

RL78/I1E

R01AN2821JJ0101

ひずみセンサソリューション

Rev.1.01

2016.03.01

要旨

本アプリケーションノートではRL78/I1Eとひずみセンサの一つであるロードセルを用いて重量測定を行うソリューションについて説明します。

動作確認デバイス

RL78/I1E

目次

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. 概要..... | 2 |
| 2. 関連ドキュメント | 3 |
| 3. 動作確認条件..... | 3 |
| 4. ハードウェア構成 | 4 |
| 4.1 センサ仕様 | 4 |
| 4.2 回路図..... | 4 |
| 5. ソフトウェア仕様 | 7 |
| 5.1 重量測定に必要な機能 | 7 |
| 5.2 アナログ特性評価用サンプルコードからの変更点..... | 12 |
| 5.2.1 ひずみセンサソリューション変更内容..... | 12 |
| 5.2.2 アナログ特性評価用サンプルからの追加、変更関数一覧..... | 13 |
| 5.2.3 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言 | 14 |
| 5.2.4 マクロ宣言 | 17 |
| 5.2.5 列挙体 | 17 |
| 5.2.6 構造体 | 19 |
| 5.2.7 グローバル変数..... | 20 |
| 5.3 関数仕様..... | 21 |
| 5.3.1 r_cg_main.c..... | 21 |
| 5.3.2 r_scale.c..... | 28 |
| 6. 測定例 | 33 |

1. 概要

センサの出力信号を高精度でセンシングするためには、増幅回路やオフセット調整、高精度 A/D コンバータが必要となります。RL78/I1E ではこれらをすべて内蔵しているため、ひずみセンサや熱電対、測温抵抗体等のセンサを高精度にセンシングすることができます。

本アプリケーションノートではRL78/I1E とひずみゲージを応用したセンサの一つであるロードセルを用いて重量測定を行う方法について説明します。

ロードセルとは、複数個のひずみゲージと起歪体で構成されており、力を検出するセンサです。構成要素の一つであるひずみゲージは、自身の形状が歪むと抵抗変化が生じるセンサであり、金属に伸縮を与えると、断面積と長さが変わるにより電気抵抗が変化する原理を応用しています。起歪体とは、力が加わると変形する(歪む)よう加工された金属部品であり、ロードセルはひずみゲージを起歪体の中で最も大きなひずみが発生する箇所に貼り付け、ひずみを効率的に検出しています。なお、ひずみゲージの抵抗変化とひずみには直線関係が成り立つため、抵抗変化を検出することでひずみの変化を検出することができます。

ロードセルは起歪体の構造によっていくつかの分類があります。本アプリケーションノートではビーム型のシングルポイントロードセルである Tedeo Huntleigh 社製ロードセル[1004-00.6-JW00-RS]を使用します。このロードセルでは、ひずみゲージを 4 個使用し、ホイートストンブリッジ回路が構成されています。そのため、電圧を印加するとロードセルに掛かる力(重量)によりひずみゲージの抵抗値変化が電圧変化に変換されて出力されます。なお、ロードセルではなくひずみゲージ単体を使用することもできます。ひずみゲージ単体で使用する場合もひずみゲージの抵抗値変化は微小であるため、ダイナミックレンジが大きくなるようブリッジ回路構成で使用します。ブリッジ回路のうち、2 個の固定抵抗と 2 個のひずみゲージを使用する構成をハーフブリッジ構成、4 個すべてにひずみゲージを使用する構成をフルブリッジ構成といいます。ブリッジ構成にすることでひずみゲージの温度特性(ゼロ点や感度等)が軽減できるといったメリットもあります。

Tedeo Huntleigh 社製ロードセル[1004-00.6-JW00-RS]は、定格容量(最大計測重量)600g まで測定することができます。定格出力としては 0.8787mV/V となっています。そのため、印加電圧を 2V とした場合、1g 単位で測定するには 2.9 μ V の電圧差を検出する必要があります。本アプリケーションノートでは RL78/I1E に内蔵されているプログラマブル・ゲイン計装アンプ付き 24 ビット $\Delta\Sigma$ /D コンバータを使用して微小電圧差を増幅、その後デジタル値に変換しています。取得したデジタル値はノイズ除去用のデジタルフィルタでノイズを除去した後、物理量に換算します。さらに、測定したデータは PC などの外部のホスト機器に出力します。図 1-1 に本アプリケーションノートで使用するシステムブロック図を示します。

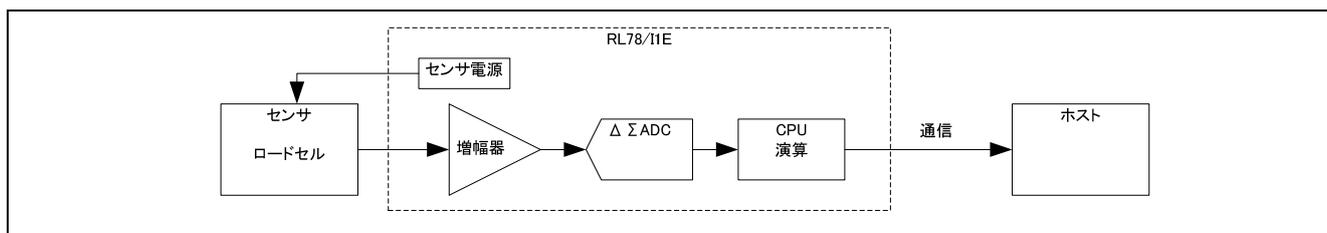


図 1-1 システムブロック図

2. 関連ドキュメント

本ドキュメントに関連するドキュメントを以下に示します。併せてご参照ください。

- RL78/I1E ひずみセンサ用 PC ソフト取扱説明書(R01AN2822) アプリケーションノート
- RL78/I1E アナログ特性評価 PC ソフト取扱説明書(R01AN2820) アプリケーションノート
- RL78/I1E アナログ特性評価用サンプルコード仕様書(R01AN2819) アプリケーションノート

3. 動作確認条件

本アプリケーションノートでは下記の条件で動作確認をしています。

表 3-1 動作確認条件

| 項目 | 内容 |
|------------------|--|
| 主要部品 | マイコン : RL78/I1E (R5F11CCC) ロードセル : 1004-00.6-JW00-RS (Tedeo Huntleigh 社製) |
| 動作電圧 | 2.7~5.5V |
| 統合開発環境 | CS+ for CA,CX V3.01.00 [19 Aug 2015] |
| C コンパイラ(ビルド・ツール) | CA78K0R V1.71 |

4. ハードウェア構成

本章では、ハードウェア構成として使用するセンサの仕様および回路図について説明します。

4.1 センサ仕様

本アプリケーションノートで使用するロードセルの仕様について表 4-1 に示します。

表 4-1 Tedeia Huntleigh 社製ロードセル[1004-00.6-JW00-RS]の仕様

| 項目 | 内容 |
|-----------------------------|-------------|
| Capacity(定格容量) | 0.6 kg |
| Output @R.C.(定格出力) | 0.8787 mV/V |
| Input Impedance(入力端子間抵抗) | 415±20 Ω |
| Output Impedance(出力端子間抵抗) | 350±3 Ω |
| Insulation Resistance(絶縁抵抗) | 2 GΩ |
| Zero Balance(ゼロバランス) | 0.0028 mV/V |
| Test Excitation(推奨印加電圧) | 10 V DC |

注意 表 4-1 はデータシートからの一部抜粋です。詳細および最新のデータにつきましては、データシートをご参照ください。

4.2 回路図

ロードセルと RL78/I1E の接続回路を図 4-1 に示します。

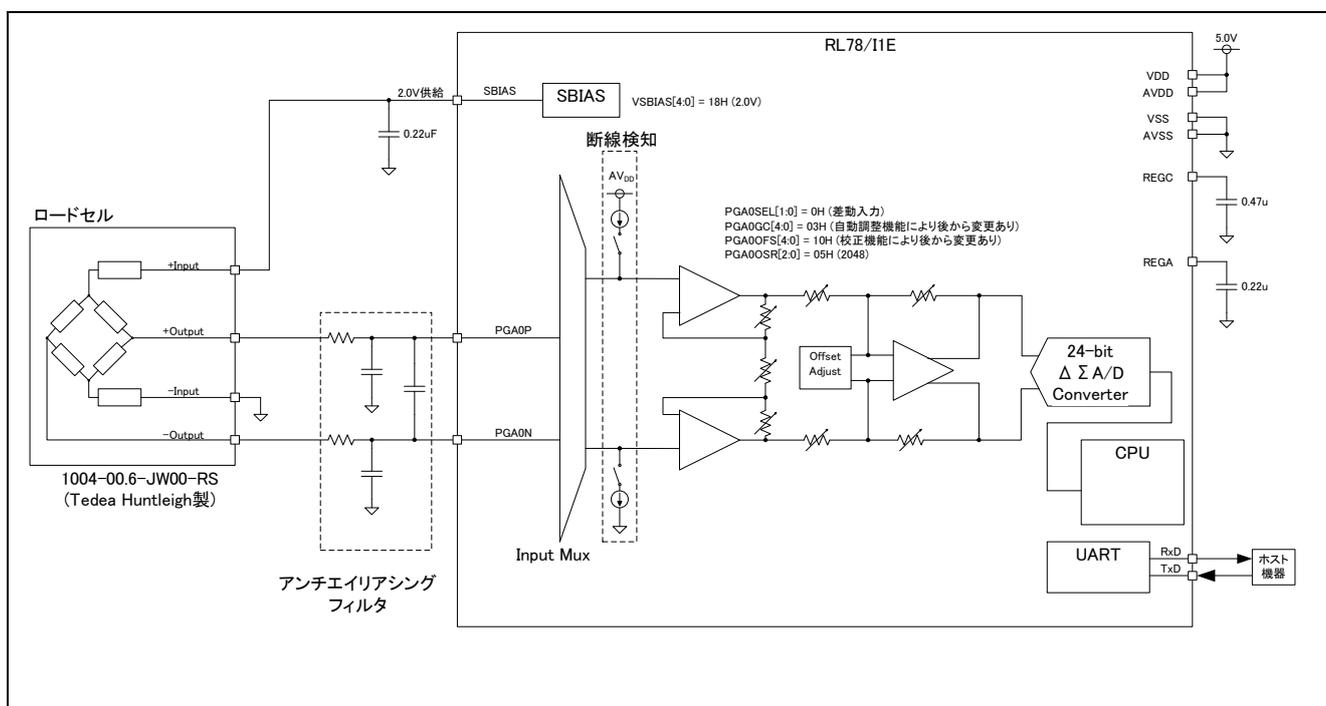


図 4-1 ロードセルと RL78/I1E 接続回路

注意 この回路イメージは接続の概要を示すために簡略化しています。実際に回路を作成される場合は、端子処理などを適切に行い、電気的特性を満たすように設計してください。

図 4-1 の回路図について説明します。ロードセルの駆動電源は RL78/I1E のセンサ用電源回路 SBIAS から供給します。SBIAS は 24 ビット $\Delta\Sigma/A/D$ コンバータの基準電源としても用いられており、センサの電源を SBIAS から供給することにより、電源の揺れを相殺し、より精度良く測定することが可能です。SBIAS から出力できる電流は最大 5mA です。ロードセルの入力端子間抵抗はデータシートより 415 Ω であるため、 $5\text{mA} \times 415 \Omega = 2.075\text{V}$ 以下の電圧を供給します。後述する入力電圧範囲との兼ね合いで SBIAS からは 2.0V を印加します(出力電流 = SBIAS 出力電圧(2.0V) / ロードセル入力端子間抵抗(415 Ω) = 4.8mA)。ロードセルの駆動電圧からロードセルにかかる荷重が定格容量時にロードセルから出力される電圧は 1.757mV となります(出力電圧 = 定格出力(0.8787mV/V) \times 印加電圧(2.0V) = 1.757mV)。したがって、ロードセルにかかる荷重が 0.1g 時の出力電圧は 0.293 μV となります(出力電圧 = 定格容量時の出力電圧(1.757mV) / 定格容量(0.6kg) / 測定最小容量(0.1g) = 0.2929 μV)。

ロードセルの出力端子とプログラマブル・ゲイン計装アンプの入力端子の間にはアンチエイリアシングフィルタを接続します。アンチエイリアシングフィルタとは、サンプリング時に発生する折り返し誤差を除去する用途のローパスフィルタです。このローパスフィルタでサンプリング周波数の 2 分の 1 以上の周波数の信号を減衰させ、折り返し誤差を発生させないようにします。

