

## 1. 患者

タカラトミーアーツのミミクリーペット

(ボイスレコーダー+ボイスチェンジャー)

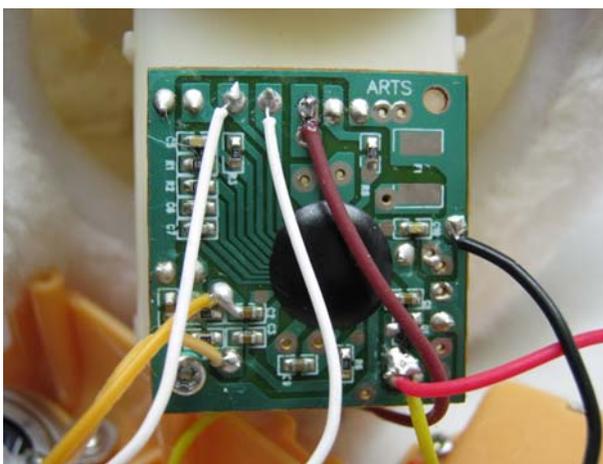


## 2. 症状

電源を入れると「ピッピッ」と鳴り、その後はまったく動かない。

## 3. 診察

- ①基板上の能動部品は3.3Vレギュレータ、COBマイコン、モーター制御用Trのみである。レギュレータの入力と出力は正常である。
- ②マイコンには外付けのクロック発振子はなく、内蔵OSCを使っているようである。
- ③電源投入後「ピッピッ」と鳴った後、コンデンサーマイクに電源が供給される。この音が何を意味するのか不明。メーカーサイトやその他Web検索でも有用な情報が見付からなかった。



- ④マイクに話しかけても音声出力もモーター制御も動作しない。マイクの出力は直接COBマイコンに入力されていて、ここに外部から信号を注入しても反応がない。
- ⑤メーカーのサイトで商品の機能を確認したら、ボイスレコーダ+ボイスチェンジャーであった。  
・話しかけた言葉を声色を変えて再生する。サンプルを聞いたところ、1オクターブ上げたような口

ポットの的な声になる。

- ・ 音声を検出したら録音開始し、音声途切れたら再生に切り替わる。
- ・ 再生が終わると音声待ちになる。
- ・ 再生中は頭が上下に動く。

#### 4. 治療

① COBマイコンを別の1チップマイコンで換装することにした。

##### ② 【概要設計】

- ・ 1チップマイコン+SRAMでボイスレコーダー+ボイスチェンジャーを実現する。
- ・ 録音は4Ksps、8ビットのPCMで4kバイト/sのメモリが必要。32K×8ビットのSRAMで8秒間の録音が可能。
- ・ マイコンの条件は、ADC、DACを内蔵し、ポート数は下記の30本が必要である。
  - ADC入力に1本
  - DAC出力に1本
  - SRAM制御に26本（アドレス15本、データ8本、コントロールのCS・OE・WR）
  - モーター制御に1本
  - マイクの電源制御に1本
- ・ 上記のポート数以外に、デバッグ時にはシリアル通信ポート（TX、RX）も持っておきたい。
- ・ マイコン、SRAM、周辺回路が30mm×30mmの基板に収まる大きさであること。これは、おもちゃに実装するための絶対条件である。
- ・ 総コストは高々200円以下であること。これは、おもちゃの修理は無制限にコストを掛けるのではなく、創意工夫を凝らしてコストを抑えるべきという、私個人が決めたルール。
- ・ これらより下記のデバイスを選定した。
  - マイコンはPIC16F887-I/PT（秋月価格140円）
  - SRAMはGM76C256C-55（秋月価格12円）
  - ディスクリート部品もチップ部品を使って廉価にする。

