

ピエゾ素子による位置設定用ユニットの駆動回路製作

○淀縄文男¹、中原繁男²

筑波大学 生命・情報等教育研究支援室 (物理工学系)

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

現在、大学などの研究室において実験装置の精密な位置決めなどでピエゾ素子を使用することが多くなっている。このピエゾ素子に電圧を加えることによって伸び縮みすることを利用して位置設定を行なうことができる。この方法を利用した回路の製作が数回にわたり各研究室から製作依頼があった。

今回はピエゾ素子を応用した位置設定用ユニットの駆動回路を製作することになった。このユニットの動作原理は電圧の変化を利用して静的摩擦と動的摩擦を作り、微小の位置変化を作り出すことができる非常にシンプルなものである。

この動作を満足させるためにはランプ波を発生させる回路が必要となってくる。そこで、我々はピエゾ素子を応用したユニットを駆動するドライブ回路(位置決めをするための駆動回路)を、実際に回路設計を行い製作することになった。

1. はじめに

最初に我々が所属している生命・情報等教育研究支援室(物理工学系)についてどのような職場であるか簡単に説明させて頂く。

学系の中には機械、電気、化学の専門分野ごとに3つのグループがあり、それぞれの仕事をしている。そして電気を2名で担当している。

電気担当としての仕事の内容を簡単に述べさせて頂き、主な仕事は学系内研究用装置の設計及び製作、LANの管理(教官用のホームページ、IPアドレス、LANの工事など)、電気部品の管理、電気実習(時期:10月初旬から11月下旬)、学生に対してアドバイスなどを行っている。また、それぞれに学生実験を担当している。

今回、研究に使用する実験装置の製作の依頼があり、製作したので報告する。

2. 回路について

2.1 ブロック図による回路の概略

回路に付いて図1のブロック図を元に説明する。今回の回路の発振部にはセイコーエプソン社のプログラマブル水晶発振器(SPG8640BN)を使用した。これは57種類の周波数(1/120Hz-1MHz)を簡単にディップスイッチによりCTL1~CTL6を選択することによって周波数を出力できるものである^[1]。ここで選択された周波数を次のD-A変換部に入力する。

D-A変換部はバイナリカウンタ74HC4040と8ビットのバイポーラのD-AコンバータDAC0800そして電流電圧変換用のOPアンプによる3個のICによって構成している。この回路構成によって電圧波形(ランプ波)を作り出力している。また、ここで作られた出力波形を電圧増幅回路に入力し約1倍から2倍の可変出力波形としている。

IC(LF356)はFET入力の扱いやすいOPアンプで一般的に広く使われている。

次に電圧増幅で作られた可変の電圧を整流回路に入力し正の波形と負の波形を取り出している。これはOPアンプとダイオードの組み合わせによる理想ダイオード回路としダイオードの順方向電圧のロスをなくしている。ここで使用しているダイオードは1S1588で、一般的に出回っているシリコン・ダイオードである。

この正側用ダイオード、負側用ダイオードによって出力された正電圧波形は位相反転回路を通した後位相切り替えスイッチに、負電圧波形は直接位相切り替えスイッチに、それぞれの負の波形を選択し出力モニター用OPアンプとアナログスイッチに送られる。

使用したアナログスイッチ(LF13333)はロジック入力力でアナログ信号をON、OFFできる。

出力モニターの回路には、やはりLF356を負入力とし波形がパルス状なのでメータのふらつきを無くすために積分し直流メータにより直読できるようにした。

D-A変換部のバイナリカウンタから送られた信号はロジック回路を通しカウンター部の74HC190をシリーズ接続して2桁までセットできるようにした。

カウンター回路部は、74HC123のワンショット・マルチバイブレータを使いスタートパルスを作りR-Sフリップ・フロップを通し74HC107のJ-Kフリップ・フロップからロード信号を74HC190のUP/DOWNデコーダ・カウンタに送っている。これは、立下りのスタート信号をLトリガ形R-Sフリップ・フロップでHにセットし、74HC4040の12ビットカウンタからの信号をカウンター回路部の基準パルスとしDタイプフリップ・フロップに送り1/2分周回路を通してJ-Kフリップ・フロップのクロックと74HC190のデコーダ・カウンタのクロックに送っている^{[2][3][4]}。

