

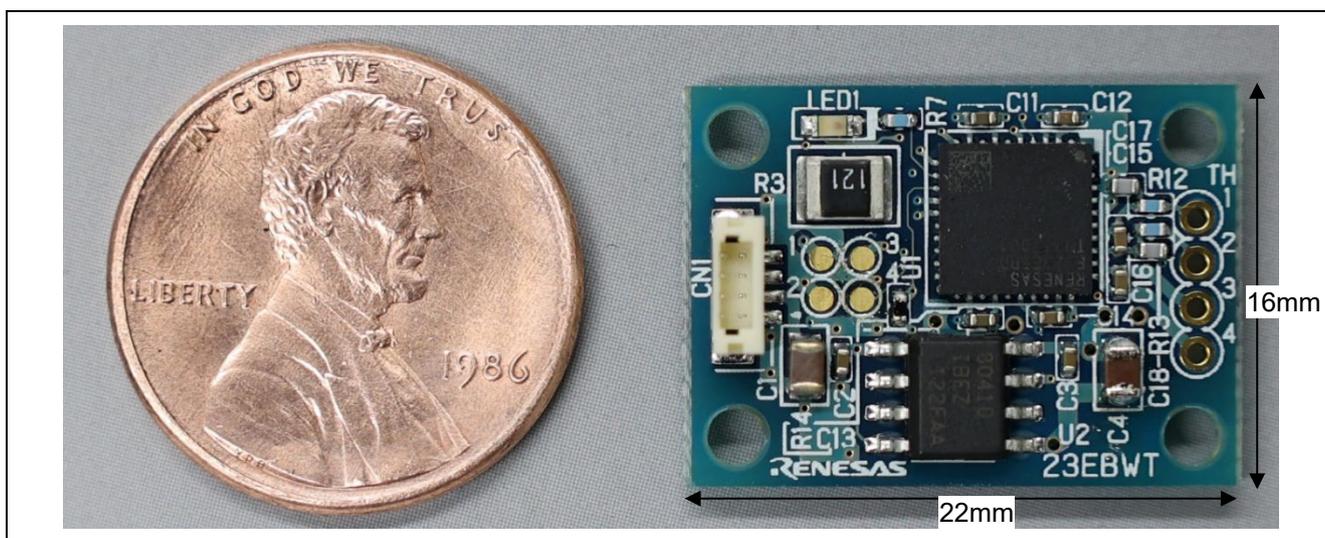
RX23E-B グループ

デジタルロードセル向け小型基板の設計と重量計測例

要旨

本書は、ルネサスマイクロコントローラ RX23E-B を使用したデジタルロードセル向けの基板 RX23E-B-QFN40-WT と、ロードセルを使用した重量計測プログラム例について説明します。

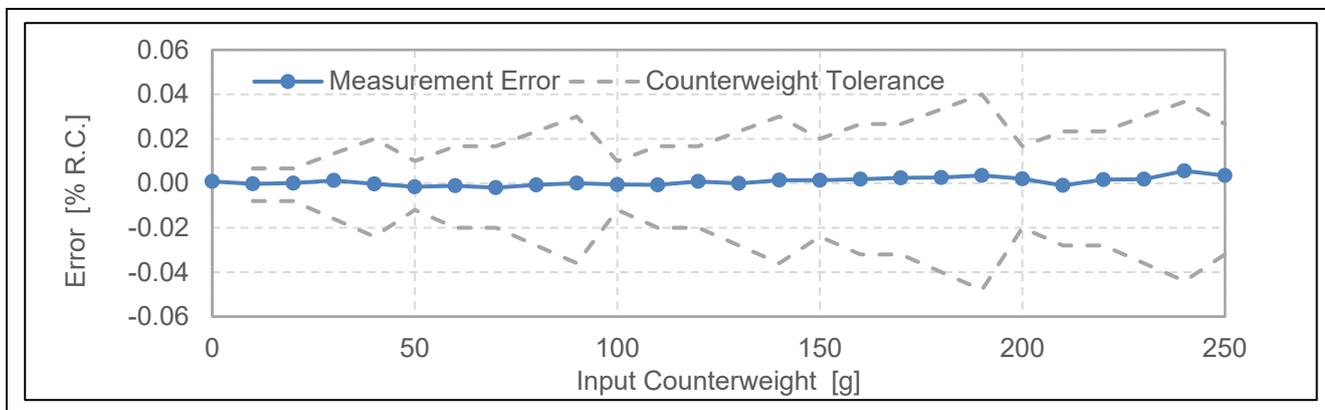
RX23E-B-QFN40-WT は、40 ピン HWQFN パッケージの AFE 内蔵 MCU RX23E-B、電源に LDO ISL80410、RS-485 ドライバに RAA788155 を使用して、デジタルロードセルへ内蔵できるよう小型化しました。本ボードで動作するサンプルプログラムを使用して、RS-485 経由で QE for AFE 又は Modbus RTU ホストプログラムで計測結果を確認することができます。



本ボードとサンプルプログラムを使用して、ロードセルで分銅の重量計測を行いました。重量計測誤差をロードセルの定格容量 300g で割った結果は下図のようになりました。

- 定格容量(R. C.) : 300g
- 定格出力(R. O.) : 0.9 mV/V ±0.1 mV/V
- 非直線性^{【注】} : 0.015 %R. O.以下
- 入力換算ノイズ : 23.8nVrms (21.6 Bits): 1.58mgrms 相当
- Peak-to-peak ノイズ : 140nV (19.1 Bits): 9.3mg 相当

【注】 分銅誤差やロードセルの非直線性を含む



動作確認デバイス

RX23E-B (R5F523E6MDF)

目次

1. 概要	4
2. パッケージ内容	6
3. 動作確認環境	6
4. 関連ドキュメント	6
5. RX23E-B-QFN40-WT	7
5.1 基板仕様	7
5.2 回路図	8
5.3 部品表	9
5.4 パターン図（部品面視）	10
6. 重量計測方法	12
6.1 ロードセル	12
6.2 重量算出手順	14
6.3 キャリブレーション	14
6.4 ゼロリセット	14
7. 通信	15
7.1 QE for AFE	15
7.2 Modbus RTU	15
7.2.1 サポートするフレームのフォーマット	16
7.2.2 データ	17
7.2.3 オペレーション	18
8. サンプルプログラム	19
8.1 動作概要	19
8.2 使用する周辺機能と端子	22
8.2.1 ロードセル計測	23
8.2.2 通信	24
8.2.3 LED	28
8.2.4 E2 Data Flash	28
8.2.5 電圧検出回路(LVD)	28
8.3 通信制御	29
8.3.1 QE for AFE 通信	29
8.3.2 Modbus RTU 通信	30
8.3.2.1 送受信処理	30
8.3.2.2 受信フレーム処理	33
8.4 プログラム構成	35
8.4.1 ソースファイル構成	35
8.4.2 ビルド設定	36
8.4.3 マクロ定義	37
8.4.4 構造体・共用体・列挙型	39

8.4.5 関数一覧	43
8.4.5.1 共通	43
8.4.5.2 QE for AFE 版	49
8.4.5.3 Modbus 版	50
9. プロジェクトをインポートする方法	53
9.1 e ² studio での手順	53
9.2 CS+での手順	54
10. Renesas Solution Starter Kit for RX23E-B ボードでの動作	55
11. サンプルプログラムを使用した計測結果	57
11.1 使用メモリと実行サイクル数	57
11.1.1 ビルド条件	57
11.1.2 使用メモリ	57
11.1.3 実行サイクル数と処理時間	58
11.2 重量計測精度評価	59
11.2.1 重量計測精度評価条件	59
11.2.2 重量計測精度評価結果	61
11.3 分解能評価	62
11.3.1 分解能評価条件	62
11.3.2 分解能評価結果	63
改訂記録	64

1. 概要

本書では、RX23E-B を搭載したロードセル小型基板 RX23E-B-QFN40-WT とロードセルを使用した重量計測例を説明します。サンプルプログラムはロードセルによる重量計測を行い、RS-485 半二重通信路を介して QE for AFE 又は Modbus ホストと通信し、計測結果の送信を行います。

本例の重量計測システム図を図 1-1 に示します。

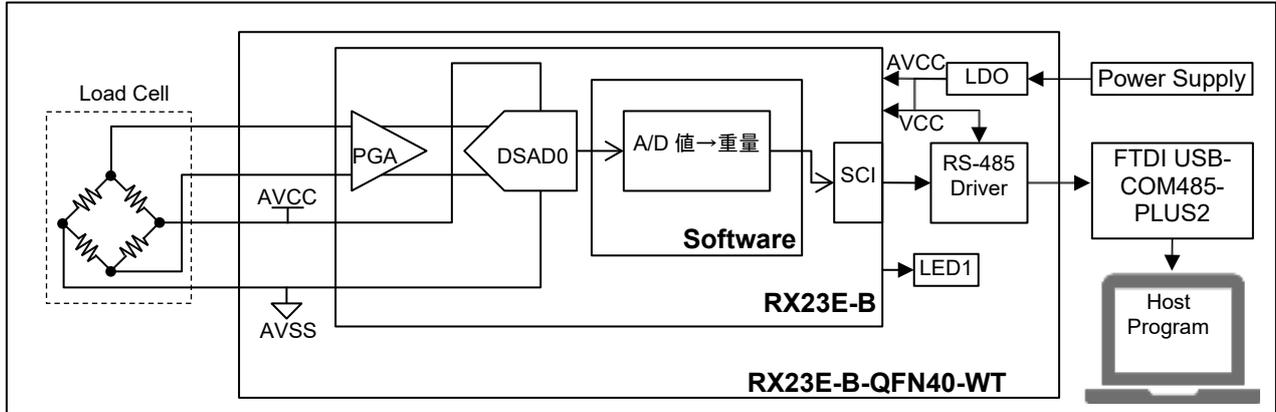


図 1-1 ロードセルを使用した重量計測システム例

本例の QE for AFE 版サンプルプログラムでは、QE for AFE のアプリケーション TAB 画面を使用して各種設定・計測・計測結果の表示を行います。また AFE 接続画面にて一部のレジスタ設定を行うことができます。操作可能項目について図 1-2、表 1-1、表 1-2 に示します。

Modbus 版サンプルプログラムでは、表 7-6 に示す Modbus の Coil または Holding register に設定することで同様の動作を行います。詳細は「7.2.3 オペレーション」を参照ください。

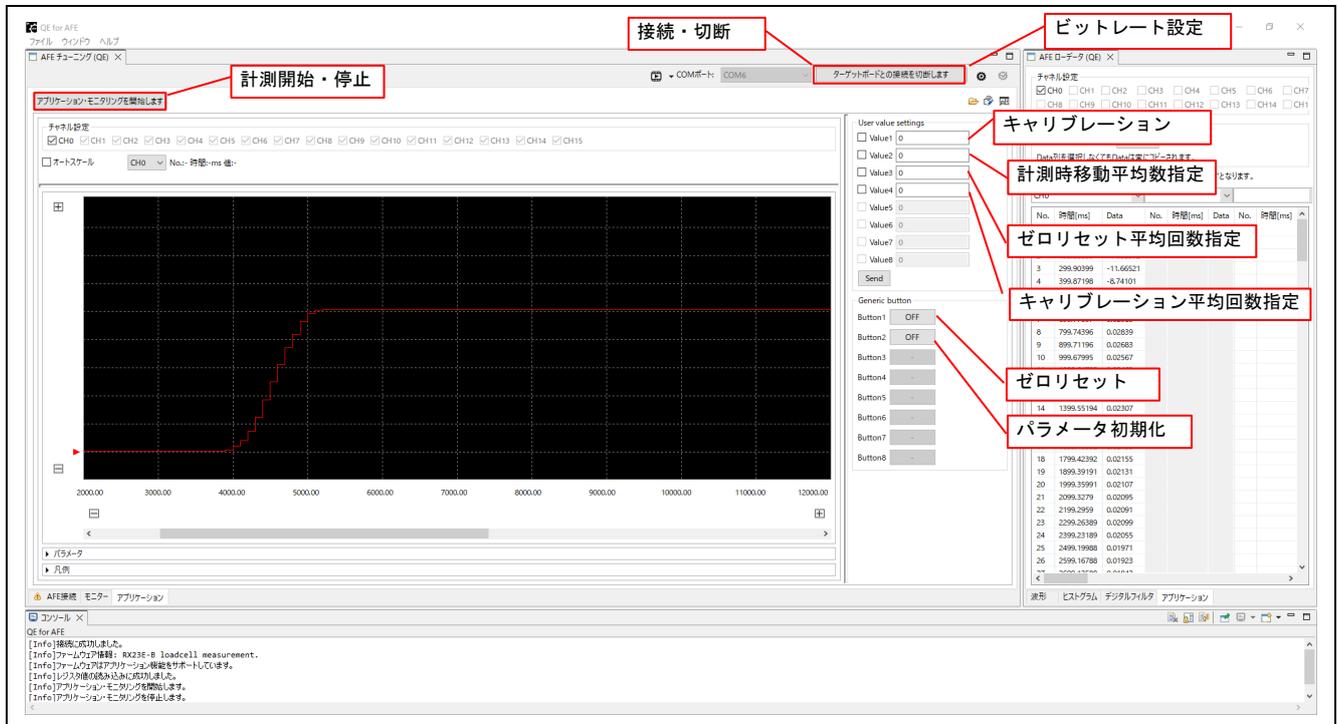


図 1-2 QE for AFE アプリケーション TAB 画面

表 1-1 QE for AFE 操作可能項目

項目	操作	補足
接続	接続・切断ボタン	
計測開始・停止	計測開始・停止ボタン	計測中 LED1 消灯
ゼロリセット	Button1	計測中のみ有効
キャリブレーション	計測重量 1 を Value1 で指定 LED1 点滅中に Value1 で計測重量 2 を指定	計測停止時有効 A/D 変換中 LED1 消灯 異常終了時 LED1 が 5 回点滅 「6.3 キャリブレーション」参照
計測時移動平均数指定	Value2: 1 ~ 128, default: 8	待機中(LED1 点灯)のみ有効
ゼロリセット平均回数指定	Value3: 1 ~ 512, default: 256	
キャリブレーション平均回数指定	Value4: 64 ~ 512, default: 256	
パラメータ初期化	Button2	

【注】 QE for AFE の通信レートを「表 7-1 通信条件」の通信レートに設定してください。
また、QE for AFE は全二重通信を前提としているため、計測停止指示時に送受信が競合し停止する場合があります。停止した場合は、ボードの電源を入れなおしてください。

表 1-2 QE for AFE レジスタ設定変更可能項目

項目	操作	補足
PGA ゲイン	CH0 の PGA ゲイン設定を変更	
オーバーサンプリング比	CH0 の OSR1,OSR2 を変更	オーバーサンプリング比の下限值は OSR1=256, OSR2=2 です。これより低い場合通信エラーとなります。
デジタルフィルタ選択	CH0 の Sinc Filter を変更	
デジタルフィルタゲイン補正	CH0 の SGCR を変更	OSR0,OSR1 の値に従って QE for AFE が算出

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。詳細は表 8-28 構造体 st_prm_t を参照ください。

表 1-3 維持パラメータ

項目	記憶数
重量変換係数	1 セット
計測時移動平均数	1
ゼロリセット平均回数	1
CR0.GAIN レジスタ値	1
MR0.FSEL レジスタ値	1
OSR0 レジスタ値	1
SGCR0 レジスタ値	1
キャリブレーション平均回数	1

2. パッケージ内容

表 2-1 パッケージ内容

ファイル・フォルダ名	説明
r01an6512jj0100-rx23e-b.pdf	本書（和文）
r01an6512ej0100-rx23e-b.pdf	本書（英文）
BoardData	RX23E-B-QFN40-WT 基板データ
rx23eb_loadcell_qe_rssk.mot	RSSKRX23E-B 用 QE for AFE 版プログラムバイナリファイル
rx23eb_loadcell_qe	QE for AFE 版サンプルプロジェクト一式
rx23eb_loadcell_modbus	Modbus 版サンプルプロジェクト一式
readme_j.txt	パッケージ説明（和文）
readme_e.txt	パッケージ説明（英文）

3. 動作確認環境

動作確認環境を表 3-1 に示します。

表 3-1 動作確認環境

項目	説明	
ボード	RX23E-B-QFN40-WT	
MCU	RX23E-B (R5F523E6MDNF) 電源電圧 (VCC, AVCC0) : 5V 動作周波数 (ICLK) : 32MHz 周辺動作周波数 (PCKKB, PCLKC) : 32MHz 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	Minebea Mitsumi Inc. BCL-300GM-C3	
RS485-USB I/F	FTDI USB-COM485-PLUS2	
Host	QE for AFE 版	Renesas QE for AFE V2.1.1
	Modbus 版	QModMaster 0.5.3-beta
IDE	Renesas e ² Studio 2023-04 Renesas Smart Configurator V23.4.0	
Tool Chain	Renesas CC-RX V3.5.0	
エミュレータ	E2 エミュレータ Lite	

4. 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
- R01AN6364 RX23E-B グループ RSSKRX23E-B ボード制御プログラム
- R12UZ0108 RSSKRX23E-B ユーザーズマニュアル

