

2002年に『マイコン技術教科書H8編』を上梓しました。多くの読者にご購読戴き、驚きとともに感謝の気持ちが絶えません。稚拙な内容ながら、少しはお役にもたてたのかなと安堵もしております。そしていかにH8ユーザが多いかということを実感しました。この間、貴重な多くのご批評・ご意見を頂戴致しましたことに合わせてお礼と感謝を申し上げます。頂いたご意見の中には、入出力に対してもっと詳しく説明をというようなものや、実際の入出力や周辺機器について説明が足りないというものがありました。

最近H8応用に関する書籍の出版も多く、H8ユーザにとって勉強の糧に不足はないと思われませんが、今般ここに前編の不足を補う意味から、姉妹編としてあるいは続編として『組み込みマイコン教科書 H8 I/O編』を出版する運びとなりました。今まで頂いたご意見に充分にはお応えできる内容ではないかもしれませんが、筆者の今までの経験の一部を披露致す次第です。もちろんテーマ的には実社会のニーズから生れたものが多いのですが、内容的には技術専門校の教材として用意した内容に近いもので、そこで用意した資料に加筆を行ったものです。教科書的には動作の原理を理解する、動けばよいというレベルですが、実用のレベルではより確実に効率よく、しかも安全に高信頼に動作することが要求されます。そういう意味では、実用のレベルにはもう一味二味付けなくてはならない部分が多々ありますが、一歩進んだ形での情報提供となります。

マイクロコンピュータ利用のためには、大型コンピュータ利用に比べて、たんにプログラミング技法だけでは不足のものがあります。マイクロコンピュータがいわゆるコンピュータとしてではなく、組み込み(embedded)用として、つまりコントローラとしての利用が多いことから、その対象となる周辺技術についてもある程度熟知している必要があります。半世紀前までは、「家庭の中に扇風機、フード・ミキサ、シェーバなどモータがいくつあるか」、ということが文化的生活のバロメータといわれていました。しかし今では家庭の中にマイクロコンピュータ・チップが何個あるかが議論されても不思議ではなくなりました。炊飯器から洗濯機、テレビ、ビデオ、そしてそのリモコンの中にも、インテリジェンスのあるコントローラが内蔵されています。生活が便利になったと同時に、想定外の使用例、不慮の事故から不便をきたすことにも遭遇します。

半導体の超小型化と集積技術によって、それらのコントローラはまさにマイクロで、小さいながら偉大な能力をもっています。かつてはリレー、トランジスタやICとともに、何万本もの配線で接続された論理要素を、プログラムを記述するだけで実現できます。何か改編があっても配線の変更なしに、プログラムの内容を書き換えるという軽作業だけで対応できます。これはまさに20世紀後半からの夢の技術です。筆者も若い時代に改造や配線変更で苦労をただけに、この夢の技術にとりつかれた一人であるかもしれません。しかし気がついてみれば還暦も過ぎ、引退の2文字が後を追いかけて来るのを感じるようになりました。今までの40年近い経験によるノウハウをそのまま放ることなく、また実際にクライアントからお受けできる仕事が少なくなった今は時間もとれるようになりましたので、いくらかでも後進に伝えたい、残したいという気持ちで一杯になりました。前述『マイコン技術教科書H8編』の後に、2005年には『例解C言語教科書』も上梓し、ハードウェアの基本、ソフトウェア、ハードウェアの応用技法と3部作的なものに完成しました。これでエレクトロニクス、コンピュータ関連の技術畑を生きてきた証を発露できたと思っております。

本書ではとくにH8の内蔵I/Oの使い方、利用例に重点をおいた例題を作りました。学校などで入門的に習う入出力方法や制御方法では、実用レベルの内容とは格差がありすぎます。その第一が割り込みの利用です。「ソフトウェアのないコンピュータはただの箱」といわれると同じように「割り込みを使わないプログラムなんて…」という言葉も聞かれるくらい、プログラムの、そしてコンピュータ・システムの機能、性能向上に必要な仕組みです。そこで第1章ではH8の概要と、割り込みの処理を詳しく解説しました。そして以降の章では、何らかの形で割り込みを応用して、プログラムの性能をアップする方法を紹介してい

