【書類名】明細書

【発明の名称】液体吐出装置、駆動回路およびヘッドユニット

【技術分野】

　【０００１】

　本発明は、液体吐出装置、駆動回路およびヘッドユニットに関する。

【背景技術】

　【０００２】

　インクを吐出して画像や文書を印刷するインクジェットプリンターには、圧電素子（例

えばピエゾ素子）を用いたものが知られている。圧電素子は、ヘッドユニットにおいて複

数のノズルのそれぞれに対応して設けられ、それぞれが駆動信号にしたがって駆動される

ことにより、ノズルから所定のタイミングで所定量のインク（液体）を吐出させて、ドッ

トを形成させる。圧電素子は、電気的にみればコンデンサーのような容量性負荷であるの

で、各ノズルの圧電素子を動作させるためには十分な電流を供給する必要がある。

　【０００３】

　このため、駆動信号の元となる元駆動信号を増幅回路で増幅し、駆動信号としてヘッド

ユニットに供給して、圧電素子を駆動する構成となっている。増幅回路としては、元駆動

信号をＡＢ級などで電流増幅する方式（リニア増幅、特許文献１参照）が挙げられる。た

だし、リニア増幅では消費電力が大きく、エネルギー効率が悪いので、近年では、Ｄ級増

幅についても提案されている（特許文献２参照）。Ｄ級増幅は、端的にいえば、元駆動信

号をパルス幅変調やパルス密度変調するとともに、当該変調信号にしたがって電源電圧間

において直列に挿入されたハイサイドトランジスターおよびローサイドトランジスターを

スイッチングし、このスイッチングによる出力信号をローパスフィルターで濾波すること

で、元駆動信号を増幅する、というものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

　【０００４】

　　【特許文献１】特開２００９－１９０２８７号公報

　　【特許文献２】特開２０１０－１１４７１１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

　【０００５】

　しかしながら、Ｄ級増幅方式では、リニア増幅方式と比較してエネルギー効率が高いも

のの、ローパスフィルターで消費される電力が無視できないので、消費電力を改善する点

において改良の余地がある。

　そこで、本発明のいくつかの態様の目的の一つは、消費電力を改善した液体吐出装置、

駆動回路およびヘッドユニットを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

　【０００６】

　上記目的の一つを達成するために、本発明の一態様に係る液体吐出装置は、駆動信号の

印加により変位する圧電素子を含み、当該圧電素子の変位により液体を吐出する吐出部と

、前記駆動信号の元となる元駆動信号と前記駆動信号に基づく信号とに基づいて制御信号

を出力する差動増幅器と、前記制御信号に基づいて制御されるハイサイドトランジスター

およびローサイドトランジスターを含み、前記駆動信号を出力端から出力するトランジス

ター対と、前記ハイサイドトランジスターまたは前記ローサイドトランジスターのいずれ

かを選択し、当該選択したトランジスターに前記制御信号を供給する選択部と、一端が前

記出力端に電気的に接続され、他端に第１電圧が印加される第１抵抗素子と、一端が前記

出力端に電気的に接続され、他端に前記第１電圧よりも低位の第２電圧が印加される第２

抵抗素子と、を備えることを特徴とする。

　上記一態様に係る液体吐出装置によれば、Ｄ級増幅方式と比較して、ローパスフィルタ

ーが不要であるので、当該ローパスフィルターにおいて消費される電力を無視することが

でき、その分、低消費電力化が図られる。なお、差動増幅器としては、オペアンプやコン

パレーター等を用いることができる。

　【０００７】

　上記一態様に係る液体吐出装置において、前記選択部は、所定の選択信号に基づいて、

前記制御信号を供給するトランジスターを選択し、前記選択信号は、前記元駆動信号の電

圧に基づいて、前記選択部における選択を指定する構成としても良い。

　また、上記一態様に係る液体吐出装置において、前記選択部は、前記駆動信号の電圧が

上昇する期間では、前記ハイサイドトランジスターを選択し、前記駆動信号の電圧が低下

する期間では、前記ローサイドトランジスターを選択する構成としても良い。

　この構成において、前記駆動信号の電圧が上昇する期間では、前記ハイサイドトランジ

スターがスイッチング動作する期間を含み、前記駆動信号の電圧が低下する期間では、前

記ローサイドトランジスターがスイッチング動作する期間を含んでも良い。

　【０００８】

　上記一態様に係る液体吐出装置において、前記選択部は、前記駆動信号が所定の閾値以

上の電圧で一定となる期間では、前記ハイサイドトランジスターを選択し、前記駆動信号

が前記閾値よりも低い電圧で一定となる期間では、前記ローサイドトランジスターを選択

する構成としても良い。

　この構成において、前記閾値は、前記駆動信号の電圧の最高値よりも低く、前記駆動信

号の電圧の最低値よりも高くしても良い。

　前記駆動信号が前記閾値以上の電圧で一定となる期間では、前記ハイサイドトランジス

ターがリニア動作する期間を含み、前記駆動信号が前記閾値よりも低い電圧で一定となる

期間では、前記ローサイドトランジスターがリニア動作する期間を含む構成としても良い

。また、前記出力端に一端が電気的に接続されたコンデンサーをさらに備える構成として

も良い。

　【０００９】

　なお、液体吐出装置とは、液体を吐出するものであれば良く、これには後述する印刷装

置のほかに、立体造形装置（いわゆる３Ｄプリンター）、捺染装置なども含まれる。

　また、本発明は、液体吐出装置に限られず、種々の態様で実現することが可能であり、

例えば当該圧電素子のような容量性負荷を駆動する駆動回路や、液体吐出装置におけるヘ

ッドユニットなどとしても概念することが可能である。

【図面の簡単な説明】

　【００１０】

　　【図１】印刷装置（その１）の概略構成を示す図である。

　　【図２Ａ】ヘッドユニットにおけるノズルの配列等を示す図である。

　　【図２Ｂ】ヘッドユニットにおけるノズルの配列等を示す図である。

　　【図３】ヘッドユニットにおける要部構成を示す断面図である。

　　【図４】印刷装置（その１）の電気的な構成を示すブロック図である。

　　【図５】駆動信号の波形等を説明するための図である。

　　【図６】選択制御部の構成を示す図である。

　　【図７】デコーダーのデコード内容を示す図である。

　　【図８】選択部の構成を示す図である。

　　【図９】選択部から圧電素子に供給される駆動信号を示す図である。

　　【図１０】印刷装置（その１）に適用される駆動回路（その１）の構成を示す図であ

る。

　　【図１１】駆動回路（その１）の動作を説明するための図である。

　　【図１２Ａ】駆動回路（その２）を示す図である。

　　【図１２Ｂ】駆動回路（その３）を示す図である。

　　【図１３】印刷装置（その２）の電気的な構成を示すブロック図である。

　　【図１４Ａ】印刷装置（その２）に適用される駆動回路（その４）を示す図である。

　　【図１４Ｂ】印刷装置（その２）に適用される駆動回路（その５）を示す図である。

　　【図１５】駆動回路（その４）の電圧範囲を示す図である。

　　【図１６】駆動回路（その４）の動作を説明するための図である。

　　【図１７】印刷装置（その３）の電気的な構成を示すブロック図である。

　　【図１８】印刷装置（その３）に適用される駆動回路（その６）を示す図である。

　　【図１９】印刷装置（その３）に適用される駆動回路（その７）を示す図である。

　　【図２０】駆動回路（その７）における単位回路を示す図である。

　　【図２１】印刷装置（その４）の電気的な構成を示すブロック図である。

　　【図２２】印刷装置（その４）に適用される駆動回路（その８）を示す図である。

　　【図２３】印刷装置（その４）に適用される駆動回路（その９）を示す図である。

　　【図２４】駆動回路（その９）における単位回路を示す図である。

　　【図２５】印刷装置（その３）に適用される駆動回路（その１０）を示す図である。

　　【図２６】駆動回路（その１０）における微積回路のゲイン特性を示す図である。

　　【図２７】駆動回路（その１０）における微積回路の位相特性を示す図である。

　　【図２８】駆動回路（その１０）における微積回路を示す図である。

　　【図２９】印刷装置（その３）に適用される駆動回路（その１１）を示す図である。

　　【図３０】印刷装置（その５）の電気的な構成を示すブロック図である。

　　【図３１】印刷装置（その５）に適用される駆動回路（その１２）を示す図である。

　　【図３２】駆動回路（その１３）を示す図である。

【発明を実施するための形態】

　【００１１】

　以下、図面を参照して本発明を実施するための形態について、印刷装置を例にとって説

明する。

　【００１２】

　図１は、印刷装置（その１）の概略構成を示す斜視図である。

　この図に示される印刷装置（その１）は、液体の一例であるインクを吐出することによ

って、紙などの媒体Ｐにインクドット群を形成し、これにより、画像（文字、図形等を含

む）を印刷する液体吐出装置の一種である。

　なお、印刷装置については、便宜的に符号を１で統一するが、後述するように、いくつ

かの態様が存在するので、区別するために印刷装置（その１）、印刷装置（その２）とい

うように符号の代わりに括弧書を付与する場合がある。

　【００１３】

　図１に示されるように、印刷装置１は、キャリッジ２０を、主走査方向（Ｘ方向）に移

動（往復動）させる移動機構６を備える。

　移動機構６は、キャリッジ２０を移動させるキャリッジモーター６１と、両端が固定さ

れたキャリッジガイド軸６２と、キャリッジガイド軸６２とほぼ平行に延在し、キャリッ

ジモーター６１により駆動されるタイミングベルト６３と、を有している。

　キャリッジ２０は、キャリッジガイド軸６２に往復動自在に支持されるとともに、タイ

ミングベルト６３の一部に固定されている。そのため、キャリッジモーター６１によりタ

イミングベルト６３を正逆走行させると、キャリッジ２０がキャリッジガイド軸６２に案

内されて往復動する。

　【００１４】

　キャリッジ２０には、印刷ヘッド２２が搭載されている。この印刷ヘッド２２は、媒体

Ｐと対向する部分に、インクを個別にＺ方向に吐出する複数のノズルを有する。なお、印

刷ヘッド２２は、カラー印刷のために、概略的に４個のブロックに分かれている。個々の

ブロックは、ブラック（Ｂｋ）、シアン（Ｃ）、マゼンタ（Ｍ）、イエロー（Ｙ）のイン

クをそれぞれ吐出する。

　なお、キャリッジ２０には、フレキシブルフラットケーブル１９０を介してメイン基板

（この図では省略）から駆動信号を含む各種の制御信号等が供給される構成となっている

。

　【００１５】

　印刷装置１は、媒体Ｐを、プラテン８０上で搬送させる搬送機構８を備える。搬送機構

８は、駆動源である搬送モーター８１と、搬送モーター８１により回転し、媒体Ｐを副走

査方向（Ｙ方向）に搬送する搬送ローラー８２と、を備える。

　【００１６】

　このような構成において、キャリッジ２０の主走査に合わせて印刷ヘッド２２のノズル

から印刷データに応じてインクを吐出させるとともに、媒体Ｐを搬送機構８によって搬送

する動作を繰り返すことで、媒体Ｐの表面に画像が形成される。

　なお、本実施形態において主走査は、キャリッジ２０を移動させることで実行されるが

、媒体Ｐを移動させることで実行しても良く、キャリッジ２０と媒体Ｐとの双方を移動さ

せても良い。要は、媒体Ｐとキャリッジ２０（印刷ヘッド２２）とが相対的に移動する構

成であれば良い。

　【００１７】

　図２Ａは、印刷ヘッド２２におけるインクの吐出面を媒体Ｐからみた場合の構成を示す

図である。この図に示されるように、印刷ヘッド２２は、４個のヘッドユニット３を有す

る。４個のヘッドユニット３の各々は、それぞれブラック（Ｂｋ）、シアン（Ｃ）、マゼ

ンタ（Ｍ）、イエロー（Ｙ）に対応し、主走査方向であるＸ方向に沿って配列する。

　【００１８】

　図２Ｂは、１個のヘッドユニット３におけるノズルの配列を示す図である。

　この図に示されるように、１個のヘッドユニット３では、複数のノズルＮが２列で配列

する。ここで、説明の便宜上、この２列をそれぞれノズル列Ｎａ、Ｎｂとする。

　【００１９】

　ノズル列Ｎａ、Ｎｂでは、それぞれ複数のノズルＮが、副走査方向であるＹ方向に沿っ

てピッチＰ１で配列する。また、ノズル列Ｎａ、Ｎｂ同士は、Ｘ方向にピッチＰ２だけ離

間する。ノズル列Ｎａに属するノズルＮとノズル列Ｎｂに属するノズルＮとは、Ｙ方向に

、ピッチＰ１の半分だけシフトした関係となっている。

　このようにノズルＮを、ノズル列Ｎａ、Ｎｂの２列で、Ｙ方向にピッチＰ１の半分だけ

シフトして配置させることにより、Ｙ方向の解像度を、１列の場合と比較して実質的に倍

に高めることができる。

　なお、１個のヘッドユニット３におけるノズルＮの個数を便宜的にｍ（ｍは２以上の整

数）とする。

　【００２０】

　ヘッドユニット３は、特に図示しないが、アクチュエーター基板に可撓性の回路基板が

接続されるとともに、当該可撓性の回路基板に駆動ＩＣが実装された構成である。そこで

次に、アクチュエーター基板の構造について説明する。

　【００２１】

　図３は、アクチュエーター基板の構造を示す断面図である。詳細には図２Ｂにおけるｇ

－ｇ線で破断した場合の断面を示す図である。

　図３に示されるように、アクチュエーター基板４０は、流路基板４２のうち、Ｚ方向の

負側の面上に圧力室基板４４と振動板４６とが設けられる一方、Ｚ方向の正側の面上にノ

ズル板４１が設置された構造体である。

　アクチュエーター基板４０の各要素は、概略的にはＹ方向に長尺な略平板状の部材であ

り、例えば接着剤等により互いに固定される。また、流路基板４２および圧力室基板４４

は、例えばシリコンの単結晶基板で形成される。

　【００２２】

　ノズルＮは、ノズル板４１に形成される。ノズル列Ｎａに属するノズルに対応する構造

と、ノズル列Ｎｂに属するノズルに対応する構造とは、Ｙ方向にピッチＰ１の半分だけシ

フトした関係にあるが、それ以外では、略対称に形成されるので、以下においてはノズル

列Ｎａに着目してアクチュエーター基板４０の構造を説明することにする。

　【００２３】

　流路基板４２は、インクの流路を形成する平板材であり、開口部４２２と供給流路４２

４と連通流路４２６とが形成される。供給流路４２４および連通流路４２６は、ノズル毎

に形成され、開口部４２２は、複数のノズルにわたって連続するように形成されるととも

に、対応する色のインクが供給される構造となっている。この開口部４２２は、液体貯留

室Ｓｒとして機能し、当該液体貯留室Ｓｒの底面は、例えばノズル板４１によって構成さ

れる。具体的には、流路基板４２における開口部４２２と各供給流路４２４と連通流路４

２６とを閉塞するように流路基板４２の底面に固定される。

　【００２４】

　圧力室基板４４のうち流路基板４２とは反対側の表面に振動板４６が設置される。振動

板４６は、弾性的に振動可能な平板状の部材であり、例えば酸化シリコン等の弾性材料で

形成された弾性膜と、酸化ジルコニウム等の絶縁材料で形成された絶縁膜との積層で構成

される。振動板４６と流路基板４２とは、圧力室基板４４の各開口部４２２の内側で互い

間隔をあけて対向する。各開口部４２２の内側で流路基板４２と振動板４６とに挟まれた

空間は、インクに圧力を付与するキャビティ４４２として機能する。各キャビティ４４２

は、流路基板４２の連通流路４２６を介してノズルＮに連通する。

　振動板４６のうち圧力室基板４４とは反対側の表面には、ノズルＮ（キャビティ４４２

）毎に圧電素子Ｐztが形成される。

　【００２５】

　圧電素子Ｐztは、振動板４６の面上に形成された複数の圧電素子Ｐztにわたって共通の

駆動電極７２と、当該駆動電極７２の面上に形成された圧電体７４と、当該圧電体７４の

面上に圧電素子Ｐzt毎に形成された個別の駆動電極７６とを包含する。このような構成に

おいて、駆動電極７２、７６によって圧電体７４を挟んで対向する領域が圧電素子Ｐztと

して機能する。

　【００２６】

　圧電体７４は、例えば加熱処理（焼成）を含む工程で形成される。具体的には、複数の

駆動電極７２が形成された振動板４６の表面に塗布された圧電材料を、焼成炉内での加熱

処理により焼成してから圧電素子Ｐzt毎に成形（例えばプラズマを利用したミーリング）

することで圧電体７４が形成される。

　【００２７】

　なお、ノズル列Ｎｂに対応する圧電素子Ｐztも同様に、駆動電極７２と、圧電体７４と

、駆動電極７６とを包含した構成である。

　また、この例では、圧電体７４に対し、共通の駆動電極７２を下層とし、個別の駆動電

極７６を上層としたが、逆に駆動電極７２を上層とし、駆動電極７６を下層とする構成と

しても良い。

　なお、アクチュエーター基板４０については、駆動ＩＣを直接実装した構成でも良い。

　【００２８】

　後述するように、圧電素子Ｐztの一端である駆動電極７６には、吐出すべきインク量に

応じた駆動信号の電圧Ｖoutが個別に印加される一方、圧電素子Ｐztの他端である駆動電

極７２には、電圧ＶＢＳの保持信号が共通に印加される。

　このため、圧電素子Ｐztは、駆動電極７２、７６に印加された電圧に応じて、上または

下方向に変位する。詳細には、駆動電極７６を介して印加される駆動信号の電圧Ｖoutが

低くなると、圧電素子Ｐztにおける中央部分が両端部分に対して上方向に撓む一方、当該

電圧Ｖoutが高くなると、下方向に撓む構成となっている。

　ここで、上方向に撓めば、キャビティ４４２の内部容積が拡大（圧力が減少）するので

、インクが液体貯留室Ｓｒから引き込まれる一方、下方向に撓めば、キャビティ４４２の

内部容積が縮小（圧力が増加）するので、縮小の程度によっては、インク滴がノズルＮか

ら吐出される。このように、圧電素子Ｐztに適切な駆動信号が印加されると、当該圧電素

子Ｐztの変位によって、インクがノズルＮから吐出される。このため、少なくとも圧電素

子Ｐzt、キャビティ４４２、ノズルＮによってインクを吐出する吐出部が構成されること

になる。

　【００２９】

　次に、印刷装置１の電気的な構成について説明する。

　【００３０】

　図４は、印刷装置１の電気的な構成を示すブロック図である。

　この図に示されるように、印刷装置１は、メイン基板１００にヘッドユニット３が接続

された構成となっている。ヘッドユニット３は、アクチュエーター基板４０と、駆動ＩＣ

５０とに大別される。

　メイン基板１００は、駆動ＩＣ５０に、制御信号Ｃtrや、駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ

