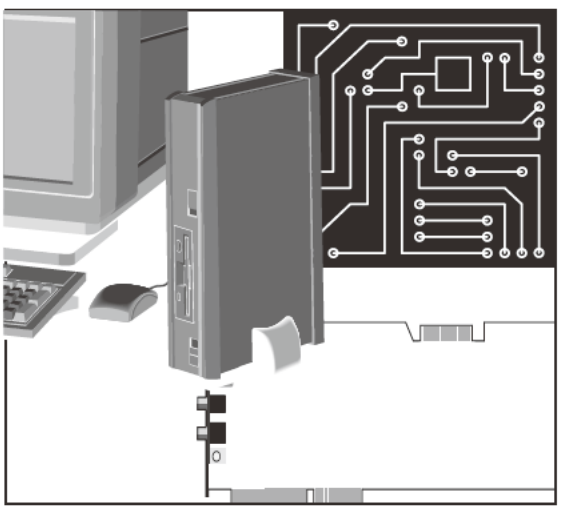
始めてみよう組込みシステム講座

NO1
ハードウェアとソフトウェアの役割

執　筆／住野　和男



コガク

目　次

第 1 分冊　学習のねらい 1

第 1 週　組込みシステム 3
1.1　組込みシステムとは 4
1.1.1　組込みシステムを知ろう 4
1.1.2　組込みシステムの要件 6
1.1.3　組込みシステムの例 6
1.1.4　組込みシステムの要素技術 8
1.1.5　組込みシステムの役割 9
1.2　組込み機器の現状と将来は 13
1.2.1　組込みシステム産業 13
1.3　組込みシステム産業の歴史と課題 16
1.3.1　組込みシステム産業の歴史 16
1.3.2　組込みシステム産業の課題 18
1.3.3　組込みシステムに求められる課題 18
1.4　組込みシステムの特徴を知ろう 20
1.4.1　組込みシステムの特徴 20
1.4.2　組込みシステムのハードウェアの特徴 21
『まとめと練習問題』 24

第 2 週　組込みシステムの基礎 27
2.1　組込みシステムのハードウェアを知ろう 28
2.1.1　ハードウェアの基本構成 28
2.1.2　組込みシステムの入出力ハードウェア 29
2.1.3　組込みシステムのハードウェア基本構成 30
2.1.4　パソコンのハードウェア構成との違い 31
2.2　組込みシステムのソフトウェアを知ろう 32
2.2.1　組込みシステムに欠かせないソフトウェア技術 32
2.2.2　プログラムができあがるまで 33
2.2.3　組込みソフトウェアの構成 35
2.2.4　組込みソフトウェアの種類 36
2.3　ソフトウェアの基礎を知ろう 37
2.3.1　組込みシステムで使われる OS とは 37
2.3.2　システム資源とは 38
2.3.3　組込みシステム OS が持つ役割 40

2.3.4　OS の構造 45
2.3.5　リアルタイムシステム 45
2.3.6　組込みシステムで使われる OS 47
2.3.7　RTOS とは 48
2.3.8　アプリケーションソフトウェア 49
2.3.9　アプリケーションソフトウェアとタスク管理 49
『まとめと練習問題』 51

第 3 週　要素技術の基礎知識（1） 53
3.1　電気・電子の基礎を知ろう 54
3.1.1　電流と電圧 55
3.1.2　直流と交流 60
3.2　半導体の基礎を知ろう 62
3.2.1　ダイオード 64
3.2.2　トランジスタ 65
3.2.3　FET とは 66
3.2.4　IC とは 67
3.3　ロジック回路の基礎を知ろう 71
3.3.1　情報の表現 71
3.3.2　基数と数の表現 72
『まとめと練習問題』 78

第 4 週　要素技術の基礎知識（2） 81
4.1　ロジック回路 82
4.2　アセンブリ言語の基礎を知ろう 86
4.2.1　算術演算命令 88
4.2.2　論理演算命令 89
4.2.3　転送命令 89
4.2.4　分岐命令 90
4.2.5　シフト演算命令 91
4.2.6　制御命令 91
『まとめと練習問題』 93

付　録 94
STEP UP 95
参考文献 96
練習問題の解答 97
索　引 99

第１週
組込みシステム

【学習のポイント】

「組込みシステム」を学習するに当たり，まず，パソコンと「組込みシステム」の違いを理解します，その上で組込みシステムの要素技術を理解し，どのような構成になっているかイメージをつかんでください。

