RX23E-B グループ

AC 励起によるロードセル重量計測例

要旨

本書は、RX23E-B を使用した、AC 励起によるロードセル重量計測例について説明します。

AC 励起計測は、センサーに印加する励起電圧極性を切り替えて、各極性時のセンサー出力を取得する計測方法です。AC 励起計測により、基板内や配線の温度勾配による寄生熱電対の熱起電力、パターンのインピーダンスによる電圧降下、パターンや回路抵抗による熱雑音の低周波成分、抵抗電流ノイズなどの A/D コンバータ外部の誤差や、オフセット、オフセットドリフト、低周波雑音などの A/D コンバータ内部の誤差を除去することができ、より高精度なセンサー計測が行えます。

RX23E-B にはアナログフロントエンド（AFE）と最高 125kSPS 出力の高速 24 ビット Δ-Σ A/D コンバータ（DSAD）を搭載しています。さらに、AC 励起計測に必要な相補 PWM 出力行うマルチファンクションタイマパルスユニット（MTU）、MTU のコンペアマッチから DSAD の A/D 変換開始を行うイベントリンクコントローラ（ELC）、A/D 変換終了をトリガに A/D 値を RAM に転送するデータトランスファコントローラ（DTC）を搭載し、A/D 変換結果の取得までを CPU の介在なしに行うことができるため、CPU は取得した A/D 変換結果の処理のみを行うことができます。

Renesas Solution Starter Kit for RX23E-B と本書のサンプルプログラムを使用し、校正用ひずみ発生器を用いて電圧計測を行いました。基板を恒温槽に入れ、-20℃~60℃まで 10℃ずつ変化させ、各温度で安定した状態での 500 サンプル平均値を計測し、恒温槽設定温度 20℃のときの計測値と各温度での計測値の誤差を求め、AC 励起有効時と無効時の比較を行いました。結果を下表および下図に示します。

項目	変動幅	
	AC 励起	通常
入力電圧：0mV	0.030μV	0.207μV
入力電圧：5mV	0.288μV	0.559μV

動作確認デバイス

RX23E-B (R5F523E6LDFP)

目次

1. 概要 3

2. 動作確認環境 5

3. 関連ドキュメント 5

4. 重量計測方法 6
4.1 RSSKRX23E-B 6
4.2 ロードセル 7
4.3 AC 励起によるロードセル出力の A/D 変換 8
4.4 重量算出手順 10
4.5 キャリブレーション 11
4.6 ゼロリセット 11

5. サンプルプログラム 12
5.1 動作概要 12
5.2 使用する MCU 機能と設定 16
5.2.1 ロードセル計測 18
5.2.2 通信 22
5.2.3 LED とスイッチ 23
5.2.4 E2 データフラッシュ 23
5.3 プログラム構成 24
5.3.1 ソースファイル構成 24
5.3.2 マクロ定義 25
5.3.3 構造体・共用体・列挙型 27
5.3.4 関数一覧 30

6. プロジェクトをインポートする方法 35
6.1 e^2 studio での手順 35
6.2 CS+での手順 36

7. サンプルプログラムを使用した計測結果 37
7.1 使用メモリと実行サイクル数 37
7.1.1 ビルド条件 37
7.1.2 使用メモリ 37
7.1.3 実行サイクル数と処理時間 37
7.2 重量計測結果 38
7.2.1 計測条件 38
7.2.2 計測結果 40
7.2.2.1 重量計測精度評価結果 40
7.2.2.2 温度特性評価 41
7.2.2.3 分解能評価 42

改訂記録 43

1. 概要

本書では、ルネサスマイクロコントローラ RX23E-B を使用し、ロードセルを使用した重量計測を AC 励起により行う例を説明します。サンプルプログラムは、Renesas Solution Starter Kit for RX23E-B（RSSKRX23E-B）ボードで動作し、QE for AFE のアプリケーション TAB で動作条件の設定と計測結果の取得・表示を行います。

本例の重量計測システムを図 1-1 に、操作可能項目について図 1-2、表 1-1、表 1-2 に示します。

図 1-1 AC 励起によるロードセル重量計測システム例

図 1-2 QE for AFE アプリケーション TAB 画面

表 1-1 操作可能項目

太字デフォルト

項目	操作	備考
接続	QE for AFE	LED1 消灯
計測開始・停止	QE for AFE	A/D 変換中 LED0 消灯
ゼロリセット	QE for AFE: Button1 RSSKRX23E-B ボード: SW1	計測中有効
キャリブレーション	QE for AFE: Value1 Value1 で計測重量 1 を指定 LED0 点滅中に Value1 で計測重量 2 を指定	計測停止時(LED0 点灯)のみ有効 A/D 変換中 LED0 消灯 異常終了時 LED0 が 5 回点滅 「4.5 キャリブレーション」参照
ゼロリセット平均回数指定	QE for AFE: Value1 1 ~ 512: default **8**	重量計測中(LED0 消灯)のみ有効
キャリブレーション平均回数指定	QE for AFE: Value2 1 ~ 512: default: **128**	A/D 変換中無効
計測レート指定	QE for AFE: Value3 3.8147, **10**, 100, 1000 [SPS]	
AC 励起時チャネル内平均数指定	QE for AFE: Value4 **1**, 4, 16, 32 [samples/channel]	
計測時移動平均数指定	QE for AFE: Value5 1 ~ 128: default: **8**	A/D 変換中無効
計測モード選択	RSSKRX23E-B: SW3-1 OFF: AC 励起計測 ON: 通常計測	A/D 変換中無効
パラメータ初期化	RSSKRX23E-B: SW2	リセット時 LED0 点灯まで押下

表 1-2 レジスタ設定変更可能項目

項目	操作	備考
PGA ゲイン	CH0 の PGA ゲイン設定を変更	計測中・キャリブレーション中無効

【注】 項目以外のレジスタ MR、MRm、CRm、OSRm、SGCRm は計測・キャリブレーション時にプログラムが保持値（表 5-9～表 5-13）に設定します。また本表記載以外の変更は正しい動作をしません。

また、表 1-3 に示すパラメータは E2 データフラッシュにより変更を維持します。

表 1-3 維持パラメータ

項目	記憶数	内訳
計測レート	1	
AC 励起時チャネル内平均数	1	
AC 励起時 DSAD0 パラメータ	16 セット	計測レート x チャネル内平均数
重量変換係数	20 セット	AC 励起計測: 16 通常計測: 4
ゼロリセット平均回数	1	
キャリブレーション時平均回数	1	
PGA ゲイン設定値	1	全 PGA 設定に適用

【注】 詳細は表 5-25 構造体 st_e2df_data_t 参照

2. 動作確認環境

表 2-1 動作確認環境

項目	内容
ボード	RSSKRX23E-B ボード (RTK0ES1001C00001BJ)
MCU	RX23E-B (R5F523E6LDFP) 電源電圧(VCC, AVCC0): 5V 動作周波数(ICLK): 32MHz 周辺動作周波数 PCLKB, PCLKC: 32MHz PCLKA: 16MHz DSAD0 動作周波数(f_{OP}): 16MHz DSAD0 モジュレータクロック周波数(f_{MOD}): 4MHz
ロードセル	Tedea Huntleigh 505H-0002-F070
Host	Renesas QE for AFE V2.1.1
IDE	Renesas e2 Studio Version 2023-04 Renesas RX Smart Configurator V23.4.0
Tool Chain	Renesas CC-RX V3.05.00
エミュレータ	E2 エミュレータ Lite

3. 関連ドキュメント

- R01UH0972 RX23E-B グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編
- R12UZ0108 RSSKRX23E-B ユーザーズマニュアル
- R01AN6364 RX23E-B グループ RSSKRX23E-B ボード制御プログラム
- R01AN6512 RX23E-B グループ デジタルロードセル向け小型基板の設計と重量計測例

