

RX63T グループ

R01AN1414JJ0100

Rev.1.00

MTU3 による A/D コンバータ起動の間引き

2014.05.14

要旨

本アプリケーションノートは、RX63Tグループのマルチファンクションタイマパルスユニット3 (MTU3) を使用した相補 PWM (Pulse Width Modulation) 波形 3 相出力時における 12 ビット A/D コンバータ (S12ADB) の遅延起動の設定について説明しています。本機能を使用することで、任意のタイミングで A/D 変換を行うことが可能となります。

対象デバイス

RX63Tグループ

本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

目次

1. 仕様	2
2. 動作確認条件	3
3. ハードウェア説明	4
4. ソフトウェア説明	5
5. 注意事項	19
6. サンプルコード	20
7. 参考ドキュメント	20

1. 仕様

本サンプルコードでは、MTU3 のチャンネル 3、4 (ch3、ch4) から相補 PWM 波形 3 相出力時、12 ビット A/D コンバータを起動させ、その起動回数を複数回間引きます。以下に、本サンプルコードの仕様を示します。

- MTU3 ch3、ch4 は、デッドタイムのある 3 相の相補 PWM 波形を出力し、TIOC3A 端子から周期に同期したトグル出力をします。
- 12 ビット A/D コンバータは、TCNT_4 のアップカウント時、TCNT_4 と TADCORA_4 のコンペアマッチで起動します。
- 12 ビット A/D コンバータ起動回数は、ch3 のコンペアマッチ割り込み(TGIA3)割り込み間引きと連動し、2 回間引きます。
- 12 ビット A/D コンバータは、シングルモードで動作します。
- 12 ビット A/D 変換結果は、12 ビット A/D 変換終了割り込みで内蔵 RAM に格納します。

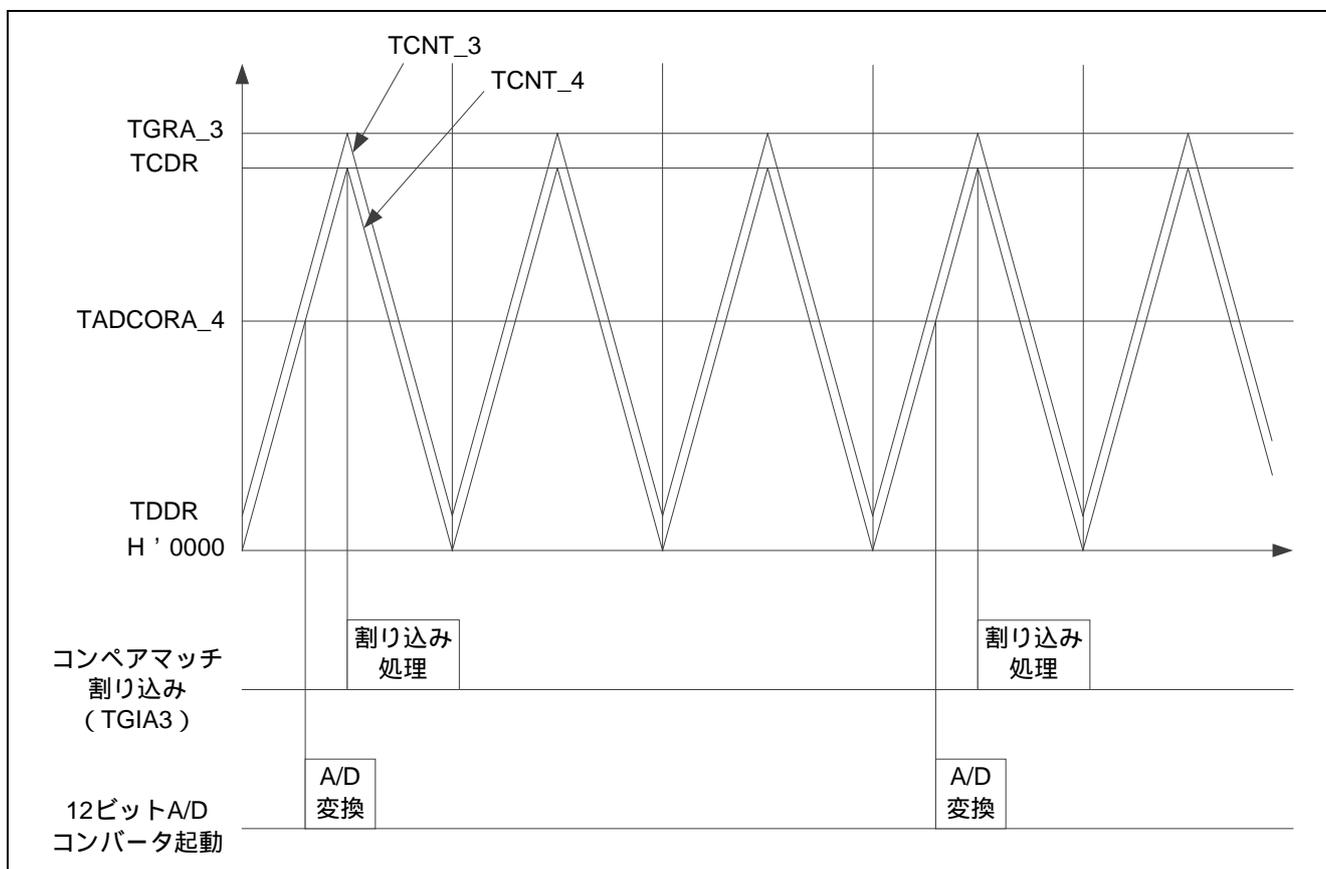


図1.1 使用例

2. 動作確認条件

本アプリケーションノートのサンプルコードは、表 2.1 に示す条件で動作を確認しています。

表2.1 動作確認条件

項目	内容
使用マイコン	R5F563T6EDFM (RX63T グループ)
動作周波数	<ul style="list-style-type: none"> ● メインクロック: 16.0MHz ● PLL: 192MHz (メインクロック 1 分周 12 通倍) ● システムクロック(ICLK): 96MHz (PLL 2 分周) ● タイマモジュールクロック A (PCLKA): 96MHz (PLL 2 分周) ● 周辺モジュールクロック B (PCLKB): 48MHz (PLL 4 分周) ● S12AD 用モジュールクロック D (PCLKD): 48MHz (PLL 4 分周) ● FlashIF クロック (FCLK): 48MHz (PLL4 分周)
動作電圧	3.3V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 High-performance Embedded Workshop Version 4.09.01.007
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 RX Standard Toolchain Version 1.2.1.0 コンパイルオプション (統合開発環境のデフォルト設定を使用しています)
iodefine.h のバージョン	2.00
エンディアン	リトルエンディアン
動作モード	シングルチップモード
プロセッサモード	スーパバイザモード
サンプルコードのバージョン	Version 1.00
使用ボード	Renesas Starter Kit+ for RX63T (製品型名: R0K50563TS000BE)

