, die in herkömmlichen Debug-Ressourcen durch das OCDS-Modul überprüft werden, und/oder Aktionen ausführt oder veranlaßt, die in herkömmlichen Debug-Ressourcen durch das OCDS-Modul veranlaßt werden. Dadurch würden sich die vom OCDS-Modul wahrzunehmenden Aufgaben auf die Initialisierung und/oder die Steuerung der restlichen Debug-Ressourcen-Komponenten beschränken, wobei selbst diese Aufgaben zumindest teilweise ebenfalls von der CPU DEBCPU ausgeführt werden können.

**[0051]** Die [Fig. 2](#) zeigt eine der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#) entsprechende Anordnung. Im Unterschied zu der in der [Fig. 1](#) gezeigten Anordnung besteht die in der [Fig. 2](#) gezeigte Anordnung jedoch aus zwei Chips, nämlich einem ersten Chip  $\mu\text{C}$  und einem zweiten Chip EC.

**[0052]** Der erste Chip  $\mu\text{C}$  ist ein keine oder nur sehr einfache Debug-Ressourcen aufweisender Mikrocontroller, und der zweite Chip EC ist ein Emulations-Chip, der die vorstehend beschriebenen Debug-Ressourcen enthält.

**[0053]** Der erste Chip  $\mu\text{C}$  und der zweite Chip EM werden unter Verwendung des Flip-Chip-Verfahrens aufeinander gelötet oder auf sonstige Art und Weise miteinander verbunden, und bilden dann eine der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#) entsprechende Einheit.

**[0054]** Der erste Chip  $\mu\text{C}$  kann aber auch ohne den zweiten Chip EM verwendet werden. Er kann dann mangels entsprechender Debug-Ressourcen zwar nicht so einfach und umfassend debugged oder emuliert werden wie es bei einem auch den zweiten Chip EC enthaltenden Multichip-Modul und der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#) der Fall ist, ist dafür aber bei ansonsten gleicher Leistungsfähigkeit kleiner und billiger, und mithin besser für den Einsatz in Massenprodukten geeignet.

**[0055]** Der erste Chip  $\mu\text{C}$  enthält eine CPU CPU, eine Speichereinrichtung MEM, einen ersten I/O-Controller IO1, einen zweiten I/O-Controller IO2, und ein OCDS-Modul OCDS1.

**[0056]** Die genannten Komponenten sind über einen Bus BUS und/oder über Einzelverbindungen wie in der [Fig. 2](#) gezeigt miteinander verbunden.

**[0057]** Die CPU CPU, die Speichereinrichtung MEM, und die I/O-Controller IO1 und IO2 entsprechen den mit diesen Bezugszeichen bezeichneten Komponenten der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#).

**[0058]** Das OCDS-Modul OCDS1 entspricht einem Teil des OCDS-Moduls OCDS der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#) und entspricht zusammen mit einem im zweiten Chip EC enthaltenen OCDS-Modul OCDS2 dem OCDS-Modul OCDS der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#).

**[0059]** Der zweite Chip EC enthält Debug-Ressourcen zum Debuggen oder Emulieren des ersten Chips  $\mu\text{C}$ , wobei die Debug-Ressourcen das vorstehend bereits erwähnte OCDS-Modul OCDS2, eine CPU DEBCPU, eine Speichereinrichtung DEBMEM, eine Datenerfassungseinrichtung TRACE, einen USB-Controller USB, und eine Schnittstelle SS enthält.

**[0060]** Die CPU DEBCPU, die Speichereinrichtung DEBMEM, die Datenerfassungseinrichtung TRACE, und der USB-Controller USB entsprechen den mit diesen Bezugszeichen bezeichneten Komponenten der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#).

**[0061]** Im normalen Betrieb der programmgesteuerten Einheit liest die CPU CPU aus der Speichereinrichtung MEM in dieser gespeicherte Befehle und Operanden aus und führt diese im Zusammenwirken mit den I/O-Controllern IO1, IO2, und/oder sonstigen

im ersten Chip  $\mu\text{C}$  enthaltenen Peripherieeinheiten aus.

