

RX671グループ

FLLを使用したHOCO周波数精度の向上

要旨

本アプリケーションノートでは、FLLによる高速オンチップオシレータ（以下、HOCO）の周波数精度の向上についての説明、およびFLLを使用したHOCOの周波数をクロック周波数精度測定回路（以下、CAC）で測定して、周波数の誤差が許容範囲内であるかを確認するサンプルコードについて説明します。

対象デバイス

RX671 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. 仕様	3
2. 動作確認環境	3
2.1 動作確認条件	3
3. 関連アプリケーションノート	3
4. ソフトウェア説明	4
4.1 動作概要	4
4.2 BSPの設定	5
4.3 CACの設定	6
4.4 ファイル構成	7
4.5 オプション設定メモリ	7
4.6 定数一覧	8
4.7 変数一覧	8
4.8 関数一覧	9
4.9 関数仕様	9
4.10 フローチャート	10
4.10.1 メイン処理	10
4.10.2 CACの測定開始処理	10
4.10.3 CACの測定完了割り込み	11
4.11 サンプルコードをCS+で使用する手順	12
5. 参考ドキュメント	13
改訂記録	14

1. 仕様

FLL を有効にすることで、サブクロックを用いた HOCO の補正を行い、HOCO の周波数精度を向上させることができます。本アプリケーションノートでは、FLL を有効にした HOCO をメイン処理で使用する前に、HOCO の周波数の誤差が許容範囲内であることを確認しています。また本アプリケーションノートでは、CAC を用いて HOCO の周波数を測定する方法を示します。

2. 動作確認環境

2.1 動作確認条件

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

表 2.1 動作確認条件

項目	内容
使用マイコン	R5F5671EHDFB (RX671 グループ)
動作周波数	<ul style="list-style-type: none"> • HOCO : 20MHz • サブクロック : 32.768kHz 発振器ドライブ能力 (標準 CL) • システムクロック (ICLK) : 20MHz (HOCO の 1 分周)
動作電圧	3.3V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 e ² studio Version:2021-07
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 C/C++ Compiler Package for RX Family V3.03.00 コンパイルオプション 統合開発環境のデフォルト設定を使用しています
BSP モジュールのバージョン	Version 6.11
CAC モジュールのバージョン	Version 1.9.0
iodefine.h のバージョン	Version 1.00
エンディアン	リトルエンディアン
動作モード	シングルチップモード
プロセッサモード	スーパーバイザーモード
サンプルコードのバージョン	Version 1.00
使用ボード	Renesas Starter Kit+ for RX671 (製品型名 : RTK5671EDC10000BJ)

3. 関連アプリケーションノート

本アプリケーションノートに関連するアプリケーションノートを以下に示します。併せて参照してください。

RX ファミリ ボードサポートパッケージモジュール Firmware Integration Technology (R01AN1685JJ)

4. ソフトウェア説明

4.1 動作概要

本アプリケーションノートのサンプルプログラムは、スマート・コンフィグレータで出力したコードを使用しています。

BSP の `clock_source_select` 関数で FLL の設定を行います。その後、CAC で HOCO の周波数を測定して、周波数の精度を確認します。CAC に使用するクロックを、表 4.1 に示します。

周波数の測定はリセット後に開始し、4 回連続で測定します。測定中は変数 `g_cac_status` に `CAC_BUSY` を格納します。

測定した 4 回分の平均値を測定結果として、周波数の誤差が許容範囲内であるかを確認します。本アプリケーションノートでは、HOCO の周波数の許容範囲を「クロック周波数の±0.25%以内」としています。周波数の誤差が許容範囲内であるかの確認方法は、測定結果を CAC 上限値設定レジスタ（以下、`CAULVR` レジスタ）および CAC 下限値設定レジスタ（以下、`CALLVR` レジスタ）と比較することで確認しています。

