



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 694 35 056 T2** 2008.12.11

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 699 092 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **694 35 056.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US94/05557**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 918 028.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1994/027674**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.05.1994**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **08.12.1994**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.03.1996**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **26.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.12.2008**

(51) Int Cl.⁸: **A61N 1/39** (2006.01)
A61N 1/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

63631	18.05.1993	US
240272	10.05.1994	US

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL**

(74) Vertreter:

Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU,
MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**POWERS, Daniel, Bainbridge Island, WA 98110,
US; CAMERON, David, Seattle, WA 98119, US;
COLE, Clinton, Seattle, WA 98121, US; LYSTER,
Thomas, Bothell, WA 98021, US; MYDYSKI,
Steven T., Bothell, WA 98012, US; MORGAN,
Carlton, Bainbridge Island, WA 98110, US**

(54) Bezeichnung: **DEFIBRILLATOR MIT EINEM SELBST-TEST-SYSTEM**

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

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

Beschreibung

Technisches Umfeld

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf ein Defibrillatorsystem, das periodische Selbsttests durchführt, und im Besonderen auf ein Verfahren und ein Gerät zum periodischen Durchführen von Funktions-, Kalibrierungs- und Sicherheitstests in einem automatischen externen Defibrillator um zu überprüfen, ob die Bauteile und der Betrieb des Defibrillators voreingestellten Spezifikationen genügen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Externe Defibrillatoren nach dem Stand der Technik wurden in erster Linie im Krankenhaus eingesetzt. In dieser Umgebung war die Häufigkeit, mit der ein spezieller Defibrillator eingesetzt wurde, relativ hoch, beispielsweise in der Größenordnung von mehreren Malen pro Woche. Periodische Überprüfungstests für diese Defibrillatoren nach dem Stand der Technik beschränkten sich typischerweise auf einen Test des Batteriezustands und einen Funktionstest, bei dem der Defibrillator an eine Testlast angeschlossen und entladen wurde. Diese Tests wurden normalerweise je nach Herstellerempfehlung einmal pro Tag oder einmal pro Schicht durchgeführt. Andere Tests, wie beispielsweise die Nachkalibrierung von internen Schaltungsbauteilen durch einen biologisch-medizinischen Techniker wurden wiederum nach Herstellerempfehlung weniger häufig, in der Größenordnung von zweimal pro Jahr, durchgeführt. Jeder dieser Wartungstests für Defibrillatoren nach dem Stand der Technik wurde durch menschliche Bediener initiiert und durchgeführt.

Beschreibung der Erfindung

[0003] Testgeräte und -verfahren für Defibrillatoren nach dem Stand der Technik sind zwar für relativ häufig eingesetzte Defibrillatoren in Krankenhäusern geeignet, sie sind jedoch nicht optimal für den Einsatz bei tragbaren Defibrillatoren, die weniger häufig verwendet werden. Defibrillatoren, die in Krankenwagen mitgeführt werden, müssen beispielsweise eventuell nur einmal pro Monat eingesetzt zu werden. Die Last der täglichen Durchführung manueller Batterie- und Leistungstests könnte schwerer wiegen als die Vorteile des Mitführens des wenig verwendeten Defibrillators in dem Fahrzeug. Die Tests sollten daher von dem Defibrillator automatisch durchgeführt werden.

[0004] Da die Tests automatisch durchgeführt werden, sollten sie sowohl genau als auch zuverlässig sein. Die mobile Umgebung des tragbaren Defibrillators könnte die Häufigkeit von Ausfällen von Defibrillatorbauteilen erhöhen, wodurch der Bedarf an periodischen Tests noch zunimmt. Zusätzlich könnten

tragbare Defibrillatoren Umgebungsbedingungen (beispielsweise starke Vibrationen, plötzliche Stöße, Hitze oder Feuchtigkeit) ausgesetzt sein, die eine sofortige Neubewertung des Betriebszustandes eines Defibrillators erfordern.

[0005] Außerdem sollte die Art der bei tragbaren Defibrillatoren durchgeführten Tests eine andere sein, da die Defibrillatoren relativ selten verwendet werden. Die Beschädigung von Systemkomponenten im Laufe der Zeit könnte bewirken, dass die ursprünglich spezifizierten Betriebsparameter des Defibrillators nicht mehr eingehalten werden. Ein selten eingesetzter Defibrillator sollte dem Bediener nicht nur anzeigen, ob er überhaupt betriebsbereit ist, sondern auch überprüfen, ob der Defibrillator seinen festgelegten Spezifikationen genügt.

[0006] Defibrillatoren werden in Notfällen eingesetzt, in denen Zeit ein wichtiger Faktor ist. Der Betriebszustand eines speziellen Defibrillators wie er durch die Selbsttests ermittelt wird, sollte daher für einen Bediener leicht zu erkennen sein. Ein Defibrillator, der alle Merkmale des Oberbegriffs von Anspruch 1 umfasst, ist aus dem Dokument US-A-5097830 bekannt.

[0007] Letztendlich besteht ein Bedarf an einem Defibrillator, der sich automatisch nachkalibrieren kann, wenn gewisse Systemkomponenten von ihren Anfangswerten abweichen. Diese automatische Nachkalibrierung minimiert die Belastung des Bedien- oder Wartungspersonals des Defibrillators und verlängert die Nutzungsdauer des Defibrillators.

[0008] Diese Erfindung nach Anspruch 1 bezieht sich auf einen Defibrillator mit einem automatischen Selbsttest-System, das einen Testsignalgenerator und eine Defibrillatorstatusanzeige umfasst. Das Testsystem führt vorzugsweise Funktionstests und Kalibrierprüfungen automatisch durch in Reaktion auf Testsignale, die periodisch und/oder in Reaktion auf vorher festgelegte Bedingungen oder Ereignisse erzeugt werden, und zeigt die Testergebnisse visuell und akustisch an. Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren nach Anspruch 29 zum automatischen Ermitteln und Anzeigen des Betriebszustands eines Defibrillators ohne menschliches Eingreifen.

[0009] Die Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0010] Es zeigen:

[0011] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Defibrillators;

[0012] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines

Testsystems eines erfindungsgemäßen Defibrillators;

brierprüftest nachkalibrieren.

[0013] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild, das einige der Bauteile eines Defibrillators gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung zeigt;

[0014] [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild der Systemüberwachungseinheit des Ausführungsbeispiels aus [Fig. 3](#);

[0015] die [Fig. 5\(a\)–5\(e\)](#) verschiedene Aspekte einer visuellen Anzeige gemäß dem Ausführungsbeispiel aus [Fig. 3](#);

[0016] [Fig. 6](#) eine Tabelle mit Gruppierungen von Defibrillator-Selbsttests gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung;

[0017] [Fig. 7](#) ein Blockschaltbild der Wechselwirkung zwischen einem EKG-Front-End und einem Testsystem gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung;

[0018] [Fig. 8](#) ein Blockschaltbild der Wechselwirkung zwischen einem Hochspannungsabgabesystem und einem Testsystem gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung.

Beste Arten zur Ausführung der Erfindung

[0019] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein Gerät zum automatischen Ermitteln des Zustands eines Defibrillators, zum Anzeigen dieses Zustands für einen Benutzer oder Bediener und zum Nachkalibrieren gewisser Defibrillatorbauteile. Die Erfindung ist besonders nützlich zur Steigerung der Zuverlässigkeit selten eingesetzter Defibrillatoren, indem eine Anzeige des Betriebszustands eines Defibrillators geschaffen und der Defibrillator, falls möglich, vor jeglichem Einsatzversuch des Defibrillators nachkalibriert wird.

[0020] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erzeugt der Defibrillator automatisch ein Testsignal entweder (1) periodisch in Reaktion auf den Ablauf einer Zeitspanne oder (2) in Reaktion auf ein spezifisiertes Ereignis oder eines spezifizierte Bedingung, beispielsweise das Einsetzen einer neuen Batterie oder einen manuellen Einschaltbefehl von einem Bediener. Das Testsignal initiiert eine Vielzahl von voreingestellten Selbsttests innerhalb des Defibrillators. Die Selbsttests können Funktionstests einschließen, die die Funktion gewisser Defibrillatorbauteile und -teilsysteme überprüfen. Die Selbsttests können auch Kalibrierprüftests einschließen, die ermitteln, ob gewisse Defibrillatorbauteile und -teilsysteme gemäß voreingestellter Spezifikationen oder innerhalb voreingestellter Spezifikationsbereiche funktionieren. Zusätzlich kann der Defibrillator automatisch gewisse Bauteile oder Teilsysteme in Reaktion auf einen Kali-

[0021] Unabhängig davon, welchen Test oder welche Reihe von automatischen Selbsttests der Defibrillator durchführt, zeigt der Defibrillator seinen Betriebszustand, wie er durch die Selbsttests ermittelt wurde, beispielsweise durch eine visuelle Anzeige an. Die Anzeige ist vorzugsweise ausfallsicher, so dass ein Ausfall des Statusanzeigemechanismus selbst zu der Anzeige führt, dass der Defibrillator nicht betriebsbereit ist.

[0022] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines gemäß dieser Erfindung konstruierten und betriebenen Defibrillators. Der Defibrillator **10** umfasst eine Batterie **12**, ein Hochspannungsabgabesystem **13** (das vorzugsweise aus einem Kondensator oder einem Kondensatorblock **14**, einer Kondensatorladeeinheit **16** und einem Schaltmechanismus **18** besteht), einen Elektrodenstecker **20** und eine Steuereinheit **22**, die die Ladeeinheit und den Schaltmechanismus so steuert, dass sie einen Elektroschock von dem Kondensator an Elektroden abgibt, die mit dem Elektrodenstecker oder der Schnittstelle **20** verbunden sind. Der Defibrillator weist ein Testsystem **24** auf, das einen Testsignalgenerator **26** und eine Defibrillatorstatusanzeige **28** umfasst. Der Zweck des Testsystems **24** besteht darin, den Betriebszustand der Bauteile des Defibrillators zu testen und automatisch in Reaktion auf vorher festgelegte Ereignisse oder Bedingungen bzw. periodisch nach einem voreingestellten Zeitplan eine Anzeige dieses Zustands zu liefern.

[0023] Zusätzlich kann das Testsystem **24** auch Komponenten umfassen, die sich in anderen Defibrillator-Teilsystemen befinden, beispielsweise in dem Hochspannungsabgabesystem. Auf jeden Fall kommuniziert das Testsystem mit den getesteten Defibrillatorbauteilen und -systemen über Kommunikationskanäle, um die Tests zu steuern und Informationen über den Zustand der getesteten Bauteile zu sammeln. Das Testsystem überträgt auch Anzeigensteuersignale ebenfalls über Kommunikationskanäle zur Statusanzeige.

[0024] [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung von Selbsttest-Teilsystemen, die das Testsystem **24** in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel bilden. Es ist nicht erforderlich, dass ein gegebener Defibrillator jedes der in [Fig. 2](#) dargestellten Teilsysteme enthält. Gemäß dieser Erfindung muss der Defibrillator mindestens einen automatischen Selbsttest durchführen, der in Reaktion auf ein entweder periodisch oder infolge eines spezifizierten Ereignisses oder einer spezifizierten Bedingung erzeugtes Testsignal initiiert wird.

[0025] Außerdem ist es ebenfalls nicht erforderlich, dass das jeden Test in jedem Teilsystem durchfüh-

rende Gerät sich an der gleichen physischen Position befindet. **Fig. 2** ist eine logische Anordnung und nicht als tatsächliche Zeichnung eines Defibrillators oder Defibrillatorteilsystems gedacht.

[0026] Jeder Selbsttest in jeder Gruppe in **Fig. 2** reagiert auf ein Testinitiationssignal vom Signalgenerator **26**, und das Ergebnis jedes Selbsttests in jeder Gruppe beeinflusst den Zustand, der in der Statusanzeige **28** angezeigt wird. Diese Ansammlung von Selbsttest-Teilsystemen kann vergrößert oder verkleinert werden, ohne dass von dem Rahmen der Erfindung abgewichen würde. Zusätzlich sind andere mögliche Tests, die durch den Defibrillator durchgeführt werden können und diese Kriterien nicht erfüllen, nicht Teil dieser Erfindung.

