Accelerators (IIRFA/TFU) performance in motor application

RA ファミリ

要旨

本アプリケーションノートでは、IIRFA、TFU の使用方法及び使用した場合の処理時間の短縮について説明することを目的としています。

動作確認デバイス

サンプルソフトウェアの動作確認は下記のデバイスで行っております。

IIRFA/TFU

・ RA6T2 (R7FA6T2BD3CFP)

TFU のみ

・ RA4T1 (R7FA4T1BB3CFM)
・ RA6T3 (R7FA6T3BB3CFM)

目次

1. 概要 3
2. 開発環境 3
3. ソフトウェア 4
3.1 基本仕様 4
3.2 サンプルプログラムの構成 5
3.3 プロジェクト構成 5
3.4 測定対象の処理 6
3.4.1 IIRFA 測定用フィルタ処理(ノッチフィルタ、LPF) 6
3.4.2 TFU 測定用処理(dq 変換) 6
3.5 測定対象の選択 7
3.6 測定の開始 7
3.7 測定処理 8
3.8 周辺機能 9
3.8.1 IIRFA 9
3.8.2 TFU 12
3.8.3 GPT 12
3.8.4 AGT 13
4. 測定手順 14
4.1 プロジェクトのインポート 14
4.2 TFU の設定 16
4.3 ビルドとダウンロード 16
4.4 RMW の接続 17
4.5 測定の実行 18
4.5.1 測定対象の選択 18

4.5.2 測定開始 19
4.5.3 測定結果の確認 19
4.6 測定結果 21

5. 参考ドキュメント 23

1. 概要

本アプリケーションノートでは、ルネサス製マイクロコントローラ(MCU)の IIRFA 及び TFU の処理時間短縮効果を確認する方法を示します。IIRFA 及び TFU を使用したサンプルコードと、これらを使用せずに c ソースで記述した場合のサンプルコードを用いて処理時間を確認することができます。

2. 開発環境

サンプルソフトウェアの開発環境を表 2-1、表 2-2 に示します。

表 2-1 ハードウェア開発環境

分類	使用製品
マイコン / CPU カード型名	RA6T2 (R7FA6T2BD3CFP) / RTK0EMA270C00000BJ RA4T1 (R7FA4T1BB3CFM) / RTK0EMA430C00000BJ RA6T3 (R7FA6T3BB3CFM) / RTK0EMA330C00000BJ

表 2-2 ソフトウェア開発環境

e²studio バージョン	FSP バージョン	ツールチェーン バージョン
V2023-04	V4.4.0	GCC ARM Embedded : V10.3.1.20210824

ご購入、技術サポートにつきましては、弊社営業及び特約店にお問い合わせください。

3. ソフトウェア

サンプルソフトウェアについて説明します。

RA4T1、RA6T3 は IIRFA が実装されていないため、以下 IIRFA に関する記述は対象外です。

3.1 基本仕様

IIRFA の処理時間測定には、フィルタ処理(5 段ノッチフィルタ、1 段ノッチフィルタ、2 次ローパスフィルタ)を用います。IIRFA の入力データのセットにおいては、FSP が提供する API を用いる場合と、入力データレジスタに直接値をセットする場合を実装しています。IIRFA を用いない場合としては、c コードによる四則演算で実行する処理を実装しています。

TFU の処理時間測定には、ベクトル制御で用いる dq 変換処理を用います。TFU の有効と無効はコンパイルオプションで切り替えます。

本サンプルプログラムが有する機能を以下の表にまとめます。

表 3-1 機能一覧

項目	内容
測定開始	RMW から測定開始変数への“1”の書き込みをトリガに測定開始
測定機能	GPT を用いた測定
IIRFA 測定用フィルタ処理	・5 段ノッチフィルタ ・1 段ノッチフィルタ ・2 次ローパスフィルタ
TFU 測定用処理	ベクトル制御における dq 変換
IIRFA 入力レジスタへの設定	・FSP API (R_IIRFA_Filter)を用いた設定 ・レジスタへ直接設定
IIRFA/TFU の有効/無効	[IIRFA] IIRFA を使用しない場合の測定は、c コードによる四則演算で実行する [TFU] コンパイルオプションで有効/無効を切り替える
測定対象の切り替え	IIRFA 測定用フィルタ(3 種類)と TFU は RMW の操作で切り替え

3.2 サンプルプログラムの構成

CPU ボードをターゲットとし、IIRFA 及び TFU を使用したサンプルコードを実行し、GPT を用いてその処理時間を測定します。

以下に全体図を示します。

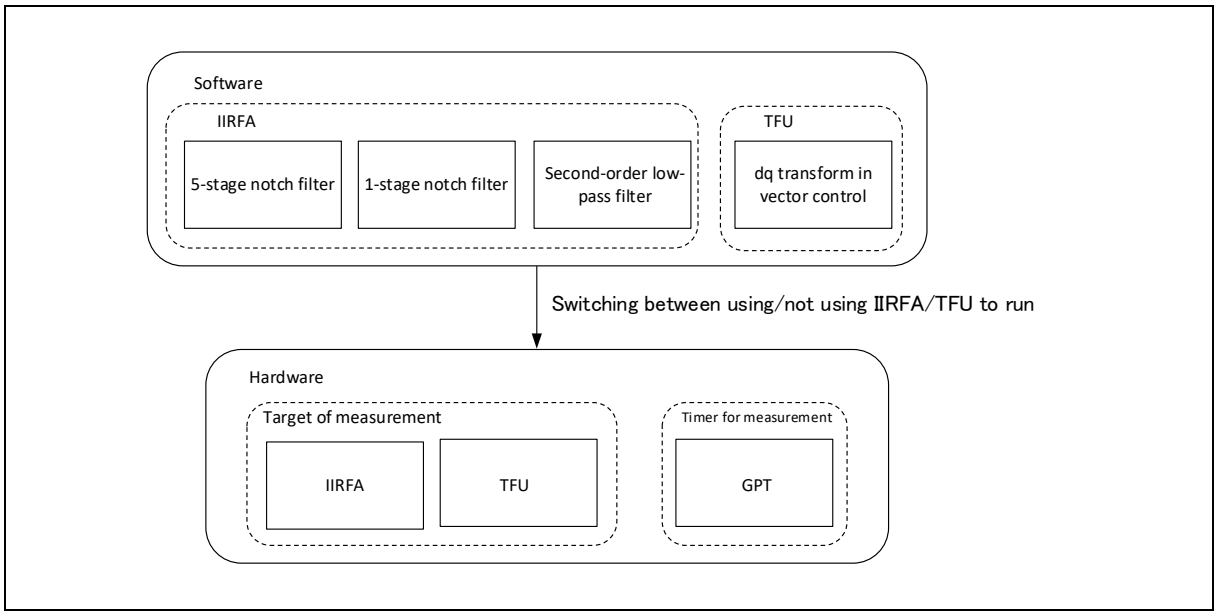

図 3-1 プログラム構成

3.3 プロジェクト構成

サンプルプログラムのプロジェクトフォルダ内の構成を下記に示します。

表 3-2 プロジェクト構成

フォルダ	内容
ra_cfg	(自動生成)configuration ファイル
ra_gen	(自動生成)レジスタ設定値、インスタンスメンバの初期値
ra	(自動生成)FSP ソースコード
src	測定対象・測定処理