5. RX23E-B-QFN40-WT

5.1 基板仕様

表 5-1 RX23E-B-QFN40-WT 仕様

項目	仕様
MCU	R5F523E6MDNF, または R5F523E6MGNF [注]
外形寸法	22mm x 16mm
層構成	4層 積層順序: 信号-GND-電源-信号
動作電圧	推奨動作電圧: 6~12.6V 最大動作電圧: 14V
消費電流	Typ. 45mA (350Ω ロードセル接続時、計測中)
通信 I/F	RS-485, 半二重通信 最大通信速度: 1Mbps 終端抵抗: 120Ω
対応エミュレータ	Renesas E2 エミュレータ, E2 エミュレータ Lite

【注】 いずれかが実装されます。搭載 MCU を指定することはできません。

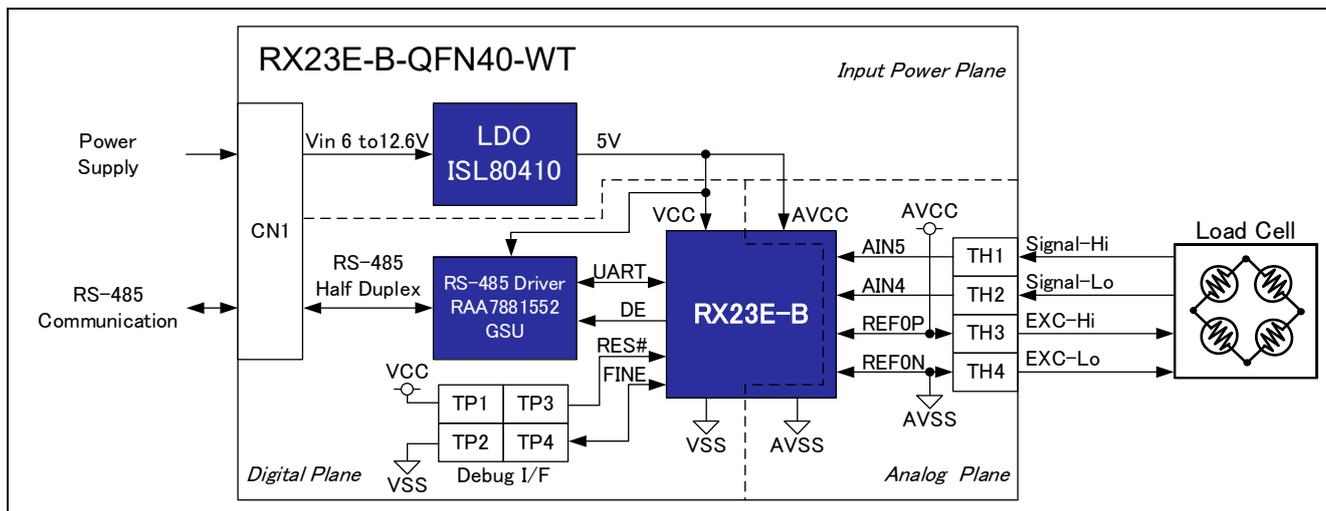


図 5-1 システム構成図

5.3 部品表

No.	Q'ty	Reference Designator	Description	Part Name	Manufacturer Part Name	Maker Name
1	1	U1	RX23E-B	IC	R5F523E6MDNF	Renesas
2	1	U2	LDO	IC	ISL80410IBEZ	Renesas
3	1	U3	RS-485 Driver	IC	RAA7881552GSU	Renesas
4	1	CN1	4pin	Connector	BM04B-SURS-TF(LF)(SN)	JST
5	2	C1,C4	10u 35V	Capacitor	GRM21BR6YA106KE43	Murata
6	9	C2,C3,C5,C11 C12,C13,C14, C15,C16	0.1u 50V	Capacitor	GRM155R71H104KE14	Murata
7	1	C6	4.7u 35V	Capacitor	GRM219R6YA475KA73	Murata
8	4	C7,C8,C9,C10	2.2u 50V	Capacitor	GRM188R61H225KE11	Murata
9	2	C17,C18	0.01u 35V	Capacitor	GRM1555CYA103GE01	Murata
10	1	D1	SCHOTTKY	Diode	RB551VM-30TE-17	Rohm
11	1	LED1	Green	LED	SML-D13FWT86	Rohm
12	1	R1	68k 1%	Resistor	RK73H1ETTP6802F	KOA
13	1	R2	22k 1%	Resistor	RK73H1ETTP2202F	KOA
14	1	R3	120 5%	Resistor	RK73B2ETTD121J	KOA
15	4	R4,R6,R10,R14	4.7k 5%	Resistor	RK73B1ETTP472J	KOA
16	3	R5,R8,R9	33 5%	Resistor	RK73B1ETTP330J	KOA
17	4	R7,R11,R12 R13	1k 1%	Resistor	RK73H1ETTP1001F	KOA

【注】 このリストは予告なしに変更される場合があります。

5.4 パターン図 (部品面視)

