

SH7216 グループ

R01AN0035JJ0100

Rev.1.00

2010.09.07

MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能 (リセット同期 PWM モード)

要旨

本アプリケーションノートは、SH7216 のマルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) のリセット同期 PWM モードを用いた三相 PWM 波形出力の設定例について説明しています。

動作確認デバイス

SH7216

目次

1. はじめに.....	2
2. 応用例の説明.....	4
3. 参考ドキュメント.....	31

1. はじめに

1.1 仕様

本アプリケーションノートでは、マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) のチャンネル 3、チャンネル 4 のリセット同期 PWM モード、および、I/O ポートの汎用出力を用いて、三相（正相、逆相）の PWM 波形を出力します。図 1 に、構成を示します。

- MTU2 のチャンネル 3、チャンネル 4 をリセット同期 PWM モードに設定します。
- 正相の PWM 出力端子は、TIOC3B/PE9 端子、TIOC4A/PE12 端子、TIOC4B/PE13 端子です。正相に対応する逆相出力は、TIOC3D/PE11 端子、TIOC4C/PE14 端子、TIOC4D/PE15 端子です。
- PWM 出力の出力レベルは、ローアクティブとします。
- PWM のキャリア周期は、400 us に設定します。
- PWM のキャリア周期ごとに発生する割り込み処理で、三相の PWM デューティを更新します。PWM デューティの更新は、レジスタのバッファ機能を使用します。
- PWM デューティ 0%、および、100% の PWM 出力を行う際は、PWM 出力する端子の機能を汎用出力に切り替えています。端子機能の切り替えは、MTU2 のチャンネル 0 (ノーマルモード) の割り込み処理で行います。（詳細は「2.2.2(2) PWM デューティ 0%、100% の設定」を参照してください。）
- TIOC3A 端子から、PWM のキャリア周期に同期したトグル波形を出力します。

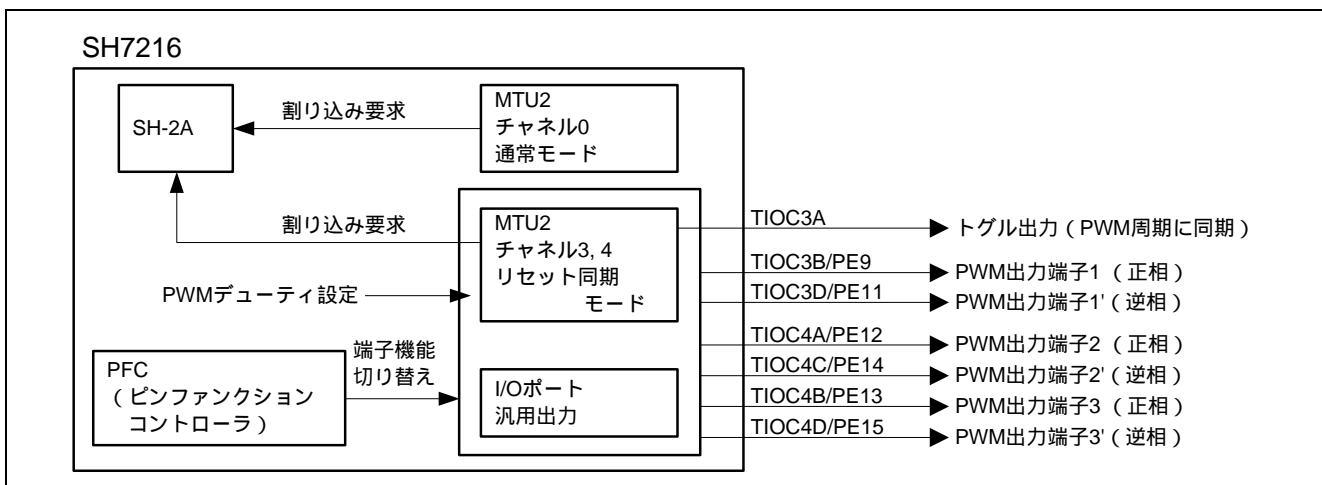


図 1 三相の PWM 出力（リセット同期 PWM モード）

1.2 使用機能

マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) のチャンネル 3、チャンネル 4

1.3 適用条件

マイコン	SH7216 [R5F72167]
動作周波数	内部クロック : I ϕ = 200 MHz バスクロック : B ϕ = 50 MHz 周辺クロック : P ϕ = 25 MHz MTU2S クロック : M ϕ = 100 MHz AD クロック : A ϕ = 50 MHz
MCU 動作モード	シングルチップモード
統合開発環境	ルネサス エレクトロニクス製 High-performance Embedded Workshop Ver. 4.07.00.007
C コンパイラ	ルネサス エレクトロニクス製 SuperH RISC engine ファミリ C/C++ コンパイラパッケージ Ver.9.03 Release02
コンパイルオプション	High-performance Embedded Workshop でのデフォルト設定 (-cpu=sh2afpu -include="\$(WORKSPDIR)¥inc" -object="\$(CONFIGDIR)¥\$(FILELEAF).obj" -debug -gbr=auto -chgincpath -errorpath -global_volatile=0 -opt_range=all -infinite_loop=0 -del_vacant_loop=0 -struct_alloc=1 -nologo)

2. 応用例の説明

本アプリケーションノートでは、マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) のリセット同期 PWM モードの機能を使用します。

2.1 使用機能の動作概要

2.1.1 マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2)

マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) は、6 チャンネルの 16 ビットタイマにより構成されている多機能なタイマユニットです。チャンネルごとに、コンペアマッチ機能やインプットキャプチャ機能などの設定が可能です。チャンネル 3 とチャンネル 4 は、相補 PWM モードやリセット同期モードに設定することで、6 本の PWM 出力制御が可能です。

MTU2 の詳細は、「SH7216 グループ ハードウェアマニュアル (RJJ09B0575)」の「マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2)」の章を参照してください。

表 1 にマルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) の概要を示します。また、図 2 に MTU2 のブロック図を示します。

表 1 マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) の概要

項目	内容
チャンネル数	16 ビットタイマ×6 チャンネル (チャンネル 0 から 5)
カウンタクロック	チャンネルごとに 8 種類のカウンタ入力クロックを選択可能 (チャンネル 5 は 4 種類)
チャンネル 0~4 の動作	<ul style="list-style-type: none"> コンペアマッチによる波形出力、インプットキャプチャ機能、カウンタクリア動作、複数のタイマカウンタ (TCNT) への同時書き込み、コンペアマッチ/インプットキャプチャによる同時クリア カウンタの同期動作による各レジスタの同期入出力、同期動作と組み合わせることによる最大 12 相の PWM 出力
A/D 変換器トリガ	<ul style="list-style-type: none"> A/D 変換器の変換スタートトリガを生成可能 相補 PWM モード時、カウンタの山/谷での割り込み、および A/D 変換器の変換スタートトリガを間引くことが可能
バッファ動作	<ul style="list-style-type: none"> チャンネル 0、3、4 はレジスタのバッファ動作が設定可能
動作モード	<ul style="list-style-type: none"> チャンネル 0~4 は、PWM モードに設定可能 チャンネル 1、2 はそれぞれ独立に位相計数モードを設定可能 チャンネル 3、4 の連動動作により、相補 PWM モード、リセット同期 PWM モードによる三相の正相、逆相、計 6 本の PWM 波形出力が設定可能
割り込み要求	<ul style="list-style-type: none"> 28 種類の割り込み要因 (コンペアマッチ、インプットキャプチャ割り込みなど)
その他	<ul style="list-style-type: none"> カスケード接続動作 内部 16 ビットバスによる高速アクセス レジスタデータの自動転送が可能 モジュールスタンバイモードに設定可能 チャンネル 5 により、デッドタイム補償用カウンタ機能が可能

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能 (リセット同期 PWM モード)

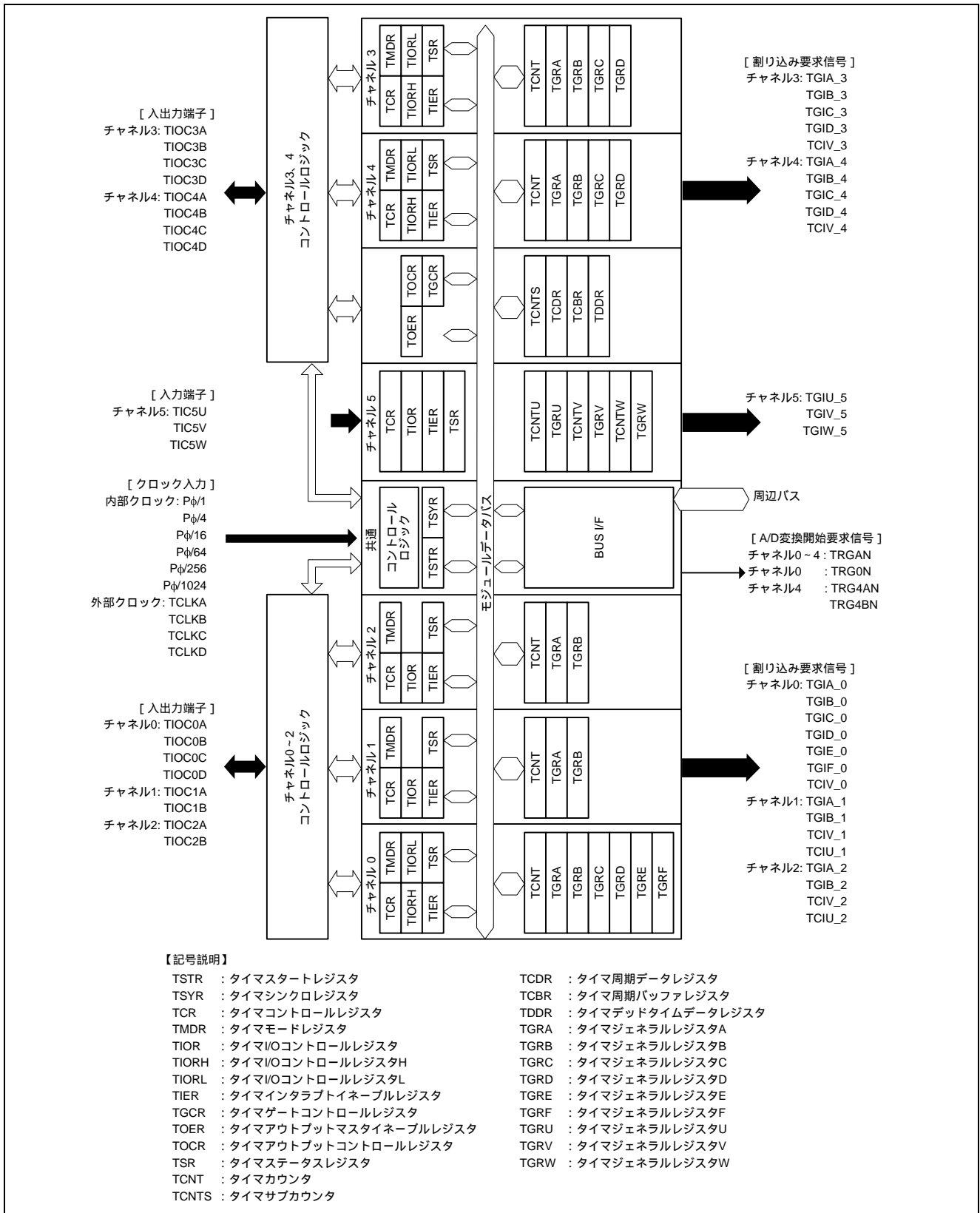


図2 MTU2のブロック図

2.1.2 リセット同期 PWM モード

リセット同期 PWM モードは、チャンネル 3、チャンネル 4 を組み合わせることにより、一方の波形変化点が共通となる PWM 波形（正相・逆相）を三相出力します。

リセット同期 PWM モードの設定では、TIOC3B 端子、TIOC4A 端子、TIOC4B 端子が正相の PWM 出力となります。また、正相に対応する逆相の PWM 出力は、TIOC3D 端子、TIOC4C 端子、TIOC4D 端子です。タイマカウンタ 3 (TCNT_3) はアップカウンタとして機能します。TCNT_3 が TGRA_3 レジスタ（周期）とコンペアマッチするとカウンタはクリアされ H'0000 からカウントアップを再開します。PWM 出力端子は、それぞれ TGRB_3 レジスタ、TGRA_4 レジスタ、TGRB_4 レジスタのコンペアマッチおよびカウンタクリアが発生する度にトグル出力を行います。

