
78K0/LE3-M, 78K0/LG3-M, 78K0R/LG3-M

78K0/Lx3-M, 78K0R/Lx3-M マイコンを採用した 単相電力計のキャリブレーション方法

R01AN0905JJ0100

Rev.1.00

2011.12.12

要旨

本アプリケーションノートでは、78K0/Lx3-M または 78K0R/Lx3-M マイコンを採用した単相電力計のキャリブレーション方法について説明します。

動作確認デバイス

- 78K0/LE3-M : μ PD78F8052, 78F8053
- 78K0/LG3-M : μ PD78F8054, 78F8055
- 78K0R/LG3-M : μ PD78F8070

本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

目次

1. 評価ボードの特徴.....	3
2. 概要	4
3. アナログ入力回路のデザイン.....	5
3.1 電流入力回路.....	5
3.1.1 di/dt センサを使用する場合	6
3.1.2 CT センサを使用する場合	7
3.1.3 ショット抵抗を使用する場合	8
3.2 電圧入力回路.....	9
4. ジャンパ設定	10
5. 評価ボードのセットアップ	11
6. ソフトウェアのインストール.....	12
6.1 ドライバのインストール.....	12
6.2 COM ポート番号を調べる.....	14
6.3 Microsoft .NET Framework のインストール	15
7. ソフトウェアの説明	16
7.1 起動方法	17
7.2 初期設定	18
7.3 レジスタ Read/Write 画面	19
7.4 モニタ画面	23
7.4.1 モニタ設定画面.....	23
7.4.2 電力アキュムレーションレジスタのモニタ	26
7.4.3 24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタモニタ.....	28
7.4.4 割り込み発生状態モニタ	30
8. キャリブレーション方法.....	33
8.1 有効電力のキャリブレーション	33
8.1.1 有効電力の演算方法	33
8.1.2 CF 出力周波数の設定	35
8.1.3 有効電力ゲインのキャリブレーション	38
8.1.4 有効電力オフセットのキャリブレーション (オプション)	38
8.1.5 有効電力ゲインの再キャリブレーション	39
8.1.6 有効電力オフセットの再キャリブレーション (オプション)	39
9. 評価ボードによる性能測定結果	41
10. 回路図.....	42
ホームページとサポート窓口.....	46

1. 評価ボードの特徴

- 同梱のソフトウェアを使用することで、マイコンのアナログ性能を評価できます。
- ねじ式ターミナルブロックを使い、電流電圧センサを簡単に脱着することができます。
- 基板ソケットを採用することで、部品（抵抗、コンデンサ）の容易な交換が可能です。
- 基板上のジャンパ設定を変更することで回路構成を変更できます。

2. 概要

78K0/Lx3-M は、高精度電力測定を可能にする電力メータ向けマイコンで、以下の特徴を持っています。

- 単相 2 線方式、単相 3 線方式に対応
- 高精度 24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 ADC を 4 チャンネル搭載
- 電力演算回路による有効電力、無効電力、および皮相電力の自動計算
- 電力品質保証回路によるゼロクロス検出、SAG 検出、ピーク検出、周期/周波数測定
- アンチタンパ (フォールト検出) セキュリティ機能を搭載
- ログスキーコイルのサポート

このアプリケーションノートは、78K0/LG3-M 評価ボードのハードウェアおよびソフトウェアについて説明しています。評価ボードには分圧回路が搭載されているので、線間電圧を減衰させてマイコンに直接取り込むことができます。ユーザは電流チャンネルに適切なセンサを接続するだけで電力を測定できます。また、78K0/Lx3-M はデジタル積分器を内蔵しており、電流センサとしてログスキーコイルに代表される di/dt センサを使用できます。

評価ボードのコンフィギュレーションや測定のキャリブレーションは、提供する Windows ベースのソフトウェアを使って簡単に行えます。なお、評価ボードとパソコン間のデータインターフェースは電氣的に絶縁し、電気事故の防止を考慮しています。

