



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 02 518 T2 2004.03.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 039 389 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 02 518.7

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 301 326.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 21.02.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 27.09.2000

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 07.05.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18.03.2004

(51) Int Cl.⁷: G06F 11/22
G01R 31/28

(30) Unionspriorität:
259609 01.03.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Agilent Technologies, Inc., Palo Alto, Calif., US

(72) Erfinder:
Crook, David T., Loveland, US; List, Steven K., Loveland, US; Rozum, Stephen P., Loveland, US; Williamson, Eddie L., Fort Collins, US

(74) Vertreter:
Müller-Boré & Partner, Patentanwälte, European Patent Attorneys, 81671 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum adaptiven Lernen von Testfehlern zur Verminderung der Gesamtzahl von Testmessungen erforderlich in Echtzeit**

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

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

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf automatisierte Testtechniken, und genau auf ein Verfahren für ein adaptives Lernen von Testfehlerquellen in einem automatisierten Testsystem, um die Anzahl von Messungen zu reduzieren, welche in Echtzeit genommen werden.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine automatisierte Testausrüstung wird verwendet, um eine große Vielzahl von Tests bzw. Untersuchungen durchzuführen, welche andernfalls bei einer langsameren Rate bzw. Geschwindigkeit und/oder größeren Kosten durchgeführt werden müßten. Eine Automatisierung eines Tests bedingt bzw. umfaßt typischerweise das Lesen von Messungen von einer Vorrichtung, welche getestet wird, von welchen- Berechnungen durchgeführt werden, um zu bestimmen, ob sich die zu testende Vorrichtung innerhalb oder außerhalb von akzeptablen Testgrenzen bzw. -limits befindet. Beispielsweise wird in der Produktion von elektronischen Schaltungen bzw. Schaltkreisen in großem Maßstab eine automatisierte Testausrüstung zum Durchführen von Tests an jeder Leiterplatte eines Durchgangs bzw. eines Laufs von Leiterplatten verwendet. Ein Durchgang ist eine Testsequenz derselben Art einer Anordnung, wobei keine verschiedenen bzw. unterschiedlichen Typen bzw. Arten von Anordnungen dazwischen treten. Eine typische, automatisierte Schaltkreistestvorrichtung beinhaltet eine Testkonfigurationsschaltung, eine Nagelbett-Festlegung und einen Satz von programmierbaren Relaismatrizen und internen Meßbussen. Eine zu testende Schaltung wird auf der Nagelbett-Festlegung positioniert, so daß die Nägel elektrische Knoten der zu testenden Schaltung verbinden. Die Meßwege bzw. -pfade von der zu testenden Schaltung zu der Testkonfigurationsschaltung werden durch ein Programmieren der entsprechenden Relais in dem Weg, daß sie schließen, verbunden bzw. angeschlossen. Während die Relais in dem Meßweg geschlossen werden, wird die Testkonfiguration eingestellt bzw. aufgebaut und vorbereitet, um tatsächliche bzw. aktuelle Messungen durchzuführen. Nachdem die Relais geschlossen wurden, werden Messungen von der zu testenden Schaltung gelesen. Berechnungen werden basierend auf den Messungen durchgeführt, um zu bestimmen, ob die zu testende Schaltung den Test passiert bzw. bestanden hat.

[0003] In dem Stand der Technik erhalten automatisierte Testeinrichtungen jeweils eine erforderliche Messung in Echtzeit – d. h., jede Messung, welche in den Berechnungen erforderlich ist, welche bestimmen, ob der Test bestanden oder nicht bestanden wurde, werden physikalisch bei jedem Test einer zu testenden Vorrichtung erhalten bzw. aufgenommen, welche ein Teil desselben Testdurchgangs ist. In vielen Anwendungen ändern sich jedoch einige der erforderlichen Messungen nicht signifikant mit der Zeit. Dies kann aufgrund von Systemniveau-Fehlerquellen sein, welche im allgemeinen für einen bestimmten Testdurchgang bzw. -lauf konstant verbleiben. Das Aufnehmen dieser stabilen Fehlerquellenmessungen resultiert in einem unnötigen Testzeit-Overhead. Dementsprechend existiert ein Bedürfnis für ein Verfahren zum Reduzieren der Anzahl von Echtzeit-Testmessungen während eines Durchgangs bzw. Laufs von zu testenden Vorrichtungen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Die vorliegende Erfindung ist durch die beigeschlossenen Ansprüche definiert.

[0005] Die Verbesserungen der vorliegenden Erfindung gegenüber dem Stand der Technik bei automatisierten Testtechniken werden auf verschiedene Wege erzielt. Zuerst werden die Messungen, welche erforderlich sind, um Fehlerquellen zu kompensieren, welche sich nicht signifikant zwischen Testdurchgängen oder mit der Zeit ändern, als historische Messungen für eine Verwendung beim Berechnen der Komponente unter Testwerten in aufeinanderfolgenden Testdurchgängen gemessen und gespeichert. Die Messungen, welche erforderlich sind, um die Fehlerquellen zu kompensieren, welche oben beschrieben wurden, welche sich signifikant zwischen Testläufen oder mit der Zeit ändern, werden in Echtzeit auf einer Einzeltestbasis gemessen.

[0006] Zweitens unterscheiden sich, da sich Fehlerquellenkompensationen auf einer Einzeltestbasis unterscheiden, auch die Messungen, welche erforderlich sind, um diese Fehlerquellen zu kompensieren, auf einer Einzeltestbasis. Daher werden die historischen Messungen, welche für eine Fehlerkompensation und Testberechnungen gemessen und verwendet werden, mit jedem einzelnen Test gespeichert.

[0007] Drittens werden die gespeicherten, historischen Messungen, welche für eine Fehlerkompensation und Testberechnungen verwendet werden, auf einer periodischen Basis aktualisiert (d. h. neu gemessen und neu gespeichert), erstens, wenn sie beginnen, die Komponente unter Testwertberechnungen zu beeinflussen, und zweitens, wenn die physikalische Anzahl von Vorgängen, daß dieselben gespeicherten, historischen Messungen in der Komponente unter Testwertberechnungen verwendet wird, mit der Zeit anzusteigen beginnt.

[0008] Dementsprechend lernt die Technik der Erfindung effektiv adaptiv die Messungen und derart die Fehlerquellen, welche sich nicht mit der Zeit ändern. Durch ein adaptives Lernen, welche Messungen, welche bei

einer Fehlerquellenkompensation verwendet werden, sich nicht mit der Zeit ändern, und durch ein Substituieren von historischen Werten für diese Messungen, wird die Anzahl von Messungen, welche in Echtzeit genommen werden muß, signifikant reduziert, und es wird daher die Geschwindigkeit des Tests (d. h. die Ausführungs- bzw. Durchführungszeit) signifikant verbessert.

[0009] In Übereinstimmung mit der Erfindung wird der Satz von Echtzeitmessungen, welche in Echtzeit genommen werden, unter Verwendung einer adaptiven Lerntechnik reduziert. Zuerst wird ein gegenwärtiger Satz von Echtzeitmessungen ausgewählt. Der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen ist auch ein Sub- bzw. Untersatz eines vollständigen Satzes von erforderlichen Messungen, welche erforderlich sind, um zu bestimmen, ob der Test bestanden wird oder versagt. Sobald der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen ausgewählt ist, werden diese Messungen von der zu testenden Schaltung in Echtzeit gemessen. Es werden Werte eines gegenwärtigen Satzes von historischen Messungen, umfassend historische Meßwerte für jede der erforderlichen Messungen, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind, erhalten. Es wird basierend auf dem gegenwärtigen Satz von gemessenen Echtzeitmessungen und dem gegenwärtigen Satz von historischen Messungen, welche für diejenigen erforderlichen Messungen substituiert werden, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind, eine Analyse getätigter bzw. gemacht, ob der Test bestanden wurde oder versagt hat. Wenn der Test versagt hat, wird ein gegenwärtiger Satz eines neuen Versuchs bzw. ein gegenwärtiger, neuerlicher Satz von Echtzeitmessungen, welche einen Untersatz der erforderlichen Messungen verschieden von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen umfaßt, ausgewählt. Der gegenwärtige neu ausgewählte Satz von Echtzeitmessungen wird dann in Echtzeit gemessen. Ein gegenwärtiger, neuer Satz von historischen Messungen, welcher entsprechende historische Meßwerte für jede der erforderlichen Messungen enthält, welche nicht in dem gegenwärtigen, neuen bzw. neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind, wird erhalten, und es wird eine Bestimmung basierend auf den gegenwärtigen, neuen bzw. neuerlichen bzw. weiteren Satz von gemessenen Echtzeitmessungen und dem gegenwärtigen neuerlichen Satz von historischen Messungen, welche für diejenige zu erforderlichen Messungen substituiert sind, welche nicht in dem gegenwärtigen neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind, bestimmt, ob der Test bestanden wird oder verfehlt wurde bzw. versagt hat.

[0010] In einer Ausführungsform wird, wenn der Test unter Verwendung des gegenwärtigen neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen und eines gegenwärtigen neuerlichen Satzes von historischen Messungen versagt, ein nächster neuerlicher Satz von Echtzeitmessungen ausgewählt und der Test wird unter Verwendung dieser Sätze neu durchgeführt. Dieser Prozeß kann wiederholt werden, bis entweder der Test bestanden wird oder der gegenwärtige neuerliche Satz von Echtzeitmessungen den vollständigen Satz von erforderlichen Messungen enthält. Wenn der Test während einer neuerlichen Ausführung bzw. Durchführung des Tests bestanden wird, können die entsprechenden historischen Meßwerte von jedem des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen mit den entsprechenden gemessenen Echtzeitmessungen aktualisiert werden. Darüber hinaus kann, wenn der Test während einer Neudurchführung des Tests bestanden wird, der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen auf den gegenwärtigen neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen für eine Verwendung beim Testen der nächsten zu testenden Schaltung eingestellt bzw. festgelegt werden. Ein fakultatives Merkmal, welches durchgeführt werden kann, während der Test während einer neuerlichen Durchführung des Tests bestanden wird, ist ein Neuevaluieren bzw. Neubeurteilen des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen durch Bestimmen eines neuen Satzes von Echtzeitmessungen und Verwenden des neuen Satzes von Echtzeitmessungen als den gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen. Ein anderes fakultatives Merkmal, welches durchgeführt werden kann, wenn der Test während einer neuerlichen Durchführung des Tests bestanden wird, ist eine Audit- bzw. Überprüfungsfunktion, in welcher der Satz von historischen Messungen mit gegenwärtigen Meßwerten aktualisiert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Die Erfindung wird besser aus einer Lektüre der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Zusammenhang mit den Zeichnungen verständlich werden, in welchen gleiche Bezugszeichen verwendet werden, um gleiche Elemente zu bezeichnen, und in welchen:

- [0012] **Fig. 1** ein Blockdiagramm einer Elektroniktestausrüstung gemäß dem Stand der Technik ist;
- [0013] **Fig. 2** eine Zweidraht-Testkonfigurationsschaltung gemäß dem Stand der Technik ist;
- [0014] **Fig. 3** eine Dreidraht-Testkonfigurationsschaltung gemäß dem Stand der Technik ist;
- [0015] **Fig. 4** eine Vierdraht-Testkonfigurationsschaltung gemäß dem Stand der Technik ist;
- [0016] **Fig. 5** eine Sechsdraht-Testkonfigurationsschaltung gemäß dem Stand der Technik ist;
- [0017] **Fig. 6(a)** ein Betriebsflußdiagramm von einer Ausführungsform des Verfahrens der Erfindung ist;
- [0018] **Fig. 6(b)** ein Betriebsflußdiagramm einer anderen Ausführungsform des Verfahrens der Erfindung ist;
- [0019] **Fig. 6(c)** ein Betriebsflußdiagramm von noch einer anderen Ausführungsform des Verfahrens der Erfindung ist;
- [0020] **Fig. 7** ein Flußdiagramm des adaptiven Lernalgorithmus der Erfindung ist;

[0021] **Fig.** 8 ein Blockdiagramm eines elektronischen Testaufbaus ist, welcher in Übereinstimmung mit der Erfindung implementiert ist; und

[0022] **Fig.** 9(a) und 9(b) gemeinsam ein Flußdiagramm eines adaptiven Fehlerquellen-Lernalgorithmus erläutern bzw. darstellen, welcher in dem illustrativen Beispiel der Erfindung verwendet wird.

Detaillierte Beschreibung

[0023] Die vorliegende Erfindung beschreibt einen adaptiven Lernalgorithmus, welcher die Zeit optimiert, welche erforderlich ist, um einen automatischen Test durchzuführen, indem die Anzahl von Messungen reduziert wird, welche in Echtzeit genommen werden. Obwohl die illustrierte Ausführungsform in der Beschreibung im Zusammenhang mit einem Schaltungstest einer analogen Schaltung an einer PC-Platte beschrieben ist, sollte verstanden werden, daß die Erfindung auf jeglichen automatisierten Test anwendbar ist, in welchem mehrere bzw. mehrfache Messungen erforderlich sind, um festzustellen, ob der Test bestanden wird oder nicht.

[0024] Wie zu verstehen ist, bezieht sich der hier verwendete Ausdruck "zu testende Komponente" auf eine individuelle Komponente einer zu testenden Schaltung oder auf mehrere Komponenten in der zu testenden Schaltung, welche sich bis auf die gesamte zu testende Schaltung selbst erstreckt. Erforderliche Messungen sind jene Messungen, welche in der Berechnung eines Werts einer zu testenden Komponente erforderlich sind und verwendet werden. Echtzeitmessungen sind der Unter- bzw. Subsatz von erforderlichen Messungen, für welche neue Ablesungen für die Zwecke einer Berechnung eines Werts einer Komponente genommen bzw. erhalten werden. Historische Messungen sind Messungen, welche von einem vorangehenden Auslesen derselben oder einer ähnlichen, zu testenden Komponente erhalten wurden.