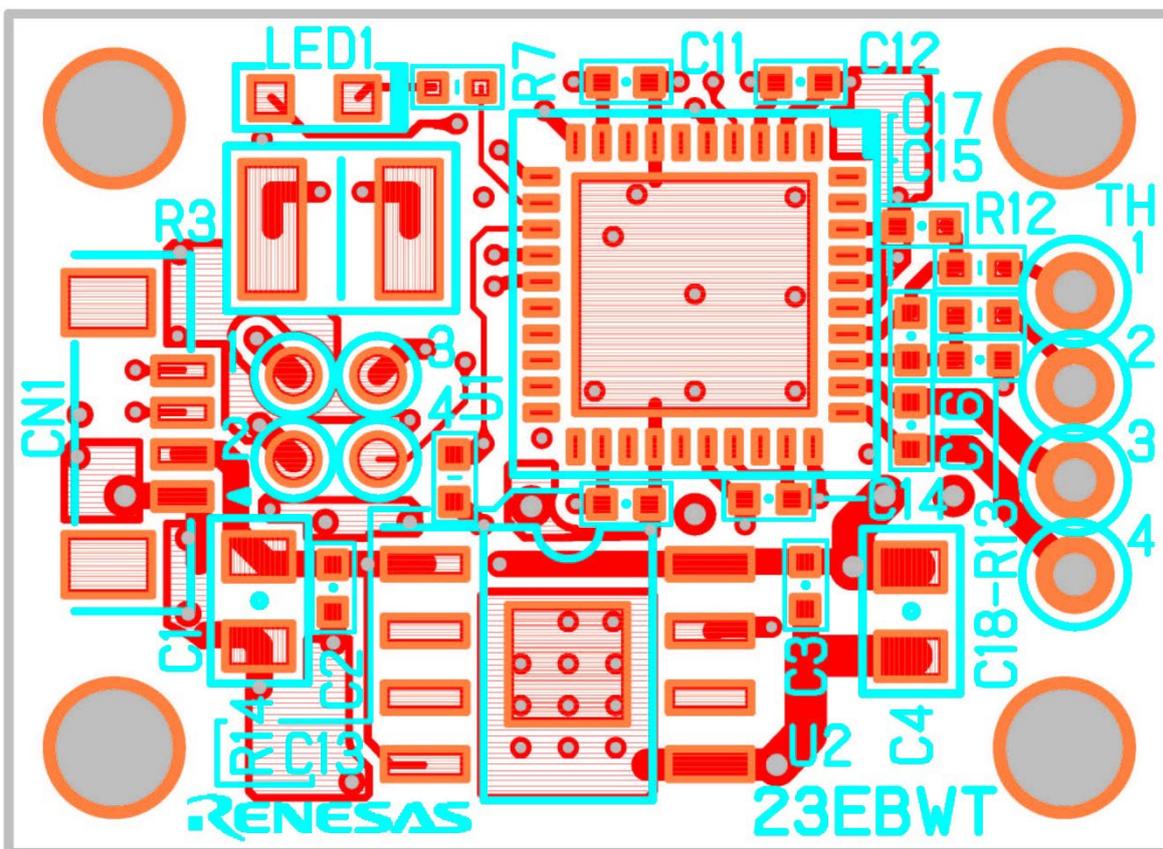


図 5-3 Layer 1

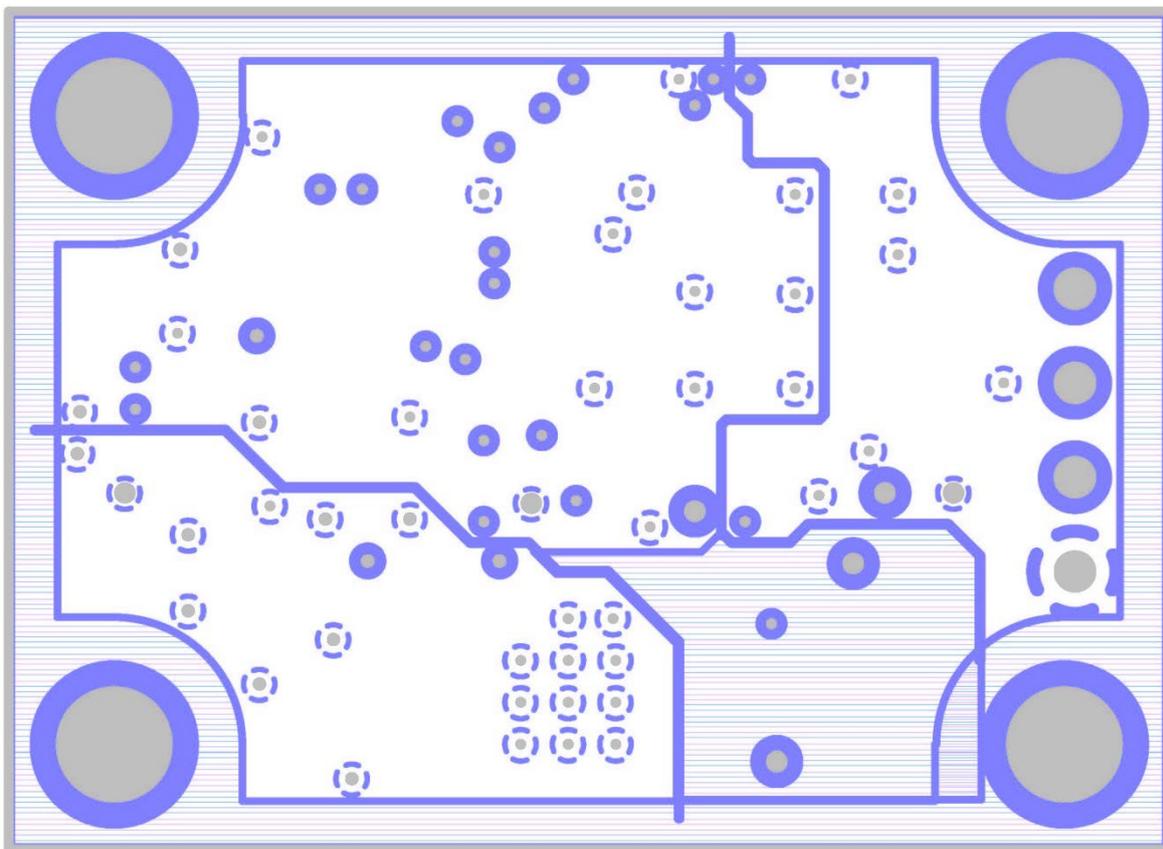


図 5-4 Layer 2

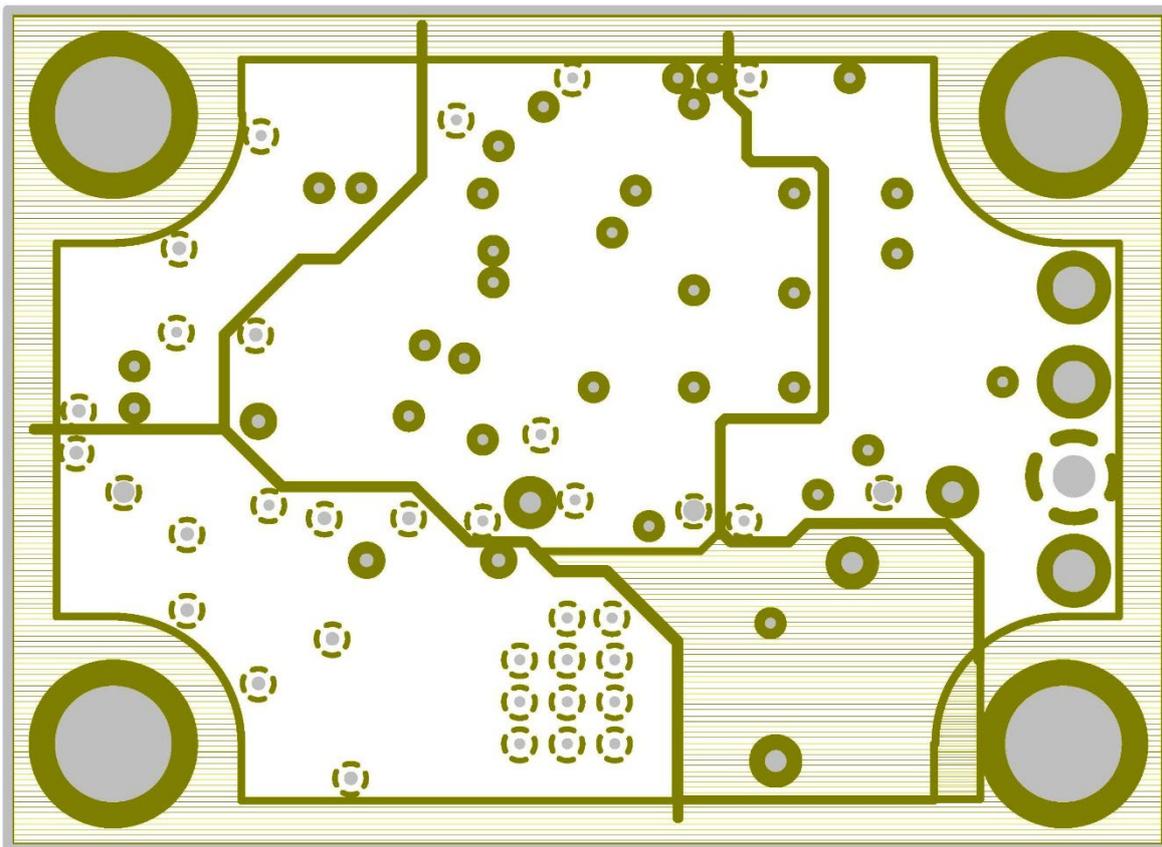


図 5-5 Layer 3

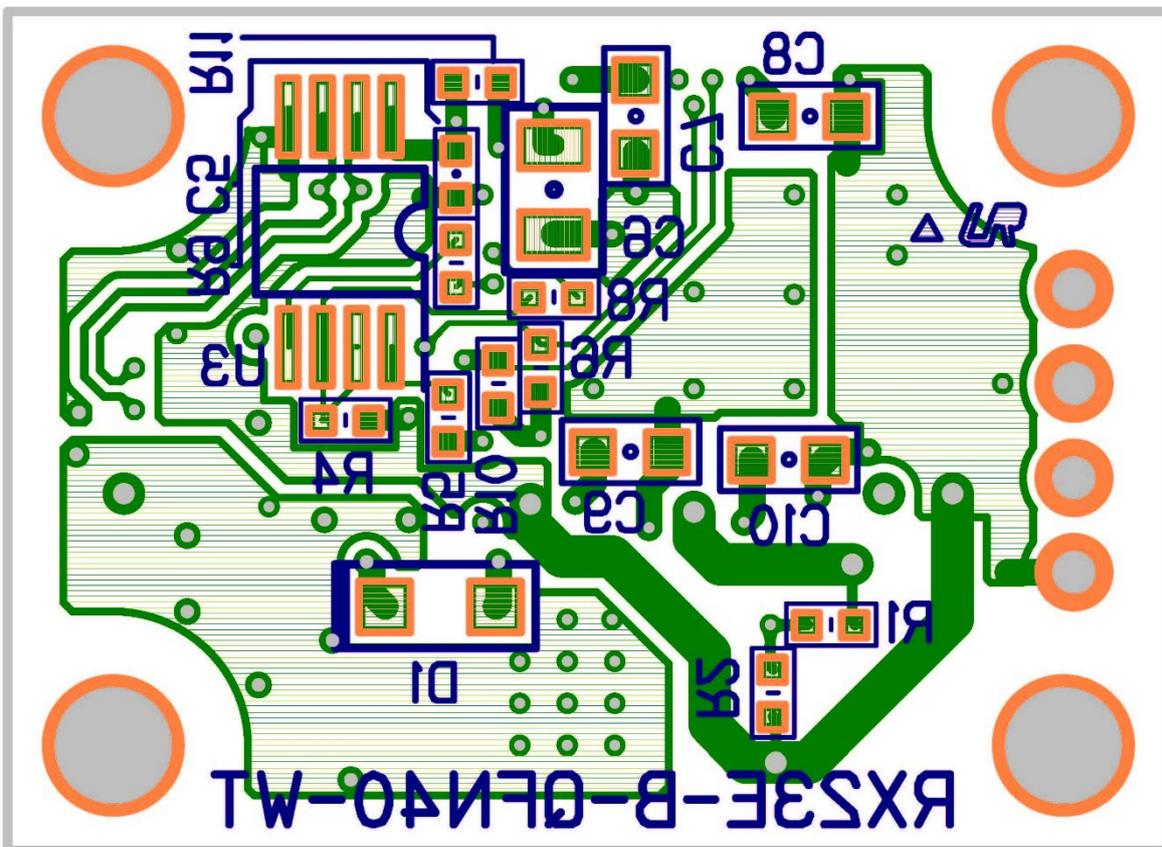


図 5-6 Layer 4

6. 重量計測方法

RX23E-B-QFN40-WT とロードセルの接続を図 6-1 に示します。

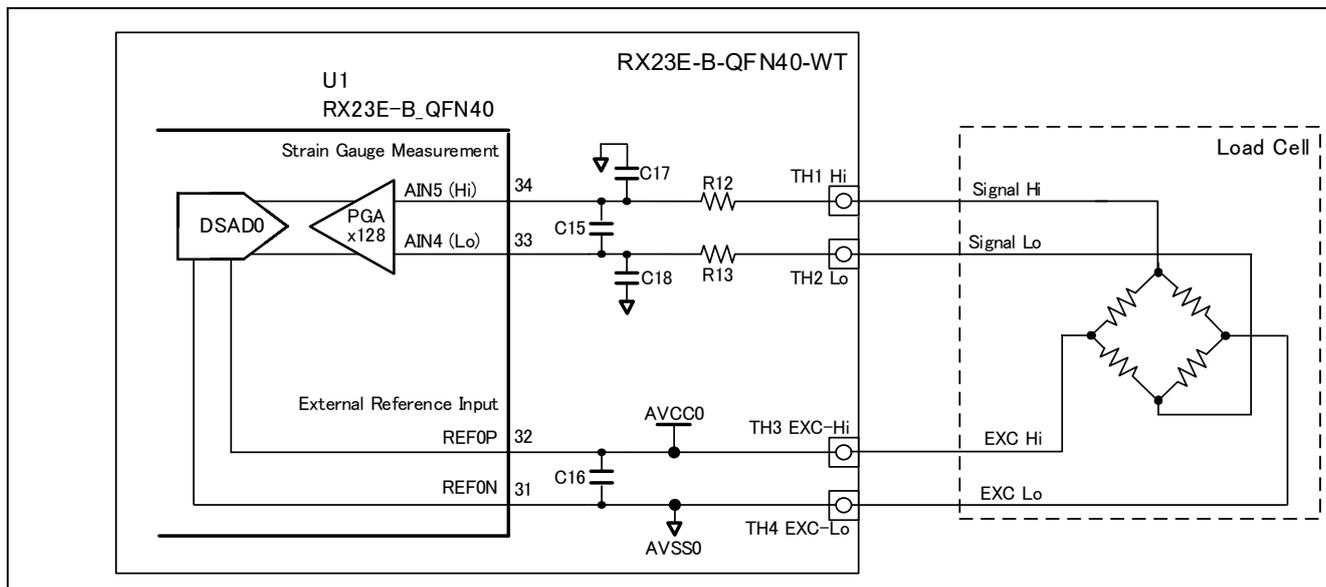


図 6-1 RX23E-B-QFN40-WT とロードセルの接続

6.1 ロードセル

本例で使用するロードセルはホイートスト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 6-1 に、印加電圧 5V の場合の仕様から求めた重量対出力電圧特性と定格出力の誤差範囲を含む重量対出力電圧特性を図 6-2 に示します。

表 6-1 ロードセル BCL-300GM-C3 (Minebea Mitsumi Inc.) 仕様抜粋

項目	値
推奨印加電圧(Recommended Excitation)	10V 以下
許容印加電圧(Maximum Excitation)	15V
定格容量(Rated Capacity)	300g
定格出力(Rated Output: R.O.)	0.9 ±0.1 mV/V
ゼロバランス(Zero Balance)	±0.04 mV/V

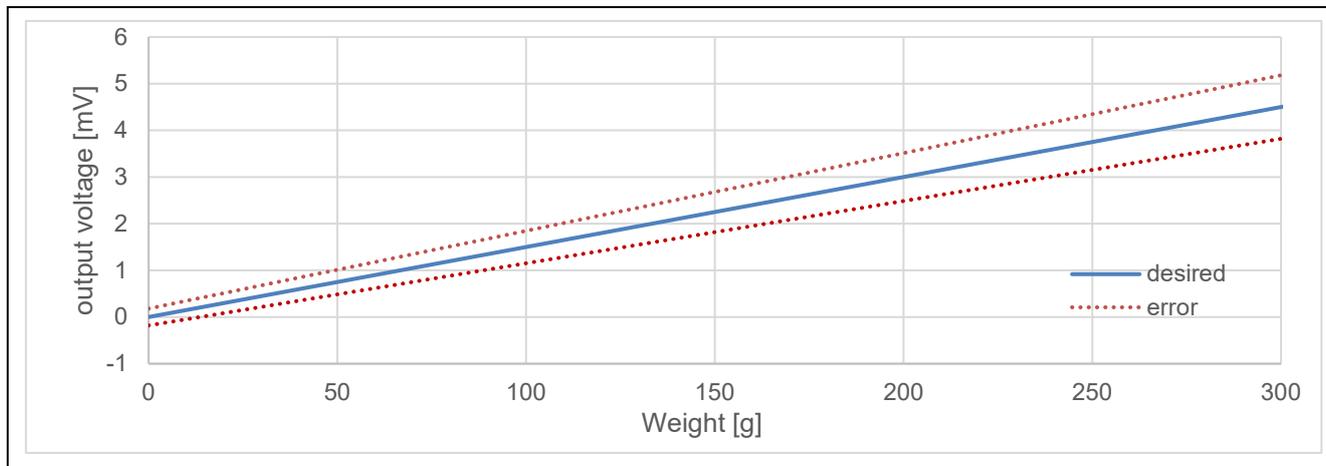


図 6-2 ロードセル BCL-300GM-C3 の重量対出力電圧特性 (印加電圧 5V)

本例では、図 6-1 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。

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

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。

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

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 6-2 に示します。DSAD0 のデジタルフィルタは、オーバサンプリング比が 2 のべき乗以外の場合に 1/2 倍から 1 倍のゲインが生じます。デジタルフィルタのゲインが 1 となるよう Sinc フィルタゲイン補正值を設定します。

表 6-2 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)
オーバサンプリング比 OSR	399872	A/D 変換値出力レート約 10SPS
Sinc フィルタゲイン補正值	1.477629984615	1/G _{DF}
DSAD0 出力形式	2's Complement	

6.2 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を取り除きます。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。

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

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。

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

6.3 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 $DATA_1$ を取得

(2) 基準 2 の重量 M_2 に対する A/D 変換値 $DATA_2$ を取得

(3) $(DATA_1, M_1)$ と $(DATA_2, M_2)$ を通る直線の係数 a 、 b を次式で算出して適用

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

6.4 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。

7. 通信

通信は RS-485 半二重通信で行います。本プログラムは通信プロトコルに QE for AFE または Modbus RTU を使用します。表 7-1 に各通信プロトコルの通信条件を示します。

表 7-1 通信条件

項目	QE for AFE	Modbus RTU
通信速度	1,000,000 bps	115,200 bps
データ長	8 ビット	
スタートビット	1 ビット	
パリティ	なし	偶数パリティ
ストップビット	1 ビット	

7.1 QE for AFE

QE for AFE の通信仕様については、アプリケーションノート「RX23E-B グループ RSKRX23E-B ボード制御プログラム」を参照ください。

【注】 QE for AFE は全二重通信を前提としているため、計測停止指示時に送受信が競合し通信エラーとなる場合があります。

7.2 Modbus RTU

動作設定および計測結果取得は Modbus RTU 通信により行います。Modbus RTU の詳細は Modbus オフィシャルサイト(<https://modbus.org/specs.php>)を参照ください。

本例では表 7-2 の条件で通信を行います。

表 7-2 Modbus RTU 通信条件

項目	条件
スレーブアドレス	H'01
サイレントインターバル	(3.5 byte 以上)
最大受信バイト間隔	(3 byte)
最大送信バイト間隔	(2 byte)
応答時間	1ms 以下
最大フレーム長	256 byte
対応 Query ファンクション	H'01: Read Coil H'02: Read Status H'03: Read Holding Register H'04: Read Input Register H'05: Write Single Coil H'06: Write Single Holding Register H'10: Write Multiple Holding Register
対応 Exception コード	H'01: Illegal function H'02: Illegal data address H'03: Illegal data H'04: Device Failure H'05: Acknowledge H'06: Device Busy

7.2.1 サポートするフレームのフォーマット

メッセージフレームのフォーマットを表 7-3 に示します。また本例で使用するファンクションコードと各ファンクションのデータフォーマットを表 7-4 に、データが単精度浮動小数点型の場合の格納順序を表 7-5 に示します。

表 7-3 Message Frame for Modbus RTU

Address	Function	Data	CRC
1 byte	1 byte	N byte	2 bytes

表 7-4 Supported Function Code and Description of Data

Supported Function Code	Type	Bytes of Data	Data								
			+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+2m-1 +2k+3	+2m +2k+4
Read Coil (H'01) Read Input Status (H'02)	query	4	Start Address		Num of read (M)						
	response	1+ Round up of (M/8)	Data bytes	Data1	Data2						Data (roundup of M/8)
Read Holding Register (H'03) Read Input Register (H'04)	query	4	Start Address		Num of read (m)						
	response	1+2m	Data bytes	Data1 Upper	Data1 Lower						Data m Upper Data m Lower
Write Single Coil (H'05) Write Single Holding Register (H'06)	query	4	Address		Data						
	response	4	Upper	Upper	Upper	Lower					
Write Multiple Holding Registers (H'10)	query	5+2k	Start Address		Num of Register (k)		Data bytes	data1		data k	
	response	4	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	
exception	response	1	Exception Code H'01: Illegal function H'02: Illegal data address H'03: Illegal data H'04: Device Failure H'05: Acknowledge H'06: Device Busy								

表 7-5 Single Precision Floating Data Format

bit	31	30	24	23	22	16	15	8	7	0
Allocation	sign	exponent		fraction						
	Upper byte			Lower byte			Upper byte		Lower byte	
	Upper 16bit						Lower 16bit			

7.2.2 データ

本例で使用するデータと配置を表 7-6 に示します。

表 7-6 Data List

Function	Address	Size	Format	Name	Description
Coil	0	2byte	uint32	Measurement	重量計測 H'0000: 停止 (default) H'FF00: 計測
	1			Calibration Step1	キャリブレーション 1 H'0000: 終了・停止 (default) H'FF00: 開始
	2			Calibration Step2	キャリブレーション 2 H'0000: 終了・停止 (default) H'FF00: 開始
	3			Zero Reset	重量計測中のゼロリセット H'0000: 終了・停止 (default) H'FF00: 処理開始
	4			Parameter Reset	Holding Register の値を初期値に設定 H'0000: 終了・停止 (default) H'FF00: リセット開始
Input Status	0	2byte	uint32	DSAD0 OVF	DSAD0 動作時の Error/Overflow フラグ
	1			DSAD0 ERR	
	2			Calibration 1 end	キャリブレーション 1 の終了通知
Input Register	0	4byte	float	Weight	計測重量
	2	4byte	int32	A/D Value	A/D 変換値
Holding Register	0	4byte	float	Zero Weight	ゼロリセット補正重量
	2	4byte	float	Calibration Weight 1	キャリブレーション 1 の指定重量
	4	4byte	float	Calibration Weight 2	キャリブレーション 2 の指定重量
	6	4byte	float	Calibration1 Delay	キャリブレーション 1 開始の遅延時間 [s]
	8	4byte	float	Coefficient a	重量変換係数 a
	10	4byte	float	Coefficient b	重量変換係数 b
	12	2byte	uint16	Num of Moving Average	重量計測時の移動平均数
	13	2byte	uint16	Num of Zero Reset Average	ゼロリセット処理の平均回数
	14	2byte	uint16	PGA Gain	DSAD0 の CR0.GAIN レジスタ設定値
	15	2byte	uint16	FSEL	DSAD0 の MR0.FSEL レジスタ設定値
	16	4byte	uint32	OSR	DSAD0 の OSR0 レジスタ設定値
	18	4byte	uint32	SGCR	DSAD0 の SGCR0 レジスタ設定値
	20	2byte	uint16	Num of Calibration Average	キャリブレーション時の A/D 変換値平均回数

7.2.3 オペレーション

「表 1-1 QE for AFE 操作可能項目」に相当する Modbus 経由での操作について表 7-7 に示します。

表 7-7 Modbus 経由操作可能項目

項目	操作	備考
計測開始・停止	Coil:0 を操作	計測中 LED1 消灯
ゼロリセット	Coil:3 をセット	計測中のみ有効
キャリブレーション	STEP1 HoldingReg:2-3 に計測重量 1 を設定、Coil:1 をセット STEP2 LED1 点滅中に HoldingReg:4-5 に計測重量 2 を設定、Coil:2 をセット	計測停止時有効 A/D 変換中 LED1 消灯 異常終了時 LED1 が 5 回点滅 「6.3 キャリブレーション」参照
計測時移動平均数指定	HoldingReg:10 に 1 ~ 128 を設定, default: 8	待機中(LED1 点灯)のみ有効
ゼロリセット平均回数指定	HoldingReg:11 に 1 ~ 512 を設定, default: 256	
キャリブレーション平均回数指定	HoldingReg:18 に 64 ~ 512 を設定, default: 256	
パラメータ初期化	Coil:4 をセット	

表 7-8 DSAD0/AFE レジスタ設定変更可能項目

項目	操作	備考
PGA ゲイン	HoldingReg:14 に CR0.GAIN 設定値を指定	
オーバーサンプリング比	HoldingReg:16-17 に OSR0 設定値を指定	オーバーサンプリング比の下限值は OSR1=256, OSR2=2 です。左記より低い場合通信エラーとなります。
デジタルフィルタ選択	HoldingReg:15 に MR0.FSEL 設定値を指定	
デジタルフィルタゲイン補正	HoldingReg:18-19 に SGCR0 設定値を指定	

8. サンプルプログラム

8.1 動作概要

図 8-1 に本サンプルプログラムの処理フローを示します。

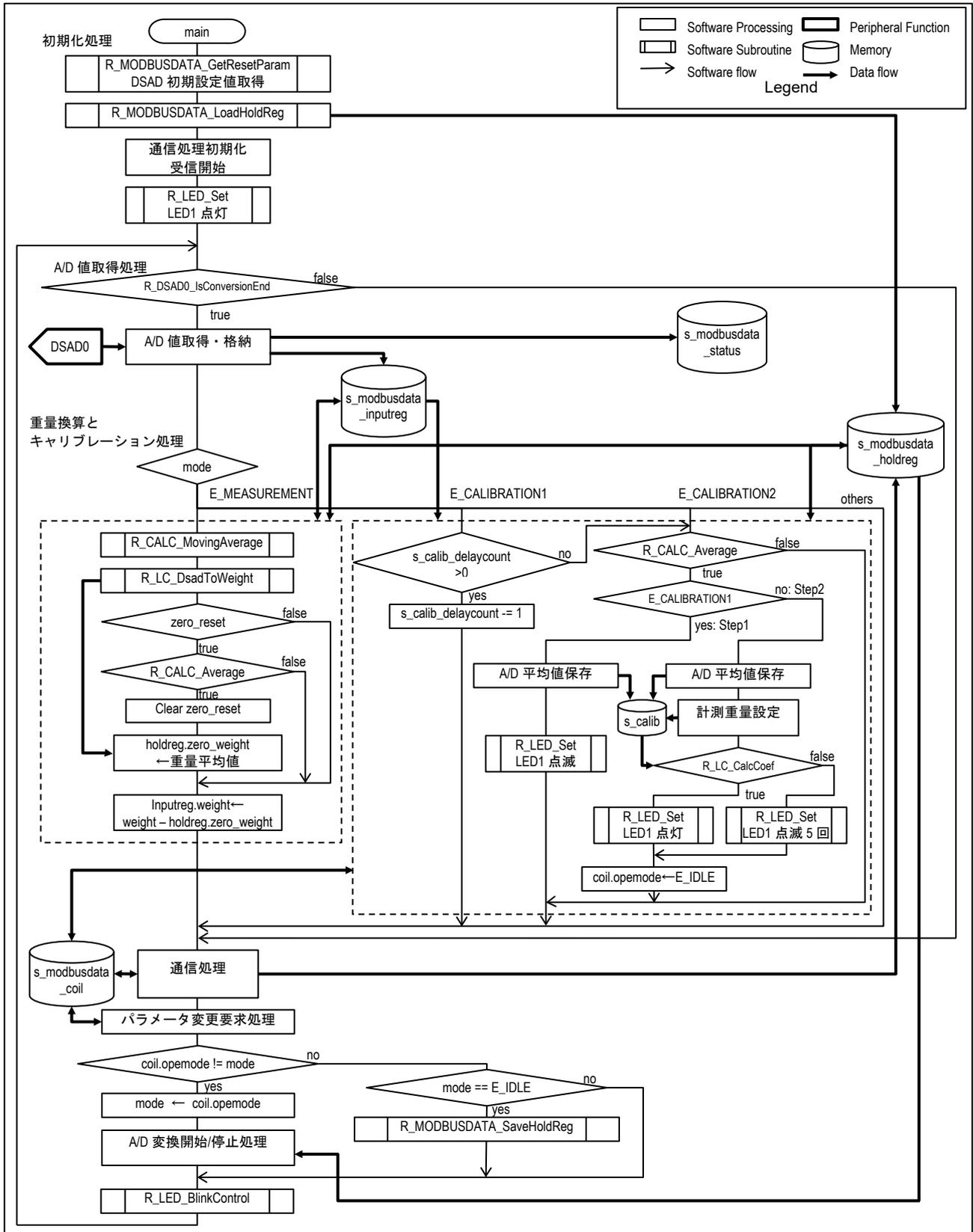


図 8-1 重量計測処理フロー

本プログラムは、ModbusData により動作します。動作モードは Coil メンバ ope_mode により規定します。動作モードを表 8-1 に示します。

表 8-1 動作モード

名称	ope_mode	説明
E_IDLE	0	待機
E_MEASUREMENT	1	計測
E_CALIBRATION1	2	キャリブレーション STEP1
E_CALIBRATION2	4	キャリブレーション STEP2

