

組込みシステム概論

8章 現在のマイクロプロセッサ

学習のポイント

- マイクロプロセッサの仕組みは
 - 順序処理系：連続する命令を順次実行
 - データ転送処理系：データ転送と演算を繰り返す
- プログラムは
 - 順序処理系によりデータ転送処理系の動きを制御して各命令を実行

現在のマイクロプロセッサ マイクロコンピュータM16C

- ハードウェアは2種類
 - コンピュータの必須ハードウェア
 - CPU, ROM, RAM, クロック発振回路
 - 外部回路の制御用ハードウェア
 - タイマ, A/D, D/A

組込みシステムの
小型化, 高性能化に必要

M16Cのファミリー展開

- 現在も組込みシステムに使用される
- M16Cロードマップ
- 機能比較表

<https://www.renesas.com/ja-jp/products/microcontrollers-microprocessors/m16c.html>

表 8.1 1 チップマイクロコンピュータ
性能概要(M16C,小マイクロプロセッサ)

項目	内容 ; M16Cシングルチップマイクロコンピュータ	小マイクロプロセッサ (7章)
電源電圧	2.7 ~ 5.5V	左項に準ずる
パッケージ(ピン数)	100ピンプラスチックモールドTQFP	28ピン
動作周波数	10MHz	100kHz
最短命令実行時間	100ns	10 μ s (全命令)
基本バスサイクル	内部メモリ : 100ns	内部メモリ : 10 μ s
内部メモリ	ROM容量 : 320Kバイト, RAM容量 : 31K バイト	ROM:256バイト, RAM : 64バイト
動作モード	シングルチップモード, メモリ拡張モード, マイクロプロセッサモード	1チップモード
外部アドレス空間	1Mバイト (リニア) / 64Kバイト アドレスバス : 20ビット / 16ビット	無 (対応無し)
外部データバス幅	8ビット / 16ビット	無 (対応無し)
バス仕様	セパレートバス/マルチプレクスバス (チップセレクト信号4本内蔵)	無 (対応無し)
クロック発生回路	2回路内蔵 (セラミック共振子または水晶共振子外付け)	無 (外部クロック入力)
割込	内部17要因, 外部5要因, ソフトウェア 4 要因, 7レベル	外部 1 要因
プログラマブル入出力	87本	無 (ただし、入力8本、出力6本)
入力ポート	1本 (DRE, NM1端子と共用)	無
多機能16ビットタイマ シリアル I/O	タイマ4本, 3本, 2本 (非同期 / 同期 切り替え可能)	無
A-D変換器	10ビット, 8 + 2 チャンネル入力 (10 / 8ビット切り替え可能)	無
D-A変換器	8ビット, 2 チャンネル出力	無
DMAC	2チャンネル, 16要因	無
CRC演算回路	1 回路内蔵	無
監視タイマ	16ビットカウンタ	無

8.2 電源電圧

- M16C は2.7~5.5Vで広い動作電源電圧
- 動作電源電圧の範囲が広いメリットは？

時計や携帯機器用の1チップマイコン
最低電源電圧は0.9V,1.8V,2.0V,3.0V
最高電源電圧は3.6V,5.5V,6.4V

8.3 パッケージと端子

パッケージサイズ20mmx14mmx2.8mm(長辺,短辺,厚み)

図8.1M16Cの100ピンのフラットパッケージ(FP)