3. ハードウェア説明

3.1 使用端子一覧

表 3.1 に使用端子と機能を示します。

表3.1 使用端子と機能

端子名	入出力	内容
P33/MTIOC3A	出力	PWM 出力に同期したトグル出力
P71/MTIOC3B	出力	PWM 出力 1 (正相波形)
P74/MTIOC3D	出力	PWM 出力 1' (逆相波形)
P72/MTIOC4A	出力	PWM 出力 2 (正相波形)
P75/MTIOC4C	出力	PWM 出力 2' (逆相波形)
P73/MTIOC4B	出力	PWM 出力 3 (正相波形)
P76/MTIOC4D	出力	PWM 出力 3' (逆相波形)
P40/AN000	入力	アナログ入力端子

4. ソフトウェア説明

4.1 動作概要

4.1.1 MTU3 による A/D コンバータ起動の間引き

マルチファンクションタイムユニット 3 (MTU3) の A/D 変換開始要求遅延機能と割り込み間引き機能の連動により、12 ビット A/D コンバータ (S12ADB) を起動します。本サンプルコードでは、間引き回数を 2 回に設定しています。

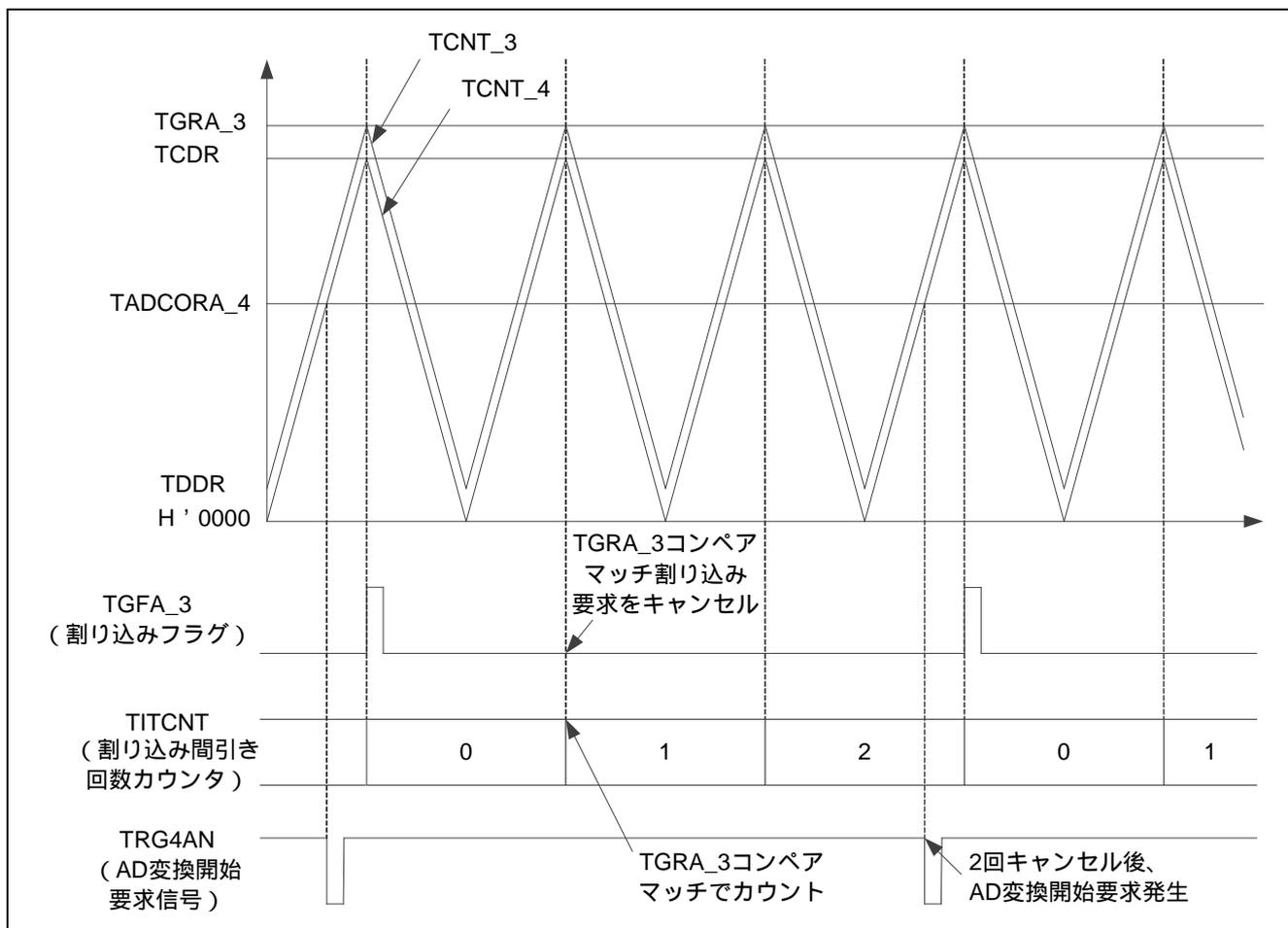


図4.1 MTU3 による A/D コンバータ起動の間引きの動作例

4.2 ファイル構成

表 4.1 にサンプルコードで使用するファイルを示します。なお、統合開発環境で自動生成されるファイルのうち、内容を変更していないファイルは除きます。

表4.1 サンプルコードで使用するファイル

ファイル名	概要	備考
r_init_stop_module.h	RX63T グループ 初期設定例のプログラム	詳細は RX63T グループ初期設定例のアプリケーションノートを参照してください。
r_init_stop_module.c		
r_init_clock.h		
r_init_clock.c		
r_init_non_existent_port.h		
r_init_non_existent_port.c		
intprg.c	ベクタ関数の定義 TGIA3 割り込み、S12ADI 割り込み関数を追加	
main.c	メイン処理、MTU3 初期設定、S12AD 初期設定、ICU 初期設定、TGIA3 割り込み処理、S12ADI 割り込み処理	

