



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 13 990 T2** 2004.03.11

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 913 255 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B41J 2/05**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 13 990.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 307 724.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.05.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.03.2004**

(30) Unionspriorität:

**958951                      28.10.1997                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT**

(73) Patentinhaber:

**Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates  
Delaware), Palo Alto, Calif., US**

(72) Erfinder:

**Corrigan, George H., Corvallis, US; Wade, John M.,  
Poway, US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049  
Pullach**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Energiesteuerung für einen Thermischen Tintenstrahldruckkopf**

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**

## Bereich der Erfindung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf thermische Tintenstrahl-drucker und spezieller auf die Steuerung von einer Tröpfchenabfeuerungsenergie, um eine einheitliche Ausgabe zu liefern.

## Hintergrund und Zusammenfassung der Erfindung

[0002] Tintenstrahl-Druckmechanismen verwenden Stifte, die Tröpfchen von Farbmittel auf eine bedruckbare Oberfläche zum Erzeugen eines Bildes schießen. Solche Mechanismen können in vieler verschiedenen Anwendungen einschließlich Computer-drucker, Plotter, Kopierer und Faxgeräte verwendet werden. Der Einfachheit halber werden die Begriffe der Erfindung im Zusammenhang mit einem Drucker erörtert. Ein Tintenstrahl-drucker umfaßt typischerweise einen Druckkopf mit einer Menge von unabhängig adressierbaren Abfeuerungseinheiten. Jede Abfeuerungseinheit umfaßt eine Tinten-kammer, die mit einer gemeinsamen Tintenquelle und mit einer Tintenauslaßdüse verbunden ist. Ein Wandler innerhalb der Kammer liefert den Anstoß für ein Ausstoßen von Tintentröpfchen durch die Düsen. Bei thermischen Tintenstrahl-druckern sind die Wandler Dünns-film-Abfeuerungswiderstände, die eine ausreichende Wärme während des Anlegens eines kurzen Spannungspulses zum Verdampfen einer Menge von Tinte, die zum Ausstoßen eines flüssigen Tröpfchens ausreicht, erzeugen.

[0003] Die an einen Abfeuerungswiderstand angelegte Energie beeinträchtigt Verhalten, Dauerhaftigkeit und Effizienz. Es ist hinreichend bekannt, daß die Abfeuerungsenergie über einer bestimmten Schwelle liegen muß, um zu bewirken, daß sich die Dampfblase bilden (nukleieren) kann. Über dieser Schwelle erhöht ein Anstieg der Energie in einem Übergangsbereich das ausgestoßene Tropfenvolumen. Über einer höheren Schwelle an der oberen Grenze des Übergangsbereichs nehmen die Tropfenvolumina mit der ansteigenden Energie nicht zu. Erst in diesem Bereich, in dem die Tropfenvolumina selbst bei moderaten Energieschwankungen stabil sind, findet das Drucken in idealer Weise statt, da Schwankungen des Tropfenvolumens Uneinheitlichkeiten in der Druckausgabe bewirken. Da die Energiepegel über dieser optimalen Zone ansteigen, wird eine Einheitlichkeit nicht beeinträchtigt, jedoch Energie verschwendet, und die Druckerkomponenten altern vorzeitig aufgrund einer übermäßigen Erwärmung und des An-sammelns eines Tintenrückstands.

[0004] Bei den existierenden Systemen, die eine zweckgebundene Verbindung für jeden Abfeuerungswiderstand aufweisen, kompensiert eine einmalige Kalibrierung von jeder Verbindung durch den Drucker- oder Produktionsschaltungsaufbaus außerhalb des Stifts einen beliebigen parasitären Wider-

stand oder eine Impedanz in dem einzigen Weg, der zu jedem Widerstand führt. Die Druckköpfe können bei der Herstellung charakterisiert sein, um diese Betriebsparameter zu setzen.

[0005] Bei in hohem Maße gemultiplexten Druckköpfen mit unterschiedlichen Sätzen von Düsen, wobei jeder Satz durch eine gemeinsame Spannungsleitung adressiert wird, kann es jedoch aufgrund anderer Faktoren zu Schwankungen kommen. Jeder Satz von Düsen wird durch eine einzelne Spannungsleitung mit Leistung versorgt, die Leistung über eine elektrische Kontaktanschlußfläche zwischen der Druckerelektronik und der entfernbaren Druckkassette empfängt. Diese Leitung setzt ihren Weg auf einer Flexschaltung zu einem Vorsprungsverbindungsanschluß zum Druckkopfchip mit einer anderen Elektronik einschließlich der Abfeuerungswiderstände fort. Die Impedanz der Druckkassettenkontakte, der Vorsprungsverbindungsanschlüsse und der Verbindungen dazwischen kann von Kassette zu Kassette, von Düse zu Düse und im Laufe der Zeit verschieden sein, selbst wenn die durch den Drucker an jede der Kassettenkontakte gelieferte Spannung gut gesteuert ist. Dementsprechend kann das aktuelle Abziehen durch die Leitung und der Spannung, die an den Stiftanschlüssen gemessen wird, bei Veränderungen der gedruckten Daten in unerwünschter Weise variieren. Wenn viele oder alle Düsen gleichzeitig abgefeuert werden, kann die Stiftspannung beispielsweise durch parasitäre Effekte vermindert werden, wodurch sich eine geringere Abfeuerungsenergie ergibt als wenn nur eine oder ein paar Düsen abgefeuert werden.

[0006] Die EP-A-0650838, die im Namen der Anmelderin der vorliegenden Erfindung eingereicht wurde, lehrt ein Verfahren zum Kalibrieren eines thermischen Tintenstrahl-druckers, indem eine thermische Einschaltenergie für ein Tintenabfeuern von eizwiderständen bestimmt wird.

[0007] Die US-A-4268838 bezieht sich auf wärmeerzeugende Widerstandselemente in einem thermischen Aufzeichnungssystem unter Verwendung einer periodischen (Wechsel-) Spannungsversorgung, von der ein Steuerungssignal zum Steuern des Vorrats der periodischen Spannung an den Druckkopf erhalten wird.

[0008] Die DE-A-19613649 lehrt einen Tintenstrahl-drucker, der einen Vorrat an elektrischer Leistung, die an die einzelnen Heizelemente angelegt wird, basierend auf der Temperaturabhängigkeit ihrer einzelnen Widerstandswerte steuert, indem ihre Widerstände überwacht werden, während die Tinte entladen wird.

