

RX24U グループ、RX24T グループ

MTU による 3 相相補 PWM 出力のデューティ 0%または 100%の設定例

要旨

RX24U グループおよび RX24T グループには、マルチファンクションタイマパルスユニット 3 (MTU3d) が内蔵されており、PWM (パルス幅変調) 波形の生成が可能です。

本アプリケーションノートでは、デューティ 0%または 100%の 3 相相補 PWM を出力する方法について説明します。

対象デバイス

RX24U グループ、RX24T 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合わせて変更し、十分評価してください。

目次

1.	はじめに	3
1.1	MTU による相補 PWM 波形の生成	3
2.	仕様	4
2.1	サンプルコードの概要	4
3.	動作確認条件	5
4.	ハードウェア	6
4.1	使用端子	6
5.	ソフトウェア	7
5.1	サンプルコードの動作	7
5.2	ファイル構成	8
5.3	オプション設定メモリ	8
5.4	変数	8
5.5	関数	8
5.6	関数仕様	9
5.7	フローチャート	11
5.7.1	メイン処理	11
5.7.2	MTU 機能の初期化関数	12
5.7.3	ポート初期化関数	13
5.7.4	TGIA3 割り込み処理ルーチン	14
6.	本アプリケーションノートの RX24U グループへの適用	14
7.	プロジェクトをインポートする方法	15
7.1	e ² studio での手順	15
7.2	CS+での手順	16
8.	サンプルコード	17
9.	参考ドキュメント	17
	改訂記録	18

1. はじめに

1.1 MTUによる相補PWM波形の生成

MTUの相補PWMモードを使用することで、デッドタイムを設定した相補PWM波形を生成することができます。

図1.1にMTUによる相補PWM波形の生成例を示します。PWM波形はコンペアレジスタ、またはテンポラリレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチによって生成されます。Ta区間では、テンポラリレジスタはコンペアレジスタを更新するためのレジスタとして動作し、コンペアレジスタは赤い実線部とのコンペアマッチによりPWM波形が生成されます。Tb1、Tb2区間では、テンポラリレジスタは青い実線部と比較され、コンペアレジスタは赤い実線部と比較され、それぞれのコンペアマッチによりPWM波形が生成されます。PWM波形が生成されるコンペアマッチをa, b, c, d, a', b'で示しており、それぞれ、a, a'は逆相出力をOFFにするコンペアマッチ、b, b'は正相出力をONにするコンペアマッチ、cは正相出力をOFFにするコンペアマッチ、dは逆相出力をONにするコンペアマッチとなります。

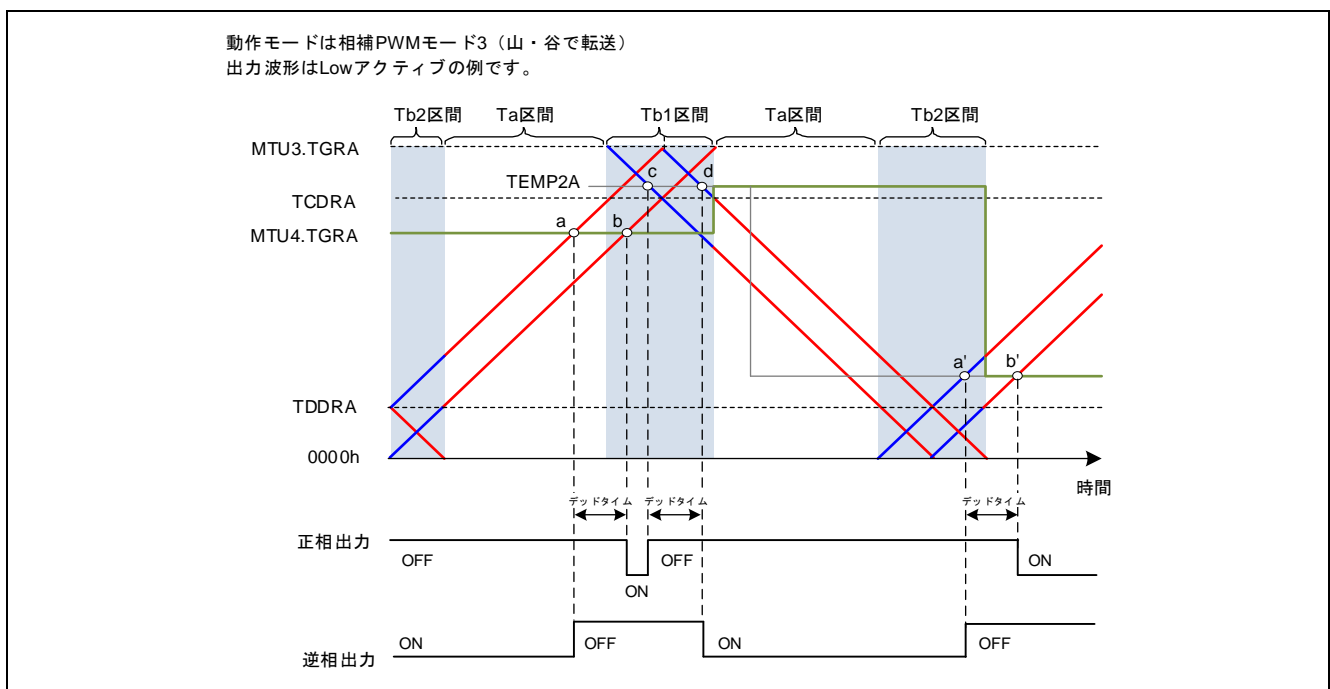


図 1.1 MTUによる相補PWM波形の生成例

相補PWMモードの詳細は、「RX24Uグループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」、または「RX24Tグループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「20.3.8 相補PWMモード」を参照してください。

