

超音波距離計のPICによる機能拡張

春山 和男* 猪俣 情* 天川 勇二* 日高 良和*

A function enhancing by PIC of supersonic wave mileometer

Kazuo HARUYAMA*, Makoto INOMATA*, Yuji AMAKAWA*, Yoshikazu HITAKA*

Abstract: The supersonic wave mileometer has function of the distance is measured by using the supersonic wave. When a new circuit was added, and the measurement distance became it within the constant range, the detection function that the buzzer rang was added. PIC of the microcomputer is used for the control of this detection circuit.

Keyword:

Key words : supersonic, supersonic wave mileometer, PIC

1. まえがき

非接触方式で距離を計測する手法は数多く提案され、また利用されているが、そのひとつに超音波を利用する方法がある。超音波距離計は、人間には聞こえない高い周波数の音波を発生素子で発生・放射させ、物体に音波が当たって跳ね返ってきた時間を計測することで距離を測定するものである。音波を跳ね返すものならば何でも測定できるので、ガラスのような光を透過するものや鏡など光を反射するものが対象でも測定が可能である。この超音波距離計に、PIC というマイコンを用いて製作した検知回路を組み合わせ、計測距離が一定の範囲内になるとブザーが鳴るといった報知機能を持った超音波感知センサを製作したので報告する。

2. 超音波距離計の概要

(2.1) 超音波

人間の可聴周波数は 20～20,000Hz 程度と言われており、この範囲を越える 20,000Hz 以上の人には聞こえない音を超音波と言う。つまり超音波は、人間には感じることでできない周波数領域の音である。

超音波はさまざまな形で活用されているが、その活用法のひとつが音の伝播を利用することである。音は空気などの気体や液体、固体などの媒質を振るわせ、変化させることで

伝わる。空気中を伝播する音の速さは次式で求められる。

$$x = 331.5 + 0.6t \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

超音波は医療分野でも診断や治療に幅広く応用されている。特に胎児の検診に利用されていることから、その安全性が伺える。

(2.2) 超音波距離計

図 1 に外観を示す。超音波距離計は超音波を利用し計測対象物までの距離を計測するもので、まず送信用超音波センサから超音波を発信し、超音波が計測対象物にあたって反射して受信用超音波センサに受信されるまでの時間を計測、それを距離に換算し、表示する。

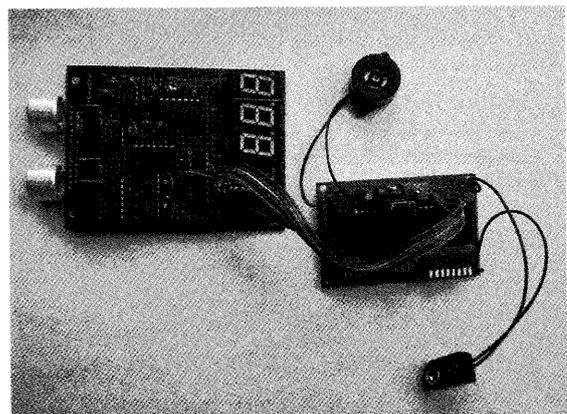


図 1 装置の外観(左:超音波距離計 右:検知回路)

(2005年11月24日受理)