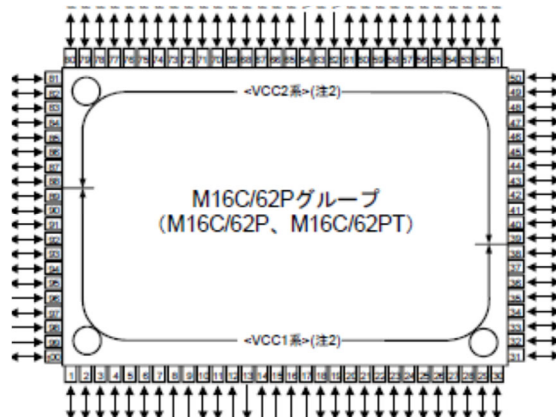


表 8.2 端子と機能

Pin No.	制御端子	ポート	割り込み端子	タイマ端子	UART 端子	アナログ端子	バス制御端子
FP 1	GP	P9_6			SOUT4	ANEX1	
2	100	P9_5			CLK4	ANEX0	
3	1	P9_4		TB4IN		DA1	
4	2	P9_3		TB3IN		DA0	
5	3	P9_2		TB2IN	SOUT3		
6	4	P9_1		TB1IN	SIN3		
7	5	P9_0		TB0IN	CLK3		
8	6	BYTE					
9	7	CNVSS					
10	8	XCIN	P8_7				
11	9	XCOU	P8_6				
12	10	RESET					
13	11	XOUT					
14	12	VSS					
15	13	XIN					

電源は7端子(複数ある理由は？)

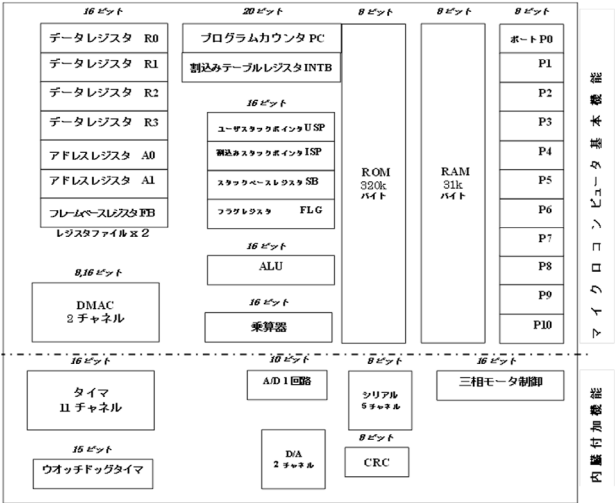
システム正電源 : VCC1, VCC2
システム負電源 : VSS (2本)
アナログ用電源 : AVCC, AVSS,
アナログ比較電源 : VREF

表8.3 M16Cマイクロコンピュータ
100ピン端子の兼用状況

- 端子兼用のメリットは？

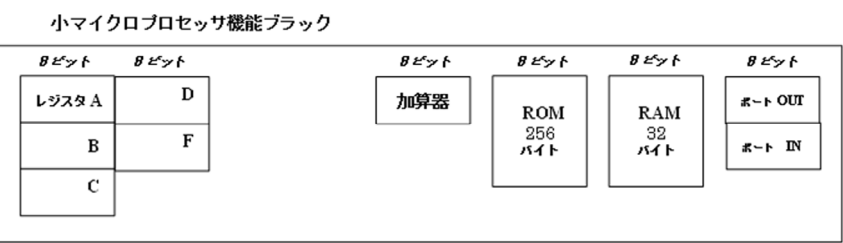
機能	端子数	独立	兼用端子グループ				
			A	B	C	D	E
制御端子；電源、クロック、リセット	14	12	V	V			
ポート；入力、出力	87	0	V	V	V	V	V
割り込み端子	11	0			V		
タイマ入出力	16	0			V	V	
シリアルポート；UART　クロック同期	17	0				V	
アナログ	29	0				V	
バス制御	48	0					V
合計	222	0					

図8.2 M16Cの機能ブロック図



DMAC(Direct Memory Access Controller) CRC(Cyclic Redundancy Checker)