src フォルダ内のファイル構成を下記に示します。

表 3-3 ファイル構成

ファイル	内容
iir_tfu_main.c	サンプルプログラムソースコードファイル
iir_tfu_main.h	サンプルプログラムヘッダファイル

3.4 測定対象の処理

3.4.1 IIRFA 測定用フィルタ処理(ノッチフィルタ、LPF)

IIRFA 測定にはノッチフィルタ及び 2 次ローパスフィルタ処理を用います。

ノッチフィルタは以下の伝達関数で構成されます。

$$(s^2+\frac{\omega_n s}{Q_2}+\omega_n^2)/(s^2+\frac{\omega_n s}{Q_1}+\omega_n^2)$$

2 次ローパスフィルタは以下の伝達関数で構成されます。

$$\frac{\omega_n^2}{s^2+2\omega_n\zeta_n s+\omega_n^2}$$

これらフィルタ処理時の演算を IIRFA 及び c コードによる四則演算で実行します。

3.4.2 TFU 測定用処理(dq 変換)

TFU 測定にはベクトル制御における dq 変換処理を用います。

dq 変換は以下の変換式によって計算されます。

$$C=\sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix} cos\theta & \cos(\theta-2\pi/3) & \cos(\theta+2\pi/3) \\ -sin\theta & -\sin(\theta-2\pi/3) & -\sin(\theta+2\pi/3) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix}=C\begin{bmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{bmatrix}$$

この変換時の sin 及び cos の演算を TFU を有効と無効を切り替えて実行します。

3.5 測定対象の選択

測定対象選択用の変数を以下に示します。

表 3-4 測定対象選択用の変数

項目	型	変数名	内容
測定対象選択用変数	uint8_t	g_u1_measure_select	0：IIRFA 5 段ノッチフィルタ 1：IIRFA 1 段ノッチフィルタ 2：IIRFA 2 次ローパスフィルタ 3：TFU dq 変換

g_u1_measure_select の値により、実行する処理を切り替えています。

3.6 測定の開始

測定開始用の変数を以下に示します。

表 3-5 測定開始用の変数

項目	型	変数名	内容
測定開始用変数	uint8_t	g_u1_measure_start	0：測定待機・停止状態 1：測定開始

g_u1_measure_start をメインループ内で監視し、待機状態から測定処理に移行します。

3.7 測定処理

フリーランタイマを用いて測定対象区間の前後でタイマカウント値を Read し、カウント値の差分とクロック周波数から処理時間を計算します。

測定用の変数を以下に示します。

表 3-6 測定用の変数

項目	型	変数名	内容
測定開始時	uint32_t	g_u4_gpt_count_s	測定開始時にタイマカウント値を格納
測定終了時	uint32_t	g_u4_gpt_count_e	測定終了時にタイマカウント値を格納
測定値	float	g_f4_measure_iir_api	IIRFA(API)を使用した場合の処理時間計算値を格納
	float	g_f4_measure_iir_direct	IIRFA(レジスタ直接)を使用した場合の処理時間計算値を格納
	float	g_f4_measure_iir_non	IIRFA を使用しない場合の処理時間計算値を格納
	float	g_f4_measure_dq	dq 変換の処理時間計算値を格納

処理時間の計算方法は以下の通りです。

処理時間[us] = (測定終了時カウント – 測定開始時カウント) ÷ GPT クロック周波数[MHz]

3.8 周辺機能

使用する周辺機能を以下の表に示します。

表 3-7 周辺機能

周辺機能	リソース	内容
IIRFA	Channel 0, 1, 2	ノッチフィルタ、及び 2 次ローパスフィルタの演算に使用。
TFU	-	dq 変換内の正弦(sin)及び余弦(cos)の計算に使用
GPT	Channel 0	フリーランタイマとして使用し、処理時間の計測に使用
AGT	AGT0	250[us]インターバルタイマ