2. 仕様

2.1 サンプルコードの概要

サンプルコードはMTUの相補PWMモード2を使用して、第1周期で正相がデューティ0%の波形を出力、第2周期で正相がデューティ100%の波形を出力、続いて、第3周期でデューティ0%の波形を出力し、以降は同様にこの動作を繰り返します。

以下に、サンプルコードが使用するMTUの設定を示します。

- 相補PWMモード2を使用。
- チャンネルMTU3、MTU4を使用。
- PWM出力信号はLowアクティブに設定。
- デッドタイムは30usに設定。
- PWMキャリア周期は1msに設定。
- 3相とも同一のデューティを設定。

表2.1に使用する周辺機能と用途の一覧を示します。

表 2.1 使用する周辺機能と用途

周辺機能	用途
MTU	3相相補PWM波形の生成
POE	MPC設定時にPWM出力端子をHi-Z状態にする設定
MPC	使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図2.1にサンプルコードの3相相補PWM出力を示します。

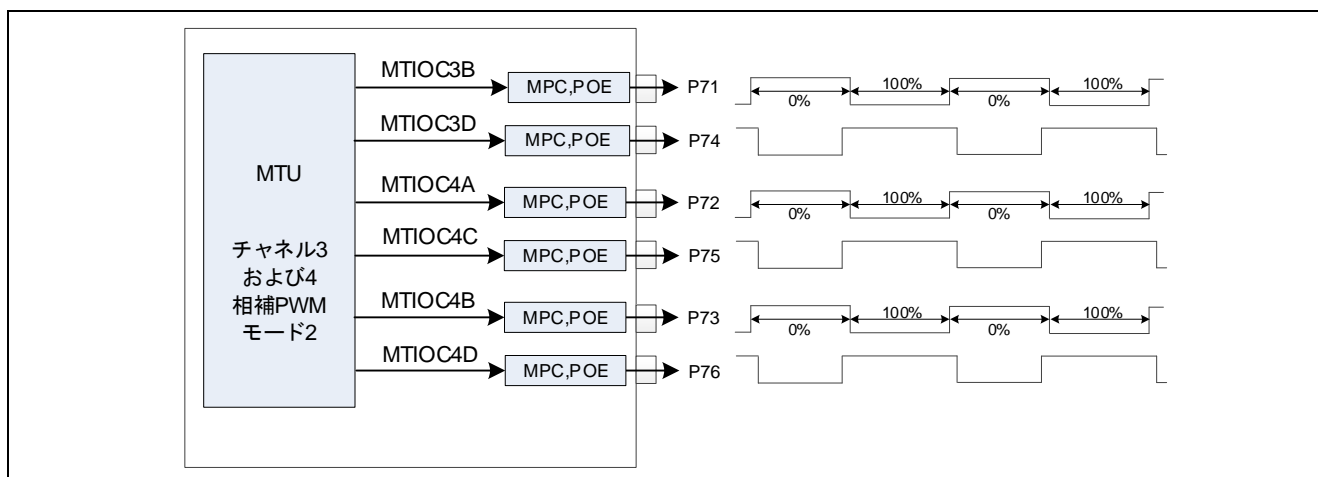


図 2.1 サンプルコードの3相相補PWM出力

3. 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、以下に示す条件で動作を確認しています。

表 3.1 動作確認条件

項目	内容
使用 MCU	R5F524TEADFP (RX24T グループ)
動作周波数	メインクロック : 20.0MHz PLL : 80.0MHz (メインクロック×1/2 ×8) HOCO : 停止 LOCO : 4MHz システムクロック (ICLK) : 80.0MHz (PLL ×1/1) 周辺モジュールクロック A (PCLKA) : 80.0MHz (PLL ×1/1) 周辺モジュールクロック B (PCLKB) : 40.0MHz (PLL ×1/2) 周辺モジュールクロック D (PCLKD) : 40.0MHz (PLL ×1/2) FlashIF クロック (FCLK) : 20.0MHz (PLL ×1/4)
動作電圧	3.3V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス e ² studio Version 7.6.0
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス C/C++ Compiler Package for RX Family V3.01.00 コンパイラオプション 統合開発環境のデフォルト設定が使用されます。
iodefine.h バージョン	V1.0H
エンディアン	リトルエンディアン、ビッグエンディアン
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
サンプルコードバージョン	バージョン 1.00
使用ボード	Renesas Starter Kit for RX24T (型名 : RTK500524TSxxxxBE)

4. ハードウェア

4.1 使用端子

表 4.1 に使用端子と機能の一覧を示します。

表 4.1 使用端子と機能

端子名	入出力	機能
P71/MTIOC3B	出力	正相相補 PWM 出力端子 1
P72/MTIOC4A	出力	正相相補 PWM 出力端子 2
P73/MTIOC4B	出力	正相相補 PWM 出力端子 3
P74/MTIOC3D	出力	逆相相補 PWM 出力端子 1
P75/MTIOC4C	出力	逆相相補 PWM 出力端子 2
P76/MTIOC4D	出力	逆相相補 PWM 出力端子 3

5. ソフトウェア

5.1 サンプルコードの動作

図 5.1 に 1 相におけるサンプルコードの動作を示します。デューティの設定を変更する割り込みを発生させるため、MTU3.TGRA コンペアマッチ割り込み (TGIA3) を設定し、コンペアレジスタを MTU3.TGRA 値 (次の周期のデューティを 0%に設定) または “0000h” (次の周期のデューティを 100%に設定) に更新するために、TGIA3 割り込み処理ルーチンの中でバッファレジスタを書き換えます。バッファレジスタの値は Ta 区間でテンポラリレジスタへ転送され、テンポラリレジスタの値は Tb2 区間の最後でカウンタレジスタへ転送されます。初期出力は、TOCR1A.OLSP ビット、TOCR1A.OLSN ビットの設定に従い、正相出力、逆相出力ともに OFF になり、カウント開始後にデッドタイムが経過すると逆相出力が ON になります。以降は以下の 1~5 を繰り返します。

