

組み込みマイコンの仕組みを理解しよう

第1回

FRマイコンのアーキテクチャ

平石 郁雄

組み込みマイコンは、組み込みシステムの中核をなす部品と言える。本連載では、富士通が出荷している32ビット・マイコン「FRファミリ」を例に、マイコンの仕組みや使い方について解説していく。第1回は、マイコン・ハードウェアのアーキテクチャを中心に説明する。

(編集部)

本誌の読者の中には、週に1度は電気店へと足を運ぶ方も多いのではないのでしょうか。筆者も同じで、ぶらぶらと電気店へ行き、足の赴くままに店内をうろついています。行くたびに機能の異なる新製品がどんどん入荷されており、好奇心が刺激されます。これら多くの新製品を陰で支えているのが、マイクロコントローラ(マイコン)です。

マイコンは、プログラムによって任意の機能動作に変更できることを大きな特徴としています。少々の機能の違いであれば、簡単にプログラムの変更で対処できます。極端な話、回路図を変更することなく、プログラムの変更のみで新製品を開発することも可能なのです。また、開発途中の製品企画の変更にも柔軟に対応できます。「融通がきく」ということを大きな特徴としているので、新製品開発には必要不可欠の部品といえます。

このように便利であるが故に、マイコンが組み込まれている電子機器は多岐にわたります(図1)。例えば、常に進化を求められるテレビやオーディオ機器といった据え置き

型の家電製品にも、携帯電話やデジタル・カメラ(デジカメ)といった携帯型機器にも、自動車や飛行機といった運輸機器にも組み込まれています。機器の筐体きょうたいに囲まれているので、通常は目に触れることはありませんが、私たちの生活になくってはならない部品といえます。あなたの目の前の電化製品を分解すると、きっと、たくさんのマイコンを発見することでしょう。

本連載では、組み込みシステムの開発に利用されているマイコンの仕組みや使い方について解説していきます。実際のマイコンの例として、筆者ら(富士通)が開発・販売している32ビット・マイコン「FRファミリ」の内部構造や開発環境などを示しながら説明していきます。第1回は、マイコンのアーキテクチャと基本レジスタ・セット、パイプライン動作について述べます。

低消費電力と高速処理の微妙な関係

上述の内容と矛盾すると思われるかもしれませんが、異なる機器の中で同じプロダクト・ナンバ(型名)が付いたマイコンを探し出すことは困難だと思います。それは、それぞれの機器が、プログラムでは吸収できない仕様を求めているためです。例えば、デジカメのような携帯型機器では低消費電力が重要になりますが、据え置き型のオーディオ機器ではデジカメほど低消費電力にこだわる必要がないことは、直感的に分かると思います。

処理速度を重視する据え置き型機器には高速動作のマイコンが使用されますが、消費電力を重視する携帯型機器には低消費電力のマイコンが使用されます。例えば筆者らが提供しているマイコンの例では、高速動作が必要な機器にはFR60が使用され、低消費電力が求められる機器にはFR60Liteが使用される傾向にあります(右掲のコラム1を参照)。FR60は133MHzの高速動作に耐えうる回路構成になっていますが、消費電流はどうしても大きくなってしま