図 8-1 の各処理の概略は次の通りです。

- 初期化処理
 - DSAD0 の初期設定値の取得
 - ModbusData の Holding register の初期化と E2 データフラッシュに格納したパラメータのロード
 - 通信処理の初期化と受信開始
 - LED1 点灯

- A/D 値取得処理

A/D 変換終了(ADI0)を検知した場合、A/D 変換結果を取得し、A/D 値は ModbusData の Input register に、A/D 変換のエラー情報は ModbusData の Status に格納します。

- 重量換算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 mode により、取得した A/D 値の処理を行います。

 - mode: E_MEASUREMENT

ModbusData の Holding register メンバ moving_average で指定した回数の移動平均した A/D 値を Holding register メンバ coef_a、coef_b を使用して重量に換算し、Holding register メンバ zero_weight を引いた結果を計測重量として ModbusData の Input register メンバ weight に格納します。

ゼロリセット要求があれば、換算重量を Holding register メンバ zero_reset_average で指定した回数で平均した結果をゼロリセット重量として Holding register メンバ zero_weight に格納します。
 - mode: 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 Holding register メンバ calib_average に基づきます。
 - mode: E_CALIBRATION2

A/D 値の平均処理を行い、終了後に本 A/D 平均値、E_CALIBRATION1 で取得した A/D 平均値と ModbusData の Holding register メンバ calib_weight1、calib_weight2 から「6.3 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。算出結果を ModbusData の Holding register メンバ coef_a、coef_b に格納します。

- 通信処理

Host からの要求を処理し、応答の送信を設定します。QE for AFE 版の場合は計測重量を送信します。詳細は「8.3 通信制御」を参照ください。

- パラメータ変更要求処理
ModbusData の Coil により要求された以下の処理を行います。
 - reset_param: 待機中(E_IDLE)であれば、ModbusData の Holding register を初期値に戻します。
 - zero_reset: 計測中(E_MEASUREMENT)であれば、ゼロリセット処理の初期化を行います。

- A/D 変換開始/停止処理
ModbusData の Coil メンバ ope_mode が変化した場合、変化後の ope_mode に基づき、以下の処理を行います。
 - ope_mode: E_MEASUREMENT
 - ModbusData の Holding register の DSAD0 設定値を適用
 - A/D 変換開始
 - A/D 移動平均処理の初期化、移動平均回数に Holding register の moving_average を設定
 - LED1 消灯

 - ope_mode: E_CALIBRATION1
 - ModbusData の Holding register の DSAD0 設定値を適用
 - A/D 変換開始
 - キャリブレーション処理遅延時間を遅延サンプル数に変換
 - A/D 値平均処理の初期化、平均回数に Holding register の calib_average を設定
 - LED1 消灯

 - ope_mode: E_CALIBRATION2
 - A/D 値平均処理の初期化、平均回数に Holding register の calib_average を設定
 - LED1 消灯

 - ope_mode: E_IDLE
 - A/D 変換停止
 - LED1 点灯

- E2 データフラッシュ格納処理
ModbusData の Coil メンバ opemode が E_IDLE で変化しない場合、ModbusData の Holding register 中の保持パラメータに変化があれば、E2 データフラッシュに格納します。

8.2 使用する周辺機能と端子

本例で使用する周辺機能一覧を表 8-2 に、使用端子一覧を表 8-3 に示します。また、クロック設定を表 8-4 に示します。未使用端子は出力 Low に設定しています。

周辺機能の設定は Smart Configurator 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以降に示します。

表 8-2 使用する周辺機能一覧

周辺機能	用途	
	QE for AFE 版	Modbus 版
DSAD0	ロードセル出力の A/D 変換	
SCI1	QE for AFE との通信	Modbus ホストとの通信
DMAC0	QE for AFE からのパケット受信	-
DMAC1	QE for AFE へのパケット送信	-
TMR0	-	Modbus ホストとの通信
DTC	-	Modbus ホストとの通信
CRC	-	Modbus フレームのエラーチェック
CMT1	LED1 点滅周期	
P31	LED1 点灯制御	
P27	RS-485 ドライバの送信/受信切替	
E2DataFlash	保持パラメータの保存	
LVD	リセット電圧の設定	

表 8-3 使用端子一覧

端子名	I/O	用途
AIN5	I	ロードセル+側入力端子
AIN4	I	ロードセル-側入力端子
REF0P	I	DSAD0 +側基準電圧入力端子
REF0N	I	DSAD0 -側基準電圧入力端子
P26/TXD1	O	UART1 送信端子
P30/RXD1	I	UART1 受信端子
P27	O	RS-485 ドライバ送信/受信切替制御端子
P31	O	LED1 点灯制御端子

表 8-4 クロック設定

項目	設定
使用クロック	HOCO クロック (32MHz) リセット後、HOCO 発振が有効
SCKCR (FCLK)	x1 (32MHz)
SCKCR (ICLK)	x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKA)	x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKB)	x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKC)	x1 (32MHz)
SCKCR (PCLKD)	x1 (32MHz)

8.2.1 ロードセル計測

ロードセルの計測に DSAD0 を連続スキャンモードで使用します。表 6-2 の測定条件に基づいた設定条件を表 8-5 に示します。

表 8-5 DSAD0 の設定

連続スキャンモード

項目		設定
動作クロック設定		PCLK/2(16MHz)
開始トリガソース		ソフトウェアトリガ
割り込み設定	$\Delta \Sigma$ A/D 変換完了割り込み(ADI0)	許可、レベル 0(割り込み禁止)
	$\Delta \Sigma$ A/D 変換スキャン完了割り込み(SCANEND0)	許可しない
	$\Delta \Sigma$ A/D チャン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
チャンネル設定		0
アナログ入力設定	+側入力信号	AIN5
	-側入力信号	AIN4
	基準電圧	REF0P/REF0N
	+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
$\Delta \Sigma$ A/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	1
	前段オーバーサンプリング比	256
	後段オーバーサンプリング比	1562
	オフセット補正值	設定しない
ゲイン補正值	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	Sinc フィルタ選択	Sinc4 + Sinc4
	Sinc フィルタゲイン補正值を設定する	設定する
	Sinc フィルタゲイン補正值	1.477629984615

8.2.2 通信

QE for AFE 又は Modbus ホストとの通信に SCI1 を調歩同期モード・送信/受信で使します。TXD1/P26 端子は内蔵プルアップ設定で使し、RS-485 ドライバの送信/受信の切り替えに P27 を使します。

QE for AFE 版では受信データ取得に DMAC0、データ送信に DMAC3 を使します。

Modbus 版では受信データ取得とデータ送信に DTC、フレーム受信検出とフレーム送信終了検出に TMR0 を使します

各周辺機能の設定条件を以下に示します。

表 8-6 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		
	QE for AFE 版	Modbus 版	
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	偶数パリティ	
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	1,000,000bps	115,200bps
	ビットレートモジュレーション機能	使用しない	使用する
	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	禁止		
データ処理設定	送信データ処理	DMAC で処理する	DTC で処理する
	受信データ処理	DMAC で処理する	DTC 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 1	
コールバック機能設定	なし		

表 8-7 PORT2 の設定

項目	設定	
ポート選択	PORT2	
使用ポート	P26	P27
設定	GPIO 使用しない 内蔵プルアップ CMOS 出力	出力 CMOS 出力

表 8-8 DMAC の設定 (QE for AFE 版)

項目		設定	
		DMAC0	DMAC1
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 8-9 TMR0 の設定 (Modbus 版)

項目		設定
カウント設定	クロックソース	PCLK/64 (500kHz)
	カウンタクリア	クリアを禁止
	コンペアマッチ A の値(TCOR A)	334 μ s
	コンペアマッチ B の値(TCOR B)	238 μ s
TMR0 出力設定		使用しない
割り込み設定	TCOR A コンペアマッチ割り込みを許可(CMIA0)	許可
	TCOR B コンペアマッチ割り込みを許可(CMIB0)	許可
	TCNT オーバーフロー割り込みを許可(OVIO)	許可しない
	優先順位	レベル 1

表 8-10 DTC の設定: Config_DTC_RXI1 (Modbus 版)

項目		設定		
		DTC0	DTC1	DTC2
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	SCI1 (RXI1)	-	-
	チェーン転送	使用する		使用しない
チェーン転送設定		連続		-
転送モード設定		リピート転送		
転送データサイズ設定		8 ビット	8 ビット	8 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	0x0008A025 (SCI1.RDR) アドレス固定	(プログラムで設定) アドレス固定	
	転送先アドレス	(プログラムで設定) インクリメント	0x00088208 (TMR0.TCNT) アドレス固定	0x0008820A (TMR0.TCCR) アドレス固定
	転送回数	256	1	1

表 8-11 DTC の設定: Config_DTC_TXI1 (Modbus 版)

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	SCI1 (TXI1)
	チェーン転送	使用しない
転送モード設定		ノーマル転送
転送データサイズ設定		8 ビット
割り込み設定		指定されたデータ転送終了時、CPU への割り込みが発生
転送アドレスとカウント設定	転送元アドレス	(プログラムで設定) インクリメント
	転送先アドレス	0x0008A023(SCI1.TDR) アドレス固定
	転送回数	(実行時に設定)

表 8-12 DTC の設定: Config_DTC_CMIA0 (Modbus 版)

項目		設定			
		DTC0	DTC1	DTC2	DTC3
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	TMR0(CMIA0)	-	-	-
	チェーン転送	使用する			使用しない
チェーン転送設定		連続			-
転送モード設定		リピート転送			
転送データサイズ設定		8 ビット	8 ビット	16 ビット	16 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			DTC 転送のたびに、CPU への割り込みが発生
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	(プログラムで設定) アドレス固定			
	転送先アドレス	0x0008820A (TMR0.TCCR) アドレス固定	(プログラムで設定) アドレス固定		
	転送回数	1	1	1	1

表 8-13 CRC の設定 (Modbus 版)

項目		設定
計算の設定	生成多項式	CRC_16
	ビット順	LSB
	初期値	0xFFFF
	演算結果を反転する	使用しない

8.2.3 LED

P31 を使用して LED1 の点灯・消灯を行います。点滅周期に CMT1 を使用します。

LED1 は待機時に点灯、計測中は消灯、キャリブレーションの状態を点滅で示します。

P31 の設定を表 8-14 に、CMT1 の設定を表 8-15 に示します。

表 8-14 P31 の設定

項目	設定
ポート選択	PORT3
使用ポート	P31
設定	出力 CMOS 出力 1 を出力

表 8-15 CMT1 の設定

項目	設定	
クロック設定	PCLK/128	
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)

8.2.4 E2 Data Flash

設定パラメータを保持するために E2 Data Flash を使用します。E2 Data Flash 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 8-16 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.

8.2.5 電圧検出回路(LVD)

リセット電圧を設定します。

表 8-17 LVD の設定

項目	設定
電圧検出レベル	3.84V
電圧検出 0 回路起動設定	リセット後、電圧監視 0 リセット有効

8.3 通信制御

8.3.1 QE for AFE 通信

QE for AFE 通信は「RX23E-B グループ RSKRX23E-B ボード制御プログラム」に同梱の通信モジュールを使用しています。詳細は前記アプリケーションノートを参照ください。

本例の QE for AFE 通信処理フローを図 8-2 に示します。

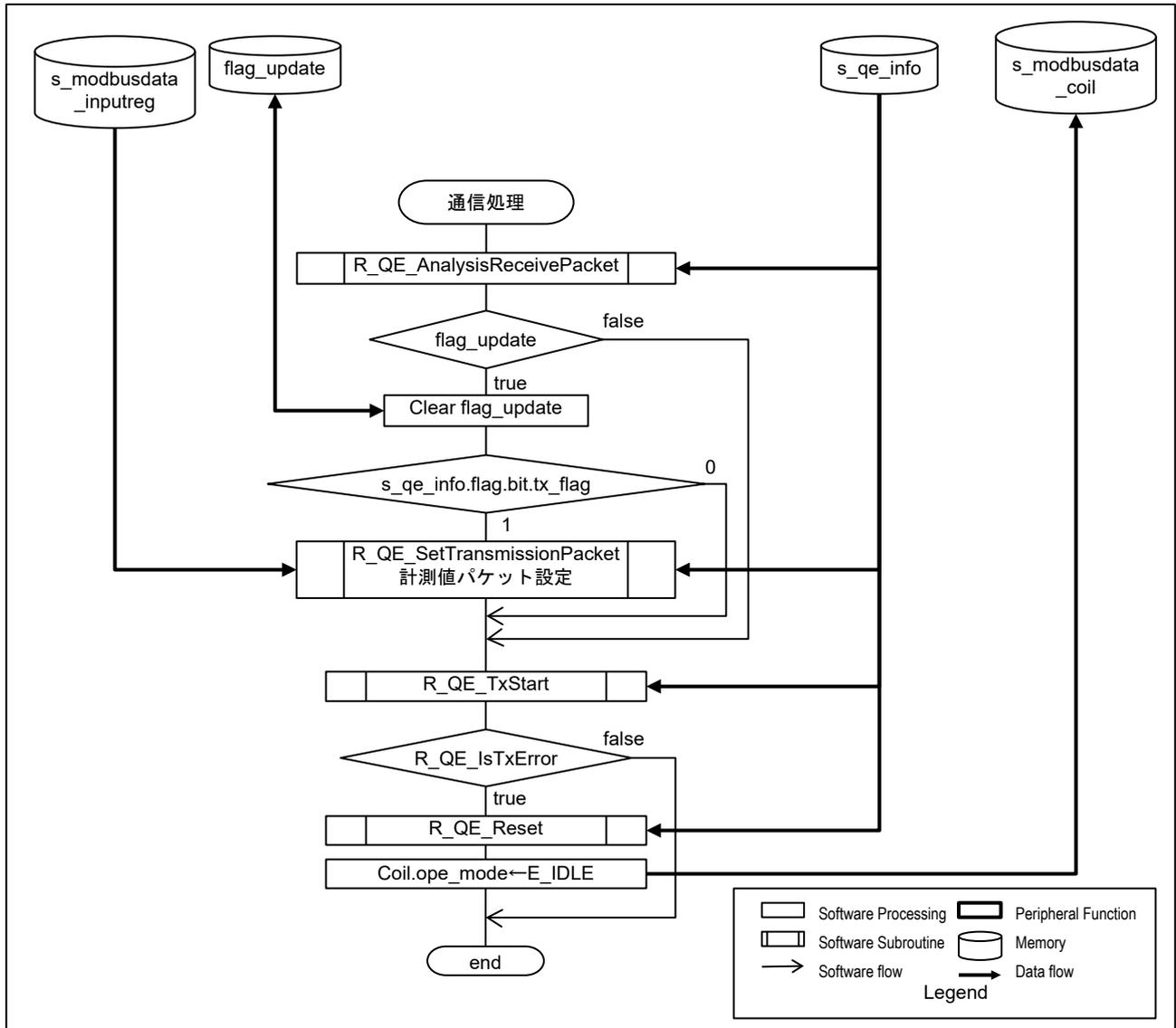


図 8-2 QE for AFE 通信処理フロー

8.3.2 Modbus RTU 通信

本サンプルプログラムでは、データの送受信を DTC 転送により行い、通信終了を示す規定の待ち時間はタイマ TMR0 により行います。

受信処理は DTC と TMR0 のみで行い、CPU は関与しません。

送信処理は、DTC で送信データを SCI1 へ設定し、データ送信完了を SCI1 の TEI で検知して TMR0 で送信終了待ちを行います。TMR0 のコンペアマッチ割り込み CMIB0 で送信終了処理を行います。

プログラムは、TMR0 のコンペアマッチ割り込み要求 CMIA0 で受信を検知し、受信した Modbus フレームに対応する応答フレームを作成して送信設定を行います。