4.3 オプション設定メモリ

表 4.2 にサンプルコードで使用するオプション設定メモリの状態を示します。必要に応じて、お客様のシステムに最適な値を設定してください。

表4.2 サンプルコードで使用するオプション設定メモリ

シンボル	アドレス	設定値	内容
OFS0	FFFF FF8Fh - FFFF FF8Ch	FFFF FFFFh	リセット後、IWDT は停止 リセット後、WDT は停止
OFS1	FFFF FF8Bh - FFFF FF88h	FFFF FFFFh	リセット後、電圧監視リセット 0 無効
MDES(*1)	FFFF FF83h - FFFF FF80h	FFFF FFFFh FFFF FFF8h	(シングルチップモード時) リトルエンディアン ビッグエンディアン

【注】 *1 本サンプルコードの設定はリトルエンディアンです。エンディアンの切り替えは5.1 エンディアンを参照ください。

4.4 定数一覧

表 4.3にサンプルコードで使用する定数を示します。

表4.3 サンプルコードで使用する定数

定数名	設定値	内容
PWM_DEAD_TIME	12BFh	デッドタイムを設定
CARRIER_1_2CYCLE	BB7Fh	キャリア周期の 1/2 を設定
PWM_DUTY3D	95FFh	PWM1 のデューティ比を設定
PWM_DUTY4C	707Fh	PWM2 のデューティ比を設定
PWM_DUTY4D	4AFFh	PWM3 のデューティ比を設定
AD_START	5DBFh	12 ビット A/D コンバータ開始タイミングを設定

4.5 変数一覧

表 4.4にstatic 型変数を示します。

表4.4 static 型変数

型	変数名	内容	使用関数
uint16_t	g_adc_data	A/D 変換結果の格納	s12adi_interrupt
uint16_t	g_ad_start	A/D 変換開始タイミング (TADCOBRA_4 に設定)	main、tgia3_interrupt
uint16_t	g_pwm_duty3d	TIOC3D 端子から出力する PWM 波形 のデューティ (MTU3.TGRD に設定)	
uint16_t	g_pwm_duty4c	TIOC4C 端子から出力する PWM 波形 のデューティ (MTU4.TGRC に設定)	
uint16_t	g_pwm_duty4d	TIOC4D 端子から出力する PWM 波形 のデューティ (MTU4.TGRD に設定)	
uint16_t	g_dead_time	デッドタイム (TDDRA に設定)	
uint16_t	g_carrier_1_2cycle	PWM キャリア周期の 1/2 (TCBRA に設定)	

4.6 関数一覧

表 4.5に関数を示します。

表4.5 関数

関数名	概要
main	メイン処理
icu_init	ICU 初期化関数
mtu_init	MTU3 初期化関数
s12ad_init	S12AD 初期化関数
mpc_init	MPC 初期設定関数
pmr_init	PMR 初期設定関数
tgia3_interrupt	TGIA3 割り込み関数
s12adi_interrupt	12 ビット A/D 変換終了割り込み関数

4.7 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

main	
概要	メイン関数
ヘッダ	なし
宣言	void main (void)
説明	<p>本関数は、以下の処理をします。</p> <ul style="list-style-type: none"> モジュールストップ状態への遷移設定 存在しないポートの初期化 (64pin 版) クロック設定 (システムクロック (ICLK)、タイマモジュールクロック (PCLKA)、周辺モジュールクロック (PCLKB)、S12AD 用クロック (PCLKD)) MTU3 初期化 S12AD 初期化 MPC 初期化 PMR 初期化 ICU 初期化 MTU3 のチャンネル 3~4 をカウントスタート
引数	なし
リターン値	なし

icu_init	
概要	ICU 初期化関数
ヘッダ	なし
宣言	static void icu_init (void)
説明	<p>本関数は、以下の処理をします。</p> <ul style="list-style-type: none"> TGIA3 割り込み要求フラグをクリア TGIA3 割り込みプライオリティを設定 TGIA3 割り込み許可設定 S12ADI 割り込み要求フラグをクリア S12ADI 割り込みプライオリティを設定 S12ADI 割り込み許可設定
引数	なし
リターン値	なし

mtu_init	
概要	MTU3 初期化関数
ヘッダ	なし
宣言	static void mtu_init (void)
説明	<p>本関数は、以下の処理をします。</p> <ul style="list-style-type: none"> • MTU3 のモジュールスタンバイを解除 • MTU3 のカウント動作停止 • MTU3 チャンネル 3、4 のカウンタクロックを設定 • PWM 周期と PWM1 ~ 3 のデューティ比、キャリア周期、デッドタイムを設定 • PWM 周期に同期したトグル出力の許可、出力レベルを設定 • MTU3 チャンネル 3、4 を相補 PWM モードに設定 • PWM 波形出力の許可
引数	なし
リターン値	なし
s12ad_init	
概要	S12AD 初期化関数
ヘッダ	なし
宣言	static void s12ad_init (void)
説明	<p>本関数は、以下の処理をします。</p> <ul style="list-style-type: none"> • S12AD のモジュールスタンバイを解除 • A/D データレジスタに 12 ビット精度、右詰めで格納に設定 • A/D 変換開始トリガを MTU4.TADCORA と MTU4.TCNT のコンペアマッチに設定 • A/D サンプリングステートを設定 • AN000 を A/D 変換対象に選択 • 1 サイクルスキャンモードに設定 • A/D 変換終了割り込みを許可 • 同期、非同期トリガによる A/D 変換の開始を許可
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

