

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

#### 概要

本アプリケーションノートは、テキサス・インスツルメンツ社製 MSPM0 ファミリから RA0 シリーズへの移行を容易に行うためのガイドです。移行を行う場合に必要なエコシステム、コアアーキテクチャ、周辺機器の考慮事項、およびソフトウェア開発キットについての情報を説明します。

このドキュメントは、2つの製品間の違いを明らかにし、MSPM0 ファミリ開発環境に関する既存の知識を活用して、RA0 シリーズの MCU を迅速に導入できるようにすることを目的としています。

本書に記載している会社名や製品名など、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。なお、本文中では、TM、®マークを省略しています。

#### 移行対象デバイス

テキサス・インスツルメンツ社製 MSPM0 ファミリ

#### 導入対象デバイス

RA0 シリーズ

#### 参考ドキュメント

- [1] RA0E1 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH1040)
- [2] RA0E2 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH1090)
- [3] RA0E3 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH1165)
- [4] RA0L1 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH1143)
- [5] 統合開発環境 e<sup>2</sup> studio 2023-10 以上 ユーザーズ・マニュアル クイックスタートガイド  
ルネサスマイクロコントローラ RA ファミリ(R20UT5210)
- [6] Renesas Flexible Software Package (FSP) v5.9.0 User's Manual(R11UM0155)

## 目次

1. RA0 ポートフォリオの概要	4
1.1 はじめに	4
1.2 MSPM0 MCU とルネサス RA0 MCU のポートフォリオ比較	4
2. エコシステムとマイグレーション	6
2.1 エコシステムの比較	6
2.1.1 Flexible Software Package - FSP	7
2.1.2 RA0 がサポートする統合開発環境 (IDE)	8
2.1.3 スマート・ブラウザー	9
2.1.4 FSP Configurator	10
2.1.5 デバッグツール	13
2.1.6 評価ボード	13
2.1.6.1 Fast Prototyping Board	13
2.2 移行プロセス	15
2.2.1 ステップ 1. 適切な RA0 の選択	15
2.2.2 ステップ 2. IDE のセットアップと e <sup>2</sup> studio の簡単な紹介	18
2.2.2.1 IDE のセットアップ	18
2.2.2.2 e <sup>2</sup> studio の操作方法の紹介	19
2.2.3 ステップ 3. ソフトウェアの移植	23
2.2.4 ステップ 4. ソフトウェアの評価	26
2.2.5 ステップ 5. 量産	26
2.3 サンプルプログラムのインポート例	28
3. コアアーキテクチャの比較	35
3.1 CPU	35
3.2 組み込みメモリの比較	36
3.2.1 フラッシュ機能	36
3.2.2 フラッシュ構成	37
3.2.2.1 フラッシュメモリ領域	37
3.2.2.2 RA0 のフラッシュメモリレジスタ	37
3.2.2.3 RA0 のセルフプログラミング	37
3.2.3 SRAM	38
3.3 電源投入とリセットの概要と比較	39
3.4 クロックの概要と比較	41
3.4.1 発振器	41
3.4.1.1 RA0 発振器	42
3.4.2 クロック信号の比較	42
3.5 動作モードの概要と比較	44
3.5.1 動作モードの比較	44
3.5.2 スリープモードでの RA0 の機能	46
3.5.3 スヌーズモードでの RA0 の機能	46
3.5.4 ソフトウェアスタンバイモードでの RA0 の機能	46
3.6 割り込みとイベントの比較	47

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

---

3.6.1	割り込みと例外 .....	47
3.6.1.1	RA0 の割り込み管理 .....	48
3.6.1.2	MSPM0 の割り込み管理 .....	49
3.6.2	MSPM0 のイベントハンドラ .....	50
3.6.3	RA0 のイベントリンクコントローラ (ELC) .....	50
3.6.4	イベント管理の比較 .....	51
3.7	デバッグとプログラミングの比較 .....	52
3.7.1	デバッグ比較 .....	52
3.7.1.1	RA0 のデバッグ .....	52
3.7.1.2	MSPM0 のデバッグ .....	52
3.7.2	プログラミングモードの比較 .....	53
3.7.2.1	RA0 のシリアルプログラミング .....	53
3.7.2.2	MSPM0 のブートストラップローダー (BSL) プログラミング .....	53
4.	デジタル周辺機器の比較 .....	54
4.1	汎用 IO (PORT, PmnPFS_A) .....	54
4.2	ユニバーサル非同期送受信機 (UARTA, SAU) .....	55
4.3	シリアル・ペリフェラル・インタフェース (SPI, SAU) .....	56
4.4	インター・インテグレートッド・サーキット (IICA, SAU) .....	57
4.5	タイマ (TAU, TML32) .....	58
4.6	独立ウォッチドッグ・タイマ (IWDT) .....	59
4.7	リアルタイム・クロック (RTC) .....	59
5.	アナログ周辺機器の比較 .....	60
5.1	アナログ-デジタルコンバーター (ADC12) .....	60
5.2	電圧リファレンス (VREF) .....	61
6.	参考 .....	62
	改訂記録 .....	63

## 1. RA0 ポートフォリオの概要

### 1.1 はじめに

RA0 シリーズ（以下、「RA0」という）は、Arm® Cortex®-M23 コアを搭載し、32 ビットの汎用マイコンとしては業界最小クラスとなる低消費電力を実現したマイクロコントローラです。動作電流や待機時の消費電力が非常に低く、バッテリー駆動機器や省電力が求められるアプリケーションに適しています。

RA0 は、民生用機器、小型家電、産業オートメーション機器、ビルディング・オートメーション機器の分野で、低消費電力化や低コスト化が強く求められるアプリケーションに適しています。ルネサスのエコシステムにより、豊富なサンプル・コードやアプリケーションノートが提供されているため、迅速な開発が可能です。

ルネサス RA0 は、テキサス・インスツルメンツ社製 MSPM0 ファミリ（以下、「MSPM0」という）の代替品として競争力のある製品です。このアプリケーションノートでは、デバイスの機能とエコシステムを比較することで、MSPM0 から RA0 への移行を支援します。

### 1.2 MSPM0 MCU とルネサス RA0 MCU のポートフォリオ比較

表 1-1 Renesas RA0 と TI MSPM0 との比較(1/2)

項目		TI <sup>[3][4]</sup> MSPM0 Lx	TI <sup>[1][2]</sup> MSPM0 Cx	Renesas RA0
コア		Arm Cortex-M0+		Arm Cortex-M23 コア
クロック周波数		32MHz	最大 32MHz	32MHz
電源電圧		1.62~3.6 V	1.62~3.6 V	1.6~5.5 V
動作温度範囲		-40~+125°C	-40~+125°C	-40~+125°C
コードフラッシュ		8KB~256KB	8KB~32KB	16KB~128KB
データフラッシュ		該当なし	該当なし	1KB~2KB
RAM		2KB~32KB	1KB~8KB	2KB~16KB
入出力ポート		最大 73	最大 29	最大 60
アナログ	ADC	最大 26ch (12bit 分解能)	最大 27ch (12bit 分解能)	最大 15ch (12bit 分解能)
	DAC	8-bit	8-bit	該当なし
	COMP	1 x high-speed	1 x high-speed	該当なし
シリアル インタ フェース (最大)	UART	最大 5	最大 3	最大 5 (SAU 3ch, UARTA 2ch)
	I <sup>2</sup> C	最大 3 (Fast)	最大 2	最大 4
	SPI	最大 2	1	最大 6
	CAN	0	0	0
	LIN	2 (UART support)	1 (UART support)	1 (UART support)
タイマ		TIMA0 TIMG0-11 TIMG12	TIMA0 TIMG0-11 TIMG12	16-bit x 8-ch 32-bit x 1-ch (16-bit x 2-ch or 8-bit x 4- ch)
セキュリティ		CRC	CRC	CRC ユニーク ID, TRNG, フラッシュリードプ ロテクション

表 1-2 Renesas RA0 と TI MSPM0 との比較(2/2)

項目		TI <sup>[3][4]</sup> MSPM0 Lx	TI <sup>[1][2]</sup> MSPM0 Cx	Renesas RA0
その他の主な周辺 機器/機能		2 x オペアンプ, LCD(L2228)	Smallest QFN package(2x2), 0.5/0.65 mm Pitch packages, Pin-compatible with industry	温度センサ, イベントリンクコン トローラ 静電容量タッチ (RA0L1)
ピン数		16-80 pins	8-48 pins	16-64 pins
省電力	通常 動作	71µA /MHz	100µA /MHz	84.3µA /MHz (RA0E1)
	Standby	スタンバイモード 1µA	スタンバイモード 5µA	スリープモード 0.82mA (RA0E1) ソフトウェア スタンバイモード 0.21µA (RA0E1)

注 RA0 のソフトウェアスタンバイモードは MSPM0 の Standby モード、RA0 のスリープモードは MSPM0 の SLEEP モードに相当します。

## 2. エコシステムとマイグレーション

RA0 エコシステムは、ハードウェアからソフトウェア、デバッグツール、ライブラリ、サポートコミュニティまで幅広いサポートを提供しており、さまざまなアプリケーション向けに柔軟で効率的な開発を支援します。このエコシステムを活用することで、開発者は迅速かつ効果的に製品開発を進めることができます。

### 2.1 エコシステムの比較

表 2-1 エコシステムの比較

種別	MSPM0	RA0
コードソース	MSPM0-SDK(ドライバライブラリ、ミドルウェア、RTOS、コードサンプル)	Flexible Software Package - FSP(ミドルウェア、ドライバ、RTOS) スマート・ブラウザ(コードサンプル、ドキュメント参照)
IDE	Code Composer Studio (CCS) IAR Embedded Workbench Arm Keil MDK IDE	e <sup>2</sup> studio IAR Embedded Workbench Arm Keil MDK IDE
ソフトウェアコンフィグレーション	SysConfig	FSP Configuration RA Smart Configurator (RASC)
ソフトウェアプログラミングツール	UniFlash	ルネサスフラッシュプログラマ
ハードウェアプログラミングツール	MSP-GANG	PG-FP6
デバッグ	XDS110 J-Link	E2 エミュレータ E2 エミュレータ Lite J-Link
評価ボード	LP-MSPM0L1306 launchpad LP-MSPM0C1104 launchpad	FPB-RA0xx Fast Prototyping Board RSSK-RA0L1

図 2-1 では RA0 エコシステムの概要を示しています。

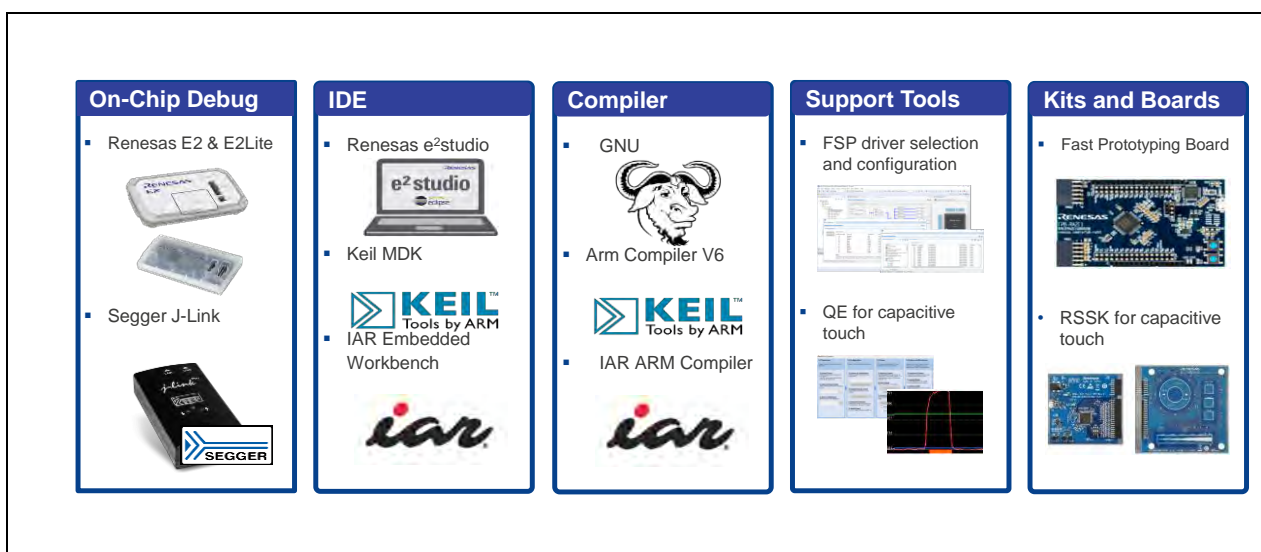


図 2-1 RA0 エコシステムの概要

2.1.1 Flexible Software Package - FSP

Flexible Software Package には、通信やセキュリティのような一般的な機能のドライバやスタックが含まれています。これらのドライバやスタックは、ミドルウェアスタック、個々のユーザ・アプリケーション対応の RTOS に依存しないハードウェア抽象化レイヤ (HAL) ドライバで提供されます。

図 2-2 に Flexible Software Package の構成を示します。

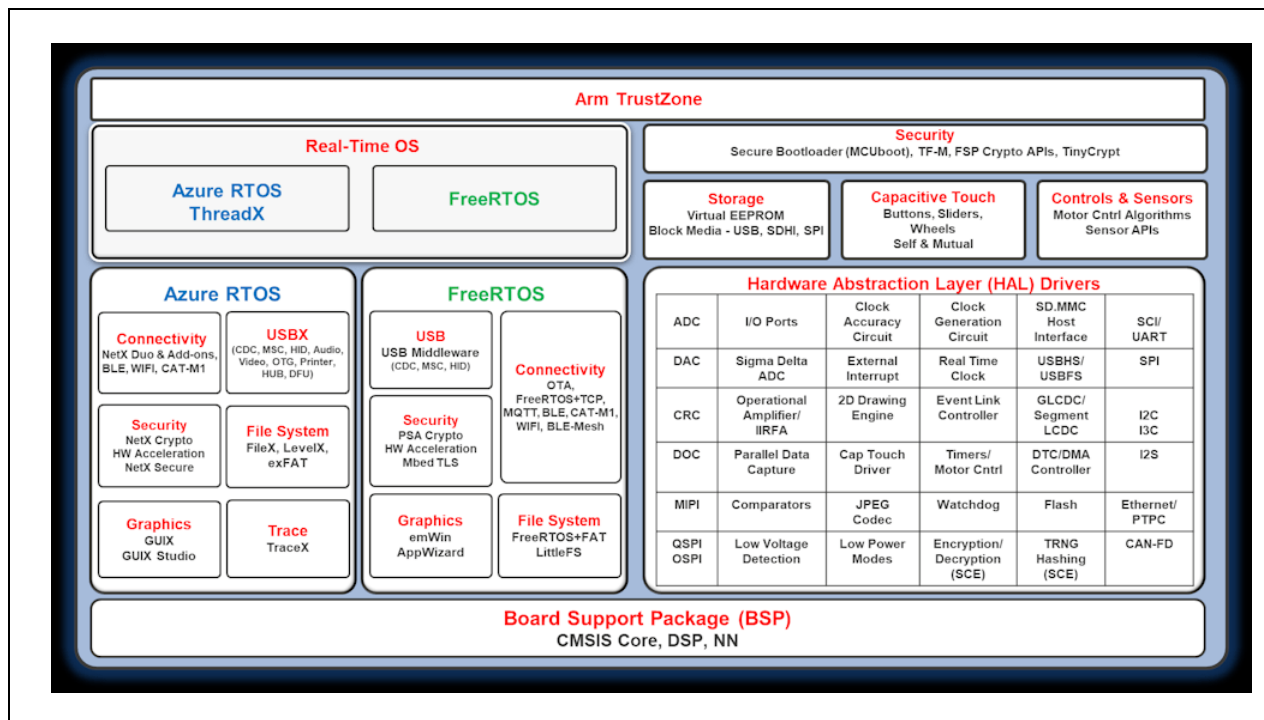


図 2-2 Flexible Software Package の構成

FSP の最下層となるのがルネサスボードサポートパッケージ (BSP) です。ルネサスが提供する評価ボードなどのハードウェア情報を基に、評価ボード対応プログラムと他の FSP モジュールとの連携を行います。

## 2.1.2 RA0 がサポートする統合開発環境 (IDE)

統合開発環境(IDE)は、ユーザがソフトウェアコードを効率的に開発するためのソフトウェアアプリケーションで、通常、エディタ、コンパイラ、デバッガなどが含まれます。

MSPM0 の代表的な IDE は CCS で、最適化 C/C++コンパイラ、ソースコードエディタ、プロジェクトビルド環境、デバッガ、プロファイラ、その他多くの機能を含む、組み込みアプリケーションの開発とデバッグに使用される一連のツールで構成されています。

e<sup>2</sup> studio は、CCS と同様 Eclipse をベースとした IDE であるため、ユーザは簡単に使い始めることができます。e<sup>2</sup> studio も同様に、多くの機能を含む、組み込みアプリケーションの開発とデバッグに使用される一連のツールで構成されています。また、e<sup>2</sup> studio は無料で使用でき、FSP Configurator からの自動コード生成、および FSP との連携によるソフトウェアモジュールの統合と管理、スマート・ブラウザによる RA0 サンプル・コードや技術ドキュメントの提供を統合しています。

表 2-2 CCS と e<sup>2</sup> studio の比較

IDE	CCS	e <sup>2</sup> studio
ライセンス	無料	無料
コンパイラ	TI Arm Clang / GCC	GCC / LLVM / Arm Compiler / IAR Arm Compiler
周辺機器 API 機能支援	サポートしない	サポートする
表示言語	英語	英語 日本語 中国語
実行ファイル出力形式	Hex file Binary file Motorola S-record file Ti_txt file	Hex file Binary file Motorola S-record file
コード生成 GUI	SysConfig	FSP Configurator RA Smart Configurator (RASC)

e<sup>2</sup> studio に加えて、Arm Keil MDK、IAR Embedded Workbench も RA0 をサポートしています。

e<sup>2</sup> studio の使用法と機能の一部については、2.2.2.2 e<sup>2</sup> studio の操作方法の紹介を参照してください。

# RA0 シリーズ

## Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

### 2.1.3 スマート・ブラウザー

スマート・ブラウザーは、使用するルネサス製デバイスの最新のユーザーズ・マニュアル、テクニカル・アップデートおよびアプリケーションノートを簡単に検索、表示することができます。また、サンプル・コードのダウンロード、およびプロジェクトを含むサンプル・コードのインポートが可能です。

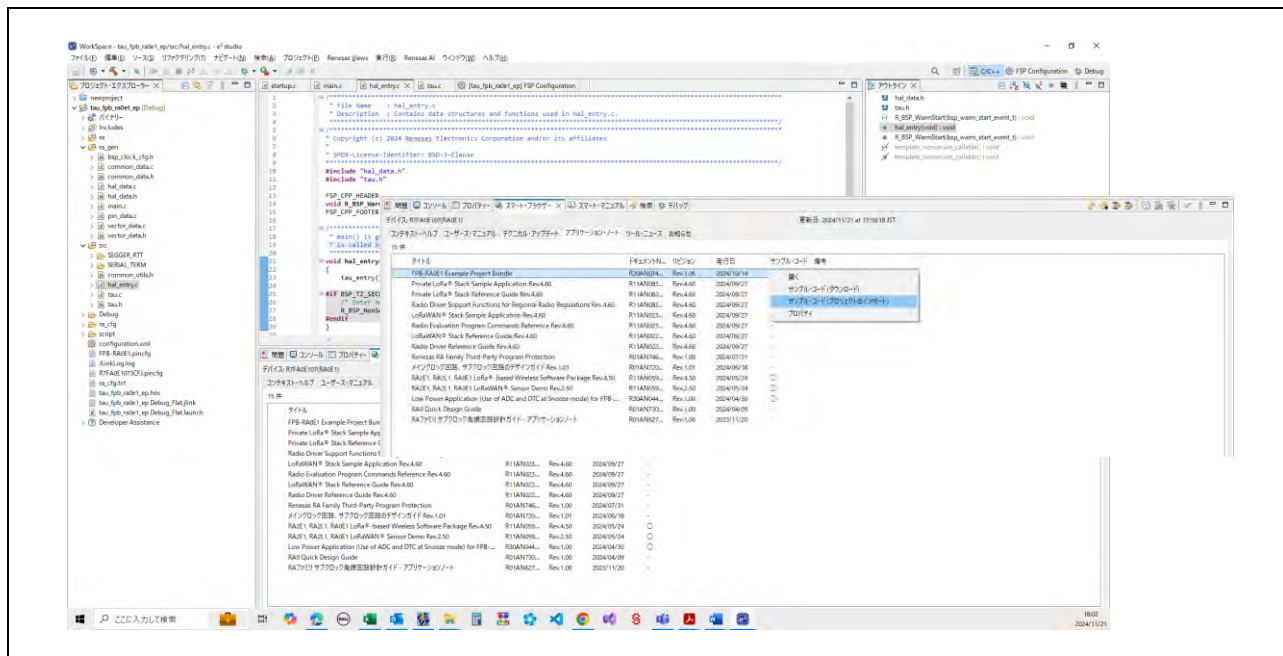


図 2-3 スマート・ブラウザー

スマート・ブラウザーは、e2 studio に内装されていますので、e2 studio をインストールすることで利用できます。スマート・ブラウザーは開発者がプロジェクトに必要な情報に迅速にアクセスできるように、複数のタブが用意されています。

“ユーザーズ・マニュアル” タブは、各種開発ツールやデバイスに関連する公式ドキュメントへのアクセスを提供します。

“テクニカル・アップデート” タブは、技術的な更新や新しい機能、デバイスの変更に関する情報を提供するタブで、プロジェクトで使用しているデバイスやツールに関連した最新の技術アップデートを確認できます。

“アプリケーションノート” タブには、アプリケーション開発のため技術情報を記載しており、特定の周辺機能やソフトウェア設計に関する使用方法を説明するドキュメント情報を提供します。

表 2-3 ソフトウェアエコシステムの比較

種別	MSPM0	RA0
ドライバライブラリ	あり	あり
ミドルウェア	あり	あり
セルフプログラミング	あり	あり
サンプルプログラム	あり	あり
無償 RTOS	あり	あり

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

#### 2.1.4 FSP Configurator

FSP Configurator は e<sup>2</sup> studio に統合されています。SysConfig と同様に、FSP Configurator は、マイコン周辺の端子設定、ミドルウェアやドライバの組み込みなど、ユーザの開発に応じたソフトウェアの組み合わせと設定がスピーディかつスマートに実現できます。FSP Configurator を使用すると、端子設定や周辺機能の競合を視覚的に解決し、自身のプロジェクトに合わせてカスタマイズができます。

また FSP Configurator は IDE を用いずに実行できるスタンドアロン版も用意しています。スタンドアロン版では、IAR Embedded Workbench や Arm Keil MDK IDE と連携することができます。

