マイクロコンピュータを中心としたデバイス間通信教材の開発

電 子 技 術 科　　浦 野　勉　吉 田　慶 一

1　研究目的

マイクロコンピュータを用いた制御システムは，外部からのセンサ（入力）や，モータ（出力）を用いることが多い．これらの「デバイス」を制御するための信号をやり取りする手段としてGPIO（General Purpose Input/Output）が用いられているが，複雑なシステムでは，大量のデータの送受信が必要になり，IOの数が足りなくなる．IOエキスパンダを用いれば対処できるが，それにはデバイス間通信が必要になる．一方では，センサや表示デバイスのモジュール化が進み，マイコンと通信することを前提とした製品も多い．本研究では現在電子技術科でよく用いられるデバイス間通信を行うための必要な知識や技術に関する教材を作成し，今後の制御実習や，卒業研究で活用することを目的とする．

2　デバイス間通信について

ここで取り上げる通信方式は，I2C（Inter-Integrated Circuit）バス，SPI（Serial Peripheral Interface）,UART（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter）の３つである．

2．1　I2C バス

２本の信号線（SDA と SCL)により通信を行う．デバイス間は，マスタ・スレーブの関係で，スレーブには7bit の固有アドレスが割り当てられる．通信速度はスタンダードモードで最大100kbit/s である．他のインターフェースより信号線が少ないのにも関わらず，同一信号線上にいくつものデバイスを接続できるので，非常に簡潔な回路構成で，複雑で多機能なシステムを構成できる．

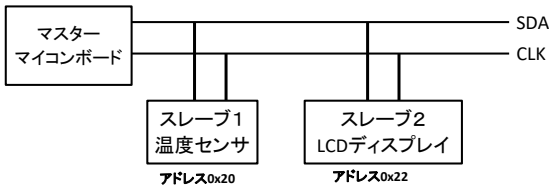

図１　I2C バスによる構成例

図１は，マスターとなるマイコンボードに接続された２つのスレーブデバイスを持つシステム構成例である．マスターであるマイコンボードで実行されるプログラムは，スレーブ１(アドレス 0x20）の温度センサからデータを読み取り，それをディスプレイ用のデータに変換して，スレーブ２(アドレス 0x22)のLCD ディスプレイに送るという動作を行う．

I2C に対応した市販モジュールは数多く存在している．例として，LCD(液晶表示器）モジュール，センサ類（温度・湿度・カラー・距離・加速度），リアルタイムクロック，EEPROM，AD 変換器，IO エキスパンダ―などである．

2．2　SPI バス

４本の信号線（MOSI,MISO,SCLK,SS）により通信を行う．デバイス間はマスタ・スレーブの関係で，スレーブの選択は SS 信号線により行う．基本的な構成は図２のようになるが，スレーブを複数にするには，スレーブの数だけ SS の増設が必要になり，その分マスターの IO ポートを使用することになる．SLCK は通信用クロック信号であるが，後述の C 言語ライブラリを使用した場合使用できるクロック周波数の範囲は 500ｋHz～32MHz であり高速通信が可能である．

図２　SPI バスによる構成例

市販されている SPI モジュールは，センサ類，EEPROM，AD 変換器，IO エキスパンダが挙げられる．回路構成が I2C に比べると複雑になるが，高速通信が必要な製品が多いと思われる．

2．3　UART

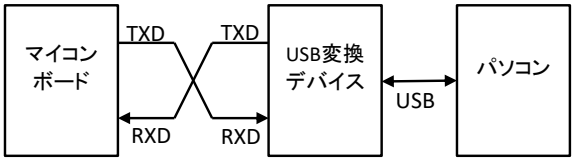

図３　UART による構成例

UART の最も単純な構成は，２本の信号線（TXD，RXD）から構成される．クロック信号を用いず信号が 0 から 1 に変化したタイミングで通信をスタートさせる調歩同期式のシリアル通信である．単に「シリアル通信」と呼ばれることも多い．基本的には１対１のデバイス間通信である．かつては PC に RS-232C ポートとして搭載され，PC 周辺装置との通信によく使用されていたが，USB に取って代わられた．しかし，この通信方式は歴史が非常に古く，動作原理も単純なため，安価なワンチップマイコンでも殆どのものがこの機能を備えている．また，USB-シリアル変換モジュールが多数市販されているので，図３のように，PC とマイコンとの通信を比較的簡単に実現できる．この構成により

