



簡易防犯装置を作ってみました

演奏してロック解除。できなきゃ防犯ブザーが鳴り響く。

1. はじめに

007 ムーンレイカーにおいて、電子ロック製のドアが登場するんですけど、このドアのロック解除が良いのです。暗証番号入力用のテンキーには、プッシュホンのようにボタンに応じた音階の音が発生するようになっており、解除番号を押すと未知との遭遇のテーマを演奏することになるのです。セキュリティ面では、暗証番号を音で周辺に教えまくっている状態になるため好ましくはないのですが、自室のドアにこのような電子ロックをつけておくと、友人が来たときに大いに受けるのではないかと思います。

そんなこんなで、これと似たような防犯装置を作ってみることにしました。

2. 動作を決める

きちんとした電子ロック装置となると、回路より設置(ドアの鍵の構造をどうつくるか)のほうがはるかに大変になってしまいます。ここでは、ドアロックよりも、ドアを開け、暗証コードを入力しないと防犯ブザーを鳴らすという単純なものにしました。警報ブザーは、解除コードを入力するか、電池が切れるか、電池を引っっこ抜くか、本体をぶっ壊すかすることで止めることが出来ます。

3. 形を含めた全体構成を考える

テンキーがあれば、いかにも電子ロックみたいでかっこいいのですが(できれば電卓などを改造すると決まる!) いろいろと大変そうなので、手抜きをして暗証コード入力用のプッシュスイッチ5個と警報ブザーと、解除を示すLEDから構成することにしました。

4. 回路を考える

動作と、全体構成が決まったら、あとはそれに応じた回路を入手できる部品や手持ち部品と相談しながら実現します。

1) 警報ブザーはどうするか

秋葉原 千石電商で、在庫限り特価の発振器内臓タイプ(直流電圧を加えるだけでピーと鳴ってくる)の圧電ブザーが200円程度という格安品を見つけました。ためしに音を出してみると、警報

ブザー用として使えるくらいの大きな音でした。ただ、動作電圧が9Vから15Vとちょっと高いです。同程度のものを別のお店で買おうとすると700円くらいはすると思います。

2) マイコンに何をを使うか

必要なI/Oポートや動作速度、大きさなどを考えて、秋月電子通商で売っているPICマイコンを用いることにしました。C言語、PICライターなどPIC開発環境はすべて秋月電子通商で購入したものです。

3) 電源はどうしよう

単三電池4本による電池駆動としました。1.2Vの二次電池を使用するので、メインの電源は約5Vということになります。このままでは警報ブザーを駆動することが出来ませんから、昇圧コンバータを作る必要がでてきます。とはいえ、警報ブザーの動作電圧は9V程度から15V程度と広い範囲で使えるので、トランスを用いた簡単なDCDCコンバータで実現することにしようと思います。

4) 暗証コード入力用キーボード

未知との遭遇のワンフレーズを演奏するためには、最低4個のスイッチがあればよいことになります。ここではスイッチを5個、つまり5音階を出せるようにすることにします。未知との遭遇に飽きて、別な曲にするときの配慮です。

本体を小さく作りたかったので、プッシュスイッチも千石電商にて、小さいものを探しました。タクトスイッチにすれば小さく出来るのですが、ケース加工が面倒になるので、ケースにねじ留めできるタイプのスイッチを使うことにします。

5) 各部品

抵抗やコンデンサの多くは2125サイズのチップ部品を用いました。チップ部品も秋葉原ではだいぶ入手が容易になりました。警報ブザー用の電源回路にはFETを用いなければならないのですが、これは手持ち品を用いてしまいました(この部品そのものは入手が難しいかもしれませんが、もし、この文献を読んで、同じ物を作ろうと思ったら、