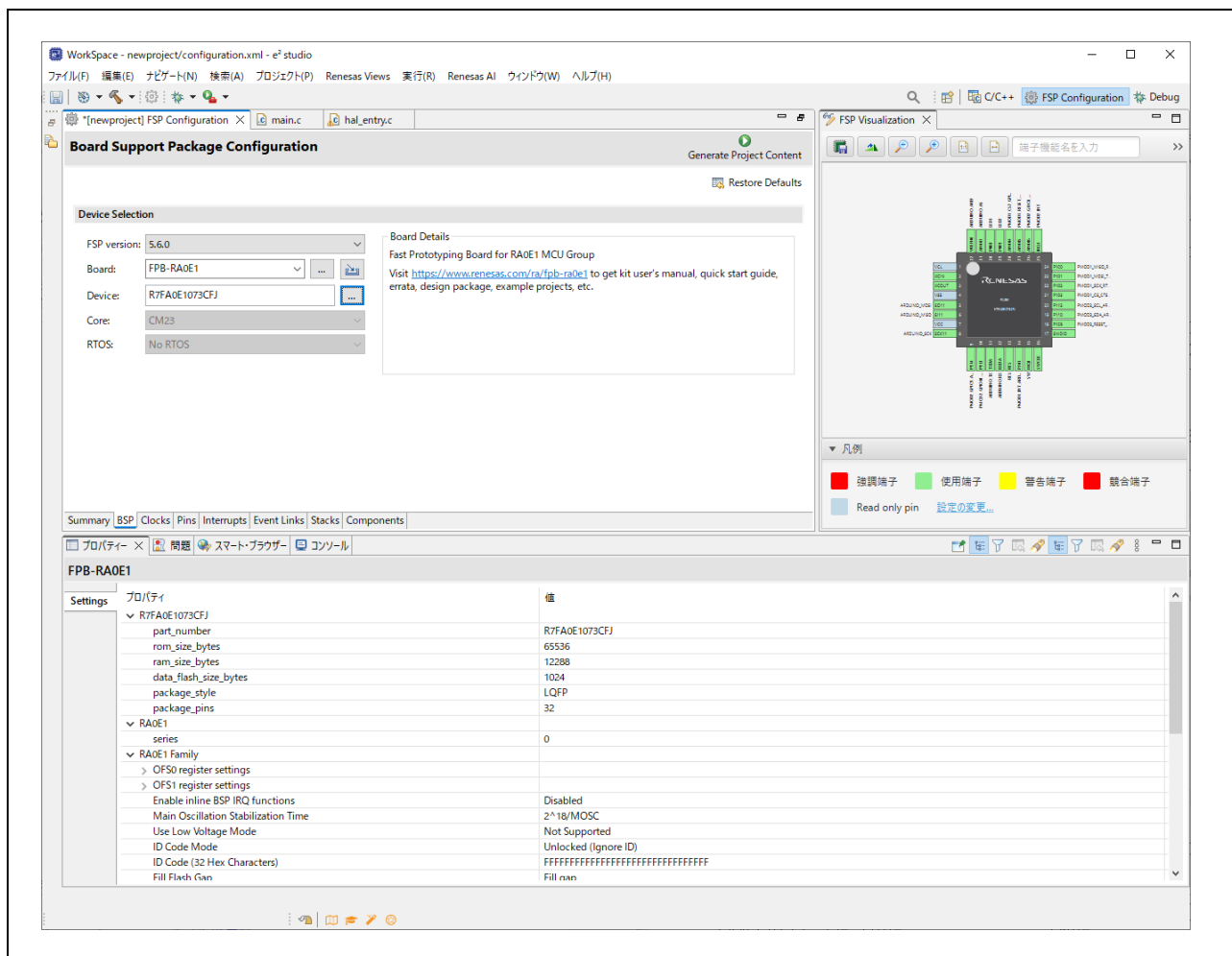


図 2-4 FSP Configurator

Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

Flexible Software Package（フレキシブルソフトウェアパッケージ：以降、FSP）には、通信やセキュリティのような一般的な機能のドライバやスタックが含まれおり、これらのドライバやスタックは、ミドルウェアスタック、個々のユーザ・アプリケーション対応のRTOSに依存しないハードウェア抽象化レイヤ（Hardware Abstraction Layer：以降、HAL）ドライバで提供されます。

図 2-5 に示すように、周辺機能は分類され一覧表示します。

また、割り込み設定の比較を図 2-6 に示します。

TI の SysConfig の割り込みと端子設定は特定の周辺機能で直接構成しますが、FSP Configurator では使用する HAL ドライバのモジュール（FSP では Stack と称します）を必要に応じて追加し、モジュール単位で個別に設定します。

FSP Configurator では使用するコンポーネントのみの設定に専念できます。

設定が確定後、FSP Configurator ではユーザが「コードの生成」ボタンを押したタイミングで生成するコードを一括更新します。

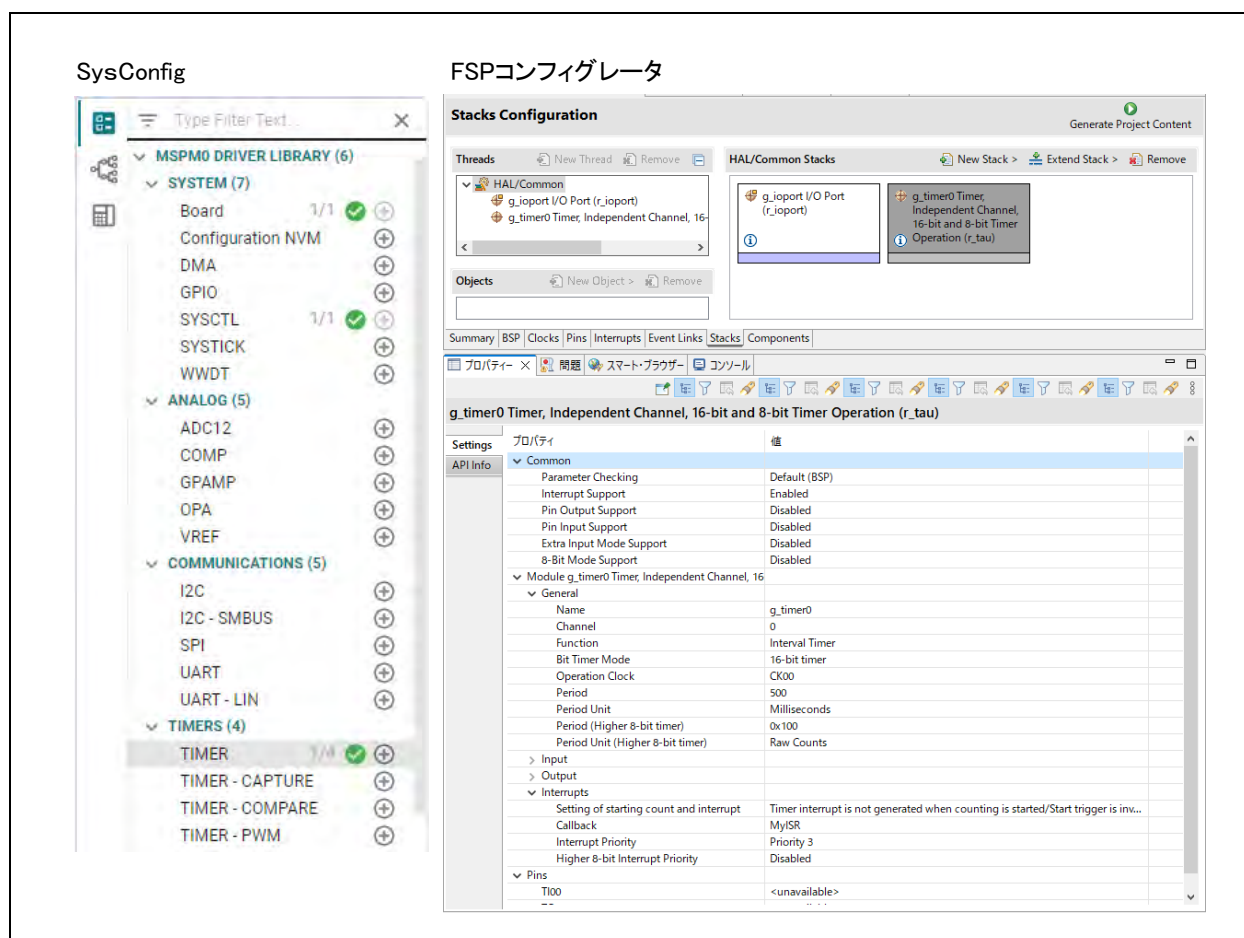
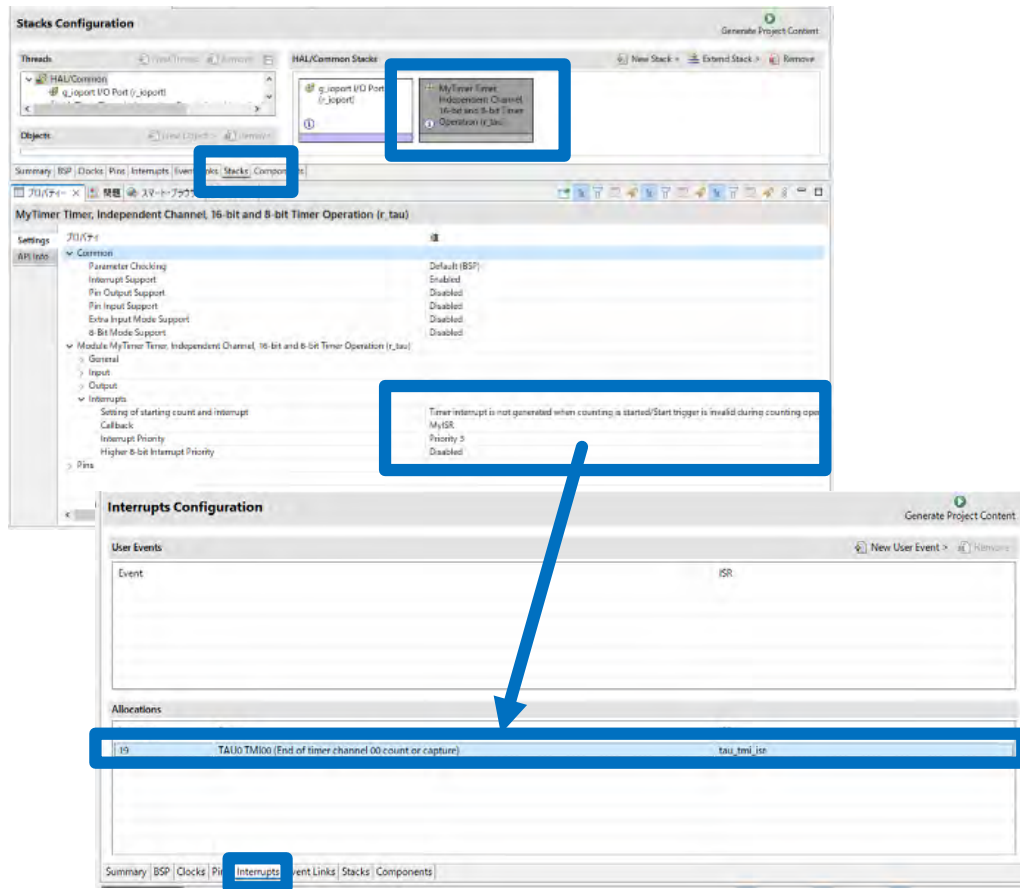


図 2-5 周辺機器リストの比較

FSP Configurator



SysConfig

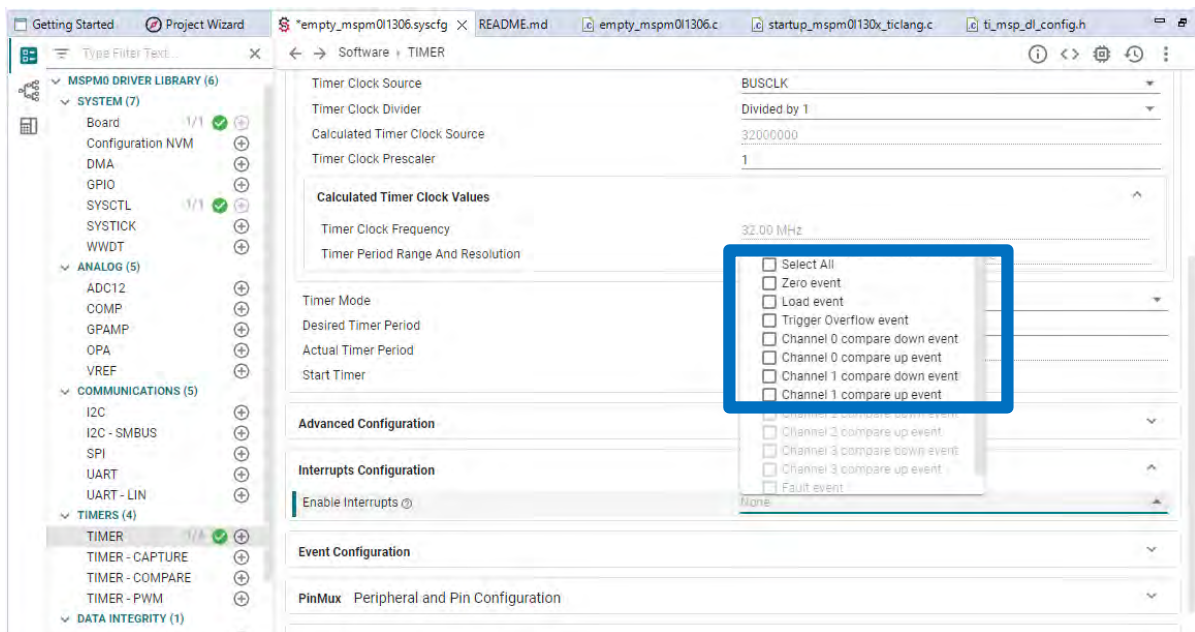


図 2-6 割り込み設定の比較

### 2.1.5 デバッグツール

MSPM0 の場合、デバッグサブシステム (DEBUGSS) は、シリアルワイヤ デバッグ (SWD) 2 線式物理インタフェースをデバイス内の複数のデバッグ機能に接続します。MSPM0 は、プロセッサ実行、デバイス状態、および電源状態 (EnergyTrace テクノロジ経由) のデバッグをサポートします。

RA0 の場合、デバッガ (E2 エミュレータや E2 エミュレータ Lite、J-link など) と RA0 間のインタフェースとして、MSPM0 と同様にシリアルワイヤ デバッグ (SWD) インタフェースを接続します。デバッガの接続の詳細については、図 2-7 を参照してください。

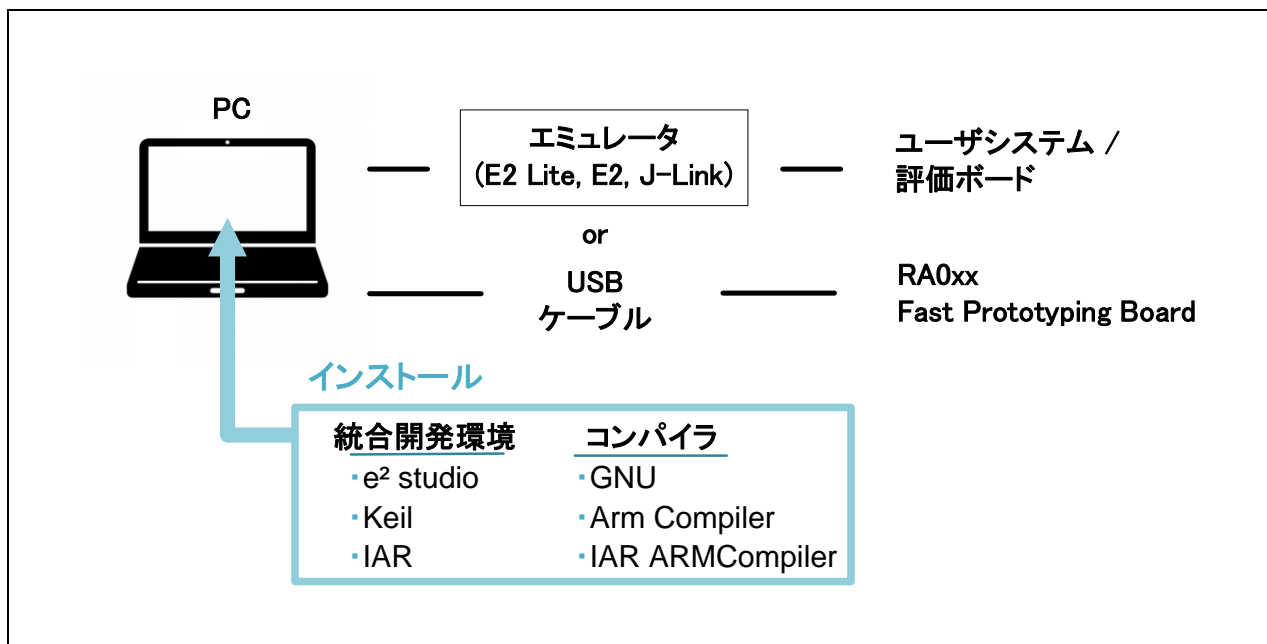


図 2-7 RA0 デバッグ

RA0 は、SWD 接続による E2 エミュレータ、E2 エミュレータ Lite、J-Link を介したオンチップ・デバッグ機能をサポートします。これらのデバッグ機能は、いずれもフラッシュメモリにプログラムを書き込む機能を持っています。RA0xx Fast Prototyping Board では USB 接続によるオンチップ・デバッグ機能を搭載しており、エミュレータ不要のデバッグ機能を実現しています。

E2 エミュレータおよび E2 エミュレータ Lite は、ルネサスの汎用エミュレータで、RA0 を含む幅広いマイコンに対応しています。E2 エミュレータは、リアルタイムデバッグやブレークポイント設定が可能で、プログラムの動作を解析できます。高度なトレース機能により、実行したコードの履歴を取得し、詳細な解析が可能です。E2 エミュレータ Lite は、高度なトレース機能はないものの、必要十分なデバッグ機能を備え、コストを抑えた開発が可能です。

### 2.1.6 評価ボード

マイコンの動作を手軽に試せる「Fast Prototyping Board」により、RA0 MCU を使った評価・開発を強力にサポートします。

#### 2.1.6.1 Fast Prototyping Board

Fast Prototyping Board は、RA0 が搭載された様々なアプリケーションの試作開発に特化した評価ボードです。

RA0xx Fast Prototyping Board には、ユーザスイッチ、LED などの回路を搭載しています。Arduino ヘッダーは、さまざまな Arduino シールドをサポートしており、Arduino IDE を用いたスケッチ作成による迅速なプロトタイピングが可能です。

図 2-8 は、RA0E1 Fast Prototyping Board を例に概要を示しています。

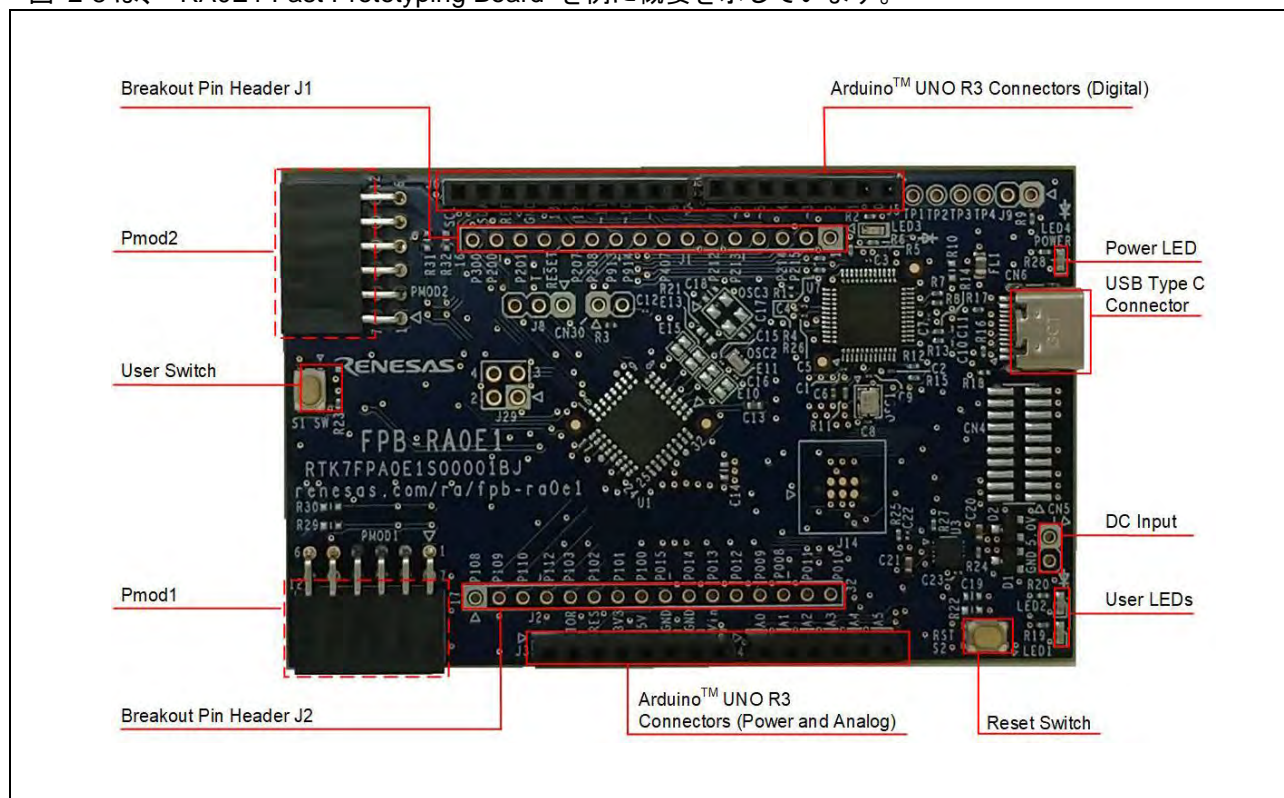


図 2-8 RA0E1 Fast Prototyping Board の概要

## 2.2 移行プロセス

RA0 へのスムーズな移行のために、詳細なプロセスは図 2-9 に示すフローで記述しています。各ステップについて詳しく説明し、次のセクションで例を示します。

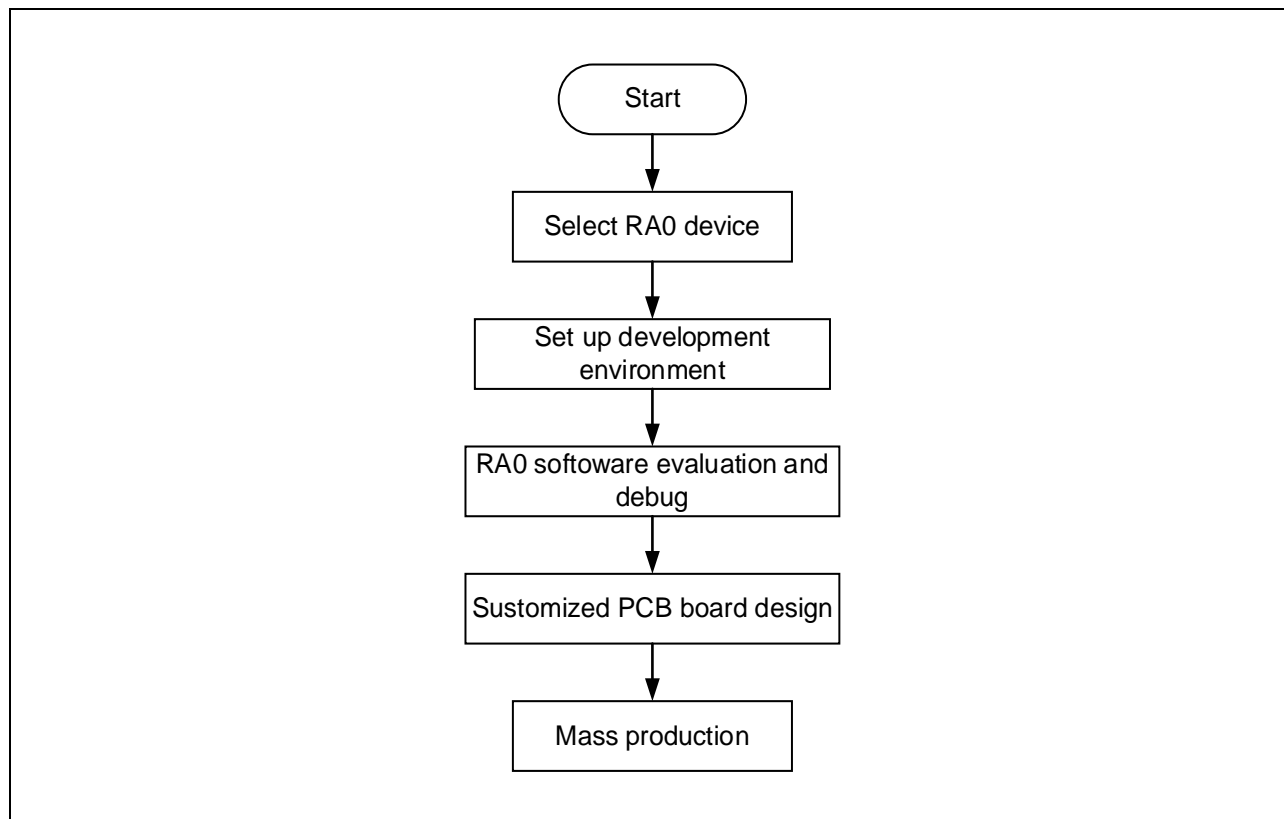


図 2-9 RA0 移行フローチャート

### 2.2.1 ステップ 1. 適切な RA0 の選択

移行の最初のステップは、アプリケーションに適した RA0 を選択することです。メモリとパッケージに応じてデバイスを区別しているため、簡単に選択できます。RA0E1 を例に製品選択のフローを説明します。

