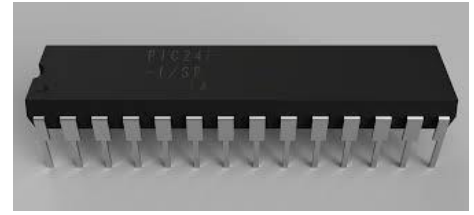




マイコンについて



はじめに

「マイコン」とは、「マイクロコントローラー」、「マイクロプロセッサ」の略です。2000年代までは、小さい「コンピューターシステム」である「マイクロコンピューター」の略称としてのマイコンが一般的だったが、今日ではマイコンは「マイクロコントローラー」または「マイクロプロセッサ」の略として広く知られており、ここで指すマイコンという言葉もその意味を取ります。また、ここでは更に狭義での意味である「ワンチップマイコン」（もしくは「マイクロコントローラー」）の意味で捉えます。よって、此処から先に記述されるマイコンという名称はすべてマイクロコントローラー（もしくはワンチップマイコン）をさしたものであるとここに明記します。

内容がとても難しいのでもっと知りたい！や少しでも興味を持ってくださった方は気軽に部員までお声かけください。実際の使用例も併せて説明させていただきます。

第1章 マイコンの概念

マイコンとは、その名の通りコンピューターシステムをひとつの集積回路に入れたものであり、「マイクロコントローラー」とも言われます。これは、一般的な他の「マイクロプロセッサ」（パソコン等にあるCPUなど）とは違い、自己充足性と低価格に特化したプロセッサとも言えます。マイコンは「CPU」（中央演算装置）、「メモリ」、「タイマー」、「I/O」部が最小単位として構成されており、またほとんどのマイコンにはそこに「アナログーデジタル変換回路」や「デジタルーアナログ変換回路」、「シリアル通信バス」や「I2C 通信バス」、「SPI 通信バス」などが内蔵されています。他にも「割り込み」などのシステムが内蔵されているが、そういったものの詳細は事象で解説します。



第2章 マイコンの構造

マイコンは後述する CPU やメモリ、そして周辺機器などで構成されています。マイコンがユーザーが指定したプログラムを実行する手順としては、まずユーザーのプログラムをメモリ内にある特定の場所に保存し、それを CPU がひとつずつ先頭から順番に読み取り、解釈し、そのとおりに周辺機器などを動かし実行します。

・ CPU

CPU(「中央演算装置」)は大量の「コンデンサー」や「トランジスタ」、「抵抗器」が「LSI」(「大規模集積回路」)に内蔵されており、マイコンの中心に位置します。CPUは「メモリ」(「記録装置」)上に存在する命令(「プログラム」)を読み込み、それを解釈、実行します。この過程での演算などのために、「FPU」(「浮動小数点演算処理装置」)などがあるマイコンもあります。また通常のマコンのCPUには「入出力回路」に接続され、後述する「主記憶装置」や「通信装置」、「A/D,D/A変換器」などの「周辺機能」に接続されています。また基本的には周辺機器にはCPUの側からアクセスしますが、多くのCPUは「割り込み」という方法で周辺機器からCPUにアクセスすることができます。この割り込みという方法によって、インターフェイスなどからのリアルタイム性の保証やCPUのリソースをより効率的に利用することが可能になりました。

・ ALU

ALU (Arithmetic Logic Unit) (算術論理演算装置)とはCPU内にある演算装置で、論理演算と加算および減算を行うことができます。マイコンでは、マイコンに保存されたプログラムで指定された計算の他にもアドレスの計算などの他の目的などで多用されるため、高速な加算器が必要となります。そのための演算装置のことをALU(算術論理演算装置)