[0027] Das erste Testteilsystem ist der Funktionstester **23**. Die von diesem Teilsystem durchgeführten Selbsttests testen den Betrieb und die Funktionsweise von Defibrillatorbauteilen bzw. -teilsystemen. Beispiele hierfür sind das Testen von Schaltern innerhalb des Schaltmechanismus des Hochspannungsabgabesystems und das Testen von Registern in der Steuereinheit des Defibrillators.

[0028] Das zweite Testteilsystem ist die Kalibrierprüfeinheit **25**. Die von diesem Teilsystem durchgeführten Selbsttests ermitteln, ob gewisse Defibrillatorbauteile und/oder -teilsysteme voreingestellten Spezifikationen genügen. Beispiele hierfür sind das Ermitteln der Kapazität des Kondensators des Defibrillators und das Überprüfen des Ansprechens der Steuereinheit auf Kondensatorspannungswerte.

[0029] Das Testsystem kann auch eine Nachkalibrierereinheit **27** umfassen, die ein Bauteil oder Teilsystem des Defibrillators in Reaktion auf eine Feststellung justiert, dass das Bauteil oder Teilsystem nicht mehr einen spezifizierten Wert hat oder nicht mehr mit ihm oder innerhalb eines spezifizierten Wertebereichs arbeitet. Beispielsweise können Parameter, die von der Steuereinheit des Defibrillators verwendet werden, um den Betrieb des Hochspannungsabgabesystems zu steuern, verändert werden, um Änderungen der Werte von Defibrillatorbauteilen Rechnung zu tragen.

[0030] Die tatsächlichen von dem Testsystem des Defibrillators automatisch durchgeführten Selbsttests hängen teilweise vom Aufbau des Defibrillators und teilweise von der Zuverlässigkeit ab, die vom Konstrukteur des Defibrillators angestrebt wird. Es können Kompromisse zwischen der Vollständigkeit eines gegebenen Selbsttests (der zur Zuverlässigkeit des Defibrillatorproduktes beiträgt) und den Kosten für die Ausführung eines vollständigen und genauen Selbsttests gefunden werden. Eine spezielle Ausführung eines Defibrillators und seines Selbsttest-System wird nachfolgend beschrieben. Die Darlegung

erläutert lediglich ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Unsere Erfindung deckt andere Defibrillatorkonstruktionen und andere Reihen von Defibrillator-Selbsttests ebenfalls ab.

[0031] **Fig. 3** ist ein Blockschaltbild einer bevorzugten Konfiguration für den erfindungsgemäßen Defibrillator. Wie in **Fig. 3** dargestellt weist der Defibrillator **30** eine Energiequelle, beispielsweise eine herausnehmbare Batterie **32**, eine Steuereinheit, beispielsweise eine Zentraleinheit (CPU) **34** und ein Hochspannungsabgabesystem **36** auf, das einen Kondensator oder eine Kondensatorblock und geeignete Schalter (nicht dargestellt) enthält, um einen Impuls mit elektrischer Energie einem Elektrodenstecker oder einer Schnittstelle **38** zuzuführen und dann einem Patienten über Elektroden **40** zu verabreichen. Die Abgabe des elektrischen Impulses wird durch die Zentraleinheit **34** gesteuert. Aus Gründen, die weiter unten erläutert werden, sind Test- und Isolierrelais **76** und eine Testlast **78** vorgesehen.

[0032] Ein EKG-Front-End-System **35** erfasst und vorverarbeitet die EKG-Signale des Patienten durch Elektroden **40** und sendet die Signale über ein System-Gate-Array **56** zur Zentraleinheit **34**. Das System-Gate-Array **56** ist eine kunden- und anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), die viele der Funktionen des Defibrillators integriert, beispielsweise die Anzeigensteuerung, und viele der Instrumentensteuerfunktionen integriert und dadurch die Anzahl der Teile minimiert und Haupt-CPU-Zeit zur Nutzung für andere Aufgaben freigibt. Das System-Gate-Array könnte natürlich durch diskrete Logik und/oder eine weitere Zentraleinheit ersetzt werden, wie es in der Technik bekannt ist.

[0033] Der in **Fig. 3** dargestellte Defibrillator weist auch einen Speicher **80** (beispielsweise eine herausnehmbare PCMCIA-Karte oder ein Magnetband), ein Mikrofon **81**, einen Lautsprecher **82**, eine LCD-Tafel **83** und eine Gruppe von beleuchteten Schaltflächen **84** auf. Keines dieser Bauteile ist für die vorliegende Erfindung wesentlich.

[0034] Eine Systemüberwachungseinheit vermittelt die Selbsttestfunktionen des Defibrillators, indem sie festgelegte Testzeitpunkte und nicht festgelegte Einschaltereignisse überwacht. Die Systemüberwachungseinheit erzeugt periodisch Testsignale zu festgelegten Zeitpunkten und in Reaktion auf spezifizierbare Ereignisse. Die Systemüberwachungseinheit ist auch für das Betreiben einer ausfallsicheren Defibrillatorstatusanzeige verantwortlich. Die Systemüberwachungseinheit überträgt Testsignale über einen Kommunikationskanal zur Zentraleinheit, und die Zentraleinheit steuert und sammelt Informationen von getesteten Defibrillatorbauteilen über andere Kommunikationskanäle, von denen einige durch das System-Gate-Array **56** verlaufen.

[0035] In dem in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Systemüberwachungseinheit **42** von der Zentraleinheit **34** getrennt, so dass der Systemüberwachungseinheit Energie zugeführt werden kann, ohne dass ein anderer Teil des Defibrillators mit Energie versorgt wird. Somit hat die Systemüberwachungseinheit **42** ihre eigene Energieversorgung **44** getrennt von der Energieversorgung **46** des Defibrillators, wie es genauer in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Diese spezielle Energieversorgung **44** zieht ungefähr 30 μ A von der Batterie **32** und ist immer dann aktiv, wenn von der Batterie Energie zur Verfügung steht. Die spezielle Energieversorgung für die Systemüberwachungseinheit kann auch ihre eigene, von der Hauptbatterie getrennte Batterie haben.

[0036] Wie in [Fig. 4](#) genauer dargestellt ist, ist das andere Hauptelement der Systemüberwachungseinheit **42** ein Niederleistungs-Gate-Array **48**. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist das Gate-Array **48** ein kundenspezifisches 44-Stift-ASIC. Das Gate-Array **48** ist vorprogrammiert und führt die Funktionen der Systemüberwachungseinheit aus. Als Alternative könnte die Systemüberwachungseinheit mit einer Niederleistungszentraleinheit und/oder mit diskreten Logikbauteilen ausgeführt werden.

[0037] Das Gate-Array **48** steuert einen 32.768-kHz-Kristalloszillator, um die Zeitplanungsfunktion des Testsystems des Defibrillators bereitzustellen. Das Gate-Array unterteilt wiederholt die Frequenz des Oszillators und erzeugt periodische (beispielsweise tägliche, wöchentliche, monatliche) Testinitiiierungssignale. Die Systemüberwachungseinheit sendet auch ein 32.768-kHz-Taktsignal auf der Leitung **52**, das von dem Defibrillatorsystem für die Durchführung anderer Funktionen verwendet wird.

[0038] Zusätzlich zu den periodischen Tests werden gewisse Defibrillator-Selbsttests schnell in Reaktion auf die Aktivierung der EIN-Taste (schematisch als Bauteil **54** in [Fig. 4](#) dargestellt) des Defibrillators durch einen Bediener durchgeführt. Die Aktivierung der EIN-Taste **54** veranlasst die Systemüberwachungseinheit, ein Einschalt-Testinitiiierungssignal zu erzeugen.

[0039] Die Systemüberwachungseinheit zeigt den Zustand des Defibrillators als Ergebnis der periodischen und Einschalt-Selbsttests an. Die Statusanzeige sollte ausfallsicher sein, so dass die Anzeige einen nicht betriebsbereiten Zustand anzeigt, wenn die Systemüberwachungseinheit ausfallen sollte. Die Systemüberwachungseinheit sendet über Kommunikationskanäle Steuerinformationen an die Statusanzeige.

[0040] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel versorgt die Systemüberwachungseinheit **42** eine Statusanzeige mit Energie, die aus einer visuellen

Anzeige **58** und einem Piezosummer **60** besteht, um einem Benutzer den Betriebszustand des Defibrillators anzugeben. Wie genauer in [Fig. 5](#) dargestellt ist, kann die visuelle Anzeige **58** eine mehrteilige Flüssigkristallanzeige (LCD) **62** sein, die von der Systemüberwachungseinheit über einen AC-gekoppelten Treiber **72** mit Energie versorgt wird. Die obere Platte **64** der LCD ist ein durchsichtiges Fenster, auf dessen Rückseite ein Symbol „OK“ gedruckt ist. Die mittlere Platte **66** ist ein LCD-Verschluss, der so voreingestellt ist, dass er undurchsichtig ist, wenn er über den Treiber **72** von der Systemüberwachungseinheit angesteuert wird. Die untere Platte **68** weist ein internationales Symbol „Nicht“ auf ihrer Oberseite auf. Die mittlere Platte **66** umfasst auch einen separat adressierbaren Teilbereich **70** auf, der von der Systemüberwachungseinheit über den AC-gekoppelten Treiber **74** angesteuert wird.

[0041] Während des Betriebs steuert die Systemüberwachungseinheit **42** den LCD-Verschluss **66** nur an, wenn die Bestätigung eines erfolgreichen Tests innerhalb eines erwarteten Zeitfensters empfangen wird. Die visuelle Anzeige sieht dann so aus wie in [Fig. 5\(d\)](#). Wird keine ordnungsgemäße Testbestätigung innerhalb des zugeteilten Zeitfensters empfangen, wird die Systemüberwachungseinheit veranlasst, das Ausgeben von Ansteuerungssignalen an den Verschchluss **66** zu beenden. Der Verschchluss **66** wird dann durchsichtig und überlagert das Symbol „OK“ in der LCD mit einem internationalen Symbol „Nicht“ wie in [Fig. 5\(c\)](#) gezeigt. Die Systemüberwachungseinheit beginnt dann auch, einen piezoelektrischen Ausfallalarmsummer **60** vorzugsweise 200 ms lang alle 10 s mit Energie zu versorgen, solange genügend Energie dafür vorhanden ist.

[0042] Die primären Vorteile der visuellen Anzeige des bevorzugten Ausführungsbeispiels sind ihr geringer Leistungsbedarf und die Tatsache, dass sie anstatt durch ein Gleichstromsignal durch ein Wechselstromsignal versorgt wird. Dieser letztere Punkt stellt die Ausfallsicherheit der Anzeige sicher, da der Verschchluss der mittleren Platte **66** nicht undurchsichtig bleiben kann, ohne dass die Systemüberwachungseinheit aktiv das Wechselstromsignal erzeugt.

[0043] Der separat adressierbare Teilbereich **70** dient als positive Anzeige (zusätzlich zu dem ausfallsicheren Symbol „OK“), dass der Defibrillator mit Energie versorgt wird und ordnungsgemäß funktioniert. Der Teilbereich **70** blinkt periodisch durch das abwechselnde Ansteuern und Freigeben des Signals zum Teilbereich **70** durch den Treiber **74**.

[0044] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel wird ein das Symbol „OK“ abdeckender LCD-Verschluss aufgemacht, um das Symbol „OK“ anzuzeigen und einen betriebsbereiten Zustand des Defibrillators anzugeben. Der Verschluss darf sich schließen

und das Symbol "OK" verdecken um anzuzeigen, dass der Defibrillator nicht betriebsbereit ist. Eine weitere alternative Kategorie von ausfallsicheren Anzeigen umfasst elektromechanische Vorrichtungen, wie sie beispielsweise für Flugzeuginstrumente verwendet werden.