特定のデバイスを絞り込みたい場合、まず図 2-10 に示す [RA0E1 の製品ページ](#) にアクセスします。

次に製品選択を選び、図 2-11 に示す上側のフィルタを使用することで、周辺機能の絞り込みができます。



図 2-10 製品ページ

# RA0 シリーズ

## Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

たとえば、プログラムメモリと IO ポートの必要数を満たす MCU をフィルタしたい場合、図 2-11 の青枠で示すようにフィルタツールを使用して設定します。

すると、条件にマッチした MCU が表示されます。

さらに別のフィルタを設定することで、要件を満たす製品を選定することができます。

また、リストから選択すると、図 2-12 に示すように、ポップアップ表示で在庫数や価格、その他の情報を確認できます。

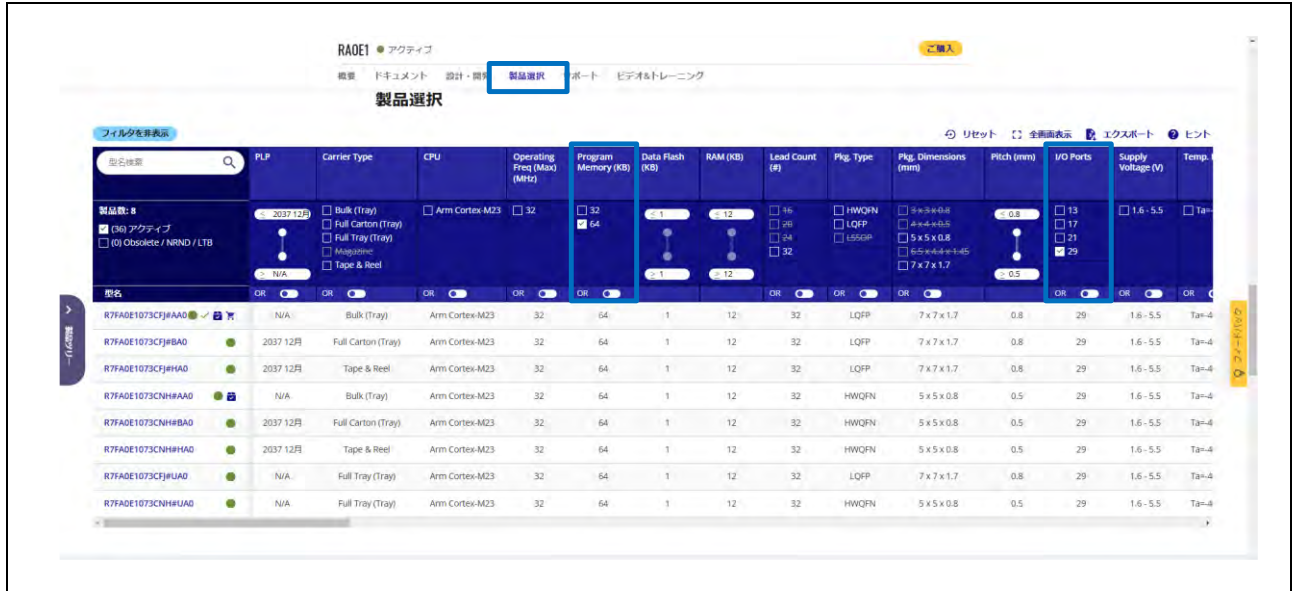


図 2-11 製品選択

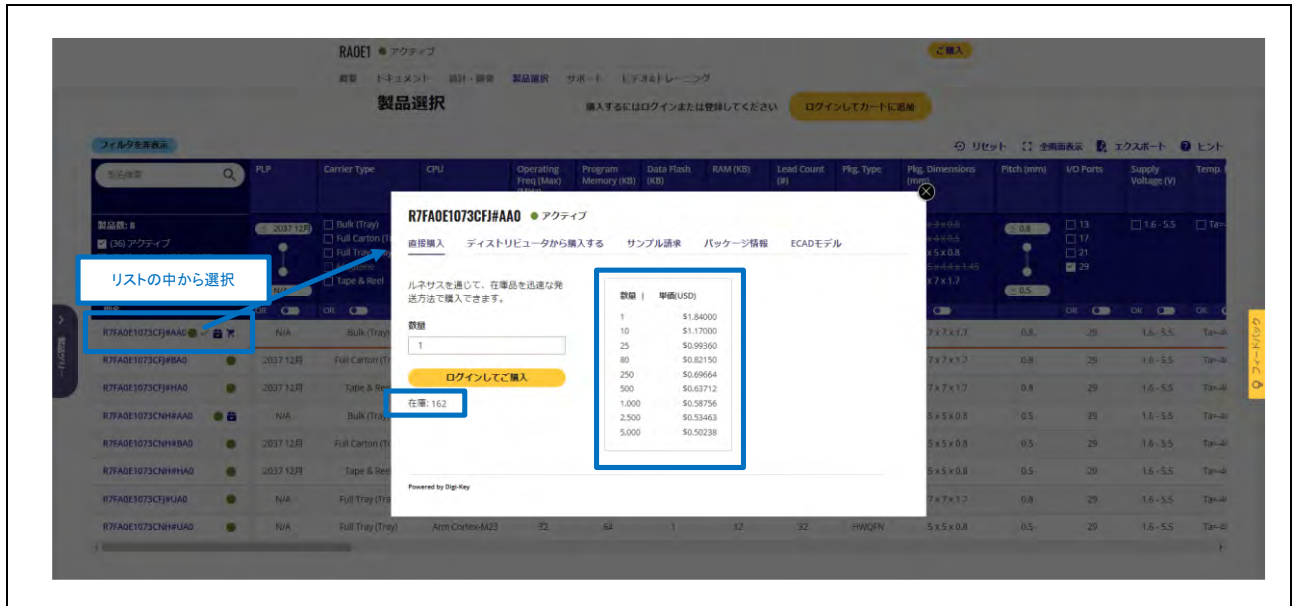


図 2-12 ポップアップ表示

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

また、製品ページのドキュメントセクションではデータシート、マニュアル、アプリケーションノートなどのドキュメントをまとめていますので、一覧からドキュメントを選択してダウンロードすることができます (図 2-13 を参照)。

データシートでは、RA0 の仕様を簡易的に掲載しています。

ユーザーズ・マニュアルーハードウェア編では、RA0 の詳細な仕様を掲載しています。

この Web サイトには、RA0 に関する関連技術文書もリストされていますので、開発に必要なドキュメントを見つけることができます。



The screenshot shows the 'RA0E1 アクティブ' product page on a website. The 'ドキュメント' (Documents) section is active, displaying a list of documents. The list includes:

分類	タイトル	日時
★ データシート	RA0E1グループ データシート PDF 1.39 MB 英語	2024年3月28日
★ マニュアルーハードウェア	RA0E1グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 PDF 7.68 MB 英語	2024年3月28日
テクニカルアップデート	LIOTRM/MIOTRM/HIOTRMレジスタ機能と、オンチップオシレータ特性の記述改善 PDF 448 KB 英語	2024年10月28日
テクニカルアップデート	Low-speedモード時のクロックソースへのMOSC使用禁止 PDF 522 KB 英語	2024年10月24日
アプリケーションノート	FPB-RA0E1 Example Project Bundle PDF 147 KB 関連ファイル: ・ サンプルコード	2024年10月14日
カタログ	LoRa®ソリューション for RAファミリご紹介 PDF 2.93 MB 英語	2024年9月30日
アプリケーションノート	LoRaWAN® Stack Reference Guide Rev.4.60	2024年9月27日

At the bottom of the list, there is a '+ 2件 追加表示' (Add 2 items) button and a '34件' (34 items) indicator.

図 2-13 RA0 の関連技術文書リスト

2.2.2 ステップ 2. IDE のセットアップと e<sup>2</sup> studio の簡単な紹介

2.2.2.1 IDE のセットアップ

- (1) e<sup>2</sup> studio の[ダウンロードリンク](#)からインストーラをダウンロードしたあとインストーラを起動します。  
ここではインストーラタイプは Quick Install を選択して「次へ」を押します。

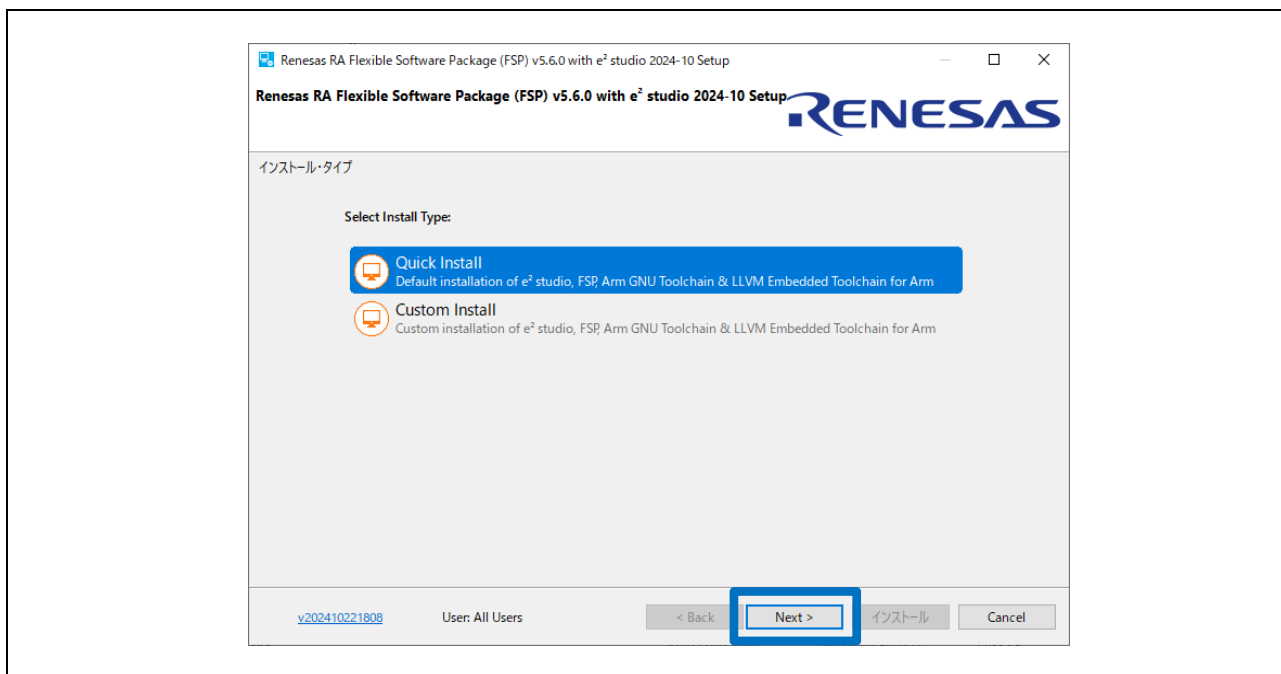


図 2-14 e<sup>2</sup> studio のインストーラタイプ選択

- (2) インストールする内容に問題が無ければインストールボタンを押し e<sup>2</sup> studio のインストールを完了します。



図 2-15 e<sup>2</sup> studio のインストール概要確認

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

#### 2.2.2.2 e<sup>2</sup> studio の操作方法の紹介

- (1) 新しいワークスペースを起動します。ワークスペースとは、プロジェクトファイルや、開発環境の設定を保存するパスのことです。e<sup>2</sup> studio の機能は CCS の機能と同じです。

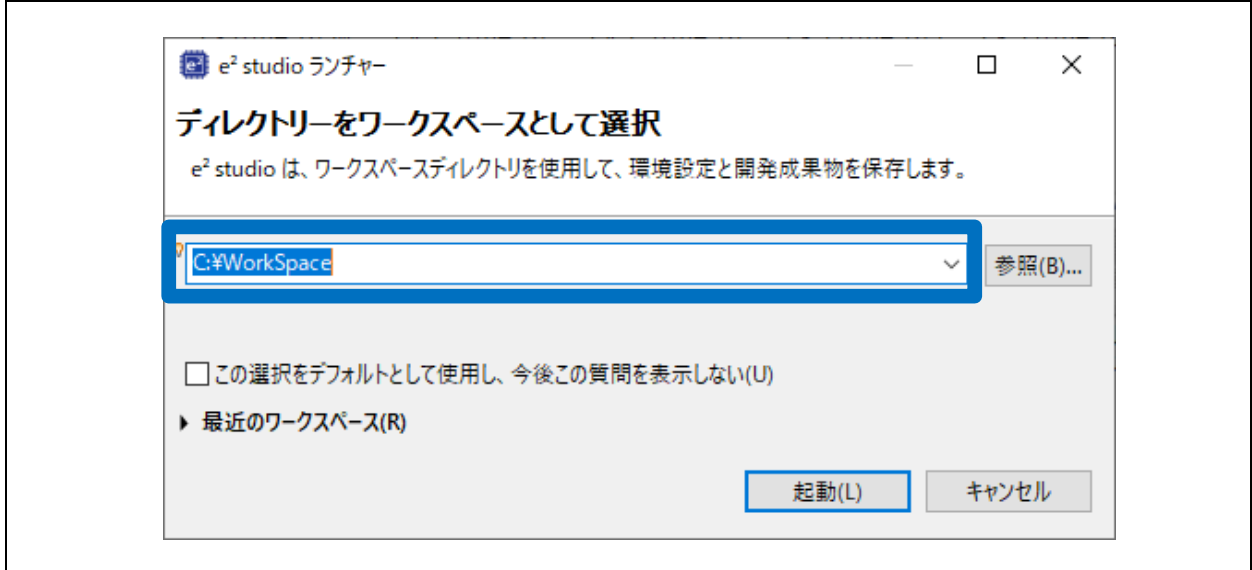


図 2-16 e<sup>2</sup> studio のワークスペース選択

- (2) 新しいプロジェクトを作成する場合は、[ファイル] -> [新規] -> [Renesas C/C++ Project] -> [Renesas RA] に移動します。  
CCS で新しいプロジェクトを作成するのと同様に、デバイス、ツール チェーン、プロジェクト名を設定します。

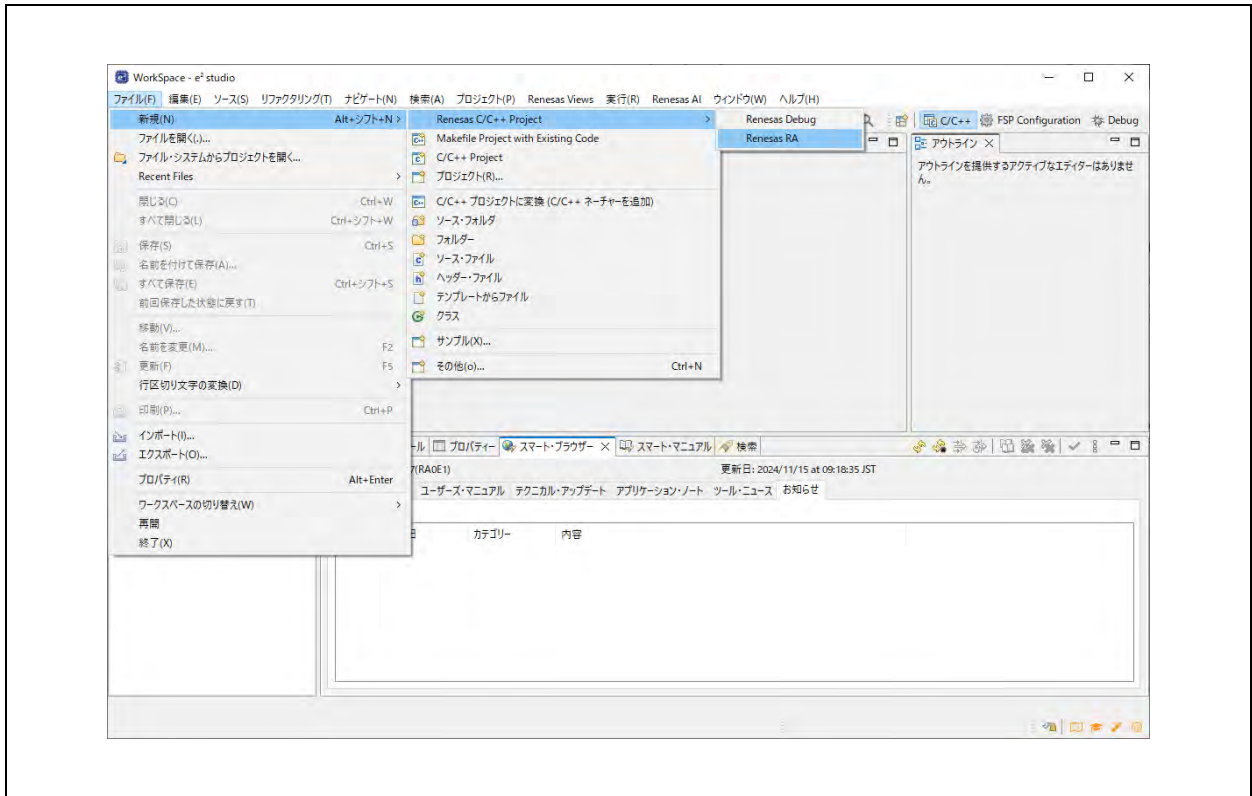


図 2-17 e<sup>2</sup> studio の新規プロジェクト作成およびデバイス選択

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

(3) プロジェクト新規作成時の設定画面です。終了ボタンでプロジェクトを生成します。

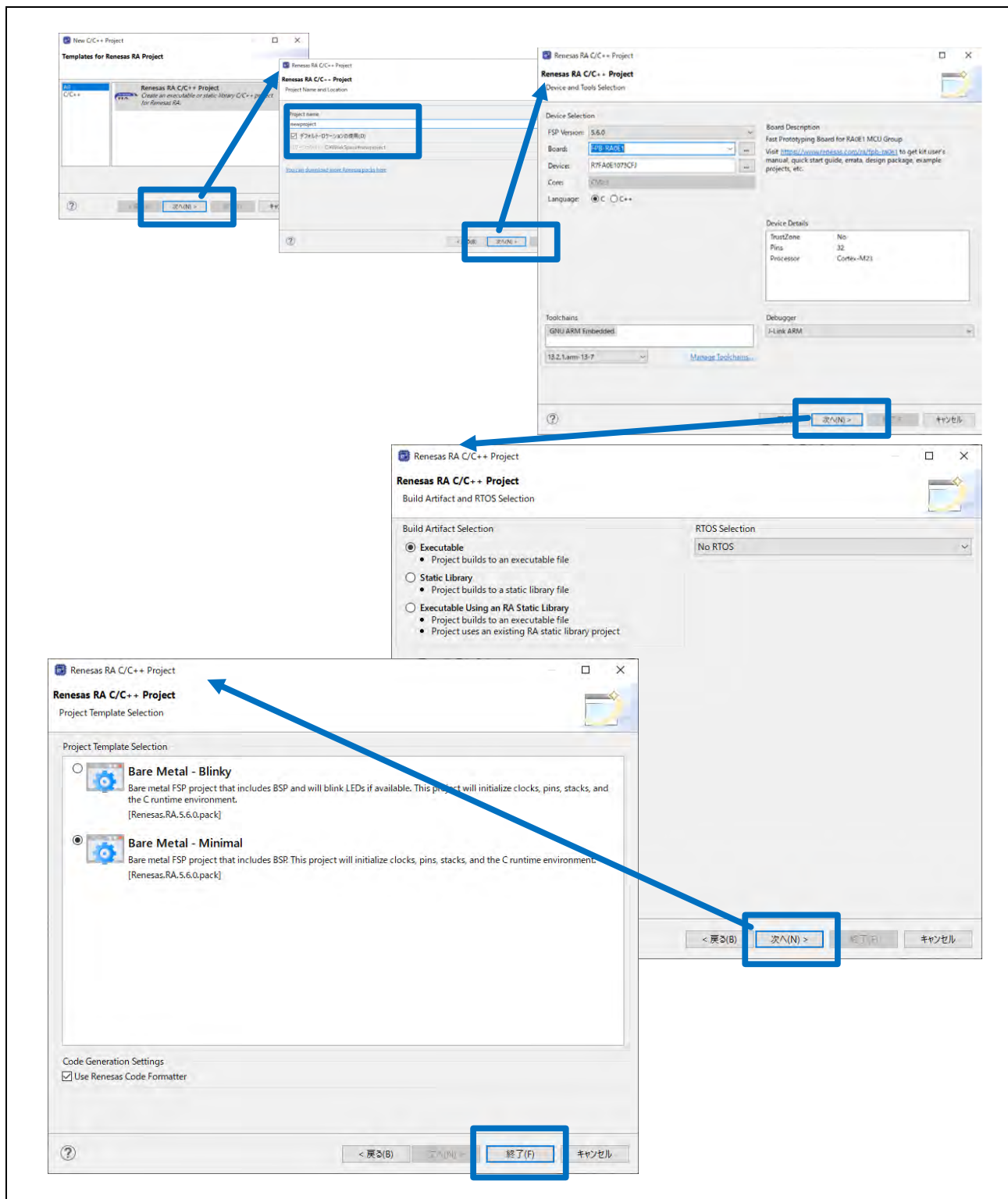


図 2-18 新規プロジェクト作成の概要

# RA0 シリーズ

## Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

(4) プロジェクトが生成され、ワークスペースが表示されました。

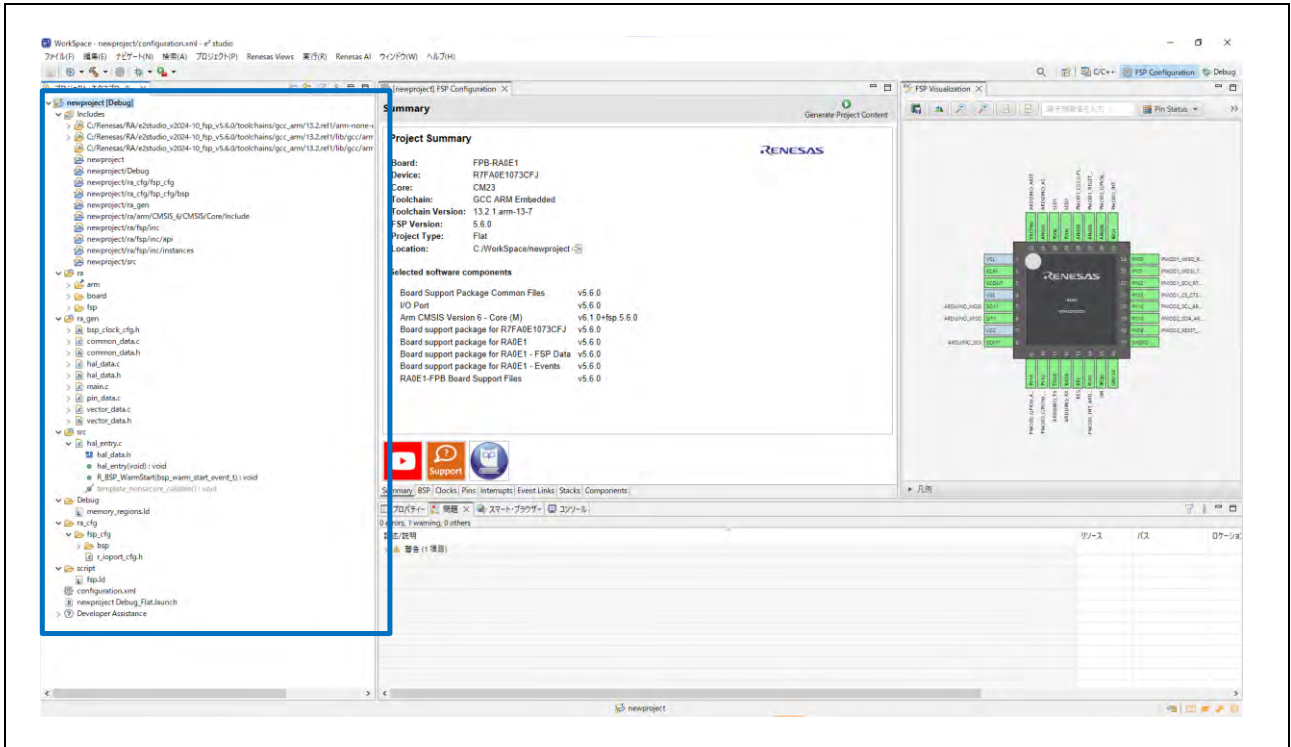


図 2-19 新規プロジェクト生成完了

(5) 図 2-20、図 2-21、図 2-22、図 2-23 は e<sup>2</sup> studio 機能の簡単な紹介を示しています。

ショートカットキーの機能 :