4. 重量計測方法

4.1 RSSKRX23E-B

RSSKRX23E-B ボードを使用した接続を図 4-1 に示します。本例では 6 線式のロードセルを使用します。

図 4-1 RSSKRX23E-B ボードの接続

AC 励起計測を行うために行った RSSKRX23E-B の部品変更を表 4-1 に、ジャンパ設定を表 4-2 に示します。

表 4-1 AC 励起計測用 RSSKRX23E-B 変更点

回路参照番号	変更前	変更後	備考
R41, R42, R43, R44	DNF	0Ω	PWM 出力端子 MTIOC4x を MOSFET のゲートに接続
R201, R204	0Ω	DNF	MOSFET のドレインを CN4 に接続
R202, R203	DNF	0Ω	
C19, C20, C21	0.47μF, 16V	DNF	LCD バイアス電圧生成用コンデンサ取り外し

表 4-2 AC 励起計測用 RSSKRX23E-B ジャンパ設定

機能	回路参照番号	接続	設定
デジタル電源選択(VCC)	JP1	7-8	VCC に外部電源 Vd を使用
アナログ電源選択(AVCC0)	JP2	1-2	AVCC0 に VCC を使用
外部リファレンス選択(REF1P)	JP5	3-4	REF1P に外部入力を選択
外部リファレンス選択(REF1N)	JP6	5-6	REF1N に外部入力を選択

4.2　ロードセル

本例で使用するロードセルはホイートストンブリッジ回路で重量を電圧として出力します。使用するロードセルの仕様抜粋を表 4-3 に、印加電圧 5V の場合に仕様から求めた重量対出力電圧特性と誤差範囲を図 4-2 に示します。

表 4-3 ロードセル 505H-0002-F070 仕様抜粋

項目	値
推奨印加電圧(Recommended Excitation)	10V
許容印加電圧(Maximum Excitation)	15V
定格荷重(Rated Capacity: R.C.)	2kg
定格出力(Rated Output: R.O.)	2±0.2mV/V
総合誤差(Total Error)	0.025%[R.C.]以下

図 4-2 ロードセル 505H-0002-F070 の重量対出力電圧特性（印加電圧 5V）

本例では、図 4-1 に示すようにロードセルに供給する電圧を基準電圧としてロードセル出力端子間の電圧を A/D 変換します。

ロードセルの出力電圧が重量に対して非線形の場合、計測精度を高めるために、特性曲線を複数の領域に分割して、領域ごとに直線近似などを行うことで特性曲線に一致させます。本例では、領域分割は行わずに単一直線特性とみなして、直線補間により電圧を重量に換算します。重量Mに対する出力電圧Vは、ロードセルへの印加電圧V_{cc}、定格出力をRO、定格荷重M_{max}とすると次式で表せます。

$$V = \mathrm{RO} \cdot V_{cc} \cdot \frac{M}{M_{max}}$$

上式から、出力電圧Vに対する重量Mは次の直線式で算出します。

$$M = \alpha V + \beta, \qquad \begin{cases} \alpha = \dfrac{M_{max}}{\mathrm{RO} \cdot V_{cc}} \\ \beta = 0 \end{cases}$$

但し、ロードセルの出力電圧には定格出力やゼロバランスなどで誤差が発生するため、上式の係数α, βをキャリブレーションにより補正します。計測条件を表 4-4 に示します。

表 4-4 ロードセル計測条件

項目	条件	備考
PGA ゲイン G_{PGA}	x128	
DSAD0 基準電圧 V_{REF}	5V	ロードセル印加電圧とする。 (REF0P=AVCC0, REF0N=ACSS0)
DSAD0 出力形式	2's Complement	

4.3　AC 励起によるロードセル出力の A/D 変換

AC 励起計測は、ロードセルへ印加する励起電圧極性を切り替え、それぞれの極性の A/D 変換結果を合成した結果を最終的な A/D 変換結果とすることで、温度変化等による計測回路および A/D コンバータの誤差を低減する計測方法です。

図 4-3 AC 励起計測の原理

図 4-3 に示すように、ロードセル計測回路において、A/D コンバータ内部起因の誤差V_{e_int}と A/D コンバータ外部起因の誤差V_{e_ext}が存在します。

通常のロードセル計測では、図 4-3a の構成で A/D 変換を行いますが、得られる A/D 変換結果には前述の誤差V_{e_int}、V_{e_ext}が含まれます。それぞれの誤差のうち、オフセットなどの時不変の誤差であればキャリブレーションにより取り除くことができますが、温度変化等によるオフセットドリフトは取り除くことはできません。

AC 励起計測では、正の周期と負の周期で A/D コンバータの AIN+、AIN-端子に入力される信号の極性が入れ替わりますが、信号の経路は変化しないため、誤差の極性は変化しません。したがって、次式のように A/D 変換結果の差平均をとることで切り替え周期内の誤差が同一であれば打ち消すことができます。

$$V_{ADC} = \frac{V_{ADC_P} - V_{ADC_N}}{2} = \frac{(V_{LC} + V_{e_ext} + V_{e_int}) - (-V_{LC} + V_{e_ext} + V_{e_int})}{2} = \frac{V_{LC} + V_{LC}}{2} = V_{LC}$$

正極性および負極性のロードセル出力が時定数を持つ場合、各極性内で有効なロードセル出力信号に対する複数回の A/D 変換を行い、極性毎に平均化などのフィルタ処理ののちに両極性の差平均をとることが有効です。

本例では、周辺機能のみで励起電圧極性切替と A/D 変換結果の取得を行い、プログラムは取得した A/D 変換結果について、各極性の平均化と合成処理を行います。結果、励起電圧極性切替周期が重量計測周期となります。図 4-4 に極性切替と A/D 変換のタイミングチャートを示します。

マルチファンクションタイマパルスユニット MTU3/4 による相補 PWM 信号で励起電圧極性を切り替え、各励起電圧極性時のロードセル出力を DSAD0 で A/D 変換します。A/D 変換開始は、相補 PWM 周期毎に正極デッドタイム開始を示す MTU4 コンペアマッチ 4A をトリガに、イベントリンクコントローラ ELC を介して行います。DSAD0 は CH0 を正極用、CH1 を負極用として、シングルスキャンにより A/D 変換を行います。DSAD0 は CH0、CH1 で所定回数の A/D 変換を行い、A/D 変換結果は DSAD0 の変換終了割り込み ADI0 をトリガに DTC でバッファに転送します。

図 4-4 AC 励起計測制御タイミング（4 サンプル/チャネル）

電源極性切替周期である PWM 周期に対して、DSAD0 の各 CH の A/D 変換可能回数は、DSAD0 のセトリング時間S_n、サンプリング周波数F_{MOD}、総合オーバサンプリング比 OSR、各極性の A/D 変換回数N_nに対して次式の条件を満たすよう決定します。nは 1 が正極性、2 が負極性を示します。セトリング時間については「RX23E-B グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 36.3.7.2 セトリング時間」を参照ください。

$$\begin{cases} T_1 = S_1 + \dfrac{OSR \cdot (N_1 - 1)}{F_{MOD}} \leq \dfrac{PWM\ Period}{2} \\ T_2 = S_2 + \dfrac{OSR \cdot (N_2 - 1)}{F_{MOD}} \leq \dfrac{PWM\ Period}{2} \\ T_1 + T_2 < PWM\ Period \end{cases}$$

取得した各極性の A/D 変換結果は、極性ごとに所定のサンプル数の平均値をとり、その結果の差平均を A/D 変換結果としています。本例では、正極性のデッドタイム開始で A/D 変換を開始しているため、極性ごと A/D 変換回数N_nが平均回数より大きい場合、取得した A/D 変換結果を後ろ詰めで平均対象としています。

本例では計測レートを 3.8147SPS、10SPS、100SPS、1000SPS の 4 種、各極性の A/D 変換結果平均数を 1、4、16、32 の 4 種の計 16 種に対して、A/D 変換条件を表 5-9～表 5-12 のように設定しています。