以下に FSP スタック全体図を示します。

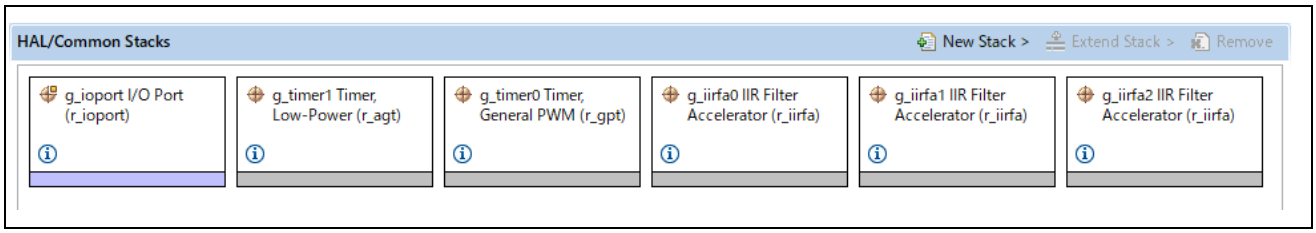

図 3-2 FSP スタック全体図

3.8.1 IIRFA

3.8.1.1 コンフィグレーション

5 段ノッチフィルタ(ステージ 0～4)、1 段ノッチフィルタ(ステージ 5)、2 次ローパスフィルタ(ステージ 6)を用いてフィルタ処理を実行します。

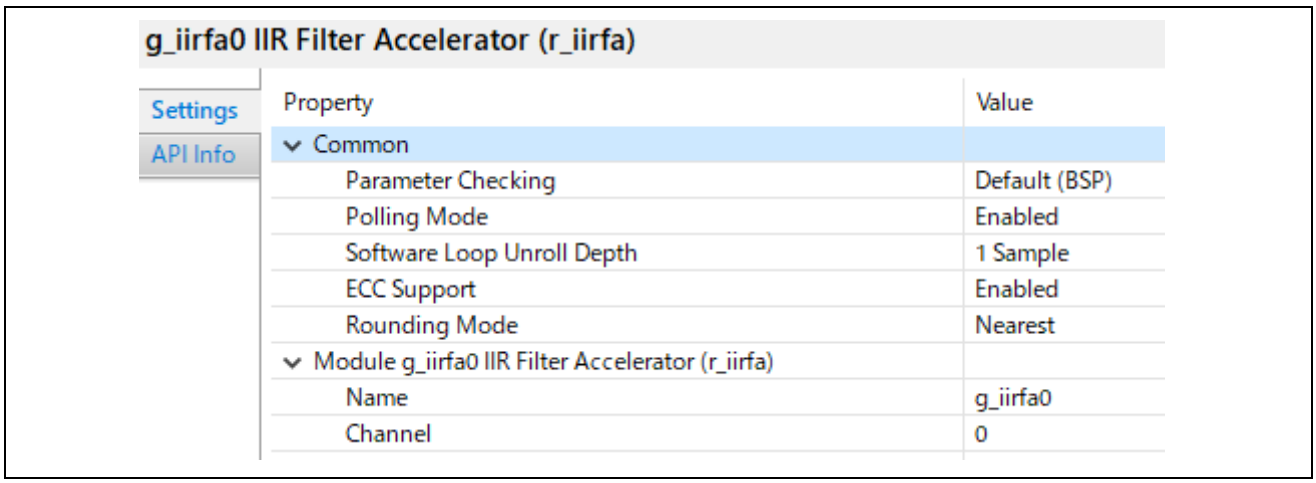

図 3-3 IIRFA の FSP コンフィグレーション

3.8.1.2 IIRFA フィルタパラメータ設定

IIRFA のフィルタ設定は、iir_filter_cfg_t 構造体に値を設定し、R_IIRFA_Configure()を使用して行います。

R_IIRFA_Configure()は引数に iir_filter_cfg_t をとり、以下の設定とします。

・ノッチフィルタ

表 3-8 ノッチフィルタの設定

構造体	メンバ		設定値
iir_filter_cfg_t	iir_filter_coeffs_t	b0	0.9349
		b1	-1.78
		b2	0.9281
		a1	1.78
		a2	-0.863
	stage_base		0
	stage_num		5 段：5 1 段：1

・2 次ローパスフィルタ

表 3-9 2 次ローパスフィルタの設定

構造体	メンバ		設定値
iir_filter_cfg_t	iir_filter_coeffs_t	b0	0.37334
		b1	2*0.37334
		b2	0.37334
		a1	-0.37334*1.1894
		a2	-0.37334*0.13205
	stage_base		5
	stage_num		1

3.8.1.3 C ソースフィルタパラメータ設定

C ソースによる実装のフィルタ係数は以下の設定とします。

・ノッチフィルタ

表 3-10 ノッチフィルタの設定

係数名	値
ka	0.9349
kb	-1.78
kc	0.9281
kd	-0.863

・2 次ローパスフィルタ

表 3-11 2 次ローパスフィルタの設定

係数名	値
ka	0.37334
kb	1.1894
kc	0.13205

3.8.1.4 入力データの設定

IIRFA への入力データ設定については、IIRFA 入力レジスタ(IIRCHnINP)へのデータセットにおいて、2 種類の処理を実行します。

表 3-12 入力データの設定

項目	内容
API 使用	R_IIRFA_Filter()を使用してデータセット (R_IIRFA_Filter()は引数に入力データ変数のポインタを設定)
API 不使用	R_IIRFA->IIRCH[g_iirfa0_ctrl.channel].INP に直接データセット (入力データ値を上記レジスタに書き込む)