ロードセルの出力端子である +Output 端子、-Output 端子は図 4-1 のようにアンチエイリアシングフィルタを介して、RL78/I1E のプログラマブル・ゲイン計装アンプの入力端子である PGA0P 端子、PGA0N 端子に接続します。そして、プログラマブル・ゲイン計装アンプではロードセルからの出力信号を増幅し、 $\Delta\Sigma/A/D$ コンバータでデジタル値に変換します。プログラマブル・ゲイン計装アンプは入力マルチプレクサの設定により、差動入力モード、シングルエンド入力モード、内蔵温度センサ入力モードの 3 つのモードから選択することができます。また、計装アンプの前段アンプのゲインと後段アンプのゲインの組み合わせで 1~64 倍までのゲインを設定できます。

ロードセルからは差動出力信号が出力されるため、プログラマブル・ゲイン計装アンプは差動入力モードを使用します。この時、プログラマブル・ゲイン計装アンプの PGA0P 端子、PGA0N 端子の入力電圧範囲は 0.2V~1.8V、中間電圧が 1.0V であり、この範囲に収まる範囲で入力する必要があります。ロードセル駆動電圧を 2.0V とするとロードセルからは 1.0V を中心とした電圧が出力されることとなり、最も広い入力電圧範囲で測定することが可能となります。なお、計装アンプの後段にはオフセット電圧調整用の D/A コンバータが接続されています。この D/A コンバータによるオフセット電圧調整は -164mV~+164mV であり、31 階調(5 ビット)で設定することができます。なお、詳細につきましては 5.1(1)校正機能の a) 入力範囲調整機能で説明します。

$\Delta\Sigma/A/D$ コンバータの設定について説明します。RL78/I1E の $\Delta\Sigma/A/D$ コンバータでは、オーバ・サンプリング比や動作モード等を設定する必要があります。オーバ・サンプリングとは、必要な信号帯域より高い周波数で入力をサンプリングする方法です。通常のサンプリングでは、サンプリング周波数の 2 分の 1 が信号帯域となります。しかし、通常のサンプリングに比べて K 倍の頻度でサンプリングを行うと、量子化雑音の雑音密度(1Hz あたりの雑音)は $1/\sqrt{K}$ と小さくなります。量子化雑音の全体量は通常のサンプリングと同等ですが、量子化雑音は K 倍の周波数まで分散されます。ゆえに、デジタルフィルタを使用して信号帯域外の雑音を除去すればオーバ・サンプリング周波数の過倍率 K に見合った雑音低減が期待でき、測定精度向上が可能となります。よって、オーバ・サンプリング比は大きいほど精度向上が期待できます。本アプリケーションノートのターゲットである重量測定では、ロードセルからの信号が直流信号として出力されるため、変換速度を高速にする必要はありません。また、測定分解能を 0.1g にするためにはノイズの影響を可能な限り除去する必要があります。したがって、 $\Delta\Sigma/A/D$ コンバータのオーバ・サンプリング比は一番大きい 2048 に設定します。さらに、動作モードはノーマル・モードにすることで出力データ・レートを 488.28sps に設定します。なお、動作モードにはノーマル・モード以外にロウ・パワー・モードがあります。ロウ・パワー・モードでは消費電流を低減させることができますが、AFE 動作クロック周波数がノーマル・モード時の 8 分周となり、ノーマル・モードに比べて出力データ・レートが小さくなります。動作モードは消費電流と測定精度のトレードオフとなるため、システムに応じて最適な設定をする必要があります。

次に、取得した A/D 変換値の平均化について説明します。オーバ・サンプリングにより量子化誤差は低減できますが、それ以外のノイズについては平均化処理によって除去します。ノイズとしては様々なノイズがありますが、商用電源ノイズである 50Hz または 60Hz は必ず除去する必要があります。上記説明で A/D 変換の出力データ・レートは 488.28sps に設定しました。重量計としてのサンプル・レートは一般的には LCD 等で測定結果を表示するため、人が目で見て観測可能な 1 秒前後が求められます。本アプリケーションノートではサンプル・レートは 0.5 秒とします。したがって、商用電源ノイズである 50Hz および 60Hz の整数倍に

近く、0.5 秒以内に取得できる 244 回のデータで平均化処理を実行します。なお、RL78/I1E の $\Delta\Sigma/A/D$ コンバータには内蔵の機能で平均化処理を実行することができます。しかし、平均化回数は 64 回が最大値となるため、本アプリケーションノートでは使用しません。システムに応じて平均化回数が 64 回以下の場合はプログラマブル・ゲイン計装アンプ内蔵の平均化処理を使用することができます。

なお、選定するロードセルと測定精度によっては、プログラマブル・ゲイン計装アンプの前段にプリアンプが必要となる場合があります。プログラマブル・ゲイン計装アンプの最大のゲインが 64 倍のため、システム仕様によってはゲインが不足していることもあります。プリアンプの選定が必要な場合には次のことを考慮してご選定ください。

- 入力オフセット電圧が小さいこと

プログラマブル・ゲイン計装アンプには後段にオフセット電圧調整用の D/A コンバータが接続されています。差動入力モードでは、この D/A コンバータによるオフセット電圧調整(-164mV~+164mV、31 段階:5 ビット)ができます。しかし、計装アンプの後段に接続されているため、プリアンプの入力オフセット電圧はプリアンプでの増幅、計装アンプでの前段での増幅後に調整されることとなり、この 2 つのゲインが大きく、かつ、入力オフセット電圧が大きい場合は調節しきれない場合があります。例えば、プリアンプのゲイン 10 倍、PGA 前段のゲイン 8 倍の場合にキャンセルできるプリアンプの入力換算オフセット電圧は $\pm 164\text{mV}/(10 \times 8) = 2\text{mV}$ となります。

- 1/f ノイズが小さいことまたはスルーレートが高いこと

本アプリケーションノートのようにロードセルからの出力を直流増幅させて使用する場合はプリアンプの 1/f ノイズを小さくする必要があります。1/f ノイズが大きい場合、プリアンプの増幅とプログラマブル・ゲイン計装アンプの増幅により 1/f ノイズが増幅されてしまい、信号がノイズに埋もれます。1/f ノイズは低周波になるほど大きくなるノイズであるため、平均化等のソフトウェア処理で除去する事が難しいノイズ源となります。

また、ロードセルからの出力をアナログスイッチでスイッチングさせる、または交流駆動により、交流信号にする場合はスルーレートが高いアンプを選定する必要があります。スルーレートが低い場合は駆動信号によっては、十分に測定ができない可能性があります。

RL78/I1E は上記の他に重量計等の産業用センサシステムに必要な機能を備えております。断線検知機能はセンサと RL78/I1E 間の電線の故障を検出し、ラインの停止などを未然に防ぐことにつながります。コンフィギュラブル・アンプと 12bit D/A コンバータは外付けのトランジスタと組み合わせることにより 4-20mA 通信等の制御に用いることもできます。

さらに、RL78 シリーズ共通の機能としてデータ・フラッシュを搭載しているため、出荷時のトリミングデータなどを容易に記録することができます。低電圧検出回路は瞬停などでの暴走を抑制することが可能です。

5. ソフトウェア仕様

本章では、ソフトウェア仕様について説明します。

5.1 重量測定に必要な機能

重量測定に必要な校正機能(入力範囲調整機能、多点校正)、ゲイン自動調整、物理量換算、ゼロあわせ機能、エラー判定処理について説明します。

(1) 校正機能

ロードセルは、センサの取り付け方や置き方によってひずみが異なります。また、RL78/I1E のプログラマブル・ゲイン計装アンプや $\Delta\Sigma A/D$ コンバータへの入力範囲はロードセルの出力範囲と異なっています。そのため、正確な測定を行うためには RL78/I1E で校正を行う必要があります。本アプリケーションノートでは、校正機能として入力範囲調整機能と、多点校正機能の2つの機能について説明します。校正には外部から校正信号を印加する必要があるため、測定ごとではなく、工場出荷時等の初回立ち上げ時に行い、出荷後は校正データを用いて校正します。入力範囲調整機能では、RL78/I1E のプログラマブル・ゲイン計装アンプのオフセット電圧を、多点校正機能では重量と A/D 変換値の関係式を求めます。なお、校正後に得られたデータは RL78/I1E のデータ・フラッシュに保存する処理を実行します。

a) 入力範囲調整機能

入力範囲調整機能は、ロードセルやプログラマブル・ゲイン計装アンプ等のオフセット誤差により、 $\Delta\Sigma A/D$ コンバータの入力電圧が入力範囲を超えてしまうことを防ぐために実行します。本機能は、RL78/I1E のプログラマブル・ゲイン計装アンプの後段アンプにあるオフセット電圧調整用 D/A コンバータを使用します。実行フローを図 5-1 に示します。

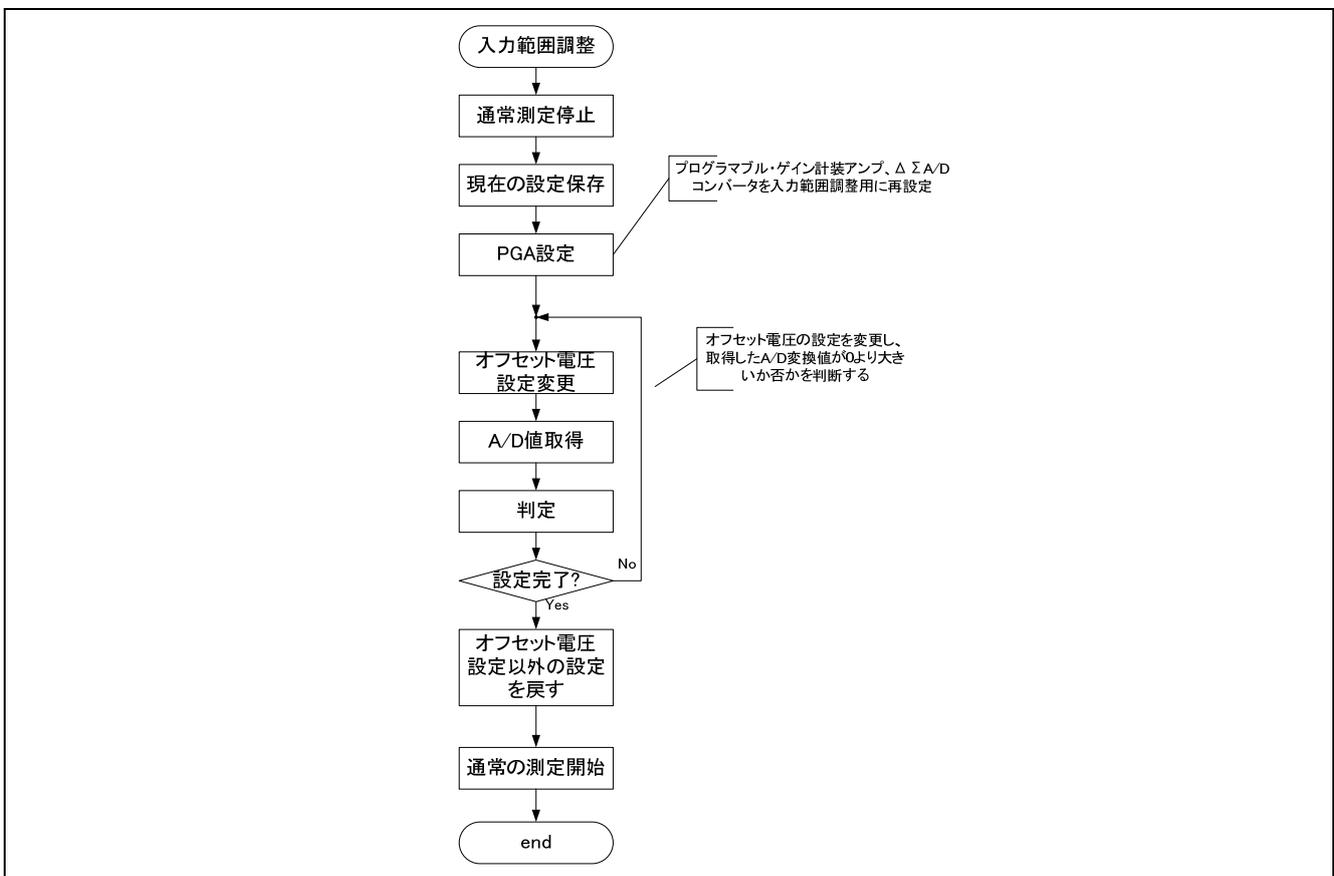


図 5-1 入力範囲調整フロー

b) 多点校正機能

測定した A/D 変換値から物理量(グラム)に換算する場合、データシートの値を用いて算出することができます。しかし、実際に測定した A/D 変換値にはロードセルの個体差やプログラマブル・ゲイン計装アンプのゲイン誤差やオフセット誤差等が含まれるため、物理量を算出際にこれらの誤差を考慮する必要がありますが、それらの誤差を個別に測定することは極めて困難です。そのため、本アプリケーションノートでは、線形補間により A/D 変換値から物理量を換算します。線形補間とは、一般的な近似法であり、2 点のデータを測定し、その 2 点間を直線で結んだ時の 1 次関数(傾きと切片)を求める方法です。なお、2 点のデータを測定する際は、外部から校正データとして正確な重さを与える必要があります。2 点校正の実行フローは図 5-2 の通りです。