4.4　重量算出手順

A/D 変換値から重量への換算は以下の手順で行います。

(1) A/D 変換値の平滑

ノイズや振動などによる A/D 変換結果のばらつきをフィルタ等で取り除きます。本例では 8 サンプル移動平均による平滑処理を行います。

(2) 重量換算

前述の重量換算式で電圧を A/D 変換値に置き換えて算出します。PGA ゲインをG_{PGA}、DSAD0 の基準電圧をV_{REF}、A/D 変換値をDATA とすると、DSAD0 の分解能 24bit から次式で求めます。デジタルフィルタゲインは Sinc フィルタゲイン補正で 1 になるよう補正します。

$$\begin{aligned} M &= \alpha V + \beta \\ &= \alpha \cdot \frac{2V_{REF}}{2^{24} \cdot G_{PGA}} \cdot \mathrm{DATA} + \beta \\ &= \alpha \cdot \frac{V_{REF}}{2^{23} \cdot G_{PGA}} \cdot \mathrm{DATA} + \beta, \qquad V_{REF} = AVCC0 - AVSS0 \end{aligned}$$

上式から、A/D 変換値から重量を算出する式を次のように定義します。

$$M = \alpha V + \beta = a \cdot \mathrm{DATA} + b, \qquad \begin{cases} a = \alpha \cdot \dfrac{V_{REF}}{2^{23} \cdot G_{PGA}} \\ b = \beta = 0 \end{cases}$$

4.5　キャリブレーション

ロードセルの誤差に対して、A/D 変換値から重量へ換算する式の係数a,bを補正することで計測精度を向上できます。

分銅などの基準重量 2 種と、その A/D 変換値から次の手順で行います。

(1) 基準 1 の重量M_1に対する A/D 変換値 DATA1 を取得

(2) 基準 2 の重量M_2に対する A/D 変換値 DATA2 を取得

(3) $(\mathrm{DATA}_1,\ M_1)$と$(\mathrm{DATA}_2,\ M_1)$を通る直線の係数a,bを次式で算出して適用

$$\begin{cases} a = \dfrac{M_2 - M_1}{DATA_2 - DATA_1} \\ b = M_1 - a \cdot DATA_1 = M_2 - a \cdot DATA_2 \end{cases}$$

4.6　ゼロリセット

重量換算結果からゼロ重量とする基準計測結果を引くことで計測重量を補正します。

基準値は、ゼロ重量とする状態で計測・重量換算した結果とします。

5. サンプルプログラム

5.1 動作概要

図 5-1 に本サンプルプログラムの処理フローを示します。

図 5-1 ゼネラルフロー

本プログラムは、s_qe_info 構造体変数のメンバ opemode により動作を規定します。動作モードを表 5-1 に示します。

表 5-1 動作モード

名称	説明
E_IDLE	待機
E_MEASUREMENT	計測
E_CALIBRATION1	キャリブレーション STEP1
E_CALIBRATION2	キャリブレーション STEP2

図 5-1 の各処理は次の通りです。

- 初期化処理
  - 計測条件パラメータのロード
    E2 データフラッシュに格納した計測条件パラメータをロードします。
    SW2 が押されていた場合は、デフォルト値をロードします。
  - QE for AFE 通信処理の開始
    QE for AFE 通信の各種パラメータを初期化し、受信を開始します。
  - LED 点灯
    初期化処理の終了を示す LED0、LED1 の点灯を行います。

- A/D 値取得処理
  A/D 変換開始/停止処理で取得した計測方法により、A/D 値を取得します。
  - AC 励起計測
    A/D 変換結果は DTC により配列 s_dsad_buf に格納されます。
    DSAD0 の CHCHG0 で正極性の変換終了を検知し、計測条件パラメータに基づいて正極性の A/D 値の平均値を算出します。
    DSAD0 の SCANEND0 で負極性の変換終了を検知し、計測条件パラメータに基づいて負極性の A/D 値の平均値を算出し、正極性の A/D 平均値と合成した結果を改めて A/D 値とします。
  - 通常計測
    DSAD0 の ADI0 で変換終了を検知し、A/D 値を取得します。

- 重量換算処理とキャリブレーション処理
  A/D 変換開始/停止処理時の動作モード opemode により、取得した A/D 値の処理を行います。
  - opemode: E_MEASUREMENT
    A/D 値を重量に換算し、ゼロリセット重量を引いた結果を計測重量とします。
    ゼロリセット要求があれば、換算重量を計測条件パラメータ指定の平均回数で平均した結果をゼロリセット重量とします。
  - opemode: E_CALIBRATION1,
    キャリブレーション遅延時間から算出した遅延サンプル数後の A/D 値から A/D 値の平均処理を行い、平均結果を保持します。平均回数は計測条件パラメータ指定値を適用します。
  - opemode: E_CALIBRATION2
    A/D 値の平均処理を行い、2 つの平均値と対応する重量から「4.5 キャリブレーション」に従い重量変換係数の算出を行います。

- QE for AFE パケット処理
  QE 通信モジュール API を使用して、受信したパケットの処理と、計測中であれば計測重量の送信を行います。送信タイムアウトを検知した場合は、通信処理をリセットします。
  表 1-1 に示すユーザ操作に対する処理は、QE for AFE 通信モジュールの各ユーザ関数にて処理します。
  QE for AFE 通信モジュールの詳細は、アプリケーションノート「RX23E-B グループ RSSKRX23E-B ボード制御プログラム」を参照ください。

- パラメータ変更要求処理
  ボードの SW1 処理と、QE for AFE から指定された計測条件パラメータ変更の処理を行います。
  — SW1 処理
    SW1 の押下を検出し、重量計測中であればゼロリセット要求をします。
  — QE for AFE 要求処理
    以下の QE for AFE からの下記要求を内部フラグに反映、または計測条件パラメータの変更を行います。
    - ゼロリセット要求
    - ゼロリセット平均回数指定
    - キャリブレーション平均回数指定
    - 計測レート指定
    - AC 励起励起連続計測数指定
    - DSAD0 の PGA ゲイン設定の変更

- 動作開始/停止処理
  opemode が変化した場合、新しい opemode に基づき、動作開始・停止を行います。
  — opemode: E_IDLE
    - A/D 変換の停止
      - AC 励起計測: PWM 出力 MTU、ELC、DSAD0、DTC の停止
      - 通常計測: DSAD0 の停止、DSAD0 をシングルスキャンモードに設定
    - PWM 出力を不活性に設定
    - LED0 が点滅でない場合は点灯
  — opemode: E_MEASUREMENT, E_CALIBRATION1
    計測方法により A/D 変換条件の設定を行い A/D 変換を開始し、LED0 を消灯します。
    - 計測方法の取得: ボード SW3-1 の状態により計測方法を選択
      OFF: AC 励起計測、ON: 通常計測
    - A/D 変換の設定: 計測方法に従い計測条件パラメータに基づき A/D 変換設定を行い、A/D 変換を開始
      - AC 励起計測:
        DSAD0 CH0,CH1 の有効化と DSAD0 パラメータの設定
        A/D 値転送 DTC の設定
        PWM 出力の設定
        DTC、ELC、PWM 出力 MTU の起動、PWM 出力設定
        重量変換に使用する係数の選択
      - 通常計測:
        PWM 出力を正極性に設定
        DSAD0 CH2 の有効化と DSAD0 パラメータの設定
        DSAD0 を連続スキャンモードに設定
        A/D 変換開始設定
        重量変換に使用する係数の選択
    - 各パラメータの初期化: opemode に従いパラメータを初期化
      - E_MEASUREMENT
        移動平均処理の初期化
      - E_CALIBRATION1
        キャリブレーション遅延時間から遅延サンプル数を算出
        以下の E_CALIBRATION2 設定の実行
  — opemode: E_CALIBRATION2
        平均処理の初期化
        設定重量をキャリブレーションパラメータに格納
        LED0 消灯

- E2 データフラッシュ格納処理
  opemode が E_IDLE で変化しない場合、計測条件パラメータに変化があれば E2 データフラッシュ格納パラメータを更新します。