3.8.2 TFU

dq 変換における三角関数演算(sine、cosine)に使用します。

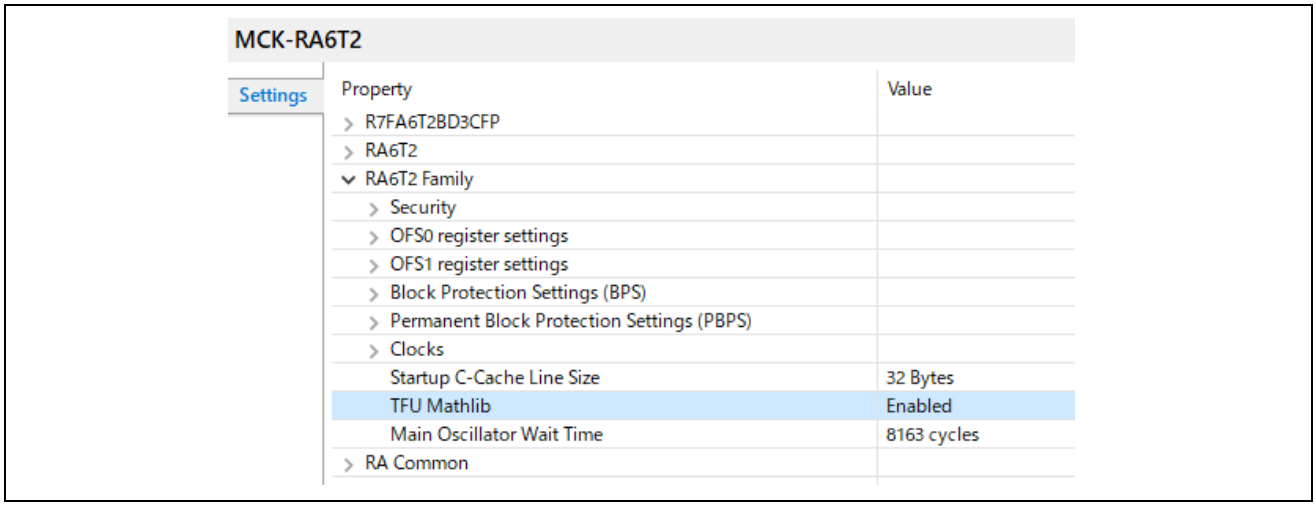

図 3-4 TFU 有効/無効の設定

3.8.3 GPT

処理時間の測定にフリーランタイマとして使用します。

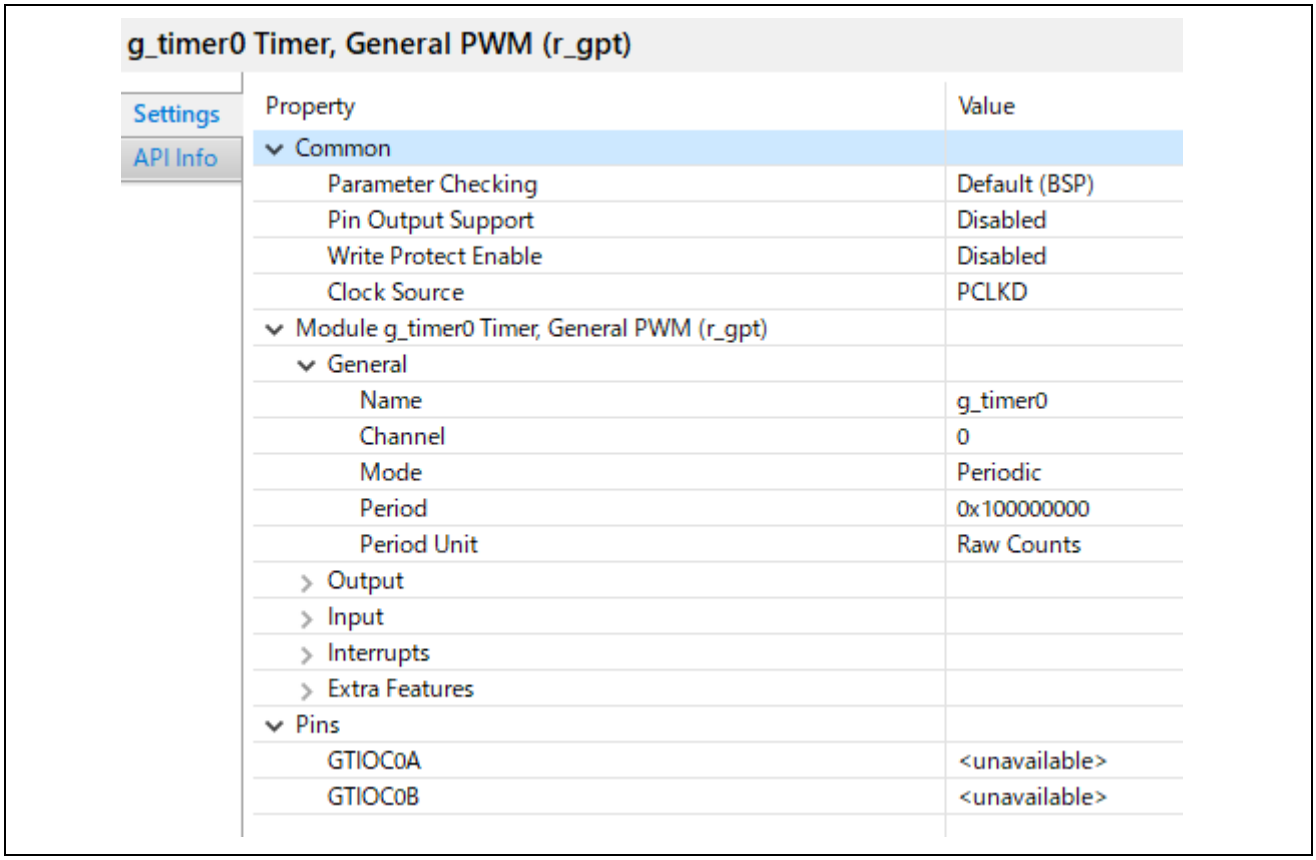

図 3-5 GPT の FSP コンフィグレーション

3.8.4 AGT

RMW 通信用にインターバルタイマとして使用します。

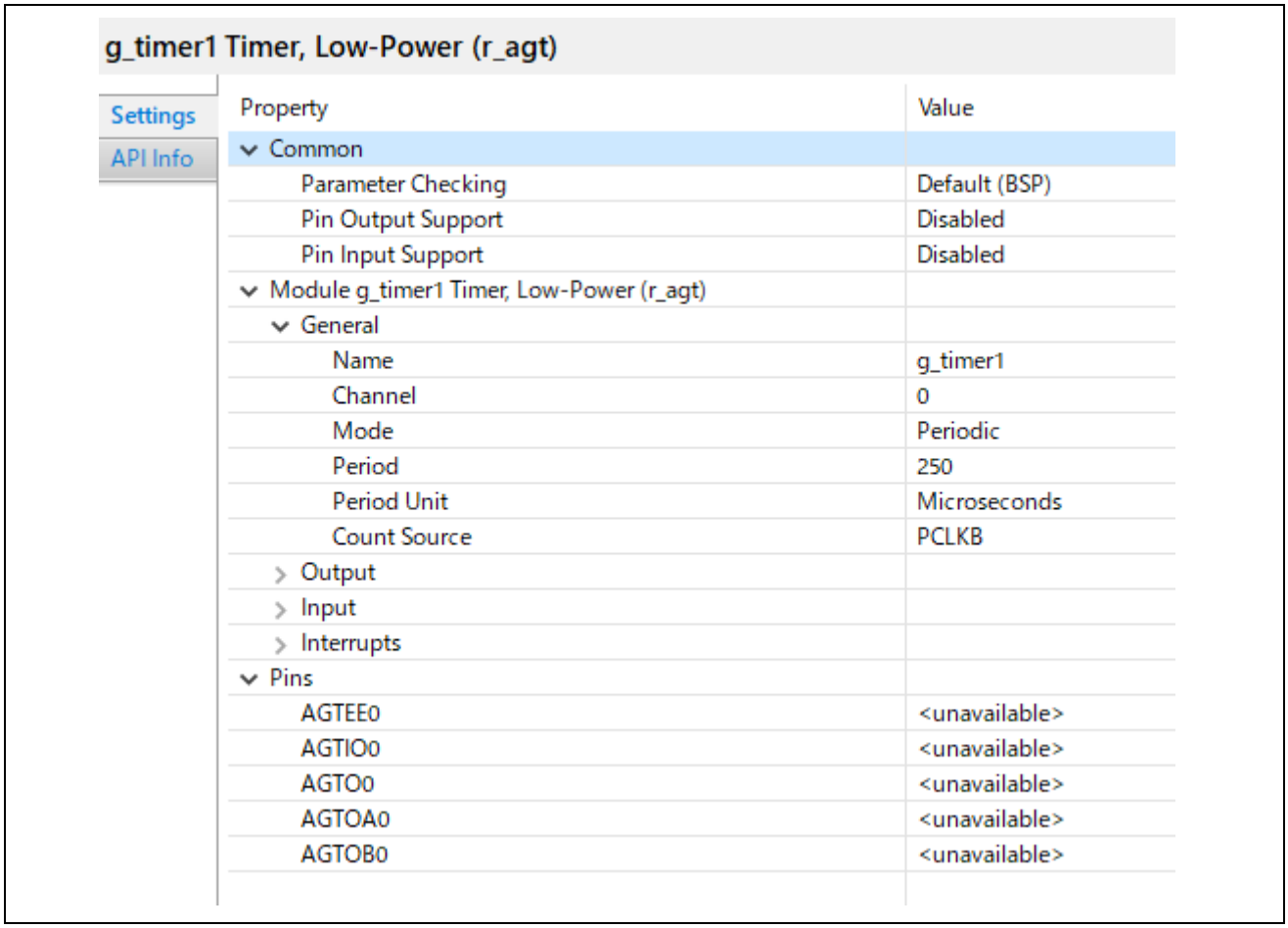

図 3-6 GPT の FSP コンフィグレーション

4. 測定手順

処理時間の測定手順について説明します。

4.1 プロジェクトのインポート

サンプルソフトウェアは、以下の手順で e2 studio にインポートできます。

1. File → Import

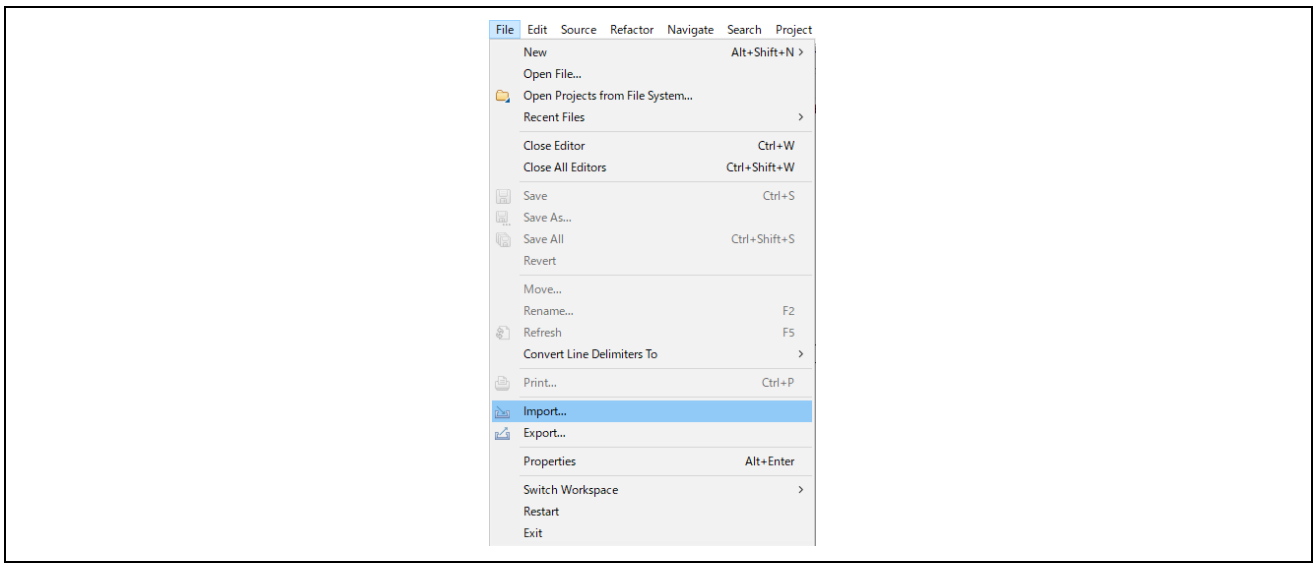

図 4-1 ファイルメニュー

2. 「Existing Projects into Workspace」を選択し、[次へ]ボタンをクリックします。

