



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **199 30 130.1**
(22) Anmeldetag: **30.06.1999**
(43) Offenlegungstag: **29.06.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.08.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G06F 9/44** (2006.01)
G06F 17/00 (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. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 10-189513 03.07.1998 JP

(73) Patentinhaber:
NEC Electronics Corp., Kawasaki, Kanagawa, JP;
Cats Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
Splanemann Baronetzky Knitter Patentanwälte
Rechtsanwälte Partnerschaft, 80469 München

(72) Erfinder:
Matsuba, Harumi, Tokio/Tokyo, JP; Watanabe,
Masahiko, Yokohama, Kanagawa, JP

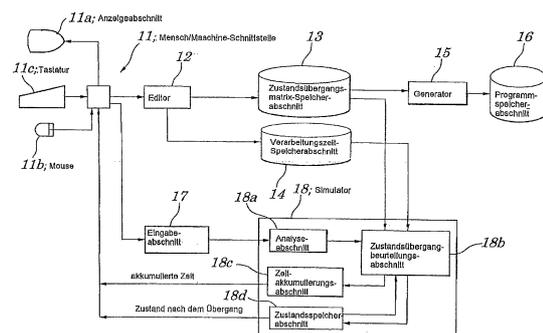
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 55 00 941 A
WO 98/26 617 A2

(54) Bezeichnung: **Programmentwicklungssystem, Verfahren zur Entwicklung von Programmen**

(57) Hauptanspruch: Programmentwicklungssystem zur Entwicklung eines Programms, das in einem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden kann, gekennzeichnet durch

- einen Zustandsübergangsmatrix-Speicherabschnitt (13; 43), der zwei oder mehr Zellen hat, die durch einen Zustand, der von dem Echtzeitsteuersystem verwendet wird, für welches das Programm entwickelt wird, und durch ein Ereignis bestimmt ist, das eine Erregung von außerhalb oder innerhalb dieses Echtzeitsteuersystems ist, und eine Zustandsübergangsmatrix speichert, die Inhalte der Verarbeitung, die von dem Echtzeitsteuersystem durchzuführen sind, oder einen Zustand beschreibt, der dem Übergang nachfolgt;
- einen Zeitinformationen-Speicherabschnitt (14) zum Speichern von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandsübergangsmatrix; und
- einen Simulator (18; 50) zum Erhalten von Verarbeitungszeit, die für eine Simulation von Operationen des Echtzeitsteuersystems erforderlich ist, durch Akkumulieren von Zeitinformation entsprechend einer Zelle, die durch Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden und einen Zustand, der als Anfangszustand eingegeben wird, oder durch Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden, einen Zustand, der als...



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Programmentwicklungssystem sowie ein Verfahren zum Entwickeln von Programmen, die in einem Echtzeitsteuerungssystem eingebaut werden können, zum Beispiel in verschiedenen elektronischen Vorrichtungen, einschließlich einem Faxgerät, einem Kopierer und auch in einem Überwachungs-/Steuersystem, einschließlich Energieversorgungsanlagen, die in Echtzeit gesteuert werden müssen.

2. Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Ein Echtzeitsteuersystem ist erforderlich, damit die Verarbeitung eines Ereignisses, das eine Erregung von außerhalb des Systems und innerhalb des Systems ist, einschließlich der Aufnahme verschiedener Signale, eines Zustands, der eine Bedingung ist, die von dem System gehalten wird, einschließlich eines Wartezustands bzw. Bereitschaftszustands oder Standby-Zustands für den Empfang von Signalen, einer Kombination des vorstehenden Ereignisses und des Zustands und einer Menge von Aktionen ausgeführt werden können, die von dem System ausgeführt werden müssen, wenn ein bestimmtes Ereignis in einem bestimmten Zustand auftritt. Als eine Lösung für Entwicklungsprogramme, die in einem solchen Echtzeitsteuersystem eingebaut werden können, ist ein Verfahren bekannt, das eine Zustandübergangsmatrix verwendet. Die Zustandübergangsmatrix ist eine zweidimensionale Matrix, in der ein Ereignis (event) oder ein Zustand (state) einer Kette oder einer Reihe zugeordnet ist und in der beide Aktionen, die einer Zelle entsprechen, die ein Schnittpunkt bzw. eine Schnittstelle eines Ereignisses und eines Zustands ist, und der Zustand angeordnet sind, der dem Übergang (transition) nachfolgt, der nach der Aktion stattfindet. Obwohl das gegenwärtige Echtzeitsteuersystem kürzlich im großen Maß ausgeführt wurde und in der Komplexität zugenommen hat, ermöglicht dieses Verfahren für eine Programmentwicklung ein grundlegendes Design des Systems auch durch eine weniger erfahrene Person, was eine Arbeitersparnis und eine Beschleunigung der Entwicklungsdauer ergibt.

[0003] [Fig. 22](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für den elektrischen Aufbau eines herkömmlichen Programmentwicklungssystems zeigt, das in der japanischen, offengelegten Patentanmeldung Nr. Hei 9-325952 offenbart ist.

[0004] Das Programmentwicklungssystem in diesem Beispiel ist im wesentlichen mit einem Eingabeabschnitt für eine Definitionsmatrix versehen, um In-

formationen über eine abstrakte, mechanische Definition eingeben zu können, die einen Betrieb eines Systems, einschließlich der Aktivität, unter Verwendung einer hierarchisch zugeordneten Zustandübergangsmatrix festlegt bzw. definiert, das heißt, einer Verarbeitung, die kontinuierlich während der Zeit durchgeführt wird, die für die Verarbeitung in jedem Zustand und in einem gegenwärtigen Zustand erforderlich ist. Weiterhin hat es einen Speicherabschnitt **2** zum Speichern der Informationen über die eingegebene, abstrakte, mechanische Definition als eine abstrakte mechanische Definitionsmatrix, einen Ermittlungsabschnitt **3** für die Zustandshierarchie, der für die Ermittlung einer hierarchischen Struktur des Zustands aus der abstrakten, mechanischen Definitionsmatrix verwendet wird, die aus dem Speicherabschnitt **2** ausgelesen wird, einen Berechnungsabschnitt **4** für die vorhergesagte Verarbeitungszeit, der zum Berechnen einer Vorhersage-Verarbeitungszeit, die ihrem unteren Zustand in jedem Zustand in der abstrakten mechanischen Definitionsmatrix zugeordnet ist, und zum Beurteilen, ob das berechnete Ergebnis die Vorhersage-Verarbeitungszeit des Zustands, der gegenwärtig bearbeitet wird, überschreitet, und einen Warnanzeigeabschnitt **5**, der zum Überprüfen des berechneten Ergebnisses und zum Ausgeben einer Warnung bzw. eines Alarms verwendet wird, wenn eine gesamte Verarbeitungszeit, die im unteren Zustand benötigt wird, die Verarbeitungszeit überschreitet, die in dem oberen Zustand erforderlich ist.

[0005] Diese Konfigurationen ermöglichen vor dem tatsächlichen Betrieb des Systems eine Verifikation bzw. Überprüfung unter Verwendung einer Kombination von fragmentarischen Informationen über die Verarbeitungszeit dahingehend, ob ein Betrieb ohne Verzögerung ausgeführt werden kann.

[0006] In dem herkömmlichen Programmentwicklungssystem wird der Berechnungsabschnitt **4** für die Vorhersage-Verarbeitungszeit dafür verwendet, die Vorhersage-Verarbeitungszeit in ihrem unteren Zustand in jedem Zustand in der abstrakten, mechanischen Definitionsmatrix zu berechnen, und der Warnanzeigeabschnitt **5** wird dazu verwendet, eine Warnung auszugeben, wenn die gesamte Zeit, die für die Verarbeitung in dem unteren Zustand benötigt wird, die Zeit in dem oberen Zustand überschreitet, der gegenwärtig bearbeitet wird.

[0007] Die Verarbeitungszeit ist jedoch eine ideale Zeit, die auf Spezifikationen eines Echtzeitsteuersystems beruht, und eine Vielzahl von tatsächlich auftretenden Ereignissen wird dabei nicht berücksichtigt.

[0008] Demzufolge ist es erforderlich, wenn ein Programm, das auf der Basis dieser abstrakten, mechanischen Definitionsmatrix entwickelt wurde, in ein System eingebaut wird, und wenn eine Fehlfunktion

auftritt, daß das System nicht entsprechend den Spezifikationen arbeitet bzw. erregt wird, Schritte in einem Ausmaß im Ablauf zu verfolgen, daß sogar die grundlegende Auslegung geändert wird, was die Entwicklungsdauer verlängert. Dies ist ein Nachteil des herkömmlichen Systems.

[0009] Ein weiterer Nachteil des herkömmlichen Systems besteht darin, daß die Entwicklungszeit für gewöhnlich begrenzt ist und daß, wenn eine solche Fehlfunktion, wie zuvor beschrieben wurde, in der letzten Stufe der Entwicklung auftritt, Ablaufverfolgungsschritte in dem Umfang, daß das grundlegende Design geändert werden muß, nicht zugelassen werden können und es deshalb keine andere Möglichkeit gibt als beträchtliche bzw. schwerwiegende und zeitaufwendige Änderungen auszuführen, wodurch die Qualität des Systems vermindert wird.

[0010] Aus der Druckschrift WO 98/26617 A2 ist eine Betriebstestvorrichtung sowie ein Verfahren zur Ausführung eines Betriebstests für ein zu testendes System bekannt, wobei die Betriebstestvorrichtung der Entwicklung von Programmsystemen dient. In der aus dieser Druckschrift bekannten Systemanordnung werden Informationen zu Zuständen hinterlegt, welche das System, für das ein Programm entwickelt werden soll, annehmen kann. Dafür ist ein Test-Zustandsmodellspeicher vorgesehen, in dem ein Test-Zustandsmodell gespeichert wird.

[0011] Die Zeitinformation "life time" in dem aus der WO 98/26617 A2 bekannten System enthält jedoch lediglich die Zeit, die für einen Übergang von einem Zustand zu einem anderen Zustand erforderlich ist. Des Weiteren werden bei dem Test-Zustandsmodell die Zustände mit Zeiten verknüpft, die in Echtzeit oder in Simulationszeit die Lebensdauer des jeweiligen Zustands durch eine geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilung modellieren. Die Lebensdauer eines Zustands entspricht der Zahl von Zeittakten vom ersten Eintritt in den Zustand, bei welchem zum ersten Mal ein Übergang in einen anderen Zustand erfolgt.

[0012] Aus der Druckschrift US 5 500 941 A ist ein Analysesystem sowie ein Verfahren zur automatischen Erzeugung von Steuerprogramme für Testgeräte, durch welche die Ausfallursachen bei neuentwickelten Systemen getestet werden, bekannt. Nach diesem Verfahren werden zuerst die Funktionsanforderungen an das Softwaresystem genau definiert und als zahlreiche Anregungen, Fragen und Antworten angegeben sowie Informationen zu den Prozessabläufen und den einzelnen Zustände gespeichert. Der Benutzer definiert dann anhand der Anregungen und Antworten die physikalischen Eigenschaften eines realistischen Softwaresystems, um diese Eigenschaften dem neuentwickelten Testsystem zuzuordnen.

[0013] Durch diese bereits bekannte Verfahren kann jedoch eine realistische Simulation nicht durchgeführt werden. Die Verarbeitungszeit kann darüber hinaus nicht genau ermittelt werden, wenn mehrere gleichzeitige und parallele Tasks verarbeitet werden müssen.

Überblick über die Erfindung

[0014] Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Programmentwicklungssystem sowie ein Verfahren für die Entwicklung von Programmen bereitzustellen, durch die die Reduzierung der Entwicklungszeiten eines Programmes, das in ein Echtzeitsteuersystem eingebaut werden soll, und die Verbesserung der Eigenschaften realisiert werden.

[0015] Diese Aufgabe wird durch das System nach Anspruch 1 sowie durch das Verfahren nach Anspruch 15 gelöst.

[0016] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird demnach ein Programmentwicklungssystem zur Entwicklung eines Programms, das in einem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden kann, bereitgestellt, das aufweist:

einen Speicherabschnitt für eine Zustandübergangsmatrix, die zwei oder mehr Zellen hat, die durch einen Zustand, der von dem Echtzeitsteuersystem genommen bzw. verwendet wird, für welches das Programm entwickelt wird, und durch ein Ereignis bestimmt sind, das eine Erregung von außerhalb oder innerhalb des Echtzeitsteuersystems ist, wobei der Speicherabschnitt eine Zustandübergangsmatrix speichert, die Inhalte für eine Verarbeitung, die von dem Echtzeitsteuersystem durchzuführen sind, oder einen Zustand beschreibt, der dem Übergang nachfolgt; einen Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix; und einen Simulator zum Erhalten einer Verarbeitungszeit, die für eine Simulation des Betriebs des Echtzeitsteuersystems erforderlich ist, durch Akkumulieren von Zeitinformationen, die einer Zelle entsprechen, die sequentiell durch Ereignisse, die sequentiell eingegeben werden, einen Zustand, der als ein Anfangszustand eingegeben wird, oder durch Ereignisse, die sequentiell eingegeben werden, einen Zustand, der als Anfangszustand eingegeben wird und durch einen Zustand bestimmt wird, der dem Übergang nachfolgt, wobei der Simulator einen Zeitakkumulierungsabschnitt aufweist.

[0017] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Programmentwicklungssystems hat einen Eingabeabschnitt zum Erfassen bzw. Detektieren der Bestimmung bzw. des Ziels jeder der Anzeigepositionen, von denen jede zwei oder mehr Ereignissen oder Zuständen entspricht, die die Zustandübergangsmatrix bilden, die in dem Anzeigeabschnitt

angezeigt wird, und zum Eingeben der Positionsinformationen über die Anzeigepositionen in den Simulator, wobei der Simulator aufweist einen Analyseabschnitt zum Umwandeln von Positionsinformationen, die von dem Eingabeabschnitt eingegeben werden, in einen Ereigniscode oder einen Zustandscode, der dem Anzeigeabschnitt entspricht, einen Zustandsspeicherabschnitt zum Speichern eines Zustands entsprechend dem Zustandscode oder eines Zustands, der einem Übergang nachfolgt und in jeder Zelle beschrieben ist, einen Zeitakkumulierungsabschnitt für die Akkumulierung der Zeitinformationen und einen Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt zum Speichern eines Zustands entsprechend dem Zustandscode als den Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt und zum Bestimmen einer entsprechenden Zelle auf der Basis eines Ereignisses entsprechend dem Ereigniscode und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt ausgelesen wird, und, nachdem Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle gelesen wurden, zum Speichern der Zeitinformationen in dem Zeitakkumulierungsabschnitt, und weiterhin nach dem Lesen des Zustands, der dem Übergang nachfolgt, der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, zum Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt.

[0018] Ein bevorzugter Modus bzw. eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Programmentwicklungssystem hat einen Ereigniseingabeabschnitt zum Eingeben des Anfangszustands und einer Testskriptdatei, die das Timing bzw. den Zeitpunkt des Auftretens jedes Ereignisses, das in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder die Zeitpunkte bzw. das Timing der Operationen zum Bilden der bildenden bzw. grundlegenden Faktoren des Echtzeitsteuersystems, das ausgeführt werden soll, für Spezifikationen in den Simulator beschreibt, wobei der Simulator aufweist einen Ereignisanalyseabschnitt, der eine Ereigniseingabesequenz erzeugt, die durch ein Neuordnen von zwei oder mehr Ereignissen in der Reihenfolge der Auftrittszeit in einer Testskriptdatei erhalten wird, die durch den Ereigniseingabeabschnitt eingegeben wird, einen Zustandsspeicherabschnitt zum Speichern des Anfangszustands oder eines Zustands nach einem Übergang, der in jeder Zelle beschrieben wird, einen Zeitakkumulierungsabschnitt zum Akkumulieren der Zeitinformationen und einen Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt zum Speichern des Anfangszustands in einem Zustandsspeicherabschnitt und zum Beurteilen bzw. zum Bestimmen einer Zelle auf der Basis eines Ereignisses, das eingefangen werden soll, in der Reihenfolge einer früheren Zeit bzw. eines früheren Zeitpunkts aus der Ereigniseingabesequenz und des Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf eine Zu-

standübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt ausgelesen wird, und zum Akkumulieren, nachdem Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt ausgelesen wurden, dieser Informationen in dem Zeitakkumulierungsabschnitt und, nachdem ein Zustand nach dem Übergang, der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt ausgelesen wurde, zum Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform hat das Programmentwicklungssystem einen Erzeugungsabschnitt für eine Testskriptdatei, um die Testskriptdatei aus vergangenen Daten bzw. History-Daten der Ausführung der Simulation zu erzeugen, die durch den Simulator auf der Basis des Anfangszustands, der durch die Manipulierung bzw. Betätigung eines Betriebsabschnitts eingegeben wird, und auf der Basis von zwei oder mehr Ereignissen ausgeführt wird.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Simulator mit einem Zeitvergleichsabschnitt versehen, der dafür ausgelegt ist, akkumulierte Zeit, die aktuell bzw. gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt gespeichert ist, von der Auftrittszeit des Ereignisses zu subtrahieren, und der, wenn ein positives Ergebnis durch die Subtraktion erhalten wird, das Subtraktionsergebnis als eine Differenzzeit, die eine Differenz zwischen der Verarbeitungszeit, die für Befehle für Verarbeitungsoperationen von peripheren Vorrichtungen von einem Steuerabschnitt, der das System bildet, erforderlich ist, und einer Verarbeitungszeit ist, die für Operationen von peripheren Vorrichtungen erforderlich ist, die in Übereinstimmung mit den Verarbeitungsinstruktionen ausgeführt werden müssen, der akkumulierten Zeit hinzuaddiert, die aktuell bzw. gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt gespeichert ist.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung speichert der Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt eine Zustandübergangsmatrix der Operationen eines Steuerabschnitts, der das System bildet, und eine Zustandübergangsmatrix von Operationen von peripheren Vorrichtungen, die von dem Steuerabschnitt gesteuert werden, und speichert der Zeitinformationen-Speicherabschnitt Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts und Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen, wobei der Simulator einen ersten Simulator für die Akkumulierung der Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts und einen zweiten Simulator zum Akkumulieren der Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen unabhängig von dem ersten Simulator aufweist.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat das Programmentwicklungssystem einen Generator zum Erzeugen eines Quellenprogramms (source program), das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das in das Echtzeitsteuersystem eingebaut werden soll, auf der Basis der Zustandübergangsmatrix, einen Compiler zur Umsetzung bzw. Umwandlung des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in einer Maschinensprache geschrieben ist, einen ersten Berechnungsabschnitt zum Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle durch Multiplizieren einer Operationsgeschwindigkeit des Steuerabschnitts, der das System bildet, mit Codenummern bzw. Codezahlen einer Maschinensprache, die das Objektprogramm bildet, entsprechend der Verarbeitung, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder eines Übergangs vor und nach ihr.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform hat das Programmentwicklungssystem einen Generator für die Erzeugung eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das als Programm in dem Echtzeitsteuersystem eingebaut bzw. implementiert wird, auf der Basis der Zustandübergangsmatrix, einen Compiler zum Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in einer Maschinensprache geschrieben ist, einen In-Circuit-Emulator oder ein Code-Simulator, der für die Ausführung des Objektprogramms derart ausgelegt ist, daß die Verarbeitung von im wesentlichen den gleichen Operationen wie den tatsächlichen Operationen des Echtzeitsteuersystems ermöglicht wird, und einen zweiten Berechnungsabschnitt für die Berechnung von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix auf der Basis einer Ausführungszeit, die durch die Ausführung des Objektprogramms durch den In-Circuit-Emulator oder den Code-Simulator erhalten wird.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform hat der Zeitinformationen-Speicherabschnitt zumindest zwei Einrichtungen aus einem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen, die durch die Manipulation bzw. Betätigung des Steuerabschnitts entsprechend jeder Zelle der Zustandübergangsmatrix eingegeben werden, einem zweiten Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den ersten Berechnungsabschnitt entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden, oder einem dritten Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen, die von dem zweiten Berechnungsabschnitt entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden, und einen Vergleichsabschnitt, der an den Simulator angepasst ist, zum Vergleichen akkumulierter Ergebnisse, die durch Akkumulieren der

entsprechenden Zeitinformationen zum Zeitpunkt der Simulation auf der Basis von Zeitinformationen erhalten werden, die in zumindest zwei Einheiten aus den ersten, zweiten und dritten Zeitinformationen-Speicherabschnitten gespeichert sind.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform speichert der Zeitinformationen-Speicherabschnitt oder der erste Zeitinformationen-Speicherabschnitt Zeitinformationen als Werte mit einer bestimmten bzw. gewissen Breite oder als Variablen in Übereinstimmung mit einem zulässigen Bereich der Spezifikationen des Systems, und ist der Simulator dafür ausgelegt, den Maximalwert, den Minimalwert, Durchschnittswerte oder Werte zu lesen, die statistisch aus den Werten mit einer gewissen Breite bzw. mit einem gewissen Bereich ausgewählt sind, zu lesen, wenn Zeitinformationen, die einer bestimmten Zelle entsprechen, aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt oder dem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt gelesen werden, oder die Zeitinformationen, die akkumuliert werden, in Übereinstimmung mit den Variablen zu ändern.

[0026] Vorzugsweise ist die Testskriptdatei in einem Timingchart-Format, einem Textformat oder einem Nachrichtensequenzdiagrammformat vorgesehen.

[0027] Es wird auch bevorzugt, daß die Zeitinformationen der Verarbeitungszeit entsprechen, die für die Verarbeitung erforderlich ist, die in einer entsprechenden Zelle beschrieben wird.

[0028] In einem bevorzugten Modus bestehen die Zeitinformationen aus der Verarbeitungszeit und einer zusätzlichen Zeit, die für den Übergang von einem Zustand oder einer Verarbeitung in einen anderen Zustand oder eine andere Verarbeitung erforderlich ist.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die zusätzliche Zeit konstant oder variiert in Abhängigkeit von jeder Zelle oder jedem Übergang.

[0030] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Entwickeln eines Programms das in einem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden kann, bereitgestellt, das aufweist: Verwenden eines Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitts mit zwei oder mehr Zellen, die durch einem Zustand, der von einem Echtzeitsteuersystem in Anspruch genommen wird, für das das Programm entwickelt wird, und durch ein Ereignis bestimmt sind, das eine Erregung von außerhalb oder innerhalb des Echtzeitsteuersystems ist, und zum Speichern einer Zustandübergangsmatrix, die Inhalte der Verarbeitung, die von dem Echtzeitsteuersystem auszuführen ist, oder einen Zustand beschreibt, der dem Übergang nachfolgt; Verwenden eines Zeitinformationen-Speicherab-

schnitts zum Speichern von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix; und

Erhalten der Verarbeitungszeit, die für eine Simulation der Operationen des Echtzeitsteuersystems erforderlich ist, durch Akkumulieren von Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden, und von Zeitinformationen entsprechend einer Zelle, die sequentiell durch einen Zustand, der als ein Anfangszustand eingegeben wird, und durch einen Zustand, der dem Übergang nachfolgt, bestimmt wird.

[0031] In dem zuvor erwähnten zweiten Aspekt der Erfindung weist eine bevorzugte Ausführungsform die folgenden Schritte auf:

Verwenden eines Eingabeabschnitts zum Erfassen einer Bestimmung irgendeiner der Anzeigepositionen, die zwei oder mehr Ereignissen oder Zuständen entsprechen, die die Zustandübergangsmatrix bilden, die in dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird, und zum Eingeben der Positionsinformationen über die Anzeigepositionen in den Simulator;

Umwandeln der Positionsinformationen, die durch den Eingabeabschnitt eingegeben werden, in einen Ereigniscode oder einen Zustandscode entsprechend der Anzeigeposition;

Speichern eines Zustands entsprechend dem Zustandscode als den Anfangszustand in einem Zustandsspeicherabschnitt;

Bestimmen einer Zelle auf der Basis eines Ereignisses entsprechend dem Ereigniscode und einem Zustand, der in dem Zustandsspeicherabschnitt gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt ausgelesen wird;

Lesen von Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt und Akkumulieren der Zeitinformationen in dem Zeitakkumulierungsabschnitt; und

Lesen eines Zustands nach dem Übergang, der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt und Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt.

[0032] Eine bevorzugte Ausführungsform weist die folgenden Schritte auf:

Verwenden eines Ereigniseingabeabschnitts zum Eingeben des Anfangszustands und einer Testskriptdatei, die das Timing des Auftretens jedes Ereignisses, das in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder das Timing der bzw. in Operationen zum Bilden von Faktoren des Echtzeitsteuersystems, das ausgeführt werden soll, für Spezifikationen beschreibt;

Erzeugen einer Ereigniseingabesequenz, die durch Neuordnen von zwei oder mehr Ereignissen in einer Testskriptdatei in der Reihenfolge der Auftrittszeit erhalten wird, die durch den Ereigniseingabeabschnitt eingegeben wird;

Speichern des Anfangszustands in einen Zustandsspeicherabschnitt;

Bestimmen einer entsprechenden Zelle auf der Basis eines Ereignisses, das in der Reihenfolge eines früheren Zeitpunkts aus der Ereigniseingabesequenz geholt wird, und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt ausgelesen wird;

Lesen von Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt und Akkumulieren der Informationen in einem Zeitakkumulierungsabschnitt; und

Lesen eines Zustands nach einem Übergang, der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt und Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt.

[0033] Eine bevorzugte Ausführungsform hat einen Schritt zum Erzeugen der Testskriptdatei aus historischen bzw. vergangenen Daten der Ausführung der Simulation, die durch den Simulator ausgeführt wurde, auf der Basis des Anfangszustands, der durch Manipulieren eines Operationsabschnitts eingegeben wird, und auf der Basis von zwei oder mehr Ereignissen.

[0034] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfaßt die folgenden Schritte: Subtrahieren der akkumulierten Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt gespeichert ist, von der Auftrittszeit des Ereignisses und, wenn eine positives Ergebnis bei der Subtraktion erhalten wird, Addieren des Subtraktionsergebnisses als eine Differenzzeit, die eine Differenz zwischen der Verarbeitungszeit, die für die Befehle zum Verarbeiten der Operationen von peripheren Vorrichtungen von einem Steuerabschnitt, der das Echtzeitsteuersystem bildet, erforderlich ist, und einer Verarbeitungszeit ist, die für Operationen der peripheren Vorrichtungen erforderlich ist, die in Übereinstimmung mit den Verarbeitungsbefehlen ausgeführt werden sollen, zu der akkumulierten Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt gespeichert ist.

[0035] Weiterhin hat eine bevorzugte Ausführungsform bzw. ein bevorzugter Modus die folgenden Schritte: Speichern einer Zustandübergangsmatrix von Operationen eines Steuerabschnitts, der das Echtzeitsteuersystem bildet, und einer Zustandübergangsmatrix der Operationen von peripheren Vorrichtungen, die durch den Steuerabschnitt gesteuert werden, in dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt, Speichern von Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts und von Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen in dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt, Akkumulieren von Zeitinformationen über Operatio-

nen des Steuerabschnitts und Akkumulieren von Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen unabhängig von den Schritten.

[0036] Eine bevorzugte Ausführungsform bzw. ein bevorzugter Modus ist auch gegeben durch die folgenden Schritte: Erzeugen eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das in dem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden soll, auf der Basis der Zustandübergangsmatrix, Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in einer Maschinensprache geschrieben ist, und Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle durch Multiplizieren einer Betriebsgeschwindigkeit des Steuerabschnitts, der das Echtzeitsteuersystem bildet, mit Codezahlen bzw. -nummern einer Maschinensprache, die das Objektprogramm bildet, entsprechend der Verarbeitung, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder dem Übergang vor und nach ihr.

[0037] Ein bevorzugter Modus umfaßt die folgenden Schritte: Erzeugen eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das in dem Echtzeitsteuersystem integriert werden soll, auf der Basis der Zustandübergangsmatrix, Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in einer Maschinensprache geschrieben ist, Ausführen des Objektprogramms und Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix auf der Basis einer Ausführungszeit, die durch die Ausführung des Objektprogramms erhalten wird.

[0038] Weiterhin weist ein bevorzugter Modus die folgenden Schritte auf: Verwenden des Zeitinformationen-Speicherabschnitts, der zumindest zwei Abschnitte aus einem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen, die durch Manipulieren des Steuerabschnitts entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix eingegeben werden, einem zweiten Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den ersten Berechnungsabschnitt entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden, oder einem dritten Zeitinformationen-Speicherabschnitt zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den zweiten Berechnungsabschnitt entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden, und Vergleichen der akkumulierten Ergebnisse, die durch das Akkumulieren der entsprechenden Zeitinformationen zur Zeit der Simulation auf der Basis von Zeitinformationen erhalten werden, die in zumindest zwei aus den ersten, zweiten und dritten Zeitinformationen-Speicherabschnitten gespeichert sind.

[0039] Ein bevorzugter Modus umfaßt die folgenden Schritte: Verwenden des Zeitinformationen-Speicher-

abschnitts oder des ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitts, der Zeitinformationen als Werte mit einer bestimmten Breite oder Variablen in Übereinstimmung mit einem zulässigen Bereich in Spezifikationen des Echtzeitsteuersystems speichert, Lesen des Maximalwerts, des Minimalwerts, von Durchschnittswerten oder Werten, die statistisch aus den Werten mit einer bestimmten Breite ausgewählt werden, wenn Zeitinformationen entsprechend einer spezifizierten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt oder dem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt gelesen werden, oder Ändern der Zeitinformationen, die akkumuliert werden sollen, in Übereinstimmung mit den Variablen.

[0040] Ein bevorzugter Modus umfaßt auch den Schritt der Verwendung der Testskriptdatei, die in einem Zeitdiagrammformat, in einem Textdateiformat oder in einem Nachrichtensequenzdiagrammformat ist.

[0041] Der bevorzugte Modus umfaßt auch einen Schritt der Verwendung der Zeitinformationen, die der Verarbeitungszeit entsprechen, die für die Ausführung der Verarbeitung erforderlich ist, die in der entsprechenden Zelle beschrieben ist.

[0042] Die bevorzugte Ausführungsform hat einen Schritt der Verwendung der Zeitinformationen, die eine zusätzliche Zeit sind, die für einen Übergang von einem Zustand oder einer Verarbeitung zu einem anderen Zustand oder einer anderen Verarbeitung erforderlich ist.

[0043] Eine bevorzugte Ausführungsform besteht auch darin, daß ein Schritt der Verwendung der zusätzlichen Zeit vorgesehen ist, die konstant ist oder in Abhängigkeit von jeder Zelle oder jedem Übergang variiert.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0044] Die vorstehenden Aufgaben und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen ersichtlich. Es zeigen:

[0045] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm, das elektrische Konfigurationen eines Programmentwicklungssystems zeigt, das in einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt ist;

[0046] [Fig. 2](#) ein schematisches Diagramm, das einen groben Aufbau einer Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine erläutert, für die ein Programm entwickelt wird;

[0047] [Fig. 3](#) eines der Beispiele für eine Zustandü-

bergangsmatrix für Operationen einer CPU, die die zuvor erwähnte Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine bildet;

[0048] [Fig. 4](#) ein Beispiel eines Simulationsmodus-Bildschirms, der in einem Anzeigeabschnitt angezeigt wird, der eine Mensch/Maschine-Schnittstelle der ersten Ausführungsform bildet;

[0049] [Fig. 5](#) ein Flußdiagramm, das Operationen eines Simulators der ersten Ausführungsform zeigt;

[0050] [Fig. 6](#) ein Blockdiagramm, das elektrische Konfigurationen eines Programmentwicklungssystems zeigt, das in einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt ist;

[0051] [Fig. 7](#) eines der Beispiele für eine Testskriptdatei in der Textdateiform, die für eine Simulation in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

[0052] [Fig. 8](#) ein Flußdiagramm, das die Operationen der Simulationen in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0053] [Fig. 9](#) eines der Beispiele für eine Ereigniseingabesequenz, die aus der Testskriptdatei, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, erzeugt wird;

[0054] [Fig. 10](#) ein Zeitgabe- bzw. Timingdiagramm eines der Beispiele für die Simulationsergebnisse in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0055] [Fig. 11](#) zeigt eines der Beispiele für eine Zustandübergangsmatrix von Operationen eines Magnetkopfes, der die Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine bildet, für die ein Programm in der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entwickelt wird;

[0056] [Fig. 12](#) eines der Beispiele für eine Testskriptdatei in einem Zeitgabediagrammformat, das für die Simulation der dritten Ausführungsform verwendet wird;

[0057] [Fig. 13](#) eines der Beispiele für eine Testskriptdatei in einem Zeitgabediagrammformat, das für die Simulation in der dritten Ausführungsform verwendet wird;

[0058] [Fig. 14](#) eines der Beispiele für die Konfigurationen eines Speicherabschnitts für zusätzliche Zeit der dritten Ausführungsform;

[0059] [Fig. 15](#) ein Flußdiagramm, das die Operationen eines Simulators der gleichen Ausführungsform zeigt;

[0060] [Fig. 16](#) ein Zeitgabediagramm, das eines der Beispiele der Simulationsergebnisse in der gleichen Ausführungsform zeigt;

[0061] [Fig. 17](#) ein Blockdiagramm, das eine elektrische Konfiguration des Programmentwicklungssystems einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0062] [Fig. 18](#) ein Blockdiagramm, das eine elektrische Konfiguration des Programmentwicklungssystems einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0063] [Fig. 19](#) ein Blockdiagramm, das eine elektrische Konfiguration des Programmentwicklungssystems einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0064] [Fig. 20](#) ein Blockdiagramm, das eine elektrische Konfiguration des Programmentwicklungssystems einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0065] [Fig. 21](#) eines der Beispiele einer Testskriptdatei in einem Nachrichtensequenz-Diagrammformat, das für eine Simulation in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird; und

[0066] [Fig. 22](#) ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für die elektrischen Konfigurationen eines herkömmlichen Programmentwicklungssystems zeigt.