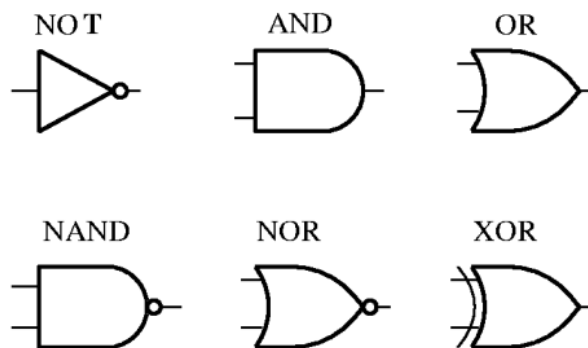
とよびます。ほかにも演算装置としては加算器や乗算器、バレルシフタ



(特定のビット数分だけワードデータをシフトするデジタル回路)、FPU (少数点を含む数についての演算に特化したプロセッサ) などがあります。

・ロジック

ロジック (論理回路) とは論理演算を行う電子回路です。マイコンには大量のロジック (論理回路) が内包されており、そのロジックの中にも大量のトランジスタが内包されています (もちろんその中にはコンデンサや抵抗も大量に存在します)。ALU などはこの集合体で出来ています。一般的にはデジタル回路であることが多いですが、論理演算を行うアナログ回路や、電氣的でないもの (流体素体や光コンピューティング) もありますが、ここでは扱いません。論理回路は真理値の「真」、「偽」や「1」、「0」を、電圧の高低の「High」、「Low」や、電流の方向や大小、位相の差異、パルスなどの時間の長短など表現します。主な論理回路には、NOT (入力の正負を逆にする) や、他にも OR (入力1と入力2のどちらかもしくは両方が正なら正を出力、そうでなければ負を出力する)、AND (入力1と入力2の両方が正なら正、そうでなければ負を出力する)、XOR (入力1と入力2のどちらかが正なら正、両方とも正もしくは両方とも負なら負を出力する)、NOR (入力1と入力2両方が負の場合のみ正、その他の場合負を出力する)、NAND (両方正の場合のみ負、その他の場合正を出力する) などの組み合わせ回路、他にもフリップフロップ回路やカウンタ回路などがあります。



(図) 論理記号 (ロジックを回路図等で表すための記号)

・メモリ (記憶装置)

メモリとはその名の通り、様々な情報を記録することができる装置で



F

マイコンについて

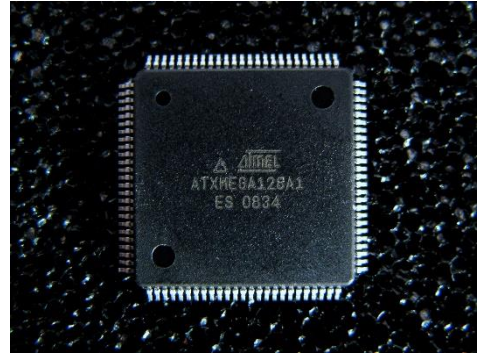
洛星ロボット研究部・同好会 Rakusei Robot Study Club

2017

す。

それにはいろいろな種類があり、パソコンなどではレジスタ、一時記憶装置（パソコンなどでのいわゆるメモリ）、二次記憶装置（HDD や SSD など）、三次記憶装置などがありますが、ここでは主にマイコン（メモリに関してはマイコンで仕

様が違うことがあるので具体的には Atmel 社の ATXmegaAU シリーズ（右写真）を例にとって）解説します。



・レジスタ

レジスタ（レジスタメモリ）は、CPU 内に存在するメモリです。C 言語の register 変数があるように、あらゆる”メモリ”の中で最も高速アクセスすることができます。マイコンでは、主にここ（レジスタ）の値を変更することで後述する周辺機能を扱うことができます。

・メモリ

前述したとおりここでは Atmel 社の ATXmegaAU シリーズを例にとって解説しますが、これらにはデータメモリとプログラムメモリの2つのメモリ空間が存在します。ここでのデータメモリは前述したレジスタのようなものなので、ここではプログラムメモリについて説明します。

プログラムメモリには、その名のとおりユーザーのプログラムが保存されます。ここに保存された命令の集合が、順番に CPU に解釈され実行されます。

・周辺機能

周辺機能とはマイコンやメモリにバスを介して接続されている機器のことです。ここでは主に GPIO,A/D 及び D/A コンバーター,RTC,タイマ,UART



マイコンについて

2017

洛星ロボット研究部・同好会 Rakusei Robot Study Club

や SPI,I2C などの通信機能などの主な機能について解説します。

・ GPIO

GPIO(General purpose input/output(汎用入出力))とはその名の通り、マイコンの外部との通信や接続のほぼすべてを取りまとめるピンの集合です。マイコンではこの中に特殊な機能を持たない単純な入出力ピンや、上記の A/D 及び D/A コンバーター,RTC,タイマを制御するための機能を持つピンや UART や SPI,I2C などの通信用のピンなどが入っています。

・ A/D,D/A 変換器

A/D,D/A 変換器（アナログ/デジタル、デジタル/アナログ変換機）（ADC,DAC などとも言う）は、その名のとおりデジタル信号をアナログ信号に、アナログ信号をデジタル信号に変換する機器のことです。これにより、基本的にデジタル信号のみ扱えるマイコンでアナログ信号を扱うことができるようになります。

・ 通信機能

マイコンは、GPIO を介して他のマイコンやセンサー、PC などと通信をすることができます。通信というからには当然相手がいるわけで、そのためのルールを通信プロトコル（通信規格）と呼びます。通信するデータは基本的には 8 ビット単位でやりとりされ、データが 8 ビットよりも小さかったり大きかったりする場合も基本的には 8 ビットで区切られて粗やりとりします。通信方法には主に二種類あり、それぞれパラレル通信とシリアル通信と呼ばれています。