[0009] Die vorliegende Erfindung überwindet die Einschränkungen des Stands der Technik, indem ein Verfahren zum Betreiben eines thermischen Tintenstrahl-druckers mit einem entfernbaren Druckkopf mit einer Mehrzahl von Tintenabfeuerungswiderständen geschaffen wird, wobei der Betrieb ein Kalibrieren des Druckers durch Bestimmen einer nominalen Eingangsspannung über einer Schwelle umfaßt, die für

einen simultanen Betrieb von einer Mehrzahl von Widerständen notwendig ist. Während des Druckens erfolgt dann ein Erfassen der Eingangsspannung auf dem Druckkopf an einem Eingangsknoten, der mit den Widerständen verbunden ist, und ein Erzeugen eines Abfeuerungspulses mit einer Dauer basierend auf der erfaßten Eingangsspannung an dem Knoten. Somit wird die erfaßte Eingangsspannung, die höher als die nominale Spannung ist, durch einen gekürzten Abfeuerungspuls kompensiert. Das Verfahren kann in einem entfernbaren Tintenstrahldruckkopf mit einem Verbinder mit vielen elektrischen Eingängen, die mit einem Drucker verbindbar sind, und einem Spannungseingangsknoten, der mit dem Verbinder verbunden ist, erreicht werden. Der Druckkopf weist zahlreiche Abfeuerungswiderstände auf, die mit dem Eingangsknoten verbunden sind. Eine Energiesteuerungsschaltung ist mit dem Eingangsknoten verbunden und mit den Widerständen zum Abfeuern der Widerstände mit einem Abfeuerungspuls mit einer Dauer, die umgekehrt proportional zur Spannung am Eingangsknoten ist, verbunden, so daß die Abfeuerungsenergie in Kontrolle gehalten wird, indem die Abfeuerungspulsdauer zum Kompensieren von Spannungsschwankungen variiert wird.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockdiagramm einer thermischen Tintenstrahl-Druckvorrichtung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0011] **Fig. 2** ist eine ausführliche schematische Darstellung einer Druckkopfschaltung des Ausführungsbeispiels von **Fig. 1**.

[0012] **Fig. 3** ist ein Graph, der eine interne Spannungs- und Logikbedingung, die in Bezug auf Zeit unter unterschiedlichen Umständen aufgetragen wurde, zeigt.

#### Ausführliche Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0013] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines Tintenstrahldruckers **10** mit einer verbundenen Druckkassette **12**. Eine Steuerung **14** in dem Drucker empfängt die Druckdaten von einem Computer oder Mikroprozessor (nicht gezeigt) und verarbeitet die Daten, um Druckersteuerungsinformationen oder Bilddaten an eine Druckkopf-Treiberschaltung **16** zu liefern. Ein gesteuerter Spannungsleistungsvorrat **17** liefert eine gesteuerte Versorgungsspannung an einen Vierleitungs-Leistungsbus **18**. Eine Speicherleseeinrichtungsschaltung **19** im Drucker ist mit der Steuerung zum Übertragen von Informationen verbunden, die von der Druckkassette **12** über eine Speicherleitung **20** empfangen werden. Die Druckkopf-Treiberschaltung wird durch die Steuerung gesteuert, um die Bilddaten an einen Druckkopfchip **22** auf der Druckkassette **12** über einen

Steuerungsbus **24**, der etwa **24** Leitungen aufweist, zu senden.

[0014] Die Kassette ist entferntbar austauschbar und mit dem Drucker durch den Steuerungsbus **24**, den Leistungsbus **18**, die Speicherleitung **20** und die thermische Datenleitung, die nachstehend erörtert wird, verbunden. Eine Verbinderschnittstelle **26** weist einen leitfähigen Stift für jede Leitung auf der Druckerseite, die eine entsprechende Anschlußfläche auf einer flexiblen Schaltung **30** auf der Kassette **12** kontaktiert, auf. Ein Speicherchipelement **31** auf der Kassette speichert die Druckersteuerungsinformationen, die bei der Herstellung der Kassette oder durch den Drucker während der Verwendung programmiert wurden. Die Flexschaltung **30** ist mit dem Druckkopfchip **22** über Vorsprungsverbindungen **32** verbunden. Ein Analog-Digital-Wandler **34** im Drucker ist mit dem Druckkopf verbunden, um Daten vom Druckkopf zu empfangen, die die Temperatur des Druckkopfs anzeigen.

[0015] Der Druckkopf weist 524 Düsen auf, wobei jedem ein Abfeuerungswiderstand zugeordnet ist. Der Druckkopf ist in vier ähnlichen Quadranten angeordnet, wobei ein jeder acht „Grundelemente“ von jeweils 16 Düsen plus vier Grundelemente von jeweils drei Düsen aufweist. Um eine gemultiplexte Funktion zu liefern, die nur eine begrenzte Zahl von Leitungen zwischen dem Drucker und dem Druckkopf erfordert, fließt der Widerstandsstrom durch eine Spannungsleitung und eine Erdungsleitung, die durch andere Widerstände in seinem Quadranten gemeinsam verwendet werden. Die Widerstände sind individuell adressierbar, um unbegrenzte Musterpermutationen durch einen Seriendatenstrom, der vom Druckkopf zugeführt wird, zu liefern.

[0016] **Fig. 2** zeigt eine Abfeuerungs- und Energiesteuerungsschaltung **36** eines repräsentativen Quadranten des Chips und zeigt einen exemplarischen Bruchteil der vielen Widerstände des Quadranten (ein n-tel der sechzehn des vollen Grundelements). Die Schaltung **36** befindet sich auf dem Druckkopfchip und weist eine einzelne Spannungseingangsleitung ( $V_{pp}$ ) **40** vom Leistungsbus **18** auf, der mit einem Satz **42** von Dünnschicht-Abfeuerungswiderständen **44** gemeinsam verbunden ist, die jeweils  $28\ \Omega$  aufweisen. Ein Spannungserfassungsnetz **46** umfaßt einen Hochwertwiderstand **50** mit zehnmal dem Widerstand ( $280\ \Omega$ ) von einem beliebigen der Abfeuerungswiderstände und ist mit der Eingangsleitung **40** am gleichen Knoten wie die Abfeuerungswiderstände verbunden. Das Erfassungsnetz umfaßt ferner einen LDMOS-Schalter **52** mit einem Eingang, der mit dem Widerstand **50** verbunden ist, einem Ausgang, der mit einem Erfassungswiderstand **54** verbunden ist, der einen niedrigen Wert ( $10\ \Omega$ ) relativ zu den Abfeuerungswiderständen aufweist, und einer Steuerungsleitung, die mit einer Abfeuerungsleitung **56** vom Drucker verbunden ist. Der Erfassungswiderstand ist mit Masse verbunden.