ます。すべてがそのまま読者のシステムに流用できるものではないかもしれませんが、参考にはしていただけたと思います。

割り込み利用とともに、システムの高度化、高速化に寄与するのがDMA (Direct Memory Access) 技法です。第2章ではDMAについて詳説し、以降の随所で利用しています。入出力に携わるプログラムの負担を軽減し、しかも高速に大量データの入出力が可能になります。取り上げた例題は、紙面の関係もあり小規模なものです。しかし基本的な手法は述べたつもりですので、これも何らかの形態で応用いただけるものと思っています。多桁の数字の表示やステッピング・モータ制御も、DMAを利用することで、本来の別のプログラム処理の時間が増え、間接的にシステムの処理能力が増大します。

第3章ではSCIを利用したシリアル通信をテーマに解説しました。シリアルな通信は、周辺機器の接続をはじめ、CPUとシーケンス・コントローラ間の通信やCPU同士の情報交換にも多用されています。機器間の情報交換という意味では避けては通れない部分です。以降、第4章では最近、青色発光ダイオード発明以来、実社会でも応用例を多く見かけるLEDによる表示を取り上げました。第5章ではステッピング・モータ、第6章、第7章では直流モータをテーマにしました。いずれも簡便な出力装置、アクチュエータとして利用されています。そして第8章と第9章ではアナログ信号の取り扱い例を示しています。

前述のようにマイクロコンピュータ応用システムの開発では、たんなるプログラミング技法だけではなく、周辺の知識も必要です。本書での具体的なプログラミング例はH8を対象にしていますが、いずれの章も周辺技術を含めた解説を主にしていますので、他のMPUを利用する際にも充分活用頂けるものと確信しています。その意味で本書は、不十分な面はあるにしろ、その外堀を埋める素材としても利用していただけたと思っています。筆者らがマイクロコンピュータを使い始めた頃とは違い、現在のMPUは非常に高度です。それだけに勉強しなければならない範囲も増えています。マイクロコンピュータの勉強を始めた、あるいはこれから応用したいという方のために、いくばくかの資料を提供し、一刻でも早くスキルをつけていただきたいと願うところです。

最後に本書をまとめるにあたっては、都立技術専門校の関係者をはじめ、生徒諸君の力強い支援があったことに感謝いたします。またCQ出版社の方々、編集・校正にご努力いただいた金子俊夫氏にも深く感謝を申し上げます。

2007年初春

組み込みマイコン教科書 H8 I/O 編

まえがき	2
H8内蔵I/O索引	8
第1章 H8 の概要と割り込み処理	9
1.1 H8の構成	9
H8シリーズ／動作モード／メモリ・マップ／メモリ・マップドI/O／エリアとCS _n 信号	
1.2 内蔵I/Oの概要	14
1.3 メモリや周辺装置の増設	17
CS _n 出力を利用する場合／CS _n 出力を利用できない場合／H8利用上の手法	
1.4 デジタル入出力	22
デジタル出力／デジタル入力／入出力の絶縁	
1.5 割り込み処理	25
割り込みとは／H8の例外処理／H8の割り込み処理／割り込み処理とスタック／NMIとIRQ	
1.6 割り込み処理関数の定義	30
固定の関数名／個別に定義する場合／アセンブラで記述する場合	
1.7 割り込み利用の留意事項	31
関数コールはしない／割り込みを受け付けけない命令／UEビットとUIビット	
コラム 1.1 ポインタによるビット・アクセス	
第2章 DMAの基本	35
2.1 DMAとは	35
プログラムによる入出力／入出力のメカニズム／複数バイトの入出力／DMAによる入出力	
2.2 H8のDMAC	39
H8のDMACの構成と機能／ショート・アドレス・モードの動作／フル・アドレス・モードの動作／DMACの設定	
2.3 フル・アドレス・モードの利用例	44
メモリ・クリアに利用／メモリ間転送／メモリと外付けI/O間の転送	
2.4 ショート・アドレス・モードの利用	52
コラム 2.1 ITUについて	
第3章 SCIの利用	53
3.1 シリアル通信のあらまし	53
EIA-232の物理仕様／調歩同期通信／調歩同期方式における通信エラー／その他シリアル通信規格／同期式通信／モデム制御信号	
3.2 SCIの概要	60
3.3 割り込みを使わないSCIの利用	63
SCIの初期設定／SCIの初期設定関数／1バイト送信の関数／1バイト受信の関数	
3.4 SCIの割り込みについて	68
SCIからの割り込み要因／SCIからの割り込みのための設定	
3.5 受信関係ルーチン	69
受信起動関数／受信関数(受信割り込み処理関数)／受信終結関数／プログラム例	