また，ハードウェアとソフトウェアの役割を明確にし，組込みシステムの特徴をしっかりと理解することが必要です。

1.1　組込みシステムとは

1.1.1　組込みシステムを知ろう

“組込みシステムとは”と聞かれたら何と答えますか。「組込み技術」とか「組込み機器」とか「組込みシステム」とかの言葉が出てくると，どうやって説明したらよいか分からない人が多いのではないでしょうか。

「組込みシステム」は私たちの生活の中の身近な存在なのに……。

さて，本題の「組込みシステム」（Embedded System）とは，いろいろな機械や機器に組み込まれ，“ある用途に特化したコンピュータシステム”をいいます。

パソコンなどの汎用のコンピュータシステムとは異なり，要求される機能や性能が限定されています。そのため，コストや制約条件の制限から利用可能な資源に制約があるのが特徴です。

「マイクロコンピュータ（以下，マイコン）」が登場するまで，機械に複雑な計算をさせるためには，沢山の回路を組み合わせる必要がありました。「マイコン」が登場したことによって回路を組みなおすことなしに，プログラムを作成するだけで複雑な処理を実現できるというメリットが生まれたのです。私たちの生活をより便利にするために，今や「マイコン」は欠かせないのです。

本講座では,「MPU」=「CPU」とし,「マイコン」とは「MPU（CPU）」および「メモリ」「I/O」などで構成されたユニットとして定義します。

組込みシステムを使用した電子機器は，その全てがマイコンで制御されています。

マイコンは，コンピュータの CPU と同じ役割を 1 チップの LSI の中に集積したもので，動作原理は同じで構成要素もほとんど変わりません。

この「組込みシステム」は“マイコンや周辺機器，それを制御するソフトウェアから構成されている”となり，この「組込みシステム」に組み込まれた機器やソフトウェアを総称して「組込みシステム」と呼んでいるのです。

「組込みシステム」で構成された機器を「組込み機器」，組込み機器に組み込まれたソフトウェアを「組込みソフトウェア」，これを制御するための OS は「組込み OS」と呼んでいます。

現在は，電気・電子機器の高度化・複雑化，マイコンやメモリの性能向上や低価格化が進み，幅広い分野で組込みシステムが採用されるようになっています。

“これならいろいろな機器が「組込みシステム」といえるのではないか”。

その通り，「組込みシステム」では，小型の８ビットマイコンを使用したものから，16ビット，32ビットと大規模なMPUを用い，洗濯機，炊飯器，テレビ，ビデオ，デジタルカメラ，プリンタ，コピー機，携帯電話，自動車，自動販売機，券売機など，身の回りにあるほとんどの機械や機器には何らかの「組込みシステム」が搭載されているといっても過言ではありません。

このように，「組込みシステム」は，家電製品から情報通信機器などの軽量・小型・安価な製品から，自動車・鉄道・航空機・人工衛星など，高い信頼性やリアルタイム性が要求されるものなどさまざまです。

マイコンはいろいろな製品に組込まれ，世の中に送り出されていますが，「組込みシステム」に合ったマイコンを選ばなければなりません。例えば処理速度で選ぶか低消費電力で選ぶかですが，この関係は高速動作になればなるほど消費電力が多くなる傾向にあります。このほかにも，動作温度やノイズ，信頼性，量産であれば量産性，価格などを考慮に入れてマイコンを選択することになります。