－Ｂを供給し、アクチュエーター基板４０に、電圧ＶＢＳ（オフセット電圧）の保持信号

を、配線５５０を介して供給する。

　なお、印刷装置１では、４個のヘッドユニット３が設けられ、メイン基板１００が、４

個のヘッドユニット３をそれぞれ独立に制御する。４個のヘッドユニット３では、吐出す

るインクの色以外において異なることがないので、以下においては便宜的に１個のヘッド

ユニット３について代表して説明することにする。

　【００３１】

　図４に示されるように、メイン基板１００は、制御部１１０、Ｄ／Ａ変換器（ＤＡＣ、

Digital Analog Converter）１１３ａ、１１３ｂ、電圧増幅器１１５ａ、１１５ｂ、駆動

回路１２０ａ、１２０ｂ、および、オフセット電圧生成回路１３０を含む。

　このうち、制御部１１０は、ＣＰＵや、ＲＡＭ、ＲＯＭなどを有する一種のマイクロコ

ンピューターであり、印刷対象となる画像データがホストコンピューター等から供給され

たときに、所定のプログラムを実行して各部を制御するための各種の制御信号等を出力す

る。

　【００３２】

　具体的には、制御部１１０は、第１に、ＤＡＣ１１３ａおよび駆動回路１２０ａにデジ

タルのデータｄＡを繰り返して供給し、ＤＡＣ１１３ｂおよび駆動回路１２０ｂにデジタ

ルのデータｄＢを同じく繰り返して供給する。ここで、データｄＡは、ヘッドユニット３

に供給する駆動信号ＣＯＭ－Ａの波形を規定し、データｄＢは、駆動信号ＣＯＭ－Ｂの波

形を規定する。

　【００３３】

　ＤＡＣ１１３ａは、デジタルのデータｄＡをアナログの信号ａinに変換する。電圧増幅

器１１５ａは、信号ａinの電圧を例えば１０倍に増幅し、信号Ａinとして駆動回路１２０

ａに供給する。同様に、ＤＡＣ１１３ｂは、デジタルのデータｄＢをアナログの信号ｂin

に変換し、電圧増幅器１１５ｂは、信号ｂinの電圧を例えば１０倍に増幅し、信号Ｂinと

して駆動回路１２０ｂに供給する。

　【００３４】

　駆動回路１２０ａは、詳細については後述するが、信号Ａinを、容量性負荷である圧電

素子Ｐztに対し、駆動能力を高めて（低インピーダンスに変換して）駆動信号ＣＯＭ－Ａ

として出力する。同様に、駆動回路１２０ｂは、信号Ｂinを、駆動能力を高めて駆動信号

ＣＯＭ－Ｂとして出力する。

　なお、駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂ（アナログ変換後の信号ａin、ｂin、インピー

ダンス変換前の信号Ａin、Ｂin）については、それぞれ後述するように台形波形である。

　【００３５】

　ＤＡＣ１１３ａ（１１３ｂ）により変換された信号ａin（ｂin）は例えば電圧０～４Ｖ

程度で比較的小さく振幅するのに対し、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の電圧は０～

４０Ｖ程度で比較的大きく振幅する。このため、ＤＡＣ１１３ａ（１１３ｂ）により変換

された信号ａin（ｂin）の電圧を電圧増幅器１１５ａ（１１５ｂ）が増幅し、当該電圧増

幅した信号Ａin（Ｂin）を、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）がインピーダンス変換する構

成となっている。

　【００３６】

　第２に、制御部１１０は、移動機構６および搬送機構８に対する制御に同期して、ヘッ

ドユニット３に各種の制御信号Ｃtrを供給する。なお、ヘッドユニット３に供給される制

御信号Ｃtrには、ノズルＮから吐出させるインクの量を規定する印刷データ（吐出制御信

号）、当該印刷データの転送に用いるクロック信号、印刷周期等を規定するタイミング信

号等が含まれる。

　なお、制御部１１０は、移動機構６および搬送機構８を制御するが、このような構成に

ついては既知であるので省略する。

　【００３７】

　メイン基板１００におけるオフセット電圧生成回路１３０は、電圧ＶＢＳの保持信号を

生成して、配線５５０を介してアクチュエーター基板４０における複数の圧電素子Ｐztの

他端にわたって共通に印加する。電圧ＶＢＳの保持信号は、複数の圧電素子Ｐztの他端を

、それぞれ一定の状態に保つためのものである。

　【００３８】

　一方、ヘッドユニット３において、駆動ＩＣ５０は、選択制御部５１０と、圧電素子Ｐ

ztに一対一に対応した選択部５２０と、を有する。このうち、選択制御部５１０は、選択

部５２０の各々における選択をそれぞれ制御する。詳細には、選択制御部５１０は、制御

部１１０からクロック信号に同期して供給される印刷データを、ヘッドユニット３のノズ

ル（圧電素子Ｐzt）の数個分、一旦蓄積するとともに、各選択部５２０に対し、印刷デー

タにしたがって駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂの選択を、タイミング信号で規定される

印刷周期の開始タイミングで指示する。

　各選択部５２０は、選択制御部５１０による指示にしたがって、駆動信号ＣＯＭ－Ａ、

ＣＯＭ－Ｂのいずれかを選択し（または、いずれも選択せずに）、電圧Ｖoutの駆動信号

として、対応する圧電素子Ｐztの一端に印加する。

　アクチュエーター基板４０には、上述したようにノズルＮ毎に圧電素子Ｐztが１個ずつ

設けられる。圧電素子Ｐztの各々における他端は共通接続されて、当該他端には配線５５

０を介してオフセット電圧生成回路１３０による電圧ＶＢＳが印加される。

　【００３９】

　本実施形態において、１つのドットについては、１つのノズルＮからインクを最多で２

回吐出させることで、大ドット、中ドット、小ドットおよび非記録の４階調を表現させる

。この４階調を表現するために、本実施形態では、２種類の駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ

－Ｂを用意するとともに、各々の１周期にそれぞれ前半パターンと後半パターンとを持た

せている。そして、１周期のうち、前半・後半において駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂ

を、表現すべき階調に応じた選択して（または選択しないで）、圧電素子Ｐztに供給する

構成となっている。

　そこで先に、駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂについて説明し、この後、駆動信号ＣＯ

Ｍ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂを選択するための選択制御部５１０および選択部５２０の詳細な構成

について説明する。

　【００４０】

　図５は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂの波形等を示す図である。

　図に示されるように、駆動信号ＣＯＭ－Ａは、印刷周期Ｔａのうち、制御信号ＬＡＴが

出力されて（立ち上がって）から制御信号ＣＨが出力されるまでの期間Ｔ１に配置された

台形波形Ａｄｐ１と、印刷周期Ｔａのうち、制御信号ＣＨが出力されてから次の制御信号

ＬＡＴが出力されるまでの期間Ｔ２に配置された台形波形Ａｄｐ２とを繰り返す波形とな

っている。

　【００４１】

　本実施形態において台形波形Ａｄｐ１、Ａｄｐ２とは、互いにほぼ同一の波形であり、

仮にそれぞれが圧電素子Ｐztの一端である駆動電極７６に供給されたとしたならば、当該

圧電素子Ｐztに対応するノズルＮから所定量、具体的には中程度の量のインクをそれぞれ

吐出させる波形である。

　【００４２】

　駆動信号ＣＯＭ－Ｂは、期間Ｔ１に配置された台形波形Ｂｄｐ１と、期間Ｔ２に配置さ

れた台形波形Ｂｄｐ２とを繰り返す波形となっている。本実施形態において台形波形Ｂｄ

ｐ１、Ｂｄｐ２とは、互いに異なる波形である。このうち、台形波形Ｂｄｐ１は、ノズル

Ｎ付近のインクを微振動させてインクの粘度の増大を防止するための波形である。このた

め、仮に台形波形Ｂｄｐ１が圧電素子Ｐztの一端に供給されたとしても、当該圧電素子Ｐ

ztに対応するノズルＮからインク滴が吐出されない。また、台形波形Ｂｄｐ２は、台形波

形Ａｄｐ１（Ａｄｐ２）とは異なる波形となっている。仮に台形波形Ｂｄｐ２が圧電素子

Ｐztの一端に供給されたとしたならば、当該圧電素子Ｐztに対応するノズルＮから上記所

定量よりも少ない量のインクを吐出させる波形である。

　【００４３】

　台形波形Ａｄｐ１、Ａｄｐ２、Ｂｄｐ１、Ｂｄｐ２の開始タイミングでの電圧と、終了

タイミングでの電圧とは、いずれも電圧Ｖcenで共通である。すなわち、台形波形Ａｄｐ

１、Ａｄｐ２、Ｂｄｐ１、Ｂｄｐ２は、それぞれ電圧Ｖcenで開始し、電圧Ｖcenで終了す

る波形となっている。

　【００４４】

　なお、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）は、本例では信号Ａin（Ｂin）をインピーダンス

変換するものであるから、入力である信号Ａin（Ｂin）の波形は、多少の誤差を伴うもの

の、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の波形そのままである。一方で、信号Ａin（Ｂin

）は、信号ａin（ｂin）の電圧を１０倍に増幅したものであるから、信号ａin（ｂin）の

波形は、信号Ａin（Ｂin）の電圧を１／１０倍とした関係にある。信号ａin（ｂin）は、

データｄＡ（ｄＢ）をアナログ変換したものであるので、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－

Ｂ）の電圧波形は、制御部１１０によって規定されることになる。

　【００４５】

　制御部１１０は、駆動信号ＣＯＭ－Ａの台形波形に対して、次のような論理レベルとな

る信号ＯＣａ（選択信号）を駆動回路１２０ａに出力する。詳細には、制御部１１０は、

信号ＯＣａを、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（信号ａin）の電圧を低下させる期間と駆動信号ＣＯ

Ｍ－Ａを閾値Ｖthよりも低い電圧で一定にさせる期間とにわたってＨレベルとし、それ以

外の駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧を上昇させる期間と駆動信号ＣＯＭ－Ａを閾値Ｖth以上の

電圧で一定にさせる期間とにわたってＬレベルとする。

　本例では、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（信号Ａin）の電圧の最高値をｍaxとし、最低値をｍin