8.3.2.1 送受信処理

通信のタイミングチャートを図 8-3 に、通信処理フローを図 8-4 に示します。

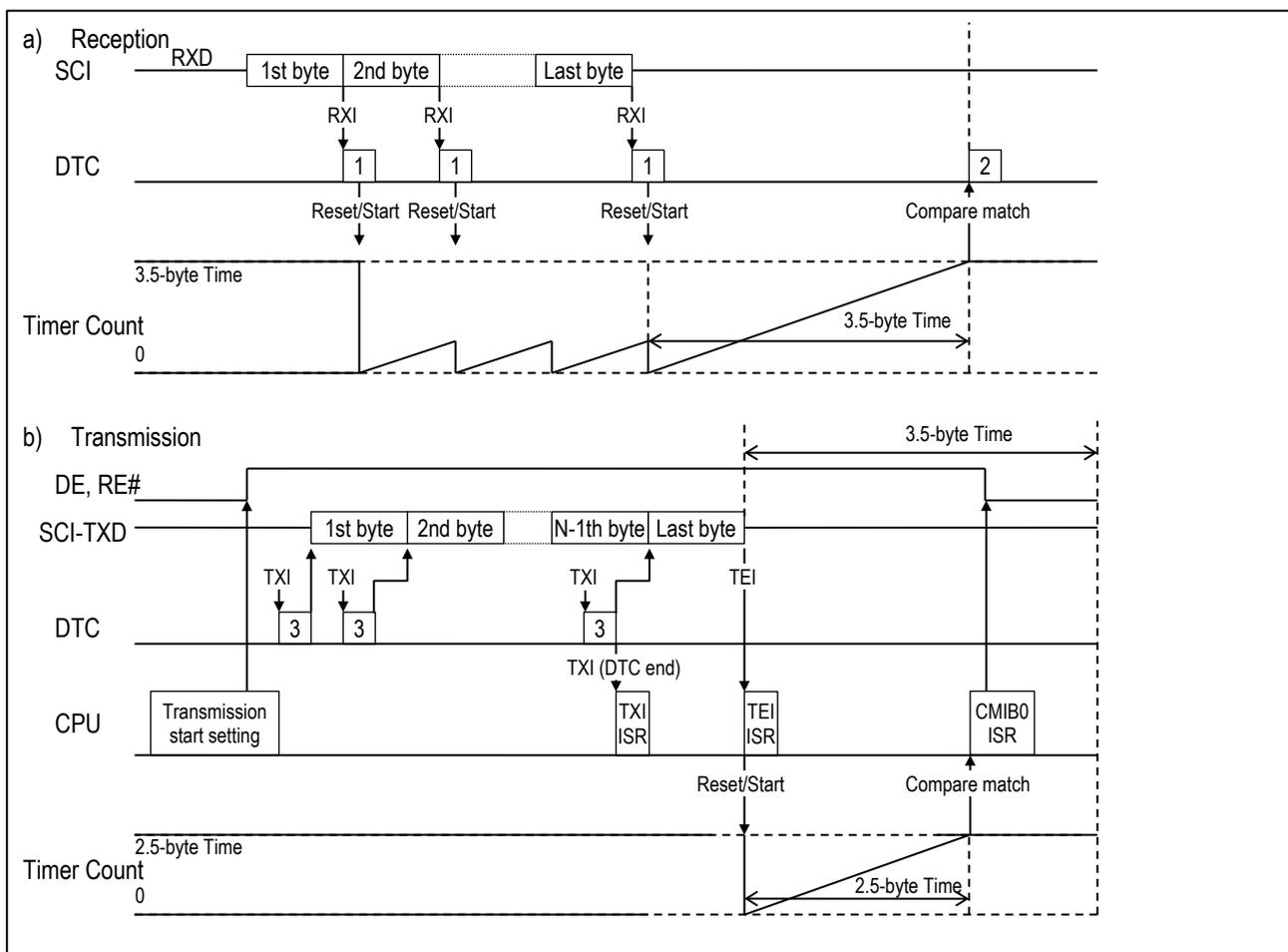


図 8-3 Modbus 通信タイミングチャート

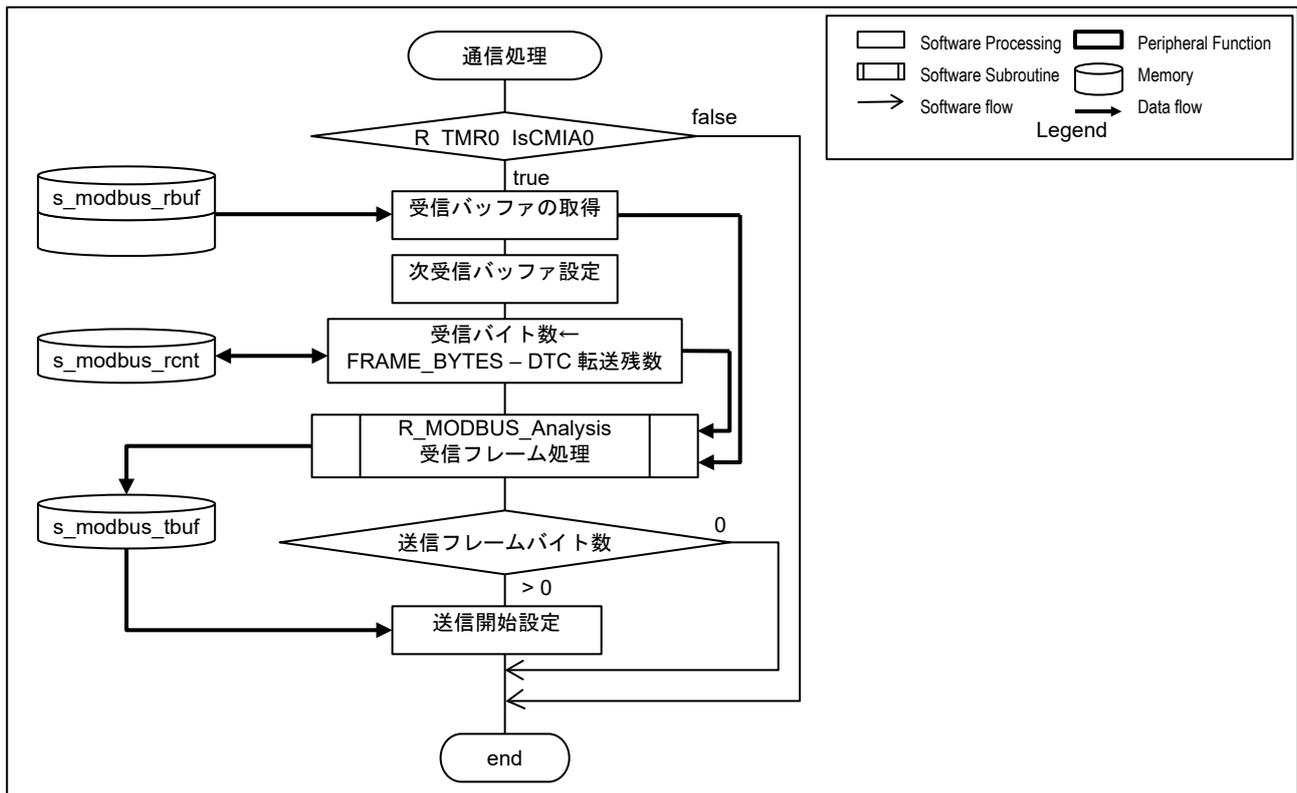


図 8-4 Modbus 通信処理フロー

受信処理と送信処理は以下のように行います。

- 受信処理

(1) 1byte 受信ごとの RXI1 割り込み要求で、DTC 転送 1 (DTC_RXI1)により以下を行う。

- 受信データをメモリ上の受信バッファへ転送
- TMR0 のリセットとリスタート

(2) TMR0 コンペアマッチ A 割り込み要求(CMIA0)で、DTC 転送 2 (DTC_CMIA0)により以下を行う。

- TMR0 カウント停止
- DTC 転送回数をメモリへ転送
- 受信バッファの切り替え
- DTC 転送回数のリセット

(3) プログラムは、図 8-4 に示すように、CMIA0 を検出した場合に DTC 転送回数を取得・クリアし、受信バッファの Modbus 受信フレームを処理する。

- 送信処理

(1) 送信準備として、プログラムは図 8-4 「送信開始設定」で以下を行う。

- 送信のために DE(=RE#) = H に設定する
- TXI1 割り込みにて送信フレームを送信するよう DTC 転送 3 (DTC_TXI1)に送信バッファおよび送信バイト数を設定し、転送を許可
- SCI1 の送信開始設定を行う

-
- (2) TXI1 割り込み要求で、DTC 転送 3 (DTC_TXI1)により送信フレームの 1byte を送信レジスタに転送
- (3) DTC 転送 3 (DTC_TXI1)完了による TXI1 割り込み要求で、割り込みハンドラにより以下を行う
- 送信終了割り込み(TEI1)を有効に設定
 - TXI1 割り込みを無効に設定
- (4) TEI1 割り込み要求で、割り込みハンドラにより以下を行う
- TMR0 リセット
 - CMIA0 を無効、CMIB0 を有効に設定
 - TMR0 カウント開始
 - TEI1 割り込みを無効に設定
- (5) TMR0 コンペアマッチ割り込み要求(CMIB0)で、割り込みハンドラにより以下を行う
- TMR0 カウント停止
 - DE(=RE#) = L に設定
 - CMIB0 を無効、CMIA0 を有効に設定

8.3.2.2 受信フレーム処理

受信した自宛フレームの処理を行い、応答フレームの生成・送信設定を行います。

受信フレームに対する処理と応答フレーム送信有無を表 8-18、受信フレーム処理のフローチャートを図 8-5、図 8-6 に示します。

表 8-18 受信フレームに対する処理と応答

受信フレーム		処理	応答
フレームなし		なし	なし
他宛フレーム		破棄	なし
ブロードキャストクエリ		対応する処理	なし
自宛フレーム	CRC エラー	破棄	なし
	非対応 query	破棄	例外応答
	正常	対応する処理	応答

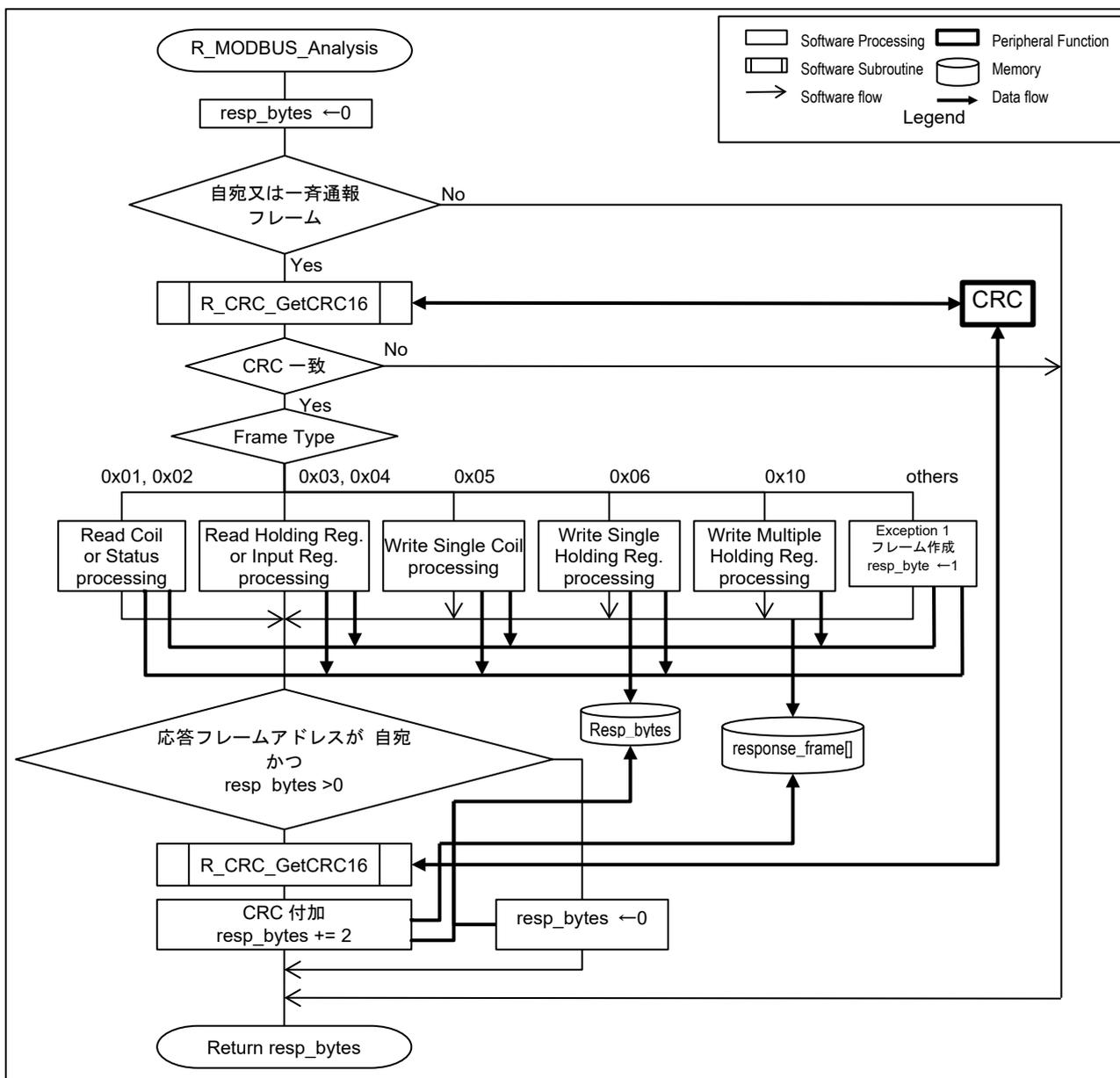


図 8-5 Modbus 受信フレーム処理フロー (1)

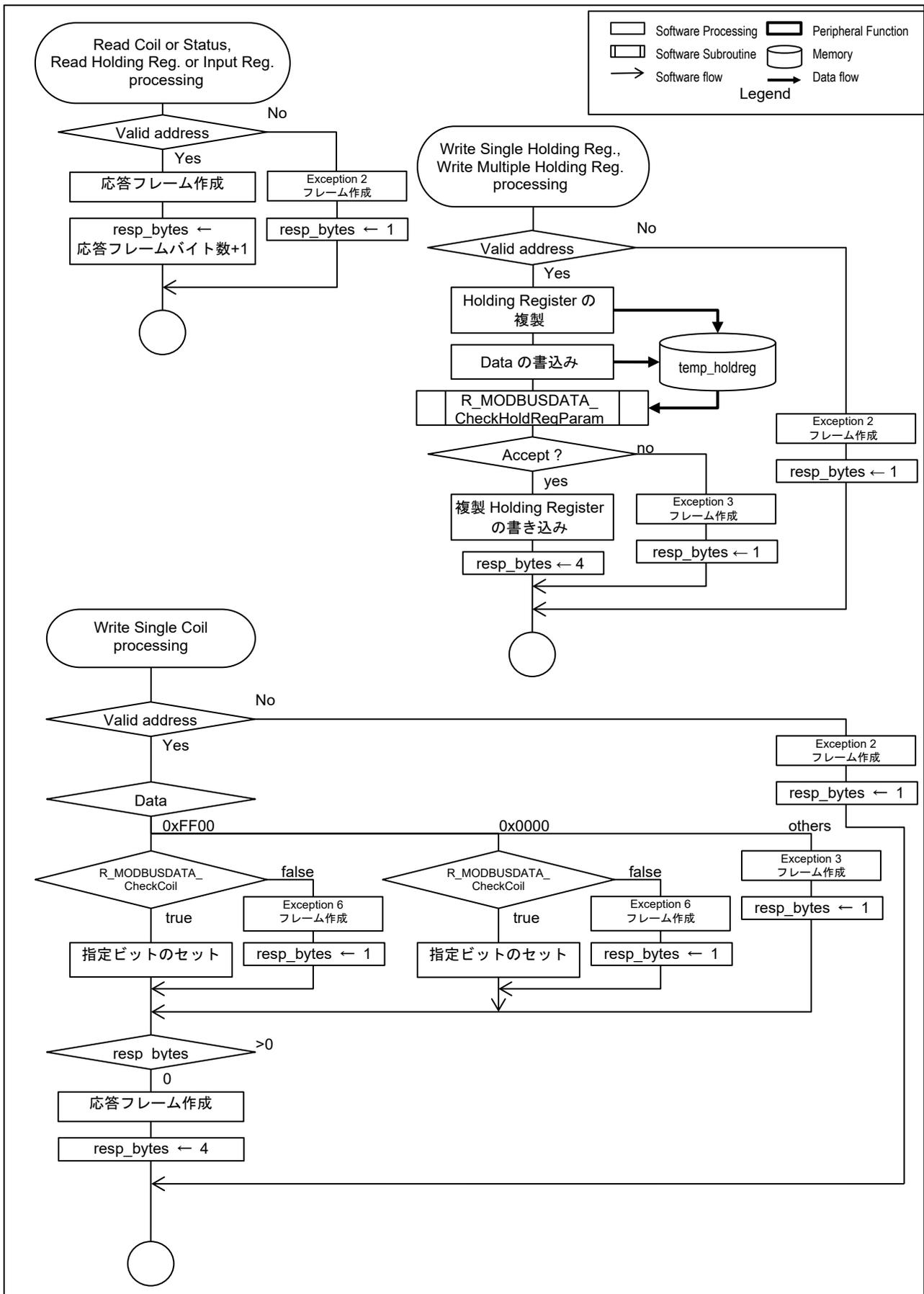


図 8-6 Modbus 受信フレーム処理フロー(2)