5.2　使用する MCU 機能と設定

本例で使用する周辺機能一覧を表 5-2 に、使用端子一覧を表 5-3 に示します。また、クロック設定を表 5-4 に示します。

周辺機能の設定は Smart Configurator(以降、SC)のコード生成機能を用いて生成しています。各周辺機能の設定は用途別に以降に示します。

表 5-2 使用する周辺機能一覧

周辺機能	用途
MTU3/MTU4	相補 PWM 信号発生
ELC	A/D 変換開始トリガ
AFE/DSAD0	ロードセル出力の A/D 変換
DTC	A/D 変換結果の取得
SCI1	QE for AFE との通信
DMAC1	QE for AFE からのパケット受信
DMAC3	QE for AFE へのパケット送信
CMT0	QE for AFE へのパケット送信エラー検出
CMT1	LED 点滅周期
P70 – P73	LED 点灯制御
PE1 – PE4	スイッチ状態の取得
E2DataFlash	保持パラメータの保存

表 5-3 使用端子一覧

Pin No.	端子名	I/O	用途
5	P73	O	LED3
6	P72		LED2
7	P71		LED1
8	P70		LED0
13	XTAL	O	水晶発振子
15	EXTAL	I	
18	P67/MTUIC4A	O	相補 PWM 出力
19	P66/MTUIC4C		
20	P65/MTUIC4D		
21	P64/MTUIC4B		
28	P30/RXD1	I	UART1 受信
30	P26/TXD1	O	UART1 送信
39	P15/CTS1#	I	UART1 CTS 入力
62	PE4	I	SW3-2
63	PE3		SW3-1
64	PE2		SW2
65	PE1		SW1
95	REF1N	I	DSAD0 基準電圧入力
96	REF1P		
97	AIN14	I	ロードセル出力-側入力端子
98	AIN15		ロードセル出力+側入力端子

表 5-4 クロック設定

項目		設定
使用クロック		メインクロック
	発振源	発振子
	周波数	8MHz
	安定時間	8192 (2048μs)
PLL 回路	分周比	x1/2
	逓倍比	x8
SCKCR (FCLK)		x1 (32MHz)
SCKCR (ICLK)		x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKA)		x1/2 (16MHz)
SCKCR (PCLKB)		x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKC)		x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKD)		x1 (32MHz)

5.2.1　ロードセル計測

ロードセル計測には、AFE、DSAD0、を使用します。さらに、AC 励起計測の場合は相補 PWM 出力に MTU、MTU のコンペアマッチから DSAD0 の A/D 変換開始を行う ELC、A/D 変換終了をトリガに A/D 値を RAM に転送する DTC を使用します。以降に各周辺機能の設定を示します。

表 5-5 MTU3_MTU4 の設定

相補 PWM モードタイマ
動作: 山で転送
太字デフォルト

項目		設定			
PWM 周期[Hz]		3.8147	10	100	1000
同期動作設定		しない			
TCNT3 カウンタ設定	カウンタクリア要因	カウンタクリアなし			
	カウンタクロックの選択	PCLK/64	**PCLK/16**	PCLK/4	PCLK/4
		立上りエッジ			
PWM 出力設定	タイマ動作周期	262.144ms	**100ms**	10ms	1ms
	デッドタイム許可	許可			
	デッドタイム	16μs	**10μs**	10μs	10μs
	MTU3.TGRB レジスタ値	16390	**25015**	10060	1060
	MTU4.TGRA レジスタ値	16386	**25005**	10020	1020
	MTU4.TGRB レジスタ値	16386	**25005**	10020	1020
ブラシレス DC モータ制御設定		使用しない			
出力端子設定	MTIOC3A トグル出力を有効にする	無効			
	PWM 出力レベルの設定のバッファ転送タイミング	バッファ転送しない			
	U 相を許可: MTIOC3B の初期出力レベル(正相)	使用しない			
	U 相を許可: MTIOC3D の初期出力レベル(逆相)	使用しない			
	V 相を許可: MTIOC4A の初期出力レベル(正相)	許可 アクティブレベル: L			
	V 相を許可: MTIOC4C の初期出力レベル(逆相)	許可 アクティブレベル: H			
	W 相を許可: MTIOC4B の初期出力レベル(正相)	許可 アクティブレベル: H			
	W 相を許可: MTIOC4D の初期出力レベル(逆相)	許可 アクティブレベル: L			
割り込み設定		使用しない			
バッファレジスタと同期クリア動作設定		使用しない			
A/D 変換開始トリガ設定		使用しない			

【注】 MTU4A.TGRA レジスタ値はデッドタイム開始時を、MTU3.TGRB はデッドタイム終了時を示します。

表 5-6 ELC の設定

項目		設定
ソース	設定	Config_MTU3_MTU4
	イベント	MTU4・コンペアマッチ 4A
送信先	設定	Config_DSAD0
	リソース	DSAD0
	動作	A/D 変換開始

表 5-7 AFE の設定

項目	設定
バイアス出力設定	設定しない
励起電流出力設定	設定しない
低電圧検出設定	設定しない
ローサイドスイッチ制御設定	設定しない

表 5-8 DSAD0 の設定

シングルスキャンモード【注 2】

項目		設定		
計測方法		AC 励起計測【注 1】		通常計測【注 2】
アナログ入力チャネル設定		0	1	2
動作クロック設定		PCLK/2(16MHz)		
開始トリガソース		ハードウェアトリガ		ソフトウェアトリガ【注 2】
割り込み設定	ΔΣA/D 変換完了割り込み(ADI0)	許可、レベル 0(割り込み禁止)		
	ΔΣA/D 変換スキャン完了割り込み(SCANEND0)	許可しない		
	ΔΣA/D チャネル切り替え割り込み(CHCHG0)	許可しない		
電圧異常および断線検出設定		使用しない		
アナログ入力設定	+側入力信号	AIN15		
	-側入力信号	AIN14		
	基準電圧	REF1P/REF1N	REF1N/REF1P	REF1P/REF1N
	+側リファレンスバッファ	無効		
	-側リファレンスバッファ	無効		
アンプリファイア設定	アンプ選択	PGA		
	PGA ゲイン設定	x128		
ΔΣA/D 変換設定	A/D 変換モード	通常動作		
	データ形式	2 の補数形式		
	A/D 変換回数	表 5-9～表 5-12		1
	前段オーバサンプリング比			表 5-13
	後段オーバサンプリング比			
	オフセット補正値	設定しない		
	ゲイン補正値	設定しない		
断線検出アシスト設定		禁止		
デジタルフィルタ設定		表 5-9～表 5-12		表 5-13

【注】 1. AC 励起計測は CH0,1 のチャネルスキャンに設定して実行
2. 通常計測は CH2 の連続スキャンモード、ソフトウェアトリガに設定して実行

表 5-9 AC 励起計測の DSAD0 設定 1

計測レート 3.8147SPS

項目		設定			
A/D 値平均数/チャネル		1	4	16	32
ΔΣA/D 変換設定	A/D 変換回数	1	5	17	34
	前段オーバサンプリング比	256	256	256	256
	後段オーバサンプリング比	510	255	102	55
デジタルフィルタ設定	Sinc フィルタ選択	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4
	Sinc フィルタゲイン補正値	1.015778788 0x00410285	1.015778788 0x00410285	1.239964341 0x004F5B93	1.833450283 0x0075573F

表 5-10 AC 励起計測の DSAD0 設定 2

計測レート 10SPS

項目		設定			
A/D 値平均数/チャネル		1	4	16	32
ΔΣA/D 変換設定	A/D 変換回数	1	5	17	33
	前段オーバサンプリング比	256	256	256	256
	後段オーバサンプリング比	194	97	38	21
デジタルフィルタ設定	Sinc フィルタ選択	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4
	Sinc フィルタゲイン補正値	1.516082888 0x00610780	1.516082888 0x00610780	1.005762694 0x00405E6A	1.347915735 0x00564440