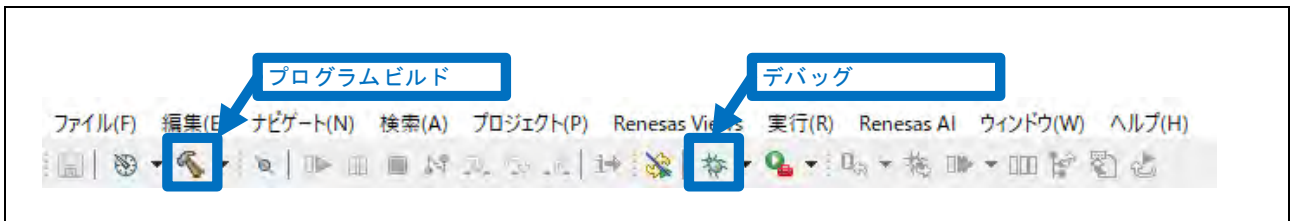


図 2-20 よく使われる機能

デバッグ機能 :



図 2-21 よく使われるデバッグ機能

プロジェクト プロパティのよく使用される設定 :

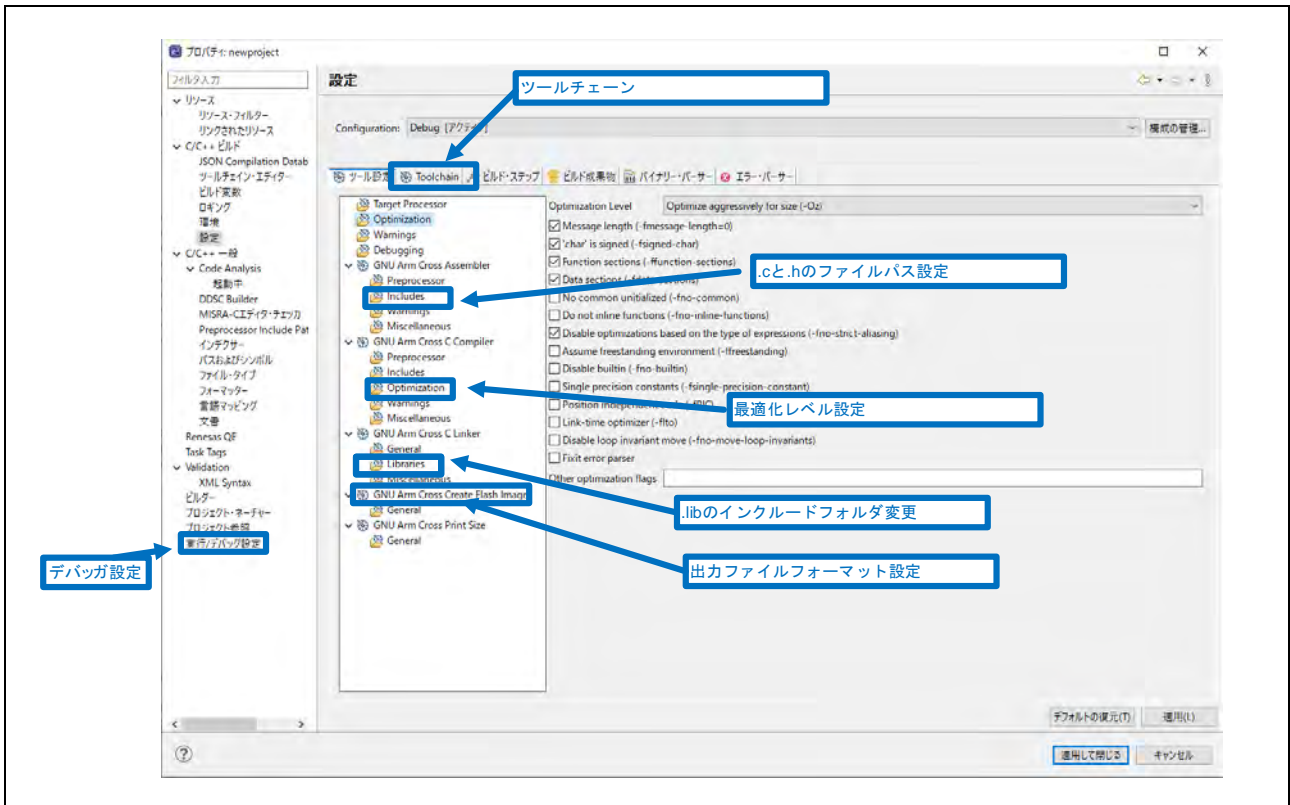


図 2-22 よく使われるプロジェクト設定(1/2)



図 2-23 よく使われるプロジェクト設定(2/2)

2.2.3 ステップ 3. ソフトウェアの移植

サンプルを e<sup>2</sup> studio に移植するための手順を、FPB-RA0E1 を使用する場合を例に簡単に説明します。

(1) この例では Renesas Web サイト上のサンプル・コードをインポートします。

[ファイル] -> [インポート...] でインポートダイアログが開きます。

Renesas Web サイトからワークスペースにインポートするので“Renesas Web サイト上のサンプル・プロジェクト”を選択してインポートダイアログを開きます。

“デバイス”を選択（ここでは「R7FA0E107」を選択します）するとデバイスにマッチしたサンプル・プロジェクトの一覧が表示されます。

一覧の中からサンプル・プロジェクト「FPB-RA0E1 Example Project Bundle」を選択して、“終了”ボタンを押します。この「FPB-RA0E1 Example Project Bundle」プロジェクトは複数のプロジェクトファイルで構成されているので、この中に含まれているプロジェクトの一覧が表示されます。

この一覧の中から、タイマ機能のサンプルである「tau\_fpb\_ra0e1\_ep」を選択後、“終了”ボタンを押すとプロジェクトがワークスペースに追加されます。

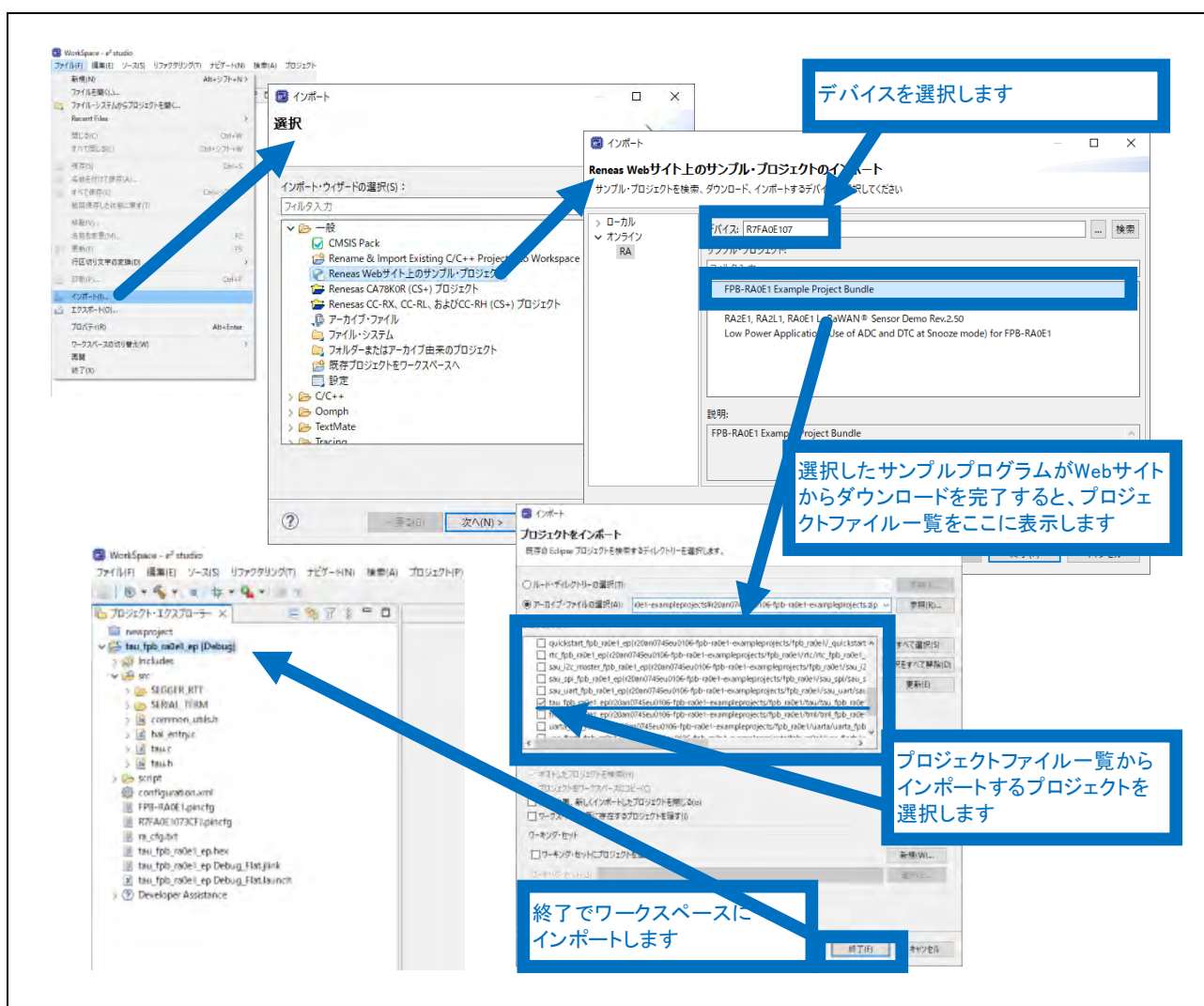


図 2-24 サンプルプログラムのインポート

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

(2) 図 2-25 は、プロジェクトで最も重要なファイルを示しています。

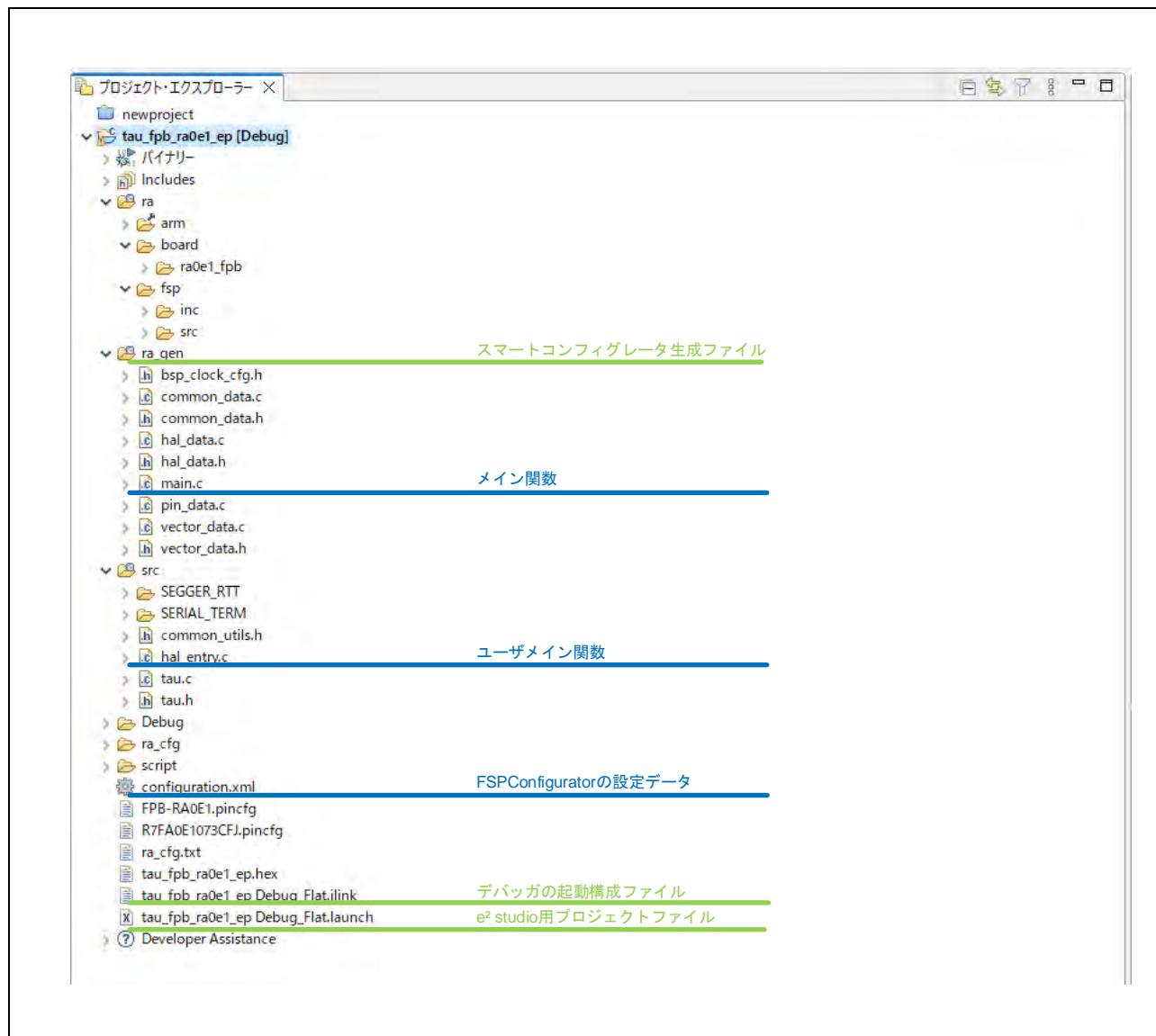


図 2-25 e2 studio プロジェクトファイル

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

- (3) .syscfg ファイルをダブルクリックすると SysConfig が起動するのと同じように、configuration.xml ファイルをダブルクリックすると FSP Configurator が起動してグラフィカルインタフェースを通じて必要な周辺機器の設定を行うことができます。

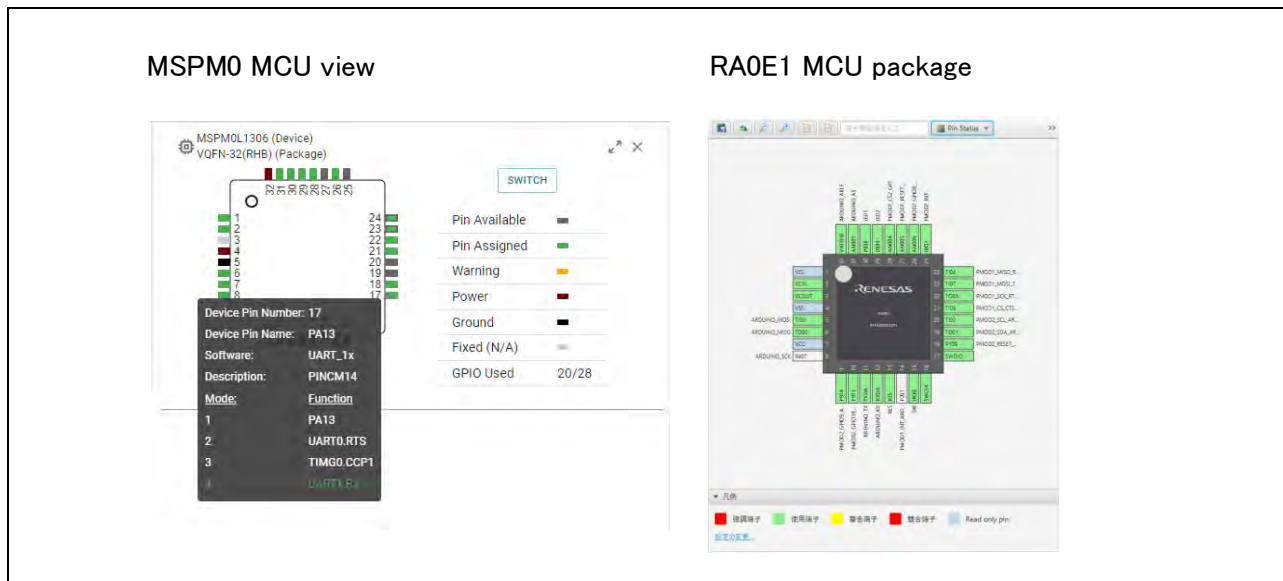


図 2-26 SysConfig と FSP Configurator の MCU ビュー

- (4) サンプルプログラムは、ルネサスから公開されているアプリケーションノートを参照して必要に応じて改良や機能追加ができます。
- (5) ソフトウェアの構成や編集が終了したら、図 2-27 に示すように、メインツールバーの「ビルド」アイコンをクリックします。ビルドが成功すると "Build Finished" と表示されます。