としたときに、便宜的にｍax＞Ｖth＞Ｖcen＞ｍinとして説明する。なお、ｍax＞Ｖcen＞

Ｖth＞ｍinとしても良い。

　【００４６】

　同様に、制御部１１０は、駆動信号ＣＯＭ－Ｂの台形波形に対して、次のような論理レ

ベルとなる信号ＯＣｂを駆動回路１２０ｂに出力する。詳細には、制御部１１０は、信号

ＯＣｂを、駆動信号ＣＯＭ－Ｂ（信号Ｂin）の電圧を低下させる期間と、駆動信号ＣＯＭ

－Ｂを閾値電圧Ｖthよりも低い電圧で一定にさせる期間とにわたってＨレベルとし、それ

以外の駆動信号ＣＯＭ－Ｂの電圧を上昇させる期間と駆動信号ＣＯＭ－Ｂを閾値電圧Ｖth

以上の電圧で一定にさせる期間とにわたってＬレベルとする。

　【００４７】

　図６は、図４における選択制御部５１０の構成を示す図である。

　この図に示されるように、選択制御部５１０には、クロック信号Ｓck、印刷データＳＩ

、制御信号ＬＡＴ、ＣＨが供給される。選択制御部５１０では、シフトレジスタ（Ｓ／Ｒ

）５１２とラッチ回路５１４とデコーダー５１６との組が、圧電素子Ｐzt（ノズルＮ）の

それぞれに対応して設けられている。

　【００４８】

　印刷データＳＩは、印刷周期Ｔａにわたって、着目しているヘッドユニット３において

、すべてのノズルＮによって形成すべきドットを規定するデータである。本実施形態では

、非記録、小ドット、中ドットおよび大ドットの４階調を表現するために、ノズル１個分

の印刷データは、上位ビット（ＭＳＢ）および下位ビット（ＬＳＢ）の２ビットで構成さ

れる。

　印刷データＳＩは、クロック信号Ｓckに同期してノズルＮ（圧電素子Ｐzt）毎に、媒体

Ｐの搬送に合わせて供給される。当該印刷データＳＩを、ノズルＮに対応して２ビット分

、一旦保持するための構成がシフトレジスタ５１２である。

　詳細には、ｍ個の圧電素子Ｐzt（ノズル）の各々に対応した計ｍ段のシフトレジスタ５

１２が縦続接続されるとともに、図において左端に位置する１段のシフトレジスタ５１２

に供給された印刷データＳＩが、クロック信号Ｓckにしたがって順次後段（下流側）に転

送される構成となっている。

　なお、図では、シフトレジスタ５１２を区別するために、印刷データＳＩが供給される

上流側から順番に１段、２段、…、ｍ段と表記している。

　【００４９】

　ラッチ回路５１４は、シフトレジスタ５１２で保持された印刷データＳＩを制御信号Ｌ

ＡＴの立ち上がりでラッチする。

　デコーダー５１６は、ラッチ回路５１４によってラッチされた２ビットの印刷データＳ

Ｉをデコードして、制御信号ＬＡＴと制御信号ＣＨとで規定される期間Ｔ１、Ｔ２ごとに

、選択信号Ｓａ、Ｓｂを出力して、選択部５２０での選択を規定する。

　【００５０】

　図７は、デコーダー５１６におけるデコード内容を示す図である。

　この図において、ラッチされた２ビットの印刷データＳＩについては（ＭＳＢ、ＬＳＢ

）と表記している。デコーダー５１６は、例えばラッチされた印刷データＳＩが（０、１

）であれば、選択信号Ｓａ、Ｓｂの論理レベルを、期間Ｔ１ではそれぞれＨ、Ｌレベルで

、期間Ｔ２ではそれぞれＬ、Ｈレベルで、出力するということを意味している。

　なお、選択信号Ｓａ、Ｓｂの論理レベルについては、クロック信号Ｓck、印刷データＳ

Ｉ、制御信号ＬＡＴ、ＣＨの論理レベルよりも、レベルシフター（図示省略）によって、

高振幅論理にレベルシフトされる。

　【００５１】

　図８は、図４における選択部５２０の構成を示す図である。

　この図に示されるように、選択部５２０は、インバーター（ＮＯＴ回路）５２２ａ、５

２２ｂと、トランスファーゲート５２４ａ、５２４ｂとを有する。

　デコーダー５１６からの選択信号Ｓａは、トランスファーゲート５２４ａにおいて丸印

が付されていない正制御端に供給される一方で、インバーター５２２ａによって論理反転

されて、トランスファーゲート５２４ａにおいて丸印が付された負制御端に供給される。

同様に、選択信号Ｓｂは、トランスファーゲート５２４ｂの正制御端に供給される一方で

、インバーター５２２ｂによって論理反転されて、トランスファーゲート５２４ｂの負制

御端に供給される。

　トランスファーゲート５２４ａの入力端には、駆動信号ＣＯＭ－Ａが供給され、トラン

スファーゲート５２４ｂの入力端には、駆動信号ＣＯＭ－Ｂが供給される。トランスファ

ーゲート５２４ａ、５２４ｂの出力端同士は、共通接続されるとともに、対応する圧電素

子Ｐztの一端に接続される。

　トランスファーゲート５２４ａは、選択信号ＳａがＨレベルであれば、入力端および出

力端の間を導通（オン）させ、選択信号ＳａがＬレベルであれば、入力端と出力端との間

を非導通（オフ）させる。トランスファーゲート５２４ｂについても同様に選択信号Ｓｂ

に応じて、入力端および出力端の間をオンオフさせる。

　【００５２】

　図５に示されるように、印刷データＳＩは、ノズル毎に、クロック信号Ｓckに同期して

供給されて、ノズルに対応するシフトレジスタ５１２において順次転送される。そして、

クロック信号Ｓckの供給が停止すると、シフトレジスタ５１２のそれぞれには、各ノズル

に対応した印刷データＳＩが保持された状態になる。

　ここで、制御信号ＬＡＴが立ち上がると、ラッチ回路５１４のそれぞれは、シフトレジ

スタ５１２に保持された印刷データＳＩを一斉にラッチする。図５において、Ｌ１、Ｌ２

、…、Ｌｍ内の数字は、１段、２段、…、ｍ段のシフトレジスタ５１２に対応するラッチ

回路５１４によってラッチされた印刷データＳＩを示している。

　【００５３】

　デコーダー５１６は、ラッチされた印刷データＳＩで規定されるドットのサイズに応じ

て、期間Ｔ１、Ｔ２のそれぞれにおいて、選択信号Ｓａ、Ｓａの論理レベルを図７に示さ

れるような内容で出力する。

　すなわち、第１に、デコーダー５１６は、当該印刷データＳＩが（１、１）であって、

大ドットのサイズを規定する場合、選択信号Ｓａ、Ｓｂを、期間Ｔ１においてＨ、Ｌレベ

ルとし、期間Ｔ２においてもＨ、Ｌレベルとする。第２に、デコーダー５１６は、当該印

刷データＳＩが（０、１）であって、中ドットのサイズを規定する場合、選択信号Ｓａ、

Ｓｂを、期間Ｔ１においてＨ、Ｌレベルとし、期間Ｔ２においてＬ、Ｈレベルとする。第

３に、デコーダー５１６は、当該印刷データＳＩが（１、０）であって、小ドットのサイ

ズを規定する場合、選択信号Ｓａ、Ｓｂを、期間Ｔ１においてＬ、Ｌレベルとし、期間Ｔ

２においてＬ、Ｈレベルとする。第４に、デコーダー５１６は、当該印刷データＳＩが（

０、０）であって、非記録を規定する場合、選択信号Ｓａ、Ｓｂを、期間Ｔ１においてＬ

、Ｈレベルとし、期間Ｔ２においてＬ、Ｌレベルとする。

　【００５４】

　図９は、印刷データＳＩに応じて選択されて、圧電素子Ｐztの一端に供給される駆動信

号の電圧波形を示す図である。

　印刷データＳＩが（１、１）であるとき、選択信号Ｓａ、Ｓｂは、期間Ｔ１においてＨ

、Ｌレベルとなるので、トランスファーゲート５２４ａがオンし、トランスファーゲート

５２４ｂがオフする。このため、期間Ｔ１において駆動信号ＣＯＭ－Ａの台形波形Ａｄｐ

１が選択される。選択信号Ｓａ、Ｓｂは期間Ｔ２においてもＨ、Ｌレベルとなるので、選

択部５２０は、駆動信号ＣＯＭ－Ａの台形波形Ａｄｐ２を選択する。

　このように期間Ｔ１において台形波形Ａｄｐ１が選択され、期間Ｔ２において台形波形

Ａｄｐ２が選択されて、駆動信号として圧電素子Ｐztの一端に供給されると、当該圧電素

子Ｐztに対応したノズルＮから、中程度の量のインクが２回にわけて吐出される。このた

め、媒体Ｐにはそれぞれのインクが着弾し合体して、結果的に、印刷データＳＩで規定さ

れる通りの大ドットが形成されることになる。

　【００５５】

　印刷データＳＩが（０、１）であるとき、選択信号Ｓａ、Ｓｂは、期間Ｔ１においてＨ

、Ｌレベルとなるので、トランスファーゲート５２４ａがオンし、トランスファーゲート

５２４ｂはオフする。このため、期間Ｔ１において駆動信号ＣＯＭ－Ａの台形波形Ａｄｐ

１が選択される。次に、選択信号Ｓａ、Ｓｂは期間Ｔ２においてＬ、Ｈレベルとなるので

、駆動信号ＣＯＭ－Ｂの台形波形Ｂｄｐ２が選択される。

　したがって、ノズルから、中程度および小程度の量のインクが２回にわけて吐出される

。このため、媒体Ｐには、それぞれのインクが着弾して合体して、結果的に、印刷データ

ＳＩで規定された通りの中ドットが形成されることになる。

　【００５６】

　印刷データＳＩが（１、０）であるとき、選択信号Ｓａ、Ｓｂは、期間Ｔ１においてと

もにＬレベルとなるので、トランスファーゲート５２４ａ、５２４ｂがオフする。このた

め、期間Ｔ１において台形波形Ａｄｐ１、Ｂｄｐ１のいずれも選択されない。トランスフ

ァーゲート５２４ａ、５２４ｂがともにオフする場合、当該トランスファーゲート５２４

ａ、５２４ｂの出力端同士の接続点から圧電素子Ｐztの一端までの経路は、電気的にどの

部分にも接続されないハイ・インピーダンス状態になる。ただし、圧電素子Ｐztの両端で

は、自己が有する容量性によって、トランスファーゲートがオフする直前の電圧（Ｖcen

－ＶＢＳ）が保持される。

　次に、選択信号Ｓａ、Ｓｂは期間Ｔ２においてＬ、Ｈレベルとなるので、駆動信号ＣＯ

Ｍ－Ｂの台形波形Ｂｄｐ２が選択される。このため、ノズルＮから、期間Ｔ２においての

み小程度の量のインクが吐出されるので、媒体Ｐには、印刷データＳＩで規定された通り

の小ドットが形成されることになる。

　【００５７】

　印刷データＳＩが（０、０）であるとき、選択信号Ｓａ、Ｓｂは、期間Ｔ１においてＬ

、Ｈレベルとなるので、トランスファーゲート５２４ａがオフし、トランスファーゲート

５２４ｂがオンする。このため、期間Ｔ１において駆動信号ＣＯＭ－Ｂの台形波形Ｂｄｐ

１が選択される。次に、選択信号Ｓａ、Ｓｂは期間Ｔ２においてともにＬレベルとなるの

で、台形波形Ａｄｐ２、Ｂｄｐ２のいずれも選択されない。

　このため、期間Ｔ１においてノズルＮ付近のインクが微振動するのみであり、インクは

吐出されないので、結果的に、ドットが形成されない、すなわち、印刷データＳＩで規定

された通りの非記録になる。

　【００５８】

　このように、選択部５２０は、選択制御部５１０による指示にしたがって駆動信号ＣＯ

Ｍ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂを選択し（または選択しないで）、圧電素子Ｐztの一端に印加する。

このため、各圧電素子Ｐztは、印刷データＳＩで規定されるドットのサイズに応じて駆動

されることになる。

　なお、図５に示した駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂはあくまでも一例である。実際に

は、媒体Ｐの性質や搬送速度などに応じて、予め用意された様々な波形の組み合わせが用

いられる。

　また、ここでは、圧電素子Ｐztが、電圧の低下に伴って上方向に撓む例で説明したが、

駆動電極７２、７６に印加する電圧を逆転させると、圧電素子Ｐztは、電圧の低下に伴っ

て下向に撓むことになる。このため、圧電素子Ｐztが、電圧の低下に伴って下方向に撓む

構成では、図に例示した駆動信号ＣＯＭ－Ａ、ＣＯＭ－Ｂが、電圧Ｖcenを基準に反転し

た波形となる。

　【００５９】

　次に、メイン基板１００における駆動回路１２０ａ、１２０ｂについて説明する。

　なお、駆動回路の符号については、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する側を１２０ａで、駆

動信号ＣＯＭ－Ｂを出力する側を１２０ｂで、それぞれ統一するが、後述するように、い

くつかの態様が存在するので、印刷装置と同様に、区別するために、駆動回路（その１）

、駆動回路（その２）というように符号の代わりに括弧書を付与する場合がある。

　【００６０】

　そこでまず、駆動回路（その１）について、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する側の駆動回

路１２０ａを例にとって説明する。

　【００６１】

　図１０は、駆動回路（その１）を示す図である。この図に示されるように、駆動回路１

２０ａは、差動増幅器２２１と、セレクター２２３と、トランジスター対と、抵抗素子Ｒ

ｕ、Ｒｄと、コンデンサーＣ０とを含む。

　【００６２】

　差動増幅器２２１にあっては、負入力端（－）に信号Ａinが供給される一方、正入力端

（＋）には出力である駆動信号ＣＯＭ－Ａが帰還されている。このため、差動増幅器２２

１は、正入力端（＋）の電圧から負入力端（－）の電圧を減算した差電圧、つまり、出力

である駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧Ｏutから、入力である大振幅の信号Ａin（元駆動信号）

の電圧Ｖinを減算した差電圧を増幅して出力することになる。

　【００６３】

　ただし、差動増幅器２２１は、特に図示しないが例えば電源の高位側を電圧ＶＤとし、

低位側をグランドＧndとしている。このため、出力電圧は、グランドＧndから電圧ＶＤま

での範囲となる。

　なお、差動増幅器２２１の出力信号は、後述するスイッチング動作のための信号として

用いられる場合もあれば、リニア動作のための信号として用いられる場合もある。スイッ

チング動作のための信号として用いられる場合、Ｈレベルは電圧ＶＤであり、Ｌレベルは

電圧ゼロのグランドＧndである。

　また、差動増幅器２２１による出力信号は、結局のところ、後述するようにトランジス

ター２３１、２３２のスイッチング動作およびリニア動作を制御するので、トランジスタ

ーの制御信号と言うことができる。また、後述するように、駆動信号を降圧して帰還する

一方、元駆動信号を電圧増幅して駆動信号として出力する場合もあるので、駆動信号に基

づく信号が差動増幅器２２１に帰還される、と言っても良い。

　【００６４】

　セレクター（選択部）２２３は、信号ＯＣａがＬレベルであれば、信号Ｇt1として差動

増幅器２２１の出力信号を選択し、トランジスター２３１のゲート端子に供給するととも

に、信号Ｇt2としてＬレベルを選択し、トランジスター２３２のゲート端子に供給する。

一方、セレクター２２３は、信号ＯＣａがＨレベルであれば、信号Ｇt1としてＨレベルを

選択し、トランジスター２３１のゲート端子に供給するとともに、信号Ｇt2として差動増

幅器２２１の出力信号を選択し、トランジスター２３２のゲート端子に供給する。

　換言すれば、セレクター２２３は、信号ＯＣａがＬレベルであれば、トランジスター２

３１を選択して、差動増幅器２２１の出力信号である差信号を当該トランジスター２３１

のゲート端子に供給し、信号ＯＣａがＨレベルであれば、トランジスター２３２を選択し

て、上記差信号を当該トランジスター２３２のゲート端子に供給する一方、選択しなかっ

たトランジスターのゲート端子には、後述するように当該トランジスターをオフにさせる

信号を供給する構成となっている。

　【００６５】

　トランジスター対は、トランジスター２３１、２３２によって構成される。このうち、

高位側のトランジスター２３１（ハイサイドトランジスター）は、例えばＰチャネル型の

電界効果トランジスターであり、ソース端子には電源の高位側電圧ＶＤが印加されている

。低位側のトランジスター２３２（ローサイドトランジスター）は、例えばＮチャネル型

の電界効果トランジスターであり、ソース端子が電源の低位側となるグランドＧndに接地

されている。

　トランジスター２３１、２３２のドレイン端子同士は、互いに接続されて、駆動回路１

２０ａの出力端であるノードＮ２となっている。すなわち、ノードＮ２から駆動信号ＣＯ

Ｍ－Ａが出力される構成となっている。

　なお、駆動回路１２０ａの出力であるノードＮ２の電圧をＯutと表記し、入力である信

号Ａinの電圧をＶinと表記する。

　【００６６】

　ノードＮ２は、差動増幅器２２１の正入力端（＋）に接続されるとともに、抵抗素子Ｒ

ｕ（第１抵抗素子）を介して電圧ＶＤにプルアップされる一方で、抵抗素子Ｒｄ（第２抵

抗素子）を介してグランドにプルダウンされている。また、コンデンサーＣ０（出力コン

デンサー）は、異常発振の防止等のために設けられ、一端がノードＮ２に接続され、他端

が一定電位の、例えばグランドＧndに接地されている。

　【００６７】

　なお、差動増幅器２２１、セレクター２２３は、トランジスター２３１、２３２の制御

信号を生成して出力することになるので、両者を制御信号生成部として概念することがで

きる。また、トランジスター２３１、２３２、抵抗素子Ｒｕ、Ｒｄを１つのブロックとし

て考えてみた場合に、上記制御信号に基づいて駆動信号がノードＮ２から出力されること

になるので、当該ブロックを増幅部として概念することができる。

　【００６８】

　ここでは、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆動回路１２０ａについて説明したが、駆動

信号ＣＯＭ－Ｂを出力する駆動回路１２０ｂの構成については、駆動回路１２０ａと同一

であって、入出力信号だけが異なる。すなわち、駆動回路１２０ｂは、図１０の括弧書き

で示されるように、差動増幅器２２１の負入力端（－）に信号Ｂinが供給され、セレクタ

ー２２３に信号ＯＣｂが供給される一方、ノードＮ２から駆動信号ＣＯＭ－Ｂが出力され

ることになる。

　【００６９】

　次に、駆動回路１２０ａ、１２０ｂの動作について、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆

動回路１２０ａを例にとって説明する。

　【００７０】

　図１１は、駆動回路１２０ａの動作を説明するための図である。

　この図において、信号Ａinは、駆動信号ＣＯＭ－Ａのインピーダンス変換前の信号であ

るので、当該駆動信号ＣＯＭ－Ａとほぼ同波形である。また、上述したように、駆動信号

ＣＯＭ－Ａは、印刷周期Ｔａにおいて２つの同じ台形波形Ａｄｐ１、Ａｄｐ２が繰り返さ

れた波形であるので、信号Ａinも同様な繰り返し波形である。

　【００７１】

　なお、図１１は、このような繰り返し波形のうち、１つの台形波形を示している。また

、この図において、期間Ｐ１は、信号Ａinの電圧Ｖinが電圧Ｖcenから最低値ｍinまで低

下する期間であり、当該期間Ｐ１に続く期間Ｐ２は、電圧Ｖinが最低値ｍinで一定となる

期間であり、当該期間Ｐ２に続く期間Ｐ３は、電圧Ｖinが最低値ｍinから最高値ｍaxまで

上昇する期間であり、当該期間Ｐ３に続く期間Ｐ４は、電圧Ｖinが最高値ｍaxで一定とな

る期間であり、当該期間Ｐ４に続く期間Ｐ５は、電圧Ｖinが最高値ｍaxから電圧Ｖcenま

で低下する期間である。

　図１１における電圧波形のそれぞれについて、説明の便宜上、電圧を示す縦スケールは

必ずしも揃っていない。

　【００７２】

　まず、期間Ｐ１は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ａin）の電圧低下期間である。このため、期

間Ｐ１では、信号ＯＣａがＨレベルであるので、セレクター２２３は、信号Ｇt1としてＨ

レベルを選択し、信号Ｇt2として差動増幅器２２１の出力信号を選択する。

　期間Ｐ１では、信号Ｇt1がＨレベルであるので、Ｐチャネル型のトランジスター２３１

はオフする。

　一方、当該期間Ｐ１では、まず信号Ａinの電圧ＶinがノードＮ２の電圧Ｏutよりも先ん

じて低下する。逆にいえば、電圧Ｏutは、電圧Ｖin以上となる。このため、信号Ｇt2とし

て選択される差動増幅器２２１の出力信号の電圧は、両者の差電圧に応じて高くなり、ほ

ぼＨレベルに振れる。信号Ｇt2がＨレベルになると、トランジスター２３２がオンするの

で、電圧Ｏutが低下する。なお、電圧Ｏutは、コンデンサーＣ０や容量性を有する圧電素

子Ｐztなどにより、実際には、一気にグランドＧndに低下することはなく、緩慢に低下す

る。

　電圧Ｏutが電圧Ｖinよりも低くなると、信号Ｇt2がＬレベルになり、トランジスター２

３２がオフするが、電圧Ｖinが低下しているので、再び電圧Ｏutが電圧Ｖin以上となる。

このため、信号Ｇt2がＨレベルとなって、トランジスター２３２が再びオンすることにな

る。

　期間Ｐ１では、信号Ｇt2がＨ、Ｌレベルで交互に切り替えられ、これにより、トランジ

スター２３２は、オンオフを繰り返す動作、すなわちスイッチング動作をすることになる

。このスイッチング動作により、電圧Ｏutを電圧Ｖinの低下に追従させる制御が実行され

ることになる。

　【００７３】

　次に、期間Ｐ２は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ａin）が閾値電圧Ｖthよりも低い電圧の最低

値ｍinで一定となる期間である。このため、期間Ｐ２では、期間Ｐ１から引き続いて信号

ＯＣａがＨレベルであるので、セレクター２２３は、信号Ｇt1としてＨレベルを選択し、

信号Ｇt2として差動増幅器２２１の出力信号を選択する。

　前の期間Ｐ１では、電圧Ｏutが電圧Ｖinに追従するように制御されるが、その制御内容

は、上述したようにトランジスター２３２のスイッチング動作である。このため、期間Ｐ

２の開始直後、すなわち電圧Ｖinが最低値ｍinで一定に転じた直後では、電圧Ｏutが、電

圧Ｖinに一致していない場合がある。

　【００７４】

　この場合において、電圧Ｏutが電圧Ｖinに対して高ければ、信号Ｇt2の電圧、すなわち

差動増幅器２２１の出力電圧も高くなるので、トランジスター２３２のソース・ドレイン

間の抵抗が小さくなり、ノードＮ２の電圧Ｏutを低下させるように働く。一方、電圧Ｏut

が電圧Ｖinに対して低ければ、信号Ｇt2の電圧も低くなるので、トランジスター２３２の

ソース・ドレイン間の抵抗が大きくなり、電圧Ｏutを上昇させる方向に働く。

　したがって、期間Ｐ２において、電圧Ｏutは、当該電圧Ｏutを低下させる方向と上昇さ

せる方向とが均衡する地点、すなわち、電圧Ｖin（最低値ｍin）に一致する地点で一定に

なる。このとき、トランジスター２３２は線形（リニア）動作となり、信号Ｇt2は、トラ

ンジスター２３２におけるソース・ドレイン間の抵抗、および、抵抗素子Ｒｕ、Ｒｄで定

まる電圧Ｏutが電圧Ｖinとなるような電圧で一定となる。

　なお、図１１では、期間Ｐ１から期間Ｐ２にかけての信号Ｇt2の電圧変化については簡

略化して、直ちに一定となった状態を示している。

　【００７５】

　期間Ｐ３は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ａin）の電圧上昇期間である。このため、期間Ｐ３