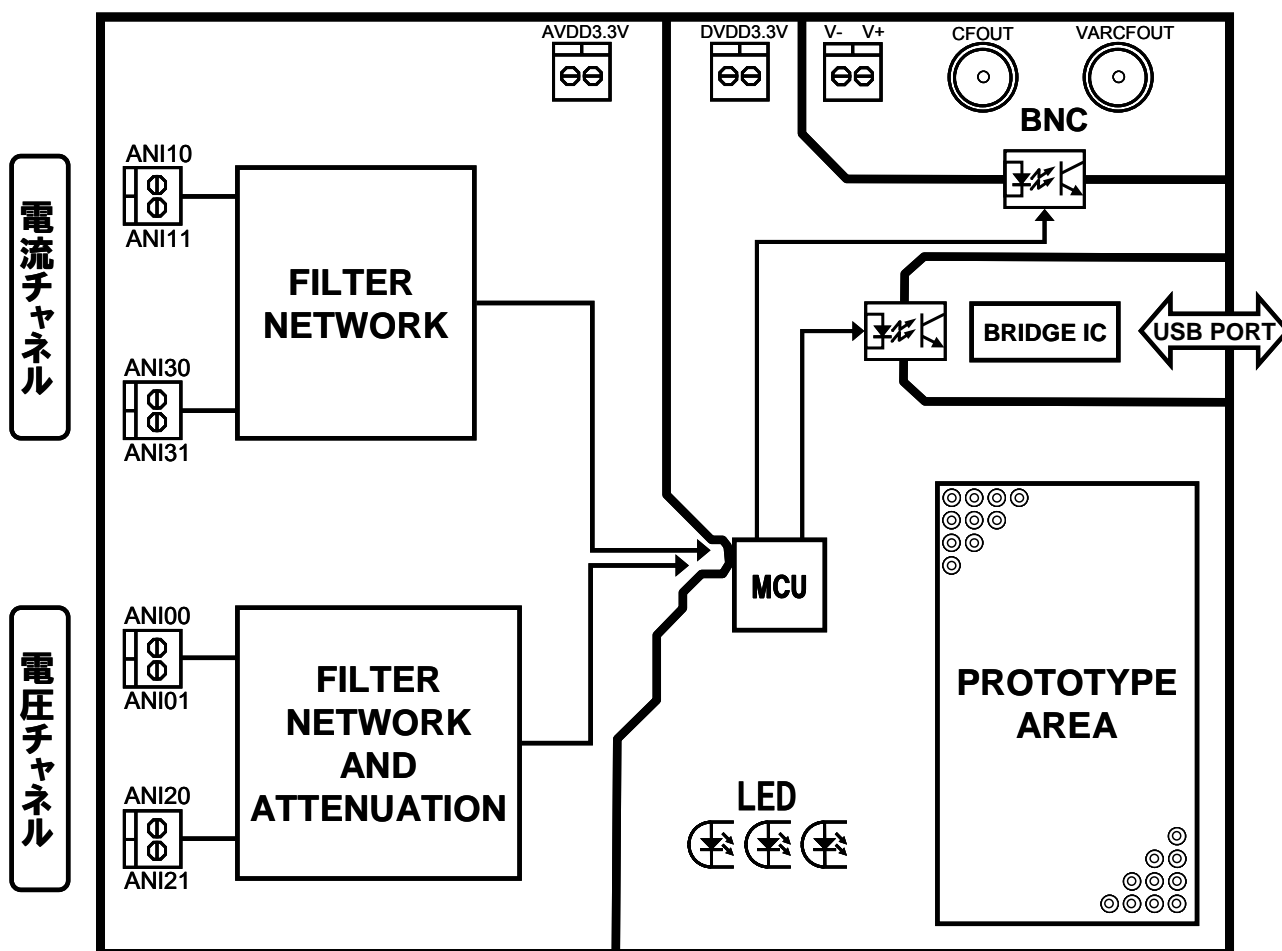


図1 評価ボードのブロックダイアグラム

3. アナログ入力回路のデザイン

電圧および電流センサをねじ式の端子台 (J1、J2、J3、J4) にそれぞれ接続します。各センサからの出力信号は、マイコンのアナログ入力端子に入力される前に、基板上のアンチエイリアシングフィルタによりフィルタリングされます (出荷時基板上に搭載されている抵抗やコンデンサの定数は参考値です)。フィルタを構成する抵抗およびコンデンサはソケット実装されているため、ユーザはこれらを容易に交換することができ、素早くフィルタ特性を決定できます。

3.1 電流入力回路

図2は、評価ボードのコネクタ J3 および付随するフィルタ回路を示しています。コネクタ J3 は、電流センサを接続するためのねじ式の端子台です。抵抗 R13、R19、R25、および R26 は、出荷状態では装着されていません。CT を電流センサとして使用する場合、R13、R19 を負荷抵抗として実装する必要があります。

前段の RC 回路 R9/C5 および R15/C9 は、高周波雑音の減衰を目的とするローパスフィルタです。di/dt センサを電流センサとして使用する場合には、高周波領域で -20dB/dec ゲインになるように調整してください。これらの RC 回路は、JP16/JP22 を閉じて、コンデンサ C5/C9 を取ることにより容易に無効にできます。後段の RC 回路は、AD 変換器の前段に必要なアンチエイリアシングフィルタを実現しています。後段のアンチエイリアシングフィルタのデフォルトコーナ周波数は 4.8kHz (1k および 33nF) に設定しています。

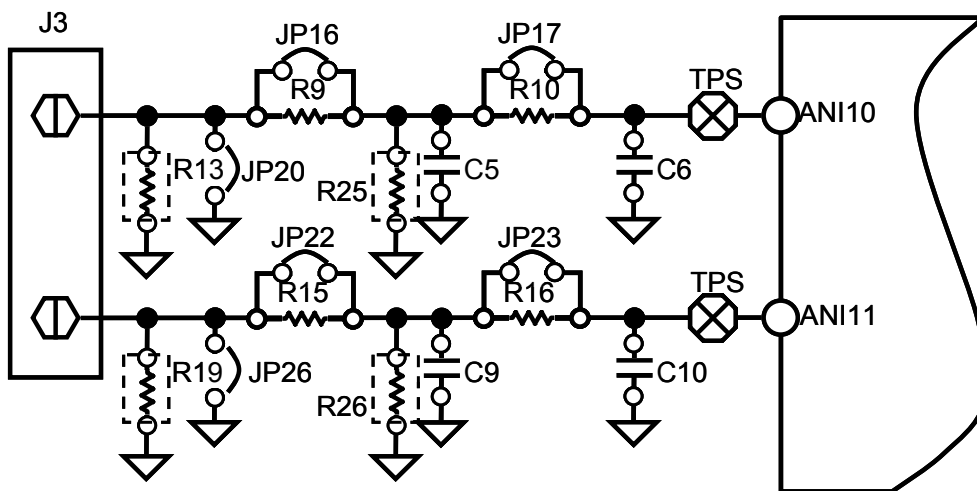


図2 評価ボードの電流チャネル構成

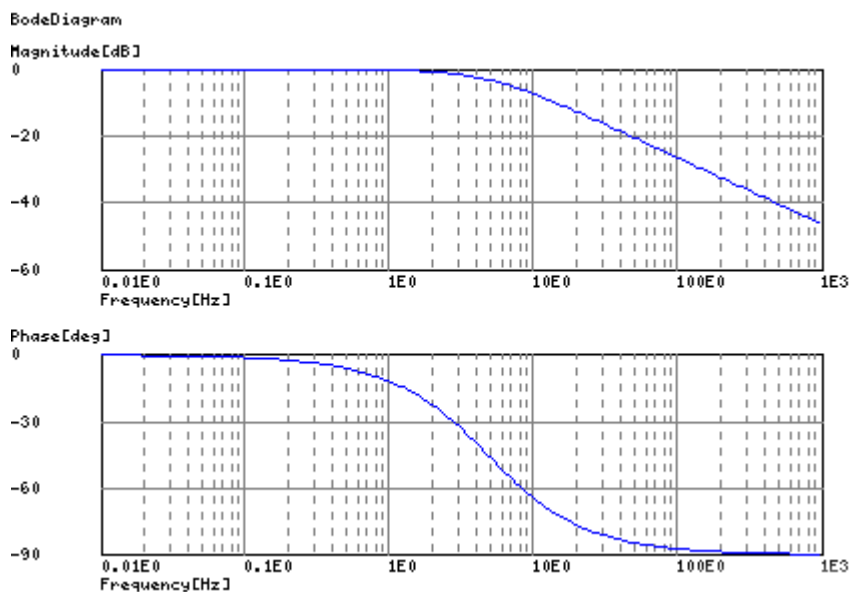


図3 後段のアンチエイリアシングフィルタのボーデ線図

3.1.1 di/dt センサを使用する場合

図4は、電流センサとして di/dt センサを使用する場合を示しています。di/dt センサは、一般的に空心コイルで作られ、コイルと電圧線との相互インダクタンスにより電圧信号がコイルから出力されます。

出力電圧は電流の時間微分 (di/dt) に比例します。

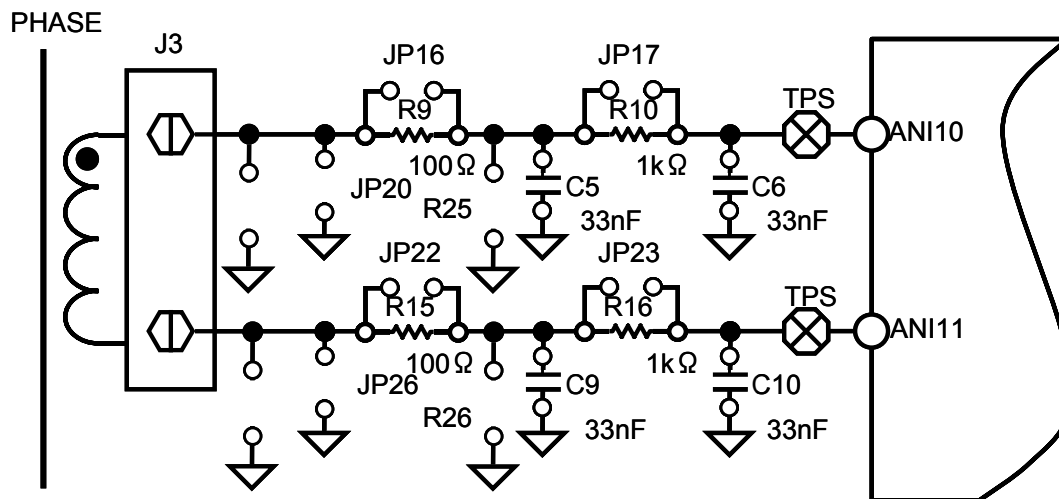


図4 電流チャンネルに di/dt センサを接続する

電流センサとして di/dt センサを使用する場合は、ジャンパ JP16/JP22 および JP17/JP27 を取り外します。両方の RC 回路はアンチエイリアシングフィルタを実現するのに必要です。前段のアンチエイリアシングフィルタのデフォルトコーナ周波数は 48kHz (100Ω および 33nF) に設定されています (後段 LPF 特性は図3を参照)。