表 5-11 AC 励起計測の DSAD0 設定 3

計測レート 100SPS

項目		設定			
A/D 値平均数/チャネル		1	4	16	32
ΔΣA/D 変換設定	A/D 変換回数	1	5	21	33
	前段オーバサンプリング比	256	256	256	256
	後段オーバサンプリング比	18	9	3	2
デジタルフィルタ設定	Sinc フィルタ選択	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4
	Sinc フィルタゲイン補正値	1.248590154 0x004FE8E6	1.248590154 0x004FE8E6	1.580246914 0x006522C3	1 0x00400000

表 5-12 AC 励起計測の DSAD0 設定 4

計測レート 1000SPS

項目		設定			
A/D 値平均数/チャネル		1	4	16	32
ΔΣA/D 変換設定	A/D 変換回数	1	4	24	53
	前段オーバサンプリング比	256	224	64	32
	後段オーバサンプリング比	2	1	1	1
デジタルフィルタ設定	Sinc フィルタ選択	Sinc5+Sinc1	Sinc5+Sinc1	Sinc5+Sinc1	Sinc5+Sinc1
	Sinc フィルタゲイン補正値	1 0x00400000	1.949663831 0x007CC74A	1 0x00400000	1 0x00400000

表 5-13 通常計測の DSAD0 設定

項目		設定			
計測レート		3.8147SPS	10SPS	100SPS	1000SPS
ΔΣA/D 変換設定	前段オーバサンプリング比	256	256	256	256
	後段オーバサンプリング比	4096	1562	156	15
デジタルフィルタ設定	Sinc フィルタ選択	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4	Sinc4+Sinc4
	Sinc フィルタゲイン補正値	1 0x00400000	1.477629985 0x005E917D	1.813015331 0x00740871	1.294538272 0x0052D9B7

表 5-14 DTC の設定

項目			設定
基本設定	転送情報リードスキップ		許可する
	アドレスモード		ショートアドレスモード(24 ビット)
	DTC ベクタベースアドレス		0x00007C00(デフォルト値)
起動要因設定	起動要因		DSAD0(ADI0)
	チェーン転送		使用しない
転送モード設定			リピート転送
転送データサイズ設定			32 ビット
割り込み設定			指定されたデータ転送終了時、CPU への割り込みが禁止
ブロック/リピート領域設定			転送先
転送アドレスとカウント設定		転送元アドレス	0x000A1070 (DSAD0.DR) アドレス固定
		転送先アドレス	(プログラムで設定) アドレスインクリメント
		転送回数	（プログラムで設定）

5.2.2　通信

QE for AFE との通信に SCI1、DMAC1、DMAC3、CMT0 を使用します。以降に各周辺機能の設定を示します。

表 5-15 SCI1 の設定

調歩同期式モード
作業モード: 送信/受信

項目		設定
スタートビット検出設定		RXD1 端子の立ち下がりエッジ
データ・ビット長		8 ビット
パリティ設定		禁止
ストップビット設定		1 ビット
データ転送方向設定		LSB ファースト
転送速度設定	転送クロック	内部クロック
	ビットレート	4Mbps
	ビットレートモジュレーション機能	使用しない
	SCK1 端子機能	SCK1 を使用しない
ノイズフィルタ設定		使用しない
ハードウェアフロー制御設定		CTS1#
データ処理設定	送信データ処理	DMAC で処理する
	受信データ処理	DMAC で処理する
割り込み設定	受信エラー割り込み許可	しない
	TXI1, RXI1, TEI1, ERI1 優先順位	レベル 0(割り込み禁止)
コールバック機能設定		なし

表 5-16 DMAC の設定

項目		設定	
		DMAC1	DMAC3
転送設定	起動要因	SCI1 (RXI1)	SCI1 (TXI1)
	起動要因フラグ制御	起動要因フラグをクリアする	
	転送モード	フリーランニングモード	ノーマルモード
	転送データサイズ	8 ビット	
	転送回数/リピートサイズ/ブロックサイズ	-	（実行時に設定）
転送元アドレス設定	転送元アドレス	0x0008A025(SCI1.RDR) アドレス固定	（実行時に設定） インクリメント
	転送元アドレスに拡張リピートエリアを設定する	-	有効
	拡張リピートエリア		当該アドレスの下位 9 ビット (512 バイト)
転送先アドレス設定	転送先アドレス	(プログラムで設定) インクリメント	0x0008A023(SCI1.TDR) アドレス固定
	転送先アドレスに拡張リピートエリアを設定する	有効	-
	拡張リピートエリア	当該アドレスの下位 9 ビット (512 バイト)	
割り込み設定		割り込み許可しない	

表 5-17 CMT0 の設定

項目		設定
クロック設定		PCLKB/512
コンペアマッチ設定	インターバル時間	1000ms
	コンペアマッチ割り込みを許可(CMI0)	許可 優先順位：レベル 0(割り込み禁止)

5.2.3　LED とスイッチ

LED の点灯・消灯に P70~P73 を使用します。点滅周期に CMT1 を使用します。

また、SW1, SW2, SW3 の状態取得に PE1~PE4 を使用します。

PORT の設定を表 5-18 に、CMT1 の設定を表 5-19 に示します。

表 5-18 PORT の設定

項目	設定							
ポート選択	PORT7				PORTE			
使用ポート	P70	P71	P72	P73	PE1	PE2	PE3	PE4
設定	出力 CMOS 出力 1 を出力				入力			

表 5-19 CMT1 の設定

項目		設定
クロック設定		PCLK/512
コンペアマッチ設定	インターバル時間	250ms
	コンペアマッチ割り込みを許可(CMI1)	許可 優先順位：レベル 0(割り込み禁止)

5.2.4　E2 データフラッシュ

設定パラメータを保持するために E2 データフラッシュを使用します。E2 データフラッシュへのアクセスには FIT フラッシュモジュールを使用します。

表 5-20 FIT フラッシュモジュールの設定

項目	設定
Parameter check	Enable parameter checks
Enable code flash programming	Only data flash
Enable BGO/Non-blocking data flash operation	Forces data flash API function to block until completed.
Enable BGO/Non-blocking code flash operation	Forces ROM API function to block until completed.
Enable code flash self-programming	Programming code flash while executing in RAM.

5.3　プログラム構成

5.3.1　ソースファイル構成

表 5-21 ファイル構成

フォルダ名、ファイル名	説明
src	
├ smc_gen	Smart Configurator 生成
│ ├ Config_AFE	
│ ├ Config_CMT0	
│ ├ Config_CMT1	
│ ├ Config_DMAC1	
│ ├ Config_DMAC3	
│ ├ Config_DSAD0	
│ ├ Config_DTC	
│ ├ Config_ELC	
│ ├ Config_MTU3_MTU4	
│ ├ Config_PORT	
│ ├ Config_SCI1	
│ ├ general	
│ ├ r_bsp	
│ ├ r_config	
│ ├ r_flash_rx	
│ └ r_pincfg	
├ acx_cfg.h	各初期値定義
├ main.c	メイン関数
├ r_calc_api.c	各種演算
├ r_calc_api.h	
├ r_led_api.c	LED 操作
├ r_led_api.h	
├ r_loadcell_api.h	ロードセル重量換算処理
├ r_loadcell_api.c	
├ r_loadcell_cfg.h	
├ r_qe_api.c	QE for AFE 通信モジュール
├ r_qe_api_user.c	
├ r_qe_api.h	
├ r_qe_cfg.h	
├ r_qe_cfg_typedef.h	
├ r_qe_packet.h	
├ r_qe_sc_if.h	
├ r_ring_buffer_control_api.c	
└ r_ring_buffer_control_api.h	

