

# RX23T グループ

R01AN3669JJ0100

Rev.1.00

## モータ制御機能移行ガイド (RX210, RX62T, RX63T ⇒ RX23T)

2017.03.09

### 要旨

RX210、RX62T、RX63T から RX23T にモータ制御機能を移行するにあたり、ハードウェア及びソフトウェアに関していくつかの留意点があります。

ハードウェアに関する留意点を「1 端子設計の留意点」で説明します。また、ソフトウェアに関する留意点を「2 機能設定の留意点」で説明します。

レジスタ相違点については、別冊アプリケーションノート「RX23T グループと RX62T グループの相違点 R01AN2823JJxxxx\*1」を参照ください。（\*1: xxxx はレビジョン番号です。最新レビジョン資料を参照下さい）

本アプリケーションノートは、64 ピン製品を対象としております。

### 動作確認デバイス

RX23T

### 目次

1. 端子設計の留意点 .....	3
1.1 クロック .....	3
1.1.1 発振器端子 .....	3
1.2 VCL 端子 (外付け容量) .....	3
1.3 PLLVCC 端子 .....	3
1.4 12 ビット A/D コンバータ .....	3
1.4.1 AD 入力端子 .....	3
1.4.2 ADST ビットの状態出力端子 .....	5
1.4.3 AD 変換入力クロック .....	5
1.4.4 チャンネル専用サンプル&ホールド機能使用可能端子 .....	5
1.4.5 グループ A 優先制御指定可能端子 .....	5
1.5 タイマ .....	6
1.5.1 PWM 出力端子 .....	6
1.5.2 A/D 変換開始要求フレーム同期信号出力端子 .....	7
1.6 保護機能 .....	7
1.6.1 POE 入力端子 .....	7
1.6.2 LVD 入力端子 .....	10
1.6.3 コンパレータ入力端子 .....	10
2. 機能設定の留意点 .....	11
2.1 クロック .....	11
2.1.1 メインクロック発振器 .....	11
2.1.2 メモリウェイト .....	12
2.2 ポート設定 .....	13
2.3 AD 変換 .....	14
2.3.1 1 シャント電流検出 .....	14
2.3.2 3 シャント電流検出 .....	15

2.3.3	母線電圧	16
2.3.4	チャンネル専用サンプル&ホールド機能	16
2.3.5	グループ A 優先制御	17
2.3.6	AD 変換状態出力 (ADST ビットの状態出力)	17
2.4	タイマ (MTU)	18
2.4.1	相補 PWM	18
2.4.2	タイマ A/D 変換開始要求	19
2.4.3	A/D 変換開始要求フレーム同期信号出力	20
2.5	保護機能	21
2.5.1	POE	21
2.5.2	LVD	22
2.5.3	コンパレータリファレンス電圧	24
3.	相違点	25
3.1	機能比較表	25
4.	サンプルコード	36
4.1	要旨	36
4.2	開発・動作確認環境	38
4.3	周辺機能	39
4.4	サンプルコード仕様	41
4.5	ハードウェア説明	43
4.5.1	使用端子一覧	43
4.6	ソフトウェア説明	44
4.6.1	動作概要	44
4.6.2	ファイル構成	46
4.6.3	定数一覧	47
4.6.4	変数一覧	48
4.6.5	関数一覧	49
4.7	フローチャート	50
4.7.1	起動処理	50
4.7.2	メイン処理	53
4.7.3	割込み処理	54
4.7.4	PWM 出力 Duty 設定処理	56

## 1. 端子設計の留意点

### 1.1 クロック

#### 1.1.1 発振器端子

RX23T のメインクロック周波数は、1MHz～20MHz です。

RX210、RX62T、RX63T からの移行の場合は、移行前の設定で使用可能です。

各マイコンのメインクロック周波数範囲は以下となります。

	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
メインクロック 周波数	1MHz～20MHz	8MHz～12.5MHz	4MHz～16MHz	1MHz～20MHz

### 1.2 VCL 端子（外付け容量）

RX210、RX62T、RX63T の VCL 端子に接続する内部電源安定用の平滑コンデンサは  $0.1\mu\text{F}$ 、RX23T の VCL 端子に接続する内部電源安定用の平滑コンデンサは  $4.7\mu\text{F}$  を使用してください。

また、コンデンサは、VCL 端子の近くに配置してください。

### 1.3 PLLVCC 端子

RX62T 搭載時の PLLVCC（ピン番号 20）-PLLSS（ピン番号 22）端子間には、 $22\mu\text{F}$  のバイパスコンデンサを挿入してください。RX23T は PLLVCC 端子はありません。

RX23T 搭載時の VCC（ピン番号 20）-VSS（ピン番号 22）端子間には、端子間には、 $0.1\mu\text{F}$  のバイパスコンデンサを挿入してください。

これらのバイパスコンデンサは、できる限り電源端子の近くに配置し、且つ、最短距離、且つできる限り太いパターンを使用して接続してください。

### 1.4 12 ビット A/D コンバータ

移行前の各マイコンにて AD 入力端子を最大 10 チャンネル使用しているソフトウェアを、RX23T に移行する場合の留意点について、以下に説明します。

#### 1.4.1 AD 入力端子

RX23T は 12 ビット A/D コンバータを 1 ユニット内蔵しており、アナログ入力端子は、AN000～AN007、AN016、AN017 の 10 チャンネルです。

RX210 からの移行の場合、AN008～AN013 端子は、RX23T の AN000～AN007 端子及び AN016 端子、AN017 端子の使用しない端子へ割り当てを変更してください。端子で使用可能な機能に相違点がありますのでご注意ください。

RX62T からの移行の場合、AN000～AN003 端子は、RX23T の AN000～AN003 端子をそのまま使用できます。AN100～AN103 端子は、RX23T の AN004～AN007 端子及び AN016 端子、AN017 端子へ割り当てを変更してください。端子で使用可能な機能に相違点がありますのでご注意ください。

RX63T からの移行の場合、AN000～AN007 端子は、RX23T の AN000～AN007 端子をそのまま使用できます。

## RX23T グループ モーター制御機能移行ガイド (RX210, RX62T, RX63T ⇒ RX23T)

各マイコンの 12 ビット A/D コンバータ入力端子の端子割り当ての一覧を以下に示します。

端子機能	割り当て端子			
	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
AN000	P40	P40	P40	P40
AN001	P41	P41	P41	P41
AN002	P42	P42	P42	P42
AN003	P43	P43	P43	P43
AN004	P44	—	P44	P44
AN005	—	—	P45	P45
AN006	P46	—	P46	P46
AN007	—	—	P47	P47
AN008	PE0	—	—	—
AN009	PE1	—	—	—
AN010	PE2	—	—	—
AN011	PE3	—	—	—
AN012	PE4	—	—	—
AN013	PE5	—	—	—
AN016	—	—	—	P11
AN017	—	—	—	P10
AN100	—	P44	—	—
AN101	—	P45	—	—
AN102	—	P46	—	—
AN103	—	P47	—	—

#### 1.4.2 ADST ビットの状態出力端子

RX23T では、ADST ビットの状態出力端子機能が拡張されています。

ADST ビット (A/D 変換スタートビット) は、A/D 変換の停止 (0) / 開始 (1) を示すビットです。下記の端子にて、AD 変換の状態を確認することかできます。

[P02/ADST0 端子、PD6/ADST0 端子]

ADST ビット変化条件の詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「12 ビット A/D コンバータ (S12ADE)」を参照してください。

#### 1.4.3 AD 変換入力クロック

RX210、RX63T、RX23T の A/D 変換クロック (ADCLK) は、周辺モジュールクロック (S12AD 用クロック) (PCLKD) です。

RX62T には周辺モジュールクロック D (PCLKD) は存在しませんので、RX23T へ移行時に周辺モジュールクロック D (PCLKD) の設定が必要です。

#### 1.4.4 チャンネル専用サンプル&ホールド機能使用可能端子

RX210、RX63T、RX23T では AN000～AN002 でチャンネル専用サンプル&ホールド機能を使用できます。

RX62T で S12AD0 のチャンネル 0～2 (AN000～AN002) 及び S12AD1 のチャンネル 0～2 (AN100～AN102) の両方でチャンネル専用サンプル&ホールド機能を使用している場合、RX23T では S12AD1 のチャンネル 0～2 (AN100～AN102) のチャンネル専用サンプル&ホールド機能を使用できません。

#### 1.4.5 グループ A 優先制御指定可能端子

RX23T では AN000～AN007、AN016,AN017 でグループ A 優先制御指定ができます。

グループスキャンモードの基本動作では、グループ A、もしくはグループ B の A/D 変換動作中に他方のトリガ入力があっても無視されますが、グループ A 優先制御を指定した場合、グループ B の A/D 変換動作中にグループ A のトリガ入力があった場合、グループ B の A/D 変換動作を中断して、グループ A の A/D 変換動作を行います。

RX63T はグループ A 優先制御指定できます。RX210、RX62T は本機能がないため指定できません。

## 1.5 タイマ

移行前の各マイコンにて、マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU) の相補 PWM モードを使用して 1 モータの PWM 出力制御をしているソフトウェアを移行する場合の留意点を以下に説明します。

### 1.5.1 PWM 出力端子

相補 PWM モード時の PWM 出力端子は、RX210 からの移行の場合は、端子の割り当てを変更してください。

RX62T、RX63T からの移行の場合、RX23T でも同様の端子を使用できます。

相補 PWM モード時の PWM 出力端子は以下となります。

チャンネル	出力端子	説明
MTU3	MTIOC3B	PWM 出力端子 1
	MTIOC3D	PWM 出力端子 1' (PWM 出力 1 の逆相波形出力)
MTU4	MTIOC4A	PWM 出力端子 2
	MTIOC4C	PWM 出力端子 2' (PWM 出力 2 の逆相波形出力)
	MTIOC4B	PWM 出力端子 3
	MTIOC4D	PWM 出力端子 3' (PWM 出力 3 の逆相波形出力)

また、各マイコンの相補 PWM モード時の PWM 出力端子のポート割り当ての一覧を以下に示します。

チャンネル	出力端子	割り当てポート			
		RX210 (TFLGA・LQFP 共に同様)	RX62T	RX63T	RX23T
MTU3	MTIOC3B	P17/PC5/PB7	P71	P71	P71
	MTIOC3D	P16/PC4/PB6	P74	P74	P74
MTU4	MTIOC4A	PA0/PB3/PE2	P72	P72	P72
	MTIOC4C	PB1/PE5/PE1	P75	P75	P75
	MTIOC4B	P30/P54/PC2/PE3	P73	P73	P73
	MTIOC4D	P31/P55/PC3/PE4	P76	P76	P76

### 1.5.2 A/D 変換開始要求フレーム同期信号出力端子

RX23T では A/D 変換開始要求フレーム同期信号出力端子機能が拡張されています。

A/D 変換開始要求フレーム同期信号は、A/D 変換開始要求信号の発生タイミングを外部端子でモニタすることができる信号です。下記の端子にて、A/D 変換開始要求信号の発生タイミングを確認することができます。

[PB2/ADSM0 端子]

マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU) の A/D 変換開始要求選択レジスタ 0 (TADSTRGR0) でモニタしたい A/D 変換要求信号を選択すると、A/D 変換開始要求信号の発生タイミングで ADSM0 端子を High、A/D 変換開始要求信号発生に使用したタイマ周期で ADSM0 端子を Low 出力とするパルス信号を出力します。

## 1.6 保護機能

### 1.6.1 POE 入力端子

移行前の各マイコンにて、マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU) の相補 PWM モードを使用して 1 モータの PWM 出力制御をしており、且つ POE0#端子入力をしているソフトウェアを移行する場合の留意点を以下に説明します。

RX210 からの移行の場合、POE0#端子の割り当てを変更してください。

RX62T、RX63T からの移行の場合、POE0#端子は RX23T と同様の端子を使用できます。

各マイコンの POE 入力端子の端子割り当ての一覧を以下に示します。

入力端子	割り当てポート			
	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
POE0#	PC4	P70	P70	P70
POE1#	PB5	—	—	—
POE2#	PA6	—	—	—
POE3#	PB3	—	—	—
POE8#	P30/P17/PE3	PB4	PB4	PB4
POE10#	—	PE2	PE2	PE2
POE11#	—	—	PB5	—

なお、RX210 の場合、POE によるハイインピーダンス制御は、端子がポートモードレジスタ (PMR) によって MTU の該当端子に選択されている場合のみ機能します。汎用入出力ポートに選択されている場合は、ハイインピーダンス制御されません。

RX62T、RX63T、RX23T の場合、POE によるハイインピーダンス制御は、端子のポートモードレジスタ (PMR) の設定にかかわらずハイインピーダンス制御されます。

各マイコンにて POE 検出した場合のハイインピーダンス対象端子の一覧を以下に示します。

POE 検出	ハイインピーダンス対象端子			
	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
POE0	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、MTIOC3D、 MTIOC4A、MTIOC4B、 MTIOC4C、MTIOC4D)	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、MTIOC3D、 MTIOC4A、MTIOC4C、 MTIOC4B、MTIOC4D) (注 1)	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、MTIOC3D、 MTIOC4A、 MTIOC4C、MTIOC4B、 MTIOC4D、 または、 (MTIOC6B、MTIOC6D、 MTIOC7A、 MTIOC7C、MTIOC7B、 MTIOC7D) (注 2)	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、 MTIOC3D、MTIOC4A、 MTIOC4B、MTIOC4C、 MTIOC4D) (注 3)
POE1	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、MTIOC3D、 MTIOC4A、MTIOC4B、 MTIOC4C、MTIOC4D)	—	—	—
POE2	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、MTIOC3D、 MTIOC4A、MTIOC4B、 MTIOC4C、MTIOC4D)	—	—	—
POE3	MTU 相補 PWM 出力端子 (MTIOC3B、MTIOC3D、 MTIOC4A、MTIOC4B、 MTIOC4C、MTIOC4D)	—	—	—
POE8	MTU0 出力端子 (MTIOC0A、MTIOC0B、 MTIOC0C、MTIOC0D)	MTU0 の端子 (MTIOC0A-A、 MTIOC0A-B、 MTIOC0B-A、 MTIOC0B-B、MTIOC0C、 MTIOC0D) (注 4)	MTU0 の端子 (MTIOC0A、TIOC0B、 MTIOC0C、MTIOC0D) (注 4)	MTU0 の端子 (MTIOC0A、 MTIOC0B、MTIOC0C、 MTIOC0D) (注 5)
POE10	—	GPT0、GPT1 の端子 (GTIOC0A-B、 GTIOC0B-B、 GTIOC1A-B、 GTIOC1B-B、 GTIOC2A-B) (注 6)	GPT0、GPT1 の端子 (GTIOC0A、GTIOC0B、 GTIOC1A、GTIOC1B) (注 6)	(注 7)
POE11	—	—	GPT2、GPT3 の端子 (GTIOC2A、GTIOC2B、 GTIOC3A、GTIOC3B) (注 8)	—

- 注 1. レジスタの設定によって MTU 相補 PWM 出力端子 (MTU6、MTU7 端子)、MTU0 端子、GPT 端子もハイインピーダンス状態にできます。
- 注 2. レジスタの設定によって MTU0 端子、GPT 端子もハイインピーダンス状態にできます。
- 注 3. レジスタの設定によって MTU0 端子もハイインピーダンス状態にできます。
- 注 4. レジスタの設定によって MTU 相補 PWM 出力端子 (MTU3、MTU4 端子および MTU6、MTU7 端子)、GPT 端子もハイインピーダンス状態にできます。
- 注 5. レジスタの設定によって MTU 相補 PWM 出力端子 (MTU3、MTU4 端子) もハイインピーダンス状態にできます。
- 注 6. レジスタの設定によって MTU 相補 PWM 出力端子 (MTU3、MTU4 端子および MTU6、MTU7 端子)、MTU0 端子、GPT2 端子、GPT3 端子もハイインピーダンス状態にできます。
- 注 7. レジスタの設定によって MTU 相補 PWM 出力端子 (MTU3、MTU4 端子)、MTU0 端子をハイインピーダンス状態にできます。
- 注 8. レジスタの設定によって MTU 相補 PWM 出力端子 (MTU3、MTU4 端子または MTU6、MTU7 端子)、MTU0 端子、GPT0 端子、GPT1 端子もハイインピーダンス状態にできます。

