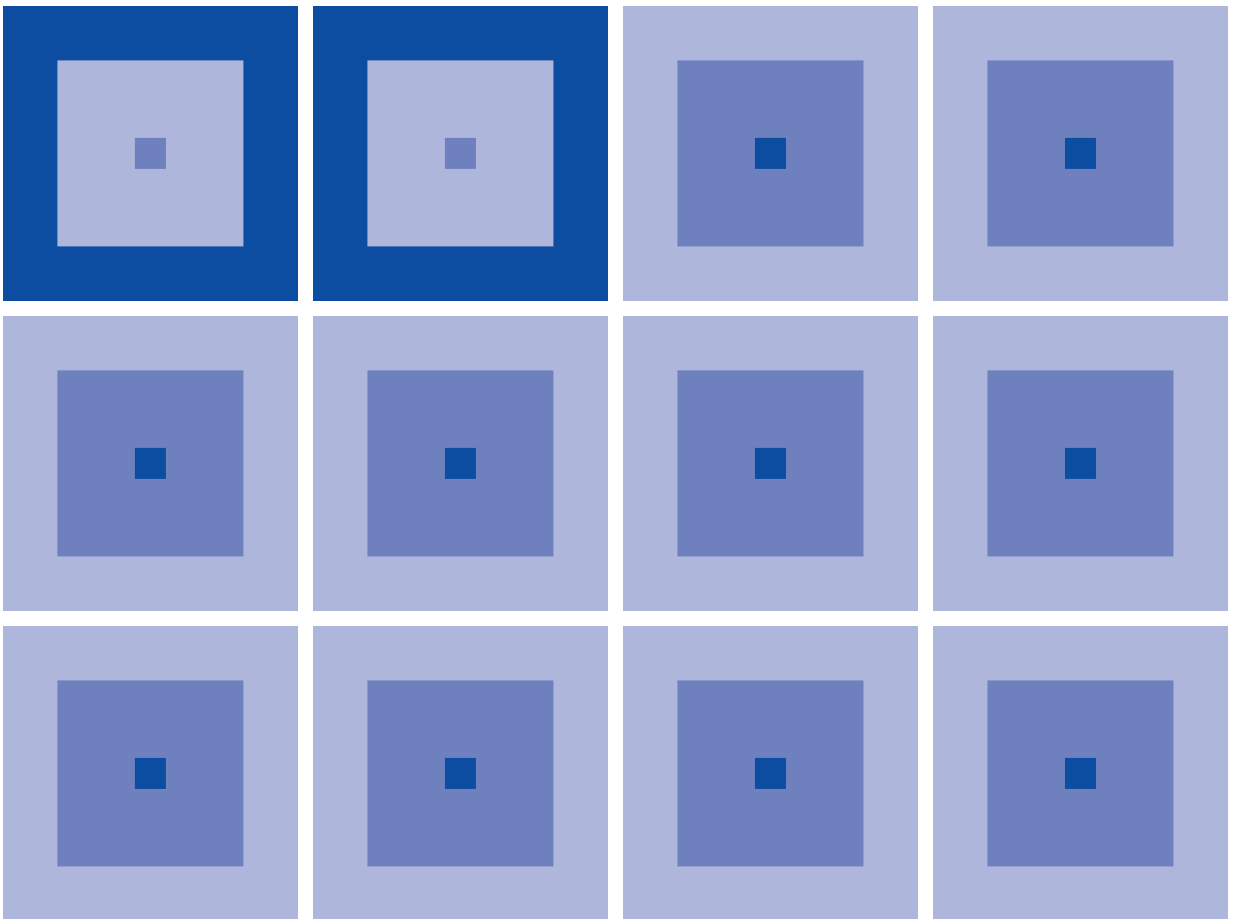


CMOS 4-BIT SINGLE CHIP MICROCOMPUTER

S1C63654

テクニカルマニュアル

S1C63654 Technical Hardware



本資料のご使用につきましては、次の点にご留意願います。

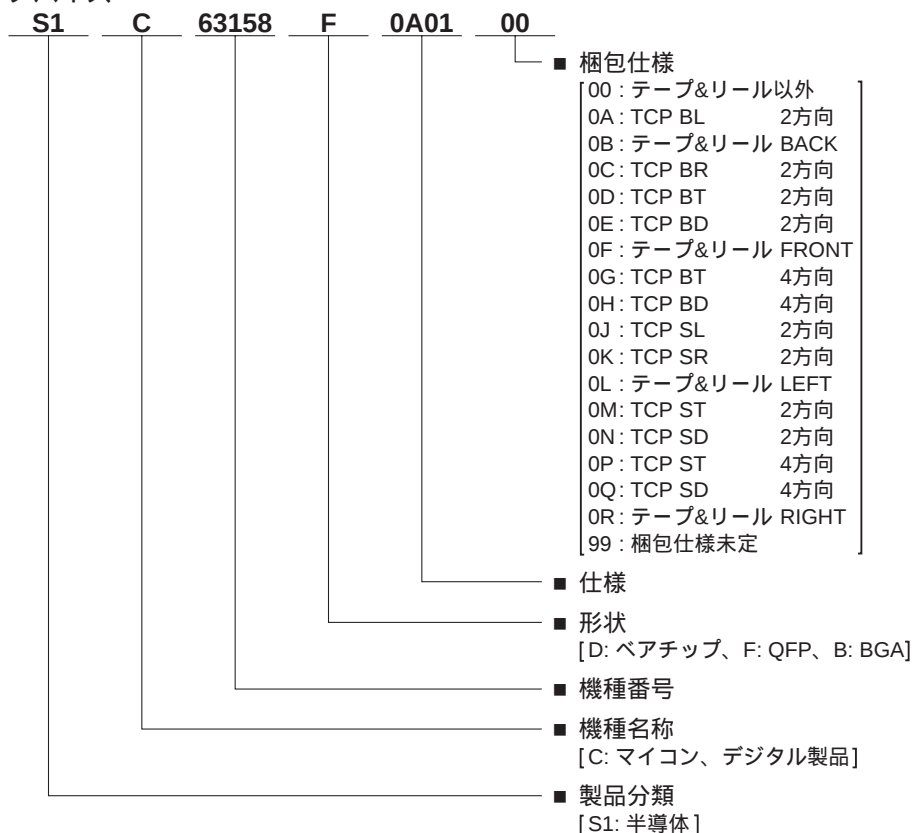
1. 本資料の内容については、予告なく変更することがあります。
2. 本資料の一部、または全部を弊社に無断で転載、または、複製など他の目的に使用することは堅くお断りします。
3. 本資料に掲載される応用回路、プログラム、使用方法等はあくまでも参考情報であり、これらに起因する第三者の権利(工業所有権を含む)侵害あるいは損害の発生に対し、弊社は如何なる保証を行うものではありません。また、本資料によって第三者または弊社の工業所有権の実施権の許諾を行うものではありません。
4. 特性表の数値の大小は、数直線上の大小関係で表しています。
5. 本資料に掲載されている製品のうち、「外国為替及び外国貿易法」に定める戦略物資に該当するものについては、輸出する場合、同法に基づく輸出許可が必要です。
6. 本資料に掲載されている製品は、一般民生用です。生命維持装置その他、きわめて高い信頼性が要求される用途を前提としていません。よって、弊社は本(当該)製品をこれらの用途に用いた場合の如何なる責任についても負いかねます。

本版で改訂または追加された箇所

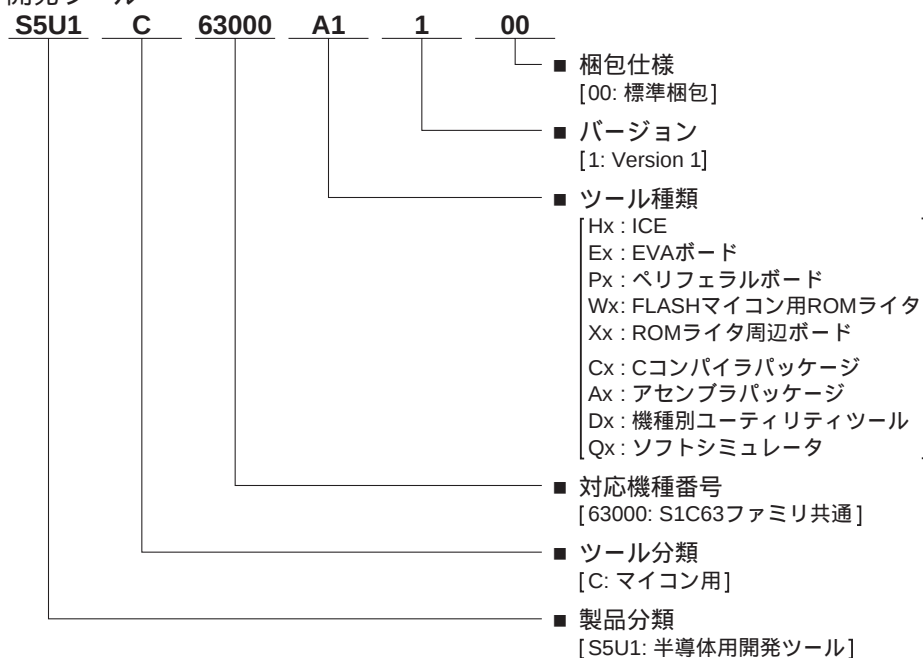
章	節/項	頁	項目	内容
1	1.1	1	特長	文章変更
	1.5	5~8	マスクオプション	文章変更
2	2.1.5	11	LCD系電圧回路	図2.1.5.1変更
	2.2.2	13	入力ポート(K00 ~ K03)の同時HIGH入力	文章変更
4	4.1	18, 21, 23, 24	メモリマップ	表4.1.1(a), (d), (f), (g)変更
	4.8.1	52	LCDドライバの構成	文章変更
	4.8.2	52	LCD駆動電源	文章変更
	4.8.3	57	LCD表示のON/OFFとLCD駆動波形	文章変更、注追加
	4.14.3	113~114	R/F変換	文章変更、図4.14.3.1~4.14.3.2変更
	4.14.4	116~117	割り込み機能	文章変更、図4.14.4.1~4.14.4.4変更
	4.14.5	118, 120	R/FコンバータのI/Oメモリ	表4.14.5.1変更、文章変更
	4.14.6	121	プログラミング上の注意事項	文章変更
	(4.15.2)	122	マスクオプション	節削除
	4.15.2	122	SVD動作	文章変更
	4.15.3	123	SVD回路のI/Oメモリ	表4.15.3.1変更、文章変更
	4.16.1	126	割り込みの要因	表4.16.1.1変更
	4.16.4	128~129	割り込みのI/Oメモリ	表4.16.4.1(a), (b)変更
5	5.2	135	個別機能についての注意事項のまとめ	文章変更
7	7.1	140	絶対最大定格	表変更
	7.2	140	推奨動作条件	表変更
	7.3	140	DC特性	表変更
Appendix	A.4.2	160	実ICとの相違点	文章変更、図削除

製品型番体系

● デバイス



● 開発ツール



- 目 次 -

1	概要	1
1.1	特長	1
1.2	ブロック図	2
1.3	端子配置図	3
1.4	端子説明	4
1.5	マスクオプション	5
2	電源系 および イニシャルリセット	9
2.1	電源系	9
2.1.1	OSC1発振回路用定電圧回路	10
2.1.2	低速動作用定電圧回路	10
2.1.3	高速動作用定電圧回路	10
2.1.4	内部動作電圧V _{D1}	10
2.1.5	LCD系電圧回路	10
2.1.6	降圧モードとパワーセーブ	11
2.1.7	アナログ回路用電源	11
2.2	イニシャルリセット	12
2.2.1	リセット端子(RESET)	12
2.2.2	入力ポート(K00 ~ K03)の同時HIGH入力	13
2.2.3	イニシャルリセット時の内部レジスタ	13
2.2.4	イニシャルリセット時の端子設定	14
2.3	テスト端子(TEST)	14
3	CPU, ROM, RAM	15
3.1	CPU	15
3.2	コードROM	15
3.3	RAM	15
3.4	データROM	16
4	周辺回路と動作	17
4.1	メモリマップ	17
4.2	電源制御	25
4.2.1	電源回路の構成	25
4.2.2	電源制御手順	26
4.2.3	電源制御用I/Oメモリ	27
4.2.4	プログラミング上の注意事項	29
4.3	ウォッチドッグタイマ	30
4.3.1	ウォッチドッグタイマの構成	30
4.3.2	割り込み機能	30
4.3.3	ウォッチドッグタイマのI/Oメモリ	31
4.3.4	プログラミング上の注意事項	31

4.4	発振回路	32
4.4.1	発振回路の構成	32
4.4.2	OSC1発振回路	32
4.4.3	OSC3発振回路	33
4.4.4	動作電圧切り換え	34
4.4.5	クロック周波数とインストラクション実行時間	34
4.4.6	発振回路のI/Oメモリ	35
4.4.7	プログラミング上の注意事項	36
4.5	入力ポート(K00 ~ K03, K10 ~ K13)	37
4.5.1	入力ポートの構成	37
4.5.2	割り込み機能	37
4.5.3	マスクオプション	38
4.5.4	入力ポートのI/Oメモリ	39
4.5.5	プログラミング上の注意事項	41
4.6	出力ポート(R00 ~ R03)	42
4.6.1	出力ポートの構成	42
4.6.2	マスクオプション	42
4.6.3	ハイインピーダンス制御	43
4.6.4	特殊出力	43
4.6.5	出力ポートのI/Oメモリ	45
4.6.6	プログラミング上の注意事項	46
4.7	入出力兼用ポート(P00 ~ P03, P10 ~ P13)	47
4.7.1	入出力兼用ポートの構成	47
4.7.2	マスクオプション	48
4.7.3	I/O制御レジスタと入力/出力モード	48
4.7.4	入力モード時のプルダウン	48
4.7.5	入出力兼用ポートのI/Oメモリ	49
4.7.6	プログラミング上の注意事項	51
4.8	LCDドライバ(COM0 ~ COM5, SEG0 ~ SEG31)	52
4.8.1	LCDドライバの構成	52
4.8.2	LCD駆動電源	52
4.8.3	LCD表示のON/OFFとLCD駆動波形	52
4.8.4	表示メモリ	58
4.8.5	セグメントオプション	58
4.8.6	LCDコントラスト調整	60
4.8.7	LCDドライバのI/Oメモリ	61
4.8.8	プログラミング上の注意事項	62
4.9	計時タイマ	63
4.9.1	計時タイマの構成	63
4.9.2	データの読み出しとホールド機能	63
4.9.3	割り込み機能	64
4.9.4	計時タイマのI/Oメモリ	65
4.9.5	プログラミング上の注意事項	66

4.10	ストップウォッチタイマ	67
4.10.1	ストップウォッチタイマの構成	67
4.10.2	カウンタとプリスケアラ	67
4.10.3	キャプチャバッファとホールド機能	68
4.10.4	ストップウォッチタイマのRUN/STOPおよびリセット	69
4.10.5	ダイレクト入力機能とキーマスク	69
4.10.6	割り込み機能	72
4.10.7	ストップウォッチタイマのI/Oメモリ	74
4.10.8	プログラミング上の注意事項	77
4.11	プログラマブルタイマ	78
4.11.1	プログラマブルタイマの構成	78
4.11.2	カウンタの基本動作	79
4.11.3	入力クロックの設定	80
4.11.4	イベントカウンタモード(タイマ0)	80
4.11.5	PWMモード(タイマ0, タイマ1)	81
4.11.6	16ビットタイマ(タイマ0+タイマ1)	82
4.11.7	割り込み機能	82
4.11.8	TOUT出力の設定	83
4.11.9	シリアルインタフェースの転送速度設定	84
4.11.10	プログラマブルタイマのI/Oメモリ	85
4.11.11	プログラミング上の注意事項	91
4.12	シリアルインタフェース(SIN, SOUT, SCLK, SRDY)	93
4.12.1	シリアルインタフェースの構成	93
4.12.2	マスクオプション	94
4.12.3	シリアルインタフェースのマスタモードとスレーブモード	94
4.12.4	データの入出力と割り込み	95
4.12.5	シリアルインタフェースのI/Oメモリ	98
4.12.6	プログラミング上の注意事項	101
4.13	サウンドジェネレータ	102
4.13.1	サウンドジェネレータの構成	102
4.13.2	ブザー出力の制御	102
4.13.3	ブザー周波数と音量の設定	103
4.13.4	デジタルエンベロープ	104
4.13.5	1ショット出力	105
4.13.6	サウンドジェネレータのI/Oメモリ	106
4.13.7	プログラミング上の注意事項	108
4.14	R/Fコンバータ	109
4.14.1	R/Fコンバータの構成	109
4.14.2	接続端子とCR発振回路	110
4.14.3	R/F変換	113
4.14.4	割り込み機能	116
4.14.5	R/FコンバータのI/Oメモリ	118
4.14.6	プログラミング上の注意事項	121

4.15	SVD(電源電圧検出)回路	122
4.15.1	SVD回路の構成	122
4.15.2	SVD動作	122
4.15.3	SVD回路のI/Oメモリ	123
4.15.4	プログラミング上の注意事項	123
4.16	割り込みとHALT	124
4.16.1	割り込みの要因	126
4.16.2	割り込みの個別マスク	127
4.16.3	割り込みベクタ	127
4.16.4	割り込みのI/Oメモリ	128
4.16.5	プログラミング上の注意事項	130
5	注意事項のまとめ	131
5.1	低消費電流化のための注意事項	131
5.2	個別機能についての注意事項のまとめ	132
5.3	実装上の注意事項	137
6	基本外部結線図	139
7	電気的特性	140
7.1	絶対最大定格	140
7.2	推奨動作条件	140
7.3	DC特性	140
7.4	アナログ回路特性・消費電流	141
7.5	発振特性	142
7.6	シリアルインタフェースAC特性	144
7.7	タイミングチャート	145
7.8	R/Fコンバータ特性	146
8	パッケージ	147
8.1	プラスチックパッケージ	147
8.2	テストサンプル用セラミックパッケージ	148
9	パッド配置	149
9.1	パッド配置図	149
9.2	パッド座標	150

APPENDIX Peripheral Circuit Board for S1C63654 151

A.1	各部の名称と機能	151
A.1.1	S5U1C63000P1	151
A.1.2	S5U1C63658P2	154
A.2	ターゲットシステムとの接続	155
A.3	S5U1C63000P1へのダウンロード	158
A.3.1	新ICE(S5U1C63000H2)使用時における回路データのダウンロード	158
A.3.2	旧ICE(S5U1C63000H1)使用時における回路データのダウンロード	158
A.4	使用上の注意	159
A.4.1	操作上の注意事項	159
A.4.2	実ICとの相違点	159
A.5	製品の仕様	162
A.5.1	S5U1C63000P1の仕様	162
A.5.2	S5U1C63658P2の仕様	162

1 概要

S1C63654は高性能4ビットCPU S1C63000を中心に、ワンチップ上にROM(4,096ワード×13ビット) RAM (512ワード×4ビット) シリアルインタフェース、ウォッチドッグタイマ、プログラマブルタイマ、タイムベースカウンタ(2系統) 最大32セグメント×6コモンLCDドライバ、サウンドジェネレータ、R/Fコンバータ等を内蔵したマイクロコンピュータです。低消費電流を特長とし、電池駆動を必要とするR/F変換機能付き携帯機器への応用に適しています。

1.1 特長

OSC1発振回路	32.768kHz(Typ.)	水晶発振回路
OSC3発振回路	4MHz(Max.)	セラミック発振回路(OSC3をR/Fコンバータの動作クロックとして使用する場合は2MHz Max.) または1.1MHz(Typ.)
インストラクションセット	基本命令 46種類 全命令数 411種類	アドレッシングモード 8種類
インストラクション実行時間	32.768kHz動作時: 61μsec 122μsec 183μsec 4MHz動作時: 0.5μsec 1μsec 1.5μsec	
ROM容量	命令ROM: 4,096ワード×13ビット データROM: 1,024ワード×4ビット	
RAM容量	データメモリ: 512ワード×4ビット 表示メモリ: 48ワード×4ビット	
入力ポート	8ビット (プルダウン抵抗の付加が可能*1)	
出力ポート	4ビット (2ビットを特殊出力に切り換え可能*2)	
入出力兼用ポート	8ビット (4ビットをシリアルI/F入出力に切り換え可能*2)	
シリアルインタフェース	1ポート(クロック同期式8ビット)	
LCDドライバ	32セグメント×6、5、4、または3コモン(*2)	
タイムベースカウンタ	計時タイマ ストップウォッチタイマ(1/1000秒、ダイレクトキー入力機能付き)	
プログラマブルタイマ	16ビットPWM×1ch、8ビットPWM×2ch(*2)	
ウォッチドッグタイマ	内蔵	
サウンドジェネレータ	エンベロープ、1ショット出力機能付き	
R/Fコンバータ	2ch、CR発振方式、20ビットカウンタ、湿度センサに対応	
電源電圧検出(SVD)回路	検出電圧を8種類(1.85V ~ 2.90V) から選択可(*2)	
外部割り込み	入力ポート割り込み	2系統
内部割り込み	計時タイマ割り込み	4系統
	ストップウォッチタイマ割り込み	4系統
	プログラマブルタイマ割り込み	4系統
	シリアルインタフェース割り込み	1系統
	R/Fコンバータ割り込み	2系統
電源電圧	2.4V ~ 3.6V 動作周波数4MHz(Max.)	通常モード
	2.4V ~ 3.6V 動作周波数32kHz	降圧モード
	1.8V ~ 3.6V 動作周波数32kHz	通常モード
動作温度範囲	-20°C ~ 70°C	
消費電流(Typ.)	低速 32kHz OSC1水晶発振 動作時: HALT時 3.0V(液晶電源ON、降圧モード) 0.65μA 動作時 3.0V(液晶電源ON、降圧モード) 2.5μA 高速 OSC3セラミック発振 動作時: 動作時(4MHz) 3.0V(液晶電源ON) 800μA	
出荷形態	QFP15-100pin(プラスチック) またはチップ	

*1: マスクオプションにより選択 *2: ソフトウェアにより選択

1.2 ブロック図

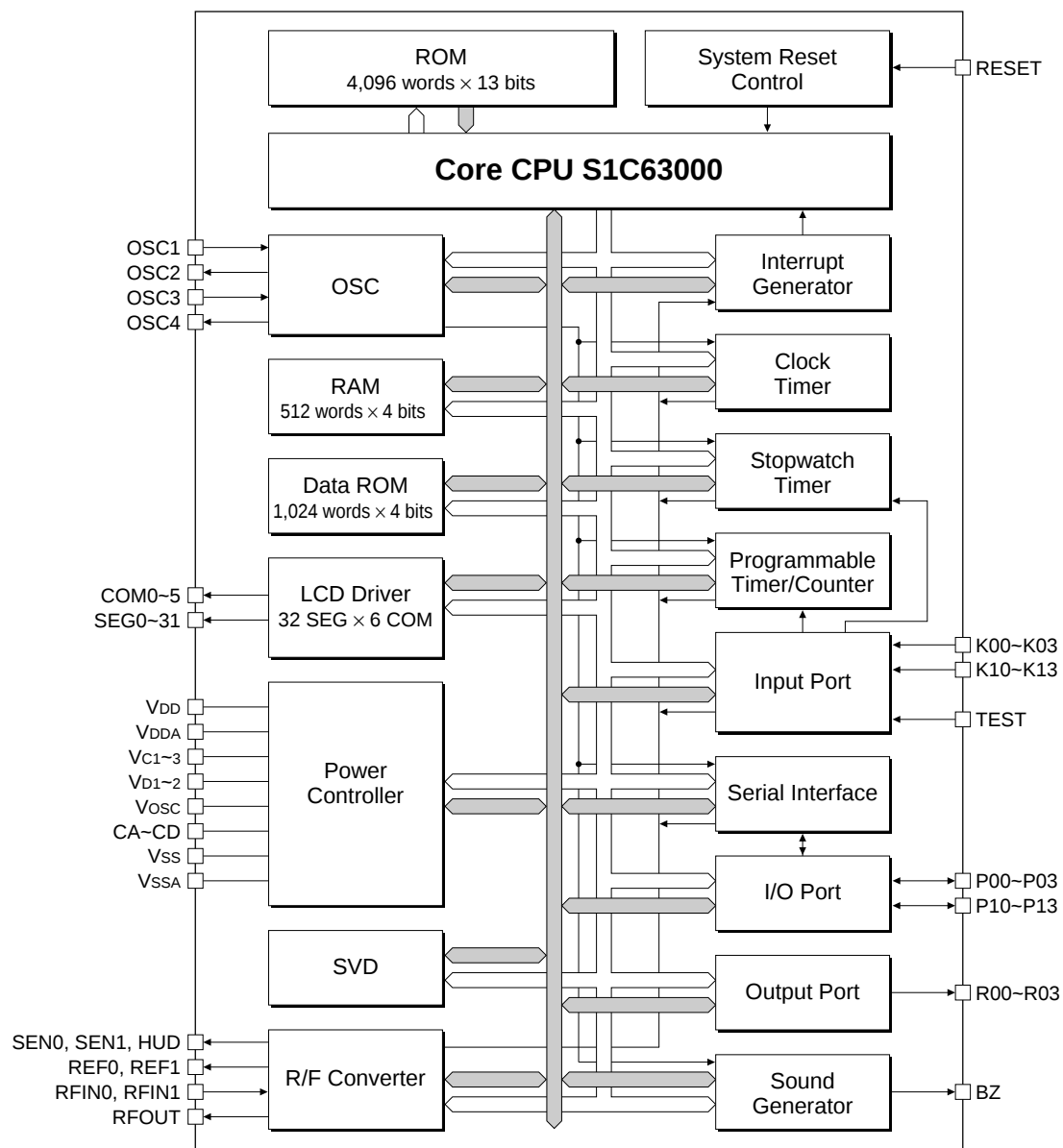
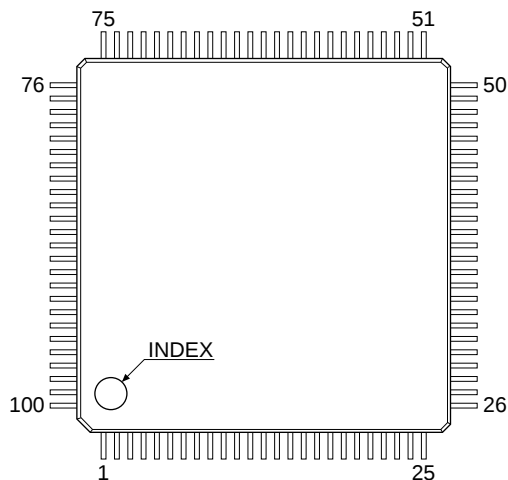


図1.2.1 ブロック図

1.3 端子配置図

QFP15-100pin



No.	端子名	No.	端子名	No.	端子名	No.	端子名
1	CA	26	Vss	51	COM4	76	N.C.
2	CB	27	TEST	52	COM5	77	N.C.
3	VC1	28	RESET	53	VDD	78	N.C.
4	VC2	29	N.C.	54	K00	79	N.C.
5	VC3	30	N.C.	55	K01	80	SEG0
6	VSSA	31	SEG16	56	K02	81	SEG1
7	RFOUT	32	SEG17	57	K03	82	SEG2
8	RFIN0	33	SEG18	58	K10	83	SEG3
9	RFIN1	34	SEG19	59	K11	84	SEG4
10	REF0	35	SEG20	60	K12	85	SEG5
11	SEN0	36	SEG21	61	K13	86	SEG6
12	REF1	37	SEG22	62	P00	87	SEG7
13	SEN1	38	SEG23	63	P01	88	SEG8
14	HUD	39	SEG24	64	P02	89	SEG9
15	VDDA	40	SEG25	65	P03	90	SEG10
16	CC	41	SEG26	66	P10	91	SEG11
17	CD	42	SEG27	67	P11	92	SEG12
18	VD2	43	SEG28	68	P12	93	SEG13
19	VDD	44	SEG29	69	P13	94	SEG14
20	VOSC	45	SEG30	70	R00	95	SEG15
21	OSC1	46	SEG31	71	R01	96	N.C.
22	OSC2	47	N.C.	72	R02	97	N.C.
23	VD1	48	N.C.	73	R03	98	COM0
24	OSC3	49	N.C.	74	BZ	99	COM1
25	OSC4	50	COM3	75	Vss	100	COM2

N.C. : No Connection

図1.3.1 端子配置図

1.4 端子説明

表1.4.1 端子説明

端子名	端子No.	入出力	機 能
VDD	19, 53	–	電源(+)端子
VSS	26, 75	–	電源(-)端子
VDDA	15	–	アナログ系電源(+)端子(=VDD)
VSSA	6	–	アナログ系電源(-)端子(=VSS)
VD1	23	–	内部ロジック動作用定電圧出力端子
VD2	18	–	1/2VDD降圧用出力端子
VOsc	20	–	OSC1発振用定電圧出力端子
VC1~VC3	3~5	–	LCD系電源端子
CA, CB	1, 2	–	LCD系昇圧コンデンサ接続端子
CC, CD	16, 17	–	電源電圧降圧コンデンサ接続端子
OSC1	21	I	水晶発振入力端子
OSC2	22	O	水晶発振出力端子
OSC3	24	I	セラミックまたはCR発振入力端子(マスクオプション選択)
OSC4	25	O	セラミックまたはCR発振出力端子(マスクオプション選択)
K00~K03	54~57	I	入力端子
K10~K13	58~61	I	入力端子
P00~P03	62~65	I/O	入出力端子
P10	66	I/O	入出力端子(シリアルI/F SIN入力にソフト切り換え)
P11	67	I/O	入出力端子(シリアルI/F SOUT出力にソフト切り換え)
P12	68	I/O	入出力端子(シリアルI/F SCLK入出力にソフト切り換え)
P13	69	I/O	入出力端子(シリアルI/F SRDY出力にソフト切り換え)
R00	70	O	出力端子
R01	71	O	出力端子
R02	72	O	出力端子(TOUT信号出力にソフト切り換え)
R03	73	O	出力端子(FOUT信号出力にソフト切り換え)
COM0~COM5	98~100, 50~52	O	LCDコモン出力端子(1/3, 1/4, 1/5, 1/6デューティをソフト切り換え)
SEG0~SEG31	80~95, 31~46	O	LCDセグメント出力端子
SEN0	11	O	R/FコンバータCh0 CR発振出力端子
SEN1	13	O	R/FコンバータCh1 CR発振出力端子
REF0	10	O	R/FコンバータCh0基準発振出力端子
REF1	12	O	R/FコンバータCh1基準発振出力端子
HUD	14	O	湿度センサ用CR交流発振出力端子
RFIN0	8	I	R/FコンバータCh0 CR発振入力端子
RFIN1	9	I	R/FコンバータCh1 CR発振入力端子
RFOUT	7	O	R/Fコンバータ発振周波数出力端子
BZ	74	O	サウンド出力端子
RESET	28	I	イニシャルリセット入力端子
TEST	27	I	テスト用入力端子

1.5 マスクオプション

S1C63654には以下に示すマスクオプションが設定されています。

各マスクオプションには複数のハードウェア仕様が用意されており、アプリケーションに合わせて選択することができます。この選択にはS1C63654の開発ソフトウェアツールとして用意されているファンクションオプションジェネレータwinfogおよびセグメントオプションジェネレータwinsogを使用します。これらのオプションジェネレータによって作成したデータをもとに最終的なICのマスクパターン生成が行われます。winfog、winsogについては"S5U1C63000A Manual"を参照してください。

マスクオプションの概要

(1) OSC1発振回路

OSC1発振回路は、水晶発振回路に固定されています。詳細については"4.4.2 OSC1発振回路"を参照してください。

(2) OSC3発振回路

OSC3発振回路としてセラミック発振回路、CR発振回路(R外付け)またはCR発振回路(R内蔵)が選択できます。詳細については"4.4.3 OSC3発振回路"を参照してください。

(3) 入力ポートプルダウン抵抗

入力ポートにプルダウン抵抗を付加するかしないか選択できます。この選択は入力ポートの各ビットごとに行えます。詳細については"4.5.3 マスクオプション"を参照してください。

(4) RESET端子プルダウン抵抗

RESET端子にプルダウン抵抗を付加するかしないか選択できます。詳細については"2.2.1 リセット端子(RESET)"を参照してください。

(5) 入出力兼用ポートプルダウン抵抗

入出力兼用ポートP00 ~ P03、P10 ~ P13が入力モード時に働くプルダウン抵抗を付加するかしないか選択できます。選択は1ビット単位で行います。詳細については"4.7.2 マスクオプション"を参照してください。

(6) 出力ポートの出力仕様

出力ポートR00 ~ R03の出力仕様として、コンプリメンタリ出力またはPチャンネルオープンドレイン出力が選択できます。選択は1ビット単位で行います。詳細については"4.6.2 マスクオプション"を参照してください。

(7) 入出力兼用ポートの出力仕様

入出力兼用ポートP00 ~ P03、P10 ~ P13が出力モードの際の出力仕様として、コンプリメンタリ出力またはPチャンネルオープンドレイン出力が選択できます。選択は1ビット単位で行います。詳細については"4.7.2 マスクオプション"を参照してください。

(8) 入力ポート(K00 ~ K03)同時HIGH入力による外部リセット

この機能は、複数キーの同時押しによってICをリセットするもので、この機能を使用するかしないかをマスクオプションで選択できます。また、使用する場合は、同時に押すキーを接続する入力ポート(K00 ~ K03)の組み合わせを選択します。詳細については"2.2.2 入力ポート(K00 ~ K03)の同時HIGH入力"を参照してください。

(9) 入力ポート同時HIGH入力リセットの時間検定回路

(8) の外部リセット機能を使用する場合は、"時間検定回路を使用する"が選択されます。時間検定回路を使用すると、規定時間以上の同時HIGH入力があった場合のみ、リセット機能が働きます。外部リセット機能を使用しない場合、時間検定回路は使用できません。詳細については"2.2.2 入力ポート(K00 ~ K03)の同時HIGH入力"を参照してください。

(10) シリアルインタフェースの同期クロック極性

シリアルインタフェースの同期クロックSCLKおよびスリープモード時のSRDY信号の極性を正極性とするか負極性とするか選択できます。詳細については"4.12.2 マスクオプション"を参照してください。

(11) LCD駆動電源

LCD駆動用電源として、内蔵電源回路を使用するか外部電源を使用するか選択できます。詳細については"4.8.2 LCD駆動電源"を参照してください。

(12) LCDセグメント仕様

SEG端子に対する表示メモリの割り付け、DC出力として使用するSEG端子の設定が行えます。詳細については"4.8.5 セグメントオプション"を参照してください。

オプションリスト

S1C63654のオプションリストを以下に示します。各オプション項目には、複数の選択肢が用意されていますので、システムに合った内容を選択し、☐に印を付けてください。なお、使用しない機能についても必ず選択してください。

1. OSC1発振回路(OSC1 System Clock)

- ☐ 1. 水晶

2. OSC3発振回路(OSC3 System Clock)

- ☐ 1. CR(R内蔵)
☐ 2. CR(R外付け)
☐ 3. セラミック

3. 入力ポートプルダウン抵抗(Input Port Pull Down Resistor)

- | | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
| K00 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K01 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K02 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K03 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K10 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K11 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K12 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| K13 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |

4. RESET端子プルダウン抵抗(Reset Port Pull Down Resistor)

- RESET ☐ 1. あり ☐ 2. なし

5. I/Oポートプルダウン抵抗(I/O Port Pull Down Resistor)

- | | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
| P00 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P01 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P02 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P03 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P10 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P11 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P12 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |
| P13 | ☐ 1. あり | ☐ 2. なし |

6. 出力ポート出力仕様(Output Port Output Specification)

- | | | |
|-----------|--------------------------------------|---|
| R00 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| R01 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| R02 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| R03 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |

7. I/Oポート出力仕様(I/O Port Output Specification)

- | | | |
|-----------|--------------------------------------|---|
| P00 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P01 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P02 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P03 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P10 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P11 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P12 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |
| P13 | ☐ 1. コンプリメンタリ | ☐ 2. Pchオープンドレイン |

8. キー同時押しリセット組み合わせ(Multiple Key Entry Reset Combination)

- ☐ 1. 使用しない
☐ 2. 使用する <K00, K01>
☐ 3. 使用する <K00, K01, K02>
☐ 4. 使用する <K00, K01, K02, K03>

9. キー同時押しリセット時間検定(Multiple Key Entry Reset Time Authorize)

- ☐ 1. 使用しない
☐ 2. 使用する

10. シリアルインタフェース極性(SIO Sync Clock & SRDY)

- ☐ 1. 負極性
☐ 2. 正極性

11. LCD駆動電源(LCD Driving Power)

- ☐ 1. 内部電源(3.0Vパネル)
☐ 2. 外部電源 1/3バイアス, $V_{DD}=V_{C3}$ (4.5Vパネル)
☐ 3. 外部電源 1/3バイアス, $V_{DD}=V_{C3}$ (3.0Vパネル)
☐ 4. 外部電源 1/2バイアス, $V_{DD}=V_{C3}$, $V_{C1}=V_{C3}$ (3.0Vパネル)

12. セグメントオプション

端子名	アドレス (F0xx)																		出力仕様										
	COM0			COM1			COM2			COM3			COM4			COM5													
	H	L	D	H	L	D	H	L	D	H	L	D	H	L	D	H	L	D											
SEG0																			SEG出力 ☐ S										
SEG1																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG2																			SEG出力 ☐ S										
SEG3																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG4																			SEG出力 ☐ S										
SEG5																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG6																			SEG出力 ☐ S										
SEG7																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG8																			SEG出力 ☐ S										
SEG9																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG10																			SEG出力 ☐ S										
SEG11																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG12																			SEG出力 ☐ S										
SEG13																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG14																			SEG出力 ☐ S										
SEG15																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG16																			SEG出力 ☐ S										
SEG17																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG18																			SEG出力 ☐ S										
SEG19																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG20																			SEG出力 ☐ S										
SEG21																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG22																			SEG出力 ☐ S										
SEG23																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG24																			SEG出力 ☐ S										
SEG25																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG26																			SEG出力 ☐ S										
SEG27																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG28																			SEG出力 ☐ S										
SEG29																			DC出力 ☐ C ☐ N										
SEG30																			SEG出力 ☐ S										
SEG31																			DC出力 ☐ C ☐ N										
アドレス										出力仕様										S: セグメント出力 C: コンプリメンタリ出力 N: Nchオープンドレイン出力									
H: RAMデータ上位アドレス (0~9) L: RAMデータ下位アドレス (0~F) D: データビット (0~3)																													

2 電源系 および イニシャルリセット

2.1 電源系

S1C63654の動作電源電圧は次のとおりです。

動作モード	最大動作周波数	動作電源電圧
通常モード	4MHz(OSC3)	2.4V ~ 3.6V
降圧モード	32kHz(OSC1のみ)	2.4V ~ 3.6V
通常モード	32kHz(OSC1のみ)	1.8V ~ 3.6V

S1C63654は上記範囲の単一電源を V_{DD} - V_{SS} 間にとることにより動作し、内部動作に必要な電圧を内蔵の電源回路によりIC自身で発生します。

回路系	電源回路	出力電圧
OSC1発振回路	OSC1発振回路用定電圧回路	V_{OSC}
内部回路(低速動作時)	低速用定電圧回路	V_{D1L}
OSC3発振、内部回路(高速動作時)	高速用定電圧回路	V_{D3}
LCDドライバ	LCD系電圧回路	$V_{C1} \sim V_{C3}$

- 注: ・ 内部電源回路の出力電圧による外付け負荷の駆動は禁止します。
 ・ 電圧値、駆動能力については"7 電气的特性"を参照してください。

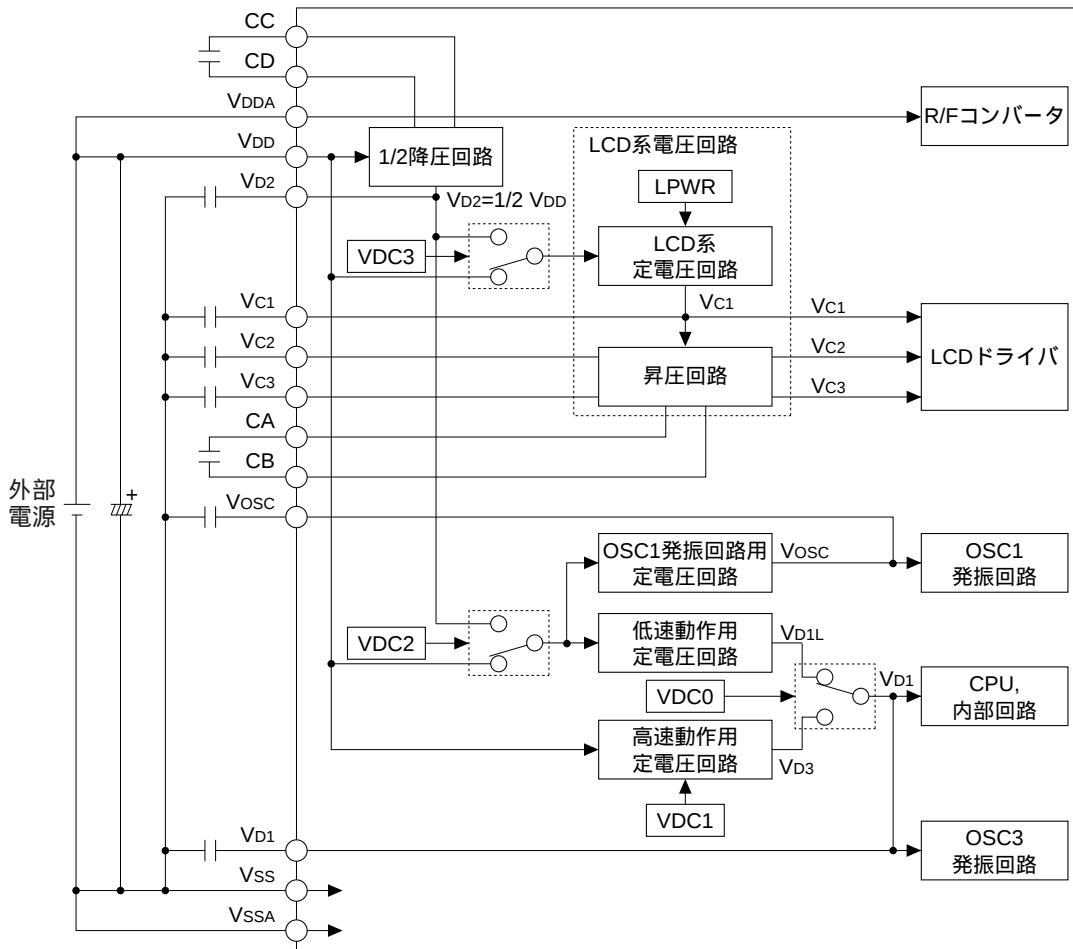


図2.1.1 電源系の構成

2.1.1 OSC1発振回路用定電圧回路

OSC1発振回路用定電圧回路は、OSC1発振回路の動作電圧 V_{osc} (0.98V Typ.) を発生します。
この定電圧回路は常時動作します。

2.1.2 低速動作用定電圧回路

低速動作用定電圧回路は、内部ロジック回路の低速動作用の電圧 V_{D1L} (1.25V Typ.) を発生します。
この定電圧回路は常時動作し、OSC1クロック (32kHz) で動作させる場合に、CPUおよび内部ロジック回路の動作電圧を供給します。

2.1.3 高速動作用定電圧回路

高速動作用定電圧回路は、OSC3発振回路および内部ロジック回路の高速動作用の電圧 V_{D3} (2.0V Typ.) を発生します。
この定電圧回路は通常停止しており、高速動作を開始する前にソフトウェアでONにします。
制御方法については"4.4 発振回路"を参照してください。

2.1.4 内部動作電圧 V_{D1}

CPUとその他の内部ロジック回路は内部動作電圧 V_{D1} で動作します。
S1C63654はツインクロック仕様となっており、2種類の発振回路OSC1(低速動作)およびOSC3(高速動作) を内蔵しています。通常動作時はOSC1クロックを使用し、高速動作が必要ときにソフトウェアによってOSC3クロックに切り換えます。その際には、発振回路およびそれぞれのクロックによる内部回路の動作を安定させるため、動作電圧の値もソフトウェアによって切り換える必要があります。
低速動作時は低速動作用定電圧回路が出力する V_{D1L} を V_{D1} として使用し、高速動作時は高速動作用定電圧回路が出力する V_{D3} を V_{D1} として使用します。
制御方法については"4.4 発振回路"を参照してください。

2.1.5 LCD系電圧回路

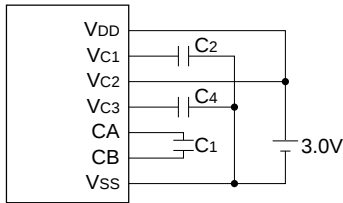
LCD系電圧回路はLCD駆動電圧を発生します。この電圧回路はソフトウェア制御が可能で、LCDの表示を開始する前にONにします。

LCD系電圧回路は、その中の定電圧回路によって V_{C1} を発生し、その電圧を昇圧して他の2電位 ($V_{C2}=2V_{C1}$ 、 $V_{C3}=3V_{C1}$) を発生します。 V_{C1} 電圧値はソフトウェアによって16段階 (0.95V ~ 1.40V) に調整可能です。

マスクオプションによりLCD系定電圧回路を使用しない構成にすることもできます。この場合、LCD系定電圧回路用のコンデンサが不要となりますので、外付け素子を削減できます。ただし、LCD系定電圧回路を使用しない場合には、使用する場合に比べて電源電圧変動 (低下) 時のLCDの表示品質が劣化します。
図2.1.5.1にLCD系定電圧回路を使用しない場合の外付け部品の構成を示します。

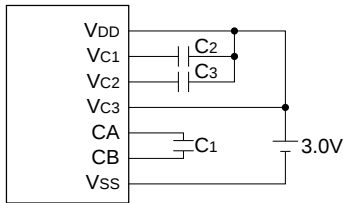
4.5V LCDパネル

1/6, 1/5, 1/4または1/3デューティ, 1/3バイアス



3V LCDパネル

1/6, 1/5, 1/4または1/3デューティ, 1/3バイアス



3V LCDパネル

1/6, 1/5, 1/4または1/3デューティ, 1/2バイアス

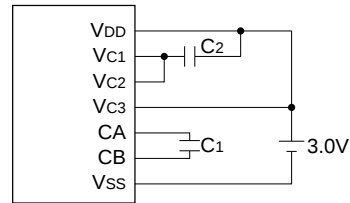


図2.1.5.1 LCD系定電圧回路を使用しない場合の外付け部品の構成

LCD駆動電圧の制御方法については"4.8 LCDドライバ"を参照してください。

2.1.6 降圧モードとパワーセーブ

電源電圧 V_{DD} が2.4V以上の場合、 V_{DD} を1/2に降圧して低速動作用低電圧回路とLCD系電圧回路を駆動させることができます。この状態が降圧モードで、HALT時や低速動作時の消費電流を低減できます。イニシャルリセット直後は V_{DD} を使用する通常モードに設定されますので、ソフトウェアで必要に応じて降圧モードに切り換えます。降圧モードはOSC1クロックによる低速動作に対応しており、OSC3クロックによる高速動作時に設定することはできません。

低速動作用低電圧回路とLCD系電圧回路は、それぞれ個別に降圧モードに設定可能です。

降圧モードの制御方法については"4.2 電源制御"を参照してください。

2.1.7 アナログ回路用電源

R/Fコンバータの V_{DDA} 、 V_{SSA} は、ノイズによる変換精度への影響を低減するための専用電源端子です。ただし、入力する電圧値は、 V_{DD} 、 V_{SS} と同じにしてください。

$V_{DDA} = V_{DD}$ 、 $V_{SSA} = V_{SS}$

2.2 イニシャルリセット

S1C63654は回路を初期化するためにイニシャルリセットを必要とします。イニシャルリセット要因としては次の2種類があります。

(1) RESET端子による外部イニシャルリセット

(2) K00 ~ K03端子の同時HIGHレベル入力による外部イニシャルリセット(マスクオプションで設定)

(1) または (2) のいずれかにより回路が初期化されます。電源投入時は必ずこのリセット機能を使用し、確実に初期化する必要があります。電源投入のみでは回路が正しく初期化される保証はありません。

図2.2.1にイニシャルリセット回路の構成を示します。

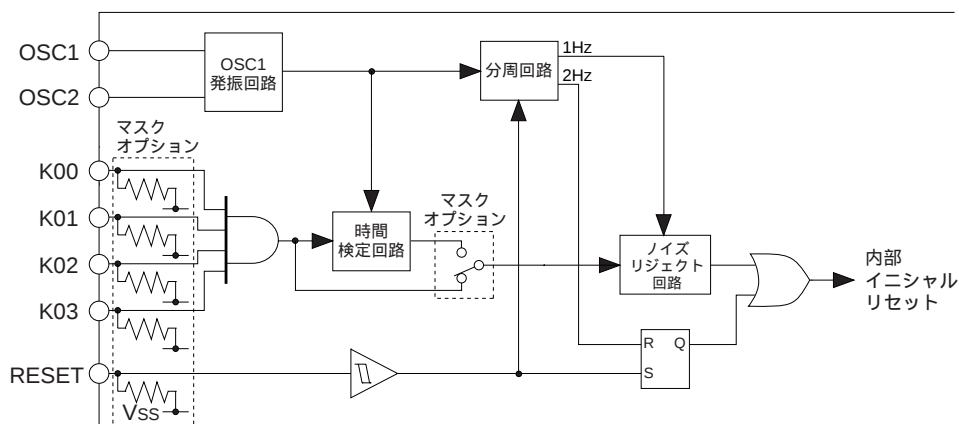


図2.2.1 イニシャルリセット回路の構成

2.2.1 リセット端子(RESET)

外部よりリセット端子をHIGHレベル(V_{DD})にすることによりイニシャルリセットが行えます。

その後、リセット端子をLOWレベル(V_{SS})にすることによりイニシャルリセットは解除され、CPUが動作を開始します。

リセット入力信号はRSラッチにより保持され、内部イニシャルリセット信号となります。RSラッチはOSC1クロックを分周した2Hz信号(HIGH)で解除されるようになっています。したがって、通常動作時はリセット端子がLOWレベルになった後、内部イニシャルリセットが解除されるまで、最大250msec($f_{osc1}=32.768\text{kHz}$ 時)の時間を要します。

確実にイニシャルリセットを行うために、リセット入力は最低0.1msec以上、HIGHレベルを保ってください。ただし、電源投入時には図2.2.1.1に示すタイミングでリセット端子をHIGHレベルにしてください。100nsec以下のリセット入力は、ノイズとして除去されます。

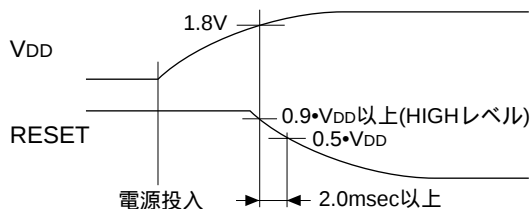


図2.2.1.1 電源投入時のイニシャルリセット

電源電圧が1.8V以上になるまで、リセット端子を0.9・ V_{DD} 以上(HIGHレベル)とします。

その後2.0msec以上、0.5・ V_{DD} 以上のレベルを保持します。

RESET端子のプルダウン抵抗は、付加するかしないかをマスクオプションにより選択できます。

2.2.2 入力ポート(K00 ~ K03)の同時HIGH入力

マスクオプションで選択された入力ポート(K00 ~ K03)に、外部から同時にHIGH入力を与えることによりイニシャルリセットが行えます。このイニシャルリセットはノイズリジェクション回路を通るため、動作中は1.5msec(発振周波数 $f_{osc1}=32.768\text{kHz}$ の場合)以上、指定入力ポート端子をHIGHレベルに保ってください。また、電源投入時には発振が停止しているため、ノイズリジェクション回路は動作しません。このため、発振開始後、さらに1.5msec(発振周波数 $f_{osc1}=32.768\text{kHz}$ の場合)以上、指定入力ポート端子をHIGHレベルに保ってください。表2.2.2.1にマスクオプションで選択できる入力ポート(K00 ~ K03)の組合せを示します。

表2.2.2.1 入力ポートの組合せ

1	使用しない
2	K00*K01
3	K00*K01*K02
4	K00*K01*K02*K03

たとえば、マスクオプションで4の"K00*K01*K02*K03"を選択した場合、K00 ~ K03の4ポートの入力が同時にHIGHレベルになったときにイニシャルリセットを行います。2または3の場合は、選択した入力ポートの組合せが含まれるキー入力が行われたときにイニシャルリセットがかかります。

また、このリセット機能を選択すると、同時HIGH入力の入力時間を検定し、規定時間(1 ~ 2秒)以上の入力があったときにイニシャルリセットを行う時間検定回路のマスクオプションも同時に選択されます。

なお、このリセット機能を使用する場合、通常動作時に指定ポートが同時にHIGHレベルにならないように注意してください。

2.2.3 イニシャルリセット時の内部レジスタ

イニシャルリセットによりCPUは表2.2.3.1のように初期化されます。

イニシャルリセットによって初期化されないレジスタ、フラグは必要に応じてプログラムで初期化する必要があります。

特にスタックポインタSP1およびSP2は必ずペアで設定してください。イニシャルリセット後は、SP1、SP2両方のスタックポインタがソフトウェアにより設定されるまでNMIを含むすべての割り込みがマスクされます。

EXTレジスタにデータを書き込むとEフラグがセットされ、次の命令が拡張アドレッシングモードで実行されます。そこに拡張アドレッシングが禁止されている命令を使用した場合、動作が保証されません。したがって、EXTレジスタの初期化のみを目的としたデータ書き込みは行わないでください。

拡張アドレッシングと使用可能な命令については"S1C63000コアCPUマニュアル"を参照してください。

表2.2.3.1 初期設定値

CPUコア			
名 称	記号	ビット長	設定値
データレジスタA	A	4	不定
データレジスタB	B	4	不定
拡張レジスタEXT	EXT	8	不定
インデックスレジスタX	X	16	不定
インデックスレジスタY	Y	16	不定
プログラムカウンタ	PC	16	0110H
スタックポインタSP1	SP1	8	不定
スタックポインタSP2	SP2	8	不定
ゼロフラグ	Z	1	不定
キャリーフラグ	C	1	不定
インタラプトフラグ	I	1	0
拡張フラグ	E	1	0
キューレジスタ	Q	16	不定

周辺回路		
名 称	ビット長	設定値
RAM	4	不定
表示メモリ	4	不定
その他の周辺回路	—	*

* "4.1 メモリマップ"参照

2.2.4 イニシャルリセット時の端子設定

S1C63654の出力ポート(R)端子、入出力兼用ポート(P)端子は特殊出力端子やシリアルインタフェースの入出力端子と兼用されており、それらの機能をソフトウェアで選択できるようになっています。イニシャルリセット時、各端子はすべてが汎用出力ポート端子、汎用入出力兼用ポート端子として設定されますので、アプリケーションの初期化ルーチンでシステムに合った設定を行ってください。また、システム設計の際には、出力端子の初期状態にも注意してください。

表2.2.4.1に兼用端子設定の一覧を示します。

表2.2.4.1 兼用端子設定一覧

端子名	イニシャルリセット時の 端子状態	特殊出力使用時		シリアルインタフェース使用時	
		TOUT	FOUT	Master	Slave
R00	R00 (LOW出力)				
R01	R01 (LOW出力)				
R02	R02 (LOW出力)	TOUT			
R03	R03 (LOW出力)		FOUT		
P00~P03	P00~P03 (入力&プルダウン*)			P00~P03	P00~P03
P10	P10 (入力&プルダウン*)			SIN(I)	SIN(I)
P11	P11 (入力&プルダウン*)			SOUT(O)	SOUT(O)
P12	P12 (入力&プルダウン*)			SCLK(O)	SCLK(I)
P13	P13 (入力&プルダウン*)			P13	SRDY(O)

* マスクオプションにて"プルダウンあり"選択時 ("プルダウンなし"選択時はハイインピーダンス)

機能の設定方法については各周辺回路の説明を参照してください。

2.3 テスト端子 (TEST)

ICの出荷検査時に使用する端子です。通常動作時はTESTをVssに接続してください。

3 CPU, ROM, RAM

3.1 CPU

S1C63654はCPU部分に4ビットコアCPU S1C63000を使用しています。
S1C63000については"S1C63000コアCPUマニュアル"を参照してください。

注: S1C63654においては、SLEEP動作を想定していないため、SLP命令は使用できません。

3.2 コードROM

内蔵コードROMはプログラム格納用のマスクROMで、4,096ステップ×13ビットの容量があります。コアCPUのプログラム領域は0000H～FFFFHステップまでリニアにアクセス可能ですが、S1C63654では、このうち0000H～0FFFHステップがプログラム領域となります。イニシャルリセット後のプログラム開始番地が0110Hステップ、ノンマスカブル割り込み(NMI)ベクタが0100H、ハードウェア割り込みベクタが0102H～010EHステップに割り当てられています。

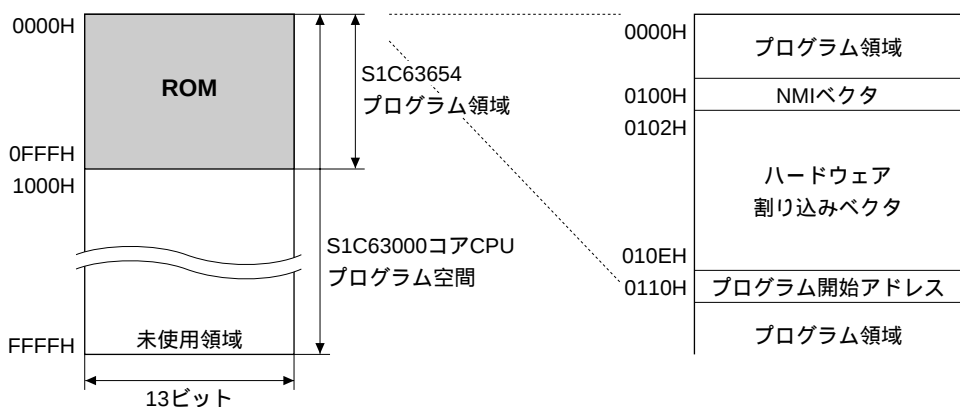


図3.2.1 コードROMの構成

3.3 RAM

RAMは種々のデータを格納するデータメモリで、512ワード×4ビットの容量があります。RAM領域は、データメモリマップ上のアドレス0000H～01FFHに割り当てられています。この中でアドレス0100H～01FFHが4ビット/16ビットデータアクセスが可能な領域、その他の領域は4ビットデータアクセスのみ可能な領域となっています。プログラミングの際には以下の点に注意してください。

- (1) データメモリの一部をサブルーチンコールやレジスタ退避時のスタック領域としても使用しますので、データ領域とスタック領域が重ならないように注意してください。
- (2) S1C63000コアCPUは、4ビットデータ用スタックポインタ(SP2)および16ビットデータ用スタックポインタ(SP1)によりスタック処理を行います。SP1によるスタック処理では16ビットデータアクセスが行われますので、このスタック領域の設定は4ビット/16ビットアクセスが可能な領域内(0100H～01FFH)で行ってください。スタックポインタは、SP1が0000H～03FFH、SP2が0000H～00FFHの範囲でサイクリックに動作します。このため、SP1はS1C63654の4ビット/16ビットアクセス領域を外れた0200H以上、あるいは00FFH以下の領域にも設定される可能性がありますので注意してください。SP1によるスタック操作以外のメモリアクセスは4ビットデータアクセスとなります。
また、イニシャルリセット時は、スタックポインタSP1、SP2の両方がソフトウェアで設定されるまでNMIを含むすべての割り込みがマスクされます。また、SP1、SP2を設定後どちらか一方を再設定すると、もう一方が再設定されるまでNMIを含む割り込みは再びマスクされます。したがって、SP1およびSP2の設定は必ずペアで行ってください。