では、信号ＯＣａがＬレベルになるので、セレクター２２３は、信号Ｇt1として差動増幅

器２２１の出力信号を選択し、信号Ｇt2としてＬレベルを選択する。

　期間Ｐ３では、信号Ｇt2がＬレベルであるので、Ｎチャネル型のトランジスター２３２

はオフする。

　一方、当該期間Ｐ３では、まず電圧Ｖinが電圧Ｏutよりも先んじて上昇する。逆にいえ

ば、電圧Ｏutは、電圧Ｖinよりも低くなる。このため、信号Ｇt1として選択される差動増

幅器２２１の出力信号の電圧は、両者の差電圧に応じて低くなり、ほぼＬレベルに振れる

。信号Ｇt1がＬレベルになると、トランジスター２３１がオンするので、電圧Ｏutが上昇

する。なお、電圧Ｏutは、コンデンサーＣ０や容量性を有する圧電素子Ｐztなどにより、

実際には、一気に電圧ＶＤに上昇することはなく、緩慢に上昇する。

　電圧Ｏutが電圧Ｖin以上になると、信号Ｇt2がＨレベルになり、トランジスター２３１

がオフする。トランジスター２３１がオフすると、電圧Ｏutの上昇は停止するが、電圧Ｖ

inが上昇しているので、再び電圧Ｏutが電圧Ｖinよりも低くなる。このため、信号Ｇt1が

Ｌレベルとなって、トランジスター２３１が再びオンすることになる。

　期間Ｐ３では、信号Ｇt1がＨ、Ｌレベルで交互に切り替えられ、これにより、トランジ

スター２３１は、スイッチング動作をすることになる。このスイッチング動作により、電

圧Ｏutを電圧Ｖinの上昇に追従させる制御が実行されることになる。

　【００７６】

　期間Ｐ４は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ａin）が閾値電圧Ｖth以上の電圧で一定となる期間

である。このため、期間Ｐ２では、期間Ｐ３から引き続いて信号ＯＣａがＬレベルである

ので、セレクター２２３は、信号Ｇt1として差動増幅器２２１の出力信号を選択し、信号

Ｇt2としてＬレベルを選択する。

　前の期間Ｐ３では、電圧Ｏutが電圧Ｖinに追従するように制御されるが、その制御内容

は、上述したようにトランジスター２３１によるスイッチング動作であるので、期間Ｐ４

において電圧Ｖinが最高値ｍaxで一定に転じた直後では、電圧Ｏutが、信号Ａinの電圧Ｖ

inに一致していない場合がある。

　【００７７】

　この場合において、電圧Ｏutが電圧Ｖinに対して高ければ、信号Ｇt1の電圧、すなわち

差動増幅器２２１の出力電圧も高くなるので、トランジスター２３１のソース・ドレイン

間の抵抗が大きくなり、ノードＮ２の電圧Ｏutを低下させるように働く。一方、電圧Ｏut

が電圧Ｖinに対して低ければ、信号Ｇt1の電圧も低くなるので、トランジスター２３１の

ソース・ドレイン間の抵抗が小さくなり、電圧Ｏutを上昇させる方向に働く。

　したがって、期間Ｐ４において、電圧Ｏutは、当該電圧Ｏutを低下させる方向と上昇さ

せる方向とが均衡する地点、すなわち、電圧Ｖin（最高値ｍax）に一致する地点で一定に

なる。このとき、トランジスター２３２はリニア動作となり、信号Ｇt2は、トランジスタ

ー２３２におけるソース・ドレイン間の抵抗、および、抵抗素子Ｒｕ、Ｒｄで定まる電圧

Ｏutが電圧Ｖin（最高値ｍax）となるような電圧で一定となる。

　なお、図１１では、期間Ｐ３から期間Ｐ４にかけての信号Ｇt2の電圧変化については簡

略化して、直ちに一定となった状態を示している。

　【００７８】

　期間Ｐ５は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ａin）の電圧低下期間である。このため、期間Ｐ５

は、期間Ｐ１と同様な動作となる。すなわち、信号Ｇt2がＨ、Ｌレベルで交互に切り替え

られ、これによりトランジスター２３２がスイッチング動作となり、ノードＮ２の電圧Ｏ

utを電圧Ｖinの電圧低下に追従させる制御が実行される。なお、期間Ｐ５は、期間Ｐ４と

の関係でいえば、信号ＯＣａがＨレベルに切り替わるので、セレクター２２３は、信号Ｇ

t1としてＨレベルを選択し、信号Ｇt2として差動増幅器２２１の出力信号を選択する。

　【００７９】

　期間Ｐ５の後の期間Ｐ６は、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ａin）が閾値電圧Ｖthよりも低い電

圧Ｖcenで一定となる期間である。このため、期間Ｐ６では、期間Ｐ５から引き続いて信

号ＯＣａがＨレベルであるので、セレクター２２３は、信号Ｇt1としてＨレベルを選択し

、信号Ｇt2として差動増幅器２２１の出力信号を選択する。

　期間Ｐ５では、電圧Ｏutを信号Ａinの電圧Ｖinに追従させる制御が実行されるが、期間

Ｐ６において電圧Ｖinが電圧Ｖcenで一定に転じた直後では、電圧Ｏutが、信号Ａinの電

圧Ｖinに一致していない場合があるが、期間Ｐ２に転じた直後と同様に、電圧Ｏutは、電

圧Ｖin（Ｖcen）に一致する地点で一定になる。このとき、トランジスター２３２はリニ

ア動作となり、信号Ｇt2は、トランジスター２３２におけるソース・ドレイン間の抵抗、

および、抵抗素子Ｒｕ、Ｒｄで定まる電圧Ｏutが電圧Ｖin（Ｖcen）となるような電圧で

一定となる。

　なお、図１１では、期間Ｐ５から期間Ｐ６にかけての信号Ｇt2の電圧変化については簡

略化して、直ちにバランスした状態を示している。

　【００８０】

　図１０に示した駆動回路１２０ａによれば、期間Ｐ１～Ｐ６毎に、次のような動作によ

って駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧Ｏutを、信号Ａinの電圧Ｖinに追従させる制御が実行され

る。

　すなわち、電圧Ｖinが低下する期間Ｐ１、Ｐ５ではトランジスター２３２のスイッチン

グ動作により、電圧Ｖinが閾値Ｖthよりも低い値で一定となる期間Ｐ２、Ｐ６では、トラ

ンジスター２３２のリニア動作により、電圧Ｖinが上昇する期間Ｐ３ではトランジスター

２３１のスイッチング動作により、電圧Ｖinが閾値Ｖth以上の値で一定となる期間Ｐ４で

は、トランジスター２３１のリニア動作により、それぞれ電圧Ｏutを電圧Ｖinに追従させ

る制御が実行される。

　【００８１】

　このような駆動回路１２０ａによれば、常時スイッチングするＤ級増幅と比較して、電

圧Ｖinが一定である期間Ｐ２、Ｐ４、Ｐ６では、トランジスター２３１、２３２がスイッ

チング動作をしない。また、Ｄ級増幅では、スイッチング信号を復調するＬＰＦ（Low Pa

ss Filter）、特にコイルのようなインダクターが必要となるが、駆動回路１２０ａでは

、そのようなＬＰＦは不要である。このため、駆動回路１２０ａによれば、Ｄ級増幅と比

較して、スイッチング動作やＬＰＦで消費される電力を抑えることができるほか、回路の

簡略化、小型化を図ることができる。

　【００８２】

　なお、駆動回路（その１）において、駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧Ｖout（信号Ａinの電

圧Ｖin）が上昇する期間Ｐ３では、トランジスター２３１がスイッチング動作し、電圧Ｖ

outが低下する期間Ｐ１、Ｐ５では、トランジスター２３２がスイッチング動作すると説

明したが、接続される圧電素子Ｐztの個数が多い場合、トランジスターのオン抵抗と負荷

容量で決まる時定数の関係で、リニア動作する場合もあり得る。

　また、駆動回路（その１）において、電圧Ｖoutが閾値Ｖth以上の電圧で一定となる期

間Ｐ４では、トランジスター２３１がリニア動作し、電圧Ｖoutが閾値Ｖthよりも低い電

圧で一定となる期間Ｐ２、Ｐ６では、トランジスター２３２がリニア動作すると説明した

が、同様な理由により、スイッチング動作する場合もあり得る。

　【００８３】

　駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）については台形波形に限られず、正弦波などのよう

に傾きに連続性を有する波形であっても良い。このような波形を出力させる場合、駆動回

路（その１）では、駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧Ｖout（信号Ａinの電圧Ｖin）の変化が相

対的に大きい場合、具体的には、単位時間当たりにおいて所定電圧以上で電圧が変化する

期間（第１期間）でトランジスター２３１、２３２の一方がスイッチング動作する一方で

、電圧Ｖoutの変化が相対的に小さい場合、具体的には、単位時間当たりにおいて所定電

圧よりも低い電圧で変化する、または、変化しない一定の期間（第２期間）でトランジス

ター２３１、２３２の一方がリニア動作することになる。

　【００８４】

　また、駆動回路（その１）において抵抗素子Ｒｕのプルアップ先は、駆動信号ＣＯＭ－

Ａの最高電圧以上の電圧であれば良いので、この例では、電圧ＶＤの給電線としている。

また、抵抗素子Ｒｄのプルダウン先は、駆動信号ＣＯＭ－Ａの最低電圧以下の電圧であれ

ば良いので、この例では、グランドＧndとしている。

　【００８５】

　ここでは、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆動回路１２０ａを例にとって説明したが、

駆動信号ＣＯＭ－Ｂを出力する駆動回路１２０ｂについても同様な動作となる。駆動信号

ＣＯＭ－Ｂの波形については図５で説明した通りであり、信号ＯＣｂについては上述した

通りであるので、波形についての図示を省略する。なお、駆動回路１２０ｂについても、

信号Ｂinの電圧に追従するような電圧Ｖoutの駆動信号ＣＯＭ－Ｂを出力することになる

。

　【００８６】

　ところで、図１０に示した構成では、抵抗素子Ｒｕ、Ｒｄが電源の電圧ＶＤおよびグラ

ンドＧndの間で電気的に直列に接続されるので、貫通電流が常時流れて、消費電力の点で

改善の余地がある。そこで次に、この点を改善した別構成に係る駆動回路（その２）につ

いて説明する。

　【００８７】

　図１２Ａは、駆動回路（その２）の構成を示す図である。この図に示される駆動回路（

その２）が、図１０に示した駆動回路（その１）と相違する点は、スイッチＳｗｕを有す

る点である。スイッチＳｗｕ（第１スイッチ）は、抵抗素子Ｒｕとともに、電源電圧の高

位側電圧ＶＤの給電線とノードＮ２との間において電気的に直列に接続され、信号Ｏｃａ

がＨレベルであればオンし、Ｌレベルであればオフする。このため、スイッチＳｗｕは、

セレクター２２３により信号Ｇt1として差動増幅器２２１の出力信号が選択される場合、

すなわち期間Ｐ１、Ｐ２、Ｐ５、Ｐ６でオンする。一方で、スイッチＳｗｕは、信号Ｇt2

として差動増幅器２２１の出力信号が選択される場合、すなわち期間Ｐ３、Ｐ４でオフす

る。このため、駆動回路（その２）によれば、図１０に示される駆動回路（その１）と比

較して、貫通電流により消費される電力を抑えることができる。

　【００８８】

　なお、駆動回路（その２）においては、プルアップ用の抵抗素子Ｒｕの側にスイッチＳ

ｗｕを設けたが、プルダウン用の抵抗素子Ｒｄの側にも別のスイッチを設けても良い。

　【００８９】

　図１２Ｂは、抵抗素子Ｒｄの側にスイッチＳｗｄを有する駆動回路（その３）を示す図

である。この図において、ＮＯＴ回路２９１は、信号ＯＣａの論理レベルを反転して、ス

イッチＳｗｄのオンオフを制御する。スイッチＳｗｄ（第２スイッチ）は、ＮＯＴ回路２

９１の出力信号がＨレベルであればオンし、Ｌレベルであればオフする。

　このため、スイッチＳｗｕ、Ｓｗｄが互いに排他的にオンオフするので、電源の高位側

電圧ＶＤからグランドＧndに向かって、抵抗素子Ｒｕ、Ｒｄを介して貫通電流が流れない

。このため、駆動回路（その３）は、駆動回路（その２）と比較して、さらに低消費電力

化を図ることができる。

　【００９０】

　後述するように、スイッチＳｗｕについては、期間Ｐ１、Ｐ５においてもオフさせ、ス

イッチＳｗｄについては、期間Ｐ３においてもオフさせる構成としても良いが、信号ＯＣ

ａとは独立した信号が必要となり、制御部１１０等の複雑化を招く。逆にいえば、駆動回

路（その２、その３）では、制御部１１０を、駆動回路（その１）と同じものを用いなが

ら、消費電力を抑えることができるのである。

　【００９１】

　ここで、ノードＮ２のプルアップおよびプルダウンの役割について検討する。

　プルアップが特に必要となる場合とは、信号Ａin（駆動信号ＣＯＭ－Ａ）が閾値Ｖthよ

りも低い電圧で一定となる期間Ｐ２、Ｐ６、すなわちトランジスター２３２をリニア動作

させる場合である。この場合、高位側のトランジスター２３１がオフであるので、低位側

のトランジスター２３２によってノードＮ２の電圧Ｏutを信号Ａinに追従させるためには

、ノードＮ２を高位側にプルアップする必要がある。

　一方、プルダウンが特に必要となる場合とは、信号Ａin（駆動信号ＣＯＭ－Ａ）が閾値

Ｖth以上の電圧で一定となる期間Ｐ４、すなわちトランジスター２３１をリニア動作させ

る場合である。この場合、ローサイドのトランジスター２３２がオフであるので、ハイサ

イドのトランジスター２３１によってノードＮ２の電圧Ｏutを電圧Ａinに追従させるため

に、ノードＮ２を低位側にプルダウンする必要がある。

　【００９２】

　なお、信号ＯＣａ（ＯＣｂ）については、制御部１１０が出力するのではなく、データ

ｄＡ（ｄＢ）を次のように解析することで、別の回路が生成することが可能である。

　例えば、データｄＡ（ｄＢ）についての、時間的に隣り合う離散値（データ）同士を比

較し、当該離散値同士が同じであれば、電圧一定区間であるし、当該一定区間における離

散値を判別することで、一定区間の電圧が閾値Ｖth以上であるか否かを判別することがで

きる。また、当該離散値同士のうち、時間的に後の離散値が前の離散値よりも電圧変換し

たときに高くなっていれば、電圧上昇区間であるし、時間的に後の離散値が前の離散値よ

りも電圧変換したときに低くなっていれば、電圧低下区間である。

　データｄＡ（ｄＢ）ではなく、アナログ変換後の信号を同様に解析しても良い。

　【００９３】

　さて、駆動回路（その１、その２、その３）では、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）

の振幅に合わせて一対のトランジスター２３１、２３２が電源電圧（ＶＤ－Ｇnd）で動作

する。上述したように駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧は最大で４０ボルト程度であるので、セ