## 1.6.2 LVD 入力端子

電圧検出回路 (LVD) の入力端子は RX210、RX62T、RX63T、RX23T 共に VCC 端子です。

## 1.6.3 コンパレータ入力端子

RX23T には、RX210 のコンパレータ A、コンパレータ B で使用するコンパレータ検出入力端子 CMPA1、CMPA2、CMPB0、CMPB1、基準電圧設定基準入力端子 CVREFA、CVREFB0、CVREFB1 は存在しません。

RX23T ではコンパレータ検出入力端子 CMPC00~02、CMPC10~12、CMPC20~22、内部基準電圧 (AVCC0)、基準電圧設定基準入力端子 CVREFC0、CVREFC1、内蔵 D/A コンバータの出力電圧に変更が必要です。

RX23T には、RX62T、RX63T のコンパレータで使用する基準電圧設定基準入力端子 CVREFL、CVREFH は存在しません。また、RX23T では AN000~AN002、AN100~AN102 の端子機能をコンパレータ検出入力端子に、AVCC0 を基準電圧設定基準入力端子の使用できません。

RX23T ではコンパレータ検出入力端子 CMPC00~02、CMPC10~12、CMPC20~22 内部基準電圧 (AVCC0)、基準電圧設定基準入力端子 CVREFC0、CVREFC1、内蔵 D/A コンバータの出力電圧に変更が必要です。

また、コンパレータ検出入力端子として AN000~AN002、AN100~AN102 の割り当て端子を使用する場合、CMPC00~02、CMPC10~12、CMPC20~22 への端子機能設定が必要です。

各マイコンのコンパレータで使用する入力端子を以下に示します。

種類	RX210		RX62T		RX63T		RX23T	
	端子	割り当てポート	端子	割り当てポート	端子	割り当てポート	端子	割り当てポート
コンパレータ 検出入力 端子	CMPA1	PE3	AN000	P40	AN000	P40	CMPC00 (AN000)	P40
	CMPA2	PE4	AN001	P41	AN001	P41	CMPC01 (AN003)	P43
	CMPB0	PE1	AN002	P42	AN002	P42	CMPC02 (AN006)	P46
	CMPB1	PA3	AN100	P44	—	—	CMPC10 (AN001)	P41
	—	—	AN101	P45	—	—	CMPC11 (AN004)	P44
	—	—	AN102	P46	—	—	CMPC12/CMPC22 (AN007)	P47
	—	—	—	—	—	—	CMPC20 (AN002)	P42
	—	—	—	—	—	—	CMPC21 (AN005)	P45
	—	—	—	—	—	—	AVCC0 (内部基準電圧)	(57Pin)
基準電圧 設定基準 入力端子	CVREFA	PA1	CVREFL	P43	CVREFL	P43	CVREFC0 (AN016)	P11
	CVREFB0	PE2	CVREFH	P47	CVREFH	P47	CVREFC1 (AN017)	P10
	CVREFB1	PA4	3ビット D/A コン バータの 出力電圧	—	3ビット D/A コン バータの 出力電圧	—	内蔵 8 ビット D/A コ ンバータの出力電 圧	—

注 1. カッコ内はアナログ兼用端子

## 2. 機能設定の留意点

### 2.1 クロック

#### 2.1.1 メインクロック発振器

RX210、RX62T、RX63T、RX23T 共にメインクロック発振器へクロックを供給する方法には、発振子を接続する方法と外部クロックを入力する方法があります。

RX62T、RX63T からの移行の場合、RX62T、RX63T ではレジスタによるメインクロック発振器の発振源を切り替えはできませんでしたが、RX23T ではメインクロック発振器強制発振コントロールレジスタ (MOFCR) の MOSEL ビット (メインクロック発振器切り替えビット) の設定により発信源の切り替えができます。

RX210 からの移行の場合、メインクロック発振器の発振源を切り替える場合は、RX23T でも同様にメインクロック発振器強制発振コントロールレジスタ (MOFCR) の MOSEL ビット (メインクロック発振器切り替えビット) の設定が必要です。

RX62T では、システムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLK) へのクロックソースは、メインクロック発振器となります。

RX23T では、RX210、RX63T と同様にシステムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLK) などへのクロックソースを、メインクロック発振器またはオンチップオシレータクロックから選択することができます。

RX23T のクロックソースの選択は、システムクロックコントロールレジスタ 3 (SCKCR3) の CKSEL[2:0] ビット (クロックソース選択ビット) にて設定します。

RX210、RX63T、RX23T のクロックソースとして使用可能なオンチップオシレータクロックの発振周波数は以下となります。

	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
高速オンチップオシレータ (HOCO)	32MHz/36.864MHz /40MHz/50MHz	—	—	32MHz
低速オンチップオシレータ (LOCO)	125KHz	—	125KHz	4MHz

RX23T では、システムクロック (ICLK) の設定により、メモリウェイトサイクル設定レジスタ (MEMWAIT) の MEMWAIT ビット (メモリウェイトサイクル設定ビット) の設定が必要です。

RX62T では、各周辺モジュールへ供給される周辺モジュールクロック (PCLK) は 1 つのみでしたが、RX23T では、RX210、RX63T と同様に周辺モジュールクロックが拡張されています。

RX23T での周辺モジュールクロックの用途は以下となります。

周辺モジュールクロックの種類	用途
周辺モジュールクロック A (PCLKA)	マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU) 用
周辺モジュールクロック B (PCLKB)	マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU)、 12 ビット A/D コンバータ (S12AD) 以外の周辺クロック用
周辺モジュールクロック D (PCLKD)	12 ビット A/D コンバータ (S12AD) 用

RX62T では、システムクロック (ICLK) と共に周辺モジュールクロック (PCLK) の分周をシステムクロックコントロールレジスタ (SCKCR) の ICK[3:0]、PCK[3:0] にて設定しますが、RX23T ではシステムクロック (ICLK) と共に周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKD) の分周を、周辺モジュールクロックシステムクロックコントロールレジスタ (SCKCR) の ICK[3:0]、PCKA[3:0]、PCKB[3:0]、PCKD[3:0] にて設定します。

詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「クロック発生回路」を参照してください。

### 2.1.2 メモリウェイト

RX23T では、システムクロック (ICLK) の設定により、メモリウェイトサイクル設定レジスタ (MEMWAIT) の MEMWAIT ビット (メモリウェイトサイクル設定ビット) の設定が必要です。

メモリウェイトサイクル設定レジスタ (MEMWAIT) は、ROM のウェイトサイクルの制御を行います。

MEMWAIT ビットの設定条件として、システムクロック (ICLK) に 32MHz より高周波数のクロックを選択した場合、MEMWAIT ビット=0 (ウェイトなし) は選択禁止です。

また、システムクロック (ICLK) に 32MHz 以下の周波数のクロックを選択した場合、MEMWAIT ビット=1 (ウェイトあり) にする必要はありません。

MEMWAIT ビットの設定制約の詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「クロック発生回路」を参照してください。

MEMWAIT ビットの設定制約を以下に示します。

MEMWAIT ビット	動作電力制御状態		
	高速動作モード		中速動作モード
	ICLK ≤ 32MHz	ICLK > 32MHz	
0	設定可	設定禁止	設定可
1	設定可	設定可	設定禁止

## 2.2 ポート設定

RX23T では、I/O ポートは、汎用入出力ポートと周辺機能の入出力、または割り込み入力端子として機能します。

各ポートは、周辺モジュールの入出力端子や、割り込み入力端子と兼用となっています。リセット直後は入力ポートになっていますが、レジスタの設定により機能が切り替わります。各ポートの設定は、I/O ポート及びレジスタ、及び内蔵周辺モジュールのレジスタの設定によって決まります。

RX23T では、RX210、RX63T と同様にマルチファンクションピンコントローラ (MPC) の端子機能制御レジスタ、及び I/O ポートのポートモードレジスタ (PMR) の設定によりポートの機能設定を行います。RX62T では、出力ポートの機能は各機能にて優先順位を決定しており、入力ポートは入力設定したすべての機能に信号伝達します。

RX23T での各ポートに設定可能な機能の詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「マルチファンクションピンコントローラ (MPC)」を参照してください。

## 2.3 AD 変換

### 2.3.1 1 シャント電流検出

タイマカウンタの山から谷の期間または谷から山の期間の任意の 2 ヶ所にて AD 変換を行う為に必要な設定を以下に示します。

なお、シャント電流検出は他の AD 変換より優先的に実施する必要がある為、スキャンモードはグループ スキャンモード、シャント電流アナログ入力をグループ A、グループ A 優先制御機能有効、AD 変換トリガをダブルトリガモードとします。

- ① A/D コントロールレジスタ (ADCSR) の スキャンモード選択ビット (ADCS[1:0]) で「01b : グループ スキャンモード」を設定します。
- ② A/D コントロールレジスタ (ADCSR) のダブルトリガモード選択ビット (DBLE) の「1 : ダブルトリガモード選択」を設定し、ダブルトリガ対象チャンネル選択ビット (DBLANS [4:0]) でダブルトリガ対象のアナログ入力を 1 チャンネル選択します。
- ③ A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) の A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSA[5:0]) でグループ A の A/D 変換開始トリガを「001011b:MTU4.TADCORA と MTU4.TCNT のコンペアマッチ、または、MTU4.TADCORB と MTU4.TCNT のコンペアマッチ」に設定します。
- ④ A/D コントロールレジスタ (ADCSR) のトリガ開始許可ビット (TRGE) を「1 : 同期、非同期トリガによる A/D 変換の開始を許可」に設定します。
- ⑤ MTU4 のタイマ A/D 変換開始要求周期設定バッファレジスタ (TADCOBRA,TADCOBRB) に AD 変換開始要求を行うカウンタ値を設定します。
- ⑥ MTU4 のタイマ A/D 変換開始要求コントロールレジスタ (TADCR) の MTU4.TADCOBRA/B 転送タイミング選択ビット (BF[1:0]) に A/D 変換開始要求周期設定バッファレジスタ (TADCOBRA,TADCOBRB) からタイマ A/D 変換開始要求周期設定レジスタ (TADCORA, TADCORB) へ A/D 変換開始要求周期を転送するタイミングを設定します。
- ⑦ MTU4 のタイマ A/D 変換開始要求コントロールレジスタ (TADCR) の DT4BE、UT4BE、DT4AE、UT4AE ビットにて AD 変換開始要求期間を設定します。
- ⑧ A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) のグループ A 優先制御設定ビット (PGS) で「1 : グループ A の優先制御動作を行う」を設定します。

### 2.3.2 3 シャント電流検出

タイマカウンタの山または谷のどちらかで AD 変換を行う為に必要な設定を以下に示します。

なお、シャント電流検出は他の AD 変換より優先的に実施する必要がある為、スキャンモードはグループ スキャンモード、シャント電流アナログ入力をグループ A、グループ A 優先制御機能有効とします。

- ① A/D チャンネル選択レジスタ A0 (ADANSA0) でグループ A にて A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力 AN000~AN002 を選択します。
- ② サンプル&ホールド回路コントロールレジスタ (ADSHCR) のチャンネル専用サンプル&ホールド回路バイパス選択ビット (SHANS[2:0]) で「AN000~AN002 のチャンネル専用サンプル&ホールド回路を使用する」を設定します。
- ③ A/D コントロールレジスタ (ADCSR) のスキャンモード選択ビット (ADCS[1:0]) で「01b: グループ スキャンモード」を設定します。
- ④ タイマカウンタの山で AD 変換を行う場合、A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) の A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSA[5:0]) でグループ A の A/D 変換開始トリガを「000100b: MTU3.TGRA のコンペアマッチ/インプットキャプチャ」(山) に設定します。  
タイマカウンタの谷で AD 変換を行う場合、A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) の A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSA[5:0]) でグループ A の A/D 変換開始トリガを「000101b: MTU4.TGRA のコンペアマッチ/インプットキャプチャ、または、相補 PWM モード時 MTU4.TCNT のアンダフロー (谷)」に設定します。
- ⑤ タイマカウンタの山で AD 変換を行う場合、MTU3 のタイマインタラプトイネーブルレジスタ (TIER) の A/D 変換開始要求許可ビット (TTGE) を「1: A/D 変換開始要求の発生を許可」に設定します。  
タイマカウンタの谷で AD 変換を行う場合、MTU4 のタイマインタラプトイネーブルレジスタ (TIER) の A/D 変換開始要求許可 2 ビット (TTGE2) を「1: MTU4.TCNT のアンダフロー (谷) による A/D 変換要求を許可」に設定します。
- ⑥ サンプル&ホールド回路コントロールレジスタ (ADSHCR) のサンプリング時間サンプル&ホールド回路設定ビット (SSTSH[7:0]) でサンプリング時間を設定します。
- ⑦ A/D コントロールレジスタ (ADCSR) のトリガ開始許可ビット (TRGE) を「1: 同期、非同期トリガによる A/D 変換の開始を許可」に設定します。
- ⑧ A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) のグループ A 優先制御設定ビット (PGS) で「1: グループ A の優先制御動作を行う」を設定します。

### 2.3.3 母線電圧

母線電圧の取得は、連続スキャンモードにて AD 変換を行います。

シャント電流検出と異なる AD 変換トリガで母線電圧の AD 変換を行う為に必要な設定を以下に示します。

なお、母線電圧の AD 変換はシャント電流検出などより優先的度を下げる為、また、シャント電流検出と異なる AD 変換トリガを設定する為、スキャンモードはグループスキャンモード、シャント電流アナログ入力をグループ A、グループ A 優先制御機能有効、母線電圧をグループ B とします。

また、シャント電流検出についての設定については、「2.3.1 1 シャント電流検出」及び「2.3.2 3 シャント電流検出」を参照してください。

- ① A/D コントロールレジスタ (ADCSR) のスキャンモード選択ビット (ADCS[1:0]) で「01b : グループスキャンモード」を設定します。
- ② A/D チャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0) または A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) でグループ B にて A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力を選択します。
- ③ A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) のグループ B 専用 A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSB[5:0]) でトリガを「11111b : 要因非選択状態」を設定します。
- ④ A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) のグループ A 優先制御設定ビット (PGS) で「1 : グループ A の優先制御動作を行う」を設定します。
- ⑤ A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) のグループ B 再起動設定ビット (GBRSCN) で「1 : グループ A の優先制御でグループ B の A/D 変換動作中断後の再起動をする」を設定します。
- ⑥ A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) のグループ B 用シングルスキャン連続起動設定ビット (GBRP) で「1 : グループ B のシングルスキャン連続動作開始」を設定します。