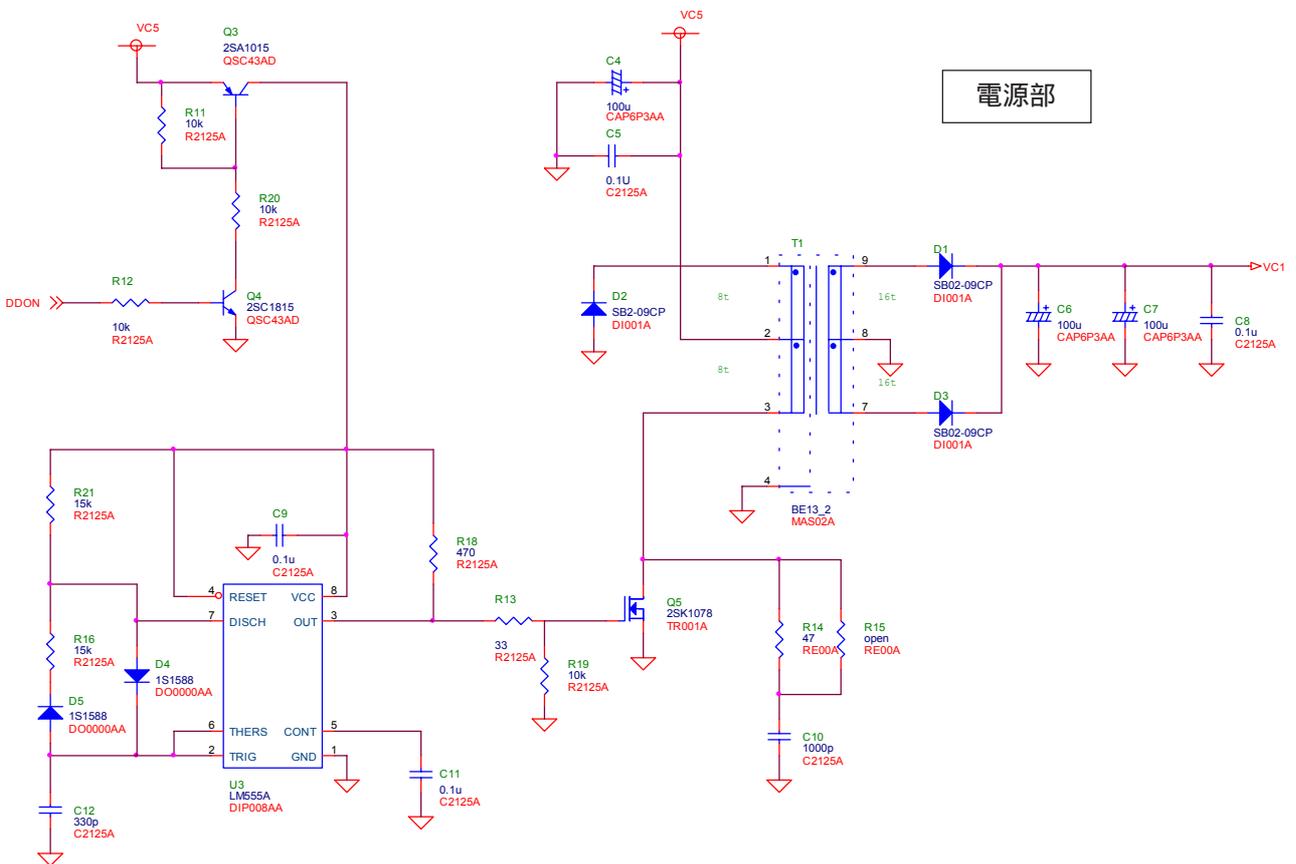
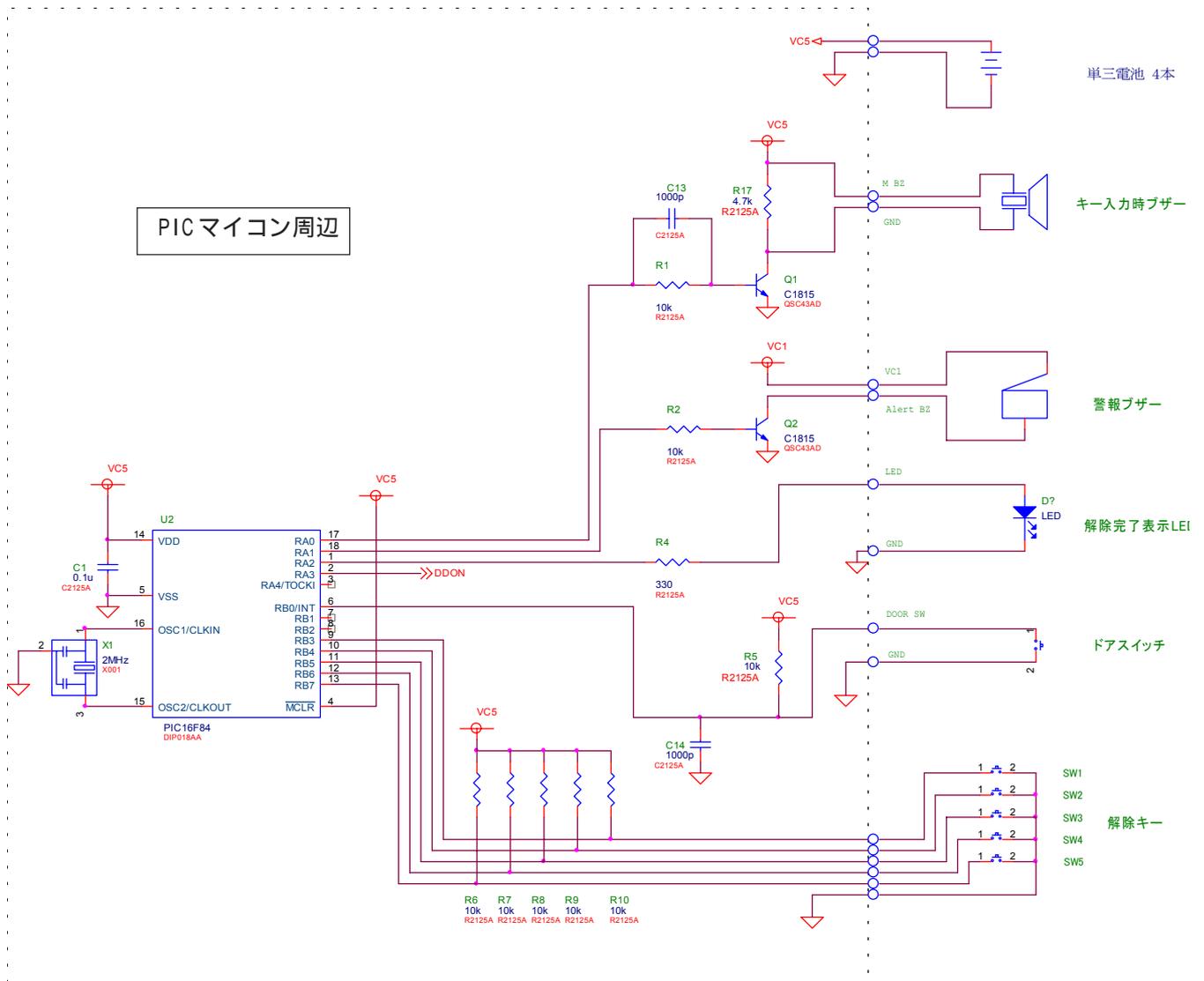