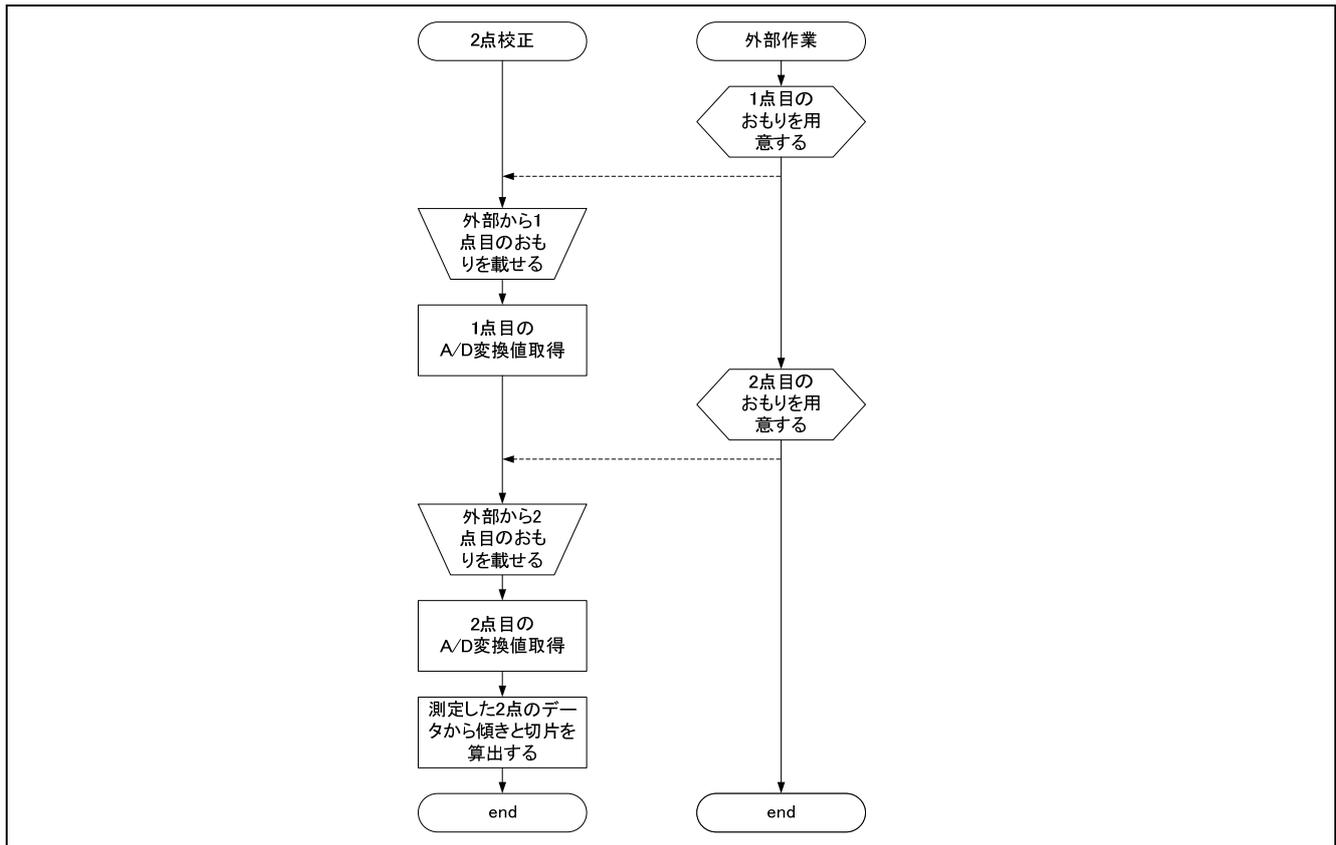


図 5-2 2点校正実行フロー

2点校正では、図 5-2 のように 2 点間のデータを測定し、1 次関数を算出します。算出した 1 次関数の各係数はゼロバランスや重量/抵抗のばらつきを含んだ値となるため、この 1 次関数を用いて A/D 変換値を物理量に換算すると、誤差の影響が含まれません。

しかし、ロードセルの取り付け位置や取り付け方法によっては、2 点校正により算出した 1 次関数に誤差が生じることがあります。特に、ロードセルにかかる荷重が低荷重の場合と高荷重の場合では、ロードセルのたわみが異なるため、線形性を持つことが出来ず、1 つの 1 次関数では近似できないことがあります。そのため、さらに精度良く測定を行うには、多点校正により直線近似をする方法があります。図 5-3 に 3 点校正を行った場合の例を示します。図 5-3 では、0g、200g、500g の 3 点で校正を行った場合の例となります。校正方法は 2 点校正と同一であり、0g-200g 間で傾き a_1 、切片 b_1 を持つ 1 次関数 y_1 を、200g-500g 間で傾き a_2 、切片 b_2 を持つ 1 次関数 y_2 を算出します。そして、測定した A/D 変換値が AD_x 未満であれば 1 次関数 y_1 を用いて、測定した A/D 変換値が AD_x 以上であれば 1 次関数 y_2 を用いて物理量を換算します。このように区間を分けて線形補間を行うことで、非直線性誤差を減らすことができます。なお、校正点数を増やせば増やすほど、非直線性に起因する誤差を減らすことができます。

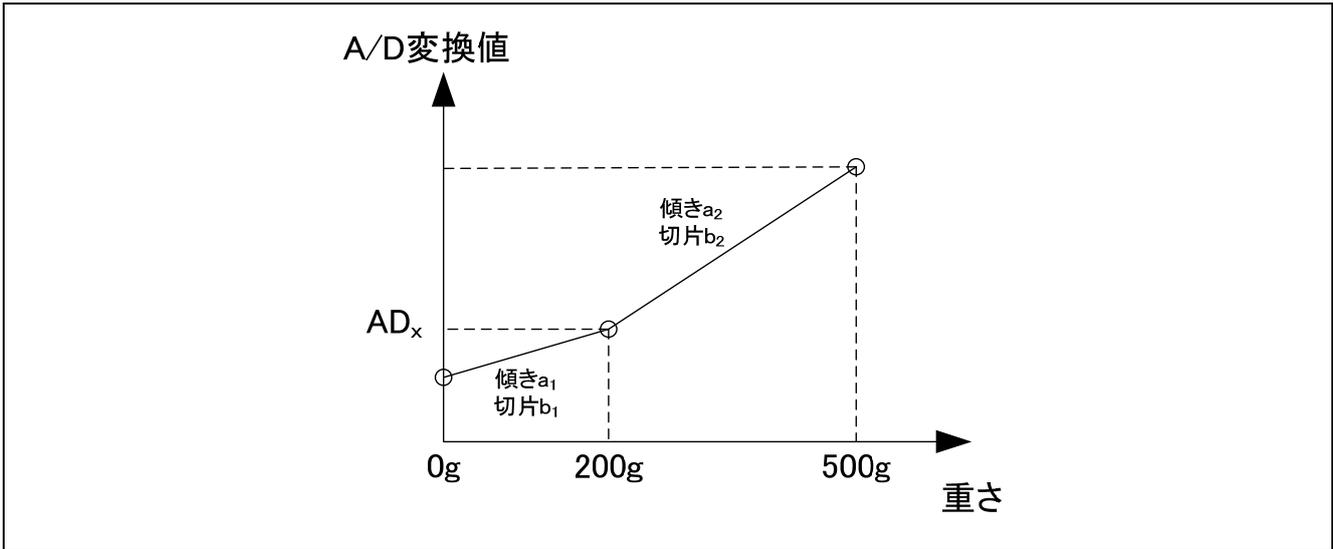


図 5-3 3点校正の例

(2) ゲイン自動調整

RL78/I1E のプログラマブル・ゲイン計装アンプでは、前段アンプのゲインを1倍、2倍、3倍、4倍、8倍の5通り、後段アンプのゲインを1倍、2倍、4倍、8倍の4通りに設定することができます。これらを組み合わせることによって1倍～64倍まで設定することが可能となります。本アプリケーションノートでは、 $\Delta \Sigma$ A/Dコンバータの入力範囲をフルレンジで使用するため、入力電圧に応じて最適なゲインとなるよう自動的に設定を行います。

ゲイン自動調整の方法として、前段アンプのゲインを調整することにより最適なゲインとなるような処理を行っています。プログラマブル・ゲイン計装アンプには後段にオフセット電圧調整用のD/Aコンバータが接続されており、後段のゲインを変更すると、このD/Aコンバータ出力電圧もゲイン倍されるため、後段ゲインは8倍の固定で使用しています。また、実行タイミングは、5秒間に1回実行しています。ただし、取得したA/D変換値がオーバーフローしていた場合はゲイン設定が適切に設定されていないと判断し、即座にゲインを下げる処理をしています。ゲイン自動調整の実行フローを図5-4に示します。

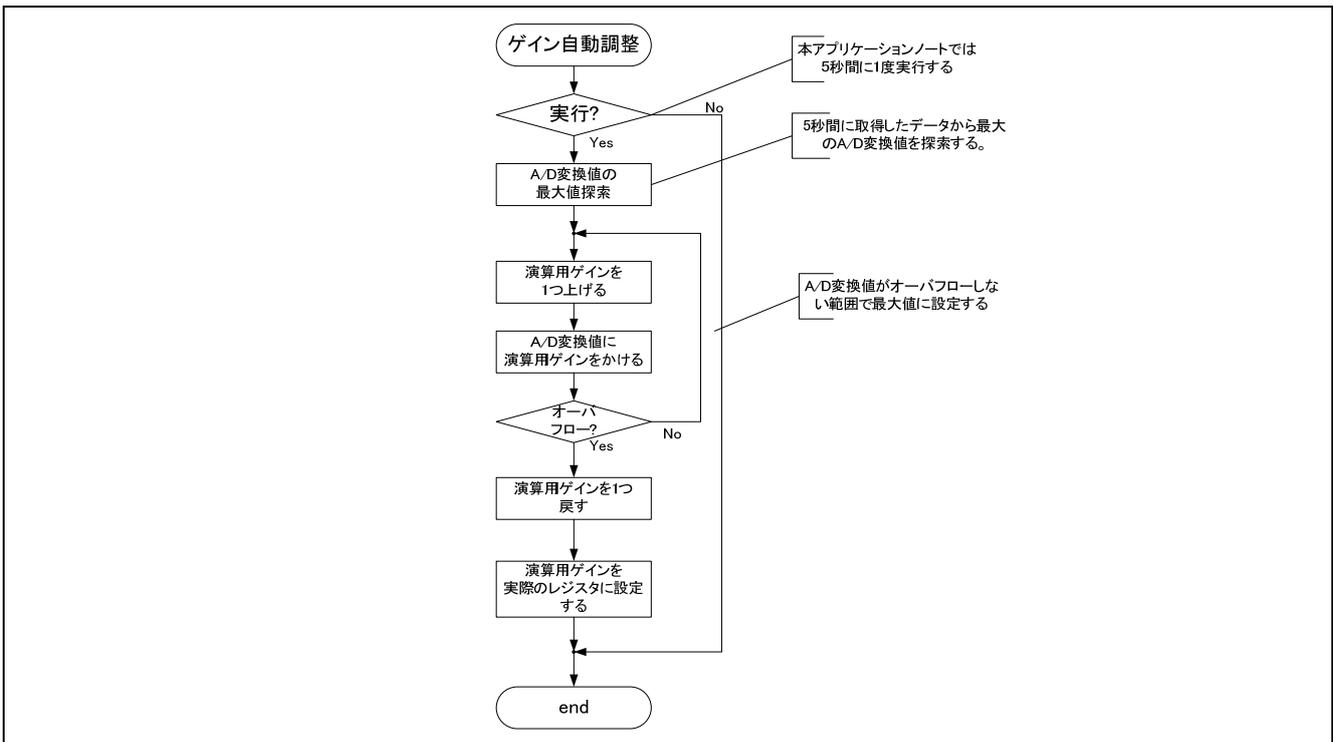


図 5-4 自動ゲイン調整実行フロー

(3) 物理量換算

取得した A/D 変換値から物理量(グラム)に換算する方法について説明します。物理量の換算には多点校正により得られた校正データを用います。A/D 変換値と物理量の関係は下記となります。なお、校正前の値は、本アプリケーションノートの動作確認時に測定したデータを使用しています。

$$\text{物理量(重さ)} = \frac{\text{取得した A/D 変換値} - \text{切片}}{\text{傾き}}$$

(4) ゼロあわせ機能

一般的なはかりにはゼロあわせ機能として現在のグラム表示を 0g に設定する機能があります。本機能では、ロードセル上にある風袋^注の重さをソフトウェアで見かけ上 0g に設定します。