- (3) サブルーチンコールでは16ビットデータ用スタック(SP1)を4ワード(PCの退避)消費します。
割り込みでは16ビットデータ用スタックエリアを4ワード(PCの退避)、4ビットデータ用スタックエリアを1ワード(Fレジスタの退避)消費します。

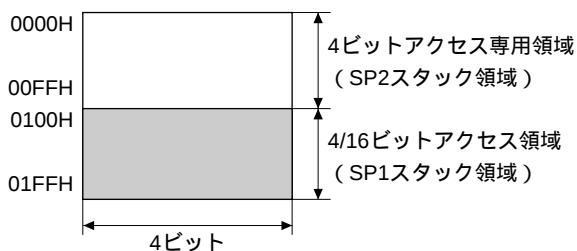


図3.3.1 データRAMの構成

3.4 データROM

データROMはキャラクタジェネレータなどの各種固定データ格納用のマスクROMで、1,024ワード×4ビットの容量があります。データメモリマップ上のアドレス8000H～83FFHに割り当てられており、RAMと同様にデータメモリアクセス命令でデータを読み出すことができます。

4 周辺回路と動作

S1C63654の周辺回路(タイマ、I/O等)はメモリマップドI/O方式で、CPUとインタフェースされています。このため、メモリマップ上のI/Oメモリをメモリ操作命令でアクセスすることにより、すべての周辺回路を制御することができます。

以下に、各周辺回路の動作について詳細に説明します。

4.1 メモリマップ

S1C63654のデータメモリは512ワードのRAM、1,024ワードのデータROM、48ワードの表示メモリ、85ワードの周辺I/Oメモリで構成されます。

図4.1.1にS1C63654の全体のメモリマップ、表4.1.1に周辺回路(I/O空間)のメモリマップを示します。

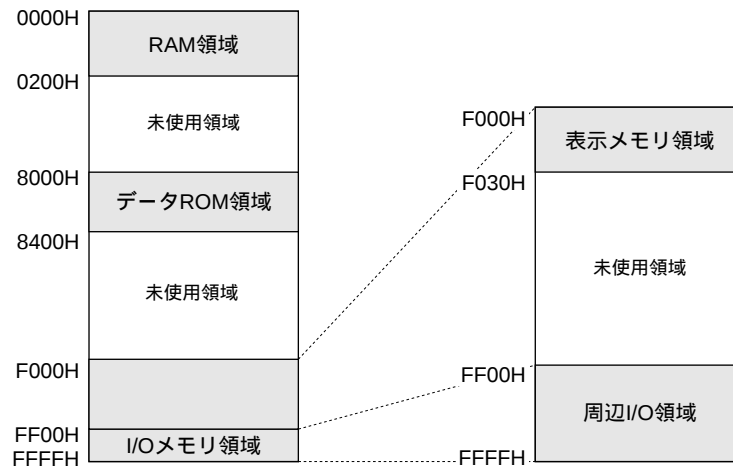


図4.1.1 メモリマップ

注: メモリマップの未使用領域にはメモリが実装されていません。また、周辺I/O領域にも非実装領域、未使用(アクセス禁止)領域が存在します。これらの領域をアクセスするようなプログラムを作成した場合は、正常な動作を保証することはできません。

周辺I/O領域については表4.1.1に示すI/Oメモリマップを参照してください。

表4.1.1(a) I/Oメモリマップ(FF00H ~ FF31H)

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF00H	VDC3	VDC2	VDC1	VDC0	VDC3	0	1/2V _{DD}	V _{DD}	LCD系定電圧回路電源切り換え
					VDC2	0	1/2V _{DD}	V _{DD}	低速動作用定電圧回路電源切り換え
					VDC1	0	On	Off	高速動作用定電圧回路On/Off
	R/W				VDC0	0	V _{b3}	V _{D1L}	ロジック系電源切り換え
FF01H	CLKCHG	OSCC	0	0	CLKCHG	0	OSC3	OSC1	CPUクロック切り換え
					OSCC	0	On	Off	OSC3発振On/Off
					0 *3	—*2			未使用
	R/W				0 *3	—*2			未使用
FF04H	0	SVDS2	SVDS1	SVDS0	0 *3	—*2			未使用
					SVDS2	0			SVD比較電圧 [SVDS2~0] 0 1 2 3 4 5 6 7 電圧(V) 1.85 2.00 2.15 2.30 2.45 2.60 2.75 2.90
					SVDS1	0			
	R/W				SVDS0	0			
FF05H	0	0	SVDDT	SVDON	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R			R/W	SVDDT	0	Low	Normal	SVD検出データ
					SVDON	0	On	Off	SVD回路On/Off
FF06H	FOUTE	SWDIR	FOFQ1	FOFQ0	FOUTE	0	Enable	Disable	FOUT出力イネーブル
					SWDIR	0			ストップウォッチダイレクト入力切り換え
					FOFQ1	0			0: K00=Run/Stop, K01=Lap 1: K00=Lap, K01=Run/Stop
	R/W				FOFQ0	0			[FOUT [FOFQ1, 0] 0 1 2 3 周波数選択 周波数 fosc1/64 fosc1/8 fosc1 fosc3
FF07H	0	0	WDEN	WDRST	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R		R/W	W	WDEN	1	Enable	Disable	ウォッチドッグタイマイネーブル
					WDRST*3	Reset	Reset	Invalid	ウォッチドッグタイマリセット(書き込み時)
FF20H	SIK03	SIK02	SIK01	SIK00	SIK03	0	Enable	Disable	K00 ~ K03割り込み選択レジスタ
					SIK02	0	Enable	Disable	
					SIK01	0	Enable	Disable	
	R/W				SIK00	0	Enable	Disable	
FF21H	K03	K02	K01	K00	K03	—*2	High	Low	K00 ~ K03入力ポートデータ
					K02	—*2	High	Low	
					K01	—*2	High	Low	
	R				K00	—*2	High	Low	
FF22H	KCP03	KCP02	KCP01	KCP00	KCP03	1			K00 ~ K03入力比較レジスタ
					KCP02	1			
					KCP01	1			
	R/W				KCP00	1			
FF24H	SIK13	SIK12	SIK11	SIK10	SIK13	0	Enable	Disable	K10 ~ K13割り込み選択レジスタ
					SIK12	0	Enable	Disable	
					SIK11	0	Enable	Disable	
	R/W				SIK10	0	Enable	Disable	
FF25H	K13	K12	K11	K10	K13	—*2	High	Low	K10 ~ K13入力ポートデータ
					K12	—*2	High	Low	
					K11	—*2	High	Low	
	R				K10	—*2	High	Low	
FF26H	KCP13	KCP12	KCP11	KCP10	KCP13	1			K10 ~ K13入力比較レジスタ
					KCP12	1			
					KCP11	1			
	R/W				KCP10	1			
FF30H	R03HIZ	R02HIZ	R01HIZ	R00HIZ	R03HIZ	0	High-Z	Output	R03出力ハインピーダンス制御(FOUTE=0)
					R02HIZ	0	High-Z	Output	FOUT出力ハインピーダンス制御(FOUTE=1)
					R01HIZ	0	High-Z	Output	R02出力ハインピーダンス制御(PTOUT=0)
	R/W				R00HIZ	0	High-Z	Output	TOUT出力ハインピーダンス制御(PTOUT=1)
FF31H	R03	R02	R01	R00	R03	0	High	Low	R03出力ポートデータ(FOUTE=0) FOUT出力時は1に固定
					R02	0	High	Low	R02出力ポートデータ(PTOUT=0) TOUT出力時は1に固定
					R01	0	High	Low	R01出力ポートデータ
	R/W				R00	0	High	Low	R00出力ポートデータ

[注 釈]

*1 イニシャルリセット時の初期値 *2 回路上設定されない *3 読み出し時は常時"0"

表4.1.1(b) I/Oメモリマップ(FF40H ~ FF6DH)

アドレス	レジスタ								注 釈		
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0			
FF40H	IOC03	IOC02	IOC01	IOC00	IOC03	0	Output	Input	P00 ~ P03 I/O制御レジスタ		
	R/W				IOC02	0	Output	Input			
					IOC01	0	Output	Input			
					IOC00	0	Output	Input			
FF41H	PUL03	PUL02	PUL01	PUL00	PUL03	1	On	Off	P00 ~ P03ブルダウン制御レジスタ		
	R/W				PUL02	1	On	Off			
					PUL01	1	On	Off			
					PUL00	1	On	Off			
FF42H	P03	P02	P01	P00	P03	− *2	High	Low	P00 ~ P03入出力兼用ポートデータ		
	R/W				P02	− *2	High	Low			
					P01	− *2	High	Low			
					P00	− *2	High	Low			
FF44H	IOC13	IOC12	IOC11	IOC10	IOC13	0	Output	Input	P13 I/O制御レジスタ SIF(スレープ)選択時、汎用レジスタとして機能 P12 I/O制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P11 I/O制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P10 I/O制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能		
	R/W				IOC12	0	Output	Input			
					IOC11	0	Output	Input			
					IOC10	0	Output	Input			
FF45H	PUL13	PUL12	PUL11	PUL10	PUL13	1	On	Off	P13ブルダウン制御レジスタ SIF(スレープ)選択時、汎用レジスタとして機能 P12ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF(マスタ)選択時、汎用レジスタとして機能 SIF(スレープ)選択時、SCLK(I)ブルダウン制御レジスタ P11ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P10ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、SINブルダウン制御レジスタ		
	R/W				PUL12	1	On	Off			
					PUL11	1	On	Off			
					PUL10	1	On	Off			
FF46H	P13 (XSRDY)	P12 (XSCLK)	P11 (SOUT)	P10 (SIN)	P13	− *2	High	Low	P13入出力兼用ポートデータ SIF(スレープ)選択時、汎用レジスタとして機能 P12入出力兼用ポートデータ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P11入出力兼用ポートデータ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P10入出力兼用ポートデータ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能		
	R/W				P12	− *2	High	Low			
					P11	− *2	High	Low			
					P10	− *2	High	Low			
FF60H	LDUTY1	LDUTY0	STCD	LPWR	LDUTY1	0	Static On	Dynamic Off	LCD駆動デューティ [LDUTY1, 0] 0 1 2 3 切り換え デューティ 1/4 1/5 1/6 1/3 LCD駆動方式切り換え LCD電源On/Off		
	R/W				LDUTY0	0					
					STCD	0					
					LPWR	0					
FF61H	0	ALOFF	ALON	0	0 *3	− *2	All Off All On	Normal Normal	未使用 LCD全消灯制御 LCD全点灯制御 未使用		
	R	R/W		R	ALOFF	1					
					ALON	0					
					0 *3	− *2					
FF62H	LC3	LC2	LC1	LC0	LC3	0			LCDコントラスト調整 [LC3~0] 0 ~ 15 コントラスト 淡 ~ 濃		
	R/W				LC2	0					
					LC1	0					
					LC0	0					
FF6CH	ENRTM	ENRST	ENON	BZE	ENRTM	0	1sec	0.5sec	エンベロープ減衰時間選択		
	R/W				ENRST *3	Reset	Reset	Invalid	エンベロープリセット(書き込み時)		
					ENON	0	On	Off	エンベロープOn/Off		
					BZE	0	Enable	Disable	BZ出カインエプル		
FF6DH	0	BZSTP	BZSHT	SHTPW	0 *3	− *2			未使用 1ショットブザーStop(書き込み時) 1ショットブザートリガ(書き込み時) 1ショットブザーステータス(読み出し時) 1ショットブザーパルス幅選択		
	R/W				BZSTP *3	0				Stop	Invalid
					BZSHT	0				Trigger	Invalid
					SHTPW	0				125msec, 31.25msec	Busy

表4.1.1(c) I/Oメモリマップ(FF6EH ~ FF7BH)

アドレス	レジスタ				注 釈				
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF6EH	0	BZFQ2	BZFQ1	BZFQ0	0 *3 BZFQ2	- *2 0			未使用 [BZFQ2, 1, 0] 0 1 2 3 周波数(Hz) 4096.0 3276.8 2730.7 2340.6 [BZFQ2, 1, 0] 4 5 6 7 周波数(Hz) 2048.0 1638.4 1365.3 1170.3
	R	R/W			BZFQ1	0			
					BZFQ0	0			
FF6FH	0	BDTY2	BDTY1	BDTY0	0 *3 BDTY2	- *2 0			未使用 [BDTY2, 1, 0] 0 1 2 3 ブザー信号デューティ比選択 (本編参照)
	R	R/W			BDTY1	0			
					BDTY0	0			
FF70H	0	ESOUT	SCTRG	ESIF	0 *3 ESOUT	- *2 0	Enable	Disable	未使用 SOUTイネーブル シリアルI/Fクロックトリガ(書き込み時) シリアルI/Fクロックステータス(読み出し時) シリアルI/Fイネーブル(P1ポート機能選択)
	R	R/W			SCTRG	0	Trigger	Invalid	
					ESIF	0	Run SIF	Stop I/O	
FF71H	SDP	SCPS	SCS1	SCS0	SDP	0	MSB first	LSB first	シリアルI/Fデータ入出力順列 シリアルI/Fクロックフェーズ選択 負極性選択時(マスクオプション) 正極性選択時(マスクオプション) [SCS1, 0] 0 1 クロック スレープ PT [SCS1, 0] 2 3 クロックモード選択 クロック OSC1/2 OSC1
					SCPS	0			
	R/W				SCS1	0			
				SCS0	0				
FF72H	SD3	SD2	SD1	SD0	SD3	- *2 High	Low		MSB シリアルI/F送受信データ(下位4ビット) LSB
					SD2	- *2 High	Low		
	R/W				SD1	- *2 High	Low		
					SD0	- *2 High	Low		
FF73H	SD7	SD6	SD5	SD4	SD7	- *2 High	Low		MSB シリアルI/F送受信データ(上位4ビット) LSB
					SD6	- *2 High	Low		
	R/W				SD5	- *2 High	Low		
					SD4	- *2 High	Low		
FF74H	0	0	TMRST	TMRUN	0 *3 0 *3	- *2 - *2			未使用 未使用 計時タイマリセット(書き込み時) 計時タイマRun/Stop
	R		W	R/W	TMRST*3	Reset	Reset	Invalid	
					TMRUN	0	Run	Stop	
FF75H	TM3	TM2	TM1	TM0	TM3	0			計時タイマデータ(16Hz) 計時タイマデータ(32Hz) 計時タイマデータ(64Hz) 計時タイマデータ(128Hz)
					TM2	0			
	R				TM1	0			
					TM0	0			
FF76H	TM7	TM6	TM5	TM4	TM7	0			計時タイマデータ(1Hz) 計時タイマデータ(2Hz) 計時タイマデータ(4Hz) 計時タイマデータ(8Hz)
					TM6	0			
	R				TM5	0			
					TM4	0			
FF78H	EDIR	DKM2	DKM1	DKM0	EDIR	0	Enable	Disable	ダイレクト入力イネーブル キーマスク [DKM2, 1, 0] 0 1 2 3 なし K02 K02~03 K02~03,10 選択 [DKM2, 1, 0] 4 5 6 7 キーマスク K10 K10~11 K10~12 K10~13
					DKM2	0			
	R/W				DKM1	0			
					DKM0	0			
FF79H	LCURF	CRNWF	SWRUN	SWRST	LCURF	0	Request	No	ラップデータ桁上げ要求フラグ キャプチャ更新フラグ ストップウォッチタイマRun/Stop ストップウォッチタイマリセット(書き込み時)
					CRNWF	0	Renewal	No	
	R		R/W	W	SWRUN	0	Run	Stop	
					SWRST*3	Reset	Reset	Invalid	
FF7AH	SWD3	SWD2	SWD1	SWD0	SWD3	0			ストップウォッチタイマデータ BCD(1/1000sec)
					SWD2	0			
	R				SWD1	0			
					SWD0	0			
FF7BH	SWD7	SWD6	SWD5	SWD4	SWD7	0			ストップウォッチタイマデータ BCD(1/100sec)
					SWD6	0			
	R				SWD5	0			
					SWD4	0			

表4.1.1(d) I/Oメモリマップ(FF7CH ~ FFC0H)

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF7CH	SWD11	SWD10	SWD9	SWD8	SWD11	0			ストップウォッチタイマデータ BCD(1/10sec)
					SWD10	0			
					SWD9	0			
					SWD8	0			
FF90H									未使用 R/F変換用クロック選択 Ch1センサタイプ選択 変換チャンネル選択
	0	RFCLK	RFSEL	SENSEL	MC3	− *2			
					RFCLK	0	OSC3	OSC1	
					RFSEL	0	AC	DC	
FF91H					SENSEL	0	Ch1	Ch0	タイムベースカウンタオーバーフローフラグ 計測カウンタオーバーフローフラグ 基準発振Run制御/ステータス("0"書き込み無効) センサ発振Run制御/ステータス("0"書き込み無効)
	OVTBC	OVMC	RFRUNR	RFRUNS	OVTBC	0	Overflow	Non-ov	
					OVMC	0	Overflow	Non-ov	
					RFRUNR	0	Run	Stop	
FF92H					RFRUNS	0	Run	Stop	計測カウンタ(MC0 ~ MC3) LSB
	MC3	MC2	MC1	MC0	MC3	− *2			
					MC2	− *2			
					MC1	− *2			
FF93H					MC0	− *2			計測カウンタ(MC4 ~ MC7)
	MC7	MC6	MC5	MC4	MC7	− *2			
					MC6	− *2			
					MC5	− *2			
FF94H					MC4	− *2			計測カウンタ(MC8 ~ MC11)
	MC11	MC10	MC9	MC8	MC11	− *2			
					MC10	− *2			
					MC9	− *2			
FF95H					MC8	− *2			計測カウンタ(MC12 ~ MC15)
	MC15	MC14	MC13	MC12	MC15	− *2			
					MC14	− *2			
					MC13	− *2			
FF96H					MC12	− *2			MSB 計測カウンタ(MC16 ~ MC19)
	MC19	MC18	MC17	MC16	MC19	− *2			
					MC18	− *2			
					MC17	− *2			
FF97H					MC16	− *2			タイムベースカウンタデータ(TC0 ~ TC3) LSB
	TC3	TC2	TC1	TC0	TC3	− *2			
					TC2	− *2			
					TC1	− *2			
FF98H					TC0	− *2			タイムベースカウンタデータ(TC4 ~ TC7)
	TC7	TC6	TC5	TC4	TC7	− *2			
					TC6	− *2			
					TC5	− *2			
FF99H					TC4	− *2			タイムベースカウンタデータ(TC8 ~ TC11)
	TC11	TC10	TC9	TC8	TC11	− *2			
					TC10	− *2			
					TC9	− *2			
FF9AH					TC8	− *2			タイムベースカウンタデータ(TC12 ~ TC15)
	TC15	TC14	TC13	TC12	TC15	− *2			
					TC14	− *2			
					TC13	− *2			
FF9BH					TC12	− *2			MSB タイムベースカウンタデータ(TC16 ~ TC19)
	TC19	TC18	TC17	TC16	TC19	− *2			
					TC18	− *2			
					TC17	− *2			
FFC0H					TC16	− *2			16ビットモード選択 タイマ0カウンタモード選択 タイマ0機能選択(イベントカウンタモード時) タイマ0パルス極性選択(イベントカウンタモード時)
	MOD16	EVCNT	FCSEL	PLPOL	MOD16	0	16bits	8bits	
					EVCNT	0	Event ct.	Timer	
					FCSEL	0	With NR	No NR	
FFC0H					PLPOL	0	↑	↓	

表4.1.1(e) I/Oメモリマップ(FFC1H~FFD3H)

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FFC1H	0	0	CHSEL0	PTOUT	0 *3 0 *3	- *2 - *2			未使用 未使用
	R		R/W		CHSEL0 PTOUT	0 0	Timer 1 On	Timer 0 Off	TOUT出力選択 TOUT出力制御
FFC2H	0	0	CKSEL1	CKSEL0	0 *3 0 *3	- *2 - *2			未使用 未使用
	R		R/W		CKSEL1 CKSEL0	0 0	OSC3 OSC3	OSC1 OSC1	プリスケアラ1原振クロック選択 プリスケアラ0原振クロック選択
FFC3H	PTPS01	PTPS00	PTRST0	PTRUN0	PTPS01 PTPS00	0 0			プリスケアラ0 [PTPS01, 00] 0 1 2 3 分周比選択 分周比 1/1 1/4 1/32 1/256
	R/W		W	R/W	PTRST0*3 PTRUN0	- *2 0	Reset Run	Invalid Stop	タイマ0リセット(リロード) タイマ0 Run/Stop
FFC4H	PTPS11	PTPS10	PTRST1	PTRUN1	PTPS11 PTPS10	0 0			プリスケアラ1 [PTPS11, 10] 0 1 2 3 分周比選択 分周比 1/1 1/4 1/32 1/256
	R/W		W	R/W	PTRST1*3 PTRUN1	- *2 0	Reset Run	Invalid Stop	タイマ1リセット(リロード) タイマ1 Run/Stop
FFC6H	RLD03	RLD02	RLD01	RLD00	RLD03 RLD02 RLD01 RLD00	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ0リロードデータ(下位4ビット) LSB
	R/W								
FFC7H	RLD07	RLD06	RLD05	RLD04	RLD07 RLD06 RLD05 RLD04	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ0リロードデータ(上位4ビット) LSB
	R/W								
FFC8H	RLD13	RLD12	RLD11	RLD10	RLD13 RLD12 RLD11 RLD10	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ1リロードデータ(下位4ビット) LSB
	R/W								
FFC9H	RLD17	RLD16	RLD15	RLD14	RLD17 RLD16 RLD15 RLD14	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ1リロードデータ(上位4ビット) LSB
	R/W								
FFCCH	PTD03	PTD02	PTD01	PTD00	PTD03 PTD02 PTD01 PTD00	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ0データ(下位4ビット) LSB
	R								
FFCDH	PTD07	PTD06	PTD05	PTD04	PTD07 PTD06 PTD05 PTD04	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ0データ(上位4ビット) LSB
	R								
FFCEH	PTD13	PTD12	PTD11	PTD10	PTD13 PTD12 PTD11 PTD10	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ1データ(下位4ビット) LSB
	R								
FFCFH	PTD17	PTD16	PTD15	PTD14	PTD17 PTD16 PTD15 PTD14	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ1データ(上位4ビット) LSB
	R								
FFD2H	CD03	CD02	CD01	CD00	CD03 CD02 CD01 CD00	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ0コンペアデータ(下位4ビット) LSB
	R/W								
FFD3H	CD07	CD06	CD05	CD04	CD07 CD06 CD05 CD04	0 0 0 0			MSB プログラマブルタイマ0コンペアデータ(上位4ビット) LSB
	R/W								

表4.1.1(f) I/Oメモリマップ(FFD4H ~ FFF2H)

アドレス	レジスタ									注 釈	
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0			
FFD4H	CD13	CD12	CD11	CD10	CD13	0			MSB プログラマブルタイマ1コンペアデータ(下位4ビット) LSB		
					CD12	0					
					CD11	0					
					CD10	0					
FFD5H	CD17	CD16	CD15	CD14	CD17	0			MSB プログラマブルタイマ1コンペアデータ(上位4ビット) LSB		
					CD16	0					
					CD15	0					
					CD14	0					
FFD8H	0	0	PTSEL1	PTSEL0	0 *3	— *2			未使用 未使用 プログラマブルタイマ1 PWM出力選択 プログラマブルタイマ0 PWM出力選択		
					0 *3	— *2					
					PTSEL1	0				PWM	Normal
					PTSEL0	0				PWM	Normal
FFE0H	0	0	ECTC1	ECTC0	0 *3	— *2			未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(タイマ1コンペアマッチ) 割り込みマスクレジスタ(タイマ0コンペアマッチ)		
					0 *3	— *2					
					ECTC1	0				Enable	Mask
					ECTC0	0				Enable	Mask
FFE1H	0	0	EIPT1	EIPT0	0 *3	— *2			未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(タイマ1アンダーフロー) 割り込みマスクレジスタ(タイマ0アンダーフロー)		
					0 *3	— *2					
					EIPT1	0				Enable	Mask
					EIPT0	0				Enable	Mask
FFE2H	0	0	0	EISIF	0 *3	— *2			未使用 未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(シリアルI/F)		
					0 *3	— *2					
					0 *3	— *2					
					EISIF	0				Enable	Mask
FFE3H	0	0	0	EIK0	0 *3	— *2			未使用 未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(K00 ~ K03)		
					0 *3	— *2					
					0 *3	— *2					
					EIK0	0				Enable	Mask
FFE4H	0	0	0	EIK1	0 *3	— *2			未使用 未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(K10 ~ K13)		
					0 *3	— *2					
					0 *3	— *2					
					EIK1	0				Enable	Mask
FFE5H	EIT3	EIT2	EIT1	EIT0	EIT3	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ1Hz)		
					EIT2	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ2Hz)		
					EIT1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ8Hz)		
					EIT0	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ32Hz)		
FFE6H	EIRUN	EILAP	EISW1	EISW10	EIRUN	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(SWダイレクトRUN)		
					EILAP	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(SWダイレクトLAP)		
					EISW1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(ストップウォッチタイマ1Hz)		
					EISW10	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(ストップウォッチタイマ10Hz)		
FFE7H	0	0	EIRFB	EIRFM	0 *3	— *2			未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(R/Fコンバータ基準発振完了) 割り込みマスクレジスタ(R/Fコンバータセンサ発振完了)		
					0 *3	— *2					
					EIRFB	0				Enable	Mask
					EIRFM	0				Enable	Mask
FFF0H	0	0	ICTC1	ICTC0	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用		
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用		
					ICTC1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(タイマ1コンペアマッチ)		
					ICTC0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(タイマ0コンペアマッチ)		
FFF1H	0	0	IPT1	IPT0	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用		
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用		
					IPT1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(タイマ1アンダーフロー)		
					IPT0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(タイマ0アンダーフロー)		
FFF2H	0	0	0	ISIF	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用		
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用		
					0 *3	— *2	(W)	(W)	未使用		
					ISIF	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(シリアルI/F)		

表4.1.1(g) I/Oメモリマップ(FFF3H ~ FFF7H)

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FFF3H	0	0	0	IK0	0 *3	– *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	– *2	Yes	No	未使用
	R			R/W	0 *3	– *2	(W)	(W)	未使用
					IK0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(K00 ~ K03)
FFF4H	0	0	0	IK1	0 *3	– *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	– *2	Yes	No	未使用
	R			R/W	0 *3	– *2	(W)	(W)	未使用
					IK1	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(K10 ~ K13)
FFF5H	IT3	IT2	IT1	IT0	IT3	0	(R)	(R)	割り込み要因フラグ(計時タイマ1Hz)
					IT2	0	Yes	No	割り込み要因フラグ(計時タイマ2Hz)
	R/W				IT1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(計時タイマ8Hz)
					IT0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(計時タイマ32Hz)
FFF6H	IRUN	ILAP	ISW1	ISW10	IRUN	0	(R)	(R)	割り込み要因フラグ(SWダイレクトRUN)
					ILAP	0	Yes	No	割り込み要因フラグ(SWダイレクトLAP)
	R/W				ISW1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(ストップウォッチタイマ1Hz)
					ISW10	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(ストップウォッチタイマ10Hz)
FFF7H	0	0	IRFB	IRFM	0 *3	– *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	– *2	Yes	No	未使用
	R		R/W		IRFB	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(R/Fコンバータ基準発振完了)
					IRFM	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(R/Fコンバータセンサ発振完了)

4.2 電源制御

4.2.1 電源回路の構成

S1C63654は図4.2.1.1に示す電源回路を内蔵しており、CPUと内部ロジック回路、発振回路、LCDドライバを駆動する電圧をチップ内部で生成します。

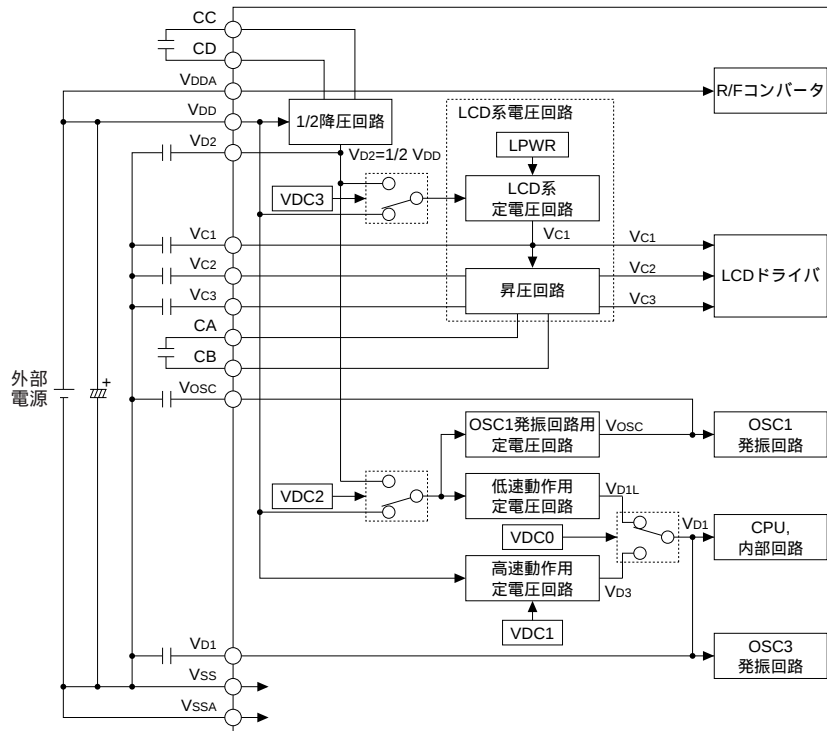


図4.2.1.1 内蔵電源回路

- OSC1発振回路用定電圧回路

OSC1発振回路用定電圧回路は、OSC1発振回路の動作電圧 V_{osc} (0.98V Typ.) を発生します。この定電圧回路は常時動作します。

- 低速動作用定電圧回路

この定電圧回路は常時動作し、内部ロジック回路を駆動する V_{d1L} (1.25V Typ.) を発生します。 V_{d1L} は、OSC1クロック (32kHz) でCPUおよび内部ロジック回路を動作させる場合に、その動作電圧 V_{d1} として使用します。動作電圧の切り換えは動作クロックにあわせソフトウェアで制御します。

- 高速動作用定電圧回路

高速動作用定電圧回路は、CPUおよび内部ロジック回路の高速動作用の電圧 V_{d3} (2.0V Typ.) を発生します。この定電圧回路は通常停止しており、OSC3発振を開始する前にVDC1レジスタでON (VDC1 = "1") にし、VDC0レジスタで内部ロジック回路の動作電圧を V_{d3} に設定します。

- LCD系電圧回路

LCD系電圧回路はLCD駆動電圧を発生します。この電圧回路はLPWRレジスタで制御が可能で、LCDの表示を開始する前にON (LPWR = "1") にします。

LCD系電圧回路は、その中の定電圧回路によって V_{c1} を発生し、その電圧を昇圧して他の2電位 ($V_{c2} = 2V_{c1}$, $V_{c3} = 3V_{c1}$) を発生します。 V_{c1} 電圧値はソフトウェアによって16段階 (0.95V ~ 1.40V) に調整可能です。 V_{c1} 電圧値 (コントラスト) の制御方法については"4.8 LCDドライバ"を参照してください。

なお、マスクオプションでLCD駆動に外部電源を選択した場合、この電圧回路は動作しません。

- 1/2降圧回路

1/2降圧回路は電源電圧 V_{DD} を1/2に降圧して V_{D2} を生成します。この出力電圧により低速動作用定電圧回路とLCD系電圧回路を駆動することで、HALT時や低速動作時の消費電流を低減できます。この状態が降圧モードで、低速動作用定電圧回路はVDC2レジスタで、LCD系電圧回路はVDC3レジスタで設定できます。ただし、降圧モードに設定するには、電源電圧 V_{DD} が2.4V以上である必要があります。また、OSC3クロックを使用した高速動作時は、降圧モードに設定することはできません。

通常モードは、低速動作用定電圧回路とLCD系電圧回路を電源電圧 V_{DD} で駆動します。

イニシャルリセット時はハードウェアにより通常モードに設定されます。

なお、1/2降圧回路は常時動作します。

4.2.2 電源制御手順

イニシャルリセット時、電源と動作電圧、発振回路は次のように設定されます。

- ・ 低速動作用定電圧回路: ON
通常モード (VDC2 = "0")
- ・ LCD系電圧回路: OFF (LPWR = "0")
通常モード (VDC3 = "0")
- ・ 高速動作用定電圧回路: OFF (VDC1 = "0")
- ・ CPU/内部回路動作電圧: V_{D1L} (VDC0 = "0")
- ・ CPUシステムクロック: OSC1 (CLKCHG = "0")
- ・ OSC3発振回路: OFF (OSCC = "0")

- 降圧モードの設定

降圧モードの制御は低速動作用定電圧回路とLCD系電圧回路で別個に行えます。

低速動作用定電圧回路の設定

低速動作用定電圧回路を降圧モードに設定するための条件は以下のとおりです。

- ・ 電源電圧 V_{DD} が2.4V以上あること
- ・ CPU/内部回路が動作電圧 = V_{D1L} 、動作クロック = OSC1で動作していること

したがって、通常モードから降圧モードへの切り換えは以下の手順で行います。

1. CPUクロックをOSC3からOSC1に切り換え(CLKCHG = "0"、CPUクロックにOSC3を使用している場合)
2. OSC3発振を停止(OSCC = "0")
3. 内部動作電圧を V_{D3} から V_{D1L} に切り換え(VDC0 = "0")
4. 高速動作用定電圧回路をOFF(VDC1 = "0")
5. SVD回路で電源電圧 V_{DD} が2.4V以上あることを確認
6. 降圧モードを設定(VDC2 = "1")

1～4は高速動作時に必要な処理です。

LCD系電圧回路の設定

LCD系電圧回路を降圧モードに設定するための条件は以下のとおりです。

- ・ 電源電圧 V_{DD} が2.4V以上あること
- ・ LCD駆動電圧 V_{C1} が1.13V以下の設定であること

切り換えは以下の手順で行います。

1. SVD回路で電源電圧 V_{DD} が2.4V以上あることを確認
2. LCD駆動電圧 V_{C1} を1.13V以下に設定(LC3 ~ LC0 6)
3. 降圧モードを設定(VDC3 = "1")

- 高速動作への切り換え

S1C63654はツインクロック仕様となっており、2種類の発振回路OSC1(低速動作)およびOSC3(高速動作)を内蔵しています。通常動作時はOSC1クロックを使用し、高速動作が必要ときにソフトウェアによってOSC3クロックに切り換えます。その際には、高速クロックによる内部回路の動作を安定させるため、動作電圧もソフトウェアによって切り換える必要があります。高速動作と低速動作の切り換え手順は以下のとおりです。発振回路の制御については"4.4 発振回路"を参照してください。

低速動作 → 高速動作

1. VDC2に"0"を設定(低速動作用定電圧回路: 降圧モード → 通常モード)
2. VDC1に"1"を設定(高速動作用定電圧回路をON)
3. VDC0に"1"を設定(内部ロジック動作電圧: V_{D1L} → V_{D3})
4. 2.5msec以上保持
5. OSCCに"1"を設定(OSC3発振ON)
6. 5msec以上保持
7. CLKCHGに"1"を設定(OSC1 → OSC3)

高速動作から低速動作への切り換えは、前記の降圧モードの設定手順と同様です。

4.2.3 電源制御用I/Oメモリ

表4.2.3.1に電源の制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.2.3.1 電源の制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF00H	VDC3	VDC2	VDC1	VDC0	VDC3	0	$1/2V_{DD}$	V_{DD}	LCD系定電圧回路電源切り換え
					VDC2	0	$1/2V_{DD}$	V_{DD}	低速動作用定電圧回路電源切り換え
					VDC1	0	On	Off	高速動作用定電圧回路On/Off
					VDC0	0	V_{D3}	V_{D1L}	ロジック系電源切り換え
FF60H	LDUTY1	LDUTY0	STCD	LPWR	LDUTY1	0			LCD駆動デューティ [LDUTY1, 0] 切り換え デューティ 0 1 2 3 1/4 1/5 1/6 1/3
					LDUTY0	0			
					STCD	0	Static	Dynamic	LCD駆動方式切り換え
					LPWR	0	On	Off	LCD電源On/Off

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- VDC0: 内部動作電圧切り換えレジスタ(FF00H・D0)
CPUおよび内部回路用動作電圧の切り換えを行います。

"1"書き込み: V_{D3} (OSC3動作)

"0"書き込み: V_{D1L} (OSC1動作)

読み出し: 可能

VDC0に"1"を書き込むと内部動作電圧が V_{D3} に切り換わります。この後、OSC3発振を開始させることができます。

降圧モード時は通常モードに戻してから切り換えを行ってください。

VDC0に"0"を書き込むと、内部動作電圧が V_{D1L} に切り換わります。 V_{D1L} への切り換えは、OSC3発振を停止した後に行ってください。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- VDC1: 高速動作用定電圧回路ON/OFFレジスタ(FF00H・D1)

高速動作用定電圧回路をON/OFFします。

"1"書き込み: ON
 "0"書き込み: OFF
 読み出し: 可能

VDC1に"1"を書き込むと高速動作用定電圧回路がONし、内部ロジック回路の高速動作電圧 V_{D3} を発生します。

VDC1に"0"を書き込むと高速動作用定電圧回路はOFFします。OSC3クロックで動作中は絶対に"0"を書き込まないでください。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- VDC2: 低速動作用定電圧回路電源切り換えレジスタ(FF00H・D2)

低速動作用定電圧回路を降圧モードに設定します。

"1"書き込み: 降圧モード($1/2 V_{DD}$ で動作)
 "0"書き込み: 通常モード(V_{DD} で動作)
 読み出し: 可能

VDC2に"1"を書き込むと低速動作用定電圧回路は降圧モードになります。低速動作用定電圧回路が V_{DD} を $1/2$ に降圧した電圧で動作し、消費電流を低減できます。ただし、電源電圧が2.4V以上であることが必要です。また、降圧モードではOSC3クロックによる高速動作はできません。

VDC2に"0"を書き込んだ場合は通常モードになり、低速動作用定電圧回路が V_{DD} で動作します。

イニシャルリセット時は、ハードウェアによって通常モードに設定され、このレジスタは"0"になります。

- VDC3: LCD系定電圧回路電源切り換えレジスタ(FF00H・D3)

LCD系定電圧回路を降圧モードに設定します。

"1"書き込み: 降圧モード($1/2 V_{DD}$ で動作)
 "0"書き込み: 通常モード(V_{DD} で動作)
 読み出し: 可能

VDC3に"1"を書き込むとLCD系定電圧回路は降圧モードになります。LCD系定電圧回路が V_{DD} を $1/2$ に降圧した電圧で動作し、消費電流を低減できます。ただし、電源電圧が2.4V以上あり、 V_{C1} の設定電圧が1.13V以下であることが必要です。

VDC3に"0"を書き込んだ場合は通常モードになり、LCD系定電圧回路が V_{DD} で動作します。

イニシャルリセット時は、ハードウェアによって通常モードに設定され、このレジスタは"0"になります。

- LPWR: LCD電源ON/OFF制御レジスタ(FF60H・D0)

LCD系電圧回路をON/OFFします。

"1"書き込み: ON
 "0"書き込み: OFF
 読み出し: 可能

LPWRに"1"を書き込むことにより、LCD系電圧回路がONとなりLCD駆動電圧を発生します。"0"を書き込んだ場合、LCD駆動電圧はすべて V_{SS} となります。

LPWRに"1"を書き込んだ後、LCD系電圧回路が動作しLCD駆動電圧出力が安定するまで約100msecがかかります。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

4.2.4 プログラミング上の注意事項

- (1) 低速動作用定電圧回路を降圧モードに設定する場合は、VDC2に"1"を書き込む前にSVD回路で電源電圧が2.4V以上あることを確認してください。また、CPU動作クロックもOSC1に切り換えてください。
- (2) LCD系定電圧回路を降圧モードに設定する場合は、VDC3に"1"を書き込む前にSVD回路で電源電圧が2.4V以上あることを確認してください。また、Vci電圧(コントラストの設定)も1.13V以下(LCレジスタ=6以下)に設定してください。

4.3 ウォッチドッグタイマ

4.3.1 ウォッチドッグタイマの構成

S1C63654はOSC1分周クロック256Hzを原振とするウォッチドッグタイマを内蔵しています。ウォッチドッグタイマはイニシャルリセット時に動作状態に設定されますが、ソフトウェアにより動作を停止させることができます。ウォッチドッグタイマが動作中はソフトウェアにより周期的にリセットする必要があり、3～4秒以上リセットが行われない場合、CPUに対してノンマスカブル割り込み(NMI)が発生します。

図4.3.1.1にウォッチドッグタイマのブロック図を示します。

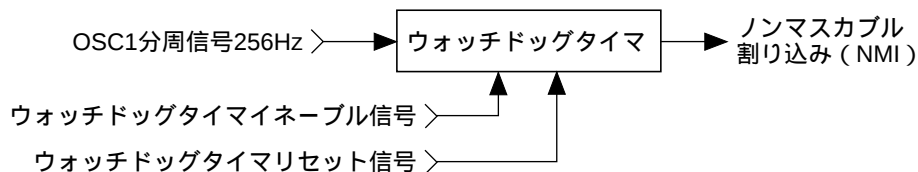


図4.3.1.1 ウォッチドッグタイマのブロック図

ウォッチドッグタイマは10ビットのバイナリカウンタで構成され、最終段0.25Hzのオーバーフローによってノンマスカブル割り込みが発生します。

プログラムのメインルーチン上でウォッチドッグタイマのリセット処理をすることにより、メインルーチンのウォッチドッグタイマ処理を通らないようなプログラムの暴走を検出することができます。通常はこのルーチンをタイマ割り込みルーチンのように、定期的に処理される箇所に組み込みます。

なお、ウォッチドッグタイマはHALT時も動作しており、HALT状態を3～4秒間続けるとノンマスカブル割り込みによりHALT状態が解除されます。

4.3.2 割り込み機能

ウォッチドッグタイマがソフトウェアによって周期的にリセットされない場合、コアCPUに対してノンマスカブル(NMI)割り込みが発生します。この割り込みはマスク不可能で、割り込み禁止状態(IFラゲ="0")でも受け付けられます(イニシャルリセット直後やスタックポインタ再設定時など、SP1およびSP2がペアで設定されるまでの割り込みマスク状態は除きます)。

NMIの割り込みベクタはプログラムメモリの0100Hに設定されています。

4.3.3 ウォッチドッグタイマのI/Oメモリ

表4.3.3.1にウォッチドッグタイマの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.3.3.1 ウォッチドッグタイマの制御ビット

アドレス	レジスタ				注 釈				
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF07H	0	0	WDEN	WDRST	0 *3	– *2			未使用
					0 *3	– *2			未使用
	R		R/W	W	WDEN	1	Enable	Disable	ウォッチドッグタイマイネーブル
					WDRST*3	Reset	Reset	Invalid	ウォッチドッグタイマリセット(書き込み時)

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- WDEN: ウォッチドッグタイマイネーブルレジスタ(FF07H・D1)
ウォッチドッグタイマを使用する(イネーブル)かしない(ディセーブル)か選択します。

"1"書き込み: イネーブル

"0"書き込み: ディセーブル

読み出し: 可能

WDENレジスタに"1"を書き込むことによりウォッチドッグタイマはイネーブルとなりカウント動作を行います。

"0"を書き込んだ場合はディセーブルとなり、カウント動作および割り込み(NMI)の発生も行いません。

イニシャルリセット時、このレジスタは"1"にセットされます。

- WDRST: ウォッチドッグタイマリセット(FF07H・D0)
ウォッチドッグタイマをリセットするビットです。

"1"書き込み: ウォッチドッグタイマリセット

"0"書き込み: ノーオペレーション

読み出し: 常時"0"

WDRSTに"1"を書き込むことによりウォッチドッグタイマはリセットされ、その直後リスタートします。"0"の書き込みはノーオペレーションとなります。

このビットは書き込み専用のため、読み出し時は常時"0"となります。

4.3.4 プログラミング上の注意事項

- (1)ウォッチドッグタイマを使用する場合、3秒周期以内にソフトウェアでウォッチドッグタイマをリセットする必要があります。
- (2)イニシャルリセットによりウォッチドッグタイマは動作状態に設定されますので、使用しない場合は割り込み(NMI)発生前にウォッチドッグタイマをディセーブル(使用しない)に設定してください。

4.4 発振回路

4.4.1 発振回路の構成

S1C63654は2系統の発振回路(OSC1とOSC3)を内蔵しています。このうちOSC1は水晶発振回路で、CPUおよび周辺回路に動作クロックを供給します。また、OSC3はCRまたはセラミック発振回路で、高速動作が要求される処理が必要な場合に、CPUの動作クロックをソフトウェアによりOSC1からOSC3に切り換えて使用します。内部回路の動作を安定させるために、使用する発振回路によって動作電圧もソフトウェアによって切り換える必要があります。

図4.4.1.1に発振系のブロック図を示します。

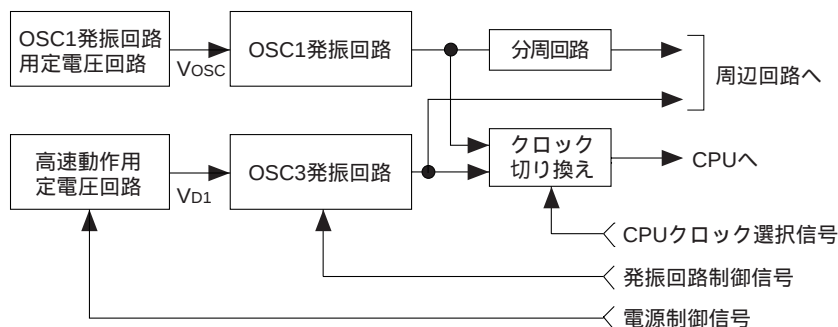


図4.4.1.1 発振系のブロック図

4.4.2 OSC1発振回路

OSC1水晶発振回路はCPUおよび周辺回路用のメインクロックを発生します。発振周波数は32.768kHz (Typ.)です。

図4.4.2.1にOSC1発振回路のブロック図を示します。

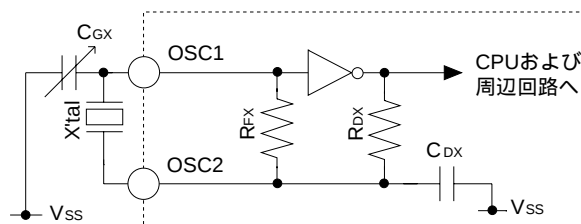


図4.4.2.1 OSC1発振回路

図4.4.2.1に示すとおり、OSC1端子とOSC2端子間に32.768kHz (Typ.) の水晶振動子(X'tal)を、OSC1端子とV_{SS}間に5 ~ 25pFのトリマコンデンサ(C_{Gx})をそれぞれ接続することにより、容易に水晶発振回路を構成することができます。

4.4.3 OSC3発振回路

S1C63654はCPUを高速動作 (Max. 4MHz) させるためのサブクロック、および高速クロックを必要とする周辺回路 (プログラマブルタイマ、FOUT出力) のソースクロックを発生するOSC3発振回路を内蔵しています。この発振回路にはCR (R外付け) CR (R内蔵) またはセラミック発振回路をマスクオプションで選択できます。CR発振 (R外付け) 選択時は外付素子として抵抗が、セラミック発振選択時はセラミック振動子とコンデンサ2個 (ゲート容量とドレイン容量) が必要となります。CR発振 (R内蔵) 選択時は外付素子は必要ありません。

図4.4.3.1にOSC3発振回路のブロック図を示します。

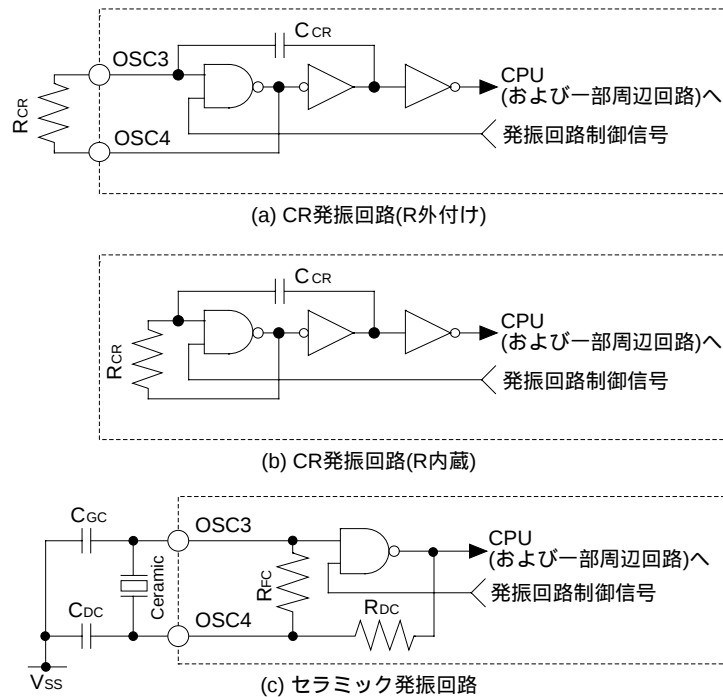


図4.4.3.1 OSC3発振回路

図4.4.3.1に示すとおり CR発振 (R外付け) を選択した場合はOSC3端子とOSC4端子間に抵抗 (R_{CR}) を接続するだけでCR発振回路を構成できます。 R_{CR} の抵抗値については"7 電気的特性"を参照してください。セラミック発振を選択した場合はOSC3端子とOSC4端子間にセラミック振動子 (Max. 4MHz) を、同OSC3、OSC4端子と V_{SS} 間にコンデンサを2個 (C_{GC} 、 C_{DC}) それぞれ接続することでセラミック発振回路を構成できます。 C_{GC} 、 C_{DC} は共に30pF程度のものを接続してください。このOSC3発振回路は消費電流を低減するために、使用しないときはソフトウェア (OSCCレジスタ) によって発振を停止させることができます。

表4.4.3.1 OSC3発振周波数

発振回路	発振周波数
セラミック発振	Max. 4MHz (2MHz ^注)
CR発振(R内蔵)	Typ. 1.1MHz $\pm$ 30%
CR発振(R外付け)	200kHz ~ 2MHz

注: R/Fコンバータのタイムベースカウンタ用クロックとしてOSC3を選択する場合、OSC3クロックの最大周波数は2MHzとなります。

4.4.4 動作電圧切り換え

OSC1とOSC3のどちらをCPUのシステムクロックとして使用するかソフトウェア(CLKCHGレジスタ)によって切り換えます。この場合、動作を安定させるために内部回路の動作電圧もソフトウェア(VDC0レジスタ)によって切り換える必要があります。

OSC1動作時: 動作電圧 = V_{D1L} ($VDC0 = "0"$, $VDC1 = "0"$)

OSC3動作時: 動作電圧 = V_{D3} ($VDC0 = "1"$, $VDC1 = "1"$)

クロックの切り換えは以下の手順で行ってください。特に、動作電圧と発振の安定待ち時間に注意が必要です。

また、降圧モードでは、OSC3をシステムクロックとして使用することはできません。降圧モードの場合は、動作電圧を切り換える前に通常モードに設定してください。

OSC1 → OSC3

1. VDC2に"0"を設定(低速動作用定電圧回路: 降圧モード → 通常モード)
2. VDC1に"1"を設定(高速動作用定電圧回路をON)
3. VDC0に"1"を設定(内部ロジック動作電圧: $V_{D1L} \rightarrow V_{D3}$)
4. 2.5msec以上保持
5. OSCCに"1"を設定(OSC3発振ON)
6. 5msec以上保持
7. CLKCHGに"1"を設定(OSC1 → OSC3)

OSC3 → OSC1

1. CLKCHGに"0"を設定(OSC3 → OSC1)
2. OSCCに"0"を設定(OSC3発振OFF)
3. VDC0に"0"を設定(内部ロジック動作電圧: $V_{D3} \rightarrow V_{D1L}$)
4. 必要に応じて降圧モードに設定

降圧モードについては、"4.2 電源制御"を参照してください。

4.4.5 クロック周波数とインストラクション実行時間

表4.4.5.1に各クロックの周波数によるインストラクションの実行時間を示します。

表4.4.5.1 クロック周波数とインストラクション実行時間

クロック周波数	インストラクション実行時間(μsec)		
	1サイクル命令	2サイクル命令	3サイクル命令
OSC1: 32.768kHz	61	122	183
OSC3: 1.1MHz	1.8	3.6	5.5
OSC3: 2MHz	1	2	3
OSC3: 4MHz	0.5	1	1.5

4.4.6 発振回路のI/Oメモリ

表4.4.6.1に発振回路の制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.4.6.1 発振回路の制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF00H	VDC3	VDC2	VDC1	VDC0	VDC3	0	1/2V _{DD}	V _{DD}	LCD系定電圧回路用電源切り換え
					VDC2	0	1/2V _{DD}	V _{DD}	低速動作用定電圧回路用電源切り換え
	R/W				VDC1	0	On	Off	高速動作用定電圧回路On/Off
					VDC0	0	V _{D3}	V _{D1L}	ロジック系電源切り換え
FF01H	CLKCHG	OSCC	0	0	CLKCHG	0	OSC3	OSC1	CPUクロック切り換え
					OSCC	0	On	Off	OSC3発振On/Off
	R/W		R		0 *3	– *2			未使用
					0 *3	– *2			未使用

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- VDC0: 内部動作電圧切り換えレジスタ(FF00H・D0)
CPUおよび内部回路用動作電圧の切り換えを行います。

"1"書き込み: V_{D3} (OSC3動作)

"0"書き込み: V_{D1L} (OSC1動作)

読み出し: 可能

VDC0に"1"を書き込むと内部動作電圧がV_{D3}に切り換わります。この後、OSC3発振を開始させることができます。降圧モード時は通常モードに戻してから切り換えを行ってください。

VDC0に"0"を書き込むと、内部動作電圧がV_{D1L}に切り換わります。V_{D1L}への切り換えは、OSC3発振を停止した後に行ってください。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- OSCC: OSC3発振制御レジスタ(FF01H・D2)
OSC3発振回路の発振ON、OFFを制御します。

"1"書き込み: OSC3発振ON

"0"書き込み: OSC3発振OFF

読み出し: 可能

CPUを高速に動作させる必要のある場合にOSCCを"1"とし、それ以外の場合は、消費電流低減のため"0"としてください。また、OSC3発振回路のON/OFF時に動作電圧の切り換えを行う必要があります。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- CLKCHG: CPUクロック切り換えレジスタ(FF01H・D3)
CPUの動作クロックを選択します。

"1"書き込み: OSC3クロックを選択

"0"書き込み: OSC1クロックを選択

読み出し: 可能

CPUの動作クロックをOSC3にする場合にCLKCHGを"1"に設定してください。OSC3発振をON(OSCC = "1")にした直後は5msec以上の時間をおいてからクロックの切り換えを行ってください。

CLKCHGを"0"に設定した場合はOSC1クロックが選択されます。

なお、VDC0 = "0"の場合、およびOSC3発振がOFF(OSCC = "0")の場合はCLKCHG = "1"の設定は無効となり、OSC3への切り換えは行われません。また、降圧モード時はCPUクロックをOSC3には切り換えないでください。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

4.4.7 プログラミング上の注意事項

- (1) CPUシステムクロックをOSC1からOSC3に切り換える場合は、OSC3発振をONにする前に動作電圧を高速用(V_{D3})に切り換えてください。その後、2.5msec以上の時間をおいてからOSC3発振をONにします。OSC3からOSC1に切り換える場合は、OSC1に切り換えてOSC3発振をOFFにした後で動作電圧を低速用(V_{D1L})に切り換えてください。
- (2) OSC3発振回路がONしてから発振が安定するまでに、5msec以上を必要とします。したがって、CPUの動作クロックをOSC1からOSC3に切り換える際は、OSC3発振ONの後、5msec以上経過してから行ってください。また、発振安定時間は外付け発振子の特性および使用条件等により異なりますので、十分マージンを取って待ち時間を設定してください。
- (3) OSC3からOSC1へのクロック切り換えと、OSC3発振OFFは別々のインストラクションで行ってください。1インストラクションで、同時に処理するとCPUの誤動作につながります。
- (4) 低速動作用定電圧回路が降圧モード時($V_{DC2} = "1"$)はOSC1クロックによる低速動作のみ可能です。システムクロックをOSC3には切り換ええないでください。
- (5) OSC3クロックによる動作中は、絶対に動作電圧を V_{D1L} に切り換ええないでください。また、高速動作用定電圧回路を停止しないでください。
- (6) R/Fコンバータのタイムベースカウンタ用クロックとしてOSC3を選択する場合、OSC3クロックの最大周波数は2MHzとなります。

4.5 入力ポート (K00 ~ K03, K10 ~ K13)

4.5.1 入力ポートの構成

S1C63654は8ビットの汎用入力ポートを内蔵しています。各入力ポート端子 (K00 ~ K03, K10 ~ K13) には内蔵プルダウン抵抗が用意されており、マスクオプションで1ビットごとにプルダウン抵抗の有無を選択できます。図4.5.1.1に入力ポートの構造を示します。

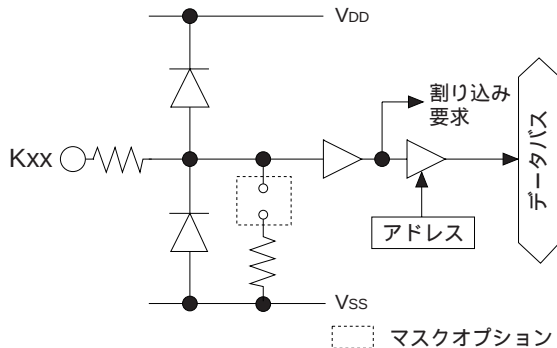


図4.5.1.1 入力ポートの構造

マスクオプションで“プルダウン抵抗 あり”を選択した場合、プッシュスイッチ、キーマトリクス等の入力に適当です。また、“プルダウン抵抗 なし”を選択した場合、スライドスイッチ入力、他LSIとのインタフェースなどに使用できます。

入力ポートK00とK01はストップウォッチタイマのRUN/STOPとLAPダイレクト入力、K13はプログラマブルタイマのイベントカウンタ入力としても使用します。

4.5.2 割り込み機能

入力ポート8ビット (K00 ~ K03, K10 ~ K13) は、すべて割り込み機能を持っており、割り込み発生条件はソフトウェアで設定することができます。また、割り込みをマスクするかしないかを、同様にソフトウェアで設定することができます。図4.5.2.1にK00 ~ K03 (K10 ~ K13) 割り込み回路の構成図を示します。

