

V850 マイクロコントローラ

V850ES/Jx3-L

R01AN0194JJ0100

Rev.1.00

A/D コンバータ（連続セレクト・モード）編

2010.09.30

要旨

この資料は、サンプル・プログラムの動作概要や使用方法、およびA/Dコンバータの設定方法や活用方法を説明したものです。サンプル・プログラムでは、A/Dコンバータを連続セレクト・モードとして使用して、A/D変換結果の平均化、およびA/D変換結果を使用したコンパレータ動作を行います。

対象デバイス

V850ES/JC3-L

V850ES/JE3-L

V850ES/JF3-L

V850ES/JG3-L

目次

第1章 概要 ... 3

1.1 初期設定の主な内容 ... 4

1.2 初期設定以降の処理内容 ... 5

第2章 回路図 ... 6

2.1 回路図 ... 6

2.2 マイコン以外の使用デバイス ... 7

第3章 ソフトウェアについて ... 8

3.1 ファイル構成 ... 8

3.2 使用する内蔵周辺機能 ... 9

3.3 初期設定と動作概要 ... 9

3.4 フロー・チャート ... 10

第4章 設定方法について ... 12

4.1 A/Dコンバータの設定 ... 13

4.2 ソフトウェア記述例 ... 21

4.3 入力電圧とA/D変換結果 ... 22

4.4 変換動作タイミング ... 23

第5章 関連資料 ... 24

付録A プログラム・リスト ... 25

付録B 改版履歴 ... 37

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレスのアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレスがあります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。

リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、事前に問題ないことをご確認下さい。

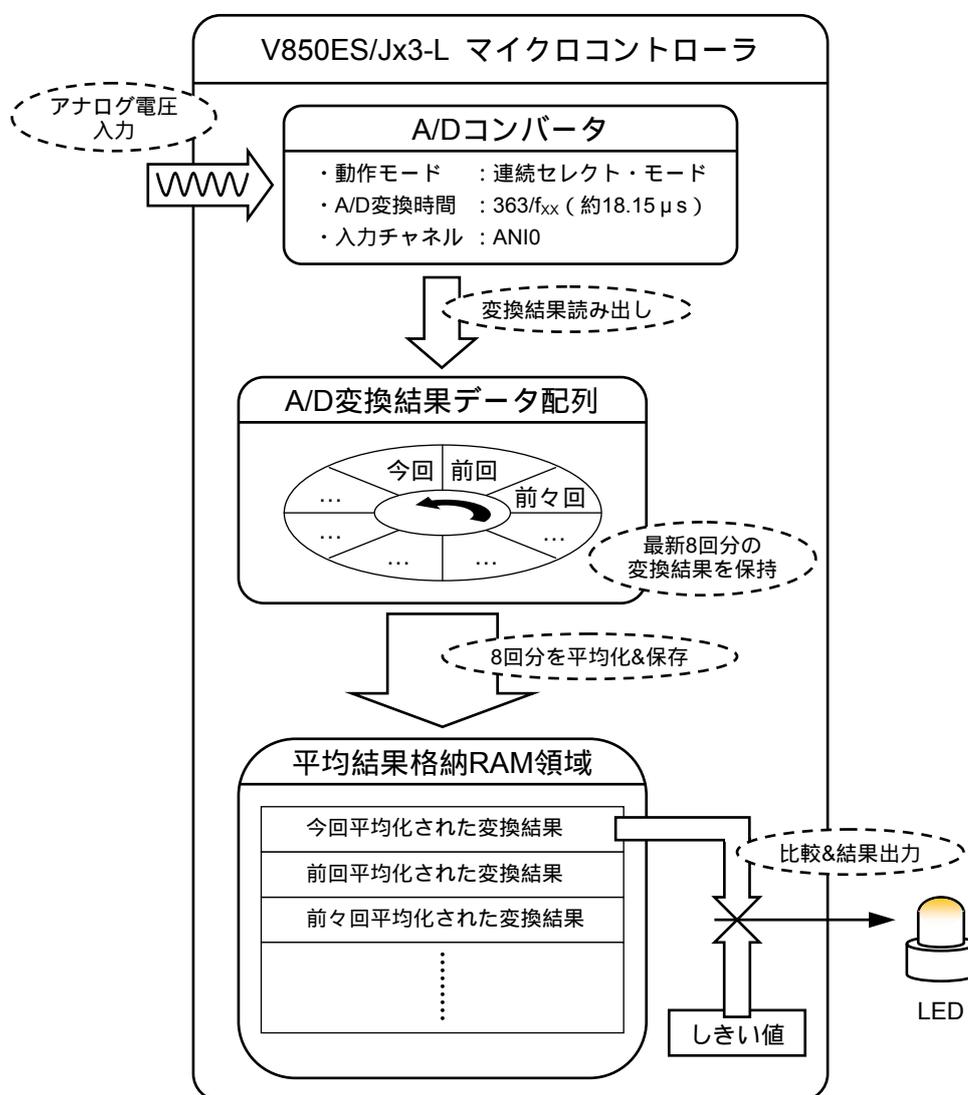
同じグループのマイコンでも型名が違うと、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

第1章 概 要

本資料は、V850ES/Jx3-LのA/Dコンバータの使い方についての資料です。A/D変換結果の平均化、およびA/D変換結果を使用したコンパレータ動作について説明します。

サンプル・プログラムでは、A/Dコンバータを連続セレクト・モードで使用し、アナログ入力チャンネルANI0からのアナログ入力に対して連続でA/D変換を行い、A/D変換終了ごとに読み出した変換結果を平均化^注してRAM領域に保存します。また、平均化された変換結果を特定のしきい値と比較し、その比較結果をLEDに出力します。

【 動作概要 】



注. 今回の変換結果を含む最新8回分の変換結果を平均化します。

備考. 変換結果としきい値の比較結果は次のようにLEDに出力されます。

変換結果 \geq しきい値 の場合 : LED点灯

変換結果 $<$ しきい値 の場合 : LED消灯

1.1 初期設定の主な内容

初期設定の主な内容は、次のとおりです。

< オプション・バイトでの指定 >

リセット解除後の発振安定時間を指定

< リセット解除後の初期化処理での設定 >

システム・ウェイト・コントロール・レジスタを1ウェイトに設定

オンチップ・デバッグ・モード・レジスタを通常動作モードに設定

内蔵発振器の停止の設定

ウォッチドッグ・タイマ2動作停止

入出力ポートの設定

・ P70/ANI0をアナログ電圧入力用に設定

・ P30をLED出力用に設定

・ 未使用ポートの設定

低電圧検出回路^{注1}の設定

・ 低電圧検出レベルを2.8 Vに設定

・ 低電圧検出動作の許可

・ 電源電圧が2.8 V以上になるまで待つ^{注2}

PLLモード (5 MHz × 4逡倍 = 20 MHz動作) に設定

A/Dコンバータの設定

・ 動作モードを連続セレクト・モードに設定

・ トリガ・モードをソフトウェア・トリガ・モードに設定

・ A/D変換時間を $363/f_{xx}$ (約18.15 μs) に設定

・ アナログ入力チャネルをANI0に設定

割り込みの設定

・ INTAD割り込みの許可

・ マスカブル割り込み要求信号の受け付けを許可

注1. 低電圧検出回路についての詳細は、ユーザーズ・マニュアルを参照してください。

2. ここでの動作条件 (電源電圧2.7V以上) を満たすためのウェイトです。

1.2 初期設定以降の処理内容

初期設定完了後は、A/D変換動作を開始し、HALTモードに移行します。以降は、A/D変換終了によるINTAD割り込みが発生するごとに、変換結果を読み出し、過去7回分の変換結果との平均化を行い、RAM領域に保存します。また、平均化された変換結果と特定のしきい値との比較を行い、比較結果をLEDに出力します。

注意． デバイス使用上の注意事項については、ユーザーズ・マニュアルを参照してください。



【コラム】A/D変換結果のばらつきについて

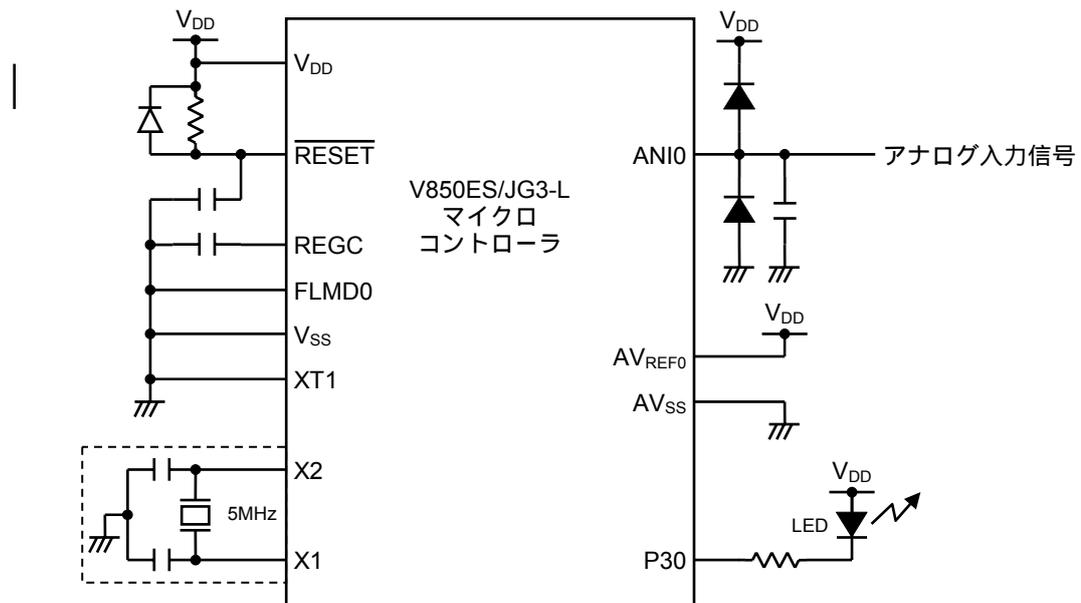
A/D変換結果は電源電圧の変動やノイズなどの影響によりばらつくことがあります。ばらつきを軽減する必要がある場合は、このサンプル・プログラムのようにA/D変換結果を連続で複数回取得して平均化するなど、プログラムで対策してください。