##### ③ 【ADC】

- ・ 16F887内蔵ADCは変換時間が約70usで、サンプリング周期の250usに対して十分なスピードである。

##### ④ 【DACとボイスチェンジャー】

- ・ 16F887内蔵のPWMを使ってDACを実現する。
- ・ 内蔵8MHzクロックでPWM分解能は $1/8\text{MHz}=0.125\text{us}$ 、8ビットでPWM周期は $0.125\text{us}\times 256=32\text{us}$ （=31kHz）となる。
- ・ ボイスチェンジャーとして1オクターブ上げて再生速度を8KspsにするとPWMデューティの更新周期は125usとなる。
- ・  $125\text{us}/32\text{us}=3.9$ となり、4倍オーバサンプリングでの再生が可能となる。割り戻して切りのよい値に合わせて、PWMデューティの更新周期を128us、録音時のサンプリング周期は256usとする。
- ・  $128\text{us}\times 128=16\text{ms}$ 毎に再生を2回ずつ繰返して、しゃべるスピードは元のままにする。

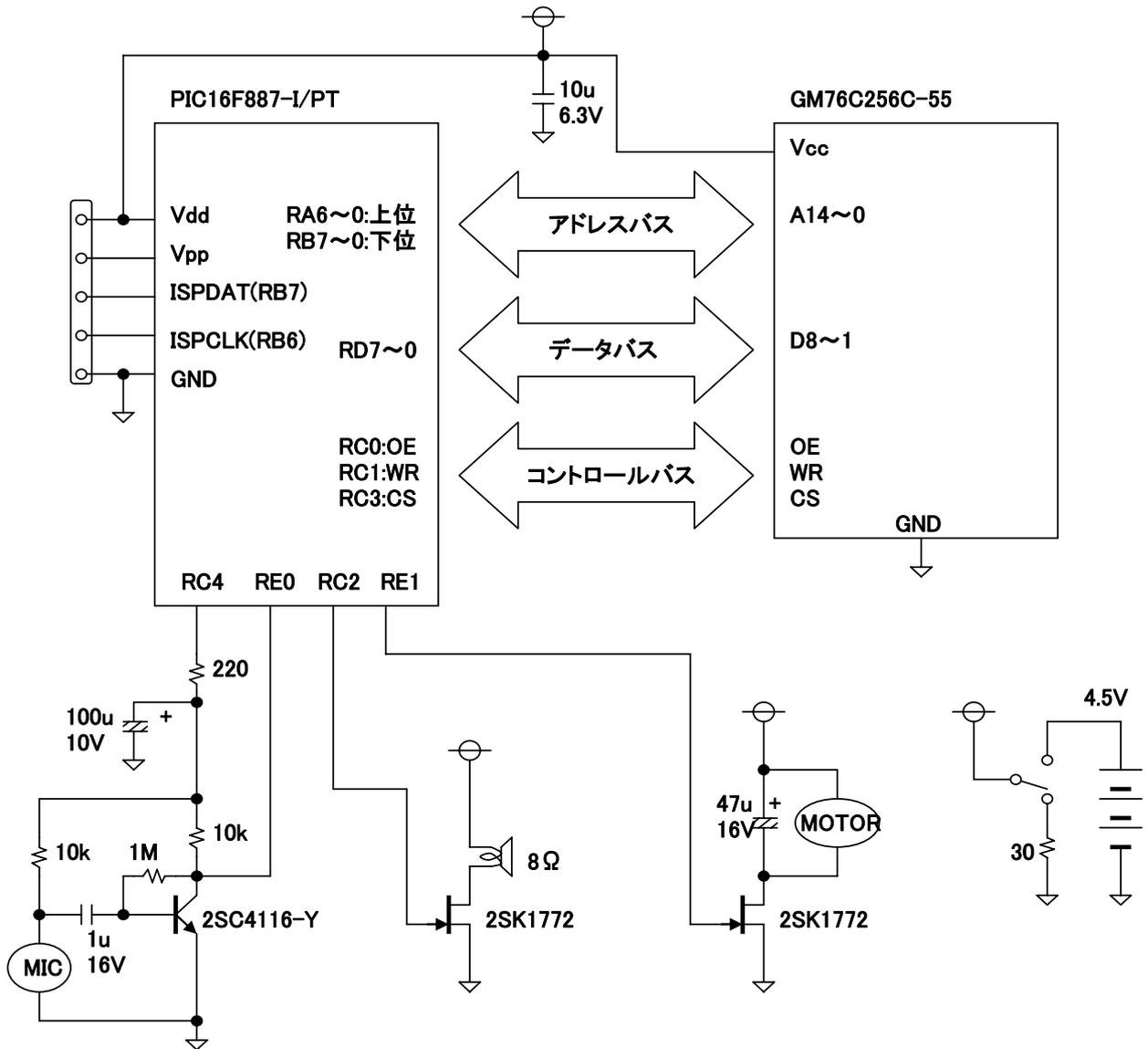
##### ⑤ 【付加機能】

- ・ 長時間（5分程度）音声入力がないときはオートパワーオフする。

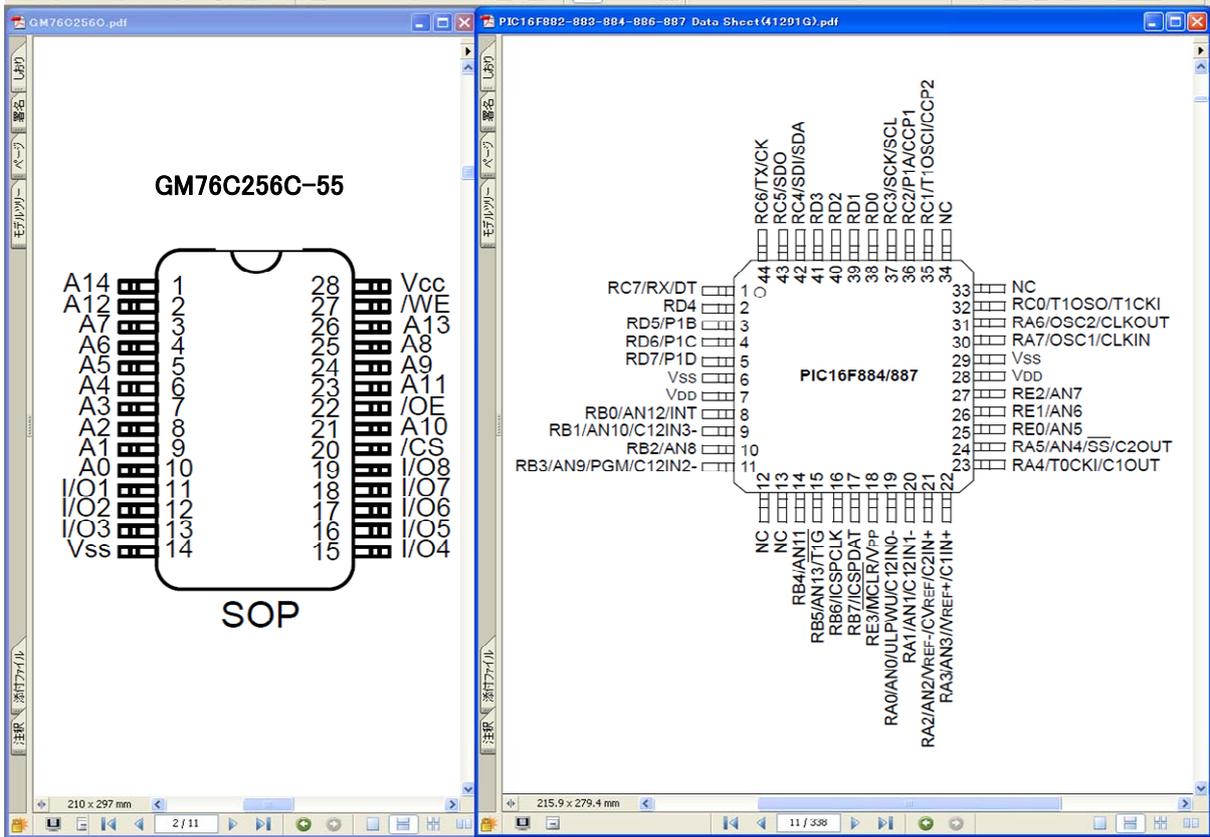
### ⑥【回路設計】

- ・回路は、PIC~SRAM間のバスラインの接続とマイクアンプ、スピーカアンプ、モーター制御のオーソドックスな構成である。
- ・パワーオフ時の消費電流を抑えるため、マイクアンプの電源をポートから出力する。
- ・ファームウェアのテストや調整を行うため、ICSP用ピンヘッダを立てておく。
- ・ICSPはマイコンボードから周辺回路（モーター、スピーカ）を切り離して実行する。