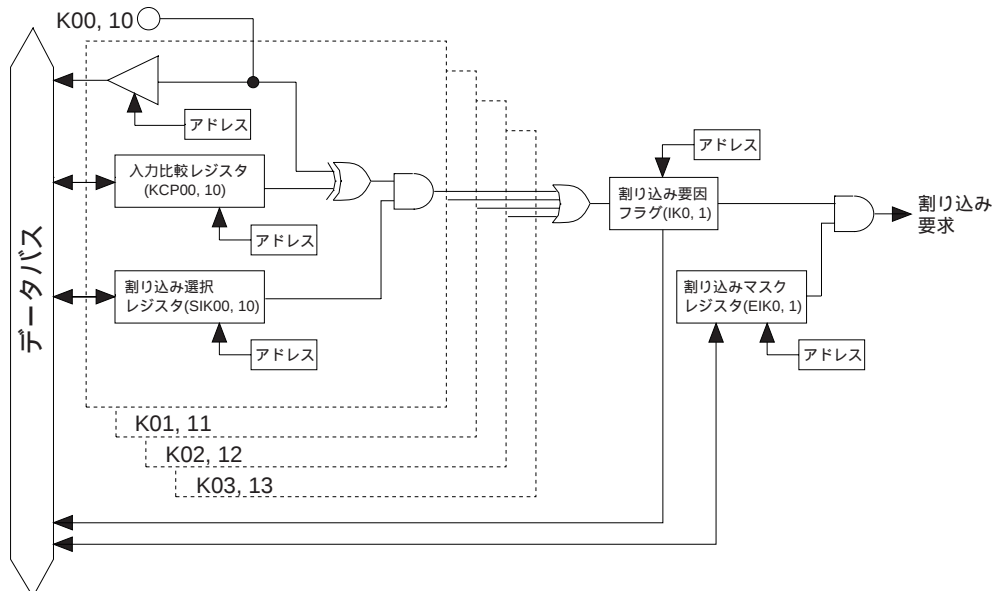


図4.5.2.1 入力割り込み回路構成

入力ポートK00～K03、K10～K13には個々に割り込み選択レジスタ(SIK)および入力比較レジスタ(KCP)が設定されており、割り込みを発生させる端子と割り込みタイミングを指定することができます。

割り込み選択レジスタ(SIK00～SIK03、SIK10～SIK13)は、K00～K03およびK10～K13のどの入力を割り込みに使用するか選択します。割り込み選択レジスタに"1"を書き込むことにより、その入力ポートを割り込み発生条件に組み込みます。割り込み選択レジスタが"0"に設定されている入力ポートの変化は割り込みの発生に影響を与えません。

入力割り込みタイミングは、入力比較レジスタ(KCP00～KCP03、KCP10～KCP13)の設定値により、割り込みを入力の上立ち上がりエッジで発生させるか、立ち下がりエッジで発生させるかを選択することができます。この2つの条件設定により、K00～K03、K10～K13 4ビット単位での割り込みは入力選択レジスタで割り込みが許可されている入力ポートと入力比較レジスタの内容が一致状態から不一致状態に変化したときに割り込みが発生します。

また、割り込みマスクレジスタ(EIK0、EIK1)により、それぞれの割り込みのマスクを選択することができます。割り込みが発生した際には、割り込み要因フラグ(IK0、IK1)が"1"にセットされます。

図4.5.2.2にK00～K03割り込み発生例を示します。

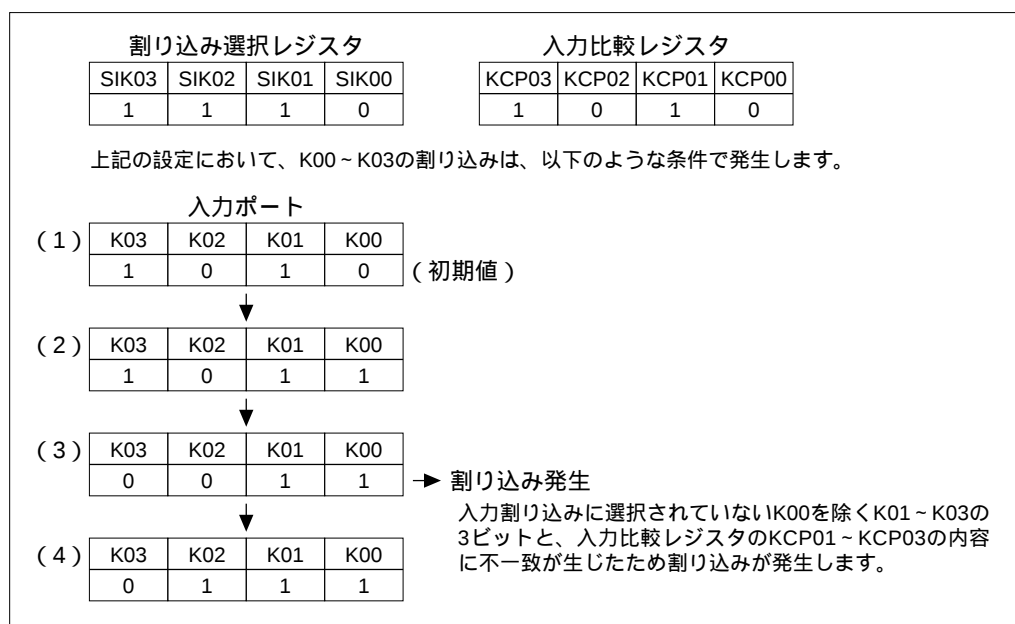


図4.5.2.2 K00～K03割り込み発生例

K00は割り込み選択レジスタ(SIK00)によって割り込みが禁止されているため、(2)の時点では割り込みは発生しません。次に(3)でK03が"0"になるため、割り込みが許可されている端子のデータと入力比較レジスタのデータとの不一致により割り込みが発生します。ただし、割り込みマスクレジスタ(EIK0)によってK00～K03入力割り込みがイネーブルに設定されている必要があります。

前述のとおり、ポートデータと入力比較レジスタの内容が一致状態から不一致状態に変化することが割り込み発生条件となるため、(4)のように不一致状態から、別の不一致状態に変化しても割り込みは発生しません。また、割り込みが禁止されている端子は割り込み発生条件に影響を与えません。

4.5.3 マスクオプション

入力ポートのマスクオプションでは8ビットの入力ポート(K00～K03、K10～K13)に対して、1ビットごとに内蔵プルダウン抵抗の有無を選択できます。

"プルダウン抵抗 なし"を選択した場合は、入力にフローティング状態が発生しないよう注意してください。使用しない入力ポートは"プルダウン抵抗 あり"を選択してください。

4.5.4 入力ポートのI/Oメモリ

表4.5.4.1に入力ポートの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.5.4.1 入力ポートの制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF20H	SIK03	SIK02	SIK01	SIK00	SIK03	0	Enable	Disable	K00 ~ K03割り込み選択レジスタ
					SIK02	0	Enable	Disable	
					SIK01	0	Enable	Disable	
	R/W				SIK00	0	Enable	Disable	
FF21H	K03	K02	K01	K00	K03	−*2	High	Low	K00 ~ K03入力ポートデータ
					K02	−*2	High	Low	
	R				K01	−*2	High	Low	
					K00	−*2	High	Low	
FF22H	KCP03	KCP02	KCP01	KCP00	KCP03	1	↓	↑	K00 ~ K03入力比較レジスタ
					KCP02	1	↓	↑	
	R/W				KCP01	1	↓	↑	
					KCP00	1	↓	↑	
FF24H	SIK13	SIK12	SIK11	SIK10	SIK13	0	Enable	Disable	K10 ~ K13割り込み選択レジスタ
					SIK12	0	Enable	Disable	
	R/W				SIK11	0	Enable	Disable	
					SIK10	0	Enable	Disable	
FF25H	K13	K12	K11	K10	K13	−*2	High	Low	K10 ~ K13入力ポートデータ
					K12	−*2	High	Low	
	R				K11	−*2	High	Low	
					K10	−*2	High	Low	
FF26H	KCP13	KCP12	KCP11	KCP10	KCP13	1	↓	↑	K10 ~ K13入力比較レジスタ
					KCP12	1	↓	↑	
	R/W				KCP11	1	↓	↑	
					KCP10	1	↓	↑	
FFE3H	0	0	0	EIK0	0 *3	−*2			未使用 未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(K00 ~ K03)
					0 *3	−*2			
	R				0 *3	−*2			
				R/W	EIK0	0	Enable	Mask	
FFE4H	0	0	0	EIK1	0 *3	−*2			未使用 未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(K10 ~ K13)
					0 *3	−*2			
	R				0 *3	−*2			
				R/W	EIK1	0	Enable	Mask	
FFF3H	0	0	0	IK0	0 *3	−*2	(R)	(R)	未使用 未使用 未使用 割り込み要因フラグ(K00 ~ K03)
					0 *3	−*2	Yes	No	
	R				0 *3	−*2	(W)	(W)	
				R/W	IK0	0	Reset	Invalid	
FFF4H	0	0	0	IK1	0 *3	−*2	(R)	(R)	未使用 未使用 未使用 割り込み要因フラグ(K10 ~ K13)
					0 *3	−*2	Yes	No	
	R				0 *3	−*2	(W)	(W)	
				R/W	IK1	0	Reset	Invalid	

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- K00 ~ K03: K0入力ポートデータ(FF21H)
K10 ~ K13: K1入力ポートデータ(FF25H)
入力ポート端子の入力データが読み出せます。

"1"読み出し: HIGHレベル

"0"読み出し: LOWレベル

書き込み: 無効

入力ポート8ビット(K00 ~ K03, K10 ~ K13)の端子電圧がそれぞれHIGH(V_{DD})レベルのとき"1"、LOW(V_{SS})レベルのとき"0"として読み出せます。

これらのビットは読み出し専用のため、書き込み動作は無効となります。

- SIK00 ~ SIK03: K0ポート割り込み選択レジスタ(FF20H)
SIK10 ~ SIK13: K1ポート割り込み選択レジスタ(FF24H)
K00 ~ K03、K10 ~ K13入力割り込みに使用するポートを選択します。

"1"書き込み: 割り込み許可
"0"書き込み: 割り込み禁止
読み出し: 可能

割り込み選択レジスタ SIK00 ~ SIK03、SIK10 ~ SIK13 に"1"を書き込んだ入力ポート(K00 ~ K03、K10 ~ K13)の割り込みを許可します。"0"に設定した入力ポートは割り込みの発生条件には影響を与えません。イニシャルリセット時、これらのレジスタはすべて"0"に設定されます。

- KCP00 ~ KCP03: K0ポート入力比較レジスタ(FF22H)
KCP10 ~ KCP13: K1ポート入力比較レジスタ(FF26H)
割り込み発生タイミングを設定します。

"1"書き込み: 立ち下がリエッジ
"0"書き込み: 立ち上がリエッジ
読み出し: 可能

入力ポートは入力比較レジスタ KCP00 ~ KCP03、KCP10 ~ KCP13 によって、割り込みの発生タイミングを入力の立ち上がリエッジとするか立ち下がリエッジとするか、1ビットごとに選択できます。

KCP00 ~ KCP03については、SIK00 ~ SIK03レジスタによってK00 ~ K03の中の割り込みが許可されているポートとのみ比較が行われます。同様にKCP10 ~ KCP13は、SIK10 ~ SIK13レジスタによってK10 ~ K13の中の割り込みが許可されているポートとのみ比較が行われます。

イニシャルリセット時、これらのレジスタはすべて"1"に設定されます。

- EIK0: K0入力割り込みマスクレジスタ(FFE3H・D0)
EIK1: K1入力割り込みマスクレジスタ(FFE4H・D0)
入力ポートの割り込みについて、マスクするかしないかを選択します。

"1"書き込み: イネーブル
"0"書き込み: マスク
読み出し: 可能

入力ポートの2つの系列(K00 ~ K03、K10 ~ K13)に対して、割り込みをマスクするかしないかを、これらのレジスタにより選択できます。

イニシャルリセット時、これらのレジスタはすべて"0"に設定されます。

- IK0: K0入力割り込み要因フラグ(FFF3H・D0)
IK1: K1入力割り込み要因フラグ(FFF4H・D0)
入力割り込みの発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: 割り込み有
"0"読み出し: 割り込み無
"1"書き込み: 要因フラグをリセット
"0"書き込み: 無効

割り込み要因フラグIK0、IK1はそれぞれK00 ~ K03、K10 ~ K13の入力割り込みに対応します。これらのフラグによって入力割り込みの有無を、ソフトウェアで判断することができます。

割り込み要因フラグは割り込みマスクレジスタの設定にかかわらず割り込み条件の成立により"1"にセットされます。ただし、割り込みがマスクされている場合はCPUに対して割り込みは発生しません。

これらのフラグは、"1"を書き込むことによって"0"にリセットされます。

割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

イニシャルリセット時、これらのフラグは"0"に設定されます。

4.5.5 プログラミング上の注意事項

- (1) 入力ポートをHIGHレベルからプルダウン抵抗でLOWレベルに変化させる場合、プルダウン抵抗と入力ゲート容量の時定数によって波形立ち下がりに遅延が生じます。このため、入力ポートの取り込みを行う際は、適切な待ち時間を設定してください。
- 特に、キーマトリクス構成時のキースキャン等に注意が必要です。
- この待ち時間は次の式で算出される時間以上としてください。
- $$10 \times (C \text{ (端子容量5pF + 寄生容量?pF)}) \times R \text{ (プルダウン抵抗375k}\Omega \text{ Max.)}$$
- (2) 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

4.6 出力ポート(R00 ~ R03)

4.6.1 出力ポートの構成

S1C63654は4ビットの汎用出力ポートを内蔵しています。

各出力ポートの出力仕様はマスクオプションで個別に選択できます。選択できる出力仕様はコンプリメンタリ出力とPチャンネルオープンドレイン出力の2種類です。

図4.6.1.1に出力ポートの構成を示します。

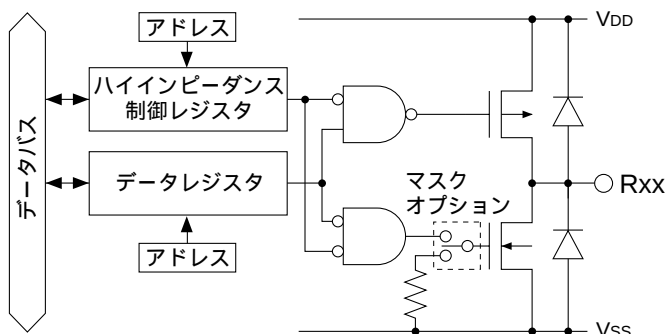


図4.6.1.1 出力ポートの構成

R02、R03出力ポート端子は特殊出力(TOUT、FOUT)端子と兼用されており、この機能をソフトウェアによって選択できるようになっています。

イニシャルリセット時はすべて汎用出力ポートに設定されます。

表4.6.1.1に機能選択による出力端子の設定を示します。

表4.6.1.1 出力端子の機能設定

端子名	イニシャルリセット時の 端子状態	特殊出力使用時	
		TOUT	FOUT
R00	R00 (LOW出力)	R00	R00
R01	R01 (LOW出力)	R01	R01
R02	R02 (LOW出力)	TOUT	
R03	R03 (LOW出力)		FOUT

特殊出力として使用する場合、データレジスタは"1"、ハイインピーダンス制御レジスタは"0"に固定する必要があります。

4.6.2 マスクオプション

出力ポートはマスクオプションにより出力仕様の選択が行えます。

出力ポートの各ビットごとに、コンプリメンタリ出力またはPチャンネルオープンドレイン出力のいずれかが選択できます。

ただし、Pチャンネルオープンドレイン出力を選択した場合でも、出力ポートに電源電圧を越える電圧の印加は禁止します。

4.6.3 ハイインピーダンス制御

出力ポートは、ソフトウェアにより端子の出力状態をハイインピーダンスとすることができます。制御はハイインピーダンス制御レジスタによって行います。

出力ポートのハイインピーダンス制御レジスタは以下のように制御できる出力ポートが割り当てられています。

ハイインピーダンス制御レジスタ	対応する出力ポート
R00HIZ	R00(1ビット)
R01HIZ	R01(1ビット)
R02HIZ	R02(1ビット)
R03HIZ	R03(1ビット)

ハイインピーダンス制御レジスタに"1"を書き込むと対応する出力ポート端子がハイインピーダンスとなり、"0"でデータレジスタにしたがった出力が行われます。

4.6.4 特殊出力

出力ポートR02およびR03は通常のDC出力のほかに表4.6.4.1に示す特殊出力をソフトウェアによって設定できます。図4.6.4.1にR02およびR03出力ポートの構成を示します。

表4.6.4.1 特殊出力

端子名	特殊出力選択時	特殊出力制御レジスタ
R03	FOUT	FOUTE
R02	TOUT	PTOUT

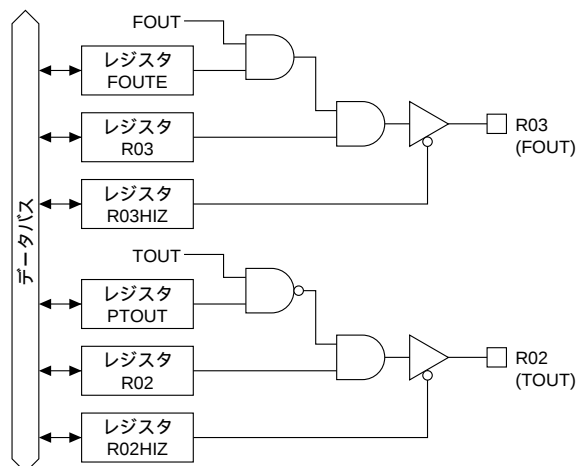


図4.6.4.1 R02、R03出力ポートの構成

イニシャルリセット時、出力ポートのデータレジスタは"0"、ハイインピーダンス制御レジスタは"0"に設定され、出力端子はLOW(V_{SS})レベルとなります。

R02、R03を特殊出力ポートとして使用する場合はデータレジスタR02、R03を"1"、ハイインピーダンス制御レジスタR02HIZ、R03HIZを"0"に固定し、特殊出力制御レジスタによってそれぞれの信号をON/OFFしてください。

- 注:
- 特殊出力選択時にR02、R03レジスタに"0"を書き込むと、DC出力の場合と同様に出力端子がLOW(V_{SS})レベルに固定されますので注意してください。
 - ハイインピーダンス制御レジスタR02HIZ、R03HIZに"1"を書き込むと、出力端子がハイインピーダンスになりますので注意してください。

- TOUT(R02)

R02端子からはTOUT信号を出力させることができます。

TOUT信号はプログラマブルタイマの出力クロックで、外部デバイスに対するクロック供給などの目的に使用することができます。

TOUT出力を行う場合はR02レジスタを"1"、R02HIZレジスタを"0"に固定し、PTOUTレジスタによって信号をON/OFFします。ただし、プログラマブルタイマの制御が必要です。

プログラマブルタイマの詳細については"4.11 プログラマブルタイマ"を参照してください。

注: TOUT出力信号はON/OFF時にハザードを生じる可能性があります。

図4.6.4.2にTOUT信号の出力波形を示します。

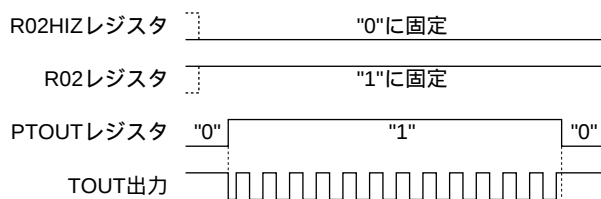


図4.6.4.2 TOUT信号の出力波形

- FOUT(R03)

R03端子からはFOUT信号を出力させることができます。

FOUT信号は発振回路の出力クロック fosc1、fosc3 またはfosc1を内部回路で分周したクロックで、外部デバイスに対するクロック供給などの目的に使用することができます。

FOUT出力を行う場合はR03レジスタを"1"、R03HIZレジスタを"0"に固定し、FOUTEレジスタによって信号をON/OFFします。

出力するクロックの周波数は、表4.6.4.2に示す4種類から1つをFOFQ0およびFOFQ1レジスタ列によって選択できます。

表4.6.4.2 FOUTクロック周波数

FOFQ1	FOFQ0	クロック周波数
1	1	fosc3
1	0	fosc1
0	1	fosc1 × 1/8
0	0	fosc1 × 1/64

fosc1: OSC1発振回路の出力クロック

fosc3: OSC3発振回路の出力クロック

FOUT信号の周波数としてfosc3を選択した場合は、信号出力前にOSC3発振回路の制御が必要です。制御方法と注意事項については"4.4 発振回路"を参照してください。

注: FOUT出力信号はON/OFF時にハザードを生じる可能性があります。

図4.6.4.3にFOUT信号の出力波形を示します。

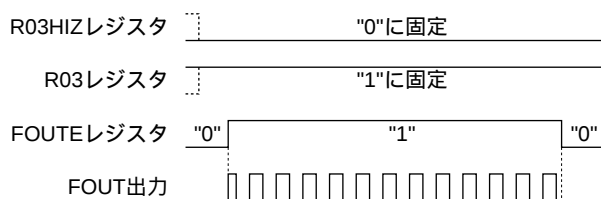


図4.6.4.3 FOUT信号の出力波形

4.6.5 出力ポートのI/Oメモリ

表4.6.5.1に出力ポートの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.6.5.1 出力ポートの制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF06H	FOUTE	SWDIR	FOFQ1	FOFQ0	FOUTE	0	Enable	Disable	FOUT出力ライン ストップウォッチダイレクト入力切り換え 0: K00=Run/Stop, K01=Lap 1: K00=Lap, K01=Run/Stop FOUT [FOFQ1, 0] 0 1 2 3 周波数選択 周波数 fosc1/64 fosc1/8 fosc1 fosc3
					SWDIR	0			
					FOFQ1	0			
					FOFQ0	0			
FF30H									R03出力ハインピーダンス制御(FOUTE=0) FOUT出力ハインピーダンス制御(FOUTE=1) R02出力ハインピーダンス制御(PTOUT=0) TOUT出力ハインピーダンス制御(PTOUT=1) R01出力ハインピーダンス制御 R00出力ハインピーダンス制御
	R03HIZ	R02HIZ	R01HIZ	R00HIZ	R03HIZ	0	High-Z	Output	
					R02HIZ	0	High-Z	Output	
					R01HIZ	0	High-Z	Output	
FF31H					R00HIZ	0	High-Z	Output	
									R03出力ポートデータ(FOUTE=0) FOUT出力時は1に固定 R02出力ポートデータ(PTOUT=0) TOUT出力時は1に固定 R01出力ポートデータ R00出力ポートデータ
	R03	R02	R01	R00	R03	0	High	Low	
					R02	0	High	Low	
FFC1H					R01	0	High	Low	
					R00	0	High	Low	
									未使用 未使用 TOUT出力選択 TOUT出力制御
	0	0	CHSEL0	PTOUT	0 *3	- *2			
					0 *3	- *2			
					CHSEL0	0	Timer 1	Timer 0	
					PTOUT	0	On	Off	

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- R00HIZ ~ R03HIZ: R0ポートハインピーダンス制御レジスタ(FF30H)
出力ポートのハインピーダンス制御を行います。

"1"書き込み: ハインピーダンス

"0"書き込み: データ出力

読み出し: 可能

ハインピーダンス制御レジスタに"0"を書き込むことにより、対応する出力端子からデータレジスタにしたがった出力が行われ、"1"を書き込むとハインピーダンスになります。

R02、R03を特殊出力(TOUT、FOUT)として使用する場合、R02HIZレジスタ、R03HIZレジスタは"0"(データ出力)に固定してください。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- R00 ~ R03: R0出力ポートデータレジスタ(FF31H)
各出力ポートの出力データを設定します。

"1"書き込み: HIGHレベル出力

"0"書き込み: LOWレベル出力

読み出し: 可能

出力ポート端子は対応するデータレジスタに書き込まれたデータをそのまま出力します。レジスタに"1"を書き込んだ場合、出力ポート端子はHIGH(V_{DD})レベルになり、"0"を書き込んだ場合はLOW(V_{SS})レベルになります。

R02、R03を特殊出力(TOUT、FOUT)として使用する場合、R02レジスタ、R03レジスタは"1"に固定してください。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- FOUTE: FOUT出力制御レジスタ(FF06H・D3)
FOUT出力を制御します。

"1"書き込み: FOUT出力ON
 "0"書き込み: FOUT出力OFF
 読み出し: 可能

R03レジスタが"1"、R03HIZレジスタが"0"に設定されている状態でFOUTEに"1"を書き込むことによってR03端子からFOUT信号が出力され、"0"の書き込みでR03端子がLOW(V_{SS})レベルになります。
 R03ポートをDC出力として使用する場合は、このレジスタを"0"に固定してください。
 イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- FOFQ0, FOFQ1: FOUT周波数選択レジスタ(FF06H・D0, D1)
FOUT信号の周波数を選択します。

表4.6.5.2 FOUTクロック周波数

FOFQ1	FOFQ0	クロック周波数
1	1	fosc3
1	0	fosc1
0	1	fosc1 × 1/8
0	0	fosc1 × 1/64

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- PTOUT: TOUT出力制御レジスタ(FFC1H・D0)
TOUT出力を制御します。

"1"書き込み: TOUT出力ON
 "0"書き込み: TOUT出力OFF
 読み出し: 可能

R02レジスタが"1"、R02HIZレジスタが"0"に設定されている状態でPTOUTに"1"を書き込むことによってR02端子からTOUT信号が出力され、"0"の書き込みでR02端子がHIGH(V_{DD})レベルになります。
 R02ポートをDC出力として使用する場合は、このレジスタを"0"に固定してください。
 イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

4.6.6 プログラミング上の注意事項

- (1) R02、R03を特殊出力(TOUT、FOUT)として使用する場合、R02レジスタ、R03レジスタは"1"に、R02HIZレジスタ、R03HIZレジスタは"0"に固定してください。
 R02、R03レジスタに"0"を書き込むと、出力端子がLOW(V_{SS})に固定されますので注意してください。
 R02HIZ、R03HIZに"1"を書き込むと、出力端子がハイインピーダンスになりますので注意してください。
- (2) TOUT信号、FOUT信号のON/OFF時は、出力波形にハザードが出る場合があります。
- (3) FOUT信号の周波数としてfosc3を選択した場合は、信号出力前にOSC3発振回路の制御が必要です。制御方法と注意事項については"4.4 発振回路"を参照してください。

4.7 入出力兼用ポート (P00 ~ P03, P10 ~ P13)

4.7.1 入出力兼用ポートの構成

S1C63654は8ビットの汎用入出力兼用ポートを内蔵しています。図4.7.1.1に入出力兼用ポートの構成を示します。

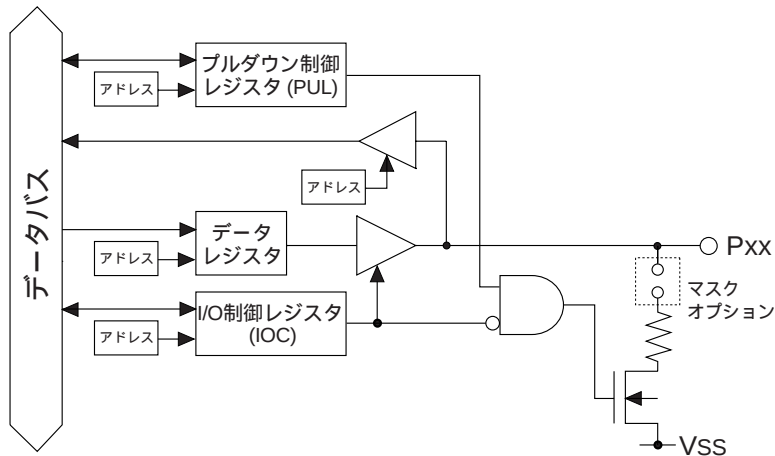


図4.7.1.1 入出力兼用ポートの構成

入出力兼用ポート端子の中でP10～P13はシリアルインタフェースの入出力端子と兼用されており、これらの機能をソフトウェアによって選択できるようになっています。イニシャルリセット時はすべて入出力兼用ポートに設定されます。表4.7.1.1に機能選択による入出力端子の設定を示します。

表4.7.1.1 入出力端子の機能設定

端子名	イニシャルリセット時の 端子状態	シリアルインタフェース使用時	
		Master	Slave
P00~P03	P00~P03 (入力&プルダウン*)	P00~P03	P00~P03
P10	P10 (入力&プルダウン*)	SIN(I)	SIN(I)
P11	P11 (入力&プルダウン*)	SOUT(O)	SOUT(O)
P12	P12 (入力&プルダウン*)	SCLK(O)	SCLK(I)
P13	P13 (入力&プルダウン*)	P13	SRDY(O)

* マスクオプションにて"プルダウンあり"選択時
("プルダウンなし"選択時はハイインピーダンス)

入出力兼用ポートとして使用する場合、各ポートを個々 (1ビット単位) に入力モードまたは出力モードに設定できます。この設定はI/O制御レジスタにデータを書き込むことによって行います。シリアルインタフェースの制御については"4.12 シリアルインタフェース"を参照してください。

4.7.2 マスクオプション

入出力兼用ポートは出力モード時の出力仕様として、コンプリメンタリ出力、またはPチャンネルオープンドレイン出力のいずれかをマスクオプションにより1ビットごとに選択できるようになっています。

なお、Pチャンネルオープンドレイン出力を選択した場合でも、ポートに電源電圧を越える電圧を印加することは禁止します。

入力モード時のプルダウン抵抗の有無もマスクオプションにより1ビットごとに選択できます。

入力モード時の"プルダウン抵抗なし"を選択した場合には、フローティング状態が発生しないように注意してください。

入力モード時のプルダウン抵抗の有無、および出力仕様(コンプリメンタリ出力あるいはPチャンネルオープンドレイン出力)のオプションは、入出力兼用ポートをシリアルインタフェースの入出力として使用する場合も有効です。

4.7.3 I/O制御レジスタと入力/出力モード

入出力兼用ポートは、各ポートに対応したI/O制御レジスタIOCxxにデータを書き込むことにより入力モードあるいは出力モードに設定されます。

入力モードに設定する場合はI/O制御レジスタに"0"を書き込みます。入力モードに設定された入出力兼用ポートは、ハイインピーダンス状態となり入力ポートとして働きます。ただし、次項で説明するプルダウン制御を行っている場合は、この入力モード時に限り入力ラインがプルダウンされます。

出力モードに設定する場合はI/O制御レジスタに"1"を書き込みます。出力モードに設定された入出力兼用ポートは出力ポートとして働き、ポート出力データが"1"の場合にHIGH (V_{DD})レベル、"0"の場合にLOW (V_{SS})レベルの出力を行います。出力モード時にもデータの読み出しは可能で、その場合はデータレジスタの内容が読み出されます。

イニシャルリセット時、I/O制御レジスタは"0"に設定され、入出力兼用ポートは入力モードになります。

シリアルインタフェースの入出力に設定されたポート(表4.7.1.1参照)の入出力制御はハードウェアが行います。この場合、I/O制御レジスタは入出力制御に影響を与えない汎用レジスタとして使用可能です。

4.7.4 入力モード時のプルダウン

S1C63654の入出力兼用ポートには入力モード時に働くプルダウン抵抗が内蔵されています。このプルダウンを使用するかしないかについてはマスクオプションにより選択可能です。

各ポートに対応したプルダウン制御レジスタPULxxに"1"を書き込むことによりプルダウン抵抗が有効になり、入力モード時に入力ラインがプルダウンされます。"0"を書き込んだ場合、プルダウンは行われません。イニシャルリセット時、プルダウン制御レジスタは"1"に設定されます。

マスクオプションにより"プルダウンなし"を選択したポートのプルダウン制御レジスタは、汎用レジスタとして使用可能です。

マスクオプションにより"プルダウンあり"を選択した場合でも、シリアルインタフェースの出力に設定されたポート(表4.7.1.1参照)のプルダウン制御レジスタは、プルダウン制御に影響を与えない汎用レジスタとして使用可能です。シリアルインタフェースの入力に設定されたポートのプルダウン制御レジスタは入出力兼用ポートと同様に機能します。

4.7.5 入出力兼用ポートのI/Oメモリ

表4.7.5.1に入出力兼用ポートの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.7.5.1 入出力兼用ポートの制御ビット

アドレス	レジスタ				Name	Init *1	1	0	注 釈
	D3	D2	D1	D0					
FF40H	IOC03	IOC02	IOC01	IOC00	IOC03	0	Output	Input	P00 ~ P03 I/O制御レジスタ
					IOC02	0	Output	Input	
	R/W				IOC01	0	Output	Input	
					IOC00	0	Output	Input	
FF41H	PUL03	PUL02	PUL01	PUL00	PUL03	1	On	Off	P00 ~ P03ブルダウン制御レジスタ
					PUL02	1	On	Off	
	R/W				PUL01	1	On	Off	
					PUL00	1	On	Off	
FF42H	P03	P02	P01	P00	P03	−*2	High	Low	P00 ~ P03入出力兼用ポートデータ
					P02	−*2	High	Low	
	R/W				P01	−*2	High	Low	
					P00	−*2	High	Low	
FF44H	IOC13	IOC12	IOC11	IOC10	IOC13	0	Output	Input	P13 I/O制御レジスタ SIR スleep 選択時、汎用レジスタとして機能 P12 I/O制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P11 I/O制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P10 I/O制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能
					IOC12	0	Output	Input	
	R/W				IOC11	0	Output	Input	
					IOC10	0	Output	Input	
FF45H	PUL13	PUL12	PUL11	PUL10	PUL13	1	On	Off	P13ブルダウン制御レジスタ SIR スleep 選択時、汎用レジスタとして機能 P12ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIR マスタ 選択時、汎用レジスタとして機能 SIR スleep 選択時、SCLK(I)ブルダウン制御レジスタ P11ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P10ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、SINブルダウン制御レジスタ
					PUL12	1	On	Off	
	R/W				PUL11	1	On	Off	
					PUL10	1	On	Off	
FF46H	P13 (XSRDY)	P12 (XSCLK)	P11 (SOUT)	P10 (SIN)	P13	−*2	High	Low	P13入出力兼用ポートデータ SIR スleep 選択時、汎用レジスタとして機能 P12入出力兼用ポートデータ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P11入出力兼用ポートデータ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能 P10入出力兼用ポートデータ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能
					P12	−*2	High	Low	
	R/W				P11	−*2	High	Low	
					P10	−*2	High	Low	
FF70H	0	ESOUT	SCTRG	ESIF	0 *3	−*2			未使用 SOUTイネーブル シリアルI/Fクロックトリガ(書き込み時) シリアルI/Fクロックステータス(読み出し時) シリアルI/Fイネーブル(P1ポート機能選択)
					ESOUT	0	Enable	Disable	
					SCTRG	0	Trigger	Invalid	
	R	R/W			ESIF	0	Run	Stop	

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

(1) ポート機能の選択

- ESIF: シリアルインタフェースイネーブルレジスタ(FF70H・D0)
P10～P13の機能を選択します。

"1"書き込み: シリアルインタフェース入出力ポート
 "0"書き込み: 入出力兼用ポート
 読み出し: 可能

シリアルインタフェースを使用する場合に"1"、入出力兼用ポートとして使用する場合に"0"を書き込みます。P10～P13の中でシリアルインタフェースの入出力に使用される端子の構成は、SCS1とSCS0レジスタで選択するマスタ/スレーブモードによって決定します(4.12項参照)。スレーブモードではP10～P13すべてがシリアルインタフェースの入出力ポートに設定されます。マスタモードではP10～P12がシリアルインタフェースの入出力ポートに設定され、P13は入出力兼用ポートとして使用することができます。また、ESOUTレジスタでSOUTをディセーブル(ESOUT="0")に設定すると、P11は入出力兼用ポートとして使用することができます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

(2) 入出力兼用ポートの制御

- P00～P03: P0入出力兼用ポートデータレジスタ(FF42H)
P10～P13: P1入出力兼用ポートデータレジスタ(FF46H)
入出力兼用ポートデータの読み出し、および出力データの設定を行います。

● データ書き込み時

"1"書き込み: HIGHレベル
 "0"書き込み: LOWレベル

入出力兼用ポートが出力モードに設定されている場合、書き込んだデータがそのまま入出力兼用ポート端子に出力されます。ポートデータとして"1"を書き込んだ場合はポート端子はHIGH(V_{DD})レベルになり、"0"を書き込んだ場合はLOW(V_{SS})レベルになります。

なお、入力モードの場合もポートデータの書き込みは行えます。

● データ読み出し時

"1"読み出し: HIGHレベル
 "0"読み出し: LOWレベル

入出力兼用ポートの端子電圧レベルを読み出します。入出力兼用ポートが入力モードの場合はポート端子に入力されている電圧レベルが読み出され、出力モードに設定されている場合はレジスタの内容が読み出されます。端子電圧がHIGH(V_{DD})レベルの場合は読み出されるポートデータが"1"、LOW(V_{SS})レベルの場合は"0"となります。

また、マスクオプションで"プルダウあり"を選択し、PULレジスタに"1"を設定している場合、入力モード時には内蔵プルダウン抵抗がONとなり、入出力兼用ポート端子がプルダウンされます。

P10～P13の中でシリアルインタフェースの入出力に設定したポートのデータレジスタは入出力には影響を与えない汎用レジスタとなります。

注: 入力モード時にポートの入力をHIGHレベルからプルダウン抵抗でLOWレベルに変化させる場合、プルダウン抵抗と入力ゲート容量の時定数によって波形立ち下がりに遅延が生じます。このため、入力データの取り込みを行う際は、適切な待ち時間を設定してください。

特に、キーマトリクス構成時のキースキャン等に注意が必要です。

この待ち時間は次の式で算出される時間以上としてください。

$10 \times C(\text{端子容量} 5\text{pF} + \text{寄生容量} ?\text{pF}) \times R(\text{プルダウン抵抗} 375\text{k}\Omega \text{ Max.})$

- IOC00 ~ IOC03: P0ポートI/O制御レジスタ(FF40H)
IOC10 ~ IOC13: P1ポートI/O制御レジスタ(FF44H)
入出力兼用ポートの入力/出力モードを設定します。

"1"書き込み: 出力モード
"0"書き込み: 入力モード
読み出し: 可能

入出力兼用ポートの入力/出力モードを1ビット単位に設定します。

I/O制御レジスタに"1"を書き込むことにより対応する入出力兼用ポートが出力モードに、"0"を書き込むことにより入力モードになります。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定され、入出力兼用ポートはすべて入力モードになります。P10 ~ P13の中でシリアルインタフェースの入出力に設定したポートのI/O制御レジスタは入出力には影響を与えない汎用レジスタとなります。

- PUL00 ~ PUL03: P0ポートプルダウン制御レジスタ(FF41H)
PUL10 ~ PUL13: P1ポートプルダウン制御レジスタ(FF45H)
入力モード時のプルダウンを設定します。

"1"書き込み: プルダウンON
"0"書き込み: プルダウンOFF
読み出し: 可能

入出力兼用ポートに内蔵されたプルダウン抵抗を入力モード時にONまたはOFFすることを1ビット単位に設定します。(プルダウン抵抗はマスクオプションで選択したポートのみに付加されます。)

プルダウン制御レジスタに"1"を書き込むことにより、対応する入出力兼用ポートが入力モード時にプルダウンがONとなります。"0"を書き込んだ場合、プルダウンは行われません。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"1"に設定され、プルダウン抵抗がすべてONになります。

マスクオプションによりプルダウン抵抗が付加されていないポート、およびシリアルインタフェースのシリアル出力に用いられるポートのプルダウン制御レジスタはプルダウンには影響を与えない汎用レジスタとなります。シリアル入力に用いられるポートのプルダウン制御レジスタは入出力兼用ポートの場合と同様に機能します。

4.7.6 プログラミング上の注意事項

入力モード時にポートの入力をHIGHレベルからプルダウン抵抗でLOWレベルに変化させる場合、プルダウン抵抗と入力ゲート容量の時定数によって波形立ち下がりに遅延が生じます。このため、入力データの取り込みを行う際は、適切な待ち時間を設定してください。

特に、キーマトリクス構成時のキースキャン等に注意が必要です。

この待ち時間は次の式で算出される時間以上としてください。

$10 \times (C \text{ (端子容量5pF + 寄生容量?pF)}) \times R \text{ (プルダウン抵抗375k}\Omega \text{ Max.)}$

4.8 LCDドライバ (COM0 ~ COM5, SEG0 ~ SEG31)

4.8.1 LCDドライバの構成

S1C63654は6本のコモン端子 (COM0 ~ COM5) と32本のセグメント端子 (SEG0 ~ SEG31) を持ち、最大192ドット (32×6) のLCDを駆動できます。

駆動方法は V_{C1} 、 V_{C2} 、 V_{C3} の3電位 (1/3バイアス) による1/6、1/5、1/4または1/3デューティダイナミック駆動です。LCD表示のON/OFFもソフトウェアにより制御できます。

4.8.2 LCD駆動電源

LCD駆動用電源はマスクオプションによって内蔵電源または外部電源から選択できます。

内蔵電源を選択すると、LCD駆動用の電圧 V_{C1} ~ V_{C3} は、LCD系電圧回路により内部発生します。LCD系電圧回路はLPWRレジスタによってON/OFFします。LPWRを"1"に設定することにより、LCD系電圧回路はLCD駆動電圧 V_{C1} ~ V_{C3} をLCDドライバに対して出力します。LCD系電圧回路はその中の定電圧回路によって V_{C1} を発生し、その電圧を昇圧して他の2電位 ($V_{C2} = 2V_{C1}$ 、 $V_{C3} = 3V_{C1}$) を発生します。

外部電源を使用する場合は、電圧をマスクオプションで以下の3種類から選択し、 V_{C1} ~ V_{C3} 端子に供給します。

1. 外部電源 1/3バイアス (4.5Vパネル対応) $V_{DD} = V_{C2}$
2. 外部電源 1/3バイアス (3.0Vパネル対応) $V_{DD} = V_{C3}$
3. 外部電源 1/2バイアス (3.0Vパネル対応) $V_{DD} = V_{C3}$ 、 $V_{C1} = V_{C2}$ (スタティック駆動可能)

外部電源を使用する場合も、LPWRレジスタによるON/OFF制御は必要です。マスクオプションによりDC出力に設定したSEG出力ポートは、この電源のON/OFFにかかわらず出力可能です。

4.8.3 LCD表示のON/OFFとLCD駆動波形

(1) 表示のON/OFF

S1C63654には電源のON/OFFの制御とは別に、表示を点滅させるためのALON、ALOFFレジスタが用意されています。ALONは"1"の書き込みですべてのセグメントをONにするものです。ALOFFは逆に"1"の書き込みですべてのセグメントをOFFにします。この場合、SEG端子からはON波形またはOFF波形が出力されます。"0"設定時は共に通常の表示が行われます。また、ALON、ALOFF共に"1"に設定した場合、ALON (全点灯) がALOFF (全消灯) に優先します。

(2) 駆動デューティの切り換え

S1C63654はソフトウェアにより駆動デューティを1/6、1/5、1/4、1/3の4種類に切り換えることができます。この設定は表4.8.3.1に示すとおり、レジスタLDUTY1およびLDUTY0によって行います。

表4.8.3.1 駆動デューティの設定

LDUTY1	LDUTY0	駆動デューティ	使用コモン端子	最大セグメント数
1	1	1/3	COM0~COM2	96 (32×3)
1	0	1/6	COM0~COM5	192 (32×6)
0	1	1/5	COM0~COM4	160 (32×5)
0	0	1/4	COM0~COM3	128 (32×4)

フレーム周波数は駆動デューティにしたがい表4.8.3.2に示す値となります。

表4.8.3.2 フレーム周波数

OSC1発振周波数	1/6、1/3デューティ選択時	1/5デューティ選択時	1/4デューティ選択時
32.768kHz	42.7Hz	25.6Hz	32Hz

図4.8.3.1 ~ 図4.8.3.4に各デューティのダイナミック駆動波形を示します。

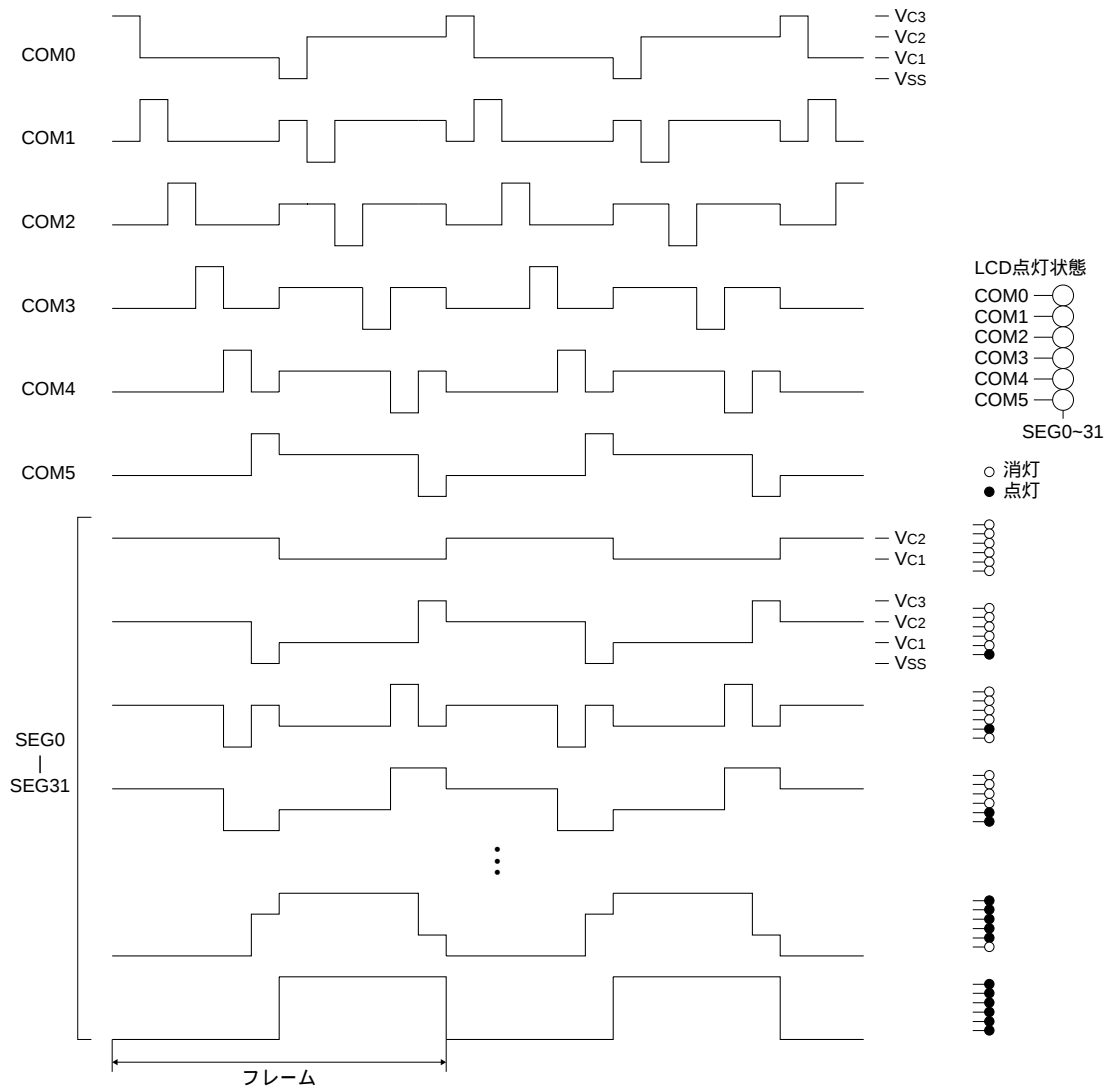


図4.8.3.1 1/6デューティLCD駆動波形

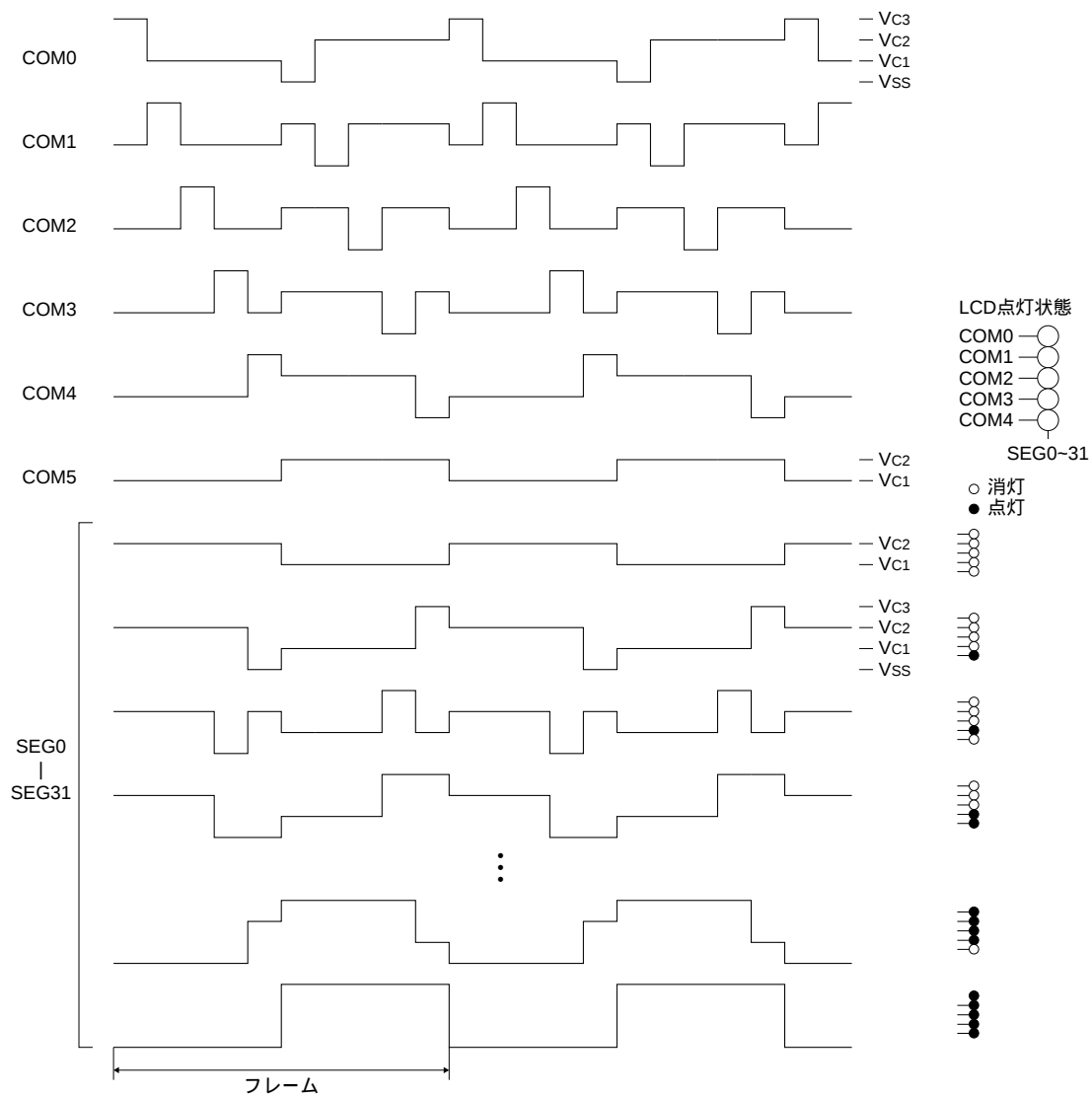


図4.8.3.2 1/5デューティLCD駆動波形

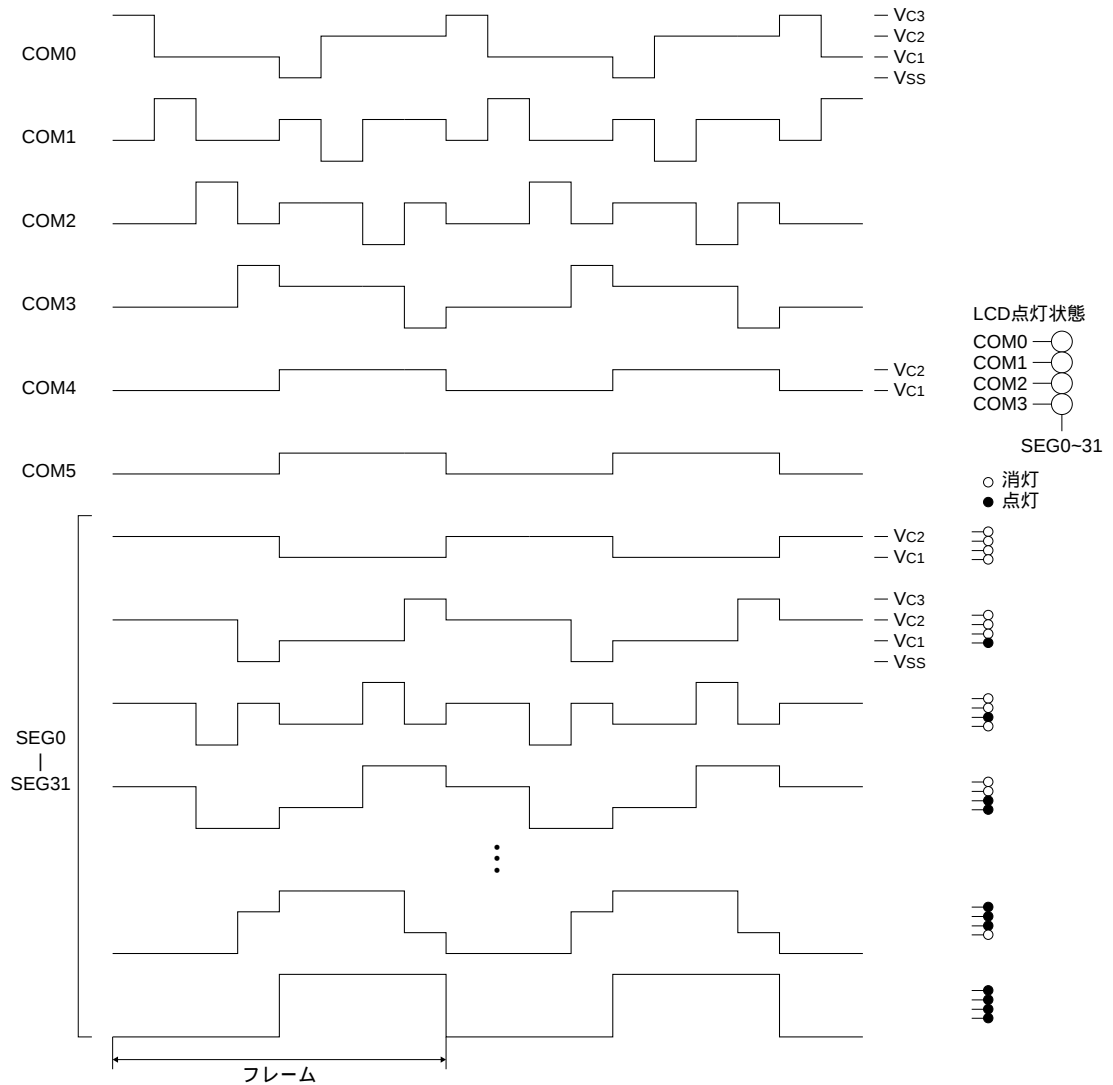


図4.8.3.3 1/4デューティLCD駆動波形

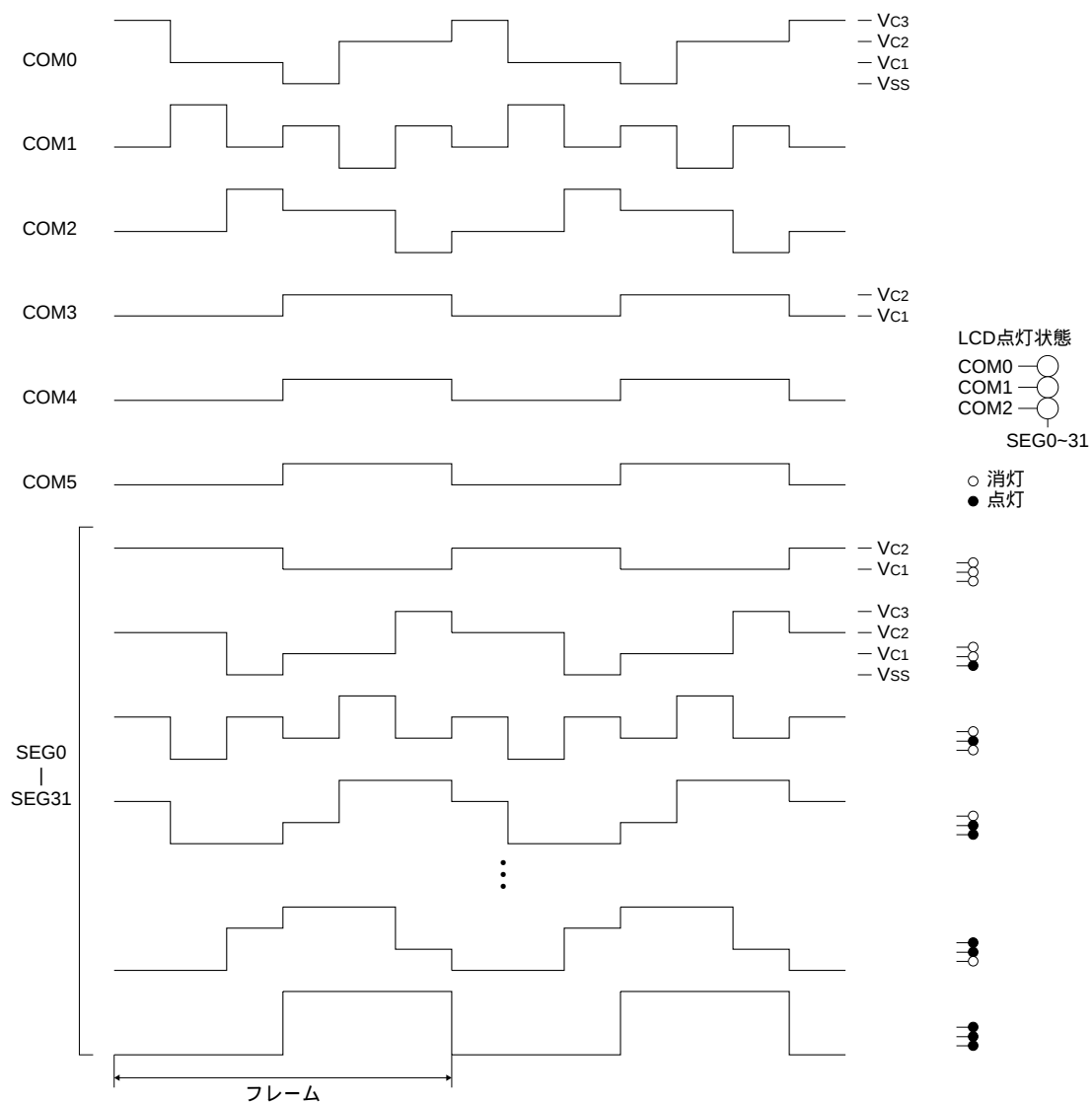


図4.8.3.4 1/3デューティLCD駆動波形

(3) スタティック駆動

S1C63654はLCDスタティック駆動をソフトウェアにより設定できます。ただし、この機能は、「外部電源 1/2 バイアス(3.0V パネル対応)」のマスクオプション選択時にのみ有効です。

スタティック駆動に設定するには、LCD駆動方式選択レジスタSTCDに"1"を書き込みます。この状態で、SEG端子に対応するCOM0～COM5のいずれかのビット(表示メモリ)に"1"を書き込むと、そのSEG端子はスタティックのON波形を出力します。COM0～COM5すべてが"0"に設定されているときは、そのSEG端子はダイナミックのままでOFF波形を出力します。