図1 簡易防犯装置全回路

定格の似た代替品を探す必要が出てくると思います。最大ドレイン電圧・スイッチング速度・最大ドレイン電流が大体同じで、Cissが極端に大きくなければ使えます)

6) トランス

後述しますが、この回路にはトランスを用いますので、ボビンとコアを入手しなければなりません。私自身、いくつかストックがあったので、それを使ってしまいました。今回使用したボビンやコアそのものがあるかはわかりませんが、確かラジデパ1Fでボビンやコアを取り扱っているお店があったと思います(別のコア・ボビンを買ったことがあるので)。

5. 回路説明

ということで、だいたいどんな回路にするかがまりましたので、あとは回路図をおこしながら、細かな問題や実現できそうにないところをはしょったり、こうしたほうが面白いというところは構想変更したりと、楽しみながら回路を作成します。こうして出来あがった回路が図1です。

基本的にはPICマイコンの各ポートに、スイッチやLEDやブザーをつけただけですが、警報ブザー用にDCDCコンバータをつけてあげました。

1) PICマイコン

16F84Aを用いました。ポート数、消費電力などの面から、ぴったりです。

PICマイコンは、動作速度と使用電圧から、消費電力が大きく変わります。今回は電池駆動を想定しておりますので、消費電力はできるだけ抑えるよう、動作クロックを2MHzに落として使用します。秋月電子通商で200kHzの水晶を、千石電子で2MHzのセラロックを購入して、まずは200kHzクロックで出来るかを試しました。すると、ここまでクロックを遅くすると音階をソフトウェアで出すことが出来ないことがわかりましたので、2MHzのセラロックを採用しました。

2) 音階発生用ブザー

警報ブザーとはべつに、音階発生用の圧電ブザーをポートRA0で駆動します。これで、たとえばRA0に1kHzの矩形波を発生させれば、圧電素子は1kHzの音を出してくれますから、あとはほしい音階の周波数をポートRA0に出すようなプログラムを作ってあげれば、メロディを鳴らすことが出来るようになります。なお、音階発生をさせるプログラムは結構いいかげんに作ってしまいましたので、正しい音階にはならなかったりします。

3) 解除LED表示

正しい暗証コードを入力したら、ポートRA2を5VにすることでこのLEDを点灯させ、解除状態にあ

ることさせるようにします。LEDの電圧降下は2V程度あり、また10mA程度流せば点灯してくれますから、R4は

$$R_4 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 2V}{10mA} = 300$$

よって330Ωを使うことにします。

4) ドアスイッチ入力

ドアがしまっているときはスイッチがONとなっている、すなわちポートRB0は0Vであるものとします。ドアが開くと、プルアップ抵抗R5とC14による時定数に応じてポートRB0は5Vに立ち上がります。C14が無いとチャタリング波形がもろにRB0に入ってしまうため、チャタリング防止用としてC14を入れてあります。

この回路は、ドアが閉じていると常にR5を通して電力を消費することになってしまい、消費電力の観点からは好ましくないのですが、ドア閉状態でスイッチを通してしっかりとGNDレベルにしておいたほうが、落雷などによる誘電ノイズに強い、そして、万が一この配線を切断されたときのことも考え、こうしました。

なお、消費電力を優先に考えると、ドアスイッチがOFF(ドアが開いた)になったときに、PICに電

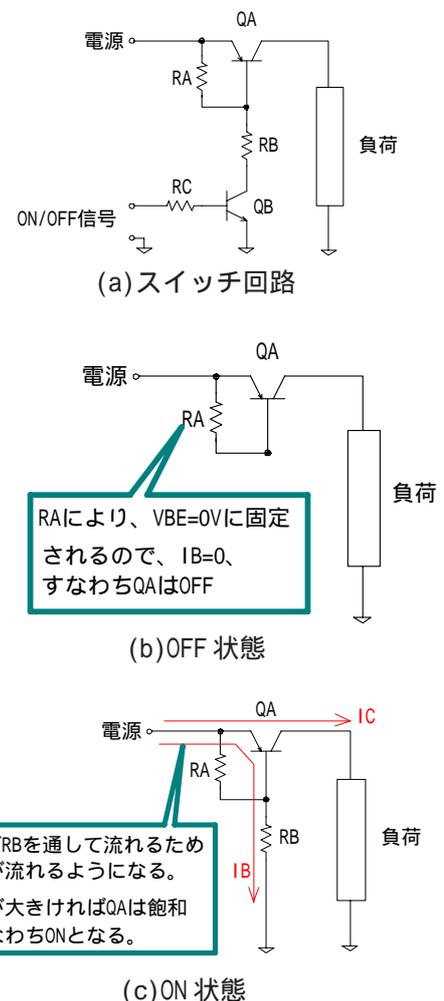


図2 トランジスタ2石のスイッチ回路

源が供給されるようにすると良いのですが、こうすると、第三者がドアを開けた後、すぐさまドアスイッチを手で押しつづけてしまえば警報機は作動しないという弱点が出てしまうため、この方法は不採用となりました。

