

(注1)本資料は英語版を翻訳した参考資料です。内容に相違がある場合には英語版を優先します。資料によっては英語版のバージョンが更新され、内容が変わっている場合があります。日本語版は、参考用としてご使用のうえ、最新および正式な内容については英語版のドキュメントを参照ください。

(注2)本資料の第6章まで(要旨除く)の日本語訳は、「[Synergy™ Software Package \(SSP\) v1.5.0 ユーザーズマニュアル モジュール概要編\(参考資料\)](#)」の第4章「モジュールの概要」に掲載されていますのでそちらを参照ください。

要旨(Introduction)

本モジュールガイドは、ユーザがモジュールを効果的に使用してシステムが開発できるようになることを目的としています。このモジュールガイドを習得することで、開発システムへのモジュールの追加とターゲットアプリケーション向けの正確な設定(configuration)ができ、さらに付属のアプリケーションプロジェクトコードを参照して、効率的なコード記述が行えるようになります。

より詳細な API や、より高度なモジュール使用法を記述した他のアプリケーションプロジェクト例もルネサス WEB サイト(本書末尾の「参考文献」の項を参照)から入手でき、より複雑な設計に役立ちます。

CAC HAL モジュールは、クロック周波数精度測定の実用アプリケーション用のハイレベル API を提供するために、Synergy MCU 内蔵のクロック周波数精度測定回路(CAC)を使用します。これは、高い信頼性を必要とするアプリケーションに求められるフェイルセーフメカニズムを実装する場合に特に有効な機能です。また、ユーザ定義のコールバックを作成して、さまざまなエラー表示に応答することができます。

目次(Contents)

1. CAC HAL モジュールの特徴(CAC HAL Module Features)	3
2. CAC HAL モジュールの API の概要(CAC HAL Module APIs Overview)	3
3. CAC HAL モジュールの動作の概要(CAC HAL Module Operational Overview)	3
4. アプリケーションへの CAC HAL モジュールの組み込み(Including the CAC HAL Module in an Application)	3
5. CAC HAL モジュールの構成(Configuring the CAC HAL Module)	3
6. アプリケーションでの CAC HAL モジュールの使用(Using the CAC HAL Module in an Application)	3
7. CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクト(CAC HAL Module Application Project)	3
8. ターゲットアプリケーションに対応する CAC HAL モジュールのカスタマイズ(Customizing the CAC HAL Module for a Target Application)	5
9. CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクトの実行(Running the CAC HAL Module Application Project)	5
10. CAC HAL モジュールのまとめ(CAC HAL Module Conclusion)	7

11. CAC HAL モジュールの次の手順 (CAC HAL Module Next Steps).....	7
12. CAC HAL モジュールの参考情報 (CAC HAL Module Reference Information)	7

1. CAC HAL モジュールの特徴 (CAC HAL Module Features)
2. CAC HAL モジュールの API の概要 (CAC HAL Module APIs Overview)
3. CAC HAL モジュールの動作の概要 (CAC HAL Module Operational Overview)
4. アプリケーションへの CAC HAL モジュールの組み込み (Including the CAC HAL Module in an Application)
5. CAC HAL モジュールの構成 (Configuring the CAC HAL Module)
6. アプリケーションでの CAC HAL モジュールの使用 (Using the CAC HAL Module in an Application)
7. CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクト (CAC HAL Module Application Project)

このモジュールガイドに関連するアプリケーションプロジェクトは、設計全体での手順を示します。このプロジェクトは、このドキュメントの末尾にある「参考情報」の章に掲載されているリンクから入手できます。ISDE でアプリケーションプロジェクトをインポートして開き、CAC HAL モジュールに対応する設定項目を表示することができます。また、完成した設計 (complete design) で、CAC HAL モジュール API を実現するために使用している `cac_hal_mg.c` 内のコードを確認することもできます。

このアプリケーションプロジェクトは、CAC API の一般的な使用方法を示します。このアプリケーションプロジェクトの `cac_hal_entry` は CAC HAL モジュールを初期化し、測定を開始した後、メインループ (main loop) 内で測定が完了するのを待ちます。read API を使用して測定結果とステータスを読み取り、共通のセミホスト機能 (common semi-hosting function) を使用して、そのデータをデバッグコンソール (Debug Console) に出力します。測定が完了した後、測定を停止し、CAC HAL モジュールを閉じます。

次の表は、このアプリケーションプロジェクトが使用する関連ソフトウェアとハードウェアの対象バージョンを示します。

表 1 このアプリケーションプロジェクトが使用するソフトウェアとハードウェアのリソース

リソース	リビジョン	説明
e ² studio	5.3.1 またはそれ以降	統合ソリューション開発環境 (ISDE)
SSP	1.2.0 またはそれ以降	Synergy ソフトウェアプラットフォーム
IAR EW for Synergy	7.71.2 またはそれ以降	IAR Embedded Workbench® for Renesas Synergy™
SSC	5.3.1 またはそれ以降	Synergy Standalone Configurator
SK-S7G2	v3.0, v3.1 またはそれ以降	スタータキット