$CALLVR \text{ レジスタ} \leq \text{測定結果} \leq CAULVR \text{ レジスタ}$ のときは、クロック周波数の誤差が許容範囲内なので、正常と判定します。その際に変数 `g_cac_status` に `CAC_OK` を格納します。

測定結果 $< CALLVR \text{ レジスタ}$ 、または測定結果 $> CAULVR \text{ レジスタ}$ のときは、クロック周波数の誤差が許容範囲外なので、異常と判定します。その際に変数 `g_cac_status` に `CAC_ERROR` を格納します。

表 4.1 CAC に使用するクロック

クロック	周波数
測定基準クロック	0.000032MHz（サブクロック（32.768kHz）の 1024 分周）
測定対象クロック	0.625MHz（HOCO（20MHz）の 32 分周）

4.2 BSP の設定

表 4.2、図 4.1 にスマート・コンフィグレータで設定した BSP の設定内容を示します。なお、表 4.2 に記載されていない設定はデフォルトの設定を使用しています。

表 4.2 クロック設定の変更内容

クロック	周波数	設定値
サブクロック	周波数	32.768kHz
	発振器ドライブ能力	標準 CL
HOCO	周波数	20MHz
	FLL 機能有効	有効
システムクロック	周波数	20MHz
	クロックソース	HOCO の 1 分周