レクター２２３および差動増幅器２２１に対して高耐圧が要求される。その理由は、トラ

ンジスター２３１のゲート端子に信号Ｇt1を供給するとともに、トランジスター２３２の

ゲート端子に信号Ｇt2を供給する必要があるからである。

　そこで次に、この点を改善した別構成に係る駆動回路（その４）について説明する。

　【００９４】

　図１３は、駆動回路（その４）を含む印刷装置（その２）の電気的な構成を示すブロッ

ク図である。この図に示される印刷装置（その２）が、図４に示した印刷装置（その１）

と相違する点は、第１に、電圧増幅器１１５ａ、１１５ｂを有さない点である。このため

、ＤＡＣ１１３ａの出力である小振幅の信号ａinが駆動回路１２０ａに供給されるととも

に、ＤＡＣ１１３ｂの出力である小振幅の信号ｂinが駆動回路１２０ｂに供給される。ま

た、相違点としては、第２に、データｄＡが駆動回路１２０ａに、データｄＢが駆動回路

１２０ｂに、それぞれ供給される点である。

　【００９５】

　図１４Ａは、駆動回路（その４）の構成を示す図である。

　この図に示されるように、駆動回路１２０ａは、４つの基準電源Ｅと、差動増幅器２２

１およびセレクター２２３に加えて、ゲートセレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、

２７０ｄと、セレクター２８０と、４つのトランジスター対と、抵抗素子Ｒ１、Ｒ２と、

スイッチＳｗｕと、コンデンサーＣ０とを含む。

　【００９６】

　駆動回路（その４）では、電圧Ｅを出力する基準電源の４段直列接続によって電圧Ｅ、

２Ｅ、３Ｅ、４Ｅがそれぞれ電圧ＶＡ、ＶＢ、ＶＣ、ＶＤとして出力される。

　【００９７】

　図１５は、電圧ＶＡ、ＶＢ、ＶＣ、ＶＤについて説明するための図である。

　この図に示されるように、電圧Ｅを例えば１０．５Ｖとしたとき、電圧ＶＡ、ＶＢ、Ｖ

Ｃ、ＶＤの各々は、それぞれ１０．５Ｖ、２１．０Ｖ、３１．５Ｖ、４２．０Ｖである。

本実施形態では、電圧ＶＡ、ＶＢ、ＶＣ、ＶＤで次のような電圧範囲が規定される。すな

わち、電圧ゼロのグランドＧnd以上電圧ＶＡ未満の範囲が第１範囲として規定され、電圧

ＶＡ以上電圧ＶＢ未満の範囲が第２範囲として規定され、電圧ＶＢ以上電圧ＶＣ未満の範

囲が第３範囲として規定され、電圧ＶＣ以上電圧ＶＤ未満の範囲が第４範囲として規定さ

れる。

　【００９８】

　図１４Ａの説明に戻すと、差動増幅器２２１の負入力端（－）には小振幅の信号ａinが

供給される一方、正入力端（＋）にはノードＮ３の電圧Ｏut2が印加されている。このた

め、差動増幅器２２１は、電圧Ｏut2から、入力である信号ａinの電圧Ｖinを減算した差

電圧を増幅して出力することになる。

　なお、駆動回路（その４）における差動増幅器２２１は、駆動回路（その１）とは異な

り、電源の高位側を電圧ＶＡとしている。このため、差動増幅器２２１の出力電圧は、グ

ランドＧndから電圧ＶＡまでの範囲となる。

　【００９９】

　セレクター２８０は、制御部１１０（図１３参照）から供給されるデータｄＡ（ｄＢ）

から、信号ａin（ｂin）の電圧Ｖinの範囲を判別して、当該判別の結果に応じて、それぞ

れ次のように選択信号Ｓａ、Ｓｂ、Ｓｃ、Ｓｄを出力する。

　詳細には、セレクター２８０は、データｄＡ（ｄＢ）で規定される電圧Ｖinが０Ｖ以上

１．０５Ｖ未満であると判別した場合、すなわち、電圧Ｖinを１０倍で増幅したときの電

圧が上記第１範囲に含まれる場合、選択信号ＳａのみをＨレベルとし、他の選択信号Ｓｂ

、Ｓｃ、ＳｄをＬレベルとする。また、セレクター２８０は、データｄＡ（ｄＢ）で規定

される電圧Ｖinが１．０５Ｖ以上２．１０Ｖ未満であると判別した場合、すなわち、電圧

Ｖinを１０倍で増幅したときの電圧が上記第２範囲に含まれる場合、選択信号Ｓｂのみを

Ｈレベルとし、他の選択信号Ｓａ、Ｓｃ、ＳｄをＬレベルとする。同様に、セレクター２

８０は、データｄＡ（ｄＢ）で規定される電圧Ｖinが２．１０Ｖ以上３．１５Ｖ未満であ

ると判別した場合、すなわち、電圧Ｖinを１０倍で増幅したときの電圧が上記第３範囲に

含まれる場合、選択信号ＳｃのみをＨレベルとし、他の選択信号Ｓａ、Ｓｂ、ＳｄをＬレ

ベルとし、当該電圧Ｖinが３．１５Ｖ以上４．２０Ｖ未満であると判別した場合、すなわ

ち、電圧Ｖinを１０倍で増幅したときの電圧が上記第４範囲に含まれる場合、選択信号Ｓ

ｄのみをＨレベルとし、他の選択信号Ｓａ、Ｓｂ、ＳｃをＬレベルとする。

　【０１００】

　ここで説明の便宜上、４つのトランジスター対について説明する。

　この例において、４つのトランジスター対は、トランジスター２３１ａ、２３２ａのペ

ア、トランジスター２３１ｂ、２３２ｂのペア、トランジスター２３１ｃ、２３２ｃのペ

ア、および、トランジスター２３１ｄ、２３２ｄのペアによって構成される。

　各トランジスター対のうち、ハイサイドのトランジスター２３１ａ、２３１ｂ、２３１

ｃ、２３１ｄは、例えばＰチャネル型の電界効果トランジスターであり、ローサイドのト

ランジスター２３２ａ、２３２ｂ、２３２ｃ、２３２ｄは、例えばＮチャネル型の電界効

果トランジスターである。

　【０１０１】

　トランジスター２３１ａについては、ソース端子に電圧ＶＡが印加され、ドレイン端子

がノードＮ２に接続される。トランジスター２３２ａについては、ソース端子がグランド

Ｇndに接地され、ドレイン端子がノードＮ２に共通に接続される。

　同様に、トランジスター２３１ｂ（２３１ｃ、２３１ｄ）については、ソース端子に電

圧ＶＢ（ＶＣ、ＶＤ）が印加され、ドレイン端子がノードＮ２に接続される。トランジス

ター２３２ｂ（２３２ｃ、２３２ｄ）については、ソース端子に電圧ＶＡ（ＶＢ、ＶＣ）

が印加され、ドレイン端子がノードＮ２に共通に接続される。

　【０１０２】

　なお、例えばトランジスター２３１ａを第１ハイサイドトランジスターとし、トランジ

スター２３２ａを第１ローサイドトランジスターとして、トランジスター２３１ａ、２３

２ａが第１トランジスター対とした場合、トランジスター２３１ｂが第２ハイサイドトラ

ンジスターとなり、トランジスター２３２ｂが第２ローサイドトランジスターとして、ト

ランジスター２３１ｂ、２３２ｂが第２トランジスター対となる。

　【０１０３】

　詳細については後述するが、トランジスター２３１ａ、２３２ａは、ゲートセレクター

２７０ａがイネーブルされたときに、電圧ＶＡとグランドＧndとを電源電圧として駆動信

号を出力し、トランジスター２３１ｂ、２３２ｂは、ゲートセレクター２７０ｂがイネー

ブルされたときに、電圧ＶＢと電圧ＶＡとを電源電圧として駆動信号を出力する。同様に

、トランジスター２３１ｃ、２３２ｃは、ゲートセレクター２７０ｃがイネーブルされた

ときに、電圧ＶＣと電圧ＶＢとを電源電圧として駆動信号を出力し、トランジスター２３

１ｄ、２３２ｄは、ゲートセレクター２７０ｄがイネーブルされたときに、電圧ＶＤと電

圧ＶＣとを電源電圧として駆動信号を出力する構成となっている。

　この構成では、トランジスター２３１ａ、２３２ａの電源電圧、トランジスター２３１

ｂ、２３２ｂの電源電圧、トランジスター２３１ｃ、２３２ｃの電源電圧、および、トラ

ンジスター２３１ｄ、２３２ｄの電源電圧は、それぞれ１０．５Ｖとなる。

　【０１０４】

　ゲートセレクター２７０ａは、入力端Ｅnbに供給された選択信号ＳａがＨレベルになっ

てイネーブルされたときに、セレクター２２３から出力される信号Ｇt1、Ｇt2をそれぞれ

レベルシフトして、トランジスター２３１ａ、２３２ａのゲート端子に供給する。詳細に

は、ゲートセレクター２７０ａは、イネーブルされたときに、信号Ｇt1の最低電圧から最

高電圧までの範囲を、グランドＧndから電圧ＶＡまでの第１範囲にレベルシフトして、ト

ランジスター２３１ａのゲート端子に供給し、信号Ｇt2の最低電圧から最高電圧までの範

囲を、上記第１範囲にレベルシフトして、トランジスター２３２ａのゲート端子に供給す

る。

　なお、ゲートセレクター２７０ａに限っていえば、信号Ｇt1、Ｇt2の最低電圧から最高

電圧までの範囲は第１範囲に一致しているので、イネーブルされたときに、信号Ｇt1、Ｇ

t2をそのままトランジスター２３１ａ、２３２ａのゲート端子に供給する。

　【０１０５】

　ゲートセレクター２７０ｂは、イネーブルされたときに、信号Ｇt1の最低電圧から最高

電圧までの範囲を、電圧ＶＡから電圧ＶＢまでの第２範囲にレベルシフトして、トランジ

スター２３１ｂのゲート端子に供給し、信号Ｇt2の最低電圧から最高電圧までの範囲を、

上記第２範囲にレベルシフトして、トランジスター２３２ｂのゲート端子に供給する。す

なわち、ゲートセレクター２７０ｂに限っていえば、イネーブルされたときに、信号Ｇt1

、Ｇt2に１０．５Ｖを上乗せして、トランジスター２３１ｂ、２３２ｂのゲート端子に供

給する。

　【０１０６】

　同様に、ゲートセレクター２７０ｃは、イネーブルされたときに、信号Ｇt1の最低電圧

から最高電圧までの範囲を、電圧ＶＢから電圧ＶＣまでの第３範囲にレベルシフトして、

トランジスター２３１ｃのゲート端子に供給し、信号Ｇt2の最低電圧から最高電圧までの

範囲を、上記第３範囲にレベルシフトして、トランジスター２３２ｃのゲート端子に供給

する。すなわち、ゲートセレクター２７０ｃに限っていえば、イネーブルされたときに、

信号Ｇt1、Ｇt2に２１．０Ｖを上乗せして、トランジスター２３１ｃ、２３２ｃのゲート

端子に供給する。

　ゲートセレクター２７０ｄについても同様に、イネーブルされたときに、信号Ｇt1の最

低電圧から最高電圧までの範囲を、電圧ＶＣから電圧ＶＤまでの第４範囲にレベルシフト

して、トランジスター２３１ｄのゲート端子に供給し、信号Ｇt2の最低電圧から最高電圧

までの範囲を、上記第４範囲にレベルシフトして、トランジスター２３２ｄのゲート端子

に供給する。すなわち、ゲートセレクター２７０ｄに限っていえば、イネーブルされたと

きに、信号Ｇt1、Ｇt2に３１．５Ｖを上乗せして、トランジスター２３１ｄ、２３２ｄの

ゲート端子に供給する。

　【０１０７】

　なお、ゲートセレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、２７０ｄは、それぞれの入力

端Ｅnbに供給された選択信号がＬレベルになってディセーブルされたとき、それぞれに対

応する２つのトランジスターをそれぞれオフとさせる信号を出力する。すなわち、ゲート

セレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、２７０ｄは、ディセーブルにされると、信号

Ｇt1を強制的にＨレベルに変換し、信号Ｇt2を強制的にＬレベルに変換する。

　ここでいうＨ、Ｌレベルは、ゲートセレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、２７０

ｄのそれぞれにおける電源電圧の高位側電圧、低位側電圧である。例えば、ゲートセレク

ター２７０ｂは、電圧ＶＢと電圧ＶＡとを電源電圧とするので、高位側の電圧ＶＢがＨレ

ベルであり、低位側の電圧ＶＡがＬレベルである。

　【０１０８】

　ノードＮ２は、抵抗素子Ｒ１を介して差動増幅器２２１の正入力端（＋）に帰還される

。この例では、便宜的に、差動増幅器２２１の正入力端（＋）をノードＮ３と表記する一

方、当該ノードＮ３の電圧をＯut2と表記している。

　ノードＮ３は、抵抗素子Ｒ２を介してグランドＧndに接地される。このため、ノードＮ

３の電圧Ｏut2は、電圧Ｏutの電圧を、抵抗素子Ｒ１、Ｒ２の抵抗値で規定される比、す

なわち、Ｒ２／（Ｒ１＋Ｒ２）で分圧した電圧となる。本実施形態において、降圧比は、

１／１０に設定される。換言すれば、電圧Ｏut2は、電圧Ｏutの１／１０という関係にあ

る。

　【０１０９】

　また、図１４Ａの駆動回路（その４）では、図１２Ａに示した駆動回路（その２）と同

様に、スイッチＳｗｕと抵抗素子Ｒｕとが電源電圧の高位側電圧ＶＤの給電線とノードＮ

２との間において電気的に直列に接続されている。一方で、ノードＮ２のプルダウンは、

図１４Ａに示される駆動回路（その４）では、ノードＮ２の電圧Ｏutを降圧して差動増幅

器２２１に帰還する抵抗素子Ｒ１、Ｒ２が担っている。逆にいえば、駆動回路（その４）

における抵抗素子Ｒ１、Ｒ２は、ノードＮ２をプルダウンする機能と、電圧Ｏutを降圧し

て差動増幅器２２１に帰還する機能との双方を担っている。

　【０１１０】

　ダイオードｄ１、ｄ２は逆流防止用である。ダイオードｄ１の順方向は、トランジスタ

ー２３１ａ、２３１ｂ、２３１ｃのドレイン端子からノードＮ２に向かう方向であり、ダ

イオードｄ２の順方向は、ノードＮ２からトランジスター２３１ｂ、２３１ｃ、２３１ｄ

のドレイン端子に向かう方向である。

　なお、ノードＮ２の電圧Ｏutは電圧ＶＤよりも高くならないので、逆流を考慮する必要

がない。このため、トランジスター２３１ｄに対してダイオードｄ１は設けられていない

。同様にノードＮ２の電圧Ｏutは電圧ゼロのグランドＧndよりも低くならないので、トラ

ンジスター２３２ａに対してダイオードｄ２は設けられていない。

　【０１１１】

　次に、駆動回路（その４）の動作を、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する場合を例にとって

説明する。

　【０１１２】

　図１６は、駆動回路（その４）の動作を説明するための図である。この図に示されるよ

うに、また上述したように信号ａinは、駆動信号ＣＯＭ－Ａの相似形であるが、ＤＡＣ１

１３ａによりアナログ変換した直後の小振幅の信号であって、駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧

の１／１０の関係にある。

　このため、電圧ＶＡ、ＶＢ、ＶＣ、ＶＤで規定される第１範囲から第４範囲までを、信

号ａinの電圧範囲に換算する場合、電圧ＶＡ／１０、ＶＢ／１０、ＶＣ／１０、ＶＤ／１

０で規定される。詳細には、信号ａinについては、０Ｖ以上電圧ＶＡ／１０（＝１．０５

Ｖ）未満の範囲が第１範囲に相当し、電圧ＶＡ／１０以上電圧ＶＢ／１０（＝２．１０Ｖ

）未満の範囲が第２範囲に相当し、電圧ＶＢ／１０以上電圧ＶＣ／１０（＝３．１５Ｖ）

未満の範囲が第３範囲に相当し、電圧ＶＣ／１０以上電圧ＶＤ／１０（＝４．２０Ｖ）未

満の範囲が第４範囲に相当する。

　【０１１３】

　まず、セレクター２８０は、電圧Ｖinがタイミングｔ１よりも前において第３範囲であ

るとデータｄＡから判別した場合、選択信号ＳｃのみをＨレベルとし、他の選択信号Ｓａ

、Ｓｂ、ＳｄをＬレベルとするので、ゲートセレクター２７０ｃがイネーブルされ、他の

ゲートセレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｄがディセーブルされる。したがって、こ

の場合、トランジスター２３１ｃ、２３２ｃが、電源電圧として電圧ＶＣ、ＶＢを用いて

駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力することになる。

　【０１１４】

　次に、電圧Ｖinがタイミングｔ１からタイミングｔ２までの期間にわたって第２範囲と

なったとき、セレクター２８０は、選択信号ＳｂのみをＨレベルとし、他の選択信号Ｓａ

、Ｓｃ、ＳｄをＬレベルとするので、ゲートセレクター２７０ｂがイネーブルされ、他の

ゲートセレクター２７０ａ、２７０ｃ、２７０ｄがディセーブルされる。したがって、こ

の場合、トランジスター２３１ｂ、２３２ｂが電源電圧として電圧ＶＢ、ＶＡを用いて駆

動信号ＣＯＭ－Ａを出力することになる。

　電圧Ｖinがタイミングｔ２からタイミングｔ３までの期間にわたって第１範囲となった

とき、セレクター２８０は、選択信号ＳａのみをＨレベルとし、この結果、ゲートセレク

ター２７０ａのみがイネーブルされるので、トランジスター２３１ａ、２３２ａが電源電

圧として電圧ＶＡ、グランドＧndを用いて駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力することになる。