図4.8.3.5にスタティック駆動波形を示します。

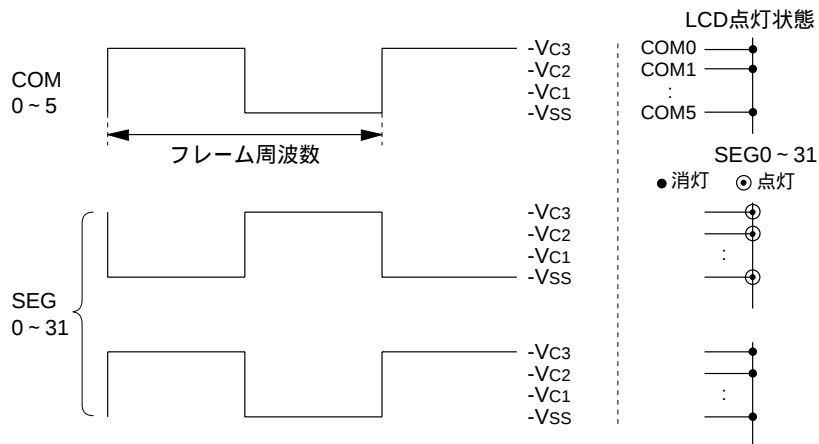


図4.8.3.5 スタティック駆動波形

注: スタティック駆動を行うには、マスクオプションで「外部電源 1/2 バイアス(3.0V パネル対応)」を選択してください。内部電源、または外部電源 1/3 バイアスのマスクオプション選択時は、STCDレジスタでスタティック駆動に設定することはできません。

4.8.4 表示メモリ

表示メモリはデータメモリ領域のF000H～F02FHに割り付けられており、マスクオプションにより任意のセグメント端子 (SEG0～SEG31) に対応させることができます。

表示メモリのビットを"1"にすると対応するLCDセグメントが点灯し、"0"にすると消灯します。

イニシャルリセット時、表示メモリの内容は不定となりますので、ソフトウェアにより初期化する必要があります。

LCD表示に使用しないアドレスは汎用のメモリとして使用することができます。

4.8.5 セグメントオプション

- セグメント割り付け

表示メモリのアドレス (F000H～F02FH) およびビット (D0～D3) は、マスクオプションにより任意のセグメント端子 (SEG0～SEG31) に対応させることができます。このため、液晶パネルの自由度が増し設計が容易になります。

図4.8.5.1にLCDセグメント (パネル上) と表示メモリの関係性を1/4デューティの場合を例として示します。

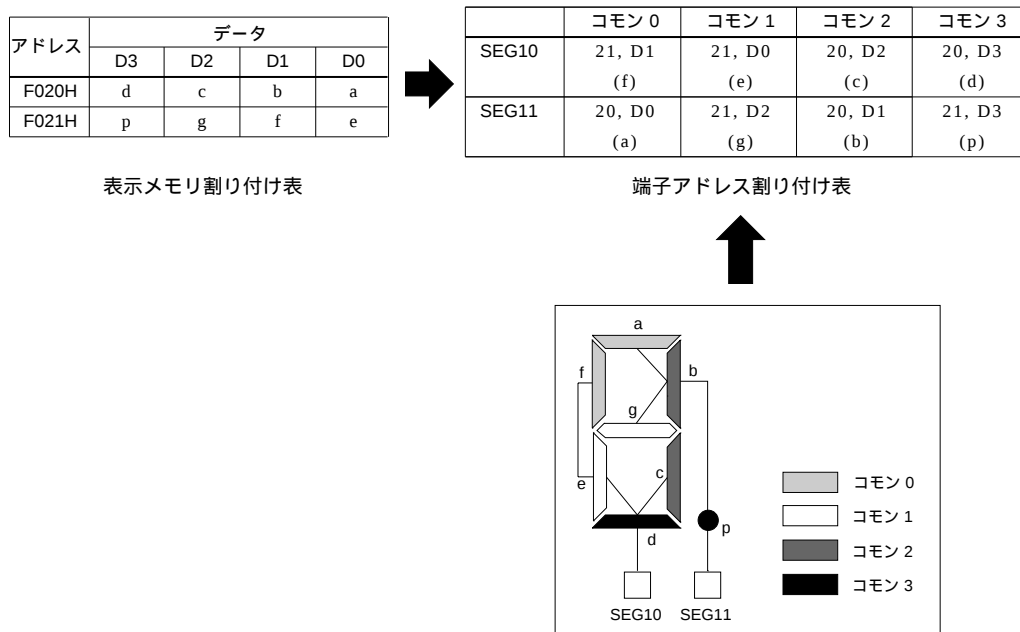


図4.8.5.1 セグメント割り付け

- 出力仕様

- 各セグメント端子 (SEG0～SEG31) は2端子単位でセグメント信号出力かDC出力 (V_{DD} , V_{SS} の2値出力) をマスクオプションで選択します。
DC出力を選択した場合は各セグメント端子のCOM0に対応するデータが出力されます。
- DC出力を選択した場合、コンプリメンタリ出力かNチャンネルオープンドレイン出力を2端子ごとにマスクオプションで選択できます。

注: 2端子単位とはSEG(2・n)とSEG(2・n+1) (nは0～15の整数)の組合せです。

セグメントオプションリスト

端子名	アドレス (F0xx)															出力仕様				
	COM0			COM1			COM2			COM3			COM4				COM5			
	H	L	D	H	L	D	H	L	D	H	L	D	H	L	D		H	L	D	
SEG0																			SEG出力 ☐ S	
SEG1																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG2																			SEG出力 ☐ S	
SEG3																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG4																			SEG出力 ☐ S	
SEG5																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG6																			SEG出力 ☐ S	
SEG7																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG8																			SEG出力 ☐ S	
SEG9																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG10																			SEG出力 ☐ S	
SEG11																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG12																			SEG出力 ☐ S	
SEG13																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG14																			SEG出力 ☐ S	
SEG15																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG16																			SEG出力 ☐ S	
SEG17																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG18																			SEG出力 ☐ S	
SEG19																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG20																			SEG出力 ☐ S	
SEG21																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG22																			SEG出力 ☐ S	
SEG23																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG24																			SEG出力 ☐ S	
SEG25																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG26																			SEG出力 ☐ S	
SEG27																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG28																			SEG出力 ☐ S	
SEG29																			DC出力 ☐ C ☐ N	
SEG30																			SEG出力 ☐ S	
SEG31																			DC出力 ☐ C ☐ N	
アドレス H: RAMデータ上位アドレス (0~9) L: RAMデータ下位アドレス (0~F) D: データビット (0~3)																				出力仕様 S: セグメント出力 C: コンプリメンタリ出力 N: Nchオープンドレイン出力

4.8.6 LCDコントラスト調整

S1C63654では、LCDのコントラストもソフトウェアによって調整できるようになっています。これは内蔵のLCD系電圧回路が出力する V_{C1} 、 V_{C2} 、 V_{C3} の電圧を制御することによって実現しています。コントラストはLC3～LC0レジスタによって表4.8.6.1に示す16段階に調整可能です。レジスタの設定値により V_{C1} は0.95V～1.40V(0.03Vステップ)の範囲で、他の電圧は V_{C1} にしたがって変化します。

表4.8.6.1 LCDコントラスト

No.	LC3	LC2	LC1	LC0	V_{C1} (V)	コントラスト
0	0	0	0	0	0.95 *	淡
1	0	0	0	1	0.98 *	↑
2	0	0	1	0	1.01 *	
3	0	0	1	1	1.04 *	
4	0	1	0	0	1.07 *	
5	0	1	0	1	1.10 *	
6	0	1	1	0	1.13 *	
7	0	1	1	1	1.16	
8	1	0	0	0	1.19	
9	1	0	0	1	1.22	
10	1	0	1	0	1.25	
11	1	0	1	1	1.28	
12	1	1	0	0	1.31	
13	1	1	0	1	1.34	
14	1	1	1	0	1.37	↓
15	1	1	1	1	1.40	濃

* LCD系定電圧回路を降圧モードで動作させている場合、 V_{C1} を1.16V以上(LC = 7以上)には設定しないでください。

イニシャルリセット時、LC3～LC0は0000Bになります。希望のコントラストを得るにはソフトウェアによる初期化が必要です。

LCD駆動電圧をマスクオプションによって外部印加する場合、この調整は無効となります。

4.8.7 LCDDライバのI/Oメモリ

表4.8.7.1にLCDDライバの制御ビットとそのアドレスを、図4.8.7.1に表示メモリマップを示します。

表4.8.7.1 LCDDライバの制御ビット

アドレス	レジスタ				注 釈			
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0
FF60H	LDUTY1	LDUTY0	STCD	LPWR	LDUTY1	0		
					LDUTY0	0		
					STCD	0	Static	Dynamic
					LPWR	0	On	Off
FF61H	R/W							
	0	ALOFF	ALON	0	0 *3	- *2	All Off	Normal
	R	R/W		R	ALOFF	1	All On	Normal
					ALON	0		
FF62H	LC3	LC2	LC1	LC0	LC3	0		
					LC2	0		
					LC1	0		
					LC0	0		

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

Address Base	Low	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
F00H		表示メモリ(48ワード x 4ビット) R/W															
F01H																	
F02H																	

図4.8.7.1 表示メモリマップ

- LPWR: LCD電源ON/OFF制御レジスタ(FF60H・D0)

LCD系電圧回路をON/OFFします。

"1"書き込み: ON
 "0"書き込み: OFF
 読み出し: 可能

LPWRに"1"を書き込むことにより、LCD系電圧回路がONとなりLCD駆動電圧を発生します。"0"を書き込んだ場合、LCD駆動電圧はすべてV_{ss}となります。

LPWRに"1"を書き込んだ後、LCD系電圧回路が動作しLCD駆動電圧出力が安定するまで約100msecかかります。

この制御はDC出力に設定されたSEG端子には影響を与えません。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- LDUTY0, LDUTY1: LCD駆動デューティ切り換えレジスタ(FF60H・D2, D3)

LCD駆動デューティを選択します。

表4.8.7.2 駆動デューティの設定

LDUTY1	LDUTY0	駆動デューティ	使用コモン端子	最大セグメント数
1	1	1/3	COM0~COM2	96 (32×3)
1	0	1/6	COM0~COM5	192 (32×6)
0	1	1/5	COM0~COM4	160 (32×5)
0	0	1/4	COM0~COM3	128 (32×4)

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- STCD: LCD駆動方式選択レジスタ (FF60H・D1)
LCDの駆動方式を選択します。

"1"書き込み: スタティック駆動
"0"書き込み: ダイナミック駆動
読み出し: 可能

STCDに"1"を書き込むとスタティック駆動、"0"の書き込みでダイナミック駆動となります。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- ALON: LCD全点灯制御レジスタ (FF61H・D1)
LCDセグメントを全点灯させます。

"1"書き込み: 全点灯
"0"書き込み: 通常表示
読み出し: 可能

ALONに"1"を書き込むとLCDセグメントがすべて点灯し、"0"の書き込みで通常表示に戻ります。これによる全点灯はSEGにON波形を出力するもので、表示メモリの内容には影響を与えません。

ALONはALOFFに優先します。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- ALOFF: LCD全消灯制御レジスタ (FF61H・D2)
LCDセグメントを全消灯させます。

"1"書き込み: 全消灯
"0"書き込み: 通常表示
読み出し: 可能

ALOFFに"1"を書き込むとLCDセグメントがすべて消灯し、"0"の書き込みで通常表示に戻ります。これによる全消灯はSEGにOFF波形を出力するもので、表示メモリの内容には影響を与えません。

ALON (FF61H・D1) に"1"が同時に書き込まれた場合は、全点灯が優先されます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"1"に設定されます。

- LC3 ~ LC0: LCDコントラスト調整レジスタ (FF62H)
LCDのコントラストを調整します。

LC3 ~ LC0 = 0000B 淡
 : :
LC3 ~ LC0 = 1111B 濃

LCD駆動電圧をマスクオプションによって外部印加する場合、この調整は無効となります。

イニシャルリセット時、LC3 ~ LC0は0000Bに設定されます。

4.8.8 プログラミング上の注意事項

イニシャルリセット時、表示メモリの内容は不定となり、LC3 ~ LC0 (LCDコントラスト) も0000Bとなりますので、ソフトウェアにより初期化する必要があります。また、表示もすべてOFFとなるように各レジスタ (LPWR、ALOFF) が設定されますので注意してください。

4.9 計時タイマ

4.9.1 計時タイマの構成

S1C63654はOSC1(水晶発振)を原振とする計時タイマを内蔵しています。計時タイマは f_{OSC1} の分周クロック 256Hz を入力クロックとする8ビットのバイナリカウンタで構成され、その8ビットデータ(128Hz ~ 16Hzと 8Hz ~ 1Hz)をソフトウェアによって読み出すことができます。

図4.9.1.1に計時タイマのブロック図を示します。

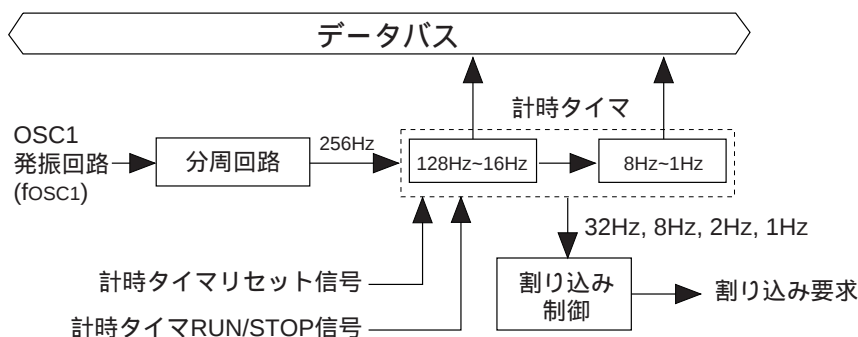


図4.9.1.1 計時タイマのブロック図

通常はこの計時タイマを、時計などのような各種の計時機能に用います。

4.9.2 データの読み出しとホールド機能

8ビットのタイマデータはアドレスFF75HとFF76Hに次のように割り付けられています。

<FF75H>	D0:TM0=128Hz	D1:TM1=64Hz	D2:TM2=32Hz	D3:TM3=16Hz
<FF76H>	D0:TM4=8Hz	D1:TM5=4Hz	D2:TM6=2Hz	D3:TM7=1Hz

計時タイマのデータは2つのアドレスに割り付けられているため、カウント中に下位データ(TM0 ~ TM3: 128Hz ~ 16Hz)から上位データ(TM4 ~ TM7: 8Hz ~ 1Hz)への桁上げが発生します。下位データと上位データの読み出しの間にこの桁上げが発生すると、2つを合わせた内容が正しい値とはなりません(下位データがFFHと読み出されていて、上位データはその時点から1つカウントアップされた値になってしまいます)。これを避けるために、S1C63654では上位データのホールド機能が働くようになっています。この機能は下位データの読み出しを行った時点で上位データのカウンタアップ(下位データからの桁上げ)を一時停止するもので、上位データがホールドされる時間は次に示す2つの内の短い方になります。

1. 上位データを読み出すまでの間
2. 0.48msec ~ 1.5msec(読み出しのタイミングにより異なる)

注: 上位データを先に読み出した場合は下位データのホールドは行われませんので、必ず下位バイトから先に読み出しを行ってください。

4.9.3 割り込み機能

計時タイマは32Hz、8Hz、2Hz、1Hzの各信号の立ち下がりエッジにおいて割り込みを発生させることができます。また、前記の各周波数に対して個別に割り込みをマスクするかしないかを、ソフトウェアで設定することができます。

図4.9.3.1に計時タイマのタイミングチャートを示します。

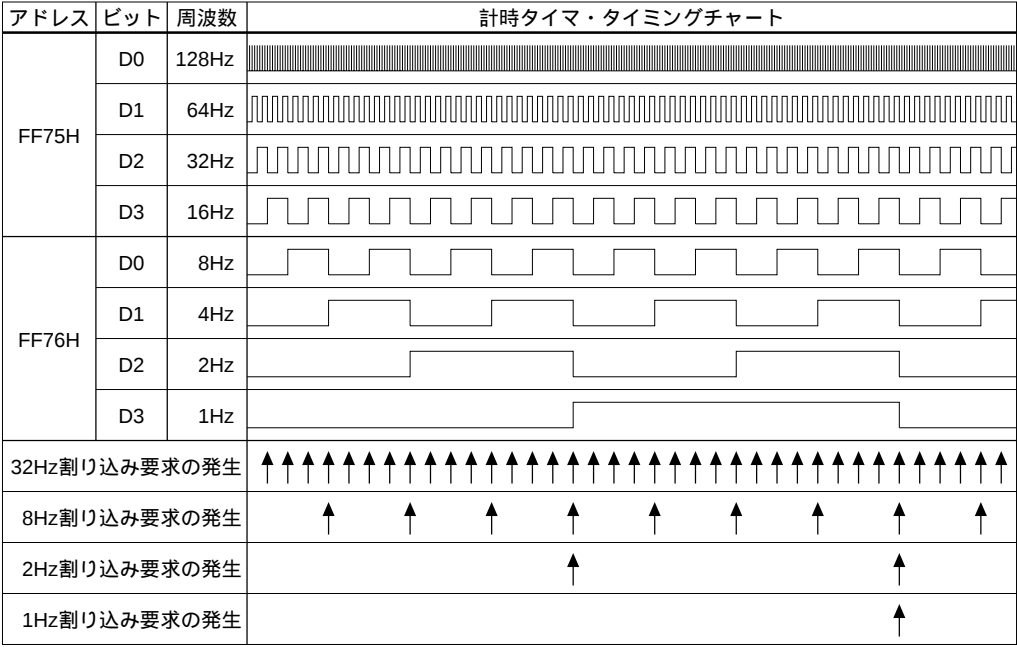


図4.9.3.1 計時タイマのタイミングチャート

図4.9.3.1に示すとおり、割り込みは各周波数(32Hz、8Hz、2Hz、1Hz)の信号の立ち下がりエッジによって発生します。また、この時点に対応する割り込み要因フラグ(IT0、IT1、IT2、IT3)が"1"にセットされます。各割り込みは、割り込みマスクレジスタ(EIT0、EIT1、EIT2、EIT3)によって、個別にマスクを選択することができます。ただし、割り込み要因フラグは割り込みマスクレジスタの設定にかかわらず、対応する信号の立ち下がりエッジで"1"にセットされます。

4.9.4 計時タイマのI/Oメモリ

表4.9.4.1に計時タイマの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.9.4.1 計時タイマの制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF74H	0	0	TMRST	TMRUN	0 *3 0 *3	- *2 - *2			未使用 未使用
	R		W	R/W	TMRST*3 TMRUN	Reset 0	Reset Run	Invalid Stop	計時タイマリセット(書き込み時) 計時タイマRun/Stop
	TM3	TM2	TM1	TM0	TM3 TM2 TM1 TM0	0 0 0 0			計時タイマデータ(16Hz) 計時タイマデータ(32Hz) 計時タイマデータ(64Hz) 計時タイマデータ(128Hz)
FF75H	R								
	TM7	TM6	TM5	TM4	TM7 TM6 TM5 TM4	0 0 0 0			計時タイマデータ(1Hz) 計時タイマデータ(2Hz) 計時タイマデータ(4Hz) 計時タイマデータ(8Hz)
	R								
FF76H	EIT3	EIT2	EIT1	EIT0	EIT3 EIT2 EIT1 EIT0	0 0 0 0	Enable Enable Enable Enable	Mask Mask Mask Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ1Hz) 割り込みマスクレジスタ(計時タイマ2Hz) 割り込みマスクレジスタ(計時タイマ8Hz) 割り込みマスクレジスタ(計時タイマ32Hz)
	R/W								
FFE5H	IT3	IT2	IT1	IT0	IT3 IT2 IT1 IT0	0 0 0 0	(R) Yes (W) Reset	(R) No (W) Invalid	割り込み要因フラグ(計時タイマ1Hz) 割り込み要因フラグ(計時タイマ2Hz) 割り込み要因フラグ(計時タイマ8Hz) 割り込み要因フラグ(計時タイマ32Hz)
	R/W								

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- TM0 ~ TM7: タイマデータ(FF75H, FF76H)
計時タイマの128Hz ~ 1Hzのタイマデータが読み出せます。この8ビットは読み出し専用のため、書き込み動作は無効となります。
下位データ FF75H を読み出すことにより、上位データ(FF76H)がその読み出しまで、または0.48msec ~ 1.5msecの間、どちらか短い方にホールドされます。
イニシャルリセット時、タイマデータは"00H"に初期化されます。
- TMRST: 計時タイマリセット(FF74H・D1)
計時タイマをリセットするビットです。

"1"書き込み: 計時タイマリセット

"0"書き込み: ノーオペレーション

読み出し: 常時"0"

計時タイマは、TMRSTに"1"を書き込むことによりリセットされます。計時タイマがRUN状態でリセットを行うとリセット直後にリスタートします。また、STOP状態の場合はリセットデータが保持されます。

また、"0"の書き込みはノーオペレーションとなります。

このビットは書き込み専用のため、読み出し時は常時"0"となります。

- TMRUN: 計時タイマRUN/STOP制御レジスタ(FF74H・D0)
計時タイマのRUN/STOPを制御します。

"1"書き込み: RUN
 "0"書き込み: STOP
 読み出し: 可能

計時タイマはTMRUNに"1"を書き込むことによりRUNし、"0"の書き込みによりSTOPします。
 STOP状態ではリセットか次にRUN状態にするまで、タイマのデータは保持されます。また、STOP状態からRUN状態にすることにより保持していたデータから継続して、カウントを進めることができます。
 イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- EIT0: 32Hz割り込みマスキングレジスタ(FFE5H・D0)
 EIT1: 8Hz割り込みマスキングレジスタ(FFE5H・D1)
 EIT2: 2Hz割り込みマスキングレジスタ(FFE5H・D2)
 EIT3: 1Hz割り込みマスキングレジスタ(FFE5H・D3)
 計時タイマの割り込みについて、マスクするかしないかを選択します。

"1"書き込み: イネーブル
 "0"書き込み: マスク
 読み出し: 可能

各周波数(32Hz、8Hz、2Hz、1Hz)に対して、割り込みをマスクするかしないかを、割り込みマスキングレジスタEIT0(32Hz)、EIT1(8Hz)、EIT2(2Hz)、EIT3(1Hz)により個別に選択できます。
 イニシャルリセット時、これらのレジスタはすべて"0"に設定されます。

- IT0: 32Hz割り込み要因フラグ(FFF5H・D0)
 IT1: 8Hz割り込み要因フラグ(FFF5H・D1)
 IT2: 2Hz割り込み要因フラグ(FFF5H・D2)
 IT3: 1Hz割り込み要因フラグ(FFF5H・D3)
 計時タイマ割り込みの発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: 割り込み有
 "0"読み出し: 割り込み無
 "1"書き込み: 要因フラグをリセット
 "0"書き込み: 無効

割り込み要因フラグIT0、IT1、IT2、IT3は、それぞれ32Hz、8Hz、2Hz、1Hzの計時タイマ割り込みに対応します。これらのフラグによって計時タイマ割り込みの有無を、ソフトウェアで判断することができます。ただし、これらのフラグは割り込みをマスクしていても、対応する信号の立ち上がりエッジで"1"にセットされます。これらのフラグは、"1"を書き込むことによって"0"にリセットされます。
 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(1フラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。
 イニシャルリセット時、これらのフラグは"0"に設定されます。

4.9.5 プログラミング上の注意事項

- (1)データの読み出しは必ず下位データ(TM0～TM3)から先に行ってください。
- (2)割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(1フラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

4.10 ストップウォッチタイム

4.10.1 ストップウォッチタイムの構成

S1C63654は、1/1,000sec単位のストップウォッチタイムを内蔵しています。ストップウォッチタイムはプリスケラより出力される1,000Hz信号を入力クロックとする4ビット3段のBCDカウンタで構成され、ソフトウェアにより1/1,000sec、1/100sec、1/10secの各4ビット単位でデータを読み出すことができます。また、入力ポートK00およびK01を使用して、キー入力によってストップウォッチタイムのRUN/STOPおよびLAPを制御するダイレクト入力機能も持っています。

図4.10.1.1にストップウォッチタイムのブロック図を示します。

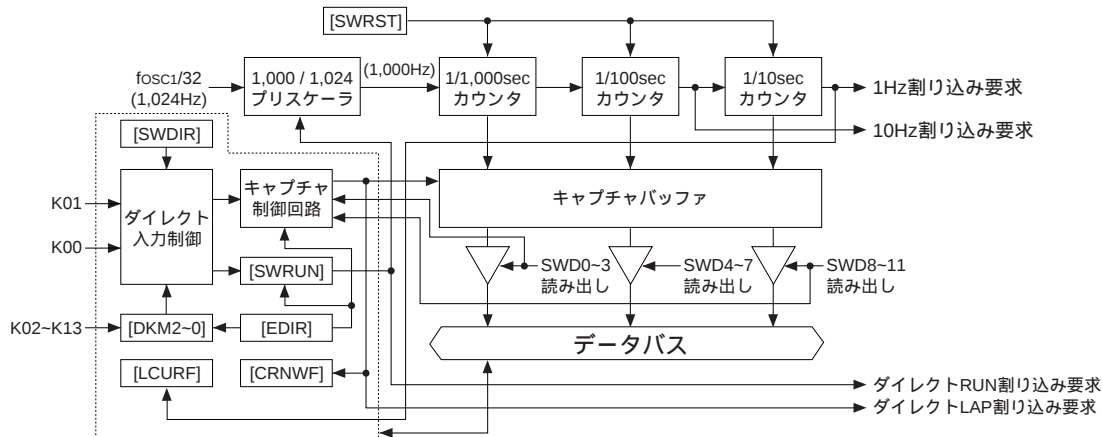


図4.10.1.1 ストップウォッチタイムのブロック図

ストップウォッチタイムは計時タイマとは別のタイマとして使用でき、特にデジタルウォッチのストップウォッチ機能などをソフトウェアで容易に実現することができます。

4.10.2 カウンタとプリスケラ

ストップウォッチタイムは、それぞれ4ビットのBCDカウンタSWD0～3、SWD4～7およびSWD8～11で構成されています。

ストップウォッチタイム前段のカウンタSWD0～3は、プリスケラより出力される1,000Hz信号を入力クロックとして1/1,000secごとのカウントアップを行い、100Hz信号を発生します。中段のカウンタSWD4～7はSWD0～3が出力する100Hz信号をクロックとして1/100secごとのカウントアップを行い、10Hz信号を出力します。同様に、後段のカウンタSWD8～11は1/10secごとのカウントアップを行って1Hz信号を発生します。プリスケラはOSC1発振回路の出力を分周した1,024Hzのクロックを入力し、1,000HzのSWD0～3カウンタクロックを出力します。1,024Hzから1,000Hzのクロックを作成するため、1秒間にプリスケラに入力される1,024個のパルスから24個のパルスを抜き取るという方法をとっています。

カウンタが以下に示す値となった場合、その直後にプリスケラに入力される1,024Hzのパルスが1個抜き取られます。

パルス補正が行われるカウンタ値(msec)

39, 79, 139, 179, 219, 259, 299, 319, 359, 399, 439, 479,
539, 579, 619, 659, 699, 719, 759, 799, 839, 879, 939, 979

図4.10.2.1にプリスケアラの動作を示します。

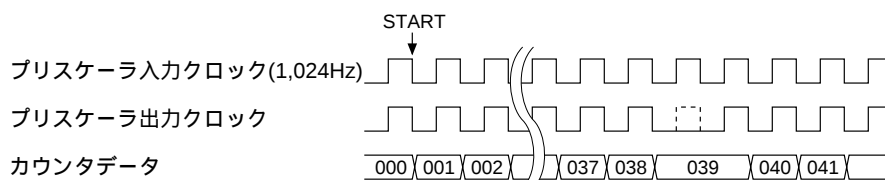


図4.10.2.1 プリスケアラの動作タイミング

上記の理由により、パルス補正時以外のカウントクロックは1,024Hz(0.9765625msec)となります。したがって、プリスケアラの出力クロック(1,000Hz) およびカウンタSWD0～3、SWD4～7が発生する100Hz、10Hz信号の周波数は近似値となります。

4.10.3 キャプチャバッファとホールド機能

ストップウォッチタイマの1/1,000secデータ、1/100secデータ、1/10secデータは、それぞれSWD0～3(FF7AH)、SWD4～7(FF7BH)、SWD8～11(FF7CH)から読み出すことができます。読み出しの際は各カウンタのデータがキャプチャバッファにラッチされ、3ワードの読み出しが終了するまでデータがホールドされます。これによって、3ワードの読み出しの途中で下位桁からの桁上げが発生した場合でも正しいデータを読み出すことができます。なお、キャプチャバッファへはSWD0～3(1/1,000sec)の読み出しを行った時点で3個のカウンタのデータが同時にラッチされ、SWD8～11(1/10sec)の読み出しが終了した時点でデータのホールドが解除されるようになっています。したがって、データの読み出しはSWD0～3→SWD4～7→SWD8～11の順に行ってください。データがホールドされていない状態でSWD4～7あるいはSWD8～11を先に読み出した場合は、ホールド機能が働かずにカウンタのデータが直接読み出されます。ストップウォッチタイマがRUN状態でホールドされていないデータを読み出した場合、正しいデータかどうかを判断することができません。

ストップウォッチタイマには外部キー入力によるLAR(ラップ)機能があります(後述)。キャプチャバッファは、このLAR(ラップ)データをホールドするためにも使用されます。この場合も、SWD8～11が読み出されるまでデータがホールドされます。ただし、ホールドされているデータの読み出しを終了する前にLAR入力が行われた場合はその時点でキャプチャバッファの内容が更新されてしまいます。読み残していたデータは更新されて無効となりますので、SWD8～11を読み出してもホールド状態は解除されません。キャプチャバッファが更新されている状態でSWD8～11を読み出しますと、その時点でキャプチャ更新フラグCRNWFが"1"にセットされますので、この場合は再度SWD0～3からの読み出しを行う必要があります。キャプチャ更新フラグはSWD8～11の読み出しごとに更新されます。

図4.10.3.1にデータのホールドと読み出しのタイミングを示します。

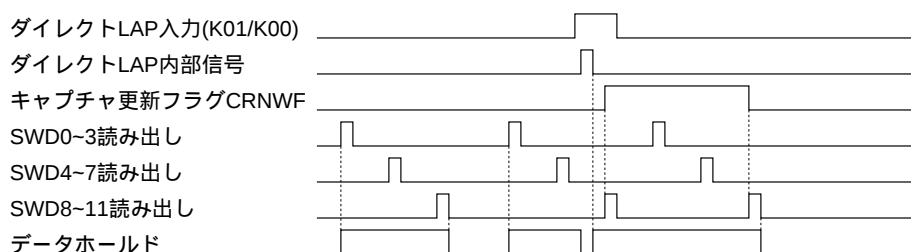


図4.10.3.1 データのホールドと読み出し

4.10.4 ストップウォッチタイマのRUN/STOPおよびリセット

ストップウォッチタイマはソフトウェアによってRUN/STOPの制御、およびリセットが行えます。

(1) ストップウォッチタイマのRUN/STOP

ストップウォッチタイマはレジスタSWRUNに"1"を書き込むことによってRUN、"0"の書き込みでSTOPします。ストップウォッチタイマをRUNさせると、その時点のカウンタの内容から継続してカウントアップを行います。STOPさせた場合は、その後もその時点のカウンタの内容を保持します。

レジスタSWRUNの書き込みによるストップウォッチタイマのRUN/STOPの動作は、プリスケアラの入力クロックと同じ1,024Hzの立ち下がリエッジに同期して行われます。

なおSWRUNは読み出しも可能で、その場合はストップウォッチタイマの動作状態を示します。

図4.10.4.1にSWRUNレジスタ制御時の動作タイミングを示します。

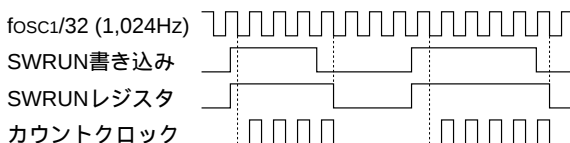


図4.10.4.1 SWRUNレジスタ制御時の動作タイミング

次項で説明するダイレクト入力機能を設定した場合は、RUN/STOPの制御を外部キー入力によって行います。その場合は、SWRUNがストップウォッチタイマの動作状態を示す読み出し専用のレジスタとなります。

(2) ストップウォッチタイマのリセット

ストップウォッチタイマはレジスタSWRSTに"1"を書き込むことによってリセットされ、カウンタは"000"にクリアされます。このリセットはキャプチャバッファに影響を与えませんが、ホールド状態のキャプチャバッファのデータはクリアされずにそのまま保持されます。なお、ストップウォッチタイマがRUN状態でリセットすると、カウンタが"000"の状態からカウント動作を継続します。STOP状態でリセットした場合は、次にRUNするまでカウンタは"000"を保持します。

4.10.5 ダイレクト入力機能とキーマスク

ストップウォッチタイマにはダイレクト入力機能があり、外部キー入力によってストップウォッチタイマのRUN/STOPおよびLAPを制御することができます。この機能はレジスタEDIRに"1"を書き込むことによって設定します。EDIRが"0"の場合は前項で説明したソフトウェア制御のみとなります。

(1) 入力ポートの選択

ダイレクト入力機能を使用する場合、入力ポートK00とK01をRUN、STOPおよびLAPキー入力に使用します。この割り当てはSWDIRレジスタで次のように選択できます。

表4.10.5.1 RUN/STOPとLAPキー入力ポート

SWDIR	K00	K01
0	RUN/STOP	LAP
1	LAP	RUN/STOP

(2) ダイレクトRUN

ダイレクト入力機能を設定した場合は、入力ポートK00/K01(SWDIRで選択)に接続したキーの入力によってストップウォッチタイマのRUN/STOPを制御することができます。K00/K01は通常の入力ポートとして働き、入力信号がストップウォッチの制御回路に送られます。

K00/K01キー入力はトグル動作となり、ストップウォッチタイマがSTOP状態で入力されるとRUN、RUN状態で入力されるとSTOPします。ストップウォッチタイマのRUN/STOPの状態はレジスタSWRUNを読み出すことで確認できます。また、このダイレクトRUN入力により割り込みが発生します。

キー入力信号はSWRUNレジスタ制御のときと同様に1,024Hz信号の立ち下がリエッジでサンプリングされます。チャタリング判定はキーOFF時に行われ、46.8msec ~ 62.5msec以下のチャタリングが除去されます。

したがって、RUNとSTOPそれぞれのキー入力の間隔はこの時間以上が必要です。

図4.10.5.1にダイレクトRUN入力時の動作タイミングを示します。

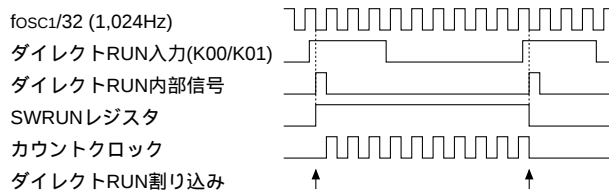


図4.10.5.1 ダイレクトRUN入力時の動作タイミング

(3)ダイレクトLAP

ダイレクトRUNと同様にLAPの制御もキー入力によって行えます。ダイレクト入力機能を設定すると、入力ポートK01/K00(SWDIRで選択)がLAPキーの入力ポートとなります。入力信号のサンプリングおよびチャタリング判定はダイレクトRUNの場合と同様です。

LAP入力が行われると、その時点のカウンタデータがキャプチャバッファにラッチされ、データをホールドします。カウンタはカウント動作を継続します。また、このダイレクトLAP入力により割り込みが発生します。前述したように、データはSWD8～11が読み出されるまでホールドされます。すでにデータがホールドされている状態でLAPの入力が行われた場合は、キャプチャバッファの内容が更新されてしまい、その後SWD8～11の読み出しを行った際にキャプチャ更新フラグCRNWFが"1"にセットされます。この場合は、SWD8～11の読み出しによってホールド状態は解除されずに、さらにホールド状態を継続します。LAPデータは、割り込み発生後に読み出しを行います。そのあとには必ずキャプチャ更新フラグを確認してください。キャプチャ更新フラグがセットされている場合は、更新されたデータがキャプチャバッファにホールドされていますので再度読み出しを行ってください。

また、SWD8～11のオーバーフローによって1sec桁への桁上げが必要になった場合、ストップウォッチタイマは1Hz割り込み要因フラグISW1を"1"にセットします。この1Hz割り込み要因フラグISW1が"1"にセットされている間に、キャプチャバッファがホールド状態 (SWD0～3読み出し時またはLAP入力時) になるとラップデータ桁上げ要求フラグが"1"にセットされ、LAP入力などの処理において1秒桁への桁上げが必要であることを示します。これは、ソフトウェアによる通常の処理方法として、1Hz割り込みによる1sec桁以上の処理より先LAPの処理が優先されると考えられますので、LAP処理による時間表示において1秒桁のデータが1秒だけ少なくなることを防ぐために必要となります。したがって、LAP処理前にラップデータ桁上げ要求フラグを確認してください。このフラグはキャプチャバッファがホールド状態になるごとに更新されます。

図4.10.5.2にダイレクトLAP入力時の動作タイミングを示します。

図4.10.5.3にダイレクトLAP入力時のデータホールドと読み出しのタイミングを示します。

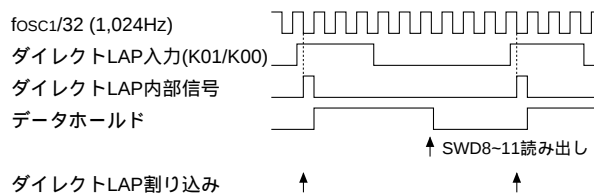


図4.10.5.2 ダイレクトLAP入力時の動作タイミング

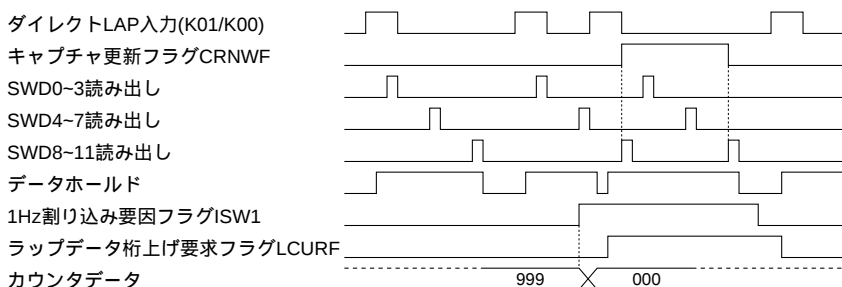


図4.10.5.3 ダイレクトLAP入力時のデータホールドと読み出し

(4) キーマスク

ストップウォッチのアプリケーションにおいて、ダイレクトRUNまたはダイレクトLAPを含むキーの組み合わせによって機能を制御する場合があります。たとえば、あるキーが押されている状態でRUNキーが入力された場合に、RUNキーをリセットや時計合わせ等の他の目的に使用するような場合です。このときにはダイレクトRUN、あるいはダイレクトLAPの機能を無効としてストップウォッチがその動作を行わないようにする必要があります。このために、キー入力の競合判定を行い、RUNおよびLAPを無効とするキーマスク機能が設けられています。この競合判定を行うキー入力の組み合わせをレジスタDKM0～2によって選択することができます。

表4.10.5.2 キーマスク選択

DKM2	DKM1	DKM0	競合判定組み合わせ
0	0	0	なし(リセット時)
0	0	1	K02
0	1	0	K02, K03
0	1	1	K02, K03, K10
1	0	0	K10
1	0	1	K10, K11
1	1	0	K10, K11, K12
1	1	1	K10, K11, K12, K13

RUNまたはLAP入力は以下の場合に無効となります。

1. 選択した組み合わせに含まれる1つ以上のキー(以下、マスクと記述)が入力されている状態でRUNまたはLAPが入力された場合
2. マスクが解除された時点でRUNまたはLAPが入力されている場合

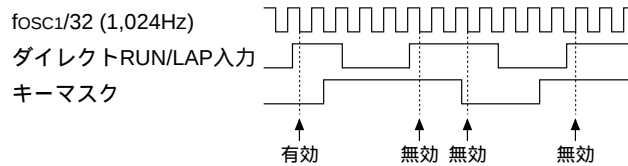


図4.10.5.4 キーマスクの動作

RUN、LAP入力が有効となるのは以下の場合です。

1. RUNまたはLAPのどちらか一方が単独で無入力状態から入力された場合
2. RUNおよびLAPの両方が同時に無入力状態から入力された場合(RUN、LAP共に有効)
3. RUNまたはLAPのどちらか一方が入力されている状態でもう一方が入力された場合(RUN、LAP共に有効)
4. RUNまたはLAPのどちらか一方とマスクが同時に無入力状態から入力された場合
5. RUNおよびLAPの両方とマスクが同時に無入力状態から入力された場合(RUN、LAP共に有効)

* キーの同時入力とはキー入力のサンプリングが1,024Hzクロックの同じ立ち下がりエッジで行われたことをいいます。

4.10.6 割り込み機能

(1) 10Hz、1Hz割り込み

ストップウォッチタイマSWD4～7とSWD8～11はそれぞれのオーバーフローにより、10Hzと1Hzの割り込みを発生させることができます。また、それぞれの周波数に対して、個別に割り込みのマスクをするかしないかをソフトウェアで設定することができます。

図4.10.6.1にカウンタのタイミングチャートを示します。

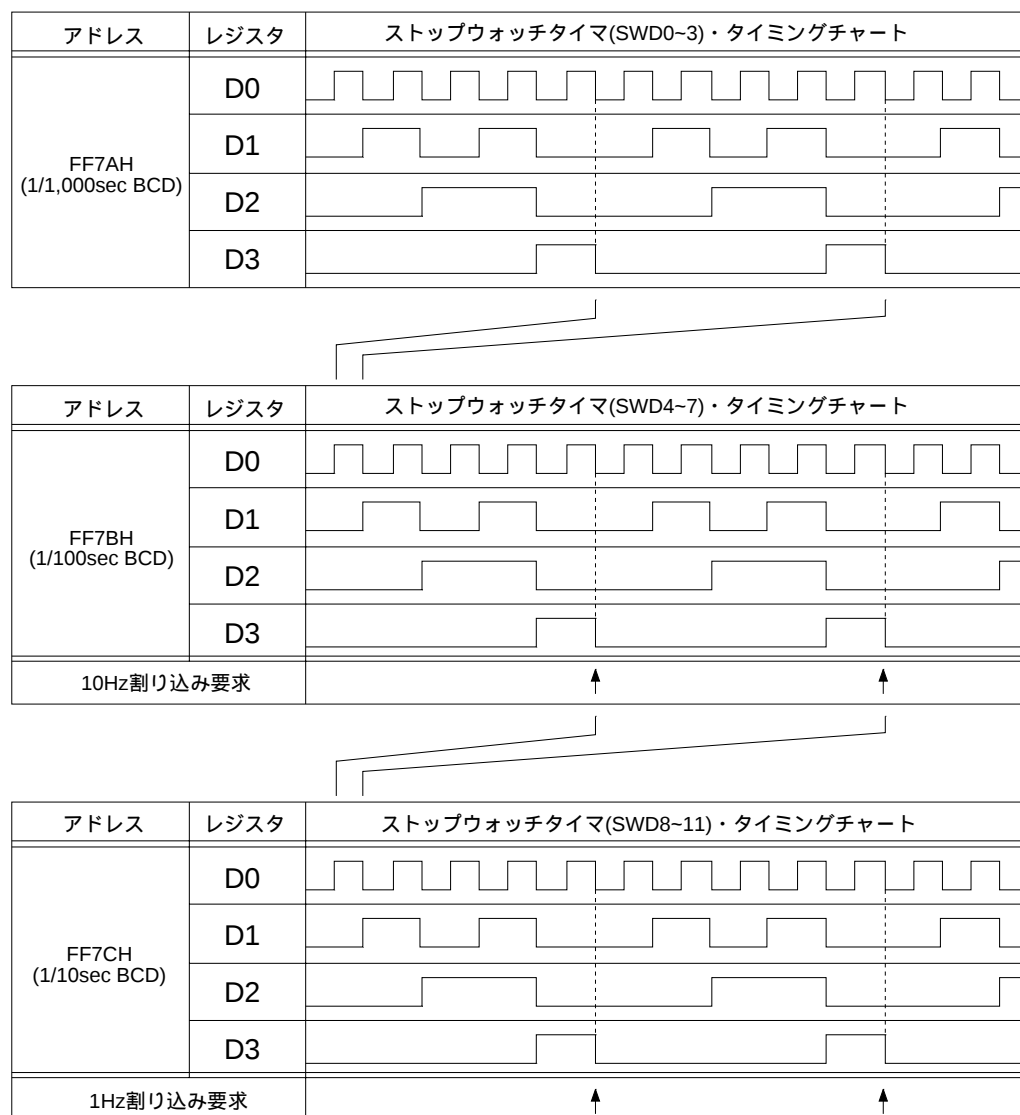


図4.10.6.1 カウンタのタイミングチャート

図4.10.6.1に示すとおり、割り込みはそれぞれのカウンタのオーバーフロー("9"から"0"への変化)によって発生します。また、この時点に対応する割り込み要因フラグ(ISW10、ISW1)が"1"にセットされます。それぞれの割り込みは、割り込みマスクレジスタ EISW10、EISW1)によって、個別にマスクを選択することができます。ただし、割り込み要因フラグ(ISW10、ISW1)は割り込みマスクレジスタの設定にかかわらず、対応するカウンタのオーバーフローで"1"にセットされます。

(2)ダイレクトRUN、ダイレクトLAP割り込み

ダイレクト入力機能を設定している場合は、ダイレクトRUNおよびダイレクトLAPの入力により割り込みを発生させることができます。それぞれの割り込みは、ダイレクト信号を1,024Hz信号の立ち下がりでサンプリングした後のダイレクトRUN、ダイレクトLAPの各内部信号の立ち上がりエッジで発生し、その時点で割り込み要因フラグ(IRUN、ILAP)が"1"にセットされます。この割り込み要因もそれぞれに対応する割り込みマスクレジスタ(EIRUN、EILAP)によってマスクすることができます。ただし、割り込み要因フラグ(IRUN、ILAP)は割り込みマスクレジスタの設定にかかわらず、RUN、LAPの入力によって"1"にセットされます。

ダイレクトRUNとダイレクトLAPはK00ポートとK01ポートを使用します。このため、入力ポートK00～K03の割り込み条件の設定によっては、ダイレクト入力割り込みとK00～K03入力割り込みが同時に発生することがあります。したがって、ダイレクト入力割り込みを使用する場合は、K00およびK01入力によって入力割り込みが発生しないように割り込み選択レジスタSIK00およびSIK01を"0"に設定してください。

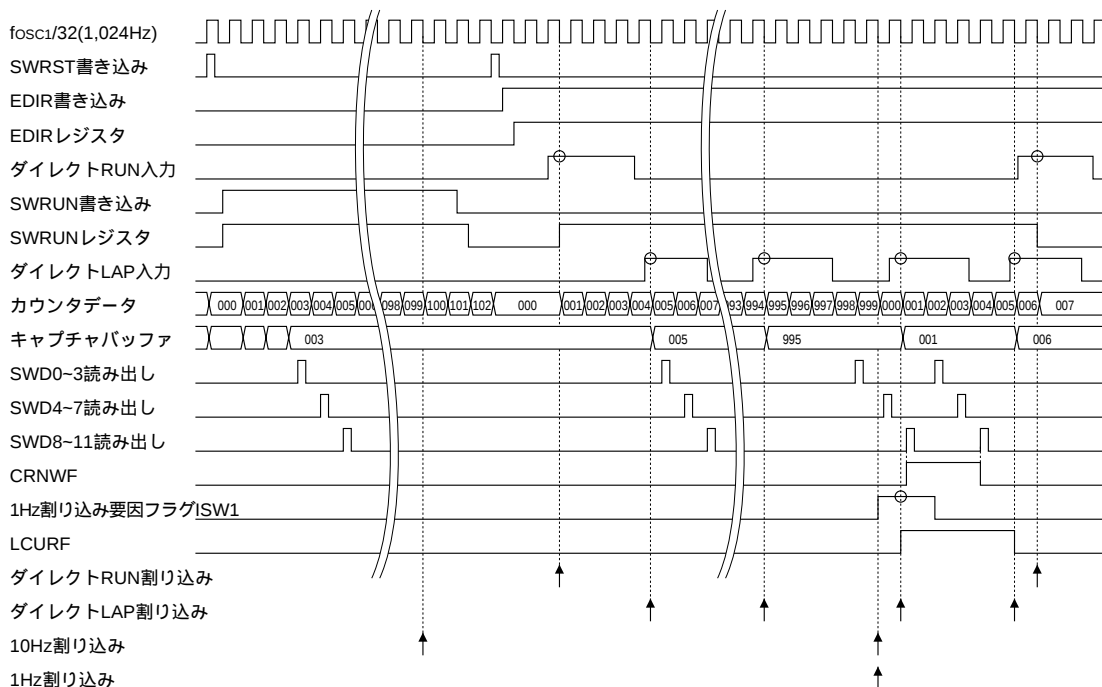


図4.10.6.2 ストップウォッチタイムのタイミングチャート

4.10.7 ストップウォッチタイマのI/Oメモリ

表4.10.7.1にストップウォッチタイマの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.10.7.1 ストップウォッチタイマの制御ビット

アドレス	レジスタ				Name	Init *1	1	0	注 釈
	D3	D2	D1	D0					
FF06H	FOUTE	SWDIR	FOFQ1	FOFQ0	FOUTE	0	Enable	Disable	FOUT出力ラインネーブル ストップウォッチダイレクト入力切り換え 0: K00=Run/Stop, K01=Lap 1: K00=Lap, K01=Run/Stop FOUT [FOFQ1, 0] 0 1 2 3 周波数選択 周波数 fosc1/64 fosc1/8 fosc1 fosc3
					SWDIR	0			
	R/W				FOFQ1	0			
					FOFQ0	0			
FF78H	EDIR	DKM2	DKM1	DKM0	EDIR	0	Enable	Disable	ダイレクト入力ラインネーブル キーマスク [DKM2, 1, 0] 0 1 2 3 キーマスク なし K02 K02-03 K02-03,10 選択 [DKM2, 1, 0] 4 5 6 7 キーマスク K10 K10-11 K10-12 K10-13
					DKM2	0			
	R/W				DKM1	0			
					DKM0	0			
FF79H	LCURF	CRNWF	SWRUN	SWRST	LCURF	0	Request	No	ラップデータ桁上げ要求フラグ キャプチャ更新フラグ ストップウォッチタイマRun/Stop ストップウォッチタイマリセット(書き込み時)
					CRNWF	0	Renewal	No	
	R		R/W	W	SWRUN	0	Run	Stop	
					SWRST*3	Reset	Reset	Invalid	
FF7AH	SWD3	SWD2	SWD1	SWD0	SWD3	0			ストップウォッチタイマデータ BCD(1/1000sec)
					SWD2	0			
	R				SWD1	0			
					SWD0	0			
FF7BH	SWD7	SWD6	SWD5	SWD4	SWD7	0			ストップウォッチタイマデータ BCD(1/100sec)
					SWD6	0			
	R				SWD5	0			
					SWD4	0			
FF7CH	SWD11	SWD10	SWD9	SWD8	SWD11	0			ストップウォッチタイマデータ BCD(1/10sec)
					SWD10	0			
	R				SWD9	0			
					SWD8	0			
FFE6H	EIRUN	EILAP	EISW1	EISW10	EIRUN	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(SWダイレクトRUN) 割り込みマスクレジスタ(SWダイレクトLAP) 割り込みマスクレジスタ(ストップウォッチタイマ1Hz) 割り込みマスクレジスタ(ストップウォッチタイマ10Hz)
					EILAP	0	Enable	Mask	
	R/W				EISW1	0	Enable	Mask	
					EISW10	0	Enable	Mask	
FFF6H	IRUN	ILAP	ISW1	ISW10	IRUN	0	(R)	(R)	割り込み要因フラグ(SWダイレクトRUN) 割り込み要因フラグ(SWダイレクトLAP) 割り込み要因フラグ(ストップウォッチタイマ1Hz) 割り込み要因フラグ(ストップウォッチタイマ10Hz)
					ILAP	0	Yes	No	
	R/W				ISW1	0	(W)	(W)	
					ISW10	0	Reset	Invalid	

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- SWD0 ~ SWD3: ストップウォッチタイマデータ1/1,000sec(FF7AH)
キャプチャバッファ1/1,000sec桁のデータ(BCD)が読み出せます。
このデータを読み出すことにより、キャプチャバッファのホールド機能が働きます。
この4ビットは読み出し専用のため、書き込み動作は無効となります。
イニシャルリセット時、タイマデータは"0"に設定されます。
- SWD4 ~ SWD7: ストップウォッチタイマデータ1/100sec(FF7BH)
キャプチャバッファ1/100sec桁のデータ(BCD)が読み出せます。
この4ビットは読み出し専用のため、書き込み動作は無効となります。
イニシャルリセット時、タイマデータは"0"に設定されます。
- SWD8 ~ SWD11: ストップウォッチタイマデータ1/10sec(FF7CH)
キャプチャバッファ1/10sec桁のデータ(BCD)が読み出せます。
この4ビットは読み出し専用のため、書き込み動作は無効となります。
イニシャルリセット時、タイマデータは"0"に設定されます。

注: データの読み出しは必ず下位データ(SWD0 ~ 3)から先に行ってください。

- EDIR: ダイレクト入力機能イネーブルレジスタ(FF78H・D3)
ダイレクト入力(RUN/LAP)機能を有効/無効に設定します。

"1"書き込み: 有効
 "0"書き込み: 無効
 読み出し: 可能

EDIRに"1"を書き込むことによりダイレクト入力機能が有効となり、外部キー入力によるRUN/STOP、LAPの制御が行えます。"0"を書き込んだ場合はダイレクト入力機能が無効となり、ストップウォッチタイマはソフトウェア制御となります。

なお、このレジスタにデータを書き込み後、実際の機能の切り換えはfosc1/32(1,024Hz)の立ち下がりエッジに同期して(最大977μsec後に)行われます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- SWDIR: ダイレクト入力切り換えレジスタ(FF06H・D2)
K00ポート、K01ポートのダイレクト入力割り付けを切り換えます。

"1"書き込み: K00 = LAP, K01 = RUN/STOP
 "0"書き込み: K00 = RUN/STOP, K01 = LAP
 読み出し: 可能

ダイレクト入力用のキー割り付けを行います。EDIRに"1"を書き込むことによりK00、K01ポートの入力がRUN、STOP、LAP入力としてストップウォッチに取り込まれます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- DKM0 ~ DKM2: キーマスク選択(FF78H・D0 ~ D2)
ダイレクト入力機能設定時にRUN、LAP入力との競合判定を行うキー入力の組み合わせを選択します。

表4.10.7.2 キーマスク選択

DKM2	DKM1	DKM0	競合判定組み合わせ
0	0	0	なし(リセット時)
0	0	1	K02
0	1	0	K02, K03
0	1	1	K02, K03, K10
1	0	0	K10
1	0	1	K10, K11
1	1	0	K10, K11, K12
1	1	1	K10, K11, K12, K13

競合を検出した場合は、競合が解除されるまでRUN、LAP入力は受け付けられなくなります。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- SWRST: ストップウォッチタイマリセット(FF79H・D0)
ストップウォッチタイマをリセットします。

"1"書き込み: ストップウォッチタイマリセット
 "0"書き込み: ノーオペレーション
 読み出し: 常時"0"

ストップウォッチタイマはSWRSTに"1"を書き込むことによりリセットされます。ストップウォッチタイマがRUN状態でリセットを行うとリセット直後にリスタートします。また、STOP状態の場合はリセットデータがカウンタに保持されます。

このリセットはキャプチャバッファに影響を与えないので、ホールド状態のキャプチャバッファのデータはクリアされずにそのまま保持されます。

このビットは書き込み専用のため、読み出し時は常時"0"となります。

- SWRUN: ストップウォッチタイマRUN/STOP (FF79H・D1)
ストップウォッチタイマのRUN/STOPの制御、および動作状態のモニタが行えます。

- 書き込み時

- "1"書き込み: RUN

- "0"書き込み: STOP

ストップウォッチタイマはSWRUNに"1"を書き込むことによりRUNし、"0"の書き込みによりSTOPします。STOP状態ではリセットか次にRUN状態にするまで、タイマのデータは保持されます。また、STOP状態からRUN状態にすることにより保持していたデータから継続して、カウントを進めることができます。このレジスタへの書き込みによるRUN/STOPの制御は、ダイレクト入力機能をディセーブルに設定してある場合にのみ有効で、ダイレクト入力機能設定時は無効となります。

- 読み出し時

- "1"読み出し: RUN

- "0"読み出し: STOP

読み出しはダイレクト入力機能の設定にかかわらず有効で、ストップウォッチタイマがRUN状態の場合に"1"、STOP状態で"0"となります。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- LCURF: ラップデータ桁上げ要求フラグ (FF79H・D3)
データホールド時に発生している1sec桁への桁上げを示すフラグです。ダイレクト入力モード以外では無効です。

- "1"読み出し: 桁上げ要

- "0"読み出し: 桁上げ不要

- 書き込み: 無効

割り込み要因フラグISW1が"1"にセットされている間に、キャプチャバッファがホールド状態になるとLCURFが"1"にセットされ、ホールドされたデータが1sec桁への桁上げを必要としていることを示します。したがって、1Hzの割り込み処理よりもLAP入力などの処理を優先する場合には、処理前にこのフラグの読み出しを行って桁上げが必要か確認してください。

このフラグはキャプチャバッファがホールド状態になるごとに更新(セット/リセット)されます。

イニシャルリセット時、このフラグは"0"に設定されます。

- CRNWF: キャプチャ更新フラグ (FF79H・D2)
キャプチャバッファの内容が更新されたことを示すフラグです。

- "1"読み出し: 更新あり

- "0"読み出し: 更新なし

- 書き込み: 無効

キャプチャバッファにホールドされたデータの読み出しが終了していない場合にLAP入力があると、キャプチャバッファの内容が更新されます。その状態でSWD8～11を読み出すとこのフラグが"1"にセットされ、さらにホールド状態が継続されます。したがって、LAP入力によってホールドされたデータを読み出した場合は、SWD8～11の読み出しの後にこのフラグの読み出しを行ってデータが更新されていないか確認してください。

このフラグはSWD8～11の読み出し時に更新されます。

イニシャルリセット時、このフラグは"0"に設定されます。

- EIRUN, EILAP, EISW1, EISW10: 割り込みマスキレジスタ(FFE6H)
ストップウォッチタイムの割り込みについて、マスクするかしないかを選択します。

"1"書き込み: イネーブル
"0"書き込み: マスク
読み出し: 可能

EIRUN, EILAP, EISW1, EISW10はそれぞれダイレクトRUN、ダイレクトLAP、1Hz、10Hzの割り込みに対応した割り込みマスキレジスタで、これらの割り込みをマスクするかしないかを個別に選択できます。
イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- IRUN, ILAP, ISW1, ISW10: 割り込み要因フラグ(FFF6H)
ストップウォッチタイム割り込みの発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: 割り込み有
"0"読み出し: 割り込み無
"1"書き込み: 要因フラグをリセット
"0"書き込み: 無効

割り込み要因フラグIRUN, ILAP, ISW1, ISW10はそれぞれダイレクトRUN、ダイレクトLAP、1Hz、10Hzの割り込みに対応します。これらのフラグによってストップウォッチタイム割り込みの有無を、ソフトウェアにより判断することができます。これらのフラグは割り込みマスキレジスタの設定にかかわらず、対応する割り込み要因の発生により"1"にセットされます。