図 3 にリセット同期 PWM モードの動作例を示します。この動作例では、正相 PWM 出力および逆相 PWM 出力のアクティブレベルはハイレベルです。

表 2 にリセット同期 PWM モードで使用する PWM 出力端子を示します。また、表 3 にレジスタの機能を示します。

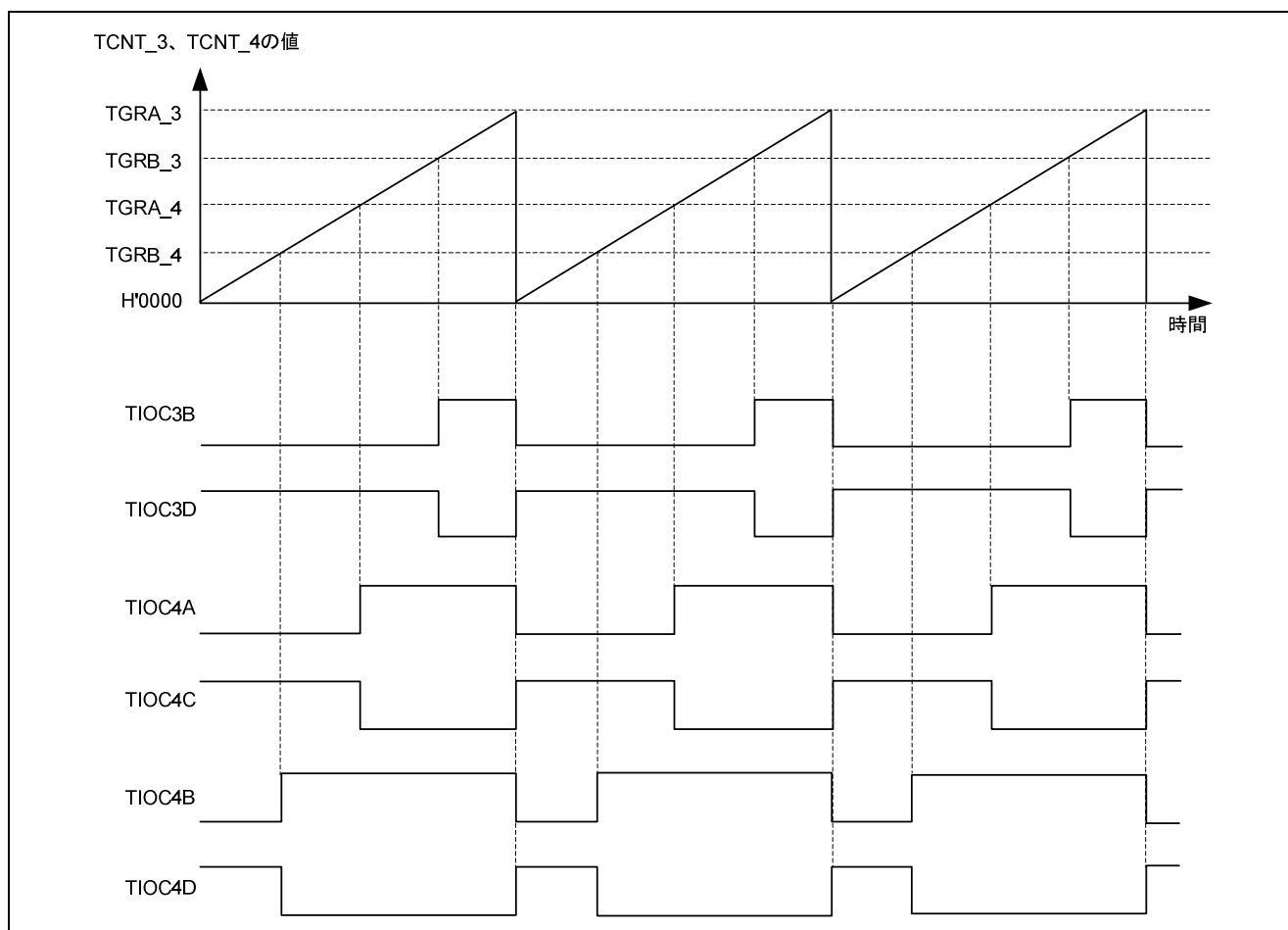


図 3 リセット同期 PWM モードの動作例（TOCR の OLSN = 1、OLSP = 1 に設定した場合）

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

表 2 リセット同期 PWM モード時の出力端子

チャンネル	出力端子	内容
チャンネル 3	TIOC3A	PWM 周期に同期したトグル出力。 (トグル出力をしない場合は、入出力ポートとして使用可能)
	TIOC3B	PWM 出力端子 1
	TIOC3D	PWM 出力端子 1' (PWM 出力 1 の逆相波形)
チャンネル 4	TIOC4A	PWM 出力端子 2
	TIOC4C	PWM 出力端子 2' (PWM 出力 2 の逆相波形)
	TIOC4B	PWM 出力端子 3
	TIOC4D	PWM 出力端子 3' (PWM 出力 3 の逆相波形)

表 3 リセット同期 PWM モード時の使用レジスタ

レジスタ	内容
TCNT_3	チャンネル 3 のタイマカウンタ H'0000 を初期設定とする
TCNT_4	チャンネル 4 のタイマカウンタ H'0000 を初期設定とする
TGRA_3	TCNT_3 のカウント周期を設定 (PWM 周期) PWM 周期を更新する場合は、バッファレジスタに値を設定。
TGRB_3	コンペアマッチレジスタ。 TIOC3B、TIOC3D 端子より出力される PWM 波形の変化点 (デューティ) を設定する。デューティを更新する場合は、バッファレジスタに値を設定。
TGRA_4	コンペアマッチレジスタ。 TIOC4A、TIOC4C 端子より出力される PWM 波形の変化点 (デューティ) を設定する。デューティを更新する場合は、バッファレジスタに値を設定。
TGRB_4	コンペアマッチレジスタ。 TIOC4B、TIOC4D 端子より出力される PWM 波形の変化点 (デューティ) を設定する。デューティを更新する場合は、バッファレジスタに値を設定。
TGRC_3	TGRA_3 のバッファレジスタ (バッファ機能使用時)
TGRD_3	TGRB_3 のバッファレジスタ (バッファ機能使用時)
TGRC_4	TGRA_4 のバッファレジスタ (バッファ機能使用時)
TGRD_4	TGRB_4 のバッファレジスタ (バッファ機能使用時)

2.2 参考プログラムの動作

2.2.1 参考プログラムの動作設定

本アプリケーションノートでは、マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) のチャンネル 3 をリセット同期 PWM モードに設定し、三相の PWM 波形の出力を行います。また、PWM デューティ 0%、または 100% の PWM 出力を行う際は、MTU2 のチャンネル 0 (ノーマルモード) のコンペアマッチ割り込み処理にて、PWM 出力する端子の機能を汎用出力に切り替えています（詳細は「2.2.2(2) PWM デューティ 0%、100% の設定」を参照してください）。

表 4 に、リセット同期 PWM モード時の設定条件を、表 5 に、汎用出力時の設定条件を、表 6 に、MTU2 チャンネル 0 の設定条件を示します。

表 4 リセット同期 PWM モード動作の設定

項目	内容
使用チャンネル	チャンネル 3、チャンネル 4
動作モード	リセット同期 PWM モード
端子機能	TIOC3A 端子：PWM 周期に同期したトグル出力 TIOC3B 端子：PWM 出力 1 (正相波形) TIOC3D 端子：PWM 出力 1' (PWM 出力 1 の逆相波形) TIOC4A 端子：PWM 出力 2 (正相波形) TIOC4C 端子：PWM 出力 2' (PWM 出力 2 の逆相波形) TIOC4B 端子：PWM 出力 3 (正相波形) TIOC4D 端子：PWM 出力 3' (PWM 出力 3 の逆相波形)
アクティブレベル	正相出力：アクティブロー出力 逆相出力：アクティブロー出力
カウンタクロック	6.25 MHz (Pφクロックを 4 分周)
PWM キャリア周期	400 us (キャリア周波数：2.5 kHz)
PWM デューティ	PWM 出力 1、2、3 はそれぞれ位相が $2\pi/3$ ずつずれた波形を出力し、PWM デューティの初期値は 0.04%、66.68%、66.68% (変化方向は増加、減少、増加)。 TGRA_3 のコンペアマッチ割り込み処理ごとに、PWM デューティ設定のバッファレジスタを更新 (インクリメント、またはデクリメント) します。 PWM 出力端子が、デューティ 0%、または 100% の出力をする際は、端子機能は PWM 出力から I/O ポートに切り替えられます。
割り込み	TGRA_3 のコンペアマッチ割り込み TGRA_3 の割り込みは、PWM キャリア周期ごとに発生

表 5 汎用出力の設定

項目	内容
使用ポート	ポート E
端子機能	PE9 端子：TIOC3B (端子 PWM 出力 1) と対応した汎用出力 PE11 端子：TIOC3D 端子 (PWM 出力 1') と対応した汎用出力 PE12 端子：TIOC4A 端子 (PWM 出力 2) と対応した汎用出力 PE14 端子：TIOC4C 端子 (PWM 出力 2') と対応した汎用出力 PE13 端子：TIOC4B 端子 (PWM 出力 3) と対応した汎用出力 PE15 端子：TIOC4D 端子 (PWM 出力 3') と対応した汎用出力
PWM デューティと出力レベル	PWM デューティ 0% を出力するときはローを、100% を出力するときはハイを出力します。

表 6 MTU2 チャンネル 0（ノーマルモード）の設定

項目	内容
使用チャンネル	チャンネル 0
動作モード	ノーマルモード
カウンタクロック	6.25 MHz（Pφクロックを 4 分周）
クリア要因	TGRA_0 とのコンペアマッチ
周期	400 us（周波数：2.5 kHz）
割り込み	TGRA_0 のコンペアマッチ割り込み。 正相でデューティ 100%の PWM 出力をする際の、端子機能切り替えのために使用します。 TGRB_0 のコンペアマッチ割り込み。 正相でデューティ 0%の PWM 出力をする際の、端子機能切り替えのために使用します。

2.2.2 参考プログラムの動作説明

図 4 に参考プログラムの基本的な動作を示します。マルチファンクションタイムパルスユニット 2 (MTU2) のチャンネル 3 をリセット同期 PWM モードに設定します。また、周期および PWM デューティの設定レジスタはバッファ動作に設定します。リセット同期 PWM モード時のバッファ動作は、TMDR_3 レジスタの BFA、BFB ビットの設定で行います。TMDR_3 の BFA ビット、および BFB ビットを 1 にセットした場合、チャンネル 3 の TGRC_3 は TGRA_3 のバッファレジスタ、TGRD_3 は TGRB_3 のバッファレジスタとしてそれぞれ機能します。同時にチャンネル 4 の TGRC_4 は TGRA_4 のバッファレジスタ、TGRD_4 は TGRB_4 のバッファレジスタとして機能します。

三相の PWM デューティの更新は、PWM キャリア周期ごとに発生する TGRA_3 のコンペアマッチ割り込み処理で行います。PWM デューティの更新値は、バッファレジスタ（TGRD_3、TGRC_4、TGRD_4）に設定します。バッファレジスタの値は、周期ごとに発生する TGRA_3 のコンペアマッチのタイミングでコンペアレジスタに転送されます。バッファ動作を使用することで、任意のコンペアマッチタイミングでレジスタの更新が可能です。