　【０１１５】

　以降については簡単に説明すると、タイミングｔ３からタイミングｔ４までの期間では

、ゲートセレクター２７０ｂのみがイネーブルされるので、トランジスター２３１ｂ、２

３２ｂが電源電圧として電圧ＶＢ、ＶＡを用い、タイミングｔ４からタイミングｔ５まで

の期間では、ゲートセレクター２７０ｃのみがイネーブルされるので、トランジスター２

３１ｃ、２３２ｃが電源電圧として電圧ＶＣ、ＶＢを用い、タイミングｔ５からタイミン

グｔ６までの期間では、ゲートセレクター２７０ｄのみがイネーブルされるので、トラン

ジスター２３１ｄ、２３２ｄが電源電圧として電圧ＶＤ、ＶＣを用い、タイミングｔ６か

らは、ゲートセレクター２７０ｃのみがイネーブルされるので、トランジスター２３１ｃ

、２３２ｃが電源電圧として電圧ＶＣ、ＶＢを用いて、それぞれ駆動信号ＣＯＭ－Ａを出

力することになる。

　【０１１６】

　一方、ノードＮ３の電圧Ｏut2は、電圧Ｏutの１／１０なので、差電圧を求めるにあた

って両者のスケールが揃えられている。

　【０１１７】

　駆動回路（その４）では、信号ａinの電圧Ｖinに応じてゲートセレクター２７０ａ、２

７０ｂ、２７０ｃ、２７０ｄのいずれかがイネーブルされるとともに、イネーブルされた

いずれか１つのゲートセレクターに対応するトランジスター対によって、電圧Ｏutを１／

１０に降圧した電圧Ｏut2が電圧Ｖinに追従するような動作、逆にいえば、電圧Ｖinに対

して電圧Ｏutが１０倍となるように動作が実行される。

　【０１１８】

　例えば、電圧Ｏut2が電圧Ｖinに追従するような動作は、電圧Ｖinが第１範囲に相当す

る場合であれば、ゲートセレクター２７０ａがイネーブルされるので、トランジスター２

３１ａ、２３２ａによって実行される。同様に、電圧Ｏut2が電圧Ｖinに追従するような

動作は、電圧Ｖinが第２範囲に相当する場合であれば、ゲートセレクター２７０ｂがイネ

ーブルされるので、トランジスター２３１ｂ、２３２ｂによって、電圧Ｖinが第３範囲に

相当する場合であれば、ゲートセレクター２７０ｃがイネーブルされるので、トランジス

ター２３１ｃ、２３２ｃによって、電圧Ｖinが第４範囲に相当する場合であれば、ゲート

セレクター２７０ｄがイネーブルされるので、トランジスター２３１ｄ、２３２ｄによっ

て、それぞれ実行される。

　【０１１９】

　信号ａinの電圧Ｖinについては、第１範囲から第４範囲までにおいて隣り合う領域を跨

ぐ（移行）場合がある。例えば図１６でいえば、電圧Ｖinは、タイミングｔ１において第

３範囲から第２範囲へと移行する。電圧Ｖinが第３範囲であれば、ゲートセレクター２７

０ｃがイネーブルされるので、トランジスター２３１ｃ、２３２ｃによって、当該電圧Ｖ

inに対して電圧Ｏutが１０倍となるように制御される。タイミングｔ１において電圧Ｖin

が第３範囲から第２範囲に移行したとき、ゲートセレクター２７０ｃがディセーブルにな

り、ゲートセレクター２７０ｂがイネーブルされるので、トランジスター２３１ｂ、２３

２ｂによって、電圧Ｏut2が電圧Ｖinに追従するように制御される。

　ここでは、電圧Ｖinが第３範囲から第２範囲へと移行する場合を例にとって説明したが

、他の場合でも同様であり、例えば第２範囲から第１範囲への移行であれば、ゲートセレ

クター２７０ｂがディセーブルになり、ゲートセレクター２７０ａがイネーブルされるの

で、トランジスター２３１ａ、２３２ａによって、引き続き電圧Ｏut2が電圧Ｖinに追従

するように制御される。

　【０１２０】

　駆動回路（その４）にはトランジスター対が４組存在するが、動作しているトランジス

ター対は、常に１組であり、他のトランジスター対はオフしているので、低消費電力化を

図ることができる。また、駆動回路（その４）によれば、差動増幅器２２１およびセレク

ター２２３については、電源としては比較的低い電圧（ＶＡ－Ｇnd）で動作するので、素

子サイズの肥大化などを抑制することができる。

　【０１２１】

　図１４Ｂは、駆動回路（その５）を示す図である。この駆動回路（その５）は、駆動回

路（その３）と同様に、プルアップを無効化するスイッチＳｗｕに加えて、プルダウンを

無効化するスイッチＳｗｄを設けた構成である。駆動回路（その５）によれば、貫通電流

が流れないので、駆動回路（その４）と比較して、さらに低消費電力化を図ることができ

る。

　【０１２２】

　図１４Ａの駆動回路（その４）や図１４Ｂの駆動回路（その５）における差動増幅器２

２１およびセレクター２２３について、比較的高い電圧で動作することが許容されるので

あれば、次のような駆動回路（その６）でも良い。

　【０１２３】

　図１７は、駆動回路（その６）を含む印刷装置（その３）の電気的な構成を示すブロッ

ク図である。この図に示される印刷装置（その３）が図１３に示した印刷装置（その２）

と相違する点は、ＤＡＣ１１３ａ、１１３ｂを有さない点である。ただし、次に説明する

ように、ＤＡＣおよび電圧増幅器に相当する回路が駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）の側に

設けられている。

　【０１２４】

　図１８は、駆動回路（その６）の構成を示す図である。この図に示される駆動回路（そ

の６）が図１４Ｂに示した駆動回路（その５）と相違する主な点は、第１に、駆動信号Ｃ

ＯＭ－Ａを出力する駆動回路１２０ａでいえば、データｄＡをアナログで小振幅の信号ａ

inに変換するＤＡＣ２９３ａと、信号ａinの電圧を例えば１０倍に増幅して大振幅の信号

Ａinとして出力する電圧増幅器２９５ａとを備える点と、第２に、トランジスター対のそ

れぞれに対応して差動増幅器とセレクターとのセットが設けられる点と、第３に、抵抗素

子Ｒ１、Ｒ２を有しない点である。

　【０１２５】

　第１の点について説明すると、上述したように、ＤＡＣ２９３ａは図４におけるＤＡＣ

１１３ａに相当し、電圧増幅器２９５ａは図４における電圧増幅器１１５ａに相当する。

　このため、ＤＡＣ１１３ａは、デジタルのデータｄＡをアナログで小振幅の信号ａinに

変換し、電圧増幅器２９５ａは、当該信号ａinの電圧を例えば１０倍に増幅して、大振幅

の信号Ａinとして出力する。

　【０１２６】

　第２の点について説明すると、トランジスター２３１ａ、２３２ａの対に対応して差動

増幅器２２１ａおよびセレクター２２３ａが設けられ、トランジスター２３１ｂ、２３２

ｂの対に対応して差動増幅器２２１ｂおよびセレクター２２３ｂが設けられ、トランジス

ター２３１ｃ、２３２ｃの対に対応して差動増幅器２２１ｃおよびセレクター２２３ｃが

設けられ、トランジスター２３１ｄ、２３２ｄの対に対応して差動増幅器２２１ｄおよび

セレクター２２３ｄが設けられている。

　【０１２７】

　差動増幅器２２１ａ、２２１ｂ、２２１ｃ、２２２ｄは、図１０における差動増幅器２

２１と同様であり、電源の高位側を電圧ＶＤとし、低位側をグランドＧndとして、出力で

ある駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧Ｏutから、入力である大振幅の信号Ａinの電圧Ｖinを減算

した差電圧を増幅して出力する。

　駆動回路（その６）では、ノードＮ２の電圧Ｏutを降圧して帰還する必要がないので、

図１４Ａで示される駆動回路（その４）の抵抗素子Ｒ１、Ｒ２が廃止されている。ただし

、ノードＮ２をプルダウンするために、抵抗素子ＲｄがスイッチＳｗとともに設けられて

いる。

　【０１２８】

　セレクター２２３ａ、２２３ｂ、２２３ｃ、２２３ｄは、図１０におけるセレクター２

２３と同様に、信号ＯＣａがＬレベルであれば、差動増幅器の出力信号を選択して、ハイ

サイドトランジスター側に出力するとともに、ローサイドトランジスターをオフにする信

号を、当該ローサイドトランジスター側に出力する一方、信号ＯＣａがＨレベルであれば

、差動増幅器の出力信号を選択して、ローサイドトランジスター側に出力するとともに、

ハイサイドトランジスターをオフにする信号を、当該ハイサイドトランジスター側に出力

する。

　【０１２９】

　なお、駆動回路（その６）におけるゲートセレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、

２７０ｄは、駆動回路（その４、その５）と比較してレベルシフトする機能を有さず、単

にイネーブルされたときに、対応するトランジスターのゲート端子の各々に、対応するセ

レクターの出力信号をそれぞれ供給する一方、ディセーブルされたときに、対応するトラ

ンジスターのゲート端子の各々に、当該トランジスターのそれぞれをオフする信号をそれ

ぞれ供給する。

　【０１３０】

　また、駆動回路（その６）には、駆動回路（その５）と同様に、ＮＯＴ回路２９１、ス

イッチＳｗｄが設けられている。スイッチＳｗｄは、抵抗素子Ｒｄとともに、ノードＮ２

とグランドＧndとの間において電気的に直列に接続され、信号ＯｃａをＮＯＴ回路２９１

により論理反転した信号がＨレベルであればオンし、Ｌレベルであればオフする。このた

め、スイッチＳｗｕ、Ｓｗｄは、互いに排他的にオンオフする。

　【０１３１】

　駆動回路（その６）によれば、電圧Ｏutが、電圧Ａinの電圧に追従するように制御され

る。この制御に際して、駆動回路（その６）では、駆動回路（その４、その５）と同様に

、トランジスター対が４組存在するが、動作しているトランジスター対は、常に１組であ

り、他のトランジスター対はオフしているので、低消費電力化を図ることができる。

　また、駆動回路（その６）によれば、スイッチＳｗｕ、Ｓｗｄが互いに排他的にオンオ

フするので、電源の高位側電圧ＶＤおよびグランドＧndの間において抵抗素子Ｒ１、Ｒ２

を介して貫通電流が流れない。このため、さらなる低消費電力化を図ることができる。

　【０１３２】

　駆動回路（その４、その５、その６）において、セレクター２８０は、アナログ変換前

のデータｄＡ（ｄＢ）によって電圧Ｖinが第１範囲から第４範囲までのいずれかに含まれ

るかを判別する構成としたが、多少精度や遅延が発生するものの、アナログ変換後の信号

ａin（ｂin）で判別しても良い。

　このため、トランジスター対を元駆動信号に基づく信号に応じて選択する、といった場

合の当該信号には、データｄＡ（ｄＢ）の場合もあるし、当該データｄＡ（ｄＢ）をアナ

ログ変換した信号ａin（ｂin）の場合もあるし、データｄＡ（ｄＢ）と信号ａin（ｂin）

とを重み付けした信号の場合もある。

　なお、４つのトランジスター対については、元駆動信号に基づく信号に応じてセレクタ

ー２８０によって選択されるとともに、選択されたトランジスター対から駆動信号ＣＯＭ

－Ａが出力される一方、非選択としたトランジスター対がゲートセレクターによってオフ

にさせられるので、セレクター２８０およびゲートセレクター２７０ａ、２７０ｂ、２７

０ｃ、２７０ｄをトランジスター対切替部として概念することができる。

　【０１３３】

　駆動回路（その４、その５、その６）において、トランジスター対のセット数をそれぞ

れ「４」としたが、「２」以上であれば良い。セット数が多くなるにつれて、各基準電源

Ｅの電圧を低く抑えることができる。

　また、駆動回路（その４、その５、その６）において、電圧ＶＡ、ＶＢ、ＶＣ、ＶＤに

ついて、電圧Ｅを出力する基準電源の４段直列接続（図１５参照）によって出力する構成

としたので、各電圧セットにおける高位側電圧と低位側電圧との差を電圧Ｅ（＝１０．５

Ｖ）で揃えたが、不揃いとした構成でも良い。

　電圧範囲については、第１範囲から第４範囲までのうち、隣り合う範囲については一部

重複させても良い。

　なお、セレクター２８０がアナログ変換後の信号ａin（ｂin）で判別しても良い点や、

トランジスター対のセット数が「２」以上であれば良い点等については、後述する駆動回

路（その１０、その１１、その１２）でも同様に適用可能である。

　【０１３４】

　さて、駆動回路（その４、その５、その６）では、４組のトランジスター対のうち、デ

ータｄＡ（ｄＢ）等に応じていずれかを選択する構成としたが、次の駆動回路（その７、

その８）のように、１組のトランジスター対で電源電圧をデータｄＡ（ｄＢ）等に応じて

切り替える構成も可能である。

　【０１３５】

　なお、駆動回路（その７）を含む印刷装置の電気的な構成を示すブロック図については

、図１７の印刷装置（その３）と同様である。すなわち、制御部１１０から、データｄＡ

および信号ＯＣａが駆動回路１２０ａに供給されるとともに、データｄＢおよび信号ＯＣ

ｂが駆動回路１２０ｂに供給される構成となっている。

　【０１３６】

　図１９は、駆動回路（その７）の構成を示す図である。この図に示されるように、駆動

信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆動回路（その７）は、単位回路２００、ＤＡＣ２９３ａ、電

圧増幅器２９５ａおよび電圧切替器３００を含む。

　このうち、ＤＡＣ２９３ａは、デジタルのデータｄＡをアナログで小振幅の信号ａinに

変換し、電圧増幅器２９５ａは、当該信号ａinの電圧を例えば１０倍に増幅して大振幅の

信号Ａinとして出力する。

　【０１３７】

　電圧切替器（電源電圧切替部）３００は、データｄＡに応じて、電圧セット（ＶＡ、Ｇ

nd）、（ＶＢ、ＶＡ）、（ＶＣ、ＶＢ）または（ＶＤ、ＶＣ）のいずれかを選択し、当該

選択した電圧セットを単位回路２００の電源電圧（ＶＨ、ＶＬ）として給電するものであ

る。

　詳細には、電圧切替器３００は、電圧選択器３５０と、スイッチＳ－ＡＨ、Ｓ－ＡＬの

組と、スイッチＳ－ＢＨ、Ｓ－ＢＬの組と、スイッチＳ－ＣＨ、Ｓ－ＣＬの組と、スイッ

チＳ－ＤＨ、Ｓ－ＤＬの組と、を含み、電圧選択器３５０がデータｄＡに応じて選択信号

Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｂ、Ｓel-Ｃ、Ｓel-Ｄを次のように出力する。

　【０１３８】

　すなわち、電圧選択器３５０は、データｄＡをアナログ変換して電圧増幅した信号Ａin

の電圧が第１範囲になる場合、選択信号Ｓel-ＡをＨレベルとし、選択信号Ｓel-Ｂ、Ｓel

-Ｃ、Ｓel-ＤをＬレベルとし、信号Ａinの電圧が第２範囲になる場合、選択信号Ｓel-Ｂ

をＨレベルとし、選択信号Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｃ、Ｓel-ＤをＬレベルとし、信号Ａinの電圧

が第３範囲になる場合、選択信号Ｓel-ＣをＨレベルとし、選択信号Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｂ、

Ｓel-ＤをＬレベルとし、信号Ａinの電圧が第４範囲になる場合、選択信号Ｓel-ＤをＨレ

ベルとし、選択信号Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｂ、Ｓel-ＣをＬレベルとする。

　【０１３９】

　スイッチＳ－ＡＨ、Ｓ－ＡＬは、選択信号Ｓel-ＡがＨレベルのときにオンするもので

あり、スイッチＳ－ＡＨの一端には電圧ＶＡが印加され、スイッチＳ－ＡＬの一端は電圧

ゼロのグランドＧndに接地されている。スイッチＳ－ＢＨ、Ｓ－ＢＬは、選択信号Ｓel-

ＢがＨレベルのときにオンするものであり、スイッチＳ－ＢＨの一端には電圧ＶＢが印加

され、スイッチＳ－ＢＬの一端には電圧ＶＡが印加されている。スイッチＳ－ＣＨ、Ｓ－

ＣＬは、選択信号Ｓel-ＣがＨレベルのときにオンするものであり、スイッチＳ－ＣＨの

一端には電圧ＶＣが印加され、スイッチＳ－ＢＬの一端には電圧ＶＢが印加されている。

スイッチＳ－ＤＨ、Ｓ－ＤＬは、選択信号Ｓel-ＤがＨレベルのときにオンするものであ

り、スイッチＳ－ＤＨの一端には電圧ＶＤが印加され、スイッチＳ－ＢＬの一端には電圧

ＶＣが印加されている。

　【０１４０】

　スイッチＳ－ＡＨ、Ｓ－ＢＨ、Ｓ－ＣＨ、Ｓ－ＤＨの他端は、共通接続されるとともに

、これらのスイッチのいずれかのオンによって選択された電圧が単位回路２００に電源の

高位側電圧ＶＨとして給電される。同様にスイッチＳ－ＡＬ、Ｓ－ＢＬ、Ｓ－ＣＬ、Ｓ－

ＤＬの他端は、共通接続されるとともに、これらのスイッチのいずれかのオンによって選

択された電圧が単位回路２００に電源の低位側電圧ＶＬとして給電される。

　【０１４１】

　したがって、単位回路２００の電源電圧（ＶＨ、ＶＬ）は、信号Ａinの電圧に応じて次

のようになる。すなわち、電源電圧（ＶＨ、ＶＬ）は、信号Ａinの電圧が第１範囲の場合

に電圧セット（ＶＡ、Ｇnd）となり、第２範囲の場合に電圧セット（ＶＢ、ＶＡ）となり

、第３範囲の場合に電圧セット（ＶＣ、ＶＢ）となり、第４範囲の場合に電圧セット（Ｖ

Ｄ、ＶＣ）となる。

　【０１４２】

　図２０は、駆動回路（その７）における単位回路２００の構成を示す図である。この図

に示される単位回路２００は、図１２Ｂに示される駆動回路（その３）とほぼ同様であり

、相違点は、トランジスター２３１のソース端子に、高位側電圧ＶＨが印加されるととも

に、トランジスター２３２のソース端子に、低位側電圧ＶＬが印加される点である。

　すなわち、トランジスター対の電源電圧が相違するだけであり、ノードＮ２の電圧Ｏut

を、トランジスター２３１、２３２が、電源電圧の範囲にある電圧Ｖinに追従するように

制御する点については共通である。ここで、電圧Ｖinが、現状の電圧ＶＨ以上高くなる場

合、電圧ＶＨ、ＶＬとして１段高いセットに切り替えられる一方、電圧ＶＬより低くなる

場合、電圧ＶＨ、ＶＬとして１段低いセットに切り替えられる。このため、駆動回路（そ

の７）によれば、信号Ａinの電圧Ｖinが、グランドＧndから電圧ＶＤまでの範囲にわたる

場合、電圧切替器３００によって、当該電圧Ｖinに応じた電圧ＶＨ、ＶＬのセットを切り

替えられながら、単位回路２００によって、ノードＮ２の電圧Ｏutが電圧Ｖinに追従する

ように制御されることになる。

　【０１４３】

　また、駆動回路（その７）によれば、スイッチＳｗｕ、Ｓｗｄが互いに排他的にオンオ

フするので、電源の高位側電圧ＶＤおよびグランドＧndの間において抵抗素子Ｒ１、Ｒ２

を介した貫通電流が抑えられ、これにより低消費電力化が図られる。

　【０１４４】

　駆動信号ＣＯＭ－Ａの電圧Ｏutは０～４０Ｖ程度で振幅するので、電圧セットを切り替

えない構成であれば、単位回路２００における電源電圧も４０Ｖ程度必要となり、高コス

ト化や、回路規模の肥大化を招く。

　これに対して、駆動回路（その７）によれば、データｄＡ（電圧Ｖin）に応じて電圧セ

ットが切り替えられて、単位回路２００の電源電圧として給電される。このため、本実施

形態では、０～４０Ｖ程度の電圧Ｏutを出力するのにもかかわらず、単位回路２００にお

ける電源電圧は、１０．５Ｖに抑えられるので、高コスト化や、回路規模の肥大化を防ぐ

ことができる。

　【０１４５】

　図２１は、駆動回路（その８）を含む印刷装置（その４）の電気的な構成を示すブロッ

ク図である。この図に示される印刷装置（その４）が図１７に示した印刷装置（その３）

と相違する点は、印刷データＳＩを含む制御信号Ｃtrが駆動回路１２０ａ、１２０ｂにそ

れぞれ供給される点である。

　【０１４６】

　図２２は、駆動回路（その８）の構成を示す図である。この図に示される駆動回路（そ

の８）が図１９に示した駆動回路（その７）と相違する主な点は、電圧切替器３００にお

ける電圧選択器３５０に、印刷データＳＩが供給される点である。

　【０１４７】

　この点について詳述すると、駆動回路（その８）における電圧選択器３５０は、データ

ｄＡ（電圧Ｏut）に応じて選択信号Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｂ、Ｓel-Ｃ、Ｓel-ＤのいずれかをＨ