[0025] Die vorliegende Erfindung wird hier in dem Kontext bzw. Zusammenhang eines automatisierten analogen Testens innerhalb der Schaltung (d. h. eines Testens der Schaltungsanordnungskomponenten, welche durchgeführt wird, während die Schaltung bzw. der Schaltkreis nicht mit Leistung versorgt wird). Ein Analogtest innerhalb der Schaltung verifiziert ordnungsgemäße elektrische Verbindungen bzw. Anschlüsse der analogen Komponenten an der Leiterplatte (PC-Platte), in die Messungen der analogen Werte der Komponenten genommen werden, als auch ob die analogen Komponentenwerte sich innerhalb bestimmter Toleranzen befinden. Bei einer Produktion in großem Maßstab von elektronischen Schaltungen wird ein Testen innerhalb der Schaltung typischerweise unter Verwendung einer Nagelbett-Festlegung oder eines schwimmenden bzw. fliegenden Probenfestlegungsmittel-Roboters bzw. Schwimmroboter-Festlegungsmittels durchgeführt. Wie für die Fachleute bekannt ist, ist eine schwimmende bzw. fliegende Probendurchführung ein Satz von Proben, welcher programmiert sein kann, sich zu bewegen, welche das Nagelbett für ein Messen einer bestimmten zu testenden Komponente ersetzen kann. Die Nagelbett-Festlegung/Schwimmenroboter-Festlegung untersucht die Knoten an der Leiterplatte (PC-Platte), welche einer bestimmten Komponente der Schaltung zugeordnet sind, welche gegenwärtig getestet wird, legt einen Satz von Reizen bzw. Stimuli an und nimmt Messungen der Antworten.

[0026] Für ein besseres Verständnis der Anwendung der Erfindung bei einem automatisierten analogen Testen in der Schaltung wird zuerst eine Beschreibung von analogen Testkonfigurationen in der Schaltung gegeben. Eine typische, analoge Testkonfiguration in einer Schaltung, welche in **Fig.** 1 illustriert ist, beinhaltet eine Testkonfigurationsschaltung **10**, welche eine zu testende Komponente **108** untersucht und einen Satz von Messungen **12** ausgibt, welche für ein Berechnen eines Komponentenwerts erforderlich sind, welcher der zu testenden Komponente **108** zugeordnet ist. Unter Verwendung einer Nagelbett-Festlegung, welche mit der Testkonfigurationsschaltung **10** verbunden ist, werden die Knoten an der PC-Platte, welche der zu testenden Komponente **108** zugeordnet ist, untersucht, um die zu testende Komponente **108** mit der Testkonfigurationschaltung **10** zu verbinden. Messungen **12** an der zu testenden Komponente **108** werden dann durch ein Anlegen einer bekannten Spannung über die zu testende Komponente **108** und ein Messen des resultierenden Stroms unter Verwendung der Testkonfigurationsschaltung **10** als einem Strom-Spannungs-Wandler durchgeführt. Eine Analysiereinrichtung **20** der Resultate berechnet den Komponentenwert unter Verwendung der Echtzeitmessungen **12** für jede der erforderlichen Messungen, welche notwendig sind, um den Komponentenwert zu berechnen, und gibt eine Anzeige bzw. einen Hinweis **22**, ob die zu testende Komponente **108** bestanden (d. h. der berechnende Wert war innerhalb von bestimmten bzw. festgelegten Toleranzniveaus) oder nicht bestanden hat (d. h. der berechnende Wert war außerhalb der bestimmten Toleranzniveaus).

[0027] **Fig.** 2 ist ein Fall einer Testkonfigurationsschaltung **100** gemäß dem Stand der Technik. Die Testkonfigurationsschaltung **100** ist als eine "Zweidraht"-Meßschaltung bekannt. Die Testkonfigurationsschaltung **100** beinhaltet einen Operationsverstärker (Op-Amp) **102**, welcher einen positiven Anschluß bzw. Kontakt **116**, welcher mit Erde gekoppelt ist, und einen negativen Eingangsanschluß **118** aufweist, welcher mit einem Eingangsknoten **I 110** gekoppelt ist. Ein Referenzwiderstand **R_{ref} 112** ist zwischen dem Eingangsknoten **I 110** und dem Ausgangsknoten **V_o 114** des Op-Amp **102** gekoppelt bzw. angeschlossen. Eine zu testende Komponente **108**, welche eine nicht bekannte Impedanz **Z_x** aufweist, wird mit dem Eingangsknoten **I 110** und einem Quellen-Eingangsknoten **S 106** gekoppelt, an welcher eine bekannte Bezugs- bzw. Referenzspannung **V_s** durch eine Spannungs-Stimulationsquelle **104** geliefert wird. In der Annahme einer idealen Operationsverstärkerschal-

tung nimmt die Testkonfigurationsschaltung **100** an, daß der Strom durch die unbekannte Impedanz Z_x der zu testenden Komponente **108** gleich dem Strom durch den Referenzwiderstand R_{ref} **112** ist und daß der Operationsverstärker **102** eine virtuelle Erde an dem negativen Eingangsanschluß **118** beibehält. Derart ist in einer idealen Operationsverstärkerschaltung die theoretische Impedanzberechnung:

$$Z_x = -R_{ref} (V_s/V_0)$$

(Gleichung 1)

Die Verwendung einer Präzisions-Gleichspannungs-Spannungsanregungsquelle **104** und eines Gleichstromdetektors am Ausgangsknoten V_o **114** wird eingesetzt, um die Widerstandskomponente der Ausgangsspannung zu bestimmen, wenn analoge Widerstandskomponenten, wie Widerstände, getestet werden. Die Verwendung einer Präzisions-Wechselspannungs-Spannungsanregungsquelle **104** und eines Phasensynchronendetektors am Ausgangsknoten V_o **114** wird verwendet, um die reaktiven Komponenten der Ausgangsspannung zu bestimmen, wenn ein Testen von reaktiven analogen Komponenten, wie beispielsweise einer Kapazität bzw. eines Kondensators und eines Drosselwiderstands bzw. einer Spur durchgeführt wird.

[0028] Die Vorrichtungsmessungen sind durch Leiterplatten(PC)-Topologiekonfigurationen, welche Impedanzen parallel zu der zu testenden Komponente **108** einbringen, kompliziert. Die Effekte dieser anderen Vorrichtungen, welche in Wegen bzw. Pfaden parallel zu der zu testenden Komponente **108** angeschlossen sind, können Fehler in der Basismessung bewirken. Daraus resultierend können Testkomponenten, welche in einer Schaltung an einer PC-Platte angeschlossen sind, spezielle Meßtechniken, wie ein Schützen bzw. Abschirmen erfordern. Zusätzlich bewirken Nagelbett-Festlegungsverdrahtungen und Proben- bzw. Testköpfe, welche verwendet werden, um die Knoten an der PC-Platte für Messungen in der Schaltung zu untersuchen, Systemrelais und Systembusse, welche die zu testende Komponente **108** in die Testkonfigurationsschaltung **100** integrieren bzw. an diese anschließen, auch Meßprobleme. Die Busdrähte repräsentieren Impedanzen in Serie mit der zu testenden Komponente **108**. Diese sind Klassen von führenden Impedanzfehlern. Thermische, elektromagnetische Kräfte (EMF_s) der Systemrelais können als temperaturabhängige Spannungsquellen auftreten. Die bimetallischen Kontakte eines Relais bilden eine Basis-Thermokopplungsvorrichtung. Wenn diese Kontakte entweder durch einen Stromfluß oder durch andere Wärmequellen innerhalb des Systems erwärmt werden, wird eine temperaturabhängige Ausgangsspannung (d. h. ein thermischer Offset) erzeugt. Diese sind Klassen von Spannungs-Offsetfehlern.

[0029] Die oben beschriebenen Fehlerquellen können in drei Haupttypen bzw. -arten von Fehlerquellen kategorisiert werden: (1) Quellenspannungsfehler; (2) Abschirmfehler; und (3) Strommeßfehler. Kompensationstechniken, wie beispielsweise ein Abschirmen und Mehrfachdrahtmessungen, welche aus einem aktiven oder passiven Abtasten bzw. Erfassen und/oder Verstärkungsmessungen bestehen, werden verwendet, um die Effekte dieser drei Arten von Fehlerquellen zu kompensieren.

[0030] **Fig. 3** illustriert eine Dreidraht-Testmessungskonfigurationsschaltung **200** gemäß dem Stand der Technik, welche eine Abschirmtechnik verwendet, um parallel Widerstandswege bzw. -pfade zu brechen bzw. zu unterbrechen. Die Testkonfigurationsschaltung **200** ist ähnlich zu der Zweidrahtschaltung **100** mit der Ausnahme, daß die zu testende Komponente **108** im Nebenschluß durch eine Parallelimpedanz Z_{sg} **120** + Z_{ig} **126** vor einem Abschirmen liegt. Der Effekt des parallelen Wegs bzw. Pfads wird durch ein Anschließen eines Abschirmusses **124** reduziert, wie dies in **Fig. 3** gezeigt ist. Der Abschirmbus **124** ist an die Testkonfigurationschaltungserde **200** angeschlossen, wodurch beide Enden der Impedanz Z_{ig} auf dasselbe Potential gelegt werden. Da kein Spannungsabfall über Z_{ig} erfolgt, fließt kein Strom durch die Impedanz Z_{ig} **126**, wodurch alle Ströme von der Impedanz Z_x der zu testenden Komponente **108** gezwungen werden, durch den Referenzwiderstand R_{ref} **112** zu fließen. Daher beeinflussen die Nebenschlußkomponenten Z_{sg} **120** und Z_{ig} **126** den Wert, welcher für die Impedanz Z_x der zu testenden Komponente **108** gemessen wird, nicht.

[0031] Wenn Komponenten geringer Impedanz gemessen werden, können Anschlußimpedanzen in den zwei Meßbussen (d. h. Quellenbus **106** und Eingangs- bzw. Eingabebus **I 110**) das gemessene Resultat beeinflussen. Um eine Anschlußimpedanz zu kompensieren, können Vierdraht-Messungen an der zu testenden Komponente **108** durchgeführt werden. Diese Technik ist in **Fig. 4** durch die Vierdraht-Testkonfigurationsschaltung **300** gemäß dem Stand der Technik illustriert. Die Testkonfigurationsschaltung **300** ist ähnlich zu der Zweidrahtschaltung **100** mit der Ausnahme, daß Spannungsmessungen direkt über die zu testende Komponente **108** an Quellenabtastknoten **A 107** und Eingangs- bzw. Eingabeabtastknoten **B 111** und auch über den Referenzwiderstand R_{ref} **112** an Eingangabtastknoten **I 110** und Ausgangsknoten V_o **114** genommen werden. Dies eliminiert den Effekt von Anschlußimpedanzen Z_{lead1} **105** und Z_{lead2} **130** und anderer Effekte, welche durch eine Festlegungsimpedanz, Relaisimpedanz oder andere interne Impedanzen der Testkonfigurationsschaltung bewirkt werden.

[0032] Vierdraht-Messungen in einer Vierdraht-Schaltung **300** sind nicht ausreichend, um den Strom durch die Impedanz Z_{ig} **126** zu eliminieren, wie dies in **Fig. 5** gezeigt ist. Dies ist der Fall, wenn der Impedanz des Parallelwegs Z_{sg} + Z_{ig} beträchtlich kleiner wird als die Impedanz Z_x für die zu testende Komponente **108**. Ein großer Strom durch Z_{sg} **120**, wie dies in **Fig. 5** gezeigt ist, bewirkt eine Fehlerspannung über den Schutzbuss

124 (welcher in **Fig. 5** gezeigt ist), welcher einen Fehlerstrom durch Z_{ig} **126** erzeugt. Die resultierenden Fehler begrenzen den Bereich von Komponenten und Schaltungskonfigurationen, welche erfolgreich mit Dreidraht-Schutz- und Vierdraht-Messungen getestet werden können. Diese Fehler können minimiert werden, wie dies in **Fig. 5** gezeigt ist, indem ein Quellenabtastknoten **A 107**, ein Eingangsabtastknoten **B 111** und ein zusätzlicher Schutzabtastbus **L 128** verwendet werden, und indem die zusätzlichen Spannungsmessungen, welche vorher erwähnt wurden, ähnlich zu den Vierdraht-Messungen genommen werden.

[0033] Gegenwärtig werden Widerstands-Testmessungen verstärkt, indem acht Messungen durchgeführt werden, um die vorher beschriebenen Fehlerquellen zu kompensieren. Die acht Messungen beinhalten Messungen von Spannungen eines Quellenabtastknotens **A 107**, Eingabe- bzw. Eingangsabtastknotens **B 111**, Eingangsknotens **I 110** und Ausgangsknotens **V_o 114**, wobei jede einmal mit der eingeschalteten Leistungsquelle **V_s 104** und dann wiederum mit der ausgeschalteten Leistungsquelle **V_s 104** gemessen wird. Die resultierenden Messungen werden zu einer Resultats-Analysiereinrichtung **20** gesandt, welche die Messungen verwendet und die tatsächliche Spannung berechnet, welche an der zu testenden Komponente **108** angelegt ist, und die tatsächliche Spannung über den Referenzwiderstand **R_{REF} 112**, und den aktuellen bzw. tatsächlichen kalibrierten Referenzwiderstandswert verwendet, um den tatsächlichen bzw. aktuellen Impedanzwert **Z_x** für die zu testende Komponente **108** berechnet. Siehe Gleichung 1.