### 2.3.4 チャンネル専用サンプル&ホールド機能

チャンネル専用サンプル&ホールド機能を使用すると、サンプル&ホールド実施後に選択したすべてのチャンネルのアナログ入力を 1 回のみ A/D 変換します。

3 シャント電流検出などで複数チャンネルを同時にサンプリングすることができます。

なお、RX23T でチャンネル専用サンプル&ホールド機能を使用可能なアナログ入力チャンネルは AN000～AN002 です。

チャンネル専用サンプル&ホールドの設定を以下に示します。

- ① サンプル&ホールド回路コントロールレジスタ (ADSHCR) のチャンネル専用サンプル&ホールド回路バイパス選択ビット (SHANS[2:0]) で、機能を有効とするチャンネルに対応するビットに「チャンネル専用サンプル&ホールド回路を使用する」を設定します。
- ② サンプル&ホールド回路コントロールレジスタ (ADSHCR) のサンプリング時間サンプル&ホールド回路設定ビット (SSTSH[7:0]) でサンプリング時間を設定します。

### 2.3.5 グループ A 優先制御

グループスキャンモードの基本動作では、グループ A、もしくはグループ B の A/D 変換動作中に他方のトリガ入力があっても無視されます。グループ A 優先制御動作では、グループ B の A/D 変換動作中にグループ A のトリガ入力があった場合、グループ B の A/D 変換動作を中断して、グループ A の A/D 変換動作を行います。

グループ A 優先制御の設定を以下に示します。

- ① A/D コントロールレジスタ (ADCSR) のスキャンモード選択ビット (ADCS[1:0]) で「01b : グループスキャンモード」を設定します。
- ② A/D チャンネル選択レジスタ A0 (ADANSA0) または A/D チャンネル選択レジスタ A1 (ADANSA1) でグループ A にて A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力を選択します。
- ③ A/D チャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0) または A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) でグループ B にて A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力を選択します。
- ④ A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) の A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSA[5:0]) でグループ A の A/D 変換開始トリガを設定します。
- ⑤ A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) のグループ B 専用 A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSB[5:0]) でグループ B の A/D 変換開始トリガを設定します。
- ⑥ A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) のグループ A 優先制御設定ビット (PGS) で「1 : グループ A の優先制御動作を行う」を設定します。

### 2.3.6 AD 変換状態出力 (ADST ビットの状態出力)

RX23T では ADST ビットの状態出力端子にて、AD 変換状態を確認することができます。

ADST ビットの状態出力[P02/ADST0 端子、PD6/ADST0 端子]を有効にする場合、マルチファンクションピンコントローラ (MPC) の端子機能選択レジスタの端子機能選択ビットを設定し、I/O ポートのポートモードレジスタ (PMR) の端子モード制御ビットを「1 : 周辺機能として使用」に設定する必要があります。

## 2.4 タイマ (MTU)

### 2.4.1 相補 PWM

相補 PWM モードでは、出力する PWM 波形にデッドタイムを設定できます。デッドタイムとは、アーム短絡を防止する為に上下アームトランジスタを両方とも非アクティブレベルにする期間のことです。MTU3、MTU4 を組合せることによりデッドタイムを設定した PWM 波形 (正相・逆相) を各 3 相合計 6 相出力します。また、デッドタイムがない PWM 波形を出力することもできます。

相補 PWM モードに設定すると、MTIOC3B、MTIOC3D、MTIOC4A、MTIOC4B、MTIOC4C、MTIOC4D 端子は PWM 出力端子となり、MTIOC3A 端子は PWM 周期に同期したトグル出力として設定することができます。

MTU3.TCNT、MTU4.TCNT はアップカウンタ/ダウンカウンタとして機能します。

RX23T での相補 PWM モードの設定は RX210、RX62T、RX63T と同様に、MTU3 のタイマモードレジスタのモード選択ビット MD[3:0]に「1101b~1111b」を設定し、バッファ動作 A ビット (BFA) を「1:TGRA と TGRC レジスタはバッファ動作」、バッファ動作 B ビット (BFB) を「1:TGRB と TGRD レジスタはバッファ動作」に設定することにより有効となります。

また、タイマモードレジスタのレジスタ名称は、RX210 の場合は MTU3 のタイマモードレジスタ (TMDR)、RX23T、RX62T、RX63T の場合は MTU3 のタイマモードレジスタ 1 (TMDR1) で、レジスタ名が異なります。

なお、RX23T には、RX62T、RX63T にあった MTU6、MTU7 が存在しません。

RX23T で、相補 PWM モードで PWM 出力を左右非対称とする場合、タイマモードレジスタ 2 (TMDR2A) のダブルバッファ選択ビット (DRS) を「1:ダブルバッファ機能を有効」に設定し、バッファレジスタ B (MTU3.TGRE, MTU4.TGRE, MTU4.TGRF) にバッファレジスタ A (MTU3.TGRD, MTU4.TGRC, MTU4.TGRD) と異なる値を設定する必要があります。

なお、バッファレジスタ A (MTU3.TGRD, MTU4.TGRC, MTU4.TGRD) を設定する際は、バッファレジスタ B (MTU3.TGRE, MTU4.TGRE, MTU4.TGRF) も同時に設定してください。

また、バッファレジスタのデータを転送する場合は、最後に MTU4.TGRD への書き込みを行ってください。

設定値の詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「マルチファンクションタイマパルスユニット 3 (MTU3c)」を参照してください。

### 2.4.2 タイマ A/D 変換開始要求

RX23T での相補 PWM モード時、A/D 変換の開始要求は RX210、RX62T、RX63T と同様に、MTU3.TGRA のコンペアマッチ (山)、MTU4.TCNT のアンダフロー (谷)、MTU3、MTU4 以外のチャンネルのコンペアマッチを使用して行うことが可能です。

タイマカウンタの山から谷の期間または谷から山の期間の任意の 2 ヶ所にて AD 変換を行う場合、MTU4 のタイマ A/D 変換開始要求コントロールレジスタ (TADCR) の DT4BE、UT4BE、DT4AE、UT4AE ビットを以下の組合せにて設定します。

	DT4BE ダウンカウント TRG4BN 許可ビット	UT4BE アップカウント TRG4BN 許可ビット	DT4AE ダウンカウント TRG4AN 許可ビット	UT4AE アップカウント TRG4AN 許可ビット
組合せ 1	有効 (1)	無効 (0)	有効 (1)	無効 (0)
組合せ 2	有効 (1)	無効 (0)	無効 (0)	有効 (1)
組合せ 3	無効 (0)	有効 (1)	有効 (1)	無効 (0)
組合せ 4	無効 (0)	有効 (1)	無効 (0)	有効 (1)

また、「2.3.1 1シャント電流検出」の③に記載の設定により、A/D 変換開始トリガを設定し、⑤に記載の設定により、A/D 変換開始要求周期の設定を行う必要があります。

タイマカウンタの山または谷のどちらかで AD 変換を行う場合の設定を以下に示します

[タイマカウンタの山で AD 変換を行う場合]

A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) の A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSA[5:0]) で A/D 変換開始トリガを「000100b: MTU3.TGRA のコンペアマッチ/インプットキャプチャ」(山) に設定し、MTU3 のタイマインタラプトイネーブルレジスタ (TIER) の A/D 変換開始要求許可ビット (TTGE) を「1: A/D 変換開始要求の発生を許可」に設定します。

[タイマカウンタの谷で AD 変換を行う場合]

A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) の A/D 変換開始トリガ選択ビット (TRSA[5:0]) で A/D 変換開始トリガを「000101b: MTU4.TGRA のコンペアマッチ/インプットキャプチャ、または、相補 PWM モード時 MTU4.TCNT のアンダフロー (谷)」に設定し、MTU4 のタイマインタラプトイネーブルレジスタ (TIER) の A/D 変換開始要求許可 2 ビット (TTGE2) を「1: MTU4.TCNT のアンダフロー (谷) による A/D 変換要求を許可」に設定します。

### 2.4.3      A/D 変換開始要求フレーム同期信号出力

RX23T では A/D 変換開始要求フレーム同期信号を出力することができます。

A/D 変換開始要求フレーム同期信号は、A/D 変換開始要求信号の発生タイミングを外部端子でモニタすることができる信号です。A/D 変換開始要求フレーム同期信号出力[PB2/ADSM0 端子]を有効にする場合、以下の設定をします。

- ① マルチファンクションピンコントローラ (MPC) の端子機能選択レジスタの端子機能選択ビットを設定します。
- ② I/O ポートのポートモードレジスタ (PMR) の端子モード制御ビットを「1:周辺機能」とします。
- ③ マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU) の A/D 変換開始要求選択レジスタ 0 (TADSTRGR0) の ADSM0 端子出力フレーム同期信号生成用 A/D 変換開始要求選択ビット (TADSTRS0[4:0]) に、ADSM0 端子から出力するフレーム同期信号を生成する A/D 変換開始要求を設定します。

設定値の詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル    ハードウェア編の「マルチファンクションタイマパルスユニット 3 (MTU3c)」を参照してください。

## 2.5 保護機能

### 2.5.1 POE

ポートアウトプットイネーブル (POE) は、各種条件で MTU の出力端子をハイインピーダンス状態にすることができます。

RX23T のポートアウトプットイネーブル (POE) で MTU の出力端子をハイインピーダンス状態にする条件を以下に示します

条件
入力端子の変化 ● POE0#、POE8#、POE10#端子が入力されたとき
出力端子の短絡 ● MTU 相補 PWM 出力端子の MTIOC3B と MTIOC3D 出力信号レベル (アクティブレベル) が 1 サイクル以上一致 (短絡) したとき ● MTU 相補 PWM 出力端子の MTIOC4A と MTIOC4C 出力信号レベル (アクティブレベル) が 1 サイクル以上一致 (短絡) したとき ● MTU 相補 PWM 出力端子の MTIOC4B と MTIOC4D 出力信号レベル (アクティブレベル) が 1 サイクル以上一致 (短絡) したとき
ソフトウェアポートアウトプットイネーブルレジスタ (SPOER) を「ハイインピーダンス状態にする (1)」に設定をしたとき
クロック発生回路の発振停止を検出したとき
コンパレータ (CMPC) のコンパレータ検出をしたとき

RX210 からの移行の場合、RX210 ではイベントリンクコントローラ (ELC) からのイベント信号により、MTU の出力端子のハイインピーダンス状態へ制御が可能でしたが、RX23T では、イベントリンクコントローラ (ELC) が存在しません。

RX210 からの移行の場合、RX23T には POE1#~POE3#は存在しません。POE1#~POE3#にて MTU3、MTU4 をハイインピーダンスへ制御していた場合、RX23T では POE0#を使用するように変更が必要です。

RX210 からの移行の場合、コンパレータ (CMPC) のコンパレータ出力検出をしたとき、MTU の出力端子のハイインピーダンス状態への制御する機能が拡張されています。

RX62T からの移行の場合、RX23T でも同様に使用できます。

RX63T からの移行の場合、RX23T には POE11#は存在しません。POE11#にて MTU3、MTU4、MTU0 をハイインピーダンスへ制御していた場合、RX23T では POE0#及び POE8#を使用するように変更が必要です。

RX23T では、相補 PWM モードにて MTU3 端子 (MTIOC3B/MTIOC3D)、MTU4 端子 (MTIOC4A と MTIOC4C、MTIOC4B と MTIOC4D) の出力レベル比較によるハイインピーダンス制御を設定する場合、アクティブレベルレジスタ 1 (ALR1) にて端子出力のアクティブレベルを設定し、ポートアウトプットイネーブルコントロールレジスタ 2 (POECR2) にて MTU3 端子、MTU4 端子のハイインピーダンス制御を有効に設定します。

POE のレジスタには、下記リセット後 1 度のみ書き込み可能なレジスタがあります。

設定時にはバイト、ワードアクセスにて設定を行う必要があります。

- 入力レベルコントロール/ ステータスレジスタ 1、3、4、6 (ICSR1、3、4、6)
- 出力レベルコントロール/ ステータスレジスタ 1 (OCSR1)
- アクティブレベルレジスタ 1 (ALR1)
- ポートアウトプットイネーブルコントロールレジスタ 1、2、4、5 (POECR1、2、4、5)
- ポートアウトプットイネーブルコンパレータ要求選択レジスタ (POECMPSEL)

POE のレジスタ設定の詳細、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「ポートアウトプットイネーブル 3 (POE3b)」を参照してください。

## 2.5.2 LVD

電圧検出回路 (LVD) は VCC 端子に入力する電圧を監視する回路です。VCC 入力電圧をプログラムで監視できます。

設定した検出電圧の検出した場合、内部リセット/割り込みを発生させることができます。

RX23T の電圧検出回路には、電圧監視 0、電圧監視 1、電圧監視 2 があります。

RX23T の電圧検出回路の仕様を以下に示します。

項目		電圧監視 0	電圧監視 1	電圧監視 2
VCC 監視	監視する電圧	Vdet0	Vdet1	Vdet2
	検出対象	下降して Vdet0 を通過した場合	上昇または下降して Vdet1 を通過した場合	上昇または下降して Vdet2 を通過した場合
	検出電圧	OFS1 レジスタで 2 レベルから選択可能	LVDLVL.R.LVD1LVL[3:0] ビットで 9 レベルから選択可能	LVDLVL.R.LVD2LVL[1:0] ビットで 4 レベルから選択可能
	モニタフラグ	なし	LVD1SR.LVD1MON フラグ： Vdet1 より高いか低いかをモニタ	LVD2SR.LVD2MON フラグ： Vdet2 より高いか低いかをモニタ
電圧検出時の処理	リセット	電圧監視 0 リセット	電圧監視 1 リセット	電圧監視 2 リセット
		Vdet0 > VCC でリセット： VCC > Vdet0 の一定時間後に CPU 動作再開	Vdet1 > VCC でリセット： VCC > Vdet1 の一定時間後に CPU 動作再開、または Vdet1 > VCC の一定時間後に CPU 動作再開を選択可能	Vdet2 > VCC でリセット： VCC > Vdet2 の一定時間後に CPU 動作再開、または Vdet2 > VCC の一定時間後に CPU 動作再開を選択可能
		なし	電圧監視 1 割り込み	電圧監視 2 割り込み
	割り込み	なし	ノンマスクابلまたはマスクابلを選択可能	ノンマスクابلまたはマスクابلを選択可能
			Vdet1 > VCC、VCC > Vdet1 の両方、またはどちらかで割り込み要求	Vdet2 > VCC、VCC > Vdet2 の両方、またはどちらかで割り込み要求

## RX23T グループ モータ制御機能移行ガイド (RX210, RX62T, RX63T ⇒ RX23T)

RX210 からの移行の場合、RX210 では電圧監視 2 での電圧検出対象電圧、または、VCC またはコンパレータ A2 (CMPA2) 端子の入力電圧へ切り替え可能でしたが、RX23T では切り替え機能はありません。

RX62T からの移行の場合、RX23T では電圧監視 1、電圧監視 2 のモニタ機能及び電圧監視 0 が拡張されています。RX23T での電圧監視 1、電圧監視 2 のモニタは、電圧監視 1 回路ステータスレジスタ (LVD1SR) 及び電圧監視 2 回路制御レジスタ 1 (LVD2CR1) で確認できます。

RX210、RX62T、RX63T で電圧検出回路 (LVD) を使用している場合、RX23T では検出電圧レベルの設定を変更する必要があります。

RX23T では、電圧監視 0 の検出電圧レベルはオプション機能選択レジスタ 1 (OFS1) で設定できます。電圧検出 1 及び電圧検出 2 の検出電圧レベルは「電圧検出レベル選択レジスタ (LVDLVLR)」で設定できます。

RX23T での電圧検出回路 (LVD) の設定方法の詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「オプション設定メモリ」及び「電圧検出回路 (LVDAb)」を参照してください。

各マイコンで設定可能な検出電圧レベルを以下に示します。

検出電圧レベル	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
電圧監視 0 検出電圧レベル	4 レベルから 選択可能	機能なし	1 レベル固定	2 レベルから 選択可能
電圧監視 1 検出電圧レベル	16 レベルから 選択可能	1 レベル固定	1 レベル固定	9 レベルから 選択可能
電圧監視 2 検出電圧レベル	16 レベルから 選択可能 CMPA2 端子を入力 の場合、1 レベル固定	1 レベル固定	1 レベル固定	4 レベルから 選択可能