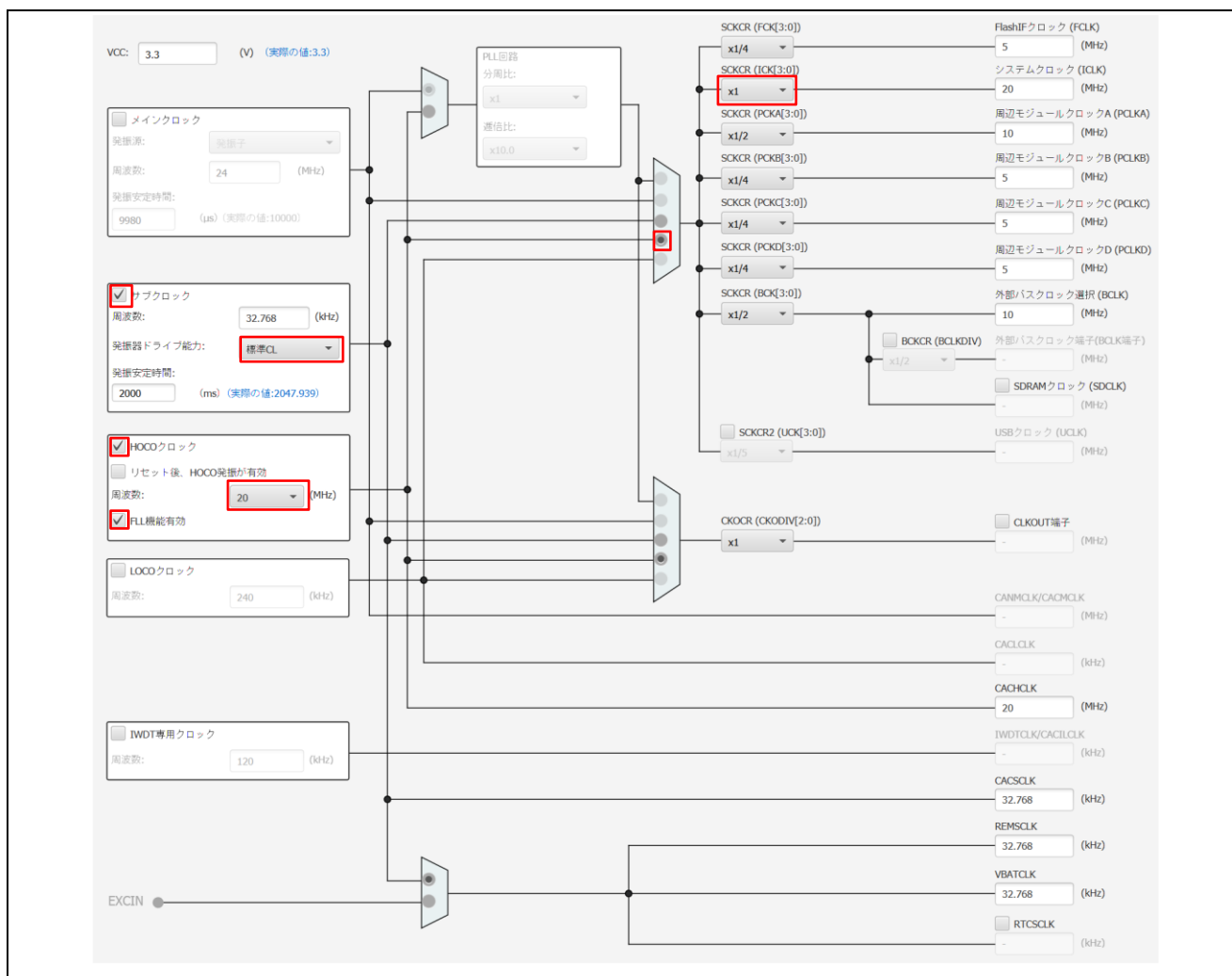


図 4.1 スマート・コンフィグレータのクロック設定

4.3 CAC の設定

表 4.3、図 4.2 にスマート・コンフィグレータで設定した CAC の設定を示します。

表 4.3 CAC 設定の変更内容

大項目	小項目	設定値
基準信号設定	クロック選択	サブクロック発振器
	周波数	1/1024 (0.000032MHz)
	デジタルフィルタ機能	無効
	立ち上がりエッジ	立ち上がりエッジ
周波数測定設定	クロック選択	高速オンチップオシレータ
	周波数	1/32 (0.625MHz)
カウンタ値設定	上限値	0.25%
	下限値	0.25%
割り込み設定	周波数エラー割り込み許可 (FERRI)	禁止
	測定終了割り込み許可 (MENDI)	優先順位 : レベル 15
	オーバフロー割り込み許可 (OVFI)	禁止

The screenshot shows the Smart Configurator interface for CAC settings. It is organized into four main sections:

- 基準信号設定 (Reference Signal Settings):**
 - クロック選択 (Clock Selection): サブクロック発振器 (Sub-clock oscillator)
 - 周波数 (Frequency): x 1/1024, 0.000032 (MHz)
 - デジタルフィルタ機能 (Digital Filter Function): 無効 (Disabled)
 - 有効エッジ (Valid Edge): 立ち上がりエッジ (Rising edge)
- 周波数測定設定 (Frequency Measurement Settings):**
 - クロック選択 (Clock Selection): 高速オンチップオシレータ (High-speed on-chip oscillator)
 - 周波数 (Frequency): x 1/32, 0.625 (MHz)
- カウンタ値設定 (Counter Value Settings):**
 - 上限値 (Upper Limit): 0.25 (%), (実際の値: 0.250888)
 - 下限値 (Lower Limit): 0.25 (%), (実際の値: 0.250882)
- 割り込み設定 (Interrupt Settings):**
 - 周波数エラー割り込みを許可(FERRI) (Allow frequency error interrupt (FERRI))
 - 優先順位 (グループBLO) (Priority (Group BLO)): レベル15(最高) (Level 15 (Highest))
 - 測定終了割り込みを許可(MENDI) (Allow measurement end interrupt (MENDI))
 - 優先順位 (グループBLO) (Priority (Group BLO)): レベル15(最高) (Level 15 (Highest))
 - オーバフロー割り込みを許可(OVFI) (Allow overflow interrupt (OVFI))
 - 優先順位 (グループBLO) (Priority (Group BLO)): レベル15(最高) (Level 15 (Highest))