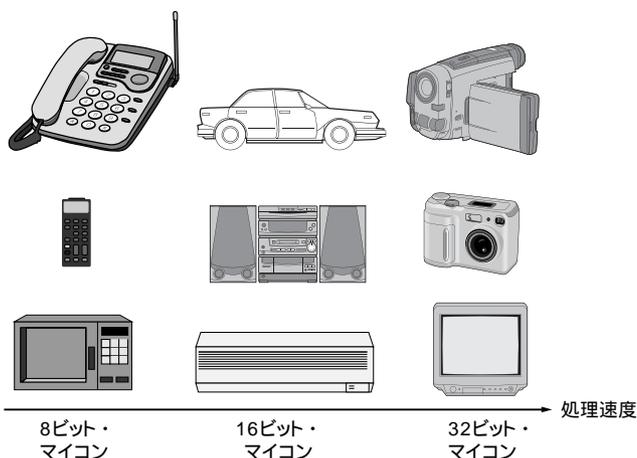


図1 マイコンが使用される電子機器

ビット数が大きくなるほど、処理速度は上がる。これに伴って搭載される機器が変わる。

コラム1 FR マイコンへの道のり

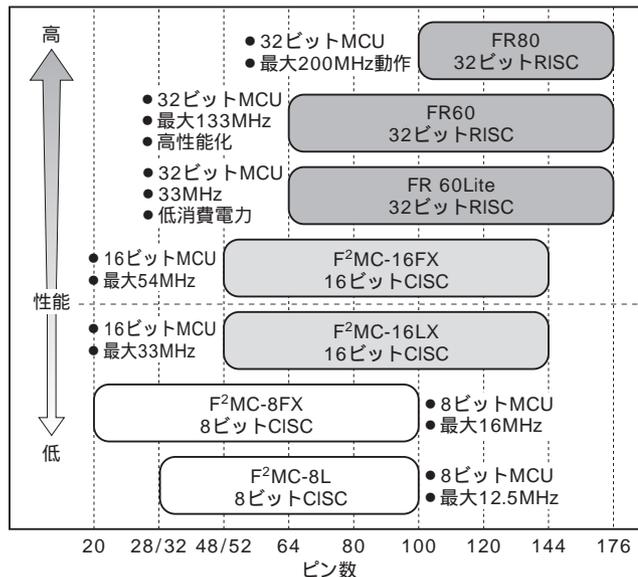
筆者らは、1985年に8ビット・マイコン「F²MC-8」を世に送り出しました。これは、F²MC-8L、F²MC-8FXと世代を経て、20年以上にもわたって使用され続けています(図A)。

1985年当時は、16ビット・マイコンがエンジニアリング・ワークステーションに使用されていた時代で、8ビットのF²MC-8は高性能マイコンと位置付けられていました。ちょうど多くの周辺機能がマイコンに内蔵され始めたころです。4ビット・マイコンでは処理できないアプリケーションが増え、8ビット・マイコンの需要が高まっていました。国内の半導体メーカの多くは海外製マイコンのセカンド・ソース品を開発していたのですが、F²MC-8は国産の独自アーキテクチャを持つ珍しいマイコンでした。

F²MC-8の発売から遅れること4年、筆者らは1989年に16ビット・マイコンのF²MC-16Hを開発しました。そしてさらに5年後の1994年には、ロング・セラーとなるF²MC-16LXシリーズを開発しました。F²MC-16LXはその完成度の高さから、今日でも安全性が求められる車載システムなどに使用され続けています。

1991年には32ビット・マイコンFRファミリの第1号であるFR20を開発しました。当時、ほかの多くの半導体メーカは既に抱えている顧客の移行のしやすさを重視してマイコンの新製品を開発していたのですが、筆者らはまったく新しいアーキテクチャを持ったRISCベースの32ビット・マイコンを開発し、組み込み制御向けの高性能マイコンとして発売したのです。ちなみに、FR20のFとRは、それぞれFujitsuとRISCの頭文字に由来しています。また、FRファミリの初代がFR20なのは、社内の開発コード・ネームとして「20H」と呼んでいたことに起因します(32ビット・マイコンなので、ヘキサで「20」という意味)。

FR20、FR30からFR60への進化は、マイコン開発用の



図A 富士通製マイコンのラインナップ

CAD(Computer Aided Design)ツールの進歩に大きく依存しています。信号線のクリティカル・パス(信号の伝播遅延時間が大きい配線経路・集積回路の動作速度低下の原因になる)を最適化することで、133MHzの高速動作が可能となりました。

FR80ではアーキテクチャの大幅な変更を行っており、パイプライン動作と命令セットを変えました(上位互換は維持)。例えば、パイプラインでは、コード・サイズが48ビットの「32ビットの即値付き命令」が取り扱えるようになりました。それまでのFR60では、16ビットごとにデコードし、3サイクルの実行時間が必要でしたが、FR80では、一度に48ビットをデコードできます。

います。一方のFR60Liteは動作周波数を33MHzに制限し、回路や信号線を最適化して消費電流を抑えています。

マイコンという“機能”にのみ注目が集まりがちなので、ここではあえて処理速度と消費電力について述べました。このほかにも、動作温度やノイズ(EMI, EMS)、静電耐圧、信頼性、量産性、価格といったさまざまな要素を把握する必要があります。

マイコンには頭脳と手足がある

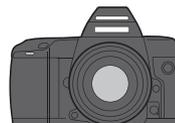
マイコンの基本構造は、人間の頭脳に相当する「CPU(演算処理機能)」と「メモリ(記憶機能)」、手足となる「I/O(入

8ビット・マイコン
で制御



1990年前半
コンパクトカメラ
単純なメカ制御

16ビット・マイコン
で制御



1990年後半
一眼レフカメラ
プロ仕様の細かな
メカ制御

32ビット・マイコン
で制御



2000年代
デジタル
一眼レフカメラ
カメラの高性能化

図2 カメラの進化

電子回路で実現する機能が増えるにつれて、マイコンに求められる処理速度も増えている。