【注】 風袋とは、はかりで物の重さを量るとき、それを入れてある容器、袋、箱などのことを指します。ここでは、ロードセル上にあるすべての物体のことを指します。

(5) エラー判定処理

エラー判定処理として、ロードセルの測定範囲を超えた場合の範囲外エラー、取得した A/D 変換値がオーバーフローした場合のオーバーフローエラー、ロードセルとプログラマブル・ゲイン計装アンプの接続が切れた場合の断線エラー判定を行います。下記に、エラー判定処理の実行フローを示します。

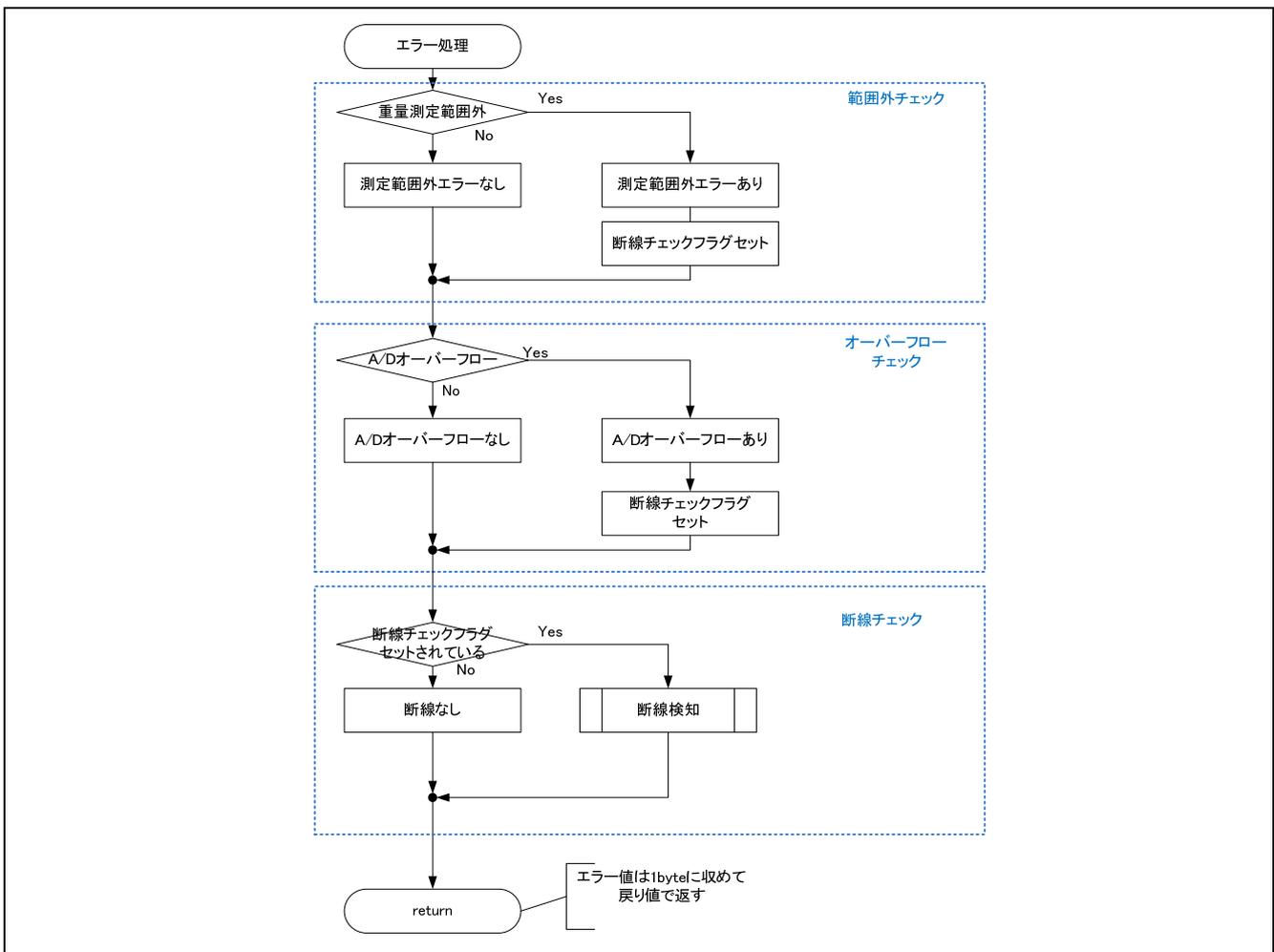


図 5-5 エラー判定処理

5.2 アナログ特性評価用サンプルコードからの変更点

本アプリケーションノートでは RL78/I1E アナログ特性評価用サンプルコードから一部を流用しています。本章では、本アプリケーションノート特有の処理について説明します。それ以外につきましては、「RL78/I1E アナログ特性評価用サンプルコード仕様書(R01AN2818J) アプリケーションノート」をご参照ください。

5.2.1 ひずみセンサソリューション変更内容

(1) r_scale.c/h ファイルの追加

— 重量算出

- 重量算出関数 (R_SCALE_WeightCalculation)
- 重量算出に使用するファイル内グローバル変数
 - ◇ 傾き格納変数(gs_slope_buf[])
 - ◇ 切片格納変数(gs_intercept_buf [])
 - ◇ 係数切り替え閾値格納変数(gs_coefficient_buf[])

— 係数校正

- キャリブレーションデータ格納処理関数(R_SCALE_InputCalibrationValue)
- 係数算出内部関数(r_scale_coefficient_calculation)
- キャリブレーションデータ格納グローバル変数(g_calibration_value_buf[])
- キャリブレーション値の物理量格納変数(gs_calibration_point_buf [])

— ゼロあわせ

- ゼロあわせ実行関数(R_SCALE_ZeroAdjustment)
- ゼロあわせデータ格納関数(R_SCALE_SetZeroAdjustmentValue)
- ゼロあわせデータ格納ファイル内グローバル変数(gs_zero_adjustment_value)

— 重量安定検知処理

- 重量安定検知処理関数 (R_SCALE_StabilityCheck)

— 算出に使用するグローバル変数初期化処理関数(R_SCALE_Init)

(2) main 関数修正内容

— はかり制御コマンド追加

はかりに必要なコマンド(ゼロあわせ、オフセット校正、1点目校正、2点目校正、3点目校正)を追加と対応する処理を追加

— 受信データ解析関数(r_uart_receive_check)ではかり制御コマンドに対応

— コマンドチェック関数(r_command_check)を追加

— 通信データ生成関数の修正

- 送信データを下記に変更。
 - ◇ 平均化後の A/D 変換値
 - ◇ 算出した重量
 - ◇ 測定状態
 - ◇ エラーフラグ
 - ◇ 重量安定状態
 - ◇ A/D 変換値(BULK 転送)

— A/D 変換値の平均化処理関数を追加(r_get_dsad_average)

— フラッシュ格納変数への校正データの読み出し、書き込みを追加(r_flash_data_decode、r_flash_data_update)

— エラーチェック関数(r_error_check)内に測定範囲外エラー処理を追加

— オフセット調整機能追加

- ゲイン毎に対応するオフセット調整、格納する関数を追加(r_offset_adjustment)
- ゲイン毎に対応するオフセット格納変数を追加(g_gain_offset_reg_table[])

— ゲインに対応するオフセット設定更新関数を取得(r_offset_change)

(3) コード生成設定の差分

表 5-1 コード生成設定の差分一覧

| 周辺機能 | | RL78/I1E アナログ特性評価用サンプル コードの設定 | RL78/I1E ひずみセンサソリューション サンプルコードの設定 |
|---|------------------|-------------------------------------|---|
| PGA+ Δ Σ A/D コンバータ | オートスキャン モード設定 | シングルスキャン | 連続スキャン |
| PGA+ Δ Σ A/D コンバータ └マルチプレクサ 0 | オーバ・サンプリ ング比 | 256 | 2048 |

5.2.2 アナログ特性評価用サンプルからの追加、変更関数一覧

(1) r_cg_main.c

表 5-2 r_cg_main.c ファイルの関数一覧

| 関数名 | 概要 |
|---------------------------------|--------------------|
| main | メイン関数 |
| R_MAIN_UserInit | ユーザーインターフェース初期化関数 |
| r_error_check | エラーチェック関数 |
| r_uart_receive_check | 受信データ解析関数 |
| r_communication_data_generation | PC ソフトへの通信データ生成関数 |
| r_get_dsad_average | DSAD 値平均処理関数 |
| r_measurement_start | 測定開始処理関数 |
| r_measurement_stop | 測定停止処理関数 |
| r_offset_change | ゲイン設定対応オフセット設定更新関数 |
| r_offset_adjustment | PGA オフセット調整関数 |
| r_command_check | コマンドチェック生成関数 |
| r_flash_data_decode | フラッシュデータデコード関数 |
| r_flash_data_update | フラッシュデータ更新関数 |

(2) r_scale.c

表 5-3 r_scale.c ファイルの関数一覧

| 関数名 | 概要 |
|--------------------------------|-------------------------------|
| R_SCALE_Init | はかり用変数の初期化 |
| R_SCALE_SetZeroAdjustmentValue | ゼロあわせデータ格納関数 |
| R_SCALE_ZeroAdjustment | ゼロあわせ実行関数 |
| R_SCALE_InputCalibrationValue | キャリブレーションデータ格納処理関数 |
| R_SCALE_WeightCalculation | DSAD 値からグラムを計算し、重量格納ポインタで返す関数 |
| R_SCALE_StabilityCheck | 重量安定検知処理関数 |

5.2.3 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言

本サンプルコードではユーザー環境、使用条件に依存する部分をマクロ宣言にて定義しています。ご使用の環境に応じて各定義を変更してください。

(1) r_cg_main.c

表 5.2.3-1 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言一覧

| マクロ宣言 | デフォルト設定値 | 入力範囲 | 内容 |
|------------------------|--|-------|--|
| D_INTERMITTENT_DRIVE | 0U | 0U,1U | 間欠駆動 0:連続動作時 1:間欠動作時 |
| D_BULK_NUM | 488U …連続動作時 100U …間欠動作時 | 1 以上 | BULKSTART コマンドから BULKEND コマンドまでの転送データの総数を指定 |
| D_AVERAGE_BUF_SIZE | 244U …連続動作時 50U …間欠動作時 | 1 以上 | 1 回の BULK コマンド毎の転送データ数を指定 |
| D_GRAM_UPDATE_DSAD_NUM | D_AVERAGE_BUF_SIZE | 1 以上 | グラム更新タイミング |
| D_MPX_NUMBER | E_PGA_DSAD_MPX0 | | 測定 MPX 端子 |
| D_STREAMHEADER | "STREAMHEADER:Count, Averaged_dsad_Value,Weight, Status,Error,Stability\r\n" | | STREAMHEADER 文字列定義 |
| D_BULK_COMMAND_NUM | 20U | | DSAD 分割転送回数 |

(2) r_rl78_i1e_common.h

表 5.2.3-2 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言一覧

| マクロ宣言 | デフォルト設定値 | 入力範囲 | 内容 |
|------------------------------|-----------------|-------------------|--|
| D_MCU_CLOCK_MHZ | 32U | uint8_t 注 1 | CPU と周辺クロック周波数の定義。注 1 注 2 API 内部で使用するソフトウェアウエイトの大まかな時間算出に使用します。 (単位:MHz) |
| D_FLASH_MEMORY_DATA_USE | 1U | 0U,1U | フラッシュ・メモリデータ使用設定 0:使用しない 1:使用する |
| D_FLASH_FORCE_WRITING | 0U | 0U,1U | フラッシュデータ強制書き込み設定 0:強制書き換えしない。 (フラッシュ値無効時のみ書き換える) 1:強制書き換えする |
| D_DSAD_CORRECT_USE | 1U | 0U,1U | PGA 誤差測定有効化設定 0:PGA 誤差測定無効 1:PGA 誤差測定有効 |
| D_DSAD_CORRECT_MPXn | D_PGA_DSAD_MPX0 | MPX0- MPX4 注 3 | PGA 誤差測定で使用する入力マルチプレクサ番号注 3 |
| D_DSAD_VALUE_BUFFER_SIZE | 256U | uint16_t | DSAD 変換値格納バッファサイズ |
| D_DSAD_AUTO_GAIN_USE | 1U | 0U,1U | PGA 自動ゲイン調整有効化設定 0:PGA 自動ゲイン調整無効 1:PGA 自動ゲイン調整有効 |
| D_DSAD_AUTO_GAIN_TRIGGER_SEC | 5U 注 4 | uint8_t | PGA 自動ゲイン調整タイミング (単位:秒) |
| D_GAIN_ERROR_REFERENCE_mV | 10.0F | float | PGA ゲイン誤差測定基準電圧 (単位:mV) |
| D_UART_SEND_USE | 1U | 0U,1U | UART 送信有効化設定 0:UART 送信無効 1:UART 送信有効 |
| D_UART_SEND_BUFFER_SIZE | 256U | Max.256 | PC 送信用送信バッファサイズ |