*宇都工業高等専門学校 電気工学科

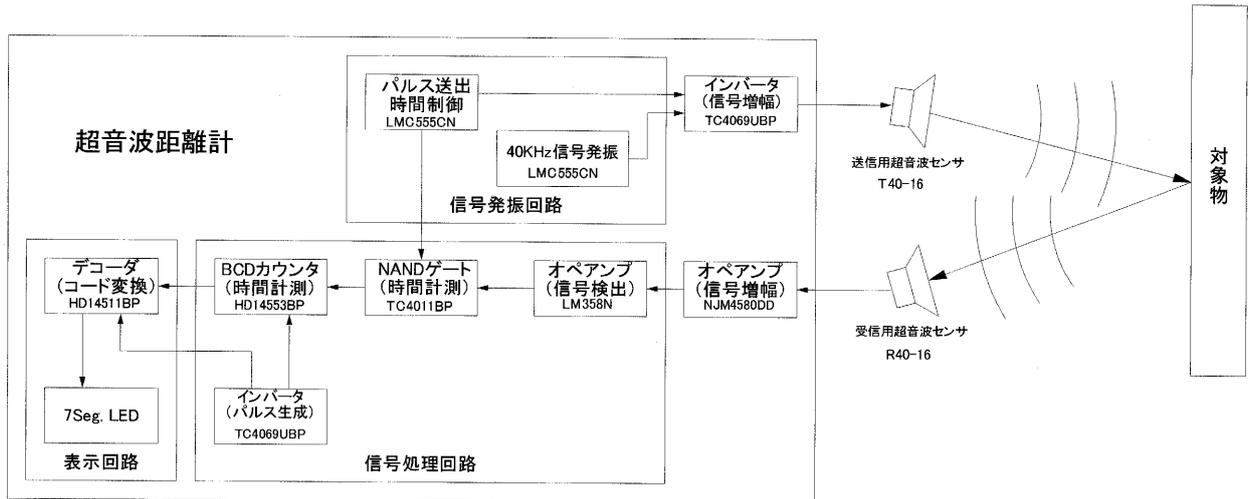


図 2 超音波距離計の回路構成図

本研究では、超音波距離計本体は(株)秋月電子通商製のキット(K-43)を使用した。この距離計の回路は大きく分けて送信部と受信部の2つに分かれる。送信部では送出時間の制御から超音波を送信するまで、受信部では反射して返ってきた超音波の検出から計測距離の表示までの機能をもつ。図 2 に回路構成を示す。

送信部は LMC555CN タイマ IC を 2 つ使用して、それぞれに超音波パルス信号の送出時間の制御と 40KHz の超音波周波数の発振を行わせている。送出時間の制御パルスは、基準信号として受信回路にも送られている。次に TC4069UBP インバータを介し超音波センサのドライブを行い、送信用超音波センサ T40-16 から超音波を送信している。

受信部は受信用超音波センサ R40-16 で受信した超音波信号を NJM4580DD オペアンプで増幅する。次にショットキーダイオード 1SS108 を使用した検波部と LM358N オペアンプを介し、信号の検波と検出を行う。さらに TC4011BP NAND ゲートを用いて超音波が計測対象物で反射して帰ってくるまでの時間を計測し、2 つ目の TC4069UBP インバータで超音波の伝搬時間を計測するためのパルスを生成する。なおこの TC4069UBP インバータに接続される可変抵抗器により計測パルスの幅を調整することができる。そしてこの TC4069UBP インバータの残りの 4 回路でカウンタ・クリア・パルスおよび表示のラッチ(保持)をクリアするパルスを生成し、HD14553BP BCD カウンタ IC で超音波の伝搬時間を計測、HD14511BP デコーダで HD14553BP BCD カウンタ IC から受けた BCD コードを 7 セグメント LED の制御コードに変換し、最後に 7 セグメント LED に計測距離を表示する。

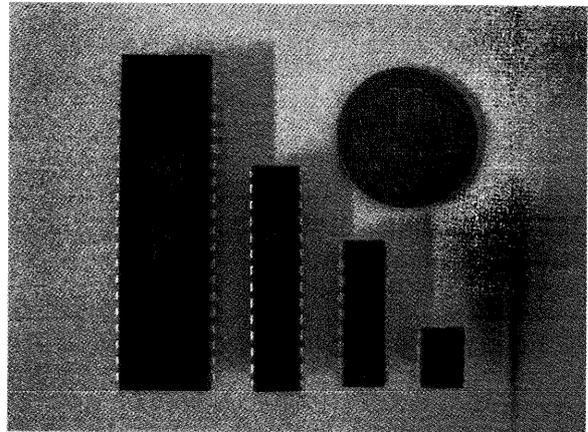


図 3 PIC (Peripheral Interface Controller)