これらのフラグは、"1"を書き込むことによって"0"にリセットされます。

割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

イニシャルリセット時、これらのフラグは"0"に設定されます。

4.10.8 プログラミング上の注意事項

- (1) ストップウォッチタイムのリセット後、割り込み要因フラグをリセットしてください。
- (2) データの読み出しは必ずSWD0～3 → SWD4～7 → SWD8～11の順に行ってください。
- (3) LAP入力によってホールドされたデータを読み出した場合は、SWD8～11の読み出しの後にキャプチャ更新フラグCRNWFの読み出しを行ってデータが更新されていないか確認してください。
- (4) 1Hzの割り込み処理よりLAP入力などの処理を優先する場合には、処理前にラップデータ桁上げ要求フラグLCURFの読み出しを行って桁上げが必要か確認してください。
- (5) 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

4.11.2 カウンタの基本動作

ここでは、各タイマを個々に8ビットタイマとして使用する場合の基本動作を説明します。

各タイマにはそれぞれ、8ビットのダウンカウンタとリロードデータレジスタが設けられています。

リロードデータレジスタRLDx0 ~ RLDx7(xはタイマ番号)はカウンタの初期値を設定するレジスタです。

ダウンカウンタは、リロードデータレジスタに設定された初期値を、タイマリセットビットPTRSTxへの"1"書き込みによってロードします。したがって、このロードされた初期値から入力クロックによるダウンカウントが行われます。

各タイマにはそれぞれ、RUN/STOPを制御するレジスタPTRUNxが設けられています。リロードデータをカウンタにプリセットした後、本レジスタに"1"を書き込むことによってダウンカウントを開始します。"0"を書き込むとクロックの入力が禁止され、カウントを停止します。

このRUN/STOPの制御はカウンタのデータには影響を与えません。カウントの停止中もカウンタのデータは保持されており、そのデータから継続してカウントを開始させることができます。

カウンタのデータ読み出しはデータバッファPTDx0 ~ PTDx7を介して行い、下位、上位4ビットずつソフトウェアにより任意のタイミングで読み出しが可能です。

ただし、このカウンタも計時タイマと同様に下位データ(PTDx0 ~ PTDx3)、上位データ(PTDx4 ~ PTDx7)読み出し間の桁下げを防止するため、下位データの読み出しにより上位データがホールドされるようになっています。したがって、データの読み出しは必ず下位データから先に行ってください。

カウンタはダウンカウントが進んでアンダーフローが発生すると、リロードデータレジスタに設定された初期値をリロードします。初期値をリロード後は、その初期値からダウンカウントを継続します。

このアンダーフロー信号はカウンタのリロードのほか、割り込みの発生、外部へのパルス(TOUT信号)出力、シリアルインタフェースへのクロック供給を制御します。

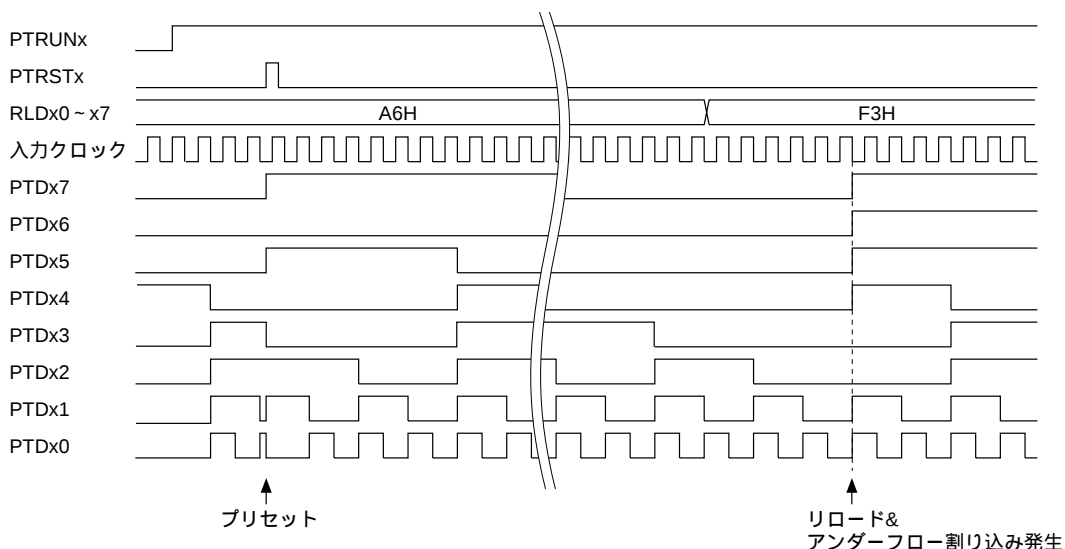


図4.11.2.1 カウンタの基本動作タイミング

4.11.3 入力クロックの設定

各タイマにはそれぞれ、プリスケアラが設けられています。プリスケアラはOSC1またはOSC3発振回路から供給される原振クロックを分周して、それぞれのタイマへの入力クロックを発生します。

原振クロックとプリスケアラの分周比は各タイマごとにソフトウェアで選択することができます。

入力クロックは以下の手順で設定します。

(1) 原振クロックの選択

それぞれのプリスケアラに入力する原振クロックを、OSC1とするかOSC3とするかを選択します。この選択は、原振クロック選択レジスタCKSELxによって行い、"0"を書き込むとOSC1、"1"を書き込むとOSC3が選択されます。

OSC3発振回路を原振とする場合は、プログラマブルタイマを使用する以前にOSC3発振回路をONさせる必要があります。

ただし、OSC3発振回路をONにしてから発振が安定するまでに5msec以上の時間を必要とします。したがって、プログラマブルタイマのカウンタ開始はOSC3発振ON後、十分な待ち時間をおいてから行ってください。

OSC3の制御方法と注意事項については"4.4 発振回路"を参照してください。イニシャルリセット時、OSC3発振回路はOFF状態に設定されます。

(2) プリスケアラ分周比の選択

それぞれのプリスケアラの分周比を4種類の中から選択します。この選択は、プリスケアラ分周比選択レジスタPTPSx0/PTPSx1によって行います。設定値と分周比は表4.11.3.1に示すとおり対応しています。

表4.11.3.1 プリスケアラ分周比の選択

PTPSx1	PTPSx0	プリスケアラ分周比
1	1	原振クロック / 256
1	0	原振クロック / 32
0	1	原振クロック / 4
0	0	原振クロック / 1

レジスタPTRUNxに"1"を書き込むことによって、原振クロックがプリスケアラに入力されます。これによって、選択した分周比のクロックがタイマに入力され、タイマがダウンカウントを開始します。

4.11.4 イベントカウンタモード(タイマ0)

タイマ0には、K13入力ポート端子に外部クロックを入力してカウントを行うイベントカウンタ機能があります。この機能は、タイマ0カウンタモード選択レジスタEVCNTに"1"を書き込むことによって選択されます。

イニシャルリセット時はEVCNTが"0"に設定され、タイマ0は内部クロックをカウントする通常のタイマとなります。

イベントカウンタモードでは、外部からタイマ0にクロックが供給されるため、タイマ0プリスケアラ分周比選択レジスタPTPS00、PTPS01およびプリスケアラ0原振クロック選択レジスタCKSEL0の設定は無効となります。ダウンカウントのタイミングは、タイマ0パルス極性選択レジスタPLPOLによって、立ち下がりがエッジまたは立ち上がりエッジのどちらかが選択できます。レジスタPLPOLに"0"を書き込んだ場合が立ち下がりがエッジ、"1"を書き込んだ場合が立ち上がりエッジとなり、図4.11.4.1に示すタイミングでダウンカウントが行われます。

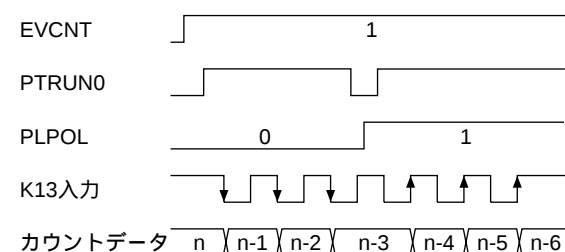


図4.11.4.1 イベントカウンタモードのタイミングチャート

イベントカウンタモードにはこのほかに、外部クロック (K13) 入力に対してチャタリング等のノイズを除去するノイズリジェクタ付加機能があります。この機能はタイマ0機能選択レジスタFCSELに"1"を書き込むことによって選択されます。

ノイズリジェクタ付きを選択した場合は確実なカウントを行うために、LOWレベル/HIGHレベル共に0.98msec*以上のパルス幅を確保する必要があります。ノイズリジェクタは、K13入力ポート端子の入力レベルが変化してから二度目の内部2,048Hz*信号の立ち下がりがエッジにて、カウンタへのクロック供給を許可します。したがって、確実に除去できるノイズのパルス幅は0.48msec*以下となります。(*はfosc1 = 32.768kHzの場合の値です。)

図4.11.4.2にノイズリジェクタ付加時のダウンカウントタイミングを示します。

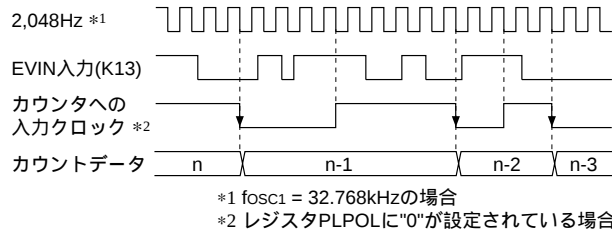


図4.11.4.2 ノイズリジェクタ付加時のダウンカウントタイミング

イベントカウンタモードの動作は、入力クロックが外部クロック (K13) となること以外は通常のタイマ動作と同等です。カウントの基本的な動作と制御については"4.11.2 カウンタの基本動作"を参照してください。

4.11.5 PWMモード(タイマ0, タイマ1)

タイマ0およびタイマ1にはPWM波形を生成する機能があります。この機能を使用する場合は、PTSEL0レジスタ タイマ0 またはPTSEL1レジスタ タイマ1 に"1"を書き込んで、タイマをPWMモードに設定します。PWM波形を制御するために、タイマ0およびタイマ1にはコンペアデータレジスタCDx0 ~ CDx7 (xはタイマ番号) が設けられています。PWMモードに設定すると、タイマはコンペアデータレジスタに設定したデータとカウントデータを比較し、一致した時点でコンペアマッチ信号を出力します。同時にコンペアマッチ割り込みも発生します。また、タイマの出力信号がアンダーフロー信号で立ち上がり、コンペアマッチ信号で立ち下がります。図4.11.5.1に示すように、リロードデータレジスタで出力信号の周期を、コンペアデータレジスタでデューティ比を制御してPWM波形を生成できます。ただし、RLD (リロードデータ) > CD (コンペアデータ) CD ≠ 0としておく必要があります。RLD = CDの場合、出力信号はアンダーフロー以降立ち下がることなく"1"に固定されます。

これによって生成したPWM信号はR02出力ポート端子から出力させることができます(4.11.8項参照)。

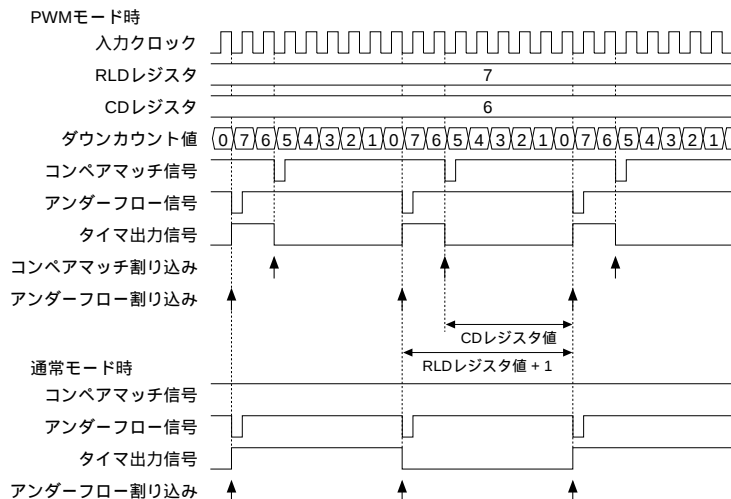


図4.11.5.1 PWM波形の生成

4.11.8 TOUT出力の設定

プログラマブルタイマは、アンダーフロー信号とコンペアマッチ信号によってTOUT信号を発生させることができます。通常モードのTOUT信号はアンダーフローを1/2分周した信号で、PWMモードの場合はタイマ0/1で生成するPWM信号になります。TOUT出力選択レジスタCHSEL0によって、どのタイマの出力を使用するか選択することができます。

表4.11.8.1 TOUT出力タイマの選択

CHSEL0	TOUT出力タイマ
1	タイマ1
0	タイマ0

16ビットタイマの出力からTOUT信号を生成する場合は、タイマ1を選択してください。

TOUT信号はR02出力ポート端子から出力させることができます。

R02出力ポートの構成を図4.11.8.1に示します。

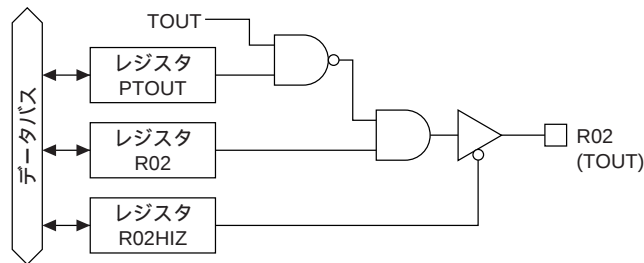


図4.11.8.1 R02の構成

TOUT信号はレジスタPTOUTによって出力制御が行われます。PTOUTに"1"を設定するとTOUT信号がR02出力ポート端子から出力され、"0"を設定するとHIGH(V_{DD})レベルが出力されます。このとき、データレジスタR02には常時"1"が、ハイインピーダンス制御レジスタR02HIZには常時"0"(データ出力)が設定されている必要があります。

なお、TOUT信号はレジスタPTOUTとは非同期に発生していますので、レジスタの設定による信号のON/OFF時には1/2サイクル以内のハザードが生じます。

図4.11.8.2にTOUT信号の出力波形を示します。

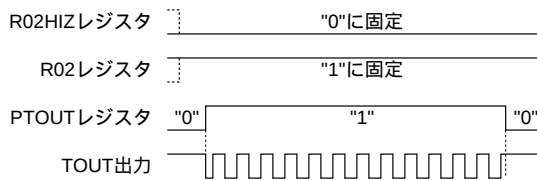


図4.11.8.2 TOUT信号の出力波形

4.11.9 シリアルインタフェースの転送速度設定

タイマ1のアンダーフローを1/2分周した信号をシリアルインタフェースのクロック源として使用することができます。

シリアルインタフェースへのクロックはタイマ1をRUN(PTRUN1="1")することにより出力されますので、PTOUTレジスタによる制御は不要です。

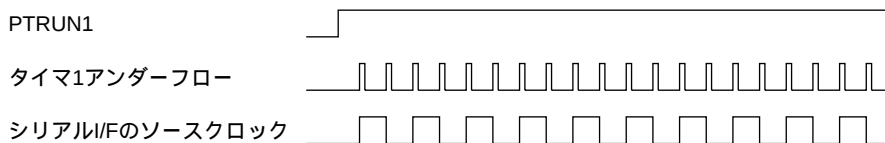


図4.11.9.1 シリアルインタフェースの同期クロック

転送速度に対するレジスタRLD1xへの設定値は次式ようになります。

$$RLD1x = f_{osc} / (2 * bps * \text{プリスケアラ分周比}) - 1$$

fosc: 発振周波数(OSC1/OSC3)

bps: 転送速度

(RLD1xには00Hも設定可能)

OSC3を原振として使用する場合、シリアルインタフェースのクロック周波数は最大1MHzに制限されますので注意してください。

4.11.10 プログラマブルタイムのI/Oメモリ

表4.11.10.1にプログラマブルタイムの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.11.10.1(a) プログラマブルタイムの制御ビット

アドレス	レジスタ				Name	Init *1	1	0	注 釈
	D3	D2	D1	D0					
FFC0H	MOD16	EVCNT	FCSEL	PLPOL	MOD16	0	16bit	8bit	16ビットモード選択
					EVCNT	0	Event ct.	Timer	タイマ0カウンタモード選択
	R/W				FCSEL	0	With NR	No NR	タイマ0機能選択(イベントカウンタモード時)
					PLPOL	0	┐	┘	タイマ0パルス極性選択(イベントカウンタモード時)
FFC1H	0	0	CHSEL0	PTOUT	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R		R/W		CHSEL0	0	Timer 1	Timer 0	TOUT出力選択
					PTOUT	0	On	Off	TOUT出力制御
FFC2H	0	0	CKSEL1	CKSEL0	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R		R/W		CKSEL1	0	OSC3	OSC1	プリスケアラ1原振クロック選択
					CKSEL0	0	OSC3	OSC1	プリスケアラ0原振クロック選択
FFC3H	PTPS01	PTPS00	PTRST0	PTRUN0	PTPS01	0			プリスケアラ0 [PTPS01, 00] 0 1 2 3 分周比選択 分周比 1/1 1/4 1/32 1/256
					PTPS00	0			
	R/W		W	R/W	PTRST0 *3	—*2	Reset	Invalid	タイマ0リセット(リロード)
					PTRUN0	0	Run	Stop	タイマ0 Run/Stop
FFC4H	PTPS11	PTPS10	PTRST1	PTRUN1	PTPS11	0			プリスケアラ1 [PTPS11, 10] 0 1 2 3 分周比選択 分周比 1/1 1/4 1/32 1/256
					PTPS10	0			
	R/W		W	R/W	PTRST1 *3	—*2	Reset	Invalid	タイマ1リセット(リロード)
					PTRUN1	0	Run	Stop	タイマ1 Run/Stop
FFC6H	RLD03	RLD02	RLD01	RLD00	RLD03	0			MSB
					RLD02	0			
	R/W				RLD01	0			プログラマブルタイム0リロードデータ(下位4ビット)
					RLD00	0			LSB
FFC7H	RLD07	RLD06	RLD05	RLD04	RLD07	0			MSB
					RLD06	0			
	R/W				RLD05	0			プログラマブルタイム0リロードデータ(上位4ビット)
					RLD04	0			LSB
FFC8H	RLD13	RLD12	RLD11	RLD10	RLD13	0			MSB
					RLD12	0			
	R/W				RLD11	0			プログラマブルタイム1リロードデータ(下位4ビット)
					RLD10	0			LSB
FFC9H	RLD17	RLD16	RLD15	RLD14	RLD17	0			MSB
					RLD16	0			
	R/W				RLD15	0			プログラマブルタイム1リロードデータ(上位4ビット)
					RLD14	0			LSB
FFCCH	PTD03	PTD02	PTD01	PTD00	PTD03	0			MSB
					PTD02	0			
	R				PTD01	0			プログラマブルタイム0データ(下位4ビット)
					PTD00	0			LSB
FFCDH	PTD07	PTD06	PTD05	PTD04	PTD07	0			MSB
					PTD06	0			
	R				PTD05	0			プログラマブルタイム0データ(上位4ビット)
					PTD04	0			LSB
FFCEH	PTD13	PTD12	PTD11	PTD10	PTD13	0			MSB
					PTD12	0			
	R				PTD11	0			プログラマブルタイム1データ(下位4ビット)
					PTD10	0			LSB
FFCFH	PTD17	PTD16	PTD15	PTD14	PTD17	0			MSB
					PTD16	0			
	R				PTD15	0			プログラマブルタイム1データ(上位4ビット)
					PTD14	0			LSB
FFD2H	CD03	CD02	CD01	CD00	CD03	0			MSB
					CD02	0			
	R/W				CD01	0			プログラマブルタイム0コンペアデータ(下位4ビット)
					CD00	0			LSB

*1 イニシャルリセット時の初期値

*3 読み出し時は常時"0"

*2 回路上設定されない

表4.11.10.1(b) プログラマブルタイムの制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FFD3H	CD07	CD06	CD05	CD04	CD07	0			MSB プログラマブルタイム0コンペアデータ(上位4ビット) LSB
					CD06	0			
					CD05	0			
					CD04	0			
FFD4H	CD13	CD12	CD11	CD10	CD13	0			MSB プログラマブルタイム1コンペアデータ(下位4ビット) LSB
					CD12	0			
					CD11	0			
					CD10	0			
FFD5H	CD17	CD16	CD15	CD14	CD17	0			MSB プログラマブルタイム1コンペアデータ(上位4ビット) LSB
					CD16	0			
					CD15	0			
					CD14	0			
FFD8H	0	0	PTSEL1	PTSEL0	0 *3	- *2			未使用 未使用 プログラマブルタイム1 PWM出力選択 プログラマブルタイム0 PWM出力選択
					0 *3	- *2			
					PTSEL1	0	PWM	Normal	
					PTSEL0	0	PWM	Normal	
FFE0H	0	0	ECTC1	ECTC0	0 *3	- *2			未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(タイマ1コンペアマッチ) 割り込みマスクレジスタ(タイマ0コンペアマッチ)
					0 *3	- *2			
					ECTC1	0	Enable	Mask	
					ECTC0	0	Enable	Mask	
FFE1H	0	0	EIPT1	EIPT0	0 *3	- *2			未使用 未使用 割り込みマスクレジスタ(タイマ1アンダーフロー) 割り込みマスクレジスタ(タイマ0アンダーフロー)
					0 *3	- *2			
					EIPT1	0	Enable	Mask	
					EIPT0	0	Enable	Mask	
FFF0H	0	0	ICTC1	ICTC0	0 *3	- *2	(R)	(R)	未使用 未使用 割り込み要因フラグ(タイマ1コンペアマッチ) 割り込み要因フラグ(タイマ0コンペアマッチ)
					0 *3	- *2	Yes	No	
					ICTC1	0	(W)	(W)	
					ICTC0	0	Reset	Invalid	
FFF1H	0	0	IPT1	IPT0	0 *3	- *2	(R)	(R)	未使用 未使用 割り込み要因フラグ(タイマ1アンダーフロー) 割り込み要因フラグ(タイマ0アンダーフロー)
					0 *3	- *2	Yes	No	
					IPT1	0	(W)	(W)	
					IPT0	0	Reset	Invalid	

*1 イニシャルリセット時の初期値

*3 読み出し時は常時"0"

*2 回路上設定されない

- CKSEL0: プリスケアラ0原振クロック選択レジスタ(FFC2H・D0)
CKSEL1: プリスケアラ1原振クロック選択レジスタ(FFC2H・D1)
プリスケアラの原振クロックを選択します。

"1"書き込み: OSC3クロック

"0"書き込み: OSC1クロック

読み出し: 可能

プリスケアラの原振クロックをOSC1とするかOSC3とするかを選択します。CKSELxに"0"を書き込んだ場合はタイマxの入力クロックとしてOSC1、"1"を書き込んだ場合はOSC3が選択されます。

なお、タイマ0のイベントカウンタモードを選択している場合はCKSEL0の設定は無効となります。

タイマ0とタイマ1を16ビットタイマとして使用する場合、CKSEL1の設定は無効となります。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- PTPS00, PTPS01: タイマ0プリスケラ分周比選択レジスタ(FFC3H・D2, D3)
PTPS10, PTPS11: タイマ1プリスケラ分周比選択レジスタ(FFC4H・D2, D3)
各タイマのプリスケラ分周比を表4.11.10.2のとおり設定します。

表4.11.10.2 プリスケラ分周比の選択

PTPSx1	PTPSx0	プリスケラ分周比
1	1	原振クロック / 256
1	0	原振クロック / 32
0	1	原振クロック / 4
0	0	原振クロック / 1

なお、タイマ0のイベントカウンタモードを選択している場合、PTPS00、PTPS01の設定は無効となります。
タイマ0とタイマ1を16ビットタイマとして使用する場合、PTPS10、PTPS11の設定は無効となります。
イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- MOD16: 16ビットモード選択レジスタ(FFC0H・D3)
タイマ0と1を16ビットタイマとして使用するか、8ビットタイマ×2として使用するか選択します。

"1"書き込み: 16ビットタイマ
"0"書き込み: 8ビットタイマ
読み出し: 可能

MOD16に"1"を書き込んだ場合はタイマ0を下位バイト、タイマ1を上位バイトとして16ビットタイマが構成されます。制御はタイマ0のレジスタで行います。"0"を書き込んだ場合、タイマ0とタイマ1はそれぞれ独立した8ビットタイマとして動作します。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- EVCNT: タイマ0カウンタモード選択レジスタ(FFC0H・D2)
タイマ0のカウンタモードを選択します。

"1"書き込み: イベントカウンタモード
"0"書き込み: タイマモード
読み出し: 可能

タイマ0をイベントカウンタとして使用するか、タイマとして使用するかを選択します。EVCNTに"1"を書き込んだ場合はイベントカウンタモード、"0"を書き込んだ場合はタイマモードがそれぞれ選択されます。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- FCSEL: タイマ0機能選択レジスタ(FFC0H・D1)
イベントカウンタモードのクロック入力回路にノイズリジェクタを付加するかしないか選択します。

"1"書き込み: ノイズリジェクタ付き
"0"書き込み: ノイズリジェクタなし
読み出し: 可能

FCSELに"1"を書き込んだ場合はノイズリジェクタが付加され、0.98msec*以上のパルス幅の外部クロック(K13)によってカウントが行われます。ノイズリジェクタは、K13入力ポート端子の入力レベルが変化してから二度目の内部2,048Hz*信号の立ち下がりエッジにて、カウンタへのクロック供給を許可します。したがって、確実に除去できるノイズのパルス幅は0.48msec*以下となります。(*はfosc1 = 32.768kHzの場合の値です。)

また、FCSELに"0"を書き込んだ場合はノイズリジェクタは付加されず、K13入力ポート端子に入力される外部クロックによって直接カウントが行われます。

このレジスタの設定は、タイマ0をイベントカウンタモードで使用する場合にのみ有効です。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- PLPOL: タイマ0パルス極性選択レジスタ(FFC0H・D0)
イベントカウンタのカウンタパルス極性を選択します。

"1"書き込み: 立ち上がりエッジ
"0"書き込み: 立ち下がりエッジ
読み出し: 可能

イベントカウンタモード(タイマ0)のカウンタのタイミングをK13入力ポート端子に入力される外部クロックの立ち下がりエッジとするか、立ち上がりエッジとするかを選択します。

PLPOLに"0"を書き込んだ場合は立ち下がりエッジ、"1"を書き込んだ場合は立ち上がりエッジがそれぞれ選択されます。

このレジスタの設定は、タイマ0をイベントカウンタモードで使用する場合にのみ有効です。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- PTSEL0: タイマ0 PWMモード選択レジスタ(FFD8H・D0)
PTSEL1: タイマ1 PWMモード選択レジスタ(FFD8H・D1)
タイマ0と1をPWM出力用に設定します。

"1"書き込み: PWM出力
"0"書き込み: 通常出力
読み出し: 可能

PTSELxに"1"を書き込むとコンペアデータレジスタが有効となり、アンダーフロー信号とコンペアマッチ信号を使用してPWM波形が生成されます。"0"を書き込んだ場合、アンダーフロー信号のみを使用した通常の出力が行われます。タイマ0とタイマ1を16ビットタイマとして使用する場合、PTSEL1の設定は無効となります。イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- RLD00 ~ RLD07: タイマ0リロードデータレジスタ(FFC6H, FFC7H)
RLD10 ~ RLD17: タイマ1リロードデータレジスタ(FFC8H, FFC9H)

カウンタの初期値を設定します。

本レジスタに設定したリロードデータがそれぞれのカウンタにロードされ、それを初期値としてダウンカウンタが行われます。

リロードデータがカウンタにロードされる条件はPTRSTxに"1"を書き込んでプリセットを行う場合と、カウンタのアンダーフローによって自動的にリロードが行われる場合です。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"00H"に設定されます。

- PTD00 ~ PTD07: タイマ0カウンタデータ(FFCCH, FFCDH)
PTD10 ~ PTD17: タイマ1カウンタデータ(FFCEH, FFCFH)
プログラマブルタイマのデータが読み出せます。

タイマxのカウンタデータの下位4ビットがPTDx0 ~ PTDx3、上位4ビットがPTDx4 ~ PTDx7から読み出せます。下位4ビットの読み出しにより上位4ビットのホールド機能が働きますので、読み出しは必ず下位4ビットから先に行ってください。本ビットは読み出し専用のため、書き込み動作は無効となります。

イニシャルリセット時、各カウンタデータは"00H"に設定されます。

- CD00 ~ CD07: タイマ0コンペアデータレジスタ(FFD2H, FFD3H)
CD10 ~ CD17: タイマ1コンペアデータレジスタ(FFD4H, FFD5H)

PWM出力用のコンペアデータを設定します。

タイマをPWMモードに設定すると、本レジスタに設定したコンペアデータがカウンタのデータと比較され、一致した場合にコンペアマッチ信号が出力されます。その信号により割り込みが発生するとともにPWM波形のデューティ比が制御されます。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"00H"に設定されます。

- PTRST0: タイマ0リセット(リロード)(FFC3H・D1)
PTRST1: タイマ1リセット(リロード)(FFC4H・D1)
タイマをリセットし、リロードデータをカウンタにプリセットします。

"1"書き込み: リセット
"0"書き込み: ノーオペレーション
読み出し: 常時"0"

PTRSTxに"1"を書き込むことによって、RLDx0 ~ RLDx7のリロードデータがタイマxのカウンタにプリセットされます。カウンタがRUN状態のときにプリセットを行うとリロードデータのプリセット直後にリスタートします。また、STOP状態の場合はプリセットされたリロードデータがそのまま保持されます。

"0"の書き込みはノーオペレーションとなります。

本ビットは書き込み専用のため、読み出しは常時"0"となります。

- PTRUN0: タイマ0 RUN/STOP制御レジスタ(FFC3H・D0)
PTRUN1: タイマ1 RUN/STOP制御レジスタ(FFC4H・D0)
カウンタのRUN/STOPを制御します。

"1"書き込み: RUN
"0"書き込み: STOP
読み出し: 可能

タイマxのカウンタはPTRUNxに"1"を書き込むことによってダウncountを開始し、"0"の書き込みにより停止します。

STOP状態ではリセットか次にRUN状態にするまで、カウンタのデータは保持されます。また、STOP状態からRUN状態にすることによって、保持していたデータから継続してカウントを進めることができます。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- CHSEL0: TOUT出力選択レジスタ(FFC1H・D1)
TOUT信号を出力させるタイマを選択します。

"1"書き込み: タイマ1
"0"書き込み: タイマ0
読み出し: 可能

TOUT信号にタイマ0の出力を使用するか、タイマ1の出力を使用するかを選択します。CHSEL0に"0"を書き込んだ場合はタイマ0、"1"を書き込んだ場合はタイマ1がそれぞれ選択されます。

16ビットモード時(MOD16="1")は、このレジスタの設定にかかわらず常にタイマ1が選択されます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- PTOUT: TOUT出力制御レジスタ(FFC1H・D0)
TOUT信号の出力制御を行います。

"1"書き込み: ON
"0"書き込み: OFF
読み出し: 可能

PTOUTはTOUT信号の出力制御レジスタで、"1"を設定するとTOUT信号がR02出力ポート端子から出力され、"0"を設定するとHIGHレベル(VDD)が出力されます。このとき、データレジスタR02には常時"1"が、ハイインピーダンス制御レジスタR02HIZには常時"0"(データ出力)が設定されている必要があります。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- EIPT0, ECTC0: タイマ0割り込みマスクレジスタ (FFE1H・D0, FFE0H・D0)
EIPT1, ECTC1: タイマ1割り込みマスクレジスタ (FFE1H・D1, FFE0H・D1)
プログラマブルタイムの割り込みについて、マスクするかしないかを選択します。

"1"書き込み: イネーブル

"0"書き込み: マスク

読み出し: 可能

EIPTx, ECTCxはそれぞれタイマxのアンダーフロー、コンペアマッチの割り込み要因に対応する割り込みマスクレジスタで、"1"に設定した割り込みが許可され、"0"に設定した割り込みが禁止されます。
イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- IPT0, ICTC0: タイマ0割り込み要因フラグ (FFF1H・D0, FFF0H・D0)
IPT1, ICTC1: タイマ1割り込み要因フラグ (FFF1H・D1, FFF0H・D1)
プログラマブルタイム割り込みの発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: 割り込み有

"0"読み出し: 割り込み無

"1"書き込み: 要因フラグをリセット

"0"書き込み: 無効

IPTx, ICTCxはそれぞれタイマxのアンダーフロー、コンペアマッチの割り込みに対応する割り込み要因フラグで、それぞれの要因の発生により"1"にセットされます。

アンダーフロー割り込み要因は、カウンタがアンダーフローしたところで発生します。

コンペアマッチ割り込み要因は、タイマをPWMモードに設定している場合にカウンタのデータとコンペアデータが一致すると発生します。

これらのフラグによってプログラマブルタイム割り込みの有無を、ソフトウェアで判断することができます。ただし、これらのフラグは割り込みをマスクしていても、対応するタイマのアンダーフロー/コンペアマッチで"1"にセットされます。

これらのフラグは、"1"を書き込むことによって"0"にリセットされます。

割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可 (Iフラグ="1") に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット ("1"書き込み) を行ってください。

イニシャルリセット時、これらのフラグは"0"に設定されます。

4.11.11 プログラミング上の注意事項

- (1)カウンタデータの読み出しは必ず下位4ビット(PTDx0 ~ PTDx3)から先に行ってください。また、下位4ビットの読み出し時に上位4ビット(PTDx4 ~ PTDx7)はラッチされません。したがって、下位4ビットと上位4ビットの読み出しの時間差は0.73msec($f_{osc1} = 32.768\text{kHz}$ の場合)以下としてください。なお、CPUをOSC1クロック、プログラマブルタイムをOSC3クロックで動作させている場合は、タイマを停止させてからカウンタデータを読み出してください。OSC1クロックで動作しているCPUが下位4ビットと上位4ビットを2命令で読み出す間に、OSC3クロックによるカウントは表4.11.11.1に示す値だけ変化します。

表4.11.11.1 OSC1クロックによる下位-上位データ読み出し間のOSC3クロックによるカウント変化

カウントクロック	読み出し間のカウント変化
OSC3/1	0200H
OSC3/4	001AH
OSC3/32	0002H

16ビットタイマのカウンタデータは、必ず次の順序で読み出してください。

PTD00 ~ PTD03 → PTD04 ~ PTD07 → PTD10 ~ PTD13 → PTD14 ~ PTD17

- (2)プログラマブルタイムはレジスタPTRUNxへの書き込みに対して、入力クロックの立ち下がりがエッジに同期して実際にRUN/STOP状態となります。
したがって、PTRUNxに"0"を書き込んだ場合は、"-1"余分にカウントしたところでタイマが停止状態となります。また、このときPTRUNxは実際にタイマがSTOP状態となるまで、読み出しに対して"1"を保持します。
図4.11.11.1にRUN/STOP制御のタイミングチャートを示します。

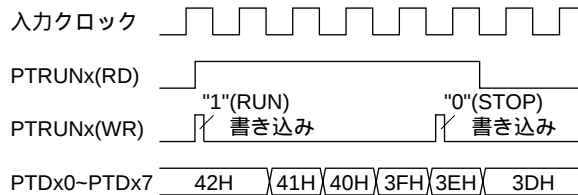


図4.11.11.1 RUN/STOP制御のタイミングチャート

なお、これについてはイベントカウンタも対象となるため、RUN/STOPレジスタ PTRUN0 を設定後にクロック入力がない場合、カウンタ回路は実際にはRUN/STOP状態になりませんので注意してください。

- (3)TOUT信号は出力制御レジスタPTOUTとは非同期に発生していますので、PTOUTの設定による信号のON/OFF時には1/2サイクル以内のハザードが生じます。
- (4)OSC3発振回路を原振とする場合は、プログラマブルタイムを使用する以前にOSC3発振回路をONさせる必要があります。
ただし、OSC3発振回路をONにしてから発振が安定するまでに5msec以上の時間を必要とします。したがって、プログラマブルタイムのカウント開始はOSC3発振ON後、充分な待ち時間をおいてから行ってください。OSC3の制御方法と注意事項については"4.4 発振回路"を参照してください。イニシャルリセット時、OSC3発振回路はOFF状態に設定されます。
- (5)割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

- (6)プログラマブルタイマ動作中にプログラマブルタイマ割り込み発生間隔を変更する場合、以下の理由によりリロードデータを書き込むタイミングに注意が必要です。

プログラマブルタイマは入力クロックの立ち下がりがエッジでダウンカウントを行い、そこでアンダーフローが発生した場合は同時に割り込みを発生します。その後、リロードデータをカウンタにセットする動作を開始し、入力クロックの次の立ち上がりエッジでカウンタデータが確定します(の区間)。

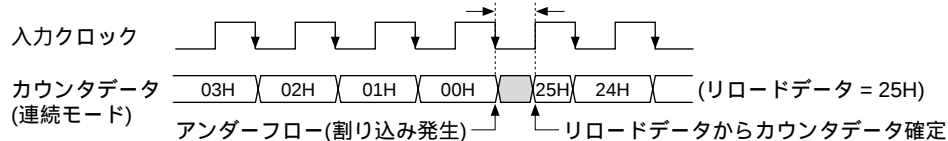


図4.11.11.2 プログラマブルタイマリロードタイミング

リロードデータを正しくカウンタにセットするために、割り込み発生後は の区間を含め、カウンタデータが確定するまではリロードデータの書き換えを行わないでください。入力クロックの源振にOSC1(低速クロック)を使用し、CPUがOSC3(高速クロック)で動作している場合は、特に注意が必要です。

4.12 シリアルインタフェース(SIN, SOUT, SCLK, SRDY)

4.12.1 シリアルインタフェースの構成

S1C63654はクロック同期型の8ビットシリアルインタフェースを内蔵しています。

図4.12.1.1にシリアルインタフェースの構成を示します。

CPUはSIN端子より入力されたシリアルデータを8ビットのシフトレジスタを介して読み取ることができます。また、同じ8ビットのシフトレジスタを介してパラレルデータをシリアル変換し、SOUT端子に出力することができます。

シリアルデータを入出力するための同期クロックは、マスタモード(内部クロックモード: 本CPUがシリアル入出力のマスタとなる場合)8種類とスレーブモード(外部クロックモード: 本CPUがシリアル入出力のスレーブとなる場合)1種類の中から1つをソフトウェアにより選択できます。

また、本シリアルインタフェースをスレーブモードで使う場合には、シリアルインタフェースが送受信可能かどうかを示すSRDY信号を出力端子SRDYに出力します。

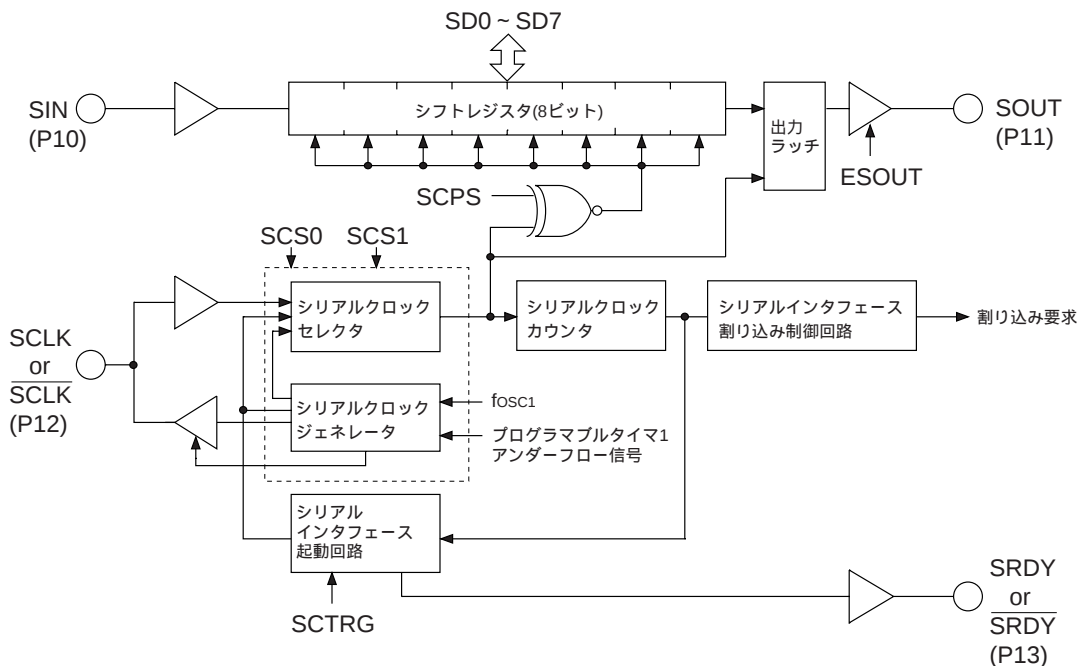


図4.12.1.1 シリアルインタフェースの構成

シリアルインタフェースの入出力ポートは入出力兼用ポート(P10~P13)と兼用されており、シリアルインタフェースとして使用する場合はソフトウェアによって機能の切り換えを行います。

P10~P13端子とシリアル入出力との対応は以下のとおりです。

マスタモード: P10 = SIN(I) P11 = SOUT(O) P12 = SCLK(O) P13 = 入出力兼用ポート(I/O)
スレーブモード: P10 = SIN(I) P11 = SOUT(O) P12 = SCLK(I) P13 = SRDY(O)

P11ポートからのSOUT出力はESOUTレジスタに"1"を書き込んだ場合に有効で、"0"の場合はP11が入出力兼用ポートとして機能します。

注: イニシャルリセット時、P10~P13は入出力兼用ポートに設定されます。

シリアルインタフェースを使用する場合は、初期化ルーチンの中で機能の切り換え(ESIF = "1", ESOUT = "1")を行ってください。

4.12.2 マスクオプション

(1) 端子仕様

シリアルインタフェースの入出力端子は入出力兼用ポート(P10～P13)と兼用されているため、入出力兼用ポートの端子仕様を選択するマスクオプションがシリアルインタフェースにも適用されます。

シリアルインタフェースの入出力ポートの中で出力として使用されるSOUT端子、SCLK端子(マスタモード時)、SRDY端子(スレーブモード時)の出力仕様がそれぞれP11、P12、P13のマスクオプションで設定されます。出力仕様として、コンプリメンタリ出力またはPチャンネルオープンドレイン出力のいずれかが選択できます。ただし、Pチャンネルオープンドレイン出力を選択した場合でも、端子に電源電圧を越える電圧を印加することは禁止します。

また、入力として使用されるSIN端子、SCLK端子(スレーブモード時)のプルダウン抵抗の有無および入力仕様をマスクオプションで選択できます。プルダウン抵抗の有無はP10、P12のマスクオプションで選択できます。"プルダウンなし"を選択した場合には、フローティング状態が発生しないように注意してください。

(2) 同期クロックおよびレディ信号の極性

同期クロックおよびスレーブモード時に出力されるレディ信号を正極性(アクティブHIGH)とするか負極性(アクティブLOW)とするか選択できます(SCLK & SRDYまたは $\overline{\text{SCLK}}$ & $\overline{\text{SRDY}}$)。

スレーブモードで動作させる場合、同期クロックを外部デバイスから入力します。この場合に負極性を選択しても、端子仕様はプルダウンのみで、プルアップ抵抗は内蔵できませんので注意してください。

なお、以下の説明は基本的に正極性(SCLK、SRDY)を選択したものとして行います。

4.12.3 シリアルインタフェースのマスタモードとスレーブモード

S1C63654のシリアルインタフェースは、マスタモードとスレーブモードの2種類の動作モードを持っています。マスタモードでは内蔵シフトレジスタの同期クロックとして内部クロックを使用し、この内部クロックをSCLK(P12)端子に出力し、外部の(スレーブ側の)シリアル入出力回路を制御することができます。スレーブモードでは、外部の(マスタ側の)シリアル入出力回路より出力される同期クロックをSCLK(P12)端子より入力し、本CPU内蔵のシリアルインタフェースの同期クロックとして使用することができます。

マスタモードとスレーブモードは、レジスタSCS0とSCS1にデータを書き込むことによって切り換えることができます。表4.12.3.1に示すように、マスタモードにした場合は、同期クロックとして3種類の中の1つを選択することができます。

表4.12.3.1 同期クロック選択

SCS1	SCS0	モード	同期クロック
1	1	マスタモード	OSC1
1	0		OSC1 /2
0	1		プログラマブルタイマ*
0	0	スレーブモード	外部クロック*

* クロック周波数は最大1MHzに制限されます。

プログラマブルタイマを選択した場合は、プログラマブルタイマ(タイマ1)のアンダーフロー信号を1/2分周した信号が同期クロックとして使用されます。この場合、シリアルインタフェースを動作させる前にプログラマブルタイマの制御が必要です。プログラマブルタイマについては"4.11 プログラマブルタイマ"を参照してください。

イニシャルリセット時はスレーブモード(外部クロックモード)が選択されます。

また、同期クロックは、8ビットシリアルデータの入出力に伴い次のように制御されています。

- マスタモードでは、SCLK(P12)端子よりクロックが8個出力されると自動的にクロック出力を停止し、SCLK(P12)端子はLOW(マスクオプションで負極性を選択している場合はHIGH)に固定されます。
- スレーブモードでは、SCLK(P12)端子よりクロックが8個入力されると以降のクロック入力はマスクされます。

基本的なシリアル入出力部の接続例を図4.12.3.1に示します。

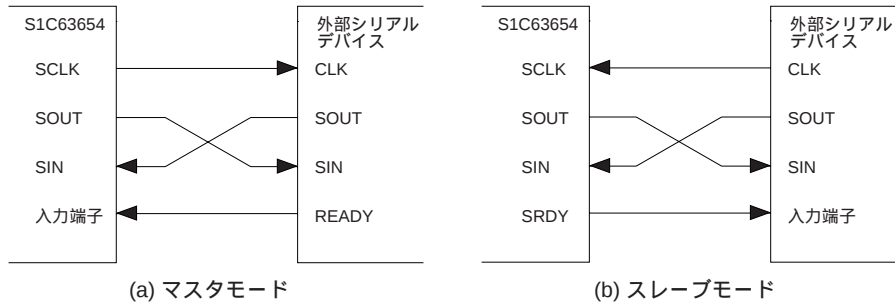


図4.12.3.1 基本的なシリアル入出力部の接続例

4.12.4 データの入出力と割り込み

S1C63654のシリアルインタフェースは、内部の8ビットシフトレジスタを介してデータの入出力をすることができます。シフトレジスタのシフト動作は、SCLK(P12)端子より出力される(マスタモード)同期クロックか、SCLK(P12)端子に入力される(スレーブモード)同期クロックに同期して動作します。シリアルインタフェースは8ビットのシリアルデータの入出力があると割り込みを発生します。シリアルデータの入出力の検出は同期クロックSCLKをカウントすることで行っており、クロックが8個(8周期分)カウントされた時点で終了と判断して割り込みを発生します。以下にシリアルデータの入出力方法について説明します。

(1) シリアルデータの出力と割り込み

S1C63654のシリアルインタフェースは8ビット単位でパラレルデータをシリアル出力することができます。パラレルデータをデータレジスタSD0 ~ SD3(FF72H)とSD4 ~ SD7(FF73H)にセットし、SCTRGビット(FF70H・D1)を"1"にセットすると、同期クロックに同期してSOUT(P11)端子にシリアルデータが出力されます。このとき、同期クロックはマスタモードでは内部クロックがSCLK(P12)端子に出力され、スレーブモードでは外部クロックがSCLK(P12)端子より入力されます。データのシフトタイミングは次のとおりです。

- 同期クロックに正極性を選択した場合(マスクオプション)
SOUT(P11)端子のシリアル出力はSCLK(P12)端子から入力、または出力されるクロックの立ち上がりエッジで変化します。また、シフトレジスタのデータは、SCPSレジスタが"1"のときはSCLK信号の立ち上がりでシフトし、SCPSレジスタが"0"のときはSCLK信号の立ち下がりでシフトします。
- 同期クロックに負極性を選択した場合(マスクオプション)
SOUT(P11)端子のシリアル出力はSCLK(P12)端子から入力、または出力されるクロックの立ち下がりエッジで変化します。また、シフトレジスタのデータは、SCPSレジスタ(FF71H・D2)が"1"のときはSCLK信号の立ち下がりでシフトし、SCPSレジスタが"0"のときはSCLK信号の立ち上がりでシフトします。

SD0からSD7までの8ビットのデータを出力し終わると割り込み要因フラグISIF(FFF2H・D0)がセットされ、割り込みが発生します。なお、割り込みマスクレジスタEISIF(FFE2H・D0)によって割り込みを禁止することもできます。ただし、割り込み要因フラグは割り込みマスクレジスタの設定にかかわらず、8ビットデータの出力後"1"にセットされます。

(2) シリアルデータの入力と割り込み

S1C63654のシリアルインタフェースは8ビット単位でシリアルデータをパラレルデータとして入力することができます。シリアルデータはSIN(P10)端子より入力され、同期クロックに同期してCPU内部の8ビットシフトレジスタに順次取り込まれます。同期クロックは、(1)で説明したとおりマスタモードでは内部クロックが使われ、スレーブモードでは外部クロックが使われます。データのシフトタイミングは次のとおりです。

- 同期クロックに正極性を選択した場合(マスクオプション)
内蔵シフトレジスタへのシリアルデータは、SCPSレジスタが"1"のときはSCLK信号の立ち上がりで取り込まれ、SCPSレジスタが"0"のときはSCLK信号の立ち下がりで取り込まれます。シリアルデータが取り込まれるとともに、シフトレジスタ内のデータは順次シフトされます。
- 同期クロックに負極性を選択した場合(マスクオプション)
内蔵シフトレジスタへのシリアルデータは、SCPSレジスタが"1"のときはSCLK信号の立ち下がりで取り込まれ、SCPSレジスタが"0"のときはSCLK信号の立ち上がりで取り込まれます。シリアルデータが取り込まれるとともに、シフトレジスタ内のデータは順次シフトされます。

SD0からSD7までの8ビットのデータを入力し終わると割り込み要因フラグISIFがセットされ、割り込みが発生します。なお、割り込みマスクレジスタEISIFによって割り込みを禁止することもできます。ただし、割り込み要因フラグは割り込みマスクレジスタの設定にかかわらず、8ビットデータの入力後"1"にセットされます。シフトレジスタに入力されたデータは、レジスタSD0～SD7からソフトウェアによって読み出すことができます。

(3) シリアルデータの入出力順列

S1C63654はレジスタSDR(FF71H・D3)によりシリアルデータの入出力の順列をLSBを先頭にするかMSBを先頭にするかを切り換えることができます。LSBを先頭にした場合とMSBを先頭にした場合のブロック図を図4.12.4.1に示します。SDPの設定はSD0～SD7にデータを設定する前に行ってください。



図4.12.4.1 シリアルデータの入出力順列

(4) SRDY信号

S1C63654のシリアルインタフェースをスレープモード(外部クロックモード)で使用する場合には、マスタ側(外部の)シリアル入出力回路に対してCPU内部のシリアルインタフェースが送受信可能かどうかを伝えるためのSRDY信号をSRDY(P13)端子より出力することができます。SRDY信号の出力タイミングは次のとおりです。

- 正極性を選択した場合(マスクオプション)
SRDY信号はS1C63654のシリアル入出力回路が送信または受信可能な状態になったときに"1"(HIGH)となり、通常は"0"(LOW)となっています。
SRDY信号はSCTRGに"1"を書き込んだ直後に"0"から"1"に変化し、SCLK(P12)端子に"1"が入力されると送信または受信を開始すると"1"から"0"に戻ります。
また、シフトレジスタの上位ワード(SD4～SD7)に対してデータを読み出ししたり、書き込んだりするとSRDY信号は"0"に戻ります。
- 負極性を選択した場合(マスクオプション)
SRDY信号はS1C63654のシリアル入出力回路が送信または受信可能な状態になったときに"0"(LOW)となり、通常は"1"(HIGH)となっています。
SRDY信号はSCTRGに"1"を書き込んだ直後に"1"から"0"に変化し、SCLK(P12)端子に"0"が入力されると送信または受信を開始すると"0"から"1"に戻ります。
また、シフトレジスタの上位ワード(SD4～SD7)に対してデータを読み出ししたり、書き込んだりするとSRDY信号は"1"に戻ります。

(5) タイミングチャート

S1C63654のシリアルインタフェースのタイミングチャートを図4.12.4.2および図4.12.4.3に示します。

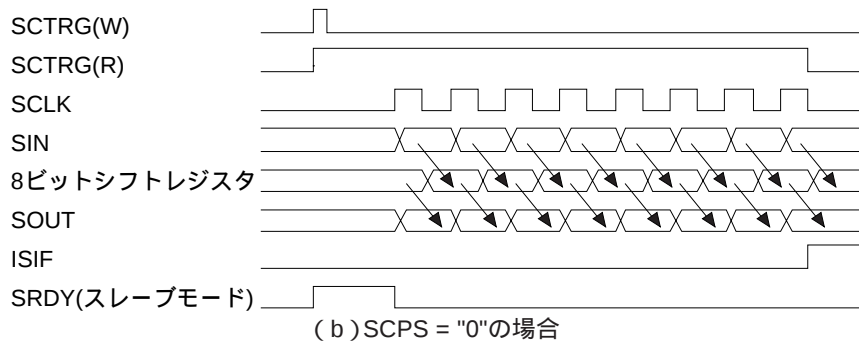
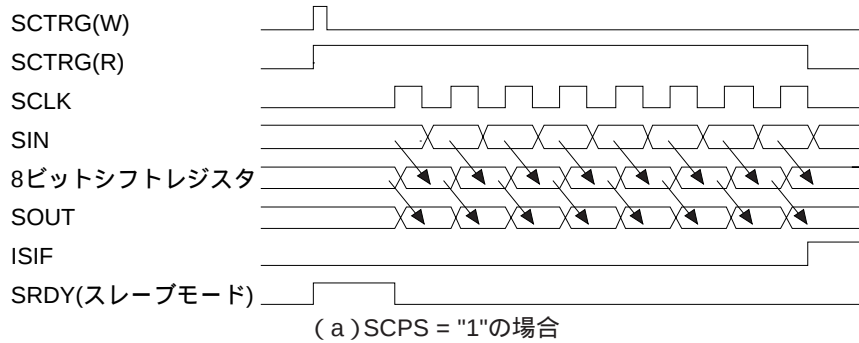


図4.12.4.2 シリアルインタフェースのタイミングチャート(同期クロックが正極性SCLKの場合)

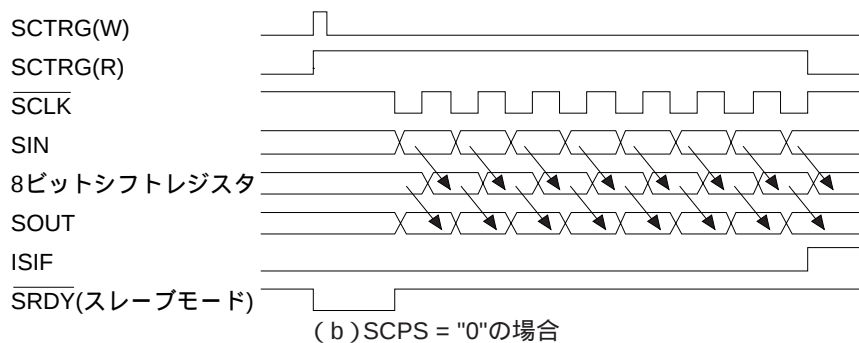
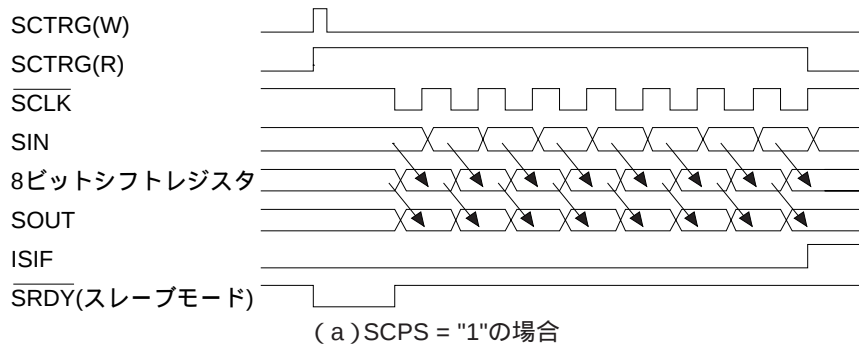


図4.12.4.3 シリアルインタフェースのタイミングチャート(同期クロックが負極性SCLKの場合)

4.12.5 シリアルインタフェースのI/Oメモリ

表4.12.5.1にシリアルインタフェースの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.12.5.1 シリアル入出力ポートの制御ビット

アドレス	レジスタ				注 釈				
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FF45H	PUL13	PUL12	PUL11	PUL10	PUL13	1	On	Off	P13ブルダウン制御レジスタ SIF(スレープ)選択時、汎用レジスタとして機能
					PUL12	1	On	Off	P12ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF(マスタ)選択時、汎用レジスタとして機能 SIF(スレープ)選択時、SCLK(I)ブルダウン制御レジスタ
	R/W				PUL11	1	On	Off	P11ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、汎用レジスタとして機能
					PUL10	1	On	Off	P10ブルダウン制御レジスタ(ESIF=0) SIF選択時、SINブルダウン制御レジスタ
FF70H	0	ESOUT	SCTRG	ESIF	0 *3	- *2			未使用
	R	R/W			ESOUT	0	Enable	Disable	SOUTイネーブル
					SCTRG	0	Trigger	Invalid	シリアルI/Fクロックトリガ(書き込み時) シリアルI/Fクロックステータス(読み出し時)
FF71H	SDP	SCPS	SCS1	SCS0	ESIF	0	SIF	I/O	シリアルI/Fイネーブル(P1ポート機能選択)
					SDP	0	MSB first	LSB first	シリアルI/Fデータ入出力順列
	R/W				SCPS	0			シリアルI/Fクロックフェーズ選択 負極性選択時(マスクオプション) 正極性選択時(マスクオプション)
					SCS1	0			シリアルI/F
				SCS0	0			クロックモード選択	
FF72H	SD3	SD2	SD1	SD0	SD3	- *2	High	Low	MSB
	R/W				SD2	- *2	High	Low	シリアルI/F送受信データ(下位4ビット)
					SD1	- *2	High	Low	
FF73H	SD7	SD6	SD5	SD4	SD0	- *2	High	Low	LSB
					SD7	- *2	High	Low	MSB
	R/W				SD6	- *2	High	Low	シリアルI/F送受信データ(上位4ビット)
					SD5	- *2	High	Low	
				SD4	- *2	High	Low	LSB	
FFE2H	0	0	0	EISIF	0 *3	- *2			未使用
	R			R/W	0 *3	- *2			未使用
					EISIF	0	Enable	Mask	未使用 割り込みマスクレジスタ(シリアルI/F)
FFF2H	0	0	0	ISIF	0 *3	- *2	(R)	(R)	未使用
	R			R/W	0 *3	- *2	Yes	No	未使用
					ISIF	0	(W)	(W)	未使用
						Reset	Invalid		割り込み要因フラグ(シリアルI/F)

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- ESIF: シリアルインタフェースイネーブルレジスタ(P1ポート機能選択)(FF70H・D0)
P10～P13をシリアルインタフェースの入出力ポートに設定します。

"1"書き込み: シリアルインタフェース

"0"書き込み: 入出力兼用ポート

読み出し: 可能

P10、P11、P12、P13がそれぞれSIN、SOUT、SCLK、SRDYとして機能します。P13端子はスレープモードの場合にSRDY出力端子として機能し、マスタモードの場合は入出力兼用ポート端子として機能します。イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- ESOUT: SOUTイネーブルレジスタ(FF70H・D2)
P11からのシリアル出力を許可します。