mpc_s12ad_init	
概要	S12AD 用 MPC 初期設定関数
ヘッダ	なし
宣言	void mpc_s12ad_init(void)
説明	MPC で各端子を下記の機能に設定します。 <ul style="list-style-type: none">● P40 → AN000
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

mpc_init	
概要	MPC 初期設定関数
ヘッダ	なし
宣言	void mpc_init(void)
説明	MPC で各端子を下記の機能に設定します。 <ul style="list-style-type: none">● P76 → MTIOC4D● P75 → MTIOC4C● P74 → MTIOC3D● P73 → MTIOC4B● P72 → MTIOC4A● P71 → MTIOC3B● P40 → AN000
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

pmr_init	
概要	PMR 初期設定関数
ヘッダ	なし
宣言	void pmr_init(void)
説明	PMR の初期設定を行います。 <ul style="list-style-type: none">● P76、P75、P74、P73、P72、P71、P40 を周辺機能として使用
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

tgia3_interrupt

概要	TGIA3 割り込み関数
ヘッダ	なし
宣言	void tgia3_interrupt (void)
説明	本関数は、以下の処理をします。 <ul style="list-style-type: none">• コンペアマッチ要求フラグ (MTU3.TSR.TGFA) をクリア <コンペアマッチ要求フラグ (MTU3.TSR.TGFA) がセット><ul style="list-style-type: none">・ 割り込み要求フラグ (IR) をセット• 各 PWM 出力のデューティ比を更新• A/D 変換開始タイミングを更新
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

s12adi_interrupt

概要	S12ADI 割り込み関数
ヘッダ	なし
宣言	void s12adi_interrupt (void)
説明	本関数は、以下の処理をします。 <ul style="list-style-type: none">• A/D 変換結果を RAM に格納
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