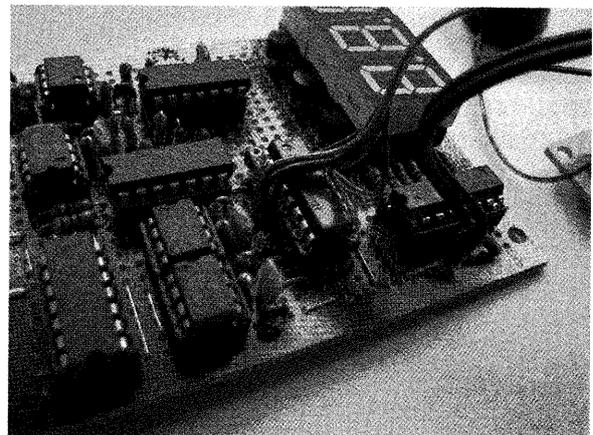


図 4 信号取り出し部分

3. PIC

(3・1) PIC とは

PIC (Peripheral Interface Controller) とは、米国のマイクロチッ

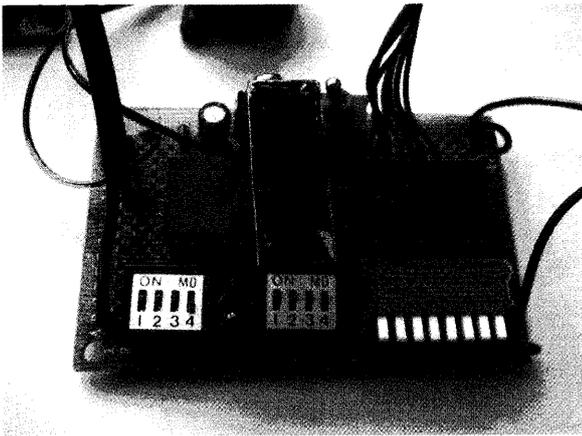


図5 PICを使用した検知回路

ブ社が開発したマイクロコンピュータで、マイクロコントローラとも呼ばれているものである。その外観は図3のようになっており、8ピン~40ピンほどの小さなIC(集積回路)となっている。この中には演算機能はもちろんのこと、プログラムを格納するメモリやタイマ、アナログ入力、シリアル通信などの周辺モジュールがすべて内蔵されており、わずかな部品と電源を接続すれば、立派なコンピュータとして動作する。内蔵されている機能の有無やメモリの量、入出力ピン数などで多くの種類があり、しかも1個200円~数百円程度と安価で簡単に購入でき、予算や用途に合わせて使い分けすることができる。さらに消費電力が非常に少なくできるので、電池で長時間動作させたいというような用途でも使用可能で、動作電圧範囲も2.0~5.5Vと広がっている。

PIC は目的に応じたプログラムを書込み、回路の制御を行わ

せることができる。プログラムの作成は機械語やC言語を用いて行う。開発の基本環境はWindowsがインストールされたパソコンとMPLAB というマイクロチップ社が配布している無料の統合開発環境ソフト(アセンブラ、シミュレータ、プログラマソフト内蔵)、PICプログラマだけで大部分が構築できる。さらにC言語でプログラミングを行おうとすれば、MPLAB-18 やCCS PICCなどのCコンパイラが必要となってくる。このCコンパイラは種類も多く、特徴もそれぞれ異なっているので予算や用途に合ったものを購入することができる。