1. c ではコンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、正相出力が OFF になりますが、OFF から OFF のため波形は変化しません。
2. a および d では逆相出力を ON/OFF にするコンペアマッチが同時に発生しますが、同じ相を ON/OFF にするコンペアマッチが同時に発生すると、両方のコンペアマッチは無視されるため波形は変化しません。
3. b では同区間中に、OFF にするコンペアマッチ c が発生しているため、b は無視され波形は変化しません。
4. a' および b' ではテンポラリレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、正相出力が ON になります。
5. c' および d' ではコンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、正相出力が OFF、逆相出力が ON になります。

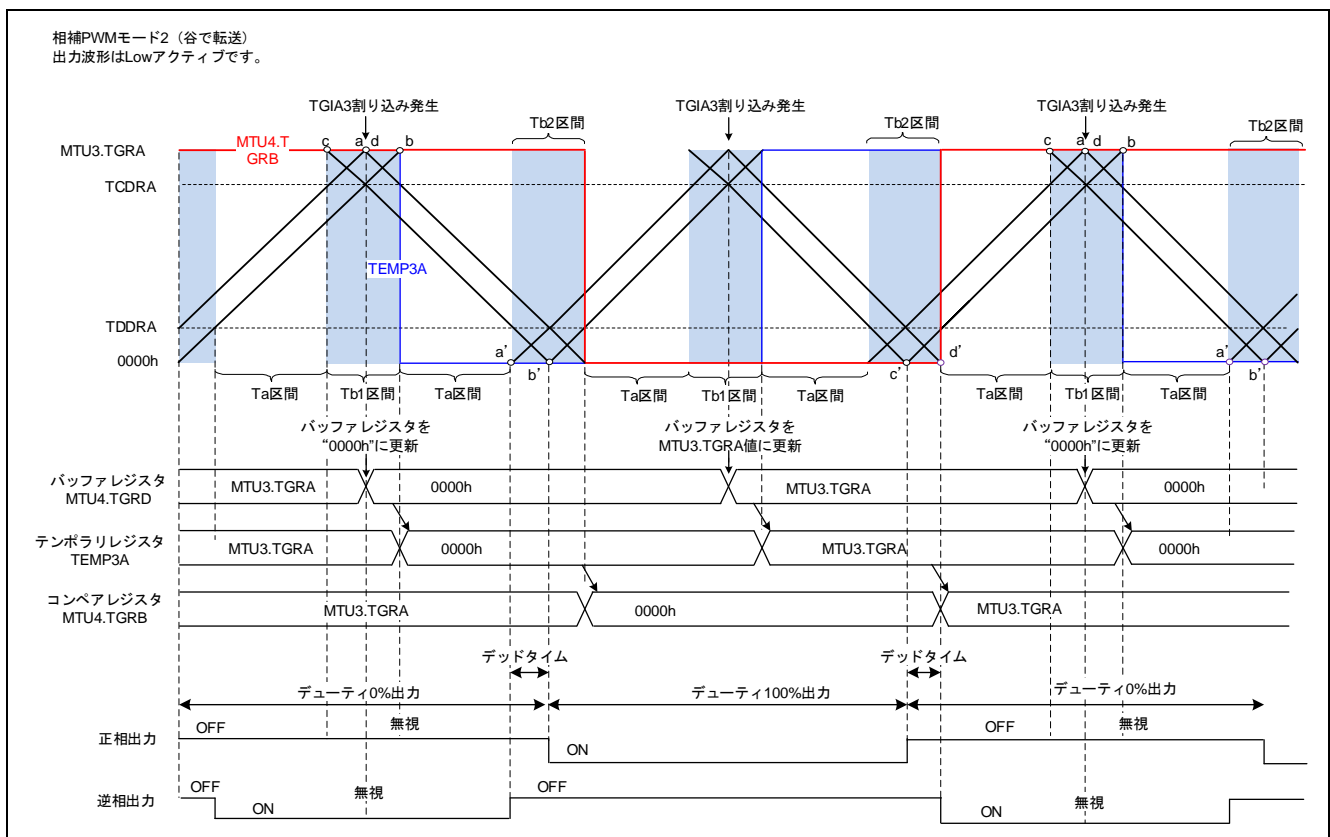


図 5.1 サンプルコードの動作

5.2 ファイル構成

表 5.1 にサンプルコードで使用されるファイルの一覧を示します。この表には、統合開発環境によって生成されるファイルは含まれません。

表 5.1 サンプルコードで使用されるファイル

ファイル名	概要	備考
main.c	メイン処理 MTU 初期設定 ポート初期設定 TGIA3 割り込み処理ルーチン	
r_init_stop_module.c	RX24T グループ初期設定	詳細は、RX24T グループ初期設定例 (R01AN2837) を参照してください。
r_init_stop_module.h		
r_init_port_initialize.c		
r_init_port_initialize.h		
r_init_clock.c		
r_init_clock.h		

5.3 オプション設定メモリ

表 5.2 にサンプルコードに設定されたオプション設定メモリの一覧を示します。必要に応じて、ユーザーシステムに適した値を設定してください。

表 5.2 サンプルコードに設定された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	リセット後に IWDT ストップ
OFS1	FFFF FF8Bh~FFFF FF88h	FFFF FFFFh	リセット後に電圧モニタ0リセット無効 リセット後に HOCO 発振無効
MDE	FFFF FF83h~FFFF FF80h	FFFF FFFFh	リトルエンディアン