以下の図は、このアプリケーションプロジェクトの簡単なフローを示します。

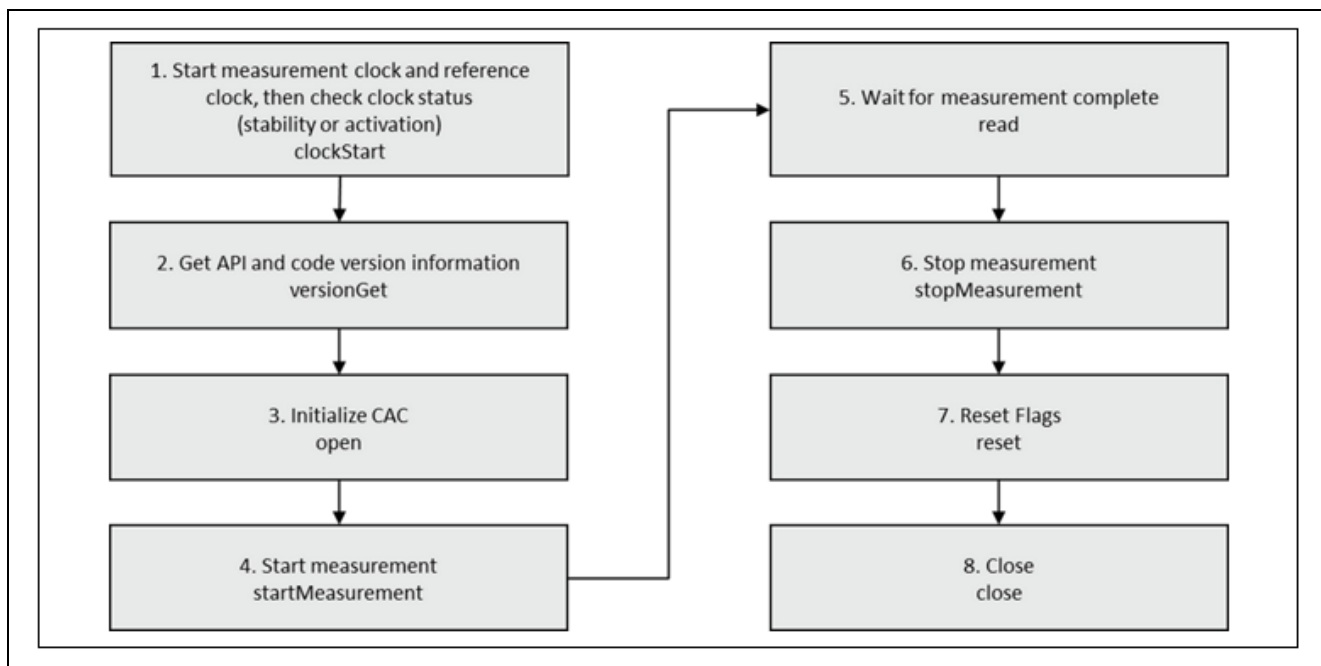


図 1 CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクトのフロー図

アプリケーションプロジェクト全体は、このドキュメントの末尾にある「参考情報」の章に掲載されているリンクにあります。cac_hal_mg.c ファイルは、このプロジェクトを ISDE にインポートした後、プロジェクト内に置かれます。ISDE でこのファイルを開くと、API の主な使い方を確認するのに有効な説明を参照することができます。

cac_hal_mg.c の最初のセクションはヘッダファイルであり、CAC インスタンスの構造体(instance-structure)と、セミホスト機能(semi-hosting)が printf() を使用して結果を表示するために使用するコードセクションを参照します。次のセクションは、メインプログラム制御セクション(main program-control section)に対応するエントリ関数(entry function)です。CAC HAL モジュールを初期化する前に、測定クロック(measurement clock)と基準クロック(reference clock)を始動する必要があります。次に、CAC を起動して周波数の精度を測定する前に、HOCO、Main OSC、PLL の安定性(stability)と、LOCO、MOCO、Sub クロックのアクティブ化状態(activate state)を確認する必要があります。cgc モジュールでクロックを起動した場合など、すべてのクロックがすでにアクティブになっている場合、この起動ステップをスキップすることができます。