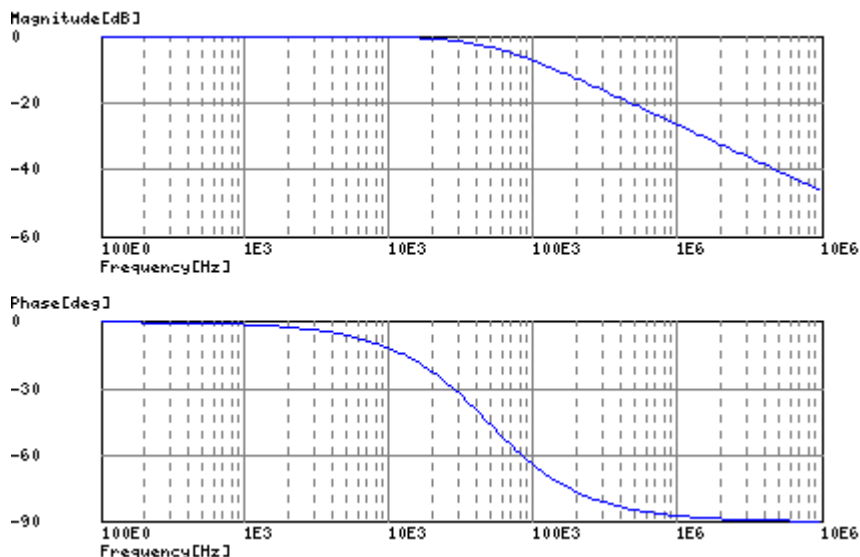


図5 前段のアンチエイリアシングフィルタのボーデ線図

理論上、空心 di/dt センサは、入力信号すべての周波数に+90 度位相シフトを発生させます。この位相シフトは、マイコン内の積分器による-90 度位相シフトによって取り消されます。また、外部部品の組み合わせなどから生じる余分な位相誤差は、位相コントロールレジスタ 0、1 (PHC0、PHC1) にキャリブレーションデータを書き込むことで補正できます。提供するソフトウェアを使えば、位相コントロールレジスタ 0、1 (PHC0、PHC1) にキャリブレーションデータを直接書く込むことができるので、簡単に位相調整できます。

3.1.2 CT センサを使用する場合

図 6 は、単相 2 線配電方式で電流センサとして CT を使用する場合を示しています。

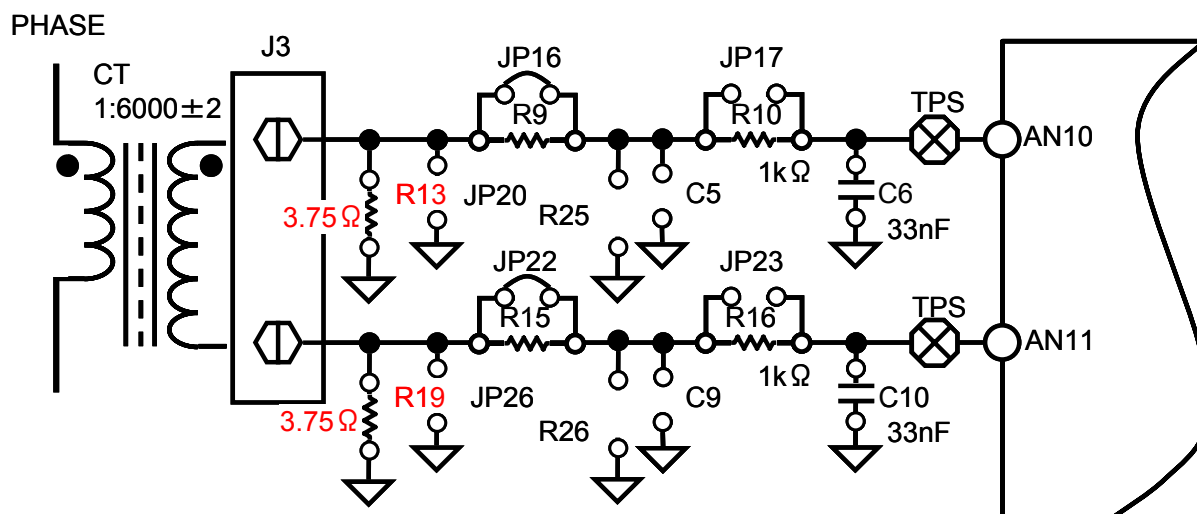


図6 電流チャンネルに CT センサを接続する

CT の二次電流は、二次巻き線出力を介して負荷抵抗 (R13/R19) を使用することにより電圧に変換されます。電流センサとして CT を使用する場合、二次側を解放したままにせず、負荷抵抗を接続してください。接続せずに解放したままの状態では大きな電圧が二次側に発生し、電気事故が発生したり、電子部品を破壊したりする恐れがあります。

電流センサとして CT を使用するには、シャント抵抗を使用する場合の位相補償回路を無効にする必要があります。これは、ジャンパ JP16/JP22 を取り付け、コンデンサ (C5/C9) を取ることで可能です。しかし、ほとんどの CT には周波数 50Hz/60Hz で 0.1° から 1° の位相シフトがあります。この位相シフトまたは位相誤差は、特に低い力率の場合に著しい電力量測定誤差を引き起こします。しかしながら、この位相誤差は、位相コントロールレジスタ 0、1 (PHC0、PHC1) にキャリブレーションデータを書くことで補正できます。

3.1.3 ショント抵抗を使用する場合

図7は、電流から電圧へ変換を行うためにショント抵抗を使用する場合を示しています。ショント抵抗は、単相2線配電方式で電流から電圧への変換を行うコスト効率の良い方法です。たとえば、ショント抵抗は単相2線方式では絶縁の必要がなく、CTに比べて次の様な長所を持っています。

- dc飽和問題が起きない。
- ダイナミックレンジな線形の位相応答

ショント抵抗の性質のほとんどは抵抗成分ですが、50Hz/60Hz周波数でも、無視できない寄生リアクタンス要素（インダクタンス）を持っています。すなわち、ショント抵抗を使用した場合、小さな位相シフトが発生することを意味します。この位相シフトは、フィルタ回路R9/C5およびR15/C9で簡単に補正できます。ショント抵抗値はショント中の過度のワット損を回避するためにできるだけ小さくしてください。