【注 1】 0 より大きな値を指定してください

【注 2】 使用するマイコンの CPU クロックの設定値を指定してください

【注 3】 入力マルチプレクサ番号の define 宣言値を指定してください

D_PGA_DSAD_MPX0 … 入力マルチプレクサ 0

D_PGA_DSAD_MPX1 … 入力マルチプレクサ 1

D_PGA_DSAD_MPX2 … 入力マルチプレクサ 2

D_PGA_DSAD_MPX3 … 入力マルチプレクサ 3

【注 4】 実際の設定は CPU クロック周波数を基にしたカウンタ値を求める式が付加されます。
($5U * D_MCU_CLOCK_MHZ * 1000000$)

(3) r_keyscan.h

表 5.2.3-3 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言一覧

| マクロ宣言 | デフォルト設定値 | 入力範囲 | 内容 |
|-----------------|--------------------|--|-------------------------|
| DEF_KEY_ACTIVE | DEF_KEY_ACTIVE_LOW | DEF_KEY_ACTIVE_LOW, DEF_KEY_ACTIVE_HIGH | SW 有効レベル |
| KEY_SCAN_NORM | 10U | uint8_t | 単押し判定時間 (単位:10ms) |
| KEY_SCAN_LONG | 100U | uint8_t | 長押し判定時間 (単位:10ms) |
| KEY_SCAN_DEAD | 5U | uint8_t | キー状態変更後の不感帯期間 (単位:10ms) |
| KEY_SCAN_NOT | 5U | uint8_t | 非アクティブ期間 (単位:10ms) |
| KEY_SCAN_DOUBLE | 50U | uint8_t | ダブルクリック判定有効期間 (単位:10ms) |

(4) r_cg_userdefine.h

表 5-4 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言一覧

| マクロ宣言 | デフォルト設定値 | 入力範囲 | 内容 |
|------------------|----------|----------------|---|
| D_DEBUG_LED_USE | 0U | 0U,1U | デバッグ用 LED 使用設定 0U: 使用しない 1U: 使用する |
| D_DEBUG_LED_PORT | P1.5 | (出力ポート) 注 1 | デバッグ用 LED ポート設定 |

【注 1】プルアップされた LED と接続しているデジタル出力ポートを指定してください

(5) r_scale.h

表 5.2.3-5 ユーザー環境依存設定用マクロ宣言一覧

| マクロ宣言 | デフォルト設定値 | 内容 |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| D_WEIGHT_MIN | -600 | 測定下限(グラム) |
| D_WEIGHT_MAX | 600 | 測定上限(グラム) |
| D_COEFFICIENT_NUMBER | 5U | 係数の個数 |
| D_CALIBRATION_POINTS | 3U | 校正点数(2 点以上) |
| D_COEFFICIENT_POINTS | D_CALIBRATION_POINTS -1U | 係数点数 |
| D_COEFFICIENT_CHANGE_POINTS | D_COEFFICIENT_POINTS -1U | 係数切り替え点数 |
| D_CALIBRATION_1_GRAM | 0 | 校正 1 点目の重量(g) |
| D_CALIBRATION_2_GRAM | 200 | 校正 2 点目の重量(g) |
| D_CALIBRATION_3_GRAM | 500 | 校正 3 点目の重量(g) |
| D_STABILITY_CHECK_NUM | 3U | 安定チェック回数(回) |
| D_SLOPE_1_DEFAULT_VALUE | 1976.6 | 傾き 1 デフォルト値(LSB/g) |
| D_SLOPE_2_DEFAULT_VALUE | D_SLOPE_1_DEFAULT_VALUE | 傾き 2 デフォルト値(LSB/g) |
| D_INTERCEPT_1_DEFAULT_VALUE | 2677181.7 | 切片 1 デフォルト値(LSB) |
| D_INTERCEPT_2_DEFAULT_VALUE | D_INTERCEPT_1_DEFAULT_VALUE | 切片 2 デフォルト値(LSB) |
| D_COEFFICIENT_CHANGE_1_VALUE | 683223 | 係数切り替え閾値 1 デフォルト値(LSB) |

5.2.4 マクロ宣言

r_cg_main.c で定義されているマクロ宣言について示します。

表 5.2.4-1 マクロ宣言一覧

| マクロ宣言 | 値 | 内容 |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| D_BULK_SPLIT_NUM | D_BULK_NUM / D_DSAD_VALUE_BUF_SIZE | BULK 分割数 |
| D_BULK_SPLIT_MOD | D_BULK_NUM % D_DSAD_VALUE_BUF_SIZE | BULK 分割余り |
| D_NO_ERROR | 0x00U | エラー無し |
| D_OVER_RANGE_ERROR | 0x01U | 範囲外エラー |
| D_OVER_FLOW_ERROR | 0x02U | オーバフローエラー |
| D_DIVIDE_BY_ZERO_ERROR | 0x04U | ゼロ除算エラー |
| D_DISCONNECTION_ERROR | 0x80U | 断線エラー |
| D_ON_OFF_COMMAND | @0¥r¥n | ON/OFF コマンド |
| D_ZERO_ADJUSTMENT_COMMAND | @1¥r¥n | ゼロあわせコマンド |
| D_OFFSET_ADJUSTMENT_COMMAND | @2¥r¥n | オフセット校正コマンド |
| D_CALIBRATION_1_COMMAND | @3¥r¥n | 1 点目校正コマンド |
| D_CALIBRATION_2_COMMAND | @4¥r¥n | 2 点目校正コマンド |
| D_CALIBRATION_3_COMMAND | @5¥r¥n | 3 点目校正コマンド |
| D_COMMAND_SIZE | 4U | PC 通信用受信コマンドサイズ |

5.2.5 列挙体

r_cg_main.c で定義されている列挙体を下記に示します。

表 5-5 バルクフォーマットデータ生成制御用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| e_bulk_control_t | E_BULKDATA_BULKSTART | BULKSTART フォーマットデータ生成 |
| | E_BULKDATA_BULK | BULK フォーマットデータ生成 |
| | E_BULKDATA_BULKEND | BULKEND フォーマットデータ生成 |

表 5-6 通信コマンド生成制御用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|------------------------|----------------|--------------------------|
| e_communication_data_t | E_STREAMHEADER | STREAMHEADER フォーマットデータ生成 |
| | E_STREAM | STREAM フォーマットデータ生成 |
| | E_BULK | BULK フォーマットデータ生成 |
| | E_BINARY | BINARY フォーマットデータ生成 |

表 5-7 通信コマンド判定用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|---------------------------|-----------------------------|-------------|
| e_communication_command_t | E_ON_OFF_COMMAND | ON/OFF コマンド |
| | E_ZERO_ADJUSTMENT_COMMAND | ゼロあわせコマンド |
| | E_OFFSET_ADJUSTMENT_COMMAND | オフセット校正コマンド |
| | E_CALIBRATION_1_COMMAND | 1 点目校正コマンド |
| | E_CALIBRATION_2_COMMAND | 2 点目校正コマンド |
| | E_CALIBRATION_3_COMMAND | 3 点目校正コマンド |
| | E_COMMAND_NONE | コマンド無し判定用定義 |

表 5-8 測定状態通信用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------|
| e_measurement_state_t | E_DEFAULT | 未校正、PGA 後段オフセット調整実行許可状態 |
| | E_OFFSET_ADJ_1 | PGA 後段オフセット調整実行済み、校正 1 許可状態 |
| | E_CALIBRATION_1 | 校正 1 実行済み、校正 2 許可状態 |
| | E_CALIBRATION_2 | 校正 2 実行済み、校正 3 許可状態 |
| | E_CALIBRATION_3 | 校正 3 実行済み、通常測定状態 |

表 5-9 MCU 状態判定用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|---------------|------------|----------|
| e_mcu_state_t | E_MCU_HALT | HALT モード |
| | E_MCU_RUN | 動作中 |

表 5-10 測定制御用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|-------------------------|----------------------|------------|
| e_measurement_control_t | E_TRANSMISSION_START | シリアル送信開始 |
| | E_DATA_GENERATION | 重量算出 |
| | E_ERROR_CHECK | ERROR チェック |
| | E_WAIT | 動作無し |

表 5-11 ゼロ除算状態判定用列挙体

| 型名 | マクロ名 | 内容 |
|------------------------|------------------------|--------|
| divide_by_zero_error_t | E_DIVIDE_OK | 除算正常完了 |
| | E_DIVIDE_BY_ZERO_ERROR | ゼロ除算発生 |

5.2.6 構造体

r_cg_main.c で定義されている構造体を下記に示します。

表 5-12 測定データ格納変数用構造体

| 構造体型名 | measurement_data_t | | |
|-------|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| 概要 | 測定データ格納変数用構造体 | | |
| メンバ変数 | 型 | 名称 | 内容 |
| | uint32_t | count | 送信カウンタ値格納変数 |
| | str_pga_dsad_value_t | dsad_value | $\Delta \Sigma$ A/D 変換値構造体変数 |
| | int32_t | averaged_dsad_value | 平均化処理後の DSAD 値格納変数 |
| | float | weight | グラム変換値格納変数 |
| | e_mcu_state_t | mcu_state | MCU 動作状態格納変数 |
| | e_measurement_state_t | measurement_state | 測定動作状態格納変数 |
| | uint8_t | error_state | エラー状態格納変数 |
| | stability_check_t | stability_check_flag | 安定状態フラグ格納変数 |

表 5-13 BULK 転送データ格納変数用構造体

| 構造体型名 | bulk_data_t | | |
|-------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| 概要 | BULK 転送データ格納変数用構造体 | | |
| メンバ変数 | 型 | 名称 | 内容 |
| | uint16_t | send_count | BULK 転送送信回数カウンタ |
| | e_bulk_control_t | control | BULK 転送制御 |
| | int32_t | buf[D_BULK_BUFFER_SIZE] | BULK 転送データ用バッファ |
| | uint16_t | str_count | BULK 転送データ用バッファカウンタ |
| | uint16_t | split_count | BULK 転送分割送信回数カウンタ |

表 5-14 ゲイン設定値と対応するオフセット設定値格納用構造体

| 構造体型名 | gain_offset_reg_t | | |
|-------|---------------------------|-------------|--------------------|
| 概要 | ゲイン設定値と対応するオフセット設定値格納用構造体 | | |
| メンバ変数 | 型 | 名称 | 内容 |
| | e_pga_dsad_gain_t | dsad_gain | PGA のゲイン設定指定用列挙体変数 |
| | e_pga_dsad_offset_t | dsad_offset | DC オフセット指定用列挙体変数 |

5.2.7 グローバル変数

(a) r_cg_main.c

表 5-15 グローバル変数一覧

| 型名 | グローバル定数名 | 内容 |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------|
| int32_t | g_dsad_average_buf[] | DSAD 値平均値算出用データ格納バッファ |
| uint16_t | g_dsad_get_count | DSAD 値取得回数 |
| gain_offset_reg_t | g_gain_offset_reg_table[] | ゲイン変更用レジスタ値格納変数 |
| uint8_t | g_gain_offset_reg_table_size | ゲイン変更用レジスタ値格納変数サイズ |
| uint8_t | g_gain_offset_reg_table_index | ゲイン変更用レジスタ値格納変数インデックス |
| bulk_data_t | g_bulk_data | BULK 転送データ格納変数 |

(b) r_scale.c

表 5-16 グローバル変数一覧

| 型名 | グローバル定数名 | 内容 |
|---------|-----------------------------|-----------|
| int32_t | g_calibration_value_buf[][] | 校正測定値格納変数 |

表 5-17 内部グローバル変数一覧

| 型名 | グローバル変数名 | 内容 |
|---------|----------------------------------|------------------|
| float | gs_slope_buf[][] | 傾き格納変数 |
| float | gs_intercept_buf[][] | 切片格納変数 |
| float | gs_calibration_point_buf[] | キャリブレーション物理量格納変数 |
| float | gs_coefficient_buf[] | 係数の切り替え閾値格納変数 |
| uint8_t | gs_calibration_value_buf_index[] | 校正測定値格納変数インデックス |
| uint8_t | gs_flash_data_set_flag | フラッシュデータセットフラグ |
| float | gs_zero_adjustment_value | ゼロあわせデータ格納変数 |