[0045] In Reaktion auf die Erzeugung eines Testinitiiierungssignals steuert die Systemüberwachungseinheit das Energieversorgungssystem des Defibrillators so, dass es eingeschaltet wird. Die Zentraleinheit gibt dann eine geeignete Folge von Befehlen aus, damit die erforderlichen Tests durchgeführt werden. Die in Reaktion auf die periodischen und Einschalt-Testinitiiierungssignale durchgeführten Tests werden weiter unten unter Bezugnahme auf die in [Fig. 6](#) dargestellte Tabelle genauer beschrieben.

[0046] [Fig. 6](#) zeigt die zeitliche Planung einiger Tests, die von dem erfindungsgemäßen Selbsttest-System durchgeführt werden können. Einige der Tests werden durchgeführt, wenn eine Batterie eingesetzt wird, einige werden täglich durchgeführt, einige werden wöchentlich durchgeführt, einige werden monatlich durchgeführt, einige werden durchgeführt, wenn ein Bediener den Defibrillator einschaltet, und einige werden während des Betriebs des Defibrillators durchgeführt. Weder ist [Fig. 6](#) eine erschöpfende Liste mit möglichen Tests noch ist die Durchführung jegliches speziellen in [Fig. 6](#) aufgelisteten Tests wesentlich für die Erfindung. Die in [Fig. 6](#) aufgeführten Tests und Testgruppen dienen lediglich als Beispiele für diese Erfindung.

[0047] Die erste Testgruppe ist der Batterieeinsatztest (engl. Battery Insertion Test, BIT). Der BIT testet alle internen Teilsysteme und ermöglicht es dem Benutzer, den PCMCIA-Kartentyp, Einstellparameter und die ordnungsgemäße Funktion von Systemen zu überprüfen, die nur von außen zu sehen sind (beispielsweise die LCD- und die Tastenfunktionen). Der BIT wird immer dann durchgeführt, wenn eine volle Batterie in den Defibrillator eingesetzt wird, es sei denn, die Elektroden des Defibrillators sind an einem Patienten befestigt.

[0048] Die zweite in [Fig. 6](#) aufgeführte Testgruppe ist der monatliche periodische Selbsttest (engl. Monthly Periodic Self-Test, MPST). Der MPST führt die gleichen automatischen Tests durch wie der BIT, um Energie zu sparen lässt er jedoch nicht die von außen sichtbaren Systeme (beispielsweise LCD, Leuchtdioden usw.) laufen. Der MPST wird einmal alle 28 Tage durchgeführt, solange sich eine volle Batterie im Defibrillator befindet.

[0049] Die dritte in [Fig. 6](#) aufgeführte Testgruppe ist der wöchentliche periodische Selbsttest (engl. Weekly Periodic Self-Test, WPST). Der WPST führt im Wesentlichen die gleichen automatischen Tests durch

wie der MPST, lediglich der Testschock wird nicht durchgeführt, um Energie zu sparen. Der WPST wird einmal alle 7 Tage durchgeführt, solange sich eine volle Batterie im Defibrillator befindet.

[0050] Die vierte in [Fig. 6](#) aufgeführte Testgruppe ist der tägliche periodische Selbsttest (engl. Daily Periodic Self-Test, DPST). Der DPST umfasst weniger Tests als der WPST, um Energie zu sparen.

[0051] Die fünfte in [Fig. 6](#) aufgeführte Testgruppe ist der Einschaltselbsttest (Engl. Power-On Self-Test, POST). Der POST wird immer dann durchgeführt, wenn der Bediener den Defibrillator zur Vorbereitung für den Einsatz des Defibrillators bei einem Patienten von AUS auf EIN schaltet. Die beim POST durchgeführten Tests werden ausgewählt, um die höchste Zuverlässigkeit der Instrumentenfunktionen in der kürzest möglichen Zeit zu schaffen.

[0052] Die letzte Testgruppe in [Fig. 6](#) sind die Laufzeittests. Diese Tests werden kontinuierlich während des Betriebs durchgeführt, um die Sicherheit und Wirksamkeit von Teilen des Defibrillators zu bestätigen. Die Tests werden weiter unten genauer erläutert.

[0053] Die in [Fig. 6](#) aufgeführten Selbsttests sind nicht notwendigerweise in der Reihenfolge der Durchführung aufgelistet. Die Reihenfolge der Durchführung hängt teilweise von der Wechselbeziehung zwischen den getesteten Bauteilen und Funktionen ab. In dem Maße, wie keine derartige Wechselbeziehung besteht, ist die Reihenfolge der Selbsttests willkürlich.

[0054] Im Allgemeinen bewirkt das Fehlschlagen eines Selbsttests die Anzeige eines nicht betriebsbereiten Zustands oder Fehlerstatus durch die Statusanzeige des Defibrillators. Bei dem oben beschriebenen Defibrillator bewirkt das Fehlschlagen eines Selbsttests beispielsweise die Anzeige des Symbols „Nicht OK“ durch die Systemüberwachungseinheit und die Aktivierung des akustischen Ausfallsignals. Die Systemüberwachungseinheit führt diese Maßnahme durch, wenn sie ein Signal von der Zentraleinheit oder von dem System-Gate-Array empfängt, dass ein Test fehlgeschlagen ist (d. h. dass ein getestetes Bauteil nicht funktioniert oder dass die Kalibrierung des Bauteils nicht überprüft werden konnte) oder falls die Systemüberwachungseinheit keine Informationen empfängt, die angeben, dass der aktuell geplante Selbsttest erfolgte, bevor die Fehlerwartzeit des Kontrollzeitgebers abgelaufen war (beispielsweise 200 ms).

[0055] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung können die Selbsttest-Zeitplanung und die Ergebnisinformationen im Systemspeicher zur späteren Diagnose des Defibrillators durch einen

Techniker oder Bediener gespeichert werden. Bei dem oben beschriebenen Defibrillator werden beispielsweise Datums- und Zeitinformationen zu den durchgeführten Selbsttests im internen Speicher und/oder im Wechselspeicher 80 (beispielsweise der PCMCIA-Karte) gespeichert, so dass ein Techniker oder Bediener eine Historie der durchgeführten Tests abrufen kann. Falls ein Selbsttest anzeigt, dass ein Bauteil oder Teilsystem nicht funktioniert oder sich außerhalb der Kalibrierung befindet oder eine Nachkalibrierung durchgeführt wurde, werden zusätzlich genaue Informationen über diesen Test im internen Speicher und/oder im Wechselspeicher gespeichert. Informationen zu Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Nässe, Stöße) können ebenfalls für die Verwendung bei einer späteren Diagnose gespeichert werden.

[0056] Der Zentraleinheits-Selbsttest ist ein Funktionstest. Während des Zentraleinheits-Selbsttests testet die Zentraleinheit die Unversehrtheit ihrer internen Register und überprüft ihren Zugriff auf lokale und externe Speicherplätze. Wenn die Zentraleinheit diese Anfangstests nicht besteht, versucht sie, dem Benutzer einen Systemausfall mitzuteilen, indem sie in ein Systemausfallsregister in der Systemüberwachungseinheit schreibt, was eine Statusanzeige „Nicht OK“ nach sich zieht. Reagiert die Zentraleinheit nicht innerhalb von 200 ms nach dem Einschalten auf die Systemüberwachungseinheit, nimmt die Systemüberwachungseinheit an, dass die Zentraleinheit nicht funktioniert, und das Symbol „Nicht OK“ wird angezeigt.

[0057] Der System-Gate-Array-Selbsttest ist ebenfalls ein Funktionstest. Bei dem System-Gate-Array-Selbsttest überprüft die Zentraleinheit, ob sie in den System-Gate-Array-Registersatz schreiben und aus ihm lesen kann. Dieser Test prüft auch andere Bauteile des System-Gate-Array, beispielsweise ob die Signalformsteuerungs-Zustandsmaschinen des Defibrillators richtig funktionieren. Das Fehlschlagen eines Tests wird behandelt wie es für den Zentraleinheits-Selbsttest oben beschrieben wurde.

[0058] Der Systemüberwachungseinheit-Gate-Array-Selbsttest ist ebenfalls ein Funktionstest. Der Systemüberwachungseinheit-Gate-Array-Selbsttest überprüft, ob die Zentraleinheit in die Systemüberwachungseinheit schreiben und aus ihr lesen kann.

[0059] Am Anfang des Programm-ROM-CRC- (engl. Cyclic Redundancy Check) Selbsttests setzt die Zentraleinheit den Kontrollzeitgeber der Systemüberwachungseinheit zurück und führt eine zyklische Blockprüfung an dem Programm-ROM durch. Dieser Test ist ein Funktionstest.

[0060] Bei dem System-RAM-Prüfsummen-Selbsttest (einem Funktionstest) wird der als Datenspeicher

verwendete RAM mit Hilfe eines Testmusters überprüft, das eine hohe Wahrscheinlichkeit der Identifizierung von sowohl Adressen- als auch Datenfehlern innerhalb des RAM aufweist. Wurde einmal das Muster in den System-RAM geschrieben, berechnet der Test eine Prüfsumme basierend auf dem Inhalt des System-RAM.

[0061] Bei dem Video-RAM-Prüfsummen-Selbsttest wird der als Videospeicher genutzte RAM auf die gleiche Weise wie der System-RAM überprüft. Dieser Selbsttest ist ein Funktionstest.

[0062] Bei dem Geräte-Flash-ROM-Prüfsummen-Selbsttest wird eine Prüfsumme des Sprachdatenzeigers und der Sprachdatenaufzeichnung berechnet und mit dem in dem internen Flash-ROM gespeicherten Prüfsummenwert verglichen. Dieser Selbsttest ist ebenfalls ein Funktionstest.

[0063] Bei dem System-Kontrollzeitgeberprüfungs-Selbsttest überprüft die Zentraleinheit den Kontrollzeitgeber, indem sie eine bekannte Fehlerwartezeit in das Kontrollzeitgeberregister schreibt und eine Schleife durchläuft, bis das Kontrollzeitgeber-Fehlerwartezeitregister in der Systemüberwachungseinheit anzeigt, dass der Kontrollzeitgeber abgelaufen ist. Während dieses Tests werden die Ausgänge NMI und RESET des Kontrollzeitgebers deaktiviert. Die Zentraleinheit signalisiert ein Fehlschlagen, wenn der Kontrollzeitgeber nicht innerhalb des erwarteten Zeitrahmens abläuft.

[0064] Der PCMCIA-Kartenprüfungs-Selbsttest ist ein Funktionstest, der das Vorhandensein und die Art des Wechselspeichers überprüft.

[0065] Die nächsten vier in [Fig. 6](#) aufgelisteten Selbsttests – Front-End-Verstärkung, Artefaktsystem, CMR Kanal und Defibrillatorstecker/Relais – sind alle Teil der EKG-Front-End-Tests. Diese Tests überprüfen die Funktionen und die Kalibrierung der EKG-Eingangsschaltungen und der Verbindungsschaltungen zwischen Patient und Elektroden. Diese Tests werden nicht während des POST durchgeführt, da bei diesen Tests angenommen wird, dass keine Last an den Ausgangsstecker des Defibrillators angeschlossen ist.

[0066] Als Hintergrundinformation für die EKG-Front-End-Tests ist eine Erläuterung einiger spezieller Merkmale des erfindungsgemäßen Defibrillators erforderlich. [Fig. 7](#) zeigt das EKG-Front-End **35** mit Bezug auf das System-Gate-Array **56**, das Hochspannungsabgabesystem **36**, ein Test- und Isolierungsrelais **76** und den Patientenstecker **38** sowie Kommunikationskanäle zwischen einigen dieser Bauteile. Das Test- und Isolierungsrelais **76** befindet sich normalerweise in dem in [Fig. 7](#) gezeigten Zustand, so dass dem Patientenstecker **38** und den an

einem Patienten befestigten Elektroden **40** kein Elektroschock von dem Hochspannungsabgabesystem **36** verabreicht werden kann.