5) 解除キー

PICスイッチを押すとGNDレベルになり、PICマイコンはLレベルになったポートを検出することでどの音階スイッチが押されたかを判断することが出来ます。

6) 警報ブザー用昇圧電源をON/OFFする回路

警報ブザーは、9Vから15V仕様のものなので、5Vからの昇圧回路を付け加えます。

Q_3, Q_4 が昇圧回路の電源スイッチとなっており、PICマイコンのポートRA1が5Vになったら、昇圧回路に電源を供給してブザーを鳴らします。

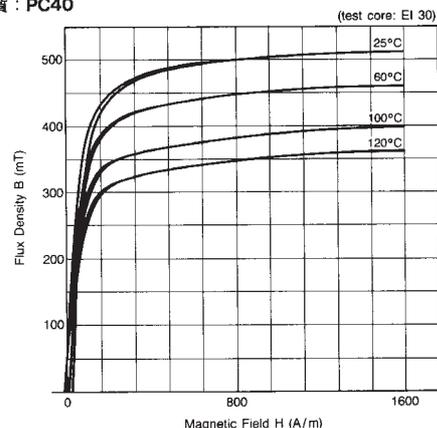
この回路を抜粋したものを図2に載せました。 Q_A が負荷の電源をON/OFFするスイッチとなるトランジスタで、 Q_B が Q_A をON/OFFさせるためのドライブ用トランジスタです。いま、 Q_B のベースに電圧がないと、 Q_B はOFF、すなわち図2(b)の状態となり、 Q_A はベース電流が流れません。しかるに Q_A のコレクタ電流、つまり負荷への供給電流が流れませんから、負荷へのスイッチをOFFしているという状態になります。

Q_B のベースに電圧をかけると、 Q_B がONし、同図(c)のように、 Q_A はベース電流が流れるようになります。このベース電流が Q_A を飽和させるだけの電流であれば、 Q_A はON状態となり、負荷に電力を供給することになります。

7) 昇圧回路

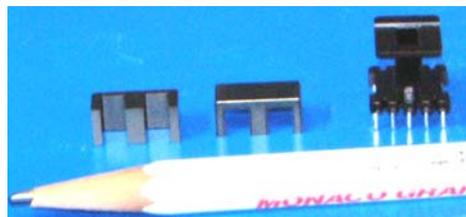
この昇圧回路の出力は、たとえば9Vなら9Vとしっかり安定している必要はないので、帰還回路なしの、簡単な昇圧回路で実現します(帰還をかけない電源を、オープンループの電源と呼んでいます)。

材質：PC40



手持品のコアがPC40材のものでした。いまPC40材はPC44材に変更されていると思います。

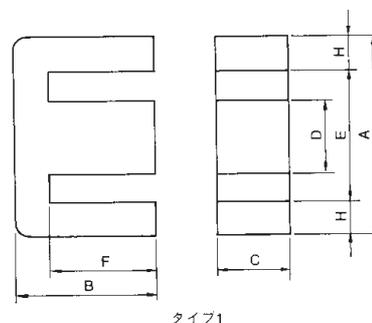
図3 PC40材のB-H曲線



コア PC40EE13-Z ポビン BE-13-1110CPS

手前の鉛筆は大きさ比較用です

図4 ポビンとコアの外観



品名	U.S. lam. cores, DIN standard JIS	タイプ	寸法 (mm)						
			A	B	C	D	E min.	F	H
PC30EE13-Z PC40EE13-Z		1	13.0±0.2	6.0±0.15	6.15±0.15	2.75±0.15	10.0	4.6±0.1	1.4

パラメータ		電気的特性						
コア係数 C_c (mm ⁻²)	実効断面積 A_e (mm ²)	実効磁路長 ℓ_e (mm)	実効体積 V_e (mm ³)	AL-Value* (nH/N ²)	コアロス(W)max.200mT 100c 25 kHz	100 kHz	重量 (g)	ポビン
1.770	17.1	30.2	517	1200±25% 1130±25%	0.08	0.235	2.7	BE-13-1110CPS

図5 コアの大きさ・特性表

昇圧回路は、LC回路方式、トランス方式といった実現方法がありますが、私個人としては、オープンループであっても、出力がそこそ希望どおりの値になってくれて、回路が簡単で、電流もそこそ取れるという目的にはトランス方式がぴったりだと判断しました。ただし、トランスを巻く技術が必要になります。まあ逆にいえば、トランスが自分で巻けるようになると、この手の簡単な昇圧回路が作れるようになるため、会得しておくとなにかと便利な技術です。トランス方式は、そこそ安定した昇圧回路が、トランスのコアとボビンさえ用意しておけばすぐに作れるようになりますし、もちろん昇圧回路だけでなく、トランスのタップと整流回路させ変えれば、高・低・反転の電圧が一度に簡単にできるので、正負電源が必要とかいうときにとっても便利です。必要に応じて出力に三端子レギュレータを入れてあげれば安定したマルチ電源にもなります。なお、この回路は過電流保護をつけていません。過電流の場合はFETが焼けて電源動作停止という、ちょっと危険な回路です。

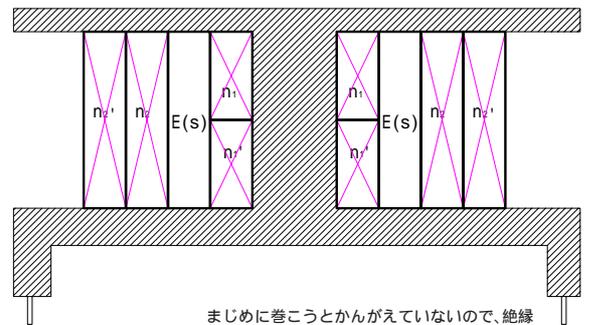
ということで作成した昇圧回路は、タイマIC555により100kHzを発振させ、その出力でFET Q₅をスイッチングし、トランスT1に5Vの矩形波を与えます。トランスの巻き数比を1:2にしておけば、出力巻線からは約10Vの矩形波がでてくれますから、これを整流して、直流10Vを得ます。2次巻線出力をそのまま整流するだけですから、出力電圧は波高値になります(Duty比に左右されません)。この回路、肝となる部分はトランスの設計となります。