"1"書き込み: イネーブル(SOUT)
 "0"書き込み: ディセーブル(入出力兼用ポート)
 読み出し: 可能

シリアルデータ入力のみを行う場合は、SOUT出力をディセーブルとしてP11を入出力兼用ポートとして使用することができます。シリアル出力を行う場合は、ESOUTに"1"を書き込んでP11をSOUT出力に設定してください。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- PUL10: SINプルダウン制御レジスタ(FF45H・D0)
 PUL12: SCLKプルダウン制御レジスタ(FF45H・D2)
 SIN端子、SCLK端子(スリープモード時)のプルダウンを設定します。

"1"書き込み: プルダウンON
 "0"書き込み: プルダウンOFF
 読み出し: 可能

SIN(P10)およびSCLK(P12)端子に内蔵されたプルダウン抵抗をONまたはOFFに設定します。(プルダウン抵抗はマスクオプションで選択したポートのみに付加されます。)

SCLKのプルダウンはスリープモード時にのみ有効で、マスタモード時はPUL12レジスタを汎用レジスタとして使用することができます。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"1"に設定され、プルダウン抵抗はONになります。

- SCS1, SCS0: クロックモード選択レジスタ(FF71H・D1, D0)
 シリアルインタフェースの同期クロック(SCLK)を選択します。

表4.12.5.2 同期クロック選択

SCS1	SCS0	モード	同期クロック
1	1	マスタモード	OSC1
1	0		OSC1 /2
0	1		プログラマブルタイマ *
0	0	スリープモード	外部クロック *

* クロック周波数は最大1MHzに制限されます。

同期クロック(SCLK)は内部クロック3種類と外部クロックの上記 4種類の中から選択します。

プログラマブルタイマを選択した場合は、プログラマブルタイマ(タイマ1)のアンダーフロー信号を1/2分周した信号が同期クロックとして使用されます。この場合、シリアルインタフェースを動作させる前にプログラマブルタイマの制御が必要です。プログラマブルタイマについては"4.11 プログラマブルタイマ"を参照してください。

イニシャルリセット時は外部クロックが選択されます。

- SCPS: クロックフェーズ選択レジスタ(FF71H・D2)
 SIN(P10)端子から入力するシリアルデータの読み込みタイミングを選択します。

- 正極性選択時

"1"書き込み: SCLK立ち上がりエッジ
 "0"書き込み: SCLK立ち下がりエッジ
 読み出し: 可能

- 負極性選択時

"1"書き込み: $\overline{\text{SCLK}}$ 立ち下がりエッジ
 "0"書き込み: $\overline{\text{SCLK}}$ 立ち上がりエッジ
 読み出し: 可能

シリアル入出力データのレジスタ SD0 ~ SD7 への読み込みを同期クロックの立ち上がりエッジで行うか、立ち上がりエッジで行うか選択します。マスクオプションにより選択した同期クロックの極性により選択内容が異なりますので注意してください。

入力データの読み込みタイミングは選択できますが、出力データの出力タイミングはSCLK立ち上がりエッジ(正極性選択時)またはSCLK立ち下がりエッジ(負極性選択時)に固定です。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- SDP: データ入出力順列選択レジスタ(FF71H・D3)

シリアルデータの入出力順列を選択します。

"1"書き込み: MSB先頭

"0"書き込み: LSB先頭

読み出し: 可能

データの入出力をMSB先頭で行うか、LSB先頭で行うか選択します。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- SCTRG: クロックトリガ/ステータス(FF70H・D1)

同期クロック SCLK の入力/出力開始トリガです。

- データ書き込み時

"1"書き込み: トリガ入力

"0"書き込み: ノーオペレーション

シリアルインタフェース起動回路にこのトリガ入力を与えると、同期クロック(SCLK)の入力/出力を開始します。トリガ条件として、SCTRGに"1"を書き込む以前に、データレジスタSD0 ~ SD7の書き込み、または読み出しが行われている必要があります。(データレジスタSD0 ~ SD7への書き込み/読み出しによりシリアルインタフェースの内部回路は初期化されます。)また、トリガをかける前に必ずESIFでシリアルインタフェースをイネーブルとしておいてください。

トリガ入力はシリアルインタフェースをRUN状態にすることに一度だけ与えてください。複数回のトリガ入力は誤動作につながりますので避けてください。

また、同期クロック SCLK が外部クロックの場合は、トリガ入力後に外部クロックの入力を開始してください。

- データ読み出し時

"1"読み出し: RUN(同期クロック入出力中)

"0"読み出し: STOP(同期クロック停止中)

同期クロックの動作状態は、このビットを読み出すことによって確認できます。

SCTRGに"1"を書き込むと、このデータは同期クロックの入出力が停止(8個カウント)するまでラッチされます。したがって、"1"を読み出した場合は、同期クロックが入出力動作中であることを示しています。

同期クロックの入出力が終了するとこのラッチは"0"にリセットされます。

イニシャルリセット時、このビットは"0"に設定されます。

- SD0 ~ SD3, SD4 ~ SD7: シリアルインタフェースデータレジスタ(FF72H, FF73H)

シリアルデータの書き込み/読み出しを行います。

- データ書き込み時

"1"書き込み: HIGHレベル

"0"書き込み: LOWレベル

SOUT(P11)端子から出力するシリアルデータを書き込みます。SOUT(P11)端子からは"1"に設定されたビットがHIGH(V_{DD})レベル、"0"に設定されたビットがLOW(V_{SS})レベルとしてシリアル変換されたデータが出力されます。

- データ読み出し時

"1"読み出し: HIGHレベル

"0"読み出し: LOWレベル

SIN(P10) 端子から入力されたシリアルデータを読み出します。

このレジスタからは、SIN(P10) 端子から入力されたHIGH(V_{DD})レベルのビットを"1"、LOW(V_{SS})レベルのビットを"0"としてパラレル変換されたデータが読み出されます。データの読み出しは、シリアルインタフェースが停止中(同期クロックが入力/出力されていない状態)のときのみ行ってください。

イニシャルリセット時、このレジスタ内のデータは不定です。

- EISIF: シリアルインタフェース割り込みマスクレジスタ(FFE2H・D0)

シリアルインタフェースからの割り込みマスクを設定します。

"1"書き込み: イネーブル

"0"書き込み: マスク

読み出し: 可能

シリアルインタフェースの割り込みをマスクするかしないかを選択できます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- ISIF: シリアルインタフェース割り込み要因フラグ(FFF2H・D0)

シリアルインタフェースからの割り込みの発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: 割り込み有

"0"読み出し: 割り込み無

"1"書き込み: 要因フラグをリセット

"0"書き込み: 無効

このフラグによってシリアルインタフェース割り込みの有無を、ソフトウェアで判断することができます。このフラグは割り込みをマスクしていても、8ビットデータの入出力後に"1"にセットされます。

このフラグは、"1"を書き込むことによって"0"にリセットされます。

割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

イニシャルリセット時、このフラグは"0"に設定されます。

4.12.6 プログラミング上の注意事項

- (1) データレジスタSD0～SD7への書き込み、または読み出しはシリアルインタフェースが停止中(同期クロックが入力/出力されていない状態)のときのみ行ってください。
- (2) シリアルインタフェースの起動はトリガ条件として、SCTRGに"1"を書き込む以前に、データレジスタSD0～SD7の書き込み/読み出しが行われている必要があります。(データレジスタSD0～SD7への書き込み/読み出しによりシリアルインタフェースの内部回路は初期化されます。また、トリガをかける前に必ずESIFでシリアルインタフェースをイネーブルとしておいてください。
トリガはシリアルインタフェースをRUN状態にすることによって一度だけ与えてください。また、同期クロックSCLKが外部クロックの場合は、トリガ後に外部クロックの入力を開始してください。
- (3) SDPIによる入出力順列(MSB先頭/LSB先頭)の設定は、SD0～SD7にデータを設定する前に行ってください。
- (4) プログラマブルタイマの出力クロックを同期クロックとして使用する場合、またはスレープモードで使用する場合、同期クロックの周波数は最大1MHzに制限されますので注意してください。
- (5) 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

4.13 サウンドジェネレータ

4.13.1 サウンドジェネレータの構成

S1C63654はブザー信号を発生するサウンドジェネレータを内蔵しています。ここで発生したブザー信号はBZ端子から出力することができます。この出力で圧電ブザーを駆動することができます。

ブザー信号の周波数と音量をソフトウェアによりそれぞれ8段階に設定できるほか、デューティ比制御によるデジタルエンベロープを付加することができます。また、キー操作音等を出力するための、1ショット出力機能も持っています。

図4.13.1.1にサウンドジェネレータの構成を示します。

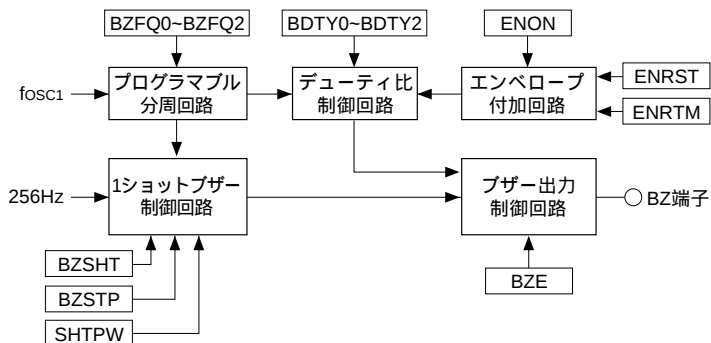


図4.13.1.1 サウンドジェネレータの構成

4.13.2 ブザー出力の制御

サウンドジェネレータで発生したBZ信号はBZ出力イネーブルレジスタBZEに"1"を設定することにより、BZ端子から出力されます。BZEレジスタを"0"に設定すると、BZ端子はLOW(V_{SS})レベルになります。



図4.13.2.1 ブザー信号出力タイミングチャート

注: ブザー信号はBZEレジスタとは非同期に発生していますので、BZEレジスタの設定による信号のON/OFF時にハザードを生じることがあります。

4.13.3 ブザー周波数と音量の設定

ブザー信号にはOSC1発振クロック(32.768kHz)の分周信号が用いられており、この分周比を変化させることによって8種類の周波数が選択できるようになっています。周波数の選択はブザー周波数選択レジスタBZFQ0～BZFQ2を表4.13.3.1のように設定することにより行います。

表4.13.3.1 ブザー信号の周波数設定

BZFQ2	BZFQ1	BZFQ0	ブザー周波数 (Hz)
0	0	0	4096.0
0	0	1	3276.8
0	1	0	2730.7
0	1	1	2340.6
1	0	0	2048.0
1	0	1	1638.4
1	1	0	1365.3
1	1	1	1170.3

ブザーの音量はブザー信号のデューティ比を制御することによって変化させています。

デューティ比はブザーデューティ選択レジスタBDTY0～BDTY2の設定により、表4.13.3.2に示す8種類の中から選択できます。

表4.13.3.2 デューティ比の設定

レベル	BDTY2	BDTY1	BDTY0	ブザー周波数 (Hz)によるデューティ比			
				4096.0 2048.0	3276.8 1638.4	2730.7 1365.3	2340.6 1170.3
レベル1(最大)	0	0	0	8/16	8/20	12/24	12/28
レベル2	0	0	1	7/16	7/20	11/24	11/28
レベル3	0	1	0	6/16	6/20	10/24	10/28
レベル4	0	1	1	5/16	5/20	9/24	9/28
レベル5	1	0	0	4/16	4/20	8/24	8/28
レベル6	1	0	1	3/16	3/20	7/24	7/28
レベル7	1	1	0	2/16	2/20	6/24	6/28
レベル8(最小)	1	1	1	1/16	1/20	5/24	5/28

デューティ比はパルス周期に対するパルス幅の比率のことで、HIGHレベル出力時間をTH、LOWレベル出力時間をTLとした場合は、 $TH/(TH+TL)$ となります。

BDTY0～BDTY2をすべて“0”に設定した場合にデューティ比が最大となり、音量も最大になります。逆にBDTY0～BDTY2をすべて“1”に設定した場合にデューティ比が最小となり、音量も最小になります。

なお、設定できるデューティ比は各周波数によって異なりますので表4.13.3.2を参照してください。

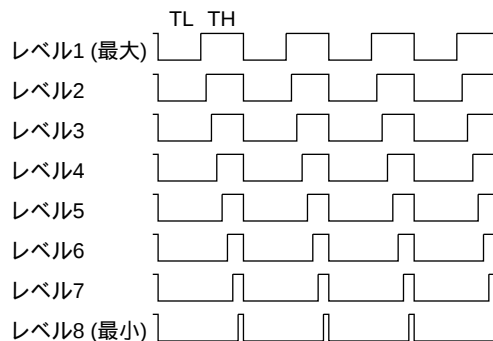


図4.13.3.1 ブザー信号波形のデューティ比

注: ブザー信号にデジタルエンベロープを付加した場合、デューティ比の制御が行われるため、BDTY0～BDTY2の設定は無効となります。

4.13.4 デジタルエンベロープ

ブザー信号にはデューティ比制御のデジタルエンベロープを付加することができます。

エンベロープは前項の表4.13.3.2の内容と同様のデューティ比をレベル α (最大)からレベル β (最小)に段階的に変化させることにより制御されます。

ブザー信号へのエンベロープの付加はレジスタENONに"1"を書き込むことで行われ、"0"が書き込まれた場合は付加されません。

ENONを"1"に設定後、ブザー信号の出力を開始する(BZEレジスタに"1"を書き込む)と、デューティ比がレベル α (最大)となり、レベル8まで段階的に変化します。レベル β (最小)まで減衰するとそのレベルに保持されます。また、エンベロープ付きのブザー信号出力中はレジスタENRSTに"1"を書き込むことによりデューティ比を最大に復帰させることができます。

エンベロープの減衰時間(デューティ比の変化する時間)はレジスタENRTMで選択できます。レベルが1段階変化する時間はENRTMに"0"を書き込んだ場合が62.5msec(16Hz)、"1"を書き込んだ場合が125msec(8Hz)になります。ただし、エンベロープONから最初の変化までは共に最大4msecの誤差があります。

図4.13.4.1にデジタルエンベロープのタイミングチャートを示します。

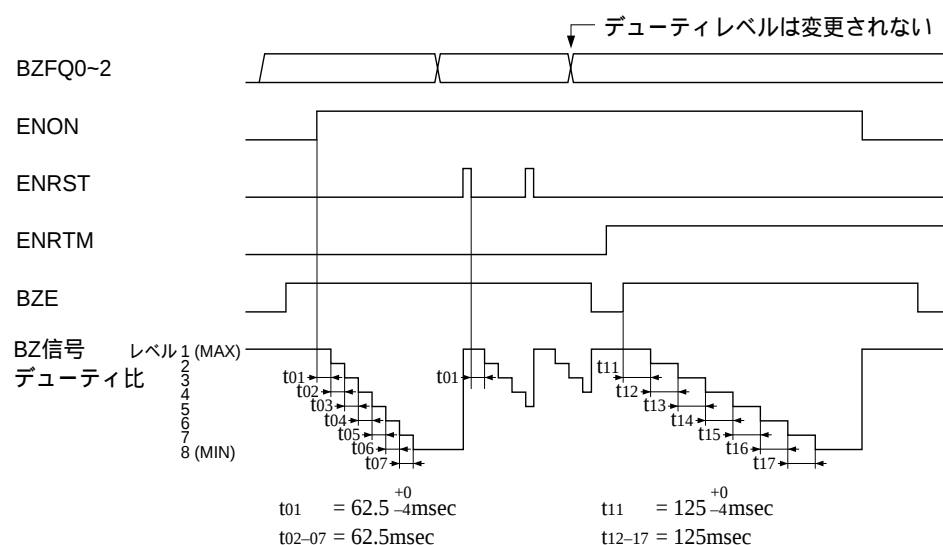


図4.13.4.1 デジタルエンベロープのタイミングチャート

4.13.5 1ショット出力

キー操作音などのように短時間のブザー信号を出力させるために、サウンドジェネレータは1ショット出力機能を持っています。

1ショットブザー信号の出力時間はSHTPWレジスタによって125msec、または31.25msecが選択できます。1ショットブザーの出力制御は1ショットブザートリガBZSHTに"1"を書き込むことにより行います。このトリガが与えられると、内部の256Hz信号に同期してブザー信号がブザー出力端子から出力されます。その後、設定時間が経過すると出力開始と同様に256Hz信号に同期してブザー信号がOFFとなります。BZSHTは読み出しも可能で、BZSHTが"1"の場合は1ショット出力回路が動作中(1ショット出力中)、"0"の場合は回路がREADY(出力が行える)状態であることを示します。

なお、1ショット出力を設定時間経過前に終了させることもできます。これは1ショットブザーストップBZSTPに"1"を書き込むことにより行います。この場合も256Hz信号に同期してブザー信号がOFFとなります。

1ショット出力中に再度BZSHTに"1"を書き込んだ場合は、その時点から256Hz信号に同期して新たに125msecまたは31.25msecの1ショット出力が行われます。

1ショット出力は短時間のため、エンベロープを付加することはできません。ただし、デューティ比の選択による音量と周波数は設定することができます。

通常のブザー出力中(BZE = "1"の間)は1ショット出力の制御は無効となります。

図4.13.5.1に1ショット出力のタイミングチャートを示します。

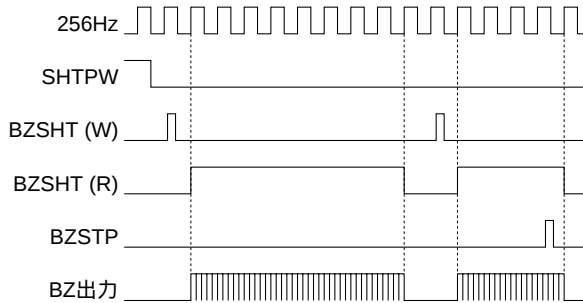


図4.13.5.1 1ショット出力のタイミングチャート

4.13.6 サウンドジェネレータのI/Oメモリ

表4.13.6.1にサウンドジェネレータの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.13.6.1 サウンドジェネレータの制御ビット

アドレス	レジスタ				Name	Init *1	1	0	注 釈
	D3	D2	D1	D0					
FF6CH	ENRTM	ENRST	ENON	BZE	ENRTM	0	1sec	0.5sec	エンベロープ減衰時間選択
					ENRST*3	Reset	Reset	Invalid	エンベロープリセット(書き込み時)
					ENON	0	On	Off	エンベロープOn/Off
	R/W	W	R/W		BZE	0	Enable	Disable	BZ出力イネーブル
FF6DH					0 *3	- *2			未使用
	0	BZSTP	BZSHT	SHTPW	BZSTP*3	0	Stop	Invalid	1ショットブザーStop(書き込み時)
					BZSHT	0	Trigger	Invalid	1ショットブザートリガ(書き込み時)
	R	W	R/W		SHTPW	0	Busy	Ready	1ショットブザーステータス(読み出し時)
FF6EH					0 *3	- *2			未使用
	0	BZFQ2	BZFQ1	BZFQ0	BZFQ2	0			ブザー 周波数選択 [BZFQ2, 1, 0] 0 1 2 3 周波数(Hz) 4096.0 3276.8 2730.7 2340.6 [BZFQ2, 1, 0] 4 5 6 7 周波数(Hz) 2048.0 1638.4 1365.3 1170.3
					BZFQ1	0			
	R	R/W			BZFQ0	0			
FF6FH					0 *3	- *2			未使用
	0	BDTY2	BDTY1	BDTY0	BDTY2	0			ブザー信号デューティ比選択 (本編参照)
					BDTY1	0			
	R	R/W			BDTY0	0			

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- BZE: BZ出力イネーブルレジスタ(FF6CH・D0)
ブザー出力を制御します。

"1"書き込み: ブザー出力ON

"0"書き込み: ブザー出力OFF

読み出し: 可能

BZEに"1"を書き込むことによってBZ端子からBZ信号が出力され、"0"の書き込みでBZ端子がLOW(V_{SS})レベルになります。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- BZFQ0 ~ BZFQ2: ブザー周波数選択レジスタ(FF6EH・D0 ~ D2)
ブザー信号の周波数を選択します。

表4.13.6.2 ブザー信号の周波数設定

BZFQ2	BZFQ1	BZFQ0	ブザー周波数 (Hz)
0	0	0	4096.0
0	0	1	3276.8
0	1	0	2730.7
0	1	1	2340.6
1	0	0	2048.0
1	0	1	1638.4
1	1	0	1365.3
1	1	1	1170.3

ブザー周波数は発振クロックを分周した上記8種類の中から選択します。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- BDTY0 ~ BDTY2: デューティ比選択レジスタ(FF6FH・D0 ~ D2)
ブザー信号のデューティ比を表4.13.6.3のとおり選択します。

表4.13.6.3 デューティ比の設定

レベル	BDTY2	BDTY1	BDTY0	ブザー周波数 (Hz)によるデューティ比			
				4096.0 2048.0	3276.8 1638.4	2730.7 1365.3	2340.6 1170.3
レベル1(最大)	0	0	0	8/16	8/20	12/24	12/28
レベル2	0	0	1	7/16	7/20	11/24	11/28
レベル3	0	1	0	6/16	6/20	10/24	10/28
レベル4	0	1	1	5/16	5/20	9/24	9/28
レベル5	1	0	0	4/16	4/20	8/24	8/28
レベル6	1	0	1	3/16	3/20	7/24	7/28
レベル7	1	1	0	2/16	2/20	6/24	6/28
レベル8(最小)	1	1	1	1/16	1/20	5/24	5/28

このデューティ比を選択することによりブザーの音量を設定することができます。
ただし、エンベロープをON(ENON="1")に設定している場合は、この設定は無効となります。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- ENRST: エンベロープリセット(FF6CH・D2)
エンベロープをリセットします。

"1"書き込み: リセット
"0"書き込み: ノーオペレーション
読み出し: 常時"0"

ENRSTに"1"を書き込むことによりエンベロープがリセットされ、デューティ比が最大となります。エンベロープが付加されていない場合(ENON="0") およびブザー信号の出力が行われていない場合のリセットは無効となります。また"0"の書き込みも無効です。
ENRSTは書き込み専用のため、読み出し時は常時"0"となります。

- ENON: エンベロープON/OFF制御レジスタ(FF6CH・D1)
ブザー信号へのエンベロープ付加を制御します。

"1"書き込み: ON
"0"書き込み: OFF
読み出し: 可能

ENONレジスタに"1"を書き込むことにより、ブザー信号出力時にエンベロープが付加されます。"0"を書き込んだ場合、エンベロープは付加されません。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"が選択されます。

- ENRTM: エンベロープ減衰時間選択レジスタ(FF6CH・D3)
ブザー信号に付加されたエンベロープの減衰時間を選択します。

"1"書き込み: 1.0sec (125msec × 7 = 875msec)
"0"書き込み: 0.5sec (62.5msec × 7 = 437.5msec)
読み出し: 可能

デジタルエンベロープの減衰時間はデューティ比の変化する時間で決められます。ENRTMに"1"を書き込んだ場合は125msec(8Hz)単位、"0"を書き込んだ場合は62.5msec(16Hz)単位となります。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- SHTPW: 1ショットブザーパルス幅選択レジスタ(FF6DH・D0)

1ショットブザーの出力時間を選択します。

"1"書き込み: 125msec
"0"書き込み: 31.25msec
読み出し: 可能

SHTPWレジスタに"1"を書き込むことにより1ショット出力時間が125msecに、"0"書き込みで31.25msecに設定されます。通常のブザー出力には影響を与えません。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- BZSHT: 1ショットブザートリガ/ステータス(FF6DH・D1)

1ショットブザー出力の制御を行います。

- データ書き込み時

"1"書き込み: トリガ
"0"書き込み: ノーオペレーション

BZSHTに"1"を書き込むことにより1ショット出力回路が動作し、ブザー信号が出力されます。この出力はSHTPWによって設定した時間の経過後に自動的にOFFとなります。

1ショット出力は通常のブザー出力がOFF(BZE = "0")の状態でのみ有効で、ON(BZE = "1")状態でのトリガは無効となります。1ショット出力中に再トリガを行った場合は、その時点からSHTPWによって設定した時間を計測し直します(時間延長)。

- データ読み出し時

"1"読み出し: BUSY
"0"読み出し: READY

読み出し時は1ショット出力回路の動作状態を示します。1ショット出力中にBZSHTは"1"となり、出力がOFFすると"0"になります。

イニシャルリセット時、このビットは"0"に設定されます。

- BZSTP: 1ショットブザーSTOP(FF6DH・D2)

1ショットブザー出力を停止させます。

"1"書き込み: STOP
"0"書き込み: ノーオペレーション
読み出し: 常時"0"

BZSTPに"1"を書き込むことにより、SHTPWによる設定時間が経過する前に1ショットブザー出力をOFFすることができます。"0"書き込みおよび1ショット出力中以外の"1"書き込みは無効です。

BZSTPは書き込み専用のため、読み出し時は常時"0"となります。

4.13.7 プログラミング上の注意事項

- (1) ブザー信号はBZEレジスタとは非同期に発生していますので、BZEレジスタの設定による信号のON/OFF時にハザードを生じる場合があります。
- (2) 1ショット出力は通常のブザー出力がOFF(BZE = "0")の状態でのみ有効で、ON(BZE = "1")状態でのトリガは無効となります。

4.14 R/Fコンバータ

4.14.1 R/Fコンバータの構成

S1C63654はCR発振方式のR/Fコンバータを内蔵しています。

このR/Fコンバータには2系統(チャンネル0およびチャンネル1)のCR発振回路が設けられており、それぞれに異なるセンサ等を接続することによって2種類のR/F変換回路を構成することができます。

チャンネル0はサーミスタ等の抵抗性センサを用いたR/R(抵抗/周波数)変換回路、チャンネル1はチャンネル0と同様のR/F変換回路、または抵抗性湿度センサを用いた湿度変換用のR/F変換回路として使用することができます。このどちらのチャンネルを使用するか、およびチャンネル1におけるセンサの種類はソフトウェアによって選択します。

センサ入力端子に接続された抵抗性センサの抵抗値(外付け基準抵抗に対しての相対値)はCR発振回路によって周波数に変換され、そのクロック数は内蔵の計測カウンタによってカウントされます。計測カウンタの値を読み出すことによって、センサが検出した値をデジタル変換したデータが得られます。

このR/Fコンバータを使用することにより、温度/湿度測定回路等の各種のセンサ回路が容易に実現できます。

図4.14.1.1にR/Fコンバータの構成を示します。

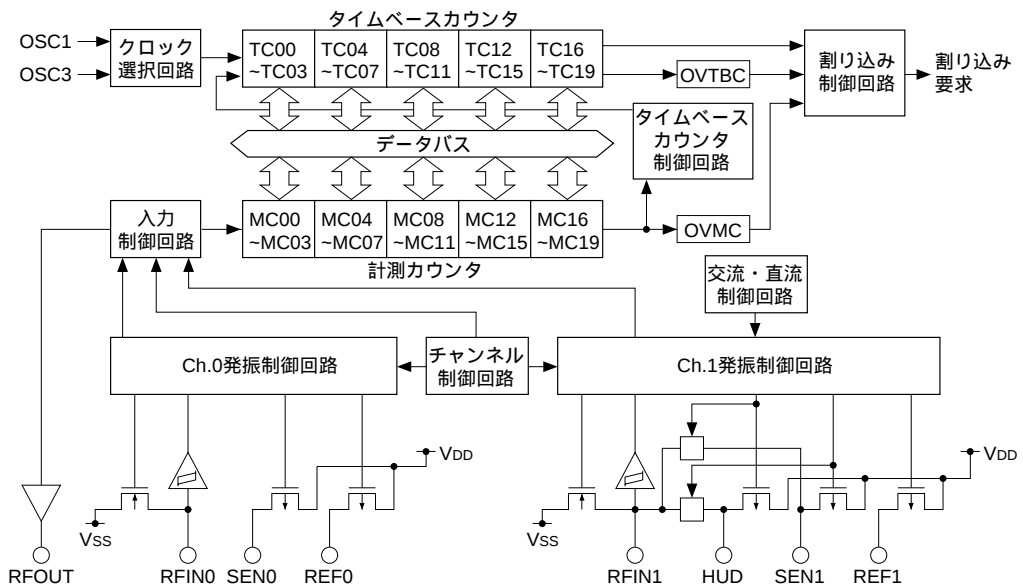


図4.14.1.1 R/Fコンバータの構成

4.14.2 接続端子とCR発振回路

R/Fコンバータにはチャンネル0、チャンネル1の2系統のCR発振回路が内蔵されており、外付けの抵抗と容量によってCR発振を行います。

R/F変換値を得るカウンタはチャンネル0およびチャンネル1に共通となっているため、R/F変換を行うCR発振回路を切り換えることによって2系統の動作を実現しています。チャンネルの選択はレジスタSENSELで行います。SENSELに"0"を設定した場合はチャンネル0、"1"を設定した場合はチャンネル1が選択されます。また、チャンネル1でR/F変換を行うセンサの種類もソフトウェアによって設定でき、レジスタRFSELであらかじめ設定しておきます。

チャンネル選択 SENSEL = "0": チャンネル0
 SENSEL = "1": チャンネル1

チャンネル1 RFSEL = "0": サーミスタ等の抵抗性センサを用いたR/F変換
 センサ選択 RFSEL = "1": 抵抗性湿度センサを用いたR/F変換*

* 発振回路の動作が通常の抵抗性センサの場合とは異なります。(後述)

(1) サーミスタ等の抵抗性センサを用いたR/F変換

チャンネル0は常にこの変換方式となっており、チャンネル1はレジスタRFSELを"0"に設定することにより選択されます。この方式はサーミスタによる温度測定など、通常の抵抗性センサ(DC印加)を用いてR/F変換を行う場合に選択します。イニシャルリセット時のチャンネル1は、この変換方式に設定されます。

図4.14.2.1に外付け素子の接続図を示します。

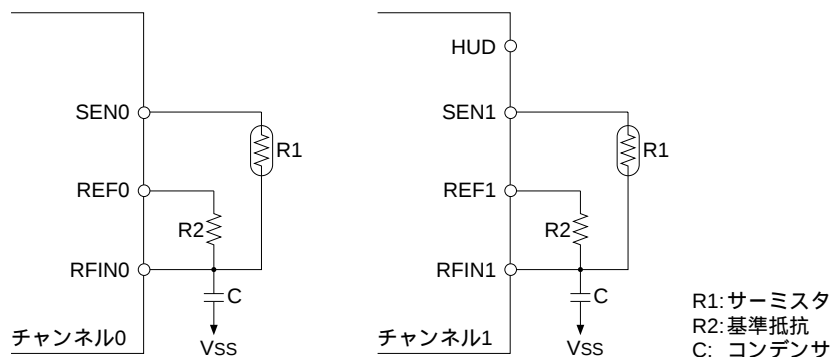


図4.14.2.1 R/F変換時の接続図

抵抗性センサ(サーミスタ等)をSEN(SEN1)端子 ~ RFIN(RFIN1)端子間に接続します。

ここで測定する内容の基準となる値(たとえば、温度測定の場合は基準温度)を設定し、その値におけるセンサの抵抗値と同じ値の基準抵抗をREF(REF1)端子 ~ RFIN(RFIN1)端子間に接続します。なお、基準抵抗は温度など環境により変化しない素子を使用する必要があります。

RFIN(RFIN1)端子 ~ VSS端子間には基準抵抗とセンサのCR発振に共通に使用する発振用コンデンサを接続します。

この方式ではHUD端子は使用しませんので、開放しておきます。

R/Fコンバータは基準抵抗とセンサそれぞれによってCR発振を同じ時間だけ行い、そのCR発振クロックのカウントを行います。それぞれの抵抗値の違いは発振周波数の違いとなってカウント値に現われますので、その差をプログラムで補正することにより抵抗値の変化による測定結果を得ることができます。

CR発振回路は発振制御回路によって基準抵抗側とセンサ側が個別にどちらか一方だけが動作するようになっています。それぞれの回路の発振動作はまったく同じで、次のようになります。

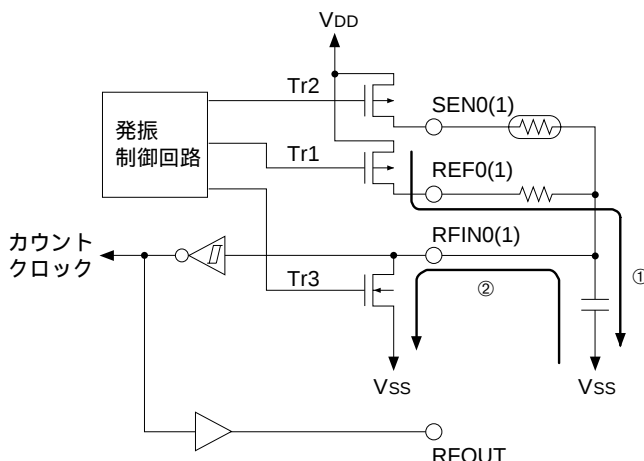


図4.14.2.2 CR発振回路(DCバイアス)

はじめにTr1(Tr2)がONになり、基準抵抗(センサ)を通してREF(SEN)端子 ~ VSS端子間に接続したコンデンサが充電されます。RFIN端子の電圧レベルが上がるとTr1(Tr2)がOFF、Tr3がONとなってコンデンサの電荷が放電され、CRの時定数による発振が行われます。

センサの抵抗値の変化によりこの時定数が変わり、基準抵抗の発振周波数と差が生じます。

発振波形はシュミットトリガにより整形され計測カウンタに送られます。この計測カウンタに送られるクロックは、センサ発振時にRFOUT端子からも出力されますので、発振周波数をオシロスコープ等で確認することができます。このモニタは発振周波数に影響を与えませんので、R/F変換の精度調整に利用できます。

図4.14.2.3に発振波形とRFOUTの出力波形を示します。

なお、RFOUT出力の" L "レベルの最低時間は10μsecとします($V_{DD} = 3.0V$ 、 $R_{SEN0/1} = 50k\Omega$ 、 $C_{RF} = 1000pF$ の場合)。

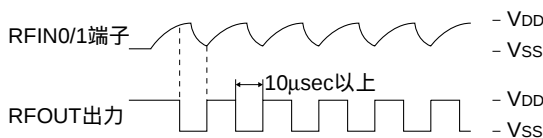


図4.14.2.3 発振波形

(2) 抵抗性湿度センサを用いたR/F変換

この変換方式はチャンネル1でのみ可能で、レジスタRFSELに"1"を設定することにより選択されます。この方式は基本的に(1)のR/F変換と同様ですが、湿度センサ用にAC印加を行う回路が働くようになっています。図4.14.2.4に外付け素子の接続図を示します。

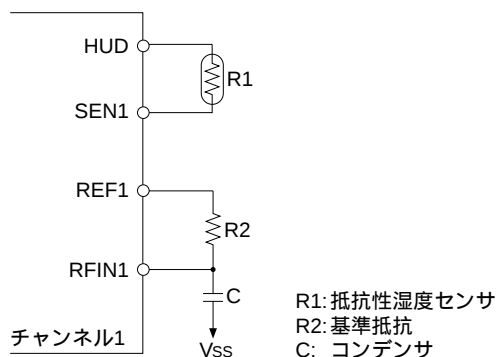


図4.14.2.4 抵抗性湿度センサの接続図

湿度センサをHUD端子～SEN1端子間に、基準抵抗をREF1端子～RFIN1端子間に接続します。RFIN1端子～VSS端子間には基準抵抗とセンサのCR発振に共通に使用する発振用コンデンサを接続します。

基準抵抗による発振動作は(1)のR/F変換と同様です。湿度センサは長時間のDC印加を行うことができないため、HUD端子とSEN1端子から交互に通電するようになっています。

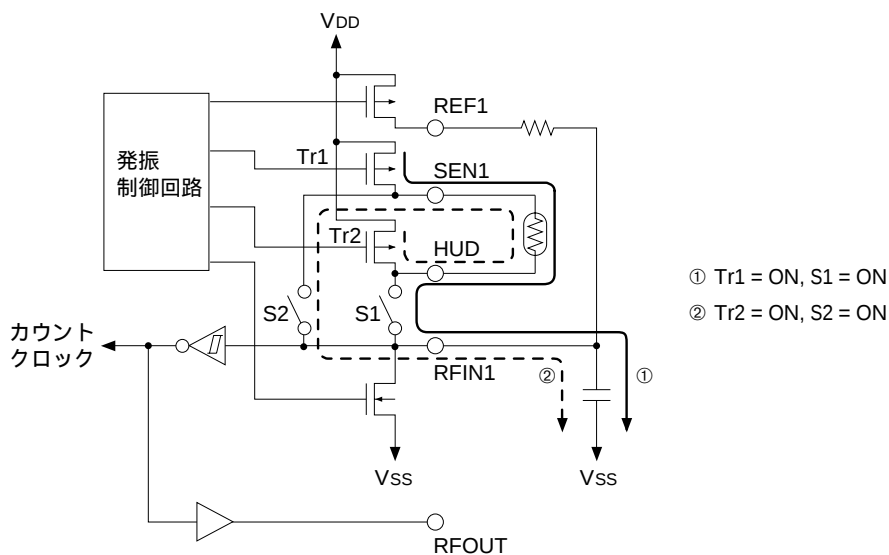


図4.14.2.5 抵抗性湿度センサのCR発振回路

発振波形は図4.14.2.3と同様です。

4.14.3 R/F変換

(1) カウンタ

R/Fコンバータには2種類のカウンタが内蔵されています。1つは前記の発振クロックをカウントする計測カウンタMCxxで、もう1つは内部クロックにより基準カウントを行うタイムベースカウンタTCxxです。

計測カウンタは基準抵抗とセンサによるCR発振クロックをカウントする20ビットアップカウンタで、R/F変換結果はこのカウンタを読み出すことにより得られます。タイムベースカウンタは、基準抵抗とセンサの発振時間を合わせるための20ビットのアップ/ダウンカウンタで、RFCLKレジスタで選択した入力クロック (OSC1またはOSC3) をカウントします。どちらのカウンタも、4ビット単位で読み出しおよび書き込みが可能です。

最初に基準抵抗のR/F変換を行います。発振を開始させると計測カウンタはカウントアップを、タイムベースカウンタはカウントダウンを開始します。2つのカウンタは計測カウンタがオーバーフローした ("00000H" となった) 時点でカウントを停止します。タイムベースカウンタに "00000H" をセットしてR/F変換を開始させることにより、基準抵抗による発振時間が、カウンタ停止後にタイムベースカウンタを読み出すことで得られます。

次にセンサのR/F変換を行います。計測カウンタは "00000H" からカウントアップを、タイムベースカウンタは基準発振時にカウントした値からカウントアップを開始します。2つのカウンタはタイムベースカウンタがオーバーフローした ("00000H" となった) 時点でカウントを停止します。センサの発振時間は基準発振時間と同じになります。

したがって、カウントを開始する前に適当な初期値を補数 ("00000H" から減算した値) に変換して計測カウンタにセットしておくことにより、基準抵抗とセンサの発振周波数の差を容易に求めることができます。たとえば、基準抵抗とセンサの抵抗値がまったく同じだった場合、補数に変換する前の初期値と同じ値が計測カウンタから得られます。

タイムベースカウンタは、カウンタ値の読み出しとプリセットが可能です。基準発振終了時の値を読み出してメモリにセーブしておくことにより、その後の基準発振を省略することができます。その場合は、メモリにセーブした値をタイムベースカウンタにセットし、計測カウンタを00000Hにしてセンサの発振を開始させます。

注: 計測カウンタにデータを書き込む場合は、必ず下位のアドレスから (FF92H→FF93H→FF94H→FF95H→FF96H) 5ワードすべてを書き込んでください。また、計測カウンタへの書き込みにはLD命令を使用してください。リードモディファイライト命令 (AND、OR、ADD、SUB等) は使用しないでください。

(2) R/F変換シーケンス

基準抵抗のR/F変換はRFRUNRレジスタに "1" を書き込むことにより開始します。

なお、R/F変換を開始させる前には、計測カウンタに初期値をセットし、タイムベースカウンタを "00000H" にクリアしておく必要があります。

RFRUNRレジスタによってR/F変換を開始させると、基準抵抗による発振がONとなり、その発振クロックにより計測カウンタが設定した初期値からカウントアップを開始します。これと同時にタイムベースカウンタもOSC1クロックによりカウントダウンを開始します。

計測カウンタがオーバーフローして "00000H" になると発振およびカウント動作が停止し、割り込みが発生します。同時にRFRUNRレジスタも "0" にリセットされ、R/Fコンバータ回路はすべて停止します。

後でセンサ発振を単独に行うため、タイムベースカウンタの値を読み出してメモリにセーブしておきます。

図4.14.3.1に基準発振のタイミングチャートを示します。

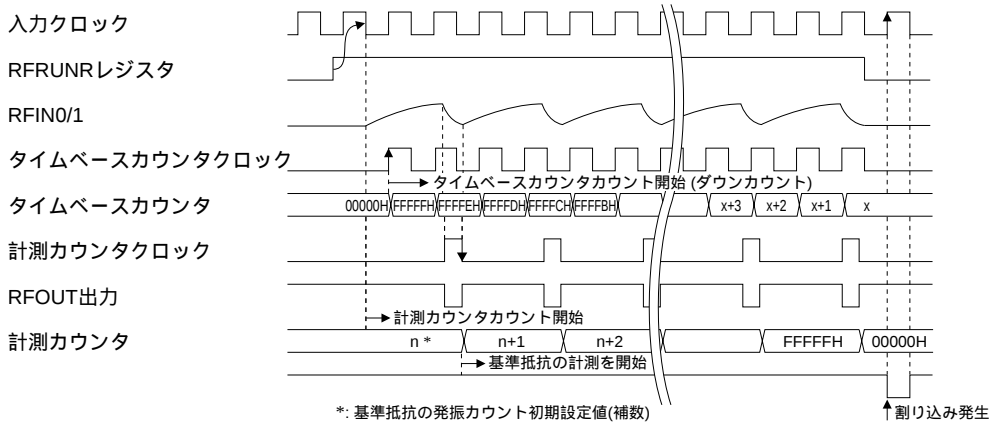


図4.14.3.1 基準発振タイミングチャート

CR発振は、RFRUNRレジスタに"1"を書き込んだ直後の入力クロックの立ち下がりエッジに同期して開始します。計測カウンタはCR発振開始後に入力される最初のCR発振クロックからカウントアップを開始します。カウントアップは各CR発振クロックの立ち下がりエッジで行われます。タイムベースカウンタへのクロック入力は最初の入力クロックの立ち下がりエッジでイネーブルとなり以降同クロックの立ち上がりエッジごとにカウントダウンを行います。RFRUNRレジスタが"0"に設定されるタイミングは、計測カウンタが停止した直後の入力クロックの立ち下がりエッジです。割り込みは、OSC1のクロックでサンプリングされているため、RFRUNRレジスタが"0"に設定された直後のOSC1の立ち上がりエッジで発生します。

センサのR/F変換はRFRUNSレジスタに"1"を書き込むことにより開始します。センサ発振を基準発振に続いて行う場合は、カウンタへの初期値の設定は不要です。センサ発振のみを単独に行う場合は、計測カウンタに"00000H"をセットし、タイムベースカウンタには基準発振時に計測した値をセットしておく必要があります。RFRUNSレジスタによってR/F変換を開始させると、センサによる発振がONとなり、その発振クロックにより計測カウンタが00000Hからカウントアップを開始します。これと同時にタイムベースカウンタも入力クロックによりカウントアップを開始します。タイムベースカウンタがオーバーフローして"00000H"になると発振およびカウント動作が停止し、割り込みが発生します。同時にRFRUNSレジスタも"0"にリセットされ、R/Fコンバータ回路はすべて停止します。

図4.14.3.2にセンサ発振のタイミングチャートを示します。

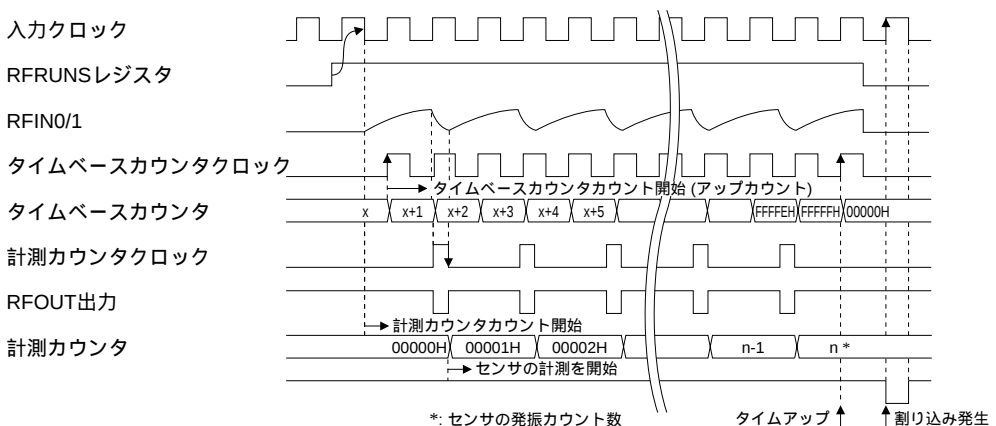


図4.14.3.2 センサ発振タイミングチャート

CR発振は、RFRUNSレジスタに"1"を書き込んだ直後の入力クロックの立ち下がりエッジに同期して開始します。計測カウンタはCR発振開始後に入力される最初のCR発振クロックからカウントアップを開始します。カウントアップは各CR発振クロックの立ち下がりエッジで行われます。タイムベースカウンタへのクロック入力は最初の入力クロックの立ち下がりエッジでイネーブルとなり以降同クロックの立ち上がりエッジごとにカウントアップを行います。RFRUNSが"0"になった時点で行われているCR発振のクロックは計測カウンタでカウントされるかどうかは不定です。

RFRUNSレジスタが"0"に設定されるタイミングはタイムベースカウンタが"00000H"になった直後の入力クロックの立ち下がりがエッジです。割り込みは、OSC1のクロックでサンプリングされているため、RFRUNSレジスタが"0"に設定された直後のOSC1の立ち上がりエッジで発生します。

以上の動作により、基準抵抗の発振時間と同じ時間センサの発振を行いますので、発振周波数の差を計測カウンタのカウンタ値から得ることができます。

基準抵抗の発振時間は計測カウンタがオーバーフローするまでの時間となるため、R/F変換を開始する前に適当な初期値を設定しておく必要があります。この初期値を小さな値にしておくともカウント期間が長くとれ、検出の精度は上がります。ただし、基準抵抗の発振をカウント中にタイムベースカウンタがオーバーフローする可能性があります。このオーバーフローが発生した場合、その時点でCR発振およびR/F変換を終了します。なお、この場合も割り込みが発生します。また、初期値の設定によってはセンサの発振をカウント中に計測カウンタがオーバーフローする場合があります。計測カウンタがオーバーフローした場合もCR発振およびR/F変換を終了し、割り込みが発生します。これらのオーバーフローが発生した場合、正しいデータを読み出すことができません。そこで、読み出したデータが正常か、あるいはオーバーフローが発生したかを判断するためにオーバーフローフラグが設定されています。計測カウンタのオーバーフローを示すフラグがOVMC、タイムベースカウンタのオーバーフローを示すフラグがOVTBCで、それぞれのカウンタにオーバーフローが発生していた場合、"1"にセットされます。このフラグはR/F変換開始時、および"1"を書き込んだ時点で"0"にリセットされます。オーバーフローフラグは割り込み発生時に必ず読み出して確認してください。また、センサによる測定範囲をどの程度に設定するか、およびその範囲のどの辺に基準抵抗の値を設定するかによっても初期値の設定が変わってきます。

以上の点に注意して初期値の設定を行ってください。

初期値は補数 ("00000H"から減算した値) に変換して計測カウンタに設定します。R/F変換が終了した計測カウンタの内容がセンサが検出したデータとなりますので、その値と補数に変換する前の初期値との差をプログラムで処理して目的の数値を算出してください。

以上の動作を図4.14.3.3に示します。

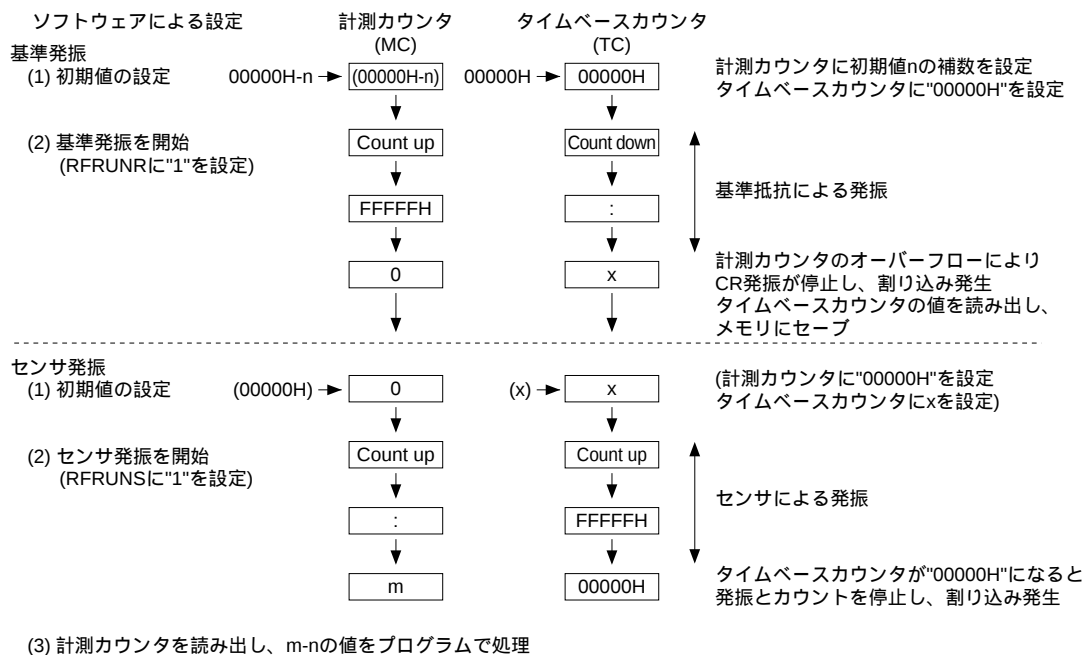


図4.14.3.3 R/F変換のシーケンス

注: 計測カウンタの初期値は、測定範囲およびカウンタのオーバーフローに注意して設定してください。

4.14.4 割り込み機能

R/FコンバータにはR/F変換終了時に割り込みを発生させる機能があります。

計測カウンタが"00000H"になると双方のカウンタのカウンタ動作が停止し、RFRUNRが"0"に設定された直後のOSC1の立ち上がりエッジで割り込み要因フラグIRFBが"1"にセットされます。

タイムベースカウンタが"00000H"になった場合も双方のカウンタのカウンタ動作が停止し、RFRUNSが"0"に設定された直後のOSC1の立ち上がりエッジで割り込み要因フラグIRFMが"1"にセットされます。

また、センサの発振カウント中に計測カウンタがオーバーフローした場合、および基準抵抗の発振カウント中にタイムベースカウンタがオーバーフローした場合も、それぞれ割り込み要因フラグIRFM、IRFBが"1"にセットされます。

これらの割り込み要因は割り込みマスクレジスタEIRFM、EIRFBによるマスクが可能で、"1"に設定している場合にCPUに対して割り込みが発生します。割り込みマスクレジスタを"0"に設定している場合、割り込み要因フラグは"1"にセットされますが、CPUに対する割り込みは発生しません。なお、割り込み要因フラグは"1"を書き込むことにより"0"にリセットされます。

図4.14.4.1～図4.14.4.4にR/Fコンバータの割り込みタイミングを示します。

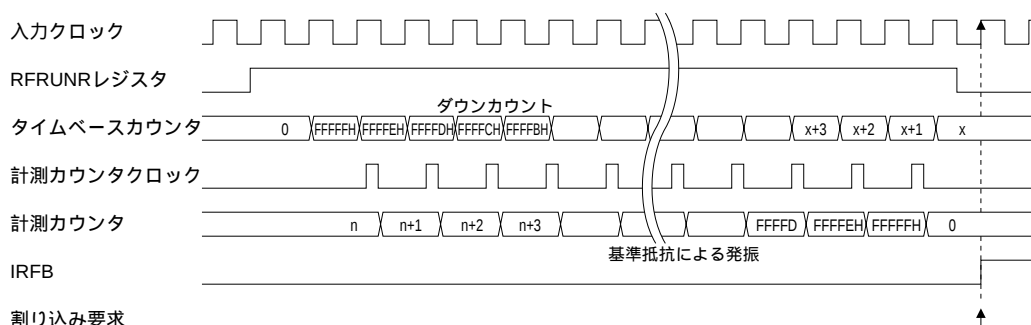


図4.14.4.1 基準発振終了割り込み

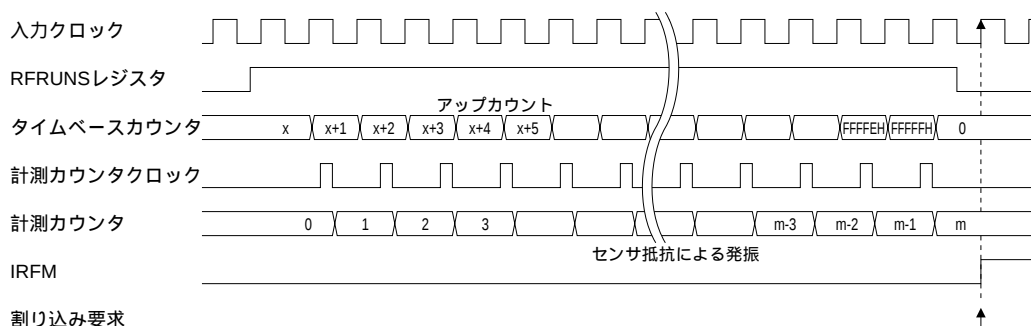


図4.14.4.2 センサ発振終了割り込み

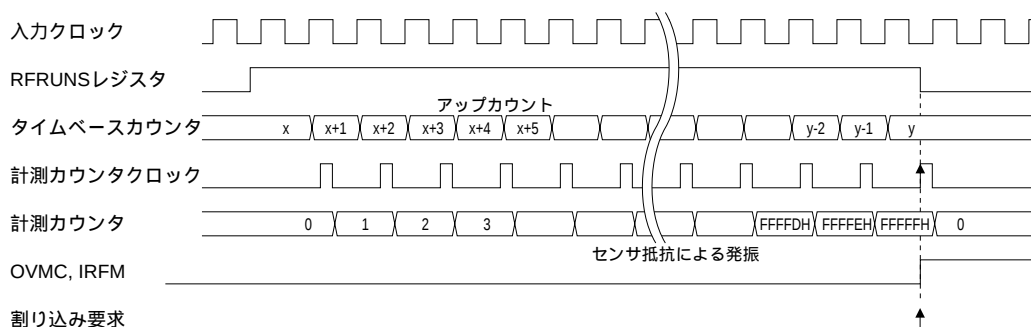


図4.14.4.3 計測カウンタオーバーフローによる割り込み

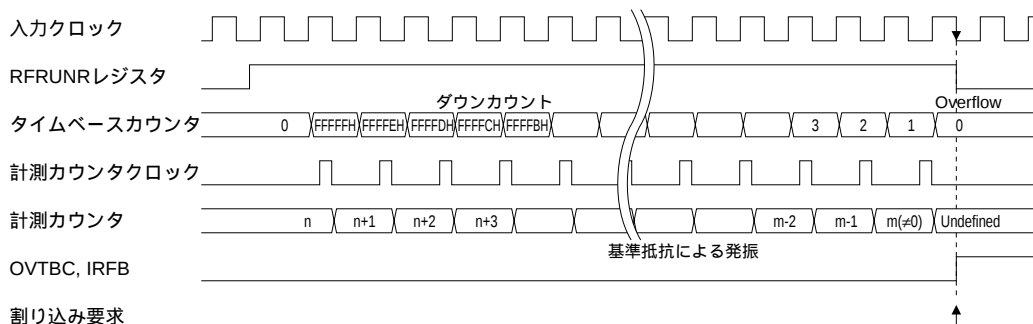


図4.14.4.4 タイムベースカウンタオーバーフローによる割り込み

- 注:
- R/Fコンバータ割り込みが発生した場合は必ずオーバーフローフラグの読み出しを行って、正常終了かどうかの確認を行ってください。
 - カウンタのオーバーフローにより割り込みが発生した場合、オーバーフローフラグ(OVMC、OVTBC)に"1"を書き込んで"0"にリセットしてください。これらのフラグがリセットされない場合、再度同じ割り込みが発生してしまいます。

4.14.5 R/FコンバータのI/Oメモリ

表4.14.5.1にR/Fコンバータの制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.14.5.1 R/Fコンバータの制御ビット

アドレス	レジスタ				注 釈			
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0
FF90H	0	RFCLK	RFSEL	SENSEL	0 *3	- *2		
					RFCLK	0	OSC3	OSC1
	R	R/W			RFSEL	0	AC	DC
FF91H					SENSEL	0	Ch.1	Ch.0
	OVTBC	OVMC	RFRUNR	RFRUNS	OVTBC	0	Overflow	Non-ov
					OVMC	0	Overflow	Non-ov
FF92H					RFRUNR	0	Run	Stop
					RFRUNS	0	Run	Stop
FF93H	MC3	MC2	MC1	MC0	MC3	- *2		
					MC2	- *2		
					MC1	- *2		
FF94H					MC0	- *2		
FF95H	MC7	MC6	MC5	MC4	MC7	- *2		
					MC6	- *2		
					MC5	- *2		
FF96H					MC4	- *2		
FF97H	MC11	MC10	MC9	MC8	MC11	- *2		
					MC10	- *2		
					MC9	- *2		
FF98H					MC8	- *2		
FF99H	MC15	MC14	MC13	MC12	MC15	- *2		
					MC14	- *2		
					MC13	- *2		
FF9AH					MC12	- *2		
FF9BH	MC19	MC18	MC17	MC16	MC19	- *2		
					MC18	- *2		
					MC17	- *2		
FF9CH					MC16	- *2		
FF9DH	TC3	TC2	TC1	TC0	TC3	- *2		
					TC2	- *2		
					TC1	- *2		
FF9EH					TC0	- *2		
FF9FH	TC7	TC6	TC5	TC4	TC7	- *2		
					TC6	- *2		
					TC5	- *2		
FF9GH					TC4	- *2		
FF9IH	TC11	TC10	TC9	TC8	TC11	- *2		
					TC10	- *2		
					TC9	- *2		
FF9JH					TC8	- *2		
FF9KH	TC15	TC14	TC13	TC12	TC15	- *2		
					TC14	- *2		
					TC13	- *2		
FF9LH					TC12	- *2		
FF9MH	TC19	TC18	TC17	TC16	TC19	- *2		
					TC18	- *2		
					TC17	- *2		
FF9NH					TC16	- *2		
FF9OH	0	0	EIRFB	EIRFM	0 *3	- *2		
					0 *3	- *2		
	R				EIRFB	0	Enable	Mask
FF9PH					EIRFM	0	Enable	Mask
FF9QH	0	0	IRFB	IRFM	0 *3	- *2	(R)	(R)
					0 *3	- *2	Yes	No
	R				IRFB	0	(W)	(W)
FF9RH					IRFM	0	Reset	Invalid

*1 イニシャルリセット時の初期値

*3 読み出し時は常時"0"

*2 回路上設定されない

- MC0 ~ MC19: 計測カウンタ (FF92H ~ FF96H)

CR発振クロックによりカウントアップする計測カウンタで、4ビット単位で書き込み/読み出しが可能です。基準抵抗による発振を行う場合は発振を開始する前に、カウントするクロック数の補数を書き込んでおきます。基準抵抗による発振によってこのカウンタがオーバーフローし、カウント値が"00000H"になると発振およびカウント動作が停止します。