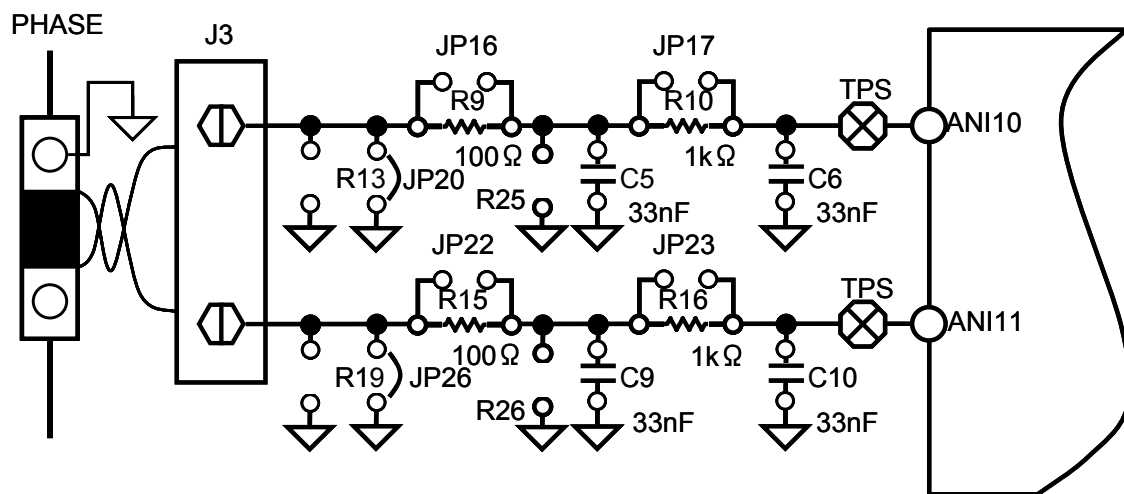


図7 電流チャンネルにショント抵抗を接続する

3.2 電圧入力回路

評価ボードのコネクタ J1 に、線間電圧を直接接続できます。線間電圧は、マイコンに入力される前に簡単な分圧回路を使用して減衰されます。電圧チャンネルは比較的大きな信号であり、ダイナミックレンジも少なくすむため、片線接地回路で構成することができます。ただし、評価ボードの電圧入力回路は差動入力構成のため注意が必要です。

図 8 に線間電圧の代表的な接続方法を示します。

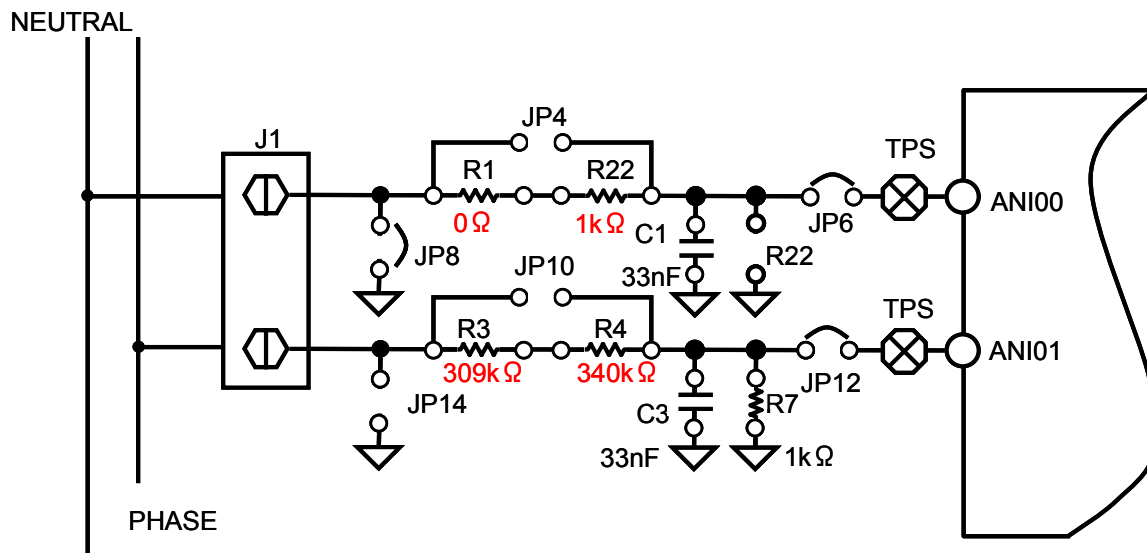


図8 電圧入力チャンネル

アナログ入力 ANI00 は、アンチエイリアシングフィルタ (R22/C1) を経由して、JP8 により AGND に接続されています。このとき、ジャンパ JP4 は取り外し、抵抗 R1、R22 を交換してください。

分圧回路は、R3、R4、および R7 から構成されます。ANI01 に入力可能な最大信号レベルは $\pm 0.375\text{V}_{\text{p-p}}$ です。アナログ入力端子の絶対定格は $-0.5 \sim \text{AVDD}+0.5$ (4.6V 以下) ですが、指定された性能を満足するために、入力信号範囲は AGND に対して $\pm 0.375\text{V}_{\text{p-p}}$ を超えないでください。抵抗 R3、R4 を交換し合成抵抗を 649Ω にしています。したがって、アナログ入力は $\pm 217.6\text{mV}_{\text{p-p}}$ になります。

$$\begin{aligned} ANI01 &= \frac{1\text{k}\Omega}{(649+1)\text{k}\Omega} \times \sqrt{2} \times \pm 100\text{V} \\ &\cong \pm 217.6\text{mV}_{\text{p-p}} \end{aligned}$$

このように、ユーザは入力信号レベルを調整するために、分圧回路を簡単に変更できます。しかしながら、電圧チャンネルの位相応答と電流チャンネルの位相応答を一致させなければならないので、R7 (1k) の値は変更しないでください。