[0067] Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend im Detail mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

Erste Ausführungsform

[0068] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das elektrische Konfigurationen eines Programmentwicklungssystems zeigt, das in einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0069] Das Programmentwicklungssystem in dieser Ausführungsform, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, umfaßt im wesentlichen eine Mensch/Maschine-Schnittstelle **11**, einen Editor **12**, einen Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13**, einen Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14**, einen Generator **15**, einen Programmspeicherabschnitt **16**, einen Eingabeabschnitt **17** und ein Simulator **18**.

[0070] Die Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** umfaßt einen Anzeigeabschnitt **11a**, eine Maus **11b** und eine Tastatur **11c**. Sie wird verwendet, um Daten (Zustand, Ereignis, Aktion, Zustand, nachfolgend dem

Übergang) einzugeben, die für einen Operator erforderlich sind, damit er eine Zustandübergangsmatrix erzeugen kann, indem auf die Anzeigehalte des Anzeigebereichs **11a** Bezug genommen wird oder indem die Maus **11b** oder die Tastatur **11c** betätigt werden und/oder indem direkt ein Ereignis eingegeben wird, um den Simulator **18** dazu zu veranlassen, daß er eine Simulation für jedes Ereignis auf der Basis der Zustandübergangsmatrix eines Echtzeitsteuersystems ausführt, das durch eine Zustandübergangsmatrix gebildet wird, und zwar durch Bewegen eines Cursors unter Verwendung einer Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** zu einem Anzeigebereich eines Ereignisses in der Zustandübergangsmatrix, die in dem Anzeigebereich **11a** angezeigt ist, und durch Anklicken oder Drücken einer Rückkehrtaste (return key) nach unten.

[0071] Die Simulationsergebnisse (Zustand, dem Übergang nachfolgend, akkumulierte Zeit und ähnliches), die durch den Simulator **18** zugeführt werden, werden auf dem Displayabschnitt **11a** angezeigt. Die Verarbeitungszeit gibt die Zeit wieder, die für eine Aktion, die in jeder Zelle beschrieben ist, erforderlich ist.

[0072] Der Editor **12** wird dazu verwendet, die Zustandübergangsmatrix, die auf einem Zustand, einem Ereignis, einer Aktion, einem Zustand, der dem Übergang nachfolgt, einer akkumulierten Zeit und ähnlichem basiert, die unter Verwendung der Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** eingegeben werden, zu erzeugen und zu editieren bzw. zu bearbeiten und auch um Daten an der Zustandübergangsmatrix und die Verarbeitungszeit in dem entsprechenden Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** und in dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14** zu speichern. Sowohl der Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** als auch der Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14** sind aus einem Speichermedium zusammengesetzt, das eine Kapazität eines großen Speichers, zum Beispiel eines Halbleiterspeichers mit einem RAM, einer FD (floppy disk), einer HD (Festplatte) und ähnlichem hat. Daten der Zustandübergangsmatrix werden in dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** gespeichert und die Verarbeitungszeit wird in dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14** gespeichert.

[0073] Der Generator **15** ist dafür ausgelegt, ein Programm (Quellenprogramm), das in einem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden soll, und in einer Programmiersprache, zum Beispiel der C Sprache (Warenzeichenname), geschrieben ist, auf der Basis einer Zustandübergangsmatrix automatisch zu erzeugen, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** ausgelesen wird. Der Programmspeicherabschnitt **16** speichert das erzeugte Programm. Der Programmspeicherabschnitt **16** besteht aus einem Speichermedium, das eine große Speicherkapazität hat, zum Beispiel einem Halbleiterspei-

cher, der einem RAM enthält, einer FD oder einer HD, und speichert das Quellenprogramm ab.

[0074] Der Eingabeabschnitt **17** ist dafür ausgelegt, eine Position des Cursors zu dem Zeitpunkt zu erfassen, wenn eine linke Taste einer Maus angeklickt wird oder eine Rückkehrtaste von einem Operator gedrückt wird, nachdem der Cursor unter Verwendung einer Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** zu einem Anzeigebereich irgendeines Ereignisses oder Zustands in der Zustandübergangsmatrix bewegt wurde, die in dem Anzeigebereich **11a** angezeigt wird, und führt die Informationen über die Position einem Analyseabschnitt **18a** zu. Das heißt, daß der Eingabeabschnitt **17** in dieser Ausführungsform als ein Positionserfassungsabschnitt für ein Ereignis oder einen Zustand arbeitet.

[0075] Der Simulator **18** umfaßt im wesentlichen den Analyseabschnitt **18a**, einen Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b**, einen Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** und einen Zustandsspeicherabschnitt **18d**. Der Analyseabschnitt **18a** ist dafür ausgelegt, die Informationen über die Position, die von dem Eingabeabschnitt **17** aus zugeführt werden, in Ereignis- oder Zustandscodes entsprechend der Position umzuwandeln und die sich ergebenden Codes dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** zuzuführen. Das heißt, daß der Analyseabschnitt **18a** als ein Abschnitt arbeitet, der die Positionsinformationen in Ereignis/Zustands-Codes umsetzt. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** wird verwendet, um jeden grundlegenden Faktor in dem Simulator **18** zu steuern und einen Zustand entsprechend dem Zustandscode, der von dem Analyseabschnitt **18a** aus zugeführt wird, als einen initialisierten Zustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** zu setzen und eine entsprechende Zelle auf der Basis eines Ereignisses entsprechend dem Ereigniscode, der von dem Analyseabschnitt **18a** zugeführt wird, und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix zu bestimmen, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** ausgelesen wird. Darüber hinaus wird der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** dazu verwendet, die Verarbeitungszeit entsprechend den Aktionen, die durch die bestimmte Zelle verarbeitet werden, in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** zu akkumulieren, indem sie aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14** ausgelesen wird. Des Weiteren wird der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** dazu verwendet, einen Zustand, der dem Übergang nachfolgt und in der Zelle beschrieben ist, die durch ihn selbst bestimmt ist, auszulesen und ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** zu speichern und immer dann, wenn eine Simulation abgeschlossen ist, die akkumulierte Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** gespeichert ist, und den Zustand, der dem Übergang folgt und in dem Zustandsspei-

cherabschnitt **18d** gespeichert ist, der Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** zuzuführen. Der Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** und der Zustandsspeicherabschnitt **18d** weisen einen Halbleiterspeicher, zum Beispiel einem RAM, auf und speichern akkumulierte Zeit bzw. einen Zustand, der dem Übergang nachfolgt.

[0076] Operationen der Programmentwicklungsvorrichtung, die einen Aufbau hat, der zuvor beschrieben wurde, werden nachfolgend im Detail beschrieben. Ein Programm, das durch die Programmentwicklungsvorrichtung entwickelt werden soll, wird als ein Programm betrachtet, das in einer Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, eingebaut werden soll. Die Vorauszahlkarte (prepaid card) gibt hier eine Kunststoffkarte mit der ungefähren Größe einer Namenskarte bzw. Visitenkarten wieder, die mit einem vorgegebenen Preis verkauft werden kann und dazu verwendet werden kann, Güter, Fahrkarten und ähnliches als Ersatz für Bargeld zu kaufen.

[0077] Die Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine hat im wesentlichen einen Steuerabschnitt **21** zur Steuerung eines Maschinenabschnitts **22** und eines Betriebs- und Anzeigeabschnitts **23**, wobei der Maschinenabschnitt **22** die Vorauszahlkarte ausgibt und wobei der Betriebs- und Anzeigeabschnitt **23** von dem Käufer der Vorauszahlkarte für den Kauf betätigt wird, wobei auf seinen Anzeigeabschnitt Bezug genommen wird. Der Steuerabschnitt **21** umfaßt im wesentlichen eine CPU (zentrale Verarbeitungseinheit) **24**, einen ROM **25** für die Speicherung der vorstehenden Programme, einen RAM **26**, der von der CPU **24** für die Ausführung von Programmen verwendet wird, einen Eingangsanschluß **27** für die Zuführung eines Detektionssignals oder eines Unterbrechungssignals bzw. Interrupt-Signals, das von jedem grundlegenden Faktor bzw. jeder grundlegenden Einrichtung, der bzw. die den Maschinenabschnitt **22** und den Betriebs- und Anzeigeabschnitt **23** bildet, der CPU **24** zugeführt wird, und einen Ausgangsanschluß **28**, der von dem Maschinenabschnitt **22** verwendet wird, um einem Steuersignal einem Motor **35** und einem Motor **37** des Maschinenabschnitts **22** zuzuführen zu können.

[0078] Der Maschinenabschnitt **22** weist einen Stapler **29**, einen Kartenentnahmemechanismus **30**, einen Kartentransportmechanismus **31**, Sensoren **32** und **33**, einen Magnetkopf **34a** zum Schreiben magnetischer Daten und einen Magnetkopf **34b** zum Lesen magnetischer Daten auf. Operationen des Maschinenabschnitts **22** sind wie folgt.

[0079] Wenn ein Käufer Bargeld einem Bargeldzuführanschluß (nicht gezeigt) des Betriebs- und Anzeigeabschnitts **23** zuführt und eine Auswahl Taste bzw. Bestimmungstaste (nicht gezeigt) für den Kartentyp drückt und auch einen Bestimmungsknopf (nicht ge-

zeigt) für Kartenausgabe drückt, wird ein Motor, der zusammen mit einer Walze bzw. Rolle und einem Gurt bzw. Antriebsgurt den Kartenausgabemechanismus **30** bildet, angetrieben. Von einem Stapler, der zwei oder mehr Vorauszahlkarten **36** mit einem bandähnlichen Magnetstreifen, der keine magnetischen Daten enthält, (eine sogenannte "Rohkarte") speichert oder stapelt, wird eine Rohkarte **36** herausgenommen und in eine Richtung abwärts, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, transportiert. Dann, wenn die Rohkarte **36** durch einen Sensor **32** erfaßt wird, der einen Photokoppler und ähnliches aufweist, wird ein Motor **35** angehalten und ein Motor **37**, der zusammen mit einer Rolle und einem Gurt den Kartentransportmechanismus **31** bildet, wird derart angetrieben, daß die Rohkarte **36** auf einem Transportweg in der Richtung nach rechts transportiert wird und magnetische Daten, die einen Kaufbetrag oder ein Kartenausgabedatum enthalten, werden auf den Magnetstreifen der Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** aufgeschrieben, der an dem Transportweg untergebracht ist. Um zu überprüfen, ob die gerade geschriebenen Magnetdaten richtig sind, wird eine Vorauszahlkarte, auf der magnetische Daten gerade geschrieben wurden, auf dem Transportweg in der Richtung nach rechts, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, transportiert und ein Magnetkopf **34b** liest die Magnetdaten von der Vorauszahlkarte. Wenn die gelesenen Daten als richtig beurteilt werden, nachdem die Vorauszahlkarte weiter in der Richtung nach rechts auf dem Transportweg, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, transportiert wurde und von einem Sensor **33**, der einen Photokoppler aufweist, erfaßt wurde, wird die Karte aus dem Kartenausgabeananschluß (nicht gezeigt) ausgestoßen und der Motor **37** wird gleichzeitig gestoppt. Die Operationen des Maschinenabschnitts **22**, die zuvor beschrieben wurden, werden durch die CPU **24** auf der Basis bzw. in Abhängigkeit von einem Programm, das im ROM **25** gespeichert ist, über den Eingangsanschluß **27** und den Ausgangsanschluß **28** gesteuert.

[0080] Es wird nun angenommen, daß Spezifikationen der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine beschreiben, daß es 15 ms dauern soll, um eine Vorauszahlkarte auszugeben, daß die Verarbeitungszeit, die für die Operationen in dem Kartenausgabemechanismus **30** erforderlich ist, 5 ms beträgt und daß die Verarbeitungszeit, die für Operationen in dem Kartentransportmechanismus **31** erforderlich ist, 10 ms beträgt. Zudem wird weiterhin angenommen, daß eine Vorauszahlkarte in einer Operation ausgegeben wird.

[0081] Um eine Zustandsübergangsmatrix, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, zu erzeugen, gibt ein Operator erforderliche Daten (Zustand, Ereignis, Aktion, Zustand, der dem Übergang nachfolgt, Verarbeitungszeit und ähnliches) durch Betätigen der Maus **11b** und der Tastatur **11c** ein, während er auf eine Anzeige auf dem Anzeigeabschnitt **11a**, der die

Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** bildet, auf der Basis von Spezifikationen der zuvor erwähnten Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine Bezug nimmt. Der Editor **12** erzeugt unter Verwendung der zuvor erwähnten Daten die Zustandübergangsmatrix, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, zeigt sie auf dem Displayabschnitt **11a** an, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** bildet, und speichert Daten auf der Zustandübergangsmatrix und Verarbeitungszeit in einem spezifizierten Bereich in dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** bzw. dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14**.

[0082] Gemäß [Fig. 3](#) entsprechen ein Motor A und ein Motor B einem Motor **35** bzw. einem Motor **37**, die in [Fig. 2](#) gezeigt sind, und eine Marke S1 und eine Marke S2 geben einen Sensor **32** bzw. einen Sensor **33** von [Fig. 2](#) wieder, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Auf der obersten Zeile der Matrix von [Fig. 3](#) gibt "Motor A" wieder, daß der Motor **35** anhält, wenn er in dem Wartezustand bzw. Bereitschaftszustand oder Standby-Zustand ist, um einen Befehl zum Ausgeben einer Vorauszahlkarte zu empfangen, oder der Motor **35** ist in dem Antriebszustand (der nachfolgend als "Zustand 1" bezeichnet wird). "Motor B: Beim Schreiben" gibt an, daß der Motor **37** im Antriebszustand ist und in dem Zustand ist, in dem magnetische Daten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** (nachfolgend als "Zustand 2" bezeichnet) geschrieben werden. "Motor B: Beim Lesen" gibt wieder, daß der Motor **37** im Antriebszustand ist und in dem Zustand ist, in dem Magnetdaten der Vorauszahlkarte von dem Magnetkopf **34b** gelesen werden (nachfolgend als "Zustand 3" bezeichnet). "Motor B: S2 Bereitschaft" gibt wieder, daß der Motor **37** in dem Antriebszustand ist und in dem Standby-Zustand ist, um ein Detektionssignal von dem Sensor **33** zu empfangen, während die Vorauszahlkarte von dem Ausgabeanschluß ausgestoßen wird (nachfolgend als "Zustand 4" bezeichnet). Des weiteren gibt "Motor B" an, daß der Zustand in dem oberen Zustand in dem Zustand 2 bis Zustand 4 ist.

[0083] In der äußersten linken Spalte der Matrix von [Fig. 3](#) gibt "Kartenausgabenachfrage" an, daß die Ausgabe der Karte durch die Zuführung von Bargeld oder das Drücken eines bestimmten Knopfes durch einen Käufer der Karte (nachfolgend als "Ereignis 1" bezeichnet) nachgefragt wird bzw. wurde. "S1: AUS EIN" gibt an, daß sich ein Detektionssignal von dem Sensor **32** von "AUS" nach "EIN" aufgrund des Durchgangs der Rohkarte **36** durch den Sensor **32** (nachfolgend als "Ereignis 2" bezeichnet) geändert hat. "Schreiben: OK" gibt den Empfang einer Benachrichtigung wieder, daß das Schreiben der Magnetdaten, die aus Kaufbeträgen, einem Ausgabedatum der Karte und ähnlichem bestehen, auf einen Magnetstreifen der Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** normal abgeschlossen wurde (nachfolgend als "Ereignis 3" bezeichnet). "Schreiben: NG" gibt den Emp-

fang einer Benachrichtigung wieder, daß ein anomales Schreiben von Magnetdaten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** aufgetreten ist (nachfolgend als "Ereignis 4" bezeichnet). "Lesen: OK" gibt den Empfang einer Nachricht wieder, daß das Lesen der Magnetdaten von der Vorauszahlkarte durch den Magnetkopf **34b** normal beendet wurde (nachfolgend als "Ereignis 5" bezeichnet). "Lesen: NG" gibt den Empfang einer Nachricht wieder, daß ein anomales Lesen der Magnetdaten von der Vorauszahlkarte durch den Magnetkopf **34b** aufgetreten ist (nachfolgend als "Ereignis 6" bezeichnet). "S2: AUS EIN" gibt wieder, daß sich ein Detektionssignal des Sensors **33** von AUS nach EIN aufgrund der Ankunft einer Vorauszahlkarte durch den Sensor **33** zu dem Kartenausgabeanschluß (nachfolgend als "Ereignis 7" bezeichnet) geändert hat.

[0084] Das Ereignis 1 wird als Ereignis vom Nachrichtentyp bezeichnet, das den Empfang einer Stellnachricht von anderen Tasks bzw. Aufgaben oder Vorrichtungen wiedergibt, und das Ereignis 2 und das Ereignis 7 werden als Ereignisse vom Kennzeichentyp bezeichnet, die das Lesen einer Variablen oder das Ändern einer Eingabe/Ausgabe wiedergeben. Des weiteren wird das Ereignis 3, das Ereignis 4, das Ereignis 5 und das Ereignis 6 als Unterbrechungsereignis bzw. Interrupt-Ereignis bezeichnet, die den Empfang einer Unterbrechung von außerhalb wiedergeben.

[0085] In der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, haben Inhalte, wenn ein Schnittpunkt eines Ereignisses und eines Zustands, zum Beispiel ist der Zustand 1 und das Ereignis 2 als eine Zelle (1, 2) wiedergegeben, durch jede Zelle beschrieben ist, die folgenden Bedeutungen. Das heißt, daß in der Zelle (1, 1), die in der Matrix von [Fig. 3](#) gezeigt ist, der "Motor A: EIN" eine Aktion zum Erregen bzw. Stellen des Motors **35**, um die Rohkarte **36** aus dem Stapler **29** zu entnehmen, in dem Bereitschaftszustand 1 zum Empfangen eines Befehls zum Ausgeben einer Vorauszahlkarte und zum Ausgeben in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 1 der Nachfrage Vorauszahlkarte wiedergibt, die durch die Zuführung von Bargeld oder das Niederdrücken eines bestimmten Knopfes durch den Käufer der Karte geleitet bzw. ausgelöst wird. Die numerischen Wert (0,5) gibt wieder, daß die Zeit, die für die Verarbeitung dieser Aktion erforderlich ist, 0,5 ms beträgt. Der Grund dafür, daß ein Zustand, der einem Übergang nachfolgt, nicht beschrieben ist, besteht darin, daß die Operation in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt, in dem Zustand 1.

[0086] In der Zelle (1, 2) gibt "Motor A: AUS, Motor B: EIN, Schreiben" Aktionen für das Schalten eines Transports der Rohkarte **36** von einem Transport durch die Verwendung des Kartenausgabemechanismus **30** zu einem Transport unter Verwendung des

Kartentransportmechanismus **31** in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 2 wieder, wobei sich das Detektionssignal von dem Sensor **32** von "AUS" auf "EIN" aufgrund des Durchgangs der Rohkarte **36** durch den Sensor **32** geändert hat, und für das Anhalten des Antriebs des Motors **35**, um Magnetdaten auf die Rohkarte aufzuschreiben und um gleichzeitig den Motor **37** anzutreiben und weiterhin den Magnetkopf **34a** aufzufordern, spezifizierte Magnetdaten auf die Karte zu schreiben. Weiterhin gibt "= > Beim Schreiben" in der Zelle (1, 2) wieder, daß der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 2 ist und der numerische Wert (4) zeigt an, daß die Gesamtzeit, die für die Verarbeitung einer Serie der vorstehenden Aktionen erforderlich ist, 4 ms beträgt.

[0087] In der Zelle (1, 3) der Matrix in [Fig. 3](#), gibt die Marke "/" wieder, daß keine Aktion implementiert ist und daß kein Übergang eines Zustands hier stattfindet. Die Bedeutung der Marke "/" ist die gleiche wie in anderen Stellen in der Tabelle und deshalb wird eine Beschreibung bei anderen Stellen der Tabelle hier nicht wiederholt.

[0088] In der Zelle (2, 1) gibt "Fehlernachricht" eine Aktion für die Anzeige einer Nachricht auf einer Anzeigevorrichtung des Operation- und Anzeigeabschnitts **23**, der die Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine bildet, wieder, nämlich, daß in dem Zustand 2, in dem Magnetdaten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** aufgeschrieben werden, es unmöglich ist, wenn das Ereignis 1 einer Nachfrage nach einer weiteren Ausgabe einer Vorauszahlkarte auftritt, die nachgefragte Karte auszugeben, da nur eine Vorauszahlkarte in einem Betriebsablauf bzw. einer Operation, wie in den Spezifikationen festgelegt ist, ausgegeben werden kann. In der gleichen Zelle (2, 1) gibt das Symbol "= > -" an, daß der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt, in dem Zustand 2. Der numerische Wert (1) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der vorstehenden Aktionen erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0089] In der Zelle (2, 3) gibt "Lesen" ein Aktion zum Nachfragen bzw. Auffordern des Magnetkopfes **34b**, daß er Magnetdaten der Vorauszahlkarte, die gerade aufgeschrieben worden sind, liest, um zu überprüfen, ob die Magnetdaten, die gerade auf die Vorauszahlkarte geschrieben worden sind, richtig sind, in dem Zustand 2, in dem Magnetdaten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** geschrieben werden, und in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 3 hin wieder, in dem eine Nachricht von dem Magnetkopf **34a** gegeben wird, die über das normale Schreiben der Magnetdaten informiert. In der Zelle (2, 3) gibt "= > Beim Lesen" wieder, daß ein Zustand, der einem Übergang nachfolgt, der Zustand 3 ist, und der numerische Wert (1) zeigt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktion erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0090] In der Zelle (2, 4) gibt das "Schreiben" eine Aktion für das Nachfragen des Magnetkopfes **34a**, damit er wiederum die gleichen Magnetdaten auf die Vorauszahlkarte schreibt, bei der ein Fehler beim Schreiben aufgetreten ist, in dem Zustand 2, in dem die Magnetdaten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** geschrieben werden, und in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 4 wieder, in dem eine Nachricht durch den Magnetkopf **34a** ausgegeben wird, die über ein anormales Schreiben des Magnetkopfes informiert. In der gleichen Zelle (2, 4) gibt das Symbol "= > -" wieder, daß der Betrieb in dem gegenwärtigen Zustand verbleibt, das heißt, in dem Zustand 2. Der numerische Wert (3) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 3 ms beträgt.

[0091] In der Zelle (2, 5) gibt "Fehlerrücksetzen, Schreiben" eine Aktion für die Nachfrage der Magnetköpfe **34a** und **34b**, daß sie Initialisierungen durchführen und wieder die gleichen Magnetdaten auf eine Vorauszahlkarte aufschreiben, auf der Basis einer Beurteilung, daß die Anormalität in den Magnetköpfen **34a** und **34b** aufgetreten ist, in dem Zustand 2, in dem Magnetdaten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** geschrieben werden, das heißt, auch in dem Zustand, der dem Magnetkopf **34a** auffordert, Magnetdaten zu schreiben, und in dem Fall des Auftretens des Ereignisses 5 wieder, bei dem eine Nachricht von dem Magnetkopf **34a** erzeugt wird, die über ein normales Schreiben der Magnetdaten berichtet. In der gleichen Zelle (2, 5) gibt das Symbol "= > -" wieder, daß der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt in dem Zustand 2. Der numerische Wert (4) gibt an. Daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 4 ms beträgt.

[0092] In der Zelle (2, 6) gibt "Fehlerrücksetzen, Schreiben" eine Aktion für die Aufforderung der Magnetköpfe **34a** und **34b**, daß sie Initialisierungen durchführen und die gleichen Magnetdaten auf eine Vorauszahlkarte auf der Basis einer Beurteilung aufschreiben, daß eine Anormalität in den Magnetköpfen **34a** und **34b** aufgetreten ist, in dem Zustand 2, in dem Magnetdaten auf die Rohkarte **36** durch den Magnetkopf **34a** geschrieben werden, das heißt, sogar in dem Zustand der Aufforderung des Magnetkopfes **34a**, Magnetdaten zu Schreiben, und in dem Fall des Auftretens des Ereignisses 5 wieder, bei dem eine Nachricht von dem Magnetkopf **34b** erzeugt wird, die über ein anormales Lesen der Magnetdaten von der Vorauszahlkarte informiert. In der gleichen Zelle (2, 6) gibt das Symbol "= > -" wieder, daß der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt in dem Zustand 2. Der numerische Wert (4) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 4 ms beträgt.

[0093] In der Zelle (3, 1) gibt "Fehlernachricht" eine

Aktion für die Anzeige einer Nachricht auf einer Anzeigevorrichtung des Betriebs- und Anzeigeabschnitts **23**, der die Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine bildet, in dem Zustand 3 wieder, in dem Magnetdaten von der Vorauszahlkarte gelesen werden, daß, wenn das Ereignis 1 der Nachfrage nach dem weiteren Ausgeben einer Vorauszahlkarte auftritt, es unmöglich ist, die nachgefragte Karte auszugeben, da nur eine Vorauszahlkarte in einem Betrieb ausgegeben werden kann, wie in den Spezifikationen definiert ist. In der gleichen Zelle (3, 1) gibt das Symbol "=>" wieder, daß der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt in dem Zustand 3. Der numerische Wert (1) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0094] In der Zelle (3, 3) gibt "Fehlerrücksetzen, Lesen" eine Aktion für das Nachfragen der magnetischen Köpfe **34a** und **34b** wieder, daß sie Initialisierungen durchführen und daß sie die Magnetdaten von einer Vorauszahlkarte wieder zu lesen, auf der Basis der Beurteilung, daß eine Abnormalität in den Magnetköpfen **34a** und **34b** aufgetreten ist, in dem Zustand 3, in dem Magnetdaten von der Vorauszahlkarte gelesen werden, das heißt, sogar in dem Zustand, der den Magnetkopf **34a** nachfragt, daß er Magnetdaten liest, und in dem Fall des Auftretens des Ereignisses 3 wieder, bei dem eine Nachricht durch den Magnetkopf **34a** gegeben wird, die über ein normales Schreiben der Magnetdaten auf die Vorauszahlkarte berichtet. In der gleichen Zelle (3, 3) gibt das Symbol "=>" wieder, daß der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt in dem Zustand 3. Der numerische Wert (2) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 2 ms beträgt.

[0095] In der Zelle (3, 4) gibt "Fehlerrücksetzen, Lesen" eine Aktion für die Nachfrage der Magnetköpfe **34a** und **34b**, daß sie Initialisierungen durchführen und daß sie wiederum die Magnetdaten von einer Vorauszahlkarte lesen, auf der Basis einer Beurteilung, daß eine Abnormalität in den Magnetköpfen **34a** und **34b** aufgetreten ist, in dem Zustand 3, in dem Magnetdaten von der Vorauszahlkarte gelesen werden, sogar in dem Zustand des Nachfragens nach dem Magnetkopf **34a**, daß er Magnetdaten liest, und in dem Fall des Auftretens des Ereignisses 4 wieder, bei dem eine Nachricht durch den Magnetkopf **34a** erzeugt wird, die über ein anomales Schreiben der Magnetdaten auf die Vorauszahlkarte informiert. In der gleichen Zelle (3, 4) gibt das Symbol "=>" wieder, daß der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt, in dem Zustand 3. Der numerische Wert (2) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 2 ms beträgt.

[0096] In der Zelle (3, 5) wird keine Beschreibung ei-

ner Aktion und einer Verarbeitungszeit bereitgestellt. Der Grund dafür liegt darin, daß es in dem Zustand 3, in dem Magnetdaten von einer Vorauszahlkarte gelesen werden, möglich ist, wenn ein Ereignis 5 auftritt, bei dem eine Nachricht von dem Magnetkopf **34b** aus zugeführt wird, die über ein normales Lesen der Magnetdaten von der Vorauszahlkarte berichtet, zu beurteilen, daß Magnetdaten normal auf die Vorauszahlkarte geschrieben wurden, die ausgegeben werden soll, wobei nach keiner Aktion, die ausgeführt werden soll, in dieser Zelle nachgefragt wird und auch keine Verarbeitungszeit berücksichtigt werden muß. Des weiteren gibt in der Zelle (3, 5) "=> S2 Bereit" wieder, daß ein Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 4 ist.

[0097] In der Zelle (3, 6) gibt "Lesen" eine Aktion für die Nachfrage des Magnetkopfes **34b**, daß er magnetische Daten von einer Vorauszahlkarte liest, die beim Lesen der Magnetdaten fehlerhaft war, in dem Zustand 3, in dem Magnetdaten von der Vorauszahlkarte gelesen werden, und in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 6 wieder, bei dem eine Nachricht von dem Magnetkopf **34b** gegeben wird, die über ein anomales Lesen der Magnetdaten berichtet. In der gleichen Zelle (3, 6) gibt das Symbol "=>" wieder, daß die Operation bzw. der Betrieb in dem vorliegenden Zustand verbleibt, das heißt, in dem Zustand 3. Der numerische Wert (1) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktionen erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0098] In der Zelle (4, 7) gibt "Motor B: AUS" eine Aktion zum Stoppen des Antriebs des Motors **37** in Vorbereitung für eine Nachfrage zum Ausgeben einer nächsten Vorauszahlkarte in dem Bereitschaftszustand 4, um ein Detektionssignal zu empfangen, das von dem Sensor **33** während des Antriebs des Motors **37** zugeführt wird, und in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 7 wieder, bei dem sich ein Detektionssignal, das von dem Sensor **33** zugeführt wird, von einem AUS-Zustand in einen EIN-Zustand aufgrund der Ankunft einer Vorauszahlkarte durch den Sensor **33** zu einem Kartenausgabeanschluß ändert. "=> Motor A" gibt an, daß ein Zustand, der einem Übergang nachfolgt, der Zustand 1 ist, und der numerische Wert (0,5) gibt an, daß die Zeit, die für die Verarbeitung der zuvor erwähnten Aktion erforderlich ist, 0,5 ms beträgt.

[0099] Dann, wenn ein Operator die Maus **11b** oder die Tastatur **11c** betätigt, die die Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** bilden, gemäß den Spezifikationen der zuvor erläuterten Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine betätigt und dieses Programmentwicklungssystem in einen Simulationsmodus setzt, um eine Simulation für jedes Ereignis unter Verwendung eines Simulators **18** auf der Basis der zuvor erwähnten Zustandübergangsmatrix durchzuführen, erscheint ein Simulationsmodusbildschirm auf dem An-

zeigeabschnitt **11a**, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0100] Operationen des Eingabeabschnitts **17** und des Simulators **18** und auch Schritte, die von einem Operator durchgeführt werden, wenn die Verarbeitungszeit erhalten wird, die von der CPU **24** für den Durchgang der Rohkarte **36** durch den Sensor **33** nach dem Passieren des Sensors **32** erforderlich ist, werden nachfolgend mit Bezug auf ein Flußdiagramm beschrieben, das in [Fig. 5](#) gezeigt ist.

[0101] Ein Operator bewegt unter Verwendung der Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** den Cursor zu einem START-Gebiet für eine Simulation, die an dem oberen Teil des Simulationsmodusbildschirms, der in [Fig. 4](#) gezeigt ist, angezeigt wird, klickt die linke Taste der Maus oder drückt die Return-taste nach unten und gibt dann einen Befehl dem Simulator **18** ein, daß er die Simulation startet. In Antwort auf diesen Befehl geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zu einem Schritt SA1 für die Verarbeitung, nachdem gespeicherte Inhalte des Zeitakkumulierungsabschnitts **18c** auf 0 ms gelöscht wurden, und weiterhin zum Schritt SA2 über.