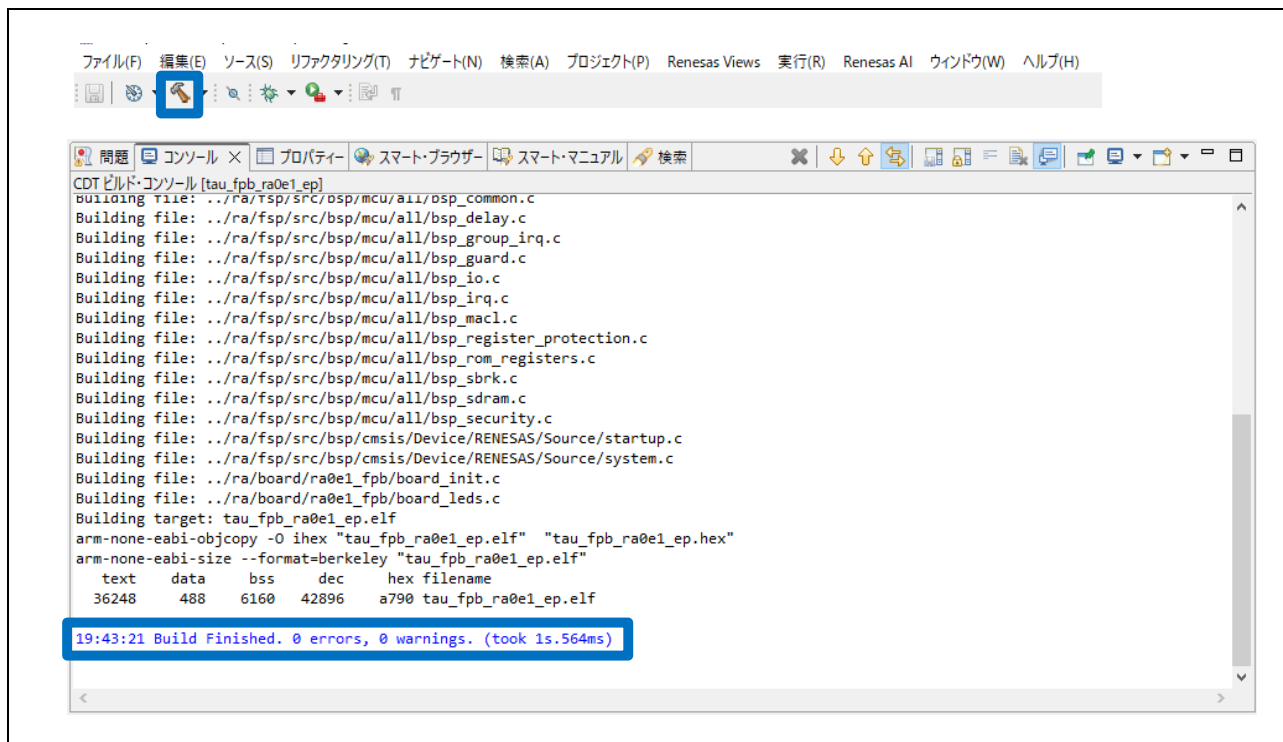


図 2-27 ビルド成功

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

#### 2.2.4 ステップ 4. ソフトウェアの評価

2.2.2.2 e<sup>2</sup> studio の操作方法の紹介で示すデバッグ機能などを用いて、ソフトウェアが意図通りの性能および動作かを確認します。

#### 2.2.5 ステップ 5. 量産

(1) e<sup>2</sup> studio を使用してロードモジュール (.hex、.mot、.bin) を生成します。

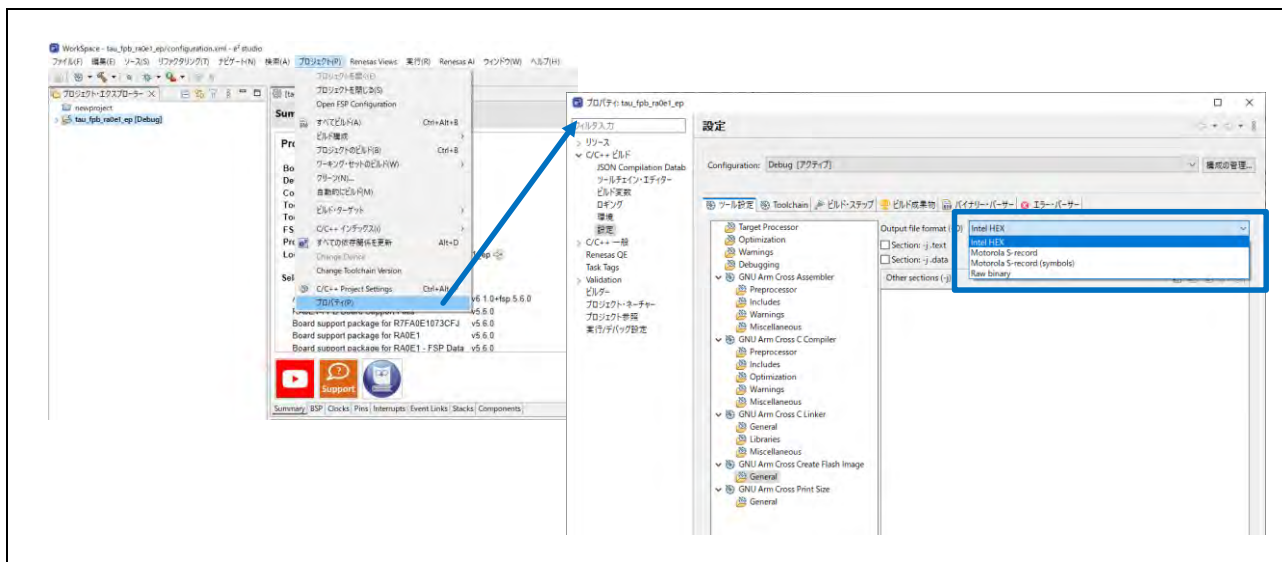


図 2-28 プログラムファイル作成

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

(2) RA0E1 をプログラムするためのプログラマ/デバッガを選択します。

1 台の PC で最大 12 台の PG-FP6 と接続でき、ターゲットマイコンへ同時書き込みできます。

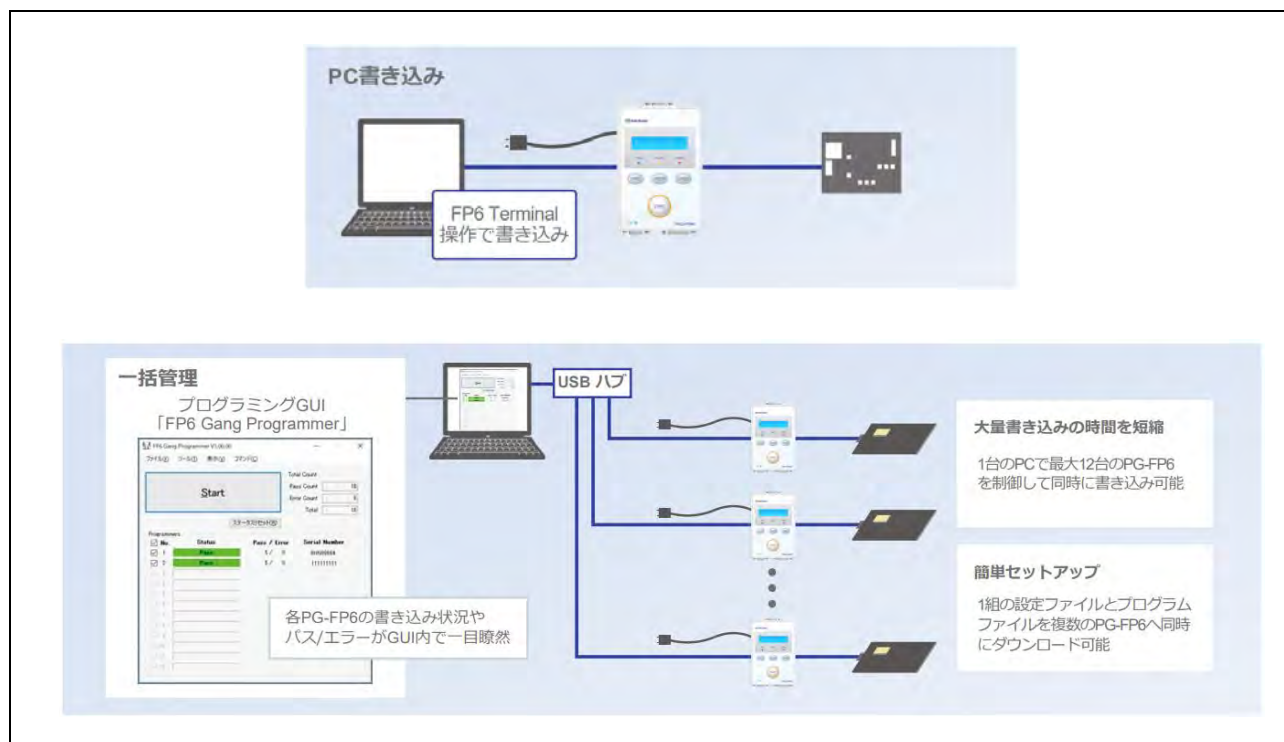


図 2-29 フラッシュプログラミングとツール

PG-FP6 および FP6 Terminal については、PG-FP6 V1.13 フラッシュメモリプログラマ ユーザーズ・マニュアル (R20UT5518) を参照してください。

PG-FP6 Gang Programmer については、FP6 ギャングプログラマ V1.03 ユーザーズ・マニュアル (R20UT5403) を参照してください。

### 2.3 サンプルプログラムのインポート例

この節では、e<sup>2</sup> studio を用いた移行プロセスの例を示します。この例では、ルネサスが公開しているプログラムを用いたボード移行を目的としています。ここでは RA0E1 Fast Prototyping Board を使用します。

(1) 適切な RA0E1 を選択し、ハードウェアを選択して評価ボードを注文します。ここでは RA0E1 Fast Prototyping Board を使用します。

(2) e<sup>2</sup> studio をセットアップします。詳細は 2.2.2 ステップ 2. IDE のセットアップと e<sup>2</sup> studio の簡単な紹介を参照してください。

(3) サンプル・コードをインポートします。

環境が準備できたら、e<sup>2</sup> studio にコードをインポートできます。この例では、タイマを使用して LED を制御します。最初に行うことは、RA0E1 と MSPM0 のタイマモジュールの違いを理解し、ルネサスホームページ で同様の例を選択することです。

本節では「FPB-RA0E1 Example Project Bundle」からタイマ機能のサンプルである「tau\_fpb\_ra0e1\_ep」を用いて説明します。

[ファイル] -> [インポート...] でインポートダイアログが開きます。

Renesas Web サイトからワークスペースにインポートするので“Renesas Web サイト上のサンプル・プロジェクト”を選択してインポートダイアログを開きます。

“デバイス”を選択（ここでは「R7FA0E107」を選択します）するとデバイスにマッチしたサンプル・プロジェクトの一覧が表示されます。

一覧の中からサンプル・プロジェクト「FPB-RA0E1 Example Project Bundle」を選択して、“終了”ボタンを押します。この「FPB-RA0E1 Example Project Bundle」プロジェクトは複数のプロジェクトファイルで構成されているので、この中に含まれているプロジェクトの一覧が表示されます。

この一覧の中から、タイマ機能のサンプルである「tau\_fpb\_ra0e1\_ep」を選択後、“終了”ボタンを押すとこのサンプル・プロジェクトがインポートされます。

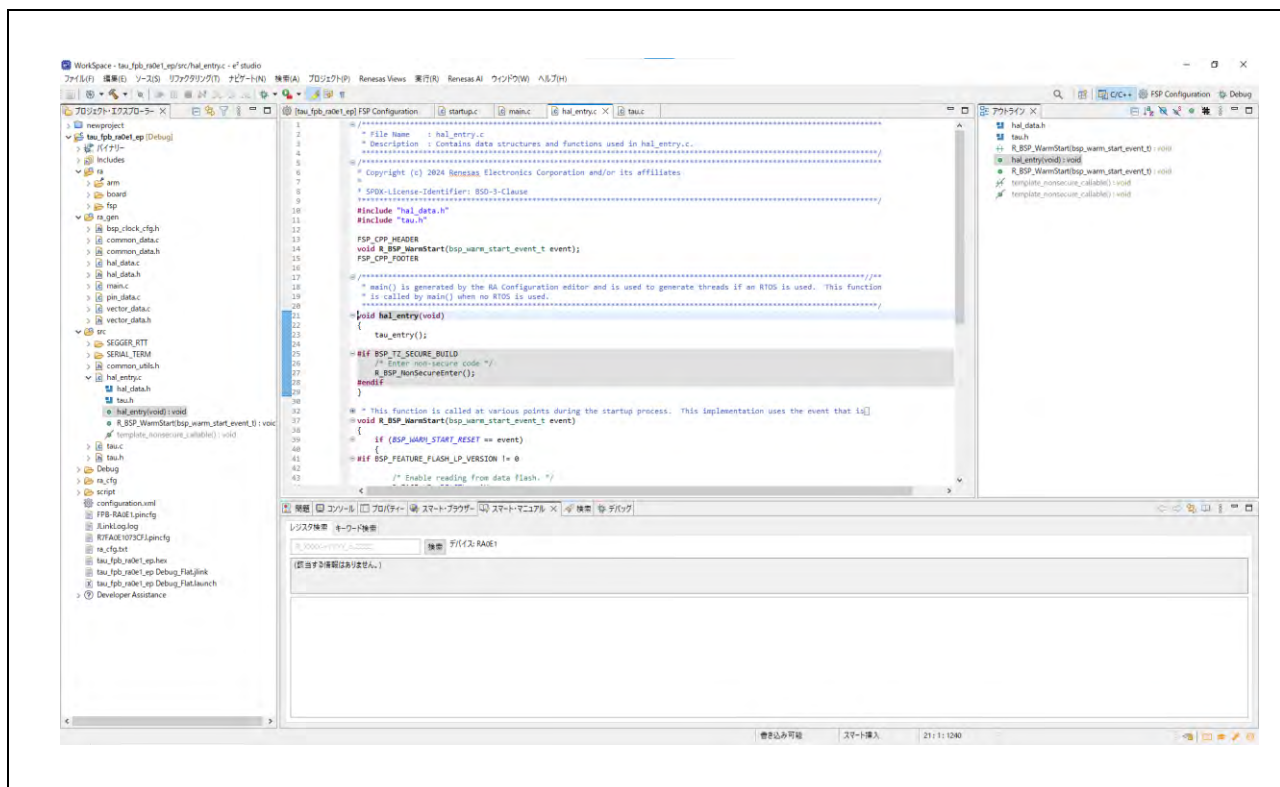


図 2-30 サンプル・コードファイル

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

(4) プロジェクトの構成を確認します。

FSP Configurator で構成を確認するには、ワークスペース上で configuration.xml ファイルを開きます。サンプルプログラムとハードウェアが異なる場合は変更が必要です。

この例ではカスタムボードから FPB-RA0E1 ボードに変更します。FSP Configurator から、「BSP」タブを選びます。図 2-31 に示すように、ドロップダウンリストボックスまたは、[...] を選択し Board をメニューから選びます。ここでは「FPB-RA0E1」を選びます。

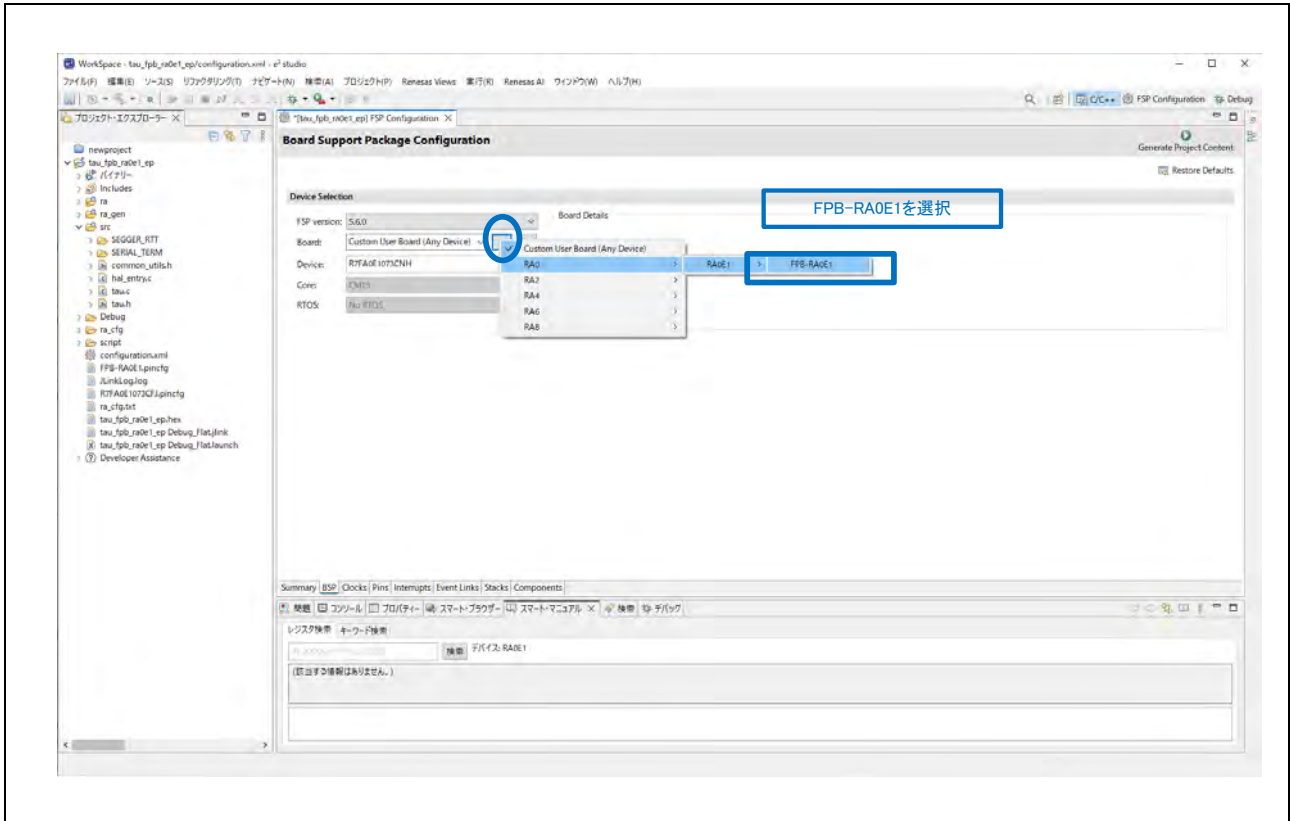


図 2-31 FSP Configurator でのデバイス選択

Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

LED とポートの割り付けは LED1 : P008、LED2 : P009 になっていることを確認します。  
 「Pins」タブを選び、その中の[端子機能]タブを選びます。  
 ここでポートを選択するとそのポートの設定値が確認できます。

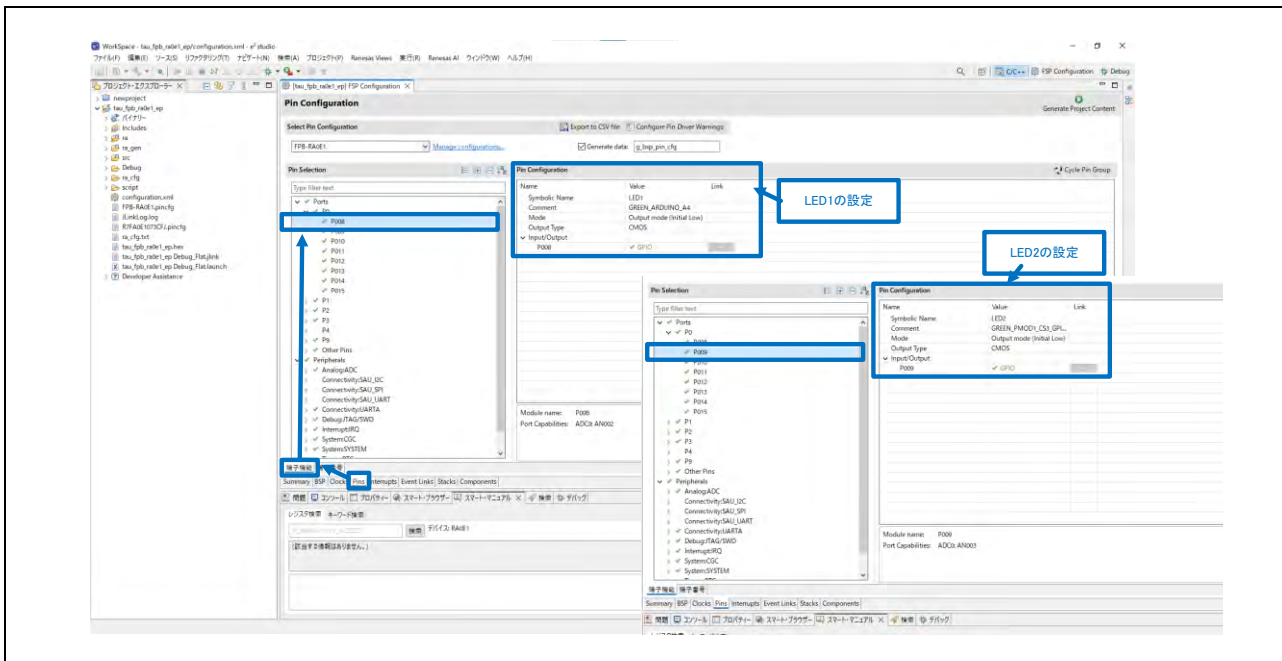


図 2-32 FSP Configurator でのポート設定

次に、タイマ設定を確認します。図 2-33 に示すとおり、[Stacks]タブを選択すると、スタックの一覧と、プロパティページには、選択しているスタックの設定値が表示されます。  
 タイマのチャンネルや、タイマの動作モードが確認できます。  
 この例ではチャンネル 2 で、インターバルタイマに設定されています。  
 FSP Configurator のコード生成ボタンでこれらの設定内容からソースコードを生成します。