### 2.5.3 コンパレータリファレンス電圧

RX23T のコンパレータ C (CMPC) ではリファレンス入力電圧とアナログ入力電圧を比較します。リファレンス入力電圧とアナログ入力電圧の比較結果はソフトウェアで読むことも、外部端子に出力することもできます。また、比較結果の変化を検出して割り込み要求を発生させることもできます。

RX23T のコンパレータのコンパレータ C のリファレンス入力電圧は、CVREFC0、CVREFC1 端子への入力、または内蔵 D/A コンバータ出力のいずれかから選択できます。

RX23T でのリファレンス入力電圧の切り替えは、コンパレータ基準電圧選択レジスタ (CMPSEL1) の CVRS[1:0] (リファレンス入力電圧選択ビット) にて設定します。

また、コンパレータ基準電圧選択レジスタ (CMPSEL1) の CVRS[1:0] (リファレンス入力電圧選択ビット) にて、「リファレンス入力電圧に内蔵 D/A コンバータの出力を選択 (10b)」を選択した場合、コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA) の設定が必要です。

コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA) では、AVCC0 端子入力電圧と D/A データレジスタ 0 (DADR0) の値を元に下記の式にて 8 ビットの変換結果を出力します。

$$\text{『 式： (DADR0 レジスタ値 / 256) } \times \text{ AVCC0 』}$$

コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA) の D/A 制御レジスタ (DACR) の DAOE0 ビット (D/A 出力許可 0 ビット) を D/A 変換を許可 (1) に設定すると DA 変換が開始されます。

詳細は、RX23T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編の「コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA)」及び「コンパレータ C (CMPC)」を参照してください。

## 3. 相違点

## 3.1 機能比較表

RX210、RX62T、RX63T、RX23T の機能比較表を以下に示します。

分類	モジュール/機能	機能		RX210	RX62T	RX63T	RX23T
		項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】
クロック	クロック発生回路	発振器	メインクロック発振器	1MHz ~20MHz	8MHz ~12.5MHz	4MHz ~16MHz	1MHz ~20MHz
			サブクロック発振器	32.768KHz	—	—	—
			高速オンチップオシレータ (HOCO)	32MHz/36.864 MHz /40MHz/50MHz	—	—	32MHz
			低速オンチップオシレータ (LOCO)	125KHz	—	125KHz	4MHz
			PLL 周波数シンセサイザ	○	○	○	○
			IWDT 専用オンチップオシレータ	125KHz	125KHz	125KHz	15KHz
		設定	システムクロック (ICLK)	○	○	○	○
			周辺モジュールクロック (PCLK)	—	○	—	—
			周辺モジュールクロック (PCLKA)	—	—	○	○
			周辺モジュールクロック (PCLKB)	○	—	○	○
			AD 用クロック (PCLKC)	—	—	○	—
			S12AD 用クロック (PCLKD)	○	—	○	○
			FlashIF クロック (FCLK)	○	—	○	○
			外部バスクロック (BCLK)	—	—	—	—

分類	モジュール/機能		RX210	RX62T	RX63T	RX23T	
	項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	
クロック	クロック発生回路	動作周波数	システムクロック (ICLK)	50MHz max	100MHz max	100MHz max	40MHz max
			周辺モジュールクロック (PCLK)	—	50MHz max	—	—
			周辺モジュールクロック (PCLKA)	—	—	100MHz max	40MHz max
			周辺モジュールクロック (PCLKB)	32MHz max	—	50MHz max	40MHz max
			AD用クロック (PCLKC)	—	—	100MHz max	—
			S12AD用クロック (PCLKD)	50MHz max	—	50MHz max	40MHz max
			FlashIFクロック (FCLK)	32MHz max	—	50MHz max	32MHz max
			外部バスクロック (BCLK)	—	—	—	—
ROM	ROMアクセスウェイト	ROMアクセスウェイト設定	—	—	—	○	

分類	モジュール/機能			RX210	RX62T	RX63T	RX23T
		項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】
割り込み	割り込み コントローラ (ICU)	シンボル名		ICUb	ICU	ICUb	ICUb
		割り込み 要因	外部割り込み要因 数 (IRQ 端子)	7	4	6	6
			ソフトウェア割り 込み要因数	1	1	1	1
			ノンマスカブル 割り込み要因数 (NMI 端子含む)	6	3	6	5
		ノンマスカ ブル割り込 み	NMI 端子割り込み	○	○	○	○
			発振停止検出 割り込み	○	○	○	○
			電圧監視割り込み	—	○	—	—
			電圧監視 1 割り込 み	○	—	○	○
			電圧監視 2 割り込 み	○	—	○	○
			WDT アンダフロー /リフレッシュ エラー	○	—	○	—
IWDT アンダフロー /リフレッシュ エラー	○		—	○	○		
優先順位 設定	16 レベルの割り 込み優先順位を設 定可能	○	○	○	○		
I/O ポート	汎用入出 力ポート	ポート数	入出力	48	37	39	50
			入力	1	9	9	1
			オープンドレイン 出力	35	2	10	42
			大電流出力	—	6	—	8
			5V トレラント	2	—	39	2
			プルアップ抵抗	48	—	—	50
マルチ ファンク ションピ ンコント ローラ	マルチ ファンク ションピ ンコント ローラ (MPC)	入出力機能	入出力機能を複数 の端子から選択可 能	○	—	○	○

分類	モジュール/機能	項目	内容	RX210	RX62T	RX63T	RX23T	
				【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	
タイマ	マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU)	シンボル名		MTU2a	MTU3	MTU3	MTU3c	
		チャンネル数	16ビット/チャンネル	6チャンネル	8チャンネル	8チャンネル	6チャンネル	
		パルス入出力	パルス入出力本数 (最大本数パルス入出力が可能)		16本	24本	16本	16本
			パルス入力本数 (最大本数のパルス入力が可能)		3本	3本	3本	3本
		分周比	クロック端子名	PCLK	ICLK	PCLKA	PCLKA	
			1分周	○	○	○	○	
			2分周	—	—	—	○	
			4分周	○	○	○	○	
			8分周	—	—	—	○	
			16分周	○	○	○	○	
			32分周	—	—	—	○	
			64分周	○	○	○	○	
			256分周	○	○	○	○	
			1024分周	○	○	○	○	
		外部クロック入力	MTCLKA	○	○	○	○	
			MTCLKB	○	○	○	○	
			MTCLKC	○	○	○	○	
			MTCLKD	○	○	○	○	
			MTIOC1A	—	—	—	○	
		インプットキャプチャ機能	入力エッジを検出して TCNT の値を TGR に転送	○	○	○	○	
アウトプットコンペア機能	0出力、1出力、トグル出力	○	○	○	○			
同期動作	複数の TCNT の値を同時に書き換える (同期プリセット)	○	○	○	○			
バッファ動作	TGRC と TGRD レジスタをバッファレジスタで使用	○	○	○	○			
カスケード接続動作	チャンネルの 16ビットカウンタを接続して 32ビットカウンタとする	○	○	○	○			
PWM モード	出力端子からそれぞれ PWM 波形を出力	○	○	○	○			

分類	モジュール/機能			RX210	RX62T	RX63T	RX23T
		項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】
タイマ	マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU)	位相計数モード	16ビットモード	○	○	○	○
			32ビットモード	○	○	○	○
		リセット同期PWMモード	一方の波形変化点が共通の関係となるPWM波形 (正相・逆相)	○	○	○	○
		相補PWM出力モード	3相のインバータ制御用ノンオーバーラップ波形を出力	○	○	○	○
			デッドタイム自動設定	○	○	○	○
			PWMのデューティ比を0~100%任意に設定可能	○	○	○	○
			A/D変換要求ディレイド機能	○	○	○	○
			山/谷割り込み間引き機能	○	○	○	○
			ダブルバッファ機能	—	○	○	○
			外部パルス間測定	外部パルス幅を測定	○	○	○
		デッドタイム補償用カウンタ	出力波形の遅れを測定してデューティ比に反映	○	○	○	○
		トリガ生成	A/Dコンバータの変換開始トリガを生成可能	○	○	○	○
			A/D変換開始間引き機能	○	○	○	○
		A/D変換開始タイミング計測	A/D変換開始要求フレーム同期信号	—	—	—	○
		割り込み要因	割り込み要因数	28種類	38種類	38種類	28種類

分類	モジュール/機能	項目	内容	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
				【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】
タイマ	ポートアウトプットイネーブル (POE)	シンボル名		POE2a	POE3	POE3	POE3b
		ハイインピーダンス制御	MTU 波形出力端子のハイインピーダンス制御	○	○	○	○
			GPT 波形出力端子のハイインピーダンス制御	—	○	○	—
		起動要因	POE0 の入力端子による起動	○	○	○	○
			POE1 の入力端子による起動	○	—	—	—
			POE2 の入力端子による起動	○	—	—	—
			POE3 の入力端子による起動	○	—	—	—
			POE4 の入力端子による起動	—	—	○	—
			POE8 の入力端子による起動	○	○	○	○
			POE10 の入力端子による起動	—	—	○	○
			POE11 の入力端子による起動	—	○	○	—
			POE12 の入力端子による起動	—	—	○	—
			クロック発生回路発振停止検出による起動	○	○	○	○
			MTU 相補 PWM 出力端子の出力レベルを比較による起動	○	○	○	○
			出力短絡検出 (GPT 大電流端子) による起動	—	○	—	—
			出力短絡検出 (GPT 出力端子) による起動	—	—	○	—
			イベントリンクコントローラ (ELC) からイベント信号による起動	○	—	—	—
コンパレータ検出による起動	○	○	○	○			
ソフトウェア (レジスタ) による起動	○	○	○	○			

分類	モジュール／機能		RX210	RX62T	RX63T	RX23T	
	項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	
タイマ	汎用 PWM タイマ (GPT)	シンボル名	—	GPT	GPT	—	
		チャンネル数	16ビット／チャンネル	—	4チャンネル	4チャンネル	—
		入出力	入力端子	—	1	1	—
			入出力端子	—	6	8	—
		分周比	クロック端子名	—	ICLK	PCLKA	—
			1分周	—	○	○	—
			2分周	—	○	○	—
			4分周	—	○	○	—
			8分周	—	○	○	—
		外部クロック入力		—	○	○	—
		カウント動作	アップカウントもしくはダウンカウント (のこぎり波)	—	○	○	—
			アップダウンカウント (三角波)	—	○	○	—
		アウトプットコンペア／インプットキャプチャレジスタ	アウトプットコンペアレジスタ兼インプットキャプチャレジスタ	—	○	○	—
		コンペア／バッファレジスタ	コンペアマッチレジスタのバッファレジスタを設定可能	—	○	○	—
		周期設定レジスタ／バッファレジスタ	周期設定レジスタのバッファレジスタを設定可能	—	○	○	—
インプットキャプチャ機能	入力エッジを検出してカウント値をGTCCRA、GTCCRBに転送	—	○	○	—		
同期動作	複数のチャンネル間でカウントの同期クリア、同期スタートが可能	—	○	○	—		
位相シフトスタート	カウント動作開始前に各チャンネルのカウント値を設定しておき、位相差をつけたカウント動作を開始することが可能	—	○	○	—		

分類	モジュール/機能		RX210	RX62T	RX63T	RX23T	
	項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	
タイマ	汎用 PWM タイマ (GPT)	デッドタイム自動付加機能	正相波形用のコンペアマッチ値とデッドタイム値からデッドタイムつき逆相波形用のコンペアマッチ値を自動設定可能	—	○	○	—
		PWM モード	出力端子からそれぞれ PWM 波形を出力	—	○	○	—
		バッファ動作	コンペアマッチのバッファレジスタ使用を設定可能	—	○	○	—
		ワンショット動作	バッファ動作固定で動作可能	—	○	○	—
		トリガ生成	A/D 変換開始トリガ	—	○	○	—
		PWM 遅延生成機能	PWM 出力の立ち上がり/立ち下がりタイミングを PCLKA の 32 分割の解像度で制御可能	—	—	—	—
8 ビット タイマ (TMR)	シンボル名		TMR	—	—	TMR	
	チャンネル数	8 ビット/チャンネル	2 チャンネル × 2 ユニット	—	—	2 チャンネル × 2 ユニット	
	分周比	クロック端子名		PCLK	—	—	PCLK
		1 分周		○	—	—	○
		2 分周		○	—	—	○
		8 分周		○	—	—	○
		32 分周		○	—	—	○
		64 分周		○	—	—	○
		1024 分周		○	—	—	○
		8192 分周		○	—	—	○
	出力	任意のデューティのパルス出力や PWM 出力が可能	○	—	—	○	
	カスケード接続動作	2 チャンネルをカスケード接続し 16 ビットタイマとして使用可能	○	—	—	○	
	AD 変換トリガ	A/D コンバータの変換開始トリガを生成可能	—	—	—	○	
	SCI のポーレートクロック生成	SCI5		○	—	—	○
SCI6			○	—	—	—	
SCI12			○	—	—	—	
イベントリンク機能	出力		○	—	—	—	
	入力		○	—	—	—	

分類	モジュール/機能	項目		RX210	RX62T	RX63T	RX23T
		項目	内容	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】
タイマ	コンペア マッチ タイマ (CMT)	シンボル名		CMT	CMT	CMT	CMT
		ユニット数	(16ビット× 2チャンネル) × ユニットの ユニット数	2ユニット	2ユニット	2ユニット	2ユニット
		カウント クロック	入力カウント クロック	PCLK	PCLK	PCLK	PCLK
			8分周	○	○	○	○
			32分周	○	○	○	○
			128分周	○	○	○	○
		イベント リンク機能	出力	○	—	—	—
入力	○		—	—	—		
A/D 変換器	12ビット A/Dコン バータ (S12AD)	シンボル名		S12ADb	S12ADA	S12ADB	S12ADE
		チャンネル× ユニット	チャンネル数	16チャンネル ×1ユニット	4チャンネル ×2ユニット	8チャンネル ×1ユニット	10チャンネル ×1ユニット
		分解能	ビット幅	12ビット	12ビット	12ビット	12ビット
		1チャンネル 当たり変換 時間	A/D変換クロック ADCLK = 50MHz、AVCC0 = 4.0~5.5V時	1.0μs	1.0μs	1.0μs	—
			ADCLK = 40MHz 動作時	—	—	—	1.0μs
			A/D変換クロック ADCLK = 25MHz、AVCC0 = 3.0~3.6V時	—	2.0μs	2.0μs	—
		分周比	A/D変換クロック	ADCLK	PCLK	ADCLK	ADCLK
			1分周	ADCLKは、 クロック発生 回路 (CPG) で設定	○	ADCLKは、 クロック発生 回路 (CPG) で設定	ADCLKは、 クロック発生 回路 (CPG) で設定
			2分周		○		
			4分周		○		
		8分周	○				
		動作モード	シングルモード	—	○	—	—
			1サイクルスキャン モード	○	○	○	○
			連続スキャン モード	○	○	○	○
			グループスキャン モード	○	○	○	○
グループA優先制 御 (グループ スキャンモードの み)	—		—	○	○		
グループA優先制 御のグループ数	—		—	2	2		