4.8 フローチャート

4.8.1 メイン関数

図 4.2にメイン関数のフローチャートを示します。

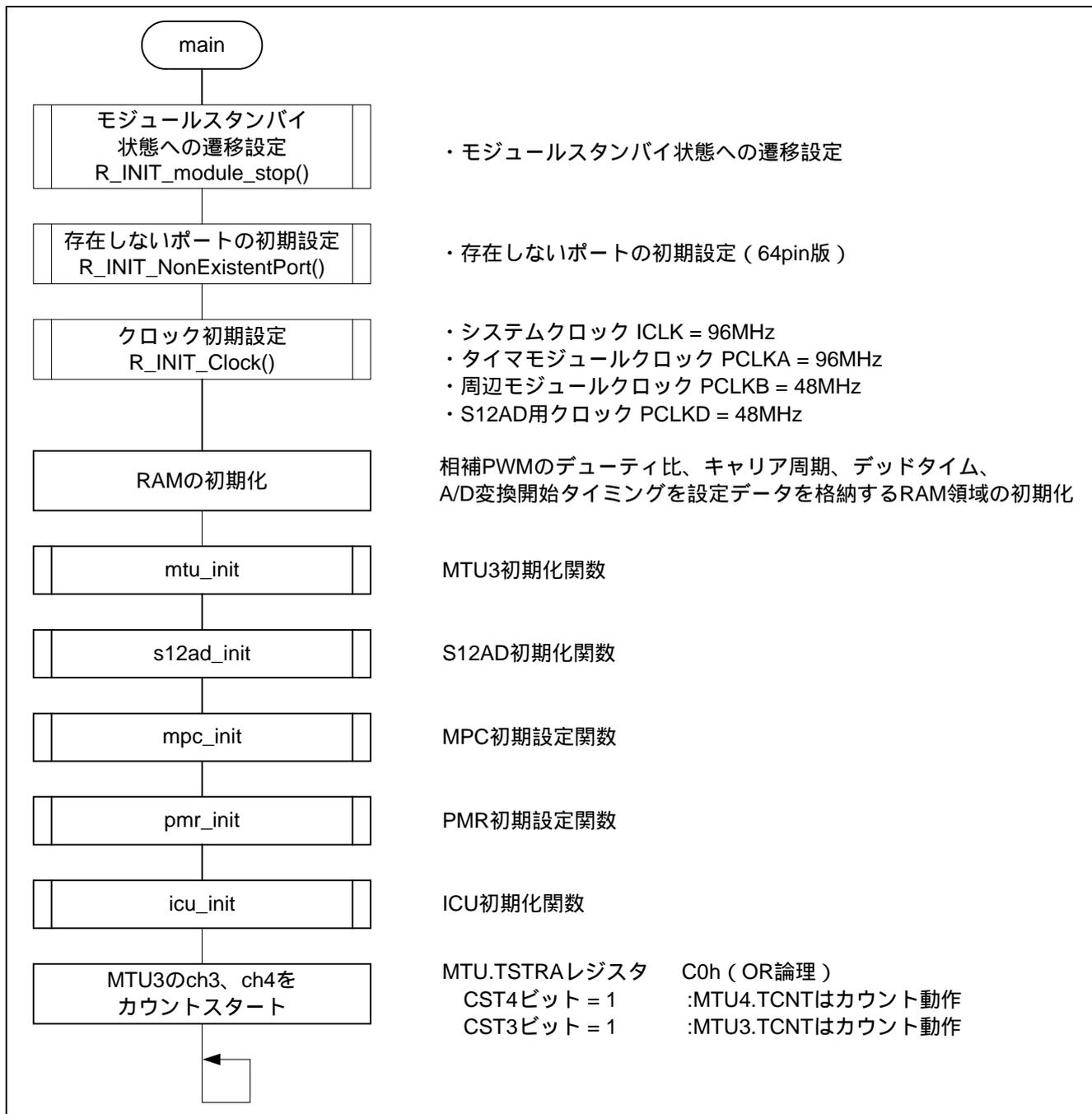


図4.2 メイン関数

4.8.2 ICU 初期化関数

図 4.3にICU 初期化関数のフローチャートを示します。

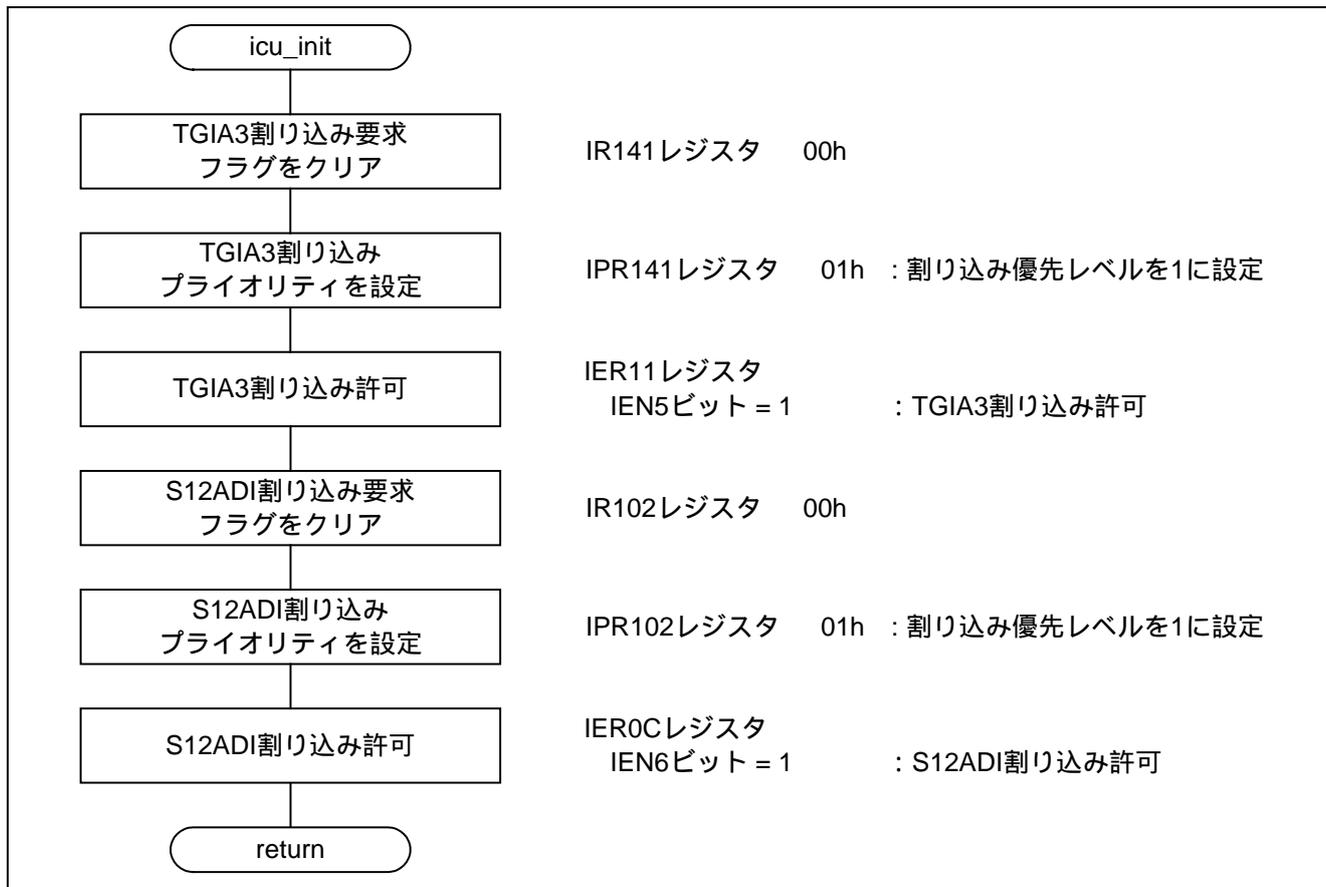


図4.3 ICU 初期化関数

4.8.3 MTU3 初期化関数

図 4.4、図 4.5にMTU3 初期化関数 1、MTU3 初期化関数 2のフローチャートを示します。



図4.4 MTU3 初期化関数 1

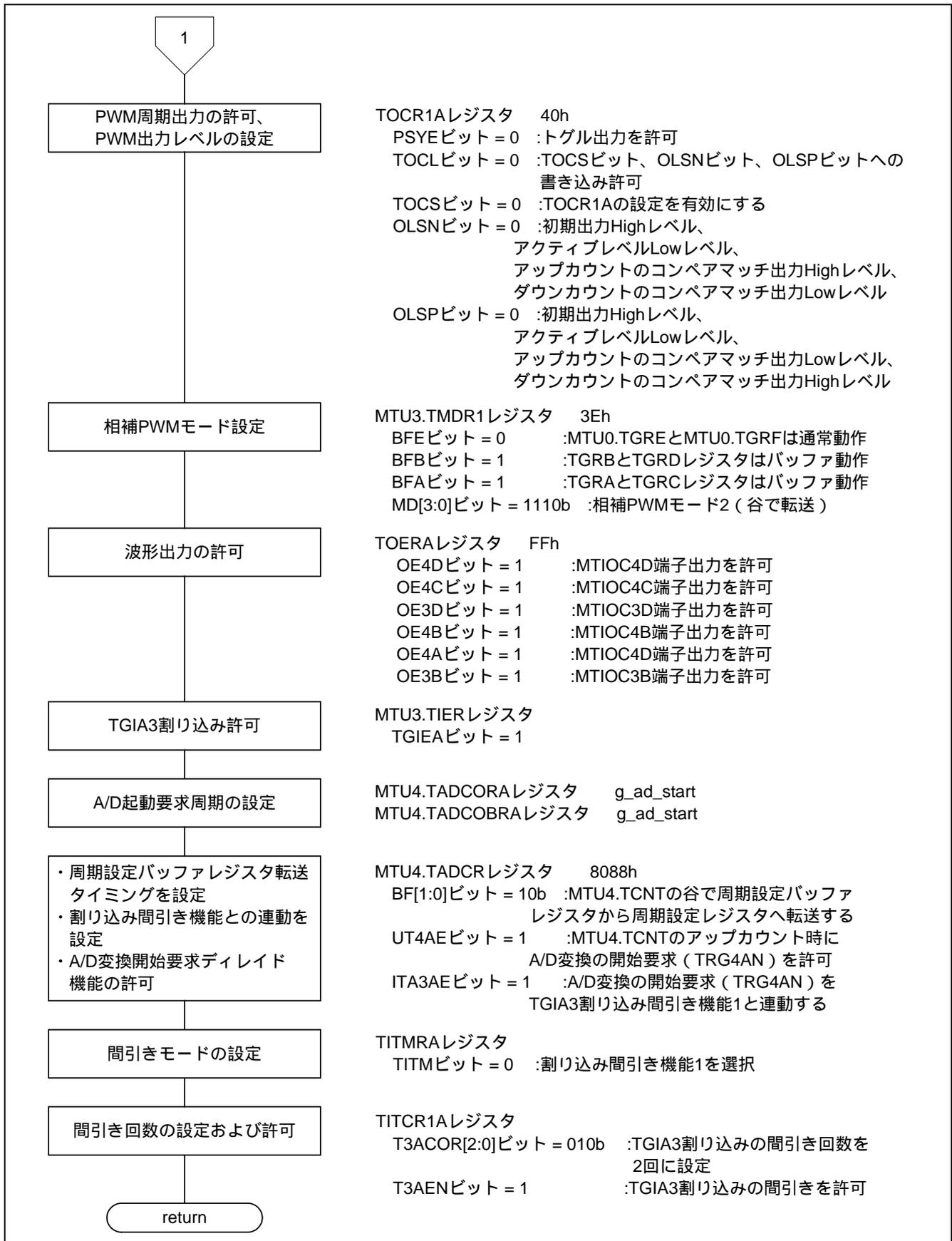


図4.5 MTU3 初期化関数 2

4.8.4 S12AD 初期化関数

図 4.6にS12AD 初期化関数のフローチャートを示します。

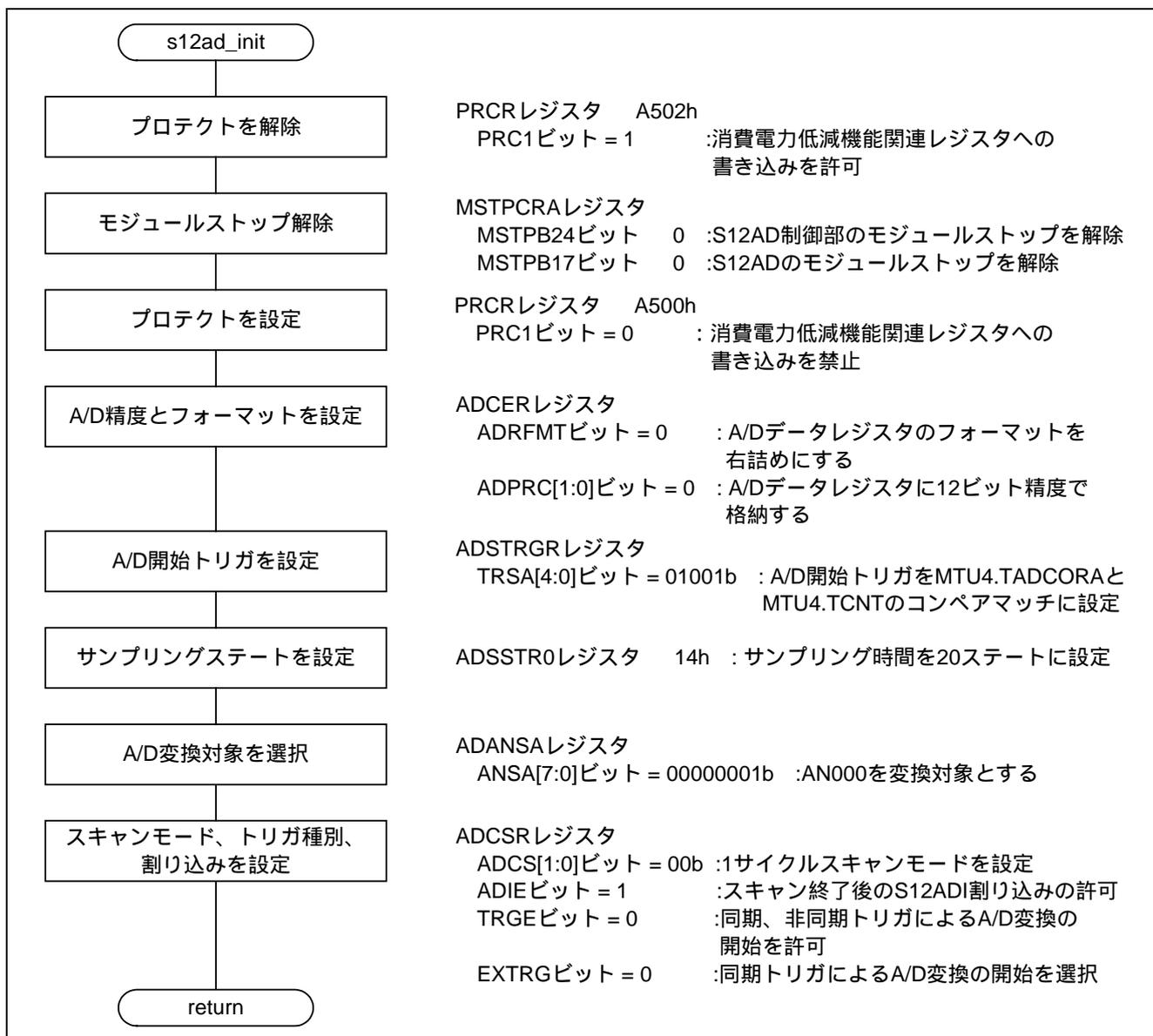


図4.6 S12AD 初期化関数

4.8.5 MPC 初期設定関数

図 4.7にMPC 初期設定関数のフローチャートを示します。

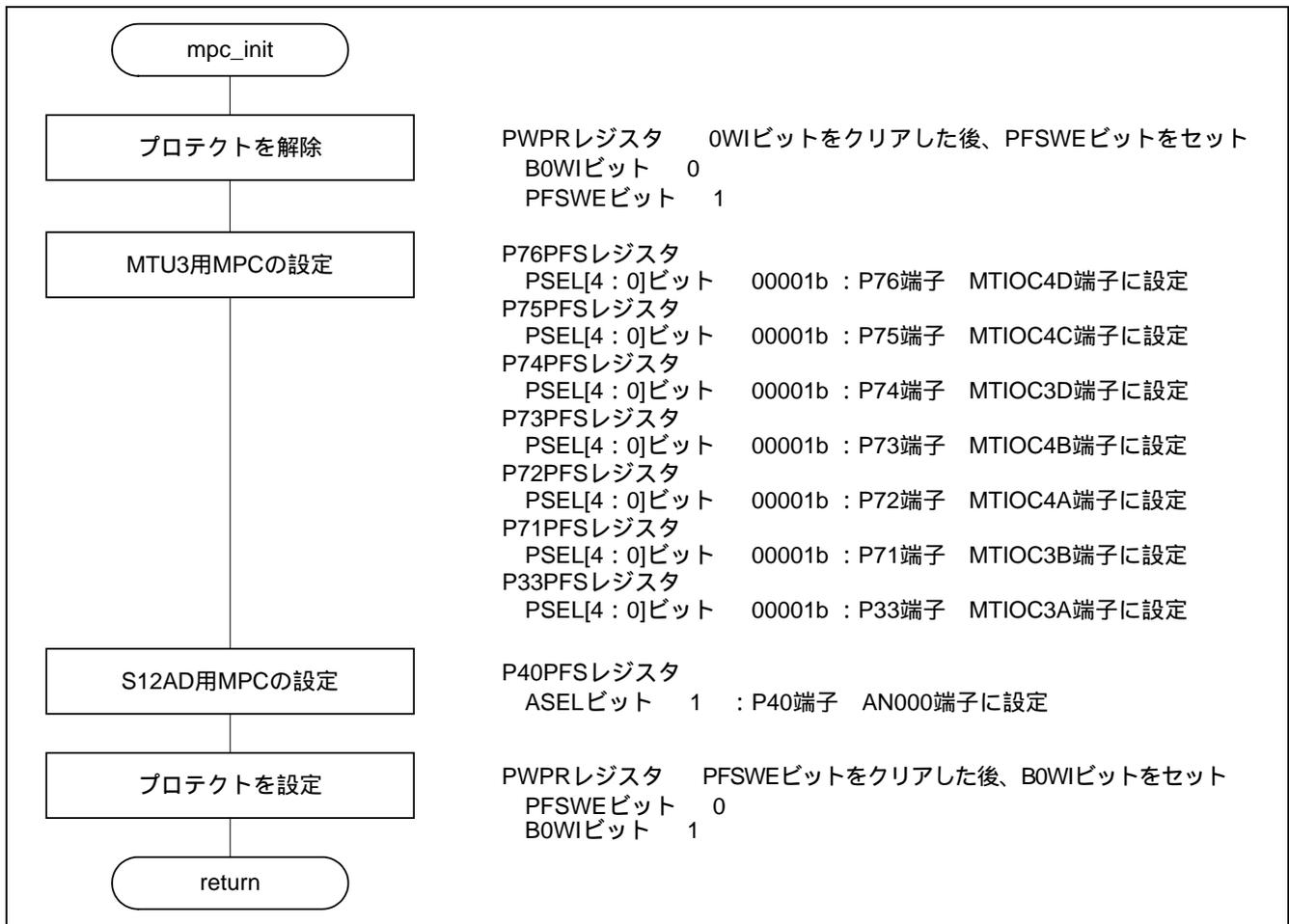


図4.7 MPC 初期設定関数

4.8.6 PMR 初期設定関数

図 4.8にPMR 初期設定関数のフローチャートを示します。

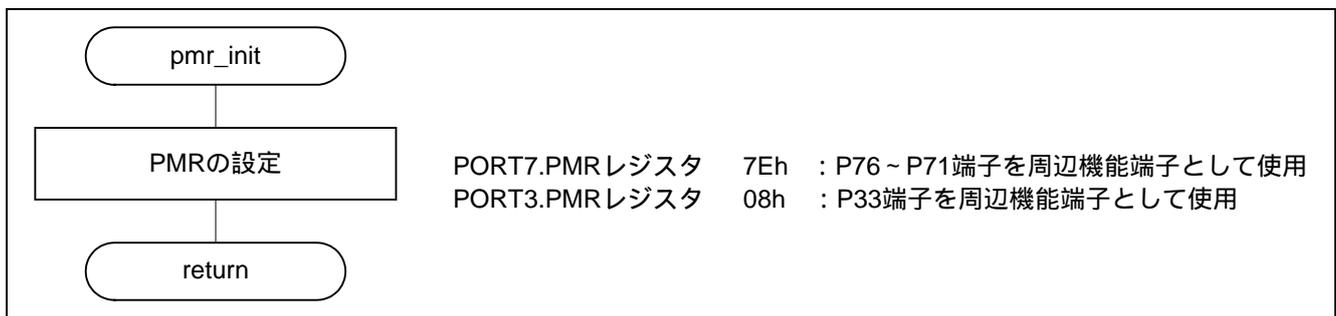


図4.8 PMR 初期設定関数

4.8.7 TGIA3 割り込み関数

図 4.9にTGIA3 割り込み関数のフローチャートを示します。

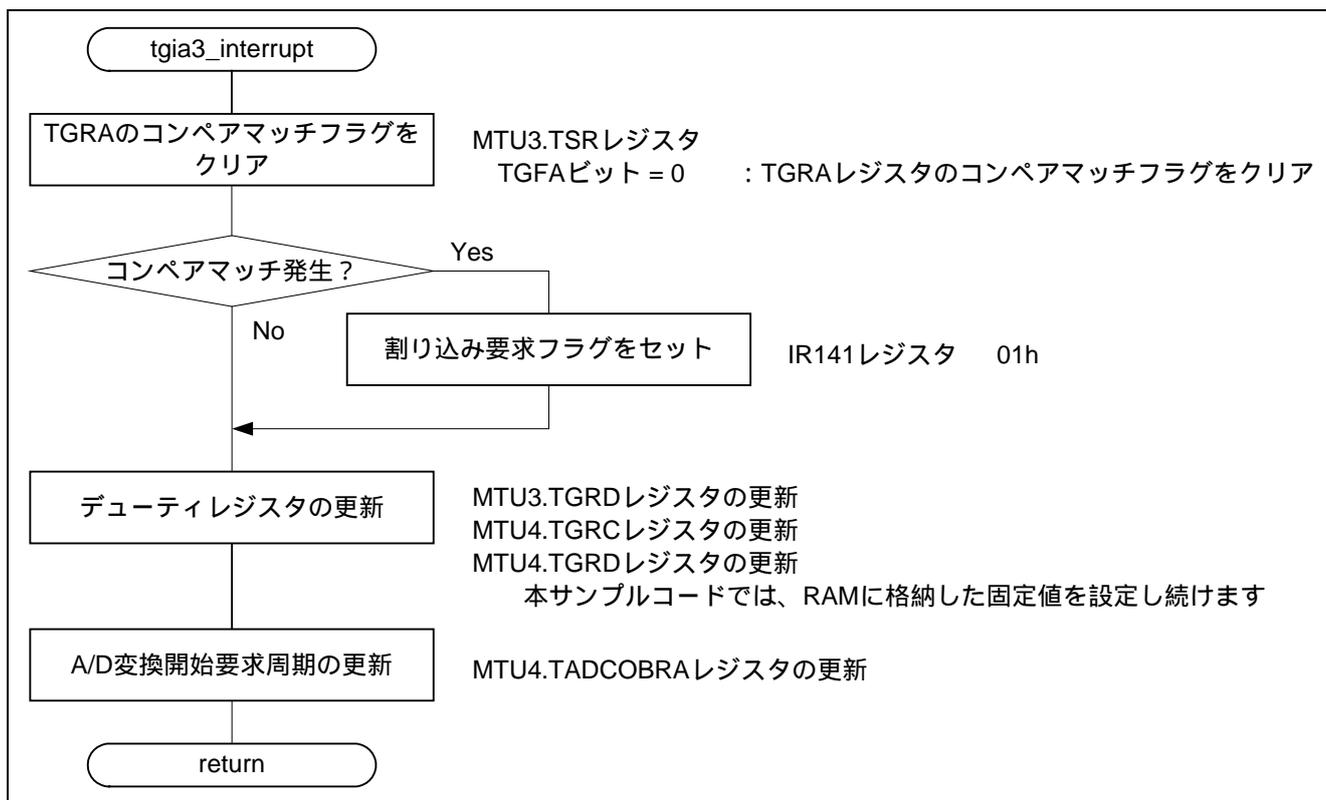


図4.9 TGIA3 割り込み関数

4.8.8 S12ADI 割り込み関数

図 4.10にS12ADI 割り込み関数のフローチャートを示します。

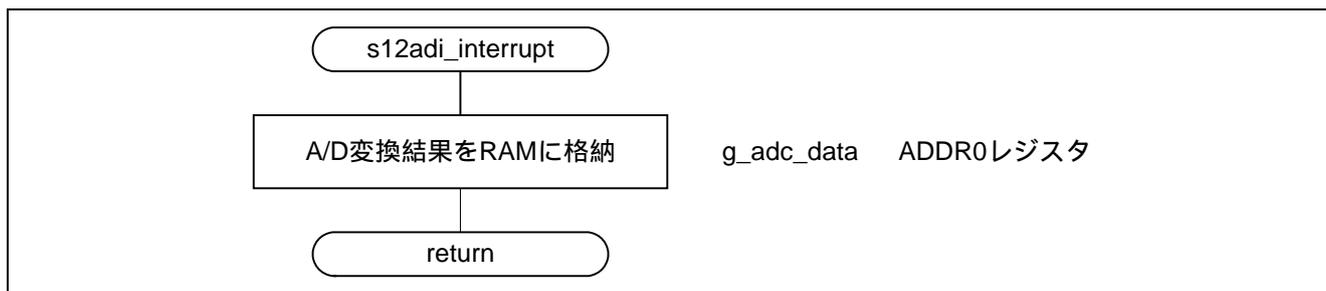


図4.10 S12ADI 割り込み関数

5. 注意事項

5.1 エンディアン

本アプリケーションノートのサンプルコードは、リトルエンディアン/ビッグエンディアンの両方に対応しています。