[0102] Zudem bewegt der Operator den Cursor unter Verwendung der Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** zu einem Anzeigebereich eines Zustands, der als Anfangszustand für die Simulation, die ausgeführt werden soll (in diesem Fall der Zustand 1, in dem der Motor **35** in Aktion ist, das heißt, "Motor A" in [Fig. 4](#)), aus zwei oder mehr Zuständen ausgewählt wird, die in der Zustandübergangsmatrix vorgesehen sind, die auf der linken Seite des Simulationsmodusbildschirms, der in [Fig. 4](#) gezeigt ist, gezeigt ist, und betätigt die linke Taste der Maus oder drückt die Return-taste nieder.

[0103] Dann detektiert der Eingabeabschnitt **17** eine Position des Cursors, die in dem Anzeigebereich des Zustands vorhanden ist, der von dem Operator ausgewählt wird, und führt seine Positionsinformationen dem Analyseabschnitt **18a** zu. Der Analyseabschnitt **18a** wandelt die Positionsinformation, die von dem Eingabeabschnitt **17** aus zugeführt werden, in einen Zustandscode um, der der zuvor erwähnten Position (in diesem Fall dem Zustand 1) entspricht, und führt ihn dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zu. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b**, beim Schritt SA2, setzt den Zustand (in diesem Fall den Zustand 1) entsprechend dem Zustandscode, der von dem Analyseabschnitt **18a** zugeführt wird, als den Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** und geht zum Schritt SA3, nachdem er auf dem Anzeigebereich **11a** zur Anzeige gebracht worden ist.

[0104] Der Operator bewegt weiterhin den Cursor unter Verwendung der Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** zu dem Anzeigebereich eines

Ereignisses, dessen Auftreten erwünscht ist und das aus zwei oder mehr Zuständen bzw. Ereignissen ausgewählt wird, die aus der Zustandübergangsmatrix, die auf der linken Seite des Simulationsmodusbildschirms gezeigt ist, der in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ausgewählt wird, und drückt auf den linken Knopf der Maus oder drückt die Rückkehrtaste nach unten.

[0105] Der Eingabeabschnitt **17** detektiert dann eine Position des Cursors, die in dem Bereich des Ergebnisses vorhanden ist, das von dem Operator ausgewählt wird, und führt seine Positionsinformationen dem Analyseabschnitt **18a** zu. Der Analyseabschnitt **18a** wandelt die Positionsinformationen, die von dem Eingabeabschnitt **17** aus zugeführt werden, in einen Ereigniscode um, der der zuvor erwähnten Position entspricht, und führt ihn dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zu. Wenn der Operator den Cursor unter Verwendung der Cursortaste der Maus **11b** oder Tastatur **11c** zu einem Anzeigebereich des Ereignisses 2 bewegt, in dem sich das Detektionssignal des Sensors **32** von dem AUS-Zustand zu dem EIN-Zustand durch die Passage der Rohkarte **36** durch den Sensor **32** (S1: AUS EIN in [Fig. 4](#)) geändert hat, detektiert der Eingabeabschnitt **17** eine Position des Cursors, der in dem Anzeigebereich des Ereignisses 2 vorhanden ist, und führt seine Positionsinformationen dem Analyseabschnitt **18a** zu. Der Analyseabschnitt **18a** wandelt dann die Positionsinformationen, die von dem Eingabeabschnitt **17** aus zugeführt werden, in einen Ereigniscode des Ereignisses 2 entsprechend der Position um und führt ihn dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zu.

[0106] Beim Schritt SA3 beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b**, ob der Befehl zum Abschließen der Simulation bereitgestellt wird oder wurde, wenn der Cursor von dem Operator unter Verwendung der Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** zu dem "ENDE" Gebiet bewegt wird, wo der Befehl für den Abschluß bzw. die Beendigung der Simulation vorgesehen ist, der an dem oberen Teil des Simulationsmodusbildschirms angezeigt wird, und wenn die linke Taste der Maus betätigt wird oder nach unten gedrückt wird. Wenn sich das Beurteilungsergebnis als "JA" herausstellt, beendet der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** die Simulationsverarbeitung.

[0107] Andererseits, wenn das Beurteilungsergebnis sich als "NEIN" herausstellt, das heißt, wenn ein Befehl zum Abbrechen bzw. Beenden der Simulation nicht durch den Operator geliefert wird, geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zum Schritt SA4 über. In diesem Beispiel wird, da der Ereigniscode des Ereignisses 2 dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zugeführt wurde, das Beurteilungsergebnis beim Schritt SA3 zu "NEIN" und der Zustandübergangs-Beurteilungsab-

schnitt **18b** geht zum Schritt SA4.

[0108] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** beurteilt beim Schritt SA4, ob der Code, der von dem Analyseabschnitt **18a** zugeführt wird, ein Ereigniscode ist oder nicht. Wenn das Beurteilungsergebnis "NEIN" ergibt, geht er zum Schritt SA3 zurück, wohingegen, wenn das Beurteilungsergebnis beim Schritt SA4 "JA" ist, das heißt, daß der Code, der von dem Analyseabschnitt **18a** zugeführt wird, ein Ereigniscode ist, der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** zum Schritt SA5 geht. In diesem Fall ergibt, da der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** mit dem Ereigniscode für das Ereignis 2 beliefert wird, das Beurteilungsergebnis beim Schritt SA4 "JA" und der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** geht zum Schritt SA5 über.

[0109] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** geht beim Schritt SA5 unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** gelesen wird, auf der Basis des Ereignisses, das dem Ereigniscode entspricht, der von dem Analyseabschnitt **18a** zugeführt wird, und dem Zustand, der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und nach der Bestimmung einer entsprechenden Zelle zum Schritt SA6 über. Zu diesem Zeitpunkt bestimmt, da der Ereigniscode des Ereignisses 2 von dem Analyseabschnitt **18a** zugeführt wird und der Zustand 1 in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix eine Zelle (1, 2). Des weiteren kehrt, wenn der Operator das Auftreten eines Ereignisses 3 wünscht, das heißt, eines Ereignisses, das eine Nachricht von dem Magnetkopf **34a** erzeugt wird, die über einen normalen Abschluß des Schreibens von Magnetdaten berichtet, obwohl eine Zelle (1, 3) beim Schritt SA5 bestimmt wurde, da die Zelle (1, 3) eine Beschreibung für "/" hat, die angibt, daß keine Aktion ausgeführt wird und daß kein Übergang eines Zustands stattfindet, der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** ohne Ausführung einer Verarbeitung vom Schritt SA6 zum Schritt SA8 zum Schritt SA4 über den Schritt SA3 zurück und ist in dem Standby-Zustand bzw. Bereitzustand, damit er ein nachfolgendes Ereignis empfangen kann.

[0110] Beim Schritt SA6 geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** in den Zustand SA7 über, nachdem er Funktionen einer Aktion überprüft hat, die von der Zelle verarbeitet wird, die beim Schritt SA5 bestimmt wurde, und nachdem er eine Verarbeitungszeit entsprechend der Aktion aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14** gelesen hat und nachdem er die Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** akkumuliert wurde, akkumuliert hat. In dem Beispiel überprüft der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** die Funktionen der

Aktion zum Anhalten der Bewegung bzw. des Antriebs des Motors **35** und für den Antrieb des Motors **37** und auch für die Nachfrage nach dem Magnetkopf **34a**, Magnetdaten zu schreiben, was durch die Zelle (1, 2) verarbeitet wird und nach dem Lesen der Verarbeitungszeit (4 ms) entsprechend der Aktion von dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **14** und nach dem Addieren der Leseverarbeitungszeit zu der akkumulierten Zeit (0 ms) wird die addierte Verarbeitungszeit in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** akkumuliert. Beim Schritt SA7 geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** nach dem Auslesen eines Zustands, der einem Zustand folgt, der durch eine Zelle beschrieben wird, die beim Schritt SA5 bestimmt wird, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** und nach dem Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** zum Schritt SA8. In dem Beispiel liest, da die Zelle (1, 2) eine Beschreibung von "= > Beim Schreiben" hat, die angibt, daß ein Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 2 ist und die Zustand-2-Informationen in dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** gespeichert sind, der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** den Zustand 2 aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** aus und speichert ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** ab.

[0111] Beim Schritt SA8 führt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** die Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** akkumuliert ist, und den Zustand, der dem Zustand nachfolgt und in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, der Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** zu und, nachdem sie auf dem Anzeigeabschnitt **11a** angezeigt worden sind, kehrt er zum Schritt SA3 zurück. In dem Beispiel werden diese, da "4 ms" als akkumulierte Zeit in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18** gespeichert ist und der Zustand 2 als ein Zustand, der dem Übergang nachfolgt, in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, in dem Anzeigeabschnitt **11a** der Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** angezeigt, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0112] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **18b** wiederholt die Verarbeitung bei den Schritten SA4 bis SA8, bis das Beurteilungsergebnis beim Schritt SA3 ein "NEIN" ergibt.

[0113] Wenn "Schreiben: OK", das heißt, das Ereignis 3 als ein Ereignis ausgewählt wird, dessen Auftreten als nächstes von einem Operator gewünscht wird, da der Zustand, der dem Übergang nachfolgt und aus der vorhergehenden Simulation resultiert, der Zustand 2 ist, die Zelle (2, 3) bestimmt und die Zeit von "1 ms" wird hinzuaddiert und die akkumulierte Zeit von "5 ms", die sich aus der Addition ergibt, wird in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** gespeichert, und der Zustand, der dem Übergang folgt, das heißt, der Zustand 3, wird in dem Zustandsspeicher-

abschnitt **18d** gespeichert. Auf gleiche Art und Weise wird, wenn "Lesen: OK" ausgewählt wird, das heißt, daß das Ereignis 5 als ein Ereignis ausgewählt wird, dessen Auftreten als nächstes von einem Operator gewünscht wird, da der Zustand, der dem Übergang nachfolgt und der sich aus der vorhergehenden Simulation ergibt, der Zustand 3 ist, die Zelle (3, 5) bestimmt. Jedoch, da die Verarbeitungszeit nicht in der Zelle (3, 5) beschrieben ist, wird die zuvor akkumulierte Zeit "5 ms" in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **18c** aufrechterhalten, und der Zustand "S2 Bereit" der Stelle, die dem Übergang folgt, das heißt, der Zustand 4, wird in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert. Weiterhin wird, wenn "S2: AUS EIN", das heißt, daß das Ereignis 7 als ein Ereignis ausgewählt wird, dessen Auftreten von dem Operator als nächstes gewünscht wird, da der Zustand, der dem Übergang folgt und der aus der vorherigen Simulation resultiert, der Zustand 4 ist, die Zelle (4, 7) bestimmt und die akkumulierte Zeit "5,5 ms", die sich aus der Addition von "0,5 ms" ergibt, wird in dem Akkumulationsabschnitt **18c** gespeichert und "Motor A" des Zustands, der dem Übergang folgt, das heißt der Zustand 1, wird in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert.

[0114] Die akkumulierte Zeit von "5,5 ms", die durch den Betrieb des Simulators **18**, der zuvor beschrieben wurde, erhalten wird, ist die Verarbeitungszeit, die von der CPU **24** während des Übergangs von einem Zustand von einer Zelle (1, 2) in eine Zelle (2, 3) in eine Zelle (3, 5) in eine Zelle (4, 7) benötigt wird. Andererseits beträgt die Zeit, die für den Durchgang der Vorauszahlkarte durch den Sensor **33** nach dem Durchgang durch den Sensor **32** benötigt wird in Abhängigkeit von physikalischen Faktoren, zum Beispiel der Anzahl der Drehungen oder des Drehmoments des Motors **37** oder die Bewegungsentfernung der Vorauszahlkarte, und den Konstruktionsvorgaben zum Beispiel "10 ± 1 ms". Im Ergebnis zeigt dies, daß die Verarbeitung der CPU während der 10 ms abgeschlossen ist, während denen die Vorauszahlkarte durch den Kartentransportmechanismus **31** hindurchgeht.

[0115] Es ist aus **Fig. 3** auch ersichtlich, daß bei der Simulation die Ausführung und Verarbeitung des Neuschreibens und des Neulesens aufgrund eines Ausfalls oder eines Fehlers, und zwar jeweils einmal für jeden Vorgang, beim Schreiben von Magnetdaten auf die Vorauszahlkarte und beim Lesen der Magnetdaten von der Vorauszahlkarte die Addition einer Zelle (2, 4) (Aktion des Neuschreibens) und der Zelle (3, 6) (Aktion des Neulesens) zu dem Übergang eines Zustands der Zelle (1, 2) Zelle (2, 3) Zelle (3, 5) Zelle (4, 7), wie zuvor beschrieben wurde, hinzukommt. Dies ergibt die akkumulierte Zeit von "9,5 ms".

[0116] Dieses Ergebnis stimmt nicht mit dem Erfordernis des unteren Zeitlimits von "9 ms", das durch

die Spezifikationen und Vorgaben definiert ist, überein, was den Operator dazu zwingt, das Programm für die CPU **24** oder die Konstruktion des Kartentransportmechanismus **31** zu überarbeiten.

[0117] Demzufolge ändert der Operator, wenn die Ausführung der Verarbeitung für die Spezifikationen nicht in der Simulation erhalten werden kann, unter Bezugnahme auf den Anzeigeabschnitt **11a**, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **11** bildet, und durch Betätigen der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** die Verarbeitungszeit, die in jeder Zelle der Zustandübergangsmatrix, die in **Fig. 3** gezeigt ist, auf einen Wert bzw. ein Niveau innerhalb eines zulässigen Bereichs, der durch die Spezifikationen definiert ist, ab und durch wiederholtes Beobachten der Ausführung bei der Simulation durch die Verwendung des Simulator **18** überprüft er, ob die Verarbeitung gemäß den Spezifikationen ausgeführt wird.

[0118] In der vorstehenden Beschreibung ist ein Beispiel für die Simulation, die durch die Auswahl eines Ereignisses durch den Operator für jedes Ereignis unter Verwendung der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** durchgeführt wird, angegeben, jedoch kann, indem eine Einrichtung zum Speichern von Daten in der Reihenfolge eines ausgewählten Ereignisses (nachfolgend als "eingegebenes Ereignisprotokoll" (inputted event log) bezeichnet) für den Eingabeabschnitt **17** vorgesehen ist, die nachfolgende Simulation unter Verwendung des eingegebenen Ereignisprotokolls durchgeführt werden.

[0119] Somit wird gemäß dem Aufbau der Ausführungsform, da es möglich ist, eine Simulation auf der Basis der Verarbeitungszeit, die für jede Aktion gesetzt ist, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, durchzuführen, die Simulation für Spezifikationen bei der Stufe der grundlegenden Konstruktion ermöglicht, wodurch die Reduzierung der Zeit erreicht wird, die für Entwicklungen und für die Verbesserung der Qualität erforderlich ist.

Zweite Ausführungsform

[0120] **Fig. 6** ist ein Blockdiagramm, das elektrische Konfigurationen eines Programmentwicklungssystems zeigt, das in einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angegeben ist.

[0121] Das Programmentwicklungssystem der Ausführungsform umfaßt im wesentlichen eine Mensch/Maschine-Schnittstelle **41**, einen Editor **42**, einen Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43**, einen Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, einen Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit, einen Testskript-Speicherabschnitt **46**, einen Generator **47**, einen Programmspeicherabschnitt **48**, einen Ereigniseingabeabschnitt **49**, einen Simulator **50** und einen Speicherabschnitt **51** für das Simulationsergeb-

nis. Die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41**, die einen Anzeigeabschnitt **41a**, eine Maus **41b** und eine Tastatur **41c** aufweist, wird verwendet, um es einem Operator zu ermöglichen, unter Bezugnahme auf Anzeigen des Anzeigeabschnitts **41a** und durch Betätigen der Maus **41b** oder des Tastatur **41c** Daten, die für die Erzeugung einer Zustandübergangsmatrix (ein Zustand, Ereignis, eine Aktion, ein Zustand, der dem Übergang nachfolgt, eine Verarbeitungszeit und ähnliches) erforderlich sind, eine zusätzliche Zeit und Ereignisse, die zum Durchführen einer Simulation auf der Basis der Zustandübergangsmatrix eines Echtzeitsteuersystems, das durch die Zustandübergangsmatrix aufgebaut ist, erforderlich sind, in den Simulator **50** einzugeben, und wird dazu verwendet, daß Ergebnisse (Zustand, dem Übergang nachfolgend, akkumulierte Zeit und ähnliches), die aus dem Speicherabschnitt **51** für das Simulationsergebnis gelesen werden, in dem Anzeigeabschnitt **41a** angezeigt werden. Die zusätzliche Zeit gibt eine Zeit wieder, die für den Abschluß bzw. die Beendigung des Übergangs von einem Zustand oder einer Aktion in einen anderen Zustand oder eine andere Aktion erforderlich ist. Zum Beispiel ist, wenn eine CPU eine Unterbrechungsnachfrage detektiert, Zeit dafür erforderlich, Inhalte eines Registers innerhalb der CPU in einem Stapelspeicher zu speichern, um eine Adresse, die unterbrochen werden soll, in einem Programmzähler zu setzen und um ein Programm, das unterbrochen werden soll, zu holen bzw. zu lesen, das heißt, daß die Zeit wird für die Implementierung von Aktionen benötigt wird, die unterschiedlich zu den Aktionen sind, die in jeder Zelle beschrieben sind. Diese Zeit wird als "zusätzliche Zeit" bezeichnet. Diese zusätzliche Zeit ist erforderlich, wenn Operationen von der Unterbrechungsverarbeitung wieder gespeichert werden. Da die Simulation in der ersten Ausführungsform grob ist, wird die zusätzliche Zeit nicht berücksichtigt, in der zweiten Ausführungsform wird jedoch, da eine realistischere Simulation durchgeführt wird, als würde das System tatsächlich betrieben werden, diese zusätzliche Zeit bei der Verarbeitung berücksichtigt. In dieser Ausführungsform wird die zusätzliche Zeit konstant auf 0,5 ms gesetzt.

[0122] Der Editor **42** wird dazu verwendet, die Zustandübergangsmatrix auf der Basis eines Zustands, einer Aktion, eines Zustands, der dem Übergang nachfolgt, einer Verarbeitungszeit und ähnlichem zu erzeugen und zu editieren, die unter Verwendung der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** eingegeben werden, und Daten an der Zustandübergangsmatrix, Verarbeitungszeit und zusätzliche Zeit in dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43**, dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44** bzw. dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit zu speichern.

[0123] Der Editor **42** ist weiterhin dafür ausgelegt, eine Testskriptdatei zu erzeugen und zu editieren, die

dazu verwendet wird, den Simulator **50** zu instruieren, damit er eine Simulation auf der Basis von Ereignisses und ähnlichem durchführen kann, die unter Verwendung der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** eingegeben werden und die Datei in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** zu speichern. Die Testskriptdatei gibt eine Datei im Zeitdiagramm, im Textdateiformat oder im Nachrichtensequenzdiagrammformat wieder, die das Timing bzw. die Zeitgabe oder den Zeitpunkt des Auftretens jedes Ereignisses oder das Timing der Operationen von konstruktiven Faktoren des Echtzeitsteuersystems beschreibt, die zur Instruierung des Simulators **50** erforderlich sind, damit er eine Simulation auf der Basis der Zustandübergangsmatrix des Echtzeitsteuersystems, das entsprechend der Zustandübergangsmatrix ausgelegt ist, durchführen kann. In dieser Ausführungsform wird eine Testskriptdatei in der Textdateiform als Testskriptdatei, wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, verwendet.

[0124] Der Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43**, der Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, der Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit und der Testskript-Speicherabschnitt **46** sind jeweils mit einem Halbleiterspeicher, zum Beispiel einem RAM, und einem Speichermedium, das eine große Kapazität hat, zum Beispiel einer FD, HD oder ähnlichem, aufgebaut und speichern jeweils Daten der Zustandübergangsmatrix, der Verarbeitungszeit, der zusätzlichen Zeit bzw. der Testskriptdatei.

[0125] Der Generator **47** ist dafür ausgelegt, daß er automatisch ein Programm (Quellenprogramm), das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das in dem Echtzeitsteuersystem integriert ist, auf der Basis von Daten der Zustandübergangsmatrix erzeugt, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** ausgelesen werden, und das erzeugte Programm in dem Programmspeicherabschnitt **48** speichert. Der Programmspeicherabschnitt **48** ist mit einem Halbleiterspeicher, zum Beispiel einem RAM oder ähnlichem, und einem Speichermedium mit großer Speicherkapazität, zum Beispiel einer FD, einer HD oder ähnlichem, aufgebaut und wird dazu verwendet, das Quellenprogramm zu speichern.

[0126] Der Ereigniseingabeabschnitt **49** liest die Testskriptdatei aus dem Testskript-Speicherabschnitt **46** und führt sie dem Simulator **50** zu.

[0127] Der Simulator **50** weist im wesentlichen einen Ereignisanalyseabschnitt **50a**, einen Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, einen Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**, einen Zustandsspeicherabschnitt **50d** und einen Zeitvergleichsabschnitt **50e** auf. Der Ereignisanalyseabschnitt **50a** ist dafür ausgelegt, in der Reihenfolge des zeitlichen Auftretens zwei oder mehr Ereignisse der Testskriptdatei, die durch den Ereigniseingabeabschnitt **49** zugeführt

werden, neu anzuordnen und eine Ereigniseingabesequenz, die später beschrieben wird (vergleiche [Fig. 9](#)), zu erzeugen und sie dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** zuzuführen.

[0128] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** steuert jeden konstruktiven Faktor innerhalb des Simulators **50** und entscheidet bzw. bestimmt eine entsprechende Zelle auf der Basis einer Ereigniseingabesequenz, die von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** zugeführt wird, und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** ausgelesen wird. Der Zustandübergangsmatrix-Beurteilungsabschnitt **50b** ist dafür ausgelegt, die Verarbeitungszeit entsprechend einer Aktion, die von der bestimmten Zelle verarbeitet wird, aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44** zu lesen und sie in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** zu akkumulieren und auch die zusätzliche Zeit zu lesen, die für den Übergang von dem Zustand, der momentan bzw. gegenwärtig in der Zelle vorhanden ist, in den Zustand, der als ein Zustand, der dem Übergang nachfolgt, bestimmt ist, erforderlich ist, aus dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit auszulesen und sie in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** zu akkumulieren. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** ist dafür ausgelegt, den Zustand, der dem Übergang nachfolgt, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** auszulesen und ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** zu speichern und die Zeit, nach der Beendigung der Simulation in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50** zu akkumulieren und den Zustand, der dem Übergang nachfolgt und in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als ein Ergebnis der Simulation in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** zu speichern. Der Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** oder Zustandsspeicherabschnitt **50d** sind jeweils mit einem Halbleiterspeicher, zum Beispiel einem RAM und ähnlichem, aufgebaut und speichern die akkumulierte Zeit bzw. den Zustand, der dem Übergang nachfolgt.

[0129] Der Zeitvergleichsabschnitt **50e** ist dafür ausgelegt, die akkumulierte Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, von der Zeit zu subtrahieren, wenn ein Ereignis, das eine Ereigniseingabesequenz hat, die von dem Ereignisanalyseabschnitt **50c** erzeugt wird, aufgetreten ist, und, wenn ein Ergebnis der Berechnung positiv ist, wird das berechnete Ergebnis als Differenzzeit zu der akkumulierten Zeit hinzuaddiert, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist.

[0130] Wenn die CPU einen Befehl ausgibt, eine periphere Vorrichtung anzufordern, damit eine Verarbeitung ausgeführt werden kann, ist die Zeit, die von der

peripheren Vorrichtung für die Durchführung der Verarbeitung in Antwort auf den Befehl erforderlich ist, normalerweise länger als die Zeit, die von der CPU zum Ausgeben des Befehls an die periphere Vorrichtung erforderlich ist. Der Zeitunterschied zwischen diesen Zeiten wird als "Differenzzeit" bezeichnet. Die Zeit, die von der CPU **24** zum Implementieren von zum Beispiel der Aktion von "Motor A: EIN" in einer Zelle (1, 1) der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, erforderlich ist, beträgt 1 ms, einschließlich der zusätzlichen Zeit. Wohingegen die Zeit, die durch die Rohkarte **36**, die aus der Staplereinrichtung **29** durch den Kartenentnahmemechanismus **30** entnommen wird, zum Erreichen des Sensors **32** benötigt wird, 5 ms beträgt. Da die erforderliche Zeit von "5 ms" physikalisch aufgrund der strukturellen Beschränkungen des Kartenentnahmemechanismus **30** bestimmt ist, ist ihre Änderung unmöglich, außer das Antriebsvermögen des Motors **35** oder eine Durchgangsentfernung bzw. Durchgangsstrecke der Karte würden geändert werden. Die Differenz der Zeit zwischen 1 ms für die Verarbeitungszeit, die von der CPU benötigt wird, und 5 ms, die von dem Kartenentnahmemechanismus benötigt wird, ist die Differenzzeit.

[0131] In der Simulation, die in der ersten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird, wird nur die Verarbeitungszeit, die von der CPU benötigt wird, berücksichtigt. In dem Echtzeitsteuersystem, in dem ein Programm, das entwickelt werden soll, installiert ist, muß jedoch auch die Betriebszeit berücksichtigt werden, die von peripheren Vorrichtungen benötigt wird. Die vorstehende, erste Ausführungsform kann deshalb keine Simulation für ein solches praxisnahes arbeitendes System liefern. In dieser zweiten Ausführungsform wird demzufolge eine Simulation durchgeführt, die diese Differenzzeit berücksichtigt.

[0132] Der Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** für Simulationsergebnis besteht aus einem Halbleiterspeicher, zum Beispiel einem RAM, und einem Speichermedium mit großem Speichervermögen, zum Beispiel einer FD, einer HD und ähnlichem, und ein Simulationsergebnis, das die akkumulierte Zeit und den Zustand enthält, der dem Übergang folgt, wird darin gespeichert.

[0133] Operationen des Programmentwicklungssystems in dieser Ausführungsform werden nachfolgend beschrieben. Ein Programm, das durch das Programmentwicklungssystem entwickelt werden soll, ist ein Programm, das in der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist, wie in der ersten Ausführungsform implementiert werden soll und dementsprechend sind die Spezifikationen der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine die gleichen wie in der ersten Ausführungsform.

[0134] Ein Operator gibt unter Bezugnahme auf die

Anzeigen des Anzeigeabschnitts **41a**, die die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bildet, und unter Betätigung der Maus **41b** oder der Tastatur **41c** Daten (Zustand, Ereignis, Aktion, Zustand, dem Übergang nachfolgend, Verarbeitungszeit und ähnliches) ein, die zum Erzeugen der Zustandübergangsmatrix auf der Basis von Operationen und Spezifikationen der vorstehenden Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine erforderlich sind. Dies ermöglicht dem Editor **42**, die Zustandübergangsmatrix zu erzeugen und sie auf dem Anzeigeabschnitt **41a** anzuzeigen, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bildet, und dann die Zustandübergangsmatrix und die Verarbeitungszeit an spezifizierten Speicherbereichen des Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitts **43** bzw. des Verarbeitungszeit-Speicherabschnitts **44** abzuspeichern. Die Zustandübergangsmatrix ist die gleiche wie jene der ersten Ausführungsform (**Fig. 3**) und ihre Beschreibung wird deshalb hier weggelassen.

[0135] Der Operator gibt unter Bezugnahme auf die Anzeigen des Anzeigeabschnitts **41a**, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bildet, und unter Betätigung der Maus **41b** und der Tastatur **41c** Ereignisse, die untenstehend beschrieben werden, das auftretende Timing und weitere Daten (nachfolgend als Simulationsdaten bezeichnet) ein, um dem Simulator **50** zu instruieren, daß er eine Simulation auf der Basis der vorstehenden Zustandübergangsmatrix gemäß den Spezifikationen der vorstehenden Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine durchführt.

[0136] Es wird nun angenommen, daß im Wartezustand 1, in dem auf den Empfang eines Befehls für die Ausgabe einer Vorauszahlkarte gewartet wird, ein Detektionssignal von dem AUS-Zustand in den EIN-Zustand 5 ms nach dem Auftreten eines Ereignisses 1 der Nachfrage für die Ausgabe der Vorauszahlkarte geändert wird und daß 1 ms danach ein Ereignis 2 auftritt, bei dem das Detektionssignal von EIN nach AUS geändert wird. Weiterhin wird angenommen, daß der Magnetkopf **34a** 1 ms nach dem Empfang einer Nachfrage zum Schreiben von Magnetdaten mitteilt, daß die Aktion normalerweise abgeschlossen ist, und daß der Magnetkopf **34b** 1 ms nach dem Empfang einer Nachfrage nach dem Lesen von magnetischen Daten mitteilt, daß die Aktion normalerweise abgeschlossen ist. Das heißt, daß das Ereignis 3 und das Ereignis 5 aufgetreten sind. Es wird wiederum davon ausgegangen, daß in dem Wartezustand bzw. Standbyzustand 4, in dem darauf gewartet wird, daß ein Detektionssignal von dem Sensor **33** aus empfangen wird, daß 15 ms nach dem Auftreten des Ereignisses 1 ein Detektionssignal von dem Sensor **33** von dem AUS-Zustand in den EIN-Zustand geändert wird und daß 1 ms danach das Ereignis 7 auftritt, bei dem sich das Detektionssignal wiederum in den AUS-Zustand ändert.

[0137] Der Operator gibt unter Bezugnahme auf An-

zeigen des Anzeigeabschnitts **41a**, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bildet, und durch Betätigen der Maus **41b** und der Tastatur **41c** Daten (nachfolgend als Verifikationsdaten bezeichnet) bezüglich eines Operationszustands ein, der gemäß den Spezifikationen gezeigt werden soll, um die Daten mit Ergebnissen von der Simulation vergleichen zu können.

[0138] Gemäß den Spezifikationen wird der Motor **35** solange betrieben, bis 5 ms nach dem Auftreten des Ereignisses 1 vergangen sind und der Motor **37** wird nur während einer Dauer von 5 ms bis 14~16 ms nach dem Auftreten des Ereignisses 1 betrieben.

[0139] Die Simulationsdaten und Verifikationsdaten, die zuvor beschrieben wurden, werden in dem Editor **42** zu einer Textdatei editiert, zum Beispiel einer Testskriptdatei, wie in **Fig. 7** gezeigt ist, und werden in dem Speicherabschnitt **46** für die Testskriptdatei gespeichert. Gemäß **Fig. 7** gibt "Anfangszustand: ST1" an, daß der Anfangszustand zum Zeitpunkt des Startens der Simulation der Zustand 1 ist. "Ereignis:" zeigt ein Auftreten eines Ereignisses an, das nicht von einer Änderung des Zustands begleitet wird. Zum Beispiel ist "C_RQ" eine Nachfrage nach der Ausgabe einer Vorauszahlkarte. "Objekt:" gibt an, daß Teile, Ausrüstung oder ähnliches, die nach der Marke ":" geschrieben sind, ein Objekt sind, das in dem Abschnitt bzw. Paragraphen simuliert oder verifiziert werden soll. Zum Beispiel zeigt "S1" eine Beschreibung einer Änderung eines Zustands des Sensors **32** an. "Eigenschaft:" gibt an, daß Daten in dem Paragraphen Simulationsdaten (TEST) oder Verifikationsdaten (Verifizieren) sind. "Zeit:" gibt an, daß die Zeit, wenn die Änderung eines Zustands, der unter der Zeile beschrieben ist, auftritt, die absolute Zeit (ABS) oder die relative Zeit (REL) ist. "ABS (0)" in dem Paragraphen von "Ereignis: "C_RQ" gibt an, daß ein Ereignis einer Nachfrage nach einer Ausgabe einer Vorauszahlkarte bei einer absoluten Zeit von 0 ms auftritt. "Von:" und "Zu:" geben eine Quelle eines Ereignisses und einen Platz bzw. eine Stelle an, zu der das Auftreten des Ereignisses übertragen wird. "Zustandsänderung:" gibt an, wie sich der Zustand des Objekts mit dem Ablauf der Zeit gemäß einer Aussage ändert, die nach der Marke ":" beschrieben wird. Zum Beispiel zeigt "0 (AUS) -> 5 (EIN) -> 6 (AUS)", daß der Zustand AUS bei 0 ms, EIN 5 ms danach und wieder AUS bei 6 ms ist. Die Testskriptdatei wird unter Berücksichtigung der vorstehenden Differenzzeit erzeugt.

[0140] Wenn ein Operator, der will, daß ein Simulator **50** eine Simulation auf der Basis von Spezifikationen der vorstehenden Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine ausführt, durch Betätigung der Maus **41b** oder der Tastatur **41c**, die die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bilden, dieses Programmentwicklungssystem in einen Simulationsmodus setzt, wird ein Simu-

lationsmodusfenster angezeigt, das mit einem "START"-Gebiet versehen ist, um dem Anzeigeabschnitt **41a** befehlen zu können, daß er eine Simulation startet.

[0141] Operationen des Simulators **50** und Manipulationen eines Operators zum Erhalten der Verarbeitungszeit, die für die CPU für eine Ausgabe einer Vorauszahlkarte, die einem Niederdrücken des Kartenausgabebefehlsknopfes (nicht gezeigt) des Betriebs- und Anzeigeabschnitts **23** durch einen Käufer nachfolgt, erforderlich ist, werden mit Bezug auf ein Flußdiagramm, das in [Fig. 8](#) gezeigt ist, nachfolgend beschrieben.