[0017] Eine Spannungs-Leistungs-Wandlerschal-

tung **60** weist eine primäre Eingangsleitung **62** auf, die zwischen dem Schalter **52** und dem Erfassungswiderstand **54** geschaltet ist. Ein Abfeuerungseingang ist mit der Abfeuerungsleitung **56** verbunden, so daß ein Puls auf der Abfeuerungsleitung den Betrieb des Wandlers auslöst. Der Wandler umfaßt einen Vorspannungsstromgenerator **64** und einen Integrationskondensator **66**. Eine an den Wandler gelieferte Spannung wird in ein Leistungssignal umgewandelt, das verwendet wird, um einen Vorspannungsstrom zu erzeugen, der dem Integrationskondensator zugeführt wird, wodurch eine Ausgangsspannung erzeugt wird, die sich proportional zur Energie verhält. Eine QSA-Schaltung **68** (QSA = Quadrant Slope Adjuster = Quadranten-Neigungs-Justierer) weist einen Ausgang auf, der mit der Wandlerschaltung verbunden ist, um ihre Rate des Ausgangsspannungsanstiegs oder der Ausgangsneigung, die im QSA-Register gespeichert ist, einzustellen, nachdem dieselbe von der Druckersteuerung geladen worden ist, wobei diese Daten vom Speicherchip empfangen worden sind. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel liefert jeder QSA eine  $\pm 5\%$ -Einstellung in der Neigung, so daß kleine Schwankungen in den Leistungs- und Energieanforderungen unter den Quadranten gesteuert und kompensiert werden können. Jeder Quadrant weist seinen eigenen QSA auf, so daß jeder leicht eingestellt werden kann. Ein größerer Anpassungsbereich kann nach Bedarf implementiert werden.

[0018] Ein Pulsweiten-Steuerungsblock **70** umfaßt eine Logik für eine Pulsweitenabschneidung, und ein Kontinuierliche-Zeit-Spannungskomparator weist einen ersten Eingang auf, der mit dem Ausgang des Wandlers **60** verbunden ist (der das Energiesignal sendet), einen zweiten Eingang, der mit dem Ausgang eines DAC verbunden ist, der wiederum durch ein Setzpunkt-Spannungs-Referenzgerät **72** gesteuert wird, und eine Steuerungsleitung auf, die mit der Abfeuerungsleitung **56** verbunden ist. Der Komparator des Steuerungsblocks weist eine Ausgangsleitung **74** auf, die einen Spannungspuls sendet, der nach einem Auslösen durch einen Puls auf das Abfeuerungsleitung initiiert worden ist, und wenn die Ausgabe des Wandlers **60** gleich der Ausgabe des Wandlers **80** ist, oder wenn der Abfeuerungspuls beendet ist, was gegebenenfalls zuerst eintritt. Ein Abschneidungserfassungssignal auf einer zweiten Komparatorausgabeleitung **75** liefert Statusinformationen zum Steuerungslogikschaltungsaufbau, die anzeigen, daß die Schaltung den Abfeuerungspuls abgeschnitten hat. Dieses Signal wird für Kalibrierungszwecke verwendet.

[0019] Das Setzpunkt-Referenzspannungsgerät **72** umfaßt einen 7-Leitungsbus **76**, der mit einem internen Register verbunden ist, das durch den Drucker geladen wird, und einen 7-Bit-Digital-Analogwandler **80**, der verbunden ist, um einen digitalcodierten Spannungswert, der vom Drucker empfangen wird, in eine Referenzspannungsausgabe umzuwandeln. Der Wandler **80** weist eine Ausgabespannung auf,

die ermöglicht, daß ein gelieferter Energiebereich von  $1\ \mu\text{J}$  bis  $7\ \mu\text{J}$  möglich ist. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Wandler **80** eine Präzisions-Poly-Widerstands-Zeichenfolge, die mit einer analogen Schaltmatrix kombiniert ist.

[0020] Jeder Abfeuerungswiderstand **44** ist mit einem entsprechenden Abfeuerungsschalter **82** verbunden, der mit einer Masseleitung verbunden ist und einen Steuerungseingang aufweist, der mit dem Ausgang eines Abfeuerungspulsmodulators **84** verbunden ist. Der Abfeuerungspulsmodulator empfängt Druckdaten auf einem 9-Bit-Bus und gibt ein Abfeuerungssignal an jeden ausgewählten Abfeuerungsschalter aus.

[0021] Während des Betriebs wird das System kalibriert, wie nachstehend erörtert wird, um einen  $V_{pp}$ -Pegel adäquat einzustellen, um adäquate Abfeuerungsenegiepegel für ein volles Tropfenvolumen abfeuern bei „Blackout-Bedingungen“ sicherzustellen, wenn alle Widerstände gleichzeitig abgefeuert werden. Weil die Abfeuerungsenegie proportional zum Produkt des Quadrats der Spannung und der Zeitdauer ist, muß die VPP hoch genug sein, um eine adäquate Energie innerhalb der begrenzten Zeitdauer zu liefern, die für ein Drucken von jedem Punkt benötigt wird, bevor der nächste Punkt bei der gewünschten Druckerbewegungsrate gedruckt werden soll. Ein Teil des Kalibrierungsprozesses umfaßt ein Einrichten einer Setzpunktspannung, um eine begrenzte Abfeuerungsenegieschwelle für alle Abfeuerungsbedingungen ungeachtet der Zahl von gleichzeitig abgefeuerten Düsen zu liefern.