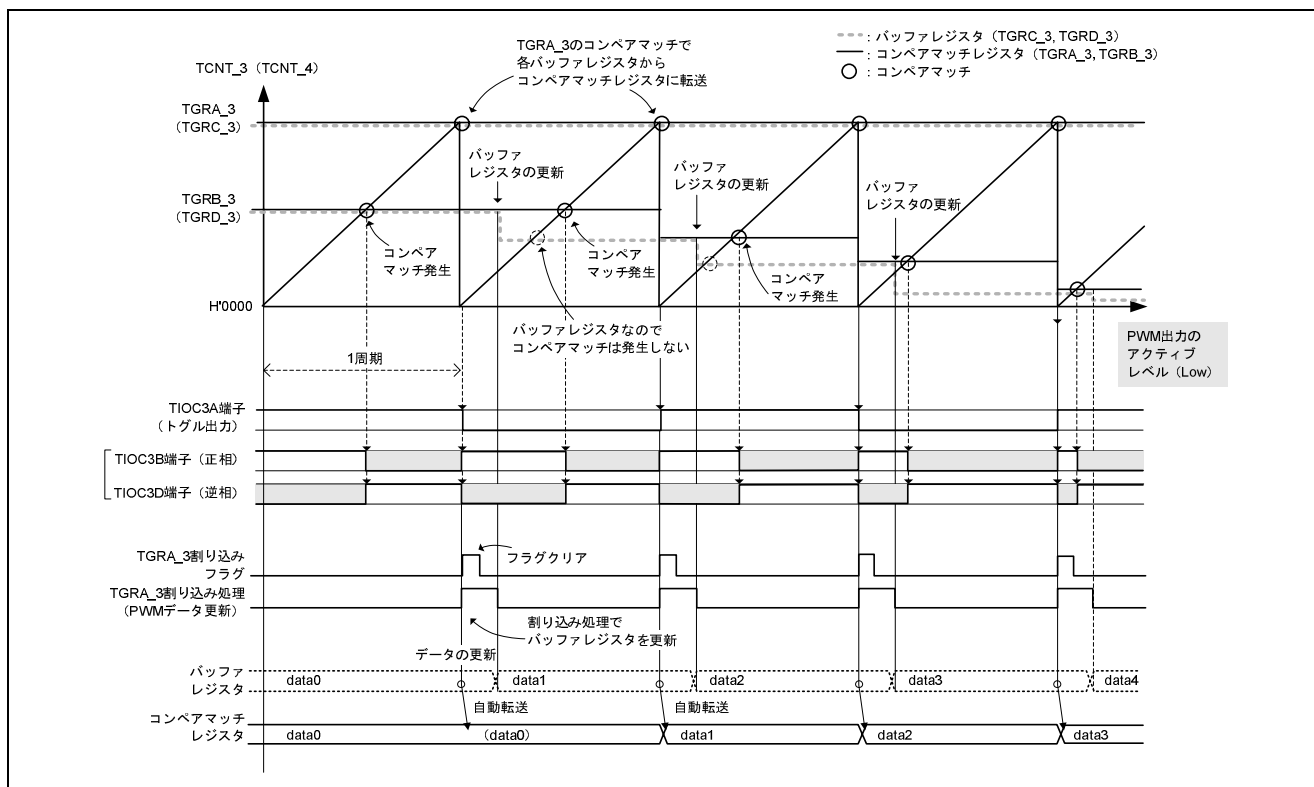


図 4 リセット同期 PWM モードの動作（バッファ動作）

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

(1) 周期レジスタの設定値

周期レジスタ TGRA_3 のコンペアマッチによるカウンタクリアを設定した場合、タイマカウンタ TCNT は TGR の値と一致した最後のステート（TCNT が一致したカウント値を更新するタイミング）でクリアされます。このため、周期レジスタ（TGRA_3 レジスタ）の設定値は、次の式で求められます。

$$\text{TGRA_3 レジスタの設定値} = (\text{PWM 周期時間} / \text{1 カウント時間}) - 1$$

- ・ PWM 周期時間：設定したい PWM のキャリア周期の時間
- ・ 1 カウント時間：タイマカウンタ TCNT の 1 カウント時間

PWM のキャリア周期を 400[us]とした場合、周期レジスタ（TGRA_3 レジスタ）には、次の値を設定します。

$$\begin{aligned} \text{TGRA_3 レジスタの設定値} &= 400[\text{us}] / 160[\text{ns}] - 1 \\ &= \text{D}'2499 \end{aligned}$$

- ・ タイマカウンタ TCNT のカウントクロック：6.25 MHz（ $P\phi/4$ ： $P\phi$ は内蔵周辺クロック）
- ・ 1 カウント時間：160[ns]

(2) PWM デューティ 0%、100%の設定

図 5 に、リセット同期 PWM モードにおいて、PWM デューティレジスタ TGRB_3 の設定値を H'0000、または、周期レジスタ TGRA_3 設定と同じ値にしたときの PWM 出力波形を示します。

リセット同期 PWM モードでは、デューティレジスタ TGRB_3 の設定値を H'0000 とした場合、PWM 出力は、タイマカウンタ TCNT の 1 カウント分のパルス状の波形になります。また、デューティレジスタ TGRB_3 の設定値を周期レジスタの TGRA_3 と同じ値か、それよりも大きい値にした場合、PWM 出力は、PWM 周期ごとにハイ、およびローレベルに変化するトグル出力となります。

PWM デューティのレジスタ設定値の変更では、PWM 出力レベルをハイレベルまたはローレベルに固定する PWM デューティ 0%、100%の出力設定を行えません。PWM 出力レベルをハイレベルまたはローレベルに固定する場合は、ピンファンクションコントローラ(PFC)の設定で、端子機能の設定を MTU2 出力端子(PWM 出力端子)機能からポート出力端子機能に切り替えて出力を行います。また、端子機能の切り替えタイミングは MTU2 チャンネル 0(ノーマルモード)のコンペアマッチ割り込みで制御します。図 6 に、デューティ 0% の PWM 出力時の動作タイミングを、図 7 に、デューティ 100%の PWM 出力時の動作タイミングを示します。

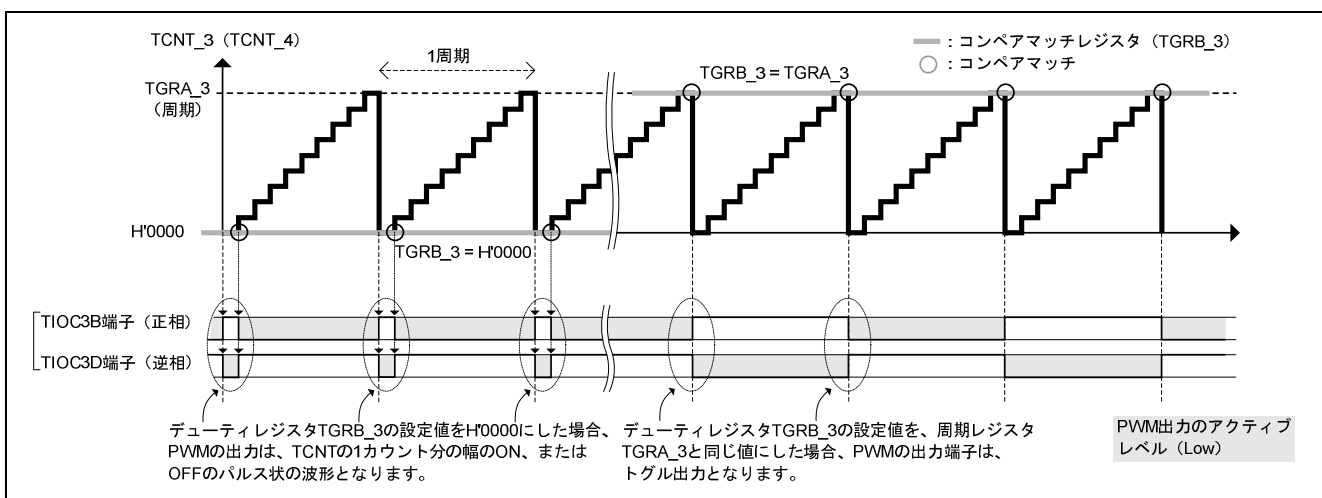


図 5 デューティレジスタの設定値と PWM 出力波形

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能 (リセット同期 PWM モード)