[0034] Erweiterte Kapazitätstests verwenden die exakt selbe Schaltungsanordnung, wobei sie jedoch eine Wechselstromquelle für **V_s 104** und einen phasensynchronen Detektor verwenden, um zwölf Messungen durchzuführen, um Systemfehler zu kompensieren. Die zwölf Messungen beinhalten eine reale Messung, eine positive, imaginäre Messung und eine negative, imaginäre Messung an jedem der vier Knoten **A 107**, **B 111**, **I 110** und **V_o 114**. Die resultierenden Messungen werden an die Resultat-Analysiereinrichtung **20** gesandt, welche die Messungen verwendet und tatsächliche reale und imaginäre Komponenten der Spannung über den Bezugswiderstand **R_{ref} 112** berechnet und den tatsächlichen bzw. aktuellen Referenzwiderstandswert verwendet, um die tatsächliche Kapazität der zu testenden Komponente **108** zu berechnen.

[0035] In dem Stand der Technik werden alle Messungen, welche erforderlich sind, um den Wert einer zu testenden Komponente **108** zu berechnen, in Echtzeit durchgeführt, d. h. die Messungen werden jedesmal durchgeführt, wenn die zu testende Komponente **108** getestet wird, für jede Iteration des Tests der PC-Platte, um Meßfehlerquellen zu kompensieren. Die zusätzlichen Schutzabtastungs- und Mehrdraht-Messungen der zu testenden Komponente **108**, wie dies in den Testkonfigurationen von **Fig. 3** bis **5** beschrieben ist, erlauben, daß die Komponentenwerte der zu testenden Komponente **108** mit einer sehr hohen Genauigkeit gemessen werden. Diese zusätzlichen Messungen erfordern jedoch zusätzliche Testzeit. Diese zusätzliche Testzeit, welche erforderlich ist, um die Fehlerquelle wirksam zu entfernen, verlangsamt das Testen eines Durchgangs von PC-Platten identischer Art.

[0036] Einige der Fehlerquellen, welche erweiterte Messungen zu kompensieren versuchen, sind Spannungsanregungs-Fehlerquellen, Schutzoffsetfehler (oder Schutzverstärkungsfehler) und Stromunterteilungsfehler. Diese Fehlerquellen können durch PC-Platten-Topologien, Relaiskontaktwiderstand, einen Abtastkopfkontaktwiderstand und thermische Offsets (aufgrund von Temperaturvariationen innerhalb des bestimmten, automatischen $+/-5^{\circ}\text{C}$ Einstellbands unter anderem bewirkt werden). Viele der Fehlerquellen, welche soeben beschrieben wurden, ändern sich nicht signifikant mit der Zeit oder zwischen Tests der PC-Platte. Spannungsanregungs-Fehlerquellen aufgrund der PC-Platten-Topologie ändern sich beispielsweise nicht mit der Zeit. Darüber hinaus wird sich, wenn die Temperatur konstant bleibt, auch die Fehlerquelle nicht mit der Zeit ändern. In dem illustrativen Beispiel wird die vorliegende Erfindung angewandt, um die Gesamttestzeiten von analogen Komponenten, welche an einer PC-Platte bei einem Produktionstest zu testen sind, gegenüber den Techniken gemäß dem Stand der Technik zu verbessern, indem die Tatsache genutzt wird, daß einige Fehlerquellen sich nicht mit der Zeit ändern. In der Vergangenheit wurde dies nicht durchgeführt, da die Quelle des Fehler nicht leicht oder einfach identifizierbar war.

[0037] Gemäß der Erfindung wird ein Subsatz bzw. Untersatz geringer als der vollständige Satz von erforderlichen Messungen, falls möglich, genommen, um den Wert der zu testenden Komponente **108** zu berechnen und zu bestimmen, ob die zu testende Komponente **108** den Test besteht, wie dies durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** bestimmt wird. In dem Fall eines nicht bestandenen Tests, wie die durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** bestimmt wird, wird ein "Neuversuch bei Fehler" durchgeführt, wobei dies bedeutet, daß zusätzliche und/oder unterschiedliche Echtzeitmessungen für die zu testende Komponente **108** durchgeführt werden und der Wert der zu testenden Komponente **108** neuerlich durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** berechnet wird, um zu bestimmen, ob der Test im neuerlichen Versuch bestanden wurde.

[0038] Die Operation bzw. die Vorgangsweise der Erfindung wird durch die Flußdiagramme illustriert, welche in **Fig. 6(a)** bis **6(c)** gezeigt sind. Die grundlegendste Form der Erfindung ist in **Fig. 6(a)** gezeigt. In dieser Ausführungsform wird ein vollständiger Satz von Messungen für die zu testende Komponente **108** bei **602** vorgenommen und als die historischen Messungen gespeichert. Bei jedem Durchgang des Tests, wird ein Subsatz bzw. Untersatz des vollständigen Satzes von erforderlichen Messungen ausgewählt und in Echtzeit **604** gemessen. Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **606** berechnet, indem der Subsatz von Echt-

zeitmessungen verwendet wird, wobei die historischen Messungen für diese Messungen substituiert werden, welche ein Teil des vollständigen Satzes von erforderlichen Messungen sind, welche jedoch nicht in dem ausgewählten Subsatz von Echtzeitmessungen enthalten sind. Wenn der Test bestanden wird, wird ein "Bestanden" bei **608** angezeigt. Wenn der Test nicht bestanden wird, wird ein neuerlicher Versuch bei einem Fehler bei **610** durchgeführt. In dieser Ausführungsform beinhaltet der neuerliche Versuch bei einem Fehler allgemein ein neuerliches Messen des gesamten Satzes von Messungen für die zu testende Komponente **108**, um den Komponentenwert zu berechnen und zu bestimmen, ob die zu testende Komponente **108** bestanden oder nicht bestanden hat. Wenn der Test bestanden wird, wird "Bestanden" bei **608** angezeigt; wenn der Test nicht bestanden wird, wird ein Fehler bzw. "Nichtbestanden" bei **612** angezeigt.

[0039] Eine alternative Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 6(b)** gezeigt . In dieser Ausführungsform wird ein vollständiger Satz von erforderlichen Messungen für die zu testende Komponente **108** bei **602** genommen und als die historischen Messungen gespeichert. Bei jeder Durchführung des Tests wird ein Untersatz bzw. Subsatz des vollständigen Satzes von erforderlichen Messungen ausgewählt und in Echtzeit **604** gemessen. Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **606** unter Verwendung des Subsatzes von Echtzeitmessungen berechnet, wobei die historischen Messungen für diejenigen Messungen substituiert werden, welche Teil des vollständigen Satzes von Messungen sind, jedoch nicht in dem ausgewählten Subsatz von Echtzeitmessungen enthalten sind. Wenn der Test bestanden wird, wird "Bestanden" bei **608** angezeigt. Wenn der Test nicht bestanden wird, wird ein neuerlicher Versuch bei Fehler bei **614** durchgeführt. In dieser Ausführungsform beinhaltet der neuerliche Versuch bei einem Fehler ein Auswählen eines unterschiedlichen Subsatzes, falls verfügbar, des vollständigen Satzes von Messungen, um in Echtzeit für die zu testende Komponente **108** zu messen, um ein Messen des neuerlichen Subsatzes der Echtzeitmessungen in Echtzeit. Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **606** unter Verwendung des neuen Subsatzes von Echtzeitmessungen berechnet, wobei die historischen Messungen für diejenigen Messungen substituiert werden, welche Teil des vollständigen Satzes von Messungen sind, jedoch nicht in dem neuen Subsatz von Echtzeitmessungen enthalten sind. Wenn der Test bestanden wird, wird "Bestanden" bei **608** angezeigt. Wenn der Test nicht bestanden wird, können die Schritte **614** und **606** mit einem anderen Subsatz des vollständigen Satzes von Echtzeitmessungen wiederholt werden. Wenn der gegenwärtige Subsatz von Echtzeitmessungen den vollständigen Satz von Messungen enthält und der Test unverändert nicht bestanden wird, wird "Nichtbestanden" bei **612** angezeigt.

[0040] In einer komplizierteren Ausführungsform der Erfindung, wird, wie in **Fig. 6(c)** gezeigt, wird Intelligenz zu dem Auswahlprozeß während eines neuerlichen Versuchs bei Versagen hinzugefügt. In dieser Ausführungsform wird ein vollständiger Satz von erforderlichen Messungen für die zu testende Komponente **108** bei **602** genommen und als die historischen Messungen gespeichert. Bei jeder Durchführung des Tests wird ein Subsatz des vollständigen Satzes von Messungen ausgewählt und in Echtzeit bei **604** gemessen. Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **606** unter Verwendung des Subsatzes von Echtzeitmessungen berechnet, wobei die historischen Messungen für diejenigen Messungen substituiert werden, welche Teil des vollständigen Satzes von Messungen sind, jedoch nicht in dem ausgewählten Subsatz von Echtzeitmessungen enthalten sind. Wenn der Test bestanden wird, wird "Bestanden" bei **608** angedeutet. Wenn der Test nicht bestanden wird, wird ein neuerlicher Versuch nach Fehlern bei **616** durchgeführt. In dieser Ausführungsform beinhaltet der neuerliche Versuch bei einem Fehler ein intelligentes Auswählen eines unterschiedlichen Subsatzes, falls verfügbar, des vollständigen Satzes von Messungen, um in Echtzeit die zu testende Komponente **108** zu messen und ein Messen des neuen Subsatzes von Echtzeitmessungen in Echtzeit. Eine intelligente Auswahl kann ein Auswählen einer gewissen Kombination von Messungen beinhalten, welche für eine bestimmte Fehlerquelle spezifisch bzw. besonders sind, von welcher bekannt ist, daß sie in der Testkonfiguration problematisch ist. In der bevorzugten Ausführungsform, welche nachfolgend im Detail diskutiert wird, wird der Subsatz von Echtzeitmessungen gemäß dem minimalen Satz von Messungen ausgewählt, welche in Echtzeit genommen werden müssen, ohne "falsche Fehler" zu bedingen bzw. mit sich zu bringen. Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **606** unter Verwendung des neuen Subsatzes von Echtzeitmessungen berechnet, wobei die historischen Messungen für diejenigen Messungen ersetzt bzw. substituiert werden, welche Teile des vollständigen Satzes der Messungen sind, jedoch nicht in den neuen Subsatz von Echtzeitmessungen beinhaltet sind. Wenn der Test bestanden wird, wird "Bestanden" bei **608** angedeutet; wenn der Test nicht bestanden wird, können die Schritte **614** und **606** wiederholt werden, wobei intelligent ein anderer Subsatz des vollständigen Satzes von Echtzeitmessungen ausgewählt wird. Wenn der gegenwärtige Subsatz von Echtzeitmessungen den vollständigen Satz von Messungen beinhaltet und der Test unverändert nicht bestanden wird, wird "Nichtbestanden" bei **612** angezeigt.

[0041] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die geringste Anzahl von Echtzeitmessungen genommen, um den Wert der zu testenden Komponente **108** zu berechnen und zu bestimmen, ob die zu testende Komponente **108** ein bestandener Test ist, wie dies durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** bestimmt wird. Die Meßwerte, welche verwendet werden, um Fehlerquellen zu kompensieren und die zu testende Komponente **108** zu berechnen, sind konfiguriert, um sich an Fehlerquellen anzupassen, wenn sich diese selbst in der Form von "falschen Fehlern" manifestieren. Eine Geschichte von jeder Messung, welche erforder-

lich ist, um Fehlerquellen zu kompensieren und den Wert der zu testenden Komponente **108** zu berechnen (wodurch eine Information betreffend bestanden/nicht bestanden bestimmt wird), wird bei dem ersten Durchgang des Tests erzeugt. Der Wert (die Werte) von jeder der Messungen wird bzw. werden als die historischen Meßwerte beibehalten und auch für die spezielle zu testende Komponente **108** beibehalten. Sobald ein historischer Meßwert für jede der erforderlichen Messungen zum Testen einer zu testenden Komponente **108** erhalten ist, versucht jeder nachfolgende Durchgang des Tests, die historischen Meßwerte im Zusammenhang mit der geringsten bzw. geringstmöglichen Anzahl von Echtzeitmessungen zu verwenden, um eine genaue Wiedergabe zu erhalten, ob die zu testende Komponente **108** besteht oder nicht besteht. In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dies durch ein Messen von lediglich der Ausgangs- bzw. Ausgabespannung der Test-Konfigurationsschaltung **10** in Echtzeit und durch ein Ersetzen der verbleibenden Messungen, welche in der Berechnung für die zu testende Komponente **108** verwendet werden, mit den historischen Messungen erzielt bzw. durchgeführt, welche für die spezielle zu testende Komponente **108** erhalten wurden. Dies ist der normale Betriebsmodus, bis ein Fehler in der Resultat-Analysiereinrichtung **20** detektiert wird. Wenn zu irgendeiner Zeit ein "falscher Fehler" auftritt (d. h. die Berechnung der zu testenden Komponente **108** wird nicht bestanden bzw. versagt, wenn eine Kombination von Echtzeitmessungen und historischen Messungen in den Testberechnungen verwendet wird, jedoch die Berechnungsresultate bestehen, wenn alle der erforderlichen Messungen, welche in der Berechnung verwendet werden, in Echtzeit genommen werden), dann wird über ein zusätzliches Bebz. Verarbeiten bestimmt, welche andere Messungen in der Testkonfigurationsschaltung **10** in Echtzeit genommen werden müssen, um die Fehlerquelle zu kompensieren, welche den "falschen Fehler" bewirkt hat.