第2章 回路図

この章では、サンプル・プログラムが対象とする回路図およびマイコン以外の使用デバイスを説明します。

2.1 回路図

回路図を次に示します。



- 注意1.** V_{DD} は $2.8\text{ V} < V_{DD} < 3.6\text{ V}$ の電圧範囲で使用してください。
2. EV_{DD} 端子、 AV_{REF0} 端子は V_{DD} に直接接続してください。
 3. EV_{SS} 端子はGNDに直接接続してください。
 4. REGCはコンデンサ (推奨値: $4.7\ \mu\text{F}$) を介し、GNDに接続してください。
 5. FLMD0端子は、通常動作モード時はGNDに接続してください。
 6. ANIOに入力するアナログ電圧は $0\text{ V} \sim AV_{REF0}$ としてください。
 7. アナログ入力のノイズを低減するため、アナログ入力用端子 (ANI0-ANI11) には上図のようにコンデンサを外付けすることを推奨します。なお、コンデンサの容量は入力信号の変化速度に応じた容量にしてください。また、アナログ入力用端子 (ANI0-ANI11) は V_F の小さい (0.3 V 以下) ダイオードでクランプしてください。
 8. 未使用ポートについては、出力ポートとして処理するため、すべてオープンとしてください。
 9. メイン・クロック発振回路は、配線容量などの影響を避けるために、図中の破線の部分を次のように配線してください。
 - ・配線は極力短くする。
 - ・他の信号線と交差させない。
 - ・変化する大電流が流れる線に接近させない。
 - ・発振回路のコンデンサの接地点は、常に V_{SS} と同電位になるようにする。
 - ・大電流が流れるグランド・パターンに接地しない。
 - ・発振回路から信号を取り出さない。

備考. 発振子の選択および発振回路定数についてはお客様において発振評価していただくか、発振子メーカーに評価を依頼してください。

2.2 マイコン以外の使用デバイス

マイコン以外の使用デバイスを次に示します。

(1) LED

A/D変換結果と特定のしきい値との比較結果を出力します。

第3章 ソフトウェアについて

この章では、ダウンロードする圧縮ファイルのファイル構成、使用するマイコンの内蔵周辺機能、サンプル・プログラムの初期設定と動作概要、およびフロー・チャートを説明します。

3.1 ファイル構成

ダウンロードする圧縮ファイルのファイル構成は、次のようになっています。

ファイル名 (ツリー構造)	説明	同封圧縮 (*.zip) ファイル	
			
conf			
— crtE.s	スタート・アップ・ルーチン・ファイル ^{注1}	-	
— AppNote_ADC.dir	リンク・ディレクティブ・ファイル ^{注2}		
— AppNote_ADC.prj	統合開発環境 PM+用プロジェクト・ファイル	-	
— AppNote_ADC.prw	統合開発環境 PM+用ワーク・スペース・ファイル	-	
src			
— main.c	マイコンのハードウェア初期化処理とメイン処理を記述したC言語ソース・ファイル		
— minicube2.s	MINICUBE2用の領域予約を行うソース・ファイル		
— opt_b.s	オプション・バイト設定を行う ソース・ファイル		

- 注1. ワークスペース新規作成時の「スタート・アップ・ファイルの指定」時に、「サンプルをコピーして使用する(C)」を選択した際にコピーされるスタート・アップ・ファイル。(デフォルト・インストール・パスであれば、C:\Program Files\NEC Electronics Tools\CA850\使用バージョン\lib850\r32\crtE.s のコピーとなります。)
2. ワークスペース新規作成時の「リンク・ディレクティブ・ファイルの指定」時に、「サンプルを作成して使用する(C)」を選択し、「メモリの使用方法：内蔵メモリのみ(I)」をチェックした際に、自動生成されるリンク・ディレクティブ・ファイルに、MINICUBE2用のセグメントを追加したもの。(デフォルト・インストール・パスであれば、C:\Program Files\NEC Electronics Tools\PM+\使用バージョン\bin\w_data\V850_i.dat が基準となります。)

備考



: ソース・ファイルのみ同封



: 統合開発環境 PM+で使用するファイルを同封

3.2 使用する内蔵周辺機能

このサンプル・プログラムでは、マイコンに内蔵する次の機能を使用します。

<周辺I/O機能>

- ・A/Dコンバータ : 10ビット分解能のA/D変換を行います。
- ・低電圧検出回路 : 2.7V V_{DD} の確認用に使用します。

<端子機能>

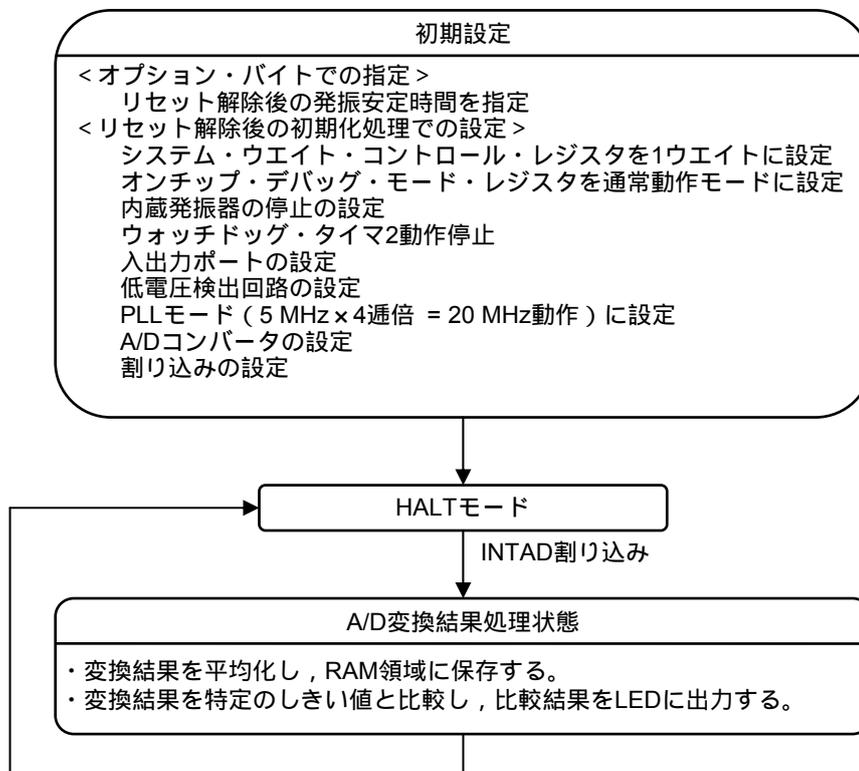
- ・AN10 : A/Dコンバータのアナログ入力チャネルとして使用します。
- ・P30 : LED出力用に使用します。

3.3 初期設定と動作概要

このサンプル・プログラムでは、初期設定で、クロック周波数の選択や、ウォッチドッグ・タイマ2の停止設定、入出力ポートや外部割り込みの端子設定、低電圧検出回路の設定、A/Dコンバータの設定などを行います。