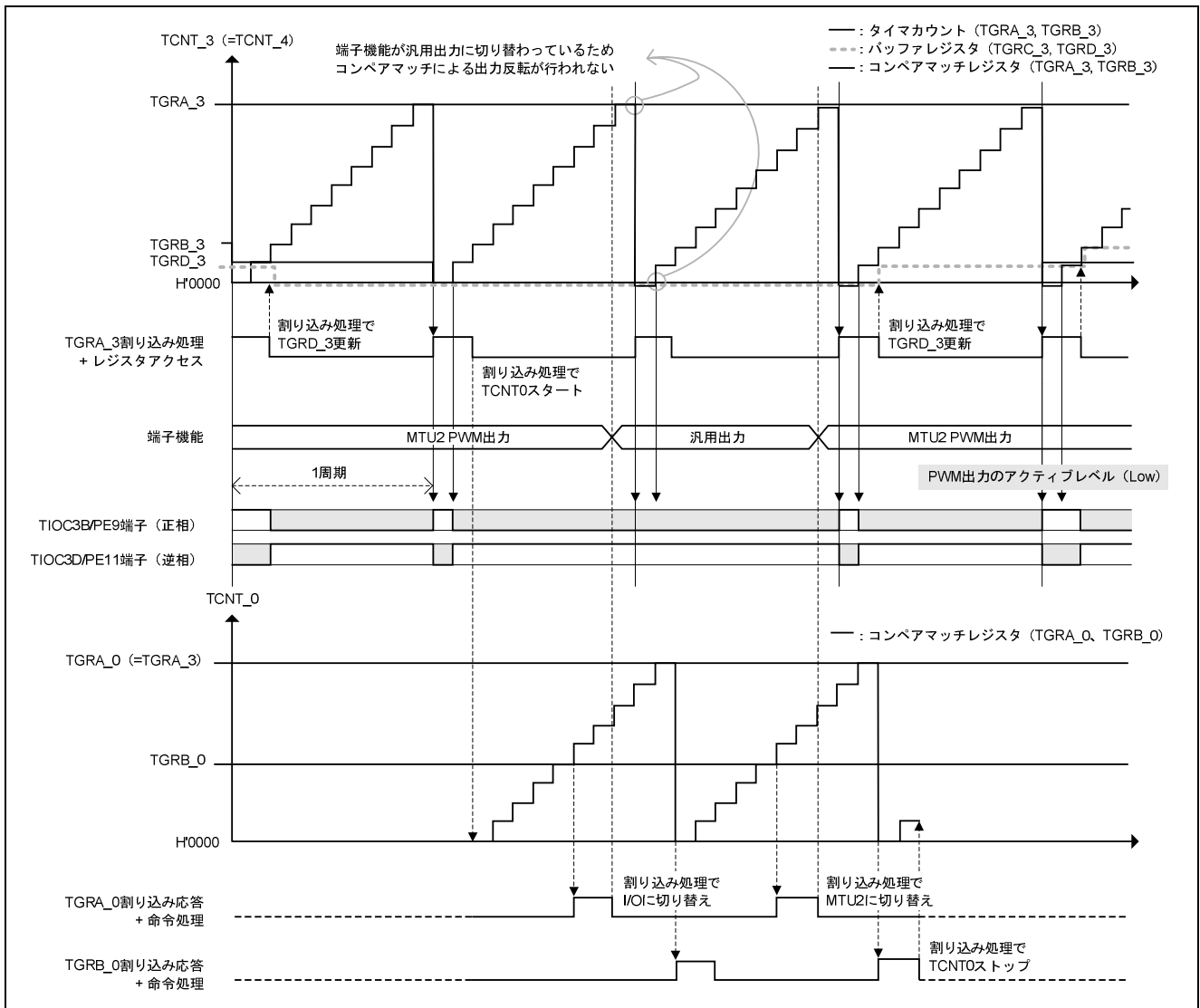


図 6 デューティ 0%の PWM 出力時の動作タイミング

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

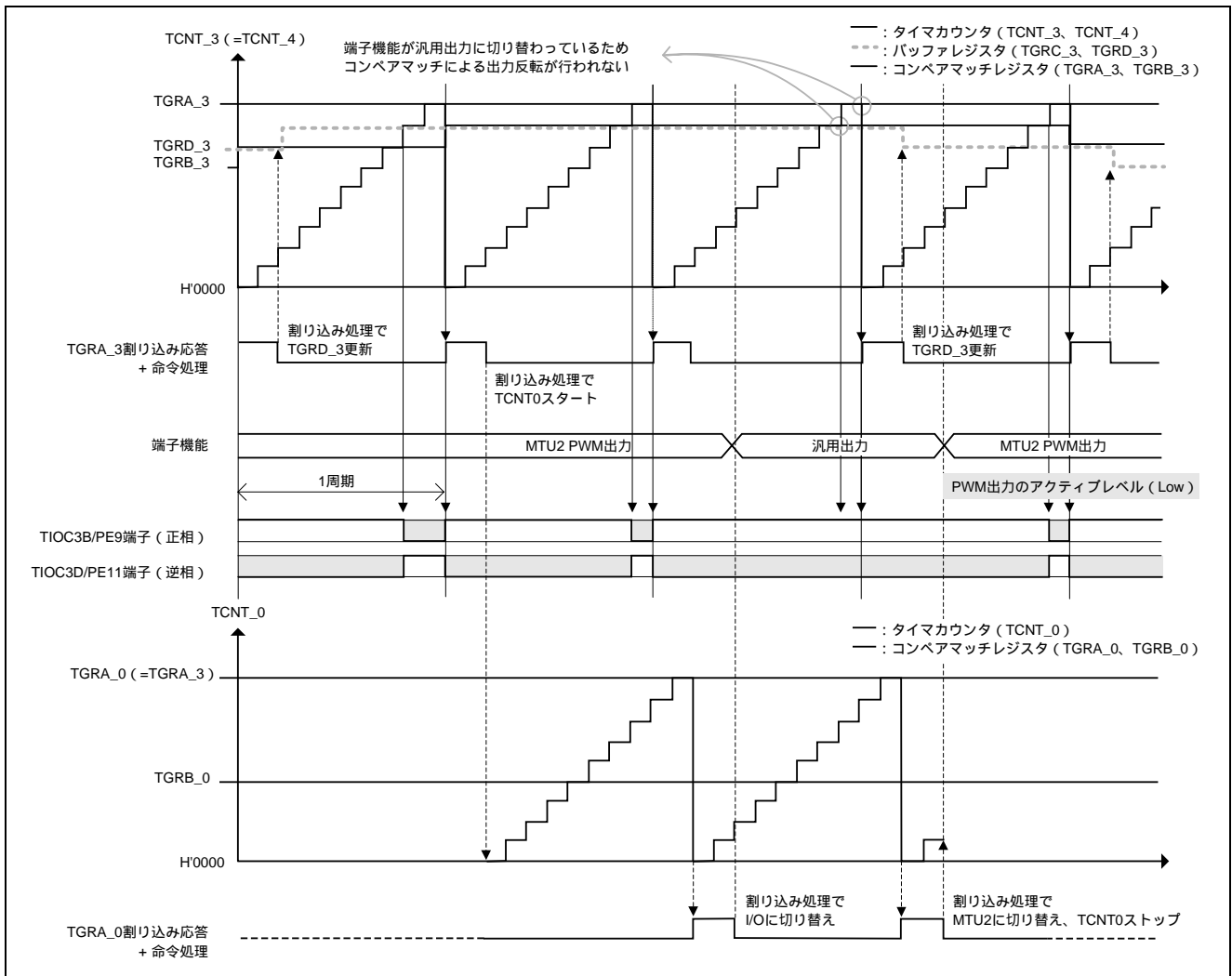


図7 デューティ 100%の PWM 出力時の動作タイミング

2.3 参考プログラムの構成

2.3.1 使用関数

表 7 に参考プログラムで使用する主な関数を示します。

表 7 関数説明

ラベル	機能
main()	メイン関数。 各モジュールの初期設定関数を呼び出します。 MTU2 チャンネル 3 (リセット同期モード) のタイマカウンタを動作させます。
stbcr_init()	スタンバイ設定。 MTU2 のモジュールスタンバイを解除します。
mtu2_ch3_ch_4_init()	MTU2 (チャンネル 3、4) の初期設定。 MTU2 チャンネル 3、4 をリセット同期モードに設定。
mtu2_ch0_init()	MTU2 (チャンネル 0) の初期設定。 MTU2 チャンネル 0 をノーマルモードに設定。
pfc_init()	PFC の初期設定。 MTU2 関連の端子をタイマ端子機能に設定します。
int_mtu2_tgia3()	MTU2 チャンネル 3 の TGRA_3 コンペアマッチ割り込み処理。 PWM デューティの設定値を更新します。 また、MTU2 チャンネル 0 のタイマカウンタを動作させます。
int_mtu2_tgia0()	MTU2 チャンネル 3 の TGRA_0 コンペアマッチ割り込み処理。 正相でデューティ 100% の PWM 出力をするための関数を呼び出します。 また、MTU2 チャンネル 0 のタイマカウンタを停止します。
int_mtu2_tgib0()	MTU2 チャンネル 3 の TGRB_0 コンペアマッチ割り込み処理。 正相でデューティ 0% の PWM 出力をするための関数を呼び出します。
port_output_data_duty0()	汎用出力データ設定 (PWM デューティ 0%)。 正相でデューティ 0% の PWM 出力をするために、汎用出力のデータを設定します。
port_output_data_duty100()	汎用出力データ設定 (PWM デューティ 100%)。 正相でデューティ 100% の PWM 出力をするために、汎用出力のデータを設定します。
pfc_port_output()	端子機能切り替え (I/O ポート)。 デューティ 0%、100% の PWM 出力をするために、端子機能を I/O ポートに切り替えます。
pfc_mtu2_output()	端子機能切り替え (MTU2)。 デューティ 0%、100% 以外の PWM 出力をするために、端子機能を MTU2 に切り替えます。

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

2.3.2 使用変数説明

表 8 に参考プログラムで使用する変数を示します。

表 8 使用変数説明

変数名	機能	使用関数
pul_pwm_duty[]	PWM デューティ設定値。各要素は、以下のように、各端子に対応しています。 [0] PWM1 出力（TIOC3B 端子、TIOC3D 端子） （TGRD_3 レジスタに格納します） [1] PWM2 出力（TIOC4A 端子、TIOC4C 端子） （TGRC_4 レジスタに格納します） [2] PWM3 出力（TIOC4B 端子、TIOC4D 端子） （TGRD_4 レジスタに格納します）	<ul style="list-style-type: none"> • mtu2_init() • int_mtu2_tgia3() • int_mtu2
duty_select[]	TGRA_3 コンペアマッチ割り込み時に、PWM デューティ設定値をインクリメントするか、デクリメントするか、または維持する（デューティ 0%、または 100%の PWM 出力時）が判定するフラグ。各要素は、以下のように、各端子に対応しています。 [0] PWM1 出力、およびそれに対応する汎用出力 PE9、PE11 端子。 [1] PWM2 出力、およびそれに対応する汎用出力 PE12、PE14 端子。 [2] PWM3 出力、およびそれに対応する汎用出力 PE13、PE15 端子。	<ul style="list-style-type: none"> • int_mtu2_tgia3()

2.4 使用機能の設定手順

参考プログラムの処理フローを示します。

2.4.1 メイン関数

図 8 にメイン関数の処理フローを示します。

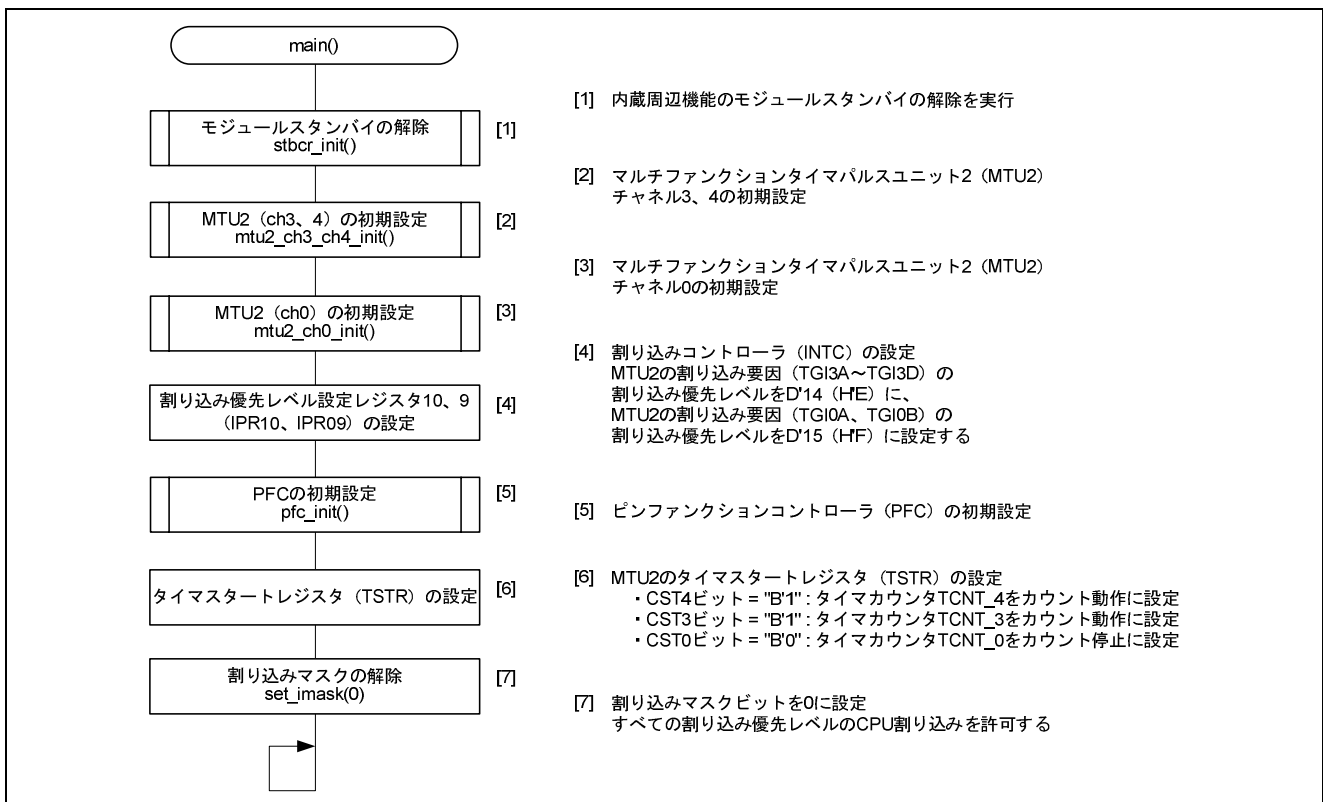


図 8 メイン関数の処理

2.4.2 モジュールスタンバイの解除設定

図 9 にモジュールスタンバイ解除の処理フローを示します。

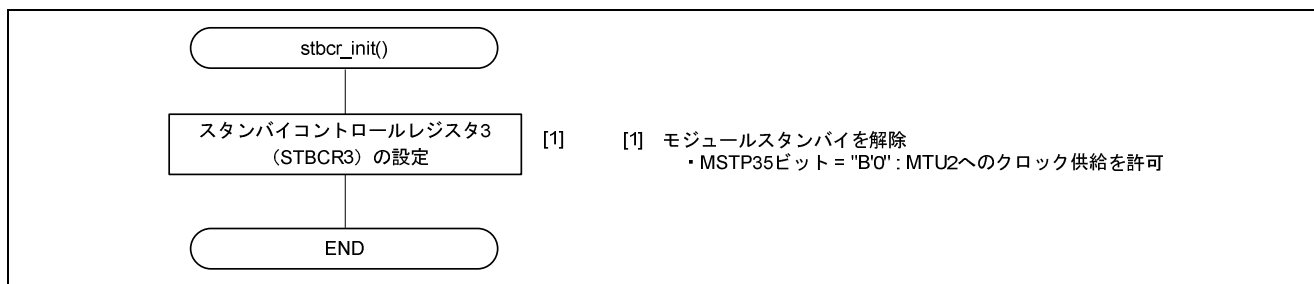


図 9 モジュールスタンバイ解除の設定

2.4.3 マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) の設定

図 10 にマルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) チャンネル 3、4 の初期設定の処理フローを、図 11 にチャンネル 0 の初期設定の処理フローを示します。チャンネル 3、チャンネル 4 をリセット同期 PWM モードに、チャンネル 0 をノーマルモードに設定します。