5.1.1 リトルエンディアン使用時

リトルエンディアンで動作する場合は、コンパイラオプションのエンディアンの設定で“Little-endian データ”を指定してください。4.3 オプション設定メモリの MDES はリトルエンディアンの値になります。

5.1.2 ビッグエンディアン使用時

ビッグエンディアンで動作する場合は、コンパイラオプションのエンディアンの設定で“Big-endian データ”を指定してください。4.3 オプション設定メモリの MDES はビッグエンディアンの値になります。

6. サンプルコード

サンプルコードは、ルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。

7. 参考ドキュメント

ユーザズマニュアル：ハードウェア

RX63Tグループ ユーザズマニュアル ハードウェア編 Rev.2.00

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート/テクニカルニュース

本アプリケーションノートでは、以下のテクニカルアップデートの内容を適用しています。

発行番号	題名
TN-RX*-A023A	マルチファンクションタイムユニット3 (MTU3) 割り込みご使用時の注意事項

(最新の情報をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

ユーザズマニュアル：開発環境

RX ファミリー C/C++コンパイラパッケージ V.1.01 ユーザズマニュアル Rev.1.00(V.1.02 添付資料含む)

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

アプリケーションノート

「RX63T グループ 初期設定例」Rev.1.00(R01AN1252JJ0100)

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2014.05.14	—	初版発行

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、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

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くと、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。

ご注意書き

1. 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・システムの設計において、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て、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。
2. 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。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。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。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等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。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
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、産業用ロボット等
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、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図し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損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の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。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、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おりません。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、社会的損害等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、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。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、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の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。
9. 本資料に記載されている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・システムに使用することはできません。また、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用用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「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。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
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禁じます。

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。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所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 エレクトロニクス株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2 (日本ビル)

■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/contact/>