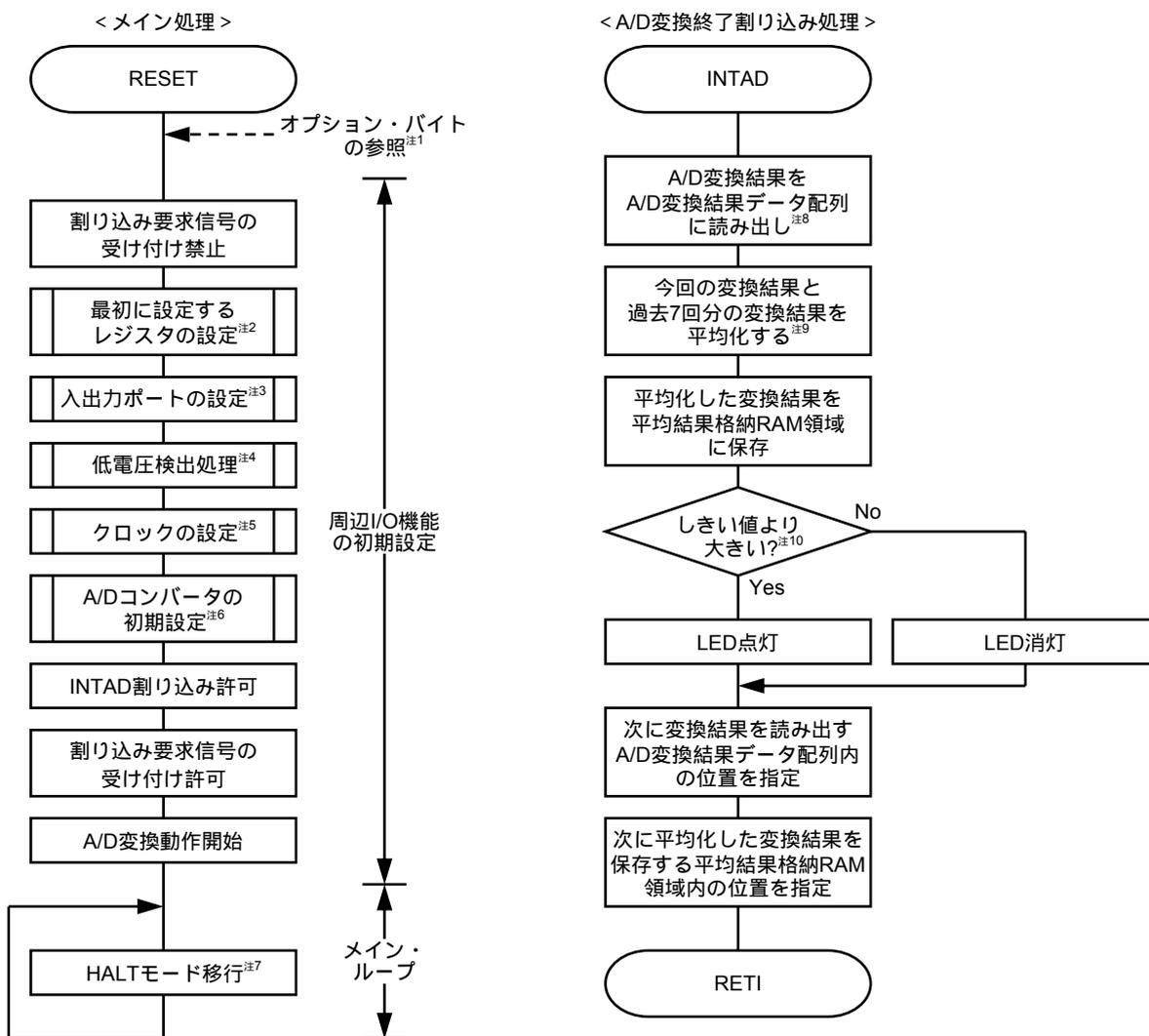
初期設定完了後は、HALTモードに移行します。以降は、A/D変換終了によるINTAD割り込みが発生するごとに、変換結果を読み出し、過去7回分の変換結果との平均化を行い、RAM領域に保存します。また、平均化された変換結果と特定のしきい値との比較を行い、比較結果をLEDに出力します。

詳細については、次の状態遷移図 (ステート・チャート) に示します。



3.4 フロー・チャート

このサンプル・プログラムのフロー・チャートを次に示します。



- 注1. オプション・バイトの参照は、リセット解除後にマイコンが自動的に行います。このサンプル・プログラムでは、リセット解除後の発振安定時間を6.554 msに設定しています。
2. VSWCレジスタ, OCDMレジスタ, RCMレジスタ, およびWDTM2レジスタを設定します。なお, 設定内容は下記のとおりです。
 - ・システム・ウエイト・コントロール・レジスタを1ウエイトに設定
 - ・オンチップ・デバッグ・モード・レジスタを通常動作モードに設定
 - ・内蔵発振器停止
 - ・ウォッチドッグ・タイマ2動作停止
3. P70/ANI0をアナログ電圧入力用, P30をLED出力用に設定します。また, 未使用のポートはすべてロウ・レベル出力に設定します。
4. 低電圧検出回路の動作を許可し, 電源電圧が2.8 V以上になるまで待ちます。
5. PLLモード (5MHz × 4逓倍 = 20MHz) に設定します。
6. A/Dコンバータを下記のように設定します。
 - ・動作モードを連続セレクト・モードに設定
 - ・トリガ・モードをソフトウェア・トリガ・モードに設定
 - ・A/D変換時間を $363/f_{xx}$ (約18.15 μ s) に設定
 - ・アナログ入力チャネルをANI0に設定
7. INTAD割り込みの発生によりHALTモードを解除します。
8. 10ビットの変換結果はA/D変換結果レジスタ0 (ADA0CR0) の上位10ビットに格納され, 下位6ビットが0固定となっています。このサンプル・プログラムでは, ADA0CR0レジスタの変換結果を下位に6ビットシフトさせてからA/D変換結果データ配列に読み出します。
9. 過去の変換結果が7回分に満たない場合, その時点までの変換結果のみで平均化を行います。
10. 平均化された変換結果を特定のしきい値と比較します。なお, しきい値は 0200H (V_{DD} のほぼ1/2の電圧) としています。

第4章 設定方法について

この章では、A/Dコンバータの設定、ソフトウェア記述例、入力電圧とA/D変換結果、および変換動作タイミングについて説明します。

その他の初期設定については、V850ES/Jx3-L サンプル・プログラム (初期設定) LED点灯のスイッチ制御編 アプリケーション・ノートを参照してください。

レジスタ設定方法の詳細については、製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

C言語の拡張記述については、次のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

・ CA850 Cコンパイラ・パッケージ C言語編 ユーザーズ・マニュアル

4.1 A/Dコンバータの設定

このサンプル・プログラムでは、次のレジスタでA/Dコンバータを制御します。

- ・ A/Dコンバータ・モード・レジスタ0 (ADA0M0)
- ・ A/Dコンバータ・モード・レジスタ1 (ADA0M1)
- ・ A/Dコンバータ・チャンネル指定レジスタ0 (ADA0S)
- ・ A/D変換結果レジスタ0 (ADA0CR0)^注

注. ADA0CR0はリード専用レジスタですので、設定は行いません。

【A/Dコンバータの設定手順例】

PM7LまたはPM7Hでアナログ入力チャンネルとして使用する端子を入力モードに設定します。

ADA0M0レジスタのビット5-4 (ADA0MD1-0)、ビット1 (ADA0TMD) でA/Dコンバータの動作モードとトリガ・モードを設定します。

ADA0M1レジスタのビット7 (ADA0HS1)、ビット2-0 (ADA0FR2-0) でA/D変換時間を設定します。

ADA0Sレジスタのビット3-0 (ADA0S3-0) でアナログ入力チャンネルを設定します。

ADA0M0レジスタのビット7 (ADA0CE) でA/D変換動作を許可します。

(1) A/Dコンバータ・モード・レジスタ0 (ADA0M0)

動作モードの指定および変換動作の制御を行う8ビットのレジスタです。

8/1ビット単位でリード/ライト可能です。ただし、ADA0EFビットはリードのみ可能です。

リセットにより、00Hになります。

注意． 次に示す状態において、ADA0M0レジスタへのアクセスは禁止です。ウェイトが発生した場合、解除する方法はリセットだけです。詳細はユーザーズ・マニュアルのCPU機能の章を参照してください。

- ・CPUがサブクロックで動作し、かつメイン・クロック発振を停止している場合
- ・CPUが内蔵発振クロックで動作している場合

図4-1-1 A/Dコンバータ・モード・レジスタ0 (ADA0M0) のフォーマット

(1/2)

A/Dコンバータ・モード・レジスタ0 (ADA0M0)							
アドレス: FFFFF200H							
⑦	6	5	4	3	2	1	①
ADA0CE	0	ADA0MD1	ADA0MD0	ADA0ETS1	ADA0ETS0	ADA0TMD	ADA0EF
ADA0CE	A/D変換動作の制御						
0	A/D変換動作停止						
1	A/D変換動作許可						
ADA0MD1	ADA0MD0	A/Dコンバータ動作モードの制御					
0	0	連続セレクト・モード					
0	1	連続スキャン・モード					
1	0	ワンショット・セレクト・モード					
1	1	ワンショット・スキャン・モード					
ADA0ETS1	ADA0ETS0	外部トリガ (ADTRG端子) 入力の有効エッジを指定					
0	0	エッジ検出なし					
0	1	立ち下がりエッジ検出					
1	0	立ち上がりエッジ検出					
1	1	立ち上がり/立ち下がり両エッジ検出					
ADA0TMD	トリガ・モードの選択						
0	ソフトウエア・トリガ・モード						
1	外部トリガ・モード/タイマ・トリガ・モード						
ADA0EF	A/Dコンバータの状態を提示						
0	A/D変換停止中						
1	A/D変換動作中						

- 注意1. ビット0に書き込みを行った場合、書き込みは無視されます。
2. A/D変換動作許可中 (ADA0CEビット = 1) は、ADA0M1.ADA0FR2-ADA0FR0ビットの変更は禁止です。
 3. 次のモードでは、ADA0M0, ADA0M2, ADA0S, ADA0PFM, ADA0PFTレジスタへの書き込みはA/D変換動作停止 (ADA0CEビット = 0) の状態で行い、そのあとでA/D変換動作許可 (ADA0CEビット = 1) してください。
 - ・通常変換モード
 - ・高速変換モードのワンショット・セレクト・モード/ワンショット・スキャン・モードまた、そのほかのモードでA/D変換動作中 (ADA0EFビット = 1) にADA0M0, ADA0M2, ADA0S, ADA0PFM, ADA0PFTレジスタに書き込みを行った場合には各モードにより次のようになります。
 - ・ソフトウェア・トリガ・モード時
A/D変換動作は中断され、再度、最初から変換動作を行います。
 - ・ハードウェア・トリガ・モード時
A/D変換動作は中断され、再度、トリガ待機状態になります。
 4. 外部トリガ・モード/タイマ・トリガ・モードを選択する場合 (ADA0TMDビット= 1) は、高速変換モード (ADA0M1.ADA0HS1ビット = 1) に設定してください。また、A/D変換動作許可 (ADA0CEビット = 1) したあとに一度だけ挿入される安定時間中にトリガを入力しないでください。
 5. A/Dコンバータを使用しない場合は、消費電力を小さくするために、ADA0CEビット = 0として動作を停止させてください。
 6. **ビット6には必ず“0”を設定してください。**