アプリケーションで API とコードのバージョン情報が必要な場合、versionGet API を使用してこれらの値を取得することができます。CAC モジュールを有効にするには、open API を使用して CAC モジュールを初期化します。次に、startMeasurement API を使用して測定を開始し、do while ループの中で測定が完了するのを待ちます。測定が完了した場合も、エラーが発生した場合も、ステータスレジスタ(status register)とカウンタバッファレジスタ(counter buffer register)の値がユーザー定義変数(user-defined variables)に保存されます。セミホスト機能が定義済みの場合、これらの値はデバッグコンソールに出力されます。1 回の測定が完了した後、stopMeasurement API を使用して CAC 測定を停止し、次に reset API を使用してオーバーフロー(overflow)、測定終了(measurement end)、周波数エラー割り込み(frequency error interrupt)の各フラグをリセットします。最後に、close API を使用して CAC HAL モジュールを閉じます。

注記: この説明は、Synergy ソフトウェアパッケージ内のデバッグコンソールで printf() を使用方法をユーザが理解していることを想定しています。このような経験がない場合は、下記 WEB サイトの FAQ 2000008 「Synergy ソフトウェアパッケージのデバッグコンソールで Printf_使用方法」という記事を参照してください。デバッグモードで変数ウォッチ機能を使用して結果を表示することもできます。

<https://ja-support.renesas.com/knowledgeBase/17792531>

あるいは、デバッグモードで変数ウォッチ機能(watch variables)を使用して結果を表示することもできます。

このアプリケーションプロジェクトでは、ターゲットボードや MCU の必須の操作と物理プロパティ (physical properties) をサポートするために、いくつかの重要なプロパティを設定しています。次の表に、それらのプロパティと、このプロジェクトにおける設定値を示します。このアプリケーションプロジェクトを開き、[Properties] ウィンドウでこれらの設定を表示することもできます。

表 2 アプリケーションプロジェクトに対応する CAC の設定項目

ISDE のプロパティ	設定値
Name	g_cac0
Continuous Measurement Operation	Enabled
Measurement Complete Interrupt	Disabled
Overflow Interrupt	Disabled
Frequency Error Interrupt	Disabled
Upper Limit Threshold*	6,990
Lower Limit Threshold*	6,663
Reference clock source	Main Oscillator
Reference clock divider	8,192
Reference clock edge detect	Rising
Reference clock digital filter	Disabled
Measurement clock source	HOCO
Measurement clock divider	1
Callback	NULL
Frequency Error Interrupt Priority	Disabled
Measurement End Interrupt Priority	Disabled
Overflow Interrupt Priority	Disabled

注: FLL を使用していない場合。

8. ターゲットアプリケーションに対応する CAC HAL モジュールのカスタマイズ (Customizing the CAC HAL Module for a Target Application)

いくつかの設定項目は、アプリケーションプロジェクトで示している値に対し、ユーザにより変更されます。たとえば、ユーザは [Clock] タブで対応するクロックを更新する方法により、CAC 基準クロックと測定クロックに関する設定項目を簡単に変更することができます。[Properties] ウィンドウに新しい値を入力する方法で、CAC 上限しきい値 (CAC upper-limit threshold) と 下限しきい値 (lower-limit threshold) を簡単に変更することもできます。

9. CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクトの実行 (Running the CAC HAL Module Application Project)

CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクトを実行し、ターゲットキットでその動作を確認するために、ISDE にこのプロジェクトを単純にインポートし、コンパイルしてデバッグを実行することができます。

新しいプロジェクト内で CAC HAL モジュールアプリケーションを実装するには、ターゲットキットで定義、設定、ファイルの自動生成、コードの追加、コンパイル、デバッグを行う手順に従います。このガイドに示す手順に従うことで SSP での開発プロセスをより実践的に習得するのに役立ちます。

注: Renesas Synergy™ 開発プロセスの基本的な流れを経験したことのあるユーザにとって、以下の手順は十分詳細なものです。これらの手順をまだ理解していない場合、このドキュメントの末尾にある「参考情報」の章に掲載されている『SSP ユーザーズマニュアル』の最初のいくつかの章を参照してください。

CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクトを作成し、実行するために、以下の手順に従ってください。

1. パッケージ付属のサンプルプロジェクトをインポートして、ビルドしてください。実行する手順については、『Synergy プロジェクトインポートガイド』(下記 WEB) を参照してください。

英語版:

<https://www.renesas.com/jp/ja/doc/products/renesas-synergy/apn/r11an0023eu0121-synergy-ssp-import-guide.pdf>

日本語版(参考資料):

<https://www.renesas.com/jp/ja/doc/products/renesas-synergy/apn/r11an0023ju0121-synergy-ssp-import-guide.pdf>

2. micro USB ケーブルで、SK-S7G2 ボードの J19 とホスト PC を接続します。
3. アプリケーションのデバッグを開始します。
4. 出力は、Renesas デバッグ仮想コンソール(Renesas Debug Virtual Console) に表示されます。