5.4 変数

表 5.3 にサンプルコードで使用される変数の一覧を示します。

表 5.3 変数

型	名称	説明	変数を使用する関数
uint8_t	s_duty_update_flag	デューティ更新フラグ 0: バッファレジスタを“0000h”に更新 1: バッファレジスタを MTU3.TGRA 値に更新	Excep_MTU3_TGIA3

5.5 関数

表 5.4 に関数の一覧を示します。

表 5.4 関数

関数名	概要
main	メイン処理
mtu_init	MTU 初期設定
mtu_port_init	ポート初期設定
Excep_MTU3_TGIA3	TGIA3 割り込み処理ルーチン (各周期でバッファレジスタの値を更新)

5.6 関数仕様

以下にサンプルコードの関数仕様を示します。

main	
概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	void main(void)
説明	以下の関数を呼び出した後に、MTU3、MTU4 のカウント動作を開始します。 <ul style="list-style-type: none"> ・リセット後に動作している周辺機能の停止 ・存在しないポートの初期設定 ・クロック初期設定 ・MTU 機能の初期化 ・MTU 機能用ポート設定
引数	なし
戻り値	なし

R_INIT_StopModule	
概要	リセット後に動作している周辺機能の停止
ヘッダ	r_init_stop_module.h
宣言	void R_INIT_StopModule(void)
説明	モジュールストップ状態へ遷移する設定を行います。
引数	なし
戻り値	なし
備考	詳細は、RX24T グループ初期設定例（R01AN2837）を参照してください。

R_INIT_Port_Initialize	
概要	存在しないポートの初期設定
ヘッダ	r_init_port_initialize.h
宣言	void R_INIT_Port_Initialize(void)
説明	存在しないポートの端子に対応するポート方向レジスタの初期設定を行います。
引数	なし
戻り値	なし
備考	詳細は、RX24T グループ初期設定例（R01AN2837）を参照してください。

R_INIT_Clock	
概要	クロック初期設定
ヘッダ	r_init_clock.h
宣言	void R_INIT_Clock(void)
説明	クロックの初期設定を行います。
引数	なし
戻り値	なし
備考	詳細は、RX24T グループ初期設定例（R01AN2837）を参照してください。

mtu_init	
概要	MTU 機能の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void mtu_init (void)
説明	MTU の相補 PWM モード 2 とバッファ機能を使用して、PWM 波形を生成するための設定をします。 PWM キャリア周期を 1ms、デッドタイムを 30 μ s に設定します。 コンペアレジスタとバッファレジスタに MTU3.TGRA 値を設定し、第 1 周期でデューティ 0%を生成します。
引数	なし
戻り値	なし

mtu_port_init	
概要	MTU 機能用ポート設定
ヘッダ	なし
宣言	static void mtu_port_init (void)
説明	MTU 機能用にポート端子 P71~P76 を初期化します。 MTU 機能用ポート端子初期化の前後に POE による Hi-Z 設定をします。
引数	なし
戻り値	なし

Excep_MTU3_TGIA3	
概要	TGIA3 割り込み処理ルーチン
ヘッダ	なし
宣言	void Excep_MTU3_TGIA3(void)
説明	バッファレジスタを “0000h” または MTU3.TGRA 値に更新します。
引数	なし
戻り値	なし