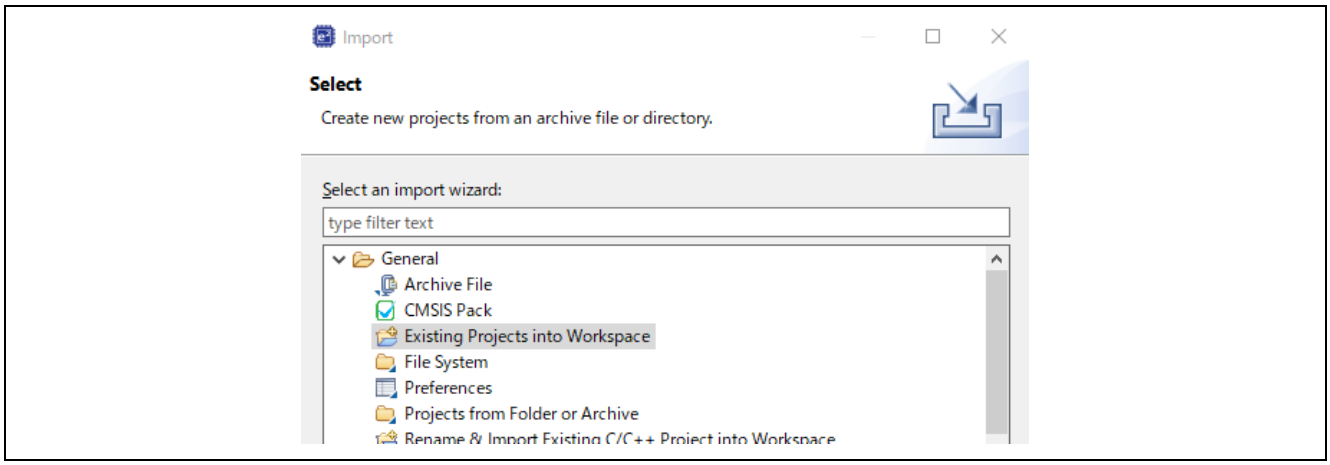

図 4-2 インポートメニュー

3. プロジェクトファイルを選択します。 Finish ボタンをクリックすると、プロジェクトがインポートされます。

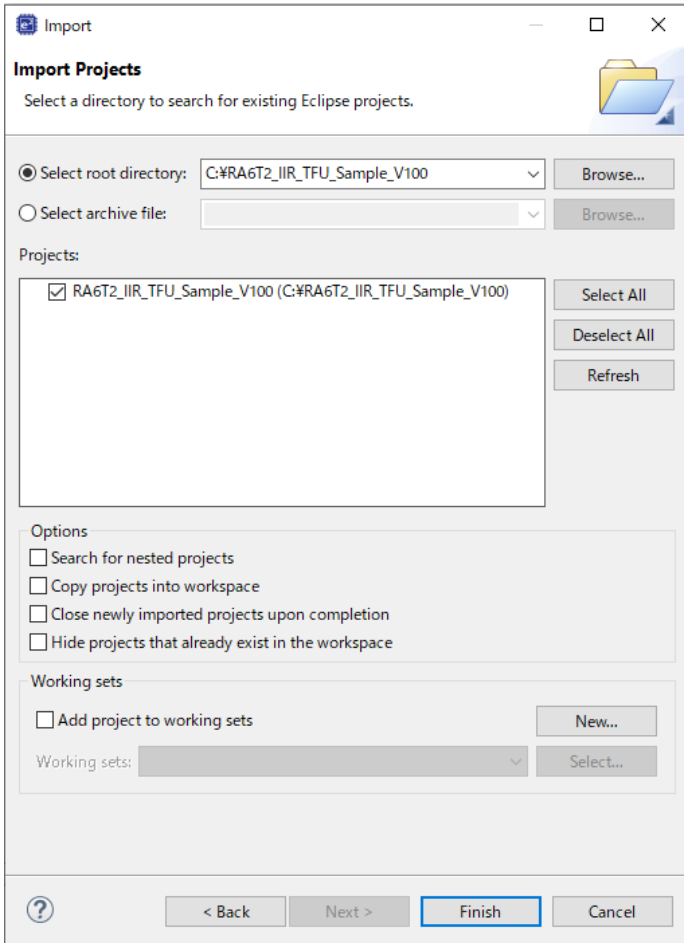

図 4-3　プロジェクトのインポート

4.2 TFU の設定

TFU の有効/無効の選択を行います。

[BSP] - [(MCU 名) Family] - [TFU Mathlib]の設定を選択します。

有効：Enable

無効：Desable

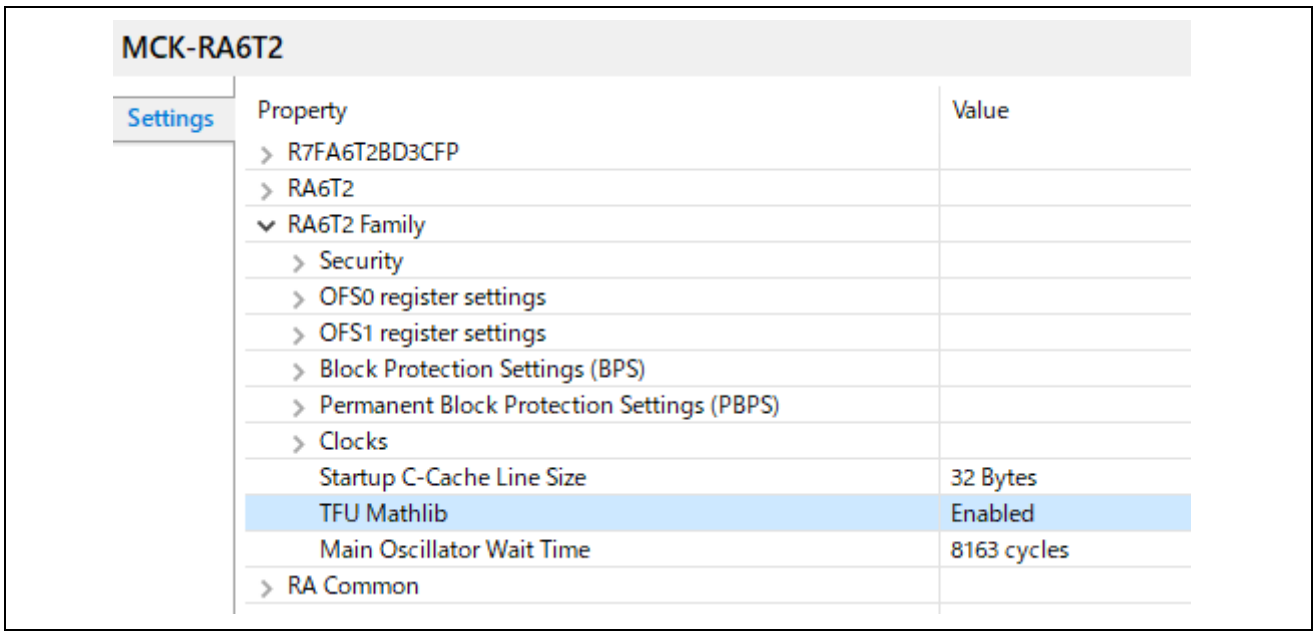

図 4-4 TFU の有効/無効の切り替え

4.3 ビルドとダウンロード

プログラムのビルドとダウンロードを行います。

プログラムのビルドとダウンロードにつきましては、「e2 studio ユーザーズマニュアル入門ガイド（R20UT4204）」を参照してください。

4.4 RMW の接続

モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」をユーザインタフェース（測定開始、測定結果の確認）として使用します。モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」は弊社 WEB サイトより入手してください。