備考. 図の赤字部分がサンプル・プログラムでの設定値となります。

(2) A/Dコンバータ・モード・レジスタ1 (ADA0M1)

変換時間の指定を行う8ビットのレジスタです。

8/1ビット単位でリード/ライト可能です。

リセットにより、00Hになります。

図4-1-2 A/Dコンバータ・モード・レジスタ1 (ADA0M1) のフォーマット

A/Dコンバータ・モード・レジスタ1 (ADA0M1)							
アドレス: FFFFFFF201H							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADA0HS1	0	0	0	0	ADA0FR2	ADA0FR1	ADA0FR0
ADA0HS1	A/D変換時間の通常変換モード/高速変換モードの選択						
0	通常変換モード						
1	高速変換モード						

注意1. A/D変換動作許可中 (ADA0M0.ADA0CEビット = 1) は、ADA0M1レジスタの変更は禁止です。

2. 外部トリガ・モード/タイマ・トリガ・モードを選択する場合 (ADA0M0.ADA0TMDビット = 1) は、高速変換モード (ADA0HS1ビット = 1) に設定してください。また、A/D変換動作許可 (ADA0CEビット = 1) したあとに一度だけ挿入される安定時間中にトリガを入力しないでください。

3. ビット6-3には必ず“0”を設定してください。

備考1. A/D変換時間の設定例は表4-1, 表4-2を参照してください。

2. 図の赤字部分がサンプル・プログラムでの設定値となります。

次に各クロックにおける変換時間の例を示します。

表4 - 1 通常変換モード時の変換時間の選択 (ADA0HS1ビット = 0)

ADA0 FR2	ADA0 FR1	ADA0 FR0	A/D変換時間						
			安定時間 + 変換時間 + ウェイト時間	$f_{xx} =$ 20 MHz	$f_{xx} =$ 16 MHz	$f_{xx} =$ 12 MHz	$f_{xx} =$ 10 MHz	$f_{xx} =$ 4 MHz	トリガ 応答時間
0	0	0	$\frac{66}{f_{xx}}$ ($\frac{13}{f_{xx}} + \frac{26}{f_{xx}} + \frac{27}{f_{xx}}$)	設定禁止	設定禁止	設定禁止	$6.6 \mu s^{\ddagger}$	$16.5 \mu s$	$3/f_{xx}$
0	0	1	$\frac{131}{f_{xx}}$ ($\frac{26}{f_{xx}} + \frac{52}{f_{xx}} + \frac{53}{f_{xx}}$)	$6.55 \mu s^{\ddagger}$	$8.19 \mu s^{\ddagger}$	$10.92 \mu s$	$13.1 \mu s$	設定禁止	$3/f_{xx}$
0	1	0	$\frac{196}{f_{xx}}$ ($\frac{39}{f_{xx}} + \frac{78}{f_{xx}} + \frac{79}{f_{xx}}$)	$9.8 \mu s$	$12.25 \mu s$	$16.33 \mu s$	$19.6 \mu s$	設定禁止	$3/f_{xx}$
0	1	1	$\frac{259}{f_{xx}}$ ($\frac{50}{f_{xx}} + \frac{104}{f_{xx}} + \frac{105}{f_{xx}}$)	$12.95 \mu s$	$16.19 \mu s$	$21.58 \mu s$	設定禁止	設定禁止	$3/f_{xx}$
1	0	0	$\frac{311}{f_{xx}}$ ($\frac{50}{f_{xx}} + \frac{130}{f_{xx}} + \frac{131}{f_{xx}}$)	$15.55 \mu s$	$19.44 \mu s$	設定禁止	設定禁止	設定禁止	$3/f_{xx}$
1	0	1	$\frac{363}{f_{xx}}$ ($\frac{50}{f_{xx}} + \frac{156}{f_{xx}} + \frac{157}{f_{xx}}$)	$18.15 \mu s$	$22.69 \mu s$	設定禁止	設定禁止	設定禁止	$3/f_{xx}$
1	1	0	$\frac{415}{f_{xx}}$ ($\frac{50}{f_{xx}} + \frac{182}{f_{xx}} + \frac{183}{f_{xx}}$)	$20.75 \mu s$	設定禁止	設定禁止	設定禁止	設定禁止	$3/f_{xx}$
1	1	1	$\frac{467}{f_{xx}}$ ($\frac{50}{f_{xx}} + \frac{208}{f_{xx}} + \frac{209}{f_{xx}}$)	$23.35 \mu s$	設定禁止	設定禁止	設定禁止	設定禁止	$3/f_{xx}$
上記以外			設定禁止						

注 . 2.7 V $AV_{REF0} < 3.0 V$ の場合は、設定禁止。

- 備考1 . 安定時間 : A/Dコンバータのセットアップ時間 (1 μs 以上)
 変換時間 : 実際にA/D変換にかかる時間 (2.6 ~ 10.4 μs)
 ウェイト時間 : 次の変換までに挿入されるウェイト時間
 トリガ応答時間 : ソフトウェア・トリガ, 外部トリガ, またはタイマ・トリガが安定時間経過後に発生した場合, 変換時間の前に挿入されます。
- 2 . 動作タイミングについては, 4.4 変換動作タイミング を参照してください。
- 3 . 表の赤字部分がサンプル・プログラムでの設定値となります。

通常変換モードでは, ADA0M0.ADA0CEビットをセット (1) してから, 安定時間後に変換を開始し, 変換時間 (2.6 ~ 10.4 μs) の間だけA/D変換動作を行います。変換終了後, 動作を停止し, ウェイト時間が経過してからA/D変換終了割り込み要求信号 (INTAD) が発生します。

ウェイト時間中は変換動作を停止しているため, 動作電流を低減することができます。

注意1 . 3.0 V AV_{REF0} 3.6 Vのときは, 2.6 μs 変換時間 10.4 μs になるように設定してください。

2.7 V $AV_{REF0} < 3.0 V$ のときは, 3.9 μs 変換時間 10.4 μs になるように設定してください。

- 2 . A/D変換中に, ADA0M0, ADA0M2, ADA0S, ADA0PFM, ADA0PFTレジスタへの書き込みまたはトリガが入力されると再変換が行われますが, 安定時間終了タイミングとADA0M0, ADA0M2, ADA0S, ADA0PFM, ADA0PFTレジスタへの書き込みが競合した場合, または安定時間終了タイミングとトリガの入力が競合した場合は, 安定時間が64クロック再挿入されます。

また, 再挿入の安定時間終了タイミングと再び競合すると, 再度, 安定時間が挿入されますので, トリガの入力間隔と制御レジスタ書き込みの間隔は64クロック以下にしないでください。

表4 - 2 高速変換モード時の変換時間の選択 (ADA0HS1ビット = 1)

ADA0 FR2	ADA0 FR1	ADA0 FR0	A/D変換時間					トリガ 応答時間	
			変換時間 (+ 安定時間)	f _{xx} = 20 MHz	f _{xx} = 16 MHz	f _{xx} = 12 MHz	f _{xx} = 10 MHz		f _{xx} = 4 MHz
0	0	0	26/f _{xx} (+ 13/f _{xx})	設定禁止	設定禁止	設定禁止	2.6 μs ^注 (+ 1.3 μs)	6.5 μs (+ 3.25 μs)	3/f _{xx}
0	0	1	52/f _{xx} (+ 26/f _{xx})	2.6 μs ^注 (+ 1.3 μs)	3.25 μs ^注 (+ 1.625 μs)	4.333 μs (+ 2.167 μs)	5.2 μs (+ 2.6 μs)	設定禁止	3/f _{xx}
0	1	0	78/f _{xx} (+ 39/f _{xx})	3.9 μs (+ 1.95 μs)	4.875 μs (+ 2.438 μs)	6.5 μs (+ 3.25 μs)	7.8 μs (+ 3.9 μs)	設定禁止	3/f _{xx}
0	1	1	104/f _{xx} (+ 50/f _{xx})	5.2 μs (+ 2.5 μs)	6.5 μs (+ 3.125 μs)	8.667 μs (+ 4.167 μs)	10.4 μs (+ 5 μs)	設定禁止	3/f _{xx}
1	0	0	130/f _{xx} (+ 50/f _{xx})	6.5 μs (+ 2.5 μs)	8.125 μs (+ 3.125 μs)	設定禁止	設定禁止	設定禁止	3/f _{xx}
1	0	1	156/f _{xx} (+ 50/f _{xx})	7.8 μs (+ 2.5 μs)	9.75 μs (+ 3.125 μs)	設定禁止	設定禁止	設定禁止	3/f _{xx}
1	1	0	182/f _{xx} (+ 50/f _{xx})	9.1 μs (+ 2.5 μs)	設定禁止	設定禁止	設定禁止	設定禁止	3/f _{xx}
1	1	1	208/f _{xx} (+ 50/f _{xx})	10.4 μs (+ 2.5 μs)	設定禁止	設定禁止	設定禁止	設定禁止	3/f _{xx}
上記以外			設定禁止						