**[0062]** Die Debug-Ressourcen, d.h. das OCDS-Modul OCDS1, und der zweite Chip EC sind im normalen Betrieb der programmgesteuerten Einheit inaktiv, und werden nur während des Debuggens oder Emulierens der programmgesteuerten Einheit verwendet.

**[0063]** Die Debug-Ressourcen werden von einer außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehenen Einrichtung, welches beispielsweise ein Computer sein kann, gesteuert. Hierzu kann die externe Einrichtung

- über ein JTAG-Interface JTAG1 oder eine sonstige Schnittstelle des Chips  $\mu\text{C}$  mit den Debug-Ressourcen des Chips  $\mu\text{C}$ , genauer gesagt mit dem OCDS-Modul OCDS1, und/oder
- über ein JTAG-Interface JTAG2 oder eine sonstige Schnittstelle des Chips EC mit einem Teil der Debug-Ressourcen des Chips EC, genauer gesagt mit dem OCDS-Modul OCDS2 verbunden werden, wobei über die Verbindung zum OCDS-Modul OCDS1 der Chip  $\mu\text{C}$  debugged oder emuliert werden kann, und wobei über die Verbindung zum OCDS-Modul OCDS2 die restlichen Debug-Ressourcen-Komponenten, also insbesondere die CPU DEBCPU, aber auch die Speichereinrichtung DEBMEM, die Datenerfassungseinrichtung TRACE, der USB-Controller USB und das OCDS-Modul OCDS1 oder ein Teil derselben debugged oder emuliert werden können.

**[0064]** Über die JTAG-Interfaces JTAG1 und JTAG2 geben die Chips  $\mu\text{C}$  und EC auch bestimmte Daten an die externe Einrichtung aus, welche daraus die in der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge ermitteln kann.

**[0065]** Am Debuggen oder Emulieren des Chips  $\mu\text{C}$  sind neben dem OCDS-Modul OCDS1 auch die CPU DEBCPU, die Speichereinrichtung DEBMEM, die Datenerfassungseinrichtung TRACE, und der USB-Controller USB beteiligt; das OCDS-Modul OCDS1 ist mit den genannten Komponenten über die Schnittstelle SS des Chips EC verbunden. Der Aufbau, die Funktion, und die Kooperation der am Debuggen oder Emulieren des Chips  $\mu\text{C}$  beteiligten Debug-Ressourcen-Komponenten unterscheiden sich nicht oder jedenfalls nicht wesentlich vom Aufbau, von der Funktion, und von der Kooperation der am Debuggen oder Emulieren der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#) beteiligten Debug-Ressourcen-Komponenten. Auch die Verbindungen der Debug-Ressourcen-Komponenten untereinander und zu der zu debuggenden oder zu emulierenden Einheit sind gleich. Bezüglich der Einzelheiten zum Aufbau, der Funktion, und der Kooperation der am Debuggen oder Emulieren des Chips  $\mu\text{C}$  beteiligten De-

bug-Ressourcen-Komponenten wird daher auf die Beschreibung der entsprechenden Komponenten der programmgesteuerten Einheit gemäß [Fig. 1](#) verwiesen. Unterschiedlich ist nur, daß die zum Debuggen oder Emulieren des Chips  $\mu\text{C}$  vorgesehenen Debug-Ressourcen-Komponenten teilweise in einem eigenen Chip (dem Chip EC) untergebracht sind.

**[0066]** Am Debuggen oder Emulieren der Debug-Ressourcen ist nur das OCDS-Modul OCDS2 beteiligt. Dieses entspricht abgesehen von dessen Verwendung, genauer gesagt der Verwendung zum Debuggen oder Emulieren von Debug-Ressourcen, einem herkömmlich OCDS-Modul. Die Debug-Ressourcen, die zum Debuggen oder Emulieren der Debug-Ressourcen vorgesehen sind, durch welche der Chip  $\mu\text{C}$  debugged oder emuliert werden kann, können aber auch wie die Debug-Ressourcen zum Debuggen oder Emulieren des Chips  $\mu\text{C}$  aufgebaut sein, also insbesondere ebenfalls eine CPU und/oder eine Datenerfassungseinrichtung TRACE enthalten.