センサによる発振を行う場合は発振を開始する前に、00000Hを書き込んでおきます(基準発振に引き続いて行う場合は不要)。センサ発振とカウント動作はタイムベースカウンタがオーバーフローした時点で停止します。停止したカウンタの値を読み出すことによって基準抵抗との差が得られますので、それをプログラムで処理して目的の数値を算出してください。

なお、基準発振前に書き込む初期値は、測定範囲およびカウンタのオーバーフローに注意して設定してください。

イニシャルリセット時、このカウンタの内容は不定となります。

- TC0 ~ TC19: タイムベースカウンタ (FF97H ~ FF9BH)

基準抵抗とセンサのCR発振時間を合わせるためのタイムベースカウンタで、4ビット単位で書き込み/読み出しが可能です。

基準抵抗による発振時はカウントダウンを行い、センサによる発振時は"00000H"までのカウントアップを行います。双方のカウント時間を合わせるため、基準発振を開始する前にはこのカウンタに"00000H"を書き込んでおく必要があります。基準発振のカウント値は基準発振終了時に読み出してメモリにセーブしてください。センサ発振を開始する前に、その値をこのカウンタに設定します。

イニシャルリセット時、このカウンタの内容は不定となります。

- RFCLK: 入力クロック選択 (FF90H・D2)

タイムベースカウンタの入力クロックを選択します。

"1"書き込み: OSC3

"0"書き込み: OSC1

読み出し: 可能

タイムベースカウンタのカウントを行うクロックを選択します。

RFCLKに"1"を書き込むことによりOSC3クロックが選択され、"0"を書き込んだ場合はOSC1クロック (Typ. 32kHz) が選択されます。OSC3クロックを選択する場合、OSC3発振周波数は最大2MHzに制限されますので注意が必要です。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- RFSEL: チャンネル1センサ選択 (FF90H・D1)

チャンネル1に使用するセンサの種類を選択します。

"1"書き込み: 抵抗性湿度センサ

"0"書き込み: 抵抗性センサ

読み出し: 可能

RFSELに"1"を書き込むとチャンネル1のセンサとして抵抗性湿度センサが、"0"の書き込みで抵抗性センサが選択されます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- SENSEL: 変換チャンネル選択レジスタ (FF90H・D0)

R/F変換するチャンネルを選択します。

"1"書き込み: チャンネル1

"0"書き込み: チャンネル0

読み出し: 可能

SENSELに"1"を書き込むとR/F変換を行うチャンネルとしてチャンネル1が選択され、"0"を書き込むとチャンネル0が選択されます。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- RFRUNR: 基準発振RUN制御/ステータス (FF91H・D1)
基準抵抗のR/F変換を開始させると共に動作状態を示します。

"1"書き込み: R/F変換開始
 "0"書き込み: 無効
 "1"読み出し: R/F変換中
 "0"読み出し: 停止中

RFRUNRに"1"を書き込むことにより基準抵抗のR/F変換を開始します。R/F変換中はこのレジスタに"1"が保持され、R/F変換が終了した時点で"0"に設定されます。RFRUNRへの"0"書き込みは無効です。イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- RFRUNS: センサ発振RUN制御/ステータス (FF91H・D0)
センサのR/F変換を開始させると共に動作状態を示します。

"1"書き込み: R/F変換開始
 "0"書き込み: 無効
 "1"読み出し: R/F変換中
 "0"読み出し: 停止中

RFRUNSに"1"を書き込むことによりセンサのR/F変換を開始します。R/F変換中はこのレジスタに"1"が保持され、R/F変換が終了した時点で"0"に設定されます。RFRUNSへの"0"書き込みは無効です。イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- OVMC: 計測カウンタオーバーフローフラグ (FF91H・D2)
計測カウンタのオーバーフロー発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: オーバーフロー発生
 "0"読み出し: オーバーフローなし
 "1"書き込み: "0"にリセット
 "0"書き込み: 無効

センサの発振をカウント中に計測カウンタにオーバーフローが発生した場合、OVMCが"1"にセットされます。同時に割り込みも発生します。このフラグはR/F変換開始時および"1"の書き込みによりリセットされます。イニシャルリセット時、このフラグは"0"に設定されます。

- OVTBC: タイムベースカウンタオーバーフローフラグ (FF91H・D3)
タイムベースカウンタのオーバーフロー発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: オーバーフロー発生
 "0"読み出し: オーバーフローなし
 "1"書き込み: "0"にリセット
 "0"書き込み: 無効

基準抵抗の発振中にタイムベースカウンタにオーバーフローが発生した場合、OVTBCが"1"にセットされます。同時に割り込みも発生します。このフラグはR/F変換開始時および"1"の書き込みによりリセットされます。イニシャルリセット時、このフラグは"0"に設定されます。

- EIRFM, EIRFB: 割り込みマスクレジスタ (FFE7H・D0, D1)
R/Fコンバータの割り込みについてマスクするかしないかを選択します。

"1"書き込み: イネーブル
 "0"書き込み: マスク
 読み出し: 可能

EIRFMとEIRFBはそれぞれセンサ発振終了および基準発振終了割り込みに対応する割り込みマスクレジスタで、"1"を書き込むことによりR/Fコンバータ割り込みが許可され、"0"を書き込むことにより割り込みがマスクされます。

イニシャルリセット時、これらのレジスタは"0"に設定されます。

- IRFM, IRFB: 割り込み要因フラグ (FFF7H・D0, D1)
R/Fコンバータ割り込みの発生状態を示すフラグです。

"1"読み出し: 割り込み有
 "0"読み出し: 割り込み無
 "1"書き込み: 要因フラグをリセット
 "0"書き込み: 無効

IRFBは基準抵抗のR/F変換が終了した場合、または基準抵抗の発振カウント中にタイムベースカウンタがオーバーフローした場合に"1"にセットされます。

IRFMはセンサのR/F変換が終了した場合、またはセンサの発振カウント中に計測カウンタがオーバーフローした場合に"1"にセットされます。

これらのフラグによりR/Fコンバータ割り込みの有無をソフトウェアで判断することができます。なお、このフラグは割り込みマスキングスタの設定にかかわらず、上記の条件で"1"にセットされます。

これらのフラグは、"1"を書き込むことによって"0"にリセットされます。

割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可 (IFラゲ="1") に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット ("1"書き込み) を行ってください。

イニシャルリセット時、これらのフラグは"0"に設定されます。

4.14.6 プログラミング上の注意事項

- (1) 計測カウンタ (MC) の初期値によっては、CR発振クロックのカウント中に計測カウンタあるいはタイムベースカウンタにオーバーフローが発生する場合があります。初期値はCR発振周波数とその変動範囲、およびタイムベースカウンタの入力クロック周波数に注意して設定してください。オーバーフローが発生した場合はその時点でR/F変換を終了しますので、R/F変換結果 (計測カウンタ値) を読み出した際は、オーバーフローフラグ (OVMC、OVTBC) の確認も行ってください。CR発振周波数の上限値は500kHzです。特に下限周波数についての制限はありませんが、タイムベースカウンタのオーバーフローには注意してください。
- (2) カウンタのオーバーフローにより割り込みが発生した場合、オーバーフローフラグ (OVMC、OVTBC) に"1"を書き込んで"0"にリセットしてください。これらのフラグがリセットされない場合、再度同じ割り込みが発生してしまいます。
- (3) 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可 (IFラゲ="1") に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット ("1"書き込み) を行ってください。
- (4) OSC3クロックをタイムベースカウンタのクロックとして選択する場合、OSC3発振周波数は最大2MHzに制限されますので注意が必要です。
- (5) 計測カウンタにデータを書き込む場合は、必ず下位のアドレスから (FF92H→FF93H→FF94H→FF95H→FF96H) 5ワードすべてを書き込んでください。また、計測カウンタへの書き込みにはLD命令を使用してください。リードモディファイライト命令 (AND、OR、ADD、SUB等) は使用しないでください。

4.15 SVD(電源電圧検出)回路

4.15.1 SVD回路の構成

S1C63654にはSVD(電源電圧検出)回路が内蔵されており、ソフトウェアによって電源電圧低下を知ることができます。SVD回路のON/OFFおよび比較電圧の設定は、ソフトウェアによって行えます。

SVD回路の構成は図4.15.1.1のとおりです。

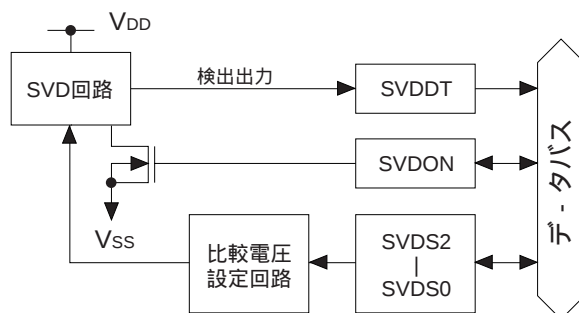


図4.15.1.1 SVD回路の構成

4.15.2 SVD動作

SVD回路はソフトウェアによって設定した比較電圧と電源電圧(V_{DD} 端子 - V_{SS} 端子)の比較を行い、その結果をSVDDTラッチにセットします。このSVDDTラッチのデータを読み出すことにより、電源電圧が正常か、あるいは低下していることをソフトウェアによって判断できます。

比較電圧は表4.15.2.1に示すとおり、SVDS2 ~ SVDS0レジスタで指定します。

表4.15.2.1 比較電圧値

SVDS2	SVDS1	SVDS0	比較電圧 (V)
1	1	1	2.90
1	1	0	2.75
1	0	1	2.60
1	0	0	2.45
0	1	1	2.30
0	1	0	2.15
0	0	1	2.00
0	0	0	1.85

SVD回路による電源電圧の検出動作はレジスタSVDONに"1"を書き込むことによって開始します。その後SVDONに"0"を書き込むことにより、SVD回路は検出結果をSVDDTラッチにセットして検出動作を停止(回路をOFF)します。

なお、安定した検出結果を得るためには少なくとも500 μ sec以上SVD回路をONにする必要があります。したがって、電源電圧の検出は次のシーケンスで行ってください。

1. SVDONを"1"にセット
2. 500 μ sec以上保持
3. SVDONを"0"にセット
4. SVDDTの読み出し

なお、SVD動作時は消費電流が大きくなりますので、必要なとき以外は必ずSVD回路をOFFに設定してください。

4.15.3 SVD回路のI/Oメモリ

表4.15.3.1にSVD回路の制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.15.3.1 SVD回路の制御ビット

アドレス	レジスタ				Name	Init *1	1	0	注 釈
	D3	D2	D1	D0					
FF04H	0	SVDS2	SVDS1	SVDS0	0 *3	— *2			未使用 SVD比較電圧 [SVDS2~0] 0 1 2 3 4 5 6 7 電圧(V) 1.85 2.00 2.15 2.30 2.45 2.60 2.75 2.90
					SVDS2	0			
	R	R/W			SVDS1	0			
					SVDS0	0			
FF05H	0	0	SVDDT	SVDON	0 *3	— *2			未使用 未使用 SVD検出データ SVD回路On/Off
					0 *3	— *2			
	R			R/W	SVDDT	0	Low	Normal	
					SVDON	0	On	Off	

*1 イニシャルリセット時の初期値

*2 回路上設定されない

*3 読み出し時は常時"0"

- SVDS2 ~ SVDS0: SVD比較電圧設定レジスタ(FF04H・D2 ~ D0)
SVDの比較電圧を表4.15.2.1に示すとおり設定します。
イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。
- SVDON: SVD検出ON/OFF制御レジスタ(FF05H・D0)
SVD回路のON/OFFを制御します。

"1"書き込み: SVD回路 ON

"0"書き込み: SVD回路 OFF

読み出し: 可能

SVDONを"1"にセットすることによりSVD検出が行われ、SVDONを"0"にリセットした直後にSVDDTラッチへ検出結果が書き込まれます。なお、安定したSVD検出結果を得るためには、少なくとも500μsec以上SVD回路をONにする必要があります。

イニシャルリセット時、このレジスタは"0"に設定されます。

- SVDDT: SVD検出結果(FF05H・D1)
SVDによる検出結果がセットされます。

"0"読み出し: 比較電圧より電源電圧($V_{DD} - V_{SS}$)が高い

"1"読み出し: 比較電圧より電源電圧($V_{DD} - V_{SS}$)が低い

書き込み: 無効

SVDONを"0"にした時点の検出結果を読み出すことができます。

イニシャルリセット時、SVDDTは"0"に設定されます。

4.15.4 プログラミング上の注意事項

- (1) SVD回路はONさせてから安定した結果が得られるまでに500μsecの時間を必要とします。このため、SVDONに"1"を書き込み後、500μsec以上経過後にSVDONに"0"を書き込んでSVDDTを読み出してください。
- (2) SVD検出動作時は消費電流が大きくなりますので、必要なとき以外は必ずSVD検出をOFFに設定してください。

4.16 割り込みとHALT

<割り込みの種類>

S1C63654には以下の7種類の割り込みが設定されています。

外部割り込み	• 入力割り込み	(2系統)
内部割り込み	• ウォッチドッグタイマ割り込み	(NMI、1系統)
	• プログラマブルタイマ割り込み	(4系統)
	• シリアルインタフェース割り込み	(1系統)
	• 計時タイマ割り込み	(4系統)
	• ストップウォッチタイマ割り込み	(4系統)
	• R/Fコンバータ割り込み	(2系統)

割り込みを許可するためにはインタラプトフラグを"1"にセット(EI)し、あわせて必要な系統の割り込みマスクレジスタも"1"にセット(イネーブル)する必要があります。

割り込みが発生するとインタラプトフラグは自動的に"0"にリセット(DI)され、以後の割り込みは禁止されます。

ウォッチドッグタイマ割り込みはNMI(ノンマスカブル割り込み)のため、インタラプトフラグの設定にかかわらず、割り込みが発生します。このため、割り込みマスクレジスタも用意されていません。ただし、ウォッチドッグタイマはソフトウェアにより動作を停止させることができますので、NMIを発生させないようにすることができます。

図4.16.1に割り込み回路の構成を示します。

注: イニシャルリセット時、NMIを含むすべての割り込みはスタックポインタSP1、SP2の両方がソフトウェアで設定されるまでマスクされます。また、SP1、SP2を設定後どちらか一方を再設定すると、もう一方が再設定されるまで割り込み(NMIを含む)は再びマスクされます。したがって、SP1およびSP2の設定は必ずペアで行ってください。

<HALT>

S1C63654は必要なとき以外の消費電流を大幅に低減させるHALT機能を持っています。

CPUはHALT命令が入力されるとHALT状態に入り、CPUの動作を停止します。ただし、発振回路は動作していますので、タイマのカウント等は継続して行われます。

CPUのHALT状態からの再起動はNMIを含むハードウェア割り込み要求が発生することにより行われます。

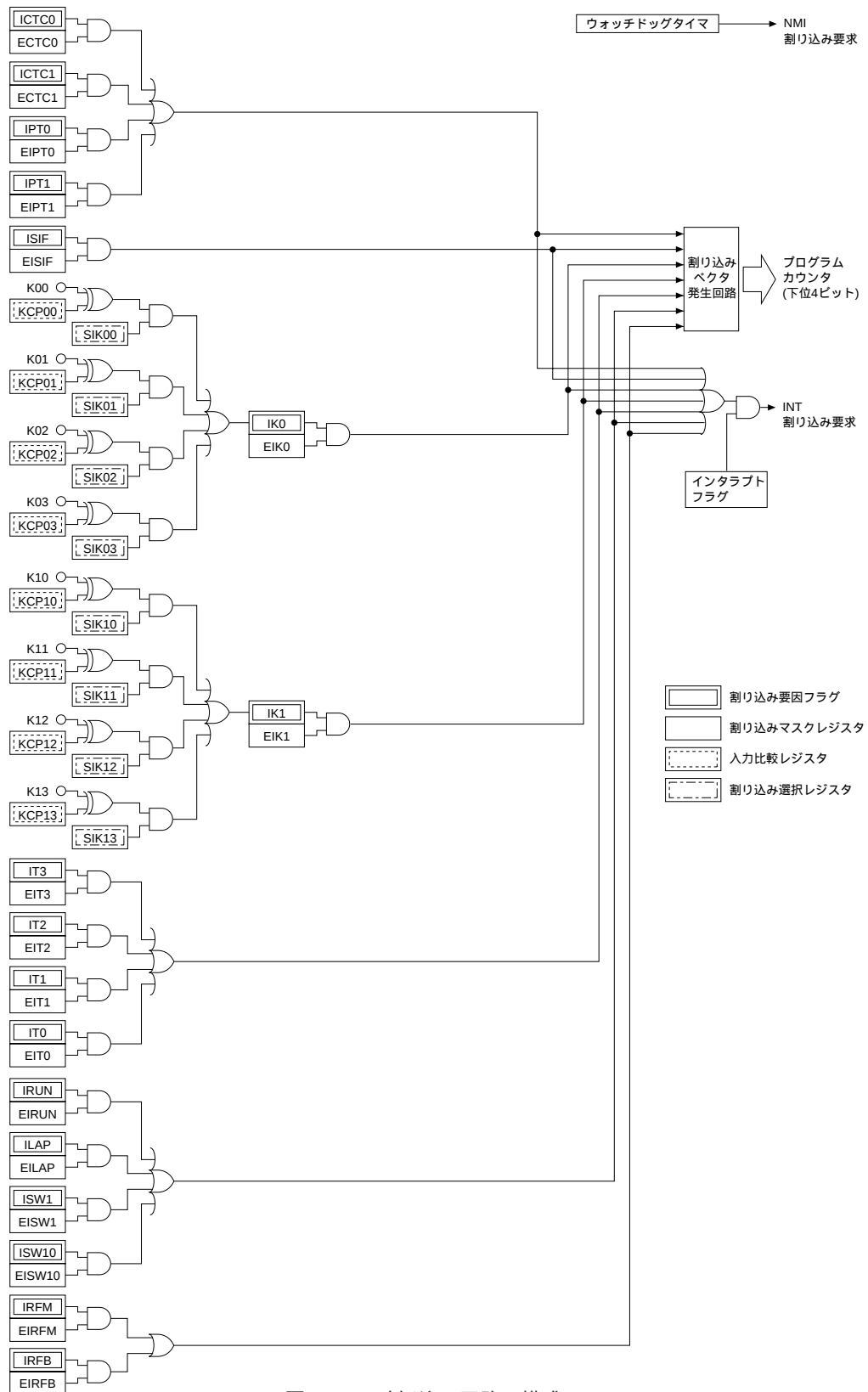


図4.16.1 割り込み回路の構成

4.16.1 割り込みの要因

割り込み要求が発生する要因を表4.16.1.1に示します。

各々の割り込み要因により、対応する割り込み要因フラグが"1"にセットされます。

CPUに対する割り込みは、以下の条件が成立している場合に割り込み要因フラグが"1"にセットされたときに発生します。

- 対応する割り込みマスクレジスタが"1"(イネーブル)
- インタラプトフラグが"1"(EI)

割り込み要因フラグは"1"書き込みにより"0"にリセットされます。

イニシャルリセット時、割り込み要因フラグは"0"にリセットされます。

* ウォッチドッグタイマはNMIのため、上記の条件とは無関係に割り込みが発生します。割り込み要因フラグも用意されていません。

表4.16.1.1 割り込み要因

割り込み要因	割り込み要因フラグ
プログラブルタイマ1(コンペアマッチ)	ICTC1 (FFF0H・D1)
プログラブルタイマ0(コンペアマッチ)	ICTC0 (FFF0H・D0)
プログラブルタイマ1(アンダーフロー)	IPT1 (FFF1H・D1)
プログラブルタイマ0(アンダーフロー)	IPT0 (FFF1H・D0)
シリアルインタフェース(データ8ビット入出力終了)	ISIF (FFF2H・D0)
K00 ~ K03入力(立ち下がりまたは立ち上がりエッジ)	IK0 (FFF3H・D0)
K10 ~ K13入力(立ち下がりまたは立ち上がりエッジ)	IK1 (FFF4H・D0)
計時タイマ1Hz(立ち下がりエッジ)	IT3 (FFF5H・D3)
計時タイマ2Hz(立ち下がりエッジ)	IT2 (FFF5H・D2)
計時タイマ8Hz(立ち下がりエッジ)	IT1 (FFF5H・D1)
計時タイマ32Hz(立ち下がりエッジ)	IT0 (FFF5H・D0)
ストップウォッチタイマ(ダイレクトRUN)	IRUN (FFF6H・D3)
ストップウォッチタイマ(ダイレクトLAP)	ILAP (FFF6H・D2)
ストップウォッチタイマ(1Hz)	ISW1 (FFF6H・D1)
ストップウォッチタイマ(10Hz)	ISW10 (FFF6H・D0)
R/Fコンバータ(基準発振完了)	IRFB (FFF7H・D1)
R/Fコンバータ(センサ発振完了)	IRFM (FFF7H・D0)

注: 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。

4.16.2 割り込みの個別マスク

割り込み要因フラグは、対応する割り込みマスクレジスタによりマスクできます。

割り込みマスクレジスタは読み出し/書き込みが可能なレジスタであり、"1"書き込みでイネーブル(割り込み許可)、"0"書き込みでマスク(割り込み禁止)となります。

イニシャルリセット時、割り込みマスクレジスタは"0"にリセットされます。

表4.16.2.1に割り込みマスクレジスタと割り込み要因フラグの対応を示します。

表4.16.2.1 割り込みマスクレジスタと割り込み要因フラグ

割り込みマスクレジスタ		割り込み要因フラグ	
ECTC1	(FFE0H・D1)	ICTC1	(FFF0H・D1)
ECTC0	(FFE0H・D0)	ICTC0	(FFF0H・D0)
EIPT1	(FFE1H・D1)	IPT1	(FFF1H・D1)
EIPT0	(FFE1H・D0)	IPT0	(FFF1H・D0)
EISIF	(FFE2H・D0)	ISIF	(FFF2H・D0)
EIK0	(FFE3H・D0)	IK0	(FFF3H・D0)
EIK1	(FFE4H・D0)	IK1	(FFF4H・D0)
EIT3	(FFE5H・D3)	IT3	(FFF5H・D3)
EIT2	(FFE5H・D2)	IT2	(FFF5H・D2)
EIT1	(FFE5H・D1)	IT1	(FFF5H・D1)
EIT0	(FFE5H・D0)	IT0	(FFF5H・D0)
EIRUN	(FFE6H・D3)	IRUN	(FFF6H・D3)
EILAP	(FFE6H・D2)	ILAP	(FFF6H・D2)
EISW1	(FFE6H・D1)	ISW1	(FFF6H・D1)
EISW10	(FFE6H・D0)	ISW10	(FFF6H・D0)
EIRFB	(FFE7H・D1)	IRFB	(FFF7H・D1)
EIRFM	(FFE7H・D0)	IRFM	(FFF7H・D0)

4.16.3 割り込みベクタ

CPUに割り込み要求が入力されると、CPUは割り込み処理を開始します。

割り込み処理は実行中のプログラムの終了後、以下の手順で行われます。

1. フラグレジスタを退避後、Iフラグをリセット
2. 次に実行すべきプログラムのアドレスデータ(プログラムカウンタの値)をスタック領域(RAM)に退避
3. 割り込み要求による割り込みベクタの値(0100H～010EH)をプログラムカウンタにセット
4. 指定されたアドレスのプログラムを実行(ソフトウェアによる割り込み処理ルーチンの実行)

表4.16.3.1に割り込み要求と割り込みベクタの対応を示します。

表4.16.3.1 割り込み要求と割り込みベクタ

割り込みベクタ	割り込み要因	優先順位
0100H	ウォッチドッグタイマ	高い ↑
0102H	R/Fコンバータ	
0104H	プログラマブルタイマ	
0106H	シリアルインタフェース	
0108H	K00～K03入力	
010AH	K10～K13入力	
010CH	計時タイマ	↓ 低い
010EH	ストップウォッチタイマ	

プログラムカウンタ(PC)の下位4ビットが割り込み要求による間接アドレス指定となります。

4.16.4 割り込みのI/Oメモリ

表4.16.4.1に割り込みに関する制御ビットとそのアドレスを示します。

表4.16.4.1(a) 割り込みの制御ビット

アドレス	レジスタ				Name	Init *1	1	0	注 釈
	D3	D2	D1	D0					
FF20H	SIK03	SIK02	SIK01	SIK00	SIK03	0	Enable	Disable	K00 ~ K03割り込み選択レジスタ
					SIK02	0	Enable	Disable	
	R/W				SIK01	0	Enable	Disable	
					SIK00	0	Enable	Disable	
FF22H	KCP03	KCP02	KCP01	KCP00	KCP03	1			K00 ~ K03入力比較レジスタ
					KCP02	1			
	R/W				KCP01	1			
					KCP00	1			
FF24H	SIK13	SIK12	SIK11	SIK10	SIK13	0	Enable	Disable	K10 ~ K13割り込み選択レジスタ
					SIK12	0	Enable	Disable	
	R/W				SIK11	0	Enable	Disable	
					SIK10	0	Enable	Disable	
FF26H	KCP13	KCP12	KCP11	KCP10	KCP13	1			K10 ~ K13入力比較レジスタ
					KCP12	1			
	R/W				KCP11	1			
					KCP10	1			
FFE0H	0	0	ECTC1	ECTC0	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R		R/W		ECTC1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(タイマ1コンペアマッチ)
					ECTC0	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(タイマ0コンペアマッチ)
FFE1H	0	0	EIPT1	EIPT0	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R		R/W		EIPT1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(タイマ1アンダーフロー)
					EIPT0	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(タイマ0アンダーフロー)
FFE2H	0	0	0	EISIF	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R			R/W	0 *3	—*2			未使用
					EISIF	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(シリアルI/F)
FFE3H	0	0	0	EIK0	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R			R/W	0 *3	—*2			未使用
					EIK0	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(K00 ~ K03)
FFE4H	0	0	0	EIK1	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R			R/W	0 *3	—*2			未使用
					EIK1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(K10 ~ K13)
FFE5H	EIT3	EIT2	EIT1	EIT0	EIT3	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ1Hz)
					EIT2	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ2Hz)
	R/W			EIT1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ8Hz)	
					EIT0	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(計時タイマ32Hz)
FFE6H	EIRUN	EILAP	EISW1	EISW10	EIRUN	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(SWダイレクトRUN)
					EILAP	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(SWダイレクトLAP)
	R/W			EISW1	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(ストップウォッチタイマ1Hz)	
					EISW10	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(ストップウォッチタイマ10Hz)
FFE7H	0	0	EIRFB	EIRFM	0 *3	—*2			未使用
					0 *3	—*2			未使用
	R		R/W		EIRFB	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(R/Fコンバータ基準発振完了)
					EIRFM	0	Enable	Mask	割り込みマスクレジスタ(R/Fコンバータセンサ発振完了)
FFF0H	0	0	ICTC1	ICTC0	0 *3	—*2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	—*2	Yes	No	未使用
	R		R/W		ICTC1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(タイマ1コンペアマッチ)
					ICTC0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(タイマ0コンペアマッチ)
FFF1H	0	0	IPT1	IPT0	0 *3	—*2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	—*2	Yes	No	未使用
	R		R/W		IPT1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(タイマ1アンダーフロー)
					IPT0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(タイマ0アンダーフロー)

*1 イニシャルリセット時の初期値

*3 読み出し時は常時"0"

*2 回路上設定されない

表4.16.4.1(b) 割り込みの制御ビット

アドレス	レジスタ								注 釈
	D3	D2	D1	D0	Name	Init *1	1	0	
FFF2H	0	0	0	ISIF	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用
					0 *3	— *2	(W)	(W)	未使用
					ISIF	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(シリアルI/F)
FFF3H	0	0	0	IK0	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用
					0 *3	— *2	(W)	(W)	未使用
					IK0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(K00 ~ K03)
FFF4H	0	0	0	IK1	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用
					0 *3	— *2	(W)	(W)	未使用
					IK1	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(K10 ~ K13)
FFF5H	IT3	IT2	IT1	IT0	IT3	0	(R)	(R)	割り込み要因フラグ(計時タイマ1Hz)
					IT2	0	Yes	No	割り込み要因フラグ(計時タイマ2Hz)
					IT1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(計時タイマ8Hz)
					IT0	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(計時タイマ32Hz)
FFF6H	IRUN	ILAP	ISW1	ISW10	IRUN	0	(R)	(R)	割り込み要因フラグ(SWダイレクトRUN)
					ILAP	0	Yes	No	割り込み要因フラグ(SWダイレクトLAP)
					ISW1	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(ストップウォッチタイマ1Hz)
					ISW10	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(ストップウォッチタイマ10Hz)
FFF7H	0	0	IRFB	IRFM	0 *3	— *2	(R)	(R)	未使用
					0 *3	— *2	Yes	No	未使用
					IRFB	0	(W)	(W)	割り込み要因フラグ(R/Fコンバータ基準発振完了)
					IRFM	0	Reset	Invalid	割り込み要因フラグ(R/Fコンバータセンサ発振完了)

*1 イニシャルリセット時の初期値

*3 読み出し時は常時"0"

*2 回路上設定されない

- ECTC1, ECTC0: 割り込みマスクレジスタ(FFE0H・D1, D0)
- EIPT1, EIPT0: 割り込みマスクレジスタ(FFE1H・D1, D0)
- ICTC1, ICTC0: 割り込み要因フラグ(FFF0H・D1, D0)
- IPT1, IPT0: 割り込み要因フラグ(FFF1H・D1, D0)
..."4.11 プログラマブルタイマ"参照
- EISIF: 割り込みマスクレジスタ(FFE2H・D0)
- ISIF: 割り込み要因フラグ(FFF2H・D0)
..."4.12 シリアルインタフェース"参照
- KCP03 ~ KCP00, KCP13 ~ KCP10: 入力比較レジスタ(FF22H, FF26H)
- SIK03 ~ SIK00, SIK13 ~ SIK10: 割り込み選択レジスタ(FF20H, FF24H)
- EIK0, EIK1: 割り込みマスクレジスタ(FFE3H・D0, FFE4H・D0)
- IK0, IK1: 割り込み要因フラグ(FFF3H・D0, FFF4H・D0)
..."4.5 入力ポート"参照
- EIT3 ~ EIT0: 割り込みマスクレジスタ(FFE5H)
- IT3 ~ IT0: 割り込み要因フラグ(FFF5H)
..."4.9 計時タイマ"参照
- EIRUN, EILAP, EISW1, EISW10: 割り込みマスクレジスタ(FFE6H)
- IRUN, ILAP, ISW1, ISW10: 割り込み要因フラグ(FFF6H)
..."4.10 ストップウォッチタイマ"参照
- EIRFB, EIRFM: 割り込みマスクレジスタ(FFE7H・D1, D0)
- IRFB, IRFM: 割り込み要因フラグ(FFF7H・D1, D0)
..."4.14 R/Fコンバータ"参照

4.16.5 プログラミング上の注意事項

- (1)各割り込み要因フラグは、各割り込みマスキレジスタを"0"に設定していても、割り込み条件成立によりセットされます。
- (2)割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ="1")に設定あるいはRETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。
- (3)イニシャルリセット時、NMIを含むすべての割り込みはスタックポインタSP1、SP2の両方がソフトウェアで設定されるまでマスクされます。また、SP1、SP2を設定後どちらか一方を再設定すると、もう一方が再設定されるまで割り込み(NMIを含む)は再びマスクされます。したがって、SP1およびSP2の設定は必ずペアで行ってください。

5 注意事項のまとめ

5.1 低消費電流化のための注意事項

S1C63654は、低消費電流化のため回路系ごとに制御レジスタを持っています。

この制御レジスタにより必要最小限の回路系を動作させるプログラムとすることで、低消費電流化が実現できます。

以下に動作を制御できる回路系とその制御レジスタ等を説明しますので、プログラムを組む上で参考としてください。

表5.1.1 回路系と制御レジスタ

回路系(および項目)	制御レジスタ等
CPU	HALT命令
CPU動作周波数	CLKCHG, OSCC
高速動作用定電圧回路	VDC0, VDC1
LCD系電圧回路	LPWR
降圧モード	VDC2, VDC3
SVD回路	SVDON

消費電流については"7 電気的特性"を参照してください。

イニシャルリセット時の各回路系の状態は以下のとおりです。

CPU:	動作状態
CPU動作周波数:	低速側(CLKCHG = "0") OSC3発振回路停止状態(OSCC = "0")
内部ロジック動作電圧:	V _{D1L} (VDC0 = "0")
高速動作用定電圧回路:	OFF状態(VDC1 = "0")
LCD系電圧回路:	OFF状態(LPWR = "0")
降圧モード:	OFF状態(VDC2 = VDC3 = "0")
SVD回路:	OFF状態(SVDON = "0")

また、LCDパネルの特性により消費電流が数 μ Aのオーダーで異なりますので、パネルの選択にも注意が必要です。

5.2 個別機能についての注意事項のまとめ

以下に各機能の注意事項を個別にまとめます。内容に十分留意した上でプログラミングを行ってください。

● メモリ、スタック

- (1) メモリマップの未使用領域にはメモリが実装されていません。また、周辺I/O領域にも非実装領域、未使用(アクセス禁止)領域が存在します。これらの領域をアクセスするようなプログラムを作成した場合は、正常な動作を保証することはできません。
周辺I/O領域については表4.1.1に示すI/Oメモリマップを参照してください。
- (2) データメモリの一部をサブルーチンコールやレジスタ退避時のスタック領域としても使用しますので、データ領域とスタック領域が重ならないように注意してください。
- (3) S1C63000コアCPUは、4ビットデータ用スタックポインタ(SP2)および16ビットデータ用スタックポインタ(SP1)によりスタック処理を行います。SP1によるスタック処理では16ビットデータアクセスが行われますので、このスタック領域の設定は4ビット/16ビットアクセスが可能な領域内(0100H~01FFH)で行ってください。スタックポインタは、SP1が0000H~03FFH、SP2が0000H~00FFHの範囲でサイクリックに動作します。このため、SP1はS1C63654の4ビット/16ビットアクセス領域を外れた0200H以上、あるいは00FFH以下の領域にも設定される可能性がありますので注意してください。SP1によるスタック操作以外のメモリアクセスは4ビットデータアクセスとなります。
また、イニシャルリセット時は、スタックポインタSP1、SP2の両方がソフトウェアで設定されるまでNMIを含むすべての割り込みがマスクされます。また、SP1、SP2を設定後どちらか一方を再設定すると、もう一方が再設定されるまでNMIを含む割り込みは再びマスクされます。したがって、SP1およびSP2の設定は必ずペアで行ってください。

● 電源

- (1) 低速動作用定電圧回路を降圧モードに設定する場合は、VDC2に"1"を書き込む前にSVD回路で電源電圧が2.4V以上あることを確認してください。また、CPU動作クロックもOSC1に切り換えてください。
- (2) LCD系定電圧回路を降圧モードに設定する場合は、VDC3に"1"を書き込む前にSVD回路で電源電圧が2.4V以上あることを確認してください。また、Vc1電圧(コントラストの設定)を1.13V以下(LCレジスタ=6以下)に設定してください。

● ウォッチドッグタイマ

ウォッチドッグタイマを使用する場合、3秒周期以内にソフトウェアでウォッチドッグタイマをリセットする必要があります。イニシャルリセットにより、ウォッチドッグタイマは動作状態に設定されますので、使用しない場合は割り込み(NMI)発生前にウォッチドッグタイマをディセーブル(使用しない)に設定してください。

● 発振回路

- (1) CPUシステムクロックをOSC1からOSC3に切り換える場合は、OSC3発振をONにする前に動作電圧を高速用(V_{D3})に切り換えてください。その後、2.5msec以上の時間をおいてからOSC3発振をONにします。OSC3からOSC1に切り換える場合は、OSC1に切り換えてOSC3発振をOFFにした後で動作電圧を低速用(V_{D1L})に切り換えてください。
- (2) OSC3発振回路がONしてから発振が安定するまでに、5msec以上を必要とします。したがって、CPUの動作クロックをOSC1からOSC3に切り換える際は、OSC3発振ONの後、5msec以上経過してから行ってください。また、発振安定時間は外付け発振子の特性および使用条件等により異なりますので、十分マージンを取って待ち時間を設定してください。
- (3) OSC3からOSC1へのクロック切り換えと、OSC3発振OFFは別々のインストラクションで行ってください。1インストラクションで、同時に処理するとCPUの誤動作につながります。
- (4) 低速動作用定電圧回路が降圧モード時(VDC2="1")はOSC1クロックによる低速動作のみ可能です。システムクロックをOSC3には切り換えしないでください。
- (5) OSC3クロックによる動作中は、絶対に動作電圧をV_{D1L}に切り換えしないでください。また、高速動作用定電圧回路を停止しないでください。
- (6) R/Fコンバータのタイムベースカウンタ用クロックとしてOSC3を選択する場合、OSC3クロックの最大周波数は2MHzとなります。

- 入力ポート

入力ポートをHIGHレベルからプルダウン抵抗でLOWレベルに変化させる場合、プルダウン抵抗と入力ゲート容量の積定数によって波形立ち下がりに遅延が生じます。このため、入力ポートの取り込みを行う際は、適切な待ち時間を設定してください。

特に、キーマトリクス構成時のキースキャン等に注意が必要です。

この待ち時間は次の式で算出される時間以上としてください。

$$10 \times (\text{端子容量} 5\text{pF} + \text{寄生容量} \text{pF}) \times R (\text{プルダウン抵抗} 375\text{k}\Omega \text{ Max.})$$

- 出力ポート

(1) R02、R03を特殊出力(TOUT、FOUT)として使用する場合、R02レジスタ、R03レジスタは"1"に、R02HIZレジスタ、R03HIZレジスタは"0"に固定してください。

R02、R03レジスタに"0"を書き込むと、出力端子がLOW(V_{SS})に固定されますので注意してください。

R02HIZ、R03HIZに"1"を書き込むと、出力端子がハイインピーダンスになりますので注意してください。

(2) TOUT信号、FOUT信号のON/OFF時は、出力波形にハザードが出る場合があります。

(3) FOUT信号の周波数としてfosc3を選択した場合は、信号出力前にOSC3発振回路の制御が必要です。制御方法と注意事項については"4.4 発振回路"を参照してください。

- 入出力兼用ポート

入力モード時にポートの入力をHIGHレベルからプルダウン抵抗でLOWレベルに変化させる場合、プルダウン抵抗と入力ゲート容量の積定数によって波形立ち下がりに遅延が生じます。このため、入力データの取り込みを行う際は、適切な待ち時間を設定してください。

特に、キーマトリクス構成時のキースキャン等に注意が必要です。

この待ち時間は次の式で算出される時間以上としてください。

$$10 \times (\text{端子容量} 5\text{pF} + \text{寄生容量} \text{pF}) \times R (\text{プルダウン抵抗} 375\text{k}\Omega \text{ Max.})$$

- LCDドライバ

イニシャルリセット時、表示メモリの内容は不定となり、LC3～LC α LCDコントラストも0000Bとなりますので、ソフトウェアにより初期化する必要があります。また、表示もすべてOFFとなるように各レジスタ LPWR、ALOFF が設定されますので注意してください。

- 計時タイマ

データの読み出しは必ず下位データ(TM0～TM3)から先に行ってください。

- ストップウォッチタイマ

(1) ストップウォッチタイマのリセット後、割り込み要因フラグをリセットしてください。

(2) データの読み出しは必ずSWD0～3 → SWD4～7 → SWD8～11の順に行ってください。

(3) LAP入力によってホールドされたデータを読み出した場合は、SWD8～11の読み出しの後にキャプチャ更新フラグCRNWFの読み出しを行ってデータが更新されていないか確認してください。

(4) 1Hzの割り込み処理より先LAP入力などの処理を優先する場合には、処理前にラップデータ桁上げ要求フラグLCURFの読み出しを行って桁上げが必要か確認してください。

- プログラムブルタイマ

(1) カウンタデータの読み出しは必ず下位4ビット(PTDx0～PTDx3)から先に行ってください。また、下位4ビットの読み出し時に上位4ビット(PTDx4～PTDx7)はラッチされません。したがって、下位4ビットと上位4ビットの読み出しの時間差は0.73msec(fosc1 = 32.768kHzの場合)以下としてください。なお、CPUをOSC1クロック、プログラマブルタイマをOSC3クロックで動作させている場合は、タイマを停止させてからカウンタデータを読み出してください。OSC1クロックで動作しているCPUが下位4ビットと上位4ビットを2命令で読み出す間に、OSC3クロックによるカウントは表5.2.1に示す値だけ変化します。

表5.2.1 OSC1クロックによる下位-上位データ読み出し間のOSC3クロックによるカウント変化

カウントクロック	読み出し間のカウント変化
OSC3/1	0200H
OSC3/4	001AH
OSC3/32	0002H

16ビットタイマのカウンタデータは、必ず次の順序で読み出してください。

PTD00 ~ PTD03 → PTD04 ~ PTD07 → PTD10 ~ PTD13 → PTD14 ~ PTD17

- (2) プログラマブルタイマはレジスタPTRUNxへの書き込みに対して、入力クロックの立ち下がりがエッジに同期して実際にRUN/STOP状態となります。したがって、PTRUNxに"0"を書き込んだ場合は、"-1"余分にカウントしたところでタイマが停止状態となります。また、このときPTRUNxは実際にタイマがSTOP状態となるまで、読み出しに対して"1"を保持します。

図5.2.1にRUN/STOP制御のタイミングチャートを示します。

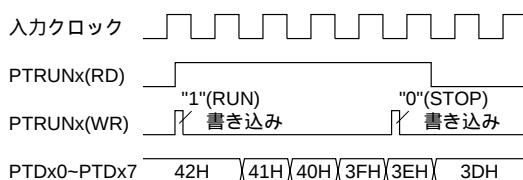


図5.2.1 RUN/STOP制御のタイミングチャート

なお、これについてはイベントカウンタも対象となるため、RUN/STOPレジスタ(PTRUN0)を設定後にクロック入力がない場合、カウンタ回路は実際にはRUN/STOP状態にならないので注意してください。

- (3) TOUT信号は出力制御レジスタPTOUTとは非同期に発生していますので、PTOUTの設定による信号のON/OFF時には1/2サイクル以内のハザードが生じます。
- (4) OSC3発振回路を原振とする場合は、プログラマブルタイマを使用する以前にOSC3発振回路をONさせる必要があります。ただし、OSC3発振回路をONにしてから発振が安定するまでに5msec以上の時間を必要とします。したがって、プログラマブルタイマのカウント開始はOSC3発振ON後、十分な待ち時間をおいてから行ってください。OSC3の制御方法と注意事項については"4.4 発振回路"を参照してください。イニシャルリセット時、OSC3発振回路はOFF状態に設定されます。
- (5) プログラマブルタイマ動作中にプログラマブルタイマ割り込み発生間隔を変更する場合、以下の理由によりリロードデータを書き込むタイミングに注意が必要です。

プログラマブルタイマは入力クロックの立ち下がりがエッジでダウンカウントを行い、そこでアンダーフローが発生した場合は同時に割り込みを発生します。その後、リロードデータをカウンタにセットする動作を開始し、入力クロックの次の立ち上がりエッジでカウンタデータが確定します(の区間)。

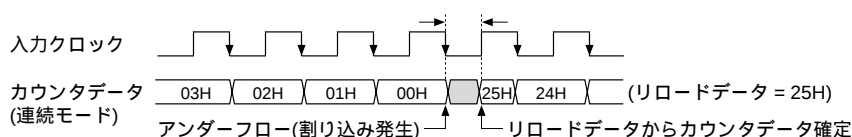


図5.2.2 プログラマブルタイマリロードタイミング

リロードデータを正しくカウンタにセットするために、割り込み発生後は の区間を含め、カウンタデータが確定するまではリロードデータの書き換えを行わないでください。入力クロックの源振にOSC1(低速クロック)を使用し、CPUがOSC3(高速クロック)で動作している場合は、特に注意が必要です。

- シリアルインタフェース

- (1) データレジスタSD0～SD7への書き込み、または読み出しはシリアルインタフェースが停止中(同期クロックが入力/出力されていない状態)のときのみ行ってください。
- (2) シリアルインタフェースの起動はトリガ条件として、SCTRGに"1"を書き込む以前に、データレジスタSD0～SD7の書き込み/読み出しが行われている必要があります。(データレジスタSD0～SD7への書き込み/読み出しによりシリアルインタフェースの内部回路は初期化されます。)また、トリガをかける前に必ずESIFでシリアルインタフェースをイネーブルとしておいてください。
トリガはシリアルインタフェースをRUN状態にすることによって一度だけ与えてください。また、同期クロックSCLKが外部クロックの場合は、トリガ後に外部クロックの入力を開始してください。
- (3) SDPIによる入出力順列(MSB先頭/LSB先頭)の設定は、SD0～SD7にデータを設定する前に行ってください。
- (4) プログラブルタイマの出力クロックを同期クロックとして使用する場合、またはスレープモードで使用する場合、同期クロックの周波数は最大1MHzに制限されますので注意してください。

- サウンドジェネレータ

- (1) ブザー信号はBZEレジスタとは非同期に発生していますので、BZEレジスタの設定による信号のON/OFF時にハザードを生じる場合があります。
- (2) 1ショット出力は通常のブザー出力がOFF(BZE = "0")の状態でのみ有効で、ON(BZE = "1")状態でのトリガは無効となります。

- R/Fコンバータ

- (1) 計測カウンタ(MC)の初期値によっては、CR発振クロックのカウント中に計測カウンタあるいはタイムベースカウンタにオーバーフローが発生する場合があります。初期値はCR発振周波数とその変動範囲、およびタイムベースカウンタの入力クロック周波数に注意して設定してください。オーバーフローが発生した場合はその時点でR/F変換を終了しますので、R/F変換結果(計測カウンタ値)を読み出した際は、オーバーフローフラグ(OVMC、OVTBC)の確認も行ってください。CR発振周波数の上限値は500kHzです。特に下限周波数についての制限はありませんが、タイムベースカウンタのオーバーフローには注意してください。
- (2) カウンタのオーバーフローにより割り込みが発生した場合、オーバーフローフラグ(OVMC、OVTBC)に"1"を書き込んで"0"にリセットしてください。これらのフラグがリセットされない場合、再度同じ割り込みが発生してしまいます。
- (3) OSC3クロックをタイムベースカウンタのクロックとして選択する場合、OSC3発振周波数は最大2MHzに制限されますので注意が必要です。
- (4) 計測カウンタにデータを書き込む場合は、必ず下位のアドレスから(FF92H→FF93H→FF94H→FF95H→FF96H)5ワードすべてを書き込んでください。また、計測カウンタへの書き込みにはLD命令を使用してください。リードモディファイライト命令(AND、OR、ADD、SUB等)は使用しないでください。

- SVD回路

- (1) SVD回路はONさせてから安定した結果が得られるまでに500μsecの時間を必要とします。このため、SVDONに"1"を書き込み後、500μsec以上経過後にSVDONに"0"を書き込んでSVDDTを読み出してください。
- (2) SVD検出動作時は消費電流が大きくなりますので、必要なとき以外は必ずSVD検出をOFFに設定してください。

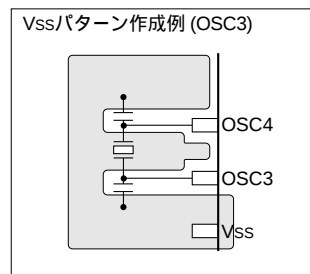
- 割り込み

- (1) 各割り込み要因フラグは、各割り込みマスクレジスタを"0"に設定していても、割り込み条件成立によりセットされます。
- (2) 割り込み発生後、割り込み要因フラグをリセットせずに割り込み許可(Iフラグ = "1")に設定あるいは RETI命令を実行すると再度同一の割り込みが発生してしまいます。したがって、割り込み処理ルーチン内では、割り込み許可状態に移行する前に割り込み要因フラグのリセット("1"書き込み)を行ってください。
- (3) イニシャルリセット時、NMIを含むすべての割り込みはスタックポインタSP1、SP2の両方がソフトウェアで設定されるまでマスクされます。また、SP1、SP2を設定後どちらか一方を再設定すると、もう一方が再設定されるまで割り込み(NMIを含む)は再びマスクされます。したがって、SP1およびSP2の設定は必ずペアで行ってください。

5.3 実装上の注意事項

発振回路

- 発振特性は諸条件(使用部品、基板パターン等)により変化します。
特にセラミック発振子または水晶振動子を使用する場合は、容量や抵抗などの定数は発振子メーカーの推奨値を使用してください。
- ノイズによる発振クロックの乱れは誤動作の原因となります。これを防止するため次の点に配慮してください。
 - (1) OSC1、OSC3、OSC2、OSC4端子に接続する発振子、抵抗、コンデンサ等の部品は、できるだけ最短で接続してください。
 - (2) OSC1、OSC3、OSC2、OSC4端子およびこれらの端子に接続された部品の周辺部は右図のようにVssパターンをできるだけ広く作成してください。
また、このVssパターンは発振用途以外に使用しないでください。
- OSC1(OSC3) - VDD間のリーク電流による発振回路の不安定動作を防止するため、基板パターンにおいて、OSC1(OSC3)はVDD電源や信号線とは十分な距離を確保してください。

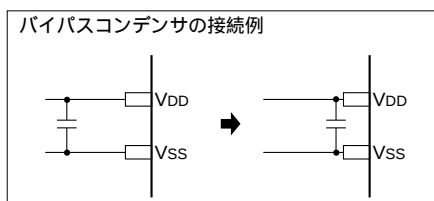


リセット回路

- パワーオン時、RESET端子に入力されるリセット信号は諸条件(電源の立ち上がり時間、使用部品、基板パターン等)により変化します。容量や抵抗などの定数は応用製品にて十分確認を行い、決定してください。
また、RESET端子のプルダウン抵抗を使用する場合には、抵抗値のばらつきを十分考慮した定数設定が必要です。
- ノイズによる動作中のリセットを防ぐため、RESET端子に接続するコンデンサ、抵抗等の部品は、できるだけ最短で接続してください。

電源回路

- ノイズによる急激な電源変動は誤動作の原因となります。これを防止するため次の点に配慮してください。
 - (1) 電源からVDD、VSS端子およびVDDA、VSSA端子へはできるだけ短かつ太いパターンで接続してください。特にVDDA、VSSAの各電源は、R/Fコンバータに用いるため変換精度に影響を与えます。
 - (2) VDD - VSSのバイパスコンデンサを接続する場合、VDD端子とVSS端子をできるだけ最短で接続してください。



- (3) VD1、VD2、VOSC、VC1、VC2、VC3端子に接続するコンデンサ、抵抗等の部品はできるだけ最短で接続してください。
特にVC1、VC2、VC3の各電圧はLCD駆動として用いるため表示品質に影響を与えます。
- LCDドライバを使用しない場合は、VC1、VC2、VC3端子を開放としてください。

R/Fコンバータ

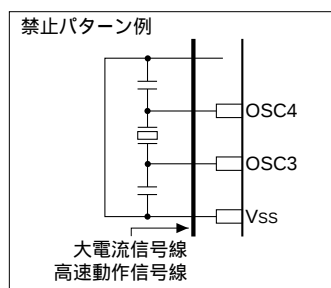
- R/Fコンバータを使用しない場合でも、 V_{DDA} 、 V_{SSA} 端子は次のように接続してください。

$V_{DDA} \rightarrow V_{DD}$

$V_{SSA} \rightarrow V_{SS}$

信号線の配置

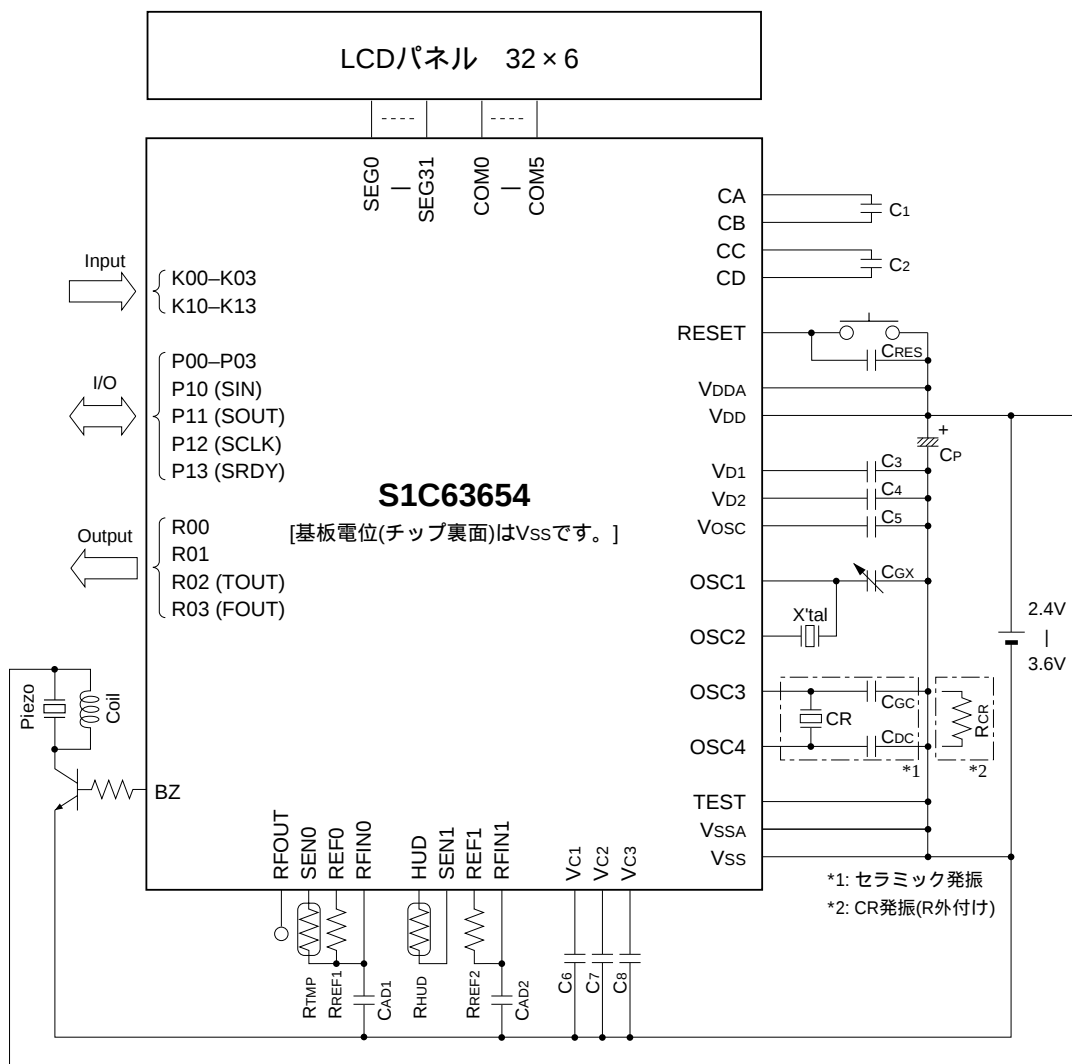
- 相互インダクタンスによって生じる電磁誘導ノイズを防止するために、発振部、アナログ入力部等のノイズに弱い回路近くには、大電流信号線を配置しないでください。
- 高速動作する信号線と、長くかつ平行にまたは交差させて別の信号線を配置することは、信号間の相互干渉によって発生するノイズにより誤動作の原因となります。
特に、発振部、アナログ入力部等のノイズに弱い回路近くには、高速に動作する信号線を配置しないでください。



光に対する取り扱い（ベアチップ実装の場合）

- 半導体素子は、光が照射されると特性が変化します。このため、本ICに光が当たると誤動作をおこすことがあります。光に対するICの誤動作を防ぐため、本ICが実装される基板および製品について、以下に示す内容を考慮してください。
- (1) 実使用時にICの遮光性が考慮された構造となるよう、設計および実装を行ってください。
 - (2) 検査工程では、ICの遮光性が考慮された環境設計を行ってください。
 - (3) ICの遮光は、ICチップの表面、裏面および側面について考慮してください。

6 基本外部結線図



X'tal	水晶振動子	32.768kHz, Ci(Max.) = 34kΩ
CGX	トリマコンデンサ	5~25pF
CR	セラミック振動子	4MHz (3.0V)
CGC	ゲート容量	30pF
CDC	ドレイン容量	30pF
RCR	OSC3 CR発振用抵抗	30kΩ (2MHz)
C1~C8	コンデンサ	0.2μF
C9	コンデンサ	3.3μF
CRES	RESET端子コンデンサ	0.1μF

注: ここに記載されている値は一例であり、特に動作を保証するものではありません。

7 電気的特性

7.1 絶対最大定格

(V_{SS}=0V)

項 目	記号	定 格 値	単位
電源電圧	V _{DD}	-0.5 ~ 4.5	V
入力電圧(1)	V _I	-0.5 ~ V _{DD} + 0.3	V
入力電圧(2)	V _I OSC	-0.5 ~ V _{D1} + 0.3	V
許容総出力電流 *1	ΣI _{VDD}	10	mA
動作温度	T _{opr}	-20 ~ 70	°C
保存温度	T _{stg}	-65 ~ 150	°C
半田付け温度・時間	T _{sol}	260°C, 10sec (リード部)	—
許容損失 *2	P _D	250	mW

*1 許容総出力電流とは出力端子から同時に流し出せる(または引き込める)電流(平均電流)の総和です。

*2 プラスチックパッケージ(QFP15-100pin)の場合

7.2 推奨動作条件

(T_a=-20 ~ 70°C)

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
電源電圧	V _{DD}	V _{SS} =0V				
		通常モード, OSC3 OFF	1.8	3.0	3.6	V
		通常モード, OSC3=4MHz(Max.)	2.4	3.0	3.6	V
		降圧モード, OSC3 OFF	2.4	3.0	3.6	V
発振周波数	f _{OSC1}	水晶発振	—	32.768	—	kHz
	f _{OSC3}	CR発振(R内蔵), V _{DD} =2.4V ~ 3.6V	770	1,100	1,430	kHz
		CR発振(R外付け), V _{DD} =2.4V ~ 3.6V	200		2,000	kHz
		セラミック発振, V _{DD} =2.4V ~ 3.6V			2,000	kHz
		R/FコンバータでOSC3クロックを使用する場合				
		セラミック発振, V _{DD} =2.4V ~ 3.6V			4,000	kHz
		R/FコンバータでOSC3クロックを使用しない場合				

7.3 DC特性

特記なき場合

V_{DD}=3.0V, V_{SS}=0V, f_{OSC1}=32.768kHz, T_a=25°C, V_{D1}~V_{D2}/V_{C1}~V_{C3}は内部電圧, C₁~C₈=0.2μF