トランス設計にあたっては、まずコアを選択します。許容通過電力・最大巻線数・入手性などから最適なコアを選択します。コアといっても、いろんな材質のコアがありますが、スイッチング電源用のコアは、たいていフェライトです。次に通過電力を考えますが、今回は負荷電力1Wもないので、たいていのフェライトコアが使えます。あとは大きさを考え、その大きさのコア(にあったボビン)に、必要な巻線数が巻けるかどうかを検討し、だめだったらワンランク大きなものに検討しなおし....を繰り返します。とりあえず、手持ちで、PC40EE13-Z(TDK)というフェライトコアを持っていたので、これが使えるかどうか検討してみます。

PC40材のB-Hカーブを図1に示します。このうち、最大磁束密度200T(=2000Gauss)まで使用することにすれば、1次巻線数は

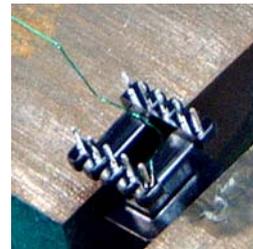
$$B = \frac{V_1 \times T_{ON}}{S \times B} \times 10^8 = \frac{5V \times 5\mu s}{0.171\text{cm}^2 \times 2000\text{Gauss}} = 7.3\text{Turn}$$

となります。しかるに1次巻線は8Turn、そし



まじめに巻こうとかがえていないので、絶縁シートやバリアの記述は一切していません。

(a) 巻線構造図



万力にボビンを固定して、いよいよ巻き始めます。

(b) 巻き始め



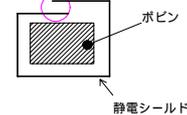
n1を巻き、セロテープで固定して、その隣にn1'を巻きました。

(c) 一次巻線終了



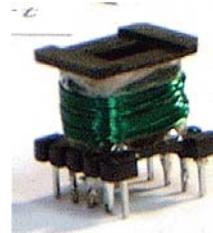
1次巻線n1,n1'の上にセロテープで絶縁層を作り、その上に銅箔テープを使って静電シールドを巻きます。このとき、静電シールドの端と端をショートさせてしまわないこと。

ここをショートさせないこと



上面図

(d) 静電シールド



静電シールドの上に、さらにセロテープで絶縁層を作り、その上にn2巻線、またセロテープで絶縁層を作って、その上にn2'巻線を巻いて出来上がり。

(e) 2次巻線終了

図6 トランスを巻く

て回生用巻線に同じ巻数の8Turnで、合計16Turn必要となります。

次に2次巻線を考えます。2次巻線は、1次と2次の巻数比の比例計算で

$$n_2 = \frac{V_2}{V_1} \times n_1 = \frac{10V}{5V} \times 8Turn = 16Turn$$

2次側出力は全波整流にしますので、この倍の32turn巻きます。

よって、PC40EE-13-Z用のボビンBE-13-1110CPSに、1次巻線16Turn、2次巻線32Turn巻を物理的に巻くことが出来るかどうかを検討します。

まず、線材を決定しましょう。扱う電力(電流)が圧電ブザー一個と小さいので、巻線に使用する電線は0.3mmという細いエナメル線を用います。

次にどのような巻き方にするか、また安全規格対応にするかなどを考えます。今回の回路は、ノイズが出ようがお構いなし、また絶縁出力でもないので、巻き方は普通の平巻きで十分です。安全規格に付いては、低圧(42V以下)ですからまったく考えません。そして、めったにこの昇圧回路が動作することもないので、効率も気にしません。ということで、非常にいいかげんな巻き方でも良い(巻いてあればそれでいい)という、大変お気軽な気持ちでトランスを作っても大丈夫です(笑)。でもせっかくトランスを巻くというところを写真に撮ることにしたので、静電シールドぐらいは付けることにします。こんな感じで、いいかげんに作っても、とりあえず巻いてあればトランスになるんだという実感が湧いてくれれば、今はそれでよいと思います。いきなり理論ずめでトランスを巻こうとしても頭が混乱します。まずはいいかげんでもいいので、自分で巻いてそれなりに動作することさえ確認できれば、それは大きな一歩となります。あとは巻くたびに少しずつ改良すれば、どんどん良いトランスに仕上がって行くことが実感できますので、その度とても良い勉強になります。話がそれてきました。改行して仕切りなおします。

以上の条件で、物理的にトランスが巻けるかを検討してみると(というか実際にちょっと巻いてみたりする)、巻くことが出来ることが確認できましたので、ボビン・コアはBE-13-1110PCS/PC40EE-13-Zを使うことに決定しました。データブックに線材に対する最大巻線数のグラフが合ったりするので、これを見るというのも手なのですが。

ということで、あとは計算で求めた巻き数を巻くだけです。巻線図を図6に示します。

まず一番内側に一次巻線を巻きます。なお、ボビンの足に巻線をはんだづけするときは、ボビン

を万力に固定して行うとやりやすいです。エナメル線の周りの被服は熱で溶けるので、そのままボビンの足に巻いて、少し高めの温度の半田ごてでハンダ付けしてあげればよいのですが、カッターなどで、魚のうろこをとるよろしく、被服をばりばり削ったほうが、ハンダ付けが上手く行きます。

