

クランク角センサーを利用した 的当て機の製作

長崎県立佐世保実業高等学校
自動車工学科 浦田 誠一

はじめに

ガソリン・エンジンがスムーズに回転するためには、適切な時期にスパーク・プラグに電気火花を飛ばし、混合気に点火して燃焼させることによりスムーズな回転が得られる。このような作用をしている装置が点火装置で、点火時期や火花の強さを制御している。

最近では、マイクロコンピュータ制御による電子燃料噴射装置にクランク角センサーを組み込んで、より正確な点火時期制御が行えるようになった。

しかし、このようなシステム装置は生徒たちにとって理解しにくいシステムの一つであり、何とか興味を示す教材ができないか試行錯誤が続いていた。そして、次のようなアイデアを出し合った。

- 1) 簡単に点火時期のメカニズムを表現できないか。
- 2) 目に見える形で点火時期制御を表現できないか。
- 3) ゲーム感覚で操作でき、生徒が興味を示すものはないか。

このアイデアは、Carメカトロニクス研究同好会の生徒達と点火システム装置をもっとわかりやすく表現できないかと考えていったときに思いついたシステムであり、的当て機として製作を始めた。

このシステム装置は全くオリジナルである

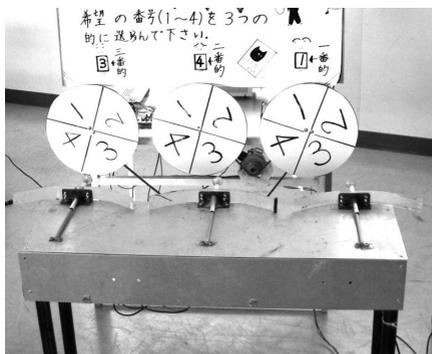


写真1

ために、部員と共にアイデアを出し合い試行錯誤しながら製作を続けた。しかし、特に電子回路のアイデアは、参考文献もなく大変苦労したが、柔軟性に富む生徒達の発想とアイデアで基本電子回路と全体の設計ができ、的当て機として完成することができた。

1. 概要

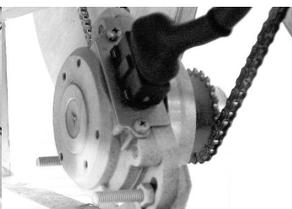
クランク角センサーから出力されるクランク角度信号・ 1° 信号と位置判別信号・ 180° 信号を利用することで、回転する的位置を正確に知ることが出来る。その信号を電子回路を通して加工し、コンピュータで制御することでタイミングよく矢を発射、目的の的番号に矢を確実に当てることのできるシステム装置である。

クランク角センサーは、日産のエンジン・CA18DEに使用されている4気筒ガソリン・エンジン用なので、的番号も1番から4番になった。また、的の数はシステムの大きさを考え3つにした。制御用コンピュータには、生徒達がみんな持っているポケコン(シャープ・PC-830)を使用し、BASIC言語とマシン言語をリンクしたプログラムで構成している。

また、アクチュエータとして矢を発射するトリガー装置にスタータ・モータのマグネット・スイッチを使用し、矢の先端には吸盤を取り付け、繰り返しの使用ができるようにし



写2 (駆動用モータ)



写3 (クランク角センサー)



写4 (矢の発射台)

た。

2. システム制御と電子回路の構成

写真2のモータで駆動されるクランク角センサー(写真3)は、3つの的をチェーンで駆動し、定電圧電源で電圧・電流を一定に調整、的的回転数を1分間に170回転で回るように調整している。矢は、写真4のFRP樹脂で加工した一定厚みの物で3つとも同じ張力になるように調整した。トリガーはスタータ・モータのマグネットスイッチを使用し、ドライバーICである54532Pから送られてくる発射信号をパワー・トランジスターを使って増幅し、アクチュエータであるマグネット・スイッチを駆動している。