[0142] Ein Operator befiehlt dem Simulator **50**, nachdem er einen Cursor zu einem "START"-Gebiet bewegt hat, um Befehle für den Start einer Simulation, die in einem Simulationsmodusfenster angezeigt ist, unter Verwendung einer Cursortaste der Maus **11b** oder der Tastatur **11c** und durch Anklicken der linken Taste der Maus **11b** und durch Niederdrücken der Return-taste bereitzustellen, eine Simulation zu beginnen. Dies ermöglicht dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, daß er zu dem Schritt SB1 zum Löschen von Inhalten des Zeitakkumulierungsabschnitts **50c** auf 0 ms überzugehen und dann zum Schritt SB2 zu gehen. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest eine Kopfanweisung einer Testskriptdatei, die von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** beim Schritt SB2 zugeführt wird, setzt einen entsprechenden Zustand als einen Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** und geht zum Schritt SB3. In dem Beispiel wird, da "Anfangszustand: ST1" als Kopfanweisung in der Testskriptdatei, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, beschrieben ist, der Zustand 1 als Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gesetzt.

[0143] Beim Schritt SB3 beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, ob eine Testskriptdatei vorhanden ist, die in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** eingegeben werden soll. Wenn die Beurteilung, die beim Schritt SB3 gemacht wird, ein "JA" ergibt, das heißt, daß eine Testskriptdatei existiert, die in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus einzugeben ist, geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, nachdem die Testskriptdatei in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus eingegeben wurde, zu dem Schritt SB4 über. In diesem Beispiel ergibt die Beurteilung, die beim Schritt SB3 ausgeführt wird, da die Testskriptdatei, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** gespeichert wird, "JA" und der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** gibt die Testskriptdatei von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** ein. Beim Schritt SB4 erzeugt der Ereignisanalyseabschnitt **50** eine Ereigniseinga-

besequenz (vergleiche [Fig. 9](#)), die durch Neuordnen von zwei oder mehr Ereignissen in der Testskriptdatei, die von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus eingegeben wird, in der Reihenfolge des zeitlichen Auftretens erhalten wird. Nach dem Zuführen der Datei zu dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** geht er zum Schritt SB5 über. In diesem Beispiel wird die Ereigniseingabesequenz, die in [Fig. 9](#) gezeigt ist, aus der Testskriptdatei erzeugt, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist.

[0144] Beim Schritt SB5 liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die Ereigniseingabesequenz aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** in der Reihenfolge einer früheren Zeit und beurteilt, ob es ein Ereignis gibt, das erfaßt wird. Wenn das Beurteilungsergebnis "JA" ist, geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, nachdem er ein Ereignis, das am frühesten bezüglich der Zeit aus den erfaßten Ereignissen ist, und die Auftrittszeit geholt hat, zum Schritt SB6.

[0145] Andererseits, wenn das Beurteilungsergebnis beim Schritt SB5 "NEIN" ist, wird die Ereigniseingabesequenz in der Reihenfolge eines früheren Zeitpunkts abgetastet und, wenn es kein Ereignis gibt, das erfaßt wurde, wird beurteilt, daß die Simulation auf der Basis der Testskriptdatei vollständig ist und die Operationen kehren zum Schritt SB3 zurück, um zu beurteilen, ob es eine Testskriptdatei gibt, die getestet werden soll. In diesem Beispiel ist die Simulation die erste, die auf der Basis der Testskriptdatei, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, auszuführen ist, und, da es ein Ereignis gibt, das in der Ereigniseingabesequenz herbeigeführt wird, die aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** ausgelesen wird, ist das Beurteilungsergebnis beim Schritt SB5 gleich "JA" und der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** geht zum Schritt SB6 über, nachdem er ein Ereignis "C_RQ", das ein frühestes Ereignis aus der Ereigniseingabesequenz, die in [Fig. 9](#) gezeigt ist, und seine Auftrittszeit (0 ms) geholt hat.

[0146] Beim Schritt SB6 beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** durch Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** gelesen wird, ob das eingefangene bzw. geholte Ereignis ein Objekt ist, das simuliert werden soll. Wenn das Ergebnis als "NEIN" beurteilt wird, kehrt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** zum Schritt SB5 zurück. Andererseits, wenn das Beurteilungsergebnis "JA" beim Schritt SB6 ist, das heißt, daß das geholte Ereignis irgendeines der Ereignisse ist, die in der Zustandübergangsmatrix beschrieben sind, und ein Objekt ist, das simuliert werden soll, geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** zum Schritt SB7 über. In diesem Beispiel wird das Ereignis "C_RQ" als das Ereignis 1 beschrieben und, da es ein Objekt ist, das simuliert werden soll, wird das Er-

ereignis beim Schritt SB6 als "JA" beurteilt.

[0147] Beim Schritt SB7 subtrahiert der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die akkumulierte Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, von der Auftrittszeit eines Ereignisses, das der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** geholt hat, und beurteilt, ob das Subtrahierungsergebnis positiv ist, das heißt, daß es eine Differenzzeit gibt. Wenn das Ergebnis mit "NEIN" beurteilt wird, geht der Vergleichsabschnitt **50e** zum Schritt SB9 über. Wenn das Ergebnis mit "JA" beurteilt wird, das heißt, daß es eine Differenzzeit gibt, geht der Zeitvergleichsabschnitt **50e** zu einem Schritt SB8. In diesem Beispiel ist das Ereignis 1 ein Ereignis für eine Nachfrage nach der Ausgabe einer Vorkaufkarte und bezieht sich nicht auf einen Befehl, durch den die CPU **24** einer peripheren Vorrichtung befiehlt, eine Verarbeitung durchzuführen, und demzufolge gibt es keine Differenzzeit. Das Beurteilungsergebnis beim Schritt SB7 ist deshalb "NEIN" und der Zeitvergleichsabschnitt **50e** geht zum Schritt SB9 weiter.

[0148] Beim Schritt SB8 addiert der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die Differenzzeit zu der akkumulierten Zeit, die nun in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und nach dem Abspeichern des Ergebnisses der Addition in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** geht er zum Schritt SB9.

[0149] Beim Schritt SB9 geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** nach Bestimmen einer Zelle auf der Basis eines Ereignisses, das von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und auf der Basis eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** gelesen wird, zum Schritt SB10. In diesem Beispiel bestimmt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, da das Ereignis 1 aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird und der Zustand 1 in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, eine Zelle (1, 1) unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix.

[0150] Beim Schritt SB10 addiert der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die zusätzliche Zeit, die aus dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit gelesen wird, zu der akkumulierten Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** akkumuliert ist, speichert das Ergebnis der Addition in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** und geht zum Schritt SB11 weiter. In diesem Beispiel addiert der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die zusätzliche Zeit (0,5 ms), die aus dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit gelesen wird, zu der akkumulierten Zeit (0 ms) hinzu, die momentan in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert

das Ergebnis der Addition (0,5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0151] Beim Schritt SB11 geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** zum Schritt SB12 über, nachdem er eine Funktion einer Aktion, die durch eine Zelle verarbeitet werden soll, die beim Schritt SB9 bestimmt wurde, überprüft hat, nachdem er eine Verarbeitungszeit entsprechend der Aktion aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44** gelesen hat, nachdem er sie der akkumulierten Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, hinzugefügt hat und nachdem er dann das Ergebnis der Addition in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert hat. In dem Beispiel überprüft der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die Funktion der Aktion für die Erregung des Motors **35**, die durch eine Zelle (1, 1) verarbeitet wird, und liest die Verarbeitungszeit (0,5 ms) entsprechend der Aktion aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, um sie zu der Zeit (0,5 ms), die zu dem Wert bzw. Datum akkumuliert wurde, der in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, hinzu und speichert dann das Ergebnis (1 ms) nach der Addition in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0152] Beim Schritt SB12 liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** den Zustand, der dem Übergang folgt, der in der Zelle beschrieben ist, die beim Schritt SB9 bestimmt wird, aus dem Zustandübergangs-Speicherabschnitt **43** und speichert ihn im Zustandsspeicherabschnitt **50d**. In diesem Beispiel wird, da der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, nicht in einer Zelle (1, 1) beschrieben ist, der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, nicht geändert und der Zustand 1 verbleibt im Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert.

[0153] Beim Schritt SB13 speichert der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt akkumuliert ist, und den Zustand, der dem Übergang nachfolgt und in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als ein Simulationsergebnis in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** und kehrt dann zum Schritt SB5 zurück. In dem Beispiel werden die akkumulierte Zeit (1 ms) und der Zustand, der dem Übergang nachfolgt (Zustand 1) als Simulationsergebnis in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert.

[0154] Andererseits beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, wenn das Beurteilungsergebnis beim Schritt SB3 "NEIN" ist, das heißt, wenn die Testskriptdatei nicht kontinuierlich in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus eingegeben wird, daß die Simulation, die auf allen Testskriptdateien beruht, die in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** gespeichert sind, abgeschlossen ist und geht zum Schritt SB14.

[0155] Beim Schritt SB14 liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** das Simulationsergebnis, das im Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert ist, und führt es der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** zu und beendet dann die Simulationsverarbeitung. Dadurch wird auf dem Anzeigeabschnitt **41a** der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** das Simulationsergebnis angezeigt, das bis jetzt erhalten wurde.

[0156] Unter Bezugnahme auf [Fig. 9](#) werden nachfolgend das Auftreten eines Ereignisses, das zu einem früheren Zeitpunkt nach dem Ereignis "C_RQ" in der Ereigniseingabesequenz gebracht wird und Ereignisse, die danach auftreten und Simulationen entsprechend diesen Ereignissen werden nachfolgend beschrieben. Zudem wird in der nachfolgenden Beschreibung, obwohl eine detaillierte Erläuterung der Verarbeitung bei jedem Schritt in dem Flußdiagramm, das in [Fig. 8](#) gezeigt ist, weggelassen ist, nachdem die Verarbeitung bei den Schritten SB3 bis SB13 wiederholt wird, schließlich die Verarbeitung beim Schritt SB14 durchgeführt.

[0157] Zuerst holt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50** das Ereignis "S1: AUS EIN" und die Auftrittszeit (5 ms) unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz in [Fig. 9](#). Da das Ereignis "S1: AUS EIN" als das Ereignis 2 in der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein Objekt ist, das simuliert werden soll, subtrahiert der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die akkumulierte Zeit (1 ms), die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, von der Auftrittszeit (5 ms) des Ereignisses 2. Da das Ergebnis der Subtraktion positiv ist (4 ms), speichert der Zeitvergleichsabschnitt **50e**, nachdem er die Differenzzeit (4 ms) zu der akkumulierten Zeit (1 ms) addiert hat, die nun in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, sein Ergebnis der Addition (5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0158] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest, nachdem er eine Zelle (1, 2) auf der Basis des Ereignisses 2, das er von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt hat, und des Zustands 1, der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix bestimmt hat, die zusätzliche Zeit (0,5 ms) aus dem Speicherabschnitt **45** für die zusätzliche Zeit und addiert sie der akkumulierten Zeit (5 ms) hinzu, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert dann das Ergebnis der Addition (5,5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest, nachdem er eine Funktion einer Aktion für das Anhalten des Antriebs des Motors **35**, für das Starten des Antriebs des Motors **37**, der in einer Zelle (1, 2) verarbeitet werden soll, und für die Nachfrage nach dem Schreiben der Magnetdaten in dem

Magnetkopf **34a** überprüft hat, die -akkumulierte Zeit (4 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44** und addiert sie der akkumulierten Zeit (5,5 ms) hinzu, die nun in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert dann das Ergebnis der Addition (9,5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0159] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert, nachdem er den Zustand, der dem Übergang folgt (Zustand 2), der in einer Zelle (1, 2) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** gelesen hat und ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert hat, die Zeit (9,5 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** akkumuliert ist, und den Zustand, der dem Übergang folgt (Zustand 2), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als Simulationsergebnisse in den Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0160] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt den Zustand "S1: EIN AUS" und seine Auftrittszeit (6 ms) unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz, die in [Fig. 9](#) gezeigt ist. Das Ereignis "S1: EIN AUS" ist jedoch nicht in der Zustandübergangsmatrix in [Fig. 3](#) beschrieben und ist kein Objekt, das simuliert werden soll. Er holt dann wieder unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz das Ereignis "Schreiben OK" und die zugehörige Auftrittszeit (*). Obwohl das Ereignis "Schreiben OK" als das Ereignis 3 in der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, zeigt die Auftrittszeit (*), daß die Verarbeitung des Ereignisses "Schreiben OK" nachfolgend zu der vorhergehenden oder früheren Verarbeitung ausgeführt wird und daß keine Differenzzeit erzeugt wird.

[0161] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest dann, nachdem er eine Zelle (2, 3) auf der Basis des Ereignisses, das aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50e** geholt wird, und des Zustands (Zustand 2), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix bestimmt hat, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, die zusätzliche Zeit (0,5 ms) aus dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit und addiert sie zu der akkumulierten Zeit (9,5 ms) hinzu, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist und speichert dann das Ergebnis der Addition (10 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** überprüft eine Funktion einer Aktion, die durch eine Zelle (2, 3) verarbeitet wird, für das Nachfragen nach dem Magnetkopf **34b**, daß er Magnetdaten einer Vorauszahlkarte liest, liest die Verarbeitungszeit (1 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** hinzu und speichert dann das Ergebnis der Addition (11 ms) in

dem Zeitakkumulierungsabschnitt.

[0162] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert dann, nachdem er den Zustand, der dem Übergang folgt (Zustand 3), der in einer Zelle (2, 3) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** ausgelesen hat und ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert hat, die Zeit (11 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** akkumuliert ist, und den Zustand, der dem Übergang folgt, (Zustand 3) als Simulationsergebnisse in den Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0163] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz das Ereignis "Lesen OK" und die Auftrittszeit (*).

[0164] Obwohl das Ereignis "Lesen OK" als das Ereignis 5 in der Zustandübergangsmatrix, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, gibt die Auftrittszeit (*) an, daß die Verarbeitung des Ereignisses "Lesen OK" nachfolgend zu der vorhergehenden Verarbeitung ausgeführt wird und daß keine Differenzzeit erzeugt wird.

[0165] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest dann, nachdem er eine Zelle (3, 5) auf der Basis des Ereignisses, das aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und des Zustands (Zustand 3), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix bestimmt hat, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, die zusätzliche Zeit (0,5 ms) aus dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit und addiert sie der akkumulierten Zeit (11 ms) hinzu, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert dann das Ergebnis der Addition (11,5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest dann, obwohl keine Überprüfung bezüglich einer Funktion einer Aktion aufgrund des Nichtvorhandenseins irgendeiner auszuführenden bzw. zu verarbeitenden Aktion in einer Zelle (3, 5) ausgeführt wird, die Verarbeitungszeit (0 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie zu der akkumulierten Zeit (11,5 ms) hinzu, die bis dahin in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert das Ergebnis der Addition (11,5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0166] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert, nachdem er den Zustand nach dem Übergang (Zustand 4), der in einer Zelle (3, 5) beschrieben ist, aus dem Zustandübergang-Speicherabschnitt **43** gelesen hat und ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert hat, die akkumulierte Zeit (11,5 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und den Zustand,

der dem Übergang folgt (Zustand 4) und der in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als Simulationsergebnisse in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0167] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz, die in [Fig. 9](#) gezeigt ist, das Ereignis "S2: AUS EIN" und die Auftrittszeit (15 ms). Das Ereignis "S2: AUS EIN" wird als das Ereignis 7 in der Zustandübergangsmatrix in [Fig. 3](#) beschrieben und ist ein zu simulierendes Objekt. Der Zeitvergleichsabschnitt **50e** subtrahiert die akkumulierte Zeit (11,5 ms), die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, von der Auftrittszeit (15 ms) des Ereignisses 7. Da das Ergebnis der Subtraktion positiv ist (3,5 ms), speichert der Zeitvergleichsabschnitt **50e**, nachdem er die Differenzzeit (3,5 ms) zu der Akkumulierungszeit (15 ms), die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, hinzu addiert hat, dieses Ergebnis der Addition (15 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0168] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest dann, nachdem er eine Zelle (4, 7) auf der Basis des Ereignisses 7, das von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und des Zustands (Zustand 4), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix bestimmt hat, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, die zusätzliche Zeit (0,5 ms) aus dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit und addiert sie der akkumulierten Zeit (15 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, hinzu und speichert dann das Ergebnis der Addition (15,5 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** ab.

[0169] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** überprüft eine Funktion der Aktion, die durch eine Zelle (4, 7) verarbeitet wird, für das Anhalten des Motors **37**, liest die Verarbeitungszeit (0,5 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie zu der Zeit (15,5 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert dann das Ergebnis der Addition (16 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0170] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert dann, nachdem er den Zustand, der dem Übergang nachfolgt (Zustand 1), der in einer Zelle (4, 7) beschrieben ist, und nachdem er ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert hat, die Zeit (16 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50** akkumuliert ist, und den Zustand, der dem Übergang folgt (Zustand 1) und der in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als Simulationsergebnisse in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** ab.

[0171] Obwohl der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz, die in **Fig. 9** gezeigt ist, das Ereignis "S2: EIN AUS" und seine Auftrittszeit (16 ms) holt, ist "S2: EIN AUS" nicht in der Zustandübergangsmatrix in **Fig. 3** beschrieben und ist kein zu simulierendes Objekt. Er bezieht sich dann wiederum auf die Ereigniseingabesequenz, die in **Fig. 9** gezeigt ist. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** beurteilt jedoch, da alle Ereigniseingabesequenzen, die in **Fig. 9** gezeigt sind, aufgetreten sind, daß eine Simulation auf der Basis einer Testskriptdatei abgeschlossen bzw. vollständig ist.

[0172] Die Simulation, die vorstehend beschrieben ist, ist ein Beispiel, bei dem das Schreiben von Magnetdaten auf eine Vorauszahlkarte bzw. das Lesen von Magnetdaten der Vorauszahlkarte in einer Operation gelungen ist und der Übergang eines Zustands wie folgt ist: Eine Zelle (1, 1) Zelle (1, 2) Zelle (2, 3) Zelle (3, 5) Zelle (4, 7). Dies wird nachfolgend als "Simulationsergebnis 1" bezeichnet.

[0173] Wenn eine Simulation dafür durchgeführt wird, daß ein Fehler bzw. Ausfall einmal beim Schreiben der Magnetdaten auf eine Vorauszahlkarte bzw. beim Lesen von Magnetdaten von der Vorauszahlkarte auftritt, ist der Übergang des Zustands wie folgt: Eine Zelle (1, 1) Zelle (1, 2) Zelle (2, 4) Zelle (2, 3) Zelle (3, 6) Zelle (3, 5) Zelle (4, 7). Eine Beschreibung der Testskriptdatei, der Ereigniseingabesequenz und der Operationen des Simulators **50**, der auf diesen beruht, wird hier nicht geliefert, jedoch wird die akkumulierte Zeit (16,5 ms) auf die gleiche Art und Weise wie jene erhalten, die vorstehend beschrieben wurden. Diese wird nachfolgend als "Simulationsergebnis 2" bezeichnet.

[0174] Zwei Testskriptdateien der beiden Simulationen werden im voraus in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** gespeichert. Wenn eine Simulation auf der Basis dieser beiden Dateien abgeschlossen ist, liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** das Simulationsergebnis, das in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert ist, und, nachdem es der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** zugeführt wurde, die Simulation wird beendet. Wie in **Fig. 10** gezeigt ist, ermöglicht dies, daß Simulationsergebnisse als ein Zeitdiagramm in dem Anzeigeabschnitt **41a** der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** angezeigt werden können.

[0175] **Fig. 10(a)** bis **(e)** zeigen Kurvenverläufe von Simulationsdaten beim Zeitpunkt des Auftretens des Ereignisses 1, des Ereignisses 2, des Ereignisses 3, des Ereignisses 4, des Ereignisses 5 und des Ereignisses 7 in der Zustandübergangsmatrix, die in **Fig. 3** gezeigt ist. **Fig. 10(f)** bis **(g)** zeigen Kurvenverläufe von Verifikationsdaten beim Zeitpunkt des Auftretens eines Signals für den Antrieb des Motors **35** (Motor A)

und des Motors **37** (Motor B). Diese werden aus der Testskriptdatei, die in **Fig. 7** gezeigt ist, erzeugt. **Fig. 10(h)** und **(i)** zeigen das Simulationsergebnis 1 bzw. das Simulationsergebnis 2 und **Fig. 10(j)** ist ein Kurvenverlauf, der den Zeitpunkt des Auftretens eines Signals für den Antrieb des Motors **37** (Motor B) zeigt. Der Vergleich zwischen **Fig. 10(g)** und **Fig. 10(j)** zeigt, daß der zulässige Bereich des Timings bzw. der Zeitgabe des Ein/Aus-Schaltens eines Signals zum Antreiben des Motors **37** (Motor B) zwischen 15 ± 1 ms im Fall von **Fig. 10(g)** ist, während ein Antriebssignal auf EIN bleibt, auch nach dem Ablauf von 16 ms im Falle von **Fig. 10(j)**, das heißt, daß die Spezifikationen demzufolge nicht durch das Simulationsergebnis 2 eingehalten sind.

[0176] Ein Operator kann die Simulationen somit wiederholen, bis die Spezifikationen eingehalten sind, auf der Basis des Simulationsergebnisses 2 und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix (**Fig. 3**), die in dem Anzeigeabschnitt **41a** angezeigt wird, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bildet, und durch Betätigung der Maus **41b** oder der Tastatur **41c**, damit die Verarbeitungszeit der CPU **24** reduziert werden kann, indem Aktionen, Verarbeitungszeit und ähnliches, die in jeder Zelle beschrieben sind, die den Zustandübergangszustand bilden, derart geändert werden, daß sie innerhalb des zulässigen Bereichs sind, oder indem durch eine CPU ersetzt wird, die Operationen mit einer höheren Geschwindigkeit ausführt, oder indem das Reaktionsvermögen der Magnetkopf **34a** oder **34b** verbessert wird.

[0177] In dem vorstehend beschriebenen Beispiel wird weiterhin der Schritt SB6 bereitgestellt und, wenn ein Ereignis, das nicht in der Zustandübergangsmatrix bezeichnet ist, eingegeben wird, kehrt der Simulator zum Schritt SB5 zurück. In diesem Fall kann das Flußdiagramm jedoch so konfiguriert werden, daß der Schritt SB6 nicht vorgesehen ist und der Simulator die Schritte SB7 bis SB13 ohne Durchführung einer Verarbeitung durchläuft.

[0178] Gemäß dem Aufbau der zweiten Ausführungsform kann deshalb, da eine Simulation eines Systems auf der Basis einer Zustandübergangsmatrix durch ein geeignetes Setzen der Verarbeitungszeit für jede Aktion, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, und durch Verwenden der zusätzlichen Zeit und unter Berücksichtigung der Differenzzeit durchgeführt werden, kann eine realistischere Simulation, als würde das System tatsächlich arbeiten bzw. betrieben werden, auf der Stufe der grundlegenden Konstruktion, wenn mit der vorstehenden, ersten Ausführungsform verglichen wird, durchgeführt werden, wodurch eine Verminderung der Zeit, die für die Entwicklungen und für die Verbesserung der Qualität erforderlich ist, erreicht werden kann.

Dritte Ausführungsform

[0179] Gemäß dieser dritten Ausführungsform ist ein Elektrischer Aufbau eines Programmentwicklungssystems ungefähr gleich dem Aufbau des Programmentwicklungssystems der zweiten Ausführungsform, die in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Funktionen jedes der grundlegenden Faktoren bzw. Merkmale sind jedoch unterschiedlich, wie später beschrieben wird. Ein Programm, das durch dieses Programmentwicklungssystem wie in der ersten Ausführungsform entwickelt werden soll, ist ein Programm, das in der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist, eingebaut werden soll, und Spezifikationen der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschinen entsprechen denen der ersten Ausführungsform.

[0180] Beim Betrieb der ersten und der zweiten Ausführungsform wird nur die Verarbeitungszeit, die für die CPU **24** erforderlich ist, berücksichtigt. Ohne Berücksichtigung der Verarbeitungszeit, die für periphere Vorrichtungen, zum Beispiel die Magnetköpfe **34a** und **34b**, erforderlich ist, ist jedoch die Simulation nicht realistisch und kann deshalb keinen real eingetretenen Zustand reproduzieren.

[0181] In dieser Ausführungsform wird eine Zustandübergangsmatrix von Operationen der Magnetköpfe **34a** und **34b**, wie in [Fig. 11](#) gezeigt ist, erzeugt und eine Simulation bezüglich der Simulation auf der Basis der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, wird durchgeführt. Das Verfahren zum Erzeugen der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, ist gleich dem Verfahren zum Erzeugen der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, und deshalb wird eine Beschreibung hier nicht wiederholt.

[0182] Der "Bereitzustand für Nachfrage", der auf der obersten Zeile in [Fig. 11](#) gezeigt ist, gibt wieder, daß die Magnetköpfe **34a** und **34b** im Bereitzustand bzw. Wartezustand oder Standbyzustand (nachfolgend als Zustand 1 bezeichnet) sind und darauf warten, eine Nachfrage von der CPU **24** für das Schreiben von Magnetdaten bzw. das Lesen von Magnetdaten zu empfangen. "Beim Schreiben" gibt an, daß der Magnetkopf **34a** in einem Zustand (nachfolgend als Zustand 2 bezeichnet) ist, in dem er Magnetdaten auf eine Rohkarte **36** schreibt. "Beim Lesen" gibt an, daß der Magnetkopf **34b** in einem Zustand (nachfolgend als Zustand 3 bezeichnet) ist, in dem er Magnetdaten von der Vorauszahlkarte liest.

[0183] "Schreiben", das in der Zeile ganz links in [Fig. 11](#) gezeigt ist, gibt einen Zustand an, bei dem eine Nachfrage von der CPU **24** nach einem Schreiben von spezifizierten, magnetischen Daten auf die Rohkarte **36** (nachfolgend als Ereignis 1 bezeichnet) vorhanden ist. "Lesen" gibt einen Zustand wieder, bei dem eine Nachfrage von der CPU nach dem Lesen

von magnetischen Daten von einer Vorauszahlkarte (nachfolgend als Ereignis 2 bezeichnet) vorhanden ist. "Schreiben vollständig" gibt einen Zustand wieder, bei dem eine Nachricht empfangen wird, die darüber informiert, daß der Magnetkopf **34a** das Schreiben von Magnetdaten auf die Rohkarte **36** (nachfolgend als Ereignis 3 bezeichnet) vervollständigt hat. "Lesen vollständig" gibt einen Zustand wieder, bei dem eine Nachricht empfangen wird, die mitteilt, daß der Magnetkopf **34b** das Lesen von magnetischen Daten von der Vorauszahlkarte (nachfolgend als Ereignis 4 bezeichnet) abgeschlossen hat.

[0184] In der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, haben, wenn eine Zelle, die ein Schnittpunkt eines Ereignisses (E) und eines Zustands (S) ist, zum Beispiel ist ein Schnittpunkt des Zustands 1 und des Ereignisses 2 als eine Zelle (1, 2) gegeben, die Inhalte von Beschreibungen jeder Zelle die folgenden Bedeutungen: "Schreiben Start" in einer Zelle (1, 1) gibt einen Wartezustand bzw. Standby-Zustand (Zustand 1) für eine Nachfrage von der CPU **24** nach dem Schreiben von magnetischen Daten, was eine Aktion des Magnetkopfes **34a** für den Start des Schreibens von Magnetdaten auf die Rohkarte **36** angibt, in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 1 einer Nachfrage von der CPU **24** zum Schreiben von magnetischen Daten wieder. Weiterhin gibt "= > Beim Schreiben" in der Zelle (1, 1) an, daß der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 2 ist, und der numerische Wert (1) gibt an, daß die Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0185] "Schreiben Vollständig Setzen" in einer Zelle (1, 1) gibt wieder, daß, wenn der Magnetkopf **34a** das Schreiben der magnetischen Daten auf die Rohkarte **36** vervollständigt hat, eine Nachricht gesendet wird, die darüber benachrichtigt, daß das Schreiben vollständig ist.

[0186] "Lesen Start" in einer Zelle (1, 2) gibt einen Wartezustand (Zustand 1) für eine Nachfrage von der CPU **24** zum Lesen von magnetischen Daten, was eine Aktion des Magnetkopfes **34b** für das Starten des Lesens von magnetischen Daten auf die Rohkarte **36** angibt, in Antwort auf das Auftreten des Ereignisses 1 für eine Nachfrage von der CPU **24** zum Lesen von magnetischen Daten wieder. "= > Beim Lesen" in einer Zelle (1, 2) gibt wieder, daß der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 3 ist, und der numerische Wert (1) gibt an, daß die Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 1 ms beträgt. "Lesen Vollständig Setzen" in einer Zelle (1, 2) gibt wieder, daß, wenn der Magnetkopf **34b** das Lesen von magnetischen Daten von der Rohkarte **36** vervollständigt hat, eine Nachricht gesendet wird, die darüber informiert, daß das Lesen abgeschlossen ist.

[0187] Die Marke (X) gibt an, daß es einen kombinierten Zustand des Ereignisses und des Zustands in den Zellen (1, 3) und (1, 4) gibt.

[0188] "Fehlerrückgabe" (error return) in einer Zelle (2, 1) gibt einen Zustand (Zustand 2) wieder, bei dem der Magnetkopf **34a** magnetische Daten auf die Rohkarte **36** schreibt, und eine Nachfrage (Ereignis 1) zum Schreiben magnetischer Daten von der CPU **24** tritt auf, wobei eine Aktion angegeben bzw. angezeigt wird, die die CPU informiert, daß nur eine Rohkarte **36** in einer Operation bzw. in einem Arbeitsvorgang gemäß der Spezifikation geschrieben werden kann. Die Marke "= > -" in der Zelle (2, 1) gibt an, daß Operationen in einem vorliegenden Zustand verbleiben, das heißt, in dem Zustand 2, und der numerische Wert (0,5) gibt an, daß die Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 0,5 ms beträgt.

[0189] "Fehlerrückgabe" in einer Zelle (2, 2) gibt eine Aktion an, nämlich zu beurteilen, ob eine Abnormalität aufgetreten ist, wenn eine Nachfrage für das Lesen magnetischer Daten von der CPU **24** zugeführt wird, und zwar unabhängig von dem Zustand (Zustand 2), bei dem der Magnetkopf **34a** magnetische Daten auf die Rohkarte **36** aufschreibt, und die CPU davon zu informieren. Die Marke "= > -" in einer Zelle (2, 2) gibt an, daß Operationen in einem vorliegenden Zustand verbleiben, das heißt, in dem Zustand 2, und der numerische Wert (0,5) gibt an, daß die Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 0,5 ms beträgt.

[0190] "Datenkennzeichen Setzen: Schreiben vollständig" in einer Zelle (2, 3) gibt einen Zustand (Zustand 2) wieder, bei dem der Magnetkopf **34a** magnetische Daten auf die Rohkarte **36** schreibt, und zeigt eine Aktion für das Setzen eines Datenkennzeichens dafür an, daß das Schreiben abgeschlossen ist, und zwar in Antwort auf das Ereignis, daß eine Nachricht empfangen wird, die darüber informiert, daß der Magnetkopf **34a** das Schreiben von magnetischen Daten auf die Rohkarte **36** abgeschlossen hat. Weiterhin gibt "Wartezustand für Nachfrage" in einer Zelle (2, 3) an, daß der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 1 ist, und der numerische Wert (1) gibt an, daß die Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0191] In einer Zelle (2, 4) gibt die Marke "/" an, daß keine Aktion implementiert ist und daß kein Übergang eines Zustands darin stattfindet. Die Marke "/" hat die gleiche Bedeutung wie bei der Zelle (3, 3) und dementsprechend wird die Beschreibung hier nicht wiederholt.

[0192] "Fehlerrückgabe" in einer Zelle (3, 1) gibt eine Aktion zur Beurteilung an, ob eine Abnormalität aufgetreten ist, wenn eine Nachfrage (Ereignis 1) für

das Schreiben magnetischer Daten von der CPU **24** zugeführt wird, unabhängig von dem Zustand (Zustand 3), bei dem der Magnetkopf **34a** magnetische Daten von der Vorauszahlkarte liest, und um die CPU darüber zu informieren. Die Marke "= > -" in einer Zelle (3, 1) gibt an, daß Operationen in einem vorliegenden Zustand verbleiben, das heißt in dem Zustand 3, und der numerische Wert (0,5) gibt an, daß die Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 0,5 ms beträgt.