[0067] In diesem Zustand wandern jegliche Signale von den Elektroden **40** durch ein Paar von Schutzwiderständen **86** und **88** zu einem EKG-Verstärker **90**. Ein hoch auflösender A/D-Umsetzer **92** digitalisiert die EKG-Daten und sendet sie zum System-Gate-Array **56** zur Verarbeitung durch die Zentraleinheit um zu ermitteln, ob ein Elektroschock erforderlich ist. Das System-Gate-Array **56** sendet auch Steuersignale zum A/D-Umsetzer **92**.

[0068] Das EKG-Front-End **35** verfügt auch über eine Testeinheit für die Verbindung zwischen Patient und Elektrode, die aus einem Signalgenerator **94** besteht, der über ein Paar von Schutzwiderständen mit den EKG-Signaleingangsleitungen verbunden ist. Der Signalgenerator **94** empfängt Eingangssignale von dem analogen EKG-Ausgang und Trägerfrequenzbefehle vom Gate-Array. Die Testeinheit für die Verbindung zwischen Patient und Elektrode erzeugt außerdem ein Artefakttestsignal, das durch den EKG-Verstärker **90** über die Leitung **98** zur Zentraleinheit gesendet wird. Die EKG-Signal-Erfassung und -analyse und die Artefakterkennung sind nicht Teil der vorliegenden Erfindung.

[0069] Während der automatischen Tests verwendet das System-Gate-Array **56** den Signalgenerator **94** als Testsignalinjektor, um die Funktionen der verschiedenen EKG-Front-End-Bauteile, der Verdrahtung mit dem Patientenstecker **38** und der normalerweise offenen Kontakte des Test- und Isolierungsrelais **76** zu überprüfen. Zum Testen der EKG-Verarbeitungsbauteile veranlasst das System-Gate-Array **56** den Signalgenerator **94**, ein kleines niederfrequentes Signal zu injizieren, das die Amplituden- und Frequenzeigenschaften eines EKG-Signals imitiert, wodurch die Überwachung eines Patienten durch den Defibrillator simuliert wird. Wenn die Frequenz dieses Testsignals verändert wird, wird der digitale Datenstrom vom System-Gate-Array durch die Zentraleinheit auf Werte überprüft, die die korrekten Verstärkungs- und Filterkennlinien des EKG-Front-Ends angeben, und somit werden die Funktionen und die Kalibrierung der analogen und A/D-Umsetzungspfade überprüft.

[0070] Bei dem Defibrillatorstecker/Relais-Selbsttest werden die Funktionen der Test- und Isolierungsrelaiskontakte **100** und **102** und die Patientensteckerverdrahtung getestet. Das System-Gate-Array **56** veranlasst den Signalgenerator **94**, ein Testsignal mit 100 μ A und 600 Hz auszugeben, und schaltet gleichzeitig das Test- und Isolierungsrelais **76** in die normalerweise offene Position (in [Fig. 7](#) als Phantom dargestellt). Das Teststromsignal wird zu einer 4-Draht-Verbindung **104** und **106** durch die gemein-

same Relaisschaltung direkt zu den Patientensteckerkontakten und zum Hochspannungsabgabeteilssystem **36** übertragen, wo beide Signalleitungen auf Erdpotenzial gehalten werden. Das Relais **76** wird dann in seine normalerweise geschlossene Position geschaltet. Die in beiden Positionen gemessene Trägerspannung gibt den Widerstand der getesteten Schaltung an. Befindet sich das Relais in seiner normalerweise offenen Position, sollte die Trägerspannung ungefähr der Skalenendspannung des Signalgenerators **94** entsprechen. Befindet sich das Relais in seiner normalerweise geschlossenen Position, sollte die Trägerspannung ungefähr Null sein.

[0071] Schließlich veranlasst das System-Gate-Array beim Artefaktsystem-Selbsttest den Signalgenerator **94**, Signale auszugeben, die eine Artefaktbildung an den Elektroden anzeigen. Durch den korrekten Empfang von Artefaktsignalen mit der erwarteten Amplitude in der Zentraleinheit werden die Funktionen und die Kalibrierung dieses Kanals überprüft.

[0072] Es existieren drei batteriebezogene Selbsttests, die Bestandteil jeder der Testgruppen in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind. Die weiter unten beschriebenen Batterietests basieren auf einer Ausführung des Defibrillators mit einer Batteriekapazitätsanzeige, die an eine einzelne Zelle in der Batterie (als „Prüfzelle“ bezeichnet) eine zusätzliche Last anlegt. Die Prüfzelle wird überwacht, um die Restkapazität der gesamten Batterie zu ermitteln. Es können natürlich andere Batterielade-Prüfanordnungen und andere Batterielade-Teilsystem-Selbsttests verwendet werden, ohne dass vom Rahmen der Erfindung abgewichen wird.

[0073] Der in [Fig. 6](#) aufgeführte Batterieprüfzellenmessungs-Selbsttest ermittelt, ob die restliche Batteriekapazität für noch einen Einsatz des Defibrillators ausreicht, indem er ermittelt, ob die Spannung der Batterieprüfzelle oberhalb eines Schwellenwertes von ungefähr 2 V liegt. Ist dies nicht der Fall, wird in einen Warnzustand wegen schwacher Batterie gegangen. Wird während eines BIT, DPST, WPST oder MPST in diesen Zustand gegangen, kehrt die Vorrichtung zum Standby-Modus zurück, und es wird das Symbol „Nicht OK“ angezeigt. Wird während eines POST oder während des Betriebs in diesen Zustand gegangen, wird der Benutzer durch ein auf der LCD-Anzeige **83** erscheinendes Symbol und eine akustische Meldung gewarnt.

[0074] Der zweite aufgeführte Batterie-Selbsttest ist die Batterieprüfzellen-Lastüberprüfung. Dieser Kalibrierprüfungs-Selbsttest überprüft den zusätzlichen Lastschaltkreis der Prüfzelle, indem er zusätzliche Lastschaltkreis ein- und ausgeschaltet und die Spannungsbelastung an dem Lastwiderstand gemessen wird. Dieser Test kann tatsächlich während des ersten Batterie-Selbsttests durchgeführt werden.

[0075] Der dritte aufgeführte Batterie-Selbsttest ist der Batteriestapeltest. Dieser Funktionstest misst die Spannung des gesamten Batteriezellenstapels als Gegenprobe zum Batterieprüfzellenmessungstest. Wenn ein Teil des Batteriestapels außer der Prüfzelle beschädigt ist, kann sich die Spannung des gesamten Stapels von derjenigen unterscheiden, die basierend auf dem Prüfzellentest erwartet würde.

[0076] Bei dem Energieversorgungsprüfungs-Kalibrierprüfungs-Selbsttest aktiviert die Systemüberwachungseinheit das Energieversorgungssystem des Defibrillators, damit es allen Bauteilen des Geräts Energie zuführt. Skalierte Darstellungen der Spannungen von der Versorgung werden zur Prüfung in den Haupt-A/D-Umsetzer der Zentraleinheit eingegeben. Die Hauptenergieversorgungen sind: +18 V geschaltete Batterie, +5 V für Überwachungseinheit, +5 V für Hauptlogik und Analogschaltung, -5 V nur für Analogschaltung, -14 bis -22 V Zentraleinheit einstellbar für LCD-Vorspannung, +20 V für IGBT-Schaltertreiber, +2,5 V Bezugsspannung für EKG-Front-End, +5 V Bezugsspannung für Haupt-A/D-Umsetzer der Zentraleinheit und 50 mA Stromquellenversorgung für LCD-Hintergrundbeleuchtung (getestet durch entwickelte Spannung). Zusätzlich wird die Hochspannungsversorgung bezüglich ihre Fähigkeit getestet, den Kondensator aufzuladen.

[0077] Der Hochspannungs-Isolierungsrelais-Selbsttest ermittelt die Funktionstüchtigkeit des Test- und Isolierungsrelais **76**. Im ersten Teil des Tests bewegt das System-Gate-Array **56** das Test- und Isolierungsrelais in seine normalerweise offene Position, d. h. mit den Schaltern an den Kontakten **100** und **102**. Das EKG-Front-End misst die Impedanz an den Leitern **96** und **97**. Entspricht die gemessene Impedanz einem vorher festgelegten Impedanzwert, besteht das Relais diesen Teil des Tests.

[0078] Das EKG-Front-End misst dann die Impedanz an den Leitern **96** und **97**, wobei sich das Test- und Isolierungsrelais **76** in seiner normalerweise geschlossenen Position befindet, die in [Fig. 7](#) dargestellt ist. Die gemessene Impedanz sollte hoch sein ($> 14 \text{ k}\Omega$). Ist dies nicht der Fall, liegt entweder eine Last an den Elektroden **40** vor oder das Relais hat sich nicht vollständig in die normalerweise geschlossene Position bewegt. In beiden Fällen ist der Test fehlgeschlagen, und die Systemüberwachungseinheit zeigt in der Statusanzeige das Symbol „Nicht OK“ an. Zusätzlich verhindert das Fehlschlagen beider Teile des Isolierungsrelais-tests, dass der Defibrillator den nachfolgend beschriebenen Hochspannungsentladungstest durchführt.

[0079] Unter normalen Bedingungen verabreicht der für die Aus- und Durchführung der bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung verwendete Defibrillator dem Patienten einen biphasischen, abge-

schnittenen Exponentialimpuls. [Fig. 8](#) liefert weitere Informationen hinsichtlich des bevorzugten Hochspannungsabgabesystems des Defibrillators und dazu, wie seine Funktionen während des Selbsttests überprüft und kalibriert werden.

[0080] Das Hochspannungsabgabesystem **36** weist einen Kondensator oder Kondensatorblock **112** auf, der über eine mit dem Energieversorgungssystem **46** und der Batterie verbundene Hochspannungs-Ladeeinheit **114** auf eine vorher festgelegte Spannung geladen werden kann. Die Funktionen der Hochspannungs-Ladeeinheit werden durch das System-Gate-Array **56** gesteuert. Ein Hochspannungsschalter **110**, der aus fünf Schaltern A-E und einem Parallelwiderstand R_{BITE} besteht, steuert die Weiterleitung des Zweiphasensignals vom Kondensator **112** zum Patientenstecker **38** über das Test- und Isolierungsrelais **76** gesteuert von dem System-Gate-Array **56**.

[0081] Informationen zu Lade-, Strom- und Spannungsparametern am Kondensator werden dem System-Gate-Array **56** durch eine Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116**, einen Überspannungsdetektor **118** und einen Spannungsteiler **120** zugeführt. Die Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116** ist vorzugsweise ein Komparator, der auslöst, wenn eine voreingestellte Lademenge vom Kondensator **112** transportiert wurde. Die für diesen Ladungstransport erforderliche Zeit wird durch das System-Gate-Array **56** bestimmt und dazu verwendet, eine erste und eine zweite Phasendauer über eine Verweistabelle im System-Gate-Array **56** zu bestimmen. Alle Informations- und Steuersignale werden zwischen den Bauteilen über Kommunikationskanäle übertragen, von denen einige schematisch in [Fig. 8](#) dargestellt sind.

[0082] Der Widerstand R_{BITE} ist Teil eines Überstrom-Schutzmechanismus zum Schutz von Schaltungsbauteilen vor den Auswirkungen von hohem Strom in dem Fall, dass die Impedanzlast zwischen den Elektroden **40** zu niedrig ist. Wenn der von der Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116** gemessene Anfangsstrom nicht unter einem vorher festgelegten Schwellenwert liegt, wird R_{BITE} in der Signalabgabeschaltung gehalten, um den vom Kondensator **112** durch den Schaltmechanismus **110** fließenden Strom zu begrenzen.

[0083] Das Hochspannungsabgabesystem weist einen Überspannungsschutz auf, der die Schaltbauteile vor den Auswirkungen übermäßiger Spannung in dem Fall schützt, dass ein höherer Patientenlastwiderstand als erwartet auftritt, indem er jeglichen Übergang von einer ersten Zweiphasensignalphase in eine zweite Zweiphasensignalphase verhindert. Analoge Spannungsinformationen von dem Kondensator werden von einem Spannungsteiler **122** an einen Überspannungsdetektor **118** geleitet. Der Über-

spannungsdetektor **118** ist vorzugsweise ein Komparator, der bei einer voreingestellten Spannung auslöst. Der Status des Komparators wird dem System-Gate-Array **56** übermittelt, das die Funktionen des Schaltmechanismus **110** steuert.