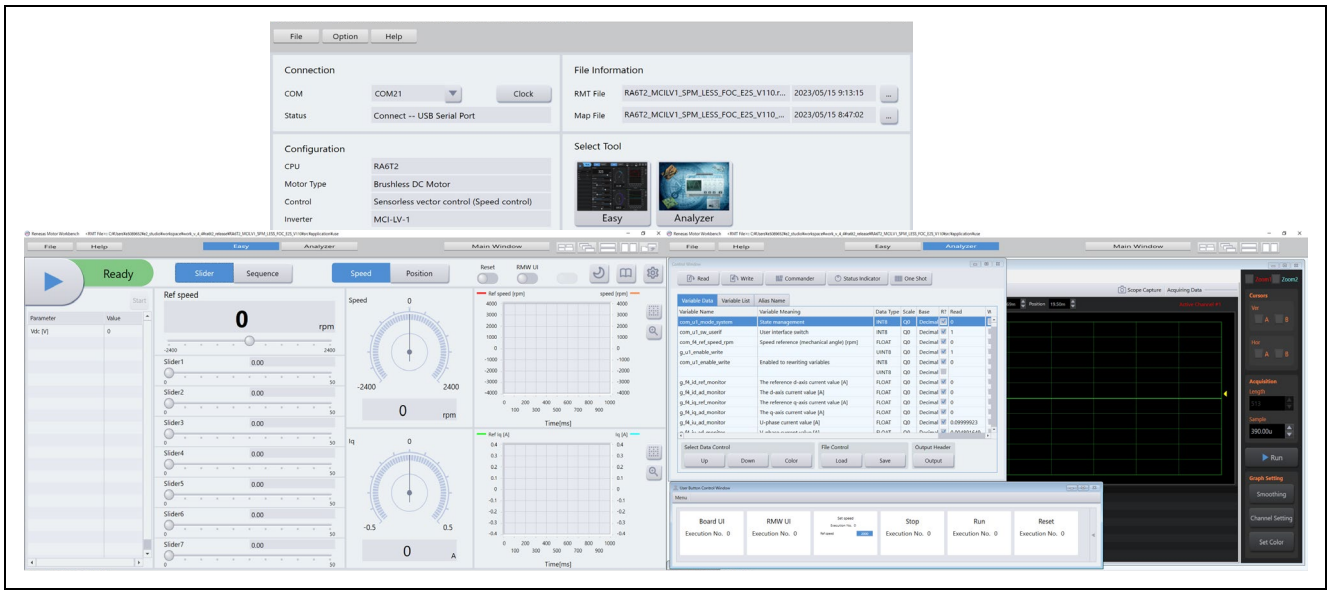

図 4-5 Renesas Motor Workbench 外観

<u>モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の使い方</u>

- ツールアイコン

をクリックしツールを起動します。
- Main Panel の MENU バーから、[File] → [Open RMT File(O)]を選択します。
  プロジェクトフォルダの“rmw”フォルダ内にある RMT ファイルを読み込みます。
- “Connection”の COM で接続されたキットの COM を選択します。
- “Select Tool”画面の“Analyzer”ボタンをクリックし、Analyzer 機能画面を表示します。

<u>RMT ファイルとは</u>

- RMT ファイルとは、RMW にて操作/設定した環境情報を保存したファイルです。
- RMT ファイルに環境情報を保存することで、以降は RMT ファイルを呼び出して同じ環境を復元できます。