5.3.2　マクロ定義

表 5-22 acx_cfg.h 定義一覧

定義名	値	説明
D_CFG_MES_RATE	1	計測レート選択初期値 0: 3.8147SPS（262.144ms 周期） 1: 10SPS（100ms 周期） 2: 100SPS（10ms 周期） 3: 100SPS（1ms 周期）
D_CFG_ACX_INDEX_DSAD	0	AC 励起計測のチャネル当たり A/D 値平均数選択初期値 0: 1 1: 4 2: 16 3: 32
D_CFG_DSAD_PGA	0x17	PGA ゲイン設定初期値
D_CFG_ZERORESET_AVERAGE_NUM	8	ゼロリセット重量平均回数
D_CFG_CALIBRATION_AVERAGE_NUM	128	キャリブレーション時 A/D 値平均回数
D_CFG_CALIBRATION_DELAY	5.0F	キャリブレーション開始遅延時間[s]
D_CFG_MOVINGAVERAGE_NUM	8	重量計測時 A/D 値移動平均数
D_CFG_ACX_DSAD_PRM_DEFAULT0	表 5-9	AC 励起計測 DSAD0 パラメータ
D_CFG_ACX_DSAD_PRM_DEFAULT1	表 5-10	
D_CFG_ACX_DSAD_PRM_DEFAULT2	表 5-11	
D_CFG_ACX_DSAD_PRM_DEFAULT3	表 5-12	
D_CFG_NORMAL_DSAD_PRM_DEFAULT	表 5-13	通常計測 DSAD0 パラメータ

表 5-23 r_loadcell_cfg.h 定義一覧

定義名	値	説明
D_LC_CFG_PGA_GAIN	128.0F	PGA 初期ゲイン
D_LC_CFG_DSADRES	24	DSAD0 ビット数
D_LC_CFG_VREF	5.0F	DSAD0 A/D 変換基準電圧[V]
D_LC_CFG_VCC	5.0F	ロードセル印加電圧[V]
D_LC_CFG_RO	0.002F	定格出力 RO[V/V]
D_LC_CFG_MMAX	2000.0F	定格荷重 MMAX[g]

表 5-24 r_qe_cfg.h 設定一覧

定義名	値	説明
D_QE_CFG_TX_RINGBUF_SIZE	512U	送信リングバッファサイズ [byte]
D_QE_CFG_RX_RINGBUF_SIZE	512U	受信リングバッファサイズ [byte]
D_QE_CFG_FORMAT_REV	3	通信仕様リビジョン
D_QE_CFG_READ	1	レジスタ読み出し許可
D_QE_CFG_WRITE	1	レジスタ書き込み許可
D_QE_CFG_USER_VAL0	1	User Value 使用設定 0: 不使用 1: 使用
D_QE_CFG_USER_VAL1	1	
D_QE_CFG_USER_VAL2	1	
D_QE_CFG_USER_VAL3	1	
D_QE_CFG_USER_VAL4	1	
D_QE_CFG_USER_VAL5	0	
D_QE_CFG_USER_VAL6	0	
D_QE_CFG_USER_VAL7	0	
D_QE_CFG_EX_SPS	1	SPS 情報サポート 0: しない 1: する
D_QE_CFG_EX_USER_BTN0	1	User Button 使用設定 0: 不使用 1: 使用
D_QE_CFG_EX_USER_BTN1	0	
D_QE_CFG_EX_USER_BTN2	0	
D_QE_CFG_EX_USER_BTN3	0	
D_QE_CFG_EX_USER_BTN4	0	
D_QE_CFG_EX_USER_BTN5	0	
D_QE_CFG_EX_USER_BTN6	0	
D_QE_CFG_EX_USER_BTN7	0	
D_QE_CFG_CH0	0x3	データ送信 CH 使用設定 0x3: 計測値送信 0x0: 不使用
D_QE_CFG_CH1	0x0	
D_QE_CFG_CH2	0x0	
D_QE_CFG_CH3	0x0	
D_QE_CFG_CH4	0x0	
D_QE_CFG_CH5	0x0	
D_QE_CFG_CH6	0x0	
D_QE_CFG_CH7	0x0	
D_QE_CFG_CH8	0x0	
D_QE_CFG_CH9	0x0	
D_QE_CFG_CH10	0x0	
D_QE_CFG_CH11	0x0	
D_QE_CFG_CH12	0x0	
D_QE_CFG_CH13	0x0	
D_QE_CFG_CH14	0x0	
D_QE_CFG_CH15	0x0	
D_QE_CFG_TXT_INFO	"RX23E-B AC excitation loadcell measurement"	プログラム情報
D_QE_CFG_TXERRCHK_EN	1	送信エラー検出有効
D_QE_CFG_TIMEOUT	0	タイムアウトでエラーを検出
D_QE_CFG_SCI	1	通信に使用する SCI 番号
D_QE_CFG_DMAC_RX	1	受信処理 DMAC チャネル
D_QE_CFG_DMAC_TX	3	送信処理 DMAC チャネル
D_QE_CFG_CMT	0	タイムアウト検出用 CMT 番号

5.3.3　構造体・共用体・列挙型

表 5-25 main.c 一覧

構造体型名	st_acx_dsad_prm_t		
説明	AC 励起計測パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	samples	A/D 値平均数/チャネル
	uint32_t	posi_start	正極 A/D 値配列インデックス
	uint32_t	nega_start	負極 A/D 値配列インデックス
	st_dsad0_prm_acx_t	prm	DSAD0 設定パラメータ
構造体型名	st_e2df_data_t		
説明	データフラッシュに格納する計測条件パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	index_rate	計測周期選択: 0 ~ 3
	uint32_t	acx_index_dsad	AC 励起計測 A/D 値平均数/チャネル選択: 0 ~ 3
	st_acx_dsad_prm_t	acx_dsad_prm [D_MES_RATE_INDEXES] [D_ACX_DSAD_SAMPLES_INDEXES]	AC 励起計測パラメータ配列
	st_lc_coef_t	coef_acx [D_MES_RATE_INDEXES] [D_ACX_DSAD_SAMPLES_INDEXES]	AC 励起計測用重量変換係数配列
	st_lc_coef_t	coef_normal[D_MES_RATE_INDEXES]	通常計測用重量変換係数配列
	uint32_t	calibration_average_num	キャリブレーション時 A/D 値平均回数
	uint32_t	zeroreset_average_num	ゼロリセット時重量平均回数
	uint8_t	pga	DSAD0 PGA ゲイン設定値

表 5-26 r_calc_api.h 一覧

構造体型名	st_calc_moveavg_data_t		
説明	移動平均処理パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	int32_t	count	取得データ数
	float	sumdata	取得データ合計値
	float *	p_deldata	取得データ格納配列へのポインタ
	int32_t	avgnum	移動平均数
構造体型名	st_calc_average_data_t		
説明	平均処理パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	num	平均数
	uint32_t	count	取得データ数
	float	sum	取得データ合計値

表 5-27 r_loadcell_api.h 一覧

構造体型名	st_lc_coef_t		
説明	重量換算係数		
メンバ	型	名称	説明
	float	a	係数 a（傾き）
	float	b	係数 b（切片）
構造体型名	st_calc_average_data_t		
説明	重量換算キャリブレーションパラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	float	weight[2]	計測時重量（2 点）
	float	adval[2]	取得 A/D 値（2 点）

表 5-28 r_qe_cfg_typedef.h ユーザ拡張一覧

列挙型名	e_processing_mode_t		
説明	内部処理モード		
メンバ	名称	値	説明
	E_MEASUREMENT	0	計測
	E_CALIBRATION	1	キャリブレーション
	E_IDLE	-1	待機
	E_INITIAL	E_IDLE	初期モード
構造体型名	st_qe_api_t		
説明	QE for AFE 通信モジュールパラメータ（ユーザ拡張部のみ記載）		
メンバ	型	名称	説明
	e_processing_mode_t	opemode	内部動作モード
	float	user_value	QE for AFE: Value x 受信値
	union	user_flags	ユーザ定義フラグ
	uint8_t	flags	8 ビットフラグ
	struct	bit	フラグの各ビット割当
	uint8_t:1	zeroreset	ゼロリセット要求
	uint8_t:1	zeroreset_num	ゼロリセット平均回数変更要求
	uint8_t:1	cal_average_num	キャリブレーション時平均回数変更要求
	uint8_t:1	rate	計測レート指定変更要求
	uint8_t:1	moving_average	計測時移動平均数変更要求
	uint8_t:1	dsad_count	AC 励起時チャネル内平均数変更要求
	uint8_t:1	register_write	レジスタ設定変更要求