3.6	送信関係ルーチン	72
	送信起動関数／送信関数(割り込み処理関数)／プログラミング例	
3.7	DMA利用による送受信	74
	送信のメカニズム／送信起動関数／受信起動関数／割り込み処理関数／送受信のテスト	
第4章	LEDの点灯制御	81
4.1	LED	81
4.2	LEDマトリクス	83
	LEDマトリクスの構造／ダイナミック点灯／パルス電流／駆動回路	
4.3	7セグメントLED	86
	7セグメントLEDの構成／数字の静的表示	
4.4	数字の動的表示	88
	動的表示とは／動的表示の方法／ソースとシンク・ドライバの特性	
4.5	マイクロコンピュータとの接続と駆動	91
	LEDマトリクスの点灯制御／マトリクスの点灯制御のプログラム／タイマ割り込みによる点灯制御／プリント制御／電光ニュースを表示する／グラフィカルな表示	
4.6	複色LEDマトリクスの点灯制御	98
	点灯方法／上下スクロール	
4.7	7セグメントLEDの点灯制御	104
	ハードウェア仕様／全体接続図／プログラムによる制御／タイマ割り込みによる制御	
4.8	DMAによる点灯制御	109
	コラム 4.1 イメージ領域	
第5章	ステッピング・モータの制御	113
5.1	ステッピング・モータとは	113
	ステッピング・モータ／モータに関する基本用語／ステッピング・モータの用途	
5.2	ステッピング・モータの種類	115
	可変リラクタンス型／永久磁石型／ハイブリッド型／励磁相数による分類	
5.3	ステッピング・モータの動作	116
	1相励磁／2相励磁／1-2相励磁／W1-2相励磁／静止時の励磁／定電流駆動	
5.4	ステッピング・モータの特性	119
	安定点と静特性／ステップ角／パルス・レート／動特性／ステップ応答と共振／台形制御	
5.5	ステッピング・モータ・ドライバ	121
	パルス分配ドライバの例／定電流ドライバの例／ドライバ基板	
5.6	マイコンによる直接制御	125
	プログラムによる2相波形の発生／起動・停止時の可変速制御	
5.7	タイマ割り込み利用の可変速制御	129
	ITUからの割り込み／ITU割り込み利用の可変速制御／プログラム例／方向制御と1相パルスによる制御例	
5.8	TPCとDMA利用の可変速制御	136
	TPCの利用／励磁波形の生成／台形制御の方法／制御方法のまとめ／プログラム例	