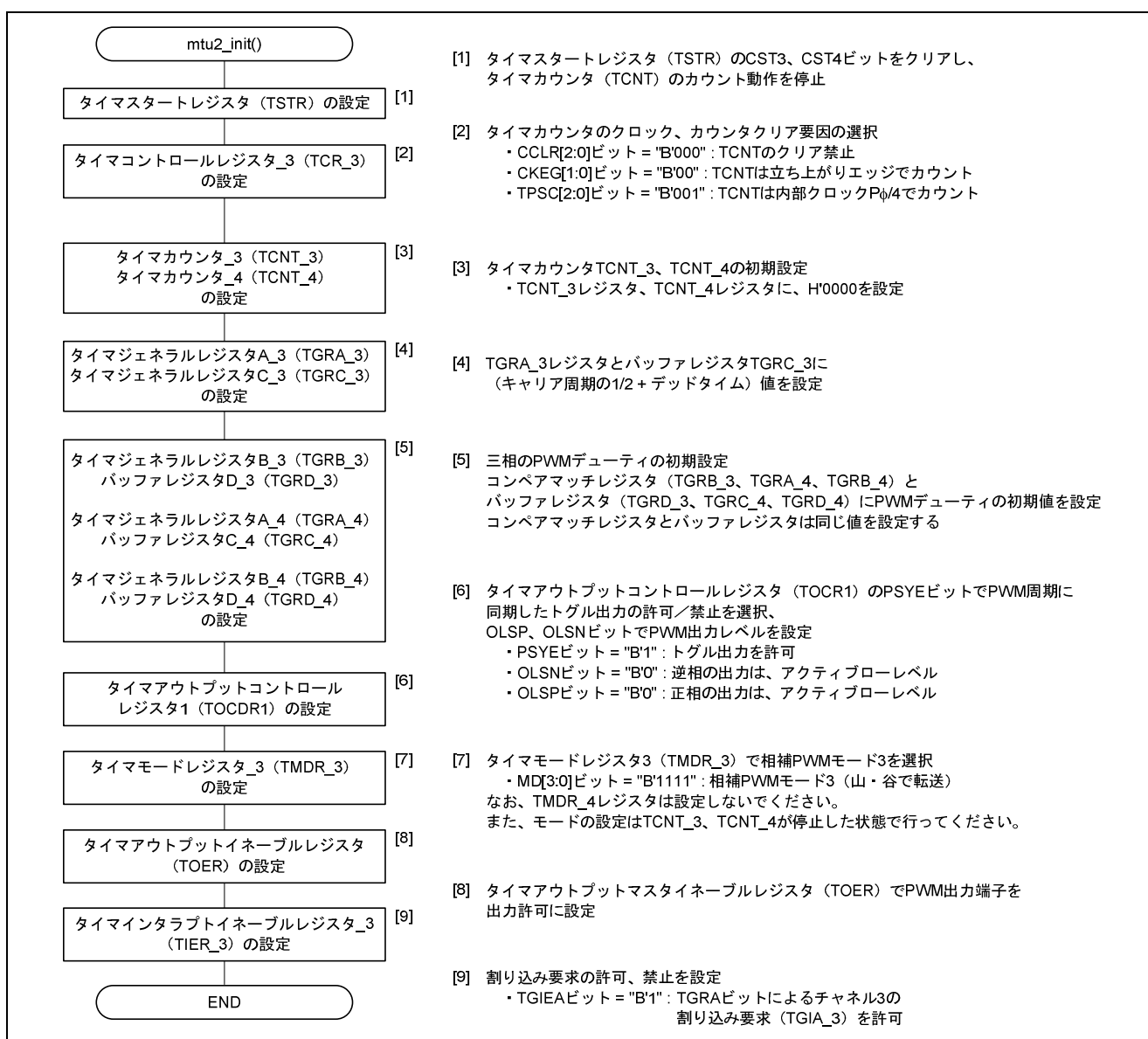


図 10 マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) チャンネル 3、4 の初期設定

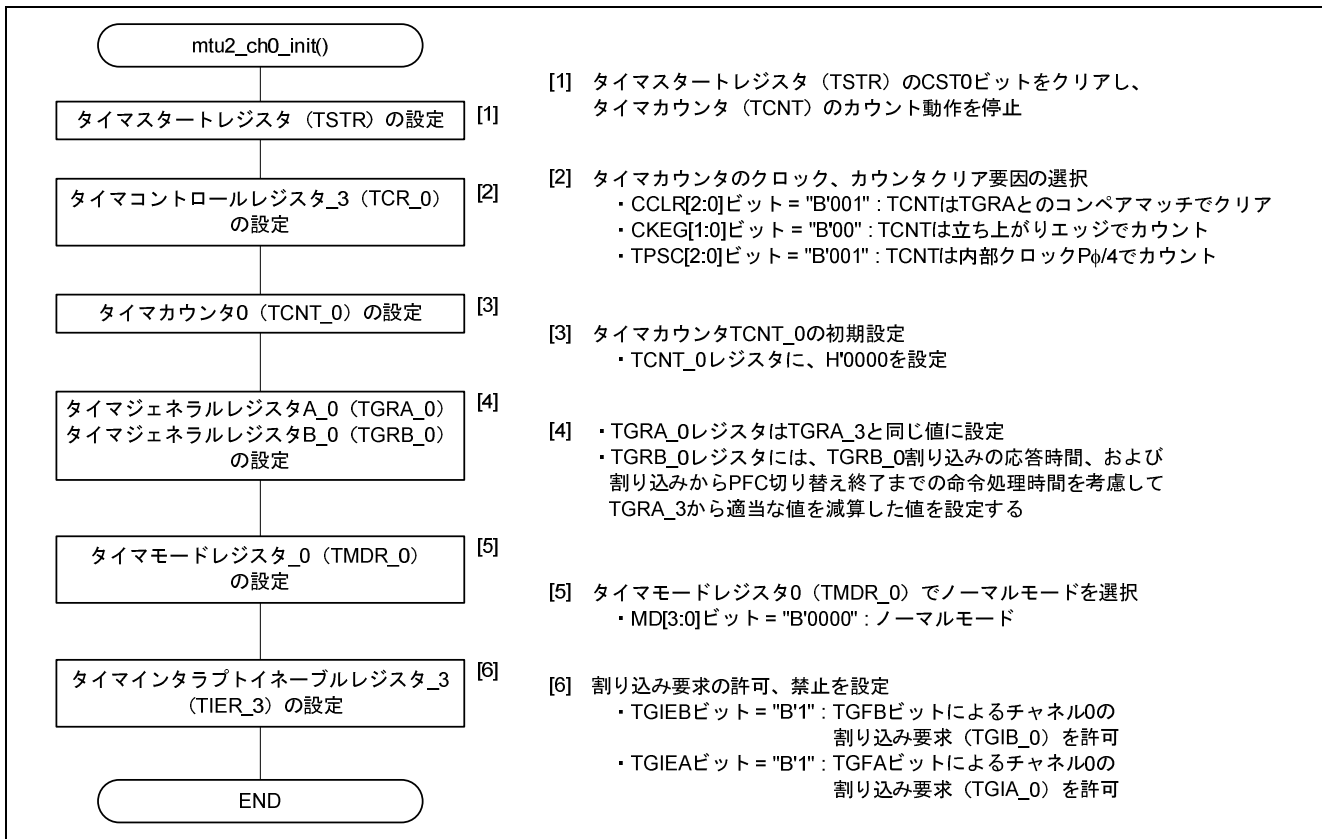


図 11 マルチファンクションタイパルスユニット 2 (MTU2) チャンネル 0 の初期設定

2.4.4 ピンファンクションコントローラ (PFC) の設定

図 12 にピンファンクションコントローラ (PFC) の設定の処理フローを示します。

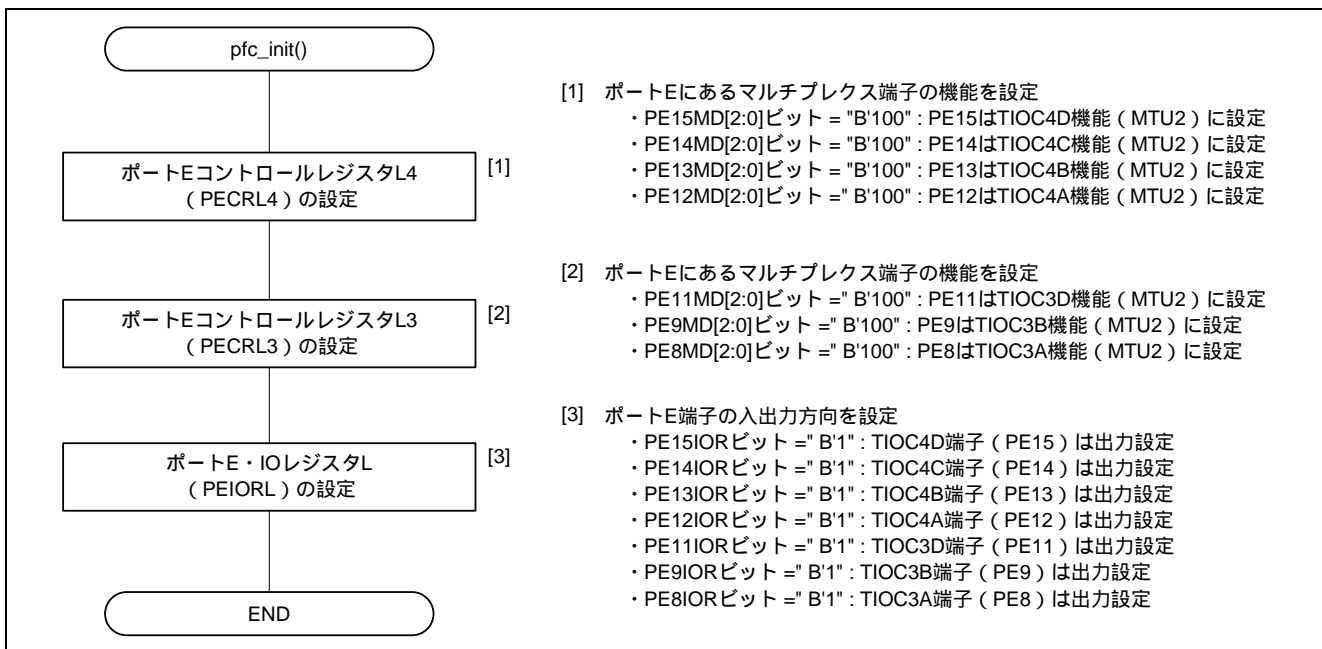


図 12 ピンファンクションコントローラ (PFC) の設定

2.4.5 チャネル 3 のコンペアマッチ（TGRA_3）割り込み

図 13 に MTU2 チャネル 3 のコンペアマッチ（TGRA_3）割り込みの処理のフローを示します。割り込みは PWM キャリア周期ごとに発生します。

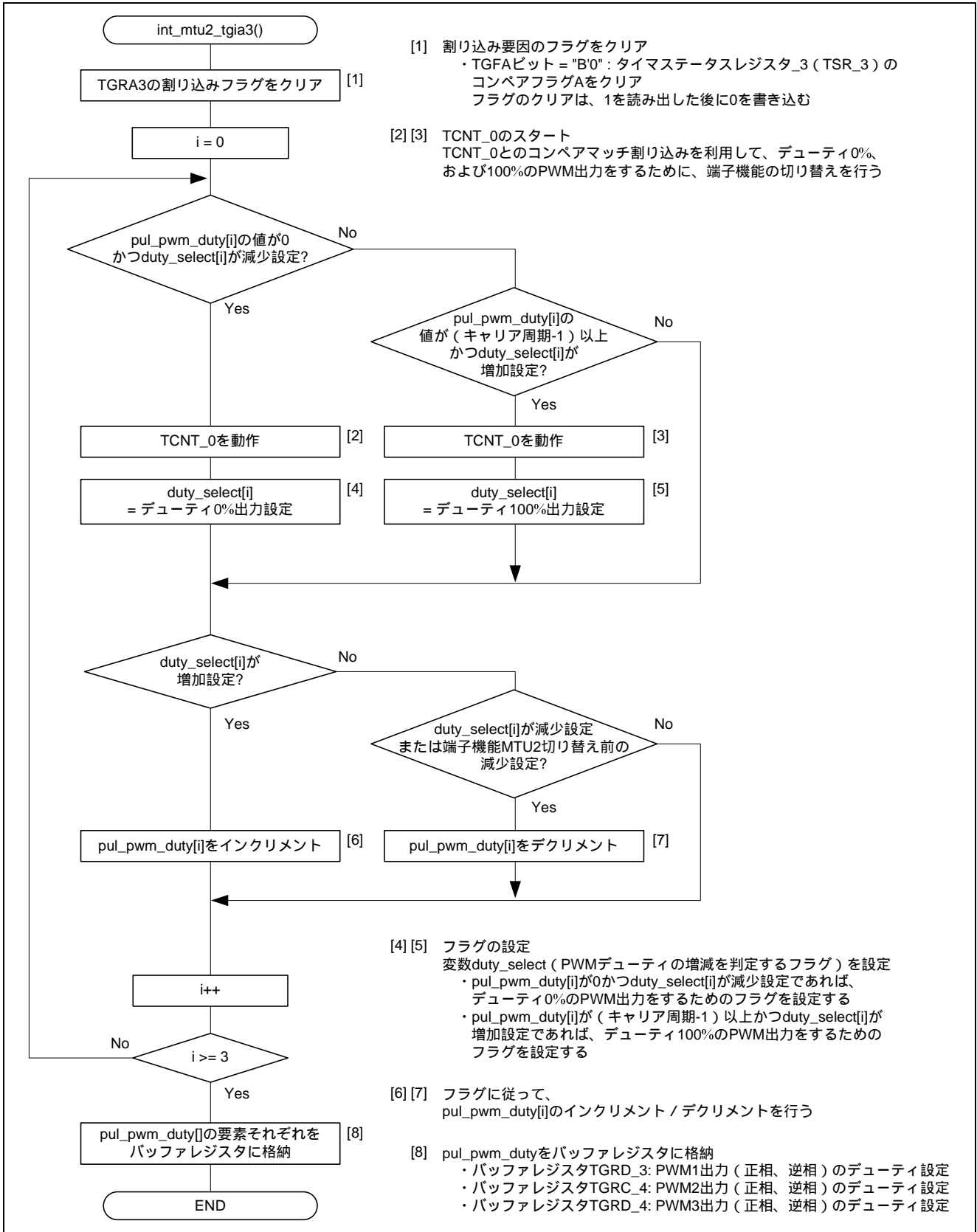


図 13 MTU2 チャネル 3 のコンペアマッチ（TGRA_3）割り込み処理

2.4.6 チャンネル 0 のコンペアマッチ（TGRA_0）割り込み

図 14 に MTU2 チャンネル 0 のコンペアマッチ（TGRA_0）割り込みの処理のフローを示します。

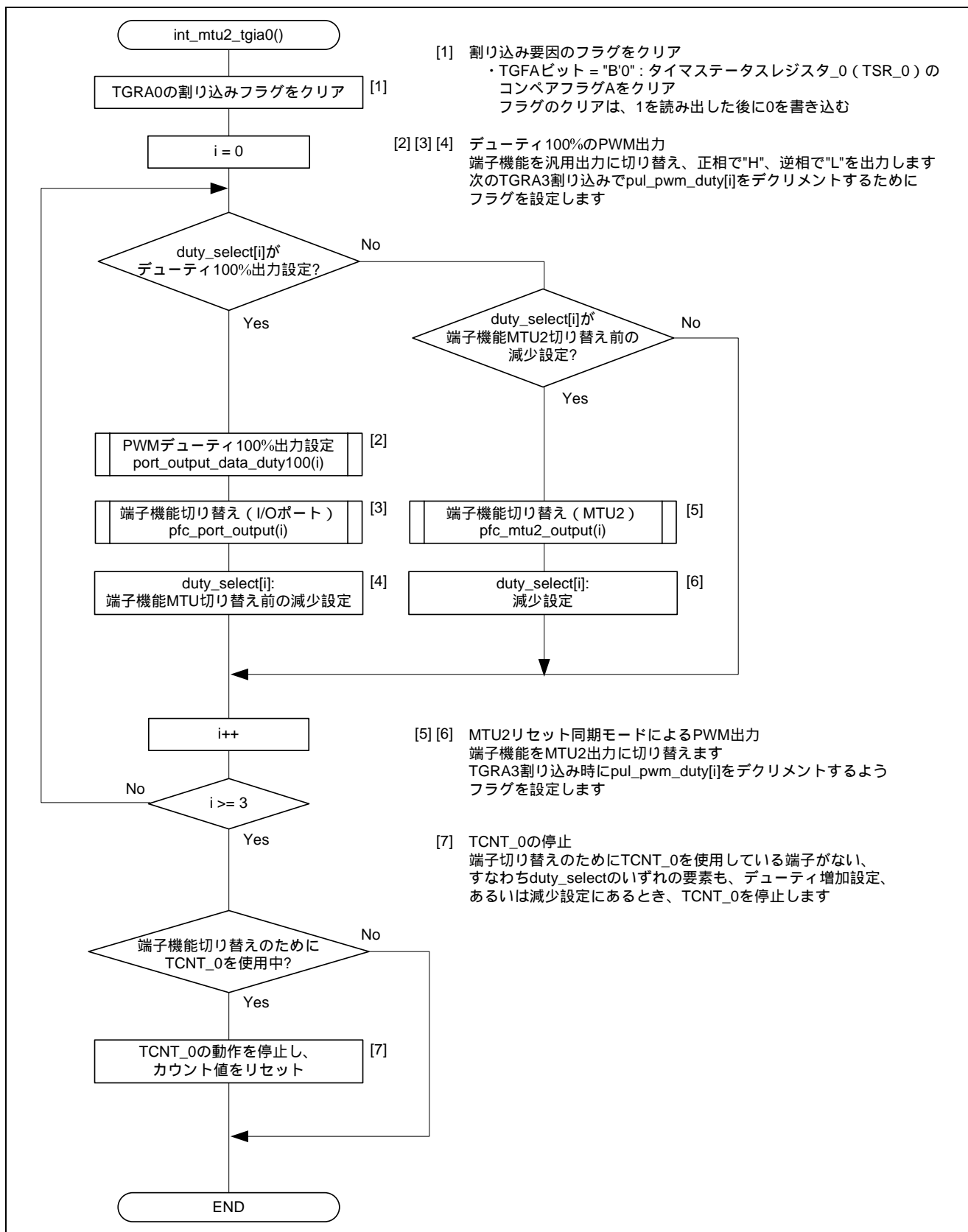


図 14 MTU2 チャンネル 0 のコンペアマッチ（TGRA_0）割り込み処理

2.4.7 チャンネル 0 のコンペアマッチ（TGRB_0）割り込み

図 15 に MTU2 チャンネル 0 のコンペアマッチ（TGRB_0）割り込みの処理のフローを示します。

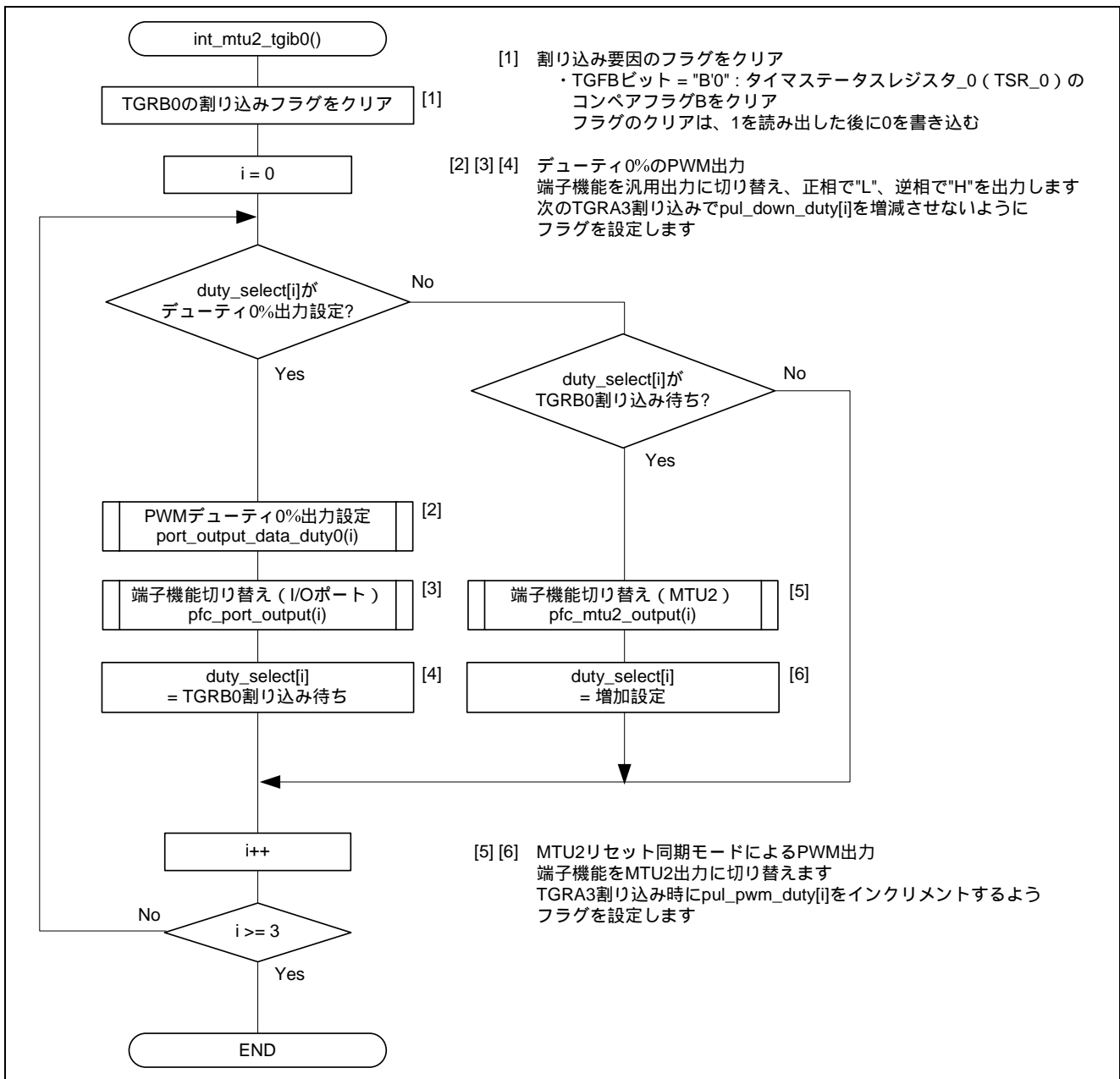