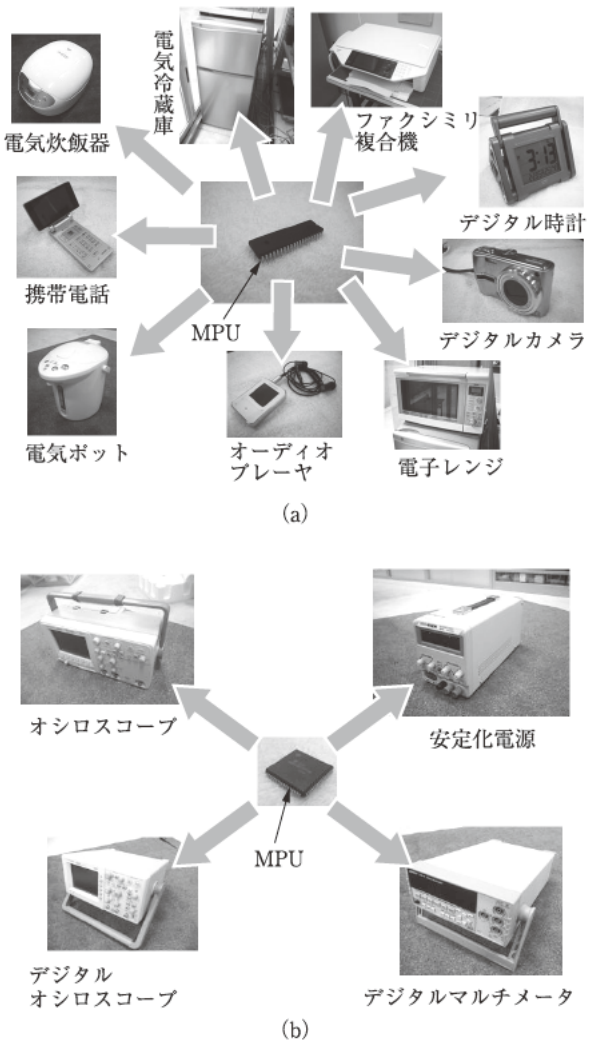


図1.1　組込みシステムの例

1.1.2　組込みシステムの要件

それでは，「組込みシステム」としての要件をあげてみましょう。

(1) 専用に特化していること

使用目的が限定されることでハードウェアや OS などは，限られた機能のみを備えていればよく，汎用系のシステムに比べてシステムが簡素化されます。

(2) 価格に制約があること

「組込みシステム」には単品，大量生産，試作ものなど，さまざまな種類がありますが，一般消費者向けの製品となると，安価でなければなりません。そのためのコスト管理は重要な項目です。

要求項目を満たし，かつ安い製品が要求されるため，人件費や部品コストを少しでも下げることにより，全体では大きなコストダウンにつながります。

しかし，ユーザの要求は年々高まり，低消費電力化，小型・軽量化，環境対策（使用温度・EMC 対策）などが開発者の技術に委ねられています。

(3) 高信頼性が要求されること

当然ですが，機器の制御においては，高い信頼性が要求されます。場合によっては人命にかかわる事態も想定しなければなりません。

大量生産の場合は深刻で，出荷後に不具合が発生した場合の回収（これを「リコール」と呼んでいます）や部品の交換・修理など，膨大なコストがかかる場合もありますし，信頼も失われてしまうことにもなるのです。

(4) リアルタイム性が要求されること

「組込みシステム」においては，時間的制約を満たすことが多く，これを「リアルタイム性」と呼んでいます。

1.1.3　組込みシステムの例

身近にあるもので「組込みシステム」を見てみましょう。よく引き合いに出されるのが携帯電話ですが，実はこれだけではありません。

・家電機器では炊飯器，電子レンジ，冷蔵庫，洗濯機，エアコン。

・情報家電ではテレビ，ビデオ，リモコン，デジタルカメラ。

・通信端末では携帯電話，銀行の ATM やコンビニの端末機，電話機。

・運輸機器では自動車，鉄道，航空機，船舶。

・工業機械では工作機械，ロボット。

・宇宙機器では人工衛星，ロケット，惑星探査機。

そのほか，「医療機器」や「計測機器」，「設備機器」……挙げればキリがないくらいです。

表 1.1　組込みシステムの利用分野

利用分野	主な組込みシステム製品（機器）		利用環境	
家電製品	炊飯器	冷蔵庫	家庭	連続稼動に対する耐久性と高品質
	洗濯機	電子レンジ		
AV 機器	テレビ	デジタルカメラ	家庭	操作性と高品質
	DVD	ステレオ		
娯楽	ゲーム機	電子楽器	家庭	操作性と高品質，拡張性
	カラオケ	パチンコ		
情報機器	電子辞書	PDA	携帯利用	操作性，小型・軽量化
	電子手帳			
通信端末	携帯電話	電話機	携帯利用，車載など	小型・軽量化，デザイン性
	デジタル無線機	タクシー無線		
ネットワーク機器	電話交換機	ルータ	専用の設置設備	連続稼動性
運輸	自動車	船舶	屋外，悪環境	耐久性，耐震・耐熱，連続稼動性，高信頼性
	航空機	鉄道車両		
工業設備	プラント制御	工作機械	悪環境	耐久性，耐震・耐熱，連続稼動性
	ロボット	ポンプ設備		

また，「組込みシステム」に使われているマイコンのビット数と主な用途は以下のようになります。

ビット数	主な用途
4 ビット	小型の家電機器 バッテリ駆動携帯機器
8 ビット	民生機器（テレビ，オーディオ機器，電話機）
16・32 ビット	OA 機器（プリンタ，FAX） 高性能民生機器（テレビ，DVD プレーヤなど） 携帯機器（携帯情報端末，カーナビゲーション，デジタルカメラ，PDA など）
64 ビット	ゲーム機器・デジタル情報家電・レーザプリンタなど

「組込みシステム」としての共通な基盤は「コンピュータ」であり，「コンピュータ」を組み込むことでハードウェアの負担を軽減でき，ソフトに重点をおくことができるのです。