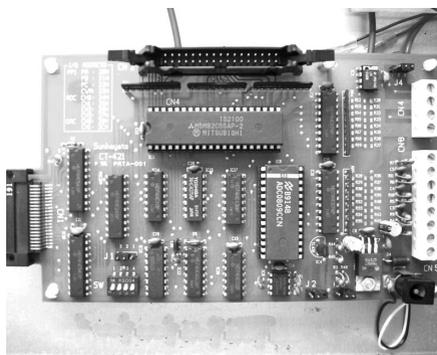
また、制御用コンピュータにはシャープのPC-830を使用しているが、このポケコンはCPUにはZ80が使われ、プログラムもBASIC言語・アセンブリ言語・C言語が使用され、外部出力ポートも持っているために制御実習

を学習するのに機能的に優れていると思う。ポケコンのインターフェイスにはサンハヤトのCT-34(写真5)を使用し、8ビット・3ポート(PA・PB・PCポート)の入出力ポートを電子回路(写真6)と接続した。電子回路図は、10個のTTL・ICで構成しており、クランク角センサー、位置判別回路、分配回路、ドライバー回路から成っている。

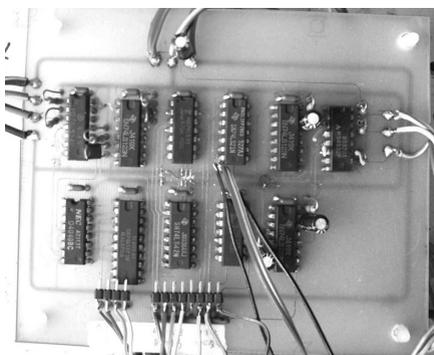
3. 的当てシステム装置の作成手順

的当て機をシステムとして設計する場合、まず始めにシステム全体のブロック図(図1)を完成し、そこからソフトウェアとハードウェアの分担を考えていった。

プログラムを重視すると電子回路はシンプルになるが、コンピュータに負担がかかるためコンピュータの処理速度とプログラムの大きさが問題となる。特に処理速度が要求されるところはマシン語で動かし、DATAの入力と矢の発射命令はBASICで作成することにし



写5 (サンハヤトCT-34)



写6 (電子回路)

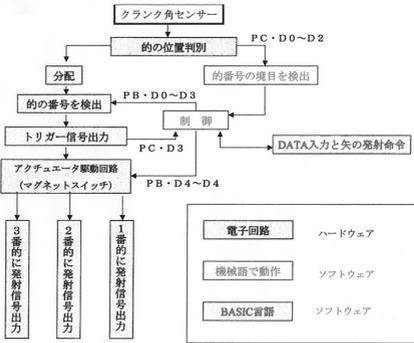


図1 システムブロック図

た。また、ハードウェアに重点を置いた設計となったため、電子回路が複雑になり、電子回路設計には最も時間がかかった。また、回路が完成して作動までに何回でも手直しをし、完成までに最も苦勞をした所である。

3-1 プログラム

使用するコンピュータは、生徒達が持っているポケコンを使った。このポケコンは8ビットCPU-Z80を搭載しており、BASIC・C言語・アセンブリ言語が使用され、アセンブリ言語をアセンブルしてメモリー内にマシン語を直接書き込むことができるので、制御実習にはもってこいのポケコンだと思う。

プログラムは、マシン語とBASICをリンクした形で作成し、処理速度が要求される(ブロック図でいうと“的番号の境目を検出”と“制御”)ブロックをマシン語で作成し、そのほかの“DATA入力と矢の発射命令”プログラムはBASICで作成した。

3-2 電子回路

クランク角センサーは、日産車のCA18DE 4気筒ガソリン・エンジン用を使用した。これは、光学式センサーになっており、このセンサーから出力される信号を調べたら、1°信号(クランク角度信号)と180°信号(位置判別信号)の2信号が出力されており、この信号を電子回路で加工しコンピュータで制御す

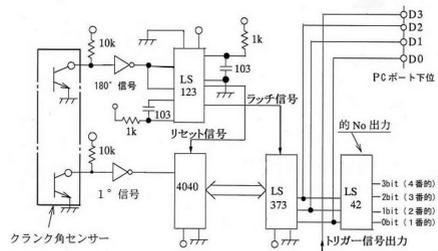


図2 位置判別回路

ることで、矢の発射信号を作っている。

3-2-1 クランク角センサー

4気筒クランク角センサー(写真3)は、回転することで常に正確な1°信号と180°回転する毎にパルスの波長がそれぞれ違う180°信号(位置判別信号)が出力されており、その2つの信号のANDを取ることで正確な位置判別をすることが出来る。