[0042] In der bevorzugten Ausführungsform beginnt der Algorithmus, welcher verwendet wird, um die zusätzlichen Echtzeitmessungen zu bestimmen, welche durchgeführt werden müssen, mit einem Kombinieren eines minimalen Satzes von Echtzeitmessungen (beispielsweise zwei) mit den historischen Messungen, um Fehlerquellen zu kompensieren und den Wert der zu testenden Komponente **108** zu berechnen. Das Resultat der Berechnungen von jeder Kombination von Echtzeitmessungen und historischen Messungen wird mit dem berechneten Resultat verglichen, welches unter Verwendung aller Echtzeitmessungen erhalten wurde. Der minimale Satz von Echtzeitmessungen, welcher, wenn er mit den historischen Messungen in den Berechnungen der zu testenden Vorrichtungen **108** kombiniert wird, (a) in einem bestandenen Vorrichtungstest resultiert, und (b) in der geringsten Abweichung von den tatsächlichen bzw. aktuellen Resultaten resultiert, welche unter Verwendung aller Echtzeitmessungen erhalten werden, wird dann als der neue gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen verwendet, welche auf einer Basis pro Lauf genommen werden müssen.

[0043] Wenn alle Kombinationen des minimalen Satzes von Echtzeitmessungen, welche mit den historischen Messungen kombiniert wurden, ausgeschöpft wurden, bevor die obigen Anforderungen erfüllt wurden, dann wird der minimale Satz von Echtzeitmessungen um eines (beispielsweise auf drei) erweitert. Dieser minimale Satz von Echtzeitmessungen wird dann verwendet, um den Algorithmus zu wiederholen.

[0044] Der Prozeß wird wiederholt, bis ein Satz von Echtzeitmessungen (kombiniert mit den historischen Messungen) gefunden wird, welcher die Bedingungen (a) und (b) oben erfüllen wird, oder der Satz von Echtzeitmessungen beinhaltet alle Echtzeitmessungen. Sobald der minimale Satz von Echtzeitmessungen bestimmt wurde, wird der Satz für die zu testende Komponente **108** beibehalten. Derart könnte jede zu testende Komponente **108**, welche getestet wird, einen unterschiedlichen minimalen Satz von Echtzeitmessungen aufweisen. Dieser minimale Satz wird auch als eine Eingabe an den Algoritmus verwendet, sollte ein anderer "falscher Fehler" auftreten. Wenn nach einem neuerlichen Messen aller Echtzeitmessungen die Resultat-Analysiereinrichtung **20** eine fehlerhafte Vorrichtung anzeigt, wird die zu testende Komponente **108** bestimmt, daß sie einen "tatsächlichen bzw. realen" Fehler darstellt und die Bestanden/Nichtbestanden-Anzeigeeinrichtung wird einen Fehler anzeigen.

[0045] **Fig. 7** ist ein Flußdiagramm, welches den adaptiven Lernprozeß der Erfindung illustriert. Wie gezeigt, wird ein gegenwärtiger Satz von Echtzeitmessungen bei **702** ausgewählt. Der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen kann durch einen Testingenieur ausgewählt und für eine Verwendung durch die automatisierte Testeinrichtung für den gegenwärtigen Testlauf gespeichert werden, oder kann gemäß irgendeinem Optimierungsalgorithmus bestimmt werden, um einen minimalen, optimierten Satz vor dem ersten Durchgang des Testlaufs zu erhalten. Der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen ist ein Subsatz eines vollständigen Satzes von erforderlichen Messungen, welche erforderlich sind, um zu bestimmen, ob der Test bestanden oder nicht bestanden ist. Sobald der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen ausgewählt ist, werden diese Messungen bei **704** von der zu testenden Schaltung in Echtzeit gemessen. Werte eines gegenwärtigen Satzes von historischen Messungen, welche historische Meßwerte für jede der erforderlichen Messungen beinhalten, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind, werden bei **706** erhalten. Bei **708** wird eine Bestimmung basierend auf dem gegenwärtigen Satz von gemessenen Echtzeitmessungen und dem gegenwärtigen Satz von historischen Messungen durchgeführt, welche für diejenigen erforderlichen Messungen substituiert wurden, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind, ob der Test bestanden oder nicht bestanden wurde. Wenn der Test bestanden wurde, wird der Bestanden-Status

des Tests angezeigt und der Test ist abgeschlossen. Wenn der Test nicht bestanden wurde, wird ein gegenwärtiger Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen, umfassend einen Subsatz der erforderlichen Messungen verschieden von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen, bei **710** ausgewählt. Der gegenwärtige Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen wird dann bei **712** in Echtzeit gemessen. Ein gegenwärtiger Satz eines Neuversuchs von historischen Messungen, welche entsprechende historische Meßwerte für jede der erforderlichen Messungen beinhalten, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen enthalten sind, wird bei **714** erhalten. Bei **716** wird eine Bestimmung basierend auf dem gegenwärtigen Satz eines Neuversuchs von gemessenen Echtzeitmessungen und des gegenwärtigen Satz eines Neuversuchs von historischen Messungen durchgeführt, welche für diejenigen erforderlichen Messungen substituiert wurden, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen enthalten sind, ob der Test bestanden wurde oder nicht bestanden wurde. In einer Ausführungsform ist der gegenwärtige Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen der vollständige Satz von erforderlichen Messungen. Daher ist, wenn der Test während der Neudurchführung des Tests nicht bestanden wird, von dem Fehler bekannt, daß er ein wahrer bzw. tatsächlicher Fehler ist.

[0046] In einer Ausführungsform wird, wenn der Test unter Verwendung des gegenwärtigen Satzes eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen und eines gegenwärtigen Satzes eines Neuversuchs von historischen Messungen nicht bestanden wird, ein neuerlicher Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen bei **718** ausgewählt und der neue Versuchszweig (Schritte **710** bis **716**) wird unter Verwendung des nächsten Satzes eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen anstelle des gegenwärtigen Satzes eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen durchgeführt, und worin der gegenwärtige Satz von historischen Messungen der Subsatz von erforderlichen Messungen ist, welche nicht in dem nächsten Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen enthalten sind. Dieser Prozeß kann wiederholt werden, bis entweder der Test bestanden wird oder der gegenwärtige Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen den vollständigen Satz von erforderlichen Messungen enthält. Wenn der Test während einer neuerlichen Durchführung des Tests bestanden wird, können die entsprechenden historischen Meßwerte von jedem des gegenwärtigen Satzes eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen bei **720** mit den entsprechenden gemessenen Echtzeitmessungen aktualisiert werden. Zusätzlich kann, wenn der Test während einer neuerlichen Durchführung des Tests bestanden wird, ein neuer gegenwärtiger Satz von Echtzeitmessungen bei **722** ausgewählt und eingestellt bzw. festgelegt werden. Dieser neue gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen kann der gegenwärtige Satz eines Neuversuchs von Echtzeitmessungen sein oder kann andernfalls unter Verwendung eines Optimierungsalgorithmus ausgewählt werden. Der neue gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen wird dann als der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen beim Testen der nächsten zu testenden Schaltung verwendet. Ein anderes fakultatives Merkmal, welches durchgeführt werden kann, wenn der Test während einer neuerlichen Durchführung des Test bestanden wird, ist eine Auditfunktion **724**, welche ein neuerliches Evaluieren des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen durch ein Bestimmen eines neuen Satzes von Echtzeitmessungen und ein Verwenden des neuen Satzes von Echtzeitmessungen als dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen beinhaltet.

[0047] **Fig. 8** ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften Testaufbaus in Übereinstimmung mit der Erfindung. Der Testaufbau beinhaltet eine Testkonfigurationsschaltung **10**, welche an Knoten an einer zu testenden Schaltung **50** anschließt, um Meßwerte für eine zu testende Komponente **108** zu erhalten. Die Testkonfigurationschaltung **10** sendet alle Messungen für die zu testende Komponente **108** über einen Analogmeßbus **52** zu einer Meßwertsequenzereinrichtung **40**, welche typischerweise unter Verwendung eines Analog-zu-Digital(A/D)-Wandlers implementiert ist. Die Meßsortier- bzw. -zuordnungseinrichtung **40** spricht auf Meßwertanforderungen **36** an, um nur diejenigen Meßwerte **42** auszugeben, welche von dem vollständigen Satz von Meßwerten gefordert werden, welche am Bus **52** erhalten werden. Der Testaufbau beinhaltet einen Messungskombinationsprozessor **30**. Der Meßwertkombinationsprozessor bzw. die Meßwertkombinations-Bearbeitungseinrichtung **30** hält historische Meßwerte **34** für jede Messung aufrecht, welche durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** beim Berechnen des Werts der zu testenden Komponente **108** erforderlich sind. Der Meßwertkombinationsprozessor **30** bestimmt auch den Satz von Echtzeitmessungen **36**, welcher in einer genauen Wiedergabe resultieren wird, ob die zu testende Komponente **108** bestanden hat. Der Meßwertkombinationsprozessor **30** sendet eine Anforderung bzw. Abfrage **36** für den Satz von Echtzeitmessungen, welche aufzunehmen sind, an die Messungssortiereinrichtung **40**, erhält bzw. empfängt die angeforderten Echtzeitmeßwerte **42** und sendet die Kombination **32** von Echtzeitmeßwerten **42** und substituierten historischen Meßwerten **34** für diejenigen Messungen, welche nicht in dem Satz von Echtzeitmessungen enthalten waren, an die Resultat-Analysiereinrichtung **20**. Die Resultat-Analysiereinrichtung **20** berechnet der Wert der zu testenden Komponente **108**, basierend auf der erhaltenen Kombination **32** von Echtzeitmessungen **42** und historischen Messungen **34**. Die Resultat-Analysiereinrichtung **20** gibt eine Information betreffend eine bestandene Vorrichtung über eine Anzeige **22** und auch **26** aus, sollte der Komponentenwert passiert bzw. bestanden haben. Die Messungskombinations-Bearbeitungseinrichtung **30** erhält die Anzeige **26** von bestanden/nicht bestanden der Resultat-Analysiereinrichtung **20**, und wenn der berechnete Komponentenwert nicht bestanden hat, wie dies durch eine Fehleranzeige an der Ausgabe **26** angezeigt ist, fordert der Messungskombinationsprozessor **30** bei **36**

einen neuen Satz von Echtzeitmessungen an, welcher alle oder einen Subsatz von allen Messungen beinhaltet kann, welche erforderlich sind, um die Fehlerquellen zu kompensieren (und derart den Wert der zu testenden Komponente **108** zu berechnen). Der Messungskombinationsprozessor **30** erhält die angeforderten Echtzeitmeßwerte **42** und sendet die Kombination **32** von Echtzeitmeßwerten **42** und historischen Meßwerten **34** (falls vorhanden), welche für irgendwelche des vollständigen Satzes von Messungen substituiert wurden, welche nicht in dem neuen Satz von Echtzeitmessungen **42** enthalten sind, an die Resultat-Analysiereinrichtung **20**, um den Wert der zu testenden Komponente **108** neuerlich unter Verwendung der Kombination **32** von neuen Echtzeitmessungen **42** und von substituierten historischen Meßwerten **34** zu berechnen. Zu diesem Zeitpunkt werden die Resultate des neuerlich berechneten Werts der zu testenden Komponente **108** über die Anzeige **22** und **26** betreffend bestanden/nicht bestanden ausgegeben. Die Resultat-Analysiereinrichtung **20** gibt eine Anzeige betreffend ein Bestehen an der Ausgabe **22** bei der frühesten Detektion aus, daß die Komponente bestanden hat. Eine Fehleranzeige wird nicht an der Ausgabe **22** ausgegeben, bis die Resultat-Analysiereinrichtung **20** bestimmt, daß der berechnete Komponentenwert nicht ein Resultat von Fehlerquellen sein kann, welche in der Meßschaltung inhärent sind.

[0048] **Fig. 9(a) und 9(b)** umfassen gemeinsam ein Flußdiagramm von einer Ausführungsform eines adaptiven Fehlerquellen-Lernalgorithmus, welcher durch den Messungskombinationsprozessor **30** verwendet wird, um den Satz von Echtzeitmessungen zu bestimmen, welcher aufzunehmen ist, und um zu bestimmen, ob ein Komponentenwert, wie er durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** berechnet wird, ein Bestehen, ein "falscher Fehler" oder ein aktueller bzw. tatsächlicher Fehler ist. Beim Starten eines Durchgangs von PC-Platten, wie dies in einem Schritt **902** bestimmt wird, wird ein kompletter Satz von Echtzeitmessungen erhalten und bei **904** als historische Messung gespeichert. Derart ist jeder Fehler in dem berechneten Komponentenwert bekannt, daß er in einer oder mehreren Fehlerquelle(n) in den verschiedenen Meßvorrichtungen begründet ist. Sobald ein Satz von historischen Messungen erhalten ist, werden diese vorzugsweise über ein schnelles Zugriffsverfahren, wie beispielsweise in GPU-Registern oder einem Cachespeicher oder Speicher mit schnellem Zugriff, für eine Verwendung durch den Messungskombinationsprozessor **30** aufrecht erhalten. Der Messungskombinationsprozessor **30** wählt bei **906** einen gegenwärtigen Subsatz von Echtzeitmessungen aus, welche in zukünftigen Durchgängen des Test zu erhalten sind. Der ausgewählte gegenwärtige Subsatz von Echtzeitmessungen ist ein Subsatz des kompletten Satzes von Messungen, welche durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** beim Berechnen des Werts der zu testenden Komponente **108** erforderlich sind. Vorzugsweise ist der gegenwärtige Subsatz von Echtzeitmessungen die minimale Anzahl von Messungen, welche in Echtzeit genommen werden müssen, während die historischen Meßwerte von jeder anderen erforderlichen Messung substituiert werden, welche in einer genauen Wiedergabe resultieren werden, ob die zu testende Komponente **108** bestanden hat, wenn dies durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** berechnet wird. Es existieren verschiedene Methoden zum Bestimmen, welche Kombination der erforderlichen Messungen in Echtzeit zu messen ist und welche durch ihre entsprechende historische Messung zu substituieren sind. Allgemein basiert diese Auswahl auf Testingenieurerfahrungen oder auf theoretischen Testberechnungen. Vorzugsweise ist der ausgewählte gegenwärtige Subsatz von Echtzeitmessungen die geringste bzw. geringstmögliche Anzahl von Messungen, welche genau wiedergibt bzw. widerspiegelt, daß die Komponente bestanden hat, wenn der Komponentenwert unter Verwendung der Kombination **32** des Subsatzes von Echtzeitmessungen und historischen Meßwerten für die verbleibenden erforderlichen Messungen berechnet wird. Mit anderen Worten ist die Idee, zu bestimmen, ob die zu testende Komponente **108** innerhalb von Spezifikationen für ein Bestehen liegt, indem die geringste Anzahl von Messungen in Echtzeit genommen wird. Beispielsweise ist in jeder Zwei-, Drei-, Vier-, und Sechsdraht-Schaltungen **100**, **200**, **300** oder **400** der Subsatz von Echtzeitmessungen vorzugsweise nur der Op-Amp-Ausgangswert **V_o**, welcher am Ausgangsknoten **114** gemessen wird.