・ パラレル通信

パラレル通信とは、8 ビットに区切られたデータを全て一度に送信する方法です。この方法では送る側のメモリにあるデータをすべて



F

マイコンについて

洛星ロボット研究部・同好会 Rakusei Robot Study Club

2017

いっぺんに送信し、それをそのまま受信側がメモリに取り込みます。この方法はたしかに単純ですが、通信線が少なくとも8本は必要になってくるためマイコンとの通信ではあまり使われません。この通信のメリットとしては前述したとおりハードウェア的な機構が単純なのと、複数個のビットを並行して転送できるため一般的に転送速度がシリアル通信と比較してかなり早いというのがあります。

デメリットとしては、前述したとおり通信線の本数が多くなるのと並行して走っている配線間で伝送している信号が他の通信線に電氣的に侵入してしまうこと（漏話という）があるため、配線長を長くすることができないという点があります。そのためマイコンとの通信ではメリットが少なくデメリットが多い（基本的にあまり高速な通信は必要ではない、マイコンのGPIOを使うのでは他のものにつかえるIOの数が少なくなってしまう、それを解決するためその専用のドライバなどを使用するとすればコストが掛かり過ぎる、一般的に所謂組み込み系では配線長は長くなりがち）ため、あまり使われません。ただ一般的なコンピューターなどでの拡張ボードなどとの接続ではメリットが多いためこの通信方法がよく使われます。

（具体的にはISA,ATA,SCSI,PCIなど）

・シリアル通信

シリアル通信とは、8ビットに区切られたデータをいっぺんに送るのではなく1ビットずつ送っていく方法です。この方法では送信側のメモリにあるデータを規則（プロトコル）に沿って一本の通信線にのせ、それをひとつずつ受信側におくり、そしてそのデータを受信側は規則（プロトコル）に則り解釈、受信します。この方法はパラレル通信と比較すると複雑で、それ故に多くのプロトコルが存在しますここでは一般的で有名なプロトコルであるSPI,I2Cについて説明します。

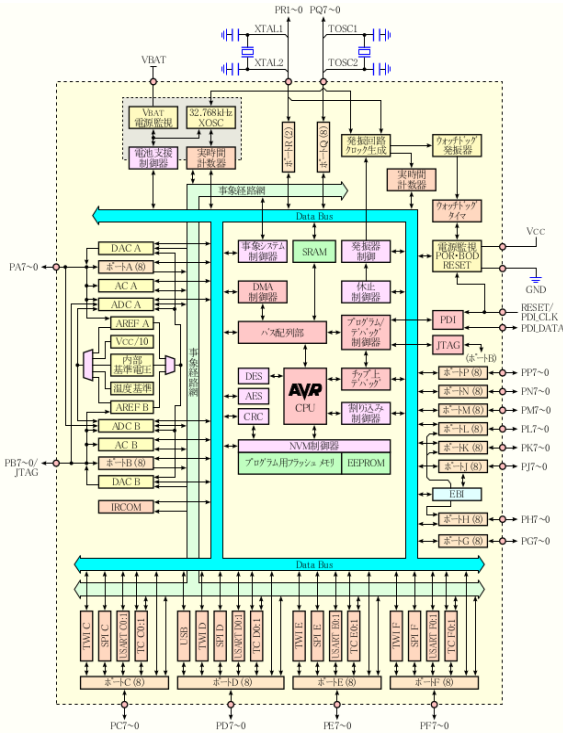


・SPI 通信

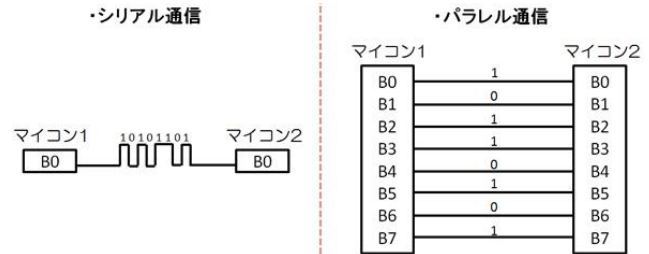
SPI (Serial Peripheral Interface) 通信とは、フリースケール・セミコンダクタが提唱している通信規格です。通信速度は、1 Mbps～3 Mbps 程度です (ただしこれはかなりマイコンの性能に左右される)。通信では、マスターとスレーブに分かれており、SPI では、基本的にクロック (SCK)、SI (データ入力)、SO (データ出力) の3線で通信されます。また、通信線とは別にチップ・セレクトピン (CS) という接続する SPI デバイスを選択するためのピンがあります。基本的な SPI デバイスでは、この CS ピンが HIGH から LOW になった時に通信が開始され、そして HIGH になった時に通信が終了されます。通信はクロックの信号に乗って SI から出力され、同時に相手からの信号が SO に入力されます。SPI 通信は出力と入力が行われます。