注． 2.7 V AV_{REF0} < 3.0 Vの場合は、設定禁止。

備考1． 変換時間 : 実際にA/D変換にかかる時間 (2.6 ~ 10.4 μs)
 安定時間 : A/Dコンバータのセットアップ時間 (1 μs以上)
 トリガ応答時間 : ソフトウェア・トリガ, 外部トリガ, またはタイマ・トリガが安定時間経過後
 に発生した場合, 変換時間の前に挿入されます。

2． 動作タイミングについては, 4.4 変換動作タイミング を参照してください。

高速変換モードでは, ADA0M0.ADA0CEビットをセット (1) してから, 安定時間後に変換を開始し, 変換時間 (2.6 ~ 10.4 μs) の間A/D変換動作を行います。変換終了後, ただちにA/D変換終了割り込み要求信号 (INTAD) が発生します。

連続変換モードの場合, 1回目の変換前だけに安定時間が挿入され, 2回目以降は安定時間が挿入されません (A/Dコンバータは起動したままです)。

注意1． 3.0 V AV_{REF0} 3.6 Vのときは, 2.6 μs 変換時間 10.4 μsになるように設定してください。

2.7 V AV_{REF0} < 3.0 Vのときは, 3.9 μs 変換時間 10.4 μsになるように設定してください。

2． 高速モードでは, 安定時間中のADA0M0, ADA0M2, ADA0S, ADA0PFM, ADA0PFTレジスタの書き換え, およびトリガ入力を禁止します。

(3) A/Dコンバータ・チャンネル指定レジスタ0 (ADA0S)

A/D変換するアナログ電圧の入力ポートを指定するレジスタです。

8/1ビット単位でリード/ライト可能です。

リセットにより、00Hになります。

図4-1-3 A/Dコンバータ・チャンネル指定レジスタ0 (ADA0S) のフォーマット

A/Dコンバータ・チャンネル指定レジスタ0 (ADA0S)
アドレス: FFFFF202H

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	ADA0S3	ADA0S2	ADA0S1	ADA0S0

ADA0S3	ADA0S2	ADA0S1	ADA0S0	セレクト・モード	スキャン・モード
0	0	0	0	ANI0	ANI0
0	0	0	1	ANI1	ANI0-1
0	0	1	0	ANI2	ANI0-2
0	0	1	1	ANI3	ANI0-3
0	1	0	0	ANI4	ANI0-4
0	1	0	1	ANI5	ANI0-5
0	1	1	0	ANI6	ANI0-6
0	1	1	1	ANI7	ANI0-7
1	0	0	0	ANI8	ANI0-8
1	0	0	1	ANI9	ANI0-9
1	0	1	0	ANI10	ANI0-10
1	0	1	1	ANI11	ANI0-11
1	1	0	0	設定禁止	設定禁止
1	1	0	1	設定禁止	設定禁止
1	1	1	0	設定禁止	設定禁止
1	1	1	1	設定禁止	設定禁止

注意1. 次のモードでは、ADA0Sレジスタへの書き込みはA/D変換動作停止 (ADA0M0.ADA0CEビット = 0) の状態で行い、そのあとでA/D変換動作許可 (ADA0CEビット = 1) してください。

- ・通常変換モード
- ・高速変換モードのワンショット・セレクト・モード/ワンショット・スキャン・モード

2. ビット7-4には必ず“0”を設定してください。

備考. 図の赤字部分がサンプル・プログラムでの設定値となります。

(4) A/D変換結果レジスタ_n, nH (ADA0CR_n, ADA0CR_nH)

ADA0CR_n, ADA0CR_nHレジスタは、A/D変換結果を格納するレジスタです。

16/8ビット単位でリードのみ可能です。ただし、16ビット・アクセス時はADA0CR_nレジスタを指定、8ビット・アクセス時はADA0CR_nHレジスタを指定します。ADA0CR_nレジスタは上位10ビットに変換結果の10ビットが読み出され、下位6ビットには0が読み出されます。ADA0CR_nHレジスタには変換結果の上位8ビットが読み出されます。

注意 . 次に示す状態において、ADA0CR_n, ADA0CR_nHレジスタへのアクセスは禁止です。ウエイトが発生した場合、解除する方法はリセットだけです。詳細はユーザーズ・マニュアルのCPU機能の章を参照してください。

- ・CPUがサブクロックで動作し、かつメイン・クロック発振を停止している場合
- ・CPUが内蔵発振クロックで動作している場合

図4 - 1 - 4 A/D変換結果レジスタ_n, nH (ADA0CR_n, ADA0CR_nH) のフォーマット

A/D変換結果レジスタ_n (ADA0CR_n)

アドレス : ADA0CR0 FFFFFFF210H, ADA0CR1 FFFFFFF212H, ADA0CR2 FFFFFFF214H,
ADA0CR3 FFFFFFF216H, ADA0CR4 FFFFFFF218H, ADA0CR5 FFFFFFF21AH,
ADA0CR6 FFFFFFF21CH, ADA0CR7 FFFFFFF21EH, ADA0CR8 FFFFFFF220H,
ADA0CR9 FFFFFFF222H, ADA0CR10 FFFFFFF224H, ADA0CR11 FFFFFFF226H

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0	0	0	0	0	0	0

A/D変換結果レジスタ_nH (ADA0CR_nH)

アドレス : ADA0CR0H FFFFFFF211H, ADA0CR1H FFFFFFF213H, ADA0CR2H FFFFFFF215H,
ADA0CR3H FFFFFFF217H, ADA0CR4H FFFFFFF219H, ADA0CR5H FFFFFFF21BH,
ADA0CR6H FFFFFFF21DH, ADA0CR7H FFFFFFF21FH, ADA0CR8H FFFFFFF221H,
ADA0CR9H FFFFFFF223H, ADA0CR10H FFFFFFF225H, ADA0CR11H FFFFFFF227H

7	6	5	4	3	2	1	0
AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2

注意 . ADA0M0, ADA0Sレジスタに対して書き込み動作を行ったとき、ADA0CR_nレジスタの内容は不定になることがあります。変換結果は、変換動作終了後、ADA0M0, ADA0Sレジスタに対して書き込み動作を行う前に読み出してください。上記以外のタイミングでは、正しい変換結果が読み出されないことがあります。

備考1 . n = 0-11

- 2 . リセット時、ADA0CR_n, ADA0CR_nHレジスタはどちらも不定な値となります。
- 3 . サンプル・プログラムでは、A/D変換結果レジスタ0 (ADA0CR0) を使用します。

4.2 ソフトウェア記述例

A/Dコンバータの設定をソフトウェアで記述する場合の例として、サンプル・プログラムの一部を次に示します。

なお、この例では下記の動作を設定します。

- ・動作モードを連続セレクト・モードに設定
- ・トリガ・モードをソフトウェア・トリガ・モードに設定
- ・A/D変換時間を $363/f_{xx}$ (約 $18.15\mu s$) に設定
- ・アナログ入力チャンネルをANI0に設定
- ・INTAD割り込みを許可

INTAD割り込みの割り込みハンドラを指定する。

P70/ANI0を入力モードに設定する。

A/Dコンバータの動作モードを連続セレクト・モード，トリガ・モードをソフトウェア・トリガ・モードに設定する。

A/D変換時間を $363/f_{xx}$ (約 $18.15\mu s$) に設定する。

アナログ入力チャンネルをANI0に設定する。

INTAD割り込みを許可する。

A/D変換動作を開始する。

A/D変換結果を読み出す。

```
#pragma interrupt INTAD fn_IntAd /* A/D変換終了割り込み処理 */ }

PM7L = 0b00000001; /* P70を入力モードに設定 */ }

ADA0M0 = 0b00000000; }
ADA0M1 = 0b00000101; }
ADA0S = 0b00000000; }

ADIF = 0; /* INTAD割り込み要求クリア */
ADMK = 0; /* INTAD割り込み許可 */
EI(); /* 割り込み要求信号の受け付け許可 */
ADA0CE = 1; /* A/D変換動作許可 */ }

while (1)
{
    __HALT(); /* HALTモード移行( INTAD割り込み待ち ) */
}

__interrupt void fn_IntAd( void )
{
    /* 変換結果の読み出し( 変換結果は最下位ビットまで詰める ) */
    ushAdcReadBuffer[ ucReadBuffNumber ] = ( ADA0CR0 >> 6 );
}
```

4.3 入力電圧とA/D変換結果

アナログ入力端子 (ANI0-ANI11) に入力されたアナログ入力電圧とA/D変換結果 (ADA0CRnレジスタ) には次式に示す関係があります。

$$\text{SAR} = \text{INT} \left(\frac{V_{\text{IN}}}{\text{AV}_{\text{REF0}}} \times 1024 + 0.5 \right)$$

$$\text{ADA0CR}^{\text{注}} = \text{SAR} \times 64$$

または、

$$\left(\text{SAR} - 0.5 \right) \times \frac{\text{AV}_{\text{REF0}}}{1024} < V_{\text{IN}} < \left(\text{SAR} + 0.5 \right) \times \frac{\text{AV}_{\text{REF0}}}{1024}$$