8.4 プログラム構成

8.4.1 ソースファイル構成

表 8-19 ファイル構成

フォルダ名、ファイル名	説明	
	QE for AFE 版	Modbus 版
src		
└ smc_gen	Smart Configurator 生成	
├ general	Smart Configurator 生成	Smart Configurator 生成
├ r_bsp		
├ r_config		
└ r_pincfg		
└ Config_DSAD0	ロードセル計測設定	
├ Config_SCI1	QE for AFE 通信	Modbus 通信
├ Config_DMACH0		-
├ Config_DMACH1		
├ Config_DTC_RXI	-	Modbus 通信
├ Config_DTC_TXI		
├ Config_DTC_CMIA0		
├ Config_TMR0		
├ Config_PORT	LED1、RS-485 送受信切替設定	
├ r_flash_rx	Flash API	
└ main.c	メイン関数	
└ r_calc_api.c	平均処理、移動平均処理等演算	
└ r_calc_api.h		
└ r_loadcell_cfg.h	ロードセル計測重量換算処理	
└ r_loadcell_api.c		
└ r_loadcell_api.h		
└ r_modbusdata_api.c	Modbus データ処理	
└ r_modbusdata_api.h		
└ r_modbusdata_cfg.h		
└ r_qe_cfg.h	QE for AFE 通信モジュール	-
└ r_qe_cfg_typedef.h		
└ r_qe_packet.h		
└ r_qe_sc_if.h		
└ r_qe_api.c		
└ r_qe_api.h		
└ r_qe_api_user.c		
└ r_ring_buffer_control_api.c		
└ r_ring_buffer_control_api.h		
└ r_modbus_cfg.c	-	Modbus 通信処理
└ r_modbus_api.c		
└ r_modbus_api.h		

8.4.2 ビルド設定

サンプルプロジェクトは表 2-1 に示すように QE for AFE 版と Modbus 版の 2 種を提供しています。各サンプルプロジェクトの追加設定を表 8-20 に示します。

表 8-20 サンプルプロジェクトのビルド設定

プロジェクト名	rx23eb_loadcell_qe		rx23eb_loadcell_modbus	
追加定義	-define D_CFG_QE_TOOL_USE		なし	
追加セクション定義	アドレス	セクション名	アドレス	セクション名
	0x00100000	C_DATAFLASH_1	同左	
	0x00003000	B_DMACH_REPEAT_AREA_1	-	

8.4.3 マクロ定義

表 8-21 r_modbusdata_cfg.h 定義一覧

定義名	初期値	説明
D_MODBUSDATA_CFG_ZERO_WEIGHT_DEFAULT	0.0F	ゼロリセット重量初期値
D_MODBUSDATA_CFG_MOVING_AVERAGE_NUM_DEFAULT	8	重量計測処理移動平均数初期値
D_MODBUSDATA_CFG_ZERORESET_AVERAGE_DEFAULT	256	ゼロリセット処理平均回数初期値
D_MODBUSDATA_CFG_CALIB_AVERAGE_DEFAULT	256	キャリブレーション処理 A/D 値平均回数初期値
D_MODBUSDATA_CFG_MOVING_AVERAGE_MAX	128	移動平均数最大値
D_MODBUSDATA_CFG_MOVING_AVERAGE_MIN	1	移動平均数最小値
D_MODBUSDATA_CFG_ZERO_RESET_AVERAGE_MAX	512	ゼロリセット処理平均回数最大値
D_MODBUSDATA_CFG_ZERO_RESET_AVERAGE_MIN	1	ゼロリセット処理平均回数最小値
D_MODBUSDATA_CFG_CALIBRATION_AVERAGE_MAX	512	キャリブレーション処理 A/D 値平均回数最大値
D_MODBUSDATA_CFG_CALIBRATION_AVERAGE_MIN	64	キャリブレーション処理 A/D 値平均回数最小値
D_MODBUSDATA_CFG_CALIBRATION_DELAY	5.0F	キャリブレーション 1 開始の遅延時間[s]

表 8-22 r_roadcell_cfg.h 定義一覧

定義名	初期値	説明
D_LC_CFG_PGA_GAIN	128.0F	DSAD0 の PGA ゲイン G_{PGA}
D_LC_CFG_DSADRES	24	A/D コンバータビット数
D_LC_CFG_VREF	5.0F	DSAD0 基準電圧 V_{REF}
D_LC_CFG_VCC	5.0F	ロードセル印加電圧 V_{CC}
D_LC_CFG_RO	0.0009F	ロードセル定格出力 $RO[V/V]$
D_LC_CFG_MMAX	300.0F	ロードセル定格荷重 $M_{MAX}[g]$

【注】 上記定義から重量変換係数初期値を定義しています。

表 8-23 r_modbus_cfg.h 定義一覧 (Modbus 版)

定義名	初期値	説明
D_MODBUS_CFG_ADDRESS	0x01	Modbus スレーブアドレス

表 8-24 r_qe_cfg.h 設定一覧 (QE for AFE 版)

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	0	
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	1	
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 loadcell measurement."	プログラム情報
D_QE_CFG_TXERRCHK_EN	0	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	0	通信に使用する SCI チャンネル番号
D_QE_CFG_DMACH_RX	0	受信処理 DMACH チャンネル番号
D_QE_CFG_DMACH_TX	1	送信処理 DMACH チャンネル番号
D_QE_CFG_CMT	0	タイムアウト検出用 CMT チャンネル番号

8.4.4 構造体・共用体・列挙型

表 8-25 r_loadcell_api.h 一覧

構造体型名	st_lc_coef_t		
説明	重量変換係数		
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_lc_calibration_data_t		
説明	キャリブレーションデータ		
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 8-26 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 8-27 r_modbusdata_api.h 一覧 (1/3)

共用体型名	u_modbus_float_t		
説明	float 型 Modbus データ		
メンバ	型	名称	説明
	float	float32	float 型
	uint32_t	uint32	uint32 型
	uint16_t	word[2]	uint16 型
uint8_t	byte[4]	uint8 型	
共用体型名	u_modbus_long_t		
説明	int32_t 型 Modbus データ		
メンバ	型	名称	説明
	int32_t	int32	int32 型
	uint16_t	word[2]	uint16 型
	uint8_t	byte[4]	uint8 型
共用体型名	u_modbus_ulong_t		
説明	uint32_t 型 Modbus データ		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	int32	uint32 型
	uint16_t	word[2]	uint16 型
	uint8_t	byte[4]	uint8 型
共用体型名	u_modbus_ushort_t		
説明	uint16_t 型 Modbus データ		
メンバ	型	名称	説明
	uint16_t	word	uint16 型
	uint8_t	byte[2]	uint8 型

表 8-28 r_modbusdata_api.h 一覧 (2/3)

列挙型名	e_opemode_t		
説明	処理モード		
メンバ	名称	値	説明
	E_IDLE	0	待機
	E_MEASUREMENT	1	計測
	E_CALIBRATION1	2	キャリブレーション STEP1
	E_CALIBRATION2	4	キャリブレーション STEP2
共用体型名	u_modbusdata_coil_t		
説明	Modbus Coil		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	uint32	データ全体
	union	bit	ビット単位アクセス
	uint32_t:3	opemode	動作モードビット群
	struct	flag	各ビット
	uint32_t:1	measure	計測モードビット
	uint32_t:1	calib1	キャリブレーション STEP1 ビット
	uint32_t:1	calib2	キャリブレーション STEP2 ビット
	uint32_t:1	zero_reset	ゼロリセットビット
	uint32_t:1	reset_param	パラメータ初期化ビット
uint32_t:1	register_write	レジスタ書換ビット(QE for AFE)	
共用体型名	u_modbusdata_status_t		
説明	Modbus Status		
メンバ	型	名称	説明
	uint32_t	uint32	データ全体
	union	status	ビット単位アクセス
	struct	bit	各ビット
	uint32_t:1	dsad_ovf	DSAD0 Overflow ビット
	uint32_t:1	dsad_err	DSAD0 Error ビット
uint32_t:1	cal1_end	キャリブレーション STEP1 終了通知	
共用体型名	u_modbusdata_inputreg_t		
説明	Modbus Input register		
メンバ	型	名称	説明
	uint16_t	reg[4]	レジスタ単位アクセス
	struct	member	各レジスタ定義
	u_modbus_float_t	weight	計測重量
	u_modbus_long_t	dsad	A/D 値
	struct	params	内部アクセス定義
	float	weight	計測重量
int32_t	dsad	A/D 値	

表 8-29 r_modbusdata_api.h 一覧 (3/3)

構造体名	st_prm_t		
説明	維持パラメータ		
メンバ	型	名称	説明
	st_lc_coef_t	coef	重量変換係数
	uint16_t	moving_average	計測時移動平均数
	uint16_t	zero_reset_average	ゼロリセット平均回数
	uint16_t	reg_cr0_gain	CR0.GAIN レジスタ値
	uint16_t	reg_mr0_fsel	MR0.FSEL レジスタ値
	uint32_t	reg_osr0	OSR0 レジスタ値
	uint32_t	reg_sgcr0	SGCR0 レジスタ値
uint16_t	calib_average	キャリブレーション平均回数	
共用体名	u_modbusdata_holdreg_t		
説明	Modbus Holding register		
メンバ	型	名称	説明
	uint16_t	reg[19]	レジスタ単位アクセス
	struct	member	各レジスタ定義
	u_modbus_float_t	zero_weight	ゼロリセット重量
	u_modbus_float_t	calib_weight1	キャリブレーション STEP1 計測重量
	u_modbus_float_t	calib_weight2	キャリブレーション STEP2 計測重量
	u_modbus_float_t	calib_delay	キャリブレーション 1 開始の遅延時間[s]
	u_modbus_float_t	coef_a	重量変換係数 a
	u_modbus_float_t	coef_b	重量変換係数 b
	u_modbus_ushort_t	moving_average	計測時移動平均数
	u_modbus_ushort_t	zero_reset_average	ゼロリセット平均回数
	u_modbus_ushort_t	reg_cr0_gain	CR0.GAIN レジスタ値
	u_modbus_ushort_t	reg_mr0_fsel	MR0.FSEL レジスタ値
	u_modbus_ulong_t	reg_osr0	OSR0 レジスタ値
	u_modbus_ulong_t	reg_sgcr0	SGCR0 レジスタ値
	u_modbus_ushort_t	calib_average	キャリブレーション平均回数
	struct	params	内部アクセス定義
	float	zero_weight	ゼロリセット重量
	float	calib_weight1	キャリブレーション STEP1 計測重量
	float	calib_weight2	キャリブレーション STEP2 計測重量
	float	calib_delay	キャリブレーション 1 開始の遅延時間[s]
	st_prm_t	prm	維持パラメータ

8.4.5 関数一覧

8.4.5.1 共通

表 8-30 main.c

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

表 8-31 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 8-32 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 8-33 r_modbusdata_api (1/2)

関数名 R_MODBUSDATA_GetCoilPtr				
説明	Modbus Coil へのポインタを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	u_modbusdata_coil_t *	Modbus Coil へのポインタ	
関数名 R_MODBUSDATA_GetStatusPtr				
説明	Modbus Status へのポインタを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	u_modbusdata_status_t *	Modbus Status へのポインタ	
関数名 R_MODBUSDATA_GetInputRegPtr				
説明	Modbus Input register へのポインタを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	u_modbusdata_inputreg_t *	Modbus Input register へのポインタ	
関数名 R_MODBUSDATA_GetHoldRegPtr				
説明	Modbus Holding register へのポインタを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	u_modbusdata_holdreg_t *	Modbus Holding register へのポインタ	
関数名 R_MODBUSDATA_GetResetParam				
説明	DSAD0 の CR0.GAIN, MR0.FSEL, OSR0, SGCR0 各レジスタ初期値の取得と保持			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	

表 8-34 r_modbusdata_api (2/2)

関数名	R_MODBUSDATA_LoadHoldReg			
説明	Modbus Holding Register の初期化と E2 データフラッシュ格納値のロード			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	R_MODBUSDATA_SaveHoldReg			
説明	Modbus Holding Register 中の保持値が E2 データフラッシュ格納値と不一致の場合、E2 データフラッシュに格納			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	R_MODBUSDATA_ResetHoldReg			
説明	Modbus Holding Register を初期値にする			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	R_MODBUSDATA_CheckCoil			
説明	Coil の指定アドレスのセット・クリアの可否を判断する			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint16_t	addr	Coil アドレス
	I	bool	flag	true: セット false: クリア
戻り値	O	bool	true: 可 false: 不可	
関数名	R_MODBUSDATA_CheckHoldRegParam			
説明	Holding register 値の可否を判断する			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	u_modbusdata_holdreg_t *	p_holdreg	可否判断対象の Holding Register 共用体変数へのポインタ
戻り値	O	bool	true: 可 false: 不可	

表 8-35 r_led_api

関数名	R_LED_Set			
説明	LED1 の点灯・消灯・点滅を指定			
引数	I/O	型	名称	説明
	l	bool	flag	true: 点灯 false: 消灯
戻り値	l	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
	-	void	-	-
関数名	R_LED_BlinkControl			
説明	LED1 の点滅処理			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	-
関数名	R_LED_IsBlink			
説明	LED1 が点滅中であるかを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	0	bool	true: 点滅中 false: 点滅でない	-

表 8-36 Config_DSAD0 ユーザ定義関数一覧 (1/2)

関数名	R_DSAD0_IsConversionEnd			
説明	A/D 変換終了(ADI0)の検出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	0	bool	true: 検出 false: 未検出	-
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
	l	uint32_t	val	DR レジスタ取得値
戻り値	0	int32_t	符号付き A/D 値	-
関数名	R_DSAD0_GetErrorFlag			
説明	DR レジスタ取得値から ERR フラグを抽出 (マクロ関数)			
引数	I/O	型	名称	説明
	l	uint32_t	val	DR レジスタ取得値
戻り値	0	uint32_t	DR.ERR フラグ	-
関数名	R_DSAD0_GetOverflowFlag			
説明	DR レジスタ取得値から OVF フラグを抽出 (マクロ関数)			
引数	I/O	型	名称	説明
	l	uint32_t	val	DR レジスタ取得値
戻り値	0	uint32_t	DR.OVF フラグ	-

表 8-37 Config_DSAD0 ユーザ定義関数一覧 (2/2)

関数名	R_Config_DSAD0_GetScanRate			
説明	DSAD0 CH0 の設定から、A/D 変換レートを算出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	float	A/D 変換レート [SPS]	
関数名	R_Config_DSAD0_GetParam			
説明	DSAD0 の指定 CH 各レジスタ設定値を取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint8_t	ch	読み出し対象チャンネル m
	O	uint16_t *	gain	CRm.GAIN 設定値格納先ポインタ
	O	uint16_t *	fsel	MRm.FSEL 設定値格納先ポインタ
	O	uint32_t *	osr	OSRm 設定値格納先ポインタ
	O	uint32_t *	sgcr	SGCRm 設定値格納先ポインタ
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_DSAD0_SetParam			
説明	DSAD0 の指定 CH 各レジスタに値を設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint8_t	ch	設定対象チャンネル m
	I	uint16_t	gain	CRm.GAIN 設定値
	I	uint16_t	fsel	MRm.FSEL 設定値
	I	uint32_t	osr	OSRm 設定値
	I	uint32_t	sgcr	SGCRm 設定値
戻り値	-	void	-	
関数名	R_DSAD0_GetData			
説明	DR レジスタ値を取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	uint32_t	DR レジスタ値	

表 8-38 Config_PORT ユーザ定義関数一覧

関数名	R_Config_PORT_LEDON			
説明	LED1 の点灯・消灯			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	bool	flag	true: 点灯 false: 消灯
戻り値	-	void	-	-
関数名	R_Config_PORT_LED_Blink			
説明	LED1 の点灯・消灯の反転（マクロ関数）			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	-
関数名	R_CONFIG_PORT_SET_DE			
説明	RS-485 ドライバの送信・受信切替設定（マクロ関数）			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	uint8_t	value	0: 受信 1: 送信
戻り値	-	void	-	-

表 8-39 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: コンペアマッチ検出 false: コンペアマッチ未検出	-

8.4.5.2 QE for AFE 版

表 8-40 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_WriteUser
説明	opemode が E_IDLE であれば受け付け、coil.flag.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、coil.flag.measure をセット
関数名	r_QE_StopUser
説明	coil.flag.measure をクリア
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、対応する Coil 又は Holding register の値を変更
関数名	r_QE_ExSpsInfoUser
説明	DSAD0 の設定から出力レートを算出し SPS 情報を更新
関数名	r_QE_ExUseButtonStatusUser ^{【注】}
説明	各 Button No.ごとに受付可否判断を行い、対応する Coil のフラグをセット
関数名	r_QE_ResetUser
説明	RS-485 ドライバを受信状態(DE = L)に設定

【注】 対応する QE for AFE の各機能については表 1-1 参照

表 8-41 r_qe_api.c 処理変更

変更のみ記載

関数名	R_QE_TxStart
説明	送信開始時に RS-485 ドライバを送信状態(DE = H)に設定

8.4.5.3 Modbus 版

表 8-42 r_modbus_api

関数名	R_MODBUS_Analysis			
説明	受信フレームの検査・解析・対応する Modbus データ処理を行い、送信フレームを作成する			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	const uint8_t*	QueryFrame	受信フレームへのポインタ
	I	uint32_t	QueryBytes	受信フレームバイト数
	O	uint8_t*	ResponseFrame	送信フレーム格納先へのポインタ
戻り値	O	uint32_t	送信フレームバイト数	