[0193] "Fehler Return" in einer Zelle (3, 2) gibt einen Zustand (Zustand 3) an, bei dem der Magnetkopf **34b** magnetische Daten von der Vorauszahlkarte liest, und eine Nachfrage (Ereignis 2) nach dem Lesen magnetischer Daten wird von der CPU **24** ausgegeben, wobei eine Aktion zur Information der CPU darüber angezeigt wird, daß nur eine Vorauszahlkarte in einem Arbeitsgang gemäß der Spezifikation geschrieben werden kann. Die Marke "= > -" in einer Zelle (2, 2) gibt an, daß Operationen im vorliegenden Zustand verbleiben, das heißt, in dem Zustand 3, und der numerische Wert (0,5) gibt eine Verarbeitungszeit von 0,5 ms an, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist.

[0194] "Datenkennzeichen Setzen: Lesen vollständig" in einer Zelle (3, 4) gibt einen Zustand (Zustand 3), bei dem der Magnetkopf **34b** magnetische Daten von der Vorauszahlkarte liest und der eine Aktion angibt, daß ein Datenkennzeichen dafür gesetzt wird, daß das Lesen vollständig ist, in Antwort auf das Ereignis (Ereignis 4) wieder, daß eine Nachricht empfangen wird, die darüber informiert, daß der Magnetkopf **34b** das Lesen der Magnetdaten von der Vorauszahlkarte abgeschlossen hat. "Bereitzustand nach Nachfrage" in einer Zelle (3, 4) gibt weiterhin an, daß der Zustand, der dem Übergang nachfolgt, der Zustand 1 ist und daß der numerische Wert (1) angibt, daß eine Verarbeitungszeit, die für die vorstehende Aktion erforderlich ist, 1 ms beträgt.

[0195] Ein Operator gibt dann Simulationsdaten und Verifikationsdaten unter Bezugnahme auf eine Anzeige an dem Anzeigeabschnitt **41a**, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41c** bildet, und unter Manipulierung bzw. Betätigung der Maus **41b** oder der Tastatur **41c** ein, damit der Simulator **50** eine Simulation auf der Basis der beiden zuvor erwähnten Zustandübergangsmatrizen ([Fig. 3](#) und [Fig. 11](#)) gemäß den Spezifikationen der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine durchführt. Die Inhalte der Simulationsdaten und der Verifikationsdaten sind die gleichen wie die Inhalte der vorstehenden zweiten Ausführungsform und dementsprechend wird die diesbezügliche Beschreibung hier nicht wiederholt.

[0196] Der Editor **42** erzeugt und editiert eine Testskriptdatei eines Timingdiagrammformats, die in [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigt ist, auf der Basis der Si-

mulationsdaten und der Verifikationsdaten und speichert sie in einem Testskript-Speicherabschnitt **46** ab. In **Fig. 2** geben die Zahlen 1 (Nr. 1) und 2 (Nr. 2) in der Tabelle die Simulationsdaten an, während die Zahlen 3 (Nr. 3) und 4 (Nr. 4) die Verifikationsdaten angeben. In den Verifikationsdaten, die als Nr. 4 in **Fig. 12** gezeigt sind, gibt der numerische Wert "±1" an, der von einem Rechteck umgeben ist, daß das Timing für die Schaltsteuerung von dem EIN-Zustand in den AUS-Zustand des Motors B, das heißt, daß der Motors **37**, innerhalb einem zulässigen Bereich von ±1 ms ist. In der Spalte mit der Nr. 1 der Tabelle in **Fig. 13** gibt "Schreiben", eingeschlossen in ein Rechteck, an, daß ein Befehl zum Schreiben von magnetischen Daten von der CPU an einen Schreibmagnetkopf, das heißt, an den Magnetkopf **34a**, ausgegeben wird, während "Lesen", das von einem Quadrat eingeschlossen ist, angibt, daß ein Befehl zum Lesen magnetischer Daten von der CPU an einen Lesemagnetkopf ausgegeben wird, das heißt, an den Magnetkopf **34b**. Der Inhalt in der Spalte mit der Nr. 2 in **Fig. 13** gibt an, daß 2 ms, nachdem ein Befehl zum Schreiben von der CPU empfangen wurde, eine Nachricht "Schreiben OK", die die normale Beendigung des Schreibens von Magnetdaten angibt, der CPU zugeführt wird, was eine Unterbrechung in der CPU hervorruft. Der Inhalt in der Spalte mit der Nr. 3 in **Fig. 13** gibt ähnlich an, daß 2 ms, nachdem ein Befehl zum Lesen von einer CPU aus empfangen wurde, eine Nachricht "Lesen OK", die die normale Beendigung des Lesens von magnetischen Daten angibt, der CPU zugeführt wird, was eine Unterbrechung in der CPU hervorruft. Die vorstehende Zeit "2 ms" ist nicht die absolute Zeit sondern in jedem Fall die relative Zeit.

[0197] Die Testskriptdatei in einem Timing-Diagrammformat kann weiterhin unter Verwendung von zum Beispiel einem Timingdiagramm-Editierprogramm erzeugt werden, das in dem Editor **42** eingebaut ist, oder sie kann umgewandelt oder erzeugt werden unter Verwendung des Timingdiagramm-Editierprogramms, das in dem Editor **42** eingebaut ist, nach der Beendigung der Erzeugung einer Testskriptdatei in einem Textformat, wie in **Fig. 7** gezeigt ist. Das letztere Verfahren wird in dieser Ausführungsform verwendet. Die Testskriptdatei in einem Textformat und die Testskriptdatei in einem Timingdiagrammformat werden dementsprechend erzeugt und in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** gespeichert.

[0198] Beim Betrieb der zweiten Ausführungsform ist, obwohl die zusätzliche Zeit konstant auf 0,5 ms, um genau zu sein, gesetzt ist, die zusätzliche Zeit in Abhängigkeit von jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix unterschiedlich oder variiert vor und nach der Implementation einer Aktion. In Operationen der vorliegenden Erfindung wird demzufolge, um eine realistischere Simulation durchführen zu kön-

nen, wie in **Fig. 14** gezeigt ist, ein Speichergebiet entsprechend der Zustandübergangsmatrix, die in **Fig. 3** gezeigt ist, in dem Speicherabschnitt **45** für die zusätzliche Zeit vorgesehen, der die zusätzliche Zeit speichert. Die numerischen Werte "0,2/0,3" in **Fig. 14**, zum Beispiel der numerische Wert "0,2", der vor der Marke "/" gesetzt ist, gibt die zusätzliche Zeit (vorherige, zusätzliche Zeit) an, die für die Ausführung der Aktion, die in der Zelle beschrieben ist, erforderlich ist, während der numerische Wert "0,3", der nach der Marke "/" steht, die zusätzliche Zeit (nachherige, zusätzliche Zeit) angibt, die für die Ausführung der Aktion erforderlich ist, die in der Zelle beschrieben ist. Zudem, da die Magnetköpfe **34a** und **34b** durch eine spezialisierte großintegrierte Schaltung LSI angetrieben werden, die dafür ausgelegt ist, ein Steuersignal von der CPU **24** zu empfangen, muß, um exakt zu sein, die zusätzliche Zeit berücksichtigt werden. In dieser Ausführungsform wird jedoch sowohl die vorherige, zusätzliche Zeit als auch die nachherige, zusätzliche Zeit in Bezug auf den Antrieb der Magnetköpfe **34a** und **34b** als nicht gegeben betrachtet.

[0199] Damit der Simulator **50** eine Simulation auf der Basis der vorstehenden zwei Zustandübergangsmatrizen (**Fig. 3** und **Fig. 11**) in Übereinstimmung mit den Spezifikationen der vorstehenden Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine durchführen kann, wenn ein Operator durch Betätigen der Maus **41b** und der Tastatur **41c**, die die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bilden, das Programmentwicklungssystem in den Simulationsmodus setzt, erscheint dann das Simulationsmodusfenster, das in einem "START" Gebiet vorgesehen ist, wo ein Befehl für den Start der Simulation vorgesehen ist.

[0200] Die Operationen des Simulators **50** und die Manipulation des Operators, die durchgeführt werden, wenn die Verarbeitungszeit, die für die CPU **24** erforderlich ist, bis zum Durchgang der Rohkarte **36** durch den Sensor **33** nach seinem Durchgang durch den Sensor **32** erhalten wird, wird nachfolgend mit Bezug auf das Flußdiagramm, das in **Fig. 15** gezeigt ist, beschrieben.

[0201] Der Operator löst einen Befehl für einen Start der Simulation durch Bewegen eines Cursors unter Verwendung einer Cursortaste der Maus **11b** und der Tastatur **11c** zu dem "START" Gebiet, wo der Start der Simulation befohlen wird und das an dem Simulationsmodusfenster angezeigt wird, und durch Anklicken der linken Taste der Maus oder durch Niederdrücken der Return Taste aus. Dies ermöglicht dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, daß er zum Schritt SC1 weitergeht, und, nachdem der gespeicherte Inhalt des Zeitakkumulierungsabschnitts **50c** auf 0 ms gelöscht wurde, geht er zum Schritt SC2 weiter. Beim Schritt SC2 geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** nach dem Lesen

der Kopfanweisung der Testskriptdatei in einem Textformat, das von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** durchgeführt wird, und nach dem Setzen der Kopfanweisung als einen Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** zum Schritt SC3 weiter. In diesem Beispiel wird, da "Anfangszustand: ST1" als Kopfanweisung in der Testskriptdatei, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, beschrieben ist, der Zustand 1 als Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gesetzt. Beim Schritt SC3 beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, ob die Testskriptdatei in einer Timingdiagrammform, die in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** eingegeben werden soll, vorhanden ist oder nicht. Wenn das Beurteilungsergebnis "JA" beim Schritt SC3 ist, das heißt, daß die Testskriptdatei in einem Timingdiagrammformat ist, das in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** eingegeben wird, vorhanden ist, geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, nachdem er die Testskriptdatei in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus eingegeben hat, zum Schritt SC4 weiter. In dem Beispiel ist, da die Testskriptdatei, die in [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigt ist, in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** gespeichert ist, das Beurteilungsergebnis beim Schritt SC3 "JA" und der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** gibt die Testskriptdatei in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus ein.

[0202] Beim Schritt SC4 geht der Zustandanalyseabschnitt **50a**, nachdem er einen Änderungspunkt eines Kurvenverlaufes jedes Ereignisses in der Testskriptdatei in einem Timingdiagrammformat detektiert hat, das von dem Ereigniseingabeabschnitt **49** aus eingegeben wird, nachdem er die Ereigniseingabesequenz erzeugt hat, in der die Ereignisse in der Reihenfolge des zeitlichen Auftretens neu angeordnet sind, und nachdem er sie dem Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** zugeführt hat, zum Schritt SC5 weiter. In dem Beispiel wird die Ereigniseingabesequenz (nicht gezeigt) in einem Timingdiagrammformat aus der Testskriptdatei im Timing_diagrammformat erzeugt, die in [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigt ist.

[0203] Beim Schritt SC5 liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die Ereigniseingabesequenz aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** in der Reihenfolge der früheren Zeit und beurteilt, ob das Ereignis, das herbeigeführt werden soll, vorliegt bzw. vorhanden ist. Wenn das Beurteilungsergebnis "JA" ist, holt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** das Ereignis, das am frühesten herbeigeführt werden soll, aus den Ereignissen, die herbeigeführt bzw. ausgeführt werden sollen, und geht zum Schritt SC6 weiter.

[0204] Andererseits, wenn das Beurteilungsergeb-

nis "NEIN" beim Schritt SC5 ist, das heißt, wenn das Abtasten der Ereigniseingabesequenz in der Reihenfolge nach der früheren Zeit ergibt, daß das Ereignis, das noch nicht aufgetreten ist, nicht vorhanden ist, beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, daß die Simulation auf der Basis einer Testskriptdatei abgeschlossen ist, kehrt zum Schritt SC3 zurück und beurteilt, ob die Testskriptdatei, die getestet werden soll, vorliegt. In dem Beispiel ist das Beurteilungsergebnis "JA", da die Simulation auf der Basis der Testskriptdatei, die in [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigt ist, die erste ist und nicht abgeschlossen ist und da ein Ereignis verbleibt, das noch in der Ereigniseingabesequenz auftreten soll, die aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** gelesen wird, und der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt "S1: AUS EIN" und geht zum Schritt SC6 weiter.

[0205] Beim Schritt SC6 beurteilt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** durch Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** ausgelesen wird, ob das geholte Ereignis ein zu simulierendes Objekt ist. Wenn das Beurteilungsergebnis "NEIN" ist, kehrt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** zum Schritt SC5 zurück. Andererseits, wenn das Beurteilungsergebnis beim Schritt SC6 "JA" ist, das heißt, wenn das geholte Ereignis ein Ereignis ist, das in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist und ein Objekt ist, das simuliert werden soll, geht die Operation zum Schritt SC7 weiter. Im Beispiel ist "S1: AUS EIN" als der Zustand 2 in der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, beschrieben und ist ein zu simulierendes Objekt und das Beurteilungsergebnis beim Schritt SC6 wird "JA".

[0206] Beim Schritt SC7 vergleicht der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die Zeit an einem Ort bzw. Punkt der Änderung des Kurvenverlaufes des Ereignisses, das durch den Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** geholt wird, mit der akkumulierten Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und beurteilt, ob es eine Differenz zwischen ihnen gibt, das heißt, ob es eine Differenzzeit gibt. Wenn das Beurteilungsergebnis "NEIN" ist, geht der Zeitvergleichsabschnitt **50e** zum Schritt SC9 weiter. Wenn das Beurteilungsergebnis beim Schritt SC7 "JA" ist, das heißt, daß es eine Differenzzeit gibt, geht die Verarbeitung zum Schritt SC8 weiter. In dem Beispiel gibt es keine Differenzzeit, da das Ereignis 2 das Ereignis ist, bei dem das Detektionssignal des Sensors **32** von dem AUS-Zustand in den EIN-Zustand geändert wird und nicht einem Befehl entspricht, der von der CPU dafür verwendet wird, daß periphere Vorrichtungen eine Verarbeitung durchführen, und das Beurteilungsergebnis beim Schritt SC7 wird NEIN. Der Zeitvergleichsabschnitt **50e** geht dementsprechend zum Schritt SC9 weiter.

[0207] Beim Schritt SC8 fügt der Zeitvergleichsab-

schnitt **50e** die Differenzzeit zu der akkumulierten Zeit hinzu, die nun in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, oder subtrahiert sie von der akkumulierten Zeit und nach dem Speichern des berechneten Ergebnisses in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** schreitet der Betrieb zum Schritt SC9 fort.

[0208] Beim Schritt SC9 bestimmt der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** eine entsprechende Zelle auf der Basis des Ereignisses, das aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wurde, und des Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **13** gelesen wird, und geht zum Schritt SC10. In dem Beispiel bestimmt, da das Ereignis 2 aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wurde und der Zustand 1 in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** eine Zelle (1, 2) unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix.

[0209] Beim Schritt SC10 geht der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, nachdem er die vorherige, zusätzliche Zeit aus dem Speicherbereich des Speicherabschnitts **45** für zusätzliche Zeit entsprechend der Zelle, die beim Schritt SC9 bestimmt wurde, gelesen hat, nachdem er sie zu der akkumulierten Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, hinzuaddiert hat und nachdem das berechnete Ergebnis in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert wurde, zum Schritt SC11 über. Wenn die Zelle, die durch die Verarbeitung beim Schritt SC9 bestimmt wurde, die Zelle in der Zustandübergangsmatrix ist, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, geht jedoch der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** ohne irgendeine Ausführung zum Schritt SC11 weiter. In dem Beispiel speichert der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, nachdem er die vorherige, zusätzliche Zeit (0,2 ms) aus dem Speicherbereich des Speicherabschnitts **45** für zusätzliche Zeit entsprechend einer Zelle (1, 2) ausgelesen hat und sie der akkumulierten Zeit (0 ms), hinzuaddiert hat, die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, die addierte Zeit (0,2 ms) in den Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0210] Beim Schritt SC11 überprüft der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die Funktion einer zu verarbeitenden Aktion bei einer Zelle, die beim Schritt SC9 bestimmt wurde, liest die Verarbeitungszeit entsprechend der Aktion aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44** aus, addiert sie zu der akkumulierten Zeit, die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, speichert das berechnete Ergebnis in den Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** und geht zum Schritt SC12 über. In dem Beispiel überprüft der Zustandübergangs-Beurteilungs-

abschnitt **50b** die Funktion der Aktionen von Nachfragen nach dem Anhalten des Antriebs des Motors **35**, des Antriebs des Motors **37** und dem Schreiben von Magnetdaten zu dem Magnetkopf, liest die Verarbeitungszeit (4 ms) entsprechend der Aktion aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie zu der akkumulierten Zeit (0,2 ms), die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, und speichert das berechnete Ergebnis (4,2 ms) in den Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0211] Beim Schritt SC12 liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** den Zustand, der dem Übergang nachfolgt und der in einer Zelle beschrieben ist, die beim Schritt SC9 bestimmt wurde, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43**, speichert ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** und, wenn die Aktion der Zelle eine Steuerung von peripheren Vorrichtungen ist, nachdem der Zustand in der Zustandübergangsmatrix der Operationen der peripheren Vorrichtungen entsprechend der Aktion in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert worden sind, geht zum Schritt SC13. In dem Beispiel liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50** den Zustand 2, der in einer Zelle (1, 2) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43**, speichert ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** und speichert, nachdem das Ereignis 1 verursacht wurde, das heißt, die Nachfrage nach dem Schreiben aufgetreten ist, da eine Aktion der Zelle eine Nachfrage nach dem Schreiben von magnetischen Daten zu dem Magnetkopf **34a** ist, den Zustand in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** ab.

[0212] Beim Schritt SC13 liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die nachherige, zusätzliche Zeit aus dem Speicherbereich in dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit entsprechend der Zelle, die beim Schritt SC9 bestimmt wurde, addiert sie zu der akkumulierten Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, speichert die berechneten Ergebnisse in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** und geht zum Schritt SC14 weiter. Wenn eine Zelle, die beim Schritt SC9 bestimmt wurde, die Zelle in der Zustandübergangsmatrix ist, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, ist demzufolge keine zusätzliche Zeit vorhanden und der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** geht zum Schritt SC14 ohne Durchführung einer Maßnahme weiter.

[0213] In dem Beispiel speichert der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, nachdem er die nachherige, zusätzliche Zeit (0,3 ms) aus dem Speicherbereich des Speicherabschnitts **45** für die zusätzliche Zeit entsprechend einer Zelle (1, 2) ausgelesen hat und sie der akkumulierten Zeit (4,2 ms) hinzuaddiert hat, die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, sein Ergebnis (5,4 ms) der Addition in dem Zeitakkumulierungsab-

schnitt **50c**.

[0214] Beim Schritt SC14 geht der Zustandsübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** nach dem Speichern der Zeit, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** akkumuliert ist, und des Zustands, der dem Übergang nachfolgt und in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als das Ergebnis der Simulation in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** zum Schritt SC5 zurück.

[0215] In dem Beispiel werden die akkumulierte Zeit (4,5 ms) und der Zustand, der dem Übergang nachfolgt (Zustand 2 und Zustand 1) als das Ergebnis der Simulation in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert.

[0216] Andererseits, wenn das Beurteilungsergebnis beim Schritt SC3 "NEIN" ist, das heißt, wenn die Testskriptdatei, die fortgesetzt werden soll, nicht aus dem Ereigniseingabeabschnitt **49** in den Ereignisanalyseabschnitt **50a** eingegeben wird, beurteilt der Zustandsübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b**, daß die Simulation, die auf der gesamten Testskriptdatei beruht, die in dem Testskript-Speicherabschnitt **46** gespeichert ist, abgeschlossen ist, und geht zum Schritt SC15 weiter.

[0217] Beim Schritt SC15 beendet der Zustandsübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** nach dem Lesen des Simulationsergebnisses, das in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert ist, und nach dem Zuführen des Ergebnisses zu der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41**, die Simulationsverarbeitung. Dies verursacht, daß das Ergebnis der Simulation auf dem Anzeigeabschnitt **41a** der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** angezeigt wird.

[0218] Ein Ereignis, das zu einem früheren Zeitpunkt nachfolgend zu dem Ereignis "S1: AUS EIN" hervorgerufen wird, ein Ereignis, das danach hervorgerufen wird, und eine entsprechende Simulation werden nachfolgend beschrieben.

[0219] Obwohl die Verarbeitung bei jedem Schritt in dem Flußdiagramm, das in [Fig. 15](#) gezeigt ist, nicht beschrieben ist, ist es nicht notwendig, die Verarbeitung beim Schritt SC15 an dem Ende durchzuführen, nachdem die Verarbeitung bei den Schritten SC3 bis SC14 wiederholt wird.

[0220] Der Zustandsübergangs-Beurteilungsabschnitt **59b** holt das Ereignis "Schreiben" durch Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz.

[0221] Da das Ereignis "Schreiben" in der Zustandsübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, vergleicht der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die Zeit an einem Änderungspunkt des Kurvenverlaufs in dem Ereignis 1

mit der akkumulierten Zeit (4,5 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und beurteilt, ob es eine Differenz zwischen ihnen gibt, das heißt, eine Differenzzeit. In dem Beispiel, da die akkumulierte Zeit (4,5 ms) die Zeit ist, die aufgezeichnet wird, wenn alle Aktionen, die in einer Zelle (1, 2) beschrieben sind, abgeschlossen sind, und da, wie in [Fig. 13](#) gezeigt ist, das Ereignis 1 in [Fig. 11](#) ein Ereignis ist, das unmittelbar nach einer Nachfrage von der CPU **24** nach dem Schreiben von magnetischen Daten zu dem Magnetkopf **34a** auftritt, ist der Zeitpunkt der Änderung des Kurvenverlaufs in dem Ereignis 1 früher um die nachherige, zusätzliche Zeit (0,3 ms), die der Ausführung der Aktion folgt, die in der Zelle (1, 2) beschrieben ist. Die Zeit von 0,3 ms ist dementsprechend eine Differenzzeit. Der Zeitvergleichsabschnitt **50e** speichert dann, nachdem er die Differenzzeit (0,3 ms) von der akkumulierten Zeit (4,5 ms) subtrahiert hat, das Ergebnis (4,2 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0222] Der Ereignisanalyseabschnitt **50a** überprüft, nachdem er eine Zelle (1, 1) auf der Basis des "Ereignisses 1", das aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und des "Zustands 1", der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandsübergangsmatrix bestimmt hat, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, die Funktion einer Aktion, die bei einer Zelle (1, 1) verarbeitet wird, um den Magnetkopf **34a** zu veranlassen, das Schreiben der magnetischen Daten auf die Rohkarte **36** zu starten, liest die Verarbeitungszeit (1 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie der akkumulierten Zeit (4,2 ms) hinzu, die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, und speichert das Ergebnis (5,2 ms) der Addition in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0223] Der Zustandsübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert nach dem Lesen des Zustands, der dem Übergang folgt (Zustand 2) und der in einer Zelle (1, 1) beschrieben ist, aus dem Zustandsübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** und nach dem Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** die akkumulierte Zeit (5,2 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und den Zustand, der dem Übergang nachfolgt (Zustand 2) und der in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als das Ergebnis der Simulation in den Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0224] Der Zustandsübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt das Ereignis "Schreiben vollständig" durch Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz.

[0225] Da das Ereignis "Schreiben vollständig" als das Ereignis 3 in der Zustandsübergangsmatrix beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, beurteilt der Zeitvergleichsabschnitt **50e** durch Vergleichen

chen der Zeit bei einem Änderungspunkt des Kurvenverlaufs in dem Ereignis 3 mit der akkumulierten Zeit (5,2 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, ob es eine Differenzzeit gibt. In dem vorliegenden Beispiel gibt es jedoch keine Differenzzeit, da die Simulation des Magnetkopfes **34a** und **34b** durchgeführt wird.

[0226] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** überprüft dann, nachdem er eine Zelle (2, 3) auf der Basis des Ereignisses 3, die von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und des Zustands (Zustand 2), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix bestimmt hat, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, die Funktion einer Aktion für das Setzen eines Datenkennzeichens, das darüber informiert, daß das Schreiben abgeschlossen ist, das in einer Zelle (2, 3) verarbeitet wird, liest die Verarbeitungszeit (1 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie zu der akkumulierten Zeit (5,2 ms) hinzu, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert das Ergebnis der Addition (6,2 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0227] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest den Zustand, der dem Übergang nachfolgt und der in einer Zelle (2, 3) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangs-Speicherabschnitt **43** und speichert ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** und, da die Aktion der Zelle das Setzen eines Datenkennzeichens ist, das darüber informiert, daß das Schreiben abgeschlossen ist, speichert er, nachdem eine Unterbrechnachfrage nach dem Ereignis 3, "Schreiben OK", hervorgerufen wird, die akkumulierte Zeit (6,2 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** akkumuliert ist, und den Zustand, der dem Übergang nachfolgt (Zustand 1) und der in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als das Ergebnis der Simulation in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0228] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt dann das Ereignis "Schreiben OK" durch Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz. Obwohl das Ereignis "Schreiben OK" als das Ereignis 3 in der Zustandübergangsmatrix in [Fig. 3](#) beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, existiert, da es ein Ereignis ist, das nachfolgend zu der vorhergehenden Verarbeitung auftritt, keine Differenzzeit. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** bestimmt eine Zelle (2, 3) auf der Basis des Ereignisses 3, das von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und des Zustands, der dem Übergang folgt (Zustand 2) und der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix in [Fig. 3](#) und speichert nach dem Lesen der vorherigen, zusätzlichen Zeit aus dem Speicherbereich des Speicherab-

schnitts **45** für zusätzliche Zeit entsprechend einer Zelle (2, 3) und dem Addieren der Zeit zu der akkumulierten Zeit (6,2 ms), die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, das Ergebnis der Addition (6,4 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0229] Des weiteren überprüft der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** die Funktion der Aktion für die Nachfrage nach dem Magnetkopfes **34b**, daß er magnetische Daten der Vorauszahlkarte liest, die bei einer Zelle (2, 3) verarbeitet wird, liest er die Verarbeitungszeit (1 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert er sie der akkumulierten Zeit (6,4 ms) hinzu, die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, und speichert er das Ergebnis der Addition in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50**. Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest dann, nachdem er den Zustand 3, der in der Zelle (2, 3) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangs-Speicherabschnitt **43** gelesen hat und nachdem er ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert hat, da die Aktion der Zelle darin besteht, den Magnetkopf **34b** nachzufragen, daß er magnetische Daten liest, nachdem das Ereignis 2 hervorgerufen wird, das heißt, eine Nachfrage für das Lesen, die nachherige, zusätzliche Zeit (0,2 msec) aus dem Speicherbereich des Speicherabschnitts **45** für zusätzliche Zeit entsprechend einer Zelle (2, 3), addiert sie zu der akkumulierten Zeit (7,4 msec) hinzu, die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, und speichert das Ergebnis der Addition (7,6 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0230] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** halt das Ereignis "Lesen" unter Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz. Da dieses Ereignis "Lesen" als das Ereignis 2 in der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, vergleicht der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die Zeit bei einem Änderungspunkt bzw. Änderungspunkten in dem Kurvenverlauf in dem Ereignis 2 mit der akkumulierten Zeit (7,6 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und beurteilt, ob die Differenzzeit vorhanden ist. In dem Beispiel ist die akkumulierte Zeit (7,6 ms) die Zeit, die aufgezeichnet wird, wenn alle Aktionen, die in einer Zelle (2, 3) in [Fig. 3](#) beschrieben sind, abgeschlossen sind, und während, wie in [Fig. 13](#) gezeigt ist, das Ereignis 2 in [Fig. 11](#) ein Ereignis ist, das unmittelbar nach einer Nachfrage von der CPU **24** nach dem Lesen von Magnetdaten zu dem Magnetkopf **34b** auftritt, die Zeit bei einem Änderungspunkt des Kurvenverlaufs in dem Ereignis 2 ist um die nachherige, zusätzliche Zeit (0,2 ms) früher, die der Ausführung der Aktion nachfolgt, die in der Zelle (2, 3) beschrieben ist. Die Zeit von 0,2 ms ist dementsprechend eine Differenzzeit. Der Zeitvergleichsabschnitt **50e** subtrahiert dann die Differenz-

zeit (0,2 ms) von der akkumulierten Zeit (7,6 ms), die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert das Ergebnis der Subtraktion (7,4 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0231] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** überprüft nach dem Bestimmen einer Zelle (1, 2) auf der Basis des Ereignisses 2, das aus dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** gelesen wird, und eines Zustands (Zustand 1), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, die Funktion einer Aktion zum Veranlassen des Magnetkopf **34b**, daß er das Lesen von Magnetdaten von der Vorauszahlkarte startet, die in einer Zelle (1, 2) verarbeitet wird, liest die Verarbeitungszeit (1 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie der akkumulierten Zeit (7,4 ms) hinzu, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert das Ergebnis der Addition (8,4 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** ab.

[0232] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert nach dem Lesen des Zustands, der dem Übergang folgt, (Zustand 3) und der in einer Zelle (1, 2) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** und dem Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d**, die akkumulierte Zeit (8,4 msec), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und den Zustand, der dem Übergang nachfolgt (Zustand 3), als das Ergebnis der Simulation in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0233] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt das Ereignis "Lesen vollständig" durch Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz.

[0234] Da das Ereignis "Lesen vollständig" in der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, vergleicht der Zeitvergleichsabschnitt **50e** die Zeit zum Änderungszeitpunkt des Kurvenverlaufes des Ereignisses mit der akkumulierten Zeit (8,4 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und beurteilt, ob es eine Differenz zwischen diesen Zeiten gibt, d. h., ob eine Differenzzeit vorhanden ist. In dem Beispiel existiert keine Differenzzeit, da die Simulation des Magnetkopfes **34a** und des Magnetkopfes **34b** durchgeführt wird.

[0235] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** überprüft nach dem Bestimmen einer Zelle (3, 4) auf der Basis des Ereignisses 4, das von dem Ereignisanalyseabschnitt **50e** geholt wird, und des Zustands (Zustand 3), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#)

gezeigt ist, die Funktion einer Aktion für das Setzen eines Datenkennzeichens, das darüber informiert, daß das Lesen abgeschlossen ist, was in einer Zelle (3, 4) verarbeitet wird, liest die Verarbeitungszeit (1 ms) aus dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**, addiert sie der akkumulierten Zeit (8,4 ms) hinzu, die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und speichert das Ergebnis der Addition (9,4 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0236] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest den Zustand, der dem Übergang nachfolgt und der in einer Zelle (3, 4) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** und speichert ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** und er speichert, nachdem er eine Nachfrage für das Ereignis 5 hervorgerufen hat, d. h., Lesen OK, da die Aktion der Zelle das Setzen eines Datenkennzeichens ist, das über den Abschluß bzw. die Vollständigkeit des Lesens informiert, die akkumulierte Zeit (9,4 ms), die in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert ist, und den Zustand (1), der dem Übergang nachfolgt und in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** gespeichert ist, als das Ergebnis der Simulation in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51**.

[0237] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** holt das Ereignis (Lesen OK) durch Bezugnahme auf die Ereigniseingabesequenz. Obwohl dieses Ereignis "Lesen OK" als das Ereignis 5 in der Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, beschrieben ist und ein zu simulierendes Objekt ist, existiert keine Differenzzeit, da das Ereignis ein Ereignis ist, das der vorhergehenden Verarbeitung nachfolgt.

[0238] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** speichert nach dem Bestimmen einer Zelle (3, 5) auf der Basis des Ereignisses 5, das von dem Ereignisanalyseabschnitt **50a** geholt wird, und des Zustands (Zustand 3), der in dem Zustandsspeicherabschnitt **18d** gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, und nach dem Lesen der vorherigen, zusätzlichen Zeit (0,2 ms) aus dem Speicherbereich des Speicherabschnitts **45** für zusätzliche Zeit entsprechend einer Zelle (3, 5) und nach dem Addieren der Zeit zu der akkumulierten Zeit (8,4 ms), die bis jetzt in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c** gespeichert war, das Ergebnis der Addition (9,6 ms) in dem Zeitakkumulierungsabschnitt **50c**.

[0239] Der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** liest dann den Zustand 4, der in einer Zelle (3, 5) beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt **43** und speichert ihn in dem Zustandsspeicherabschnitt **50d** und nach dem Lesen der nachherigen, zusätzlichen Zeit (0,3 ms) aus dem Speicherbereich des Speicherabschnitts **45** für zu-

sätzliche Zeit entsprechend einer Zelle (3, 5) und nach dem Addieren der Zeit zu der akkumulierten Zeit (9,6 ms), die bis jetzt in dem Zeitakkumulationsabschnitt **50c** gespeichert war, speichert er das Ergebnis der Addition (9,9 ms) in dem Zeitakkumulationsabschnitt **50c**.