表 5-29 Config_DSAD0.h ユーザ定義一覧

構造体型名	st_dsad0_prm_acx_t		
説明	AC 励起計測 DSAD0 設定パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	uint16_t	cnt_posi	正極チャネル A/D 変換回数
	uint16_t	cnt_nega	負極チャネル A/D 変換回数
	uint32_t	osr	OSRm レジスタ設定値
	uint32_t	sgcr	SGCRm レジスタ設定値
	uint8_t	fsel	MRm レジスタ FSEL ビット設定値
構造体型名	st_dsad0_prm_normal_t		
説明	通常計測 DSAD0 設定パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	osr	OSRm レジスタ設定値
	uint32_t	sgcr	SGCRm レジスタ設定値
	uint8_t	fsel	MRm レジスタ FSEL ビット設定値
	uint8_t	cvmd	MR レジスタ CMVM ビット設定値

5.3.4　関数一覧

表 5-30 main.c

関数名	**main**			
説明	main 関数			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	void	-	

表 5-31 r_calc_api

関数名	**R_CALC_MovingAverage**			
説明	指定された移動平均数の平均値を算出			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	const float	data	入力値
	I/O	st_calc_moveavg_data_t *	p_cal_moveavg	移動平均処理パラメータへのポインタ
戻り値	O	float	移動平均値	
関数名	**R_CALC_MovingAverageReset**			
説明	移動平均処理パラメータのリセット			
引数	I/O	型	名称	説明
	I/O	st_calc_moveavg_data_t *	p_cal_moveavg	移動平均処理パラメータへのポインタ
	I	int32_t	average_num	移動平均数
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_CALC_Average**			
説明	指定された平均回数の平均値を算出			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	float	input	入力値
	I/O	st_calc_average_data_t *	average	平均処理パラメータへのポインタ
	O	float *	result	平均結果格納先へのポインタ
戻り値	O	bool	true: 平均処理終了 false: 未終了	
関数名	**R_CALC_AverageInit**			
説明	平均処理パラメータの初期化			
引数	I/O	型	名称	説明
	I/O	st_calc_average_data_t *	average	平均処理パラメータへのポインタ
	I	uint32_t	num	平均回数
戻り値	-	void	-	

表 5-32 r_led_api

関数名	**R_LED0_ON**			
説明	LED0 の点灯・消灯・点滅を指定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	bool	flag	true: 点灯 false: 消灯
	I	int32_t	count	点滅回数 0: 点滅無し >0: 点滅回数 -1: 回数指定なし点滅
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_LED_BlinkControl**			
説明	LED の点滅処理			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_LED0_IsBlink**			
説明	LED0 が点滅中であるかを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: 点滅中 false: 点滅でない	

表 5-33 r_loadcell_api

関数名	**R_LC_DsadToWeight**			
説明	A/D 値から重量換算係数を使用して重量へ換算			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	float	dsad	A/D 値
	I	st_lc_coef_t *	coef	重量換算係数へのポインタ
戻り値	O	float	重量	
関数名	**R_LC_CalcCoef**			
説明	重量換算係数の算出			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	st_lc_calibration_data_t *	prm	重量換算キャリブレーションパラメータへのポインタ
	O	st_lc_coef_t *	coef	重量換算係数へのポインタ
戻り値	O	bool	true: 成功 false: 失敗	

表 5-34 r_qe_api_user.c ユーザ定義処理

ユーザ処理のみ記載

関数名	**r_QE_NegotiationUser**
説明	LED1 を消灯
関数名	**r_QE_WriteUser**
説明	opemode が E_IDLE であれば受け付け、flags.register_write をセット
関数名	**r_QE_RunUser**
説明	opemode が E_IDLE であれば受け付け、opemode を E_MEASUREMENT に設定
関数名	**r_QE_StopUser**
説明	opemode を E_IDLE に設定
関数名	**r_QE_UserValueUser** 【注】
説明	各 User Value No.ごとに受付可否判断を行い、受け付ける場合は対応するフラグまたは opemode をセットし、受信値を user_value に格納
関数名	**r_QE_ExUseButtonStatusUser** 【注】
説明	各 Button No.ごとに受付可否判断を行い、受け付ける場合は対応するフラグをセット
関数名	**r_QE_ResetUser**
説明	opemode を E_IDLE に設定し、LED1 を点灯

【注】 対応する QE for AFE の各機能については表 1-1 参照

表 5-35 Config_CMT1 ユーザ定義関数一覧

関数名	**R_CMT1_IsCompareMatch**			
説明	CMT1 コンペアマッチを検出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: コンペアマッチ発生 false: コンペアマッチ未発生	

表 5-36 Config_DSAD0 ユーザ定義関数 (1/2)

関数名	**R_Config_DSAD0_Set_SoftwareTrigger**			
説明	ソフトウェアトリガのセット			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_Config_DSAD0_CHnEN**			
説明	A/D 変換対象チャネルの指定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint8_t	channel	有効にするチャネルを対応するビットで指定 1: 有効 0: 無効
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_Config_DSAD0_ACXSetParam**			
説明	AC 励起計測 DSAD0 パラメータの設定、設定先はチャネル 0,1			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	st_dsad0_prm_acx_t *	prm	AC 励起計測 DSAD 設定パラメータへのポインタ
戻り値	-	void	-	

表 5-37 Config_DSAD0 ユーザ定義関数 (2/2)

関数名	**R_Config_DSAD0_NORMALSetParam**			
説明	通常計測 DSAD0 パラメータの設定、設定先は CH2			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	st_dsad0_prm_normal_t *	prm	AC 励起計測 DSAD0 設定パラメータへのポインタ
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_Config_DSAD0_SetPGA**			
説明	PGA ゲインの設定、設定先は CH0,CH1,CH2			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint8_t	prm	CRm.GAIN への設定値
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_Config_DSAD0_SetSingleScan**			
説明	スキャンモードの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	bool	flag	true: シングルスキャン false: 連続スキャン
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_DSAD0_IsSCANEND**			
説明	SCANEND0 の検出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: 検出 false: 未検出	
関数名	**R_DSAD0_IsCHCHG**			
説明	CHCHG0 の検出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: 検出 false: 未検出	
関数名	**R_DSAD0_IsADI**			
説明	ADI0 の検出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_DSAD0_GetPGA0**			
説明	CR0.GAIN 設定値の取得（マクロ関数）			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	uint32_t	CR0.GAIN 設定値	
関数名	**R_DSAD0_ConvSignedValue**			
説明	符号付き A/D 値の取得（マクロ関数）			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	val	DR レジスタ取得値
戻り値	O	int32_t	符号付き A/D 値	

表 5-38 Config_PORT ユーザ定義関数

関数名	**R_Config_PORT_LED0_ON** **R_Config_PORT_LED1_ON** **R_Config_PORT_LED2_ON** **R_Config_PORT_LED3_ON**			
説明	各 LED の点灯・消灯			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	bool	flag	true: 点灯 false: 消灯
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_Config_PORT_LED0_Blink** **R_Config_PORT_LED1_Blink** **R_Config_PORT_LED2_Blink** **R_Config_PORT_LED3_Blink**			
説明	各 LED の点灯・消灯の反転			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	**R_PORT_LED0_IsON** **R_PORT_LED1_IsON** **R_PORT_LED2_IsON** **R_PORT_LED3_IsON**			
説明	各 LED の点灯・消灯を取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: 点灯 false: 消灯	
関数名	**R_PORT_GetSW1_ON** **R_PORT_GetSW2_ON** **R_PORT_GetSW3_1_ON** **R_PORT_GetSW3_2_ON**			
説明	各スイッチの状態を取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: pressing false: releasing	