ここでのJ-Kフリップ・フロップはスタート信号を基準パルスに同期させるためである。また、カウンター内のセットした値が“0”になると、基準パルスの立下りに同期し、RCO(Ripple Carry Output)出力が“L”となり、R-Sフリップ・フロップがリセット

¹ E-mail: yodonawa@bk.tsukuba.ac.jp

² E-mail: nakahara@bk.tsukuba.ac.jp

される。デコーダ・カウンタにプリセットすべきデータを与えるために使用したデジスイッチは、オムロンサムロータリースイッチである^[5]。

このカウンタ回路において設定された数だけ高圧増幅回路(高圧のためOPアンプと耐圧の大きいトランジスタのデスクリーンで組んだ。)に送り増幅

し出力される。この増幅回路は入力電圧を10倍に増幅する。

回路に使用した高圧電源はあまり電流が必要としないため電流制御方式は使わず電源は倍電圧整流回路のみとした。以上が回路の大まかな説明である。

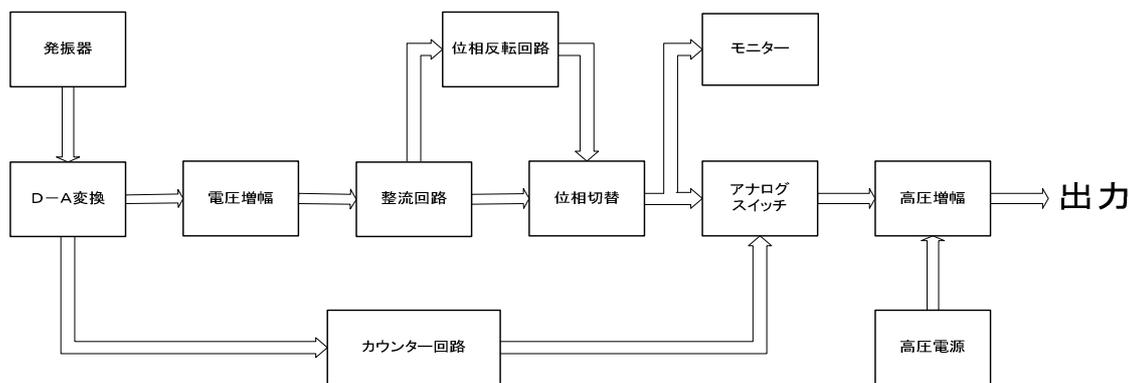


図1. ブロック図

2.2 プリント基板の製作

プリント基板の製作についてはいろいろな方法がある。パーソナルコンピュータが発達している現代ではプリント基板の製作に当たって自動化が我々にも身近になりつつある。

その一つの方法として、すべてコンピュータによってパターン図を描きその描いたものを専用のプリント基板製作機械で削り取ってしまうという非情に簡単で、しかも早く製作することが出来る。このような機械を購入すれば楽であるが使用頻度を考えるとコストが高くなり、無駄のように感じられる。また、簡単に製作しやすい方法としてフォトリソ法がある。沢山の基板を焼くのであればフォトリソ法も良いが、我々が関係している研究室の仕事である装置製作は単品ものが多いことから今回の製作にあたってはすべて手書きで製作した。

アナログ回路とデジタル回路があるため配線の引き回しとノイズを考慮して両面基板を使用した。製作の方法としてはトレース紙にパターン図を描きそれをプリント基板に写し取る方法で少し原始的でもある。今回使用したものはガラスエポキシ系の厚さ1.6tの両面基板を使用した。