[0084] Schließlich werden analoge Informationen hinsichtlich des Ladezustandes des Kondensators **112** über den Spannungsteiler **120** zur Zentraleinheit **34** gesendet, wo sie in die digitale Form umgewandelt werden. Diese Kondensatorspannungsinformationen werden von der Zentraleinheit dazu verwendet, das Aufladen des Kondensators zu steuern.

[0085] Der Hochspannungsabgabeteilsystem-Selbsttest umfasst in der Tat eine Anzahl von einzelnen Selbsttests. Der Kondensator **112** wird auf die volle Spannung (beispielsweise ungefähr 1710 V) geladen. Während die Kondensatorspannung ansteigt, wird die Kalibrierung des Überspannungsdetektors **118** dahingehend überprüft, ob er bei der richtigen Schwellenspannung auslöst. Löst er nicht aus, sendet das System-Gate-Array ein Signal zur Systemüberwachungseinheit zurück, damit diese in der Statusanzeige „Nicht OK“ anzeigt.

[0086] Nachdem der Kondensator vollständig geladen ist, stellt das System-Gate-Array **56** den Hochspannungsschalter **110** auf seine normale Anfangsentladungsposition (Schalter A und E geschlossen, alle anderen Schalter offen), und beginnt damit, den Kondensator über das Test- und Isolierungsrelais **76** zum Testlastwiderstand R_L hin zu entladen. R_L simuliert die Last eines Patienten, an dem die Elektroden des Defibrillators befestigt sein können. R_L beträgt jedoch vorzugsweise ungefähr 10 Ω , was weniger als der zulässige Mindestpatientenwiderstand für den Defibrillator ist. Dieser niedrige Widerstand stellt sicher, dass der Test alle in den Hochstrompfaden für die ungünstigsten Patientenbedingungen getesteten Bauteile belastet.

[0087] Während dieses Teils des Hochspannungsabgabe-Selbsttests überprüft das System-Gate-Array die Überstromerkennungskalibrierung, indem es ermittelt, ob die Zentraleinheit die von der Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116** erkannte Überstrombedingung korrekt identifiziert. Das System-Gate-Array überprüft auch die korrekte Funktion des Ladeschwellenwertdetektors und das korrekte Auslösen des Überspannungsdetektors **118**, wenn die Kondensatorspannung unter den Sicherheitsspannungsschwellenwert fällt, indem es in beiden Fällen ermittelt, ob diese Ereignisse zu ihren erwarteten Zeitpunkten eintreten. Hat einer dieser Parameter nicht den Erwartungswert, zeigt die Systemüberwachungseinheit in der Statusanzeige „Nicht OK“.

[0088] Wenn die Kondensatorspannung während der Entladung durch die Testlast sinkt, sinkt der durch

die Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116** gemessene Strom ebenfalls. Die Zentraleinheit markiert den Zeitpunkt, zu dem der Strom unter den Überstromschwellenwert sinkt (t_0). Wenn der Strom weiter sinkt, markiert die Zentraleinheit den Zeitpunkt (t_1), zu dem der Strom einen Wert erreicht, der 37% des Überstromschwellenwertes beträgt. Die Differenz zwischen diesen beiden Zeitpunkten ist die sich aus dem Produkt des Kondensatorwertes C und des Reihenwiderstands ergebende Zeitkonstante:

$$t_1 - t_0 = (R_L + R_{BITE}) \cdot C.$$

[0089] Der Schalter D wird dann geschlossen, um R_{BITE} kurzzuschließen. Daraus ergibt sich eine weitere Überstromsituation, und die Zentraleinheit markiert wiederum den Zeitpunkt (t_2) der Kondensatorabnahme auf den Überstromschwellenwert und den Zeitpunkt (t_3) bei 37% des Schwellenwertes. Da R_{BITE} entfernt wurde, ergibt sich:

$$t_3 - t_2 = R_L \cdot C.$$

[0090] Da die Zeitmessungen sehr genau vorgenommen werden können, können die Beziehungen zwischen den Widerstands- und Kondensatorbauteilen (und daher ihre Kalibrierung) ebenfalls sehr genau überprüft werden:

$$\frac{t_1 - t_0}{t_3 - t_2} = \frac{R_L + R_{BITE}}{R_L}$$

$$C = \frac{t_3 - t_2}{R_L}$$

[0091] Wenn sich der berechnete Widerstandswert von dem Erwartungswert um mehr als einen vorher festgelegten Betrag (beispielsweise 1%) unterscheidet oder wenn sich der berechnete Kondensatorwert von dem Erwartungswert um mehr als einen vorher festgelegten Betrag (beispielsweise 5%) unterscheidet, zeigt die Systemüberwachungseinheit das Symbol „Nicht OK“ an.

[0092] Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Verstärkung der Komparatoren der Strom- und Ladungsmessteilsysteme durch die speziellen Werte der beim Zusammenbau der Vorrichtung verwendeten Bauteile bestimmt. Aufgrund zulässiger Toleranzschwankungen der Bauteile können die Zeitpunkte, zu denen Strom zugeordnete Schwellenwerte (t_0 und t_2) erreicht, von Idealwerten ($t_0(\text{ideal})$ und $t_2(\text{ideal})$) abweichen. Die Istwerte von t_0 und t_2 werden während des Selbsttests des Geräts gemessen und mit den gespeicherten $t_0(\text{ideal})$ und $t_2(\text{ideal})$ verglichen. Wenn sich die während des Hochspannungs-Entladungstests gemessenen Istwerte von t_0 und t_2 um weniger als einen voreingestellten Betrag

von den Idealwerten unterscheiden, wird die Verstärkung des Komparators der Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116** automatisch von der Zentraleinheit auf einen näher bei dem Idealwert liegenden Bereich nachkalibriert. Wenn sich die Istwerte von den Idealwerten um den voreingestellten Betrag oder mehr unterscheiden, ist der Test fehlgeschlagen, und die Systemüberwachungseinheit zeigt in der Statusanzeige das Symbol „Nicht OK“ an.

[0093] In ähnlicher Weise wird für Zeiten, die die gemessene Ladungsabgabe benötigt, um den Ladungsschwellenwert zu überschreiten, der dazu verwendet wird, die erste und die zweite Phasendauer bei normalem Betrieb zu bestimmen, die erwartete Zeit mit der tatsächlichen Zeit verglichen. Beträgt die Differenz weniger als einen voreingestellten Wert, kalibriert die Zentraleinheit die Phasendauer nach, indem sie die Phasendauerwerte gemäß einer vorher festgelegten Gleichung neu berechnet und die neuen Werte in der Verweistabelle speichert. Als Alternative könnte die Zentraleinheit einfach die ursprüngliche Verweistabelle durch eine andere ersetzen, die mit einer speziellen Zeitdifferenz korreliert ist. Entspricht die Zeitdifferenz dem voreingestellten Wert oder ist sie größer, ist der Test fehlgeschlagen, und die Systemüberwachungseinheit zeigt in der Statusanzeige das Symbol „Nicht OK“ an.

[0094] Ein weiteres Merkmal des Defibrillators gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein Unterstromdetektor. Hat der Patient, an dem die Elektroden befestigt werden, eine größere Impedanz als ein spezifizierter Wert oder hat sich eine der Elektroden verschoben oder gelöst, wird bei Normalbetrieb die Entladung des Defibrillators abgebrochen. Diese Bedingung wird von der Strom- und Ladungsmesseinrichtung **116** zusammen mit der Zentraleinheit erkannt.

[0095] Der Hochspannungsabgabe-Selbsttest überprüft die Kalibrierung des Unterstromdetektors, indem er ermittelt, ob die Niedrigstrombedingung erkannt wird, wenn der Kondensator seine Entladung fortsetzt und der Entladestrom sinkt. Erkennt die Zentraleinheit die Unterstrombedingung nicht, ist der Test fehlgeschlagen, und die Systemüberwachungseinheit zeigt in der Statusanzeige das Symbol „Nicht OK“ an.

[0096] Nachdem der Kondensator vollständig entladen ist, wird er erneut geladen und über den zweiten Strompfad entladen, indem alle Schalter im Hochspannungsschalter **110** geöffnet und dann die Schalter B und C geschlossen werden. Viele der oben beschriebenen gleichen Parameter können gemessen werden, um die Funktionalität der Schalter B und C zu überprüfen.

[0097] Der Signalabgabe-Selbsttest wird nur durch-

geführt, während der Defibrillator im Normalbetrieb funktioniert (beispielsweise mit einem Patienten verbunden ist). Der Defibrillator wertet die gemessenen und berechneten Signalparameter nach jedem abgegebenen Elektroschock aus und ermittelt, ob das Signal wie erwartet abgegeben wurde. Wenn der Defibrillator beispielsweise so konstruiert ist und betrieben wird, dass er einen biphasischen, abgeschnittenen Exponentialimpuls abgibt, analysiert der Defibrillator Signalparameter wie beispielsweise die Anfangsspannung, die Endspannung der Phase 2, die Dauer der Phase 1 und die Dauer der Phase 2. Können die Parameter des abgegebenen Signals nicht mit anderen Informationen in Einklang gebracht werden, die dem Defibrillator zur Verfügung stehen, wartet der Defibrillator den Bediener vor einer möglichen Fehlerbedingung, indem er beispielsweise eine Warnung in der LCD-Anzeige des Defibrillators anzeigt.

[0098] Die drei Kalibrierungsstandard-Selbsttests bieten eine automatische Möglichkeit zu überprüfen, ob die Defibrillatorsystemstandards nicht außerhalb der Kalibrierung liegen. Die Standards sind die Werte von R_L , R_{BITE} , des Taktgebers der Systemüberwachungseinheit, des Taktgebers der Zentraleinheit, der Bezugsspannung des A/D-Umsetzers der Zentraleinheit und der Bezugsspannung des A/D-Umsetzers des EKG-Front-Ends. Bei allen Testgruppen außer dem Laufzeittest werden die Spannungsbezugswerte miteinander verglichen um zu ermitteln, ob sich einer von ihnen so weit von seinem Erwartungswert entfernt hat, dass die Genauigkeit des Defibrillators beeinträchtigt wird. Im Besonderen wird die analoge Bezugsspannung für den A/D-Umsetzer des EKG-Front-Ends (die bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel einen Erwartungswert von 2,5 V hat) durch den A/D-Umsetzer der Zentraleinheit gemessen. Wenn der gemessene digitale Wert um mehr als eine vorher festgelegte Toleranz von 2,5 V abweicht, ist mindestens eine der beiden Bezugsspannungen (d. h. entweder die Bezugsspannung des A/D-Umsetzers des EKG-Front-Ends oder die Bezugsspannung des A/D-Umsetzers der Zentraleinheit) so weit abgewichen, dass sie die Zuverlässigkeit der Vorrichtung beeinträchtigt.

[0099] Die Zeitbezugswerte werden in gleicher Weise gegengeprüft. Die Zentraleinheit zählt die Taktimpulse vom Taktgeber der Systemüberwachungseinheit für eine vorher festgelegte Zeitspanne (wie sie von dem Taktgeber der Zentraleinheit gemessen wird). Wenn sich die Anzahl gezählter Taktimpulse der Systemüberwachungseinheit um mehr als einen vorher festgelegten Betrag von ihrem Erwartungswert unterscheidet, hat mindestens einer der beiden Taktgeber den Toleranzbereich verlassen.

[0100] Zusätzlich prüft, wie oben erläutert, der Hochspannungsabgabe-Selbsttest die Werte von R_L und R_{BITE} . Die Überprüfung der Kalibrierung aller drei

Gruppen von Bezugsvariablen ist eine Voraussetzung für die oben beschriebene Kalibrierung der Überstromerkennung und der Ladungsschwellenwerterkennung.