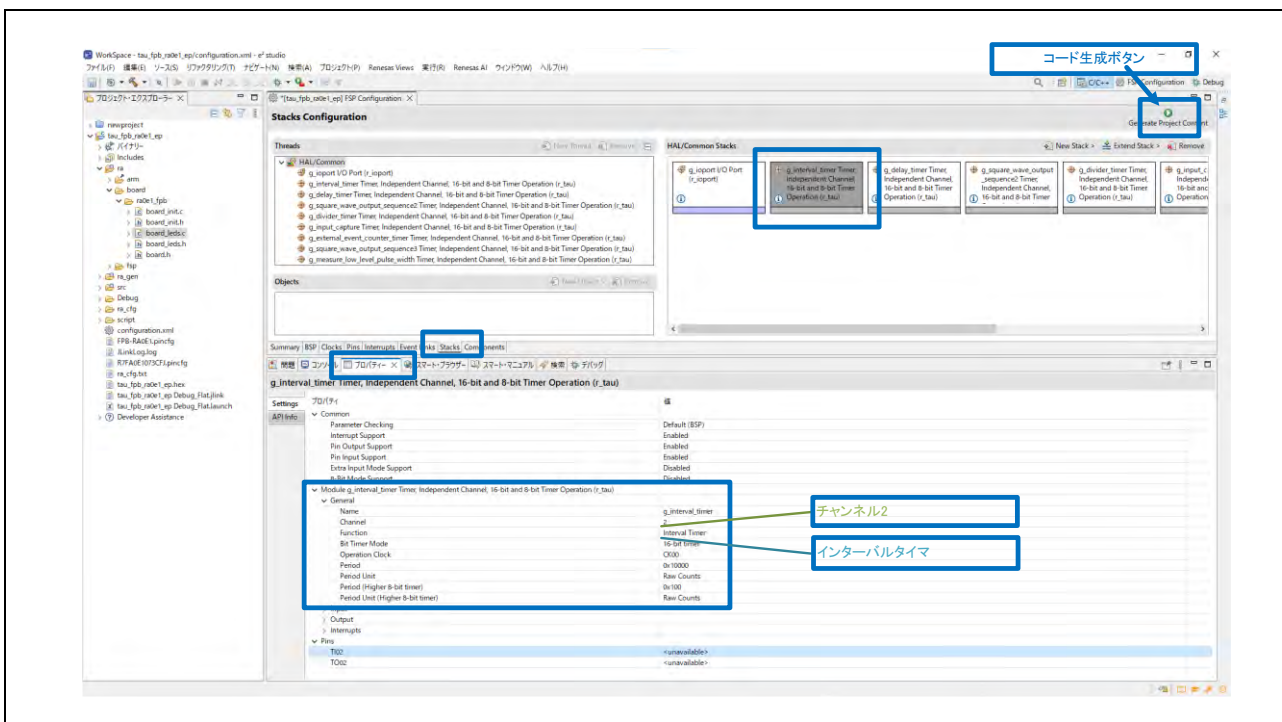


図 2-33 FSP Configurator でのインターバルタイマ設定

# RA0 シリーズ

## Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

開発支援として、プロジェクトで使用している各スタックの API の情報を Developer Assistance から参照することができます。

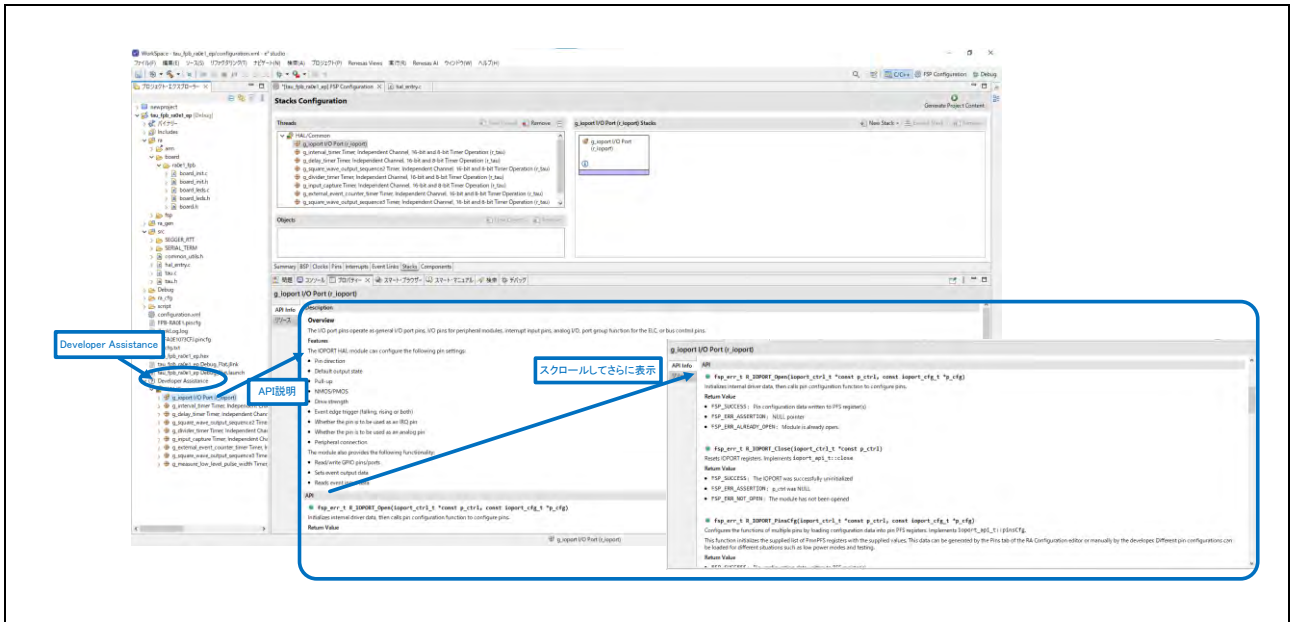


図 2-34 Developer Assistance での API 情報表示

また、コーディングのアシスト機能として API をドラッグアンドドロップでコード上に張り付けることができます。

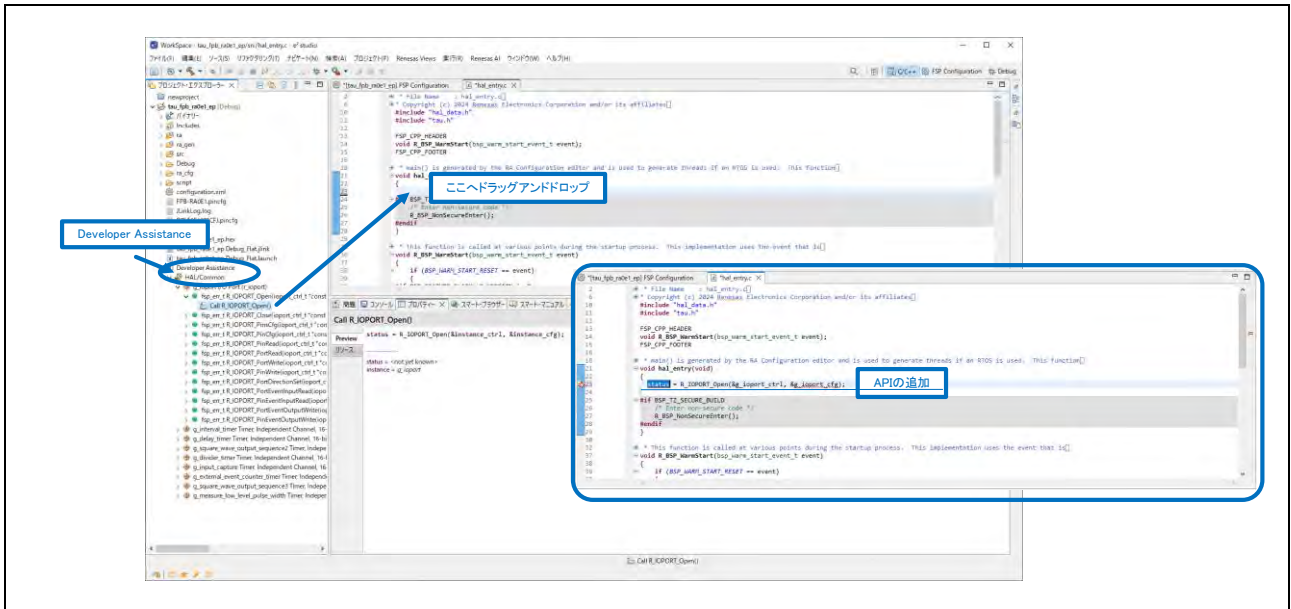


図 2-35 Developer Assistance のコーディングのアシスト

各スタックに表示されている情報アイコンからは API の情報以外にモジュールの概要やサンプル・コードなどの追加情報を参照することができます。

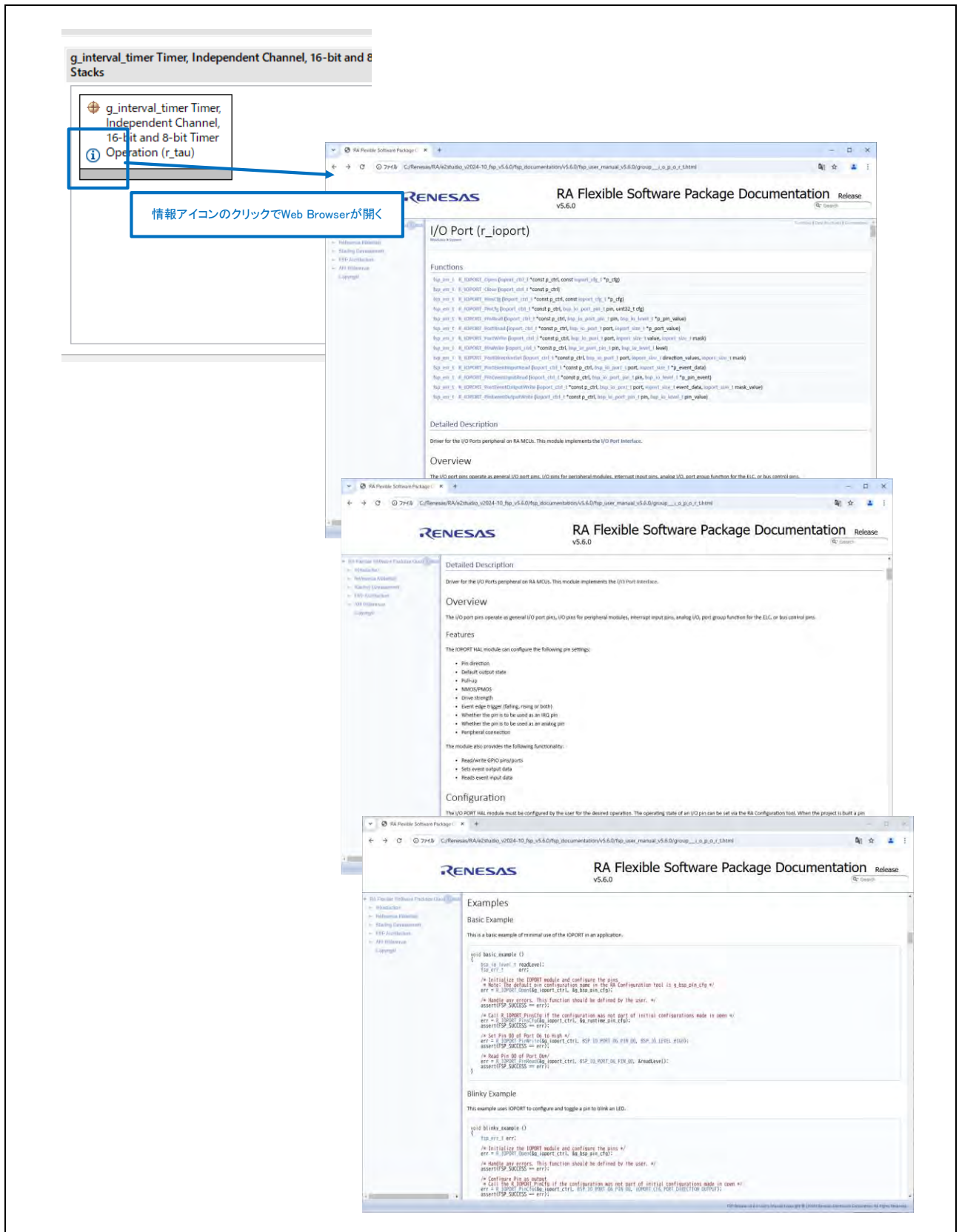


図 2-36 情報アイコンでの追加情報の参照

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

(5) プロジェクトをビルドします。

ソフトウェアの構成や編集が終了したら図 2-37 に示すように、メインツールバーの「ビルド」アイコンをクリックします。

ビルドが成功すると、「Build Finished」と表示されます。

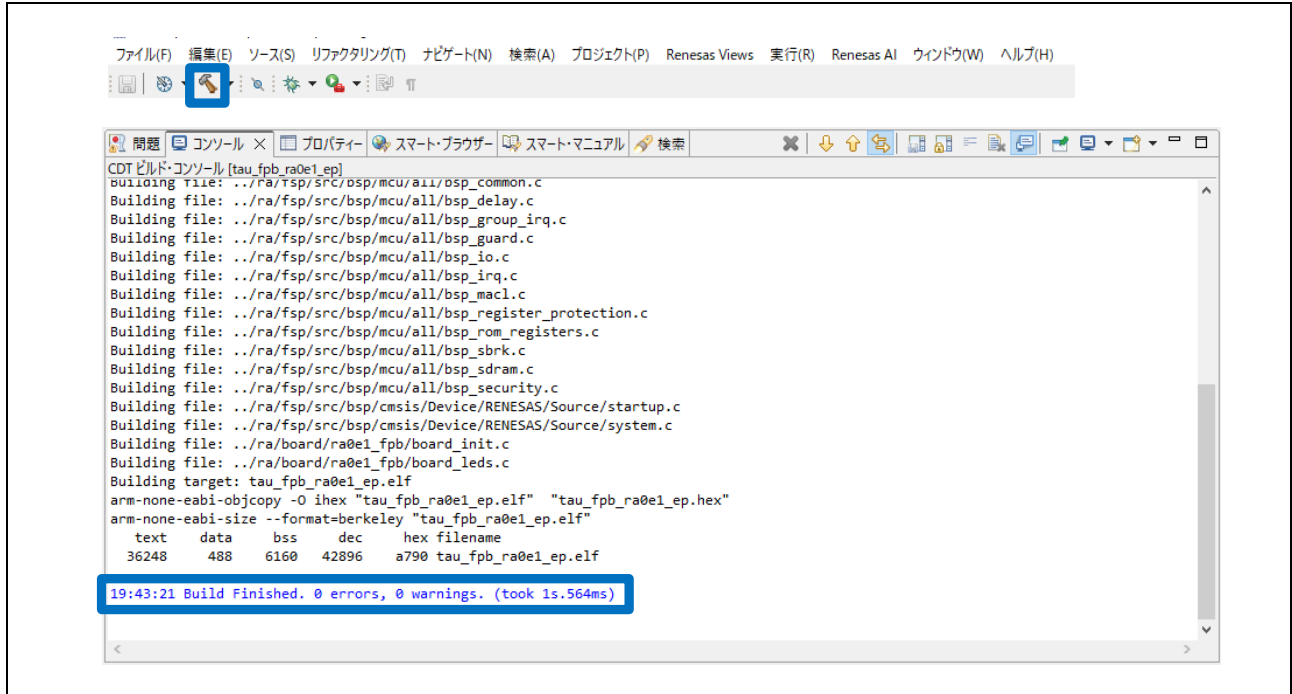


図 2-37 ターゲットのビルド

(6) ハードウェアをセットアップします。

USB ケーブルを使って FPB-RA0E1 ボードと PC を接続します。

(7) デバッグして検証します。

あらかじめ、図 2-23 を参考にデバッガの設定をしておきます。

デバッグ アイコンをクリックしてデバッグを開始します。行番号の前のスペースをダブルクリックするか、MSPM0 と同じく、`__BKPT();`を追加することでブレークポイントを設定できます。

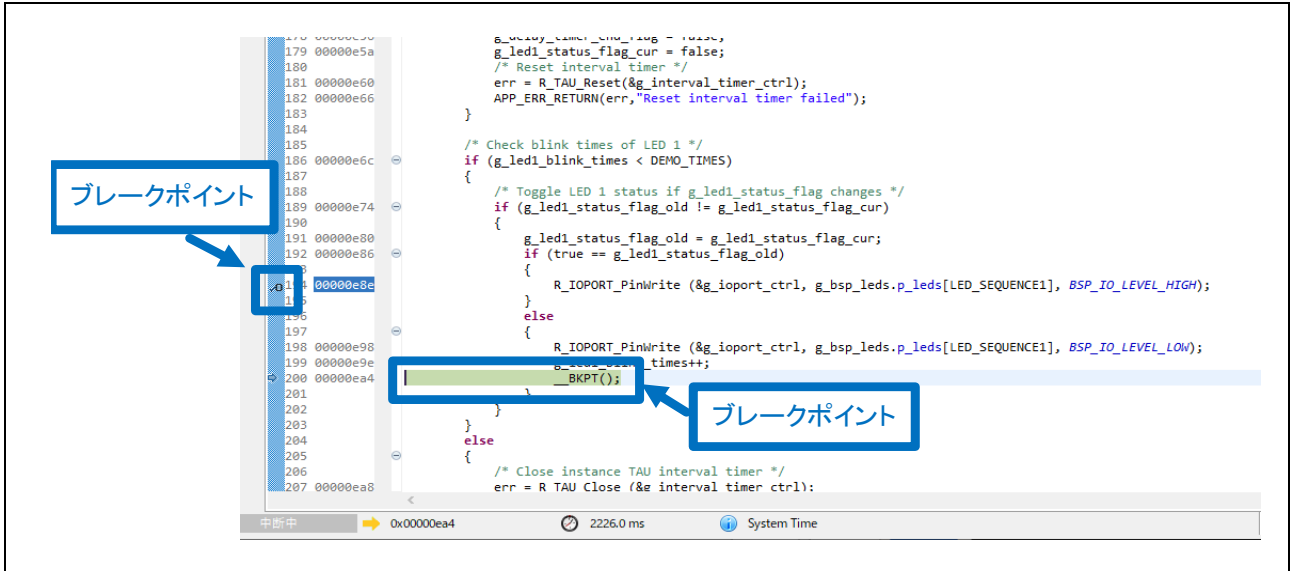


図 2-38 ブレークポイントソリューションの追加

デバッグ機能 (詳細は 2.2.2.2 e<sup>2</sup> studio の操作方法の紹介を参照)を使用して、性能を達成しているか、プログラム上の不具合の無いことを確認してください。

### 3. コアアーキテクチャの比較

#### 3.1 CPU

RA0 は、Arm Cortex -M23 CPU コアアーキテクチャに基づいています。MSPM0 ファミリは、ARM Cortex M0+ CPU コアアーキテクチャに基づいています。表 3-1 は、MSPM0 と比較した RA0 の CPU の一般的な機能の概要を示しています。

表 3-1 CPU の比較

種別	MSPM0	RA0
アーキテクチャ	Arm Cortex M0+	Arm Cortex M23 コア
命令セット	RISC	RISC
パイプライン	2-stage	2-stage
動作クロック (最大)	80/32/24 MHz	32 MHz
DMA	あり	あり(DTC に接続)
Coremark/MHz	2.46 <sup>注1</sup>	2.64 <sup>注1</sup>

注1. スコアは ARM 公式サイトに掲載されている「Arm Cortex-M Processor Comparison Table」より取得しています。

## 3.2 組み込みメモリの比較

## 3.2.1 フラッシュ機能

RA0 および MSPM0 の MCU には、実行可能なプログラムコードとアプリケーションデータを格納するために使用される不揮発性フラッシュメモリが搭載されています。表 3-2 にフラッシュメモリ機能の比較を示します。

表 3-2 フラッシュ機能の比較

種別	MSPM0	RA0	
フラッシュメモリ	MSPM0Lxx 8KB~256KB	コードフラッシュ	16KB~128KB
	MSPM0Cxx 8KB~32KB	データフラッシュ	1KB~2KB
シングルフラッシュサイズ	64 ビット	コードフラッシュ	32 ビット
		データフラッシュ	8 ビット
メモリ構成	セクタサイズ (512B または 1KB) バンクサイズ (可変) 最大 256KB のデバイス-1 バンク 256KB 以上のデバイス-2 バンク	コードフラッシュ	ブロックサイズ 2KB
		データフラッシュ	ブロックサイズ 256B
アクセス	単一フラッシュワード (64 ビット) または複数ワード	8 ビット	
書き込み単位	単一フラッシュワード (64 ビット) または複数ワード	コードフラッシュ	単一フラッシュワード (32 ビット)
		データフラッシュ	単一フラッシュワード (8 ビット)
消去単位	セクタ消去 バンク消去 (最大 256KB)	コードフラッシュ	2KB
		データフラッシュ	256B
データ誤り訂正/検出	ECC	なし	
書き込み保護	あり、静的および動的	あり	
読み出し保護	あり	コードフラッシュ	あり
		データフラッシュ	あり
書き換え回数	100k (下位 32KB) または 10k (上位 32KB)	コードフラッシュ	1k(min.)
		データフラッシュ	1000k(typ.)

### 3.2.2 フラッシュ構成

RA0 のフラッシュメモリには、プログラム実行可能な“コードフラッシュ”とデータ格納領域の“データフラッシュ”があります。

コードフラッシュとデータフラッシュは、フラッシュメモリプログラマまたは、外部デバイス（SWD 接続）による SWD プログラミングもしくは、セルフプログラミングで書き換えることができます。

#### 3.2.2.1 フラッシュメモリ領域

表 3-3 に MSPM0 と RA0 のフラッシュメモリ領域を示します。

表 3-3 フラッシュメモリ領域の比較

MSPM0		RA0 (コードフラッシュ)	
メイン	アプリケーションとデータ	プログラム領域	
非メイン	BCR 構成	スタートアップ領域	小規模プログラムエリア
	BSL 構成		OCD ID 設定
			フラッシュシリアルプログラミングセキュリティ ID
			オプション設定メモリ
工場	デバイス ID		ユニーク ID
データ <sup>注</sup>	データまたは EEPROM エミュレーション		ベクタテーブル

注 1 バンクの MSPM0 は、BANK0（存在する唯一のバンク）に FACTORY、NONMAIN、MAIN 領域を実装し、DATA 領域は使用できません。

複数のバンクを持つ MSPM0 も BANK0 に FACTORY、NONMAIN、および MAIN 領域を実装しますが、MAIN または DATA 領域を実装できる追加バンク（BANK1 から BANK4）を含みます。

#### 3.2.2.2 RA0 のフラッシュメモリレジスタ

フラッシュ I/O レジスタは、フラッシュメモリのプログラミングを制御するために使用されます。たとえば、FLMWRP レジスタは、コードおよびデータフラッシュメモリのプログラミングの有効化または無効化を制御し、DFLCTL レジスタは、データフラッシュへのアクセスを有効化または無効化するために使用されます。

#### 3.2.2.3 RA0 のセルフプログラミング

RA0 はセルフプログラミングモードをサポートしており、ユーザ・プログラムを使用してフラッシュメモリを書き換えることができます。

このモードでは、RA0 のセルフプログラミングモジュール(r\_flash\_lp)を使用することで、ユーザ・アプリケーションによるフラッシュメモリの書き換えが可能です。

## 3.2.3 SRAM

RA0 および MSPM0 には、アプリケーションデータの保存に使用される SRAM が搭載されています。

表 3-4 SRAM 機能の比較

種別	MSPM0	RA0
SRAM メモリ	MSPM0Lxx 2KB~32KB MSPM0Cx 8KB~32KB	2KB~16KB
パリティチェック	あり (MSPM0Cx なし)	あり
ECC	あり (MSPM0Cx なし)	なし
書き込み保護 (RAM ガード)	あり	なし

RA0 には、デバイスでサポートされている CPU 周波数でアクセス可能な低消費電力の SRAM が搭載されています。SRAM は、コールスタック、ヒープ、グローバルデータなどの情報の保存に使用できます。SRAM の内容は、低消費電力モード（通常動作、スリープ、ソフトウェアスタンバイ、スヌーズなど）の変更にかかわらず保持されますが、パワーセーブメモリコントロールレジスタ (PSMCR) の設定によりシャットダウンモードに設定すると、一部の SRAM 領域以外をシャットダウンすることができます。

RA0 の SRAM は、データ領域として使用できるほか、コードを格納しプログラム領域として命令を実行することができます。

## 3.3 電源投入とリセットの概要と比較

MSPM0 と RA0 はどちらも最小動作電圧を備えており、デバイス全体またはデバイスの一部をリセット状態に保持することでデバイスが適切に起動するようにする回路が搭載されています。表 3-5 は、2つのデバイス間でこれがどのように行われるか、およびデバイス間でどのモジュールが電源投入プロセスとリセットを制御するかの比較を示しています。

表 3-5 電源投入の概要と比較

MSPM0		RA0	
パワーオンリセット (POR)	上昇検出: $V_{DD} > POR+$ 、POR 状態が解除され、バンドギャップ参照と BOR が開始される 降下検出: $V_{DD} < POR-$ 、デバイスは POR に保持される	POR (パワーオンリセット回路)	上昇検出: $V_{CC} > V_{POR}$ 、POR リセットが解除される 降下検出: $V_{CC} < V_{PDR}$ 、POR リセット信号が発生する
ブラウンアウトリセット (BOR) - 0 レベル <sup>注2</sup>	上昇検出: $V_{DD} > BOR0+$ 、デバイスはブートプロセスを続行し、PMU が起動する 降下検出: $V_{DD} < BOR0-$ 、デバイスは BOR 状態に保持される	LVD0 (低電圧検出回路) - 電圧監視 0 リセットモード <sup>注1</sup>	上昇検出: $V_{CC} > V_{det0}$ 、LVD リセットが解除される 降下検出: $V_{CC} < V_{det0}$ 、LVD リセット信号が発生する
ブラウンアウトリセット (BOR) - 1~3 レベル <sup>注2</sup>	降下検出: 1) $V_{DD} < BORx-$ ( $x=1, 2, 3$ ) の場合、割り込み要求が発生し、BOR 回路が自動的に BOR を切り替えるしきい値レベルを BOR0 に設定する 2) $V_{DD} < BOR0-$ 、デバイスは BOR に保持される	LVD1 (低電圧検出回路) - 電圧監視 1 割り込みおよびリセットモード <sup>注1</sup>	上昇検出: $V_{CC} > V_{det1}$ 、LVD リセットが解除される 降下検出: 1) $V_{CC} < V_{det1}$ : 割り込み要求信号が発生する 2) $V_{CC} < V_{det01}$ : LVD リセット信号が発生する
該当なし	該当なし	LVD (低電圧検出回路) - 電圧監視 1 割り込みモード <sup>注1</sup>	$V_{CC} > V_{det1}$ または $V_{CC} < V_{det1}$ のときに割り込み要求信号が発生する

注1. 電源検出の検出レベルをオプション設定メモリまたは LVD1CR レジスタで選択することができます。電圧監視 0 はレベル、電圧監視 1 は 18 レベル

注2. 選択可能な BOR しきい値レベルは 4 つあります (BOR0-BOR3)。起動中、BOR しきい値は常に BOR0 (最低値) であり、デバイスは常に指定された  $V_{DD}$  の最小値で起動します。起動後、ソフトウェアはオプションで BOR 回路を再構成し、異なる (より高い) しきい値レベルを使用できます。

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

RA0 の電圧しきい値の関係は、 $V_{PDR} < V_{POR} < \text{動作電圧の下限} < V_{det0} < V_{det1}$  です。MSPM0 の電圧しきい値の関係は、 $POR^- < POR^+ < BOR^- < BOR^+$  であり、BOR0+は内部回路の正常な動作を可能にするために指定された  $V_{DD}$  の最小値です。

RA0 のリセット信号の発生要因には、次の 6 種類があります。

- (1) RES 端子による外部リセット入力
- (2) パワーオンリセット (POR) 回路の電源電圧と検出電圧との比較による内部リセット
- (3) 電圧検出回路 (LVDD0, 1) の電源電圧と検出電圧の比較による内部リセット
- (4) SRAM パリティエラーによる内部リセット
- (5) 独立ウォッチドッグ・タイマのプログラム暴走検出による内部リセット
- (6) ソフトウェアリセット