5.3 関数仕様

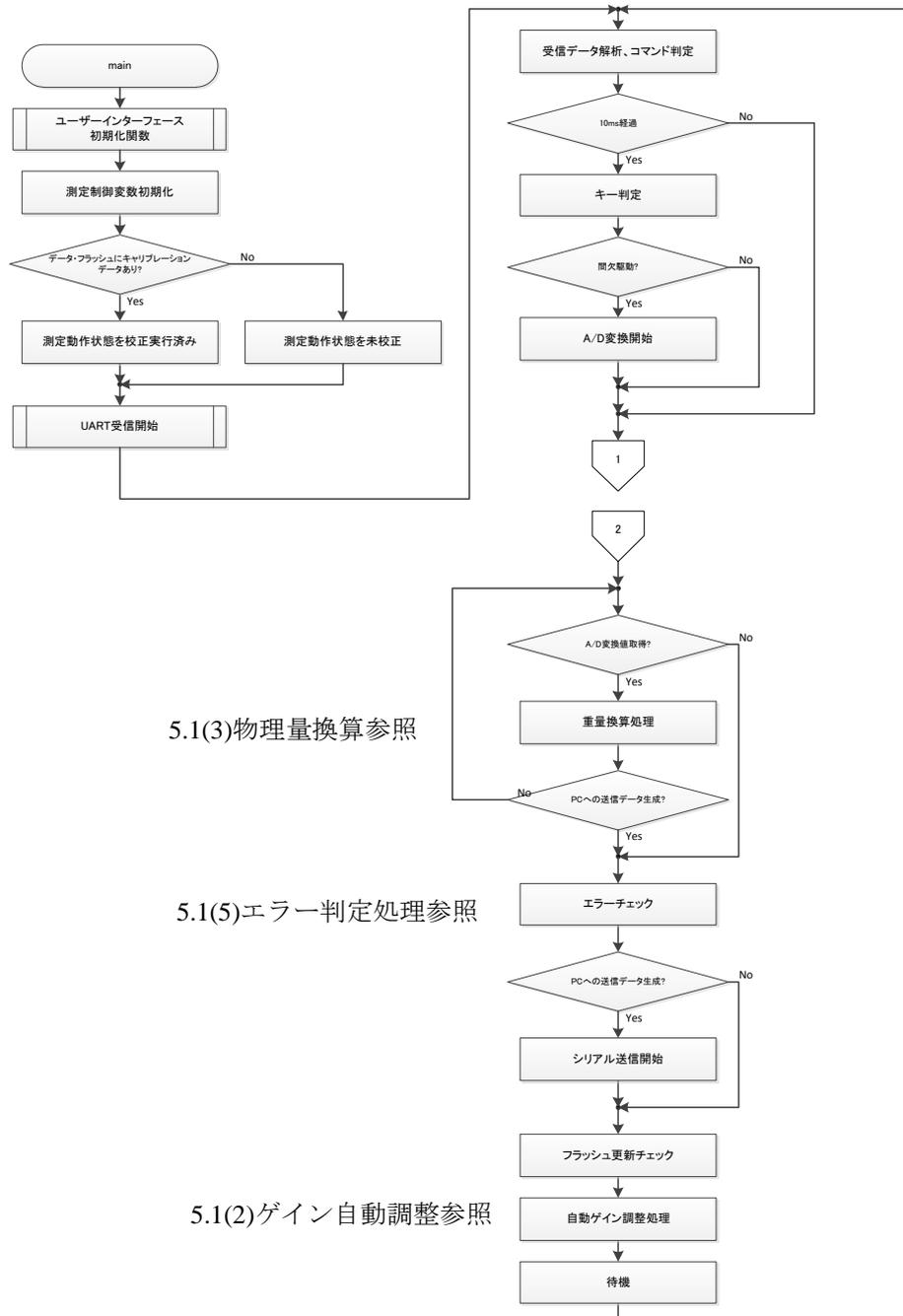
5.3.1 r_cg_main.c

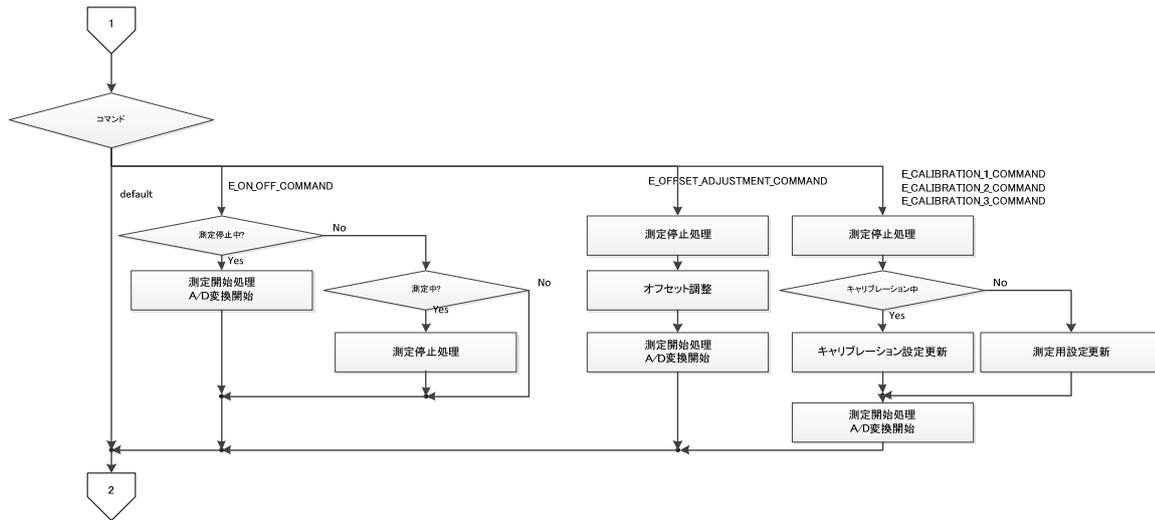
(1) メイン関数

void R_MAIN_UserInit(void)

| | |
|------|--------------|
| 説明 | メイン関数 |
| 引数 | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | 詳細はフローチャート参照 |

フローチャート





(2) ユーザーインターフェース初期化関数

```
void main(void)
```

| | |
|------|---|
| 説明 | ユーザーインターフェース初期化関数 |
| 引数 | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • R_I1E_Variable_Initialize 関数を呼び出してサンプルコード使用変数初期化処理を行う • フラッシュメモリデータを使用する場合はデータを読み出す(デフォルトでは使用する) • フラッシュメモリデータを強制的に書き込む場合は書き込む(デフォルトでは使用しない) • R_KEY_Initialize 関数を呼び出してキー情報初期化 • R_INTCO_Start 関数を呼び出し、INTPO 割り込みを有効 • g_tx_end_flag に 0 を代入、R_UART1_Start 関数を呼び出して UART1 開始 • R_SCALE_Init 関数を呼び出し、はかり用変数の初期化 |

(3) エラーチェック関数

```
static uint8_t r_error_check(measurement_data_t * const p_measurement_data)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | $\Delta \Sigma$ A/D 変換結果エラーチェック関数 |
| 引数 | p_measurement_data: 測定データ格納変数ポインタ |
| グローバル変数 | なし |
| SFR | なし |
| 戻り値 | uint8_t: エラー情報 |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • 測定データ格納変数のグラム変換値格納変数が重量測定範囲外、または$\Delta \Sigma$ A/D 変換値構造体変数の Overflow Flag が 1 の場合、戻り値格納変数に対応するエラー情報をセットし断線検知処理を行う • 断線状態の場合対応するエラー情報をセットし戻り値で返す |

(4) 受信データ解析関数

```
static e_communication_command_t r_uart_receive_check(int8_t * p_receive_buf)
```

| | | |
|---------|--|--|
| 説明 | 受信データ解析関数 | |
| 引数 | * p_receive_buf: 受信データバッファのポインタ | |
| グローバル変数 | なし | |
| SFR | なし | |
| 戻り値 | e_communication_command_t: 受信コマンド ENUM 定義 E_ON_OFF_COMMAND ON/OFF コマンド: E_ZERO_ADJUSTMENT_COMMAND ゼロあわせコマンド E_OFFSET_ADJUSTMENT_COMMAND PGA オフセット調整コマンド: E_CALIBRATION_1_COMMAND 校正 1 点目コマンド E_CALIBRATION_2_COMMAND 校正 2 点目コマンド: E_CALIBRATION_3_COMMAND 校正 3 点目コマンド E_COMMAND_NONE コマンド無し | |
| 処理内容 | 受信データバッファのデータと、定義された受信コマンド文字列を比較し、一致した場合対応する ENUM 定義、不一致の場合は E_COMMAND_NONE を返す | |

(5) PC ソフトへの通信データ生成関数

```
static uint8_t r_communication_data_generation  
(e_communication_data_t communication_data, measurement_data_t * const p_measurement_data)
```

| | | |
|---------|--|--|
| 説明 | PC ソフトへの通信データ生成関数 | |
| 引数 | communication_data: 通信データ *p_measurement_data: 測定データ格納変数ポインタ | |
| グローバル変数 | g_i1e_uart_send_buffer[][]: PC 通信用の送信バッファ g_buffer_number: PC 通信用の送信バッファ バッファ番号 | |
| SFR | なし | |
| 戻り値 | uint8_t: 0 データ生成無し 1 データ生成完了 | |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> 通信データで指定されたフォーマットに基づいて、測定データ格納ポインタから対 PC 用のバッファへデータ変換し格納する データ生成無し、またはデータ生成完了を戻り値で返す。 | |

(6) DSAD 値平均処理関数

```
static int32_t r_get_dsad_average(int32_t * p_dsad_buf, uint8_t dsad_num)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | DSAD 値平均処理関数 |
| 引数 | *p_dsad_buf: DSAD 値格納バッファ dsad_num: 平均化するデータ個数 |
| グローバル変数 | なし |
| SFR | なし |
| 戻り値 | int32_t: DSAD 平均値 |
| 処理内容 | DSAD 値格納バッファの指定個数分のデータを平均化し、戻り値で返す |

(7) 測定開始処理関数

```
static void r_measurement_start(void)
```

| | |
|---------|--|
| 説明 | 測定開始処理関数 |
| 引数 | なし |
| グローバル変数 | gs_dsad_autoscan_mode: オートスキャンモード格納変数 g_dsad_get_count: DSAD 値取得回数 g_bulk_data: BULK 転送データ格納変数 |
| SFR | TMIF10: TAU チャンネル 10 カウント完了/キャプチャ完了 割り込み要求フラグ TMMK10: TAU チャンネル 10 カウント完了/キャプチャ完了 割り込みマスク・フラグ TS1: タイマ・チャンネル開始レジスタ 1 DSADIF: 24 ビット $\Delta\Sigma/A/D$ 変換終了 割り込み要求フラグ DSADMK: 24 ビット $\Delta\Sigma/A/D$ 変換終了 割り込みマスク・フラグ DSADST: A/D 変換 (AUTOSCAN) の制御 |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> ● R_I1E_RingBuffer_Initialize 関数を呼び出し DSAD リングバッファ初期化 ● g_dsad_get_count に 0 を代入し DSAD 平均用バッファを初期化 ● g_bulk_data.control に E_BULKDATA_BULKSTART、g_bulk_data.str_count に 0 を代入し、BULK 転送制御の初期化 ● R_TAU1_Channel0_Start 関数を呼び出し、SW 用タイマ開始 ● 間欠動作時でなければ、R_PGA_DSAD_Start 関数を呼び出し DSAD 変換開始 |

(8) 測定停止処理関数

```
static void r_measurement_stop(void)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | 測定停止処理関数 |
| 引数 | なし |
| グローバル変数 | なし |
| SFR | TMIF10: TAU チャンネル 10 カウント完了/キャプチャ完了 割り込み要求フラグ TMMK10: TAU チャンネル 10 カウント完了/キャプチャ完了 割り込みマスク・フラグ TS1: タイマ・チャンネル開始レジスタ 1 DSADIF: 24 ビット $\Delta\Sigma/A/D$ 変換終了 割り込み要求フラグ DSADMK: 24 ビット $\Delta\Sigma/A/D$ 変換終了 割り込みマスク・フラグ DSADST: A/D 変換 (AUTOSCAN) の制御 |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • R_PGA_DSAD_Stop 関数を呼び出し A/D 変換 (AUTOSCAN) 停止 • R_TAU1_Channel0_Stop 関数を呼び出し SW 用タイマ停止 |

(9) ゲイン設定対応オフセット設定更新関数