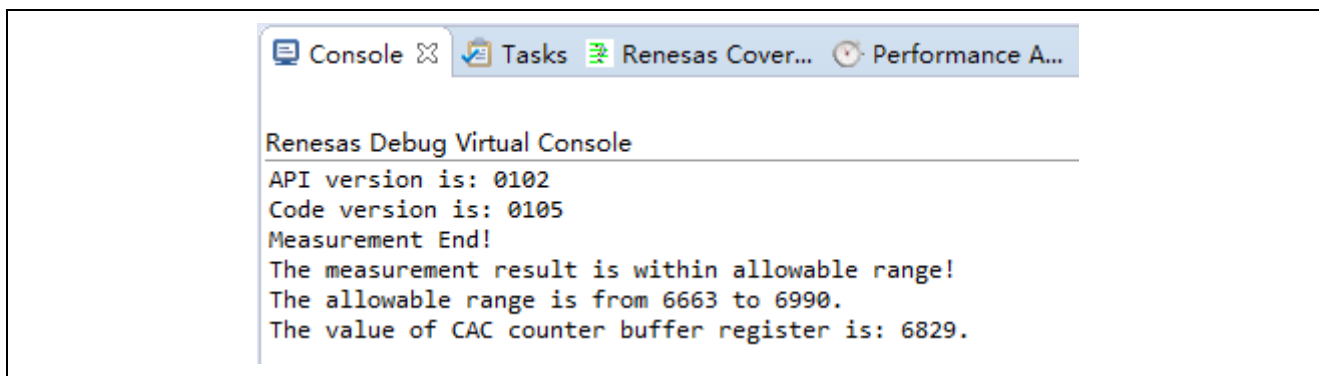


図 2 CAC HAL モジュールのアプリケーションプロジェクトのサンプル出力

注: アプリケーションプロジェクトでは、測定クロックは HOCO を 1 で分周し、基準クロックは、メイン発振器 (main oscillator) を 8,192 で分周しています。[Clocks] タブで、XTAL は 24 MHz、HOCO は 20 MHz です。HOCO を使用してメイン発振器 (main oscillator) を測定する場合、理論的な値は $(1 / (24 \text{ MHz} / 8,192)) / (1 / 20 \text{ MHz})$ 、すなわち約 6,826.67 になります。データシートの電気的特性で許容された範囲を考慮して、1 組の上限しきい値 (upper-limit threshold) と下限しきい値 (lower-limit threshold) を設定します。

10. CAC HAL モジュールのまとめ(CAC HAL Module Conclusion)

このモジュールガイドは、サンプルプロジェクトでモジュールの選択、追加、設定、使用を行うために必要な背景となる情報全般を説明しました。従来の組み込みシステムでは、これらの手順を理解することに多くに時間を必要とし、また間違いが起りやすい操作でした。Renesas Synergy プラットフォームにより、これら手順の所要時間が短くなり、設定項目の競合や、ローレベルドライバの誤った選択など、誤りが防止できるようになりました。アプリケーションプロジェクトで示したように、ハイレベル API を使用することで高いレベルの開発からスタートし、ローレベルドライバを作成するような従来の開発環境で必要とされる時間が不要になり、開発時間を短縮できます。

11. CAC HAL モジュールの次の手順(CAC HAL Module Next Steps)

シンプルな CAC HAL モジュールのプロジェクトをマスターした後、より複雑なサンプルの実習を行うことができます。LOCO、MOCO、HOCO いずれかのユーザ調整制御レジスタ(user-trimming control register)を調整して、オンチップクロックの精度(on-chip clock accuracy)を向上させることができます。『CGC HAL module guide』(CGC HAL モジュールガイド)を参照すれば、クロックの動作と実習に独自で習熟することができます。

12. CAC HAL モジュールの参考情報(CAC HAL Module Reference Information)

『SSP ユーザーズマニュアル』: SSP ディストリビューションパッケージの一部として HTML 形式が入手できるほか、Renesas Synergy™ WEBサイトのSSPページ

<https://www.renesas.com/jp/ja/products/synergy/software/ssp.html>から pdf を入手することもできます。

最新版の r_cac モジュールの参考資料やリソースへのリンクは、以下の Synergy WEBサイトから入手できます。

<https://www.renesas.com/jp/ja/products/synergy.html>

ホームページとサポート窓口

サポート: <https://synergygallery.renesas.com/support>

テクニカルサポート:

- アメリカ: <https://www.renesas.com/en-us/support/contact.html>
- ヨーロッパ: <https://www.renesas.com/en-eu/support/contact.html>
- 日本: <https://www.renesas.com/ja-jp/support/contact.html>

すべての商標および登録商標はそれぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.01	2019.06.10		<ul style="list-style-type: none">・初版・英文版(R11AN0177EU0101、Rev.1.01、2019.Jan.07)の巻頭と第7章以降を翻訳

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、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、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)



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（豊洲フォレシア）

■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/>