・I2C 通信

I2C (Inter Integrated Circuit) 通信とは、フィリップス社が提唱している通信規格です。通信速度は 100 Kbps～400 Kbps です (ただしこれはかなりマイコンの性能に左右される)。通信では、マスターとスレーブに別れており、I2C では、基本的に SCL (シリアル・クロック・ライン) と SDA (シリアル・データ・ライン) で通信されています。I2C では I2C デバイスを選択するために通信のはじめにまずアドレスを送信し、それと同じアドレスのものと通信することができます。通信するデバイスが選択されたらその後の通信はその選択されたものと通信されます。通信は SCL のクロックに乗って SDA からデータが送られます。I2C は受信と送信は別々に行われ、そのため通信線は少なくなりますが通信速度は遅くなります。



下図) パラレル通信とシリアル通信



(例) ATXmega128A1U の内部構造

第3章 マイコンの種類 (製品)

マイコンには多くの種類があり、多くのメーカーが多数のものを販売しています。ここでは、今も多く存在する Atmel 社の AVR シリーズ、Microchip 社の PIC シリーズ、ST マイクロ社の STM シリーズ、ルネサステクノロジ社の H8 シリーズについて説明します。なお、RISC とはマイコンで使える命令を単純なものを多くし回路を単純化することで実行速度を上げたマイコンで、CISC はその逆で単一の命令で複数の処理を行うマイコンです。なお昔は「CISC はいずれ RISC にすべて置き換わるだろう」と予想されていたこともありましたが、最近では RISC はより多くの命令を実装し、CISC は内部的に RISC な構造を採用したため今ではほとんど同じようなものとなり、技術的な概念としてではなくむしろ各プロセッサの歴史的な背景として使われることがほとんどです。



F

マイコンについて

洛星ロボット研究部・同好会 Rakusei Robot Study Club

2017

• AVR

Atmel 社の AVR シリーズは、RISC ベースの 8 ビットマイコン（32 ビットのものもありますがそれは ARM アーキテクチャを採用していることもありここでは扱いません）です。回路構成などはかなり単純で、基本的にワンチップのみで動作させることが可能です。ちなみに我がロボット研究部でもこれを使うことが多いです。C 言語でのプログラム意識しているので、プログラムも（比較的）単純に作れます。シリーズには主に起源となった 90S シリーズと、それを大容量化、I/O を拡張した Mega シリーズ、低消費電力化・低電圧対応した Tiny シリーズ、高機能化・高性能化した X Mega シリーズなどがあります。



• PIC

Microchip 社の PIC シリーズは、RISC 寄りの構造をしたマイコンです。機能、価格、性能によって種類が非常に多いことが特徴で、そのため 8,6,32 ビットのもので作られています。70 年台から存在するかなり歴史があるマイコンですが、コンパイラが有料なことや前述した AVR のようなものが出てきたことで我がロボット研究部では基本的には使用されておらず、そのため基本的にこのマイコンについて詳しい人はいません。



• STM

ST マイクロ社の STM シリーズは、8 ビットもしくは 32 ビットのマイコンです。これは前述した 2 つのマイコンとは異なり、ARM というアーキテクチャを採用しています。ARM とは ARM ホールディングスの ARM Ltd によって開発されている 32、64 ビット RISC CPU のことです。近年ではこれが多く組み込みやスマートフォンやタブレットなどで使われています。このアーキテクチャが採用されている STM シリーズ





F

マイコンについて

洛星ロボット研究部・同好会 Rakusei Robot Study Club

2017

(特に STM32) は、前述した AVR や PIC などと比べ (特に STM32 は) 32 ビットアーキテクチャを採用していることもあり高性能なことが挙げられます。そのためこの STM32 は我がロボット研究部でもよく使われています。

・ H8

日立製作者 (現在はルネサス・エレクトロニクスとして分離) が開発した H8 シリーズは、8 ビット、16 ビット、32 ビットの CISC アーキテクチャを採用されているマイコンです。組み込み向けのマイコンとは比較的大きな世界的シェアを有しますが、我がロボット研究部では基本的に使われません。



第 4 章 おわりに

ご精読ありがとうございました。内容がとても難しく、書くのもとても難しかったです。しかし、読んでくださった方がこれを機会に、マイコン、ロボットについて興味を持ってくだされば幸いです。

ご質問は部員まで気軽にお尋ねください。