[0022] Um eine ausgewählte Gruppe des Widerstandsatzes **42** abzufeuern, sendet der Drucker eine Spannung  $V_{pp}$  auf der Leitung **40** und sendet einen Volldauer-Abfeuerungspuls auf der Leitung **56**. Ansprechend auf den Abfeuerungspuls sendet der Komparator den Abfeuerungspuls an die Widerstandsabfeuerungsschalter **82**, wodurch bewirkt wird, daß sich die ausgewählten Schalter schließen, wodurch die Widerstände mit Masse für einen Stromfluß zum Erzeugen einer Abfeuerungsenegie verbunden werden. Ebenfalls ansprechend auf eine Initiierung des Abfeuerungspulses auf der Leitung **56** öffnet sich der Schalter **52**, wodurch einem kleinen Strom ermöglicht wird, durch die Widerstände **50** und **54** zu fließen, wobei die Spannung zwischen den Widerständen auf der Leitung **62** proportional zur  $V_{pp}$  auf der Leitung **40** ist, die durch den Strom beeinflusst wird, der durch die aktivierten Widerstände gezogen wird.

[0023] Der Abfeuerungspuls löst auch die Wandlerschaltung **60** zum erneuten Setzen des Kondensators auf Null aus, wodurch die Ausgangsspannung genullt wird. Die Eingangsspannung wird in ein Leistungssignal durch den herkömmlichen analogen Schaltungsaufbau umgewandelt. Das Leistungssignal wird dann verwendet, um einen Vorspannungsstrom zu erzeugen, der dem Integrationskondensator **66** zugeführt wird, wodurch eine Ausgangsspan-

nungsrampe mit einer Neigung proportional zur Energie, die während des Pulses abgegeben wird, erzeugt wird. Die Rate des Spannungsanstiegs wird ferner basierend auf den gespeicherten Daten in der Quadrantenneigungs-Justierschaltung **68** modifiziert, die auf anfänglichen Fertigungskalibrierungen, die nachstehend erörtert werden, basiert sind.

[0024] Wenn die Ausgangsspannung eine vorausgewählte Setzpunktspannung erreicht, die bei den Betriebskalibrierungen (die nachstehend erörtert werden) experimentell bestimmt wird, beendet der Komparator des Steuerungsblocks **70** den Puls, der auf der Leitung **74** an die Abfeuerungs Widerstände gesendet wird. Bei diesem Verfahren, wenn die  $V_{pp}$  aufgrund von nur einer begrenzten Anzahl von Widerständen, die für das Abfeuern ausgewählt sind, höher ist, ist die Spannung auf der Leitung **62** höher, und die Rate des Ladens des Kondensators wird erhöht. Dementsprechend wird der Puls nach einer kürzeren Dauer beendet, um eine gleichbleibend gelieferte Energie beizubehalten. In dem Fall, daß die  $V_{pp}$  den Punkt unterschreitet, der während der Kalibrierung bestimmt wurde, und die Kondensatorspannung den Setzpunkt nicht erreicht, bevor der Druckerabfeuerungspuls endet, übersteuert der Druckerabfeuerungspuls den Komparator und beendet die Energiezufuhr. Es ist möglich, solche niedrigen  $V_{pp}$ -Bedingungen durch geringfügiges Verlängern des Abfeuerungspulses nach der Kalibrierung zu kompensieren, solange die Anforderungen der Stiffrequenz und der Druckgeschwindigkeit nicht verletzt werden.

[0025] Um eine installierte Druckkopfkassette betriebsmäßig zu kalibrieren, um parasitäre Widerstände im Drucker und der Drucker-Kassettenverbindung zu kompensieren, wird die  $V_{pp}$  durch den Drucker auf einen voreingestellten Wert basierend auf einem Testbetrieb gesetzt, in dem die Düsen bei einem Quadranten pro Zeitpunkt abgefeuert werden, um mögliche parasitäre Spannungsabfälle des schlimmsten Falls an den Eingangsleitungen für jeden der Sätze der Widerstände über allen Grundelementen bei ihren maximalen Abfeuerungsfrequenzen zu erzeugen. Da der Drucker einen entsprechend schnellen Durchsatz und Wagenbewegungsgeschwindigkeit aufweisen muß, wird die Spannung mit einem Abfeuerungspuls gesetzt, der etwas kürzer ist als die gewünschte Zeitdauer zwischen den Pulsen (d. h. kleiner als [Bewegungsgeschwindigkeit/Punkt-Abstand] + Rand). Bei dieser nominalen maximalen Pulsdauer wird die voreingestellte Spannung gesetzt, um sicherzustellen, daß alle Düsen, über dem Übergangsbereich, der im Hintergrund der Erfindung erörtert ist, voll abfeuern. Das Bestimmen eines ordnungsgemäßen Abfeuerns und Funktion über dem Übergangsbereich wird durch Einrichtungen durchgeführt, die in der Technik des thermischen Tintenstrahldrucks hinreichend bekannt sind.

[0026] Mit der eingerichteten voreingestellten VPP wird ein Energiekalibrierungsmodus ermöglicht. In diesem Modus wird der Energiesteuerungsschal-