図 15 MTU2 チャンネル 0 のコンペアマッチ（TGRB_0）割り込み処理

2.4.8 汎用出力設定（PWM デューティ 0%）

図 16 に正相でデューティ 0%の PWM 出力をするための、汎用出力設定の処理フローを示します。

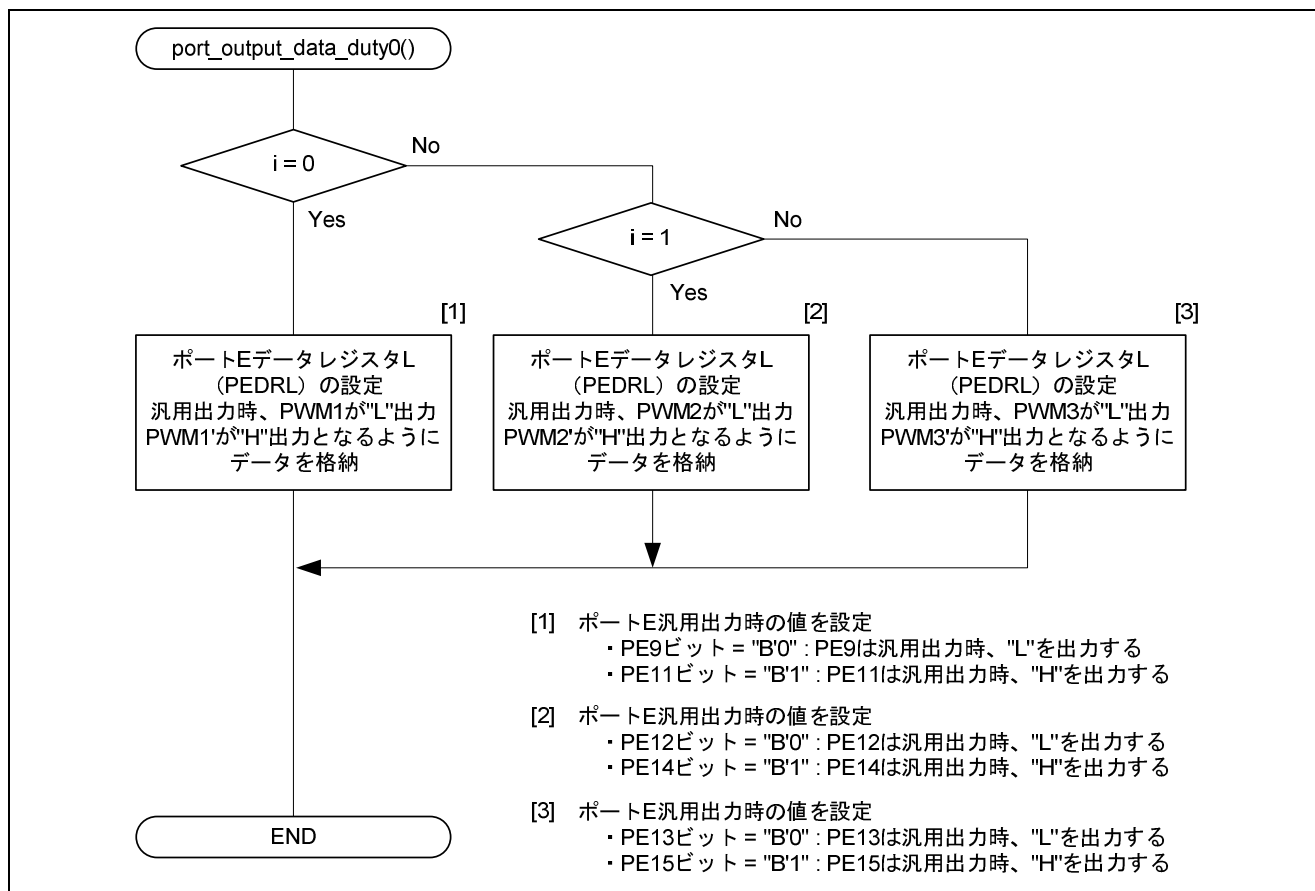


図 16 汎用出力設定（PWM デューティ 0%）

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

2.4.9 汎用出力設定（PWM デューティ 100%）

図 17 に正相でデューティ 100%の PWM 出力をするための、汎用出力設定の処理フローを示します。

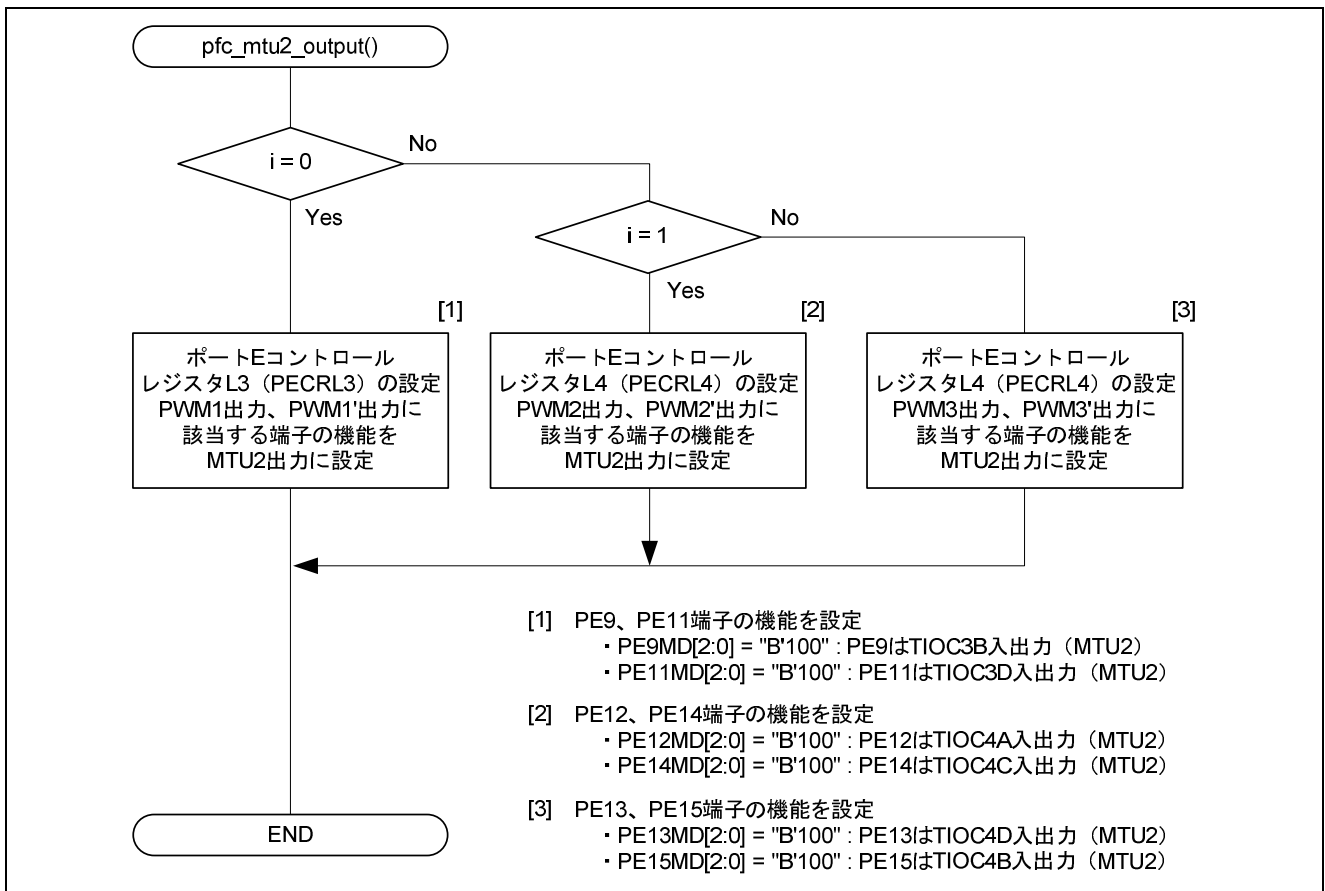


図 17 汎用出力設定（PWM デューティ 100%）

2.4.10 端子機能切り替え（I/O ポート）

図 18 にデューティ 0%、100%の PWM 出力をするために、端子機能を I/O ポートに切り替える処理のフローを示します。

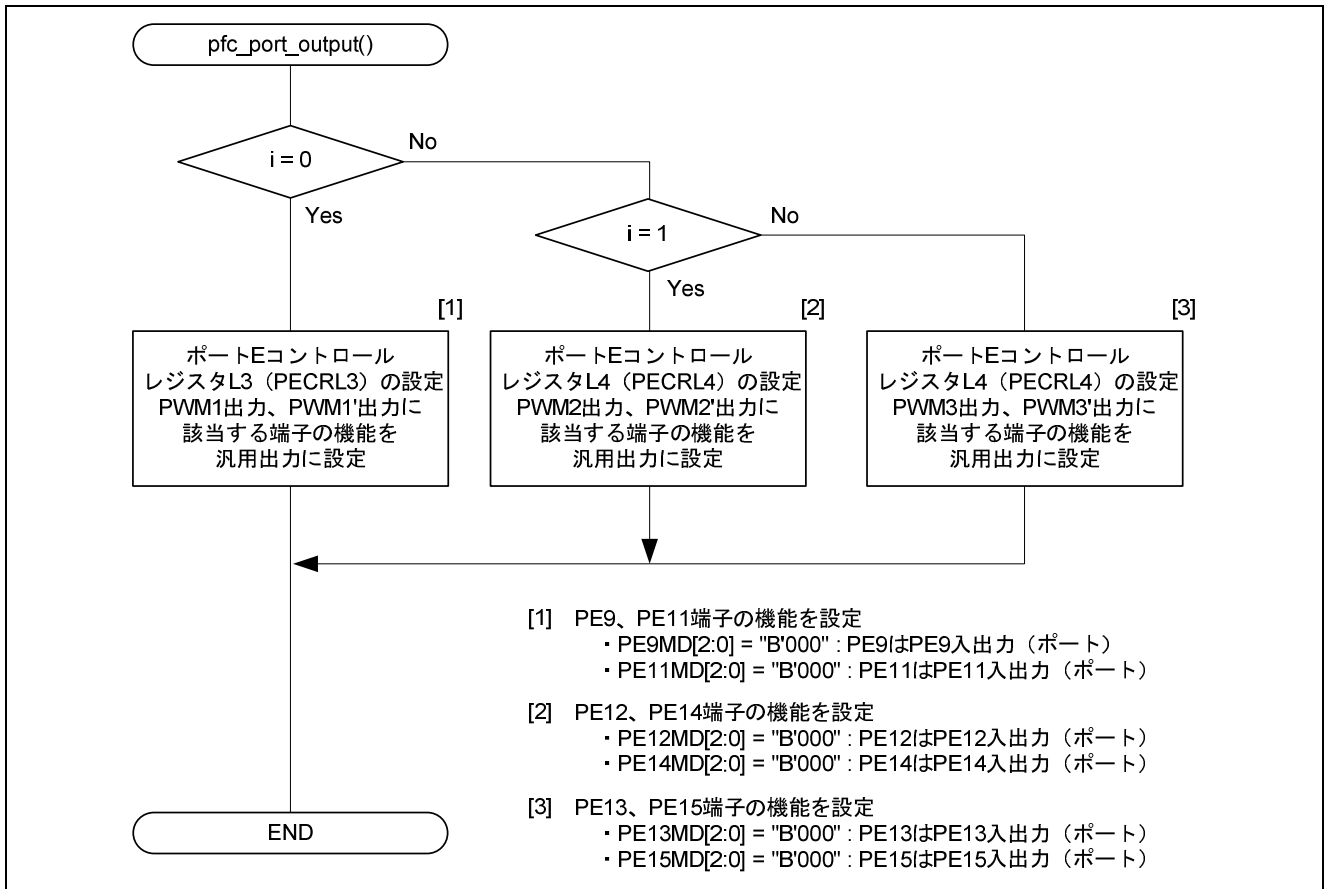


図 18 端子機能切り替え（I/O ポート）

2.4.11 端子機能切り替え（MTU2）

図 19 にデューティ 0%、100%以外の PWM 出力をするために、端子機能を I/O ポートに切り替える処理のフローを示します。

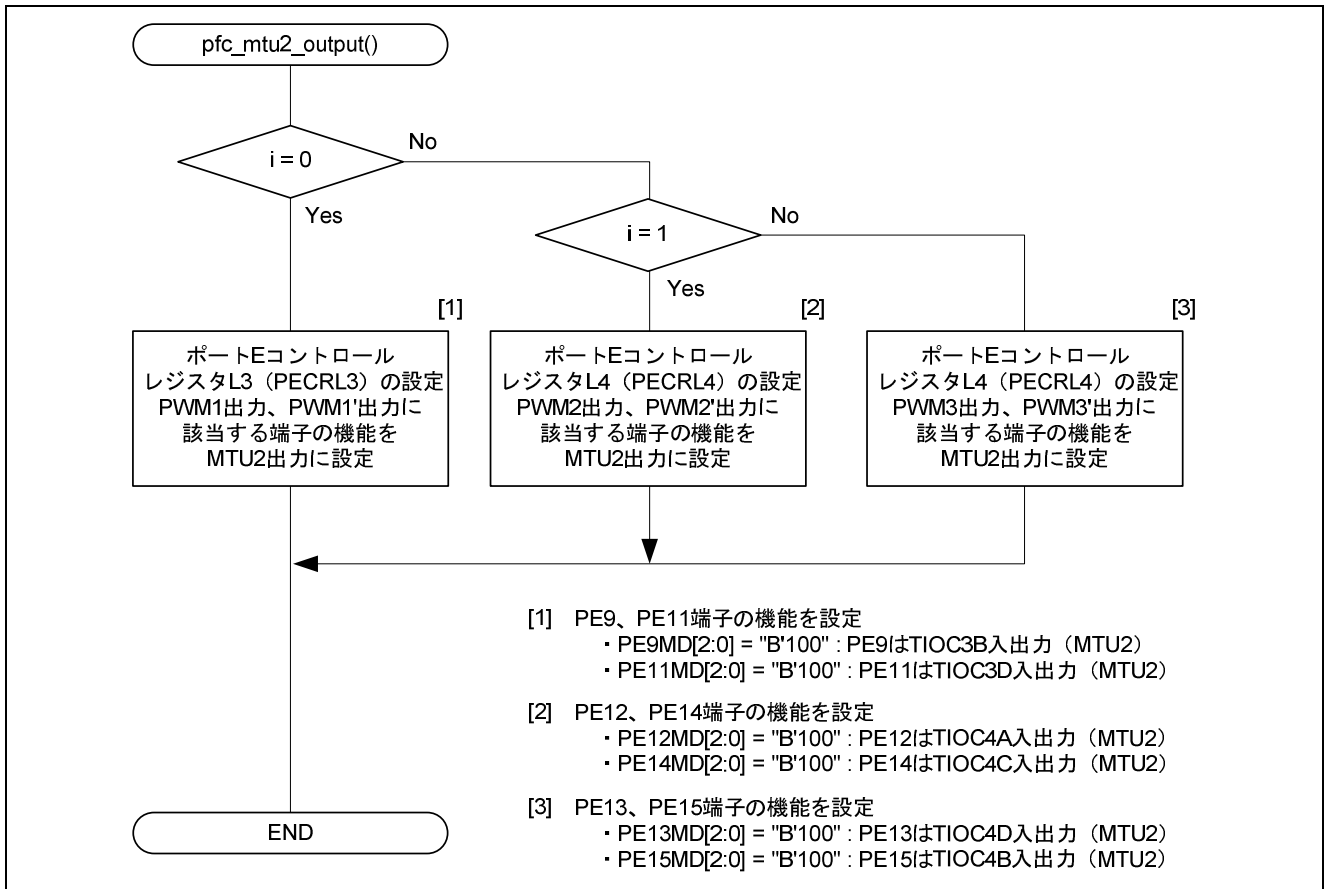


図 19 端子機能切り替え（MTU2）

2.5 参考プログラムの設定

参考プログラムで使用するレジスタの設定値を示します。

2.5.1 クロックパルス発振器（CPG）

表 9 にクロックパルス発振器のレジスタ設定を示します。

表 9 クロックパルス発振器（CPG）