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
高レベル入力電圧(1)	V _{IH1}	K00~03, K10~13, P00~03, P10~13	0.8・V _{DD}		V _{DD}	V
高レベル入力電圧(2)	V _{IH2}	RESET, TEST	0.9・V _{DD}		V _{DD}	V
低レベル入力電圧(1)	V _{IL1}	K00~03, K10~13, P00~03, P10~13	0		0.2・V _{DD}	V
低レベル入力電圧(2)	V _{IL2}	RESET, TEST	0		0.1・V _{DD}	V
高レベル入力電流(1)	I _{IH1}	V _{IH1} =3.0V Pull downなし	0		0.5	μA
高レベル入力電流(2)	I _{IH2}	V _{IH2} =3.0V Pull downあり	8	12	20	μA
低レベル入力電流(1)	I _{IL1}	V _{IL1} =V _{SS} Pull downなし	-0.5		0	μA
低レベル入力電流(2)	I _{IL2}	V _{IL2} =V _{SS} Pull downあり	-0.5		0	μA
高レベル出力電流(1)	I _{OH1}	V _{OH1} =0.9・V _{DD} R00~03, P00~03, P10~13			-0.5	mA
高レベル出力電流(2)	I _{OH2}	V _{OH2} =0.9・V _{DD} BZ			-0.5	mA
低レベル出力電流(1)	I _{OL1}	V _{OL1} =0.1・V _{DD} R00~03, P00~03, P10~13	0.5			mA
低レベル出力電流(2)	I _{OL2}	V _{OL2} =0.1・V _{DD} BZ	0.5			mA
コモン出力電流	I _{OH3}	V _{OH3} =V _{C3} -0.05V COM0~5			-10	μA
	I _{OL3}	V _{OL3} =V _{SS} +0.05V	10			μA
セグメント出力電流 (LCD出力時)	I _{OH4}	V _{OH4} =V _{C3} -0.05V SEG0~31			-10	μA
	I _{OL4}	V _{OL4} =V _{SS} +0.05V	10			μA
セグメント出力電流 (DC出力時)	I _{OH5}	V _{OH5} =0.9・V _{DD} SEG0~31			-300	μA
	I _{OL5}	V _{OL5} =0.1・V _{DD}	300			μA
R/Fコンバータ	RRFINT _{Tr}	V _{DS} =0.1V, V _{DD} =1.8V		20	40	Ω
トランジスタON抵抗	RREF _{Tr}	V _{DS} =0.1V, V _{DD} =1.8V		50	100	Ω
	RSEN0 _{Tr}	V _{DS} =0.1V, V _{DD} =1.8V		50	100	Ω
	RSEN1 _{Tr}					

7.4 アナログ回路特性・消費電流

特記なき場合

V_{DD}=3.0V, V_{SS}=0V, f_{OSC1}=32.768kHz, C_G=25pF, T_a=25°C, V_{D1}~V_{D2}/V_{C1}~V_{C3}は内部電圧, C₁~C₈=0.2μF

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
LCD駆動電圧	V _{C1}	V _{SS} -V _{C1} 間に1MΩの負荷抵抗を接続 (パネル負荷なし)	Typ. -100mV	0.95	Typ. +100mV	V
				0.98		
				1.01		
				1.04		
				1.07		
				1.10		
				1.13		
				1.16		
				1.19		
				1.22		
				1.25		
				1.28		
				1.31		
				1.34		
				1.37		
				1.40		
	V _{C2}	V _{SS} -V _{C2} 間に1MΩの負荷抵抗を接続 (パネル負荷なし)	2・V _{C1} ×0.9		2・V _{C1}	V
	V _{C3}	V _{SS} -V _{C3} 間に1MΩの負荷抵抗を接続 (パネル負荷なし)	3・V _{C1} ×0.9		3・V _{C1}	V
SVD電圧	V _{SVD}	SVDS0~2="0"	Typ. -100mV	1.85	Typ. +100mV	V
		SVDS0~2="1"		2.00		
		SVDS0~2="2"		2.15		
		SVDS0~2="3"		2.30		
		SVDS0~2="4"		2.45		
		SVDS0~2="5"		2.60		
		SVDS0~2="6"		2.75		
		SVDS0~2="7"		2.90		
SVD回路応答時間	t _{SVD}				500	μs
消費電流	I _{OP}	HALT時 (32kHz水晶)	液晶電源OFF(通常) *1,*2,*3	0.90	1.80	μA
			液晶電源OFF(降圧) *1,*2,*4	0.45	0.90	μA
			液晶電源ON(通常) *1,*2,*3	1.4	2.8	μA
			液晶電源ON(降圧) *1,*2,*4	0.65	1.4	μA
		実行時 (32kHz水晶)	液晶電源ON(通常) *1,*2,*3	4.0	5.0	μA
			液晶電源ON(降圧) *1,*2,*4	2.5	3.5	μA
		実行時 (2MHzセラミック)	液晶電源ON(通常) *1,*5	400	800	μA
		実行時 (4MHzセラミック)	液晶電源ON(通常) *1,*5	800	1000	μA
		実行時 (1.1MHz CR)	液晶電源ON(通常) *1,*5	350	600	μA
		SVD回路電流(電源電圧検出時) V _{DD} =1.8~3.6V		5	10	μA
消費電流		R/Fコンバータ回路電流		100	150	μA
		動作発振周波数=10kHz, V _{DD} =1.8~3.6V				

*1 パネル負荷なし, SVD回路, R/FコンバータはOFF状態

*2 VDC0=VDC1="0", OSCC="0"

*3 VDC2=VDC3="0"

*4 VDC2=VDC3="1"

*5 VDC0=VDC1="1", OSCC="1", VDC2=VDC3="0"

7.5 発振特性

発振特性は諸条件(使用部品、基板パターン等)により変化します。以下の特性は参考値としてご使用ください。

OSC1 水晶発振回路

特記なき場合

$V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, $f_{OSC1}=32.768kHz$, $C_G=25pF$, C_D =内蔵, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
発振開始電圧	Vsta	tsta 3sec (V_{DD})	1.8			V
発振停止電圧	Vstp	tstp 10sec (V_{DD})	1.8			V
内蔵容量(ドレイン)	C_D	IC内部の寄生容量を含む(チップ状態)		14		pF
周波数電圧偏差	$\partial f/\partial V$	$V_{DD}=1.8 \sim 3.6V$			5	ppm
周波数IC偏差	$\partial f/\partial IC$		-10		10	ppm
周波数調整範囲	$\partial f/\partial C_G$	$C_G=5 \sim 25pF$	10	20		ppm
高調波発振開始電圧	Vhho	$C_G=5pF$ (V_{DD})	3.6			V
許容リーク抵抗	Rleak	OSC1と V_{SS} の間	200			$M\Omega$

OSC3 セラミック発振回路

特記なき場合

$V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, セラミック振動子: 4MHz, $C_{GC}=C_{DC}=30pF$, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
発振開始電圧	Vsta	(V_{DD})	2.4			V
発振開始時間	tsta	$V_{DD}=2.4 \sim 3.6V$			5	ms
発振停止電圧	Vstp	(V_{DD})	2.4			V

OSC3 CR発振回路(R内蔵)

特記なき場合

$V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, R_{CR} =内蔵, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
発振周波数バラツキ	fosc3		-30	1,100kHz	30	%
発振開始電圧	Vsta	(V_{DD})	2.4			V
発振開始時間	tsta	$V_{DD}=2.4 \sim 3.6V$			3	ms
発振停止電圧	Vstp	(V_{DD})	2.4			V

OSC3 CR発振回路(R外付け)

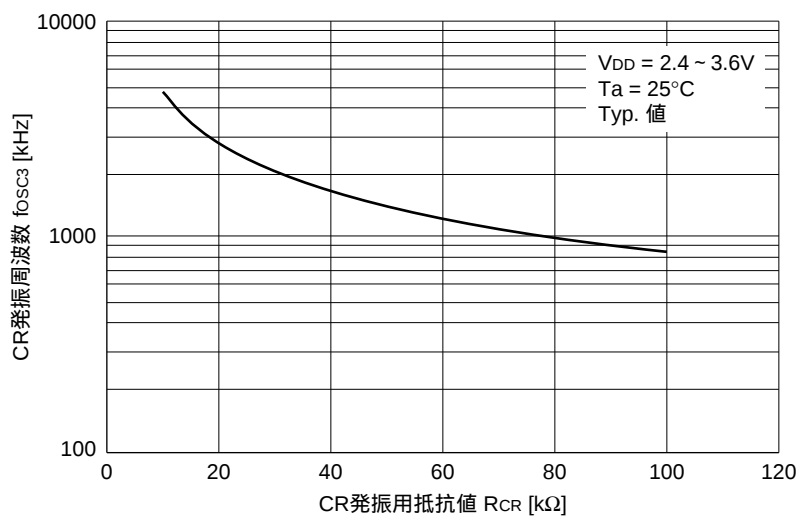
特記なき場合

$V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, $R_{CR}=30k\Omega$ (2MHz), $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$

項 目	記号	条 件	Min.	Typ.	Max.	単位
発振周波数バラツキ	fosc3		-30		30	%
発振開始電圧	Vsta	(V_{DD})	2.4			V
発振開始時間	tsta	$V_{DD}=2.4 \sim 3.6V$			3	ms
発振停止電圧	Vstp	(V_{DD})	2.4			V

OSC3 CR発振抵抗特性(R外付け)

発振特性は諸条件(使用部品、基板パターン等)により変化します。以下の特性は参考値とし、実際の製品で評価されることを推奨します。



7.6 シリアルインタフェースAC特性

1 マスタモード(32kHz動作時)

条件: $V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$, $V_{IH1}=0.8V_{DD}$, $V_{IL1}=0.2V_{DD}$, $V_{OH}=0.8V_{DD}$, $V_{OL}=0.2V_{DD}$

項 目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
送信データ出力遅延時間	t _{smd}			5	μs
受信データ入力セットアップ時間	t _{sms}	10			μs
受信データ入力ホールド時間	t _{smh}	5			μs

2 マスタモード(4MHz動作時)

条件: $V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$, $V_{IH1}=0.8V_{DD}$, $V_{IL1}=0.2V_{DD}$, $V_{OH}=0.8V_{DD}$, $V_{OL}=0.2V_{DD}$

項 目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
送信データ出力遅延時間	t _{smd}			200	ns
受信データ入力セットアップ時間	t _{sms}	400			ns
受信データ入力ホールド時間	t _{smh}	200			ns

クロック周波数は最大1MHzに制限されます。

3 スレーブモード(32kHz動作時)

条件: $V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$, $V_{IH1}=0.8V_{DD}$, $V_{IL1}=0.2V_{DD}$, $V_{OH}=0.8V_{DD}$, $V_{OL}=0.2V_{DD}$

項 目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
送信データ出力遅延時間	t _{ssd}			10	μs
受信データ入力セットアップ時間	t _{sss}	10			μs
受信データ入力ホールド時間	t _{ssh}	5			μs

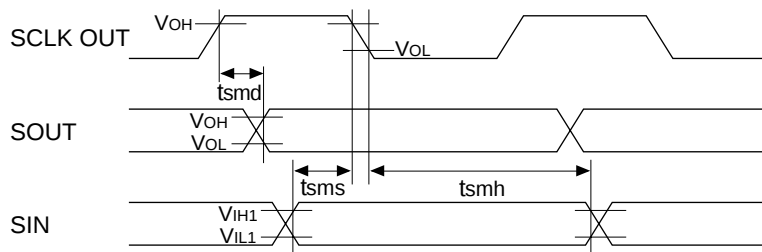
4 スレーブモード(4MHz動作時)

条件: $V_{DD}=3.0V$, $V_{SS}=0V$, $T_a=-20 \sim 70^{\circ}C$, $V_{IH1}=0.8V_{DD}$, $V_{IL1}=0.2V_{DD}$, $V_{OH}=0.8V_{DD}$, $V_{OL}=0.2V_{DD}$

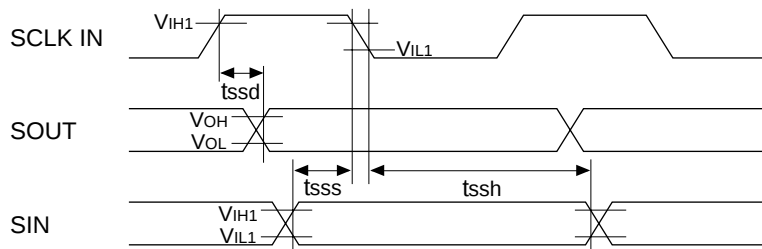
項 目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
送信データ出力遅延時間	t _{ssd}			500	ns
受信データ入力セットアップ時間	t _{sss}	400			ns
受信データ入力ホールド時間	t _{ssh}	200			ns

クロック周波数は最大1MHzに制限されます。

<マスタモード>

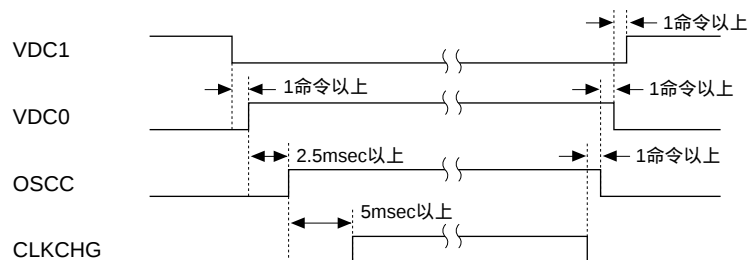


<スレーブモード>



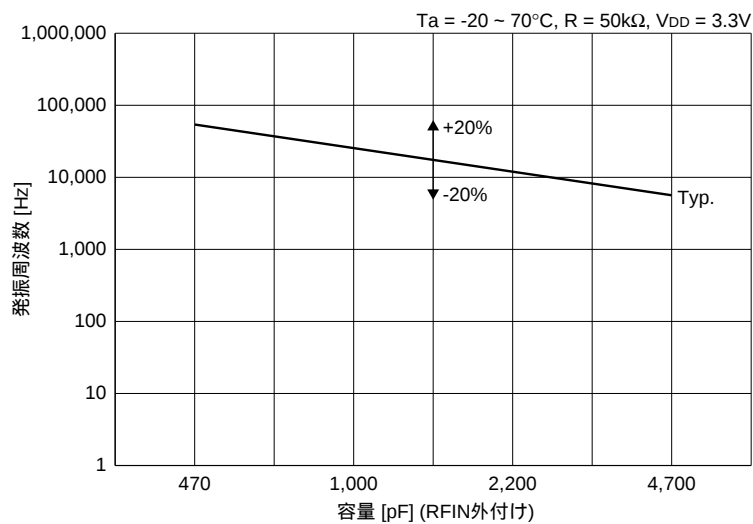
7.7 タイミングチャート

システムクロック切り換えタイミングチャート

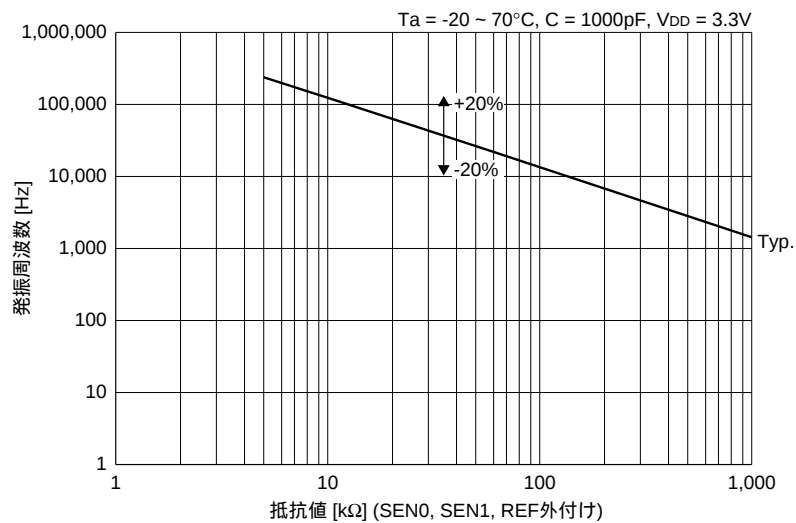


7.8 R/Fコンバータ特性

R/Fコンバータ発振周波数-容量特性(参考値)



R/Fコンバータ発振周波数-抵抗特性(参考値)

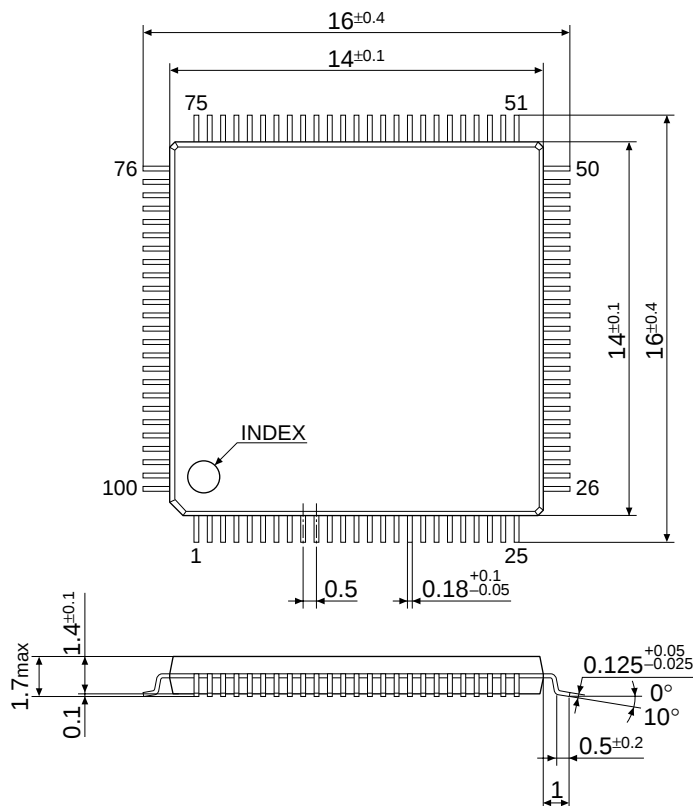


8 パッケージ

8.1 プラスチックパッケージ

QFP15-100pin

(単位: mm)

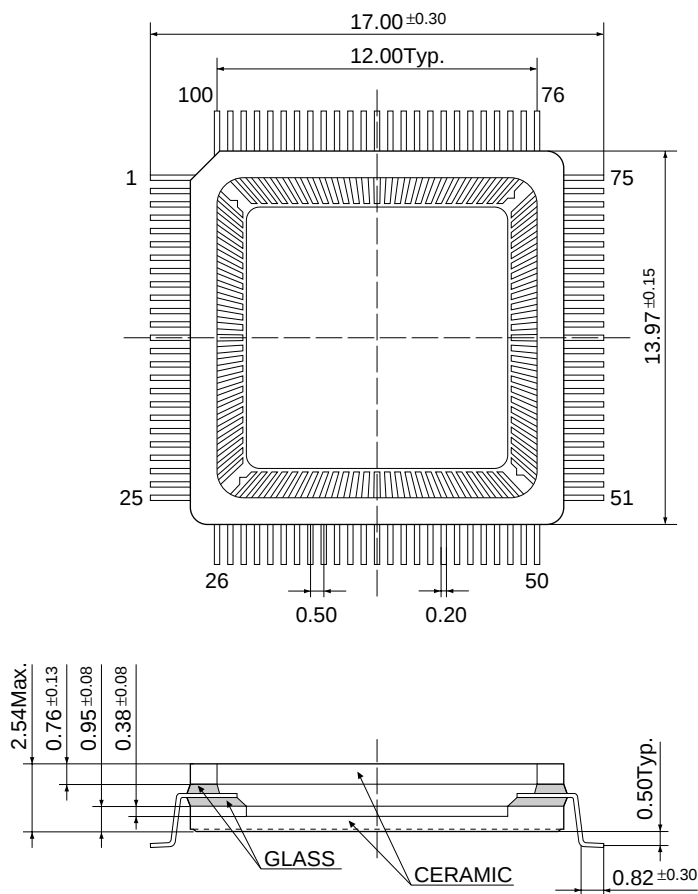


寸法については予告なく変更する場合があります。

8.2 テストサンプル用セラミックパッケージ

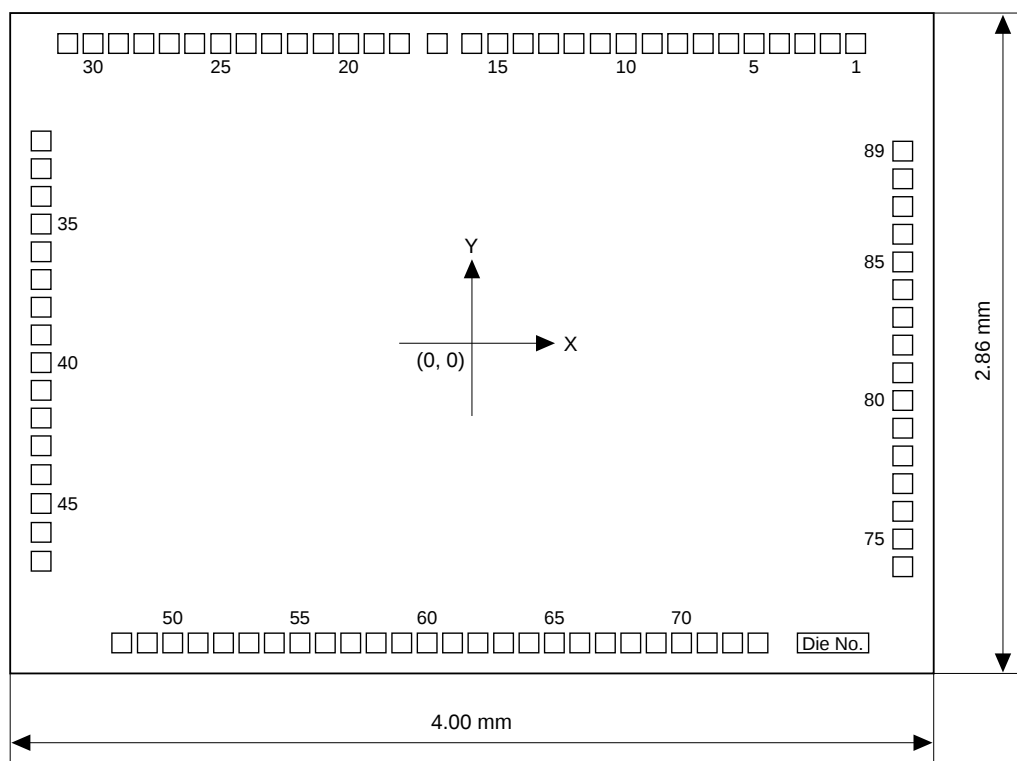
QFP15-100pin

(単位: mm)



9 パッド配置

9.1 パッド配置図



チップ厚: 400 μ m
 パッド開口部: 90 $\times$ 90 μ m

9.2 パッド座標

単位: mm

No.	パッド名	X	Y	No.	パッド名	X	Y
1	COM0	1.662	1.298	46	SEG30	-1.866	-0.819
2	COM1	1.552	1.298	47	SEG31	-1.866	-0.944
3	COM2	1.442	1.298	48	COM3	-1.517	-1.298
4	CA	1.332	1.298	49	COM4	-1.406	-1.298
5	CB	1.222	1.298	50	COM5	-1.296	-1.298
6	VC1	1.112	1.298	51	VDD	-1.186	-1.298
7	VC2	1.002	1.298	52	K00	-1.076	-1.298
8	VC3	0.891	1.298	53	K01	-0.966	-1.298
9	VSSA	0.781	1.298	54	K02	-0.856	-1.298
10	RFOUT	0.668	1.298	55	K03	-0.745	-1.298
11	RFIN0	0.556	1.298	56	K10	-0.635	-1.298
12	RFIN1	0.442	1.298	57	K11	-0.525	-1.298
13	REF0	0.332	1.298	58	K12	-0.415	-1.298
14	SEN0	0.222	1.298	59	K13	-0.304	-1.298
15	REF1	0.112	1.298	60	P00	-0.194	-1.298
16	SEN1	-0.001	1.298	61	P01	-0.084	-1.298
17	HUD	-0.150	1.298	62	P02	0.026	-1.298
18	VDDA	-0.314	1.298	63	P03	0.137	-1.298
19	CC	-0.424	1.298	64	P10	0.247	-1.298
20	CD	-0.534	1.298	65	P11	0.357	-1.298
21	VD2	-0.644	1.298	66	P12	0.467	-1.298
22	VDD	-0.756	1.298	67	P13	0.578	-1.298
23	VoSC	-0.868	1.298	68	R00	0.688	-1.298
24	OSC1	-0.978	1.298	69	R01	0.798	-1.298
25	OSC2	-1.088	1.298	70	R02	0.908	-1.298
26	VD1	-1.201	1.298	71	R03	1.019	-1.298
27	OSC3	-1.311	1.298	72	BZ	1.129	-1.298
28	OSC4	-1.421	1.298	73	Vss	1.239	-1.298
29	Vss	-1.531	1.298	74	SEG0	1.866	-0.968
30	TEST	-1.641	1.298	75	SEG1	1.866	-0.848
31	RESET	-1.751	1.298	76	SEG2	1.866	-0.728
32	SEG16	-1.866	0.876	77	SEG3	1.866	-0.608
33	SEG17	-1.866	0.756	78	SEG4	1.866	-0.488
34	SEG18	-1.866	0.636	79	SEG5	1.866	-0.368
35	SEG19	-1.866	0.516	80	SEG6	1.866	-0.248
36	SEG20	-1.866	0.396	81	SEG7	1.866	-0.128
37	SEG21	-1.866	0.276	82	SEG8	1.866	-0.008
38	SEG22	-1.866	0.156	83	SEG9	1.866	0.112
39	SEG23	-1.866	0.036	84	SEG10	1.866	0.232
40	SEG24	-1.866	-0.084	85	SEG11	1.866	0.352
41	SEG25	-1.866	-0.204	86	SEG12	1.866	0.472
42	SEG26	-1.866	-0.324	87	SEG13	1.866	0.592
43	SEG27	-1.866	-0.444	88	SEG14	1.866	0.712
44	SEG28	-1.866	-0.569	89	SEG15	1.866	0.832
45	SEG29	-1.866	-0.694	—	—	—	—

APPENDIX Peripheral Circuit Board for S1C63654

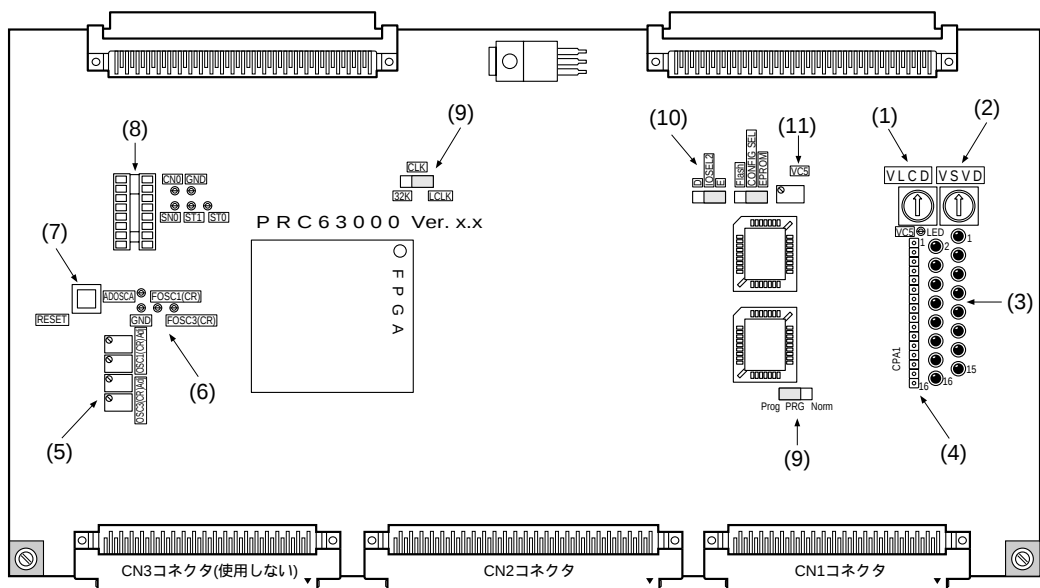
ここでは、4-bit Single Chip Microcomputer S1C63 FamilyのデバッグツールであるICE (S5U1C63000H1/ S5U1C63000H2)に装着してエミュレーション機能を提供するPeripheral Circuit Board for S1C63654(S5U1C63000P1、S5U1C63658P2)の使用方法を説明します。

なお、本文はS1C63 Family Peripheral Circuit Board(S5U1C63000P1)にS1C63654用回路データがダウンロードされているものについて適用されます。機種用回路データのダウンロード方法についてはA.3項を、ボードの仕様についてはA.5項を参照してください。ICEの機能、操作などの詳細については、それぞれに用意されたマニュアルを参照してください。

A.1 各部の名称と機能

A.1.1 S5U1C63000P1

以下、S5U1C63000P1の各部の名称と機能について説明します。



(1) VLCD

マスクオプションにてLCD外部電源入力を選択した場合、このボリュームを廻すことにより LCDの駆動電源電圧を調整することができます。

(2) VSVD

電源電圧検出機能(SVD)の動作を確認するため、擬似的に電源電圧を変化させるボリュームです。

(3) レジスタモニタLED

以下の各レジスタに対応しており、"1"のとき点灯、"0"のとき消灯します。

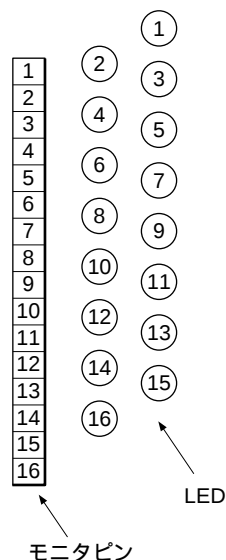
VDC0 ~ VDC3, OSCC, CLKCHG, LPWR, SVDS0 ~ SVDS2, SVDON

(4) レジスタモニタピン

以下の各レジスタに対応しており、"1"のときHIGHレベル、"0"のときLOWレベル出力となります。

モニタピン		LED	
Pin No.	名称	LED No.	名称
1	DONE *	1	DONE *
2	VDC0	2	VDC0
3	VDC1	3	VDC1
4	VDC2	4	VDC2
5	VDC3	5	VDC3
6	OSCC	6	OSCC
7	CLKCHG	7	CLKCHG
8	LPWR	8	LPWR
9	SVDS0	9	SVDS0
10	SVDS1	10	SVDS1
11	SVDS2	11	SVDS2
12	SVDON	12	SVDON
13	—	13	—
14	—	14	—
15	—	15	—
16	—	16	—

* DONE: 本ボードの初期化が正常に完了した場合にHIGHレベル出力、点灯



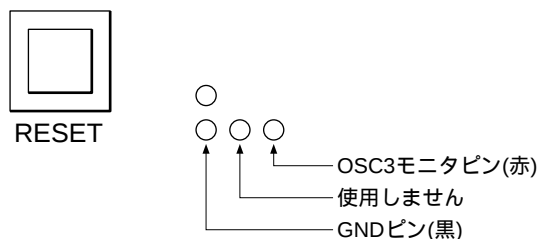
(5) CR発振周波数調整ボリューム

このボリュームによりOSC3発振周波数を調整することができます。マスクオプションによってOSC3をCR発振回路またはセラミック発振回路のどちらに設定した場合でも有効です。調整可能範囲は約100kHz～8MHzになります。なお、実ICの動作周波数範囲はこの調整可能範囲とは異なりますので、「7 電気的特性」を参照の上、適切な動作周波数を選択してください。



(6) CR発振周波数モニタピン

CR発振回路からのクロック波形をオシロスコープなどでモニタすることができます。なお、このピンからは、発振回路の動作制御にかかわらず、常にクロックが出力されています。



(7) RESETスイッチ

本ボードの回路を初期化し、ICEにリセット信号を与えます。

(8) 外付け部品接続ソケット

使用しません。

(9) CLK、PRGスイッチ

回路データのダウンロード中、処理が完了しないままICEの電源が遮断されてしまった場合、再度ICEの電源を投入しても本ボード側の回路構成が不完全なままとなり、デバッグが起動しなくなることがあります。このような場合はICEの電源をいったん落とし、CLKを32K側に、PRGスイッチをProg側にそれぞれ設定してから再度ICEの電源を投入します。これによりデバッグは起動可能になりますので、この状態で回路データをダウンロードしてください。回路データのダウンロード完了後はいったんICEの電源を落とし、CLKをLCLK側に、PRGをNorm側にそれぞれ戻して、再度ICEの電源を投入してください。

(10) OSEL2

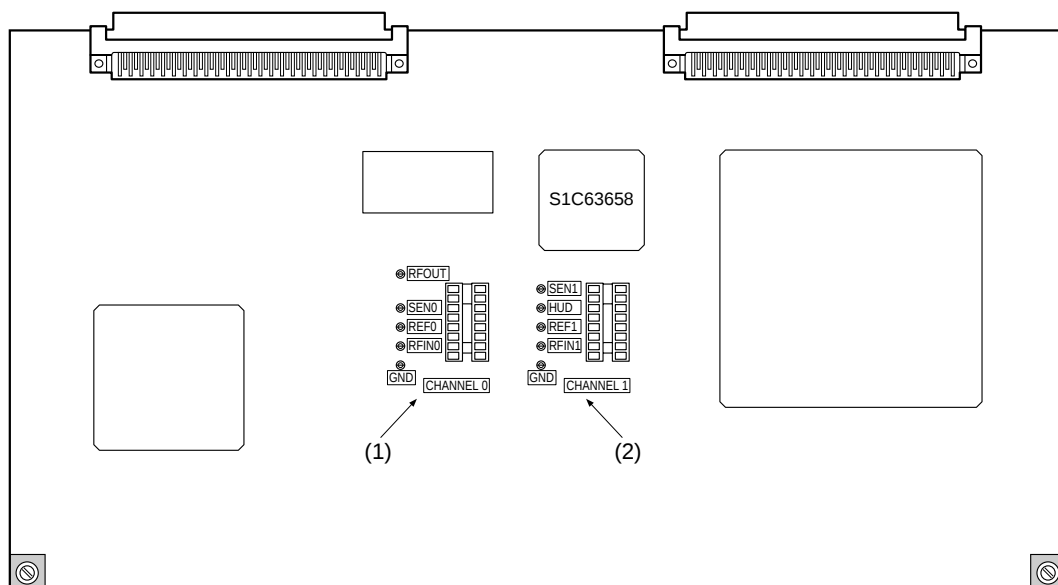
回路データをダウンロードする場合は、"E"側に設定してください。それ以外の場合は、"D"側に設定してください。

(11) VC5

マスクオプションでLCD駆動電源を内部電源にした場合、このボリュームを廻すことによりLCDの駆動電源電圧を微調整することができます。ただし、実ICの駆動電源電圧はLCDコントラスト調整レジスタによって決まりますので、注意してください。

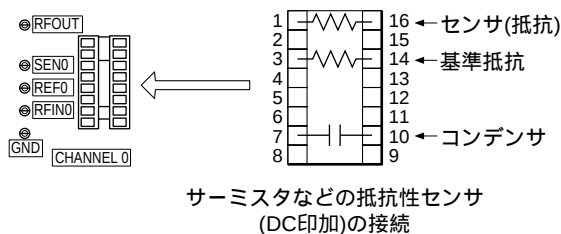
A.1.2 S5U1C63658P2

以下、S5U1C63658P2の各部の名称と機能について説明します。



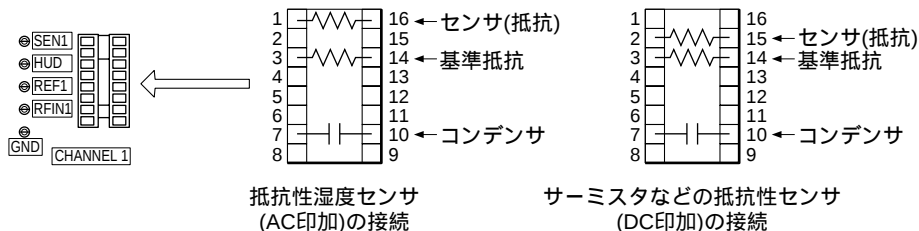
(1) R/Fコンバータモニタピン、外付け部品接続ソケット(チャンネル0)

R/Fコンバータチャンネルの動作をモニタするためのピンと、外付け抵抗、コンデンサを接続するためのソケットです。S5U1C63658P2に添付されているプラットフォームに抵抗とコンデンサを実装し、基板ソケットに装着します。



(2) R/Fコンバータモニタピン、外付け部品接続ソケット(チャンネル1)

R/Fコンバータチャンネル1の動作をモニタするためのピンと、外付け抵抗、コンデンサを接続するためのソケットです。S5U1C63658P2に添付されているプラットフォームに抵抗とコンデンサを実装し、基板ソケットに装着します。

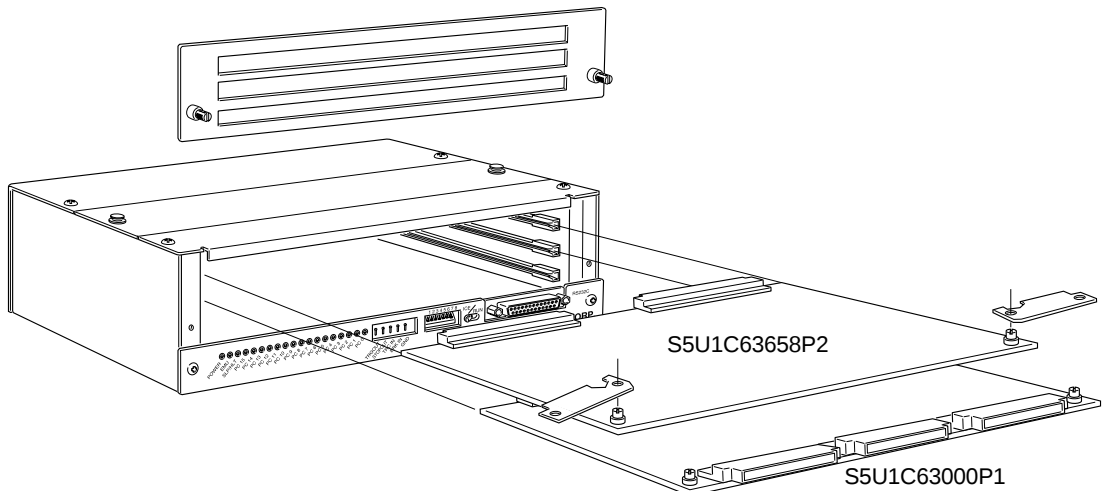


使用するセンサにより、上記のように接続位置が変わります。
AC印加とDC印加の抵抗性センサを同時に接続すると誤動作の原因になります。

A.2 ターゲットシステムとの接続

ここではターゲットシステムとの接続方法を説明します。

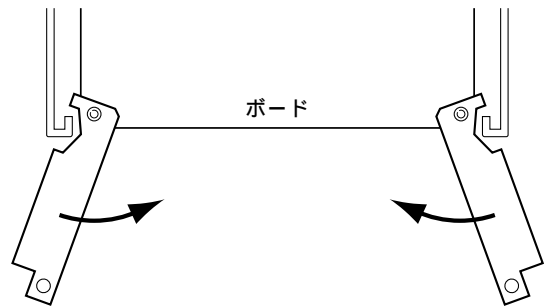
まず、S5U1C63658P2ボードをICEの最上部の-slotに、S5U1C63000P1ボードを上から2段目の-slotに挿入します。



図A.2.1 ICEへのボードの装着

S5U1C63000P1/63658P2の装着

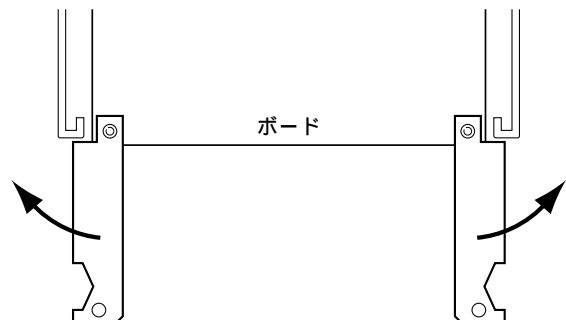
右図のようにICEに付属している治具をセットします。この治具をテコにして、内側に向かって左右均等に倒します。ボードがICEのslot内に確実に納まったことを確認して、治具を外します。



図A.2.2 ボードの装着

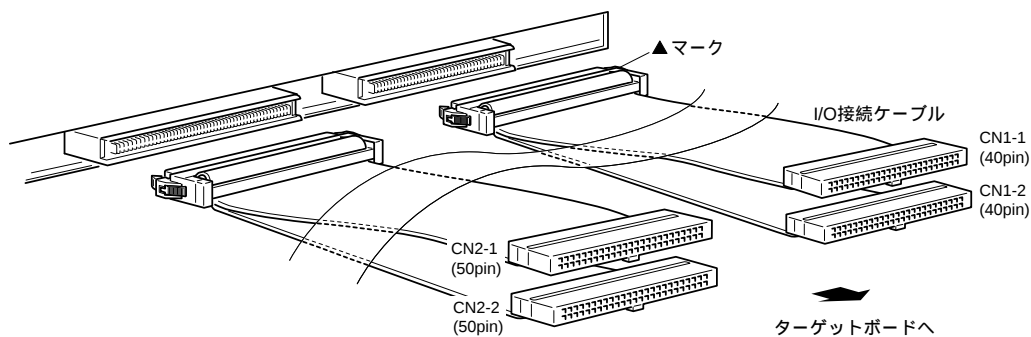
S5U1C63000P1/63658P2の脱着

右図のようにICEに付属している治具をセットします。この治具をテコにして、外側に向かって左右均等に倒します。ボードがICEのバックボードコネクタから外れたことを確認して、ボードを引き出します。



図A.2.3 ボードの脱着

S5U1C63000P1とターゲットシステムの接続は、添付のI/O接続ケーブル(80pin/40pin×2, 100pin/50pin×2, flat type)を用いて行います。なお、本コネクタには電源($V_{DD}=+3.3V$)が供給されていますので、ご注意ください。



図A.2.4 ターゲットシステムとの接続

表A.2.1 I/Oコネクタのピン配列表

40pin CN1-1コネクタ		40pin CN1-2コネクタ		50pin CN2-1コネクタ		50pin CN2-2コネクタ	
No.	端子名称	No.	端子名称	No.	端子名称	No.	端子名称
1	VDD (=3.3V)	1	VDD (=3.3V)	1	VDD (=3.3V)	1	VDD (=3.3V)
2	VDD (=3.3V)	2	VDD (=3.3V)	2	VDD (=3.3V)	2	VDD (=3.3V)
3	K00	3	R00	3	SEG0 (DC)	3	接続不可
4	K01	4	R01	4	SEG1 (DC)	4	接続不可
5	K02	5	R02	5	SEG2 (DC)	5	接続不可
6	K03	6	R03	6	SEG3 (DC)	6	接続不可
7	K10	7	接続不可	7	SEG4 (DC)	7	接続不可
8	K11	8	接続不可	8	SEG5 (DC)	8	接続不可
9	K12	9	接続不可	9	SEG6 (DC)	9	接続不可
10	K13	10	接続不可	10	SEG7 (DC)	10	接続不可
11	Vss	11	Vss	11	Vss	11	Vss
12	Vss	12	Vss	12	Vss	12	Vss
13	P00	13	BZ	13	SEG8 (DC)	13	接続不可
14	P01	14	接続不可	14	SEG9 (DC)	14	接続不可
15	P02	15	接続不可	15	SEG10 (DC)	15	接続不可
16	P03	16	接続不可	16	SEG11 (DC)	16	接続不可
17	P10	17	接続不可	17	SEG12 (DC)	17	接続不可
18	P11	18	接続不可	18	SEG13 (DC)	18	接続不可
19	P12	19	接続不可	19	SEG14 (DC)	19	接続不可
20	P13	20	接続不可	20	SEG15 (DC)	20	接続不可
21	VDD (=3.3V)	21	VDD (=3.3V)	21	VDD (=3.3V)	21	VDD (=3.3V)
22	VDD (=3.3V)	22	VDD (=3.3V)	22	VDD (=3.3V)	22	VDD (=3.3V)
23	接続不可	23	接続不可	23	SEG16 (DC)	23	接続不可
24	接続不可	24	接続不可	24	SEG17 (DC)	24	接続不可
25	接続不可	25	接続不可	25	SEG18 (DC)	25	接続不可
26	接続不可	26	接続不可	26	SEG19 (DC)	26	接続不可
27	接続不可	27	接続不可	27	SEG20 (DC)	27	接続不可
28	接続不可	28	接続不可	28	SEG21 (DC)	28	接続不可
29	接続不可	29	接続不可	29	SEG22 (DC)	29	接続不可
30	接続不可	30	接続不可	30	SEG23 (DC)	30	接続不可
31	Vss	31	Vss	31	Vss	31	Vss
32	Vss	32	Vss	32	Vss	32	Vss
33	接続不可	33	接続不可	33	SEG24 (DC)	33	接続不可
34	接続不可	34	接続不可	34	SEG25 (DC)	34	接続不可
35	接続不可	35	接続不可	35	SEG26 (DC)	35	接続不可
36	接続不可	36	接続不可	36	SEG27 (DC)	36	接続不可
37	接続不可	37	接続不可	37	SEG28 (DC)	37	接続不可
38	接続不可	38	RESET	38	SEG29 (DC)	38	接続不可
39	Vss	39	Vss	39	SEG30 (DC)	39	接続不可
40	Vss	40	Vss	40	SEG31 (DC)	40	接続不可
				41	VDD (=3.3V)	41	VDD (=3.3V)
				42	VDD (=3.3V)	42	VDD (=3.3V)
				43	接続不可	43	接続不可
				44	接続不可	44	接続不可
				45	接続不可	45	接続不可
				46	接続不可	46	接続不可
				47	接続不可	47	接続不可
				48	接続不可	48	接続不可
				49	接続不可	49	接続不可
				50	接続不可	50	接続不可

* CN2-1、CN2-2 コネクタは、各SEG端子をマスクオプションでDC出力仕様とする場合に使用します。

A.3 S5U1C63000P1へのダウンロード

A.3.1 新ICE(S5U1C63000H2)使用時における回路データのダウンロード

S5U1C63000P1には、工場出荷時に出荷検査回路が書き込まれておりますので、各機種に合わせた回路データをダウンロードしてください。以下に回路データのダウンロード方法を説明します。

- 1) ICE(S5U1C63000H2)上面のカバーを外し、本ボード上のDIPスイッチIOSEL2を"E"側にセットします。
- 2) ICEをホストPCと接続し、ホストPCの起動とICEの電源投入を行います。
- 3) アセンブラパッケージ(Ver. 5以上)に含まれるデバッグを起動します。ICEとデバッグの操作方法については、ICEに添付のマニュアルと、アセンブラパッケージに付属のマニュアルを参照してください。
- 4) 各機種に対応した回路データファイル(~.mot)を本ボードにダウンロードします。デバッグのコマンドウィンドウから以下のように入力してください。

```
>XFER          ( オールイレーズ )
>XFWR <file name> ( 指定ファイルのダウンロード )
>XFCP <file name> ( 指定ファイルとダウンロードデータの比較 )
```

* ダウンロードは15分程度かかります。

- 5) デバッグを終了させ、ICEの電源を一旦切ります。
- 6) 本ボード上のDIPスイッチIOSEL2を"D"側にセットします。
- 7) ICEの電源を再投入し、デバッグを起動し直してご使用ください。

A.3.2 旧ICE(S5U1C63000H1)使用時における回路データのダウンロード

標準の旧ICE(S5U1C63000H1)は、S5U1C63000P1の回路データダウンロード機能に対応していませんので、以下の手順に従ってICEのファームウェアを更新してください。

- 1) ICEのボーレート(DIPスイッチ)を9600bpsに設定します。DIPスイッチについては、ICEに添付されているマニュアルを参照してください。
- 2) ICEをホストPCと接続し、ホストPCをDOSで立ち上げます。Windowsを使用中の場合は、DOSモードで立ち上げ直してください。

注: WindowsのDOSプロンプトは使用しないでください。

- 3) ICEに電源を投入します。
- 4) 以下のようにホストPCのRS232Cプロトコルを設定します。

```
C:¥>MODE COM1:9600,n,8,1,p ( 9600bps, 8bits, 1stop bit, no parity )
```

- 5) アセンブラパッケージ(Ver. 5以上)に含まれる以下の各ファイルを適当なディレクトリにおきます。

```
tm63.exe, ice63.com, i63com.o, i63par
```

- 6) 5)のディレクトリに移行し、以下のようにTM63を起動します。TM63はコマンド待ち状態になりますので、以下のように入力します。

```
C:¥>tm63 xat
TM63 start on IBM PC
TM63 start V01.01
>d1f ice63.com i63com.o i63par 0b
```

...

```
>q
```

- 7) プロンプトが表示されたら、"q"を入力してTM63を終了させてください。
- 8) 以上でファームウェアが更新されました。一旦ICEの電源を切り、上記A.3.1項の手順に従って回路データのダウンロードを行ってください。

A.4 使用上の注意

Peripheral Circuit Boardを正しく使用していただくために、以下の事項に注意してください。

A.4.1 操作上の注意事項

- (1) ケーブルの接続と切り離しは、接続する機器すべての電源をOFFにした状態で行ってください。
- (2) 入力ポート(K00 ~ K03)をすべてHIGHレベルにした状態で、電源投入およびマスクオプションデータのロードを行わないでください。キー同時押しリセット機能が働く可能性があります。
- (3) デバッグを行う場合は、その前に必ずマスクオプションデータをロードしてください。

A.4.2 実ICとの相違点

(1) I/Oについての相違

インタフェース電源

S5U1C63000P1とターゲットシステムのインタフェース電圧は+3.3Vに固定されています。このため、実際のICと同一のインタフェース電圧が必要な場合は、ターゲットシステム側においてレベルシフタ回路などを付加して対応してください。

各出力ポートの駆動能力

S5U1C63000P1における各出力ポートの駆動能力は、実際のICに比べて高くなっていますので、“7 電気的特性”を参照し、各出力端子の駆動能力を確認した上で、システムおよびソフトウェアの設計を行ってください。

各ポートの保護ダイオード

すべてのI/Oポートには保護用ダイオードが V_{DD} と V_{SS} に対して入っており、ターゲットシステムとのインタフェース信号は+3.3Vに固定されます。このため、出力ポートをオープンドレインに設定し、 V_{DD} を超える電圧レベルとのインタフェースをとることはできません。

ブルダウン抵抗値

S5U1C63000P1のブルダウン抵抗値は220k Ω に固定されていますが、実際のICと抵抗値が異なります。実際のICにおける抵抗値は、“7 電気的特性”を参照して確認してください。

なお、ブルダウン抵抗を使用して入力端子をLOWレベルに引き下げる場合などにおいて、LOWレベル確定までの時間に相違が生じます。たとえば、出力ポートと入力ポートを組み合わせでキーマトリクス回路を構成した場合は、入力ポートの立ち下がりディレイに相違が発生しますので十分な注意が必要です。

(2) 消費電流についての相違

S5U1C63000P1の消費電流は実際のICと大きく異なります。S5U1C63000P1上のLEDを確認することで、おおよその消費電流を把握することができます。なお、消費電流に大きく影響を及ぼすものとして以下のようなものがあげられます。

LED、モニタピンなどで確認が可能なもの

- a) RunとHaltの実行比率(ICEのモニタピン、LEDによる)
- b) ロジック系電源切り換え(VDC0)
- c) 高速動作用定電圧回路(VDC1)
- d) 低速動作用定電圧回路電源切り換え(VDC2)
- e) LCD系定電圧回路電源切り換え(VDC3)
- f) OSC3発振ON/OFF(OSCC)
- g) CPUクロック切り換え(CLKCHG)
- h) SVD回路ON/OFF回路(SVDON)
- i) LCD電源ON/OFF回路(LPWR)
- j) R/Fコンバータ発振ON/OFF(RFOUT)

システム、ソフトウェア上注意するしかないもの

- k) 内蔵ブルダウン抵抗により消費される電流
- l) 入力ポートがフローティング状態

(3) 機能上の相違

LCD電源回路

LCD電源回路(LPWR)をONしてから、LCD駆動波形が出力されるまでにディレイが発生します。S5U1C63000P1では、このディレイが約100msecに設定されていますが、実際のICとは異なります。

LCD駆動波形の相違

本ボードはLCD内部電源使用時にもスタティック波形を出力可能ですが、LCDをスタティック駆動する場合はマスクオプションで外部電源の1/2バイアスを選択してください。

SVD回路

- SVD機能は、S5U1C63000P1上のVSVDボリュームにより、擬似的に電源電圧を変化させることにより行います。
- SVD回路の電源をONしてから実際に電圧を検出するまでにディレイ時間が発生し、S5U1C63000P1では約500μsecに設定されています。実際のICにおいては、これと異なりますので、“7 電気的特性”を参照して、適切なウェイト時間を設定してください。

発振回路

- OSC3発振制御回路(OSCC)をONにしてから発振が安定するまでにウェイト時間が必要になりますが、本ボードではウェイトなしにOSC3の発振切り換え(CLKCHG)しても動作してしまいます。このため、実際のICにおいては、“7 電気的特性”を参照の上適切な時間を設定してください。
- OSC3からOSC1へのクロック切り換えと、OSC3回路の発振停止は別の命令で行ってください。ひとつの命令で同時に行った場合は、本ボードで動作しても実際のICで動作しない場合があります。
- 発振回路のロジックレベルが高いため、発振開始時間のタイミングが異なります。
- 本ボードにはOSC1とOSC3用の発振回路が内蔵されています。このため、OSC3の発振子を接続しない場合でも、OSC3回路による動作が可能になりますので、注意してください。
- 高速動作用定電圧回路が停止している状態でOSC3発振回路をONしないでください。
- マスクオプションによってOSC3発振回路にセラミック発振を選択した場合でも、S5U1C63000P1はCR発振回路でOSC3クロックを生成します。

未定義アドレス空間のアクセス

S1C63654内蔵のROM/RAM、I/Oの未定義空間に対して、読み出し/書き込みを行った場合、その値は不定となります。また、S5U1C63000P1と実際のICでは不定となる状態が異なりますので、充分注意してください。なお、ICE(S5U1C63000H1/S5U1C63000H2)は、未定義アドレス空間に対してアクセスがあった場合、プログラムブレークが発生する機能を内蔵しています。

リセット回路

ICEおよびS5U1C63000P1、S5U1C63658P2に電源を投入してから、プログラムが動作するまでのシーケンスは、実際のICに電源を投入してからプログラムが動作するまでのシーケンスと異なりますので、注意してください。S5U1C63000P1では、ユーザプログラムのロード、オプションデータのロードを行ってからデバッグシステムとしての動作が可能になります。なお、ICEをフリーランモードに設定して動作させる場合は、必ずシステムリセットをかけてください。システムリセットは、S5U1C63000P1上のリセットスイッチ、リセット端子入力、入力ポートの同時HIGHレベル保持のいずれかになります。

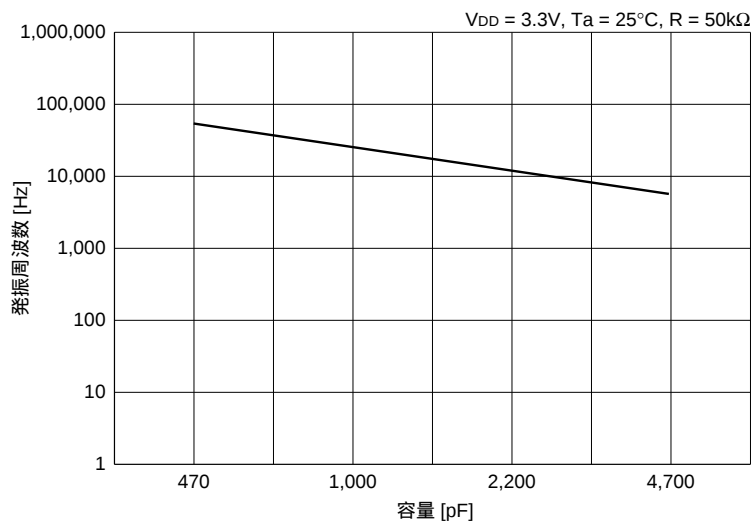
内部電源回路

- S5U1C63000P1はVDC0～VDC3レジスタを内蔵していますが、実際の電源制御は行っていないため、そのために、“4.4 発振回路”を参照して正しい電圧を設定してください。また、制御電圧を切り換える場合も、適切なウェイト時間を設けてください。
- LCDの駆動電圧は、実際のICと異なります。
- 使用可能な動作周波数範囲は、内部動作電圧に依存しますので、“2.1 電源系”を参照の上、不適当な動作周波数と内部電源の組み合わせで動作させないように注意してください。

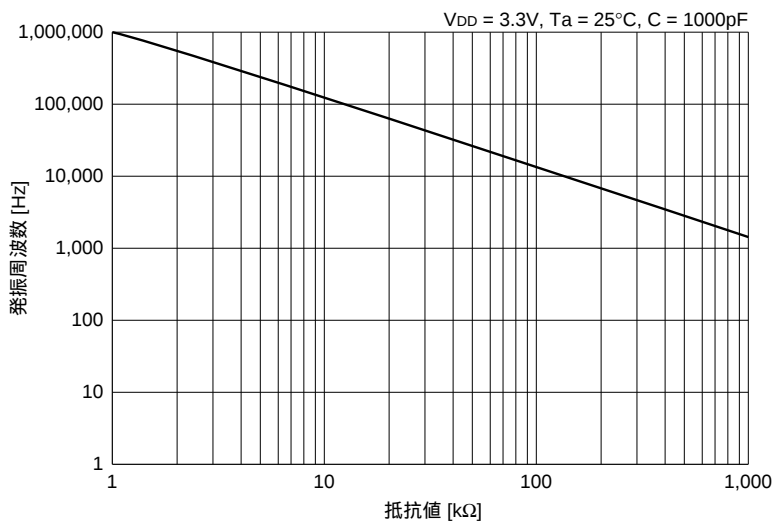
R/Fコンバータ

- R/Fコンバータが発振のカウント中に、デバッグによってターゲットプログラムがブレイクすると、カウントは停止します。この状態からカウントを再開しても、正しい変換結果は得られません。
- R/Fコンバータの発振周波数出力(RFOUT)は、実際のICと波形の極性が逆(正負反転)になります。
- S5U1C63658P2上のR/Fコンバータの発振特性グラフ(参考値)を以下に示します。

R/Fコンバータ発振周波数-容量特性(参考値)



R/Fコンバータ発振周波数-抵抗特性(参考値)



A.5 製品の仕様

A.5.1 S5U1C63000P1の仕様

■ S5U1C63000P1

寸法:	254mm(横)×144.8mm(奥行き)×13mm(高さ) (ネジ含む)
重量:	約300g
電源:	DC5V ± 5%、1A以下(ICE本体より供給)

■ I/Oケーブル(80pin)

本機側コネクタ:	KEL8830E-080-170L
ケーブル側コネクタ(80pin):	KEL8822E-080-171
ケーブル側コネクタ(40pin):	3M7940-6500SC(2個/1組)
ケーブル:	40芯フラットケーブル(2本/1組)
インタフェース:	CMOSインタフェース(3.3V)
長さ:	約40cm

■ I/Oケーブル(100pin)

本機側コネクタ:	KEL8830E-100-170L
ケーブル側コネクタ(100pin):	KEL8822E-100-171
ケーブル側コネクタ(50pin):	3M7950-6500SC(2個/1組)
ケーブル:	50芯フラットケーブル(2本/1組)
インタフェース:	CMOSインタフェース(3.3V)
長さ:	約40cm

■ 付属品

ターゲットシステム接続コネクタ(40pin)	3M3432-6002LCSC × 2
ターゲットシステム接続コネクタ(50pin)	3M3433-6002LCSC × 2

A.5.2 S5U1C63658P2の仕様

■ S5U1C63658P2

寸法:	254mm(横)×144.8mm(奥行き)×13mm(高さ) (ネジ含む)
重量:	約130g
電源:	DC5V ± 5%、10mA以下 (ICE本体より供給、本ボード上レギュレータにて3.3Vに変換)

■ 付属品

R/Fコンバータ外付け抵抗、コンデンサ用プラットフォーム:	DIS12-016-403(KEL製) × 2
-------------------------------	---------------------------

セイコーエプソン株式会社 半導体事業部 IC営業部

IC国内営業グループ

東京 〒191-8501 東京都日野市日野421-8
TEL (042)587-5313(直通) FAX (042)587-5116

大阪 〒541-0059 大阪市中央区博労町3-5-1 エプソン大阪ビル15F
TEL (06)6120-6000(代表) FAX (06)6120-6100

インターネットによる電子デバイスのご紹介 <http://www.epson.jp/device/semicon/>