tungsaufbau einschließlich des Erfassungsnetzes **46**, des Wandlers **64** und des Steuerungsblocks **70** aktiviert. Der Drucker liefert erneut Signale zum Erzeugen einer Abfeuerung von allen Düsen aller Grundelemente, wobei die Setzpunktspannung bei einem relativ hohen Initialpegel  $V_{s1}$  gesetzt ist, um eine hohe Abfeuerungsenergie weit über den Übergangsbereich hinaus zu liefern. Dieser Prozeß wird bei sequentiell niedrigeren Setzpunktspannungen  $V_{s2}$ ,  $V_{s3}$  etc. wiederholt, bis der Beginn der Pulsweitenabschneidung anzeigt, daß ein optimaler Abfeuerungsenergiepegel erreicht worden ist. Dies wird durch Abfeuern eines Pulses bei einer Nominalspannung, anschließendes Überprüfen eines Abschneidungsstatusbits, das anzeigt, ob ein Puls ordnungsgemäß abgefeuert wurde, anschließendes Senken der Spannung um ein kleines Inkrement und Wiederholen des Prozesses erreicht. Während dieses Kalibrierungsprozesses wird das Statusbit gesetzt, wenn der Abfeuerungspuls immer noch hoch oder aktiv ist, wenn der Komparator betätigt wird. Wenn der Abfeuerungspuls abfällt oder endet, bevor der Komparator betätigt wird, wird das Statusbit nicht gesetzt. Wenn die Spannung auf einem ausreichend niedrigen Pegel ist, findet das Abfeuern nicht statt, und ein herkömmlicher Druckrabfall-Erfassungsschaltungsaufbau, der optische Abfalldetektoren umfassen kann, setzt das Statusbit auf einen Zustand, der ein Nichtfeuern anzeigt. Die Setzpunktspannung (Sollspannung) wird um eine Sicherheitsspanne über diese Nichtabfeuerungsspannung gesetzt, um ein Abfeuern sicherzustellen. Vorzugsweise ist die Setzpunktspannung so gesetzt, daß die Abfeuerungspulsdauer nicht länger als  $2 \mu s$  ist, um Betriebssicherheitsprobleme, die Niedrigspannungspulsen einer längeren Dauer zugeordnet sind, zu verhindern. Solche Betriebssicherheitsprobleme entstehen, wenn eine zu hohe Leistung während einer kurzen Dauer angelegt wird, um die notwendige Energie zu erhalten. Eine solche extreme Leistung erzeugt hohe Raten einer Temperaturveränderung in den Widerständen, was potentiell schädigende Belastungen erzeugt. Optional kann der Betriebskalibrierungsprozeß fortgesetzt werden, bis ein ausreichend niedriger Setzpunkt erreicht ist, so daß alle Quadranten eine Pulsabschneidung erfahren, wodurch sichergestellt wird, daß keiner der Quadranten bei Energiepegeln abgefeuert wird, die höher als notwendig sind. Das Sicherstellen eines Abschneidens im ganzen System ermöglicht auch eine Spanne für eine Pulserweiterung bei unerwartet niedrigen  $V_{pp}$ -Bedingungen

[0027] **Fig. 3** stellt dar, wie die Betriebskalibrierung und das Drucken vonstatten gehen. Im oberen Abschnitt des Graphen reflektiert die vertikale Achse die Spannung am Ausgang des Wandlers **64**. Wie gezeigt, reflektiert die durchgehende Linie „n“ eine ansteigende Spannung, während die Energie durch alle n Widerstände, die abfeuern, abgegeben wird. Während der Kalibrierung wird die Setzpunktspannung stufenartig reduziert, wie gezeigt ist, bis eine geeig-

nete Pulsweite und ein Druckverhalten bei Vs3 erhalten wird. Die Spannungsleitung n erreicht den ausgewählten Setzpunkt zum Zeitpunkt t1, wodurch der Puls P1, wie im unteren Abschnitt des Graphen gezeigt ist, beendet wird, was die Pulsausgabe an die Abfeuerungswiderstände bei Leitung 74 reflektiert. Während des anschließenden Betriebs nach der Kalibrierung, wenn weniger als alle Widerstände abgefeuert werden sind, wobei z. B. die Leitung (n-1) alle Widerstände, die abgefeuert wurden, außer einem reflektiert, ist die Neigung der Spannungsleitung steiler, wodurch bewirkt wird, daß dieselbe die ausgewählte Setzpunktspannung Vs3 zu einem früheren Zeitpunkt t2 erreicht, wodurch ein abgeschnittener Puls mit einer Dauer P2 geliefert wird, um die erhöhte  $V_{pp}$  zu kompensieren und eine konsistente Abfeuerungsenergie zu ergeben.

[0028] Vor Auslieferung und Verwendung wird der Stift einem einmaligen durch den Hersteller vorgenommenen Kalibrierungsprozeß unterzogen, um Quadrant-Quadrant-Variationen innerhalb der Stiftkassette, in den Stiftwiderständen und den internen Bahnwiderständen zu kompensieren. Obwohl die Widerstände im Drucker und in den Leistungsverbindungen zwischen dem Druckerwagen und dem Stift tendenziell von Drucker zu Drucker und bei den unterschiedlichen Installationen des gleichen Stifts im gleichen Drucker unterschiedlich sind, können die Schwankungen innerhalb eines gegebenen Stifts am besten am Ende eines Herstellungsprozesses identifiziert und kompensiert werden. Interne Stiftvariablen umfassen Stiffflexschaltungsleistungs- und Massleistungswiderstands-, Flexschaltungs-Chip-Vorsprungsverbindungs-widerstands-, Chipbahn-, die jeden Quadranten mit Leistung und Masse verbinden, und Halbleiterprozeß- und Widerstandsschwankungen. Beim Kompensieren dieser Variablen bei der Herstellung werden die Anforderungen an einen Diagnoseschaltungsaufbau des Druckers minimiert und die Kalibrierungsverzögerungen bei der Stiftinstallation durch den Benutzer eingegrenzt.

[0029] Eine durch den Hersteller vorgenommene Kalibrierung dient zum Identifizieren der Betriebsunterschiede zwischen den vier funktionellen Quadranten des Druckkopfchips, speziell der unterschiedlichen Widerstände in den Bahnen und Verbindungen für jeden unterschiedlichen Quadranten. Auch können die Widerstandsabmessungen innerhalb der Toleranzen variieren, und diese Variationen können dazu tendieren, innerhalb eines jeden Quadranten konsistent zu sein und zwischen den Quadranten unterschiedlich zu sein. Zusätzlich kann der Halbleiterherstellungsprozeß Variationen erzeugen, die innerhalb eines jeden Quadranten minimal sind, die jedoch Variationen innerhalb eines jeden Chips von Quadranten zu Quadranten erzeugen.

[0030] Die Kalibrierung des Druckkopfs wird bei einem Energiepegel vorgenommen, der etwas über der nominalen Abfeuerungsenergie liegt, so daß unerwartete Widerstände, die durch eine marginal

schlechte Kassette-Druckerverbindung bewirkt werden, kompensiert werden können. Die nominale Überschußenergie wird durch einen Pulsweitenquadrantierungs-lösungsansatz, der vorstehend erörtert wurde, kompensiert. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein „Über-Energie“-Pegel von 20% oder 1,2 mal des Nominalwerts ausgewählt.

[0031] Anfänglich wird bei einer ausgeschalteten Energiekompensierungsschaltung (so daß die Abschneidung nicht auftreten kann) die Pulsweite auf 0,2  $\mu$ sek, eine maximale nominale Pulsweite, gesetzt. Bei dieser Pulsweite wird jeder Quadrant des Stifts separat mit allen abfeuernden Düsen betrieben, wobei die anderen drei Quadranten inaktiv sind. Das Einschalten der Spannung von jedem Quadranten wird bestimmt, und der Quadrant mit der höchsten Einschaltenergie  $V_h$  wird identifiziert.