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
周波数制御 レジスタ (FRQCR)	H'FFFE0010	H'0305	クロック出力設定と動作周波数の分周率を指定 STC[1:0] = "B'11" : × 1/4、バスクロック (Bφ) IFC[2:0] = "B'000" : × 1、内部クロック (Iφ) PFC[2:0] = "B'101" : × 1/8、周辺クロック (Pφ)

2.5.2 低消費電力モード

表 10 に低消費電力モードのレジスタ設定を示します。

表 10 低消費電力モード

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
スタンバイ コントロール レジスタ 3 (STBCR3)	H'FFFE0408	H'5E	各モジュールの動作を設定 HIZ = "B'0" : ソフトウェアスタンバイ時に端子状態を保持 MSTP36 = "B'1" : MTU2S へのクロックの供給を停止 MSTP35 = "B'0" : MTU2 は動作 MSTP34 = "B'1" : POE2 へのクロックの供給を停止 MSTP33 = "B'1" : IIC3 へのクロック供給を停止 MSTP32 = "B'1" : ADC0 へのクロック供給を停止 MSTP31 = "B'1" : リザーブビット MSTP30 = "B'0" : フラッシュメモリは動作

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

2.5.3 マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2)

表 11 にマルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2) のレジスタ設定を示します。

表 11 マルチファンクションタイマパルスユニット 2 (MTU2)