5.7 フローチャート

5.7.1 メイン処理

図 5.2 にメイン処理を示します。

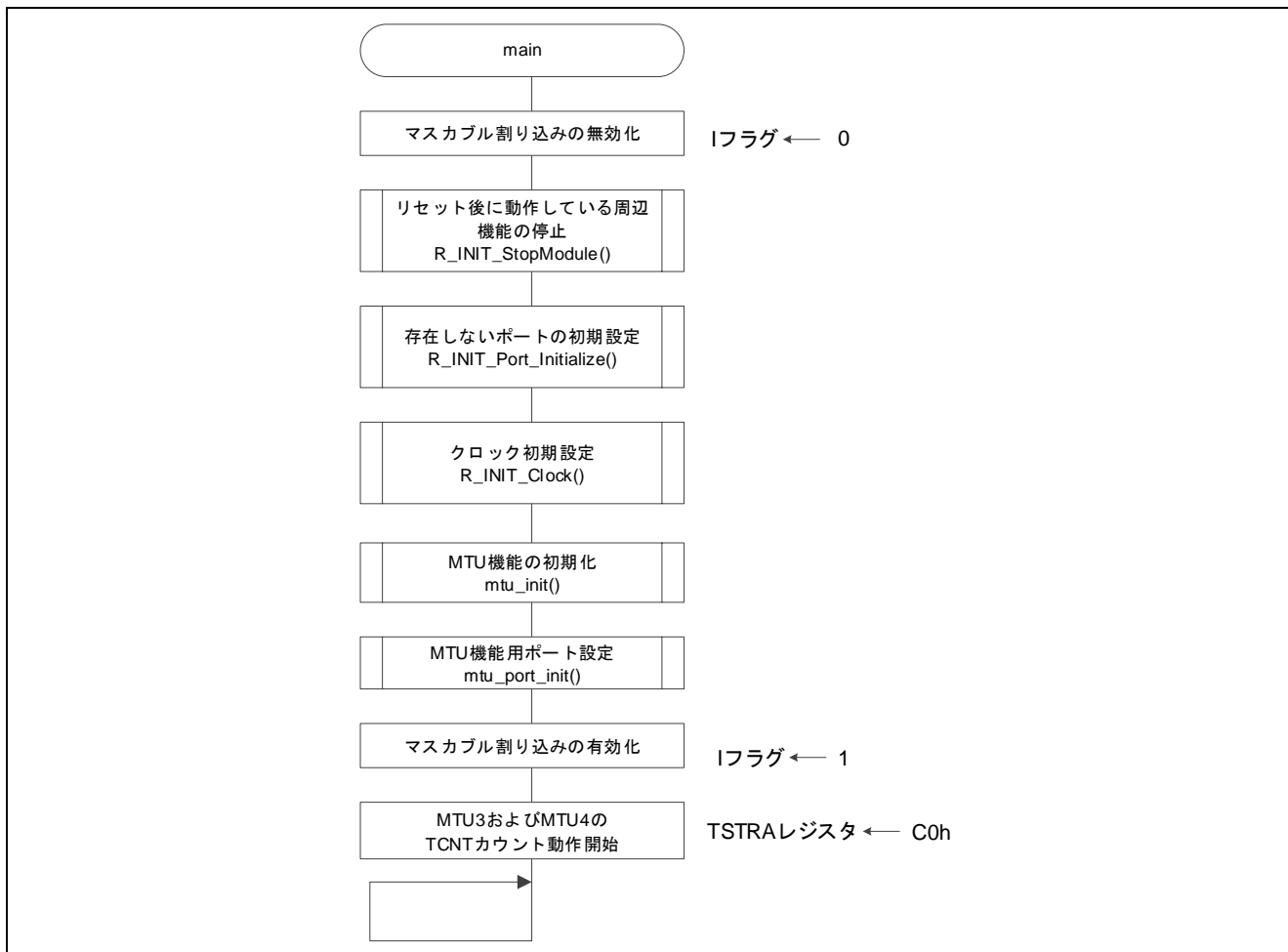


図 5.2 メイン処理

5.7.2 MTU 機能の初期化関数

図 5.3 に MTU 機能の初期化関数の処理を示します。

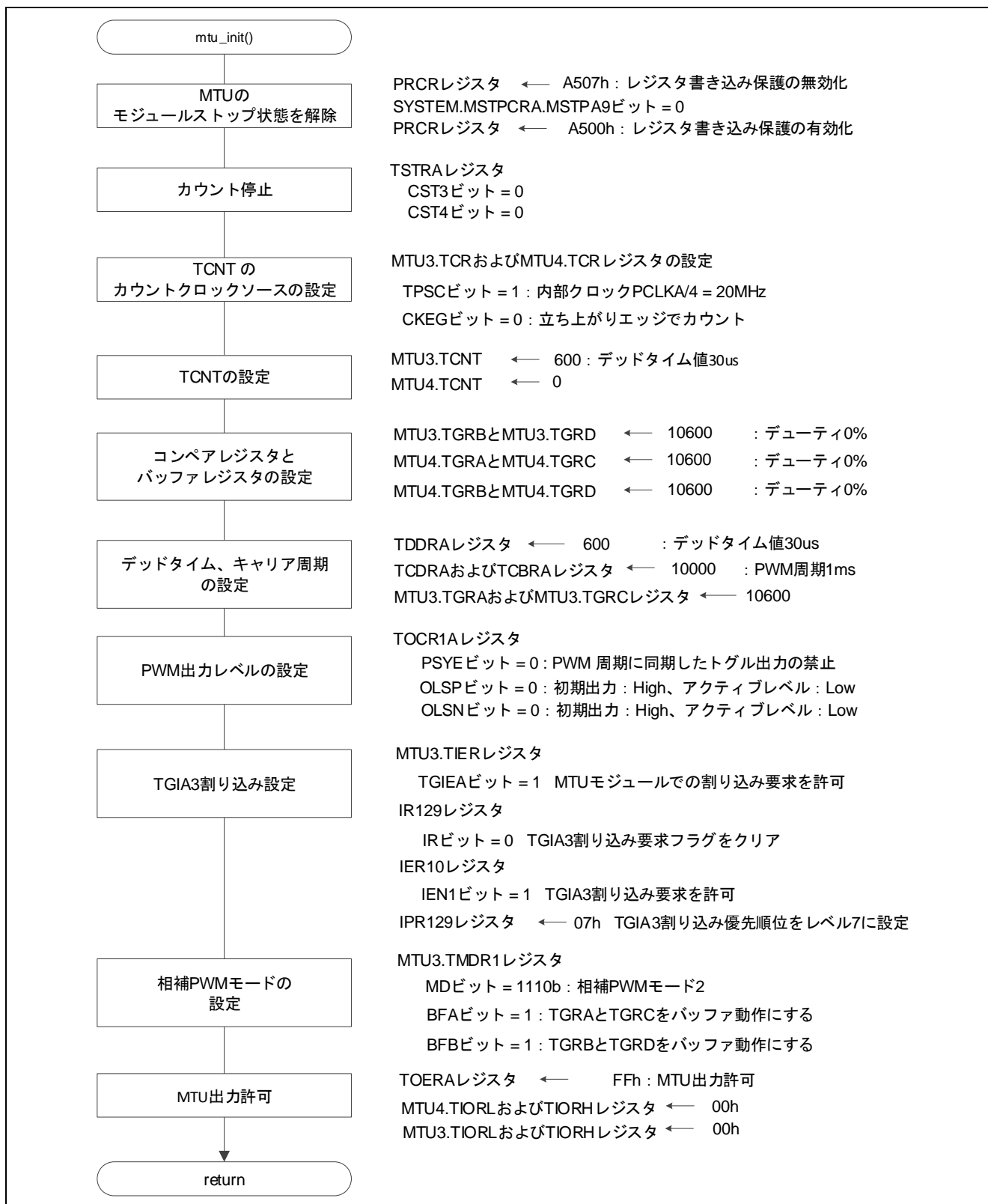


図 5.3 MTU 機能の初期化関数

5.7.3 ポート初期化関数

図 5.4 にポート初期化関数の処理を示します。

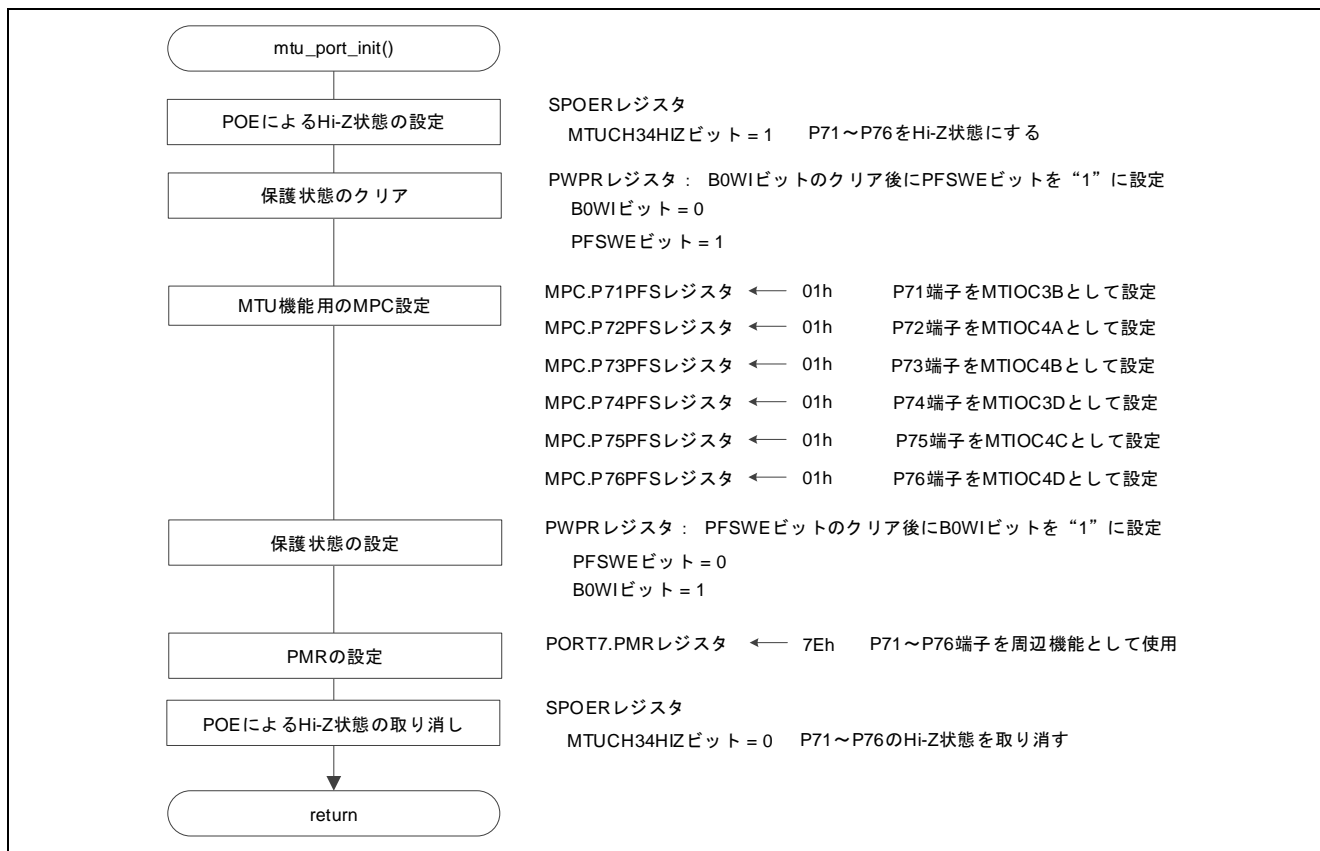


図 5.4 ポート初期化関数

5.7.4 TGIA3 割り込み処理ルーチン

図 5.5 に TGIA3 割り込み処理ルーチンの処理を示します。