[0032] Die durch den Hersteller vorgenommene Kalibrierung wird fortgesetzt, indem die Energiekompensationsschaltung eingeschaltet wird. Der QSA 68 im höchsten Spannungsquadranten (mit Spannung  $V_h$ ) wird auf das Maximum + 5% durch den Herstellungsschaltungsaufbau gesetzt, der mit der Kassette durch Standarddruckerverbindungen verbunden ist. Die Spannung  $V_{pp}$  auf der Leistungsleitung zum höchsten Quadranten ist bei  $V_{pp} = V_h \sqrt{1,2}$  gesetzt (wobei 1,2 auf dem gewünschten „Über-Energie“-Pegel von 1,2 mal nominal basiert). Während alle Widerstände von ausschließlich diesem Quadranten abgefeuert werden, ist die DAC 80 in einem binären Suchmodus eingestellt, bis die Pulsweite für den Quadranten mit der Abschneidung beginnt, d. h. auf dem untersten Spannungspegel, bei dem die Abschneidung geschieht. Der QSA-Wert von + 5% und die bestimmte DAC-Einstellung werden an den Speicherchip 31 durch den externen Herstellungsschaltungsaufbau geschrieben.

[0033] Die verbleibenden Quadranten werden auf einmal kalibriert, wobei alle Widerstände des Quadranten „x“ abgefeuert werden, um eine Einschaltspannung  $V_x$  zu bestimmen. Unter Verwendung der DAC-Einstellung, die beim Kalibrieren des ersten „Vh“-Quadranten festgelegt wird, wird dann die Eingangs- $V_{pp}$  bei  $V_{pp} = V_x \sqrt{1,2}$  gesetzt, und der QSA wird durch einen binären Abstammungsmodus eingestellt, bis die Pulsweite für diesen Quadranten abgeschnitten wird. Die QSA-Einstellung für diesen Quadranten wird an den Speicherchip geschrieben, und der Prozeß wird für jeden Quadranten wiederholt. Im Anschluß die Herstellungskalibrierung enthält der Speicherchip eine einzelne DAC-Einstellung und vier unabhängige QSA-Einstellungen, eine für jeden Quadranten.

[0034] Die durch den Hersteller vorgenommene Kalibrierung umfaßt ein Speichern einer nominalen Betriebsspannung  $V_{op}$ , die verwendet wird, um zu ermöglichen, daß der Drucker, in dem der Stift letzten Endes installiert ist, bestimmen kann, ob unzulässig hohe parasitäre Widerstände vorliegen, die im Stift alleine während der durch den Hersteller vorgenom-

menen Kalibrierung nicht erfaßbar waren. Solche Widerstände könnten bei einem Druckerverdrahtungsfehler oder einer schlechten Leitung an den Stiftdruckerkontakten eintreten. Wäre ein hoher Widerstand anzutreffen, würde der Systemschaltungsaufbau dies mit einer höheren Eingangsspannung  $V_{pp}$  kompensieren. Dies ist bis zu einem Punkt akzeptabel, jedoch führt eine hohe  $V_{pp}$ , die zum Überwinden des Widerstands notwendig ist, wenn alle Widerstände abfeuern, zu einer viel höheren Spannung als bei einem einzelnen Abfeuerungs-widerstand. Natürlich kann dies durch eine beträchtliche Pulsweitenabschneidung kompensiert werden, um eine gesteuerte Energie zu erreichen, jedoch über einen bestimmten Punkt hinaus ist der Widerstand nicht in der Lage, der übertragenen Leistung, wie vorstehend erörtert, zu widerstehen.

[0035] Daher bestimmt die durch den Hersteller vorgenommene Kalibrierung die  $V_{op}$ , indem alle Düsen aller Quadranten abgefeuert werden und die  $V_{pp}$  stufenmäßig erhöht, bis der höchste Einschaltspannungsquadrant gerade abgeschnitten ist. Die Spannung wird bis zu einem Inkrement abgestuft, und diese Spannung wird als  $V_{op}$  an den Speicherchip in der Stiftkassette geschrieben. Mit dem so programmierten Speicherchipelement kann die Kassette an einen Benutzer geliefert werden, entweder in Verbindung mit einem Drucker oder als eine Austausch-kassette.

[0036] Wenn die Stiftkassette in einen Drucker durch den Benutzer installiert wird, führt der Drucker einen Test auf der Stiftkassette aus, um die korrekte Leistungsversorgungsspannung  $V_{ps}$  für diesen Stift zu bestimmen. Zuerst liest der Drucker die Betriebsspannung  $V_{op}$  vom Speicherchipelement des Stifts und setzt  $V_{ps} = V_{op}$ . Dann operiert der Drucker mit allen abfeuernden Düsen von allen Quadranten in einem Blackout-Modus und liest die Pulsweitenabschneidungsetiketten für jeden Quadranten. Die Leistungsversorgungsspannung  $V_{ps}$  wird abgestuft, bis alle Quadranten quantisieren, und definiert diese Spannung als  $V_{trunc}$ . Anschließend berechnet der Prozessor die Menge, um die  $V_{trunc}$  (die zum Betreiben unter Blackout-Bedingungen notwendige Spannung)  $V_{op}$  überschreitet. Wenn diese Differenz unter einem akzeptablen Limit ist, das auf der Druckersteuerung gespeichert ist, wird  $V_{ps}$  um ein einzelnes Inkrement unter  $V_{trunc}$  gesenkt, und der Drucker wird bei dieser Spannung betrieben.

[0037] Wenn die  $(V_{trunc}-V_{ps})$ -Differenz das voreingestellte Limit überschreitet, kann die Stiftzuverlässigkeit durch einen weiteren Betrieb gefährdet sein, und der Drucker erzeugt eine Fehlernachricht, die den Benutzer anweist, die Stiftkassette erneut zu installieren. Wenn der unerwartete Widerstand, der zu einer übermäßigen  $V_{trunc}$  führt, in einem schlechten Kontakt zwischen dem Drucker und der Kassette begründet ist, wie z. B. durch ein Teilchen zwischen dem Kontaktstift und der Kontaktanschlußfläche, könnte eine erneute Installation das Problem beheben. Wenn die erneute Installation das Problem nicht

löst, weist eine Fehlernachricht eine Wartung des Druckers an und kann eine Druckeroperation sperren, um einen Schaden zu verhindern.