PC を使った御システムの構築が可能であるが、むしろシリアル通信しか通信手段を持たないような低クラスマイコン用プログラムのデバッグに有用である。

3　ブレッドボードによる製作例

図 4 のように，マイコンボード(マスタ)と各種デバイスをブレッドボード経由で接続し，通信制御プログラムを作成することで簡単なシステムを試作した．ここでは，I2C バスを用いたシステムの例を提示する．

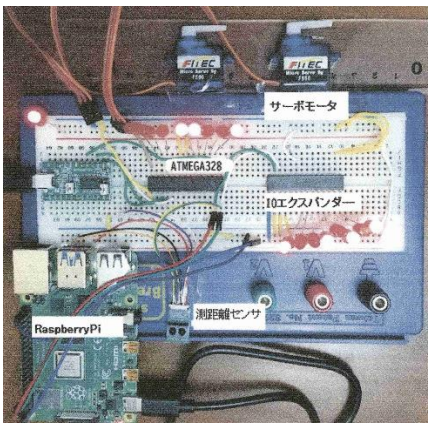

図 4　ブレッドボードによるシステム

3．1　マイコンボード

マイコンボードは RaspberryPi を使用することとした．これは，英国 RaspberryPi 財団により開発され，HDMI，USB，有線 LAN，WiFi，Bluetooth を装備している．高性能であるが低価格で，一昔前の PC と同等以上のことができる．組込み用としても使用可能で，40 ピンの外部出力端子に接続することで GPIO，I2C，SPI，UART といったインターフェースが使用可能である．ただし，AD 変換機能は装備されていない．C 言語による開発環境も備わっていて，WiringPi と呼ばれるライブラリを使用すれば，

GPIO，シリアル通信，I2C，SPI などを操作するプログラムを簡単に実現できる．

3．2　IO エキスパンダ

Microchip 社 MCP23017-E/SP を使用した．I2C インターフェースを持ち，IO ポートを合計 16bit 増設できる．図 4 では，8 個の LED を接続し，前述の測距センサの測定結果を出力している．

3．3　距離センサ

シャープ㈱の GP2Y0E03 を使用した．これは赤外線の反射光を CMOS イメージセンサで捉え，三角測量の原理で距離を測定するもので，測定可能範囲は 4 ～50 ㎝である．距離に応じた電圧が出力されるのと同時に I2C 通信によりデータを読み出すこともできる．

3．4　独自モジュールを作る

図 5 のように，I2C 機能を持つワンチップマイコン Microchip 社 ATMEGA328 と RaspberryPi を I2C より通信させる．ATMEGA328 はサーボモータ用パルス信号を出力する．このパルス信号は 20ms 周期で，パルス幅を 5～25ms に変化させるとモータ角度は 0～180°に変化する．

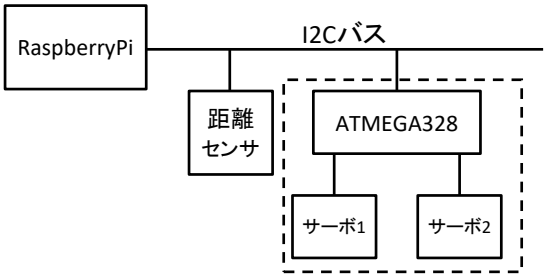

図 5　サーボモータ制御システム

例えば，RaspberryPi が 5,15,20,25 という命令を送信すると，サーボモータは 0，45，90，135，180°の位置に固定される．サーボ用信号は，RaspberryPi から直接出力することも可能であるが，制御するサーボの数が増えるとソフトウェア的な負荷が大きくなり RaspberryPi の他処理との競合が起きる．この方法を用いる場合，RaspberryPi 側から見ると，命令として整数データを I2C に対して送信するだけなので負荷はかなり減る．また，ハードウェア的には，ATMEGA328 とサーボモータを 1 つのモジュールと見なせば，2 つの信号線をモジュールに対して接続するだけである．このように，独自のモジュールを作成できるようになれば，ハードウェア及びソフトウェア的な「抽象化」ができるようになり，より複雑で高度なシステムを構築できる技術を身に着けることができると考えられる．

4　まとめ

主に使われているデバイス間通信 3 種類を教材として取り上げた．これらの特徴を踏まえて状況に応じて学生が適切な通信方法を選び，さらに独自の機能を持ったモジュールの作成ができるようになれば，より高度なものづくりができる人材育成につながるのではないかと考える。

参考文献等

・WiringPi< http://wiringpi．com/>
・I2C バス仕様およびユーザーズマニュアル
NXP セミコンダクターズ　2012