4. ジャンパ設定

表1 に各ジャンパの設定とその機能説明を示します。

表1 ジャンパ設定説明

ジャンパ	設定	機能説明
JP1	1-2	LED1 を CFOUT ラインに接続する (CFOUT ラインに接続する端子は JP28 で選択できる)
	2-3	LED1 を P40 端子に接続する
JP2	1-2、3-4	オンチップデバッグ時
	1-3、2-4	プログラミング時
JP3	Closed	AVREFIO 端子に外部基準電位を接続する
JP4	Closed	ショートすると ANI00 端子入力の分圧回路を無効にできる
JP5	Closed	ショートすると ANI20 端子入力の分圧回路を無効にできる
JP6	Closed	ANI00 端子のアナログ入力を有効にする
JP7	Closed	ANI20 端子のアナログ入力を有効にする
JP8	Closed	ANI00 端子を GND に接続する
JP9	Closed	ANI01 端子を GND に接続する
JP10	Closed	ショートすると ANI01 端子入力の分圧回路を無効にできる
JP11	Closed	ショートすると ANI21 端子入力の分圧回路を無効にできる
JP12	Closed	ANI01 端子のアナログ入力を有効にする
JP13	Closed	ANI21 端子のアナログ入力を有効にする
JP14	Closed	ANI20 端子を GND に接続する
JP15	Closed	ANI21 端子を GND に接続する
JP16	Closed	ANI10 端子入力の初段アンチエイリアシングフィルタ (シャント抵抗、ログスキーコイル用) を無効にする
JP17	Closed	ANI10 端子入力のアンチエイリアシングフィルタを無効にする
JP18	Closed	ANI30 端子入力の初段アンチエイリアシングフィルタ (シャント抵抗、ログスキーコイル用) を無効にする
JP19	Closed	ANI30 端子入力のアンチエイリアシングフィルタを無効にする
JP20	Closed	ANI10 端子を GND に接続する
JP21	Closed	ANI30 端子を GND に接続する
JP22	Closed	ANI11 端子入力の初段アンチエイリアシングフィルタ (シャント抵抗、ログスキーコイル用) を無効にする
JP23	Closed	ANI11 端子入力のアンチエイリアシングフィルタを無効にする
JP24	Closed	ANI31 端子入力の初段アンチエイリアシングフィルタ (シャント抵抗、ログスキーコイル用) を無効にする
JP25	Closed	ANI31 端子入力のアンチエイリアシングフィルタを無効にする
JP26	Closed	ANI11 端子を GND に接続する
JP27	Closed	ANI31 端子を GND に接続する
JP28	1-2	CF 端子を CFOUT ラインに接続する
	2-3	P31/THO1 端子を CFOUT ラインに接続する
JP29	Closed	CF ラインを BNC コネクタ出力する
JP30	Closed	VERCFOUT ライン (P32/TH00 端子) を BNC コネクタ出力する
JP31	Closed	AVDD と VDD をショートする
JP32	Closed	AVSS と VSS をショートする
JP33	Closed	VSS と BNC グランドをショートする

5. 評価ボードのセットアップ

図9は、評価環境の一般的な構成を示しています。この例では、100V 単相 2 線配電方式の watt meter をターゲットにしています。電流センサとして CT を採用します。また、図9に示すとおり、JP10 を開放して分圧回路を有効にし、線間電圧を評価ボードのターミナル J1 に直接接続します。ANI01 端子への入力電圧を考慮し、R3、R4 の合成抵抗値を 649k Ω として R7 の 1k Ω と併せて線間電圧を 1/650 にします。

評価ボードを USB ケーブルで PC に接続します。PC と評価ボードはフォトカプラにより絶縁されており、一次側の高電圧が PC に抜けることはありません。

また、JP4、JP17、JP23 を開放することでアンチエイリアシングフィルタを有効にしています。

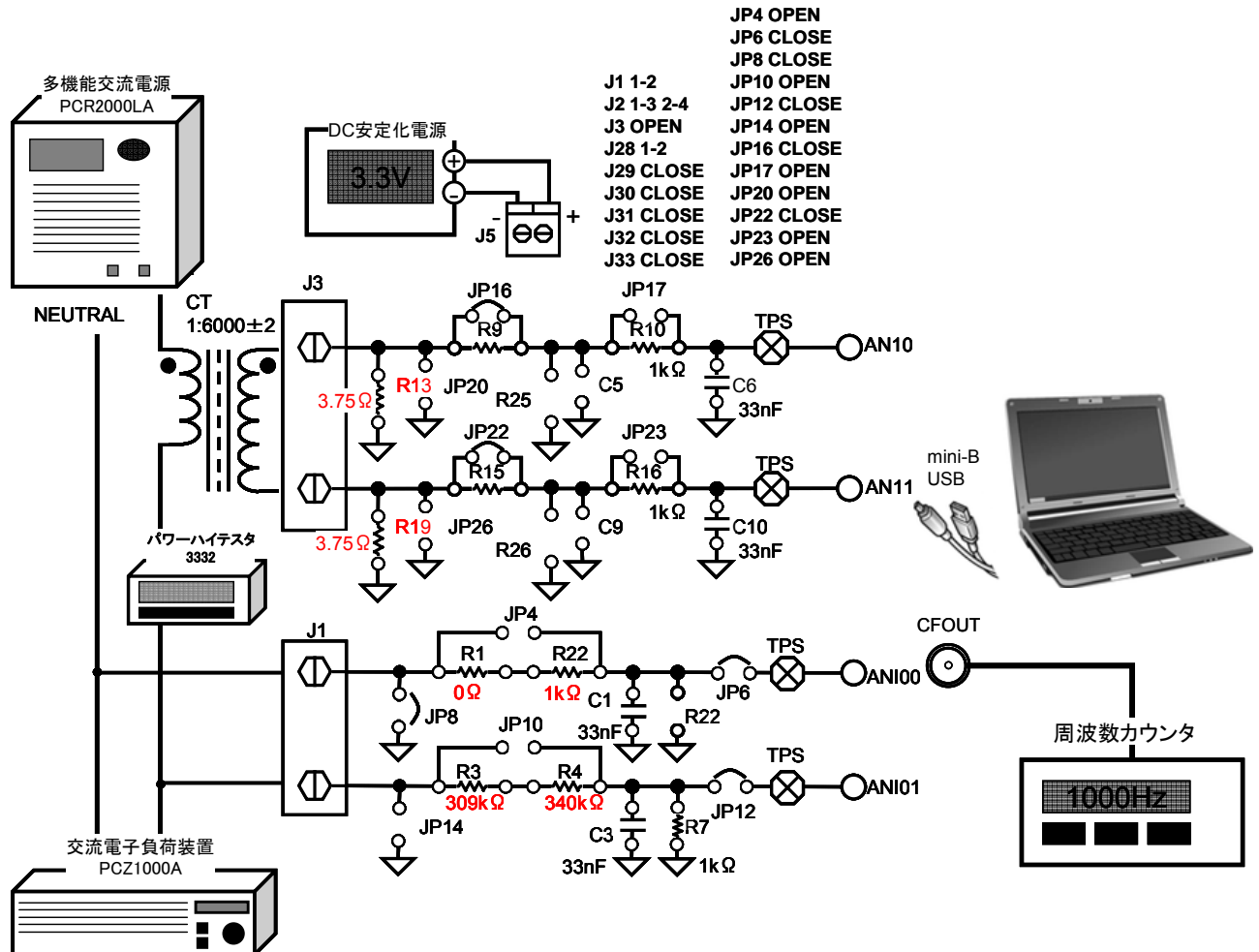


図9 評価ボードのセットアップ

6. ソフトウェアのインストール

評価ボードには、78K0/Lx3-M の電力演算で使用するすべてのレジスタにアクセスすることを可能にする Windows ベースのソフトウェアが同梱されています。