[0240] Nachdem die Simulation, die vorstehend beschrieben wurde, abgeschlossen bzw. vervollständigt ist, liest der Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt **50b** das Simulationsergebnis, das in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert ist, führt es der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** zu und beendet dann die Simulationsverarbeitung. Wie in [Fig. 16](#) dargestellt ist, verursacht dies, daß die Simulationsergebnisse, die soweit erhalten wurden, auf dem Anzeigeabschnitt **41a** der Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** angezeigt werden.

[0241] [Fig. 16\(a\)](#) zeigt einen Kurvenverlauf von Simulationsdaten beim Zeitpunkt des Auftretens des Ereignisses 2, das in der Zustandübergangsmatrix in [Fig. 3](#) gezeigt ist, und [Fig. 16\(b\)](#) erläutert einen Signalverlauf von Verifikationsdaten bezüglich dem Zeitpunkt des Auftretens eines Antriebssignals zum Antreiben des Motors **37** (Motor B). [Fig. 16\(c\)](#) und [16\(d\)](#) zeigen Simulationsergebnisse für Operationen der CPU bzw. für Operationen des Magnetkopfes. Wie in [Fig. 16\(b\)](#) gezeigt ist, ist der zulässige Bereich für das Timing einer Änderung des Antriebssignals des Motors **37** (Motor B) von dem EIN-Zustand in den AUS-Zustand 10 ± 1 ms. Das Simulationsergebnis der Operationen der CPU, das mit dem Magnetkopf verbunden ist, zeigt, daß die gesamte Verarbeitung innerhalb von 9,9 ms abgeschlossen ist, so daß die Spezifikationen eingehalten sind.

[0242] Andererseits, wenn die Simulation nicht gemäß der Spezifikationen durchgeführt wird, versucht ein Operator unter Bezugnahme auf die Zustandübergangsmatrix ([Fig. 3](#) und [Fig. 11](#)), die in dem Anzeigeabschnitt **41a** angezeigt ist, der die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bildet, und unter Betätigung der Maus **41b** oder der Tastatur **41c** und weiterhin durch Ändern der Aktion oder der Verarbeitungszeit und ähnlichem, die in jeder Zelle beschrieben sind, die die Zustandübergangsmatrix bilden, innerhalb des zulässigen Bereichs der Spezifikation einem Weg herauszufinden, um die Verarbeitungszeit der CPU **24** zu vermindern, die CPU durch eine andere CPU mit einem Hochgeschwindigkeitsbetrieb zu ersetzen oder das Reaktionsvermögen des Magnetkopfes **34a** oder **34b** zu verbessern, und der Operator wiederholt Simulationen bis die Spezifikationen eingehalten sind.

[0243] Bei den Operationen der zuvor beschriebenen Ausführungsform ist der Schritt SC6 vorgesehen, und, wenn ein Ereignis, das nicht in der Zustandübergangsmatrix bezeichnet ist, eingegeben

wird, kehrt der Betrieb zum Schritt SC5 zurück. Das Flußdiagramm kann jedoch so ausgebildet sein, daß die Verarbeitung bei den Schritten SC7 bis SC14 weggelassen werden kann, ohne daß der Schritt SC6 vorgesehen ist.

[0244] Beim Betrieb dieser Ausführungsform wird eine realistischere Simulation auf der Stufe der grundlegenden Konstruktion bzw. Auslegung ermöglicht, da die Simulation durch Erzeugen der Zustandübergangsmatrix nicht nur für Operationen der CPU sondern auch für Operationen der peripheren Vorrichtungen und durch Kombinieren dieser Faktoren miteinander durchgeführt werden kann, wodurch eine Zeitdauer, die für die Entwicklung erforderlich ist, reduziert werden kann und gleichzeitig die Qualität verbessert werden kann.

Vierte Ausführungsform

[0245] [Fig. 17](#) ist ein Blockdiagramm, das elektrische Konfigurationen des Programmentwicklungssystems einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In [Fig. 17](#) ist das gleiche Bezugszeichen dem Teil zugeordnet, der dem in [Fig. 7](#) entspricht, und ihre Beschreibung wird deshalb hier nicht wiederholt. Das Programmentwicklungssystem, das in der Zeichnung gezeigt ist, ist neuartig mit einem Verarbeitungszeit-Eingabeabschnitt **61**, einem Compiler **62**, einem Maschinencode-Speicherabschnitt **63** und einem Kodierzeit-Berechnungsabschnitt **64** versehen. Der Verarbeitungszeit-Eingabeabschnitt **61** ist dafür ausgelegt, temporär eine Betriebsgeschwindigkeit zu speichern, die für die CPU erforderlich ist, die ein Echtzeitsteuersystem bildet, für das ein Programm entwickelt wird, wobei sie von einem Operator durch Betätigen der Maus **41b** und der Tastatur **41c** eingegeben wird, die die Mensch/Maschine-Schnittstelle **41** bilden. Der Compiler **62** liest ein Programm (Quellenprogramm), das in dem Programmspeicherabschnitt **48** gespeichert ist, wandelt das Programm in ein Objektprogramm um, das in einem Maschinencode geschrieben ist, der von der CPU verarbeitet werden kann, und speichert es in dem Maschinencode-Speicherabschnitt **63**. Der Maschinencode-Speicherabschnitt **63** weist einen Halbleiterspeicher, z. B. einen RAM, und/oder ein Speichermedium mit einer großen Speicherkapazität, z. B. eine FD, HD oder ähnliches, auf. Der Codierzeitberechnungsabschnitt **64** ist dafür ausgelegt, eine Betriebsgeschwindigkeit der CPU, die in dem Verarbeitungszeit-Eingabeabschnitt **61** gespeichert ist, mit der Anzahl von Codes des Maschinencodes zu multiplizieren, der das Objektprogramm entsprechend der Aktion bildet, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix gespeichert ist, und speichert das multiplizierte Ergebnis als Verarbeitungszeit, die für die Aktion erforderlich ist, in dem Speicherbereich entsprechend dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44**. Weiterhin ist der Codierzeitberechnungs-

abschnitt **64** dafür ausgelegt, eine Betriebsgeschwindigkeit der CPU, die in dem Verarbeitungszeit-Eingabeabschnitt **61** gespeichert ist, mit der Anzahl bzw. Zahl der Codes des Maschinencodes, der das Objektprogramm bildet, das dem Übergang des Zustands vor und nach der Verarbeitung der Aktion, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, zu multiplizieren, und speichert das multiplizierte Ergebnis als zusätzliche Zeit in dem Übergang eines Zustands in dem Speichergebiet, das dem Speicherabschnitt **45** für die zusätzliche Zeit entspricht.

[0246] Die Simulation gemäß dieser Ausführungsform wird genauer ausgeführt, als die Simulation auf der Basis von Werten der Verarbeitungszeit oder der zusätzlichen Zeit, die aus Erfahrungen erhalten werden, wie in den zweiten und dritten Ausführungsformen, und auch ein weniger erfahrener Operator kann die gleiche genaue Simulation durchführen, wie sie von einem erfahrenen Operator erreicht wird.

Fünfte Ausführungsform

[0247] [Fig. 18](#) ist ein Blockdiagramm, das elektrische Konfigurationen des Programmentwicklungssystems einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In [Fig. 18](#) sind gleiche Bezugszeichen Teilen zugeordnet, die den Teilen in [Fig. 17](#) entsprechen, und ihre Beschreibungen werden deshalb hier nicht wiederholt. Das Programmentwicklungssystem in dieser Zeichnung ist neuartig mit dem ICE (In-Circuit Emulator) **65** und mit dem Codierzeitberechnungsabschnitt **66** anstelle des Verarbeitungszeit-Eingabeabschnitts **61** und des Codierzeitberechnungsabschnitts **64** versehen. Der ICE **65** ist mit einem Emulationschip versehen, der die gleiche Funktion wie die CPU hat, die das Echtzeitsteuersystem bildet, für das ein Programm entwickelt wird, und mit dem verschiedene periphere Vorrichtungen (Magnetkopf **34a** und Magnetkopf **34b** im Fall der Vorauszahlkarte-Verkaufsmaschine, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist), die das Echtzeitsteuersystem bilden, verbunden sind. Der In-Circuit-Emulator **65** kann durch Speichern des Objektprogramms im voraus, das in dem Maschinencode-Speicherabschnitt **63** im RAM gespeichert ist, der durch einen ROM ersetzt werden kann, und, indem der Emulationschip das Objektprogramm liest, fast die gleiche Verarbeitung durchführen, als würde das Echtzeitsteuersystem tatsächlich arbeiten.

[0248] Gemäß dieser Ausführungsform berechnet der Codierzeitberechnungsabschnitt **66** die Verarbeitungszeit und die zusätzliche Zeit, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, auf der Basis der Ausführungszeit, die durch die Ausführung des Objektprogramms durch den In-Circuit-Emulator **65** erhalten wird, und speichert das Ergebnis in den Speicherbereichen, die dem Verarbeitungszeit-Spei-

cherabschnitt **44** und dem Speicherabschnitt **65** für zusätzliche Zeit entsprechen. Weiterhin kann ein Code-Simulator kann anstelle des In-Circuit-Emulators **65** verwendet werden.

[0249] Beim Betrieb der fünften Ausführungsform kann die Zeit, die unter Berücksichtigung der Unterbrechungsverarbeitung, eines Cache-Treffers, einer Cache-Fehl-treffer-Verarbeitung und der Pipelineverarbeitung berechnet wird, erhalten werden, wodurch die Durchführung einer Simulation mit einer Zeit ermöglicht wird, die nahe an der tatsächlichen Verarbeitungszeit ist.

Sechste Ausführungsform

[0250] [Fig. 19](#) ist ein Blockdiagramm, das eine elektrische Konfiguration des Programmentwicklungssystems einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In [Fig. 19](#) wird das gleiche Bezugszeichen dem Teil entsprechend jenem in [Fig. 18](#) zugeordnet und die diesbezüglichen Beschreibungen werden deshalb hier nicht wiederholt. Das Programmentwicklungssystem, das in der Zeichnung gezeigt ist, ist mit dem gezeigten Verarbeitungszeit-Eingabeabschnitt **61** und dem Codierzeitberechnungsabschnitt **64** in [Fig. 17](#) und neuartig mit dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44a**, **44b**, den Speicherabschnitten **45a** und **45b** für zusätzliche Zeit, den Simulationsergebnis-Speicherabschnitten **51a** und **51b** und einem Akkumulationszeit-Vergleichsabschnitt **67** versehen.

[0251] Gemäß dieser Ausführungsform sind Komponenten des Programmentwicklungssystems, wie es in [Fig. 6](#), [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) gezeigt ist, miteinander kombiniert. D. h., daß die Verarbeitungszeit und die zusätzliche Zeit, die von einem Operator aus der Erfahrung angenommen werden, in dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44** bzw. dem Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit gespeichert sind, auf deren Basis das Simulationsergebnis in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51** gespeichert wird, und daß die Verarbeitungszeit und die zusätzliche Zeit, die von dem Objektprogramm berechnet wird, das durch Kompilierung eines Quellenprogramms unter Verwendung eines Compilers **62** erhalten wird, gespeichert werden, auf deren Basis das Simulationsergebnis in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **51a** gespeichert wird, und daß die Verarbeitungszeit und die zusätzliche Zeit, die durch Ausführen des Objektprogramms unter Verwendung des In-Circuit-Emulators **65** erhalten werden, in dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt **44b** bzw. dem Speicherabschnitt **45b** für zusätzliche Zeit gespeichert werden, auf deren Basis die Simulationsergebnisse in dem Simulationsergebnis-Speicherabschnitt **50b** gespeichert werden. Die drei Simulationsergebnisse, die durch diese drei Verfahren erhalten werden, werden durch den Vergleichsabschnitt **67** für ak-

kumulierte Zeit verglichen und überprüft. Der Code-Simulator kann anstelle des In-Circuit-Emulators **65** verwendet werden. Weiterhin ist es nicht notwendig, alle drei Simulationsergebnisse, die zuvor beschrieben wurden, zu erhalten. D. h., daß der Vergleich und die Überprüfung von nur zwei Simulationsergebnissen durch den Vergleichsabschnitt **67** für akkumulierte Zeit auch zulässig sind. Beim Betrieb dieser Ausführungsform kann deshalb die Zeit, die von dem Operator angenommen wird, überprüft werden, ob sie geeignet ist, und verifiziert werden und die Genauigkeit der Annahme des Operators kann bei der nächsten Entwicklung eines Programms für das Echtzeitsteuersystem verbessert werden.

[0252] Weiterhin kann in der sechsten Ausführungsform, wenn die Simulation aufgrund von Fehlfunktionen der Simulation wiederholt wird und wenn dementsprechend die Verarbeitungszeit, die für die Zelle in der Zustandübergangsmatrix erforderlich ist, geändert werden muß, indem die Zeit, die von einem Operator angenommen wird, nur für die Verarbeitungszeit verwendet wird, die für die Zelle erforderlich ist, die momentan beim Betrieb ist, und indem die Verarbeitungszeit auf der Basis des Objektprogramms oder auf der Basis des In-Circuit-Emulators **65** für die Verarbeitungszeit verwendet wird, die für andere Zellen erforderlich ist, der Fehler in Zeiteinheiten einer Simulation reduziert werden.

Siebte Ausführungsform

[0253] [Fig. 20](#) ist ein Blockdiagramm, das eine elektrische Konfiguration eines Programmentwicklungssystems einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. In [Fig. 20](#) ist das gleiche Bezugszeichen dem Teil zugeordnet, der dem Teil entspricht, der auch in [Fig. 6](#) vorhanden ist, und deshalb werden die diesbezüglichen Beschreibungen hier nicht wiederholt. Das Programmentwicklungssystem, das in dieser Zeichnung gezeigt ist, ist mit einem Testskript-Speicherabschnitt **71** und einem Testskript-Erzeugungsabschnitt **72** anstelle des Testskript-Speicherabschnitts **46** versehen. Beim Betrieb dieser Ausführungsform in der gleichen Art und Weise wie in der ersten Ausführungsform wird die Testskriptdatei automatisch erzeugt, indem das eingegebene Ereignisprotokoll verwendet wird, das in der Reihenfolge jedes Ereignisses, das durch den Operator eingegeben wird, angeordnet ist und eine Historie bzw. Aufzeichnung von Ausführungen (Ausführungsprotokoll) der Simulation auf deren Basis zeigt. D. h., daß in der ersten Simulation in der gleichen Art und Weise wie in der ersten Ausführungsform ein Operator den Simulator **50** dazu veranlaßt, eine Simulation durchzuführen, indem er jedes Ereignis unter Verwendung der Maus **51b** und ähnlichem eingibt, worauf dann der Testskript-Erzeugungsabschnitt **72** automatisch eine Testskriptdatei erzeugt und der Testskript-Speicherabschnitt **71** diese speichert. In

der zweiten Simulation und danach wird die Testskriptdatei aus dem Testskript-Speicherabschnitt **71** ausgelesen und eine Simulation wird durch den Simulator dadurch durchgeführt. In diesem Fall ist der Ereigniseingabeabschnitt **49** dafür ausgelegt, daß er die Funktion des Eingabeabschnitts **17** hat, der in [Fig. 1](#) gezeigt ist, und der Ereignisanalyseabschnitt **50a** ist dafür ausgelegt, daß er die Funktion des Analyseabschnitts **18a** hat.

[0254] Gemäß der Konfiguration dieser Ausführungsform ist es deshalb möglich, da die Erzeugung der Testskriptdatei und die Simulation zur gleichen Zeit durchgeführt werden können, die Zeit, die für die Erzeugung und die Änderung der Testskriptdatei erforderlich ist, und die Entwicklungszeit des Programms zu reduzieren. Weiterhin ist die Eingabe einfacher verglichen mit dem Fall, bei dem eine Testskriptdatei in einer Textdatei erzeugt wird, wodurch Fehler in Eingabefehlern reduziert werden.

[0255] Beim Betrieb jeder zuvor beschriebenen Ausführungsform wird z. B. ein einzelner numerischer Wert "4" verwendet, um die Verarbeitungszeit in der Zustandübergangsmatrix wiederzugeben. Ein Wert mit einer bestimmten Breite, der bzw. die innerhalb eines zulässigen Bereichs nach Spezifikationen zulässig ist, wie die Werte "1 bis 5", kann auch gesetzt werden und in dem Verarbeitungszeit-Speicherabschnitt gespeichert werden. Gemäß diesen Konfigurationen kann, wenn bei der Durchführung der ersten Simulation, z. B., nachdem der Simulator einen Durchschnittswert aus den Werten mit einer bestimmten zulässigen Breite gelesen hat und eine Simulation durchgeführt hat, ihr Ergebnis nicht den Spezifikationen entspricht, bei der Durchführung der zweiten Simulation durch Lesen eines Minimalwertes oder eines Maximalwertes oder eines Wertes, der statistisch aus den Werten mit einer bestimmten, zulässigen Breite ausgewählt wird, eine Simulation automatisch durchgeführt werden. Dies ermöglicht somit eine automatische Simulation, bis ihr Ergebnis die Spezifikationen einhält, ohne daß der Operator belästigt wird. Zudem kann eine akkumulierte Zeit durch Durchführen einer Simulation unter verschiedenen Bedingungen erhalten werden, z. B. nur durch Auswählen des Minimalwertes oder nur des Maximalwertes als Verarbeitungszeit oder durch ein statistisches Auswählen dieser Werte.

[0256] Im Fall, daß die Verarbeitungszeit in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, kann das gleiche Ergebnis nicht nur durch Beschreiben mit einem numerischen Wert sondern auch durch Beschreiben mit einer Variablen derart erhalten werden, daß die Verarbeitungszeit dynamisch innerhalb des Simulators geändert werden kann.

[0257] Zudem sind zwar beim Betrieb der dritten Ausführungsform die Simulationen der Operationen

von sowohl der CPU als auch dem Magnetkopf, der eine periphere Vorrichtung ist, in Durchführung in Serie gezeigt. Ihre Simulation kann jedoch auch genauso gut parallel durchgeführt werden. Dies ist möglich, da die CPU und der Magnetkopf (um genau zu sein, der LSI zum Antreiben des Magnetkopfes) unabhängig voneinander betrieben werden. und die CPU nach dem Zuführen einer Nachfrage nach dem Schreiben und Lesen zu dem Magnetkopf eine weitere Verarbeitung durchführt, bis sie ein Unterbrechungssignal von dem Magnetkopf empfängt. In den zuvor erwähnten Operationen sind ein Simulator für Operationen der CPU und ein Simulator für Operationen der peripheren Vorrichtungen separat vorgesehen und diese Simulatoren führen in Synchronisation miteinander eine Simulation durch Akkumulierung der Verarbeitungszeit durch, die für jede Zelle erforderlich ist, die in der entsprechenden Zustandübergangsmatrix beschrieben ist. Diese Konfigurationen ermöglichen eine genaue Ermittlung bzw. Abschätzung der Verarbeitungszeit auch in dem Fall, wenn eine Verarbeitung von mehreren Tasks bzw. Aufgaben gleichzeitig und parallel auftritt.

[0258] Weiterhin wird in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen die Testscriptdatei in ein Textformat wie in [Fig. 7](#) oder in einem Timingdiagrammformat wie in [Fig. 13](#) verwendet. Das Dateiformat ist jedoch nicht auf diese Fälle beschränkt und wie in [Fig. 21](#) gezeigt ist, kann die Testscriptdatei auch in einem Nachrichtensequenzdiagrammformat verwendet werden. In [Fig. 21](#) ist eine schmale vertikale Linie ein Objektbalken, gibt ein Name eines Teils oder einer Einrichtung, die von einem Rechteck an der obersten Stelle eingeschlossen ist, ein zu simulierendes oder zu verifizierendes Objekt an und ist eine dicke, vertikale Linie ein Zeitbalken, der eine Fortsetzungszeit wiedergibt.

[0259] In den Ausführungsformen, die zuvor beschrieben wurden, wird ein Ereignis in jedem Fall extern zugeführt. Durch Definieren eines Ereignisses in der Zustandübergangsmatrix im voraus kann jedoch ein Ereignis innerhalb des Simulators erzeugt werden.

[0260] Eine Vielzahl von Funktionen, die in jeder Ausführungsform beschrieben wurden, kann auch in dem Programmentwicklungssystemen der anderen Ausführungsformen verwendet werden, solange sie ihre Strukturen beibehalten.

[0261] In jeder zuvor beschriebenen Ausführungsform sind die Einrichtungen nicht auf diese beschränkt, obwohl jede Einrichtung durch Hardware ausgedrückt bzw. ausgebildet ist.

[0262] D. h., daß das vorstehende Programmentwicklungssystem derart aufgebaut sein kann, daß es die CPU, eine interne Speichervorrichtung, z. B. ei-

nen ROM oder einen RAM oder ähnliches, eine externe Speichervorrichtung, z. B. ein FDD (Floppy-Disk-Laufwerk), ein HDD (Festplattenlaufwerk) und ein CD-ROM-Laufwerk, aufweist und daß die vorstehenden Editoren **12** oder **42**, Generatoren **15** oder **47**, ein Eingabeabschnitt **17**, die Simulatoren **18** oder **50**, ein Ereigniseingabeabschnitt **49** und ähnliches durch die CPU gebildet werden oder daß diese Funktionen als das Programmentwicklungsprogramm in einem Halbleiterspeicher, z. B. einem ROM, und einem Speichermedium, z. B. einem FD, HD oder CD-ROM oder ähnlichem, gespeichert sind. In den vorstehenden Operationen dienen die internen und externen Speichervorrichtungen als die Zustandübergangs-Speicherabschnitte **13** oder **43**, die Verarbeitungszeit-Speicherabschnitte **14** oder **44**, der Speicherabschnitt **45** für zusätzliche Zeit und der Testscript-Speicherabschnitt **46** und das Programmentwicklungs-Programm wird aus dem Speichermedium in die CPU eingelesen, um diese zu steuern. Die CPU arbeitet, wenn das Programmentwicklungs-Programm aufgerufen wird, als Editoren **12** oder **42**, als Generatoren **15** oder **47**, als Eingabeabschnitt **17** oder Ereigniseingabeabschnitt **49**, als Simulatoren **18** oder **50**, die die vorstehende Verarbeitung durch die Steuerung des Programmentwicklungs-Programms durchführt.

[0263] Wie zuvor beschrieben wurde, wird gemäß den Konfigurationen der vorliegenden Erfindung, da die Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix gespeichert werden können, wobei auf deren Basis die Verarbeitungszeit, die für die Ausführung der Simulation des Systems erforderlich ist, akkumuliert werden kann, die Simulation nach Spezifikationen in der Stufe der grundlegenden Konstruktion ermöglicht werden.

[0264] Gemäß einer anderen Konfiguration der vorliegenden Erfindung wird weiterhin, da eine Simulation des Systems auf der Basis der Zustandübergangsmatrix und durch Setzen der Verarbeitungszeit für jede Verarbeitung, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, und durch Berücksichtigen der zusätzlichen Zeit und der Differenzzeit durchgeführt wird, eine realistischere Simulation auf der Stufe der grundlegenden Konstruktion ermöglicht.

[0265] Weiterhin wird gemäß einer anderen Konfiguration der vorliegenden Erfindung, da die Zustandübergangsmatrix nicht nur für Operationen des Steuerabschnitts sondern auch für Operationen von peripheren Vorrichtungen erzeugt wird und da die Simulation, die mit diesen Inhalten verbunden ist, die in der Zustandübergangsmatrix beschrieben sind, durchgeführt wird, eine realistischere Simulation auf der Stufe der grundlegenden Konstruktion ermöglicht.

[0266] Gemäß einer weiteren Konfiguration der vorliegenden Erfindung wird die Simulation genauer als die Simulation auf der Basis von Werten der Verarbeitungszeit oder der zusätzlichen Zeit ausgeführt, die aus Erfahrungen erhalten werden, und auch ein weniger erfahrener Operator kann eine genauso genaue Simulation, wie sie durch einen erfahrenen Operator erreicht wird, durchführen.

[0267] Weiterhin wird gemäß einer weiteren Konfiguration der vorliegenden Erfindung die Zeit, die unter Berücksichtigung der Unterbrechungsverarbeitung, eines Cache-Treffers einer Cache-Fehlzugriff-Verarbeitung und einer Pipelineverarbeitung berechnet, wodurch eine Simulation ermöglicht wird, die mit einer Zeit durchgeführt werden kann, die nahe an der tatsächlichen Verarbeitungszeit ist.

[0268] Zudem kann gemäß einer anderen Konfiguration der vorliegenden Erfindung die der Zeit, die von dem Operator angenommen wird, auf ihre Eignung hin überprüft oder verifiziert werden und die Genauigkeit der Annahme des Operators kann bei der nächsten Entwicklung eines Programms für das Echtzeitsteuersystem verbessert werden.

[0269] Auch ist es gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung möglich, da die Erzeugung der Testskriptdatei und die Simulation zur gleichen Zeit durchgeführt werden können, die Zeit, die für die Erzeugung und Änderung der Testskriptdatei erforderlich ist, und die Entwicklungsdauer des Programms zu reduzieren. Das Eingeben ist zudem einfacher verglichen mit dem Fall, bei dem eine Testskriptdatei in einer Textdatei erzeugt wird, wodurch Fehler beim Eingeben reduziert werden.

[0270] Nach einer weiteren Konfiguration der vorliegenden Erfindung kann eine automatische Simulation solange durchgeführt werden, bis ihr Ergebnis die Spezifikationen einhält, ohne daß dabei ein Operator belastet wird.

[0271] Gemäß einer weiteren Konfiguration der vorliegenden Erfindung ist eine genaue Ermittlung der Verarbeitungszeit auch in dem Fall der Verarbeitung mehrerer gleichzeitiger und paralleler Tasks möglich.

[0272] Dies realisiert die Verminderung einer Entwicklungsdauer eines Programms, das in einem Echtzeitsteuersystem integriert werden soll, und auch die Verbesserung der Qualität.

[0273] Es ist somit offensichtlich, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die zuvor erwähnten Ausführungsformen begrenzt ist, sondern geändert und modifiziert werden kann, ohne daß vom Bereich der Erfindung abgewichen wird.

[0274] Schließlich beansprucht die vorliegende An-

meldung die Priorität der japanischen Patentanmeldung Nr. Hei 10-189513, die am 03. Juli 1998 eingereicht wurde, die hier durch Bezugnahme aufgenommen wird.

Patentansprüche

1. Programmentwicklungssystem zur Entwicklung eines Programms, das in einem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden kann, gekennzeichnet durch

- einen Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (**13; 43**), der zwei oder mehr Zellen hat, die durch einen Zustand, der von dem Echtzeitsteuersystem verwendet wird, für welches das Programm entwickelt wird, und durch ein Ereignis bestimmt ist, das eine Erregung von außerhalb oder innerhalb dieses Echtzeitsteuersystems ist, und eine Zustandübergangsmatrix speichert, die Inhalte der Verarbeitung, die von dem Echtzeitsteuersystem durchzuführen sind, oder einen Zustand beschreibt, der dem Übergang nachfolgt;

- einen Zeitinformatoren-Speicherabschnitt (**14**) zum Speichern von Zeitinformatoren entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix; und
- einen Simulator (**18; 50**) zum Erhalten von Verarbeitungszeit, die für eine Simulation von Operationen des Echtzeitsteuersystems erforderlich ist, durch Akumulieren von Zeitinformatoren entsprechend einer Zelle, die durch Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden und einen Zustand, der als Anfangszustand eingegeben wird, oder durch Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden, einen Zustand, der als Anfangszustand eingegeben wird und durch einen Zustand, der dem Übergang nachfolgt, sequentiell bestimmt ist, wobei der Simulator (**18; 50**) einen Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c; 50c**) aufweist.

2. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass es mit einem Eingabeabschnitt (**17**) versehen ist, zum Detektieren der Bestimmung jeder der Anzeigepositionen, die jeweils zwei oder mehr Ereignissen oder Zuständen entsprechen, die die Zustandübergangsmatrix bilden, die in dem Anzeigeabschnitt (**11a; 41a**) angezeigt wird, und zum Eingeben der Positionsinformationen über die Anzeigepositionen in den Simulator (**18; 50**), wobei der Simulator (**18; 50**) folgendes aufweist:

- eine Analyse (**18a; 50a**), um die Positionsinformation, die durch den Eingabeabschnitt (**17**) eingegeben werden, in einen Ereigniscode oder Zustandscode entsprechend dem Anzeigeabschnitt (**11a; 41a**) umzuwandeln;

- einen Zustandsspeicherabschnitt (**18d; 50d**) zum Speichern eines Zustands entsprechend dem Zustandscode oder eines Zustands, der dem Übergang nachfolgt, der in jeder Zelle beschrieben ist,;

- den Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c; 50c**) zum Akumulieren der Zeitinformatoren und einen Zu-

standübergangs-Beurteilungsabschnitt (**18b**; **50b**) zum Speichern eines Zustands entsprechend dem Zustandscode als den Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**) und zum Bestimmen einer entsprechenden Zelle auf der Basis eines Ereignisses entsprechend dem Ereigniscode und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**) gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (**13**; **43**) gelesen wird, und, nach dem Lesen von Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle, zum Speichern der Informationen in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c**; **50c**), und weiterhin, nach dem Lesen des Zustands nach dem Übergang, der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, zum Speichern dieses Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**).

3. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es mit einem Ereigniseingabeabschnitt (**49**) versehen ist, zum Eingeben des Anfangszustands und einer Testskriptdatei, die den Auftrittszeitpunkt jedes Ereignisses, das in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder des Timings in Operationen zum Bilden von Faktoren des Echtzeitsteuersystems beschreibt, die nach Spezifikationen durchzuführen sind, in den Simulator (**18**; **50**) versehen ist, wobei der Simulator (**18**; **50**) folgendes aufweist:

- eine Ereignisanalyse (**18a**; **50a**), um eine Ereigniseingabesequenz zu erzeugen, die durch Neuordnen in der Reihenfolge der Auftrittszeit von zwei oder mehr Ereignissen in einer Testskriptdatei erhalten wird, die durch den Ereigniseingabeabschnitt (**49**) eingegeben wird;
- einen Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**) zum Speichern des Anfangszustands oder eines Zustands, der dem Übergang nachfolgt und der in jeder Zelle beschrieben ist;
- den Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c**; **50c**) zum Akkumulieren der Zeitinformationen und einen Zustandübergangs-Beurteilungsabschnitt (**18b**; **50b**) zum Speichern des Anfangszustands in einem Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**) und zum Beurteilen einer Zelle auf der Basis eines zu holenden Ereignisses in der Reihenfolge einer früheren Zeit aus der Ereigniseingabesequenz und des Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**) gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (**13**; **43**) gelesen wird und, nach Lesen von Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**14**), zum Akkumulieren dieser in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c**; **50c**) und, nach dem Lesen eines Zustands, der dem Übergang nachfolgt und in der bestimmten Zelle beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt

(**13**; **43**), zum Speichern dieses Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt (**18d**; **50d**).

4. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Testskriptdatei-Erzeugungsabschnitt (**72**) aufweist, zum Erzeugen der Testskriptdatei aus History-Daten der Ausführung der Simulation, die durch den Simulator (**18**; **50**) auf der Basis des Anfangszustands, der durch Manipulation eines Betriebsabschnitts eingegeben wird, und von zwei oder mehr Ereignissen durchgeführt wird.

5. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Simulator (**18**; **50**) mit einem Zeitvergleichsabschnitt (**50e**) versehen ist, der dafür ausgelegt ist, die akkumulierte Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c**; **50c**) gespeichert ist, von der Auftrittszeit des Ereignisses zu subtrahieren, und zum Addieren, wenn ein positives Ergebnis durch die Subtraktion erhalten wird, des Subtraktionsergebnisses als Differenzzeit, die eine Differenz zwischen der Verarbeitungszeit, die für die Befehle zum Verarbeiten der Operationen der peripheren Vorrichtungen von einem Steuerabschnitt (**21**) erforderlich ist, der das Echtzeitsteuersystem bildet, und der Verarbeitungszeit ist, die für Operationen der peripheren Vorrichtungen erforderlich ist, die in Übereinstimmung mit den Verarbeitungsbefehlen durchgeführt werden, zu der akkumulierten Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (**18c**; **50c**) gespeichert ist.

6. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (**13**; **43**) eine Zustandübergangsmatrix der Operationen eines Steuerabschnitts (**21**), der das Echtzeitsteuersystem bildet, und einer Zustandübergangsmatrix von Operationen peripherer Vorrichtungen, die durch den Steuerabschnitt (**21**) gesteuert werden, speichert, wobei der Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**14**) Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts (**21**) und Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen speichert und wobei der Simulator (**18**; **50**) einen ersten Simulator zum Akkumulieren von Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts (**21**) und einen zweiten Simulator zum Akkumulieren von Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen unabhängig von dem ersten Simulator aufweist.

7. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch:

- einen Generator (**15**; **47**) zum Erzeugen eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das als Programm in dem Echtzeitsteuersystem auf der Basis der Zustandübergangsmatrix eingebaut wird;

- einen Compiler (**62**) zum Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in Maschinensprache geschrieben ist; und
- einen ersten Berechnungsabschnitt (**64**) zum Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle durch Multiplizieren einer Betriebsgeschwindigkeit des Steuerabschnitts (**21**), der das Echtzeitsteuersystem bildet, mit Codezahlen einer Maschinensprache, die das Objektprogramm bildet, entsprechend der Verarbeitung, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder des Übergangs vor und nach ihr.

8. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch:

- einen Generator (**15; 47**) zum Erzeugen eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das als Programm in das Echtzeitsteuersystem auf der Basis der Zustandübergangsmatrix eingebaut wird;
- einen Compiler (**62**) zum Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in der Maschinensprache geschrieben ist;
- einen In-Circuit-Emulator (**65**) oder einen Code-Simulator, der dafür ausgelegt ist, das Objektprogramm auszuführen, damit eine Verarbeitung von fast den gleichen wie den tatsächlichen Operationen des Echtzeitsteuersystems ermöglicht wird; und
- einen zweiten Berechnungsabschnitt (**66**) zum Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix auf der Basis einer Ausführungszeit, die durch die Ausführung des Objektprogramms durch den In-Circuit-Emulator (**65**) oder den Code-Simulator erhalten wird.

9. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**14**) mindestens zwei Abschnitte aufweist:

- einen ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**44**) zum Speichern von Zeitinformationen, die durch Manipulation des Steuerabschnitts (**21**) eingegeben werden, entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix;
- einen zweiten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**44a**) zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den ersten Berechnungsabschnitt (**64**) berechnet werden, entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix; oder
- einen dritten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**44b**) zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den zweiten Berechnungsabschnitt (**66**) entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden, und einen Vergleichsabschnitt (**67**), der an den Simulator (**50**) angepasst ist, zum Vergleichen der akkumulierten Ergebnisse, die durch Akkumulieren der entsprechenden Zeitinformationen zum Zeitpunkt der Simulation auf der Basis von Zeit-

informationen erhalten werden, die in zumindest zwei Abschnitten aus den Zeitinformationen-Speicherabschnitten (**44, 44a, 44b**) gespeichert sind.

10. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**14**) oder der erste Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**44**) Zeitinformationen als Werte mit einer bestimmten Breite oder Variablen in Übereinstimmung mit einem zulässigen Bereich in Spezifikationen des Echtzeitsteuersystems speichert, wobei der Simulator (**18; 50**) dafür ausgelegt ist, den Maximalwert, den Minimalwert, Durchschnittswerte oder Werte, die statistisch aus Werten mit einer bestimmten Breite ausgewählt werden, zu lesen, wenn Zeitinformationen entsprechend einer spezifizierten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**14**) oder dem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (**44**) gelesen werden, oder die Zeitinformationen zu ändern, die in Übereinstimmung mit den Variablen zu akkumulieren sind.

11. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Testskriptdatei in einem Timingdiagrammformat, einem Textformat oder einem Nachrichtensequenzdiagrammformat ist.

12. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitinformationen eine Verarbeitungszeit sind, die für die Verarbeitung erforderlich ist, die in einer entsprechenden Zelle beschrieben ist.

13. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitinformationen aus der Verarbeitungszeit und einer zusätzlichen Zeit bestehen, die für den Übergang von einem Zustand oder einer Verarbeitung in einen anderen Zustand oder eine andere Verarbeitung erforderlich ist.

14. Programmentwicklungssystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche Zeit konstant ist oder in Abhängigkeit von jeder Zelle oder jedem Übergang variiert.

15. Verfahren zum Entwickeln eines Programms, das in einem Echtzeitsteuersystem eingebaut werden kann, gekennzeichnet durch die vorliegenden Schritte:

- Verwenden eines Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitts (**13; 43**), der zwei oder mehr Zellen hat, die durch einen Zustand, der von dem Echtzeitsteuersystem verwendet wird, für das das Programm entwickelt wird, und durch ein Ereignis bestimmt sind, das eine Erregung von außerhalb oder innerhalb des Echtzeitsteuersystems ist, und der eine Zustandübergangsmatrix speichert, die Inhalte der Verarbeitung, die durch das Echtzeitsteuersystem ausgeführt

werden soll, oder einen Zustand beschreibt, der dem Übergang nachfolgt;

- Verwenden eines Zeitinformationen-Speicherabschnitts (14) zum Speichern von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix; und
- Erhalten der Verarbeitungszeit, die für eine Simulation der Operationen des Echtzeitsteuersystems erforderlich ist, durch Akkumulieren von Zeitinformation entsprechend einer Zelle, die durch Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden und einen Zustand, der als Anfangszustand eingegeben wird, oder durch Ereignissen, die sequentiell eingegeben werden, einen Zustand, der als Anfangszustand eingegeben wird und durch einen Zustand, Übergang nachfolgend dem Übergang, bestimmt wird.

16. Verfahren zum Entwickeln eines Programms gemäß Anspruch 15, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Verwenden eines Eingabeabschnitts (17) zum Detektieren der Bestimmung bzw. des Ortes jeder der Anzeigepositionen, die jeweils zwei oder mehr Ereignissen oder Zuständen entsprechen, die die Zustandübergangsmatrix bilden, die in dem Anzeigebereich (11a; 41a) angezeigt wird, und zum Eingeben der Positionsinformation über die Anzeigepositionen in dem Simulator (18; 50);
- Umwandeln der Positionsinformationen, die durch den Eingabeabschnitt (17) eingegeben werden, in einen Ereigniscode oder einen Zustandscode, der der Anzeigeposition entspricht;
- Speichern eines Zustands entsprechend dem Zustandscode als Anfangszustand in dem Zustandsspeicherabschnitt (18d; 50d);
- Bestimmen einer Zelle auf der Basis eines Ereignisses entsprechend dem Ereigniscode und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt (18d; 50d) gespeichert ist, und unter Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die von dem Zustandübergang-Speicherabschnitt ausgelesen wird;
- Lesen von Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt (14) und Akkumulieren dieser Informationen in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (18c; 50c); und
- Lesen eines Zustands nach dem Übergang, der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (13; 43) und Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt (18d; 50d).

17. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Verwenden eines Ereigniseingabeabschnitts (49) zum Eingeben des Anfangszustands und einer Testskriptdatei, die den Zeitpunkt des Auftretens jedes Ereignisses, das in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder das Timing in Operationen von

grundlegenden Faktoren des Echtzeitsteuersystems beschreibt, die nach Spezifikationen durchzuführen sind;

- Erzeugen einer Ereigniseingabesequenz, die durch Neuordnen in der Reihenfolge der Auftretenszeit von zwei oder mehr Ereignissen in einer Testskriptdatei erhalten wird, die durch den Ereigniseingabeabschnitt (49) eingegeben wird;
- Speichern des Anfangszustands in einem Zustandsspeicherabschnitt (18d; 50d);
- Bestimmen einer entsprechenden Zelle auf der Basis eines Ereignisses, das in der Reihenfolge einer früheren Zeit aus der Ereigniseingabesequenz geholt wird, und eines Zustands, der in dem Zustandsspeicherabschnitt (18d; 50d) gespeichert ist, und durch Bezugnahme auf eine Zustandübergangsmatrix, die aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (13; 43) ausgelesen wird;
- Lesen von Zeitinformationen entsprechend der bestimmten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt (14) und Akkumulieren der Informationen von einem Zeitakkumulierungsabschnitt (18c; 50c); und
- Lesen eines Zustands, der einem Übergang folgt und der in der bestimmten Zelle beschrieben ist, aus dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (13; 43) und Speichern des Zustands in dem Zustandsspeicherabschnitt (18d; 50d).

18. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch den Schritt:

- Erzeugen der Testskriptdatei aus History-Daten der Ausführung der Simulation, die von dem Simulator (18; 50) auf der Basis des Anfangszustands, der durch Manipulation eines Betriebsabschnittes eingegeben wird, und von zwei oder mehr Ereignissen durchgeführt wird.

19. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die Schritte:

- Subtrahieren von akkumulierter Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (18c; 50c) gespeichert ist, von der Auftretenszeit des Ereignisses und, wenn ein positives Ergebnis durch die Subtraktion erhalten wird; und
- Addieren des Subtraktionsergebnisses als eine Differenzzeit, die eine Differenz zwischen einer Verarbeitungszeit, die für Befehle zwischen einer Verarbeitung von peripheren Vorrichtungen von einem Steuerabschnitt (21) erforderlich ist, der das Echtzeitsteuersystem bildet, und einer Verarbeitungszeit ist, die für Operationen von peripheren Vorrichtungen erforderlich ist, die in Übereinstimmung mit den Verarbeitungsbefehlen durchgeführt werden, zu der akkumulierten Zeit, die gegenwärtig in dem Zeitakkumulierungsabschnitt (18c; 50c) gespeichert ist.

20. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Speichern einer Zustandübergangsmatrix von Operationen eines Steuerabschnitts (21), der das Echtzeitsteuersystem bildet, und einer Zustandübergangsmatrix von Operationen von peripheren Vorrichtungen, die durch den Steuerabschnitt (21) gesteuert werden, in dem Zustandübergangsmatrix-Speicherabschnitt (13; 43);
- Speichern von Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts (21) und von Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen in dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt (14); und
- Akumulieren von Zeitinformationen über Operationen des Steuerabschnitts (21) und Akumulieren von Zeitinformationen über Operationen der peripheren Vorrichtungen unabhängig von diesen Schritten.

21. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Erzeugen eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das als Programm in das Echtzeitsteuersystem eingebaut werden soll, auf der Basis der Zustandübergangsmatrix;
- Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in einer Maschinensprache geschrieben ist; und
- Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle durch Multiplizieren einer Betriebsgeschwindigkeit bzw. Betriebszeit des Steuerabschnitts (21), der das Echtzeitsteuersystem bildet, mit Codezahlen bzw. Codeanzahlen einer Maschinensprache, die das Objektprogramm bildet, entsprechend der Verarbeitung, die in jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix beschrieben ist, oder dem Übergang vor und nach ihr.

22. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Erzeugen eines Quellenprogramms, das in einer Programmiersprache geschrieben ist und das als Programm in dem Echtzeitsteuersystem integriert werden soll, auf der Basis der Zustandübergangsmatrix;
- Umwandeln des Quellenprogramms in ein Objektprogramm, das in einer Maschinensprache geschrieben ist;
- Ausführen des Objektprogramms; und
- Berechnen von Zeitinformationen entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix auf der Basis einer Ausführungszeit, die durch die Ausführung des Objektprogramms erhalten wird.

23. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Verwenden des Zeitinformationen-Speicherabschnitts (14), der aufweist zumindest zwei aus einem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (44) zum Speichern von Zeitinformationen, die durch Manipulieren des Steuerabschnitts (21) entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix eingegeben werden, einem zweiten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (44a) zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den ersten Berechnungsabschnitt (64) entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden, oder einem dritten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (44b) zum Speichern von Zeitinformationen, die durch den zweiten Berechnungsabschnitt (66) entsprechend jeder Zelle in der Zustandübergangsmatrix berechnet werden; und
- Vergleichen der akkumulierten Ergebnisse, die durch Akumulieren der entsprechenden Zeitinformationen zum Zeitpunkt der Simulation auf der Basis der Zeitinformationen erhalten werden, die in zumindest zwei aus den Zeitinformationen-Speicherabschnitten (44, 44a, 44b) gespeichert sind.

24. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Verwenden des Zeitinformationen-Speicherabschnitts (14) oder des ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitts (44), die Zeitinformationen als Werte mit einer bestimmten Breite oder Variablen in Übereinstimmung mit einem zulässigen Minimalwert, von Durchschnittswerten oder von Werten speichern, die statistisch aus den Werten mit einer bestimmten Breite ausgewählt werden, wenn Zeitinformationen entsprechend einer spezifizierten Zelle aus dem Zeitinformationen-Speicherabschnitt (14) oder dem ersten Zeitinformationen-Speicherabschnitt (44) ausgelesen werden, oder Ändern von Zeitinformationen, die in Übereinstimmung mit den Variablen akkumuliert werden.

25. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:

- Verwenden der Testskriptdatei, die in einem Timingdiagrammformat, in einem Textdateiformat oder in einem Nachrichtensequenzdiagrammformat ist.

26. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:

- Verwenden der Zeitinformationen, die die Verarbeitungszeit ist, die zur Ausführung der Verarbeitung erforderlich ist, die in der entsprechenden Zelle beschrieben ist.

27. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:

- Verwenden der Zeitinformationen, die die zusätzliche Zeit sind, die für den Übergang von einem Zu-

stand oder einer – Verarbeitung zu einem anderen Zustand oder einer anderen Verarbeitung erforderlich ist.

28. Verfahren zum Entwickeln eines Programms nach Anspruch 27, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:

– Verwenden der zusätzlichen Zeit, die konstant ist oder in Abhängigkeit von jeder Zelle oder jedem Übergang variiert.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

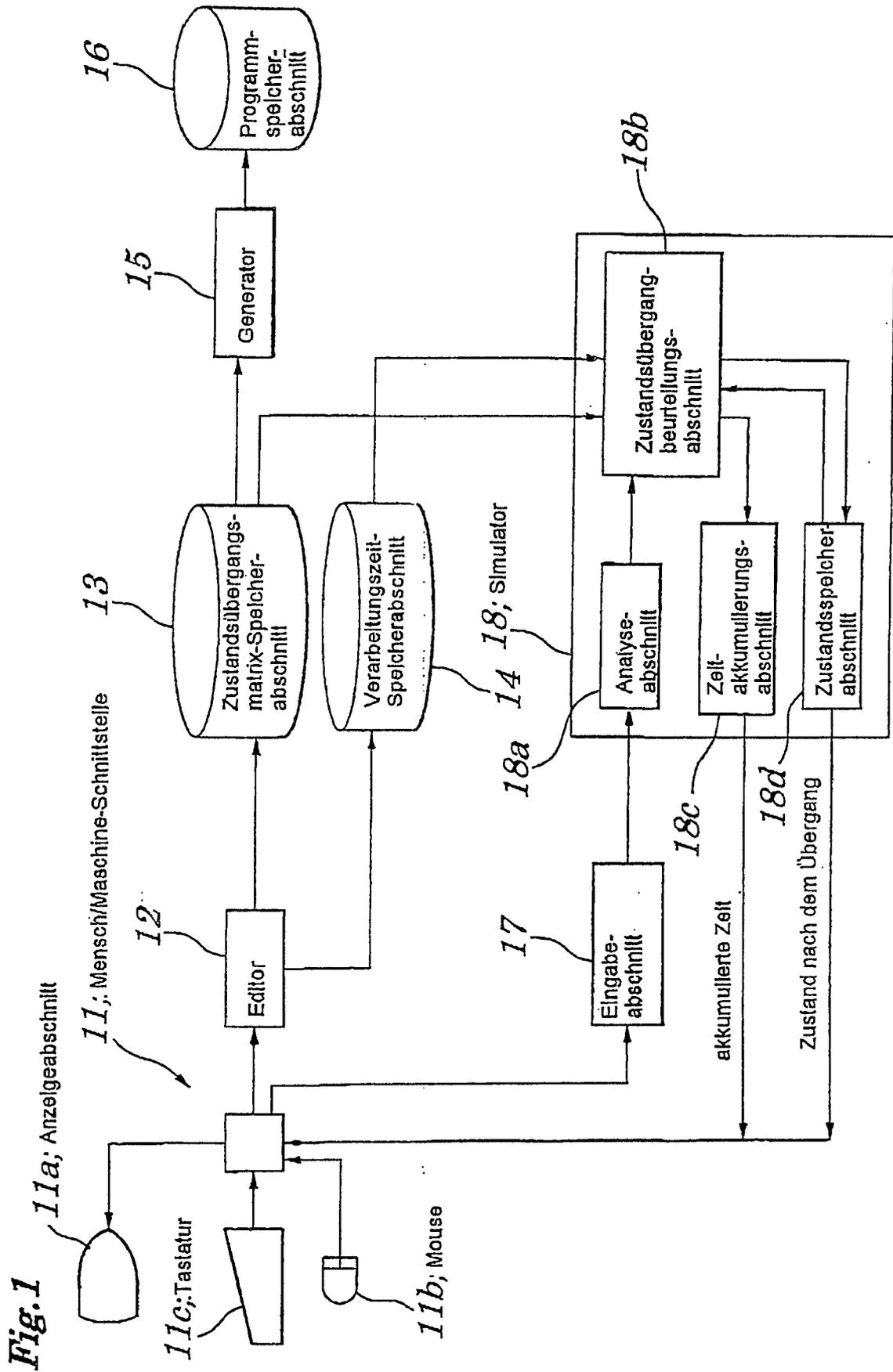


Fig.2

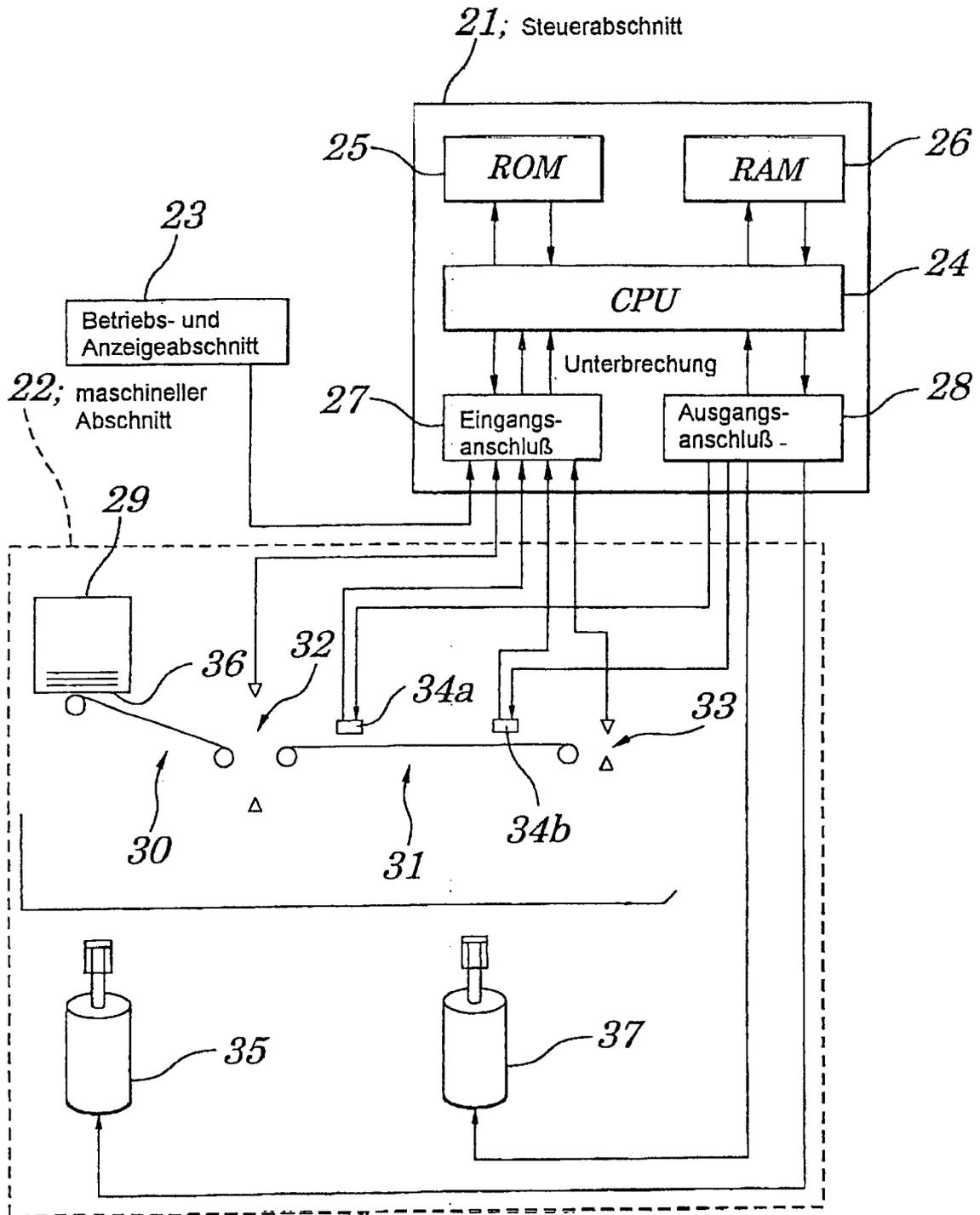


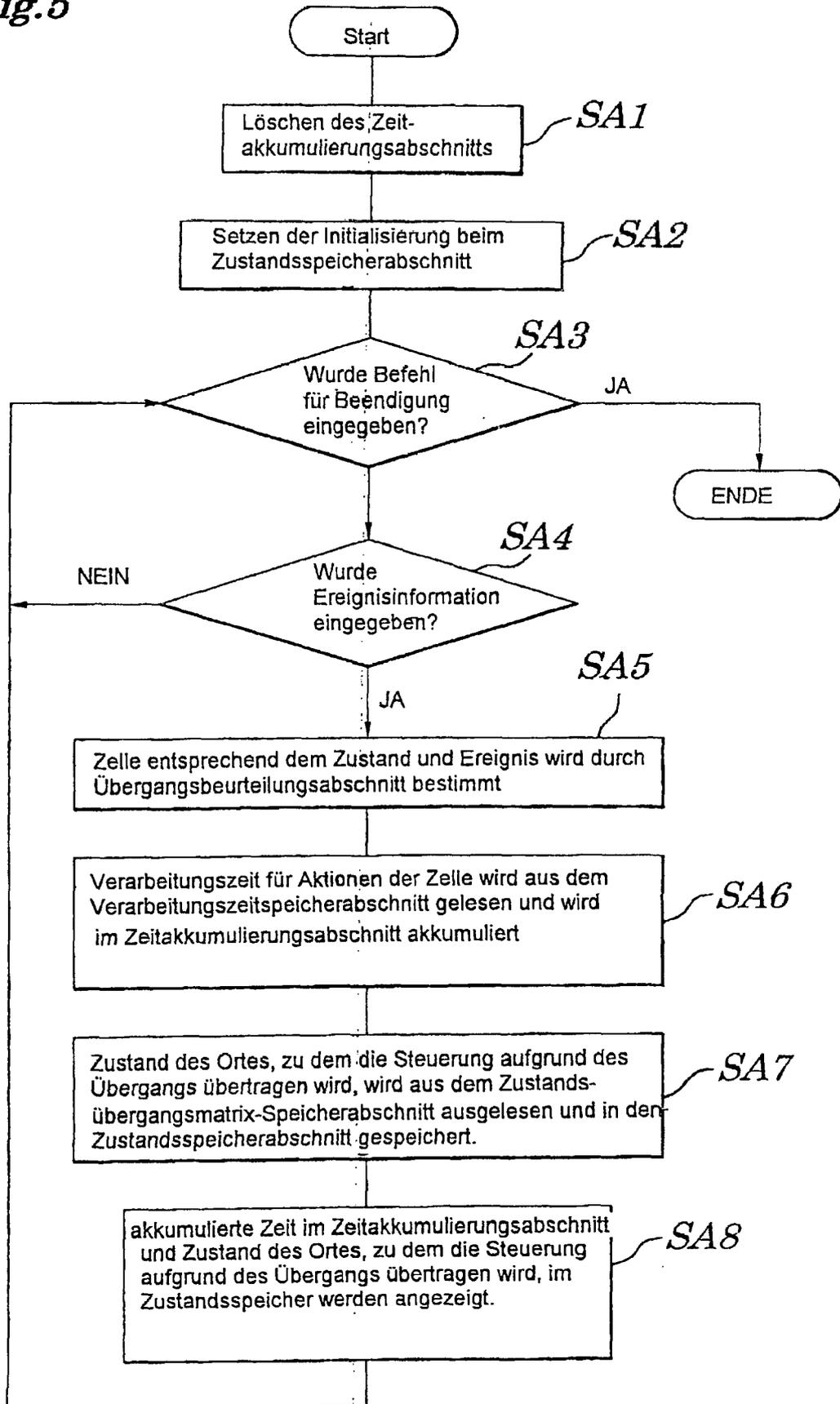
Fig. 3

		Motor A	Motor B		
			Beim Schreiben	Beim Lesen	S2 Warten
		1	2	3	4
Kartenausgabenachfrage	1	Motor A: EIN (0,5)	Fehlernachricht => (1)	Fehlernachricht => (1)	/
S1:AUS->EIN	2	Motor A: AUS Motor B: EIN Schreiben => Beim Schreiben (4)	/	/	/
Schreiben	OK	/	Lesen => Beim Lesen (1)	Fehler Rücksetzen Lesen => (2)	/
	NG	/	Schreiben => (3)	Fehler Rücksetzen Lesen => (2)	/
Lesen	OK	/	Fehler Rücksetzen Schreiben => (4)	=> S2 Warten	/
	NG	/	Fehler Rücksetzen Schreiben => (4)	Lesen => (1)	/
S2:EIN->AUS	7	/	/	/	Motor B: AUS => Motor A (0,5)

Fig. 4

		Motor B				Simulation	
		Motor A	Beim Schreiben	Beim Lesen	S4 Warten	Start	Ende
	EX	1	2	3	4		
Kartenausgabefrage	1	Motor A: EIN (0,5)	Fehlernachricht (1)	Fehlernachricht (1)	/		
▼	2	Motor A: AUS Motor B: EIN Schreiben => Beim Schreiben (4)	/	/	/		
S2: AUS->EIN							gegenwärtiger Zustand
Schreiben	OK	/	Lesen => Beim Lesen (1)	Fehler Rücksetzen Lesen => (2)	/		Motor B: Beim Schreiben
	NG	/	Schreiben => (3)	Fehler Rücksetzen Lesen => (2)	/		
Lesen	OK	/	Fehler Rücksetzen Schreiben => (4)	=> S4 Warten	/		Zeit akkumuliert bis zur gegenwärtigen Zeit
	NG	/	Fehler Rücksetzen Schreiben => (4)	Lesen => (1)	/		4ms
S4: AUS->EIN	7	/	/	/	Motor B: AUS => Motor A (0,5)		

Fig.5



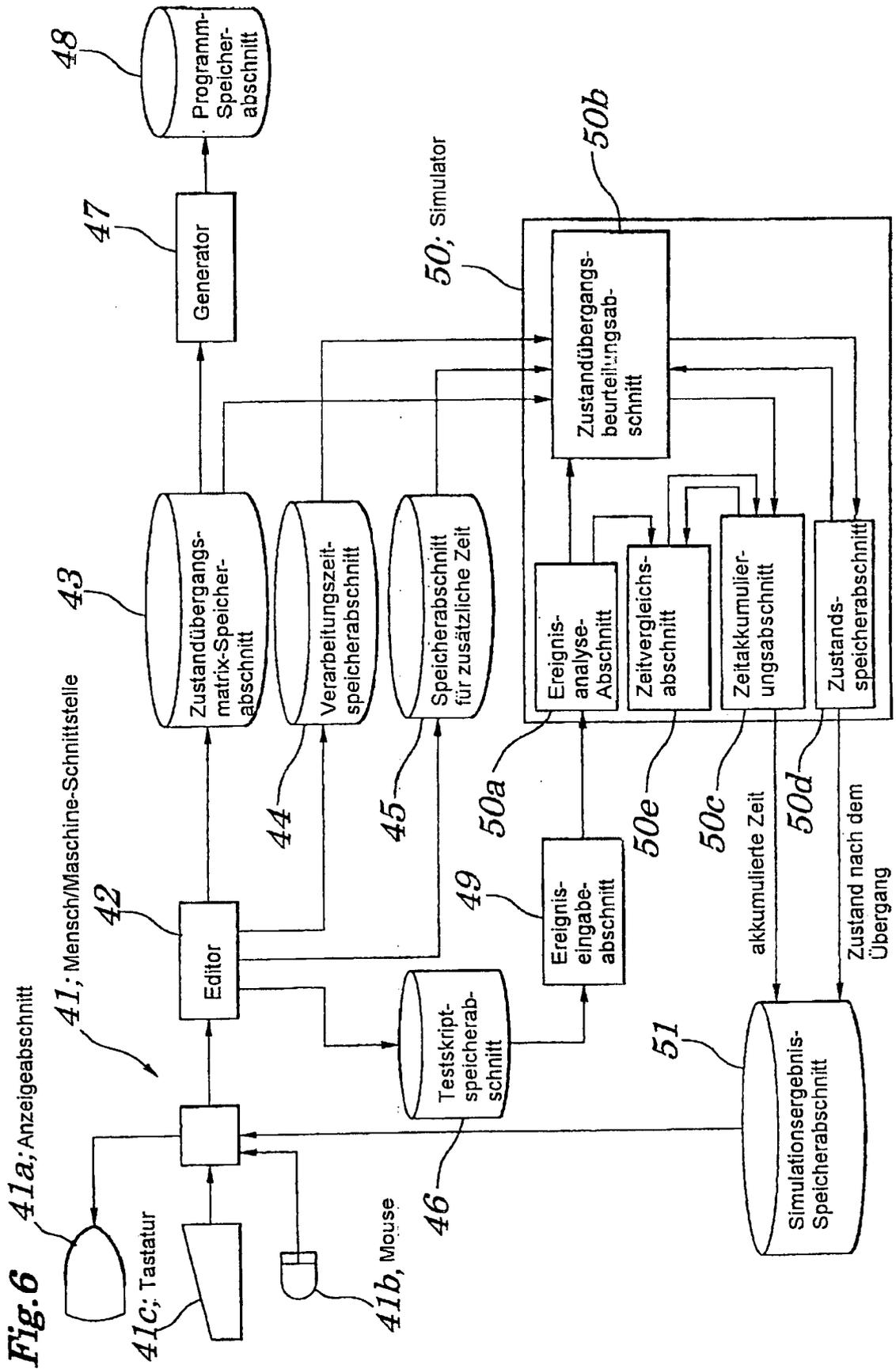


Fig. 7

Anfangszustand: *ST1*

Ereignis : *C_RQ*

Eigenschaft : *TEST*

Zeit : *ABS(0)*

Von: Kartennachfragetaste

Zu: Karten-Task

Objekt : *S1*

Eigenschaft : *TEST*

Zeit : *ABS*

Zustandsänderung: 0(AUS) -> 5(EIN) -> 6(AUS)

Objekt : *S2*

Eigenschaft: *TEST*

Zeit : *ABS*

Zustandsänderung: 0(AUS) -> 15(EIN) -> 16(AUS)

.

.

.