[0101] Im normalen Standby-Betrieb sollten die Kontakte unter allen Drucktasten offen sein. Der Selbsttest auf blockierte Drucktasten ermittelt, ob einer der Kontakte geschlossen ist. Ist dies der Fall, sendet der Test ein Signal „Nicht OK“ zurück.

[0102] Die restlichen Tests erfordern das Eingreifen bzw. die Beobachtung durch den Benutzer und sind daher lediglich Teil der BIT- oder POST-Testgruppen. Bei dem Drucktastentest wird der Benutzer aufgefordert, gekennzeichnete Drucktasten an dem Gerät zu betätigen um zu ermitteln, ob die Drucktasten ordnungsgemäß funktionieren. Alle anderen Tests werden ohne Eingreifen des Benutzers durchgeführt. Sie erfordern es jeweils, dass der Benutzer beobachtet, ob die getesteten Defibrillatorbauteile korrekt funktionieren.

[0103] Zusätzlich zu der Durchführung der Selbsttests gemäß einem periodischen Zeitplan und in Reaktion auf das Einsetzen einer Batterie und den Betrieb des Defibrillators (wie es in [Fig. 6](#) dargestellt ist), kann eine Gruppe von Selbsttests automatisch in Reaktion auf Umgebungsereignisse durchgeführt werden, wie beispielsweise einen mechanischen Stoß durch Herunterfallen (gemessen durch einen Beschleunigungsmesser), Vibrationen (ebenfalls gemessen durch einen Beschleunigungsmesser), das Eindringen von Feuchtigkeit in das Defibrillatorgehäuse (gemessen durch einen Feuchtigkeitssensor), den Einsatz des Defibrillators bei extremen Temperaturen (gemessen von einem Thermoelement, Thermistor oder einem anderen Temperaturfühler).

[0104] Abwandlungen des oben beschriebenen Aufbaus und der oben beschriebenen Verfahren liegen im Rahmen dieser Erfindung. Die Tests und Teststrukturen können an spezielle Voraussetzungen angepasst werden, damit sie den Anforderungen einer speziellen Defibrillatorausführung und der geplanten Einsatzumgebung genügen.

Text in der Zeichnung

Fig. 6

Testbeschreibung BIT WPST MPST DPST POST
 Laufzeit
 Zentraleinheits-Selbsttest
 System-Gate-Array
 Systemüberwachungseinheit-Gate-Array
 Programm-ROM-CRC
 System-RAM-Prüfsumme
 Video-RAM-Prüfsumme
 Geräte-Flash-ROM-Prüfsumme

System-Kontrollzeitgeber
 PCMCIA-Kartenprüfung

Front-End-Verstärkung
 Artefaktsystem
 CMR Kanal
 Defibrillatorstecker/Relais

Batterieprüfzellenmessung
 Batterieprüfzellen-Lastmessung
 Batteriestapel-Lastmessung
 Energieversorgungsprüfung

Hochspannungs-Isolierungsrelais
 Hochspannungs-Abgabeteilsystem
 Signalabgabe

Kalibrierungsstandard Spannung
 Kalibrierungsstandard Zeit
 Kalibrierungsstandard Widerstand

Test auf blockierte Drucktasten
 Drucktastentest
 Alle LEDs leuchten
 LCD-Testmuster
 Prüfung LCD-Hintergrundbeleuchtung
 Lautsprecherausgangstest
 Piezosummertest

Patentansprüche

1. Defibrillator, der Folgendes umfasst:

- ein Energiesystem, das Folgendes umfasst: eine Energiequelle (**12, 32**) zum Zuführen von Energie zu einer Energieversorgung (**46**) für den Defibrillator und ein Hochspannungs-Abgabesystem (**13, 36**) zum Abgeben eines Impulses mit elektrischer Energie an Elektroden (**40**), die an dem genannten Defibrillator befestigt werden können,
 - eine Steuereinheit (**22, 34**) zum Steuern der Funktionen des Hochspannungs-Abgabesystems (**13, 36**) und
 - ein Selbsttest-System (**24, 42**), das eine Defibrillatorstatusanzeige (**28**) umfasst,
- dadurch gekennzeichnet**, dass das Selbsttest-System ferner eine Systemüberwachungseinheit (**42**) umfasst, die von der Steuereinheit (**22, 34**) getrennt ist, ihre eigene Energieversorgung (**44**) hat und einen vorprogrammierten Testinitiiierungssignalgenerator (**26, 48**) zum automatischen Initiieren und Durchführen von Selbsttests auf periodischer Grundlage durch das periodische Erzeugen von Testinitiiierungssignalen zu vorher festgelegten Testzeitpunkten umfasst, wobei die genannten Testinitiiierungssignale das Energiesystem des Defibrillators dahingehend steuern, dass es eingeschaltet wird, und die genannte Steuereinheit (**22, 34**) dahingehend steuern, dass sie eine geeignete Befehlsfolge ausgibt, um die erforderlichen Tests durchzuführen.

2. Defibrillator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Selbsttest-System (24) ferner Mittel zum Erzeugen von Testsignalen als Reaktion auf spezifizierte Ereignisse oder Bedingungen umfasst.

3. Defibrillator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten spezifizierten Ereignisse oder Bedingungen aus folgenden ausgewählt werden:

- eine Einschaltaufforderung von einem Bediener zum Einsatz des Defibrillators,
- das Einsetzen einer Batterie in den Defibrillator,
- eine Umgebungsbedingung,
- Temperatur,
- Feuchtigkeit,
- mechanischer Stoß oder
- Vibration.

4. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei das Selbsttest-System ferner einen Funktionstester und Kommunikationskanäle zwischen dem Funktionstester und dem Testsignalgenerator und zwischen dem Funktionstester und der Statusanzeige umfasst.

5. Defibrillator nach Anspruch 4, wobei das Selbsttest-System ferner ein Relais (76) mit einer Betriebsstellung und einer Teststellung umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen dem Funktionstester und dem Relais umfasst.

6. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei das Selbsttest-System ferner eine Kalibrierprüfeinheit und Kommunikationskanäle zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Testsignalgenerator und zwischen der Kalibrierprüfeinheit und der Statusanzeige (28) umfasst.

7. Defibrillator nach Anspruch 6, der ferner einen Überstromdetektor umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Überstromdetektor umfasst.

8. Defibrillator nach Anspruch 6, der ferner einen Unterstromdetektor umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Unterstromdetektor umfasst.

9. Defibrillator nach Anspruch 6, der ferner einen Überspannungsdetektor umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Überspannungsdetektor umfasst.

10. Defibrillator nach Anspruch 6, der ferner ein EKG-Front-End umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der

Kalibrierprüfeinheit und dem EKG-Front-End umfasst.

11. Defibrillator nach Anspruch 6, wobei das Hochspannungs-Abgabesystem ein Widerstandsbauteil umfasst, das als Bezugsnormale dient, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Widerstandsbauteil umfasst.

12. Defibrillator nach Anspruch 11, der ferner ein zweites Widerstandsbauteil umfasst, wobei das Widerstandsbauteil des Hochspannungs-Abgabesystems und das zweite Widerstandsbauteil zusammen Bezugsnormale für den Defibrillator sind.

13. Defibrillator nach Anspruch 6, wobei das Hochspannungs-Abgabesystem ein Kondensatorbauteil umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Kondensatorbauteil umfasst.

14. Defibrillator nach Anspruch 6, wobei die Steuereinheit einen Taktgeber umfasst, der als Bezugsnormale dient, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und dem Taktgeber umfasst.

15. Defibrillator nach Anspruch 10, der ferner einen zweiten Taktgeber umfasst, wobei der Taktgeber der Steuereinheit und der zweite Taktgeber zusammen Bezugsnormale für den Defibrillator sind.

16. Defibrillator nach Anspruch 6, der ferner eine Spannungsquelle umfasst, die als Bezugsnormale dient, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Kalibrierprüfeinheit und der Spannungsquelle umfasst.

17. Defibrillator nach Anspruch 16, der ferner eine zweite Spannungsquelle umfasst, wobei die erste und die zweite Spannungsquelle zusammen Bezugsnormale des Defibrillators sind.

18. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei das Selbsttest-System ferner eine Nachkalibriereinheit umfasst.

19. Defibrillator nach Anspruch 18, der ferner einen Stromfühler umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Nachkalibriereinheit und dem Stromfühler umfasst.

20. Defibrillator nach Anspruch 18, der ferner eine Signalformsteuereinheit umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Kommunikationskanal zwischen der Nachkalibriereinheit und der Signalformsteuereinheit umfasst.

21. Defibrillator nach Anspruch 1, der ferner eine

Batterie umfasst, wobei das Selbsttest-System ferner einen Batteriezustandstester und Kommunikationskanäle zwischen dem Batteriezustandstester und der Batterie, zwischen dem Batteriezustandstester und der Statusanzeige und zwischen dem Batteriezustandstester und dem Testsignalgenerator umfasst.

22. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei die Systemüberwachungseinheit einen Kontrollzeitgeber umfasst.

23. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei die Statusanzeige eine optische Anzeige umfasst.

24. Defibrillator nach Anspruch 23, wobei die optische Anzeige Mittel zum Schaffen eines ausfallsicheren Betriebs umfassen.

25. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei die Statusanzeige einen Tongenerator umfasst.

26. Defibrillator nach Anspruch 1, wobei das Selbsttest-System ferner Folgendes umfasst:

- eine Testsignalquelle,
- Leiter für die elektrische Kommunikation mit der Testsignalquelle des Selbsttest-Systems,
- Mittel zum periodischen Zuführen eines Testsignals durch die Leiter,
- einen Patientensimulator, der mit den Leitern kommuniziert,
- eine Testsignalanalyseeinheit, die mit den Leitern und dem Patientensimulator kommuniziert, und
- eine Statusanzeige, die mit der Testsignalanalyseeinheit kommuniziert.

27. Defibrillator nach Anspruch 26, wobei die Mittel zum periodischen Zuführen eines Testsignals Mittel umfassen, die die Testsignalquelle des Selbsttest-Systems derart steuern, dass sie einen Testimpuls durch die Leiter entlädt.

28. Defibrillator nach Anspruch 26, wobei das Testsignal ein simuliertes EKG-Signal ist.

29. Verfahren zum automatischen Ermitteln und Anzeigen des Betriebszustands des Defibrillators nach Anspruch 1, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Erzeugen eines vorprogrammierten Testinitiiierungssignals zum automatischen Initiieren und Durchführen von Selbsttests auf periodischer Grundlage durch das periodische Erzeugen von Testinitiiierungssignalen zu vorher festgelegten Testzeitpunkten,
- Steuern des Energiesystems des Defibrillators zum Einschalten und Steuern der genannten Steuereinheit (**22**, **34**) zur Ausgabe einer geeigneten Befehlsfolge für die Durchführung der erforderlichen Tests und
- Anzeigen des Zustands des Defibrillators auf der

Grundlage eines Ergebnisses der erforderlichen Tests.

30. Verfahren nach Anspruch 29, das ferner den Schritt des Nachkalibrierens eines Defibrillatorbauteils oder -systems als Reaktion auf einen Kalibrierprüf-Selbsttest.

31. Verfahren nach Anspruch 29, wobei der Selbsttest das Entladen eines Kondensatorbauteils und das Messen von der Entladung des Kondensatorbauteils zugehörigen elektrischen und Zeitwerten umfasst.

32. Verfahren nach Anspruch 29, wobei der Schritt des Anzeigens das Anzeigen von Zustandsinformationen einer optischen Anzeige umfasst.