(c)は1次巻線を巻き終わったところです。n1を巻いた後、一度セロテープで巻線を固定し、その後n1'を巻きました。安全規格を気にしないので、絶縁テープがわりにセロテープをつかってます。

1次巻線が巻き終わったら、静電シールドを巻きます。静電シールドは銅箔テープを用います。なお静電シールドはショートリング(巻き始めと巻き終わりをショートさせたワンターンコイル)とならないよう注意しなければなりません。

静電シールドが巻き終わったら、2次巻線を巻きます。1次巻線と同じように、まずn2を巻き、セロテープで固定してn2'を巻きます。

あとはコアをボビンに固定して完成です。コアはセロテープで固定しましたが、もし長期間使うのであれば別の方法でしっかりと固定する必要があります(コアを固定するセロテープが経年変化で外れると、トランスのインダクタが減るため、Q5の励磁電流が極端に増え、Q5が破壊してしまう)。

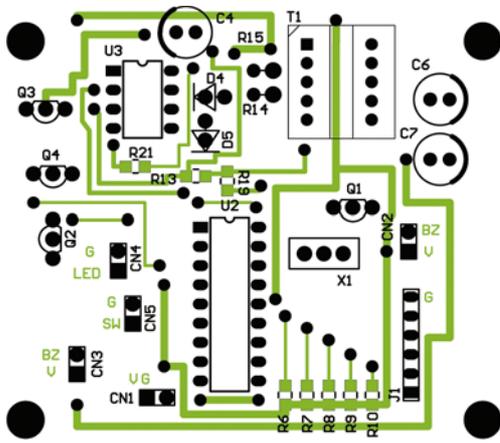
8) 昇圧回路用 100kHz 発振器

昇圧回路のスイッチングFETは100kHzで動作させます。この100kHzは、タイマICとして有名な555を用いて作成します。Duty比は50%としたかったので、ダイオード2個を用いることで、555の発振周波数を決定する充電および放電の時定数を同じにしています。この回路は、データブックに記載されている回路をそのまま用いました。

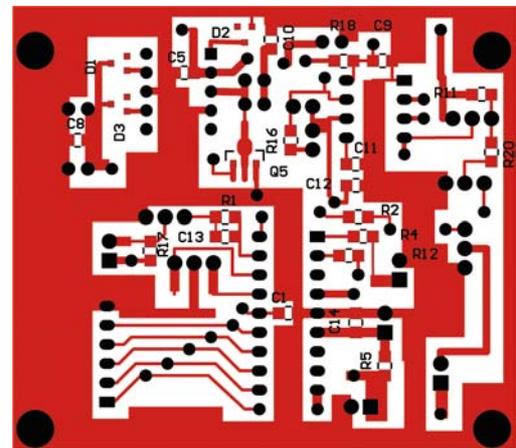
今回は、この555で直接FETのゲートをドライブする回路にしましたが、あまり実用的ではありません。FETのゲートチャージ電流が5V/470(R18)=10mAと、非常に少ない電流でドライブするため、スイッチング波形がだらだらしてしまい、効率が悪化するからです。今回は、警報ブザーが鳴る機会が少ないであろうということから、この効率の悪いドライブで妥協しました。FETの代替品を探すときにCissを条件にいれたのは、このためです。

6. 基板を作って部品つけて、ケース入れて....

基板は、贅沢に両面基板です。ミールング加工機を使うようになってから、ほとんど両面基板ばかり作って来ます。回路としては、線さえつながっていれば動作するような内容ですから、基板設計もちょっといいかげんで

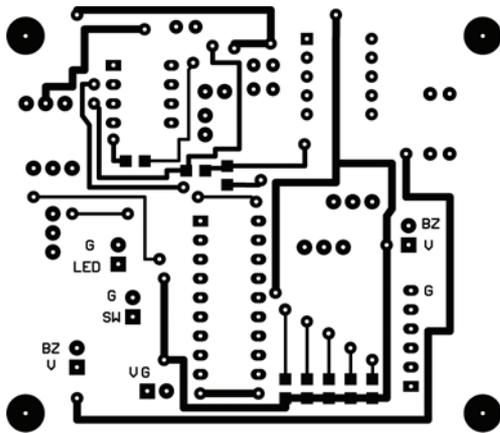


部品面

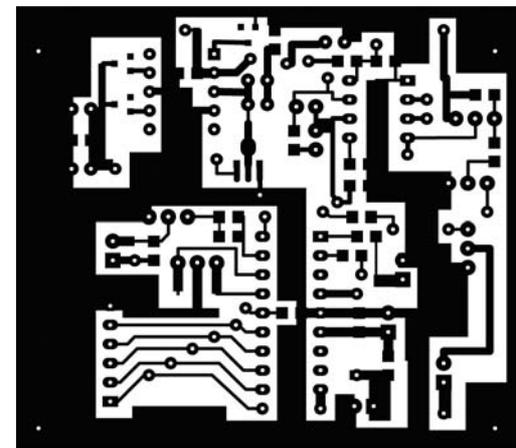


はんだ面

図7 部品配置図



部品面



はんだ面

図8 プリントパターン図

Reference	Part	Remarks
CN1,CN2,CN3,CN4,CN5	Pin2	Pin header
C1,C5,C8,C9,C11	0.1u	2125sizeCeramic
C4,C6,C7	100u/25V	AL-con
C10,C13,C14	1000p	2125sizeCeramic
C12	330p	2125sizeCeramic
D1,D2,D3	SB02-09CP	sanyo
D5,D4	1S1588	DIP type
J1	Pin6	Pin header
Q4,Q2,Q1	2SC1815	
Q3	2SA1015	
Q5	2SK1078	SMT type
R1,R2,R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11,R12,R19,R20	10k	2125size
R4	330	2125size
R13	33	2125size
R14	47	1/4W DIP
R15	open	
R16,R21	15k	2125size
R17	4.7k	2125size
R18	470	2125size
T1	Handmade	TDK Bobbin&Core
U2	PIC16F84	
U3	LM555A	
X1	2MHz	