[0049] Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **908** unter Verwendung des Subsatzes von Echtzeitmessungen berechnet, wobei die verbleibenden erforderlichen Messungen mit ihren entsprechenden historischen Messungen substituiert werden. Eine Bestimmung wird bei **910** durchgeführt, ob der berechnete Komponentenwert sich innerhalb spezifizierter Testgrenzen befindet. Wenn der berechnete Komponentenwert sich innerhalb der Testgrenzen befindet, hat die zu testende Komponente **108** bestanden, und ein Flag betreffend bestanden/nicht bestanden innerhalb der Resultat-Analysiereinrichtung **20** wird bei **912** auf einen Zustand "bestanden" gesetzt; wenn der berechnete Komponentenwert sich nicht innerhalb der Toleranz für ein Bestehen befindet, wird das Flag betreffend bestanden/nicht bestanden innerhalb der Resultat-Analysiereinrichtung **20** bei **914** auf einen Zustand "nicht bestanden" gesetzt. Der Komponententest ist dann abgeschlossen.

[0050] An nachfolgenden Durchgängen eines Komponententests wird bei **916** eine Bestimmung durchgeführt, ob ein Audit bzw. eine Überprüfung erforderlich ist, wodurch die historischen Meßwerte aktualisiert werden. In der bevorzugten Ausführungsform wird eine Überprüfung nach jeder Periode einer vorbestimmten Zeitperiode durchgeführt, nachdem eine vorbestimmte Anzahl von Komponenten getestet wurde, oder nachdem eine vorbestimmte Anzahl von aufeinanderfolgenden Komponenten, die bestanden haben, überschritten ist (beispielsweise Limit bzw. Grenze von N = 100 aufeinanderfolgenden bestandenen Komponententests). Wenn eine Überprüfung erforderlich ist, werden die Schritte **904** bis **914** wiederholt.

[0051] Wenn eine Überprüfung nicht erforderlich ist, wird der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen bei **918** für die zu testende Komponente **108** erhalten. Der Wert der zu testenden Komponente **108** wird dann bei **920** unter Verwendung des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen, welche in Schritt **918** erhalten wurden, und ein Substituieren von historischen Messungen, welche in Schritt **904** erhalten wurden, für jegliche erforderliche Messungen erhalten, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind. Eine Bestimmung wird bei **922** durchgeführt, ob der Wert der zu testenden Komponente **108** sich innerhalb vorbestimmter spezifischer Testgrenzen befindet. Wenn der Wert der zu testenden Komponente **108** sich innerhalb der Grenzen befindet, wird ein Flag betreffend bestanden/nicht bestanden bei **924** auf einen Zustand "bestanden" gesetzt, und der Test dieser speziell zu testenden Komponente **108** ist abgeschlossen. Wenn der Wert der zu testenden Komponente **108** sich nicht innerhalb der Testgrenzen befindet, wird jede Messung, welche für ein Berechnen des Komponentenwerts erforderlich ist, bei **926** in Echtzeit gemessen und der Wert der zu testenden Komponente **108** wird bei **928** unter Verwendung sämtlicher Echtzeitmessungen berechnet. Wenn wiederum der Wert der zu testenden Komponente **108** sich nicht innerhalb der vorbestimmten Testgrenzen befindet, wie dies in Schritt **930** bestimmt wird, wird das Flag betreffend bestanden/nicht bestanden bei **932** auf einen Zustand "Nichtbestanden" gesetzt und der Test dieser speziellen Komponente ist abgeschlossen.

[0052] Wenn nach dem neuerlichen Versuch bei einem Fehler, welcher in den Schritten **926** bis **930** durchgeführt wird, bestimmt wird, daß der Wert der zu testenden Komponente **108** sich innerhalb der vorbestimmten Testgrenze befindet, wurde ein Zustand eines "falschen Fehlers" detektiert. In diesem Fall versucht der Algorithmus, den nächstkleinsten Satz von Echtzeitmessungen zu bestimmen, welcher in den nächstliegenden bzw. engsten Resultat resultieren wird, wenn mit den Meßwert "Bestanden" verglichen wird, welcher unter Verwendung des vollständigen Satzes von Echtzeitmessungen bei **928** berechnet wurde. Dies wird bei **934** durch ein Erhöhen der Anzahl des Satzes von Echtzeitmessungen (d. h. der Anzahl von Messungen, welche in Echtzeit durchzuführen sind), um eins erzielt. Eine nächste Echtzeitmessungskombination wird bei **936** von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen (beispielsweise allen Kombinationen von zwei Messungen) ausgewählt. Unter der Annahme, daß eine nicht versuchte Kombination von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen existiert, wie dies in Schritt **938** bestimmt wird, wird der Wert der zu testenden Komponente **108** bei **940** unter Verwendung der Echtzeitmessungen von der in Schritt **936** ausgewählten Kombination und eines Substituieren von historischen Meßwerten für jegliche erforderliche Messungen berechnet, welche nicht in der ausgewählten Kombination enthalten sind. Eine Bestimmung wird bei **942** durchgeführt, ob der berechnete Wert der zu testenden Komponente **108** sich innerhalb der vorbestimmten Testgrenzen befindet. Falls dies der Fall ist, wird der Satz von Echtzeitmessungen, welche durchgeführt werden müssen, um Fehlerquellen zu entfernen, auf die gegenwärtige Kombination von Echtzeitmessungen rückgesetzt, welche in Schritt **936** ausgewählt wurde, und die historischen Messungen werden bei **946** mit den Echtzeitmessungen aktualisiert, welche durchgeführt wurden, nachdem der adaptive Fehler bei **926** aufgetreten ist.

[0053] Wenn in Schritt **942** bestimmt wird, daß der Wert der zu testenden Komponente **108** sich nicht innerhalb der vorbestimmten Testgrenzen befindet, wird eine nächste Echtzeitkombination von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen bei **936** ausgewählt und Schritte **938** bis **942** werden wiederholt, bis eine Kombination in einem bestandenen Test resultiert, wie dies in Schritt **942** bestimmt wird, oder keine Echtzeitkombinationen für den gegenwärtigen Satz einer Echtzeitmessung verbleibt, wie dies in Schritt **938** bestimmt wird.

[0054] Wenn keine weiteren Kombinationen von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen verbleiben, aus welchen ausgewählt werden kann, wie dies in Schritt **938** bestimmt wird, wird bei **948** eine Bestimmung gemacht, ob irgendwelche weiteren Sätze von Echtzeitmessungen existieren. Wenn mehrere Sätze von Echtzeitmessungen existieren, werden die Schritte **934** bis **942** wiederholt. Wenn keine weiteren Sätze von Echtzeitmessungen existieren, wird der Satz von Echtzeitmessungen, welcher aufzunehmen ist, bei **950** auf den vollständigen Satz von erforderlichen Messungen eingestellt bzw. festgelegt.

[0055] Die Arbeitsweise des adaptiven Fehlerquellen-Lernalgorithmus von **Fig. 9(a)** und **9(b)** wird klarer aus dem nachfolgenden Beispiel werden. In diesem Beispiel wird eine Vierdraht-Testkonfigurationsschaltung, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, angenommen, in welcher die gesamte Anzahl von Messungen, welche erforderlich ist, um den Wert der zu testenden Komponente **108** zu berechnen, acht ist, beinhaltend Messungen des Quellenabtastknotens **A 107**, Eingangsabtastknotens **B 111**, Eingangsknotens **I 110** und der Ausgangsspannung **V_o 114**, zuerst mit der eingeschalteten Leistungsquelle **V_s 104** (**A**, **B**, **I**, **V_o**) und dann mit der ausgeschalteten Leistungsquelle **V_s 104** (**A₀**, **B₀**, **I₀**, **V_{oo}**). Allgemein gibt es **256** mögliche Kombinationen von allen Messungen; in diesem Beispiel wurde jedoch die Anzahl von Kombinationen, wie dies in Tabelle 1 gezeigt ist, auf 23 mögliche realistische Messungen reduziert. Die Kombinationen von erforderlichen Messungen werden basierend auf einer Figur bzw. Darstellung eines Nutzens reduziert, welche durch die Testkonstrukteure entwickelt wird. Diese Darstellung bzw. Angabe eines Nutzens kann auf einem Experiment, vorangehenden Testresultaten, theoretischen Berechnungen und/oder einer Erfahrung von Ingenieuren in der Industrie basieren. Dementsprechend repräsentiert, obwohl bis zu **256** Kombinationen von möglichen Messungen durchgeführt werden können, die reduzierte Anzahl von Subsätzen von denjenigen Kombinationen in Tabelle 1 eine praktische Abde-

ckung von Messungen, um tatsächliche bzw. wahre Fehler der zu testenden Komponente **108**, in diesem Fall die Verbindung bzw. Anschlüsse und Toleranzen eines Widerstands, zu detektieren bzw. festzustellen. Tabelle 1 ist in der Reihenfolge der Priorität organisiert und in Sätze von Echtzeitmessungen unterteilt, wie dies in der Spalte gezeigt ist, welche mit "Relative Zeit" bezeichnet ist, welche eine, zwei, drei ... bis zu neun erforderlichen Echtzeitmessungen erfordert. Innerhalb jedes Satzes einer Echtzeitmessung gibt es eine Anzahl von Kombinationen von unterschiedlichen Messungen, welche durchzuführen sind, welche in diesen Satz fallen. Beispielsweise gibt es eine Kombination innerhalb des Satzes #1 einer Echtzeitmessung, drei Kombinationen innerhalb eines Satzes #2 einer Echtzeitmessung, vier Kombinationen innerhalb eines Satzes #3 einer Echtzeitmessung, usw. Die Quellenwartezzeit, wann in die Spannungsanregungsquelle **V_s 104** ausgeschaltet wird, um die Messung an den Quellenabtastknoten **A**, Eingangsabtastknoten **B**, Eingangsknoten I und Ausgangsspannungsknoten **V_o** zu nehmen, wird als eine Meßzeit für eine Verwendung durch den Algorithmus angenommen bzw. betrachtet. Beispielsweise zeigt, wenn sich der Test unter Verwendung des Verfahrens **900** in der Iteration **8** befindet, Spalte **8** der Tabelle 1, daß die Ausgangsspannung **V_o** mit eingeschalteter Leistungsquelle **V_s 104** und mit ausgeschalteter Leistungsquelle **V_s 104** als **V_{oo}** gemessen wird. Ein zusätzlicher Zeitzyklus ist erforderlich, um die Spannungsstimulationsquelle VS abzuschalten, und daher ist seine relative Meßzeit drei Zyklen anstelle von zwei. Wie in Tabelle 1 gezeigt, wird der zusätzliche Zeitzyklus zu der relativen Zeit in jedem Fall hinzugefügt, wo ein Meßmittel eingeschalteter Leistungsquelle **V_s 104** und mit ausgeschalteter Leistungsquelle **V_s 104** erforderlich ist.