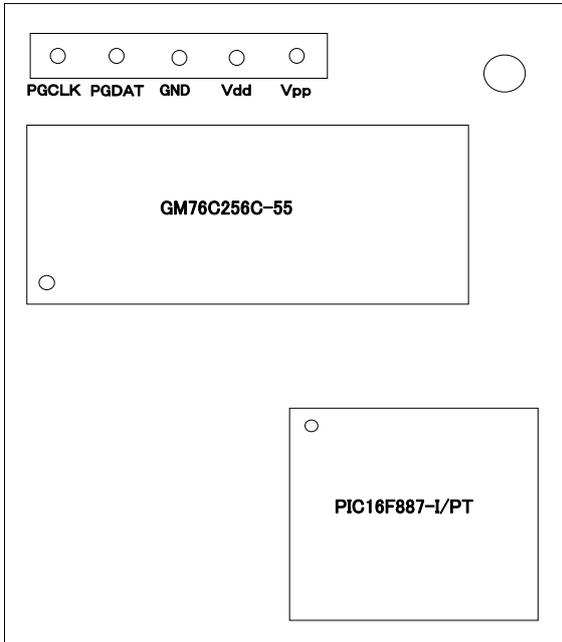
## ミクリーペット代替 回路図



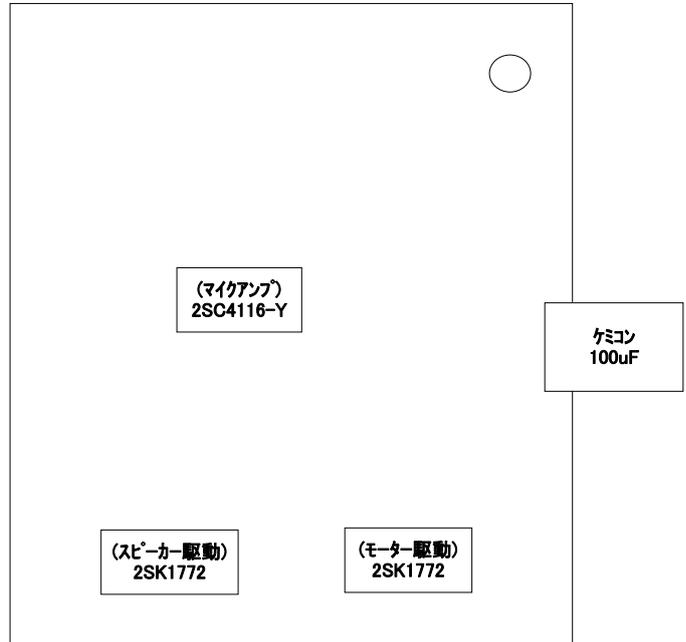
## ピン接続図



配置図（部品面）



（半田面）



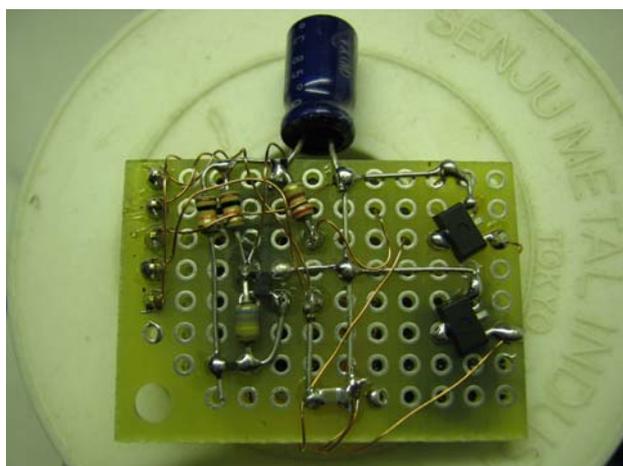
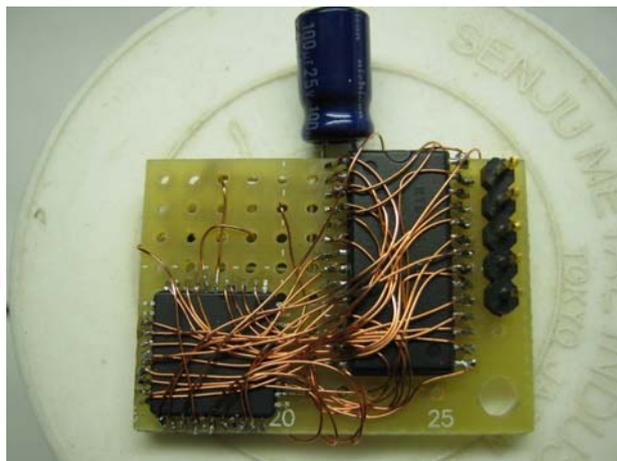
### ⑦ 【ファームウェア開発】

- ・ 別資料のMPLABプロジェクトを参照
- ・ 16F887を内蔵8MHzOSCで稼働させる。
- ・ 録音時のサンプリングレート250usはTMR0で管理する。TMR0ソースは命令周期・プリスケ無しとし、0.5us周期でインクリする。TMR0のオーバーフロー2回毎にADCする。
- ・ 再生用のPWMは常に稼働させ、デューティを0に設定することで音声出力を止める。TMR0のオーバーフロー1回毎にデューティを更新することで、8Kspsで再生する。

- ・ 128サンプル毎に2回ずつ再生を行う。

### ⑧【基板製作】

- ・ PICマイコンとSRAMを片面蛇の目基板の部品面にホットボンドで貼り付ける。