```
static void r_offset_change(e_pga_dsad_mpx_t dsad_mpx)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | ゲイン設定対応オフセット設定更新関数 |
| 引数 | dsad_mpx: 24 ビット $\Delta\Sigma/A/D$ コンバータ 入力マルチプレクサ番号 |
| グローバル変数 | g_dsad_setting[]: 各入力マルチプレクサ設定 g_gain_offset_reg_table[]: ゲイン変更用レジスタ値格納変数 g_gain_offset_reg_table_index: ゲイン変更用レジスタ値格納変数インデックス |
| SFR | PGAxCTL1: 入力マルチプレクサ x (x = 0~4) 設定レジスタ 1 |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • dsad_mpx で指定された入力マルチプレクサに対して、g_dsad_setting[].dsad_gain に格納されている現在のゲイン設定値から、対応する • g_gain_offset_reg_table[].dsad_offset 値を g_dsad_setting[].dsad_offset へ代入する • その時の、g_gain_offset_reg_table[]の index を g_gain_offset_reg_table_index へ代入する • R_I1E_PGA_DSAD_OffsetRegSet 関数を呼び出し、オフセット設定値を PGAxCTL1 レジスタへ書きこむ。 |

(10) PGA オフセット調整関数

```
static void r_flash_data_decode(void)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | フラッシュデータデコード関数 |
| 引数 | なし |
| グローバル変数 | g_flash_value: データ・フラッシュ格納データ構造体 g_gain_offset_reg_table[]: ゲイン変更用レジスタ値格納変数 g_gain_offset_reg_table_size: ゲイン変更用レジスタ値格納変数サイズ g_calibration_value_buf[][]: 校正測定値格納変数 |
| SFR | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • g_flash_value.offset_correct[] を g_gain_offset_reg_table[].dsad_offset へコピー • g_flash_value.calibration_value[][] を g_calibration_value_buf[][] へコピー |

(11) コマンドチェック生成関数

```
static e_communication_command_t r_command_check  
(measurement_data_t measurement_data, e_communication_command_t command)
```

| | | |
|---------|--|--|
| 説明 | コマンドチェック生成関数 | |
| 引数 | measurement_data: 測定データ格納変数 command: 受信コマンド | |
| グローバル変数 | なし | |
| SFR | なし | |
| 戻り値 | e_communication_command_t: 受信コマンド ENUM 定義 E_ON_OFF_COMMAND ON/OFF コマンド: E_ZERO_ADJUSTMENT_COMMAND ゼロあわせコマンド E_OFFSET_ADJUSTMENT_COMMAND PGA オフセット調整コマンド: E_CALIBRATION_1_COMMAND 校正 1 点目コマンド E_CALIBRATION_2_COMMAND 校正 2 点目コマンド: E_CALIBRATION_3_COMMAND 校正 3 点目コマンド E_COMMAND_NONE コマンド無し | |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • 測定データ格納変数の MCU 動作状態格納変数と、受信コマンドによって、受付許可、禁止を判定する • 受付許可の場合は受信コマンドをそのまま戻り値で返す。禁止の場合は E_COMMAND_NONE を返す | |

(12) フラッシュデータデコード関数

```
static void r_flash_data_decode(void)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | フラッシュデータデコード関数 |
| 引数 | なし |
| グローバル変数 | g_flash_value: データ・フラッシュ格納データ構造体 g_gain_offset_reg_table[]: ゲイン変更用レジスタ値格納変数 g_gain_offset_reg_table_size: ゲイン変更用レジスタ値格納変数サイズ g_calibration_value_buf[][]: 校正測定値格納変数 |
| SFR | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • g_flash_value.offset_correct[] を g_gain_offset_reg_table[].dsad_offset へコピー • g_flash_value.calibration_value[][] を g_calibration_value_buf[][] へコピー |

(13) フラッシュデータ更新関数

```
static void r_flash_data_update(void)
```

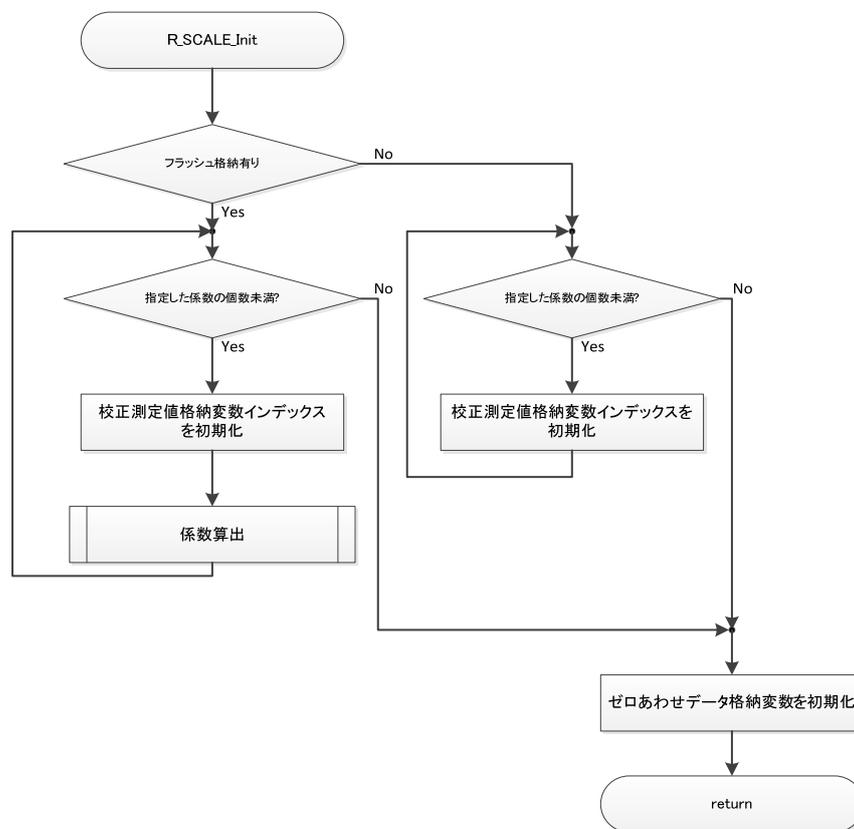
| | |
|---------|---|
| 説明 | フラッシュデータ更新関数 |
| 引数 | なし |
| グローバル変数 | g_flash_value: データ・フラッシュ格納データ構造体 g_gain_offset_reg_table: ゲイン変更用レジスタ値格納変数 g_gain_offset_reg_table_size: ゲイン変更用レジスタ値格納変数サイズ g_calibration_value_buf: 校正測定値格納変数 |
| SFR | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | <ul style="list-style-type: none"> • g_gain_offset_reg_table[].dsad_offset を g_flash_value.offset_correct[] へコピー • g_calibration_value_buf[][] を g_flash_value.calibration_value[][] へコピー |

5.3.2 r_scale.c

(1) はかり使用変数の初期化

void R_SCALE_Init (uint8_t calibration_data_set_flag)

| | |
|---------|---|
| 説明 | はかり用変数の初期化 |
| 引数 | calibration_data_set_flag: 校正データ有り無しフラグ 0 校正データ無し 1 校正データ有り |
| グローバル変数 | gs_calibration_value_buf_index: 校正測定値格納変数インデックス gs_zero_adjustment_value: ゼロあわせデータ格納変数 |
| SFR | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | |



(2) ゼロあわせデータ格納関数

```
void R_SCALE_SetZeroAdjustmentValue(float weight)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | ゼロあわせデータ格納関数 |
| 引数 | weight: 重量 |
| グローバル変数 | gs_zero_adjustment_value: ゼロあわせデータ格納変数 |
| SFR | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | weight 値を gs_zero_adjustment_value に代入 |

(3) ゼロあわせ実行関数