4. 超音波距離計のPICによる機能拡張

〈4・1〉 PICによる検知回路の作成

冒頭で記述したように、超音波距離計では計測対象物までの距離計測を行うことしかできない。そこで今回はその機能を拡張し、検知器としての機能を新たに付け加えた。これは計測距離がある一定の値になるとブザーを鳴らして対象物が計測範囲内に入ったことを知らせるもので、この処理をPICで行わせることにした。PICはPIC16F877-20/Pを使用した。新たに作成した検知回路の外観を図5に、回路図を図6に示す。このようにPICを中心として必要な回路を別基板に構成してあり、回路は図4に示すように超音波距離計とは7本の信号線で接続されている。このPICに書込まれるプログラムは、CCS社製のPICCコンパイラで作成した。

〈4・2〉 検知回路の構成

前述したような距離検知を実現するためには、まず距離計

超音波距離計接続用検知回路

設計者：天川 勇二
2005.3.30

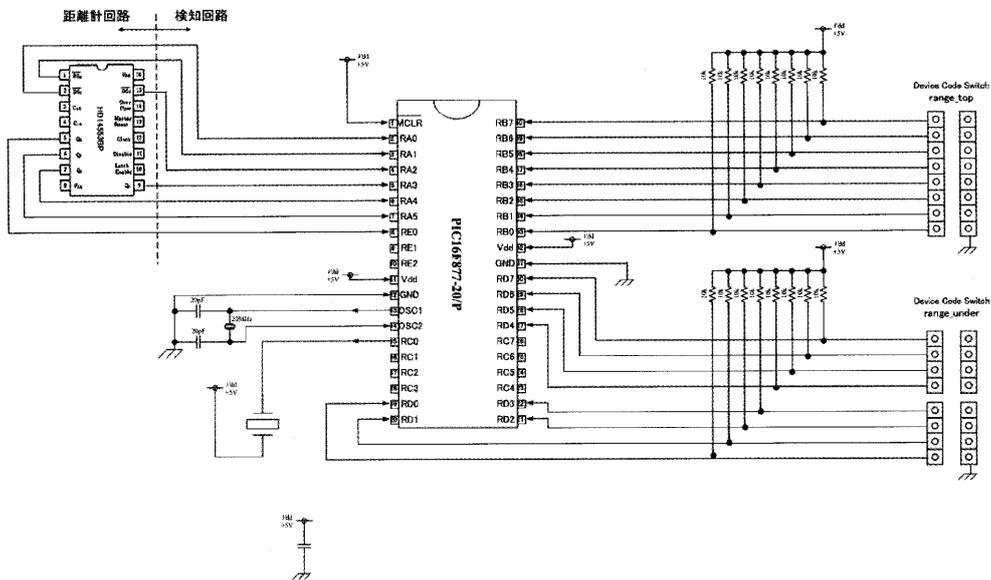


図6 検知回路の回路図

の計測した距離を検知回路へ送る必要がある。今回は BCD カウンタ IC である HD14553BP から信号線を取り出し、それを検知回路へ接続する方法をとった。このカウンタは 2 番ピン, 1 番ピン, 15 番ピンがそれぞれ 7 セグメント LED の 1, 2, 3 桁目の表示桁の制御出力信号である DS1, DS2, DS3 となっており、9 番ピン, 7 番ピン, 6 番ピン, 5 番ピンが BCD コードの 4 桁の 2 進数 (A, B, C, D) が出力されるピンとなっている。BCD コードとは、10 進数の 1 桁を 2 進数 4 ビットで表すもので、例えば 10 進数で「1」なら「0001」、「0」なら「0000」となる。検知回路では、この 7 つの信号を PIC が読み取り、7 セグメント LED に表示されるであろう数値を PIC 内で生成し、それを調べ、指定した距離の範囲内であればブザーを鳴らすようにプログラムしている。

〈4・3〉 PIC の処理動作内容

距離計の HD14553BP の DS1~DS3 ピンには 2SA1015A トランジスタがそれぞれコレクタ接地で接続されていて、論理「0」または論理「1」が入力されるようになっている。DS1, DS2, DS3 はそれぞれ 7 セグメント LED の 1 桁目, 2 桁目, 3 桁目と対応しており、論理「0」が入力されると対応する桁が表示されるようになっている。なお計測した 3 桁の数字は 1 桁ずつ交互に出力・表示されているが、BCD カウンタ内のスキャン発振器の周波数が約 1100Hz であり、人間の目ではこのような速さの変化は見えないので全ての桁が常時点灯しているように見えるため問題はない。また、1 桁ずつ表示することにより同時には 1 桁だけの LED しか表示していないので省電力になるというメリットもある。