INT () : () 内の値の整数部を返す関数

V_{IN} : アナログ入力電圧

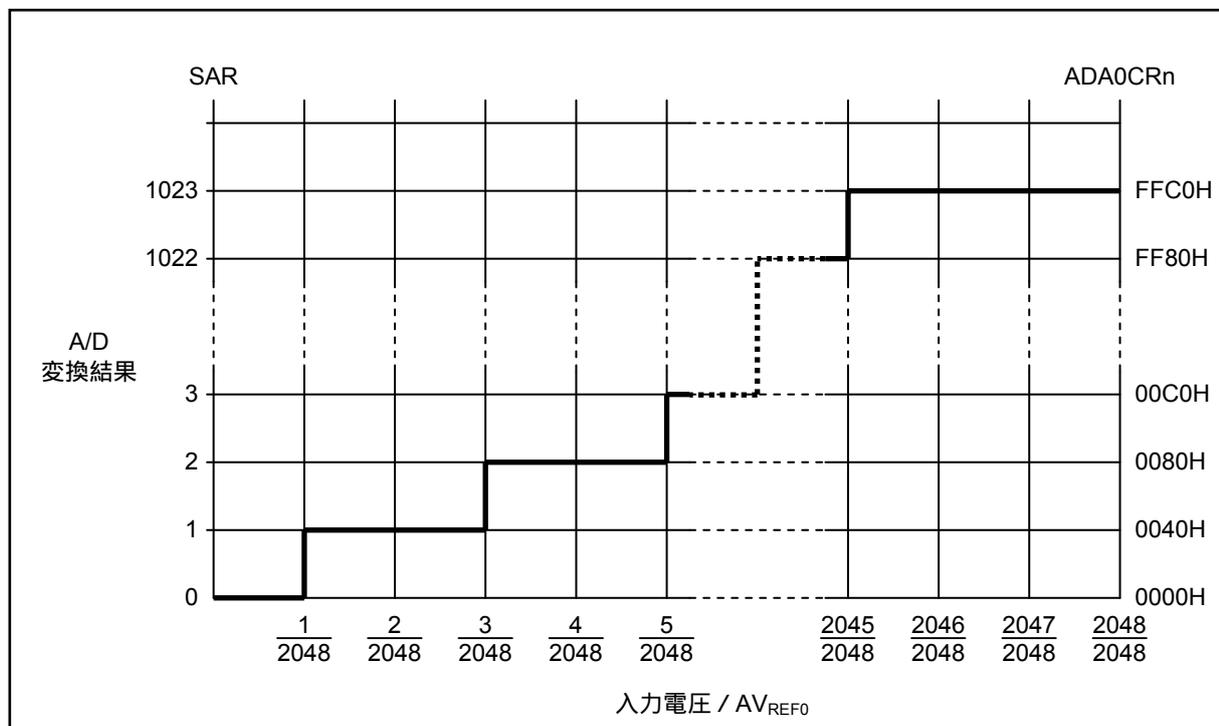
AV_{REF0} : AV_{REF0} 端子電圧

ADA0CR : ADA0CRnレジスタの値

注 . ADA0CRnレジスタの下位6ビットは0固定です。

次にアナログ入力電圧とA/D変換結果の関係を示します。

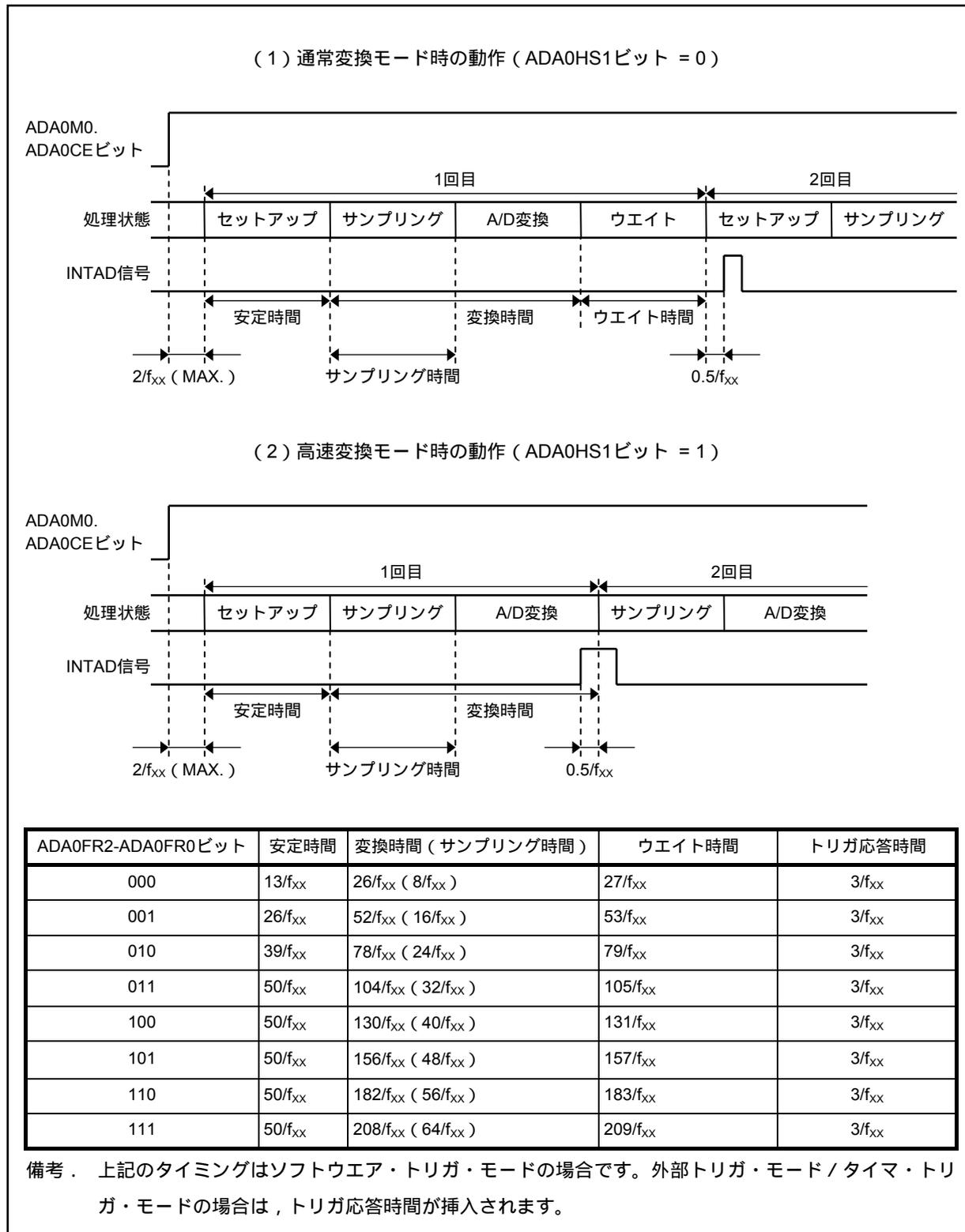
図4 - 2 アナログ入力電圧とA/D変換結果の関係



4.4 変換動作タイミング

A/Dコンバータの変換動作のタイミングは下図のとおりです。

図4-3 変換動作タイミング (連続変換)



第5章 関連資料

資料名	資料番号
V850ES/JG3-L ハードウェア編 ユーザーズ・マニュアル	U18953J
V850ES/JG3-L (USBコントローラ内蔵製品) ハードウェア編 ユーザーズ・マニュアル	U20305J
V850ES/JC3-L, V850ES/JE3-L ハードウェア編 ユーザーズ・マニュアル	U20332J
V850ES アーキテクチャ編	U15943J
PM+ Ver.6.30 ユーザーズ・マニュアル	U18416J
CA850 Ver.3.20 Cコンパイラ・パッケージ 操作編	U18512J
CA850 Ver.3.20 Cコンパイラ・パッケージ C言語編	U18513J
CA850 Ver.3.20 Cコンパイラ・パッケージ リンク・ディレクティブ編	U18515J
QB-MINI2 プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ	U18371J
ID850QB Ver.3.40 統合デバッガ 操作編	U18604J

ドキュメント検索URL <http://www2.renesas.com/micro/ja/documentation.html>

付録A プログラム・リスト

プログラム・リスト例として、ソース・プログラムを次に示します。

```
main.c (C言語版)
/*****
Renesas Electronics    V850ES/Jx3-Lシリーズ
*****
V850ES/JG3-Lシリーズ    サンプル・プログラム
*****
A/Dコンバータ (連続セレクト・モード) 編
*****
【履歴】
2010.09 新規作成
*****
```

【概要】

このサンプル・プログラムでは、A/D変換結果の平均化、およびA/D変換結果を使用したコンパレータ動作を行います。

<初期設定の主な内容>

(オプション・バイトでの指定)

- ・リセット解除後の発振安定時間を指定
オプション・バイトは別のソース・ファイル(opt_b.s)で設定しています

(リセット解除後の初期化処理での設定)

