

PSoCを用いた超音波距離計の製作

九州ポリテクカレッジ 電子技術科 後藤 豊
(九州職業能力開発大学校)

1. はじめに

近年、総合制作実習の到達度が低下している。その原因を推測すると、学生がそれぞれの技術（デジタル電子回路、アナログ電子回路、マイコンなど）を学習するのが精いっぱい、技術を集約することまで思考できないためではないか。しかしながら、シラバスで内容を減らすことをしても同じ結果を続けている。これは学生の思考力やモチベーションの低下ではないかと考え、「ものづくり」に無関心な学生が興味を持って取り組める製作課題を開発することが必要であると感じ、学生レベルで完成可能であると思われる超音波距離計の製作を課題に取り入れることを考えた。

超音波距離計にはアナログ回路である増幅回路やフィルタ回路、そしてデジタル回路が必要となる。これらすべての回路をハードウェアとして製作するのは、学生にとって非常に高いレベルの技術と知識を要求することになるため、ここではハードウェアとソフトウェアの一体化されたシステム・オン・チップのワンチップ・マイコンを使用することにより、超音波のアナログ信号を直接扱い増幅回路やフィルタ回路を省略することとし、データは液晶ディスプレイ（LCD）で表示することとした。

この製作に必要な技術はシステム・オン・チップのワンチップ・マイコンであるPSoC*マイコン利用法、

*Programmable System-on-Chip

音波による距離測定の仕組み、超音波センサの仕組み等が要求される。センサの取り扱いについては、カリキュラムでは十分な実習等を実施できていないため、簡単な電子回路で動作を確認することが望ましいが、説明のみとして設計は省略する。その他のPSoCマイコンによるアナログ回路の組み込みなどは設計からとした。

2. 超音波距離計の基本原則

2.1 超音波とは

超音波とは、人間の耳には聞こえない高い振動数を持つ弾性振動波で、狭義には周波数が16kHz以上の音波、広義には人間が聞くことを目的としない音波のことである。一般的に人間が音を音として感じることができるのは30Hz～20kHz程度の周波数帯域で、この帯域は可聴域と呼ばれる。

超音波は振動する物質が必要で、伝搬速度はその物質によって変化する。例えば、空気の場合340m/sで水の場合1530m/sとなる。当然、光と同様に反射と回折があり、音響インピーダンス（物質密度×音速）の差が大きいほど反射することになる。超音波は、このような性質を生かしてさまざまな分野で広く普及している。

例えば、最近のジェットコースターの死亡事故を受け、国が定期検査について遊戯施設の車軸は走行速度に応じて、1～3年ごとに亀裂を探す探傷試験を義務化する方針を出したことは記憶に新しく、その試験には超音波を利用した非破壊検査装置が活用

され、社会生活のあらゆる場面に、超音波は採用されているのが実感できる。

2.2 超音波距離計とは

超音波を使用して距離を測定する方法は、図1のようにスピーカから発生した超音波が対象物に当たって跳ね返ってくるまでの時間を計測し、これを音速で割れば往復の距離が算出できる仕組みである。

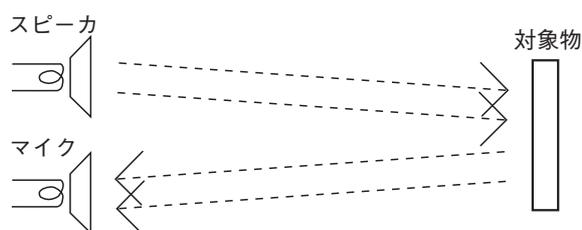


図1 距離測定方法

音速，すなわち音波の伝播速度は①式のように表され，温度の変化への依存性があり高くなるほど速くなる。

$$v = 331.5 + 0.60714T \dots\dots\dots ①$$

v :速度[m/s] T :温度[°C]

例えば，温度が10°C変化すると速度は6m/s異なり，2%程度の誤差が生じ1m当たり誤差が2cmとなる。この誤差を軽減するために温度補償を設ける必要がある。

そして，目的の距離は②式で表され，距離計は時間を測定し，その値を計算処理することになる。

$$l = \frac{v \cdot t}{2} \dots\dots\dots ②$$

l :距離[m] v :速度[m/s] t :時間[s]

2.3 市販の超音波距離計

図2は実際に市販されている超音波距離計で，エコーを利用して非接触で測定したいときに便利な道具である。

活用シーンとしては空間設計，モデルルーム，各種展示場，設計士の構想立案，プレゼンテーション，飲食業の施設提案，天井などメジャーを渡せない場所での携帯計測器などある。