この様な方法で出来上がったものが写真1のプリント基板である。写真2はプリント基板に部品を実装したものである。

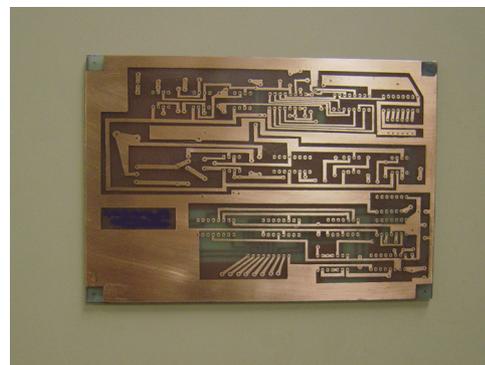


写真1. プリント基板

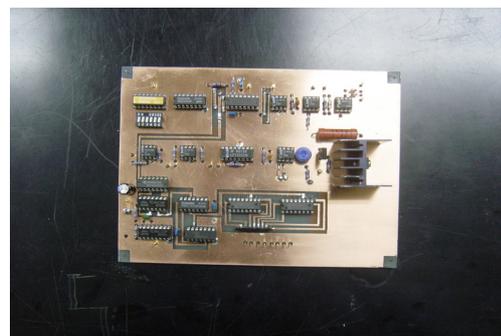


写真2. 部品実装

3. 完成した装置

電源部、メインボード、その他の部品をケースに収め配線し完成したユニットである。

写真3は製作した本体の写真であり、出力を見やすくするためにモニター用のアナログメータを正面パネル中央に配置し出力可変用ボリュームをその下に取り付けた。右側のツマミは方向設定用、デジタルの表示はパルス数を設定し、下のスタートボタンにより設定数のパルスを出力する。

写真4はユニット内部の写真で左側がメインボードで右上が電源部、右下が電圧変換用トランスである。



写真3. 正面パネル

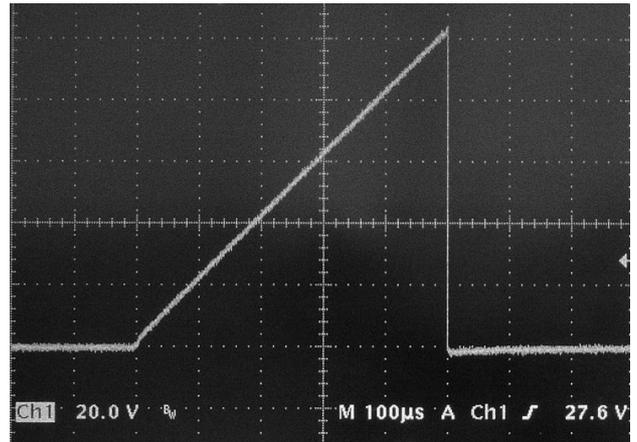
4. 波形観測

4.1 正方向波形

写真5は出力電圧：100V、パルス幅：500 μ s のランプ波を単発セットし出力した波形である。

写真6は出力電圧：50V、パルス幅：500 μ s のランプ波を3発セットし出力した波形である。

写真7の上側は正方向電圧波形（出力電圧：100Vを3発出力にセットし出力させた波形）であり、下側はその波形の立下りの波形を測定した。出力電圧：100V 立下り：2 μ s である。