**[0067]** Durch die Debug-Ressourcen der beschriebenen programmgesteuerten Einheiten ist es unabhängig von den Einzelheiten der praktischen Realisierung möglich, in programmgesteuerten Einheiten auftretende Fehler unter allen Umständen schnell und einfach zu lokalisieren und zu beheben.

#### Bezugszeichenliste

<b>BUS</b>	BUS
<b>CPU</b>	CPU
<b>DEBCPU</b>	CPU
<b>DEBMEM</b>	Speichereinrichtung
<b>EC</b>	zweiter Chip (Emulationschip)
<b>IOx</b>	I/O-Controller
<b>JTAG</b>	JTAG-Interface
<b>MEM</b>	Speichereinrichtung
<b><math>\mu\text{C}</math></b>	erster Chip (Mikrocontroller-Standardversion)
<b>OCDS</b>	OCDS-Modul
<b>SS</b>	Schnittstelle
<b>TRACE</b>	Datenerfassungseinrichtung
<b>USB</b>	USB-Controller

#### Patentansprüche

1. Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, **dadurch gekennzeichnet**, daß die programmgesteuerte Einheit ein Mikroprozessor ist, und daß die im Mikroprozessor enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine CPU (DEBCPU) enthalten.

2. Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der pro-

grammgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die programmgesteuerte Einheit ein Mikrocontroller ist, und daß die im Mikrocontroller enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine CPU (DEBCPU) enthalten.

3. Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die programmgesteuerte Einheit ein Signalprozessor ist, und daß die im Signalprozessor enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine CPU (DEBCPU) enthalten.

4. Programmgesteuerte Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von der CPU (DEBCPU) ausgeführten Aktionen durch eine außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung festlegbar sind.

5. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine Speichereinrichtung (DEBMEM) zur Speicherung der von der CPU (DEBCPU) auszuführenden Befehle aufweist, und daß die Speichereinrichtung durch die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung oder auf Veranlassung derselben beschreibbar ist.

6. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ablauf des von der CPU (DEBCPU) auszuführenden Programmes durch die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung oder auf Veranlassung derselben beeinflussbar ist.

7. Programmgesteuerte Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die von der CPU (DEBCPU) ausgeführten Befehle überprüft wird, ob innerhalb der programmgesteuerten Einheit bestimmte Zustände oder Ereignisse auftreten.

8. Programmgesteuerte Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die von der CPU (DEBCPU) ausgeführten Befehle beim Auftreten bestimmter Zustände oder Ereignisse innerhalb der programmgesteuerten Einheit bestimmte Aktionen veranlaßt werden.

9. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmten Aktionen in der Ausgabe bestimmter Daten an die au-

ßerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung bestehen.

10. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmten Aktionen in der Ausgabe bestimmter Trace-Informationen an die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung bestehen.

11. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der CPU (DEBCPU) ein Teil der Trace-Informationen, die aus der programmgesteuerten Einheit ausgegeben werden können, zugeführt wird, und daß die CPU entscheidet, ob und gegebenenfalls welche der ihr zugeführten Trace-Informationen aus der programmgesteuerten Einheit ausgegeben werden.

12. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die der CPU (DEBCPU) zugeführten Trace-Informationen von einer Datenerfassungseinrichtung (TRACE) stammen, welche aus den Trace-Informationen, die aus der programmgesteuerten Einheit ausgegeben werden könnten, einen bestimmten Teil auswählt und der CPU zuführt.

13. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenerfassungseinrichtung (TRACE) ein NEXUS-Modul ist.

14. Programmgesteuerte Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die CPU (DEBCPU) zumindest einen Teil des Rests der Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) steuert.

15. Programmgesteuerte Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) zur Überwachung der innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge vorgesehen ist.

16. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Überwachung der innerhalb der Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) ablaufenden Vorgänge vorgesehene Teil derselben das Auftreten bestimmter Bedingungen innerhalb der Debug-Ressourcen überwacht und beim Auftreten einer oder mehrerer dieser Bedingungen bestimmte Aktionen ausführt.

17. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Überwachung der innerhalb der Debug-Ressourcen

(OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) ablaufenden Vorgänge vorgesehene Teil derselben ein OCDS-Modul (OCDS; OCDS1) ist.

18. Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die programmgesteuerte Einheit ein Mikroprozessor ist, und daß ein Teil der im Mikroprozessor enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) zur Überwachung der innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge vorgesehen ist.

19. Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die programmgesteuerte Einheit ein Mikrocontroller ist, und daß ein Teil der im Mikrocontroller enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) zur Überwachung der innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge vorgesehen ist.

20. Programmgesteuerte Einheit, mit Debug-Ressourcen zur Überwachung der innerhalb der programmgesteuerten Einheit ablaufenden Vorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die programmgesteuerte Einheit ein Signalprozessor ist, und daß ein Teil der im Signalprozessor enthaltenen Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) zur Überwachung der innerhalb des Rests der Debug-Ressourcen ablaufenden Vorgänge vorgesehen ist.

21. Programmgesteuerte Einheit nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Überwachung der innerhalb der Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) ablaufenden Vorgänge vorgesehene Teil derselben das Auftreten bestimmter Bedingungen innerhalb der Debug-Ressourcen überwacht und beim Auftreten einer oder mehrerer dieser Bedingungen bestimmte Aktionen ausführt.

22. Programmgesteuerte Einheit nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Überwachung der innerhalb der Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) ablaufenden Vorgänge vorgesehene Teil derselben ein OCDS-Modul (OCDS; OCDS1) ist.

23. Programmgesteuerte Einheit nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine CPU (DEBCPU) enthalten.

24. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die von der CPU (DEBCPU) ausgeführten Aktionen durch eine außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung festlegbar sind.

25. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Debug-Ressourcen (OCDS, DEBCPU, DEBMEM, TRACE; OCDS1, OCDS2, DEBCPU, DEBMEM, TRACE, SS) eine Speichereinrichtung (DEBMEM) zur Speicherung der von der CPU (DEBCPU) auszuführenden Befehle aufweist, und daß die Speichereinrichtung durch die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung oder auf Veranlassung derselben beschreibbar ist.

26. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Ablauf des von der CPU (DEBCPU) auszuführenden Programmes durch die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung oder auf Veranlassung derselben beeinflussbar ist.

27. Programmgesteuerte Einheit nach einem Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß durch die von der CPU (DEBCPU) ausgeführten Befehle überprüft wird, ob innerhalb der programmgesteuerten Einheit bestimmte Zustände oder Ereignisse auftreten.

28. Programmgesteuerte Einheit nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß durch die von der CPU (DEBCPU) ausgeführten Befehle beim Auftreten bestimmter Zustände oder Ereignisse innerhalb der programmgesteuerten Einheit bestimmte Aktionen veranlaßt werden.

29. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmten Aktionen in der Ausgabe bestimmter Daten an die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung bestehen.

30. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmten Aktionen in der Ausgabe bestimmter Trace-Informationen an die außerhalb der programmgesteuerten Einheit vorgesehene Einrichtung bestehen.

31. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der CPU (DEBCPU) ein Teil der Trace-Informationen, die aus der programmgesteuerten Einheit ausgegeben werden

können, zugeführt wird, und daß die CPU entscheidet, ob und gegebenenfalls welche der ihr zugeführten Trace-Informationen aus der programmgesteuerten Einheit ausgegeben werden.

32. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die der CPU (DEBCPU) zugeführten Trace-Informationen von einer Datenerfassungseinrichtung (TRACE) stammen, welche aus den Trace-Informationen, die aus der programmgesteuerten Einheit ausgegeben werden könnten, einen bestimmten Teil auswählt und der CPU zuführt.

33. Programmgesteuerte Einheit nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenerfassungseinrichtung (TRACE) ein NEXUS-Modul ist.