Tabelle 1

Messung Iteration	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A		X			X	X			X	X			X	X		X			X	X	X		X
B			X	X	X	X	X		X		X		X	X		X		X	X		X	X	
I				X	X	X	X			X		X	X			X	X			X	X	X	
V_o	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A₀															X					X	X		X
B₀																X			X			X	X
I₀																	X				X	X	X
V_{oo}								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Relative Zeit (Echtzeit- messung - Satznummer)	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	7	7	7	7	9	

[0056] In dem obigen Beispiel unter Verwendung des Verfahrens **700** zum Bestimmen von Kombinationen von Echtzeitmessungen, welche aufzunehmen sind, und zum Bestimmen, ob ein Komponentenwert, wie er durch die Resultat-Analysiereinrichtung **20** berechnet wird, bestanden ist, ein "falscher Fehler" oder ein tatsächlicher Fehler ist, wobei der Messungskombinationsprozessor **30** die Sätze in jeder Spalte von Tabelle 1, beginnend mit Spalte "1" als der gegenwärtige Satz von durchzuführenden Echtzeitmessungen verwendet. Derart wählt der Messungskombinationsprozessor **30** den ersten Satz von Echtzeitmessungen (Schritt **702**), um nur die Ausgangs- bzw. Ausgabespannung **V_o** bei eingeschalteter Leistung zu beinhalten. Wenn nach einem Messen der Ausgangsspannung **V_o** in Echtzeit (Schritt **704**) der berechnende Komponentenwert (Schritte **706** und **708**) sich nicht innerhalb der erforderlichen Toleranz für ein Bestehen befindet, erhöht der Meßkombinationsprozessor **30** die Nummer des Satzes einer Echtzeitmessung auf Satz #2, welcher in Tabelle 1 enthalten ist, als den nächsten Satz einer Echtzeitmessung. Eine von drei unterschiedlichen Kombinationen (welche in Spalte 2, 3 und 4 der Tabelle 1 gezeigt sind) wird ausgewählt (beispielsweise die Kombination in Spalte 2) (Schritt **710**) von dem gegenwärtigen Satz einer Echtzeitmessung. Wenn der berechnete Komponentenwert in einem Bestanden-Status resultiert, wird die ausgewählte Kombination (Schritt **722**) als der Satz von Echtzeitmessungen eingestellt bzw. festgelegt, welcher mit nachfolgenden Durchgängen des Tests erhalten werden muß. Wenn der berechnete Wert der zu testenden Komponente **108** in einem Status eines Nichtbestehens resultiert, wählt der Messungskombinationsprozessor **30** eine unterschiedliche (beispielsweise die Kombination in Spalte 3) der Kombination aus dem gegenwärtigen Satz einer Echtzeitmessung (Schritt **718**) und der Pro-

zeß wird wiederholt. Wenn alle Kombinationen erstellt wurde, wird der Satz einer Echtzeitmessung auf den nächsten minimalen Satz von Messungen (beispielsweise Satz #3) erhöht und Kombinationen werden aus diesem Satz ausgewählt, bis eine der Kombinationen besteht oder bis alle Kombinationen erschöpft sind. Wenn alle Kombinationen erschöpft sind, wird der Vorgang wiederholt, bis eine Kombination von nachfolgenden Sätzen von Echtzeitmessungen in einem Bestehen des Tests resultiert oder alle Kombinationen von Sätzen erschöpft sind bzw. ausgeschöpft wurden. Wenn alle Kombinationen von Sätzen erschöpft wurden, dann werden alle erforderlichen Messungen in Echtzeit genommen und der Satz von Echtzeitmessungen wird auf das Maximum eingestellt.

[0057] Tabelle 2 ist ein Beispiel eines möglichen reduzierten Satzes von Messungskombinationen für eine Verwendung beim Messen einer aktiven zu testenden Komponente **108**, wie beispielsweise einer Kapazität. Die erforderlichen Messungen zum Berechnen des Komponentenwerts beinhalten die reale, positiv imaginäre und negativ imaginäre Komponente von jedem aus den Quellenabtastknoten **A 107**, Eingangsabtastknoten **B 111**, Eingangsknoten **I 110** und Ausgangsknoten **V₀ 114**. Der Messungskombinationsprozessor **30** bestimmt den ursprünglichen bzw. Ausgangssatz von Echtzeitmessungen, um diejenigen zu beinhalten, welche in Spalte "1" von Tabelle 2 enthalten sind (d. h. die positive imaginäre Komponente des Ausgangsknotens **V₀ 114**). Wenn der berechnete Komponentenwert nicht in einem bestandenen Status resultiert, bestimmt der Messungskombinationsprozessor **30** den nächsten Subsatz von erforderlichen Messungen, um in Echtzeit berücksichtigt zu werden, um diejenigen zu beinhalten, welche in Spalte "2" der Tabelle 2 enthalten sind (d. h. die reale Komponente an den Quellenabtastknoten **A 107** und die positive imaginäre Komponente des Ausgangsknotens **V₀ 114**). Wenn der berechnete Komponentenwert wiederum nicht in einem bestandenen Status resultiert, iteriert bzw. wiederholt der Messungskombinationsprozessor **30** durch jede der Spalten **3** bis **22**, bis der berechnende Komponentenwert in einem bestandenen Status resultiert oder der berechnete Komponentenwert unverändert nicht besteht, wenn mit allen erforderlichen Messungen gerechnet wird, welche in Echtzeit aufgenommen sind.

Tabelle 2

Messung Iteration	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
B	+i															X	X		X		X	X
	-i																X		X		X	X
	R									X	X	X				X	X		X		X	X
A	+i						X								X	X	X	X	X	X	X	X
	-i														X	X		X	X	X	X	X
	R	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
I	+i																X		X		X	X
	-i																	X		X	X	X
	R										X	X	X				X		X		X	X
V ₀	+i	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	-i			X	X	X		X							X	X		X	X	X	X	X
	R		X		X		X	X	X	X	X		X		X	X			X	X		X
Anzahl d. Messungen	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	6	8	8	8	9	9	11	12
Gleichung	8	8	8	12	12	12	8	8	12	8	8	8	8	12	12	8	12	12	12	12	12	12

[0058] In dem obigen Beispiel kann die negativ imaginäre Komponente des Ausgangsspannungsknotens **V₀ 114** nicht historisch aufgenommen bzw. beibehalten werden. Zusätzlich gibt es dann, wenn die negative imaginäre Komponente -i nicht in Echtzeit erforderlich ist, keinen Gleichstrom-Offset und es kann ein zusätzliches Niveau einer Durchsatzverbesserung durchgeführt werden. Dieses zusätzliche Niveau einer Verbesserung wird durch ein Modifizieren der Resultat-Analysiereinrichtung **20** bereitgestellt, so daß sie nicht die Gleich-

strom-Offsetberechnung erfordert. Die Berechnung mit zwölf Messungen kann auf eine Berechnung mit acht Messungen reduziert werden, indem nur die realen R und positiven imaginären +i Komponente verwendet werden.

[0059] Die Audit- bzw. Überprüfungsfunktion, welche die historischen Messungen jeweils nach erfolgreichen aufeinanderfolgenden n Durchgängen des Tests aktualisiert (Schritt **916**, gefolgt von Schritten **904** bis **914**) ist ein optionales bzw. fakultatives Merkmal für eine Implementierung im Messungsprozessor bzw. in der Messungsbearbeitungseinrichtung **30**. In einer beispielhaften Implementierung der Auditfunktion nimmt, wenn der Test (d. h. keine "falschen Fehler") für N = 100 aufeinanderfolgende, bestandene Durchgänge stabil ist, dann nimmt der Algorithmus der Resultatanalysiereinrichtung **20** automatisch alle erforderlichen Messungen wiederum und aktualisiert die historischen Messungen mit den neu gemessenen Messungen. Derart sind die historischen Messungen adaptiert, um Aktualisierungen bei Änderungen in den zugrundeliegenden Meßfehlerquellen zu reflektieren.

[0060] Die Erfindung kann verwendet werden, um auf Messungswartezeiten der zu testenden Komponente **108** adaptiert zu werden. Jede zu testende Komponente **108** weist eine bestimmte bzw. zugeordnete Wartezeit auf, welche mit einem Anlegen und Entfernen der Anregungsquelle **V_s 104** in Zusammenhang steht, um der Anregungsquelle die Zeit zu erlauben, ihren gewünschten Wert zu erreichen. Diese Zeit kann durch die umgebende Topologie der zu testenden Komponente **108** beeinflußt werden. Die Wartezeiten, welche verwendet werden, werden basierend auf Varianten bzw. Abweichungen für den schlechtesten Fall der umgebenden Topologie berechnet. Diese Wartezeiten können an die zu testende Komponente **108** adaptiert werden, indem der Komponentenwert gemessen wird und die Wartezeiten bis zu einem Punkt reduziert werden, wo die zu testenden Komponenten **108** beginnen, nicht zu bestehen bzw. Fehler aufzuweisen. Die Wartezeiten für diese zu testende Komponente **108** werden dann auf den minimalen Wert zuzüglich eines gewissen Spielraums bzw. Rand für diese spezielle zu testende Komponente **108** für den gegenwärtigen speziellen Durchgang von PC-Platten eingestellt.

[0061] Es ist klar, daß die adaptiv aktualisierten Kombinationen von historischen und Echtzeitmessungen auf den automatisierten Test eines Bestehens/Nichtbestehens von jedem getesteten Parameter angewandt werden können, wenn dieser getestete Parameter aus anderen gemessenen Parametern berechnet wird, welche normalerweise für den Zweck eines Bestimmens gemessen werden, ob der Wert des Testparameters sich innerhalb von vorbestimmten Testgrenzen befindet.

[0062] Obwohl die Erfindung im Hinblick bzw. unter Berücksichtigung der illustrativen Ausführungsformen beschrieben wurde, wird durch Fachleute erkannt bzw. geschätzt werden, daß verschiedene Änderungen und Modifikationen an den illustrativen Ausführungsformen durchgeführt werden können, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es ist beabsichtigt, daß der Rahmen der Erfindung in keinerlei Weise auf die gezeigte und beschriebene, illustrative Ausführungsform beschränkt ist, sondern daß die Erfindung nur durch die daran angeschlossenen Ansprüche beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum adaptiven Lernen eines Erhalts von einem Satz von Echtzeitmessungen, um in Echtzeit während einer Ausführung eines automatisierten Tests zu erhalten, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt: Messen (**704**) eines gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen in Echtzeit, wobei der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen einen Sub- bzw. Untersatz eines Vollsatzes von erforderlichen Messungen umfaßt, wobei jeder aus dem vollen Satz von erforderlichen Messungen erforderlich ist, um zu bestimmen, ob der Test erfolgreich durchgeführt bzw. bestanden wurde oder versagt hat; Erhalten (**706**) eines gegenwärtigen Satzes von historischen Messungen, wobei der gegenwärtige Satz von historischen Messungen entsprechende historische Meßwerte für jede der erforderlichen Messungen umfaßt, die nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind; Bestimmen (**708**), ob der Test bestanden wurde oder versagt hat, basierend auf den gemessenen Echtzeitmessungen und dem gegenwärtigen Satz von historischen Messungen, welche für jene erforderlichen Messungen substituiert werden, welche nicht in dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind; wenn der Test versagt:

Auswählen (**710**) eines neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen, wobei der gegenwärtige, neuerliche Satz von Echtzeitmessungen einen Untersatz der erforderlichen Messungen unterschiedlich von dem gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen enthält;

Messen (**712**) des gegenwärtigen neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen in Echtzeit; Erhalten (**714**) eines gegenwärtigen neuerlichen Satzes von historischen Messungen, wobei der gegenwärtige, neuerliche Satz von historischen Messungen entsprechende historische Meßwerte für jede der erforderlichen Messungen umfaßt, die nicht in dem gegenwärtigen neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen enthalten sind; und

neuerliches Bestimmen (**716**), ob der Test bestanden wurde oder versagt hat, basierend auf dem gegenwärti-

gen neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen und dem gegenwärtigen, neuerlichen Satz von historischen Messungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin:

wenn der Test nach dem neuerlichen Bestimmungsschritt bzw. Wiederbestimmungsschritt versagt:
Auswählen (**718**) eines nächsten, neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen; und Wiederholen des zweiten Meßschritts (**712**) durch den neuerlichen Bestimmungsschritt (**716**) unter Verwendung des nächsten, neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen als den gegenwärtigen, neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, worin:

Wiederholen des zweiten Meßschritts (**712**), des zweiten Erhaltsschrittes (**714**), des Wiederbestimmungsschritts (**716**), des zweiten Auswahlschritts (**718**) und des Wiederholungsschritts, bis der Test erfolgreich war oder der gegenwärtige, neuerliche Satz von Echtzeitmessungen den vollständigen Satz von erforderlichen Messungen umfaßt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, worin:

wenn der Test nach dem neuerlichen Bestimmungsschritt (**716**) erfolgreich bzw. bestanden ist:
Aktualisieren (**720**) der entsprechenden historischen Meßwerte von jedem des gegenwärtigen, neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen mit den entsprechenden gemessenen Echtzeitmessungen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, worin:

wenn der Test nach dem neuerlichen Bestimmungsschritt (**716**) erfolgreich ist:
Festlegen bzw. Einstellen (**722**) des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen auf einen neuen Satz von Echtzeitmessungen.

6. Automatisiertes Testsystem zum Testen einer zu testenden Komponente (**108**), umfassend:
eine Testkonfigurationsschaltung (**10**), die an die zu testende Komponente (**108**) angeschlossen ist und einen gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen (**42**) erhält; und
einen Ergebnisanalysierer (**20**), welcher einen Komponentenwert für die zu testende Komponente (**108**) berechnet unter Verwendung des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen (**42**) und Substituieren von historischen Werten (**34**) für jede erforderliche Messung, die nicht in den Echtzeitmessungen (**42**) enthalten ist, bestimmt, ob der Komponentenwert innerhalb eines vorbestimmten Testgrenzwerts liegt, und einen weiteren bzw. neuerlichen Versuch (**26**) signalisiert, wenn der berechnete Komponentenwert nicht innerhalb der vorbestimmten Testgrenzwerte liegt;
einen Meßkombinationsprozessor (**30**), welcher auf das Wiederholungssignal (**26**) anspricht, um einen gegenwärtigen neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen (**36**) auszuwählen;
worin die Testkonfigurationsschaltung (**10**) einen gegenwärtigen neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen (**42**) von der zu testenden Komponenten (**108**) erhält, und der Ergebnisanalysierer (**20**) einen Komponentenwert für die zu testende Komponente (**108**) unter Verwendung des neuerlichen Satzes von Echtzeitmessungen (**42**) und Substituieren historischer Werte (**34**) für jede erforderliche Messung berechnet, die nicht in dem gegenwärtigen, neuerlichen Satz von Echtzeitmessungen (**42**) enthalten sind, und bestimmt, ob der Komponentenwert innerhalb der vorbestimmten Testgrenzen liegt.