他に、キーボード用押しボタンスイッチ5個、解除表示用LED1個、圧電ブザー(発振器内臓タイプ 9 ~ 20V ぐらいで動作するやつ)、圧電ブザー(発振器を内臓しないもの)、ドアにつけるスイッチ、基板固定用のスペーサーなどが必要です。

図9 部品表

最大定格 (Ta = 25°C)

項目	記号	定格	単位
ドレイン・ソース間電圧	V _{DSS}	100	V
ドレイン・ゲート間電圧 (R _{GS} =20kΩ)	V _{DGR}	100	V
ゲート・ソース間電圧	V _{GSS}	±20	V
ドレイン電流	DC	I _D	0.6
	パルス	I _{DP}	1.8
許容損失 (Ta=25°C)	P _D	0.5	W
許容損失	P _D (注)	1.0	W
チャンネル温度	T _{ch}	150	°C
保存温度	T _{stg}	-55~150	°C

注: 250mm² × 0.8tセラミック基板実装時

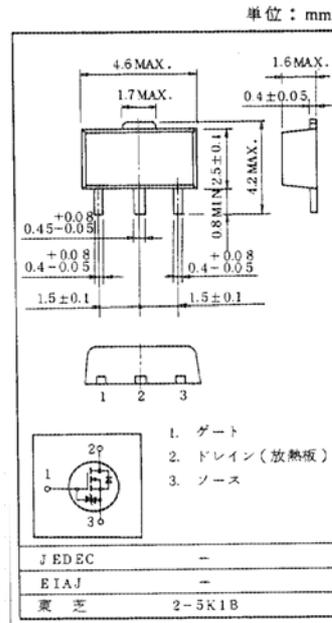
電気的特性 (Ta = 25°C)

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
ゲート漏れ電流	I _{GSS}	V _{GS} =±16V, V _{DS} =0V	-	-	±3	μA
ドレイン・シャ断電流	I _{DSS}	V _{DS} =100V, V _{GS} =0V	-	-	10.0	μA
ドレイン・ソース間降伏電圧	V _{(BR)DSS}	I _D =10mA, V _{GS} =0V	10.0	-	-	V
ゲートしきい値電圧	V _{th}	V _{DS} =10V, I _D =1mA	0.8	-	2.0	V
ドレインオン電流	I _{D(ON)}	V _{DS} =4V, V _{GS} =4V	0.6	-	-	A
ドレイン・ソース間オン抵抗	R _{DS(ON)}	V _{GS} =4V, I _D =0.3A	-	1.2	1.8	Ω
		V _{GS} =10V, I _D =0.3A	-	0.95	1.3	
順方向伝達アドミタンス	Y _{fs}	V _{DS} =10V, I _D =0.3A	0.40	0.65	-	S
入力容量	C _{iss}	V _{DS} =10V, V _{GS} =0V f=1MHz	-	85	130	pF
			-	15	35	
掃還容量	C _{rss}	f=1MHz	-	40	65	pF
			-	15	35	
出力容量	C _{oss}	I _D =0.3A V _{GS} =10V, V _{DS} =50V 出力 R _{th} =170Ω V _{DD} =50V	-	4	15	ns
			-	9	25	
			-	30	70	
			-	75	160	
ゲート入力電荷量	Q _g	V _{DD} =80V, V _{GS} =10V	-	3.6	7.2	nC
ゲート・ソース間電荷量	Q _{gs}	I _D =0.6A	-	2.3	-	
ゲート・ドレイン間電荷量	Q _{gd}	I _D =0.6A	-	1.3	-	

ソース・ドレイン間ダイオードの定格と特性 (Ta = 25°C)

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
ドレイン逆電流 (連続)	I _{DR}	-	-	-	0.6	A
ドレイン逆電流 (パルス)	I _{DRP}	-	-	-	1.8	A
順方向電圧	V _{DSF}	I _{DR} =0.6A, V _{GS} =0V	-	-0.8	-1.4	V
逆回復時間	t _{rr}	I _{DR} =0.6A, V _{GS} =0V	-	120	-	ns
逆回復電荷量	Q _{rr}	dI _{DR} /dt=20A/μs	-	50	-	nC

図 10 2SK1079 のデータ



す。パターン図を図8に示します。部品は、主にチップ部品を用いました。DIP部品と違って、ハンダ付けした後、足を切る必要がないので、製作がとても楽になります。チップ部品は秋葉原でもずいぶん入手が用意になったので、つつい利用しちゃいます。

チップ部品は、

抵抗 2125 サイズのもの

コンデンサ 2125 サイズのセラミックコンデンサを用いました。

2SK1072は、手持ち品を用いたため、入手は難しいかもしれませんが。確か廃品種のような気が... 図11にデータを示します。代替品さがしの参考にしてみてください。

ピンヘッダは、秋月電子通商で購入しました。コネクタ代わりによく利用しています。

7. ファームウェア

ファームウェアはホームページにリンクしてありますので、そちらを参照してください。秋月で購入したPICCを用いました。メモリいっぱいに使ってしまいました

ので、もうこれ以上なにも出来ない状態になっています。せめて省エネのため、LEDを点滅にすることぐらいはしたかったのですが、それさえ出来ません。正直言って、あまり綺麗なプログラムではないです(^;。

8. 完成

こうして完成したものを写真に載せます。

キーボード右側の黒ボタンを1番、左に向かって2番3番...5番と名前をつけます。

いま、ドアを開けて、ドアスイッチがOFFになるとすると、ロック解除の仕方は

2番、1番、2番、5番、4番と押して、数秒まってロック解除LEDがつけば解除成功。失敗して警報が鳴ってしまったら、もう一度同じ順番でボタンを押し数秒待つて.....