オシロスコープで観測すると、1°信号波形と180°信号のANDを取った波形は、4パルス・8パルス・12パルス・16パルスとそれぞれ出力パルス数が違うために、この波形のパルスをカウントすることで正確な的的位置を知ることが出来る。

3-2-2 位置判別回路

図2の位置判別回路より180°信号は、NOT回路を通してワンショットIC・LS123に入力され、波形の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジを通し、それぞれ2つのワンショット波形を作っている。その波形の1つはカウンタICで4040のリセット用、もう1つがDラッチICのLS373のDATAラッチ用である。

1°信号はNOT回路を通してカウンタICの4040で1°信号波形のカウント用としてLS123からのリセット信号が入るまでカウントし続ける。この制御によりLS373の出力は、1°信号波形と180°信号をちょうどANDした数値が次の180°

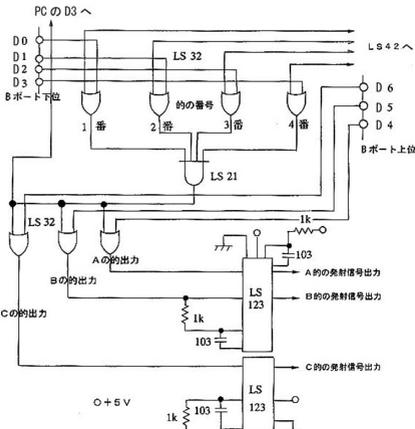


図3 分配回路図回路

信号の立ち上がりエッジが入るまでラッチし続けられる。

このラッチDATAを2ビット右にシフトすることで、的的番号である1番から4番までの数値としてデシマル・マルチプレクサIC・LS42に入力し、的的番号別に4つの信号を分配回路に送っている。

3-2-3 分配回路

それぞれの的番号は、LS42から出力され、それぞれ1番から4番の的番号別に分配される。分配された信号をOR回路IC・LS32の一端に入力し、もう一端のOR回路にはインターフェースのPBポートのD0～D3に繋げることで、コンピュータからは目的の的番号のみがアクティブ信号として“0”が出力される。

的的が回転してきて目的の的番号とコンピュータからの指示番号が一致した瞬間から、LS21の出力が“0”となり、的的の一致信号としてトリガー信号が出力される。

LS21の出力は、OR回路の各一端にそれぞれ入力され、もう一端はインターフェースのPBポートのD4～D6に繋がっているため、インターフェースのPBポートから出力される3つの的的の1つが選択されてOR回路の出

力のみがアクティブ“0”となる。その信号の立ち上がりエッジでLS123からワンショット・パルス（発射信号）が出力され、ドライバー回路に送られ矢が発射する。

4. おわりに

この的当て機は6～7年前に県の物作り予算で完成したシステム装置で、完成までには7ヶ月を要した。その間、本当に出来るのか生徒達全員が半信半疑でいたが、色々勉強しながら理屈を理解していくうちに、段々と本気になり良いアイデアが出てくるようになった。特に電子回路の設計では何度か手直しをし、その度にエッチングした基盤が使えなくなったり、マシン語で作ったプログラムが暴走して動かなくなったときの原因を探す作業などは至難であった。

そうして完成した的当て機のお披露目を文化祭で行ったときの周りの反応には、部員全員が鼻高々であった。目にも止まらないスピードで回転する3つの的的に予言どおりに矢があたった瞬間、周りの生徒の歓声と驚きの表情を見て部員達の喜びが感じ取られた。しかし、時間が経つと命中精度が悪くなり、その原因探求に全員で取り組み、その原因発見をした時本当に部員の成長を感じた。

それから、現在中学生の一日体験学習に的当て機を披露しているが、何も知識がない中学生に自動車の制御装置の一部に使用されている事を説明し、好きな数字を選んでもらい全ての的的に予言通りに命中すると驚きの歓声が上がリ、拍手が起こった。

プログラミングはパズルを解いたり絵を描いたり、物を作り上げる事によく似ていると思う。自分たちで工夫をして考えたプログラムや機械が動いたときの喜びは格別なものであり、その苦労が大きいほど喜びも大きくなると思う。ものづくりの醍醐味はここにあるのではないだろうか。