次に距離計の主な仕様例は表1のとおりで，測定



図2 市販の超音波距離計

表1 市販の超音波距離計の仕様例

| | |
|--------|----------------------------------|
| 測定範囲 | 56cm～13m |
| 精度 | 室内：対測定距離誤差±0.5% 野外：対測定距離誤差±1% |
| 最小単位 | 最小単位 1cm（分解能力も1cm） |
| 超音波周波数 | 40kHz |
| 電池 | 9V 006P 1個 |
| 消費電流 | 8mA～13mA |
| サイズ・重量 | 130mm×73mm×33mm，170g |

範囲が数十cmから十数mで，50mを超えるものも販売されている。さらにマイコンを搭載して距離の加減計算，面積，容積計算を可能にしたものやレーザー照準で確実に測定点をとらえることのできる機種もある。

3. 超音波センサ

3.1 圧電セラミックスとは

圧電セラミックスとは，外から応力が加わると電圧が発生する圧電効果と，逆に電圧をかけるとある方向に歪みが生じて変形する逆圧電効果を持ったセラミックスである。また，圧電セラミックスは交流の電気信号を印加する場合，その周波数が形状によって決まる弾性固有振動数に一致したとき，非常に強く振動するという共振現象を生じる。この共振を利用すると電気機械エネルギー変換効率が非常に良くなるため実際の応用には共振がよく利用される。

実際の圧電セラミックスの応用製品は，動力的応用（電気→機械変換）で圧電アクチュエータ，圧電ファンなど，センサ的応用（機械→電気変換）で超音波センサ，衝撃センサなど，回路機能部品の応用でセラミックフィルタ，セラミック発振子などがある。

3.2 センサ動作原理

超音波センサは、圧電セラミックスに金属板を張り合わせた構造をしており、図3のように信号電圧を加えると振動子が屈曲振動を起し、この機械的共振周波数と入力される高周波信号の周波数とを一致させたときに、最も効率的に超音波を空中に放射する。この動作が送信である。

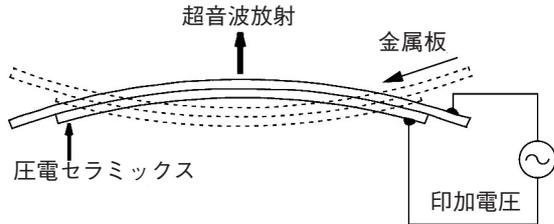


図3 超音波送信の仕組み

また、受信は図4のように空中から超音波の振動が加わり振動子が、屈曲振動を生じ振動電極間に波動に応じた電気出力を発生する動作である。

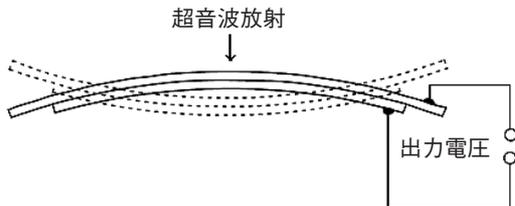


図4 超音波受信の仕組み

このように超音波センサは送信部と受信部が必要なる。今回製作した距離計では表2のような仕様の送信器と受信器が独立したものを使用している。

表2 超音波センサの仕様

| | | |
|-------------|--------------|--------------|
| メーカー | 日本セラミック株式会社 | |
| タイプ | 送信器 T4016 | 受信器 R4016 |
| 中心周波数 [KHz] | 40 | |
| 音圧 [dB] | >115 | - |
| 感度 [dB] | - | > -67 |
| 構造 | | |

4. PSoCとは

4.1 PSoCの概要

PSoCの開発元はCypress Micro System社であり、チップ上でA/Dコンバータ (ADC)、D/Aコンバータ (DAC)、フィルタ、タイマ、アンプ、カウンタなどを選択して目的に応じたワンチップ・マイコンとして使用できるものである。

実際に使用したPSoC (CY8C27443-24XI) の内部ブロック図は図5のようになっており、CPUコアだけではなく、デジタル・ブロック・アレイとアナログ・ブロック・アレイが装備されている。

4.2 デジタル・ブロック・アレイ

このブロック・アレイにはDigital Basic BlockとDigital Communication Blockの2種類があり、これらのブロックのモード設定によって、タイマ、カウンタなどの働きをする。

4.3 アナログ・ブロック・アレイ

このブロック・アレイにはAnalog Continuous Block Type BとAnalog Switched Capacitor Type CとAnalog Switched Capacitor Type Dの3種類があ