表 8-43 Config_CRC ユーザ定義関数

関数名	R_CRC_GetCRC16			
説明	CRC-16 を算出			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint8_t	array	対象配列へのポインタ
	I	uint32_t	num	対象バイト数
戻り値	O	uint16_t	CRC-16 値	

表 8-44 Config_TMR0 ユーザ定義関数

関数名	R_Config_TMR0_SetCMIA0 R_Config_TMR0_SetCMIB0			
説明	CMIX0 割り込みの許可・禁止設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	bool	enable	true: 許可 false: 禁止
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_TMR0_ClearCount			
説明	タイマのカウント値クリア			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_TMR0_StartCount			
説明	タイマのカウント開始			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_TMR0_StopCount			
説明	タイマのカウント停止			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	-	void	-	
関数名	R_TMR0_IsCMIA0			
説明	CMIA0 割り込み要求の検出			
引数	I/O	型	名称	説明
	-	void	-	-
戻り値	O	bool	true: 検出 false: 未検出	

表 8-45 Config_DTC_RXI1 ユーザ定義関数

関数名	R_Config_DTC_RXI1_SetDstAddr			
説明	DTC 転送の転送先アドレスの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	number	チェーン転送番号
	I	void *	addr	転送先アドレス
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_DTC_RXI1_SetSrcAddr			
説明	DTC 転送の転送元アドレスの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	number	チェーン転送番号
	I	void *	addr	転送元アドレス
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_DTC_RXI1_GetCraAddr			
説明	DTC 転送情報の CRA アドレスを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	number	チェーン転送番号
戻り値	O	void *	CRA アドレス	
関数名	R_Config_DTC_RXI1_GetDarAddr			
説明	DTC 転送情報の DAR アドレスを取得			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	number	チェーン転送番号
戻り値	O	void *	DAR アドレス	

表 8-46 Config_DTC_TXI1 ユーザ定義関数

関数名	R_Config_DTC_TXI1_SetCount			
説明	DTC 転送の転送先アドレスの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	count	転送バイト数
戻り値	-	void	-	
関数名	R_Config_DTC_TXI1_SetSrcAddr			
説明	DTC 転送の転送元アドレスの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	void *	addr	転送元アドレス
戻り値	-	void	-	

表 8-47 Config_DTC_CMIA0 ユーザ定義関数

関数名	R_Config_DTC_CMIA0_SetDstAddr			
説明	DTC 転送の転送先アドレスの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	number	チェーン転送番号
	I	void *	addr	転送先アドレス
戻り値	-	void	-	-
関数名	R_Config_DTC_CMIA0_SetSrcAddr			
説明	DTC 転送の転送元アドレスの設定			
引数	I/O	型	名称	説明
	I	uint32_t	number	チェーン転送番号
	I	void *	addr	転送元アドレス
戻り値	-	void	-	-

9. 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。

9.1 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。)

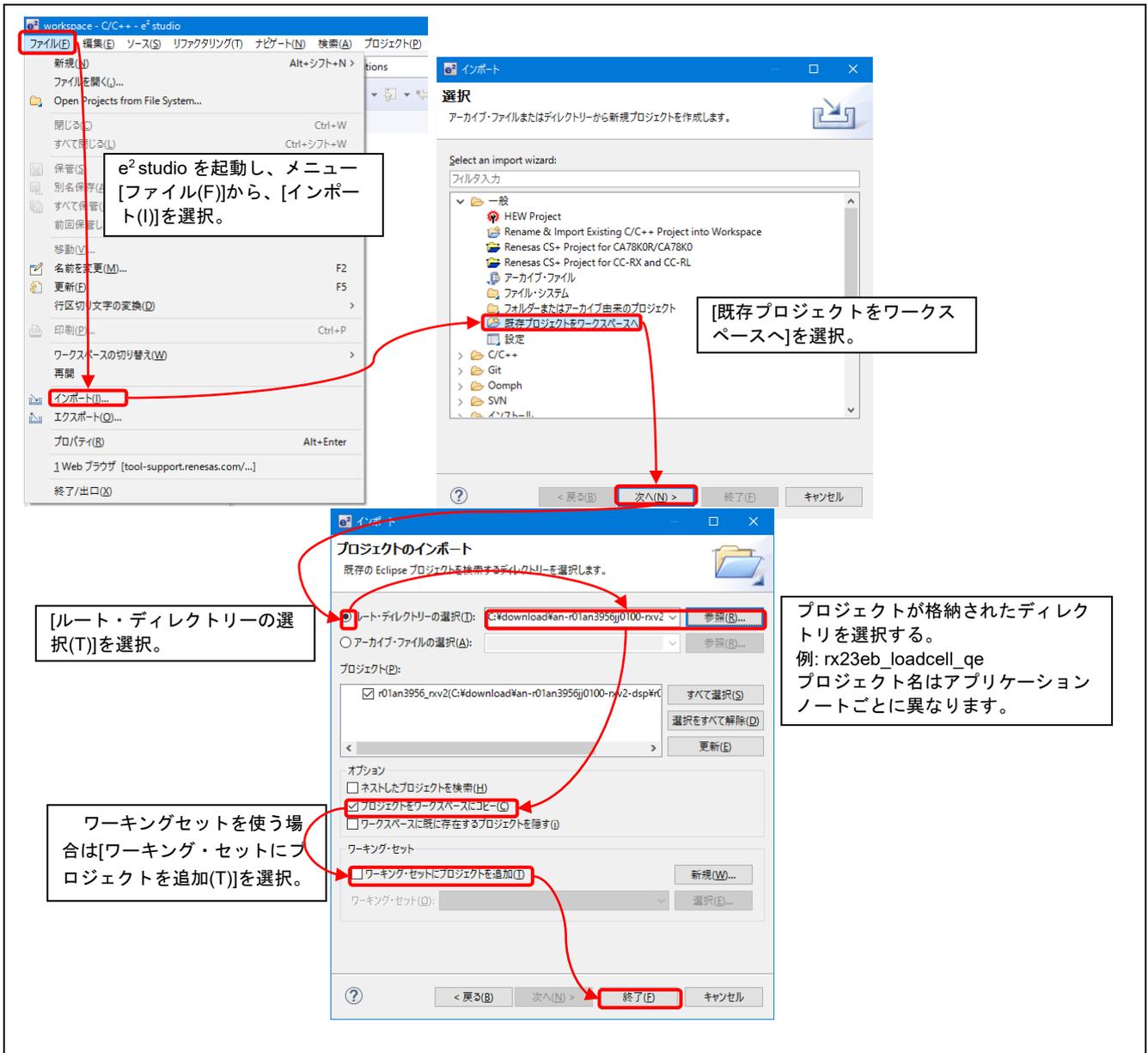


図 9-1 プロジェクトを e² studio にインポートする方法

9.2 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。)

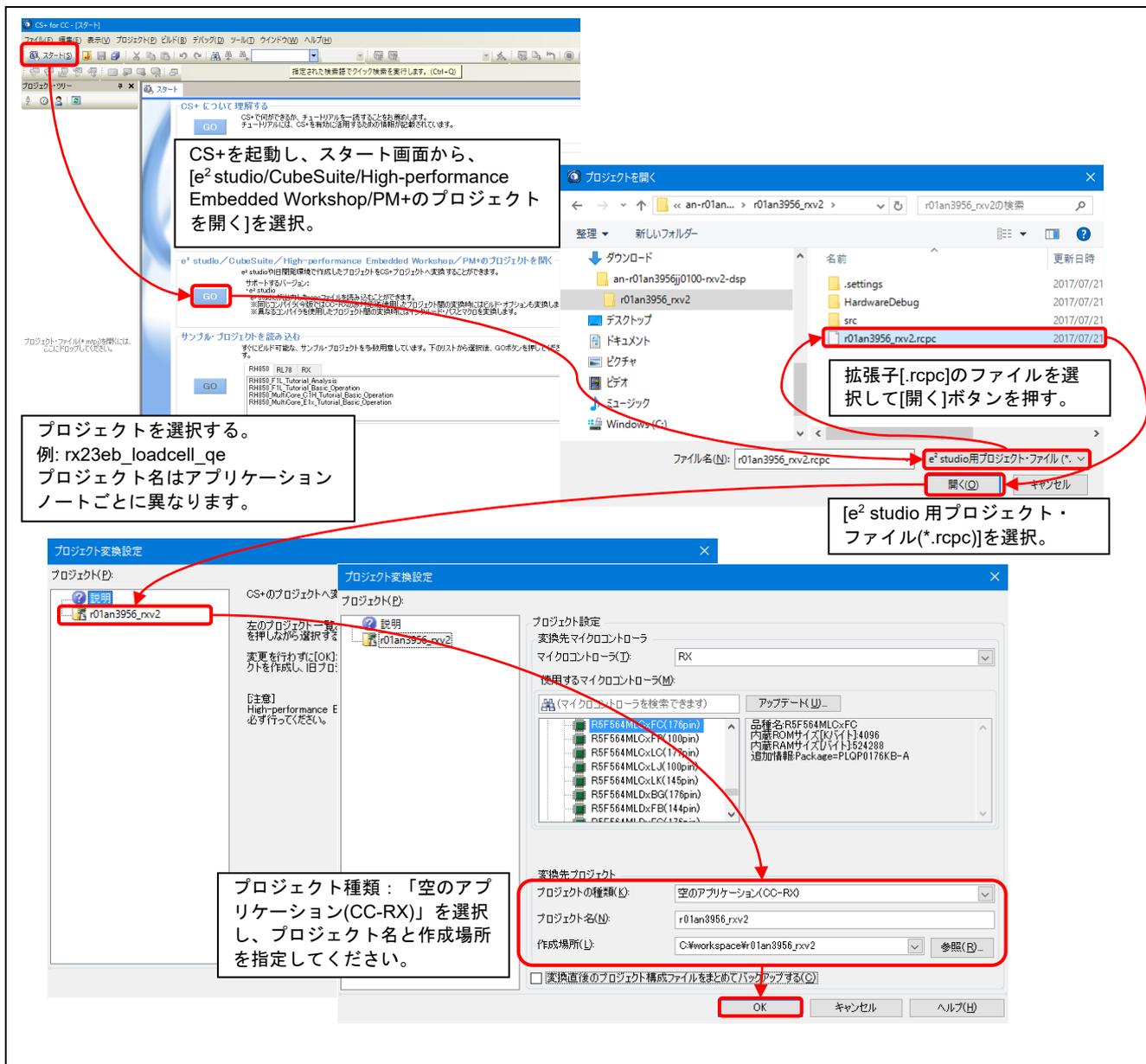


図 9-2 プロジェクトをCS+にインポートする方法

10. Renesas Solution Starter Kit for RX23E-B ボードでの動作

RX23E-B の評価に向けて Renesas Solution Starter Kit for RX23E-B（以降 RSSKRX23E-B）を用意しています。RSSKRX23E-B ボードは QFP100 パッケージの R5F523E6LxFP を搭載し、ロードセル計測を含む各種センサ計測に対応しています。

本サンプルプログラムは、「RSSKRX23E-B ユーザーズマニュアル 2.4.7 ロードセル計測回路」に合わせて、Smart Configurator による設定変更により RSSKRX23E-B ボードで動作させることができます。通信は USB-UART 変換 IC を通じて行います。

以下、手順を示します。

(1) デバイス型名の変更

「ボード」TAB のボードにて、「ターゲットデバイス」を R5F523E6LxFP に変更します。その際、「実行される変更」にて HardwareDebug_RSSK の「セクション(-start)」のチェックを外します。

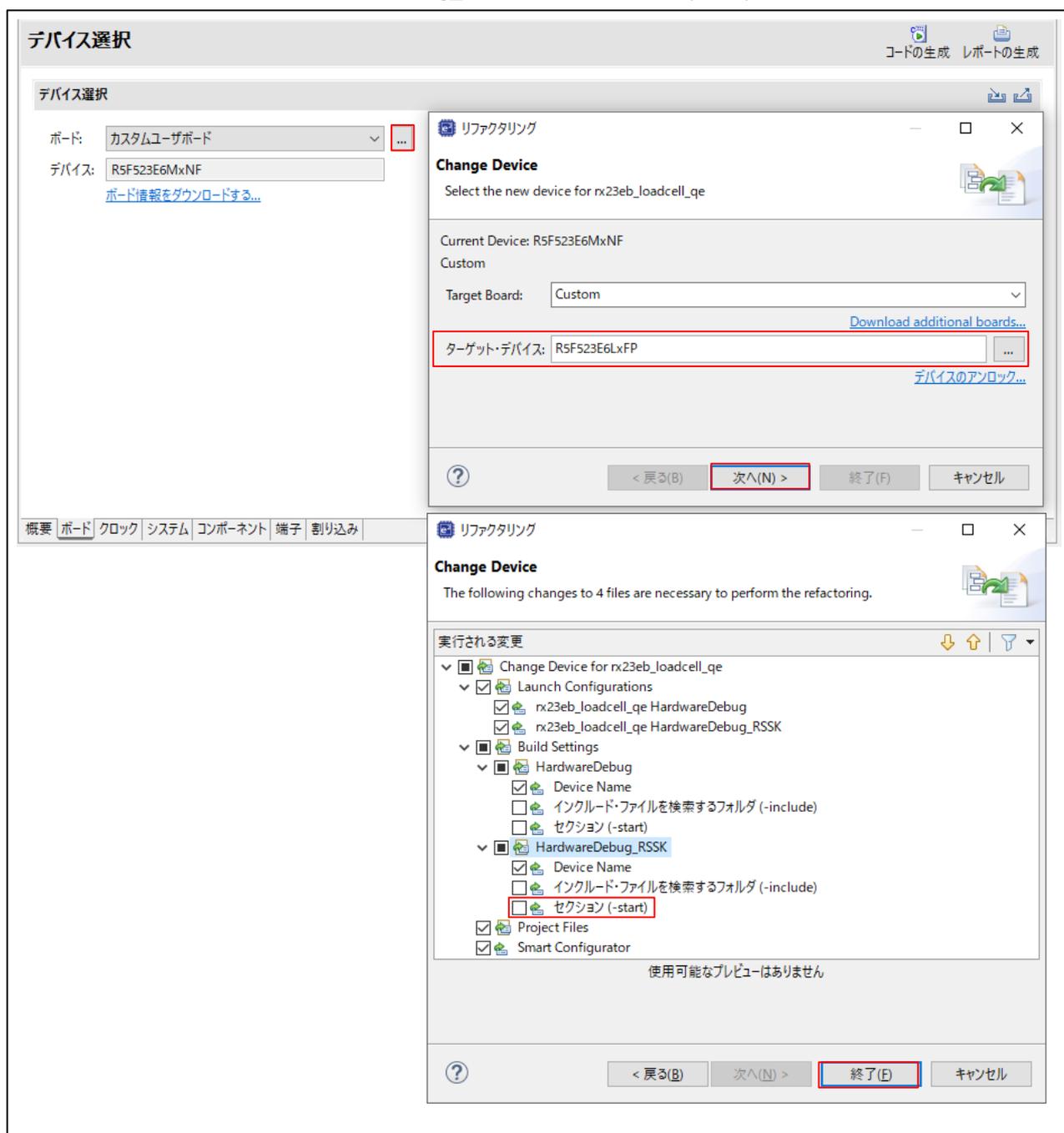


図 10-1 ターゲットデバイスの変更

(2) DSAD0 設定の変更

「コンポーネント」TAB の「Config_DSAD0」で、チャンネル 0 のアナログ入力設定を表 10-1 に示す設定に変更したのち、コード生成を行います。表中の太字が変更箇所を示します。

表 10-1 DSAD0 設定の変更

連続スキャンモード

項目	設定	
	RX23E-B-QFN40-WT	RSSKRX23E-B
チャンネル設定	0	
アナログ入力設定	+側入力信号	AIN5 AIN15
	-側入力信号	AIN4 AIN14
	基準電圧	REF0P/REF0N 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

(3) ビルド

ビルド構成を「HardwareDebug_RSSK」に変更してビルドを行います。

RSSKRX23E-B ボードで動作させるための端子設定の変更は表 10-2 に従い Config_PORT_user.c の R_Config_PORT_Create_UserInit 関数にて行っています。また、LED のポート割当変更は Config_PORT.h で行っています。

表 10-2 RSSKRX23E-B 端子設定変更一覧

RX23E-B-QFN40-WT	RSSKRX23E-B ボード			
端子:機能	割当	端子	初期設定	補足
P27: RS-485 ドライバ送信/受信切替	DE	PC6	出力:L	RAA788158/DE
P31: LED1	LED0	P70	出力:H	P31 設定は維持
-	LED1	P71	出力:H	
-	LED2	P72	出力:H	
-	LED3	P73	出力:H	
-	SW1	PE1	入力	
-	SW2	PE2	入力	
-	SW3-1	PE3	入力	
-	SW3-2	PE4	入力	
-	XTAL	P36,P37	周辺機能	XTAL は未使用
-	-	P15	入力	CTS1#入力
-	-	PC1	入力	MAX13053/RXD 入力
TXD1/P26: RS-485 データ出力	TXD1	P26	周辺機能	プルアップ解除