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
タイマコントロール レジスタ_3 (TCR_3)	H'FFFE4200	H'21	TCNT の制御内容を設定 CCLR[2:0] = "B'001" : TGRA のコンペアマッチで TCNT をクリア CKEG[1:0] = "B'00" : 立ち上がりエッジでカウント TPSC[2:0] = "B'001" : TCNT は内部クロック Pφ/4 でカウント
タイマコントロール レジスタ_4 (TCR_4)	H'FFFE4201	—	TCNT の制御内容を設定 チャンネル 3 をリセット同期 PWM モードに設定した場合、チャンネル 4 の設定は無効となり自動的にチャンネル 3 の設定内容に従います。レジスタ設定は行わず、初期値のままにしておいてください。
タイマカウンタ_3 (TCNT_3)	H'FFFE4210	H'0000	16 ビットのカウンタ 初期値は"0"に設定する
タイマカウンタ_4 (TCNT_4)	H'FFFE4212	H'0000	16 ビットのカウンタ 初期値は"0"に設定する
タイマジェネラル レジスタ A_3 (TGRA_3)	H'FFFE4218	D'2499	TCNT_3 の上限値を設定 PWM のキャリア周期を設定。動作中の周期の更新は、バッファレジスタで行います。
タイマジェネラル レジスタ C_3 (TGRC_3)	H'FFFE4224		TGRA_3 のバッファレジスタ 初期設定では TGRA_3 レジスタと同じ値を設定
タイマジェネラル レジスタ B_3 (TGRB_3)	H'FFFE421A	D'0 ~ D'2498	PWM 出力 1 のコンペアレジスタ PWM デューティを設定。初期設定値は D'0。動作中の PWM デューティの更新はバッファレジスタで行います。
タイマジェネラル レジスタ D_3 (TGRD_3)	H'FFFE4226		TGRB_3 のバッファレジスタ 初期設定では TGRB_3 レジスタと同じ値を設定
タイマジェネラル レジスタ A_4 (TGRA_4)	H'FFFE421C	D'0 ~ D'2498	PWM 出力 2 のコンペアレジスタ PWM デューティを設定。初期設定値は D'1666。動作中の PWM デューティの更新はバッファレジスタで行います。
タイマジェネラル レジスタ C_4 (TGRC_4)	H'FFFE4228		TGRA_4 のバッファレジスタ 初期設定では TGRA_4 レジスタと同じ値を設定
タイマジェネラル レジスタ B_4 (TGRB_4)	H'FFFE421E	D'0 ~ D'2498	PWM 出力 3 のコンペアレジスタ PWM デューティを設定。初期設定値は D'1666。動作中の PWM デューティの更新はバッファレジスタで行います。
タイマジェネラル レジスタ D_4 (TGRD_4)	H'FFFE422A		TGRB_4 のバッファレジスタ 初期設定では TGRB_4 レジスタと同じ値を設定

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
タイマ アウトプット コントロール レジスタ 1 (TOCR1)	H'FFFE420E	H'43	リセット同期 PWM モード時の出力制御 PSYE = "B'1" : PWM 周期に同期したトグル出力を許可 TOCL = "B'0" : TOCS ビット、OLSN ビット、OLSP ビットへの書き込みを許可 TOCS = "B'0" : TOCR1 の設定を有効にする OLSN = "B'1" : リセット同期 PWM モード時、逆相出力レベルを選択 初期出力 = Low、 アクティブレベル = High OLSP = "B'1" : リセット同期 PWM モード時、正相出力レベルを選択 初期出力 = Low、 アクティブレベル = High
タイマモード レジスタ_3 (TMDR_3)	H'FFFE4202	H'38	動作モードを設定（チャンネル 3） BFB = "B'1" : TGRB と TGRD はバッファ動作 BFA = "B'1" : TGRA と TGRC はバッファ動作 MD[3:0] = "B'1000" : リセット同期 PWM モード
タイマモード レジスタ_4 (TMDR_4)	H'FFFE4203	H'00 (初期値)	動作モードを設定（チャンネル 4） チャンネル 3 をリセット同期 PWM モードに設定した場合、チャンネル 4 の設定は無効となり自動的にチャンネル 3 の設定内容に従います。初期値のままにしてください。 バッファ動作を設定する場合でも TMDR_4 の、BFA、BFB ビットは 0 のままにしてください。
タイマアウトプット マスタイネーブル レジスタ (TOER)	H'FFFE420A	H'FF	MTU2 出力端子の出力設定の許可 / 禁止を設定 OE4D = "B'1" : TIOC4D 端子の MTU2 出力を許可 OE4C = "B'1" : TIOC4C 端子の MTU2 出力を許可 OE3D = "B'1" : TIOC3D 端子の MTU2 出力を許可 OE4B = "B'1" : TIOC4B 端子の MTU2 出力を許可 OE4A = "B'1" : TIOC4A 端子の MTU2 出力を許可 OE3B = "B'1" : TIOC3B 端子の MTU2 出力を許可
タイマインタラプト イネーブル レジスタ_3 (TIER_3)	H'FFFE4208	H'01	割り込み要求の許可、禁止を制御 TGIEA = "B'1" : TGFA ビットによる割り込み要求 (TGIA) を許可
タイマスタート レジスタ (TSTR)	H'FFFE4280	H'40、 H'41	チャンネル 0 ~ 4 の TCNT の動作 / 停止を選択 CST3 = "B'1" : TCNT_3 はカウント動作。 【注】リセット同期 PWM モードでは、TSTR の CST3 ビットを 1 に設定すると、チャンネル 3 の TCNT_3 とチャンネル 4 の TCNT_4 のカウント動作が開始します。チャンネル 4 の TCNT_4 のカウント動作の設定 (CST4 = "B'1") は行わないでください。 TCNT_0 は初期設定ではカウント停止 (CST0 = "B'0")。プログラム中で、動作 (CST0 = "B'1") / 停止します。 TCNT_2、TCNT_1 はカウント停止。

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
タイマコントロール レジスタ_0 (TCR_0)	H'FFFE4300	H'21	TCNT の制御内容を設定 CCLR[2:0] = "B'001" : TGRA のコンペアマッチで TCNT をクリア CKEG[1:0] = "B'00" : 立ち上がりエッジでカウント TPSC[2:0] = "B'001" : TCNT は内部クロック Pφ/4 でカウント
タイマ カウンタ_0 (TCNT_0)	H'FFFE4306	H'0000	16 ビットのカウンタ 初期値は"0"に設定する
タイマジェネラル レジスタ A_0 (TGRA_0)	H'FFFE4308	D'2499	チャンネル 0 リセット要因のコンペアレジスタ。 TGRA_3 と同じ値に設定します。
タイマジェネラル レジスタ B_0 (TGRB_0)	H'FFFE430A	D'2469	端子機能切り替え処理をするタイミングを設定するコンペアレジスタ。 割り込み応答時間、命令の必要サイクル数、周辺モジュールレジスタへのアクセスサイクル数を考慮して、値を設定します。
タイマモード レジスタ_0 (TMDR_0)	H'FFFE4301	H'00	動作モードを設定（チャンネル 0） BFB = "B'0" : TGRB と TGRD は通常動作 BFA = "B'0" : TGRA と TGRC は通常動作 MD[3:0] = "B'0000" : ノーマルモード
タイマインタラプト イネーブル レジスタ_0 (TIER_0)	H'FFFE4304	H'03	割り込み要求の許可、禁止を制御 TGIEB = "B'1" : TGFB ビットによる割り込み要求 (TGIB) を許可 TGIEA = "B'1" : TGFA ビットによる割り込み要求 (TGIA) を許可

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

2.5.4 割り込みコントローラ（INTC）

表 12 に割り込みコントローラ（INTC）のレジスタ設定を示します。

表 12 割り込みコントローラ（INTC）

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
割り込み優先レベル 設定レジスタ 9 (IPR09)	H'FFFE0C08	H'F000	割り込みの優先順位（レベル 0～15）を設定 Bit 15-12 = "B'1111" : MTU2 (TGIA_0～TGID_0) 割り込みレベル=15。 Bit 11-8 = "B'0000" : MTU2 (TCIV_0, TGIE_0, TGIF_0) 割り込みレベル=0。 Bit 7-4 = "B'0000" : MTU2 (TGIA_1, TGIB_1) 割り込みレベル=0。 Bit 3-0 = "B'0000" : MTU2 (TCIV_1, TCIU_1) 割り込みレベル=0。
割り込み優先レベル 設定レジスタ 10 (IPR10)	H'FFFE0C08	H'00E0	割り込みの優先順位（レベル 0～15）を設定 Bit 15-12 = "B'0000" : MTU2 (TGIA_2, TGIB_2) 割り込みレベル=0。 Bit 11-8 = "B'0000" : MTU2 (TCIV_2, TCIU_2) 割り込みレベル=0。 Bit 7-4 = "B'1110" : MTU2 (TGIA_3～TGID_3) 割り込みレベル=14。 Bit 3-0 = "B'0000" : MTU2 (TCIV_3) 割り込みレベル=0。

SH7216 グループ MTU2 正相・逆相の三相 PWM 出力機能（リセット同期 PWM モード）

2.5.5 ピンファンクションコントローラ（PFC）

表 13 にピンファンクションコントローラ（PFC）のレジスタ設定を示します。

表 13 ピンファンクションコントローラ（PFC）

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
ポート E コントロール レジスタ L4 (PECRL4)	H'FFFE3A10	H'xxxx	ポート E のマルチプレクス端子の機能を設定。 初期設定値は、 <ul style="list-style-type: none"> • PE15MD[2:0] = "B'100" : PE15 は、TIOC4D 入出力 (MTU2) • PE14MD[2:0] = "B'100" : PE14 は、TIOC4C 入出力 (MTU2) • PE13MD[2:0] = "B'100" : PE13 は、TIOC4B 入出力 (MTU2) • PE12MD[2:0] = "B'100" : PE12 は、TIOC4A 入出力 (MTU2) プログラム中で各ビットは、初期設定値と次の値を行き来する。 <ul style="list-style-type: none"> • PE15MD[2:0] = "B'000" : PE15 は、PE15 入出力 (ポート) • PE14MD[2:0] = "B'000" : PE14 は、PE14 入出力 (ポート) • PE13MD[2:0] = "B'000" : PE13 は、PE13 入出力 (ポート) • PE12MD[2:0] = "B'000" : PE12 は、PE12 入出力 (ポート)
ポート E コントロール レジスタ L3 (PECRL3)	H'FFFE3A12	H'x0x4	ポート E のマルチプレクス端子の機能を設定。 初期設定値は、 <ul style="list-style-type: none"> • PE11MD[2:0] = "B'100" : PE11 は、TIOC3D 入出力 (MTU2) • PE10MD[2:0] = "B'000" : PE10 は、PE10 入出力 (ポート) • PE9MD[2:0] = "B'100" : PE9 は、TIOC3B 入出力 (MTU2) • PE8MD[2:0] = "B'100" : PE8 は、TIOC3A 入出力 (MTU2) プログラム中で各ビットは、初期設定値と次の値を行き来する。 <ul style="list-style-type: none"> • PE11MD[2:0] = "B'100" : PE11 は、PE11 入出力 (ポート) • PE10MD[2:0] = "B'100" : PE10 は、PE10 入出力 (ポート)
ポート E・ IO レジスタ L (PEIORL)	H'FFFE3886	H'FB00	ポート E の端子の入出力方向を設定 <ul style="list-style-type: none"> • PE15IOR = "B'1" : PE15 は、出力端子 • PE14IOR = "B'1" : PE14 は、出力端子 • PE13IOR = "B'1" : PE13 は、出力端子 • PE12IOR = "B'1" : PE12 は、出力端子 • PE11IOR = "B'1" : PE11 は、出力端子 • PE9IOR = "B'1" : PE9 は、出力端子 • PE8IOR = "B'1" : PE8 は、出力端子 その他すべて"B'0"に設定：すべて入力端子

2.5.6 I/O ポート

表 14 に I/O ポートのレジスタ設定を示します。

表 14 I/O ポート

レジスタ名	アドレス	設定値	機能
ポート B データ レジスタ L (PBDRL)	H'FFFE3882	H'xx00	<p>ポート B の汎用出力端子の出力値を設定。</p> <p>PWM1 出力のデューティが 0% のとき</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE11DR = "B'1" : PE11 は、"H"出力 • PE9DR = "B'0" : PE9 は、"L"出力 <p>PWM1 出力のデューティが 100% のとき</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE11DR = "B'0" : PE11 は、"L"出力 • PE9DR = "B'1" : PE9 は、"H"出力 <p>PWM2 出力のデューティが 0% のとき</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE11DR = "B'1" : PE14 は、"H"出力 • PE9DR = "B'0" : PE12 は、"L"出力 <p>PWM2 出力のデューティが 100% のとき</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE11DR = "B'0" : PE14 は、"L"出力 • PE9DR = "B'1" : PE12 は、"H"出力 <p>PWM3 出力のデューティが 0% のとき</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE11DR = "B'1" : PE15 は、"H"出力 • PE9DR = "B'0" : PE13 は、"L"出力 <p>PWM3 出力のデューティが 100% のとき</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE11DR = "B'0" : PE15 は、"L"出力 • PE9DR = "B'1" : PE13 は、"H"出力

3. 参考ドキュメント

ハードウェアマニュアル

SH7216 グループ ハードウェアマニュアル [RJJ09B0575]

（最新版はルネサス エレクトロニクスのホームページから入手してください）

ソフトウェアマニュアル

SH-2A/SH2A-FPU ソフトウェアマニュアル [RJJ09B0086]

（最新版はルネサス エレクトロニクスの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/>

お問い合わせ先

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

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	2010.09.07	—	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っていると、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て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、海中継機器、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。



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・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>