分類	モジュール/機能	項目	内容	RX210	RX62T	RX63T	RX23T
				【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】
A/D 変換器	12ビット A/Dコン バータ (S12AD)	A/D変換 開始方法	温度センサの トリガ	○	—	—	—
			イベントリンク コントローラ (ELC)のトリガ	○	—	—	—
		A/D変換 精度	A/Dデータレジス タビット 精度指定可能 (12ビット/10 ビット/8ビット精 度で格納)	— (12ビット 固定)	○	○	— (12ビット 固定)
			A/Dデータレジス タ フォーマット選択 可能 (右詰め/左詰め)	○	○	○	○
			A/D変換値加算機 能	○	—	○	○
		自己診断 機能	内部でアナログ入 力電圧 (VREFL0)を 使って自己診断	○	○	○	○
			内部でアナログ入 力電圧 (VREFH0 ×1/2)を使って自 己診断	○	○	○	○
			内部でアナログ入 力電圧 (VREFH0 ×1)を使って自己 診断	○	○	○	○
			プログラマブルゲインアンプ数	1チャンネル (温度センサ 用)	3チャンネル ×2ユニット	—	—
		プログラ マブルゲ インア ンプによる 入力信号 増幅機能	増幅率：2.0倍	—	○	—	—
			増幅率：2.5倍	—	○	—	—
			増幅率：3.077倍	—	○	—	—
			増幅率：3.636倍	—	○	—	—
			増幅率：4.0倍	—	○	—	—
			増幅率：4.444倍	—	○	—	—
増幅率：5.0倍	—		○	—	—		
増幅率：5.714倍	—		○	—	—		
増幅率：6.667倍	—		○	—	—		
増幅率：10.0倍	—	○	—	—			
増幅率：13.333倍	—	○	—	—			

分類	モジュール/機能		RX210	RX62T	RX63T	RX23T	
			【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	【64ピン版】	
コンパレータ	コンパレータ	シンボル名	CMPA/ CMPB	—	—	CMPC	
		コンパレータ数	2チャンネル ×2ユニット	3チャンネル ×2ユニット	3チャンネル ×1ユニット	3チャンネル	
		機能設定	Low レベルコンパレータ	—	○	○	—
			High レベルコンパレータ	—	○	○	—
			ウィンドウコンパレータ	○	○	○	○
		応答速度	REFH 応答時間 (tCR)	—	1μs	500ns	—
			REFL 応答時間 (tCF)	—	1μs	500ns	—
			[コンパレータ A] コンパレータ出力 遅延時間 立ち下がり時 VI = LVREF-110mV	3μs	—	—	—
			[コンパレータ A] コンパレータ出力 遅延時間 立ち下がり時 VI < LVREF- 1V	2μs	—	—	—
			[コンパレータ A] コンパレータ出力 遅延時間 立ち上がり時 VI = LVREF+160mV	3μs	—	—	—
			[コンパレータ A] コンパレータ出力 遅延時間 立ち上がり時 VI > LVREF+1V	1.5μs	—	—	—
			[コンパレータ B] コンパレータ出力 遅延時間 VI = VREF + 100mV	1μs	—	—	—
			[CMPC] VOD = 100mV tCMPCTL.CDFS = 0 tcr	—	—	—	200ns
			[CMPC] VOD = 100mV tCMPCTL.CDFS = 0 tcf	—	—	—	200ns

## 4. サンプルコード

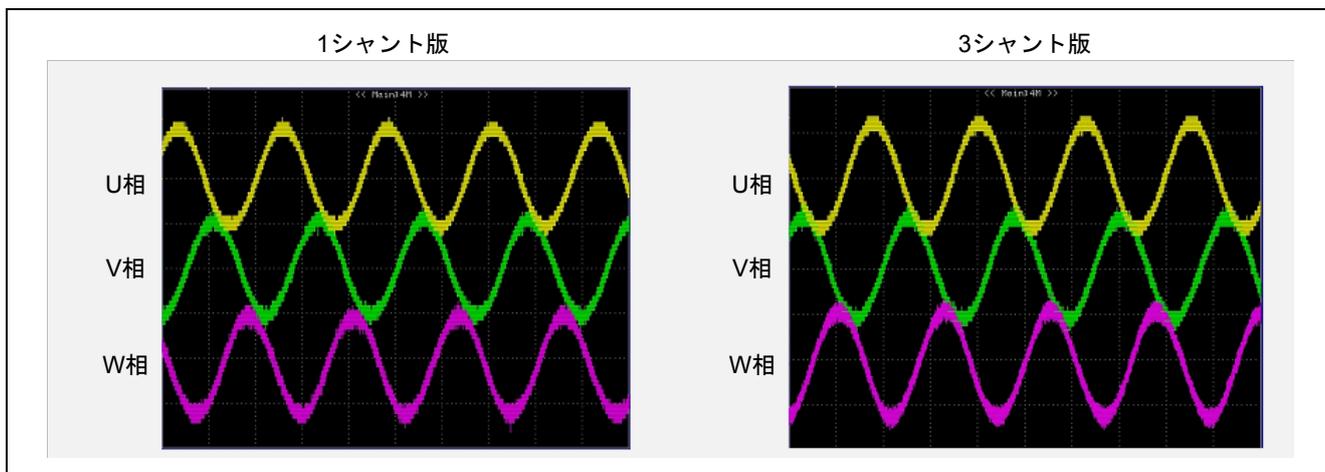
### 4.1 要旨

本サンプルコードは、RX23Tを使用したモータを制御するプログラム作成において、MTUの相補PWMモード3を使用して、左右対称（3シャント版）/左右非対称（1シャント版）のPWM出力方法、及び、グループスキャン機能により、グループA・グループBで異なったタイミングでのA/D変換の設定方法、保護機能使用時の設定方法を説明することを目的としています。

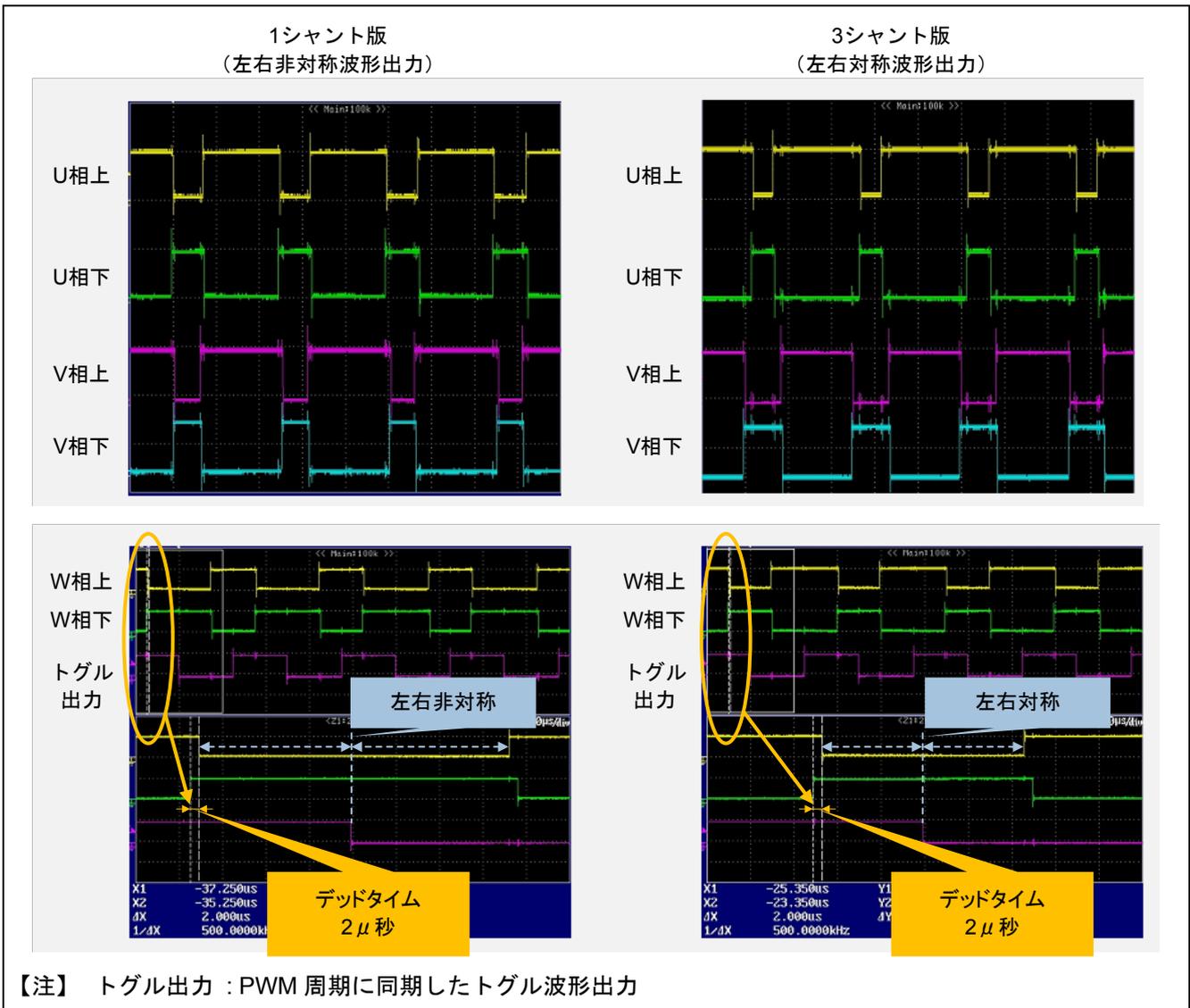
なお、本サンプルコードでは、各相のPWM出力はCRフィルタを介した場合、正弦波となるようなデータを設定しています。出力される波形を以下図に示します。

サンプルコードはあくまで参考用途であり、弊社がこの動作を保証するものではありません。サンプルコードを使用する場合、適切な環境で十分な評価をしたうえで御使用下さい。

<CRフィルタを介した正弦波>



<PWM 出力波形>



## 4.2 開発・動作確認環境

本サンプルコードは下記の環境で開発・動作確認をしています。

<CS+>

項目	内容
使用マイコン	R5F523T5ADFM (パッケージ : PLQP0064KB-A)
動作電圧	5V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 CS+ for CC V4.01.00 [05 Sep 2016]
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 CC - RX V2.05.0 コンパイルオプション -isa=rxv2 -fpu -lang=c99 -include=Include -output=obj -debug -optimize=max -speed -nologo -Xcref=%BuildModeName%
iodefine.h のバージョン	Version 1.1 (2015-07-13)
使用ボード	Renesas Starter Kit for RX23T (製品型名:RTK500523TC00000BR)

< e<sup>2</sup> studio >

項目	内容
使用マイコン	R5F523T5ADFM (パッケージ : PLQP0064KB-A)
動作電圧	5V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 e <sup>2</sup> studio Version: 5.2.0.020
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 CC - RX V2.05.0 コンパイルオプション -isa=rxv2 -fpu -include="C:¥PROGRA~1¥Renesas¥RX¥2_5_0/include" -debug -optimize=max -speed -nologo -define=__RX -nomessage -alias=noansi
iodefine.h のバージョン	Version 1.1 (2015-07-13)
使用ボード	Renesas Starter Kit for RX23T (製品型名:RTK500523TC00000BR)
備考	CS+のプロジェクトから e <sup>2</sup> studio 移行ガイドを参照し作成

## 4.3 周辺機能

本サンプルコードで使用する周辺機能と用途の一覧を以下に示します。

周辺機能	用途
ポート	<ul style="list-style-type: none"> <li>● テストポート出力 (処理タイミング計測用)</li> <li>● SW1 入力 (PWM 出力開始用スイッチ)</li> <li>● SW2 入力 (PWM 出力停止用スイッチ)</li> <li>● ADST ビット (A/D 変換スタートビット) の状態出力</li> <li>● A/D 変換開始要求フレーム同期信号 (ADSM0) 出力</li> </ul>
マルチファンクションタイマパルスユニット 3 (MTU3c)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PWM 周期に同期したトグル波形出力</li> <li>● 相補 PWM 出力 (1 シャント版 : 左右非対称、3 シャント版 : 左右対称)</li> </ul>
12 ビット A/D コンバータ (S12ADE)	AD 値取得用 (シャント電流、母線電圧、その他 AD 値取得)
コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA)	コンパレータ C (CMPC) へのリファレンス入力電圧を生成します
コンパレータ C (CMPC)	過電圧を検出時、コンパレータ検出結果を出力します
ポートアウトプットイネーブル 3 (POE3b)	過電流、過電圧を検出時、PWM 出力の端子をハイインピーダンスにします
電圧検出回路 (LVDAb)	電圧低下を検出時リセットします

## (1) ポート

1. テストポート出力 (処理タイミング計測用)  
MTU3 の山割り込み処理の開始で High、終了で Low を出力します。
2. SW1 入力 (PWM 出力開始用スイッチ) / SW2 入力 (PWM 出力停止用スイッチ)  
SW1、SW2 の入力により、PWM 出力開始/停止します。
3. ADST ビット (A/D 変換スタートビット) の状態出力  
AD 変換状態の確認に使用します。
4. A/D 変換開始要求フレーム同期信号 (ADSM0)  
A/D 変換開始要求信号の発生タイミングを確認に使用します。

## (2) マルチファンクションタイマパルスユニット 3 (MTU3c)

PWM 周期に同期したトグル波形出力を行います。(MTIOC3A)

相補PWMモード3を使用して、三角波変調、デッドタイムありの6相PWM出力を行います。(MTIOC3B、MTIOC3D、MTIOC4A、MTIOC4C、MTIOC4B、MTIOC4D)

本サンプルコードにおいては、周期が 125  $\mu$  秒で、Low アクティブ、デッドタイム 2  $\mu$  秒の PWM 出力を実現します。

1 シャント版のサンプルコードでは、ダブルバッファ機能を有効とし、バッファ A/バッファ B にそれぞれ異なる値を設定することで、左右非対称の PWM 出力を実現します。

3 シャント版のサンプルコードでは、ダブルバッファ機能を無効とし、左右対称の PWM 出力を実現します。

## (3) 12 ビット A/D コンバータ (S12ADE)

グループスキキャン機能を使用して、シャント電流値をグループ A、母線電圧値及びその他 AD 値をグループ B に設定することにより、異なるタイミングで A/D 変換実現します。

1 シャント版のサンプルコードでは、グループ A でダブルトリガモードを使用することで、選択した 1 チャネルを異なる 2 つのタイミングで A/D 変換し、変換値を異なるレジスタ (A/D データ二重化レジスタ) に格納します。

3 シャント版のサンプルコードでは、グループ A でチャンネル専用サンプル&ホールド機能を使用し、同じタイミングで 3 チャネル同時にサンプリングを行います

## (4) コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA)

AVCC0 を入力とし、入力値の 90%の値をコンパレータの基準電圧として出力します。

## (5) コンパレータ C (CMPC)

コンパレータ C 用リファレンス電圧生成専用 D/A コンバータ (DA) とし、CMPC のアナログ入力電圧を超えた場合に、コンパレータ検出結果を出力及び POE 制御信号出力します。

## (6) ポートアウトプットイネーブル 3 (POE3b)

過電流検出時 (POE0#端子の立ち下がりエッジ検出時) とコンパレータ検出時と出力短絡検出時は PWM 出力中端子をハイインピーダンス状態にします。

## (7) 電圧検出回路 (LVDAb)

電源電圧が 2.51V 以下となった場合、リセットを発生させます。

リセットステータスレジスタ 0 (RSTSR0) にて、リセット要因を取得できます。

## 4.4 サンプルコード仕様

本サンプルコードの基本仕様を以下の表に示します。

No	大項目	項目	設定内容
1	クロック設定	HOCO を使用	32MHz
		PCLKA (max40MHz)	32MHz
		PCLKB (max40MHz)	32MHz
		PCLKD (max40MHz)	32MHz
		ICLK (max40MHz)	32MHz
		FCLK (max32MHz)	32MHz
		メモリウェイト	ノーウェイト設定
2	ポート	SW1	PWM 出力開始
		SW2	PWM 出力停止
3	MTU3c	動作モード	相補 PWM モード 3 (山・谷で転送)
		ダブルバッファ機能	有効
		キャリア周波数	8KHz (周期 : 125 $\mu$ 秒)
		デッドタイム	2 $\mu$ 秒
		PWM アクティブ出力	Low アクティブ
		PWM 出力値	U 相、V 相、W 相共に左右非対称 (左右の差は 1.25 $\mu$ 秒) となるテーブルを持つ (1 シャントの場合)
		PWM 出力値	U 相、V 相、W 相共に左右対称となるテーブルを持つ。 (3 シャントの場合)
		PWM 周期に同期した トグル出力	有効