33. Verfahren nach Anspruch 32, wobei der Schritt des Anzeigens das Zuführen eines aktiven Anzeigesignals zur optischen Anzeige umfasst, wobei die optische Anzeige einen ersten Zustand hat, wenn ihr das aktive Anzeigesignal zugeführt wird, und einen zweiten Zustand hat, wenn kein aktives Anzeigesignal vorliegt, wobei der zweite Zustand einen nicht betriebsbereiten Zustand des Defibrillators angibt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

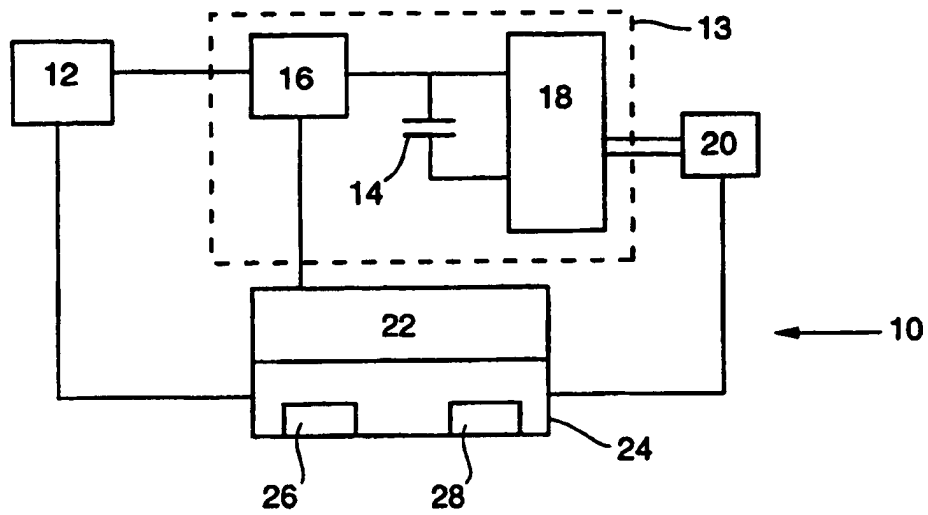


FIG. 1

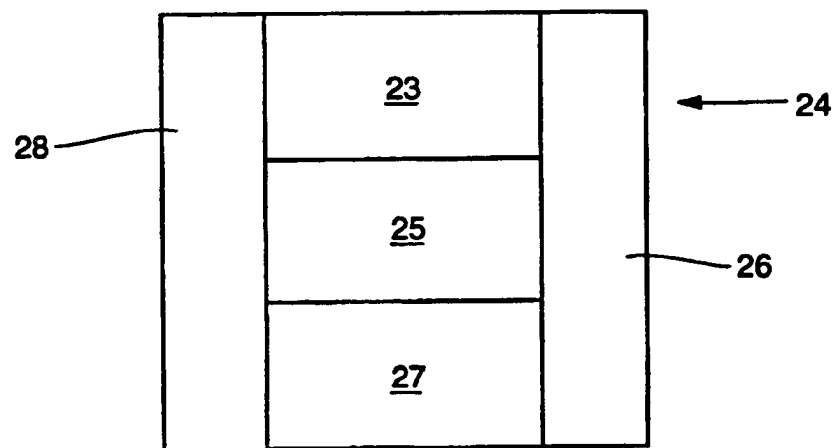


FIG. 2

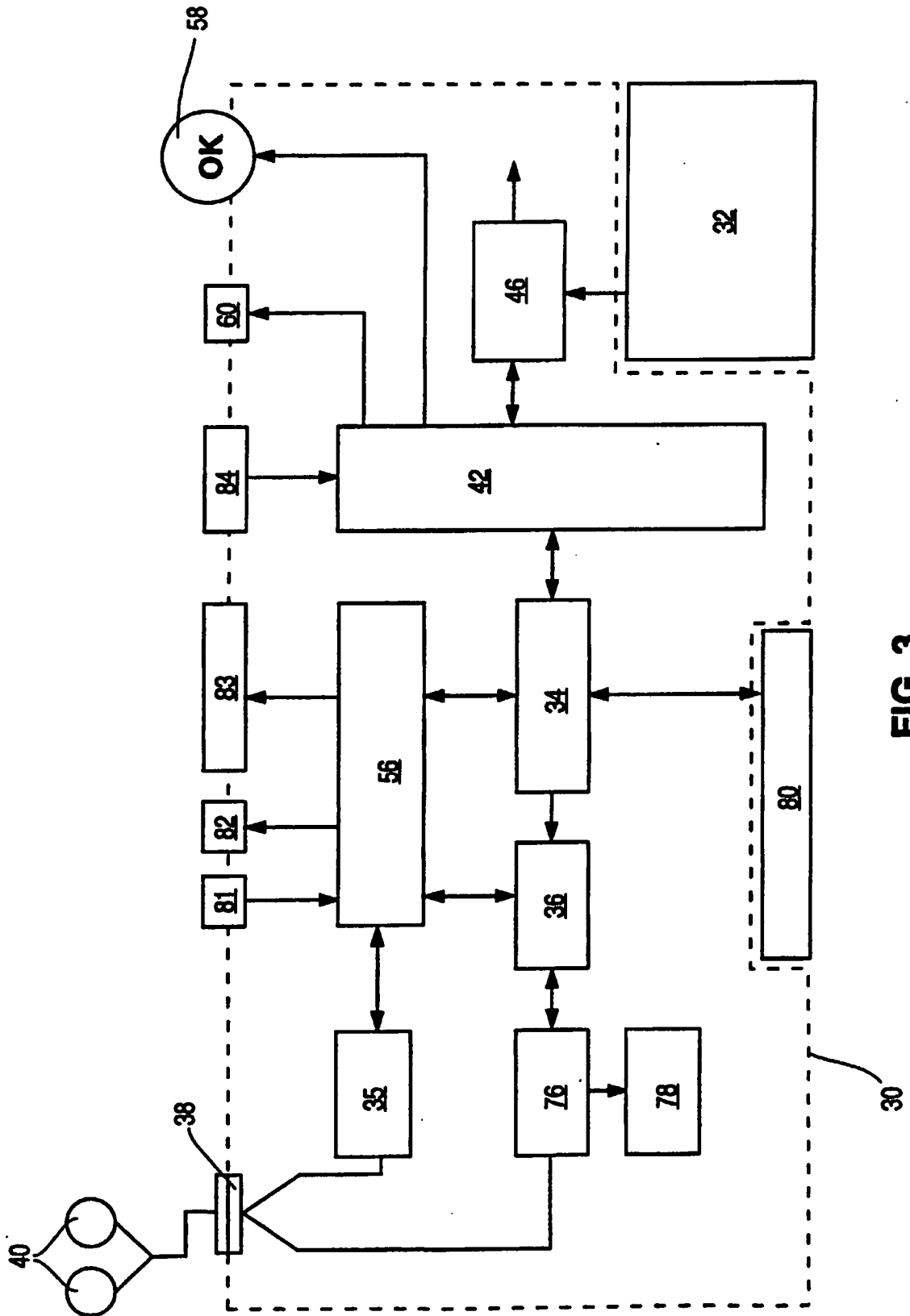


FIG. 3

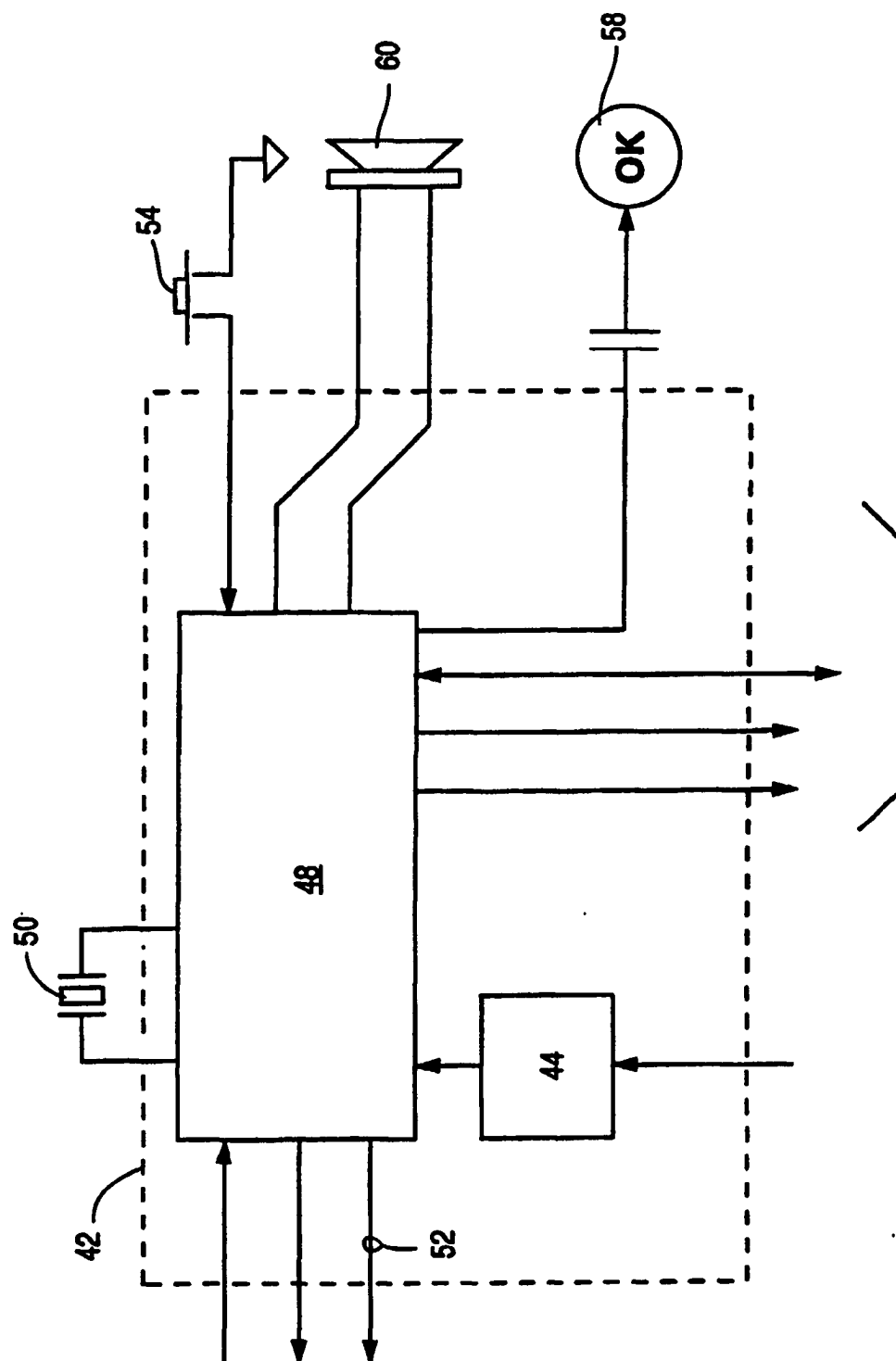


FIG. 4

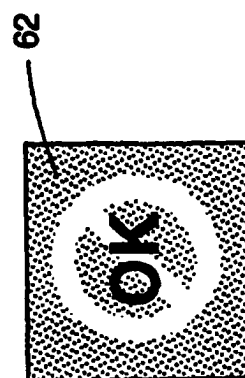
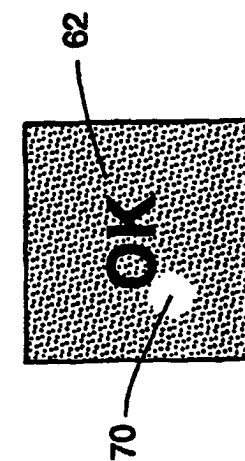
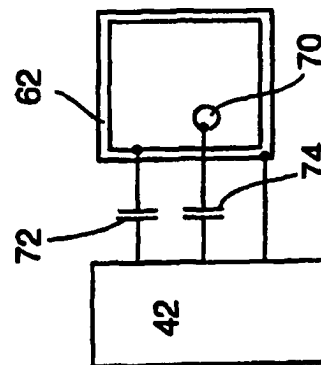
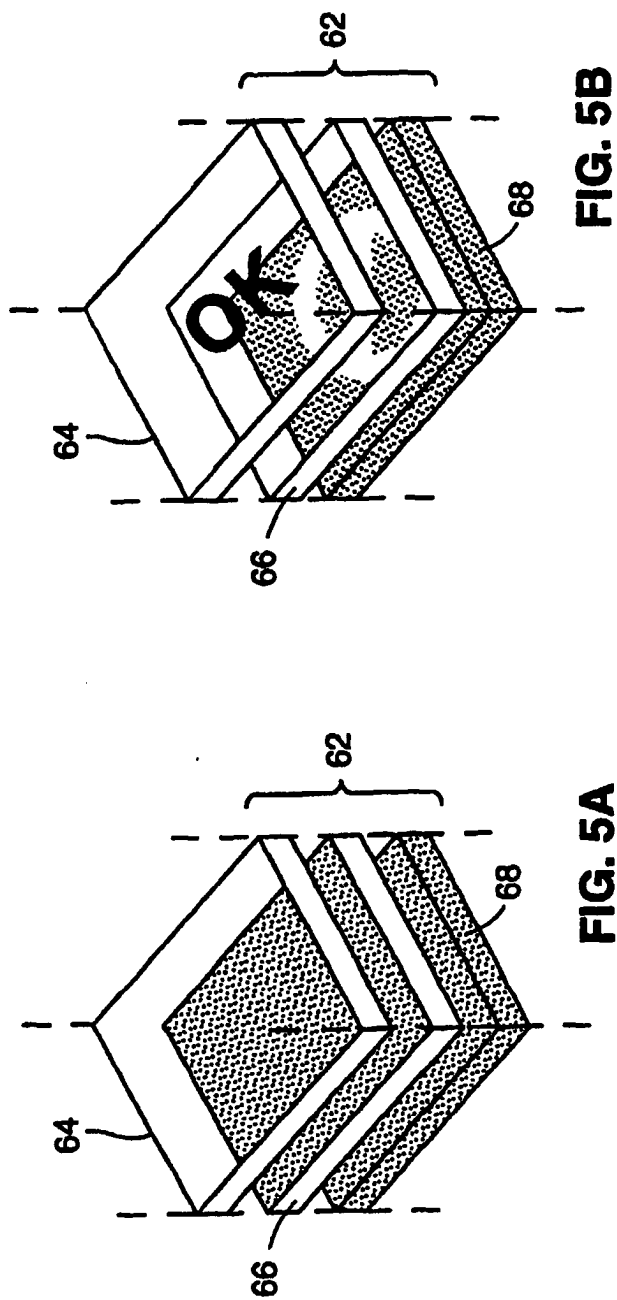


FIG. 5E

FIG. 5D

FIG. 5C

TEST DESCRIPTION	BIT	WPST	MPST	DPST	POST	RUN TIME
CPU SELF-TEST	X	X	X	X	X	
SYSTEM GATE ARRAY	X	X	X	X	X	