PIC では BCD カウンタのこれらの信号を読み取り計測距離を計算し、その結果と指定範囲とを比べ、指定範囲内であればブザーを鳴らすという処理を行っている。ブザーを鳴らす距離の設定にはディップスイッチを用いている。ディップスイッチは図 7 のように接続されているので、OFF の場合には V_{DD} に接続され論理「1」が、ON の場合には GND に接続され論理「0」が PIC のそれぞれの入力ピンに入力されるようになっている。4 回路のディップスイッチを 2 つ使用し範囲の下限値を、8 回路のディップスイッチを 1 つ使用し範囲の上限値をそれぞれ 2 進数 8 桁 (0~255) でセンチメートル単位で指定するようになっている。設定の変更は電源を入れ直すだけでよく、これによりプログラムを書き換えることなく、外部から感知範囲を容易に設定することができるようになった。このプログラムのフローチャートを図 7 に示す。

5. あとがき

今回、超音波距離計に検知機能を加えるにあたり、BCD カウンタから出力される信号を PIC に入力していたので、超音波の反射時間や計測距離のパルスを一切考慮することなく容易に計測距離を検知回路に送ることができた。しかし、それだけ必要な部品が増えるので、回路的には無駄があり、サイズも大きくなってしまった。低コスト、小サイズで作製する場合には、信号発振や信号処理は PIC に行わせる方法のほうが良いと思われる。また距離範囲の設定方法を工夫することでスイッチの数も減らす

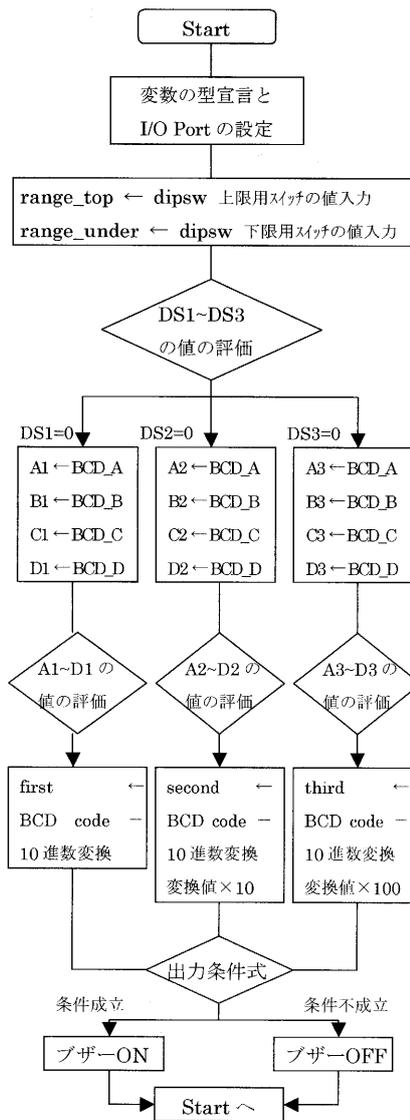


図 7 プログラムフローチャート

ことができ、それに合わせて PIC 自体も小さくすることができるので、さらに低コスト、小サイズで作製することができる。今回は報知機能ということでブザーを取り付けたが、目的に応じてモータや LED 等も接続可能なので、自動ドアやセンサライト等にも使用可能となっている。

謝 辞

本研究は日高研究室の全面的な協力を得て行った。ここに謝意を表す。

文 献

(1)後関 哲也：「C 言語による PIC プログラミング入門」、技術評論社、(2002)