X 軸：100 μ s/div Y 軸：20V/div

写真5. 正出力波形

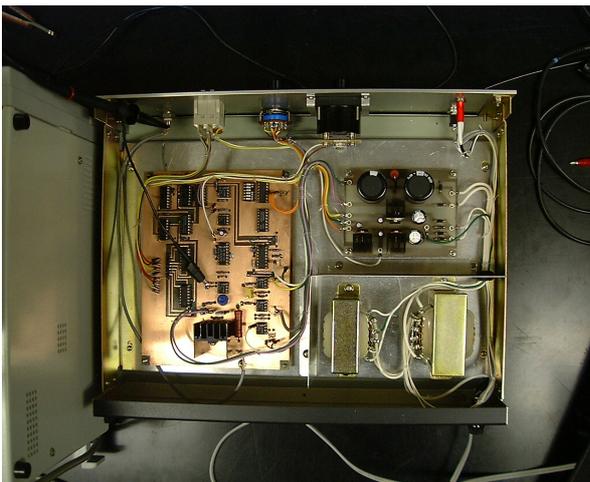
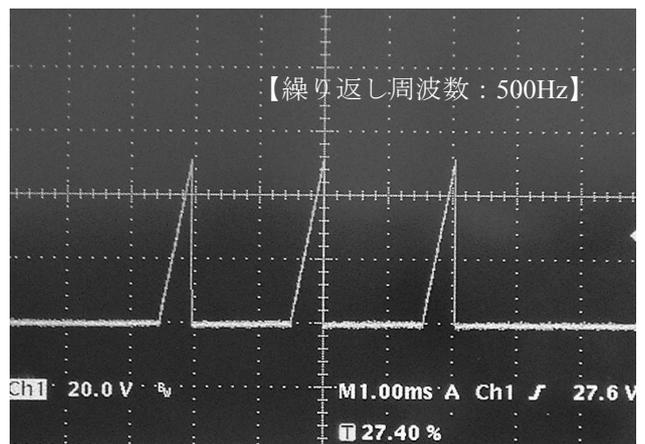
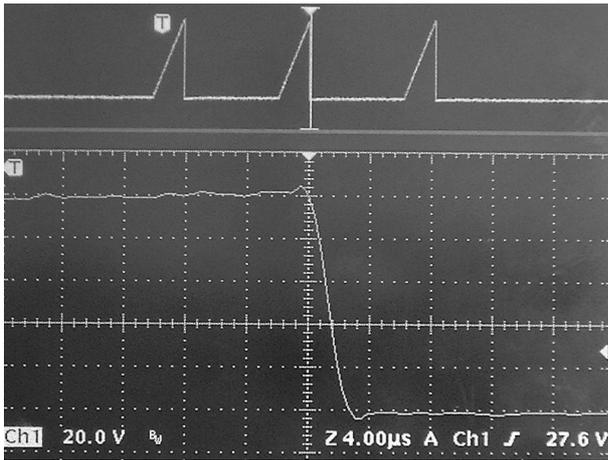


写真4. ユニット内部



X 軸：1ms/div Y 軸：20V/div

写真6. 正出力波形（3発）



X 軸 : 4µs/div Y 軸 : 20V/div

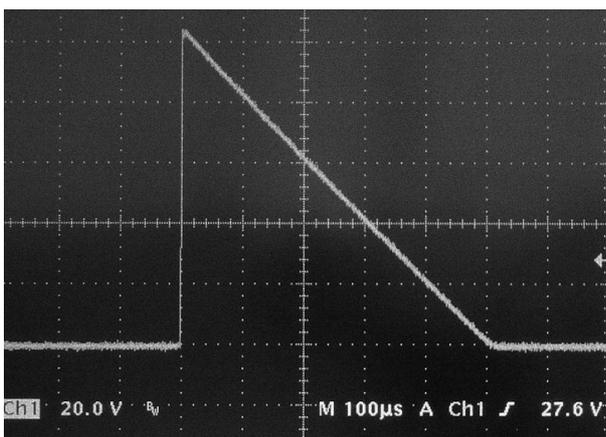
写真 7. 正出力波形 (立下り)