このソフトウェアは、PC の仮想 COM ポートを経由して評価ボードと通信できます。

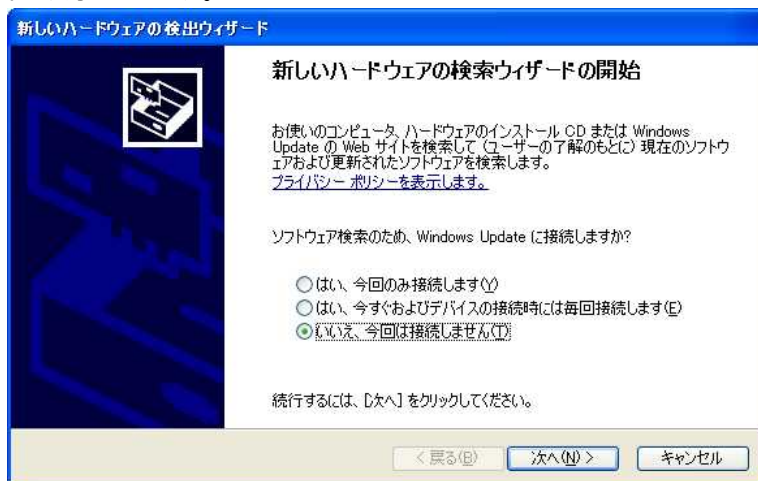
6.1 ドライバのインストール

評価ボードを使用する前に、関連するドライバをインストールします。ドライバは、FTDI 社のウェブサイトからもダウンロードできます。インストールされるドライバは以下の 2 種類です。

- USB Serial Converter
- USB Serial Port

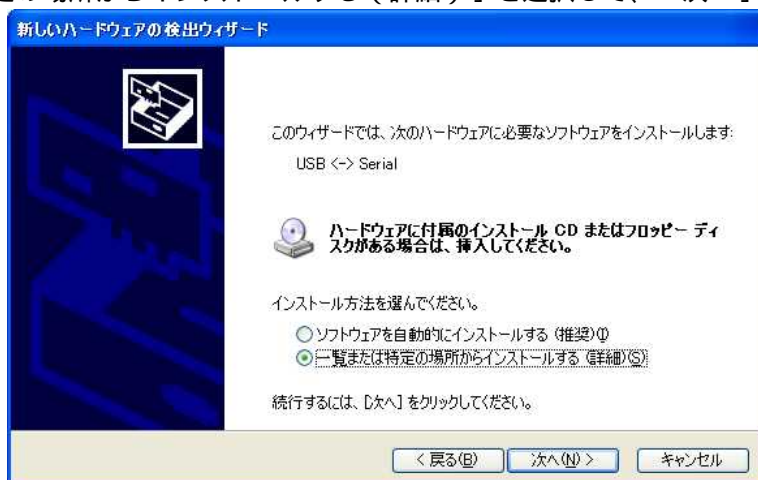
ドライバのインストール手順を以下に説明します。

- (1) USB ケーブルを PC と評価ボードに接続します。PC が新しいハードウェアを検知したことを知らせるために、次の画面が表示されます。

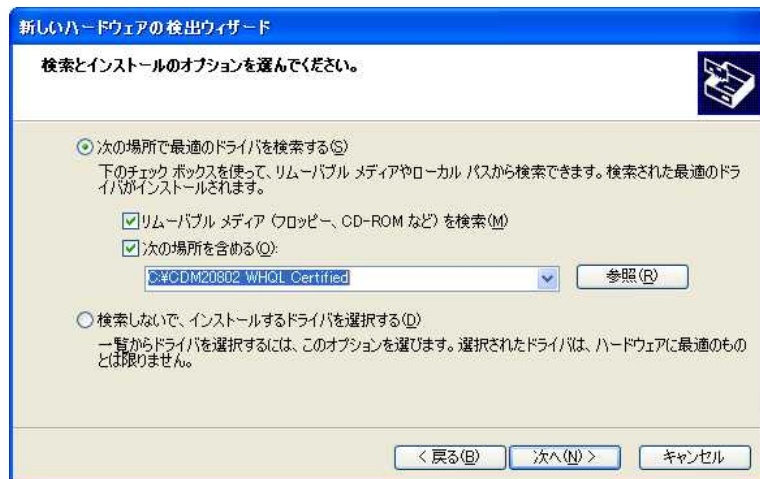


- (2) 「いいえ、今回は接続しません」を選択して、「次へ」をクリックします。

- (3) 「一覧または特定の場所からインストールする (詳細)」を選択して、「次へ」をクリックします。



- (4) 「次の場所で最適のドライバを検索する」を選択して、参照ボタンを使ってドライバのフォルダを選択します。



- (5) 選択後、「次へ」をクリックします。

- (6) 次の画面が表示されたら完了です。



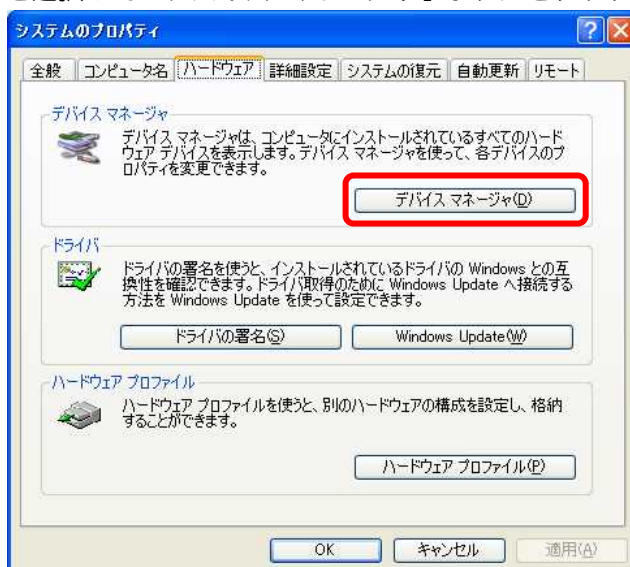
- (7) 「完了」ボタンをクリックして終了してください。

その後、次のドライバをインストールするための画面が表示されますので、(2)～(7)の手順を繰り返してください。

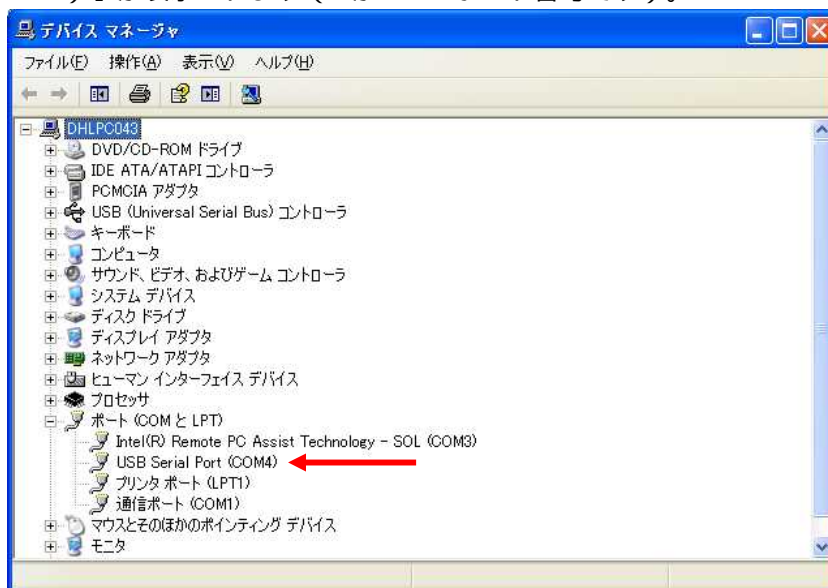
6.2 COM ポート番号を調べる

FTDI 社の仮想 COM ポート (VCP) ドライバをインストールすると、PC は標準の COM ポートとしてドライバを検知します。PC に接続している評価ボードにどの COM ポート番号が割り当てられたかは、次 Windows のデバイスマネージャで確認してください。