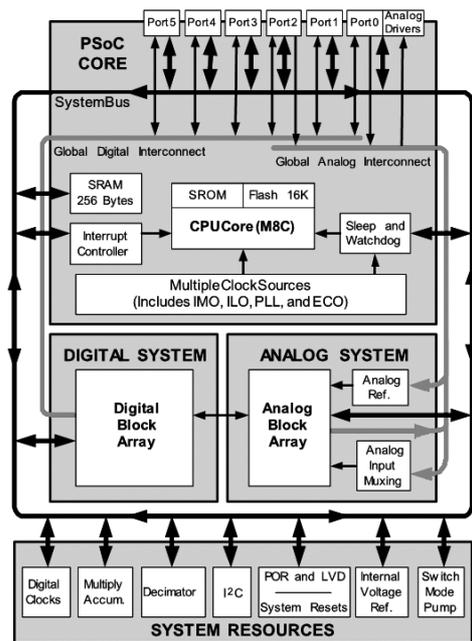


図5 PSoCのブロック図

動作としては超音波の送信と受信が完成しており、送信波形と受信波形は図10で、受信波形には送信側から直接受信している信号があり、それを除くために図7のPWMD8_1により不感帯をつくり負論理のOR回路を通過することで解決している。

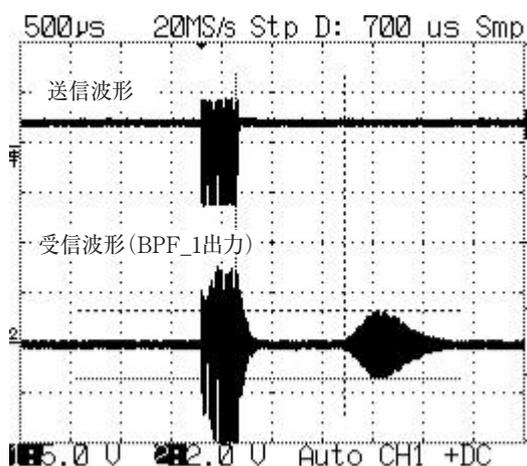


図10 送信波形と受信波形

6. おわりに

今回、新規のチップを使用して超音波距離計の製作に挑んだ。増幅回路やフィルタ回路、そしてデジタル回路をチップ内で構成することで学生の理解度を向上させようと考えたが、PSoCマイコンを十分理解し、開発手順に慣れないと学生に無理をさせてしまう恐れがある。しかし、ある程度理解力のある学生に対しては総合制作実習の課題としては有効なものである。

また、この距離計には温度ICを搭載し、温度補償機能を持たせることができるので、学生の理解度に合わせて難易度を変化できる。

最後に、距離計は完成していないが、次年度の総合制作実習課題として採用したいと考えている。

<参考文献>

- 1) 桑野雅彦：「はじめてのPSoCマイコン」CQ出版（2004）
- 2) 「アプリケーション・ノートAN2048」Cypress Micro Systems
- 3) 「PSoC Designer C Language Compiler User Guide」, Cypress Micro Systems

詳解 職業能力開発の現状 改訂4版

— 雇用の安定・拡大のためのキャリア形成支援 —

職業能力開発研究会 編

ジョブ・カードの概要、
キャリア・コンサルタント制度の報告書等
大幅追録！

A5判／378ページ
定価 3,150円(本体3,000円)
ISBN978-4-87563-246-7



第1章 日本の職業能力開発

職業能力開発促進法の概要／職業能力開発基本計画 ほか
第2章 雇用の安定・拡大のための職業能力開発施策の枠組みの構築
個人主体のキャリア形成支援の必要性とその手法／
企業に対する支援の在り方／ジョブ・カード制度 ほか

第3章 第8次職業能力開発基本計画の策定と職業能力開発促進法の改正 現行職業能力開発促進法成立の経緯 ほか

参考

- 1 第8次職業能力開発基本計画
- 2 人材による成長を導くために
- 3 「生涯キャリア支援と企業のあり方に関する研究会」報告書
- 4 「キャリア・コンサルタント制度のあり方に関する検討会」報告書
- 5 「平成19年度キャリア・コンサルティング研究会」報告書
- 6 平成19年度ものづくり白書(ものづくり基盤技術の振興施策)について
- 7 平成19年度能力開発基本調査結果概要

■発行所

社団法人 雇用問題研究会 <http://www.koyoerc.or.jp>

〒104-0033 東京都中央区新川1-16-14 電話 03-3523-5181 (代表) FAX 03-3523-5187