プログラムのアドレス情報が変更された場合は、プログラムのビルドで生成された Map ファイルの読み込みを行い、RMT ファイルを再度保存してください。

4.5 測定の実行

4.5.1 測定対象の選択

以下の表に従い、測定対象ごとに定義された値を RMW より測定対象選択用の変数に書き込みます。

測定対象選択用の変数：g_u1_measure_select

表 4-1 測定対象の定義値

No	測定対象
0	IIRFA 5 段ノッチフィルタ
1	IIRFA 1 段ノッチフィルタ
2	IIRFA 2 次ローパスフィルタ
3	TFU dq 変換

(1) g_u1_measure_select に測定対象の値を入力します

(2) Write をクリックします

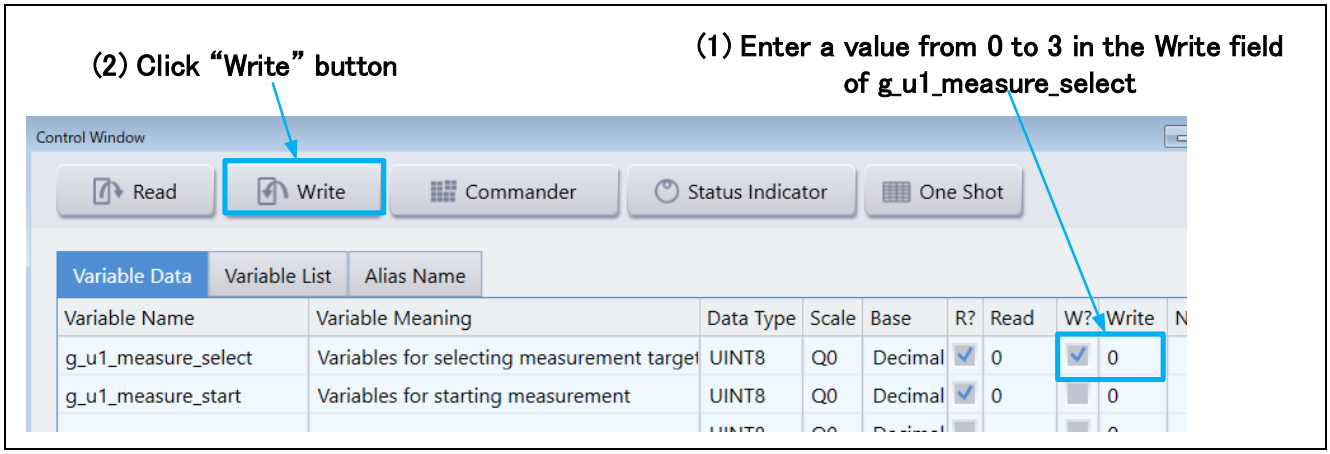

図 4-6 測定対象の選択

4.5.2 測定開始

RMW より測定開始用変数に"1"を書き込み、測定を開始します。

測定開始用の変数：g_u1_measure_start

(1) g_u1_measure_start に 1 を入力します

(2) Write をクリックします

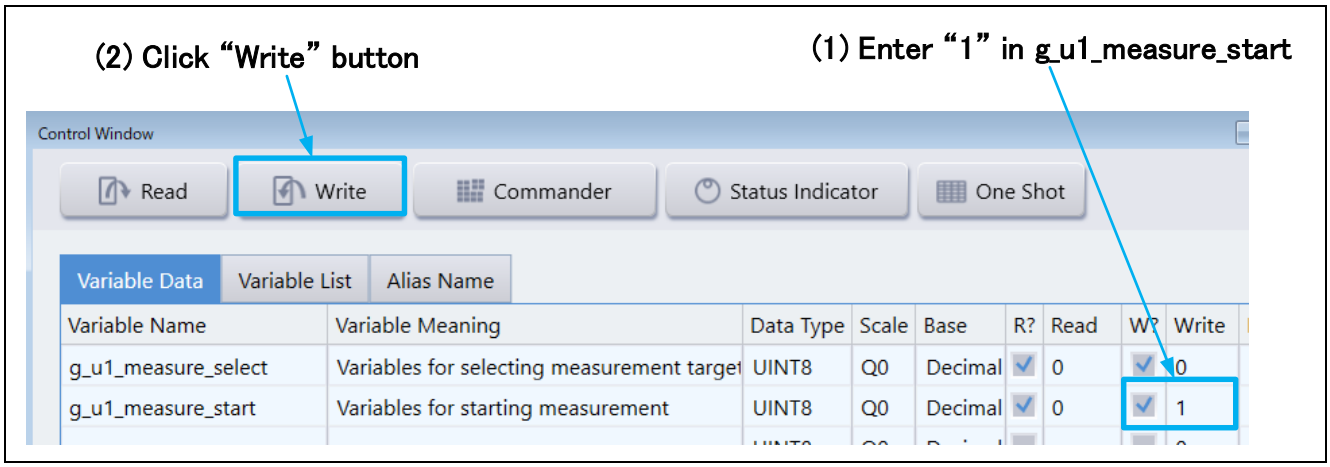

図 4-7 測定開始

4.5.3 測定結果の確認

RMW より測定値が格納された変数値を読み込み、処理時間を確認します。

表 4-2 測定用の変数

変数名	内容
g_f4_measure_iir_api	IIRFA(API)を使用した場合の処理時間計算値[μs]を格納
g_f4_measure_iir_direct	IIRFA(レジスタ直接)を使用した場合の処理時間計算値[μs]を格納
g_f4_measure_iir_non	IIRFA を使用しない場合の処理時間計算値[μs]を格納
g_f4_measure_dq	dq 変換の処理時間計算値[μs]を格納

(1) Read をクリックします

(2) 測定値を確認します

以下の図では、IIRFA 5 段ノッチフィルタの例を示しています。

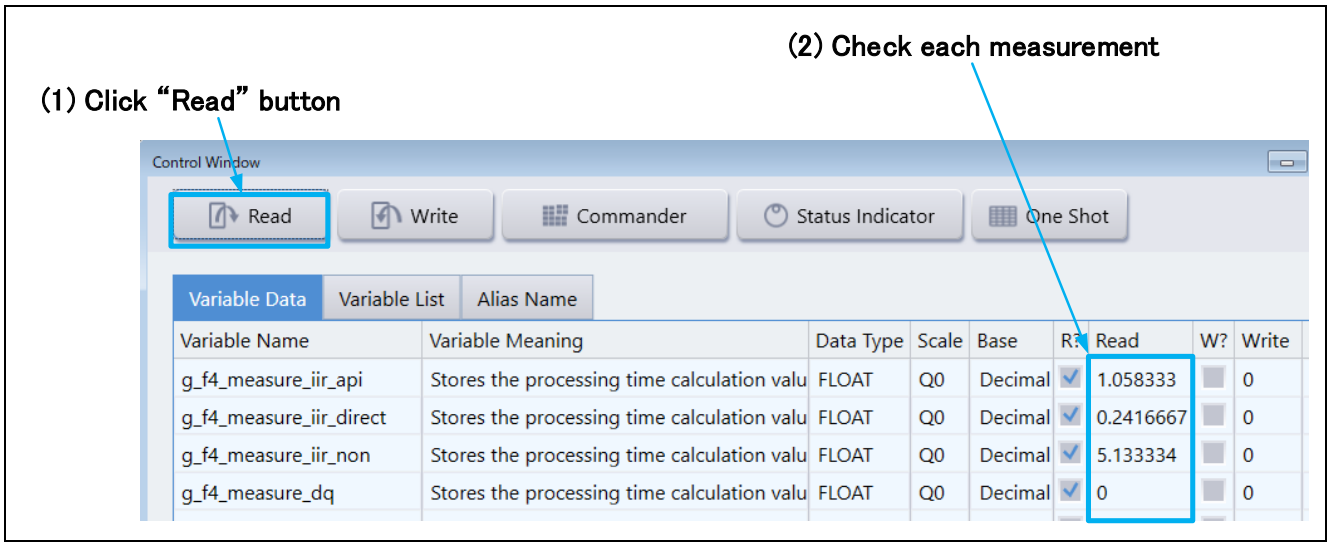
(2) Check each measurement
(1) Click “Read” button
Control Window
Read
Write
Commander
Status Indicator
One Shot
Variable Data
Variable List
Alias Name
Variable Name
Variable Meaning
Data Type
Scale
Base
R?
Read
W?
Write
g_f4_measure_iir_api
Stores the processing time calculation valu
FLOAT
Q0
Decimal
1.058333
0
g_f4_measure_iir_direct
Stores the processing time calculation valu
FLOAT
Q0
Decimal
0.2416667
0
g_f4_measure_iir_non
Stores the processing time calculation valu
FLOAT
Q0
Decimal
5.133334
0
g_f4_measure_dq
Stores the processing time calculation valu
FLOAT
Q0
Decimal
0
0