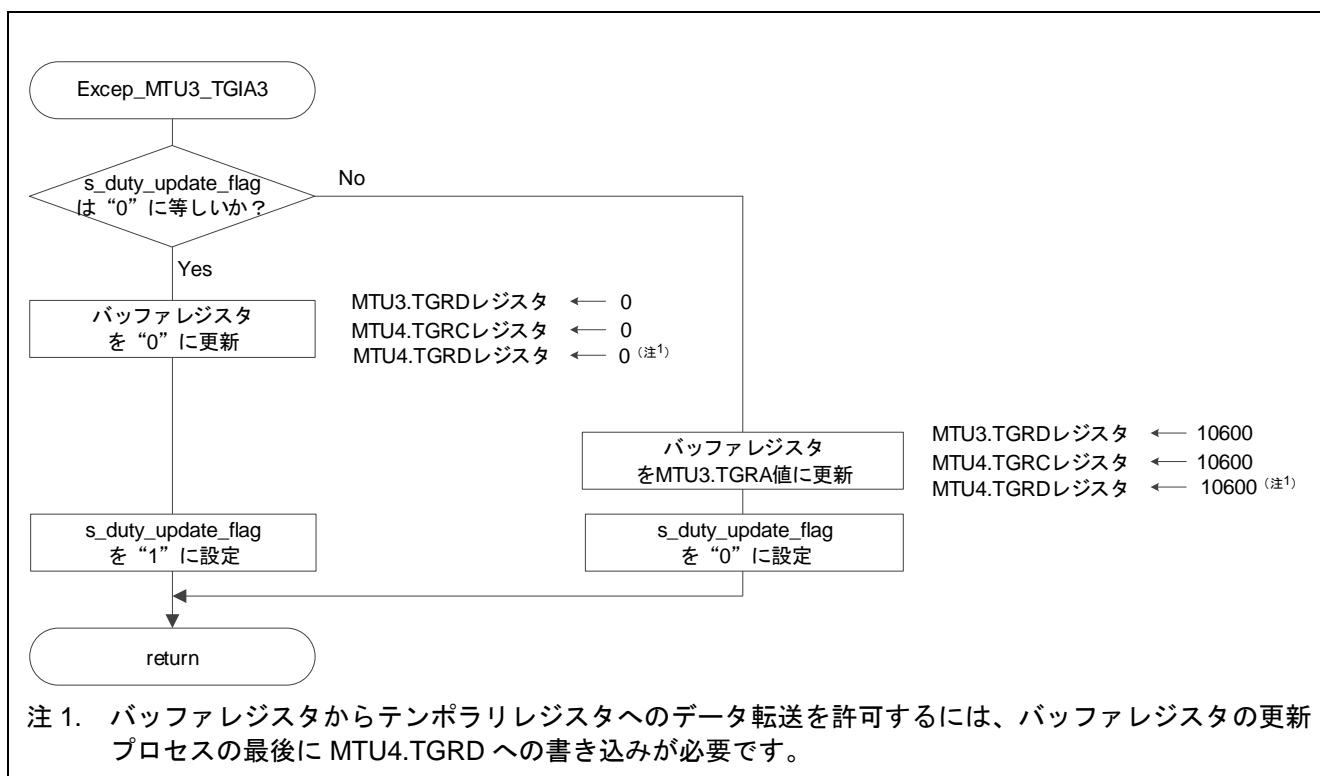


図 5.5 TGIA3 割り込み処理ルーチン

6. 本アプリケーションノートの RX24U グループへの適用

サンプルコードを RX24U グループに適用する際は、e² studio で RX24U 用のプロジェクトを作成し、RX24T グループ初期設定例のファイルを、RX24U グループ初期設定例のファイルに置き換える必要があります。詳細は、本アプリケーションノートの「5.2 ファイル構成」と、RX24U グループ初期設定例 (R01AN3425) を参照してください。

7. プロジェクトをインポートする方法

サンプルコードは e² studio のプロジェクト形式で提供しています。本章では、e² studio および CS+へプロジェクトをインポートする方法を示します。インポート完了後、ビルドおよびデバッグの設定を確認してください。