[0038] Obwohl die vorstehende Beschreibung bezüglich bevorzugter und alternativer Ausführungsbeispiele erörtert wurde, soll die Erfindung dahingehend nicht eingeschränkt sein.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Betreiben eines thermischen Tintenstrahldruckers (10), der einen ausbaubaren Druckkopf (12) mit einer Mehrzahl von Tintenabfeuerungs-widerständen (42) umfaßt, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Kalibrieren des Druckers durch Bestimmen einer Nenneingangsspannung ( $V_{s1}$ ) über einer Schwelle, die zum gleichzeitiges Betrieb einer Mehrzahl der Widerstände notwendig ist; während des Druckens, Erfassen der Eingangsspannung auf dem Druckkopf an einem Eingangsknoten (40), der mit zumindest einigen der Widerstände verbunden ist; und Verkürzen eines Abfeuerungspulses ( $P1$ ), in einer Energiesteuerungsschaltung, die mit dem Eingangsknoten verbunden ist und mit der Mehrzahl von Widerständen betreibbar verbunden ist, um einen verkürzten Abfeuerungspuls ( $P2$ ) zu erzeugen, der eine Dauer aufweist, die auf der erfaßten Eingangsspannung, die an dem Knoten basiert, so daß eine erfaßte Eingangsspannung höher als die Nominalspannung ist, durch den verkürzten Abfeuerungspuls kompensiert wird.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem ein Kalibrieren eine sequentielles Abfeuern von zumindest einigen der Widerstände (44) unter Verwendung von zunehmend niedrigeren Spannungen umfaßt.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem ein Erfassen der Eingangsspannung ein Verbinden des Eingangsknotens mit einem Stromsensor (46) umfaßt.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem ein Erzeugen des Abfeuerungspulses ein Verbinden des Eingangsknotens mit einer kapazitiven Vorrichtung (64) umfaßt, die eine Ausgangssteuerungsspannung aufweist, die in Relation zum Stromeingang ansteigt.

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem ein Erzeugen des Abfeuerungspulses ein Initiieren des Pulses, und während der Puls weiterhin Energie an die Widerstände liefert, ein Erzeugen einer ansteigenden Sollwertspannung proportional zur Energie, die an die Widerstände geliefert wird, und, wenn die Sollwertspannung auf eine vorausgewählte Schwelle ansteigt, ein Beenden des Pulses umfaßt.

6. Ein ausbaubarer Tintenstrahldruckkopf (12), der folgende Merkmale aufweist:

einen Verbinder mit einer Mehrzahl von elektrischen Eingängen **(40)**, die mit einem Drucker verbindbar sind;

einen Spannungseingangsknoten **(40)**, der mit dem Verbinder verbunden ist;

eine Mehrzahl von Abfeuerungswiderständen **(44)**, die mit dem Eingangsknoten verbunden sind;

eine Energiesteuerungsschaltung **(46, 60)**, die mit dem Eingangsknoten verbunden und wirksam mit der Mehrzahl von Widerständen verbunden ist, um die Widerstände mit einem Abfeuerungspuls abzufeuern, der eine Dauer aufweist, die invers auf die Spannung am Eingangsknoten bezogen ist, so daß die Abfeuerungsenergie unter Kontrolle gehalten wird, indem die Abfeuerungspulsdauer variiert wird, um Spannungsschwankungen zu kompensieren.

7. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der die Energiesteuerungsschaltung eine Spannung zu einem Energiekonverter **(60)** zum Abschätzen der an die Widerstände gelieferten Energie umfaßt.

8. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 7, die einen Spannungskomparator **(70)** umfaßt, mit einem Eingang, der mit dem Konverter verbunden ist, und einem Ausgang, der mit den Widerständen wirksam verbunden ist, um einen Puls mit einer beschränkten Dauer zu liefern, die endet, wenn der Ausgang des Konverters über eine vorausgewählte Schwelle ansteigt.

9. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der die Energiesteuerungsschaltung einen Kondensator **(64)** umfaßt, der eine Ladung in Relation zur Spannung am Eingangsknoten und zur Zeit sammelt, der mit dem Eingangsknoten verbunden ist.

10. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 6, die einen Abfeuerungseingang **(56)** umfaßt, der mit einem Schalter zwischen dem Eingangsknoten und der Energiesteuerungsschaltung wirksam verbunden ist, so daß die Energiesteuerungsschaltung vom Eingangsknoten so lange getrennt ist, bis der Schalter durch die führende Flanke eines Abfeuerungspulses am Abfeuerungseingang geschlossen wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