図 4.2 スマート・コンフィグレータの CAC 設定

4.4 ファイル構成

表 4.4 にサンプルコードで使用するファイルを示します。なお、統合開発環境で自動生成されるファイルは除きます。

表 4.4 サンプルコードで使用するファイル

ファイル名	概要	備考
main.c	メイン処理	

4.5 オプション設定メモリ

表 4.5 にサンプルコードで使用するオプション設定メモリの状態を示します。必要に応じて、お客様のシステムに最適な値を設定してください。

表 4.5 サンプルコードで使用するオプション設定メモリ

シンボル	アドレス	設定値	内容
MDE	FE7F 5D03h~FE7F 5D00h	FFFF FFFFh	リトルエンディアン
OFS0	FE7F 5D07h~FE7F 5D04h	FFFF FFFFh	リセット後、電圧監視0リセット無効 リセット後、HOCO発振が無効
OFS1	FE7F 5D0Bh~FE7F 5D08h	FFFF FFFFh	リセット後、IWDTは停止

4.6 定数一覧

表 4.6、表 4.7 にサンプルコードで使用する定数を示します。

表 4.6 サンプルコードで使用する定数(ユーザ変更可)

定数名	設定値	内容
CHECK_CNT	4	周波数測定回数 (注 1)

注 1 1~255 の値のみ設定してください。

表 4.7 サンプルコードで使用する定数(ユーザ変更不可)

定数名	設定値	内容
CAC_ERROR	0x00	周波数測定結果が異常
CAC_OK	0x01	周波数測定結果が正常
CAC_BUSY	0x02	周波数測定中

4.7 変数一覧

表 4.8、表 4.9 にサンプルコードで使用するグローバル変数を示します。

表 4.8 サンプルコードで使用するグローバル変数

型	変数名	内容	使用関数
volatile uint8_t	g_cac_status	周波数測定の状態 0x00 : 周波数測定結果が異常 0x01 : 周波数測定結果が正常 0x02 : 周波数測定中	R_CAC_Start r_Config_CAC_mendi_interrupt

表 4.9 サンプルコードで使用する static 型変数

型	変数名	内容	使用関数
static uint8_t	s_measure_counter	周波数測定回数カウンタ	R_CAC_Start r_Config_CAC_mendi_interrupt
static uint32_t	s_result_buffer	周波数測定結果格納バッファ	R_CAC_Start r_Config_CAC_mendi_interrupt
static uint32_t	s_result_average	周波数測定結果の平均値格納 バッファ	R_CAC_Start r_Config_CAC_mendi_interrupt

4.8 関数一覧

表 4.10 にサンプルコードで使用する関数一覧を示します。

表 4.10 関数一覧

関数名	概要	記載ファイル
main	メイン処理	main.c
R_CAC_Start	クロック周波数の測定開始	Config_CAC_user.c

4.9 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

main	
概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	void main (void)
説明	クロック周波数の測定を開始する関数を実行します。
引数	なし
リターン値	なし
R_CAC_Start	
概要	クロック周波数の測定開始処理
ヘッダ	Config_CAC.h
宣言	void R_CAC_Start (void)
説明	クロック周波数の測定を開始する処理を行います。
引数	なし
リターン値	なし
r_Config_CAC_mendi_interrupt	
概要	CAC 測定完了割り込み処理
ヘッダ	Config_CAC.h
宣言	void r_Config_CAC_mendi_interrupt (void)
説明	測定結果をもとに HOCO の周波数精度の誤差が許容範囲内かを判定します。
引数	なし
リターン値	なし