図8.2 小マイクロプロセッサの機能ブロック



- M16C
 - レジスタ，ポートが多い
 - 内蔵付加機能が豊富
- 小マイクロプロセッサ
 - 最小限のコンピュータ機能のみ

表8.4 M16C,小マイクロプロセッサの命令セット

M16C			小マイクロ プロセッサ
命令セット	命令種別	命令	
データ 転送命令 14命令	・転送 ・プッシュ、ポップ ・拡張データ領域転送 ・4ビット転送 ・データ交換：レジスタ、メモリ ・条件ストア	MOV, MOVA PUSH, PUSHM, PUSHA, POP, POPM LDE, STE MOVDIR XCHG STZ, STNZ, STZX	TRIR2 OUT R IN R SR n
演算命令 31命令	・加算命令 減算 ・乗算命令 除算 ・10進演算 ・インクリメント / デクリメント ・積和演算 ・比較 ・その 他 絶対値 2 の 補 数 符 号 反 転 ・論理演算 ・テスト、シフト / ローテート	ADD, ADC, ADCF, SUB, SBB MUL, MULU, DIV, DIVU, DIVX DADD, DADC INC / DEC RMPA CMP ABS, NEG, EXTS AND, OR, XOR, NOT TST, SHL, SHA / ROT, RORC, ROLC	4命令
分岐命令 10命令	・無条件分岐 ・条件付き分岐 ・間接ジャンプ ・スペシャルページ分岐 ・サブルーチンコール ・間接サブルーチンコール ・スペシャルページサブルーチンコール ・リターン ・加算(乗算)結果後の条件分岐	JMP JCnd JMPL JMPLP JSR JSRL JSHS RTS ADJNZ, SBJNZ	BR n BRA n CAL n RT 4命令
ビット操作 命令 14命令	・ビット操作 レジスタ、メモリ、IO	BCLR, BSET, BNOT, BTEST, BTEST, BAND, BAND, BOR, BNOR, BNOR, BNXOR, BMCnd, BTEST, BTESTC	
ストリング 命令 3命令	・ストリング	SMOVE, SMOVE, SSTR	
その他の 命令 19命令	・専用レジスタ操作 ・フラグレジスタ操作 ・OSサポート ・高レベルポート ・デバッグ用ポート ・割り込み関連 ・外部割り込み待ち ・ノーオペレーション	LDC, STC, LDINTB, LDINTL, PUSHC, POPC FSET, FCLR LDCTX, STCTX ENTER, EXITD BRK REIT, INT, INTO, UND WAIT, NOP	

表8.5 M16C, 小マイクロプロセッサのアドレッシング空間

M16Cアドレッシング空間 CPUとメモリの2アドレッシング空間	
A.	CPUアドレッシング空間; 8種類 20レジスタ プログラムカウンタ、データレジスタ、アドレスレジスタ、フレームレジスタ、 割り込みテーブルレジスタ、ユーザスタックポインタ、割り込みスタックポインタ、 スタックベースレジスタ、フラグレジスタ
B.	メモリアドレッシング空間 B1. 00000H-00400H 1kバイト; 各関連レジスタ (229バイト) ポート、クロック、シリアルインタフェース、タイマ・カウンタ、A/D、D/A、 割り込み、DMA、ウォッチドッグタイマ、プロセッサモードレジスタ、 チップセレクト、アドレス一致、プロテクト、データバンク、フラッシュメモリ、 三相モータ制御、CRC、 B2. 00400H-07FFFH 31kバイト RAM B3. B0000H-FFFFFH 320kバイト ROM
小マイクロプロセッサアドレッシング空間 CPUとメモリの2アドレッシング空間	
A.	CPUアドレッシング空間; 2種類 4レジスタ プログラムカウンタ、スタックレジスタ
B.	レジスタアドレッシング空間; 2種類、7レジスタ (7バイト) レジスタ、ポート
C.	プログラムメモリアドレッシング空間; 00h-FFh 256バイト ROM
D.	データメモリアドレッシング空間; 00h-1Fh 32バイト RAM