レベルで出力する点で駆動回路（その７）と同様であるが、印刷データＳＩから容量性負

荷の大きさを推定し、選択信号Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｂ、Ｓel-Ｃ、Ｓel-Ｄを、推定した容量性

負荷の大きさに応じた遅延量で切り替える。

　なお、電圧選択器３５０のおける推定は、例えば次のようなものである。

すなわち、電圧選択器３５０は、選択制御部５１０（図６参照）におけるシフトレジスタ

５１２およびラッチ回路５１４と同様な回路によって、制御部１１０からの制御信号Ｃtr

に含まれる印刷データＳＩをラッチするとともに、当該ラッチした印刷データＳＩを解析

し、印刷周期Ｔａの期間Ｔ１、Ｔ２のそれぞれにおいて駆動信号ＣＯＭ－Ａが一端に印加

される圧電素子Ｐztの個数を求めることによって容量性負荷の大きさを推定する。

　また、ここでいう遅延量とは、選択信号の論理レベルを切り替えるタイミングでの遅れ

時間をいう。

　【０１４８】

　駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆動回路１２０ａにおいて、例えば、印刷周期Ｔａの期

間Ｔ１でヘッドユニット３における全ノズルで大または中ドットを形成する場合、駆動信

号ＣＯＭ－Ａがすべての圧電素子Ｐztの一端に印加されるので、負荷が最大となる一方で

、全ノズルで小ドットを形成または非記録とする場合であれば、駆動信号ＣＯＭ－Ａが選

択されないので、負荷が最小（ゼロ）となる。同様なことは、駆動信号ＣＯＭ－Ｂを出力

する駆動回路１２０ｂについても言うことができる。

　すなわち、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）における容量性の負荷は、印刷データＳＩで

規定される印刷内容によって大きく変動する。

　【０１４９】

　ノードＮ２から圧電素子Ｐztの一端までの経路には、フレキシブルフラットケーブル１

９０（図１参照）や選択部５２０のトランスファーゲート５２４ａ、５２４ｂ（図８参照

）が含まれるので、インダクタンス成分や抵抗成分などが存在する。

　このため、圧電素子Ｐztの容量や、インダクタンス成分、抵抗成分などで形成される積

分回路によって、最終的に圧電素子Ｐztの一端に印加される駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ

－Ｂ）の波形が鈍る。この波形の鈍りの程度は、選択される圧電素子Ｐztの個数が多くな

るにつれて、すなわち容量性負荷が大きくなるにつれて、酷くなり（大きくなり）、信号

Ａin（Ｂin）に対して、圧電素子Ｐztの一端に印加される駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－

Ｂ）が遅延することになる。

　このため、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の遅延を想定していない構成では、当該

駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の目標電圧と電圧切替器３００で選択される電圧セッ

トとが不整合となり、波形を歪ませる可能性が高くなる。

　【０１５０】

　駆動回路（その８）では、電圧選択器３５０が、選択信号Ｓel-Ａ、Ｓel-Ｂ、Ｓel-Ｃ

、Ｓel-Ｄの遅延量を、制御信号Ｃtrに含まれる印刷データＳＩから推定される容量性負

荷が大きくなるにつれて大きくする。このため、電圧セットが、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（Ｃ