```
void R_SCALE_ZeroAdjustment(float * p_weight)
```

| | |
|---------|---|
| 説明 | ゼロあわせ実行関数 |
| 引数 | p_weight: 重量格納ポインタ |
| グローバル変数 | gs_zero_adjustment_value: ゼロあわせデータ格納変数 |
| SFR | なし |
| 戻り値 | なし |
| 処理内容 | p_weight ポインタ格納データから gs_zero_adjustment_value を引く |

(4) キャリブレーションデータ格納処理関数

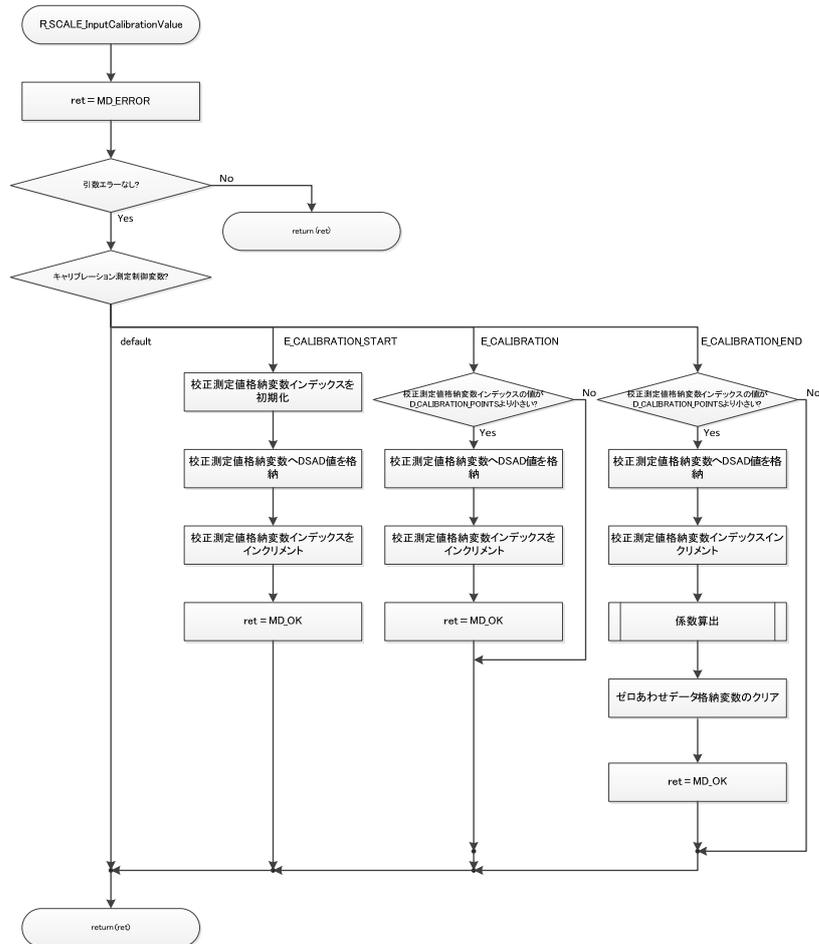
MD_STATUS R_SCALE_InputCalibrationValue
 (uint8_t coefficient_num, int32_t dsad_value, calibration_state_t state)

説明 キャリブレーションデータ格納処理関数
 引数 coefficient_num:
 係数番号値
 dsad_value:
 DSAD 値
 state:
 キャリブレーション測定制御変数

グローバル変数 g_calibration_value_buf[]:
 校正測定値格納変数
 gs_calibration_value_buf_index[]:
 校正測定値格納変数インデックス
 gs_zero_adjustment_value:
 ゼロあわせデータ格納変数

SFR なし
 戻り値 MD_STATUS:
 MD_OK
 MD_ERROR

処理内容



(5) DSAD 値からグラムを計算し、重量格納ポインタで返す関数

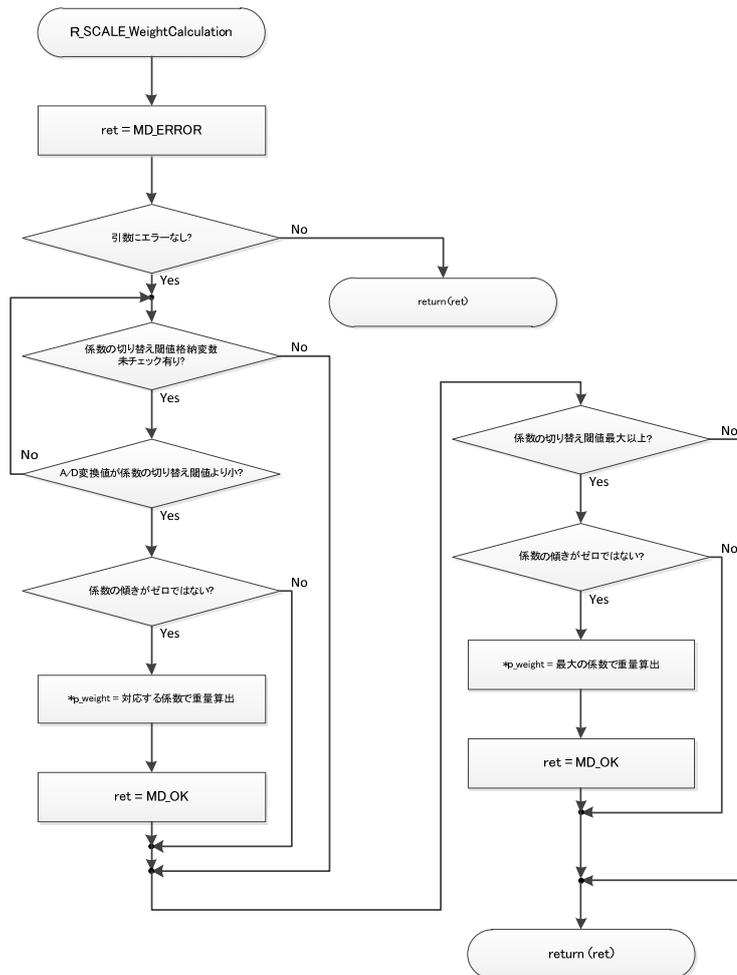
MD_STATUS R_SCALE_WeightCalculation
 (uint8_t coefficient_num, int32_t dsad_value, float * p_weight)

説明 DSAD 値からグラムを計算し、重量格納ポインタで返す関数
 引数 coefficient_num:
 係数の個数
 dsad_value:
 DSAD 値
 p_weight:
 重量格納ポインタ

グローバル変数 gs_slope_buf[]:
 傾き係数格納変数
 gs_intercept_buf[]:
 切片係数格納変数
 gs_coefficient_buf[]:
 係数の切り替え閾値格納変数

SFR なし
 戻り値 MD_STATUS:
 MD_OK
 MD_ERROR

処理内容

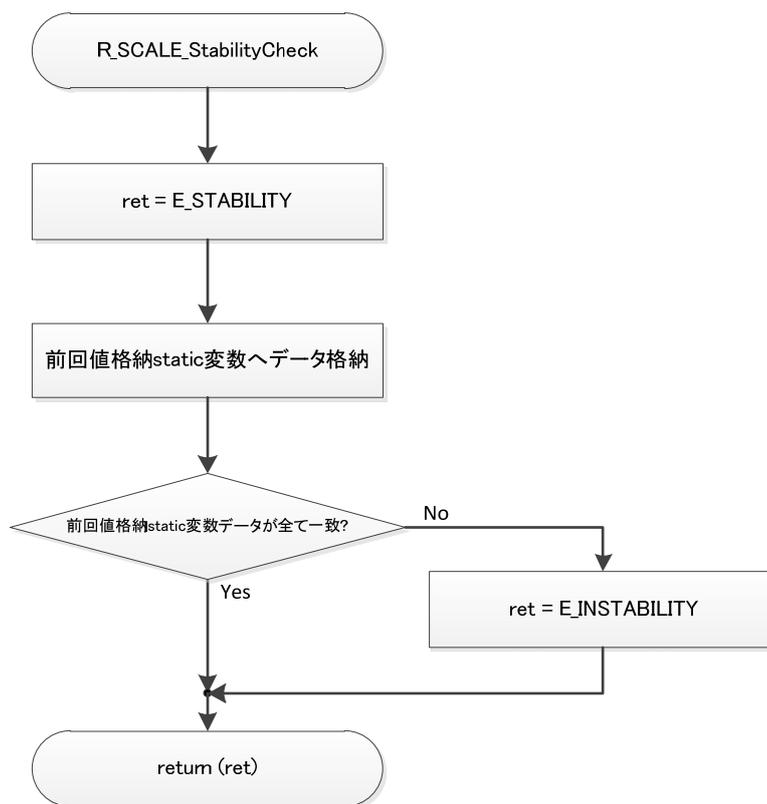


(6) 重量安定検知処理関数

stability_check_t R_SCALE_StabilityCheck (float weight)

| | |
|---------|---|
| 説明 | 重量安定検知処理関数 |
| 引数 | weight: 重量 |
| グローバル変数 | なし |
| SFR | なし |
| 戻り値 | stability_check_t: E_INSTABILITY 非安定状態 E_STABILITY 安定状態 |

処理内容



6. 測定例

本アプリケーションノートの測定例を図 6-1 に示します。なお、表示に関してはひずみセンサ用 PC ソフトを使用します。ひずみセンサ用 PC ソフトの使い方や詳細につきましては「RL78/I1E ひずみセンサ用 PC ソフト取扱説明書(R01AN2822J) アプリケーションノート」をご参照ください。

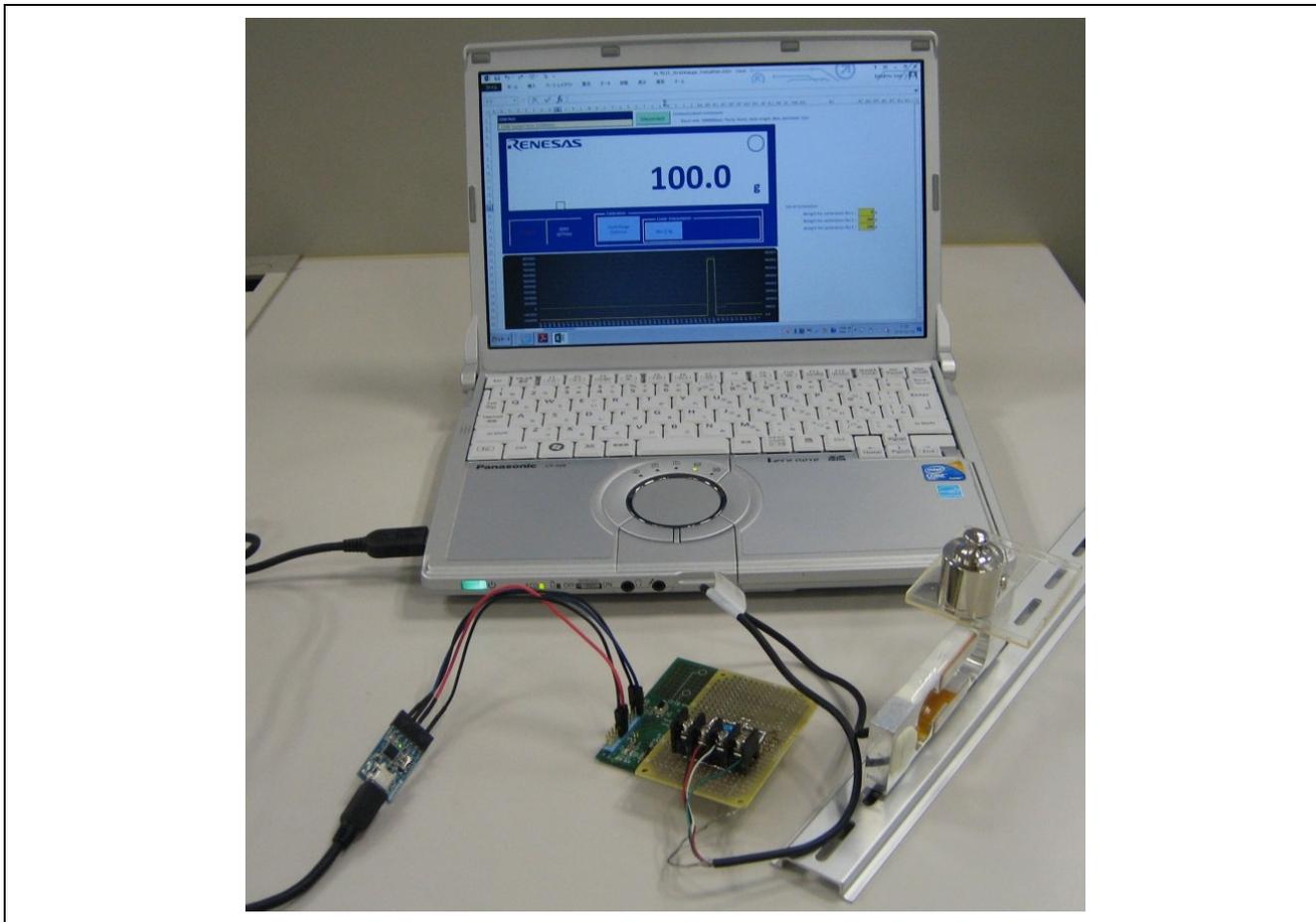


図 6-1 測定例

ひずみセンサ用 PC ソフトでは、物理量(グラム)表示、A/D 変換値をフィルタ処理した値、フィルタ前の値を表示しています。図 6-2 のように上段に最新のグラム表示、中段にフィルタ後の A/D 変換値とグラム表示、下段にフィルタ前の A/D 変換値を示しています。

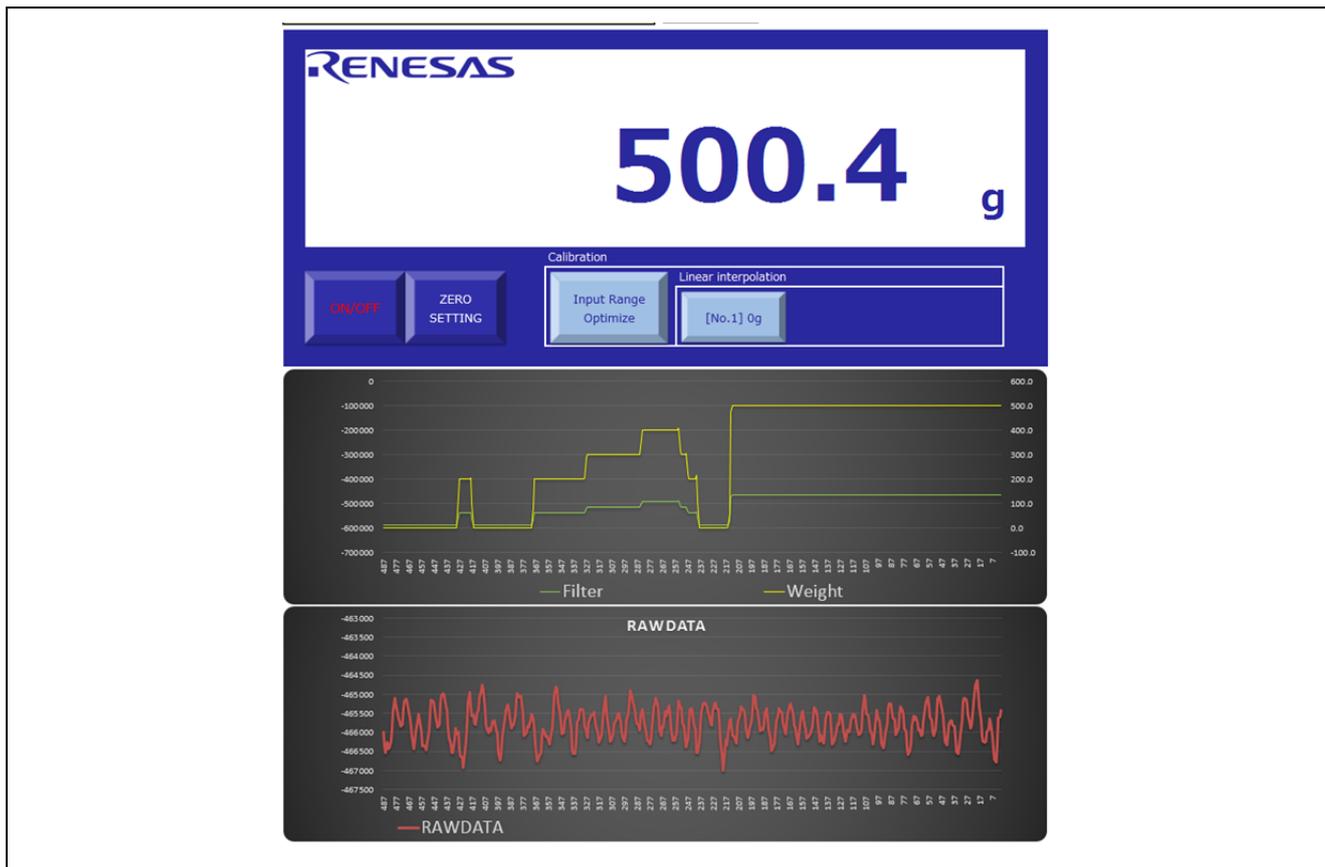


図 6-2 測定データ

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

| Rev. | 発行日 | 改訂内容 | |
|------|------------|------|--------------------------|
| | | ページ | ポイント |
| 1.00 | 2015.11.09 | --- | 初版発行 |
| 1.01 | 2016.03.01 | 3 | R01AN2818J -> R01AN2819J |
| | | | |

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. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「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。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】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. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】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、将来の機能拡張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。

4. クロックについて

【注意】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。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電气的特性の範囲で、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。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 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に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。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. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、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（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様が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。
9. 本資料に記載されている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。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍用用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

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とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有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。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレシア）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>