RA0 は内部リセット発生要因が多数存在します。どの要因から発生したリセット要求かを確認するには、リセットコントロールフラグレジスタ (RESF)、およびパワーオンリセットステータスレジスタ (PORSR) にて確認ができます。

表 3-6 リセット要求時のリセットフラグの状態(1/2)

フラグ	リセット要因			
	RES 端子 リセット	パワーオン リセット	電圧監視 0 リセット	独立ウォッチドッグ・ タイマリセット
PORSR.PORF	保持	クリア	保持	保持
RESF.LVIRF	クリア	クリア	セット	保持
RESF.IWDTRF	クリア	クリア	保持	セット
RESF.SWRF	クリア	クリア	保持	保持
RESF.RPERF	クリア	クリア	保持	保持

表 3-7 リセット要求時のリセットフラグの状態(2/2)

フラグ	リセット要因		
	電圧監視 1 リセット	ソフトウェア リセット	SRAM パリティエラーリセット
PORSR.PORF	保持	保持	保持
RESF.LVIRF	セット	保持	保持
RESF.IWDTRF	保持	保持	保持
RESF.SWRF	保持	セット	保持
RESF.RPERF	保持	保持	セット

## 3.4 クロックの概要と比較

## 3.4.1 発振器

RA0 および MSPM0 には、システムコストと消費電力を抑えるために、内部と外部の両方を含む多くの種類のクロック発生回路があります。表 3-8 に、RA0 および MSPM0 のクロック発生回路を示します。

表 3-8 発振器の比較

種類	MSPM0L	MSPM0C	RA0
内蔵発振器	SYSOSC: 4MHz~32MHz の内蔵発振器	SYSOSC: 24 MHz の内蔵発振器	HOCO:最大周波数 32MHz の高速オンチップオシレータクロック
			MOCO:最大周波数 4MHz の中速オンチップオシレータクロック
	LFOSC: 32 kHz の内蔵低速発振器	LFOSC: 32 kHz の内蔵低速発振器	LOCO:32.768 kHz の低速オンチップオシレータクロック
外部発振器	利用不可	利用不可	MOSC:最大周波数 20MHz のメインクロック発振器
	利用不可	利用不可	SOSC: 32.768 kHz のサブクロック発振器

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

#### 3.4.1.1 RA0 発振器

RA0 には、外付け発振子を不要とするオンチップオシレータが搭載され、低消費電力を実現する低速発振回路など、多くの種類の発振回路が搭載されています。表 3-9 に、RA0 のクロック発生回路を示します。詳細については、RA0 グループユーザーズ・マニュアル ハードウェア編を参照してください。

表 3-9 RA0 MCU の発振器

クロック発生回路	クロック信号名	説明
内部	HOCO	高速オンチップオシレータクロック (最大周波数 32MHz)
	MOCO	中速オンチップオシレータクロック (最大周波数 4MHz)
	LOCO	低速オンチップオシレータクロック (32.768kHz)
外部	MOSC	メインクロック発振器 (最大周波数 20MHz)
	SOSC	サブクロック発振器 (32.768 kHz)

#### 3.4.2 クロック信号の比較

異なるクロック信号を分割して他の入力クロックとしたり、多数の周辺機器に分配したりできます。

表 3-10 クロック信号の比較

クロックの説明		MSPM0 クロック	RA0 クロック
外部クロック入力	高速	HFCLK_IN	EXCLK(MOSC)
	低速	LFCLK_IN	XCIN(SOSC)
高速外部クロック		HFCLK	EXCLK
低速外部クロック		LFCLK_IN と LFXT の選択	FSUB <sup>注1</sup>
PLL 回路出力クロック		SYSPLLCLK0、 SYSPLLCLK1、 SYSPLLCLK2x <sup>注2</sup>	該当なし
メインシステムクロック		MCLK、ULPCLK <sup>注3</sup> (BUSCLK)	FMAIN <sup>注4</sup>
CPU/周辺機器用高速クロック		HSCLK <sup>注5</sup> の選択と SYSOSC	FMAIN
CPU/周辺機器用低速クロック		LFCLK (32kHz 固定)	FSUB、LOCO
ソース CPU		CPUCLK	ICLK
ほとんどの周辺ハードウェアのクロック		MCLK、ULPCLK	FMAIN、ICLK
高速周辺機器に使用可能なクロック		MCLK	HOCO、MOCO、 FMAIN、ICLK
低速低電力周辺機器に使用可能なクロック		ULPCLK	LOCO、FSUB、ICLK
固定周波数クロック		MFCLK: 4 MHz、MCLK に 同期	該当なし
		MFPCLK: 4MHz	

注1. FSUB は、低速外部発振器(XCIN)から供給されるサブシステムクロックです。

注2. SYSPLLCLK2x は PLL 出力の 2 倍の速度であり、分周することができます。

注3. MSPM0 のメインシステムクロックは、LFCLK、HSCLK、または SYSOSC から供給されます。MCLK は PD1 のメインシステムクロックであり、MCLK から派生した ULPCLK は PD0 のメインシステムクロックです。

注4. RA0 のメインシステムクロックは MOSC、HOCO または MOCO から供給されます。

注5. HSCLK は SYSPLL または HFCLK から供給されます。

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

表 3-11 周辺クロック入力

周辺機器	MSPM0	RA0
リアルタイム・クロック (RTC)	LFCLK (LFOSC, LFXT)	SOSC、LOCO
UART	BUSCLK, MFCLK, LFCLK	MOSC、SOSC、HOCO、MOCO、LOCO
SPI/CSI (簡易 SPI)	BUSCLK, MFCLK, LFCLK	MOSC、SOSC、HOCO、MOCO、LOCO
I <sup>2</sup> C	BUSCLK, MFCLK	MOSC、SOSC、HOCO、MOCO、LOCO
ADC	ULPCLK, HFCLK, SYSOSC	MOSC、SOSC、HOCO、MOCO、LOCO
タイマ	BUSCLK, MFCLK, LFCLK	MOSC、SOSC、HOCO、MOCO、LOCO

### 3.5 動作モードの概要と比較

RA0 は、アプリケーションの要件に基づいてデバイスの電力消費を最適化できるように、4つの主要な動作モード (低消費電力モード)を提供します。電力の降順で並べると、モードは通常動作、スリープ、スヌーズ、ソフトウェアスタンバイです。通常動作モードでは、CPUはアクティブでコードを実行します。マスクされていない割り込み要求により、デバイスはスリープ、スヌーズまたはソフトウェアスタンバイモードから通常動作モードに復帰できます。スリープモードでは、CPUは停止しますがすべての周辺機器は動作します。スヌーズ、ソフトウェアスタンバイモードでは、電力消費を最小限に抑えるためにクロック発信回路が停止します。

#### 3.5.1 動作モードの比較

表 3-12、表 3-13 に、RA0 と MSPM0 の動作モードの比較を示します。

表 3-12 動作モードの比較(1/2)

MSPM0			RA0	
動作モード		説明	動作モード	説明
RUN	0	MCLK と CPUCLK は高速クロックソース (SYSOSC、HFCLK、または SYSPLL)	通常動作	CPU はメインシステムクロックまたはサブシステムクロックで動作します。すべての周辺機能が動作します。
	1	MCLK と CPUCLK は		
	2	LFCLK(32 kHz)から実行されます。		
SLEEP	0	CPU 動作が停止します。SYSOSC は有効のまま、他の高速発振器はオプションです。低速発振器は有効のままです。MCLK は高速クロックソースから実行されます	スリープ	CPU の動作が停止します。メインシステムクロックとサブシステムクロックの動作は継続します。すべての周辺機能が動作します。
	1	CPU の動作が停止します。SYSOSC 有効のまま、他の高速発振器は無効です。低速発振器は有効のままです。MCLK は LFCLK から実行されます。		
	2	CPU の動作が停止します。高速発振器は無効になります。低速発振器は有効のままです。MCLK は LFCLK から実行されます。		

表 3-13 動作モードの比較(2/2)

MSPM0			RA0	
動作モード		説明	動作モード	説明
STOP	0	CPU 動作が停止します。SYSOSC は保持されます。他の高速発振器は無効です。低速発振器は有効のままです。ULPCLK は 4 MHz に制限されます。PD0 は有効で、PD1 は無効です。ADC などのアナログ周辺機器は動作できます。	スヌーズ <sup>注1注2</sup>	CPU の動作が停止します。HOCO または MOCO の動作が開始されますが、メインクロックの動作は停止したままです。ソフトウェアスタンバイモード使用中のサブシステムクロックの状態は継続されます。ADC、UART、CSI、または DTC 転送などの周辺機能は CPU を動作させずに動作できます。
	1	STOP0 と同様ですが、SYSOSC と ULPCLK は 4MHz に制限されます。		
	2	CPU 動作停止。高速発振器は無効です。ULPCLK は 32kHz で動作します。PD0 は有効で、PD1 は無効です。ADC の使用はサポートされていません。		
STANDBY	0	CPU の動作が停止します。高速発振器は無効です。すべての PD0 周辺機器は ULPCLK と LFCLK を受信します。ADC はサポートされていません。	ソフトウェアスタンバイ <sup>注1</sup>	CPU の動作が停止します。HOCO、MOCO が停止します。サブシステムクロックはソフトウェアスタンバイモード設定前の状態が保持されます。サブシステムクロックの状態は継続されます。そのため、サブシステムクロックで動作している周辺機能は動作できます。
	1	STANDBY0 と同様ですが、TIMG0/1 のみが ULPCLK または LFCLK を受信します。		
SHUTDOWN		クロックが利用できず、デバイスがシャットダウンしています。	ソフトウェアスタンバイ	CPU の動作が停止します。HOCO、MOCO、LOCO が停止します。メインシステムクロックとサブシステムクロックの動作が停止するため、システムは停止します。外部割込みだけ有効にしています。

注1. スヌーズモードでは CSI、SAU、A/D コンバータ、DTC 転送が指定可能です。

注2. スヌーズモードは CPU/周辺ハードウェアクロック(ICLK)に高速オンチップオシレータまたは中速オンチップオシレータを選択した場合のみ指定可能です。

#### 3.5.2 スリープモードでの RA0 の機能

CPU へのクロック供給を停止しますが、周辺機能は動作を継続します。通常動作に比べて消費電力が低く、割り込みにより自動的にスリープモードを解除し、即座に通常動作に復帰するので、消費電力を抑えつつ、素早い応答が求められるアプリケーションに適しています。

#### 3.5.3 スヌーズモードでの RA0 の機能

スリープモードと同様に CPU へのクロック供給を停止しますが、特定の周辺機能（UART、AD コンバータなど）を動作させることができます。UART でのデータ受信や ADC での変換は CPU とは関係なく完了するので、これらの周辺機能以外は完全に停止した状態で動作できます。そのため、スリープモードよりもさらに消費電力を抑えることができ、データ受信や AD 変換完了をトリガとしてスヌーズモードが解除され、必要に応じて CPU が処理を開始します。

このようにデータの受信や変換が完了した際にすぐに通常動作に復帰できるため、リアルタイム処理が求められるアプリケーションに適しています。

#### 3.5.4 ソフトウェアスタンバイモードでの RA0 の機能

メインクロックや高速オンチップオシレータ、中速オンチップオシレータ、低速オンチップオシレータも停止させることができ消費電力をほぼゼロに近づけることができます。

CPU は完全に停止しますが、メモリやレジスタの内容は保持されているので復帰後は処理を続行できます。外部割り込みや独立ウォッチドッグ・タイマ（IWDT）、割り込み、RTC 割り込みなど、特定の割り込みが発生すると、ソフトウェアスタンバイモードから復帰し、通常動作に戻ります。

詳細な仕様、および各周辺機能との関係については、RA0 グループユーザーズ・マニュアル ハードウェア編の適切な章を参照してください。

### 3.6 割り込みとイベントの比較

#### 3.6.1 割り込みと例外

RA0 と MSPM0 はどちらも、デバイスの利用可能な周辺機器に応じて、割り込みおよび例外ベクタを登録およびマップします。各デバイスファミリの割り込みベクタの概要と比較は、表 3-14 に含まれています。割り込みまたは例外の優先度の低い値は、優先度の高い値を持つ割り込みよりも優先されます。プロセッサが現在割り込みを処理している場合、プロセッサは高いプログラム可能な優先度を持つ割り込みによってのみプリエンプトされます。

表 3-14 割り込みの比較

周辺機器	MSPM0	RA0
割り込みの種類	周辺割り込み NVIC は最大 32 個のネイティブ周辺割り込みソースをサポートします。 <sup>注1</sup>	マスカブル割り込み 最大 33 個の内部割り込み要求と最大 6 個の外部割り込み要求があります。
	システム例外 リセット、 NMI、 ハードフォールト、 SVCALL、 PendSV、 SysTick	リセット割り込み RES 端子入力、パワーオンリセット、 電圧検出、ウォッチドックタイマ、 SRAM パリティエラー ソフトウェア割り込み SVC 命令によって発生させることができます。
優先度レベル	デフォルトの優先度 NVIC 番号 <sup>注2</sup>	デフォルトの優先度 デバイスによって決定。 <sup>注3</sup>
	システム例外（リセット、NMI、ハードフォールト）には、-3、-2、-1 の固定優先度レベルがあります。 SVCALL、PendSV、SysTick には 0、64、128、192 の 4 つのプログラム可能な優先順位レベルがあります。	割り込み優先順位レベル マスカブル割り込みには、0、1、2、3 の 4 つのプログラム可能な優先順位レベルがあります。
	周辺割り込み 0、64、128、192 の 4 つのプログラム可能な優先度レベルがあります	
優先順位の設定	NVIC の IPRx レジスタ 周辺機器の割り込み優先度を設定するために使用します。	NVIC の IPRx レジスタ 周辺機器の割り込み優先度を設定するために使用します。
割り込みのマスク	ペリフェラル側の IMASK レジスタ どの割り込み条件がイベントに伝播するかを設定するために使用されます。	NVIC の ISER および ICER レジスタ 周辺機器の割り込みを有効または無効にするために使用されます。
	NVIC の ISER および ICER レジスタ 周辺機器の割り込みを有効または無効にするために使用されます。	

注1. NVIC に加えて、割り込みグループ化モジュール (INT\_GROUP0 および INT\_GROUP1) を MSPM0 上に配置して、32 を超える周辺割り込みを NVIC にインターフェースできるようにすることができます。

注2. 複数の NVIC 割り込みが同じプログラム可能な優先度を持つ場合、NVIC 番号は相対的な割り込み優先度を示します。

注3. デフォルト優先度は、同じ割り込み優先レベルを指定している複数のマスカブル割り込みが発生している場合に、優先する順位です。

3.6.1.1 RA0 の割り込み管理

RA0 の割り込みコントローラユニット(ICU)は、ネスト型ベクタ割り込みコントローラ(NVIC)およびデータトランスファコントローラ(DTC)の両モジュールにどのイベント信号がリンクされるかを制御します。ICU はノンマスクابل割り込みも制御します。

割り込みの優先度を設定できる機能も備えています。これにより、複数の割り込みが同時に発生した場合に、重要な処理が優先されるように制御が可能です。

割り込みの制御と管理を容易にするため、割り込みの有効・無効設定や、割り込みフラグのクリアなどの操作ができます。これにより、特定の状況に応じて柔軟に割り込み機能を制御できるため、特定の機能が動作中に他の割り込みを一時的に無効にするなどの処理が可能です。

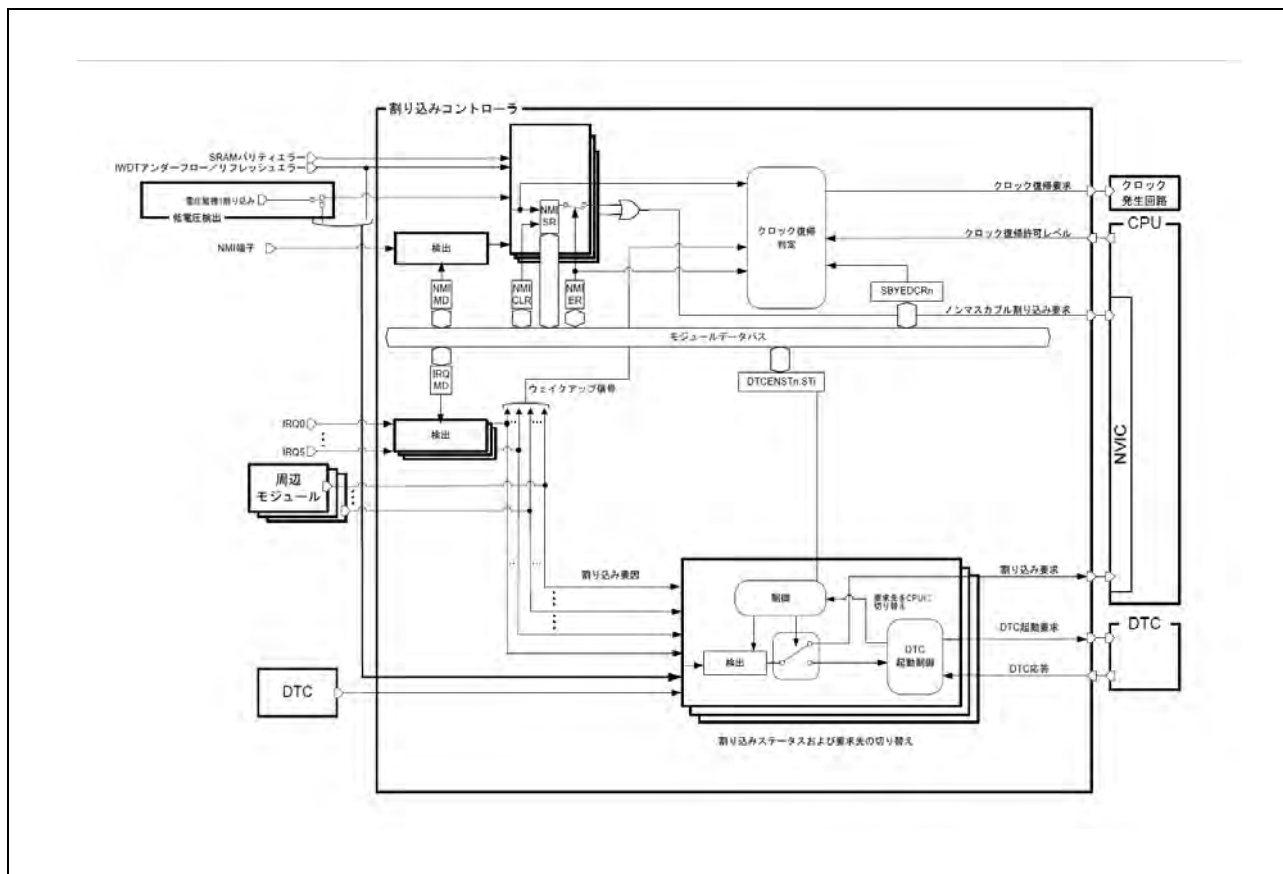


図 3-1 RA0 の内部マスクابل割り込みの構成

3.6.1.2 MSPM0 の割り込み管理

RA0 と同じく、MSPM0 は、NVIC の IPRx レジスタを介して各周辺割り込みソースの優先レベルを設定し、NVIC の ISER および ICER レジスタを介して周辺割り込みソースをマスク/アンマスクします。各周辺割り込みには、さまざまな割り込み条件が含まれています。たとえば、周辺割り込みソースとして、UARTx には送信割り込みや受信割り込みなどの複数の割り込み条件があります。

また、割り込み条件は周辺側の 6 つの標準レジスタによって管理されます。

図 3-2 は周辺割り込み階層を示しています。

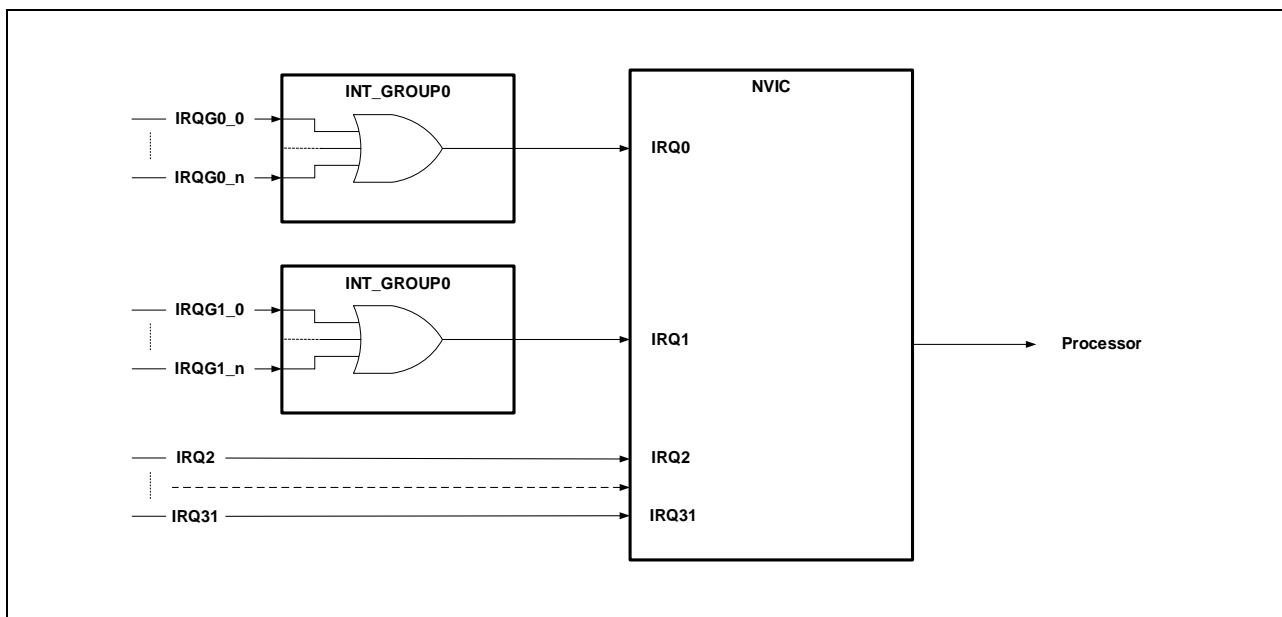


図 3-2 MSPM0 の周辺割り込み階層

### 3.6.2 MSPM0 のイベントハンドラ

MSPM0 MCU には、あるエンティティから別のエンティティにイベントを転送するイベントマネージャを備えています。イベントマネージャは、定義されたイベントパブリッシャー（ジェネレータ）とサブスクライバー（レシーバ）のセットを通じてイベント転送を実行し、スタティック経路とプログラマブル経路の組み合わせを含むイベントファブリックを通じて相互接続されます。イベントマネージャは、パワー・マネジメント・クロック・ユニット(PMCU) とのハンドシェイクも実行して、トリガされたイベントアクションを実行するために必要なクロックとパワー・ドメインが存在することを確認します。

イベントマネージャによって転送されるイベントには、次のものがあります。

- ・ 割り込み要求（IRQ）として CPU に転送される周辺機能イベント
- ・ DMA トリガとして DMA に転送される周辺機能イベント
- ・ ハードウェアのアクションを直接トリガするために他の周辺機器に転送される周辺機能イベント