組み込みマイコン教科書 H8 I/O 編

第6章	直流モータのPWM制御と回転計	143
6.1	PWM制御とは 直流モータの速度／PWM制御にすると／誘導に対する保護／回転方向制御とHブリッジ／Hブリッジによる制動	143
6.2	モータの定速制御	146
6.3	モータ・ドライバ TA7291の機能／駆動能力の検討／ドライバ基板	147
6.4	マイクロコンピュータによる制御 プログラムによる制御／PWMパルスの発生関数	150
6.5	ITU利用のPWM ITUの概要／ITUを利用したPWM発生／ITUの設定手順／ITUによるPWM波の発生／デューティ比0, 100%波の発生／PWM波形の停止	152
6.6	ITU利用の回転計 ITUのインプット・キャプチャ機能／周期の計測／その他の計測／回転速度計測のプログラム／自動制御のプログラム／回転量の計測・制御	156
第7章	移動制御と位置検出	165
7.1	移動制御 回転／直線移動／回転から直線移動への変換	165
7.2	位置・変位の検出 マイクロ・スイッチ／フォト・インタラプタ／光電センサ／近接スイッチ／CCDセンサ／超音波センサ	167
7.3	エンコーダ リニア・エンコーダ／ロータリ・エンコーダ／エンコード・カウンタ／アブソリュート方式	169
7.4	ITU利用のエンコード・カウンタ 位相計数モード／位相計数モードの設定	172
7.5	位相計数のプログラム 摺動式インクレメンタル・エンコーダ／位相計数モードのプログラミング／光学式インクレメンタル・エンコーダ／アブソリュート・エンコーダ／読み取りのプログラム	174
コラム 7.1	グレイ・コード	
コラム 7.2	ポート入出力表記について	
第8章	アナログ量とA-D変換	185
8.1	A-D変換器 A-D変換の基本は比較／A-D変換の諸方式／評価の諸項目	185
8.2	A-D変換の周辺回路 マルチプレクサ／サンプル・ホールド／アンプ／フィルタ／ノイズ対策	192
8.3	アナログ量のセンサ 温度のセンサ／湿度のセンサ／明るさのセンサ／音・振動・圧力のセンサ	195
8.4	H8内蔵のA-D変換器 内蔵A-D変換器の概要／内蔵A-D変換器使用上の注意／内蔵A-D変換器の利用法／外部起動による変換／ITUとの連携	202

第9章	データ処理とD-A変換	211
9.1	D-A変換器 D-A変換の方式／D-A変換器の評価項目	211
9.2	D-A変換器の付帯回路 出力容量の増強／定電流出力／ホールド回路／アナログ信号の絶縁	214
9.3	内蔵D-A変換器の概要	215
9.4	内蔵D-A変換器の使用例 出力の基本／ホールド回路を付加する場合	216
9.5	内蔵D-A変換器の応用例 波形捕捉と処理／プログラミング例／DMACとDAC	217
第10章	ターゲットと開発環境	225
10.1	ターゲット・システム CPUボード／マザーボード／ポート入出力／メモリ・マップドI/O	225
10.2	プログラム開発環境 開発システム／gccの起動オプション／スタートアップ・ルーチン／入出力用ヘッダ・ファイル／ リンカ・スクリプト／開発様態	228
10.3	makeユーティリティ 依存関係／サフィックス・ルールとマクロ／マクロ定義／邪魔なファイルの削除	232
10.4	LCD表示ライブラリ	236
10.5	入出力関数を作る 関数インターフェース／入力関数／出力関数／入出力関数の利用方法	236
10.6	C言語による開発	239
巻末資料		240
〈1〉	H8/3052内蔵I/Oレジスタ	240
〈2〉	gccコマンド・オプション・サマリ	244
〈3〉	objcopyコマンド・オプション・サマリ	245
〈4〉	リンカ・スクリプト文法抜粋	246
〈5〉	makeの起動オプション	248
〈6〉	makeのマクロ展開	248
〈7〉	Linuxの主なコマンド	249
〈8〉	オブジェクト形式	250
〈9〉	OPアンプの基本回路集	251
付属CD-ROMの内容と使い方		254
参考文献		256
索引		257