7.1 e² studio での手順

e² studio でご使用になる際は、下記の手順で e² studio にインポートしてください。

(使用する e² studio のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

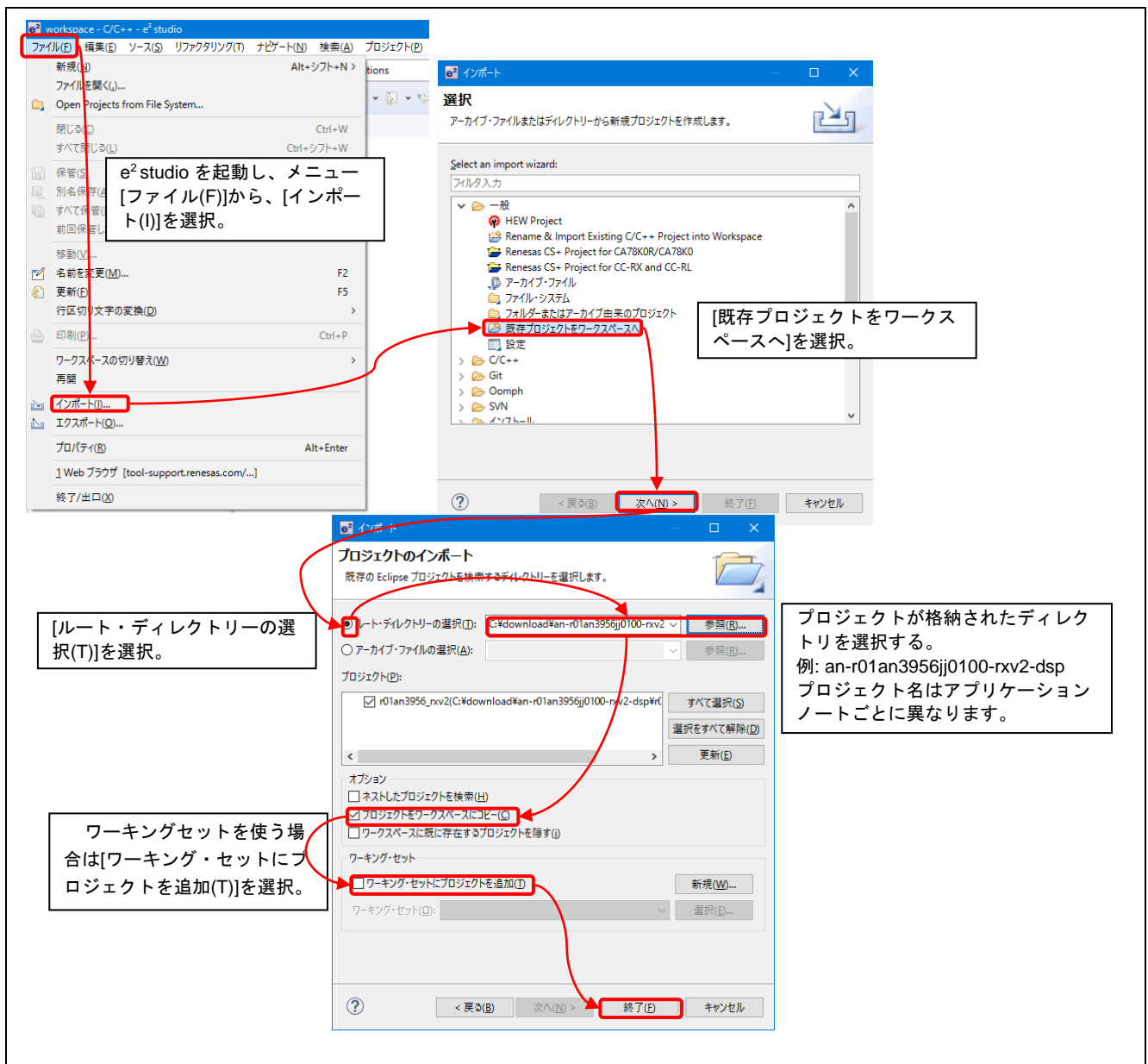


図 7.1 プロジェクトを e² studio にインポートする方法

7.2 CS+での手順

CS+でご使用になる際は、下記の手順でCS+にインポートしてください。
(使用するCS+のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