図 4-8　測定値の確認

4.6 測定結果

サンプルプログラムを用いて測定した結果を以下に示します。

・IIRFA

表 4-3 測定結果(IIRFA) [us]

フィルタ	演算処理方法		
	C ソース	IIRFA(API)	IIRFA(レジスタ直接)
5 段ノッチフィルタ	5.13	1.06	0.24
1 段ノッチフィルタ	1.23	0.95	0.22
2 次ローパスフィルタ	0.71	0.95	0.22

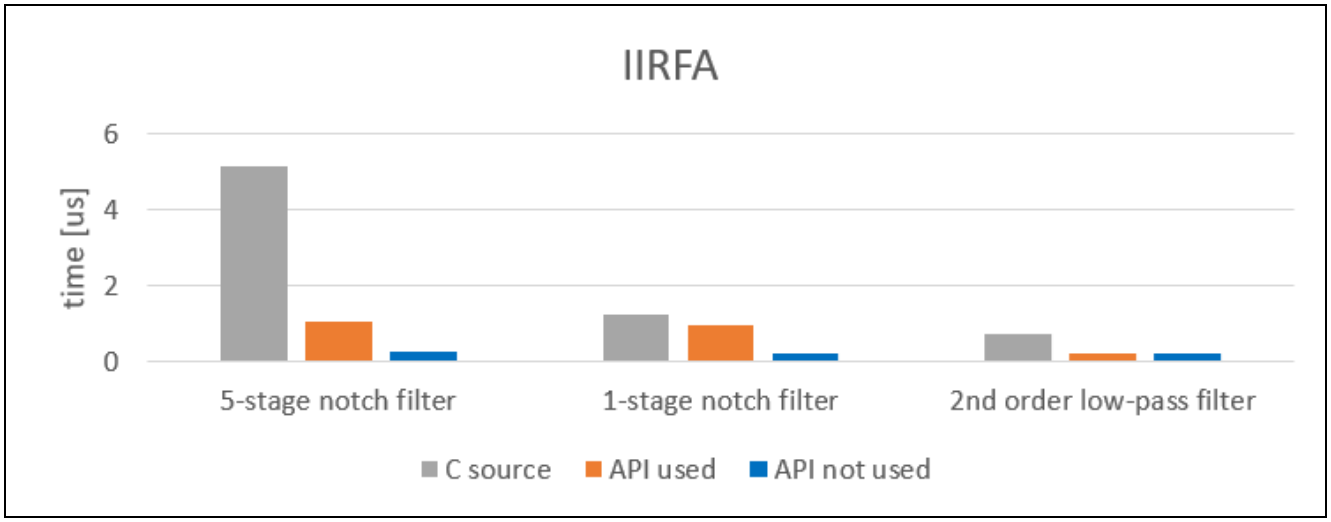

図 4-9 測定結果(IIRFA)

・TFU

表 4-4 測定結果(TFU) [us]

測定対象	MCU	TFU 無効	TFU 有効
dq 変換	RA6T2	1.78	0.71
	RA4T1	5.74	1.63
	RA6T3	3.17	0.92

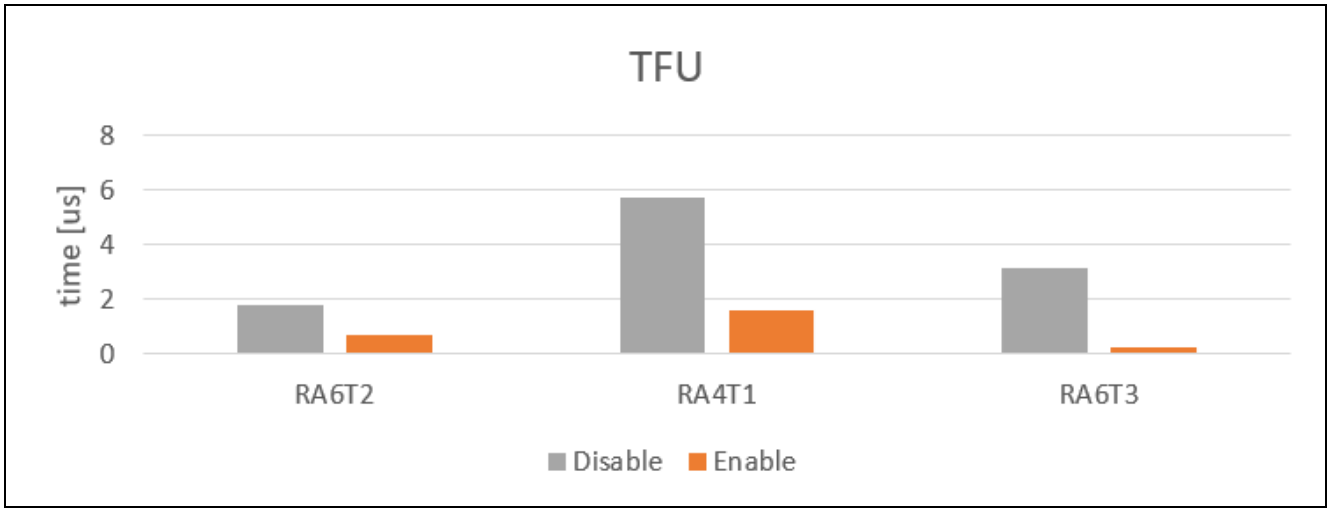

図 4-10 測定結果(TFU)

5. 参考ドキュメント

RA6T2 グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編（R01UH0951）

RA4T1 グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編（R01UH0999）

RA6T3 グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編（R01UH0998）

RA Flexible Software Package Documentation

Renesas Motor Workbench ユーザーズマニュアル（R21UZ0004）

Renesas Motor Workbench クイックスタートガイド（R21QS0011）

MCK-RA6T2 ユーザーズマニュアル（R12UZ0091）

MCB-RA4T1 ユーザーズマニュアル（R12UZ0117）

MCB-RA6T3 ユーザーズマニュアル（R12UZ0116）

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2023.5.23	—	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うと、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、これに限りません。）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といたします。
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

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。

© 2023 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.