34. Programmgesteuerte Einheit nach einem der Ansprüche 23 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die CPU (DEBCPU) zumindest einen Teil des Rests der Debug-Ressourcen steuert.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

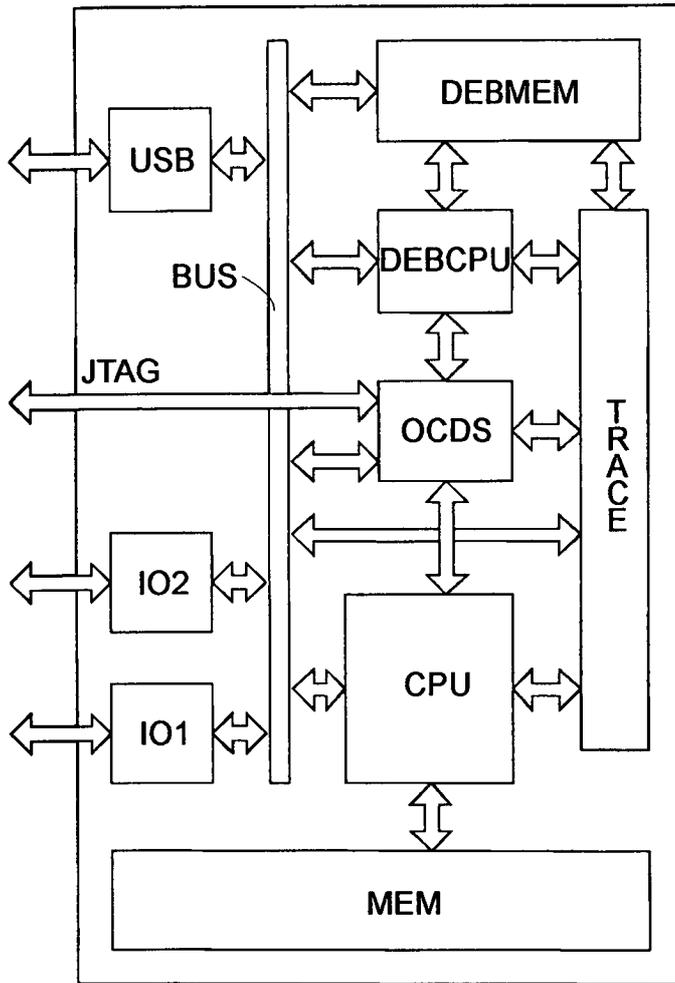


FIG 1

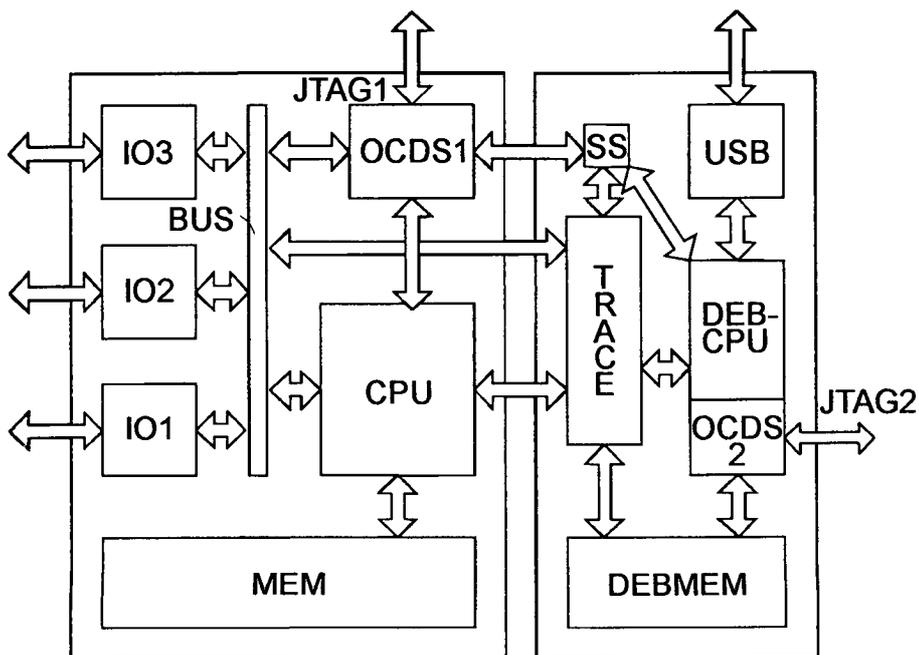


FIG 2