7. System nach Anspruch 6, worin:

wenn der berechnete Komponentenwert nicht innerhalb der vorbestimmten Testgrenzen liegt und der gegenwärtige Satz von Echtzeitmessungen nicht jede der erforderlichen Messungen umfaßt, der Meßkombinationsprozessor (**30**) einen nächsten neuerlichen Versuch von Echtzeitmessungen wählt.

8. System nach Anspruch 6 oder 7, umfassend:

eine Tabelle (Tabelle 1, Tabelle 2), umfassend eine Mehrzahl von Untersätzen der erforderlichen Messungen, wobei jeder Untersatz eine zugehörige Priorität aufweist, die die Reihenfolge definiert, in welcher der Untersatz des gegenwärtigen Satzes von Echtzeitmessungen zu verwenden ist.

9. System nach Anspruch 8, worin:

der Meßkombinationsprozessor (**30**) einen Untersatz von der Tabelle (Tabelle 1, Tabelle 2) in der Reihenfolge der definierten Priorität als den gegenwärtigen Satz von Echtzeitmessungen auswählt.

10. System nach Anspruch 6, 7, 8 oder 9, umfassend:

eine Überprüfungs- bzw. Auditfunktion (**724**), welche periodisch wenigstens eine der erforderlichen Messungen in Echtzeit neuerlich mißt und die historischen Werte (**34**) durch die entsprechenden neuerlich gemesse-

DE 600 02 518 T2 2004.03.18

nen, erforderlichen Messungen ersetzt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