SYSTEM MONITOR GATE ARRAY	X	X	X	X	X	
PROGRAM ROM CRC	X	X	X	X	X	
SYSTEM RAM CHECKSUM	X	X	X	X	X	
VIDEO RAM CHECKSUM	X	X	X			
DEVICE FLASH ROM CHECKSUM	X	X	X			
SYSTEM WATCH DOG	X	X	X	X	X	X
PCMCIA CARD VERIFY	X					
FRONT END GAIN	X	X	X	X		
ARTIFACT SYSTEM	X	X	X	X		
CMR CHANNEL	X	X	X	X		
DEFIBRILLATOR CONN/RELAY	X	X	X	X		
BATTERY SENSE CELL MEASUREMENT	X	X	X	X	X	X
BATTERY SENSE CELL LOAD MEASUREMENT	X	X	X	X	X	X
BATTERY STACK LOAD CHECK	X	X	X	X	X	X
POWER SUPPLIES CHECK	X	X	X	X	X	X
HV ISOLATION RELAY	X	X	X			
HIGH VOLTAGE DELIVERY SUBSYSTEM	X	X	X			
WAVEFORM DELIVERY						X
CALIBRATION STD. VOLTAGE	X	X	X	X	X	X
CALIBRATION STD. TIME	X	X	X	X	X	X
CALIBRATION STD. RESISTANCE	X	X	X			
STUCK BUTTON TEST	X	X	X	X		
BUTTON TEST	X					
LIGHT ALL LED'S	X				X	
LCD TEST PATTERN	X					
LCD BACKLIGHT VERIFY	X					
SPEAKER OUTPUT TEST	X				X	
PIEZO BEEPER TEST	X				X	

FIG 6

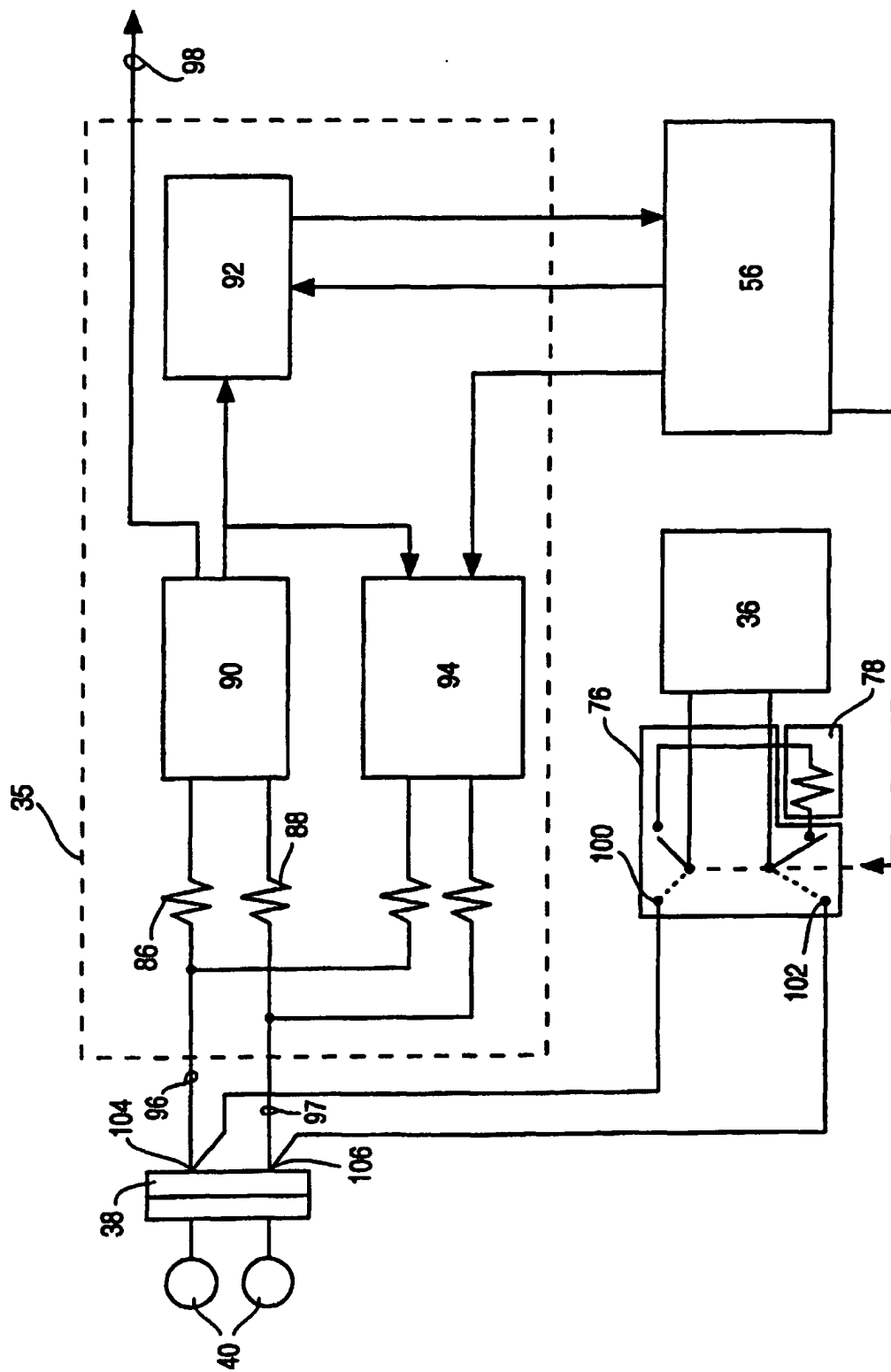


FIG. 7

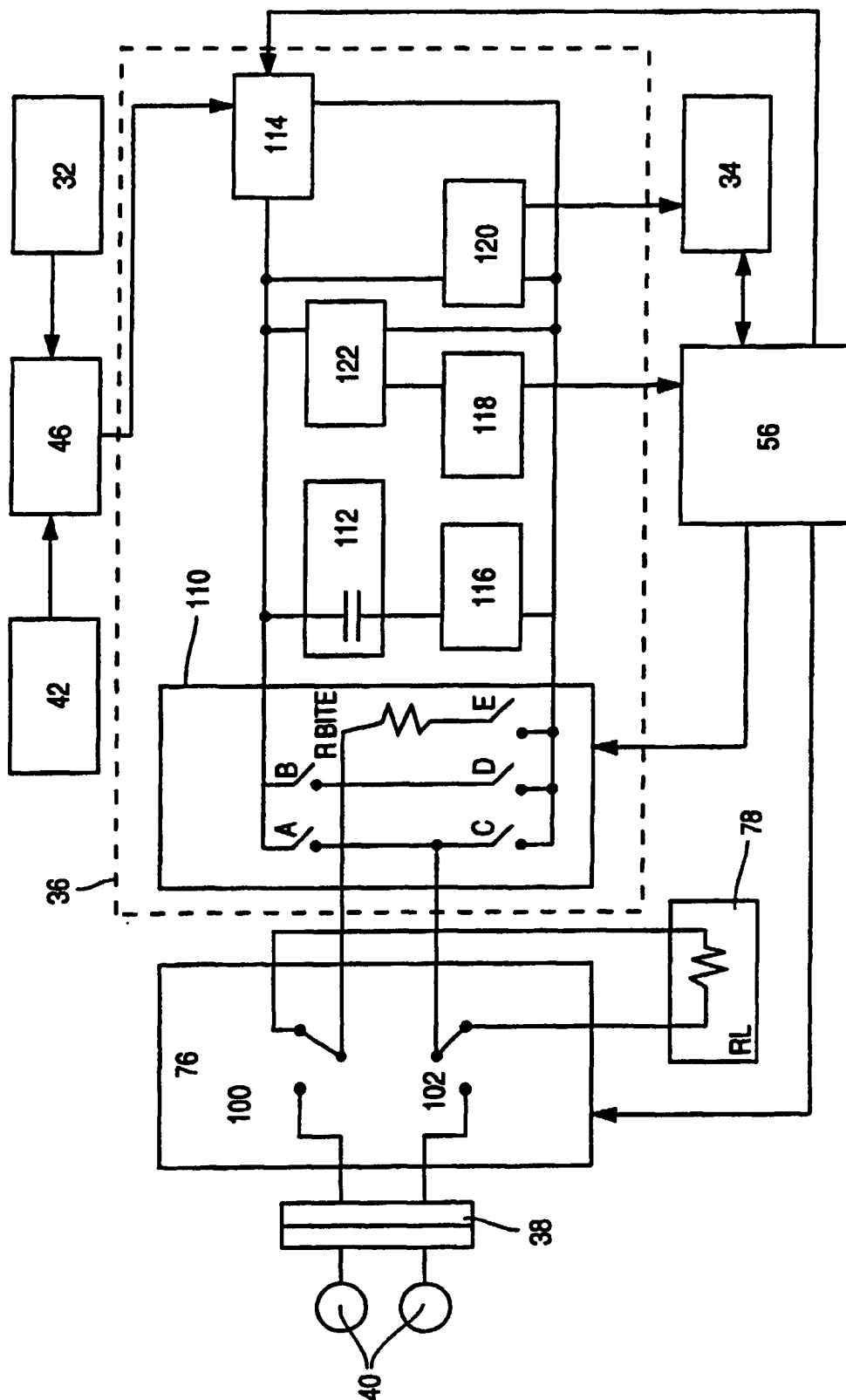


FIG. 8