Objekt: Motor A

Eigenschaft: Verifizieren

Zeit : *ABS*

Zustandsänderung: 0(EIN) -> 5(AUS)

Objekt: Motor B

Eigenschaft: Verifizieren

Zeit: *ABS*

Zustandsänderung: 0(AUS) -> 5(EIN) -> 14-16(AUS)

Fig. 8

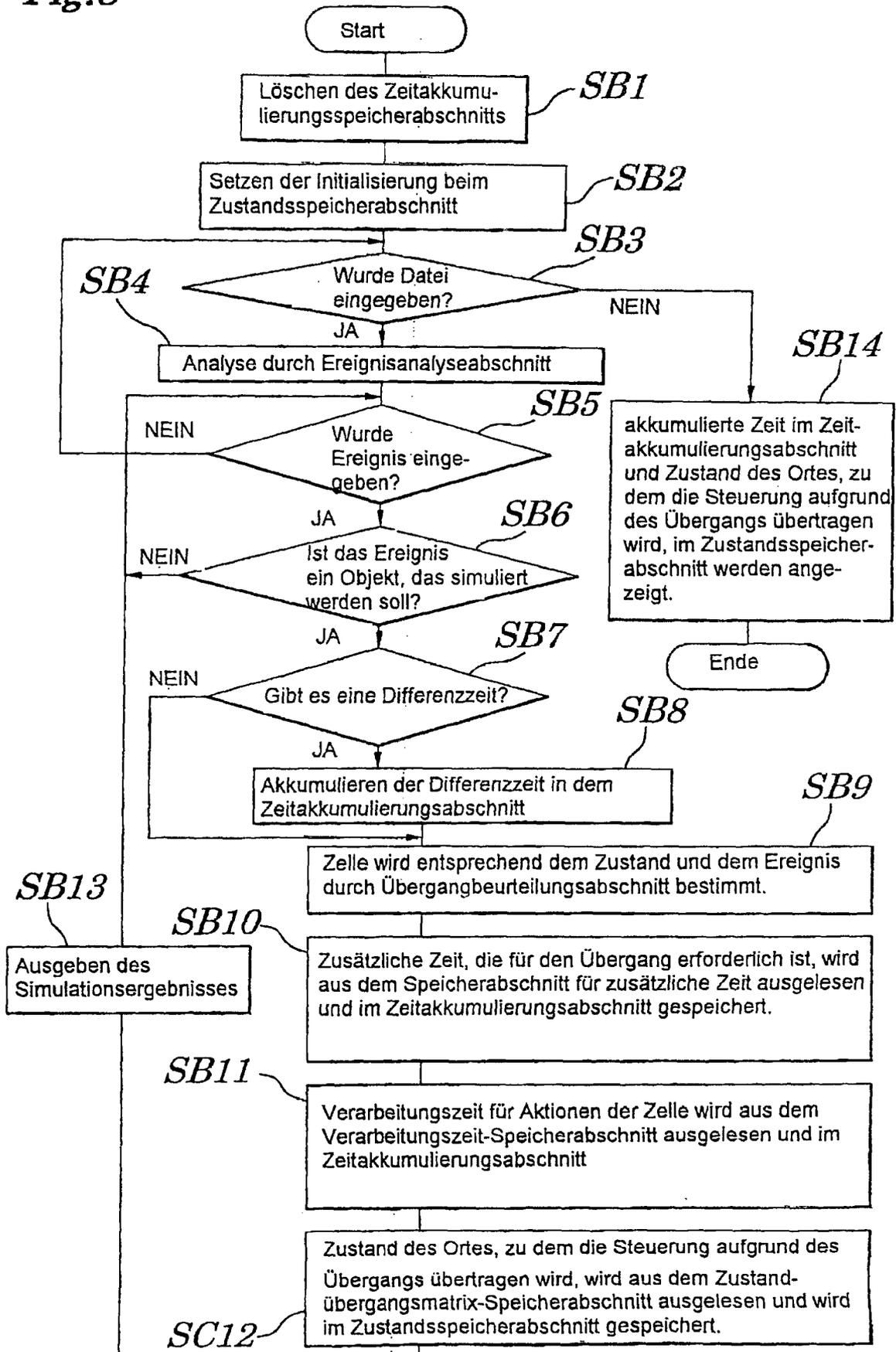


Fig.9

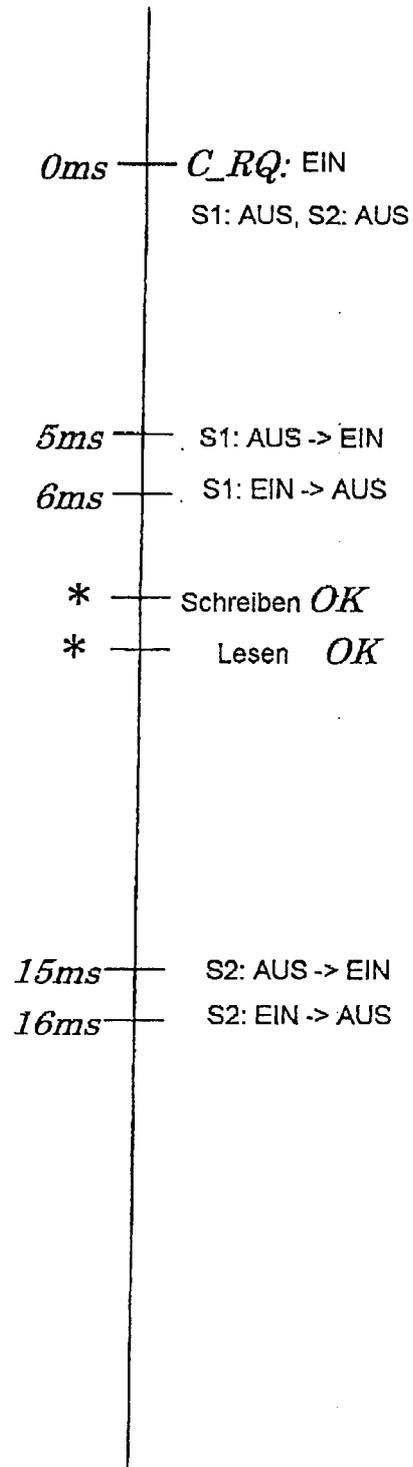


Fig. 10

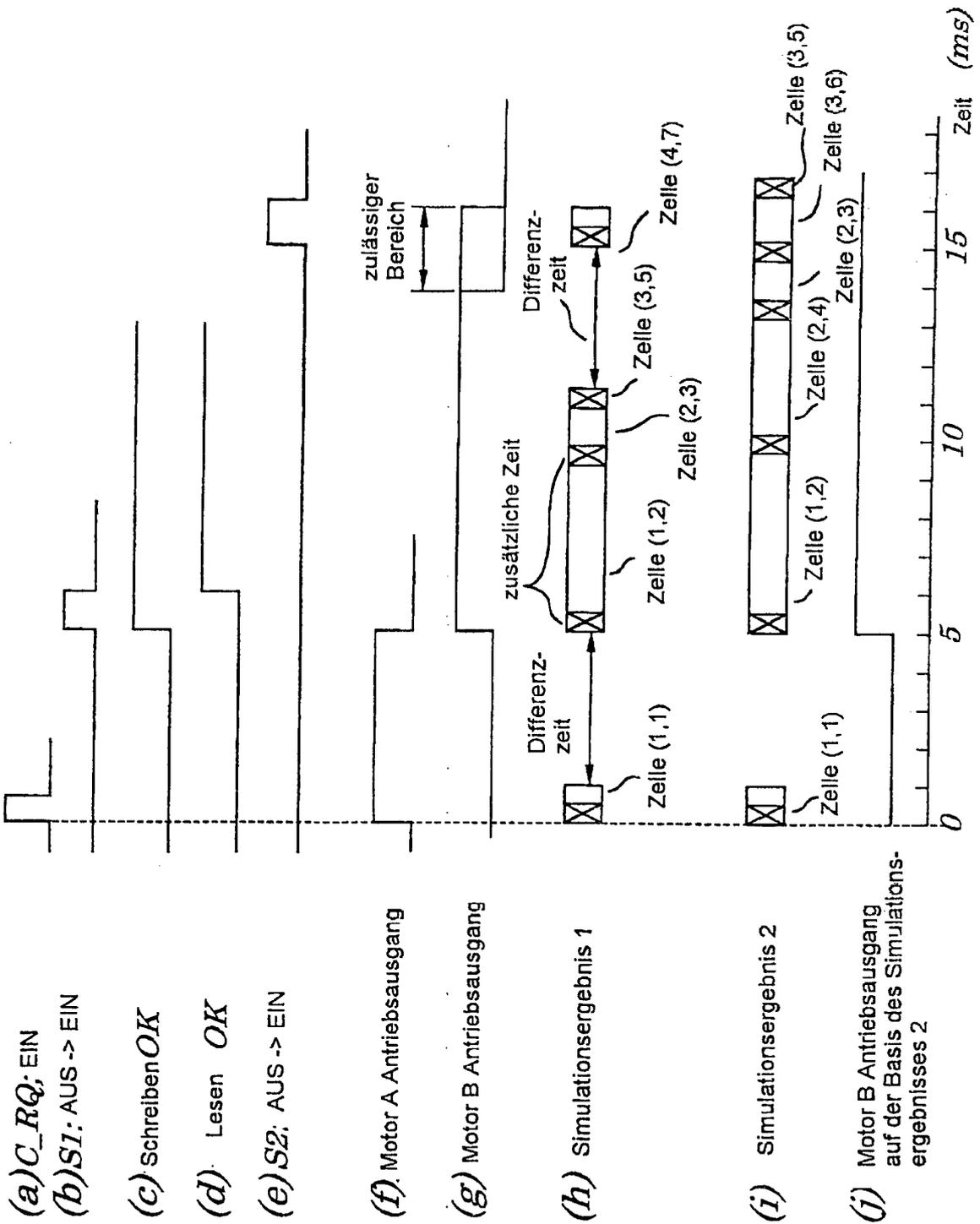


Fig.11

		Bereitschaftszustand für Nachfrage	Beim Schreiben	Beim Lesen
	S E	1	2	3
Schreiben	1	Schreiben Starten => beim Schreiben Schreiben vollständig Setzen (1)	Fehlerrückgabe =>- (0.5)	Fehlerrückgabe =>- (0.5)
Lesen	2	Lesen Starten => Beim Lesen Lesen vollständig Setzen (1)	Fehlerrückgabe =>- (0.5)	Fehlerrückgabe =>- (0.5)
Schreiben vollständig	3	×	Datenkennzeichen Setzen Schreiben vollständig => Bereit- schaftszustand für (1) Nachfrage	/
Lesen vollständig	4	×	/	Datenkennzeichen Setzen Lesen voll- ständig => Bereit- schaftszustand für Nachfrage (1)

Fig.12

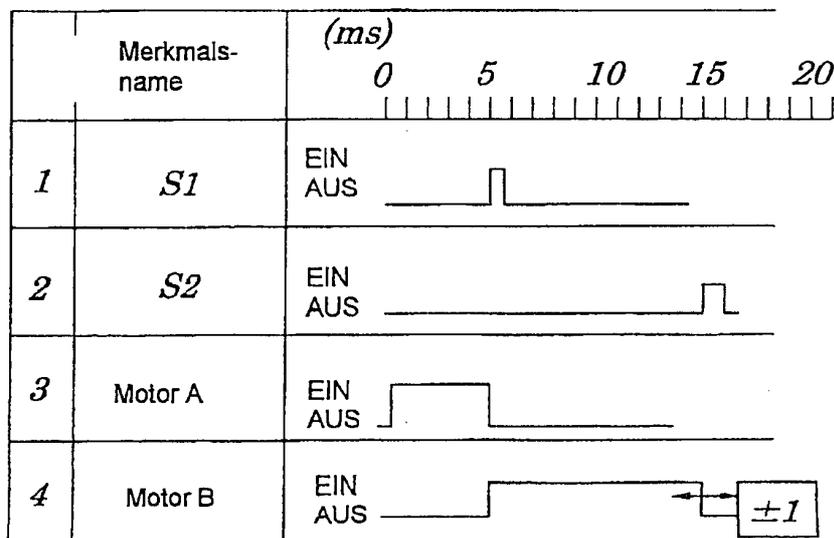


Fig.13

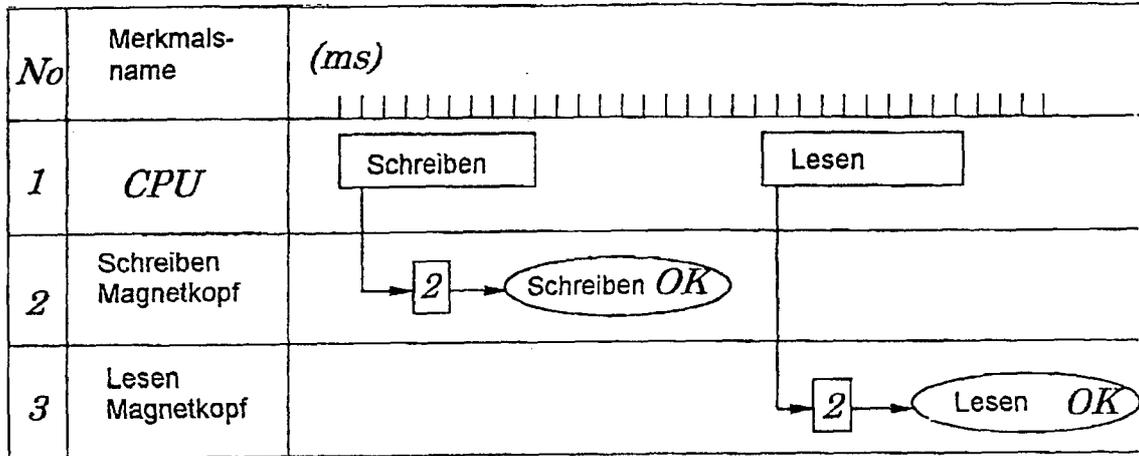


Fig.14

45

		Motor A	Motor B		
			Beim Schreiben	Beim Lesen	S2 Bereit-schaftszustand
Nachfrage nach Kartenausgabe		0,2/0,3	0,1/0,1	0,1/0,1	/
S1: AUS -> EIN		0,2/0,3			/
Schreiben	OK	/	0,2/0,2	0,4/0,5	/
	NG	/	0,6/0,8	0,4/0,5	/
Lesen	OK	/	0,4/0,5	0,2/0,3	/
	NG	/	0,4/0,5	0,5/0,7	/
S2: AUS -> EIN		/	/	/	0,2/0,2

Fig. 15

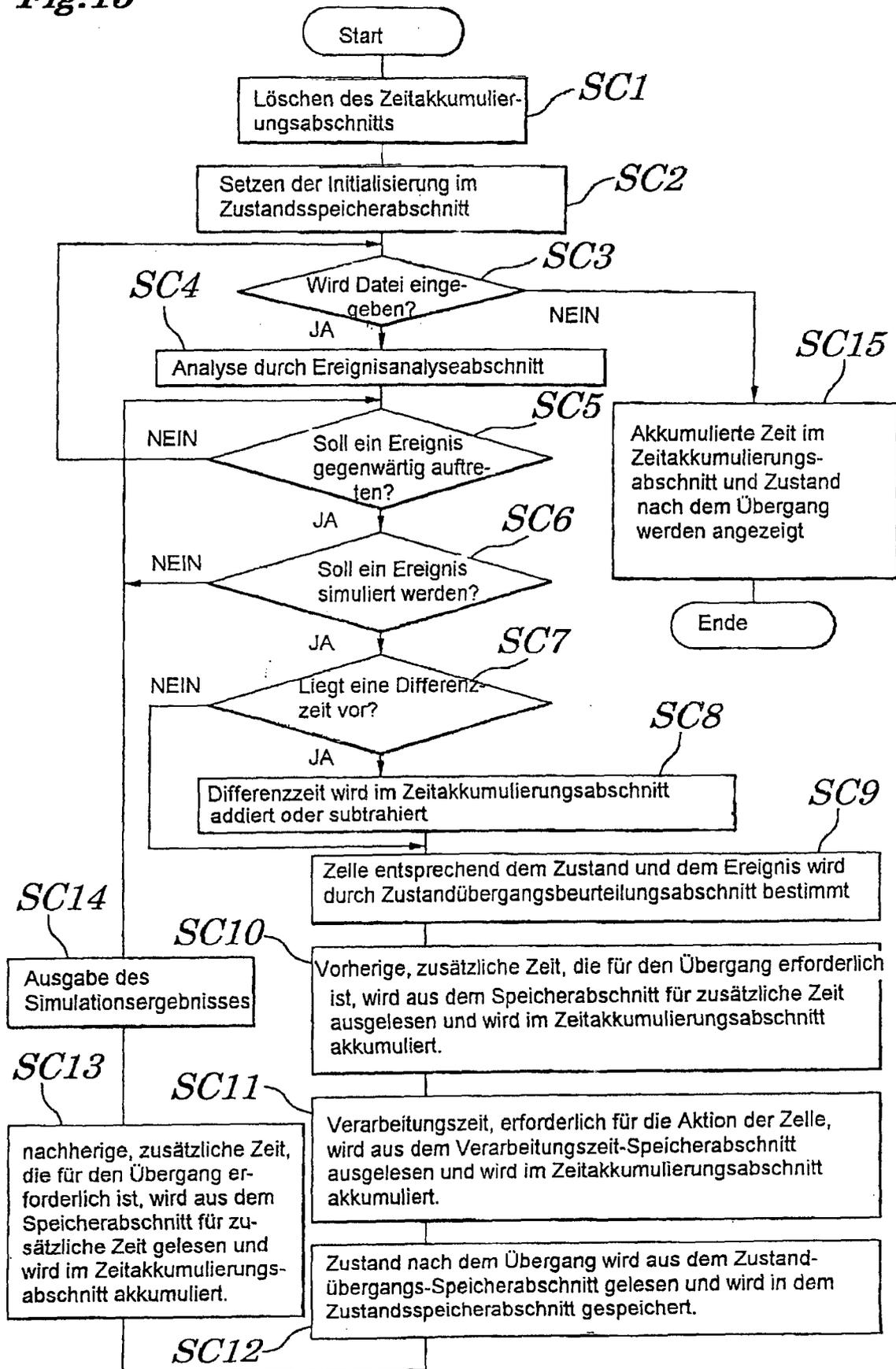


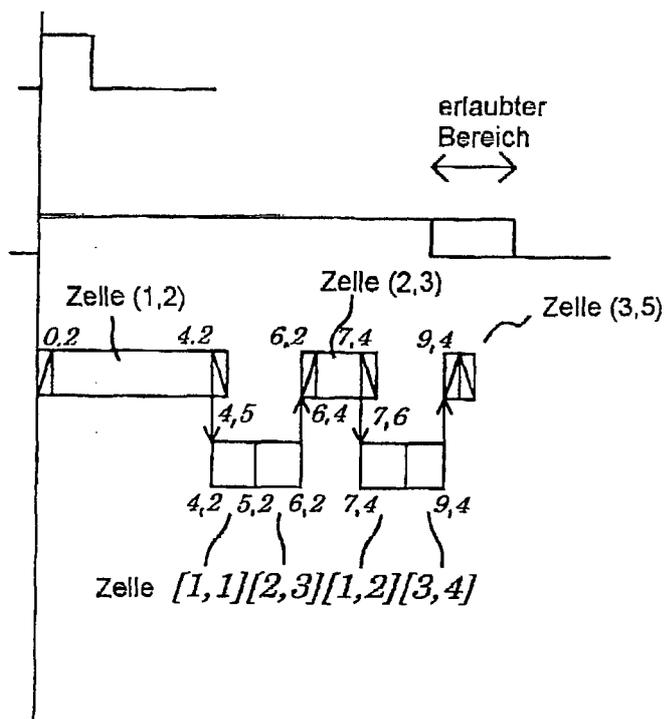
Fig.16

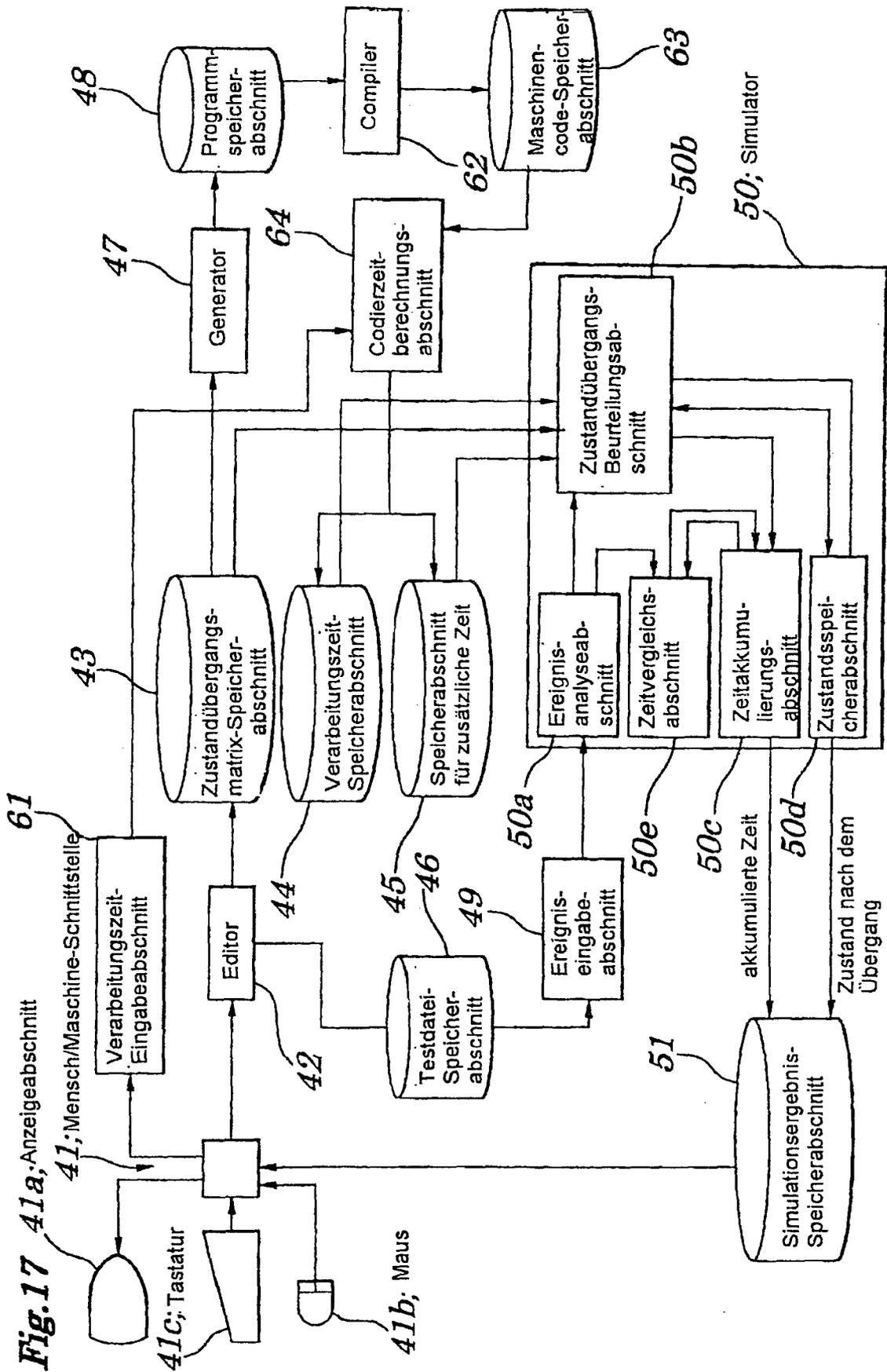
(a) S1: AUS -> EIN

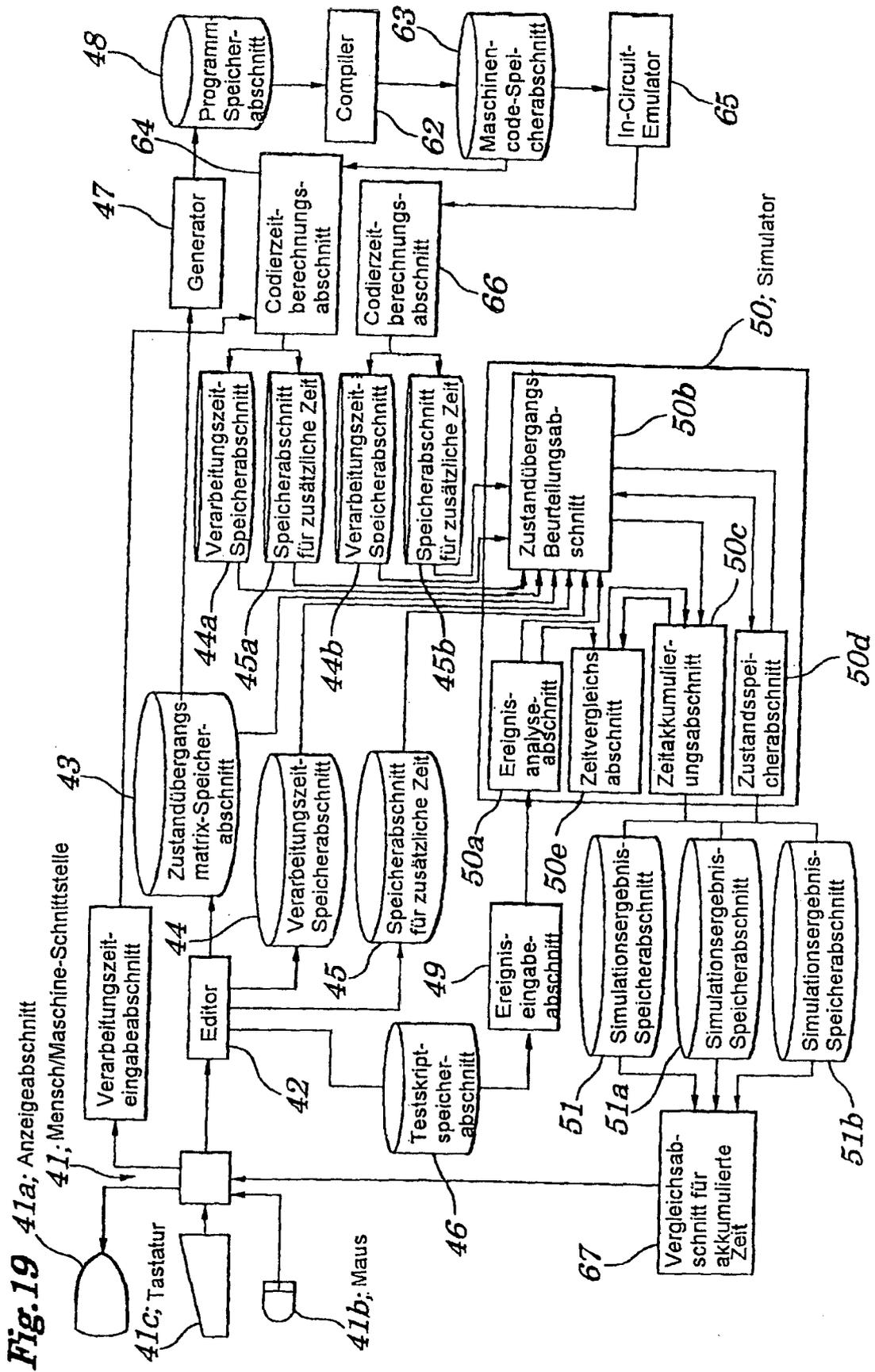
(b) Ausgang zum Antreiben von Motor B

(c) Simulationsergebnisse der Operationen der CPU

(d) Simulationsergebnisse der Operationen des Magnetkopfs







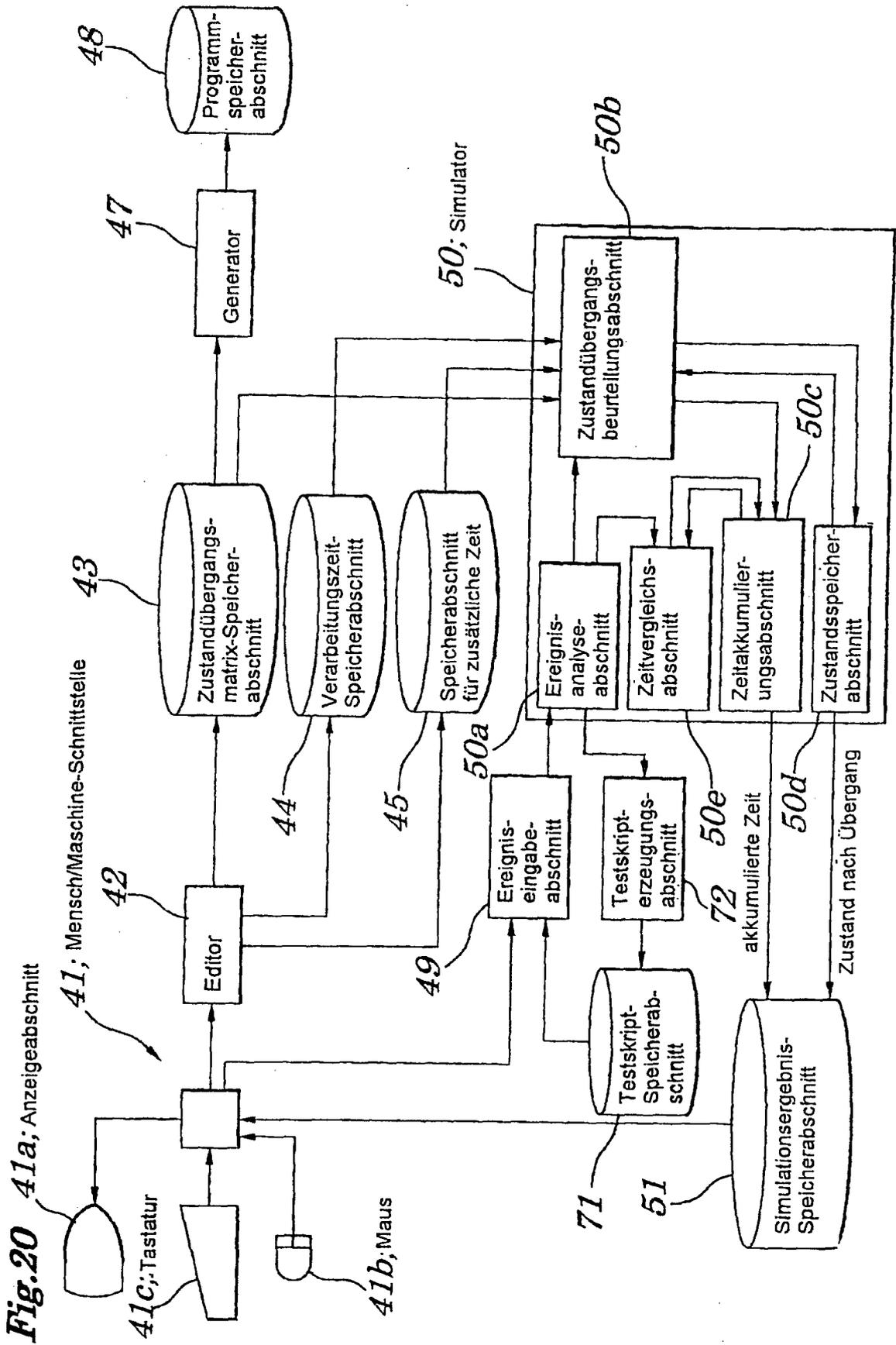


Fig.21

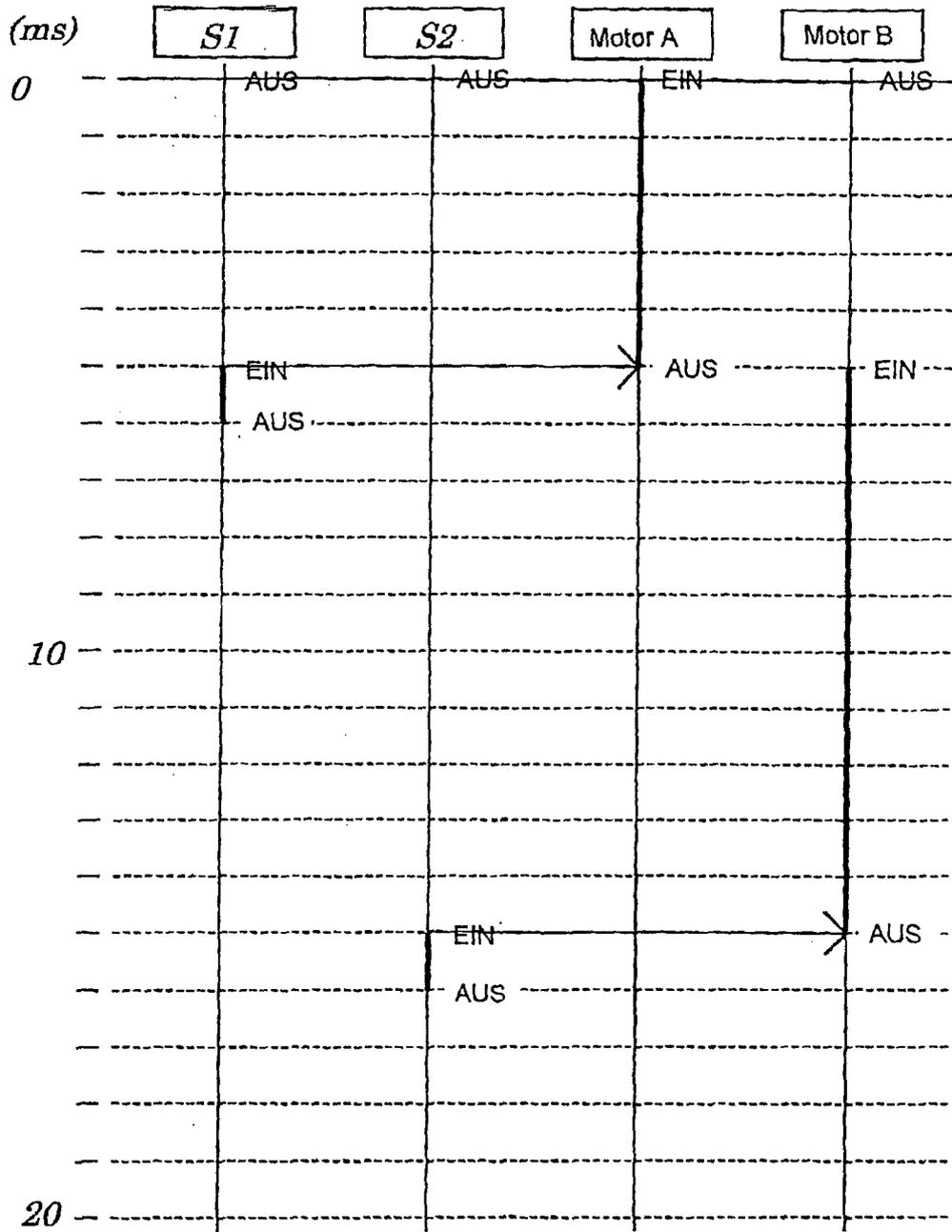


Fig.22 (STAND DER TECHNIK)