- (1) 「スタート」 ボタンをクリックしてください。
- (2) 「スタート」 「設定」 「コントロールパネル」を開いて「システム」を選択し、「システムのプロパティ」を開きます。
- (3) 「ハードウェア」タブを選択して「デバイス マネージャ」ボタンをクリックします。



- (4) 正常にドライバのインストールが完了していれば、「ポート (COM と LPT)」の下にデバイス名「USB Serial Port (COMn)」が表示されます (n が COM ポート番号です)。



6.3 Microsoft .NET Framework のインストール

評価ボードに同梱されているソフトウェアは、Microsoft 社が提供している .NET Framework を使用します。インストールしていない場合は、事前に .NET Framework 2.0 SP2 以上をインストールしてください。

7. ソフトウェアの説明

評価ボードに同梱されているソフトウェアには以下の機能があります。

- 電力測定関連レジスタのリードライト
 - 24ビット型 A/D コンバータで使用するレジスタのリードライト
 - 電力演算回路で使用するレジスタのリードライト
 - 電力品質測定回路で使用するレジスタのリードライト
 - デジタル周波数変換で使用するレジスタのリードライト
 - システム関連レジスタのリードライト
- リアルタイムモニタ
 - 電力アキュムレーションレジスタのモニタ
 - 24ビット型 A/D 変換結果レジスタのモニタ
 - 割り込み発生状態のモニタ
- データの収集
 - 電力アキュムレーションデータの収集
 - 24ビット型 A/D 変換結果の収集
- レジスタ設定値保存機能 (TXT/CSV)

ソフトウェアの画面構成は以下のとおりです。

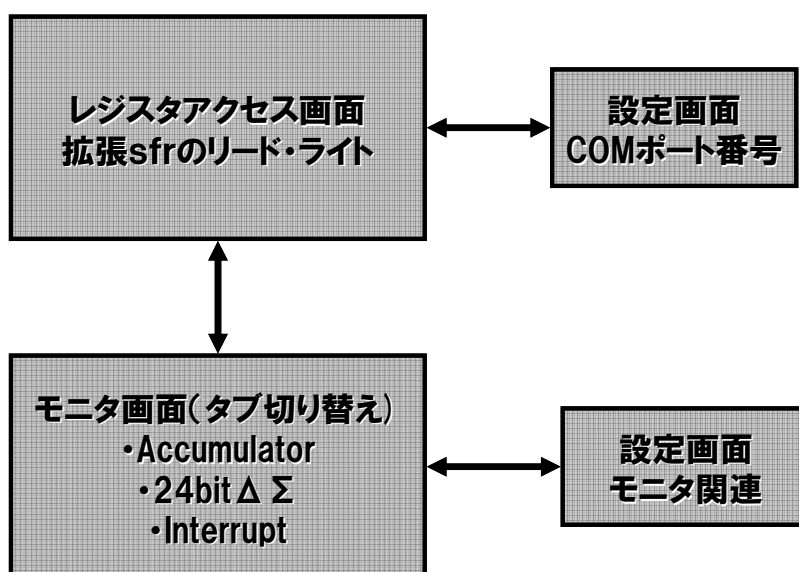
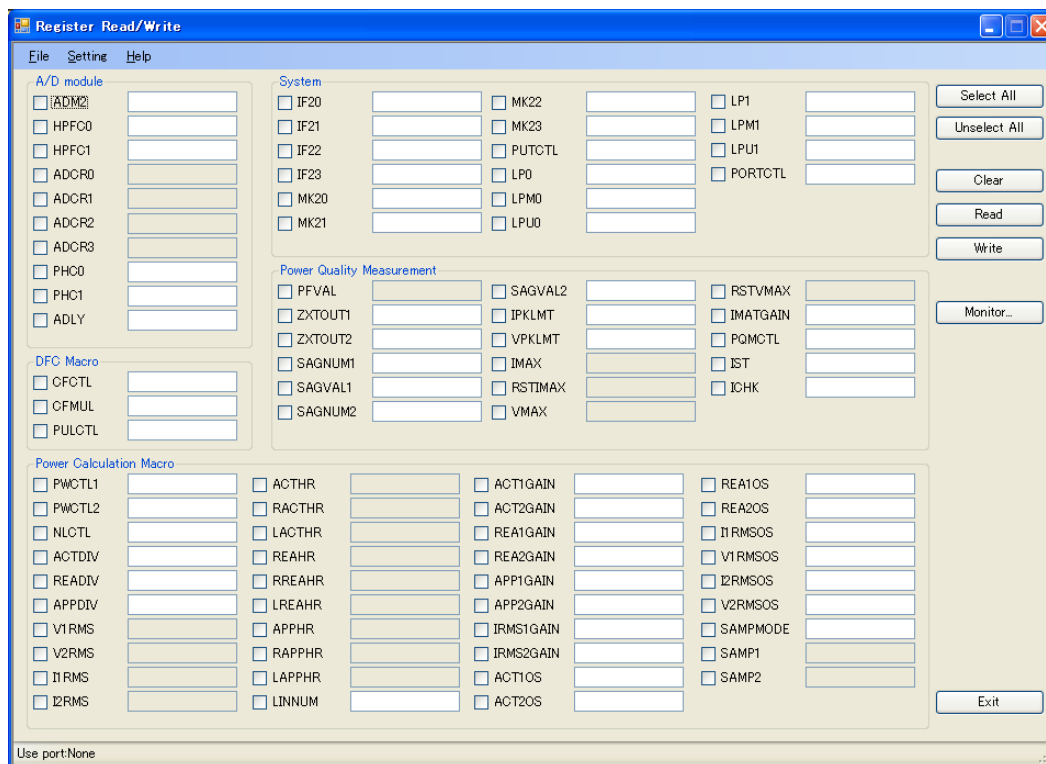