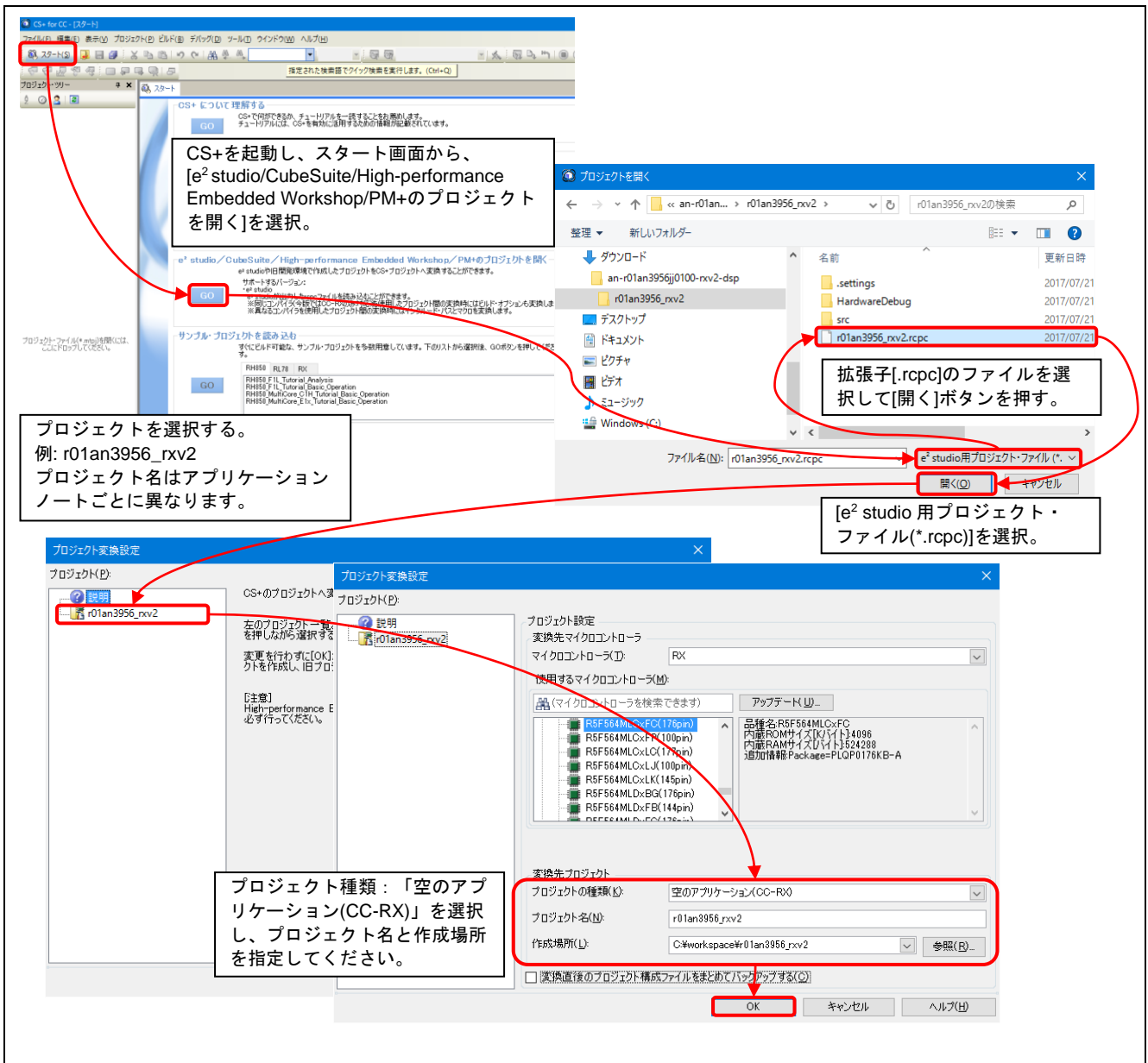


図 7.2 プロジェクトをCS+にインポートする方法

8. 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。

9. 参考ドキュメント

ユーザーズマニュアル：ハードウェア

RX24U グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0658)
(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)

ユーザーズマニュアル：ハードウェア

RX24T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0576)
(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

(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)

ユーザーズマニュアル：開発環境

RX ファミリー CC-RX コンパイラ ユーザーズマニュアル (R20UT3248)
(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

RX24U グループ初期設定例 (R01AN3425)
(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

RX24T グループ初期設定例 (R01AN2837)
(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)

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Dec.10.19	—	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. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

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. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「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。

5. クロックについて

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。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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、将来の拡張機能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。

8. 製品間の相違について

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えば、フラッシュメモリ、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まれます。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、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング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、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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（宇宙機器と、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想定していません。たとえ、当社が想定してい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も、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、ユーザーズマニュアル、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、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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、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。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. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとなります。
 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. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 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直接的、間接的に支配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.4.0-1 2017.11)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。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。