を繰り返します。

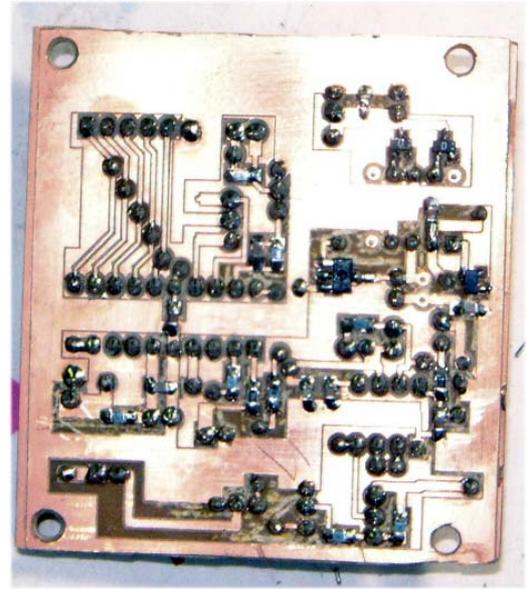
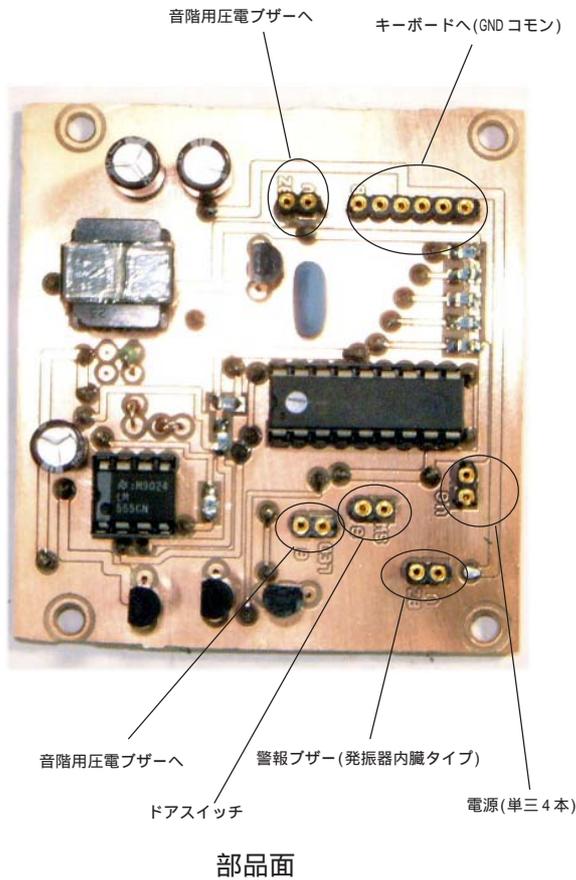
見た目が不恰好、そして、演奏したときの音が.....はつきりいって音痴です。これは未知との遭遇のワンフレーズなんだ! といわないと、いや、いって

もわからないでしょう。プログラミング能力が無いので、これが限界でした。でも、未知との遭遇の音楽はともかくとして、一応目的の動作は達成できたわけで、早速仕掛けて楽しんでいます。いかにも、秘密のドアをあけるんだぞ~という雰囲気なかなかヨイです。

消費電力を測定すると、待機状態で4mAくらいと、結構大きいので、1600mAhの2次電池をフル充電しても、

約400時間、約2週間程度で電池が切れてしまいます。実用性を考えると、せめて半年は電池交換なしでいきたいので、待機時はクロックを落として、ドアをあけたらクロックを2MHzにするというような回路にするか、別途音源を用意して、PICは100kHz程度のクロックで動作させる、というような工夫が必要そうです。

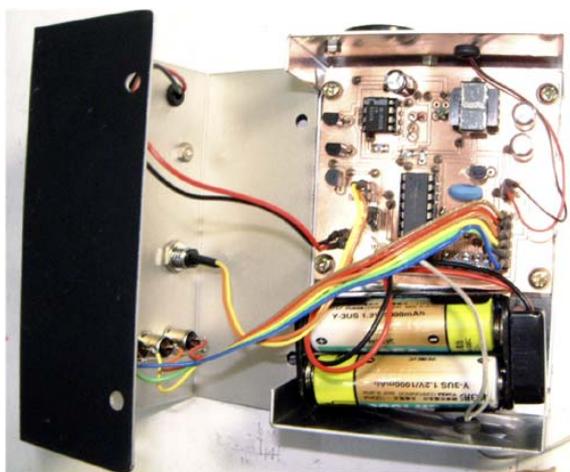
S.watabe 2004年6月



部品面

はんだ面

図11 基板完成写真



写真を撮る都合上、上蓋の上下をひっくり返しています



図12 ケース組み付け写真