No	大項目	項目	設定内容
4	12ビットA/D コンバータ (S12ADE)	ダブルトリガモード	有効 (1 シャントの場合)
		グループスキャン モード	有効
			グループ A : AN002 (1 シャントの場合)
			グループ A : AN000、AN001、AN002 (3 シャントの場合)
		グループ B : AN003、AN005、AN007	
		グループ A の優先制御	有効
		AD 変換トリガ	MTU4.TCNT のダウンカウント時に AD 変換開始要求 (TRG4AN)
			MTU4.TCNT のダウンカウント時に AD 変換開始要求 (TRG4BN)
			(1 シャントの場合)
		MTU4.TCNT のアンダフロー (谷) (3 シャントの場合)	
バッファレジスタ更新 タイミング	MTU4.TADCORA、MTU4.TADCORB は、山で周期設定バッファレジスタから更新		
チャンネル専用サンプル ホールド	有効 : AN002 (1 シャントの場合) AN000、AN001、AN002 (3 シャントの場合)		
サンプリング時間	0.4 μ秒		
AD 変換開始要求 フレーム同期信号 出力	MTU4.TADCORB と MTU4.TCNT のコンペアマッチ		
	MTU4.TADCORB と MTU4.TCNT のコンペアマッチ (1 シャントの場合)		
MTU4.TCNT のアンダフロー (谷) (3 シャントの場合)			
ADST ビットの状態 出力	有効		
5	コンパレータ C 用リファレンス 電圧生成専用 D/A コンバータ (DA)	DA 変換結果	AVCC0 の 90% の値をコンパレータ基準電圧として出力
6	コンパレータ (CMPC)	リファレンス電圧	内蔵 D/A コンバータより入力
		検出時動作	POE 制御信号を出力 コンパレータ外部端子出力許可
7	ポートアウト プットイネーブ ル 3 (POE3b)	検出条件	POE#0 の立下りを検出 コンパレータ検出
		検出時動作	MTU ポートをハイインピーダンスにする
8	電圧検出回路 (LVDAb)	検出条件	電圧低下 (2.51V) 検出 (電圧監視 0 を使用)

## 4.5 ハードウェア説明

## 4.5.1 使用端子一覧

サンプルコードで使用する端子を以下に示します。

端子名	端子	入出力	内容
MTIOC3B	P71	出力	PWM 出力端子 1
MTIOC3D	P74	出力	PWM 出力端子 1' (PWM 出力 1 の逆相波形出力)
MTIOC4A	P72	出力	PWM 出力端子 2
MTIOC4C	P75	出力	PWM 出力端子 2' (PWM 出力 2 の逆相波形出力)
MTIOC4B	P73	出力	PWM 出力端子 3
MTIOC4D	P76	出力	PWM 出力端子 3' (PWM 出力 3 の逆相波形出力)
ADST0	P02	出力	ADST ビットの状態出力端子
ADSM0	PB2	出力	A/D 変換開始要求フレーム同期信号端子
COMP1	P23	出力	コンパレータ出力端子
—	P22	出力	テストポート出力端子 (処理タイミング計測用)
AN003	P43	入力	グループ B 母線電圧検出 AD 端子
AN005	P43	入力	グループ B AD 端子 1
AN007	P47	入力	グループ B AD 端子 2
AN000	P40	入力	シャント電流検出 AD 端子 (3 シャントの場合)
AN001	P41	入力	シャント電流検出 AD 端子 (3 シャントの場合)
AN002	P42	入力	シャント電流検出 AD 端子 (1 シャント/3 シャントの場合)
—	PD6	入力	SW1 : PWM 出力開始用
—	P00	入力	SW2 : PWM 出力停止用
POE0#	P70	入力	POE0#入力端子
CMPC11	P44	入力	コンパレータ入力端子

## 4.6 ソフトウェア説明

### 4.6.1 動作概要

本サンプルコードは、リセット解除後、SW1 押下により PWM の出力を開始し、SW2 押下により PWM 出力を停止します。

相補 PWM 出力波形のキャリア周波数 8KHz はデッドタイム  $2\mu$  秒です。

1 シャント版では左右非対称 (左右の差は  $1.25\mu$  秒)、3 シャント版では左右対称となります。

A/D 変換処理は MTU と 12 ビット A/D コンバータの機能を組合せてを行います。

12 ビット A/D コンバータはグループスキャン機能により、グループ A・グループ B で異なったタイミングで A/D 変換を行います。また、1 シャント版ではグループ A でダブルトリガモードを使用することで、選択した 1 チャンネルを異なる 2 つのタイミングで A/D 変換し、変換値を異なるレジスタ (A/D データ二重化レジスタ) に格納します。3 シャント版では MTU4.TCNT のアンダフロー (谷) で 3 チャンネル同時にサンプリングを行い、AD 変換を行います。

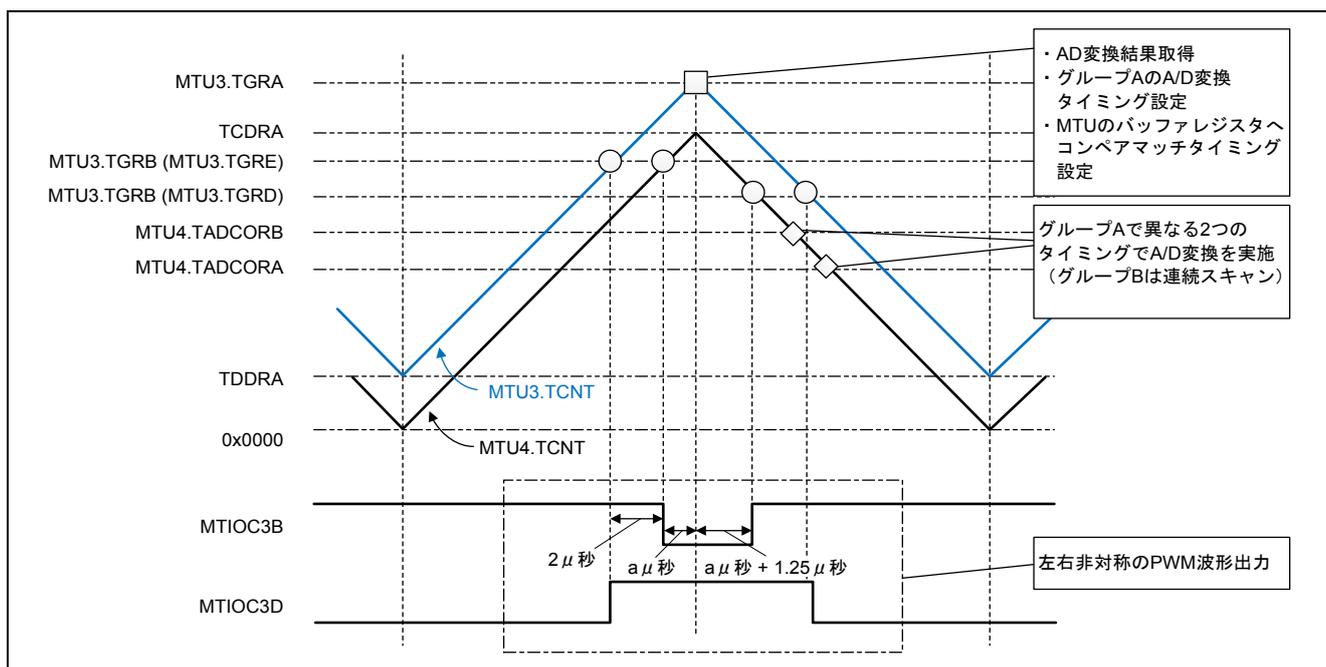
POE 機能にて、POE0#入力された場合、またはコンパレータ検出をした場合に PWM 出力をハイインピーダンス状態にします。

LVD 機能にて、電圧が低下して 2.51V の通過を検出した場合リセットが発生します。

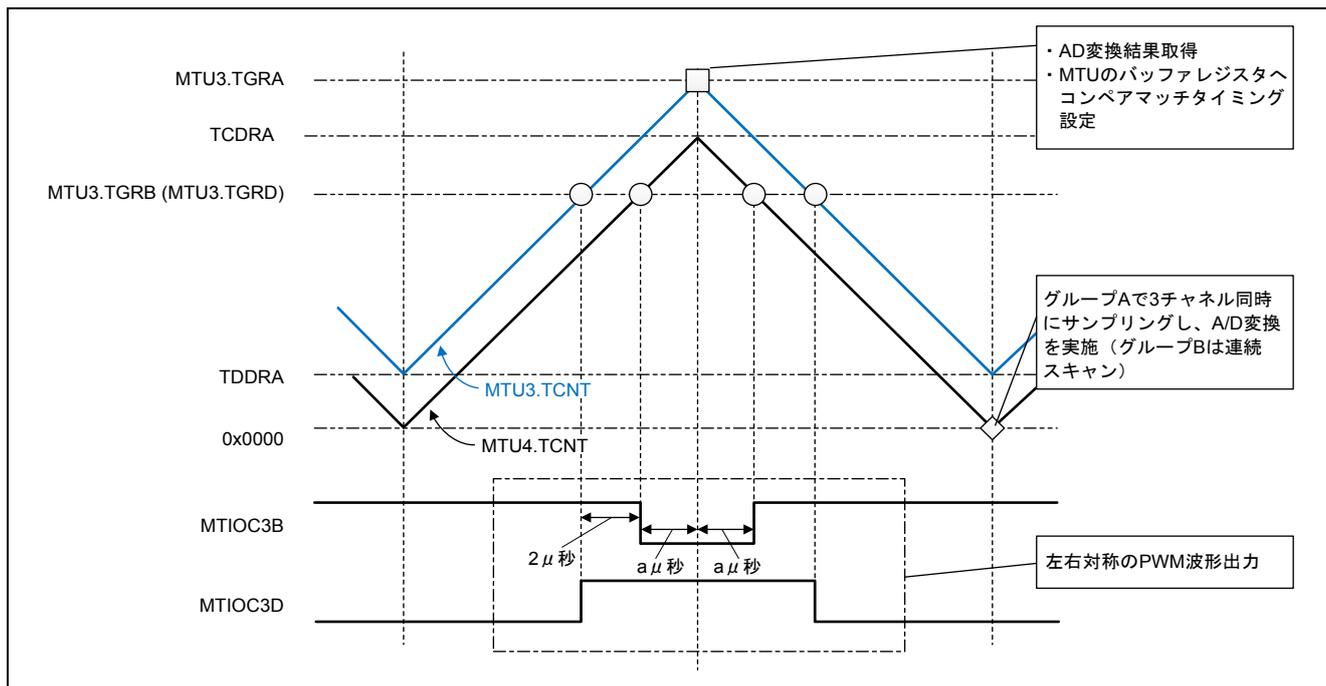
また、リセットステータスレジスタ 0 (RSTSR0) にて、リセット要因を取得できます。

以下に、サンプルコード (1 シャント版、3 シャント版) の AD 変換タイミング及び PWM 出力を示します。

<1 シャント版>



<3 ショット版>



## 4.6.2 ファイル構成

ファイル名	概要	備考
app.h	reg.c、app.c のヘッダファイル	
reg.c	レジスタアクセス処理	
app.c	メイン処理、PWMDuty 設定処理	
intprg.c	割り込み処理	
dbstc.c	セクション定義ファイル	
vecttbl.c	ベクタテーブル定義ファイル	
iodefine.h	レジスタ定義のヘッダファイル	
typedefine.h	型定義のヘッダファイル	
vect.h	ベクタ定義のヘッダファイル	
stackstc.h	スタック定義のヘッダファイル	

## 4.6.3 定数一覧

定数を以下に示します。

定数名	設定値	内容
DEF_FLAG_OFF	0	フラグ状態 OFF
DEF_FLAG_ON	1	フラグ状態 ON
DEF_CLOCK_FREQ_Hz	32000000	クロック周波数
DEF_CARRIER_FREQ_Hz	8000	PWM 周期
DEF_DEADTIME_CNT_NUM	$\text{DEF\_CLOCK\_FREQ\_NUM} * 2 / 1000000$	デッドタイム設定値
DEF_CARRIER_COUNT_NUM	$\text{DEF\_CLOCK\_FREQ\_NUM} / \text{DEF\_CARRIER\_FREQ\_NUM}$	PWM 周期のカウント値
DEF_HALF_CARRIER_COUNT_NUM	$\text{DEF\_CARRIER\_COUNT\_NUM} / 2$	PWM 周期のカウント値の 1/2 の値
MTU_AD_GET_TIMING1	800	シャント電流 取得タイミング 1 (1 シャントの場合のみ)
MTU_AD_GET_TIMING2	1600	シャント電流 取得タイミング 1 (1 シャントの場合のみ)
DEF_PWM_TABLE_MAX	360	PWM テーブルの要素数

定数テーブルを以下に示します。

定数名	内容
g_table_pwm_duty_u_1	U 相 PWM 出力タイミングテーブル 1
g_table_pwm_duty_u_2	U 相 PWM 出力タイミングテーブル 2 (1 シャントの場合のみ)
g_table_pwm_duty_v_1	V 相 PWM 出力タイミングテーブル 1
g_table_pwm_duty_v_2	V 相 PWM 出力タイミングテーブル 2 (1 シャントの場合のみ)
g_table_pwm_duty_w_1	W 相 PWM 出力タイミングテーブル 1
g_table_pwm_duty_w_2	W 相 PWM 出力タイミングテーブル 2 (1 シャントの場合のみ)

## 4.6.4 変数一覧

グローバル変数を以下に示します。

型	変数名	内容
unsigned char	g_val_reset_fact	リセット要因格納用
unsigned short	g_val_pwm_duty_table_case_num	PWMDuty テーブル設定カウント
unsigned short	g_val_dc_voltage	母線電圧 AD 格納用 (AN003)
unsigned short	g_val_ad_an005	AD 値格納用 1 (AN005)
unsigned short	g_val_ad_an007	AD 値格納用 2 (AN007)
unsigned long	g_val_enable_flag	PWM 制御フラグ
unsigned short	g_val_shunt_ad_1	シャント電流 AD 値 1 格納用 (1 シャント (AN002) /3 シャントの 場合 (AN000))
unsigned short	g_val_shunt_ad_2	シャント電流 AD 値 2 格納用 (1 シャント (AN002) /3 シャントの 場合 (AN001))
unsigned short	g_val_shunt_ad_3	シャント電流 AD 値 3 格納用 (3 シャントの場合) (AN002)