図8.3 アドレスレジスタ相対アドレッシング

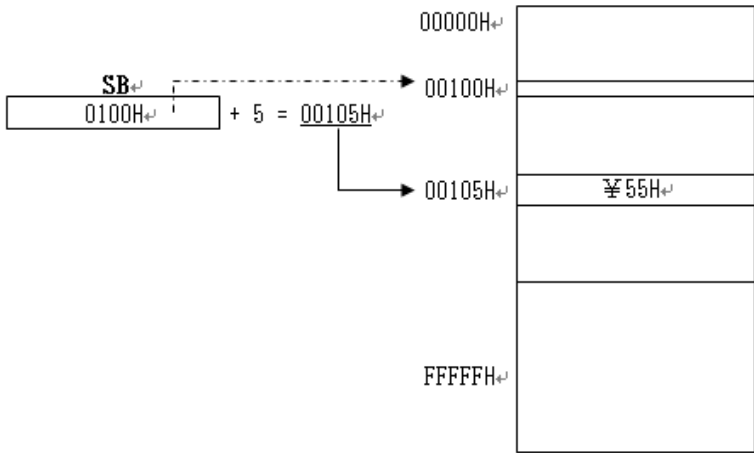


図8.4 FB相対アドレッシング

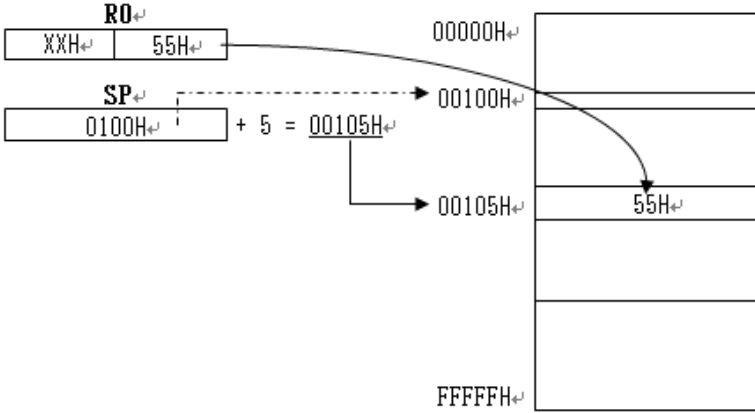
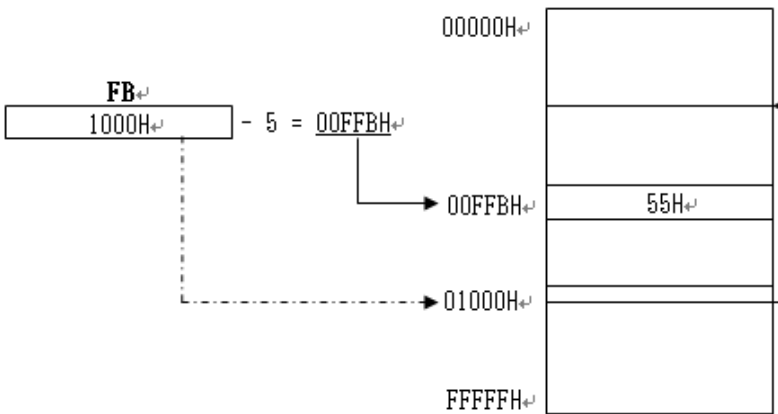


図8.5 スタックポインタ相対アドレッシング

8.8 動作周波数, 最短命令実行時間, 基本バスサイクル

動作モード

- シングルチップモード
 - ほとんどの製品向け
- メモリ拡張モード
 - 内蔵メモリでは不足する製品向け
- マイクロプロセッサモード
 - 大容量の外部メモリを使用する製品向け
 - 内蔵メモリは使用しない

17

8.9 クロック発生回路

2回路を内蔵

- メインクロック
 - M16Cのシステムクロック, 16MHz
- サブクロック
 - 電子時計用 32768Hz ($=2^{15}$ 発振)
 - システムクロックとしても利用可能
 - 低速だが, その分, 低消費電力にできる

18

8.10 アドレス空間

メモリと入出力が同一空間に配置

(メモリマップドI/O)

- プログラムメモリ
- データメモリ
- 各種制御レジスタ
- 入出力ポート

同一空間にあるメリットとデメリット

→ 演習問題 設問3, 4

19

演習問題

教科書134ページの設問1,2,3,4に答えよ

設問1 1チップマイクロコンピュータのもつハードウェアを2種類に分類して, その機能を説明せよ

設問2 1チップマイクロコンピュータのもつ端子を2種類に分類して, その機能を説明せよ

設問3 プログラムメモリ(ROM), データメモリ(RAM), 各種レジスタ, 入出力ポートなどに割り当てられるアドレス空間はM16Cでは全て同一である. この場合同一空間であるという. 同一空間であることによるメリットを説明せよ

設問4 設問3において同一空間であることによるデメリットを説明せよ

20