4.10 フローチャート

4.10.1 メイン処理

図 4.3 にメイン処理のフローチャートを示します。

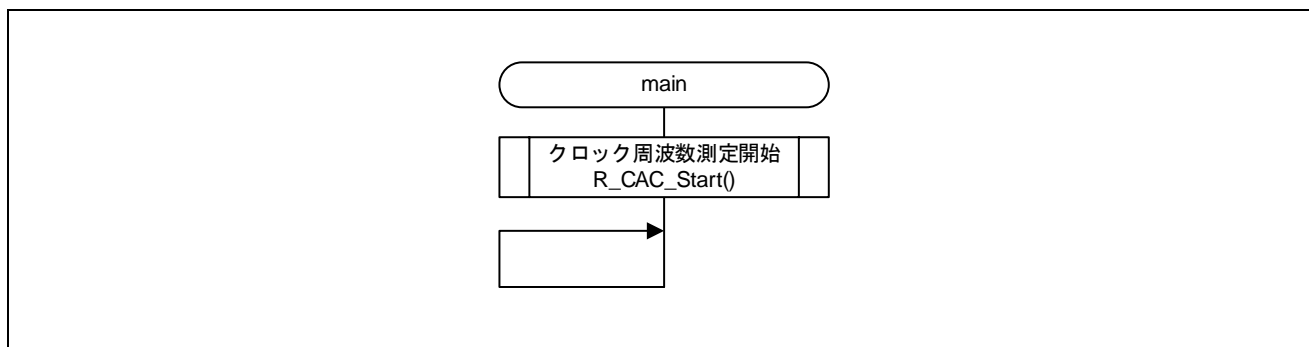


図 4.3 メイン処理

4.10.2 CAC の測定開始処理

図 4.4 に CAC に測定開始処理のフローチャートを示します。

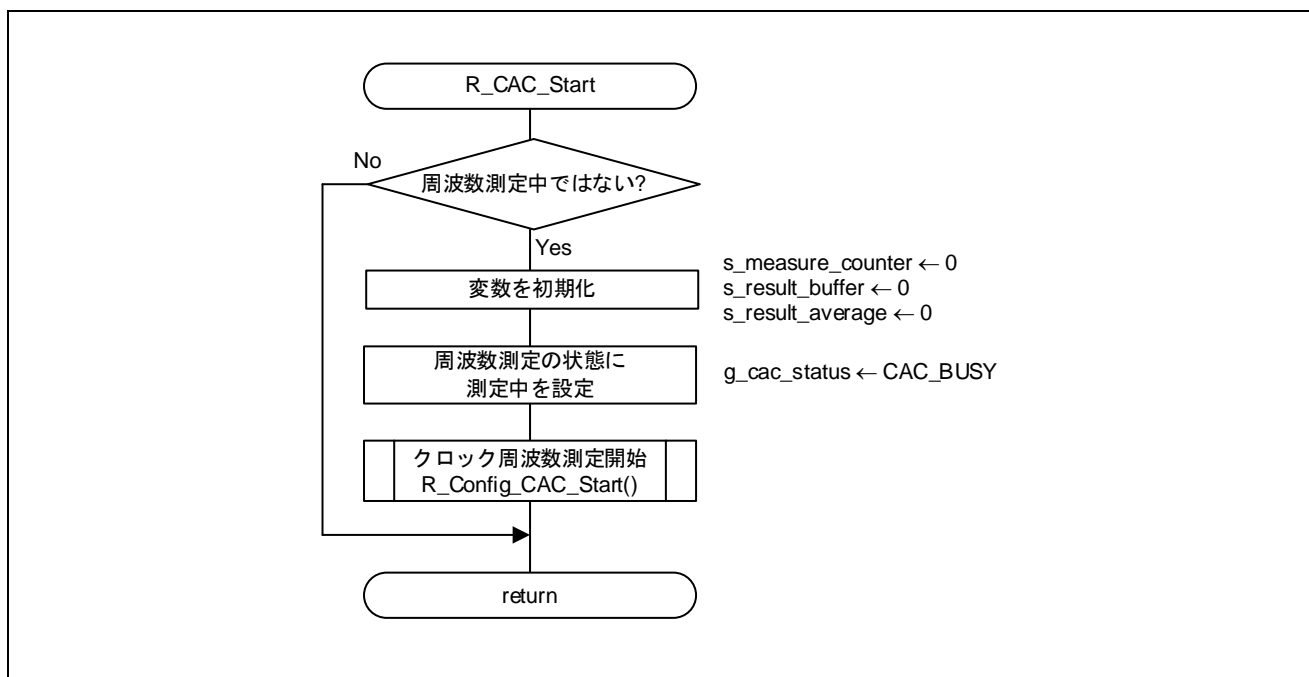


図 4.4 CAC の測定開始処理

4.10.3 CAC の測定完了割り込み

図 4.5 に CAC の測定完了割り込み処理のフローチャートを示します。

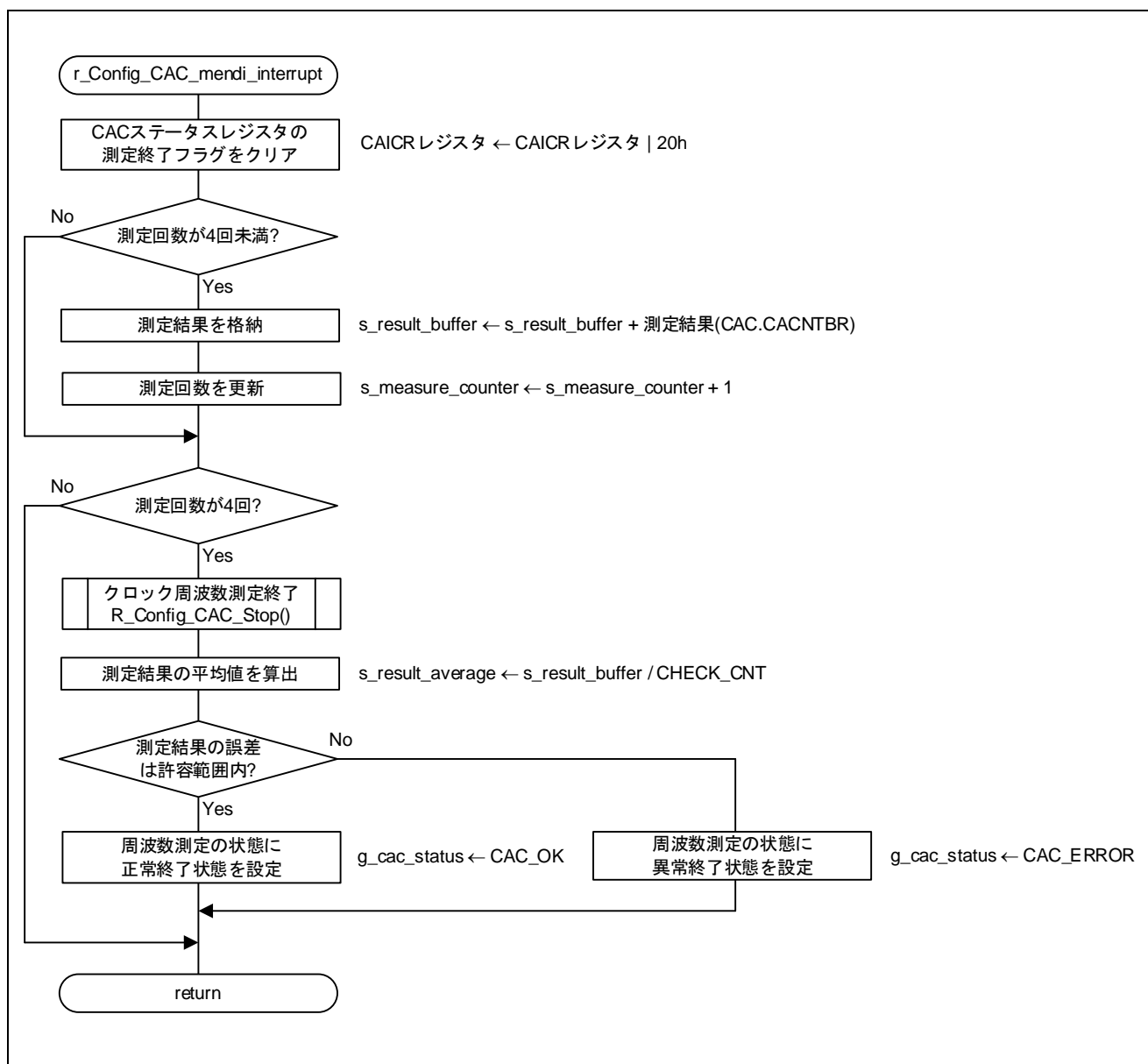


図 4.5 CAC 測定完了割り込み

4.11 サンプルコードを CS+ で使用する手順

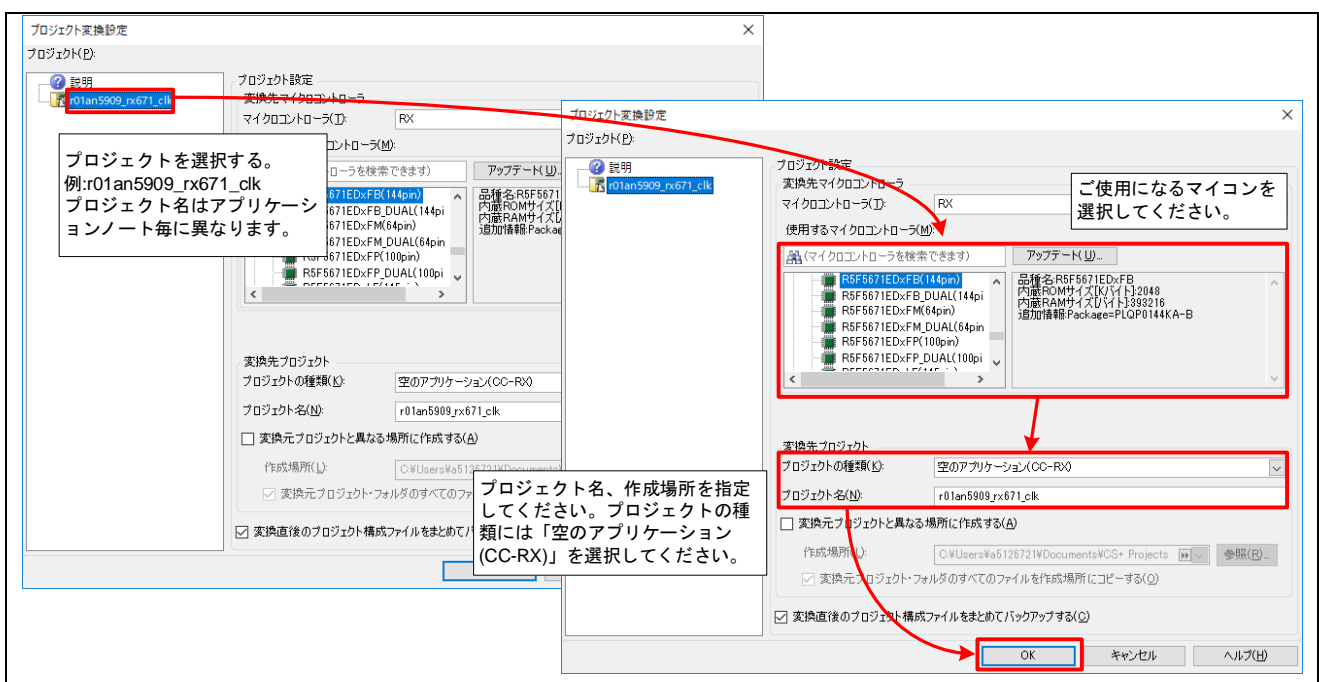