- ・システム・ウェイト・コントロール・レジスタを1ウェイトに設定
- ・オンチップ・デバッグ・モード・レジスタを通常動作モードに設定
- ・内蔵発振器の停止の設定
- ・ウォッチドッグ・タイマ2動作停止
- ・入出力ポートの設定
 - P70/ANI0をアナログ電圧入力用に設定
 - P30をLED出力用に設定
 - 未使用ポートの設定
- ・低電圧検出回路の設定
 - 低電圧検出レベルを2.8 Vに設定

低電圧検出動作の許可

電源電圧が2.8 V以上になるまで待つ

- ・ PLLモード (5 MHz × 4通倍 = 20 MHz動作) に設定

- ・ A/Dコンバータの設定

動作モードを連続セレクト・モードに設定

トリガ・モードをソフトウェア・トリガ・モードに設定

A/D変換時間を363/fXX (約18.15us) に設定

アナログ入力チャンネルをANI0に設定

- ・ 割り込みの設定

INTAD割り込みの許可

マスクブル割り込み要求信号の受け付けを許可

< 初期設定以降の処理内容 >

初期設定完了後は、A/D変換動作を開始し、HALTモードに移行します。

以降は、A/D変換終了によるINTAD割り込みが発生するごとに、変換結果を読み出し、過去7回分の変換結果との平均化を行い、RAM領域に保存します。また、平均化された変換結果と特定のしきい値との比較を行い、比較結果をLEDに出力します。

< 入出力ポートの設定 >

入力ポート：P70

出力ポート：P30

未使用のポートはすべて出力ポートに設定しておく

*****/

/*=====

前処理指令 (#pragma指令)

=====*/

#pragma ioreg /* 周辺I/Oレジスタ名を記述可能にする */

/*=====

命令定義

=====*/

#define __NOP() __asm("nop") /* NOP命令を__NOP()として記述可能にする */

#define __HALT() __asm("halt") /* HALT命令を__HALT()として記述可能にする */

/*=====

割り込みハンドラ指定

```

=====*/
#pragma interrupt INTAD    fn_IntAd /* A/D変換終了割り込み処理 */

/*=====
関数プロトタイプ宣言
=====*/

void main( void );          /* メイン処理 */
static void fn_InitFirst( void ); /* 最初に設定するレジスタの設定処理 */
static void fn_InitPort( void ); /* ポートの初期設定処理 */
static void fn_InitLvi( void ); /* 低電圧検出処理 */
static void fn_InitClock( void ); /* クロックの初期設定処理 */
static void fn_InitAdc( void ); /* A/Dコンバータの初期設定処理 */

/*=====
使用する変数 / 定数の定義
=====*/

#define ADC_AVG_NUM      16          /* 平均結果格納数 */
unsigned short  ushAdcAverageBuffer[ADC_AVG_NUM]; /* 平均結果格納RAM領域 */
unsigned char   ucAvgBuffNumber;    /* 平均結果格納RAM領域内の番号 */
#define ADC_READ_NUM    8          /* 何回分の結果を平均化するか */
unsigned short  ushAdcReadBuffer[ADC_READ_NUM]; /* A/D変換結果データ配列 */
unsigned char   ucReadBuffNumber;  /* A/D変換結果データ配列内の番号 */
unsigned char   ucReadCounter;     /* 読み出し済みの位置の数 */
#define ADC_THRESHOLD   0x0200    /* コンパレータ動作しきい値 */

/*****
* Title : メイン処理
*****/
* Module : void main( void )
* Arg   :
* Ret   :
*-----
* Note  : このサンプル・プログラムのメイン処理です。
*****/
void main( void )
{
    __DI();          /* 割り込み要求信号の受け付け禁止 */

/*-----
周辺I/O機能の初期設定
-----*/

    fn_InitFirst(); /* 最初に設定するレジスタの設定処理 */

```

```

fn_InitPort();    /* ポートの初期設定処理 */
fn_InitLvi();    /* 低電圧検出処理 */
fn_InitClock();  /* クロックの初期設定処理 */
fn_InitAdc();    /* A/Dコンバータの初期設定処理 */

/*-----
  使用する割り込みの設定
-----*/

ADIF    = 0;    /* INTAD割り込み要求クリア */
ADMK    = 0;    /* INTAD割り込み許可 */

CB3RMK  = 0;    /* INTCB3R割り込み許可(オンチップ・デバッグ用) */

__EI();    /* 割り込み要求信号の受け付け許可 */

ADAOCE  = 1;    /* A/D変換動作許可 */

/*-----
  メイン・ループ
-----*/

while (1)
{
    __HALT();    /* HALTモード移行( INTAD割り込み待ち ) */
}
}

/*****
*   Title   : A/Dコンバータの初期設定処理
*****
*   Module  : static void fn_InitAdc( void )
*   Arg     :
*   Ret     :
*-----
*   Note    : 動作モードを連続セレクト・モードに設定します。
*             : トリガ・モードをソフトウェア・トリガ・モードに設定します。
*             : A/D変換時間を 363/fXX (約18.15us) に設定します。
*             : アナログ入力チャネルを ANI0 に設定します。
*****/

static void fn_InitAdc( void )
{
    ADAOMO  = 0b00000000;
    /*      ||| |||
           ||| |||+---- ADA0EF [A/Dコンバータの状態を提示]

```

```

|||||||    0: A/D変換停止中
|||||||    1: A/D変換動作中
|||||||+---- ADAOTMD [トリガ・モードの選択]
|||||||    0: ソフトウェア・トリガ・モード
|||||||    1: 外部トリガ・モード/タイマ・トリガ・モード
|||||+----- ADAOETS1-ADAOETS0
|||||      [外部トリガ (ADTRG端子) 入力の有効エッジを指定]
|||||      00: エッジ検出なし
|||||      01: 立ち下がりエッジ検出
|||||      10: 立ち上がりエッジ検出
|||||      11: 立ち上がり/立ち下がり両エッジ検出
||++----- ADAOMD1-ADAOMD0 [A/Dコンバータ動作モードの制御]
||        00: 連続セレクト・モード
||        01: 連続スキャン・モード
||        10: ワンショット・セレクト・モード
||        11: ワンショット・スキャン・モード
|+-----   必ず0に設定
+-----   ADAOCE [A/D変換動作の制御]
          0: A/D変換動作停止
          1: A/D変換動作許可

```

*/

ADAOM1 = 0b00000101;

```

/*      |||||||
      |||||+---- ADAOFR2-ADAOFR0 [変換時間の選択]
      |||||    <通常変換モード時>
      |||||          A/D変換時間 (安定時間+ 変換時間+ ウェイト時間 )
      |||||    000: 66/fXX ( 13/fXX + 26/fXX + 27/fXX )
      |||||    001: 131/fXX ( 26/fXX + 52/fXX + 53/fXX )
      |||||    010: 196/fXX ( 39/fXX + 78/fXX + 79/fXX )
      |||||    011: 259/fXX ( 50/fXX + 104/fXX + 105/fXX )
      |||||    100: 311/fXX ( 50/fXX + 130/fXX + 131/fXX )
      |||||    101: 363/fXX ( 50/fXX + 156/fXX + 157/fXX )
      |||||    110: 415/fXX ( 50/fXX + 182/fXX + 183/fXX )
      |||||    111: 467/fXX ( 50/fXX + 208/fXX + 209/fXX )
      |||||    <高速変換モード時>
      |||||          変換時間 ( + 安定時間 )
      |||||    000: 26/fXX ( + 13/fXX )
      |||||    001: 52/fXX ( + 26/fXX )
      |||||    010: 78/fXX ( + 39/fXX )
      |||||    011: 104/fXX ( + 50/fXX )
      |||||    100: 130/fXX ( + 50/fXX )
      |||||    101: 156/fXX ( + 50/fXX )

```

```

|||||      110: 182/fXX      ( + 50/fXX  )
|||||      111: 208/fXX      ( + 50/fXX  )
|||||      変換時間は以下の範囲になるように設定してください。
|||||      ・ 3.0V   AVREF0   3.6V のとき
|||||                2.6us   変換時間   10.4us
|||||      ・ 2.7V   AVREF0 < 3.0V のとき
|||||                3.9us   変換時間   10.4us
|++++----- 必ず0に設定
+-----     ADA0HS1
[A/D変換時間の通常変換モード / 高速変換モードの選択]
0: 通常変換モード
1: 高速変換モード

```

*/

```
ADAOS      = 0b00000000;
```

```

/*      |||||
|||||++++--- ADAOS3-ADAOS0 [アナログ入力チャネル]
|||||      <セレクト・モード時> <スキャン・モード時>
|||||      0000: ANI0           ANI0
|||||      0001: ANI1           ANI0-ANI1
|||||      0010: ANI2           ANI0-ANI2
|||||      0011: ANI3           ANI0-ANI3
|||||      0100: ANI4           ANI0-ANI4
|||||      0101: ANI5           ANI0-ANI5
|||||      0110: ANI6           ANI0-ANI6
|||||      0111: ANI7           ANI0-ANI7
|||||      1000: ANI8           ANI0-ANI8
|||||      1001: ANI9           ANI0-ANI9
|||||      1010: ANI10          ANI0-ANI10
|||||      1011: ANI11          ANI0-ANI11
|||||      上記以外: 設定禁止
++++----- 必ず0に設定

```

*/

}

```

/*****

```

```
*      Title      : A/D変換終了割り込み処理(INTAD割り込み使用)
```

```
*****

```

```
*      Module     : __interrupt void fn_IntAd( void )
```

```
*      Arg       :
```

```
*      Ret       :
```

```
*-----