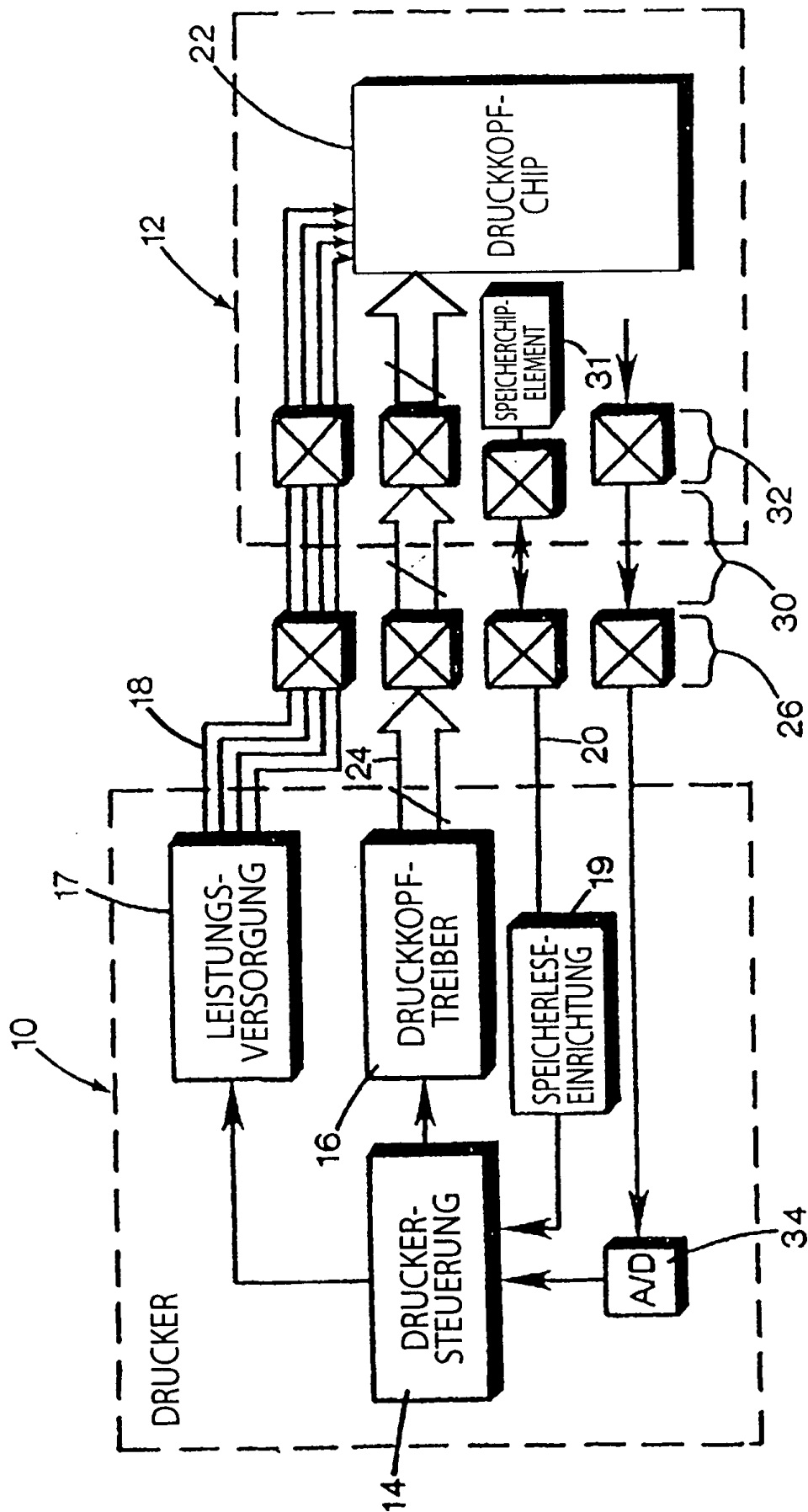


FIG. 1

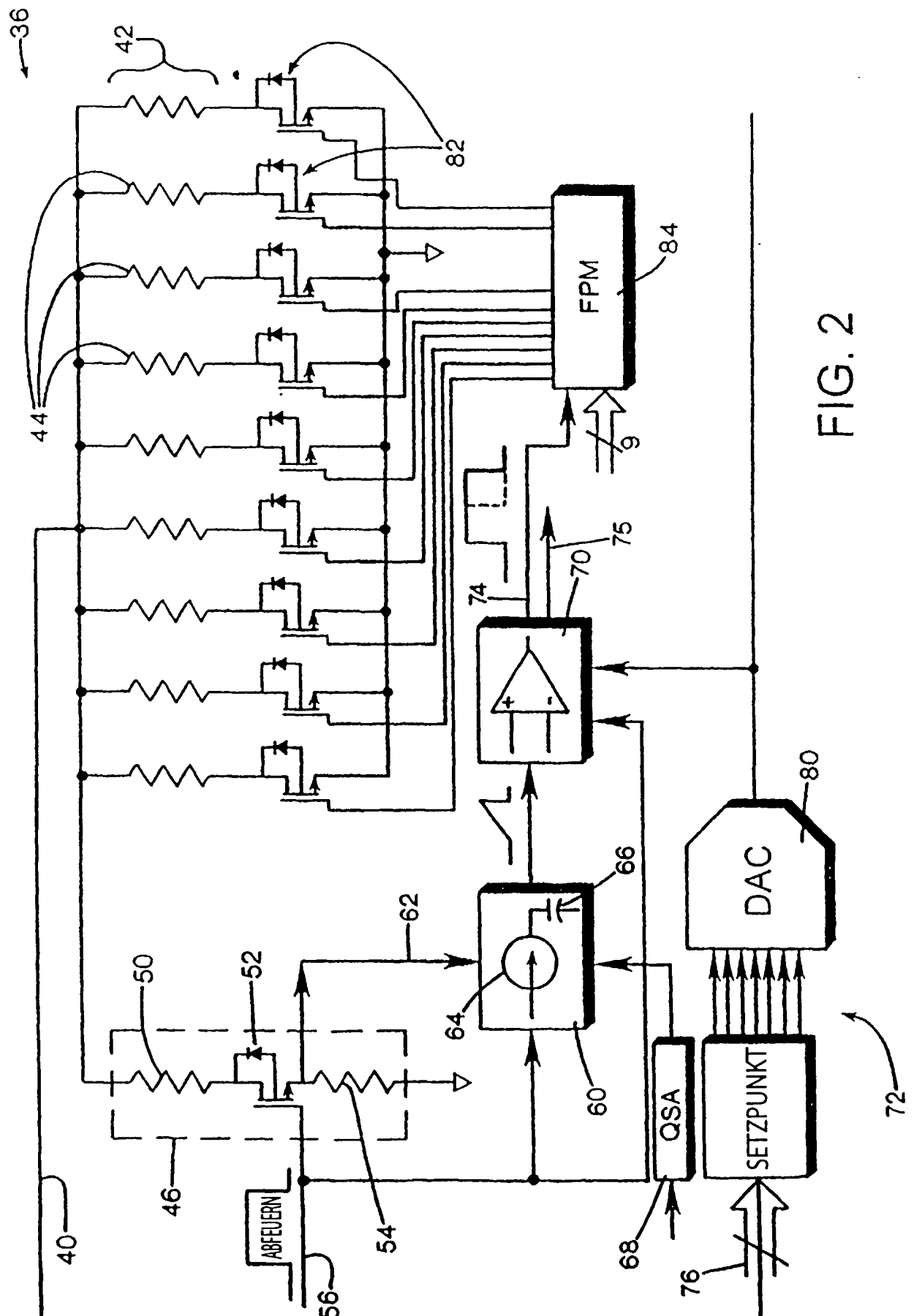


FIG. 2

FIG. 3