ＯＭ－Ｂ）の遅延に合わせて切り替えられるので、上記不整合が是正される結果、波形歪

みを抑えることができる。

　【０１５１】

　なお、切替の遅延については、電圧セットを切り替える場合を例にとって説明したが、

トランジスター対を切り替える駆動回路（その４、その５、その６）にも適用可能である

。駆動回路（その４、その５、その６）に適用する場合、特に図示しないが、例えばセレ

クター２８０に印刷データＳＩを供給して、当該セレクター２８０が、当該印刷データＳ

Ｉから容量性負荷の大きさを推定して、イネーブルするゲートセレクターを切り替えるタ

イミングを遅延させる構成とすれば良い。

　【０１５２】

　上述したように、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）における容量性負荷は、印刷データＳ

Ｉで規定される印刷内容によって大きく変動する。一方で、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ

）においては、ノードＮ２における電圧Ｏutが差動増幅器２２１の正入力端（＋）に帰還

される構成となっているので、上記負荷の変動によって位相回転量が大きく変化し、条件

次第で異常発振することになり、安定性に欠ける。

　そこで、この点を改善した駆動回路（その９）について説明する。なお、この駆動回路

（その９）が適用される印刷装置は、図２１で示した印刷装置（その４）であり、印刷デ

ータＳＩを含む制御信号Ｃtrが駆動回路１２０ａ、１２０ｂに供給される構成となってい

る。

　【０１５３】

　図２３は、駆動回路（その９）の構成を示す図である。この図に示される駆動回路（そ

の９）が図２２に示した駆動回路（その８）構成と相違する点は、印刷データＳＩを含む

制御信号Ｃtrが電圧切替器３００ではなく、単位回路２００に供給される点である。

　【０１５４】

　図２４は、駆動回路（その９）における単位回路２００の構成を示す図である。この図

に示される単位回路が図２２に示した単位回路と相違する点は、解析部２６０およびスイ

ッチＳｗｃを有する点である。

　スイッチＳｗｃは、コンデンサーＣ０の他端とグランドＧndとの間に介挿されて、解析

部２６０から出力される信号ＳctrがＨレベルであればオンし、当該信号ＳctrがＬレベル

であればオフする。なお、スイッチＳｗｃは、ノードＮ２とコンデンサーＣ０の一端との

間に介挿されても良い。

　【０１５５】

　解析部２６０は、第１に、制御部１１０からの制御信号Ｃtrに含まれる印刷データＳＩ

をラッチし、第２に、当該ラッチした印刷データＳＩを解析し、印刷周期Ｔａの期間Ｔ１

、Ｔ２のそれぞれにおいて駆動信号ＣＯＭ－Ａが一端に印加される圧電素子Ｐztの個数を

求めて、当該個数に応じて信号Ｓctrを出力する。具体的には、解析部２６０は、例えば

期間Ｔ１（Ｔ２）において駆動信号ＣＯＭ－Ａが一端に印加される圧電素子Ｐztの個数が

、例えば「０」から「ｍ／２」（ｍの半分）までの範囲にあれば、タイミング信号で規定

される当該期間Ｔ１（Ｔ２）において信号ＳctrをＨレベルで出力し、当該圧電素子Ｐzt

の個数がそれ以外の範囲にあれば、信号ＳctrをＬレベルで出力する。

　ここで、信号ＳctrがＨレベルであれば、スイッチＳｗｃがオンするので、コンデンサ

ーＣ０の他端がグランドＧndに電気的に接続（有効化）されて、圧電素子Ｐztと並列化さ

れる。一方、信号ＳctrがＬレベルであれば、スイッチＳｗｃがオフするので、コンデン

サーＣ０の他端がグランドＧndから切り離されて、当該コンデンサーＣ０が無効化される

。

　【０１５６】

　１個のヘッドユニット３におけるｍ個の圧電素子Ｐztを仮にすべて並列接続したときの

容量を１０Ｃとしたとき、ノードＮ２に一端が接続される圧電素子Ｐztの個数は、印刷デ

ータＳＩに応じて「０」から「ｍ」まで変化する。このとき、ノードＮ２からみた、容量

性負荷としての圧電素子Ｐztの容量は、０Ｃから１０Ｃまでの範囲で変化する。

　【０１５７】

　ここで、駆動回路（その９）におけるコンデンサーＣ０の容量を便宜的に５Ｃとしてみ

る。

　例えば駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆動回路１２０ａでみると、印刷周期Ｔａの期間

Ｔ１において駆動信号ＣＯＭ－Ａが一端に印加される圧電素子Ｐztの個数が０からｍ／２

（ｍの半分）までの範囲である場合、圧電素子Ｐztの容量は０Ｃから５Ｃまでの範囲で変

動する。この場合、解析部２６０は信号ＳctrlをＨレベルとするので、スイッチＳｗｃが

オンして、容量５ＣのコンデンサーＣ０が圧電素子Ｐztに対して並列接続となる。このた

め、ノードＮ２からみた容量性負荷の総和は、５Ｃから１０Ｃまでの範囲となる。

　【０１５８】

　一方、期間Ｔ１において駆動信号ＣＯＭ－Ａが印加される圧電素子Ｐztの個数がｍ／２

からｍまでの範囲である場合、圧電素子Ｐztの容量は５Ｃから１０Ｃまでの範囲で変動す

る。この場合、解析部２６０は信号ＳctrをＬレベルとするので、スイッチＳｗｃがオフ

して、コンデンサーＣ０は圧電素子Ｐztに対して並列接続されない。このため、ノードＮ

２からみた容量性負荷の総和については、５Ｃから１０Ｃまでの範囲となる。

　【０１５９】

　したがって、駆動回路（その９）によれば、ある期間において駆動信号ＣＯＭ－Ａが一

端に印加される圧電素子Ｐztの個数が０からｍまで変動しても、ノードＮ２からみた容量

性負荷は、５Ｃから１０Ｃまでの範囲でしか変動しないので、上記位相回転量の変化の影

響が小さくなり、駆動回路の安定化を図ることが容易となるのである。

　なお、ここでは駆動回路１２０ａについてみたが、駆動回路１２０ｂについて同様であ

り、駆動信号ＣＯＭ－Ｂが印加される圧電素子Ｐztの個数が変動しても、ノードＮ２から

みた容量性負荷の変動を抑えることができる。

　【０１６０】

　コンデンサーＣ０の容量値の設定にあたっては、圧電素子Ｐztの容量値や個数ｍだけで

なく、トランジスター２３１、２３２におけるソース・ドレイン間の抵抗や、配線抵抗、

インダクタンス成分、駆動信号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の周波数などが考慮される。

　なお、図２４の例では、コンデンサーＣ０を１個としたが、２個以上としても良い。具

体的には、複数個のコンデンサーのそれぞれを、スイッチを介して圧電素子Ｐztに対して

並列接続する一方で、駆動信号が一端に印加される圧電素子Ｐztの個数が多くなるにつれ

て、オフするスイッチＳｗの個数を段階的に増加させる構成とすれば良い。

　【０１６１】

　なお、コンデンサーＣ０を有効化または無効化する技術については、図１０、図１２Ａ

、図１２Ｂ、図１４Ａ、図１４Ｂ、図１８、図２０、後述する図２５、図２９、図３１、

図３２にも適用可能である。

　【０１６２】

　駆動回路（その７、その８、その９）において、電源電圧のセット数をそれぞれ「４」

としたが、「２」以上であれば良い。また、駆動回路（その７、その８、その９）におい

て、各セットの電源電圧を不揃いとした構成でも良いし、電圧範囲のうち隣り合う範囲に

ついては一部重複させた構成でも良いし、電圧選択器３５０がデータｄＡ（ｄＢ）ではな

く、アナログ変換後の信号ａin（ｂin）で判別する構成でも良い。

　【０１６３】

　ところで、図１４Ａに示した駆動回路（その４）および図１４Ｂに示した駆動回路（そ

の５）における差動増幅器２２１や、セレクター２２３は、電源として比較的低電圧を用

いることができる。このため、差動増幅器２２１やセレクター２２３を構成するトランジ

スター等の耐圧も低振幅の電源に合わせて低く設計できる。一方、ノードＮ２の電圧Ｏut

1は最高で４０Ｖ程度であり高振幅である。したがって、耐圧の低い差動増幅器２２１に

、高振幅の電圧Ｏut1を直接帰還することができないので、駆動回路（その４、その５）

では、電圧Ｏut1を抵抗素子Ｒ１、Ｒ２で分圧し、当該分圧した電圧Ｏut1を差動増幅２２

１に帰還する構成となっている。

　【０１６４】

　差動増幅器２２１の回路構成そのものは、良く知られたものであり、簡略的いえば、入

力端（＋）が、構成素子であるトランジスターのうち、１つのトランジスターのゲートに

接続された構成である。このため、入力端（＋）には、少なからず容量成分が寄生するの

で、当該寄生する容量成分と抵抗素子Ｒ１とによりＣＲフィルタが形成されて、帰還経路

に一次遅れ（ディレイ）が発生する。このようなディレイは、時間的に長くなるにつれて

トランジスター対でのスイッチング周波数を低下させる方向に働いて、駆動信号ＣＯＭ－

Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の波形再現性を悪化させる。

　【０１６５】

　そこで次に、この点を改善した駆動回路（その１０）について説明する。なお、駆動回

路（その１０）を含む印刷装置の電気的な構成を示すブロック図については、図１３の印

刷装置（その２）と同様である。

　【０１６６】

　図２５は、駆動回路（その１０）の構成を示す図である。この図に示される駆動回路（

その１０）が図１４Ｂに示した駆動回路（その５）と相違する点は、コンデンサーＣ１、

Ｃ２を有する点である。詳細には、駆動回路（その１０）では、コンデンサーＣ１が抵抗

素子Ｒ２に対して並列に接続されるとともに、コンデンサーＣ２が抵抗素子Ｒ１に対して

並列に接続されて微積回路を構成している。すなわち、分圧のための抵抗素子Ｒ１、Ｒ２

を用いつつ、コンデンサーＣ１、Ｃ２を設けた微積回路によって、上記帰還経路における

位相遅れを補償する構成となっている。

　この微積回路における特性の具体例について説明する。

　【０１６７】

　図２６は、微積回路における周波数－ゲイン特性の一例を示す図であり、図２７は、微

積回路における周波数－位相特性の一例を示す図である。

　なお、図２７において縦軸は、位相（度）であり、周波数が１０ＭＨｚ付近をピークに

して位相が相対的に進んでいることを示している。したがって、微積回路では、トランジ

スター対がスイッチングする周波数帯にわたって位相が進むので、帰還経路における位相

遅れが補償される。

　【０１６８】

　なお、上述した例では、ノードＮ２における電圧Ｏut1を１／１０倍にしてノードＮ３

に帰還するので、抵抗素子Ｒ１、Ｒ２の抵抗比は９：１となるが、この特性の説明では、

次に説明するように、抵抗比を４０：１としているので、微積回路のゲインは、トランジ

スター対がスイッチングしない区間において－３２．２５ｄＢ（０．０２４４倍）となっ

ている。

　【０１６９】

　次に、上記微積回路における特性について検討する。

　図２５における微積回路を、入力側を左側に、出力側を右側にそれぞれ書き改めると、

図２８に示される通りとなり、抵抗素子Ｒ１とコンデンサーＣ２との並列接続と、抵抗素

子Ｒ２とコンデンサーＣ１との並列接続とで表現することができる。

　【０１７０】

　抵抗素子Ｒ１とコンデンサーＣ２との並列インピーダンスＺ１は、次式（１）で表すこ

とができる。

　　【数１】



　【０１７１】

　また、抵抗素子Ｒ２とコンデンサーＣ１との並列インピーダンスＺ２は、次式（２）で

表すことができる。

　　【数２】

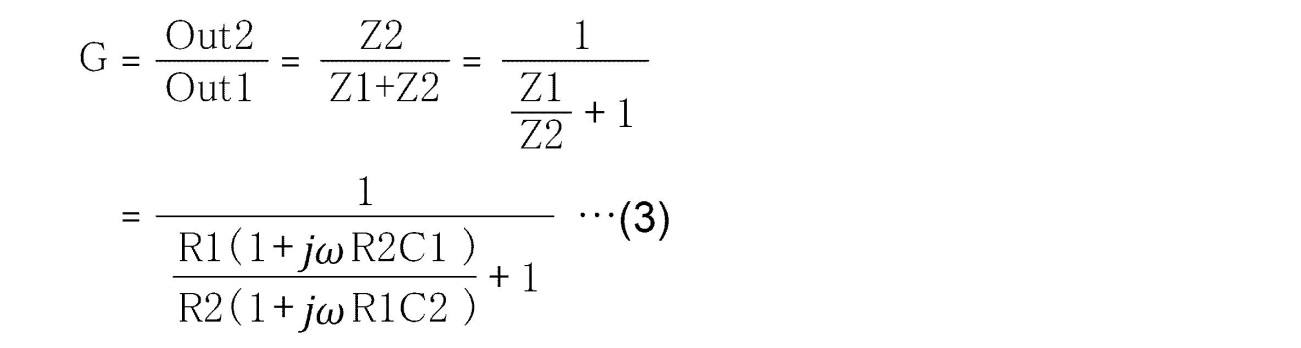


　【０１７２】

　ノードＮ２を入力とし、ノードＮ３を出力とした微積回路のゲインＧについては、次式

（３）で表すことができる。

　　【数３】



　【０１７３】

　式（３）の虚数部分についてはＲ２Ｃ１＝Ｒ１Ｃ２とおいて除去することにより、次式

（４）で表すことができる。

　　【数４】



　【０１７４】

　なお、式（４）で表されるゲインＧは、抵抗素子Ｒ１、Ｒ２による分圧そのものであり

、電圧Ｏut2に対して電圧Ｏut1を小さくするためには、Ｒ１＞Ｒ２とする必要がある。

　【０１７５】

　駆動回路（その１０）によれば、ノードＮ２からノードＮ３までの抵抗素子Ｒ１を介し

た帰還経路と、差動増幅器２２１に寄生する容量成分とで生じるディレイは、当該抵抗素

子Ｒ１のほか、抵抗素子Ｒ２、コンデンサーＣ１、Ｃ２で構成される微積回路によって補

償されるので、トランジスター対の動作周波数を低下させないで済む。このため、駆動信

号ＣＯＭ－Ａ（ＣＯＭ－Ｂ）の波形再現性の悪化を抑えることができる。

　また、ノードＮ２には、異常発振防止用のコンデンサーＣ０が接続されるが、このコン

デンサーＣ０は、ノードＮ２からみたときに負荷になるので、無駄に電力が消費される原

因の１つとなる。コンデンサーＣ０の容量を小さくすれば、無駄な消費電力を抑えること

ができるが、コンデンサーＣ１、Ｃ２が存在しない構成では、異常発振の可能性が高くな

る。これに対して、本実施形態によれば、コンデンサーＣ１、Ｃ２を含む微積回路によっ

て、異常発振を抑えた上でコンデンサーＣ０の容量を小さくすることができるので、低消

費電力化を図ることが可能になる。

　【０１７６】

　次に、駆動回路（その１０）の応用・変形例である駆動回路（その１１）について説明

する。

　【０１７７】

　図２９は、駆動回路（その１１）を示す図である。この図に示されるように、駆動回路

（その１１）では、ノードＮ２と抵抗素子Ｒ１と間に、電圧Ｏut2に所定係数を乗算する

演算増幅器２９０（バッファアンプ）が設けられる。このように演算増幅器２９０を設け

た構成によれば、ノードＮ２の電圧Ｏut2が抵抗素子Ｒ１、Ｒ２を介したリークによって

低下してしまうのを防止することができる。

　【０１７８】

　上述したように、ノードＮ２を、抵抗素子Ｒｕでプルアップするとともに、抵抗素子Ｒ

ｄでプルダウンする構成では、貫通電流が流れてしまうので、図１２Ａ、図１４Ａ、図２

５で示した構成では、抵抗素子Ｒｕを無効化させるスイッチＳｗｕが設けられ、また、図

１２Ｂ、図１４Ｂ、図１８、図２０に示した構成では、さらに抵抗素子Ｒｄを無効化させ

るスイッチＳｗｄが設けられる一方で、スイッチＳｗｕのオンオフは信号ＯＣａにしたが

って制御され、スイッチＳｗｄのオンオフは信号ＯＣａの論理レベルをＮＯＴ回路２９１

により反転した信号にしたがって制御される構成であった。

　ただし、信号ＯＣａの本来の役目は、セレクター２２３における選択の指示であって、

スイッチＳｗｕ、Ｓｗｄにおけるオンオフの制御ではない。また、スイッチＳｗｕ、Ｓｗ

ｄや、ＮＯＴ回路２９１などで遅延が発生すると、貫通電流が一時的に流れる可能性もあ

る。

　そこで次に、この点を改善した駆動回路（その１２）について説明する。

　【０１７９】

　図３０は、駆動回路（その１１）を含む印刷装置（その５）の電気的な構成を示すブロ

ック図である。この図に示される印刷装置（その５）が、図１３に示した印刷装置（その

２）と相違する点は、制御部１１０が、信号Ｐｕａ、Ｐｄａを駆動回路１２０ａに供給す

るとともに、信号Ｐｕｂ、Ｐｄｂを駆動回路１２０ｂに供給する点である。

　【０１８０】

　信号Ｐｕａは、例えば駆動信号ＣＯＭ－Ａ（信号ａin）が閾値Ｖthよりも低い電圧で一

定となる期間Ｐ２、Ｐ６（図１１参照）でＨレベルとなり、それ以外の期間Ｐ１、Ｐ３～

Ｐ５でＬレベルとなる。また、信号Ｐｄａは、駆動信号ＣＯＭ－Ａが閾値Ｖth以上高い電

圧で一定となる期間Ｐ４でＨレベルとなり、それ以外の期間Ｐ１～Ｐ３、Ｐ５でＬレベル

となる。

　信号Ｐｕｂは、駆動信号ＣＯＭ－Ｂ（信号ｂin）が閾値Ｖthよりも低い電圧で一定とな

る期間でＨレベルとなり、それ以外の期間でＬレベルとなる。また、信号Ｐｄｂは、駆動

信号ＣＯＭ－Ｂが閾値Ｖth以上高い電圧で一定となる期間でＨレベルとなり、それ以外の

期間でＬレベルとなる。

　【０１８１】

　図３１は、駆動回路（その１２）の構成を示す図である。この図に示される駆動回路（

その１２）が図１４Ｂに示した駆動回路（その５）と相違する主な点は、スイッチＳｗｕ

のオンオフが信号Ｐｕａにしたがって制御される点、および、スイッチＳｗｄのオンオフ

が信号Ｐｄａにしたがって制御される点である。

　【０１８２】

　駆動回路（その１２）によれば、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する側でいえば、スイッチ

Ｓｗｕは、期間Ｐ２、Ｐ６だけオンし、スイッチＳｗｄは期間Ｐ４だけオンするので、抵

抗素子Ｒｕ、Ｒｄを介して貫通電流が流れるのを防止することができる。

　【０１８３】

　なお、駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する駆動回路において、期間Ｐ２、Ｐ６は、上述した

ようにトランジスター２３２がリニア動作となる場合である。この場合、トランジスター

２３１がオフになっているので、トランジスター２３２によってノードＮ２の電圧Ｏutを

電圧ａinに追従させるためには、ノードＮ２を抵抗素子Ｒｕによってプルアップする必要

があるが、それ以外の期間Ｐ１、Ｐ３～Ｐ５では、ノードＮ２をプルアップする必要は特

にない。

　一方、期間Ｐ４は、トランジスター２３１がリニア動作となる場合である。この場合、

トランジスター２３２がオフになっているので、トランジスター２３１によってノードＮ

２の電圧Ｏutを電圧ａinに追従させるためには、ノードＮ２を抵抗素子Ｒｄによってプル

ダウンする必要がある。ただし、それ以外の期間Ｐ１～Ｐ３、Ｐ５では、ノードＮ２をプ

ルダウンする必要は特にない。

　したがって、駆動回路（その１２）によれば、抵抗素子Ｒｕによるプルアップ、および

、抵抗素子Ｒｄによるプルダウンを、それぞれ必要な期間だけ機能させている構成という

ことができる。

　【０１８４】

　またここでは、駆動回路（その１２）として駆動信号ＣＯＭ－Ａを出力する側を例にと

って説明したが、駆動信号ＣＯＭ－Ｂを出力する駆動回路１２０ｂであれば、図３２の括

弧書きで示されるように、スイッチＳｗｕのオンオフが信号Ｐｕｂで制御され、スイッチ

Ｓｗｄのオンオフが信号Ｐｄｂで制御される構成となる。

　【０１８５】

　なお、信号Ｐｕａ（Ｐｕｂ）、Ｐｄａ（Ｐｄｂ）については、信号ＯＣａ（ＯＣｂ）と

同様に、データｄＡ（ｄＢ）についての離散値と、当該離散値の時間的な連続性を解析す

ることで、制御部１１０以外の構成で生成することが可能である。

　【０１８６】

　また、図２５の駆動回路（その１０）、図２９の駆動回路（その１１）および図３１の

駆動回路（その１２）においては、データｄＡ（ｄＢ）をアナログ変換し、信号ａin（ｂ

in）として差動増幅器２２１の負入力端（－）に供給するＤＡＣ２９３を設けても良い。

　図３２は、駆動回路（その１２）にＤＡＣ２９３を設けた駆動回路（その１３）を示す

図である。駆動回路（その１０、その１１）にＤＡＣ２９３を設けた例についての図示は

省略する。

　【０１８７】

　以上の説明では、トランジスター対のうち、トランジスター２３１をＰチャネル型とし

、トランジスター２３２をＮチャネル型としたが、トランジスター２３１、２３２をＰチ

ャネル型またはＮチャネル型で揃えても良い。ただし、差動増幅器２２１による出力信号

や、信号ＯＣａ（ＯＣｂ）によってオフさせられるときのゲート信号などを適宜合わせる

必要がある。

　【０１８８】

　また、駆動回路（その１、その２、その３）や、駆動回路（その７、その８、その９）

の単位回路２００において、ノードＮ２からトランジスター２３１のドレイン端子に向か

う電流を阻止するためのダイオード、および、トランジスター２３２のドレイン端子から

ノードＮ２に向かう電流を阻止するためのダイオードをそれぞれ設けても良い。

　【０１８９】

　上記説明では、液体吐出装置を印刷装置として説明したが、液体を吐出して立体を造形

する立体造形装置や、液体を吐出して布地を染める捺染装置などであっても良い。

　【０１９０】

　また、駆動回路については、メイン基板１００に設けたが、駆動ＩＣ５０とともにキャ

リッジ２０（またはヘッドユニット３）に設ける構成としても良い。ヘッドユニット３の

側に駆動回路を設けると、大振幅の信号を、フレキシブルフラットケーブル１９０を介し

て供給する必要がなくなるので、耐ノイズ性を高めることができる。

　【０１９１】

　さらに、上記説明では、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）の駆動対象としてインクを吐出

するための圧電素子Ｐztを例にとって説明したが、駆動回路１２０ａ（１２０ｂ）を印刷

装置から切り離して考えてみたときに、駆動対象としては、圧電素子Ｐztに限られず、例

えば超音波モーターや、タッチパネル、静電スピーカー、液晶パネルなどの容量性成分を

有する負荷のすべてに適用可能である。

【符号の説明】

　【０１９２】

　１…印刷装置（液体吐出装置）、３…ヘッドユニット、１００…メイン基板、１２０ａ

、１２０ｂ…駆動回路、２００…単位回路、２２１…差動増幅器、２２３…セレクター、

２３１、２３１ａ、２３１ｂ、２３１ｃ、２３１ｄ、２３２、２３２ａ、２３２ｂ、２３

２ｃ、２３２ｄ…トランジスター、２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、２７０ｄ…ゲートセ

レクター、２８０…セレクター、２７０ａ、２７０ｂ、２７０ｃ、２７０ｄ…ゲートセレ

クター、２８０…セレクター、２９０…演算増幅器、４４２…キャビティ、Ｐzt…圧電素

子、Ｎ…ノズル、Ｒ１、Ｒ２、Ｒｕ、Ｒｄ…抵抗素子、Ｃ１、Ｃ２…コンデンサー、Ｓｗ

ｕ、Ｓｗｄ…スイッチ。

【書類名】特許請求の範囲

【請求項１】

　駆動信号の印加により変位する圧電素子を含み、当該圧電素子の変位により液体を吐出

する吐出部と、

　前記駆動信号の元となる元駆動信号と前記駆動信号に基づく信号とに基づいて制御信号

を出力する差動増幅器と、

　前記制御信号に基づいて制御されるハイサイドトランジスターおよびローサイドトラン

ジスターを含み、前記駆動信号を出力端から出力するトランジスター対と、

　前記ハイサイドトランジスターまたは前記ローサイドトランジスターのいずれかを選択

し、当該選択したトランジスターに前記制御信号を供給する選択部と、

　一端が前記出力端に電気的に接続され、他端に第１電圧が印加される第１抵抗素子と、

　一端が前記出力端に電気的に接続され、他端に前記第１電圧よりも低位の第２電圧が印

加される第２抵抗素子と、

　を備えることを特徴とする液体吐出装置。

【請求項２】

　前記選択部は、所定の選択信号に基づいて、前記制御信号を供給するトランジスターを

選択し、

　前記選択信号は、前記元駆動信号の電圧に基づいて、前記選択部における選択を指定す

る

　ことを特徴とする請求項１に記載の液体吐出装置。

【請求項３】

　前記選択部は、

　前記駆動信号の電圧が上昇する期間では、前記ハイサイドトランジスターを選択し、

　前記駆動信号の電圧が低下する期間では、前記ローサイドトランジスターを選択する

　ことを特徴とする請求項１または２に記載の液体吐出装置。

【請求項４】

　前記駆動信号の電圧が上昇する期間では、前記ハイサイドトランジスターがスイッチン

グ動作する期間を含み、

　前記駆動信号の電圧が低下する期間では、前記ローサイドトランジスターがスイッチン

グ動作する期間を含む

　ことを特徴とする請求項３に記載の液体吐出装置。

【請求項５】

　前記選択部は、

　前記駆動信号が所定の閾値以上の電圧で一定となる期間では、前記ハイサイドトランジ

スターを選択し、

　前記駆動信号が前記閾値よりも低い電圧で一定となる期間では、前記ローサイドトラン

ジスターを選択する

　ことを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の液体吐出装置。

【請求項６】

　前記閾値は、

　前記駆動信号の電圧の最高値よりも低く、

　前記駆動信号の電圧の最低値よりも高い、

　ことを特徴とする請求項５に記載の液体吐出装置。

【請求項７】

　前記駆動信号が前記閾値以上の電圧で一定となる期間では、前記ハイサイドトランジス

ターがリニア動作する期間を含み、

　前記駆動信号が前記閾値よりも低い電圧で一定となる期間では、前記ローサイドトラン

ジスターがリニア動作する期間を含む、

　ことを特徴とする請求項５または６に記載の液体吐出装置。

【請求項８】

　前記出力端に一端が電気的に接続されたコンデンサーをさらに備える

　ことを特徴とする請求項１乃至７のいずれか１項に記載の液体吐出装置。

【請求項９】

　駆動信号により容量性負荷を駆動する駆動回路であって、

　前記駆動信号の元となる元駆動信号と前記駆動信号に基づく信号との差電圧に基づいて

制御信号を出力する差動増幅器と、

　前記制御信号に基づいて制御されるハイサイドトランジスターおよびローサイドトラン

ジスターを含み、前記駆動信号を出力端から出力するトランジスター対と、

　前記ハイサイドトランジスターまたは前記ローサイドトランジスターのいずれかを選択

し、当該選択したトランジスターに前記制御信号を供給する選択部と、

　一端が前記出力端に電気的に接続され、他端に第１電圧が印加される第１抵抗素子と、

　一端が前記出力端に電気的に接続され、他端に前記第１電圧よりも低位の第２電圧が印

加される第２抵抗素子と、

　を備えることを特徴とする駆動回路。

【請求項１０】

　駆動信号の印加により変位する圧電素子を含み、当該圧電素子の変位により液体を吐出

する吐出部を含むヘッドユニットであって、

　前記吐出部は、

　前記駆動信号の元となる元駆動信号と前記駆動信号に基づく信号との差電圧に基づいて

制御信号を出力する差動増幅器と、

　前記制御信号に基づいて制御されるハイサイドトランジスターおよびローサイドトラン

ジスターを含み、前記駆動信号を出力端から出力するトランジスター対と、

　前記ハイサイドトランジスターまたは前記ローサイドトランジスターのいずれかを選択

し、当該選択したトランジスターに前記制御信号を供給する選択部と、

　一端が前記出力端に電気的に接続され、他端に第１電圧が印加される第１抵抗素子と、

　一端が前記出力端に電気的に接続され、他端に前記第１電圧よりも低位の第２電圧が印

加される第２抵抗素子と、

　を備える駆動回路によって駆動されることを特徴とするヘッドユニット。

【書類名】要約書

【要約】

【課題】液体吐出装置の消費電力を改善する。

【解決手段】駆動回路１２０ａは、信号Ａinと駆動信号ＣＯＭ－Ａに基づく信号との差電

圧に基づいて制御信号を出力する差動増幅器２２１と、制御信号に基づいて制御され、駆

動信号ＣＯＭ－ＡをノードＮ２から出力するトランジスター２３１、２３２と、いずれか

のトランジスターを選択し、当該選択したトランジスターに制御信号を供給するセレクタ

ー２２３と、ノードＮ２をプルアップする抵抗素子Ｒｕと、ノードＮ２をプルダウンする

抵抗素子Ｒｄと、を備える。

【選択図】図１０