6.　プロジェクトをインポートする方法

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

6.1　e² studio での手順

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

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

図 6-1　プロジェクトを e² studio にインポートする方法

6.2　CS+での手順

CS+でご使用になる際は、下記の手順で CS+にインポートしてください。

(使用する CS+のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

図 6-2　プロジェクトを CS+にインポートする方法

7. サンプルプログラムを使用した計測結果

7.1 使用メモリと実行サイクル数

7.1.1 ビルド条件

サンプルプログラムのビルド条件を表 7-1 に示します。

表 7-1 ビルド条件

項目		設定
Compiler		-isa=rxv2 -fpu -utf8 -nomessage -output=obj -obj_path=${workspace_loc:/${ProjName}/${ConfigName}} -debug -outcode=utf8 -nologo
Linker		-noprelink -output="rx23eb_acx.abs" -form=absolute -nomessage -vect=_undefined_interrupt_source_isr -list=rx23eb_acx.map -show=all -nooptimize -rom=D=R,D_1=R_1,D_2=R_2 -cpu=RAM=00000000-00007fff,FIX=00080000-00083fff, FIX=00086000-00087fff,FIX=00088000-0008dfff,FIX=00090000-0009ffff, FIX=000a0000-000bffff,FIX=000c0000-000fffff,ROM=00100000-00101fff, FIX=007fc000-007fc4ff,FIX=007ffc00-007fffff,ROM=fffc0000-ffffffff -nologo
	セクション	SU,SI,B_1,R_1,B_2,R_2,B,R/04,B_DMAC_REPEAT_AREA_1/04000, C_DATAFLASH/0100000,PResetPRG,C_1,C_2,C,C$*,D*,W*,L, P/0FFFC0000,EXCEPTVECT/0FFFFFF80,RESETVECT/0FFFFFFFC

【注】 コンパイラ設定のユーザ設定以外のインクルードパスは省略

7.1.2 使用メモリ

サンプルプログラムのメモリ使用量を表 7-2 に示します。

表 7-2 メモリ使用量

項目		サイズ [byte]	備考
ROM		14325	
	Code	11551	
	Data	2774	
E2 DataFlashROM		628	
RAM		14902 (10458)	【注】
	Data	9782	
	Stack	5120 (676)	【注】

【注】 “()”で示す RAM の使用量は Stack の使用量から算出

7.1.3 実行サイクル数と処理時間

AC 励起計測時の CPU 実行サイクル数等を表 7-3 に示します。

表 7-3 実行サイクル数・実行時間・処理負荷（AC 励起計測時）

ICLK=32MHz
計測レート: 1000SPS
チャネル内平均数: 32

項目	最大実行サイクル数（実行時間）	処理負荷 [%]	条件
A/D 値取得処理	419cycle (13.09μs)	1.309	負極 A/D 値処理
重量換算処理	110cycle (3.44μs)	0.344	移動平均数 8 ゼロリセット処理中
QE for AFE 通信処理	368cycle (11.50μs)	1.150	計測値送信時
その他	205cycle (6.41μs)	0.641	
計	1102cycle (30.09μs)	3.009	

7.2　重量計測結果

RSSKRX23E-B ボードとサンプルプログラムを使用して、表 4-3 に示すロードセルによる重量計測結果を示します。

7.2.1　計測条件

重量計測のシステム構成を図 7-1 に、計測に使用した機器および重量計測の設定を表 7-4、表 7-5 に示します。また、計測重量に対する分銅の組み合わせと、分銅の公差をそれぞれ表 7-6、表 7-7 に示します。

図 7-1 ロードセルによる重量計測の構成

表 7-4 重量計測使用機器

項目	型式	メーカー名	適用評価項目		
			精度	分解能	温度
DC Power Supply	PA14A1	ShibaSoku Co., Ltd.	✓	✓	✓
Counterweight	Stainless steel precision weight (5kg)	Murakami Koki Co., Ltd.	✓		
Precision Calibrator	PSC-350	MinebeaMitsumi Inc.		✓	✓
Temperature Chamber	SU-241	ESPEC CORP.			✓

表 7-5 重量計測設定

項目	設定		
	精度評価	分解能評価	温度評価
キャリブレーション 1	0g	0mV	
キャリブレーション 2	2000g	10mV	
キャリブレーション平均数	256		
計測レート	3.8147SPS	3.8147SPS 10SPS	3.8147SPS
AC 励起計測時チャネル内平均数	16		
計測時移動平均数	8	1	8

表 7-6 設定重量に対する分銅の組み合わせ

設定重量	分銅の組み合わせ	
250g	50g x1　200g x1	
500g	500g x1	
750g	50g x1　200g x1　500g x1	
1000g	1000g x1	
1250g	50g x1　200g x1　1000g x1	
1500g	500g x1　1000g x1	
1750g	50g x1　200g x1　500g x1	1000g x1
2000g	2000g x1	

表 7-7 分銅の公差

分銅の重量	分銅の公差
50g	±30mg
200g	±50mg
500g	±100mg
1000g	±200mg
2000g	±400mg

7.2.2　計測結果

7.2.2.1　重量計測精度評価結果

図 7-2 に AC 励起による重量計測の精度評価結果を示します。横軸に分銅の重量、縦軸に計測誤差をロードセルの定格出力 2kg で割った結果を示しています。分銅の公差内に計測重量が収まっていることから、RX23E-B を用いて十分な計測精度で重量を計測できることが確認できます。

図 7-2 重量計測誤差（周囲温度：約 25℃）

7.2.2.2　温度特性評価

校正用ひずみ発生器を用いて 0mV、5mV を入力し、-20℃~60℃まで 10℃刻みで温度を変化させ、各温度で安定した状態での 500 サンプル平均値を計測値とし、恒温槽設定温度 20℃の時の計測値と、各温度での計測値を比較しました。結果を表 7-8、図 7-3、および図 7-4 に示します。0mV 入力時は、AC 励起無効時は最大 0.207μV 変動しているのに対し、AC 励起有効時はオフセットドリフトなどがキャンセルされ、0.030μV の変動に収まっています。5mV 入力時は、AC 励起有効時にもゲインドリフトなどの AC 励起ではキャンセルできない誤差要因により、温度変化に応じて計測結果が変動していますが、AC 励起無効時 0.559μV と比較して、0.288μV と約半分程度まで計測値の変動を抑えることができています。

表 7-8 計測結果比較

項目	変動幅	
	AC 励起	通常
入力電圧：0mV	0.030μV	0.207μV
入力電圧：5mV	0.288μV	0.559μV

図 7-3 温度特性評価結果 入力電圧：0mV

図 7-4 温度特性評価結果 入力電圧：5mV

7.2.2.3　分解能評価

校正用ひずみ発生器を用いて 5mV を入力し、重量計測レート 3.8147SPS と 10SPS において、AC 励起計測と通常計測行い、1000 サンプル取得しました。結果を表 7-9、図 7-5、および図 7-6 に示します。

3.8147SPS、10SPS ともに AC 励起有効時は AC 励起無効時と比較して若干ノイズ特性が悪化しています。AC 励起有効時では低周波の誤差要因をキャンセルできますが、DSAD のチャネル切り替えに伴うセトリング時間により A/D 値を取得できない時間が発生するため、AC 励起有効時に AC 励起無効時と同じ重量計測レートにするためには OSR を低く設定しなければならず、分解能が悪化する場合があります。この対策として、AC 励起時の励起電圧極性ごとの平均数である AC 励起計測時チャネル内平均数を大きく設定することで、チャネル切り替えの発生頻度を抑えることができ、重量計測周期に対する DSAD のセトリング時間を短くすることができるため、分解能悪化を低減することができます。

表 7-9 有効分解能とノイズフリー分解能

重量計測レート	3.8147SPS		10SPS	
計測方法	AC 励起	通常	AC 励起	通常
有効分解能	0.197μVrms (20.9bit)	0.185μVrms (21.0bit)	0.322μVrms (20.2bit)	0.216μVrms (20.8bit)
ノイズフリー分解能	0.12μV (18.3bit)	0.12μV (18.3bit)	0.20μV (17.6bit)	0.14μV (18.1bit)

図 7-5 分解能評価結果 3.8147SPS（周囲温度：約 25℃）

図 7-6 分解能評価結果 10SPS（周囲温度：約 25℃）

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.0	Oct.19.23	-	初版

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、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。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

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/

© 2023 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.