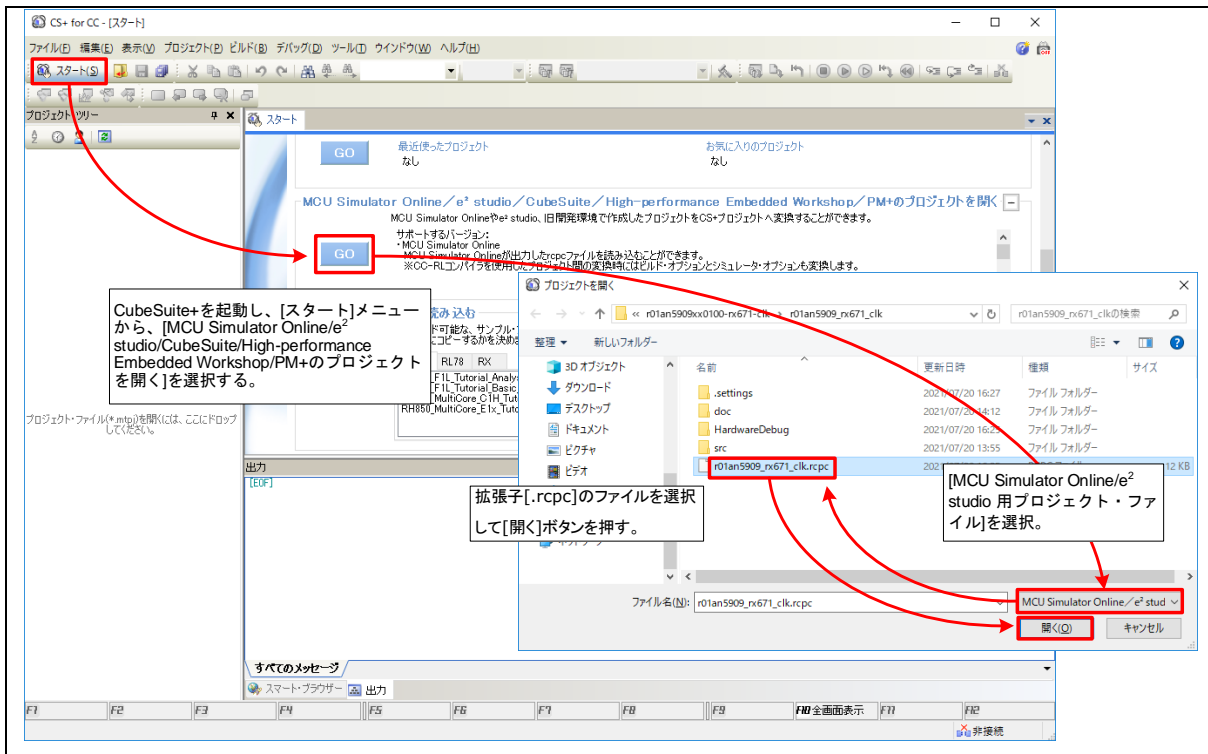
本アプリケーションノートは、下記の開発ツールに対応しています。

- e² studio Version:2021-07 および RX Compiler CC-RX V3.03.00
- CS+ V8.06.00 および RX Compiler CC-RX V3.03.00

CS+と組み合わせて使用するには

本アプリケーションノートには、e² studio 用のプロジェクトのみが同梱されています。

そのプロジェクトを CS+と組み合わせてご使用になる場合、下記の手順にて読み込んでください。



5. 参考ドキュメント

ユーザーズマニュアル：ハードウェア

RX671 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0899JJ)

(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：ソフトウェア

スマート・コンフィグレータ ユーザーズマニュアル RX API リファレンス編 (R20UT4360JJ)

(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 CC-RX コンパイラユーザーズマニュアル (R20UT3248JJ)

(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

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

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Jul.30.21	—	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っていると、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、ノイズ幅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。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。
 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、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（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

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。

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/