## 4.6.5 関数一覧

関数一覧を示します。

ファイル	関数名	概要
app.c	func_mainloop	メインループ処理
app.c	func_initial_ram	グローバル変数初期化処理
app.c	func_disable_pwm	MTU カウント停止処理
app.c	func_pwm_crest_1shunt	PWM 出力 duty 設定処理 (1 シャントの場合)
app.c	func_pwm_crest_3shunt	PWM 出力 duty 設定処理 (3 シャントの場合)
reg.c	func_hardware_setup	ポート及び周辺機能初期化処理
reg.c	func_hardware_enable	周辺機能動作開始設定処理
reg.c	func_irq_reset	リセット起動処理
reg.c	func_timercount_crest_isr	MTU3 TGIA3 割り込み処理 (山割り込み処理)
reg.c	func_ipm_fault_isr	POE OEI1 割り込み処理
reg.c	func_set_ad_timing_2channel	AD 変換タイミング設定処理 (1 シャントの場合のみ)
reg.c	func_set_pwm_to_io_port	MTU 出力停止処理
reg.c	func_set_io_port_to_pwm	MTU 出力許可処理
reg.c	func_set_pwm_duty_count_1	MTU バッファレジスタ設定処理 (1 シャント/3 シャント)
reg.c	func_set_pwm_duty_count_2	MTU ダブルバッファレジスタ設定処理 (1 シャントの場合のみ)
reg.c	func_reset_pwm_duty_count	MTU バッファレジスタ/ダブルバッファレジスタ 初期設定処理
reg.c	func_set_testport_on	デバッグポート出力 ON 処理
reg.c	func_set_testport_off	デバッグポート出力 OFF 処理