【注】 上記未記載の I/O ポートは出力:L に設定

11. サンプルプログラムを使用した計測結果

11.1 使用メモリと実行サイクル数

11.1.1 ビルド条件

サンプルプログラムのビルド条件を表 11-1 に示します。

表 11-1 ビルド条件

項目		設定	
		QF for AFE 版	Modbus 版
Compiler	共通	-isa=rxv2 -fpu -utf8 -nomessage -output=obj -obj_path=\${workspace_loc}/\${ProjName}/\${ConfigName} -debug -outcode=utf8 -nologo	
	差分	-define=D_CFG_QE_TOOL_USE	
Linker	共通	-noprelink -form=absolute -nomessage -vect=_undefined_interrupt_source_isr -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-ffffffffff -nologo	
	差分	-output="rx23eb_loadcell_qe.abs" -list=rx23eb_loadcell_qe.map	-output="rx23eb_loadcell_modbus.abs" -list=rx23eb_loadcell_modbus.map
	セクション	SU,SI,B_1,R_1,B_2,R_2,B,R/04, B_DMACH_REPEAT_AREA_1/03000, C_DATAFLASH_1/0100000, PResetPRG,C_1,C_2,C,C\$,D*,W*,L, P/0FFFC0000,EXCEPTVECT/0FFFFFFF80, RESETVECT/0FFFFFFF80	SU,SI,B_1,R_1,B_2,R_2,B,R/04, C_DATAFLASH_1/0100000, PResetPRG,C_1,C_2,C,C\$,D*,W*,L, P/0FFFC0000,EXCEPTVECT/0FFFFFFF80, RESETVECT/0FFFFFFF80

11.1.2 使用メモリ

サンプルプログラムのメモリ使用量を表 11-2 に示します。

表 11-2 メモリ使用量

項目	サイズ [byte]		備考
	QF for AFE 版	Modbus 版	
ROM	11795	11574	
Code	9860	9704	
Data	1935	1870	
E2 DataFlashROM	26	26	
RAM	13875 (9455)	13625 (8697)	【注】
Data	8755	8505	
Stack	5120 (700)	5120 (192)	【注】

【注】 “()”で示す RAM の使用量は Stack の使用量から算出

11.1.3 実行サイクル数と処理時間

「図 8-1 重量計測処理フロー」の計測時の各ブロックの実行サイクル数と処理負荷を表 11-3 に示します。

表 11-3 実行サイクル数・実行時間・処理負荷

ICLK=32MHz
計測レート: 10SPS

項目	QE for AFE 版		Modbus 版		条件
	サイクル数 (実行時間)	処理負荷 [%]	サイクル数 (実行時間)	処理負荷 [%]	
A/D 値取得処理	32cycle (1.00μs)	0.0010	32cycle (1.00μs)	0.0010	
重量変換	186cycle (5.81μs)	0.0058	186cycle (5.81μs)	0.0058	ゼロリセット平均処理含む
通信制御	328cycle (10.97μs)	0.0103	410cycle (12.81μs)	0.0128	QE : 重量送信時 Modbus : 重量要求処理時
その他	80cycle (2.50μs)	0.0025	22cycle (0.69μs)	0.0007	
計	626cycle (19.56μs)	0.0335	650cycle (20.31μs)	0.0203	

【注】 処理負荷は計測周期時間中の実行時間で算出

11.2 重量計測精度評価

RX23E-B-QFN40-WT とサンプルプログラムを使用して、表 6-1 に示すロードセル BCL-300GM-C3 による重量計測結果を示します。

11.2.1 重量計測精度評価条件

重量計測のシステム構成を図 11-1 に、計測に使用した機器を表 11-4 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 11-5 と表 11-6 に示します。キャリブレーションは「6.3 キャリブレーション」に従い、0g（無負荷）と 250g の 2 点の重量で行っています。

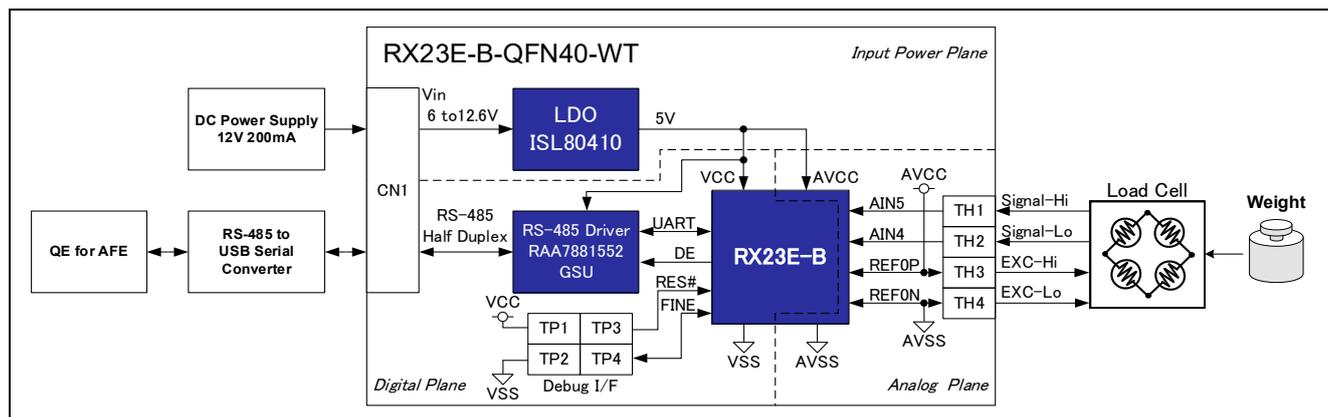


図 11-1 重量計測精度評価 構成

表 11-4 重量計測精度評価 使用機器

項目	型式	メーカー名
Load Cell	BCL-300GM-C3	Minebea Mitsumi Inc.
DC Power Supply	PCR1000MS	KIKUSUI ELECTRONICS CORPORATION
Counterweight	738-65-53-04	Tokyo Garasu Kikai Co., Ltd.

表 11-5 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							
10g	10g	x1						
20g	20g	x1						
30g	10g	x1	20g	x1				
40g	10g	x2	20g	x1				
50g	50g	x1						
60g	10g	x1	50g	x1				
70g	20g	x1	50g	x1				
80g	10g	x1	20g	x1	50g	x1		
90g	10g	x2	20g	x1	50g	x1		
100g	100g	x1						
110g	10g	x1	100g	x1				
120g	20g	x1	100g	x1				
130g	10g	x1	20g	x1	100g	x1		
140g	10g	x2	20g	x1	100g	x1		
150g	50g	x1	100g	x1				
160g	10g	x1	50g	x1	100g	x1		
170g	20g	x1	50g	x1	100g	x1		
180g	10g	x1	20g	x1	50g	x1	100g	x1
190g	10g	x2	20g	x1	50g	x1	100g	x1
200g	200g	x1						
210g	10g	x1	200g	x1				
220g	20g	x1	200g	x1				
230g	10g	x1	20g	x1	200g	x1		
240g	10g	x2	20g	x1	200g	x1		
250g	50g	x1	200g	x1				

表 11-6 分銅の公差

分銅の重量	分銅の公差
10g	±20mg
20g	±20mg
50g	±30mg
100g	±30mg
200g	±50mg

11.2.2 重量計測精度評価結果

重量計測結果から、重量計測誤差をロードセルの定格容量 300g で割った結果を図 11-2 に示します。分銅の公差内に計測重量が収まっていることから、RX23E-B が十分な計測精度を有していることが確認できます。

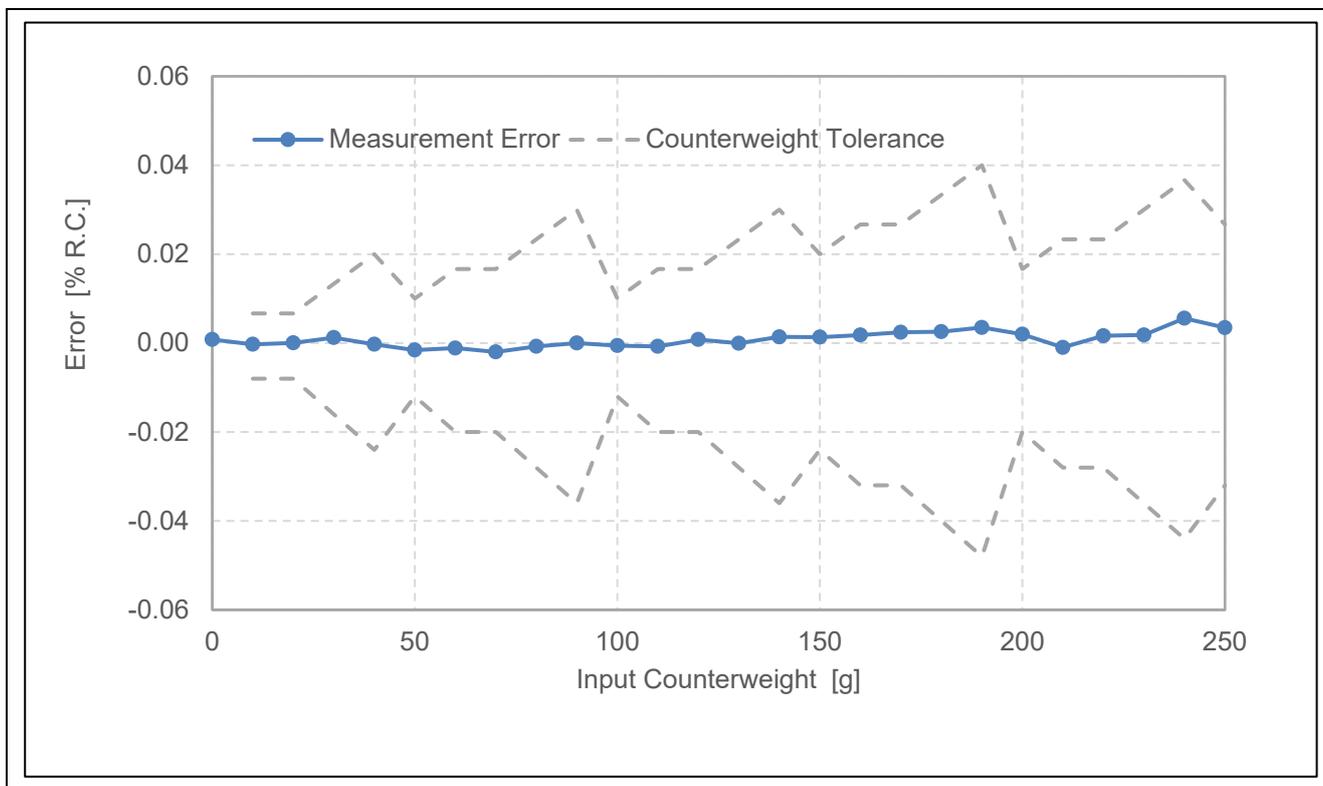


図 11-2 重量計測誤差 (周囲温度 : 25°C)

11.3 分解能評価

RX23E-B-QFN40-WT とサンプルプログラムを使用した、校正用ひずみ発生器 PSC-350 による分解能評価結果を示します。

11.3.1 分解能評価条件

分解能評価のシステム構成を図 11-3 に、計測に使用した機器を表 11-7 に示します。キャリブレーションは「6.3 キャリブレーション」に従い、0mV と 10mV の 2 点の電圧で行っています。

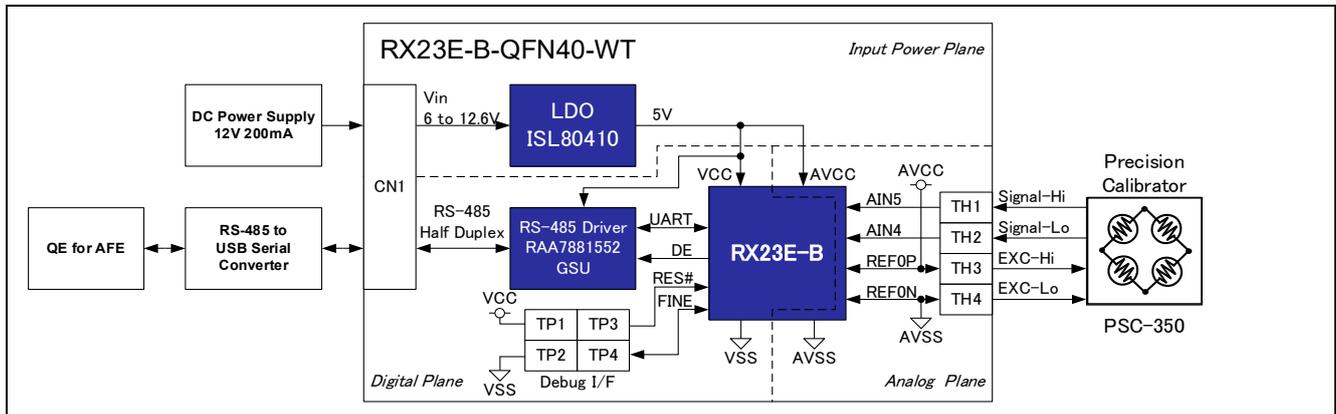


図 11-3 分解能評価 構成

表 11-7 分解能評価 使用機器

項目	型式	メーカー名
Precision Calibrator	PSC-350	Minebea Mitsumi Inc.
DC Power Supply	PCR1000MS	KIKUSUI ELECTRONICS CORPORATION

11.3.2 分解能評価結果

校正用ひずみ発生器の出力電圧を 10mV、RX23E-B-QFN40-WT を 10SPS、PGA ゲイン 128 倍、移動平均 0 回の条件で 1000 サンプルの電圧計測を行い、1000 サンプルの平均値と各データとの偏差を求めたヒストグラムを図 11-4 に示します。計測結果は表 11-8 に示すとおり、入力換算ノイズ電圧 23.8nVrms、Peak-to-peak ノイズ電圧 140nV でした。

ノイズ計測結果から校正用ひずみ発生器の代わりに、ロードセル BCL-300GM-C3 を用いて重量計測した場合を想定して、センサ自身や振動によるノイズ要因を除去した計測システム起因のノイズ重量を求めます。ロードセルの定格容量を 300g、定格出力を 0.9 mV/V とし、励起電圧を 5V とすると重量電圧感度は 15 μ V/g なので、入力換算ノイズ重量は 1.58mgrms、Peak-to-peak ノイズ重量は 9.3mg になります。RX23E-B の 10SPS、PGA ゲイン 128 倍における入力換算ノイズの typ. 18nVrms に対し、若干ノイズが大きくなっていますが RX23E-B で高精度に重量測定が行えることがわかります。

表 11-8 分解能評価結果

入力換算ノイズ :	23.8nVrms (21.6 Bits): 1.58mgrms 相当
Peak-to-peak ノイズ :	140nV (19.1 Bits): 9.3mg 相当

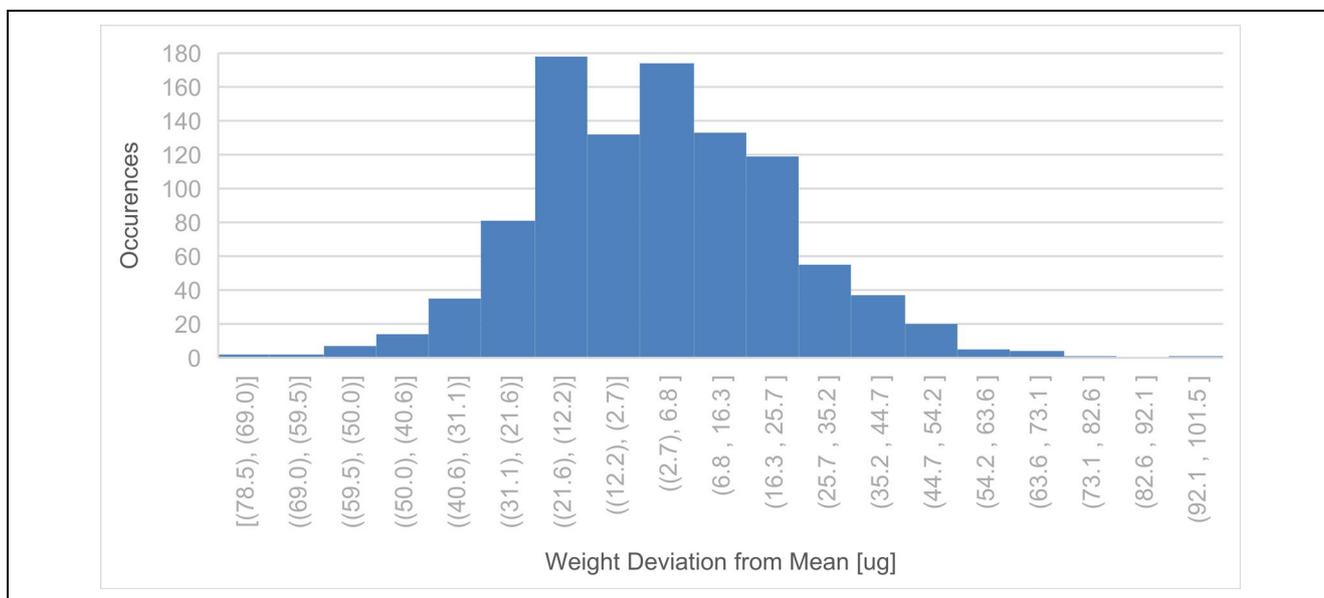


図 11-4 10mV 入力時の 1000 サンプル計測値の平均値からの誤差のヒストグラム

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
Rev.1.00	Oct.13.23	-	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しないでください。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のもの等）、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。