イベントマネージャは、イベントファブリックを介してイベントパブリッシャーをイベントサブスクライバーに接続します。イベントファブリックには、CPU 割り込み（固定イベントルート）、DMA ルート、汎用ルートの 3 種類があります。

MSPM0 のイベントハンドラの使用の詳細については、MSPM0L テクニカル・リファレンス・マニュアル、または MSPM0C テクニカル・リファレンス・マニュアルのイベントセクションを参照してください。

### 3.6.3 RA0 のイベントリンクコントローラ（ELC）

RA0 には、各周辺機能から出力されるイベントを相互に接続（リンク）するイベントリンクコントローラ（ELC）が搭載されています。イベントをリンクすることで、RA0 は CPU を介さずに直接周辺機能間の動作を調整することができます。

図 3-3 は ELC ブロック図を示しています。ELSEGRn レジスタは、各イベント信号を受信後のイベント受信周辺機能（リンク先周辺機能）の動作にリンクします。異なる ELSEGRn レジスタは異なるイベントジェネレータを表し、ELSRn レジスタに設定された値によってリンク先周辺機能の動作が決まります。

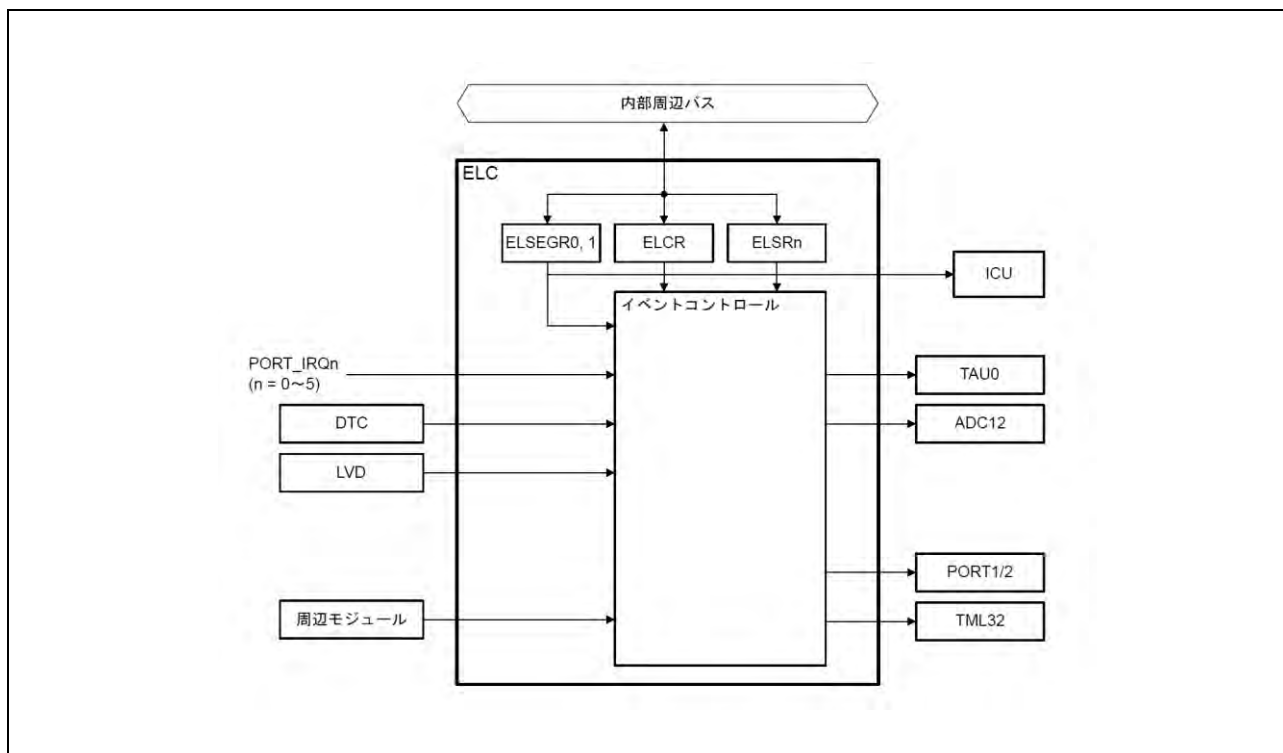


図 3-3 RA0 イベントリンクコントローラ

3.6.4 イベント管理の比較

RA0 と MSPM0 ではイベント管理の構造と機能が異なります。3.6.2 MSPM0 のイベントハンドラと 3.6.3 RA0 のイベントリンクコントローラ (ELC) の比較を表 3-15 に示します。

表 3-15 イベント管理の比較

種類		MSPM0	RA0
発行元		周辺機器	周辺機器
通知先		CPU,DMA トリガ、周辺機器	CPU, DTC トリガ、周辺機器
通知方法	周辺機器→CPU	イベントマネージャ	割り込み制御回路
	周辺機器→DMA		DTC コントローラ
	周辺機器→周辺機器		ELC
通知経路		以下の経路を使用可能 1. ポイントツーポイント 2. ポイントツーツー (スプリッタ) <sup>注</sup>	以下の経路を使用可能 1. ポイントツーポイント

注 汎用ルートチャンネルは、どのチャンネルを選択するかによって、通知先 1 カ所 (1:1) または通知先 2 カ所 (1:2 スプリッタルート) で構成することができます。

### 3.7 デバッグとプログラミングの比較

RA0 と MSPM0 はそれぞれデバッグやプログラミングでのデバイスとの接続に際し、異なるインターフェースや機能を用いています。表 3-16 は、MSPM0 と RA0 とのプログラミング モードの比較を示しています。

表 3-16 デバッグとプログラミングの比較

プログラミング機能	MSPM0	RA0
タイプ	ブートストラップローダー	シリアルプログラミング
セキュリティ	セキュアブートオプション: CRC 保護	メモリセキュリティとアクセス制限オプション <sup>注</sup> ブロックイレース、 プログラミングコマンド、 リードコマンド、 セキュリティ設定コマンド、 プロテクション設定
カスタマイズ可能	設定可能な呼び出しピンとプラグイン機能	なし
プログラミングモードへの引き込み	BOOTRST で 1 ピン High、SW エントリ	リセット解除後、DFLCTL、DFLEN を 1、FENTRYR でコードフラッシュ P/E モード
コマンド	接続、ロック解除、消去、書き込み、メモリの読み取り、工場出荷時設定へのリセット、情報の取得など。	イレース、プログラミング、情報の取得、セキュリティなど。 <sup>注</sup>
パスワード保護	あり	あり(ID コードチェック)
インターフェース	UART、I <sup>2</sup> C、SPI (カスタムプラグインが必要)	SWD

注 初期設定では、ブロックイレース、プログラミングコマンド、スタートアップ領域の書き換えが無効になっています。ブロックイレースの有効化、プログラミングの有効化、およびスタートアップ領域の書き換えの有効化は、プログラムコマンドの発行により行うことができます。RA0 グループユーザー・マニュアル ハードウェア編の適切な章を参照してください。

#### 3.7.1 デバッグ比較

##### 3.7.1.1 RA0 のデバッグ

RA0 は SWD (Serial Wire Debug) によるデバッグサポートが標準装備されています。デバッグには J-Link、E2 エミュレータ、もしくは E2 エミュレータ Lite を使います。これらのデバッグは、標準的なデバッグ機能 (ステップ実行、ブレークポイント、メモリやレジスタの確認など) をサポートしています。さらに、オンチップ・デバッグ機能をサポートしています。プログラミングには J-Link、E2 エミュレータ、もしくは E2 エミュレータ Lite もしくは専用のフラッシュメモリプログラマ PG-FP6 を使用します。

##### 3.7.1.2 MSPM0 のデバッグ

MSPM0 では JTAG と SWD によるデバッグサポートが標準装備されています。このインターフェースは通常、アプリケーション開発中および製造プログラミング中に使用されます。デバッグは、TI の XDS デバッグプローブ (XDS100、XDS110 など) を使って、リアルタイムでのデバッグやトレースが可能です。

#### 3.7.2 プログラミングモードの比較

##### 3.7.2.1 RA0 のシリアルプログラミング

RA0 のシリアルプログラミングモードは、RA0 マイクロコントローラと SWD で接続された外部デバイス (マイクロコントローラまたは ASIC) を使用してファームウェアの更新を可能にします。

##### 3.7.2.2 MSPM0 のブートストラップローダー (BSL) プログラミング

ブートストラップローダー (BSL) プログラミングインターフェースは、SWD の代替プログラミングインターフェースです。

このインターフェースはプログラミング機能のみを提供し、通常、標準的な組み込み通信インターフェースを介して利用されます。

これにより、システムまたは外部ポートの他の組み込みデバイスへの既存の接続を介して、ファームウェアの更新が可能になります。

プログラミング・アップデートがこのインターフェースの主な目的ですが、BSL プログラミングインターフェースは、初期生産プログラミングにも利用することができます。

## 4. デジタル周辺機器の比較

## 4.1 汎用 IO (PORT, PmnPFS\_A)

RA0 は、低消費電力に特化しており、入出力ポートも低消費電力が実現できるように設計されています。MSPM0 は、IOMUX (Input/Output Multiplexer) 機能により、1 つのピンに複数のペリフェラル機能を割り当てることができます。たとえば、GPIO として、UART、SPI、I<sup>2</sup>C、タイマ出力など、さまざまな機能を選択できます。

RA0 では、兼用機能を割り当てるポートを切り替える、端子機能選択機能 (PmnPFS\_A) を持っています。RA0 があらかじめマッピングされている兼用機能の端子に対して、PmnPFS\_A レジスタの PSEL ビットを設定することで切り替えることができます。

表 4-1 入出力ポート機能の比較

種類	MSPM0	RA0
出力モード	プルアップまたはプルダウンによる プッシュプル プルダウン式オープンドレイン ハイZ	CMOS N チャネルオープンドレイン
入力モード	フローティング プルアップまたはプルダウン	CMOS 内蔵プルアップ TTL 入力バッファ
高駆動入出力ポート	約 20mA @V <sub>DD</sub> =3.3V、High Drive IO (HDIO)	20mA (V <sub>CC</sub> = 1.6~5.5 V)
1 ポート単位の設定	あり	あり
リダイレクト機能	IOMUX を使用する	PmnPFS_A レジスタを使用する
Wake-up	入出力ポートピンの状態変化	外部割り込み(IRQ)併用で可能
DMA によって制御される入出力ポート	あり	なし
入力フィルタリング	あり	あり(外部割り込み(INTP)使用時、1us 以内の信号はフィルタされる)
CMOS と TTL バッファの切り替え	あり	あり

入出力ポートコード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

## 4.2 ユニバーサル非同期送受信機 (UARTA,SAU)

RA0 と MSPM0 は、非同期シリアル通信を行う周辺機能が搭載されています。

RA0 は、UART 通信機能に特化した UARTA が搭載されています。また、SAU (シリアルアレイユニット) に UART 機能が含まれており、一般的な通信機能と LIN-bus 通信に対応しています。

SAU はスヌーズモードと併用することでシステムの消費電力を抑えながら UART 通信が可能です。

MSPM0 の IrDA、スマートカードモード、フロー制御は SAU には搭載されていないため、ソフトウェアで実装する必要があります。

表 4-2 UART 機能の比較

種類	MSPM0	RA0
データの方向	MSB ファースト または LSB ファースト	MSB ファースト または LSB ファースト
DMA を使用した連続通信	あり	あり(DTC を用いて使用可能)
データ位相	なし	あり
スヌーズモードでの受信	あり、すべての低電力モードでアクティブです。	あり
単線半二重通信	あり <sup>注1</sup>	なし
データ長	5,6,7,8	5,7,8,9 <sup>注2</sup>
LIN ハードウェアサポート	あり	あり
DALI ハードウェアサポート	あり	なし (RL78/G24, I1A でサポート)
IrDA ハードウェアサポート	あり	なし
マンチェスターコード HW サポート	あり	なし
スマートカードモード (ISO7816)	あり	なし
低消費電力モードからの復帰	あり	あり
自動ボーレート検出	なし	あり (LIN)
外部ドライバの有効化	あり	なし
ハードウェアフロー制御	あり	なし
マルチプロセッサ	あり	なし
送信/受信 FIFO 段数	4	1

注1. 送信と受信の間で周辺機器の再設定が必要

注2. データ長 5 ビットは UARTAx で使用可能、9 ビットは SAU で使用可能です。

UART コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

## 4.3 シリアル・ペリフェラル・インタフェース (SPI,SAU)

MSPM0 と RA0 はどちらもシリアル・ペリフェラル・インタフェース (SPI) をサポートしています。RA0 の場合、SPI 機能は SAU (シリアルアレイユニット)の簡易 SPI 機能として搭載されています。MSPM0 と RA0 の SPI サポートは、表 4-3 のとおりです。

表 4-3 SPI 機能の比較

種類	MSPM0	RA0
制御端子	SCLK、PICO、POCI、CSx	SCK、SI、SO
マスタ/スレーブの選択	あり	あり
データビット幅 (コントローラモード)	4~16 ビット	7、8 ビット
データビット幅 (ペリフェラルモード)	7~16 ビット	
最大速度	MSPM0L: 16MHz	16 MHz (SPI00 のみ) 8 MHz (SPI00 以外) 4 MHz (スレーブ通信時)
単方向通信	あり	あり
ハードウェアチップセレクト管理	あり (周辺機器 4 台)	なし
I/O クロックの位相制御	あり	あり
データの方向	MSB ファーストまたは LSB ファースト	MSB ファーストまたは LSB ファースト
SPI 形式のサポート	モトローラ、TI、マイクロワイヤ	モトローラ
ハードウェア CRC	なし、ただし SPI パリティチェックを提供します	なし
送信/受信 FIFO 段数	4	1

SPI コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

#### 4.4 インター・インテグレートッド・サーキット (IICA,SAU)

MSPM0 と RA0 はどちらも I<sup>2</sup>C 周辺機器をサポートしています。

RA0 は、高度な機能を持ったシリアルインタフェース (IICA) と、マスタとして動作できるシリアルアレイユニット (SAU) の簡易 I<sup>2</sup>C を搭載しています。

MSPM0 の場合、基本機能と高度な機能の両方が一つの周辺機能として搭載されています。

全体的な MSPM0 と RA0 の I<sup>2</sup>C サポートは同等ですが、表 4-4 のとおり顕著な違いがあります。

表 4-4 I<sup>2</sup>C 機能の比較

種類	MSPM0	RA0
マスタ/スレーブの選択	あり	あり(IICA)
マルチコントローラ機能	あり	あり(IICA)
最大転送速度	1MHz	1MHz
アドレッシングモード	7 ビット	・ 7 ビット ・ 10 ビット(IICA)
アドレス番号(ターゲットモード)	2つのアドレス	1つのアドレス
イベント管理	あり	あり(IICA)
クロックストレッチ	あり	あり(IICA)
ウェイクアップ機能(低電力モード)	あり	あり(IICA)
ソフトウェアリセット	あり	あり(IICA)
FIFO/バッファ	送信: 8 バイト 受信: 8 バイト	1 バイト IICA:IICA シフトレジスタ (IICAn) SAU:シリアルデータレジスタ (SDRmn)
DMA/DTC 転送	あり	あり(SAU のみ)
プログラム可能なアナログおよびデジタルノイズフィルタ	あり	あり(IICA のみ)

I<sup>2</sup>C コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

## 4.5 タイマ (TAU, TML32)

MSPM0 と RA0 はどちらも多機能なタイマを搭載しています。

MSPM0 は、低電力監視から高度なモーター制御まで、さまざまなユースケースをサポートする機能を備えたタイマを提供します。

RA0 は、8 チャンネルのタイマ・アレイ・ユニット(TAU)を搭載しており、複数のタイマ機能を同時に動作させることができます。

表 4-5 タイマの名称

MSPM0		RA0	
タイマ名	略称	タイマ名	略称
Advanced control	TIMA0	なし	なし
General purpose	TIMG0-11	タイマ・アレイ・ユニット	TAU
High resolution	TIMG12	32 ビットインターバルタイマ	TML32

表 4-6 タイマ機能の比較

種類	MSPM0L	RA0
精度	16 ビット	TAU: 8、16 ビット TML32: 8、16、32 ビット
PWM	あり	あり(TAU)
Capture	あり	あり
Compare	あり	あり
One-shot	あり	あり(TAU)
アップダウンカウント機能	あり	なし
スタンバイ機能との連携	あり	あり
QEI support	あり	なし
Programmable pre-scalar クロック分周	あり	あり
設定時の一時保持	あり	あり
イベント/割り込み	あり	あり
自動リロード機能	あり	あり
Fault handling	あり	なし

表 4-7 タイマの使用例の比較

種類	MSPM0L	RA0
PWM	TIMA, TIMG0-11	TAU
Capture	TIMA, TIMG0-11	TAU
Compare	TIMA, TIMG0-11	TAU
One-shot	TIMA, TIMG0-11	TAU
Synchronization	TIMA, TIMG0-11	TAU
16bit-Interval timer	TIMA, TIMG0-11	TAU、TML32
32bit-Interval timer	TIMG12	TML32
Prescaler	8 ビットプリスケアラ	4 ビットプリスケアラ (TAU) 3 ビットプリスケアラ (TML32)

タイマ コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスにクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

#### 4.6 独立ウォッチドッグ・タイマ (IWDT)

MSPM0 と RA0 はどちらもウォッチドッグ・タイマを提供します。ウォッチドッグ・タイマ(IWDT) は、指定された時間内にアプリケーションが再度カウント開始しないと、プログラムの暴走と判断し、システムリセットが発生します。

表 4-8 WDT の名称

MSPM0L		RA0	
タイマ名	略称	タイマ名	略称
ウィンドウ・ウォッチドッグ・タイマ	WWDT	独立ウォッチドッグ・タイマ	IWDT

表 4-9 WDT 機能の比較

種類	MSPM0	RA0
ウィンドウモード	あり	あり
インターバルタイマモード	あり	あり
クロックソース	LFCLK	LOCO/2
割り込み	あり	あり
カウンター精度	25 ビット	14 ビット
クロック分周器	あり	なし

IWDT コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

#### 4.7 リアルタイム・クロック (RTC)

MSPM0 と RA0 はどちらもリアルタイム・クロック (RTC) を備えています。RTC は、2 進化 10 進数形式で時刻設定ができ、アプリケーションに時計機能を提供します。また定周期割り込みや、アプリケーションが指定した時間にイベント通知するアラーム機能を搭載しています。

表 4-10 RTC 機能の比較

機能	MSPM0	RA0
すべての動作モードでの動作	可能	可能
バイナリコード形式	あり	なし
BCD コード形式	なし	あり
年数	199 年	99 年
閏年補正	あり	あり
カスタマイズ可能なアラームの数	2	1
供給クロック(内部/外部)の選択	あり	あり ※ただし、内部クロック選択時は時刻カウント機能の使用不可
時刻誤差補正	あり	あり
割り込み	あり	あり
1Hz クロック出力機能	あり	あり

RTC コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

## 5. アナログ周辺機器の比較

## 5.1 アナログ-デジタルコンバーター (ADC12)

MSPM0 と RA0 はどちらも、アナログ信号をデジタル信号に変換する ADC 周辺機能を備えています。どちらのデバイスも 12 ビット ADC を備えています。表 5-1 と表 5-2 は、ADC のさまざまな機能とモードを比較したものです。

表 5-1 ADC 機能の比較

機能	MSPM0L	RA0
解像度 (ビット)	12、10、8 ビット	12、10、8 ビット
変換速度 (Msps)	1.4	0.485
オーバーサンプリング (ビット)	なし	なし
ハードウェアオーバーサンプリング	なし	なし
FIFO	あり	なし
ADC リファレンス (V)	内部 : 1.48、2.5、 $V_{DD}$	内部 : 1.48、 $V_{CC}$
	外部 : $1.4 \leq V_{REF} \leq V_{DD}$	外部 : $V_{REFH0}$
動作モード	RUN、スリープ、停止、スタンバイ <sup>注1</sup>	通常動作、スリープ、スヌーズ <sup>注2</sup>
自動電源オフ	あり	あり
外部入力チャンネル <sup>注3</sup>	最大 16	最大 10
内部入力チャンネル	温度センサ、電源モニタリング、アナログ信号チェーン	温度センサ、内部基準電圧
DMA サポート	あり (DMA)	あり (DTC)
ADC ウィンドウコンパレータユニット	あり	あり (ADUL、ADLL)
同時サンプリング	なし	なし
ADC の数 <sup>注4</sup>	1	1

注1. スタンバイモードで ADC をトリガすることができ、動作モードが変更されます。

注2. スヌーズモードで ADC12 をトリガすることができ、動作モードが変更されます。

注3. 外部入力チャンネル数は機器によって異なります。

注4. ADC の数はデバイスによって異なります。

表 5-2 変換モード

MSPM0	RA0	コメント
シングルチャネルシングルコンバージョン	選択モード、ワンショット変換モード	ADC12 は、シングルチャネルを 1 回サンプリングして変換します。
チャネル変換のシーケンス	スキャンモード、ワンショット変換モード	ADC12 は、一連のチャネルを 1 回サンプリングして変換します。
単一チャネル変換を繰り返す	選択モード、連続変換モード	ADC12 は、シングルチャネルを連続的にサンプリングして変換します。
チャネル変換のシーケンスを繰り返す	スキャンモード、連続変換モード	ADC12 は、一連のチャネルを連続的にサンプリングして変換します。

ADC コード例に関する情報は、ルネサスエレクトロニクスホームページから、サンプル・プロジェクト「FPB-RA0xx Example Project Bundle」を入手してください。

## 5.2 電圧リファレンス (VREF)

RA0 と MSPM0 はどちらも内部リファレンスを備えており、これを使用して内部周辺機器にリファレンス電圧を供給できます。

表 5-3 VREF 特性の比較

機能	MSPM0L	RA0
内部基準電圧 (V)	1.45、2.5	1.48
外部基準電圧 (V)	外部: $1.4 \leq VREF \leq V_{DD}$	$1.6 \leq VREFH0 \leq 5.5V$
出力内部リファレンス出力	なし	なし
ADC に内部接続	あり	あり

MSPM0 VREF の場合、電源ビット PWREN Bit0 (ENABLE) を有効にする必要があります。

## 6. 参考

[1] MSPM0C110x、MSPM003 データシート (JAJSRS4C – OCTOBER 2023 – REVISED FEBRUARY 2025)

[2] MSPM0C1105、MSPM0C1106 データシート (JAJSWZ8A – JULY 2025 – REVISED SEPTEMBER 2025)

[3] MSPM0L130x データシート (JAJSPZ3D – OCTOBER 2022 – REVISED JANUARY 2024)

[4] MSPM0L222x、MSPM0L122x (JAJSUK6A – MAY 2024 – REVISED OCTOBER 2024)

## RA0 シリーズ

### Texas Instruments MSPM0 から RA0 への移行ガイド

---

#### 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2025.11.30	-	初版発行
1.10	2026.2.24	p.1, p.4 p.36, p.38	RA0E3 の内容を追加

## 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、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。型名が違えば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。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、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。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. 当社製品または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. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 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。
6. 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。

7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. 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いたします。
13. 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。
14. 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.5.0-1 2020.10)

## 本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレストシア）

[www.renesas.com](http://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/](http://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。