## 4.7 フローチャート

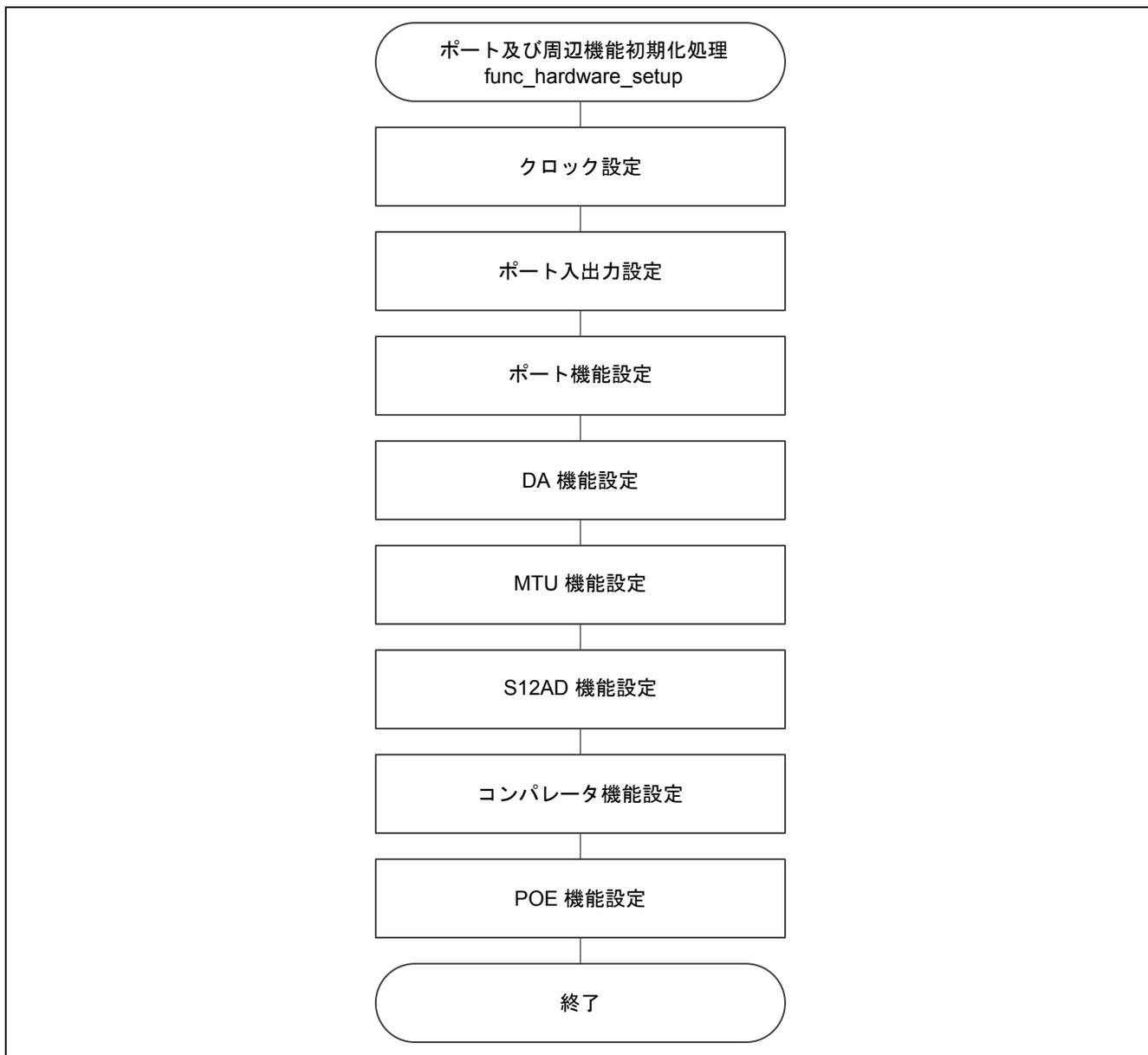
### 4.7.1 起動処理

起動処理のフローチャートを以下に示します。

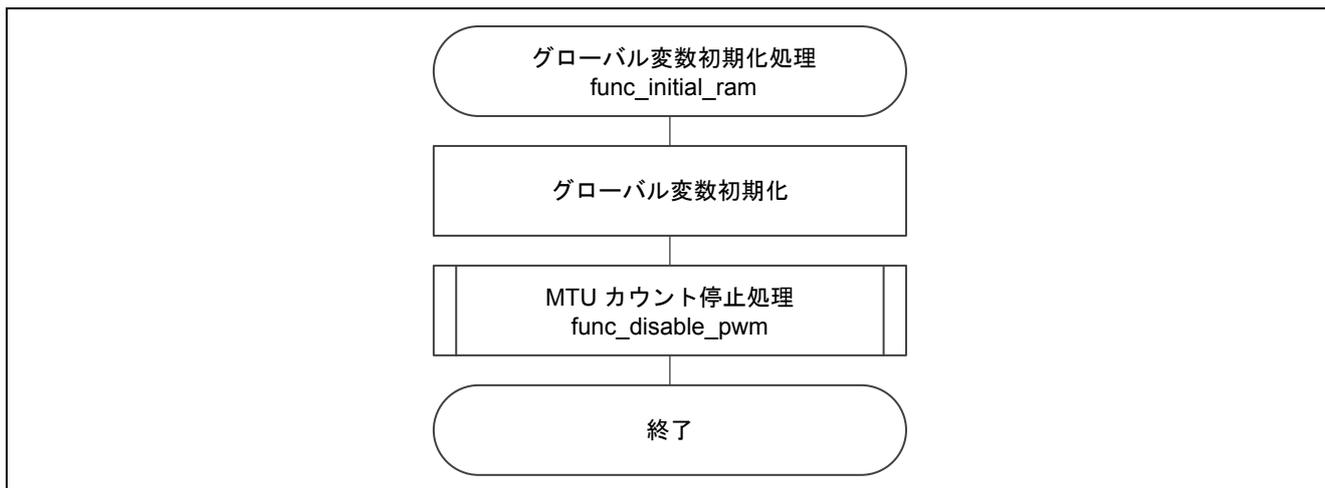
#### (1) リセット起動処理



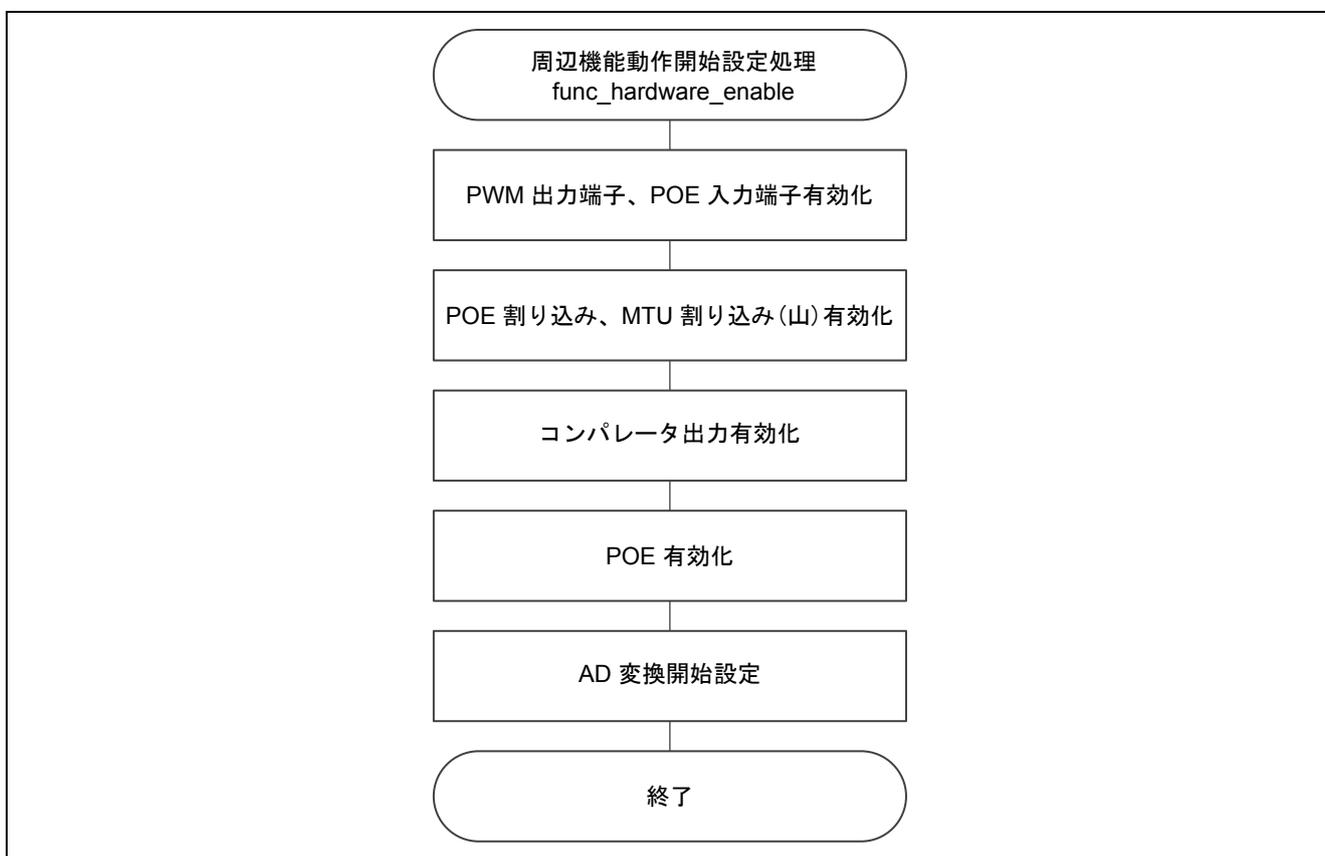
## (2) ポート及び周辺機能初期化処理



## (3) グローバル変数初期化処理



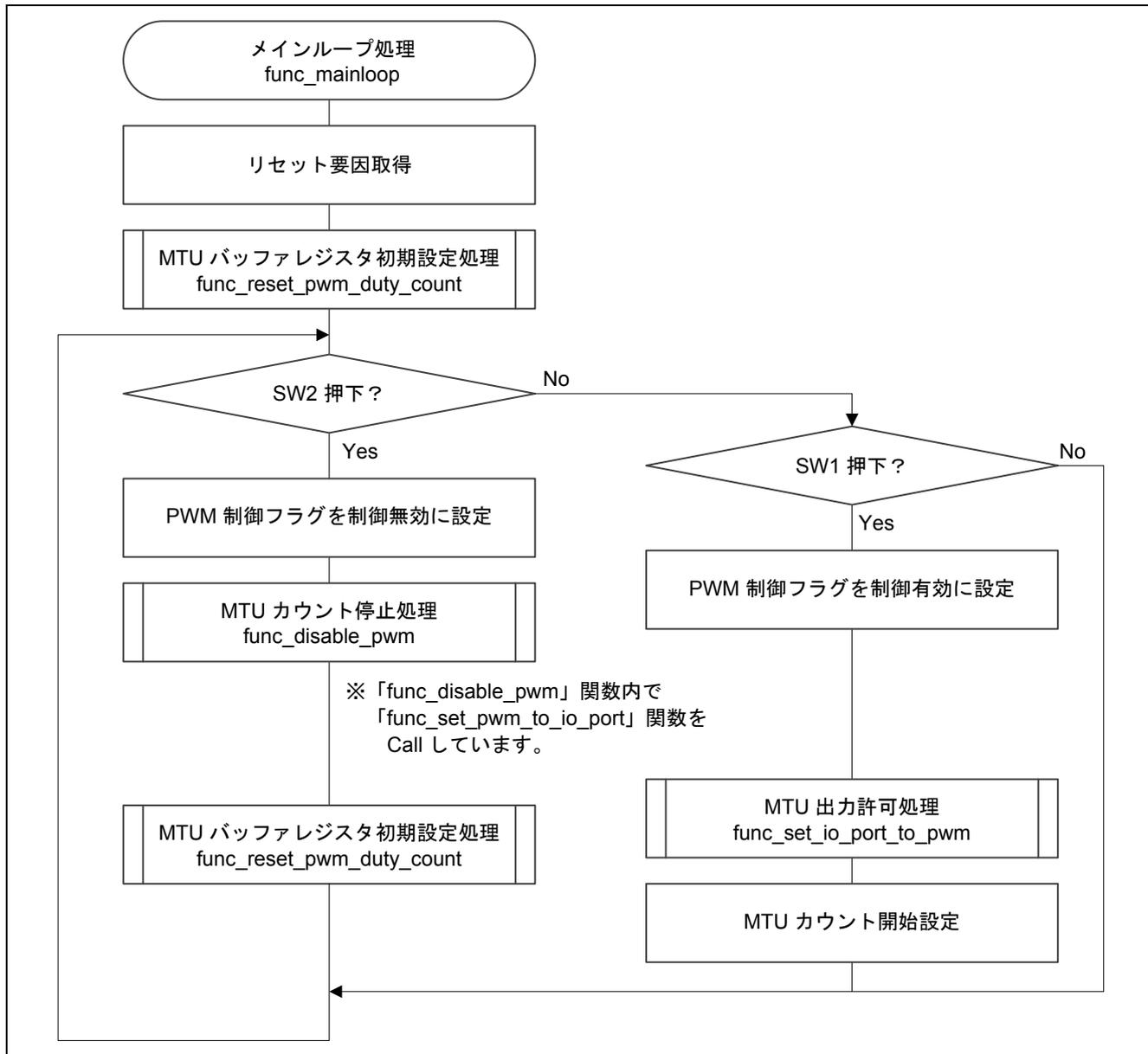
## (4) 周辺機能動作開始設定処理



## 4.7.2 メイン処理

メイン処理のフローチャートを以下に示します。

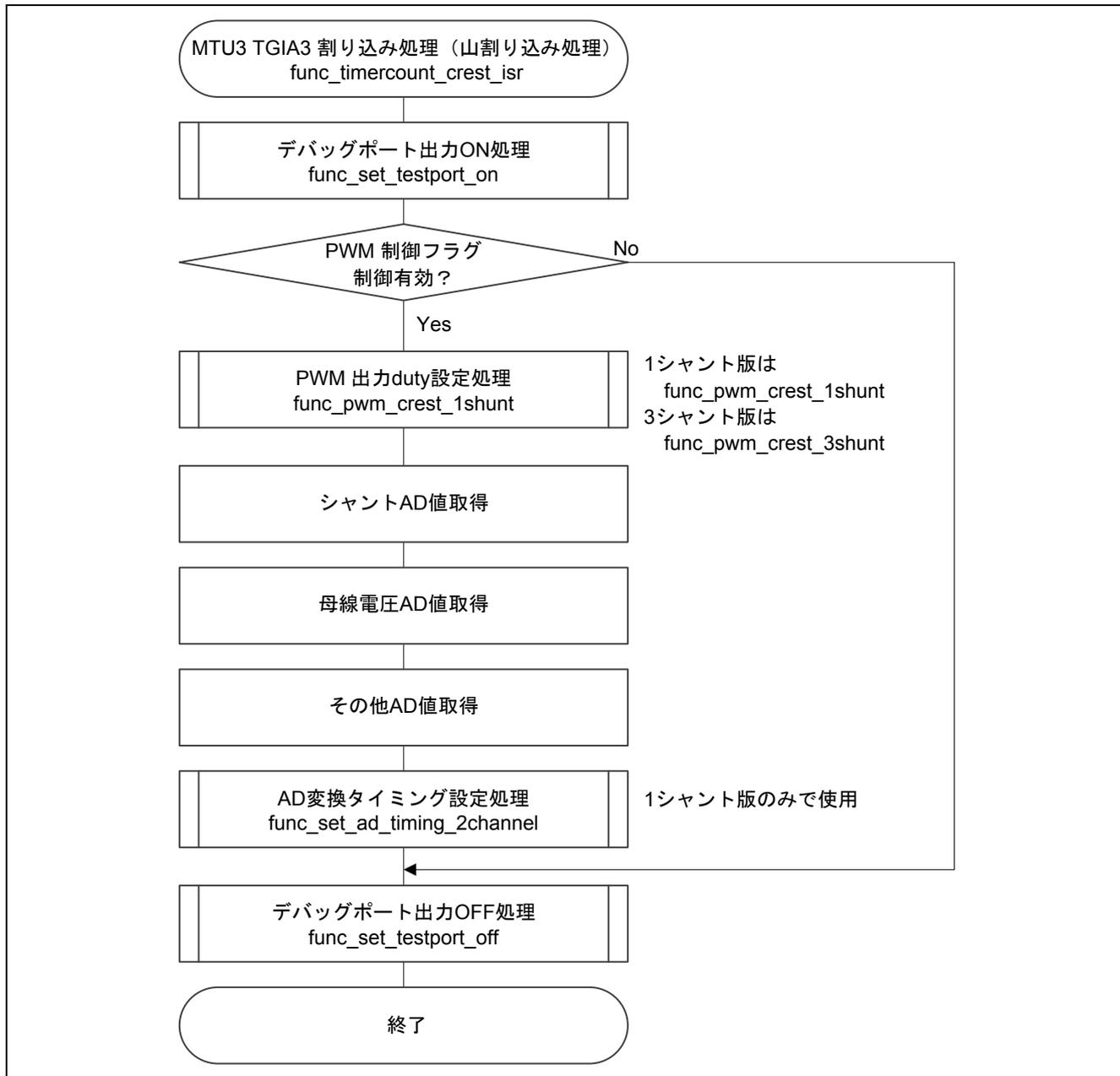
## (1) メインループ処理



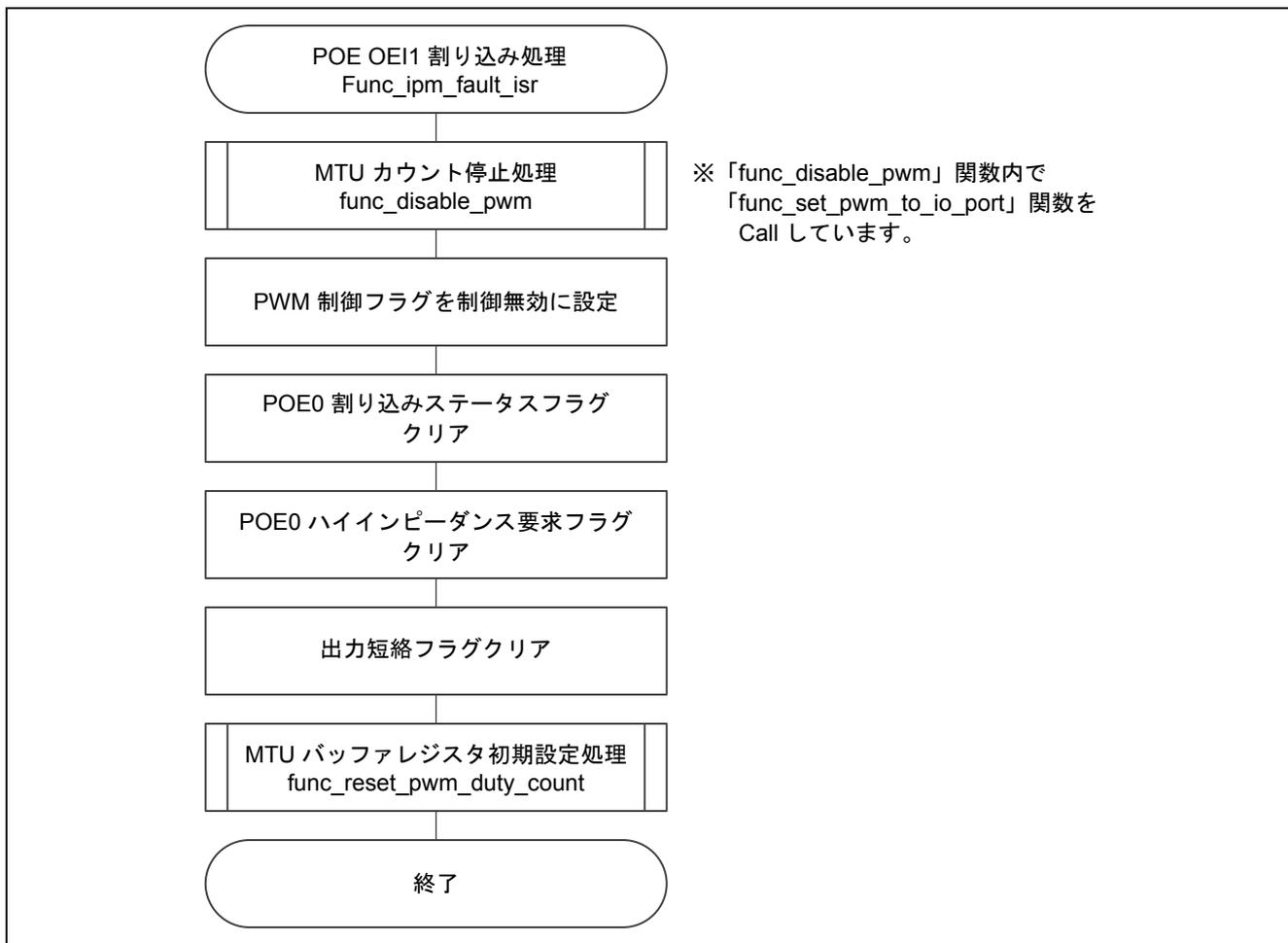
## 4.7.3 割り込み処理

割り込み処理のフローチャートを以下に示します。

## (1) MTU3 TGIA3 割り込み処理 (山割り込み処理)



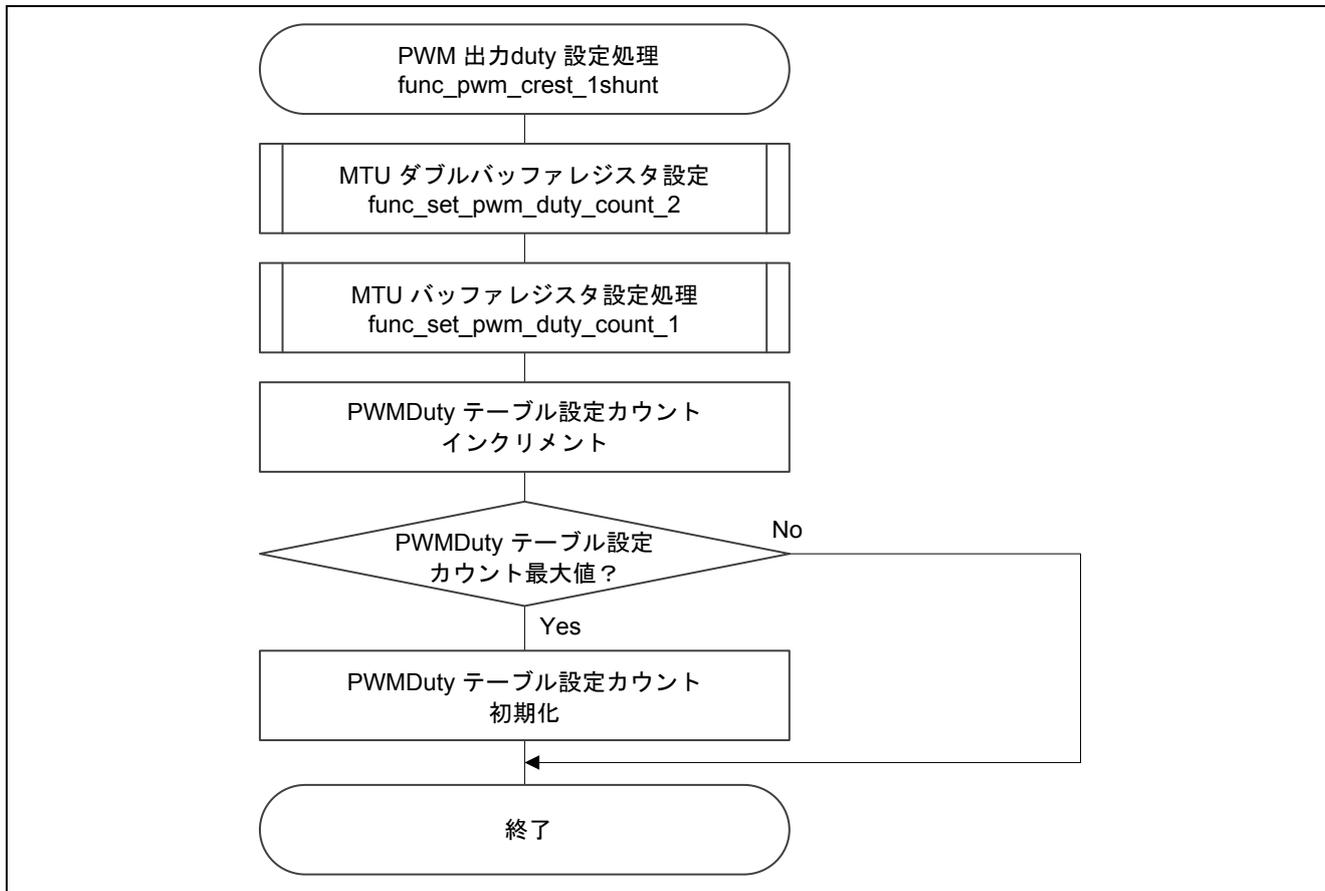
(2) POE OEI1 割り込み処理



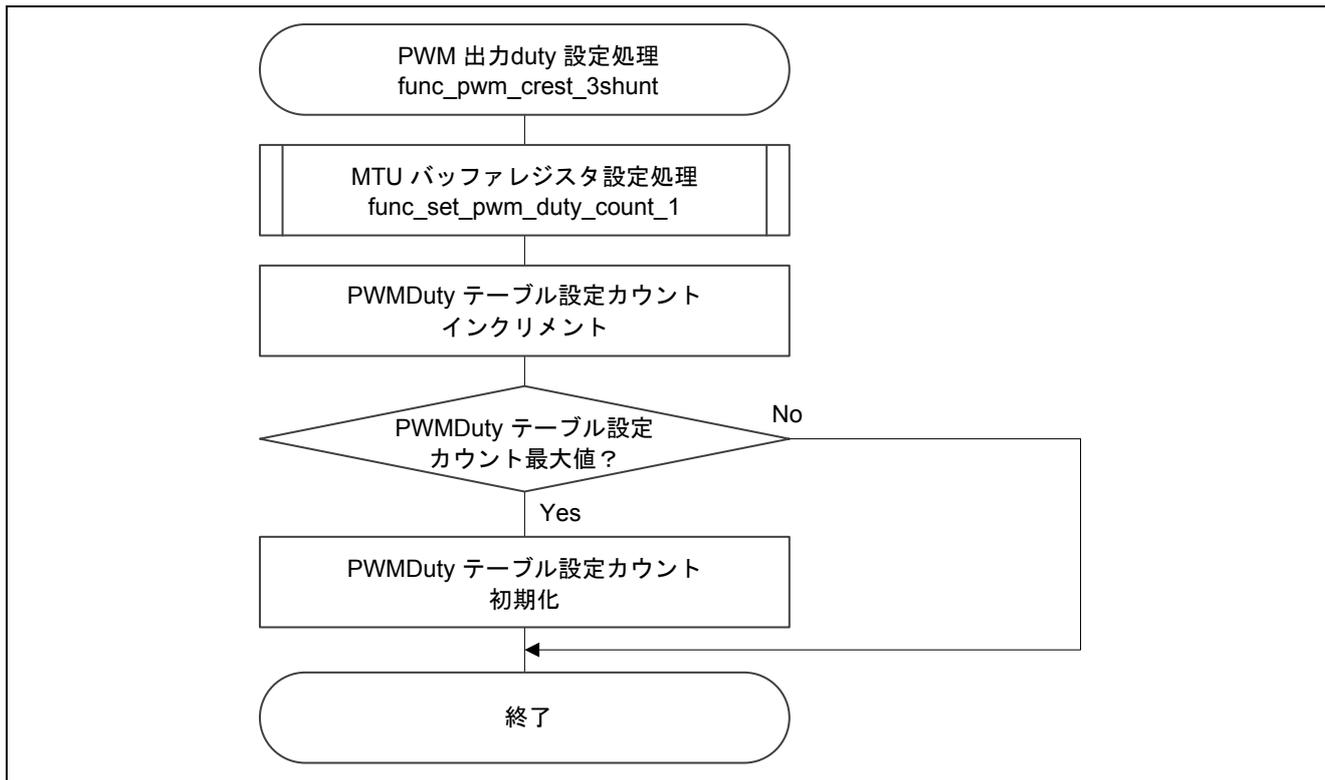
## 4.7.4 PWM 出力 Duty 設定処理

PWM 出力 duty 設定処理のフローチャートを以下に示します。

## (1) PWM 出力 duty 設定処理 (1 シャントの場合)



(2) PWM 出力 duty 設定処理 (3 シャントの場合)



## 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/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
Rev.1.00	2017.03.09	—	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（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）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（予約領域）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、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品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生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
  2. 当社製品、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またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
  3. 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、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、その他の不適切に使用しないでください。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）、交通制御（信号）、大規模通信機器、  
金融端末基幹システム、各種安全制御装置等  
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（宇宙、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に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損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。
  6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合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を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他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。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
  9. 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、(1)核兵器、化学兵器、生物兵器等の大量破壊兵器およびこれらを運搬することができるミサイル（無人航空機を含みます。）の開発、設計、製造、使用もしくは貯蔵等の目的、(2)通常兵器の開発、設計、製造または使用の目的、または(3)その他の国際的な平和および安全の維持の妨げとなる目的で、自ら使用せず、かつ、第三者に使用、販売、譲渡、輸出、賃貸もしくは使用許諾しないでください。  
当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
  10. お客様の転売、貸与等により、本書（本ご注意書きを含みます。）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、当社は一切その責任を負わず、お客様にかかる使用に基づく当社への請求につき当社を免責いたします。
  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。
  12. 本資料に記載された情報または当社製品に関し、ご不明点がある場合には、当社営業にお問い合わせください。
- 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が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。

(Rev.3.0-1 2016.11)



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 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレスト）

■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：<https://www.renesas.com/contact/>