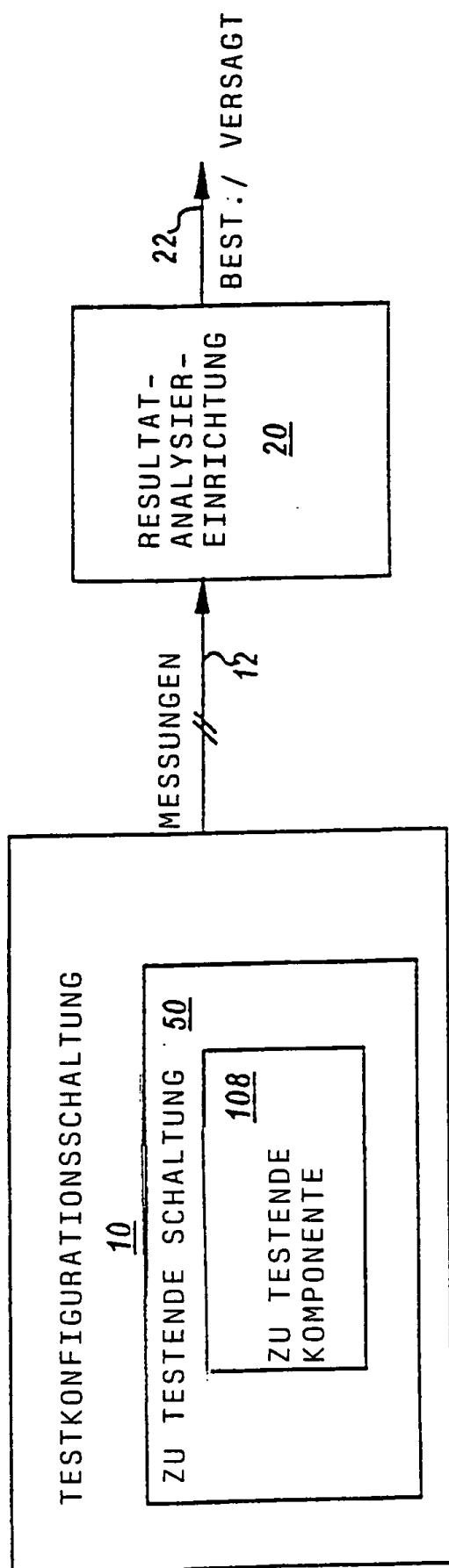


FIG. 1

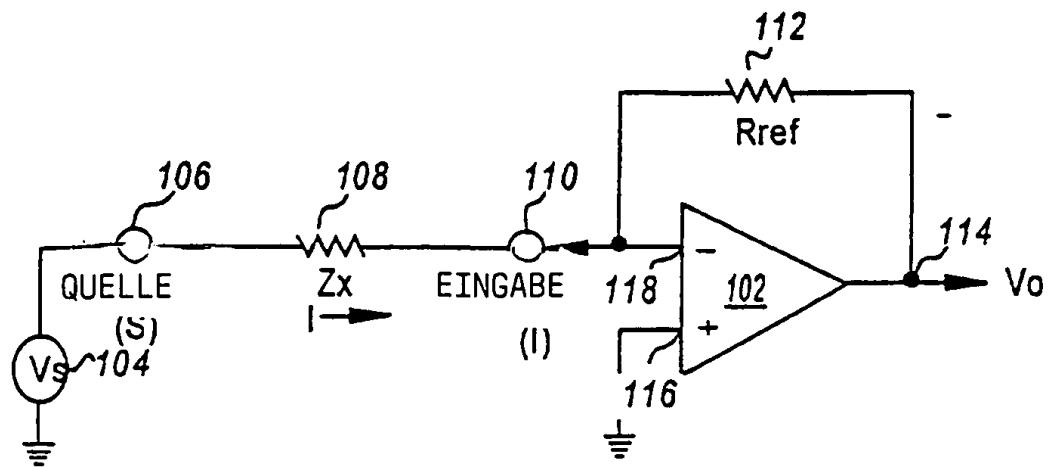
100

FIG. 2

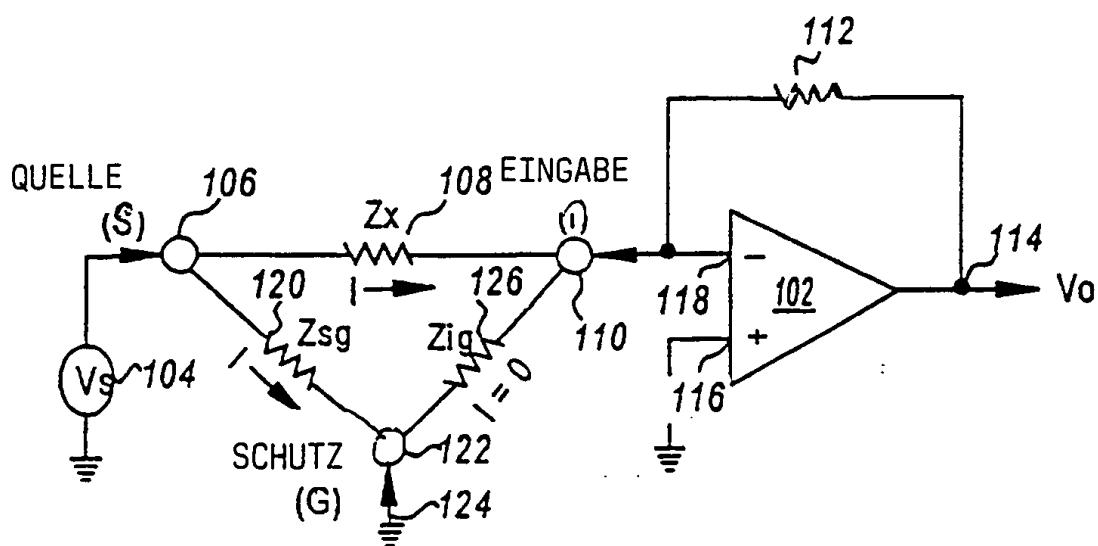
200

FIG. 3

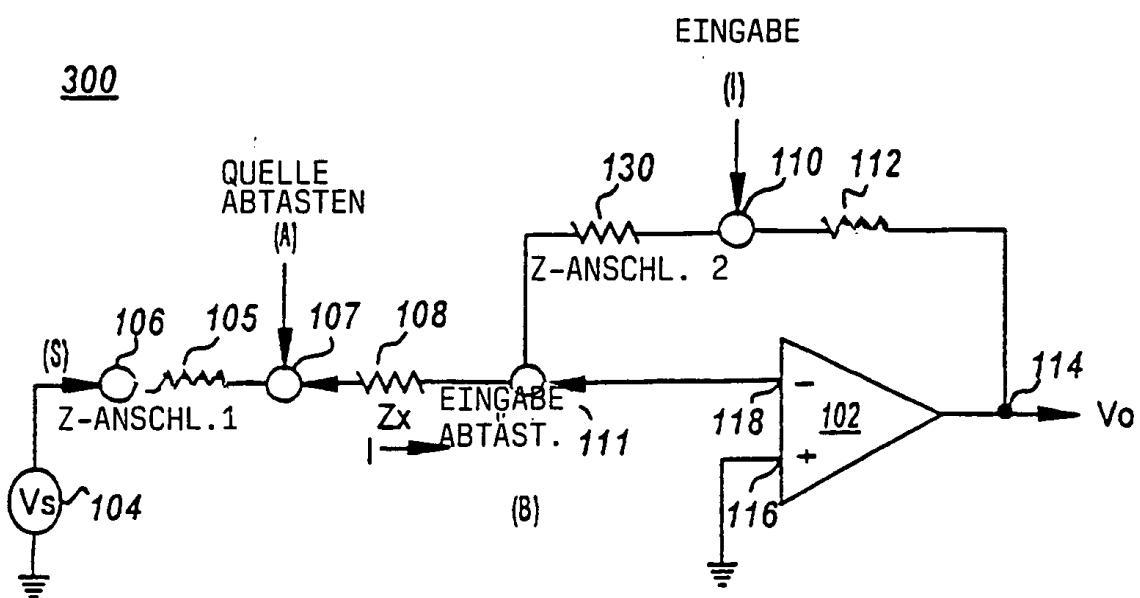
300

FIG. 4

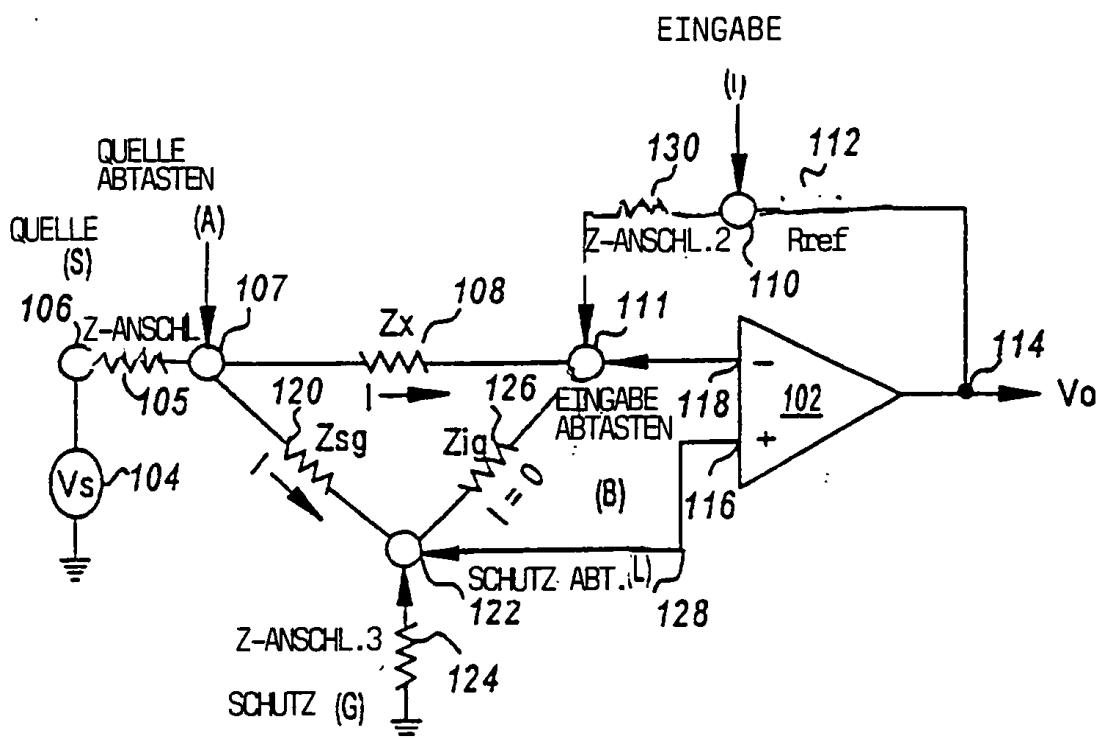
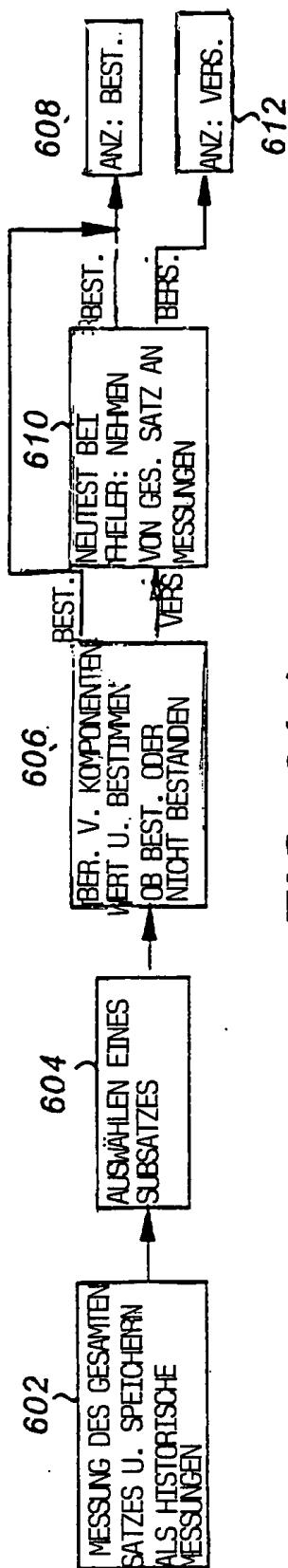
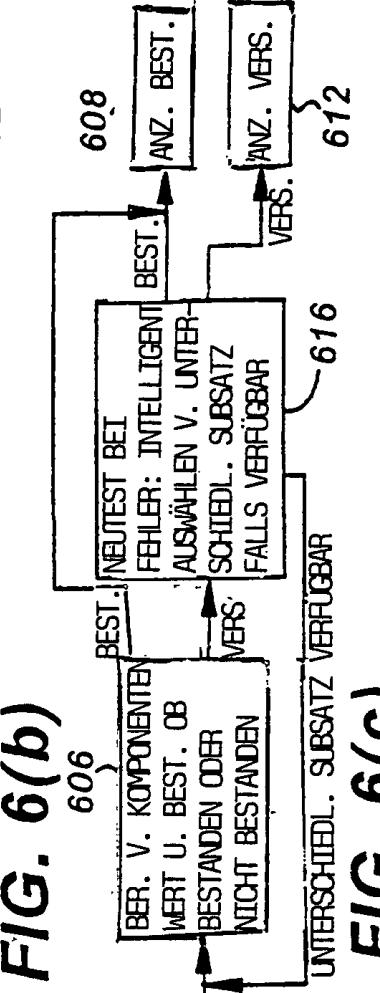
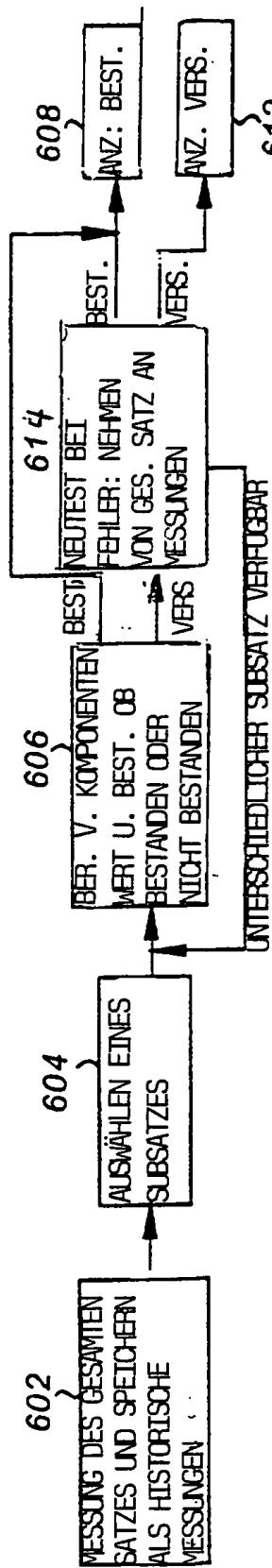
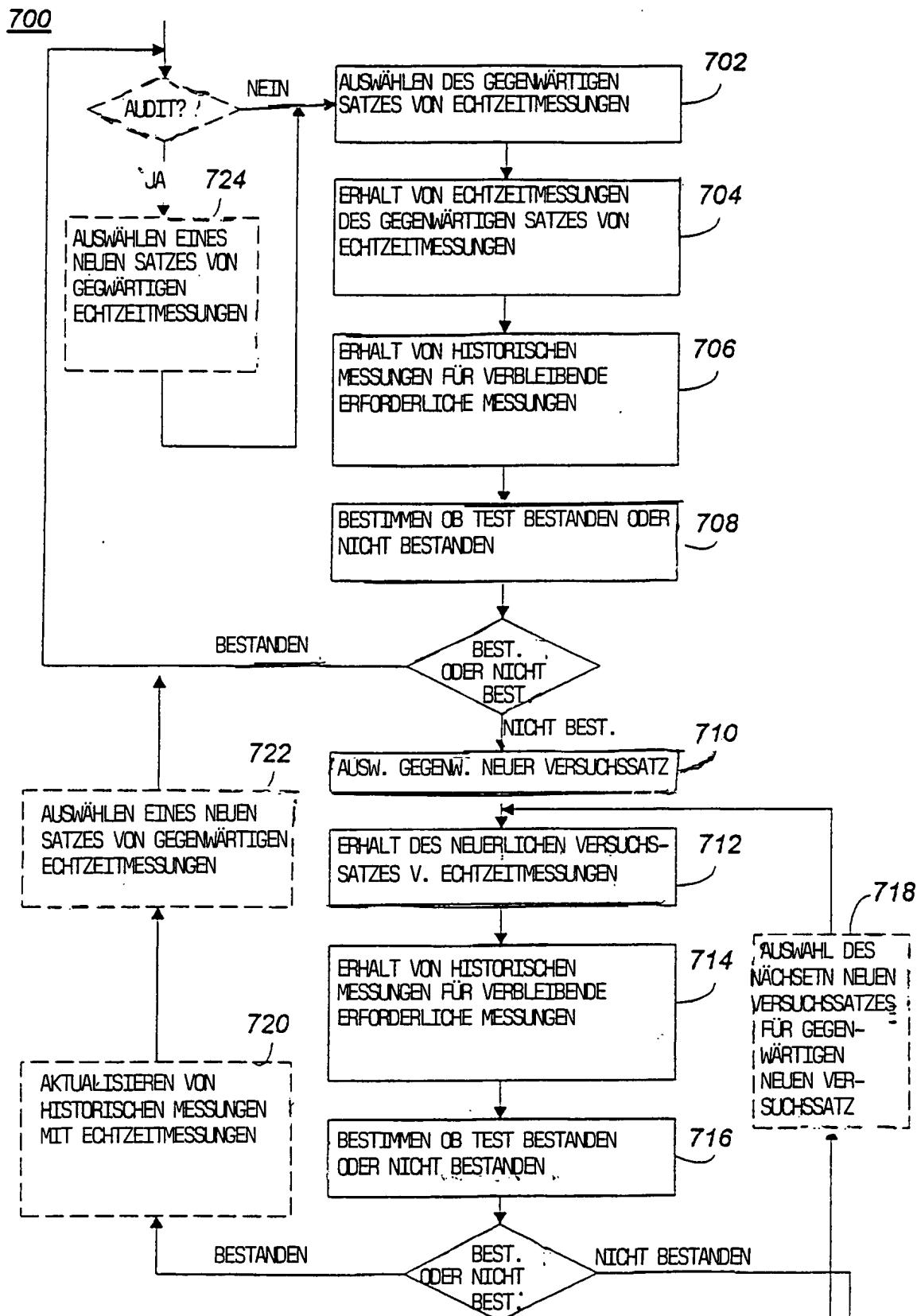
400

FIG. 5

**FIG. 6(a)**

**FIG. 7**

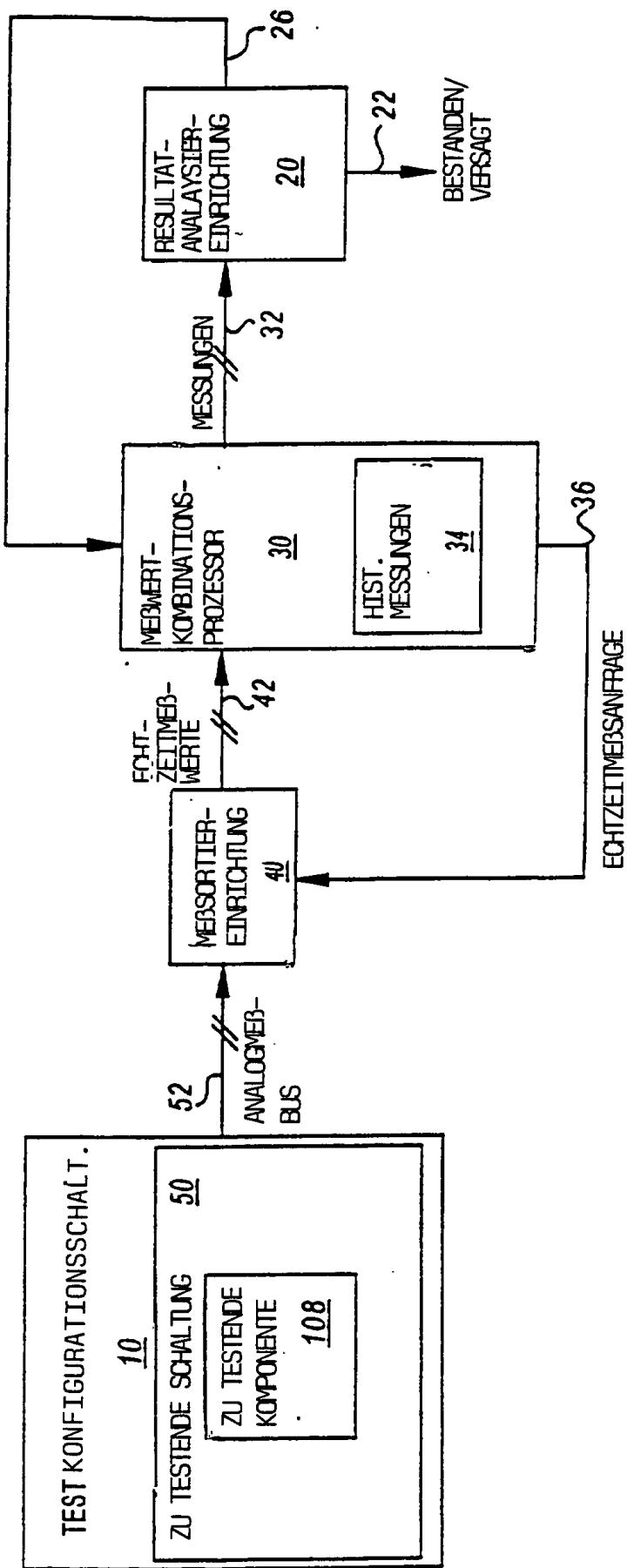


FIG. 8

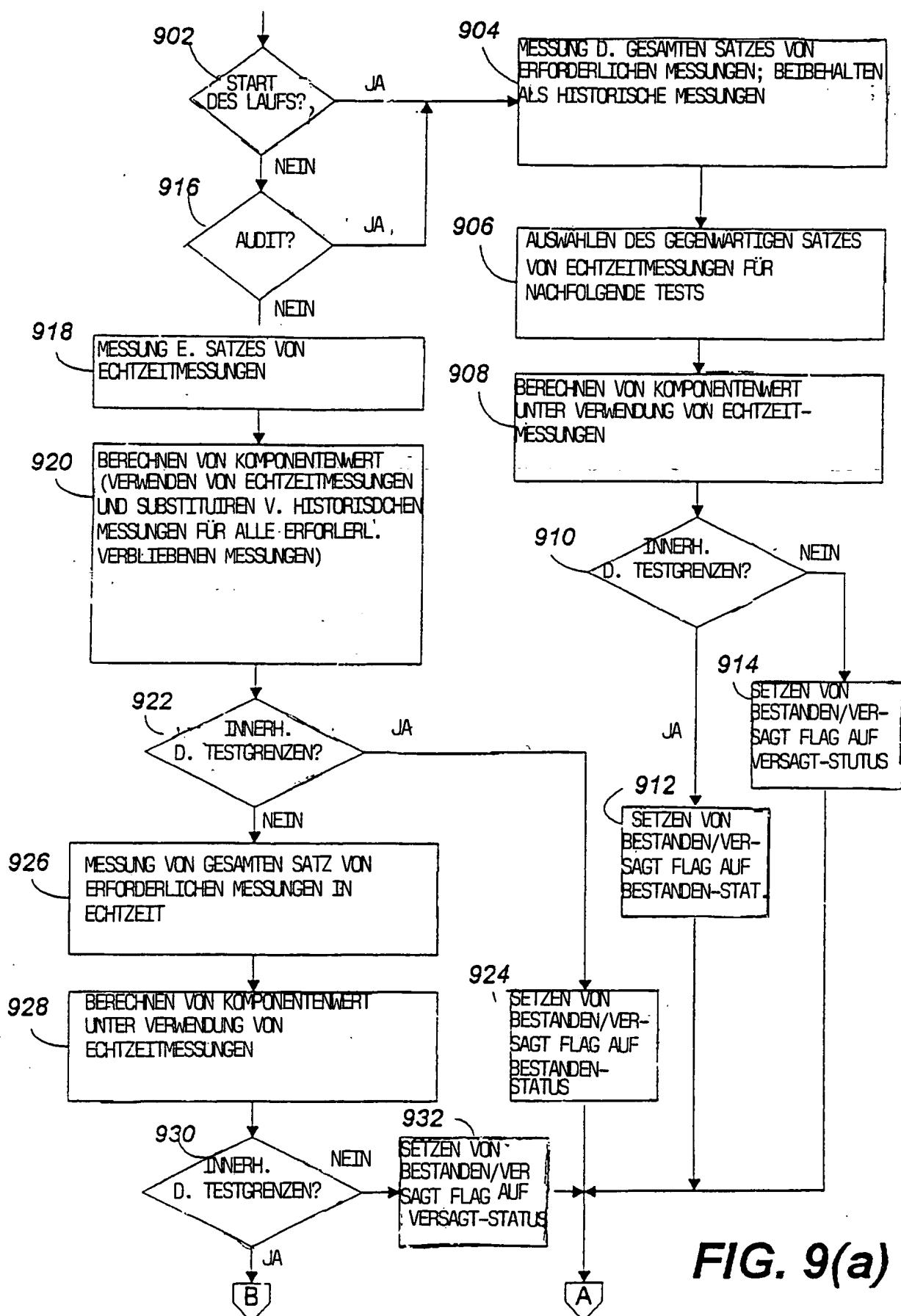


FIG. 9(a)