- ・ ディスクリート部品は半田面に装着する。
- ・ ポリウレタン線で配線する。

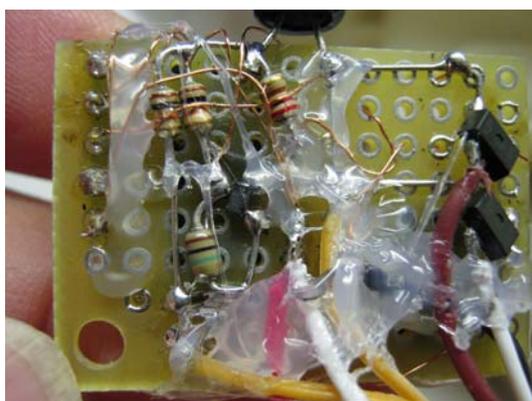


### ⑨【調整】

- ・ マイクアンプのレベルを実測し、また実際に動かしてみた使用感からファームウェアのパラメータを調整した。  
待機中に音声ありを検知するレベルは、DAC結果の上位8ビットで140とした。  
録音中に音声ありを検知するレベルは、DAC結果の上位8ビットで140とした。  
録音中に音声なしが0.5秒継続したら、再生に切り替える。  
再生終了後はモーターが停止するまで1秒間待つ。この待ちを入れないとモーター音を音声ありと誤認識していつまでも動作を続けてしまう。  
長時間の無音状態によりsleep（オートパワーオフ）するまでの時限は256秒とした。
- ・ sleep中の消費電流の実測値は59uAで、1AHの電池では706日間持つことになる。

### ⑩【実装】

- ・ ホットボンドで配線を固定する。



- ・基板を本体に収納する。



再生音のサンプルは「ミミクリーペット.wav」(再生時にノイズが聞こえるが、これは頭を動かすモーター音である)