4.2 逆方向波形

写真 8 は出力電圧 : 100V、パルス幅 : 500µs のランプ波を単発セットし出力した波形である。

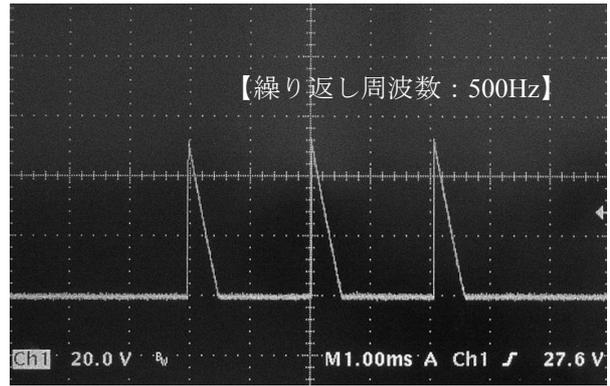
写真 9 は出力電圧 : 50V、パルス幅 : 500µs のランプ波を 3 発セットし出力した波形である。

写真 10 上側は逆方向電圧波形 (出力電圧 : 3 発出力にセットし出力させた波形) であり、下側はその波形の立ち上がりの波形を測定した。出力電圧 : 100V 立ち上がり : 2µs である。



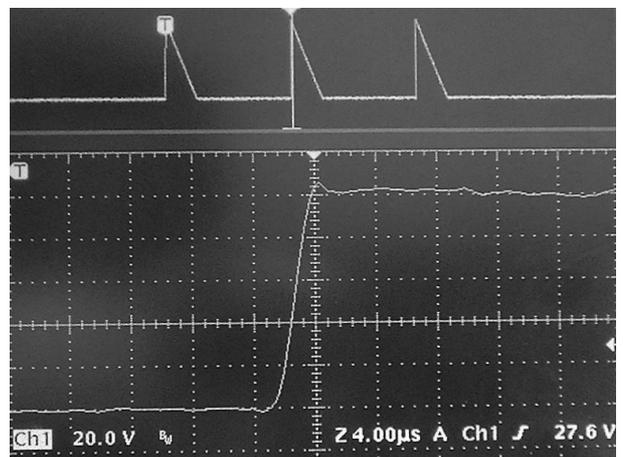
X 軸 : 100µs/div Y 軸 : 20V/div

写真 8. 逆出力波形



X 軸 : 1ms/div Y 軸 : 20V/div

写真 9. 逆出力波形 (3 発)



X 軸 : 4µs/div Y 軸 : 20V/div

写真 10. 逆出力波形 (立上り)

5. 測定結果

今回製作した駆動回路については仕様書にそって製作したユニットの出力波形をそれぞれ測定してみた。ランプ波の立ち上がり、及び立ち下りを測定したが仕様書の指定では正方向波形では立ち上がり : 150µs 以上が 500µs であり、立下り : 15µs 以下の指定が 2µs であった。また逆方向波形では立ち上がり : 15µs 以下を 2µs となり立下り : 150µs 以上が 500µs とした。

仕様書においては、繰り返し周波数 : 2KHz 以下とするとの事で繰り返し周波数は 500Hz と設定した。パルスのセットは 99 パルスセットできるようになっている。そして出力電圧は指定どおり 50V から最

大 120V まで連続で出力可変可能にし、測定した結果スムーズに波形も歪まず出力されたことが分かった。ストック部品を使うことを目標に製作したが、仕様書は十分満足することができた。

6. 今後の課題

ストック部品での製作では限界がある。今後は、段数の多いバイナリカウンタやそれに対応した D-A コンバータを購入し分解能を良くした場合どの位精度が良くなるか製作し、比較してみる。また、実際に研究に試用した結果を報告していただきそれを基に改良を重ねていき完成度の高い装置にすることが課題であると同時に今後の装置作りの基礎にすることを我々は考えている。

謝辞

今回の製作にあたって協力して下さった物理工学系牧村哲也講師に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] セイコーエプソン (QUARTZ DEVICE) pp47-48
- [2] トランジスタ技術 SPECIALNo.4 p100
- [3] 高速 CMOS ロジック・データブック (日本テキサス・インスツルメンツ 1991)
- [4] 中原繁男、淀縄文男：分光計測用 24 ビット・カウンターの製作, 筑波大学技術報告No.13 (1993) pp13-20
- [5] OMRON ベスト制御機器オムロン第 12 版 pp883-892