```

```
*      Note      : 変換結果の平均化, およびコンパレータ動作を行います。
```

```
*****/
__interrupt void fn_IntAd( void )
{
    unsigned short ushWork;
    unsigned char ucCounter;

    /*=====
        変換結果の平均化
    =====*/
    /* 変換結果の読み出し( 変換結果は最下位ビットまで詰める ) */
    ushAdcReadBuffer[ ucReadBuffNumber ] = ( ADAOCRO >> 6 );

    /* まだ変換結果が読み出されていない位置がある場合 */
    if( ucReadCounter < ADC_READ_NUM )
    {
        ucReadCounter++;      /* 読み出し済みの位置の数をカウント */
    }

    /* 平均値を算出し保存する */
    ushWork = 0;
    for( ucCounter=0; ucCounter<ucReadCounter; ucCounter++ )
    {
        ushWork += ushAdcReadBuffer[ ucCounter ];
    }
    ushAdcAverageBuffer[ ucAvgBuffNumber ] = ( ushWork / ucReadCounter );

    /*=====
        コンパレータ動作
    =====*/
    /* 平均化された変換結果がしきい値以上である場合 */
    if( ushAdcAverageBuffer[ ucAvgBuffNumber ] >= ADC_THRESHOLD )
    {
        P3L.0 = 0;      /* LED点灯 */
    }
    /* 平均化された変換結果がしきい値未満である場合 */
    else
    {
        P3L.0 = 1;      /* LED消灯 */
    }
}
```

```
/* 次の読み出し位置を指定する */
ucReadBuffNumber = ( ( ucReadBuffNumber + 1 ) & 0x07 );
/* 次の格納位置を指定する */
ucAvgBuffNumber = ( ( ucAvgBuffNumber + 1 ) & 0x0F );
}

/*****
*   Title   : 最初に設定するレジスタの設定処理
*****
*   Module  : static void fn_InitFirst( void )
*   Arg     :
*   Ret     :
*-----
*   Note    : VSWC, OCDM, RCM, WDTM2レジスタを設定します。
*****/
static void fn_InitFirst( void )
{
/*-----
   周辺I/Oレジスタに対するバス・アクセスのウェイトを制御
-----*/
VSWC = 0x01;                               /* ウェイト数:1 に設定 */

/*-----
   オンチップ・デバッグ・モード・レジスタの設定
-----*/
__asm("st.b    r0,    PRCMD    ");        /* 通常動作モードに設定 */
__asm("st.b    r0,    OCDM     ");

/*-----
   ウォッチドッグ・タイマ2の設定
-----*/
RSTOP = 1;                                 /* 内蔵発振器の停止設定 */
WDTM2 = 0b00000000;                       /* ウォッチドッグ・タイマ2動作停止設定 */
}

/*****
*   Title   : ポートの初期設定処理
*****
*   Module  : static void fn_InitPort( void )
*   Arg     :
*   Ret     :
```

```
*-----
*      Note      : 入出力ポートの設定を行います。
*****/
static void fn_InitPort( void )
{
/*-----
      ポート0の設定
-----*/
      P0      = 0b00000000;          /* P02-P06の出力データを0に設定 */
      PM0     = 0b10000011;          /* P02-P06を出力モードに設定 */
                                          /* P02-P06:未使用 */

/*-----
      ポート1の設定
-----*/
      P1      = 0b00000000;          /* P10-P11の出力データを0に設定 */
      PM1     = 0b11111100;          /* P10-P11を出力モードに設定 */
                                          /* P10-P11:未使用 */

/*-----
      ポート3の設定
-----*/
      P3      = 0b0000000000000001; /* P30の出力データを1に設定 */
                                          /* P31-P39の出力データを0に設定 */
      PM3     = 0b1111110000000000; /* P30-P39を出力モードに設定 */
                                          /* P30:LED出力用 */
                                          /* P31-P39:未使用 */

/*-----
      ポート4の設定
-----*/
      P4      = 0b00000000;          /* P40-P42の出力データを0に設定 */
      PM4     = 0b111111000;          /* P40-P42を出力モードに設定 */
                                          /* P40-P42:未使用 */

/*-----
      ポート5の設定
-----*/
      P5      = 0b00000000;          /* P50-P55の出力データを0に設定 */
      PM5     = 0b11000000;          /* P50-P55を出力モードに設定 */
                                          /* P50-P55:未使用 */

/*-----
```

ポート7の設定

```

-----*/
P7L      = 0b00000000;      /* P70-P77の出力データを0に設定 */
P7H      = 0b00000000;      /* P78-P711の出力データを0に設定 */
PM7L     = 0b00000001;      /* P70を入力モードに設定 */
                          /* P71-P77を出力モードに設定 */
PM7H     = 0b11110000;      /* P78-P711を出力モードに設定 */
                          /* P70/AN10:アナログ電圧入力用 */
                          /* P71-P711:未使用 */

```

```

/*-----

```

ポート9の設定

```

-----*/
P9       = 0b0000000000000000; /* P90-P915の出力データを0に設定 */
PM9      = 0b0000000000000000; /* P90-P915を出力モードに設定 */
                          /* P90-P915:未使用 */
                          /* オンチップ・デバッグの通信用に */
                          /* CSIB3を使用する場合, PFC910-PFC912 */
                          /* およびPMC910-PMC912は変更しないで */
                          /* ください。 */

```

```

/*-----

```

ポートCMの設定

```

-----*/
PCM.1    = 0;                /* PCM1の出力データを0に設定 */
PCM.2    = 0;                /* PCM2の出力データを0に設定 */
PCM.3    = 0;                /* PCM3の出力データを0に設定 */
PMCM.1   = 0;                /* PCM1を出力モードに設定 */
PMCM.2   = 0;                /* PCM2を出力モードに設定 */
PMCM.3   = 0;                /* PCM3を出力モードに設定 */
                          /* PCMO-PCM3:未使用 */
                          /* オンチップ・デバッグの通信用に */
                          /* CSIB3を使用する場合, PCMOおよび */
                          /* PMCM0は変更しないでください。 */

```

```

/*-----

```

ポートCTの設定

```

-----*/
PCT      = 0b00000000;      /* PCT0,1,4,6の出力データを0に設定 */
PMCT     = 0b10101100;      /* PCT0,1,4,6を出力モードに設定 */
                          /* PCT0,1,4,6:未使用 */

```

```

/*-----

```

ポートDHの設定

```

-----*/
PDH      = 0b00000000;          /* PDH0-PDH4の出力データを0に設定 */
PMDH     = 0b11100000;          /* PDH0-PDH4を出力モードに設定 */
                                           /* PDH0-PDH4:未使用 */

```

```

/*-----

```

ポートDLの設定

```

-----*/
PDL      = 0b0000000000000000;  /* PDL0-PDL15の出力データを0に設定 */
PMDL     = 0b0000000000000000;  /* PDL0-PDL15を出力モードに設定 */
                                           /* PDL0-PDL15:未使用 */

```

```

}

```

```

/*****

```

```

*   Title   : 低電圧検出処理

```

```

*****

```

```

*   Module  : static void fn_InitLvi( void )

```

```

*   Arg     :

```

```

*   Ret     :

```

```

*-----

```

```

*   Note    : 2.8V VDD を確認します。

```

```

*****/

```

```

static void fn_InitLvi( void )

```

```

{

```

```

    unsigned char ucCounter;

```

```

    LVIMK   = 1;                /* INTLVI割り込み禁止 */

```

```

    LVIIIF  = 0;                /* INTLVI割り込み要求クリア */

```

```

    __asm("st.b    r0,    PRCMD  "); /* 低電圧検出時の動作を割り込みに設定 */

```

```

    __asm("st.b    r0,    LVIM    ");

```

```

    LVIS    = 0b00000000;      /* 低電圧検出レベルを 2.80V に設定 */

```

```

    /* 低電圧検出動作許可 */

```

```

    __asm("push    r10         ");

```

```

    __asm("mov     0x80,    r10  ");

```

```

    __asm("st.b    r10,    PRCMD  ");

```

```

    __asm("st.b    r10,    LVIM    ");

```

```

    __asm("pop     r10         ");

```

```

    /* 低電圧検出回路の動作安定待ち(約0.2ms) */

```

```

    for( ucCounter=0; ucCounter<15; ucCounter++){

```

```
    __NOP();
}

/* 電源電圧 > 低電圧検出レベル になるまでのウェイト */
while( LVIF )
{
    __NOP();
}

/* 低電圧検出動作禁止 */
__asm("st.b    r0,    PRCMD  ");
__asm("st.b    r0,    LVIM   ");

LVIF    = 0;                                /* INTLVI 割り込み要求クリア */
}

/*****
*   Title   : クロックの初期設定処理
*****
*   Module  : static void fn_InitClock( void )
*   Arg     :
*   Ret     :
*-----
*   Note    : クロックを設定します。
*****/
static void fn_InitClock( void )
{
    SELPLL  = 1;    /* PLLモードに設定 */

    /* CPUクロックを分周なしに設定 */
    __asm("st.b    r0,    PRCMD  ");
    __asm("st.b    r0,    PCC   ");
}
}
```

付録B 改版履歴

版 数	発行年月	改版箇所	改版内容
第1版	Sep 2010	-	-

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2 (日本ビル)

(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/inquiry>