図10 ソフトウェアの画面構成

7.1 起動方法

- 実行ファイル (LG3M_EV_RegAPP.exe) を起動してください。
- 正常起動時には、下記のレジスタ Read/Write 画面が表示されます。



- 続いて、評価ボードの電源を入れてください。
- 正常起動時には評価ボードの LED2 が約 1sec 間隔で点滅します。

7.2 初期設定

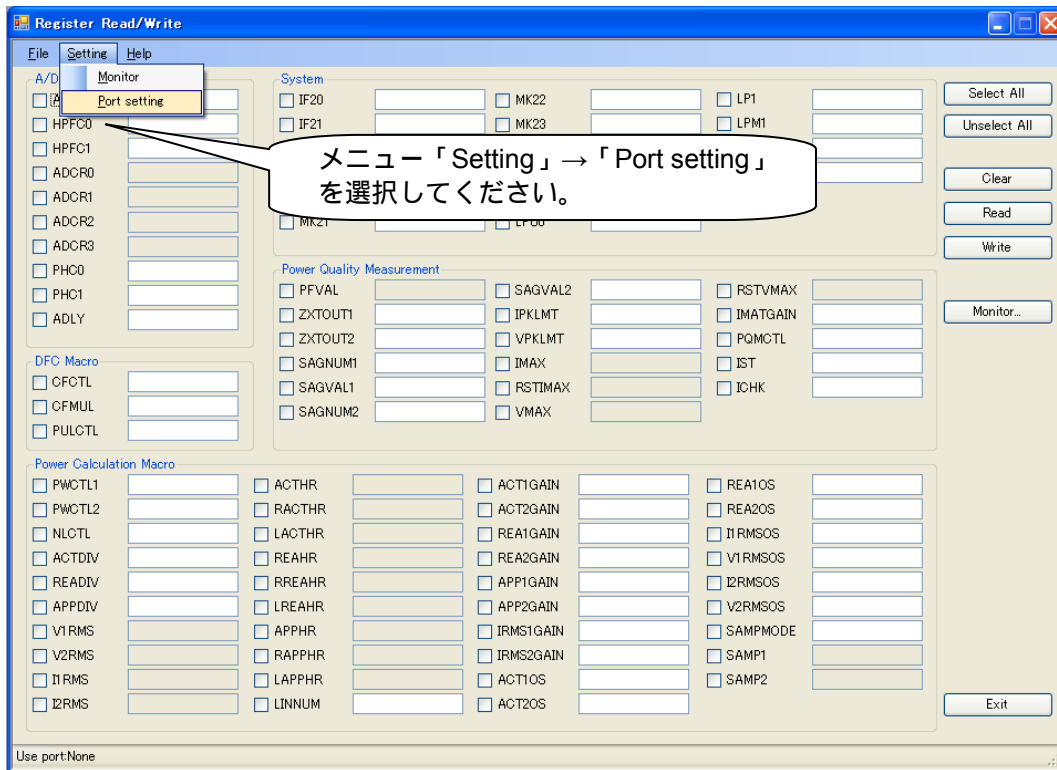
はじめに、評価ボードと通信するためのポート設定を行います。

【注意】 ポートを設定した後に、USB の差し替えによって COM ポート番号を変更しないでください。ソフトウェアの動作が不安定になり異常終了する場合があります。

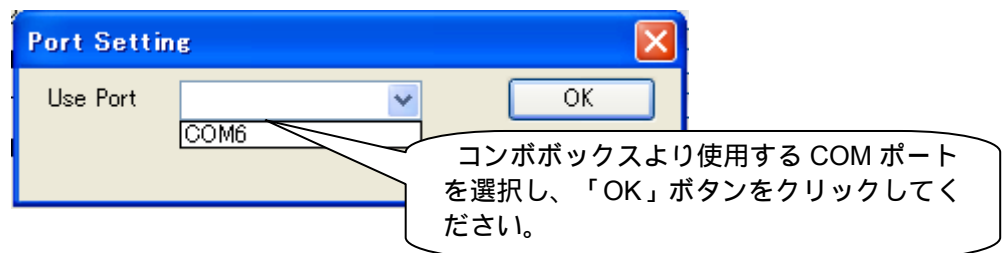
(1) ポート設定画面の表示

ポート設定は「Port Setting」で行います。

「Port Setting」の画面は、メニュー「Setting」 「Port setting」を選択して表示します。



(2) ポートの設定

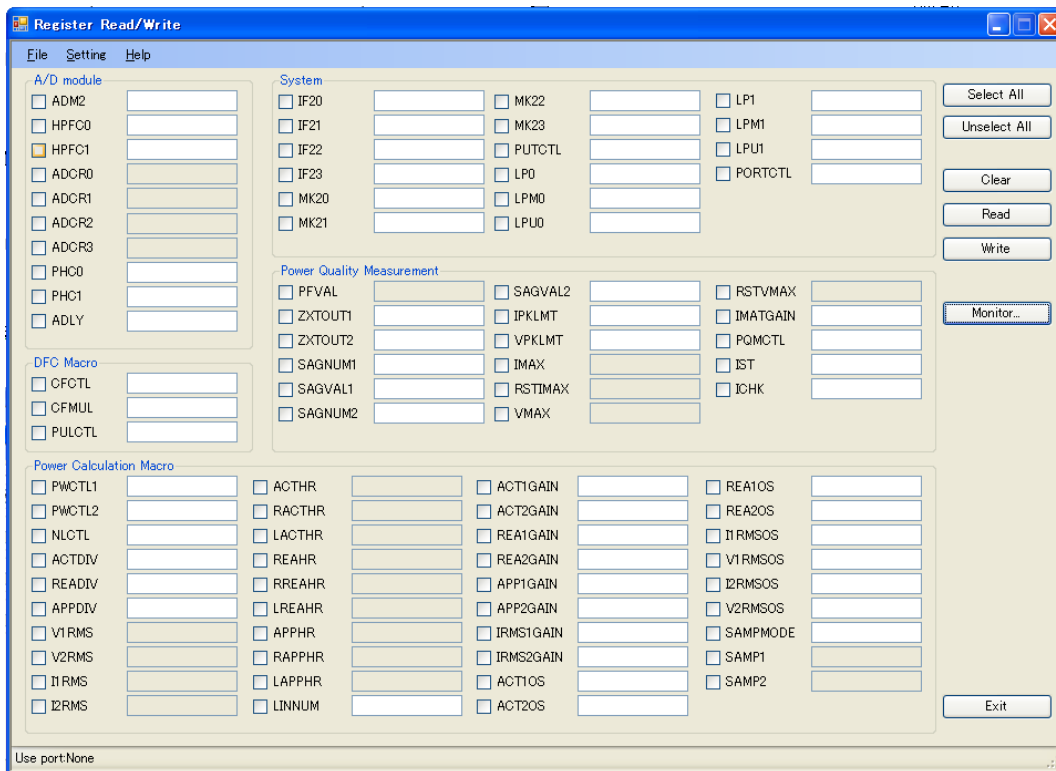


(3) ポート未設定時の警告

ポート設定をせずに操作を行うとエラーメッセージが表示されます。エラーメッセージが表示された場合は、(1)～(2)の操作を行ってポート設定を確認してください。

7.3 レジスタ Read/Write 画面

レジスタ Read/Write 画面では、78K0/LG3-M の拡張 SFR レジスタのリードおよびライトを行います。対象レジスタはチェックボックスで指定します。チェックボックスで指定されたレジスタのみリードまたはライト処理を行います。



(1) 対象レジスタ指定

処理を行うレジスタを選択するには、レジスタ名の左にあるチェックボックスを選択します。チェックされているレジスタのみリードまたはライト処理されます。

● 未選択時 (例)

ADM2

● 選択時 (例)

ADM2

(2) レジスタ値表示

各レジスタ名の右側にあるテキストボックスに、読み込んだ値または書き込む値を表示します。背景の白いテキストボックスは Read/Write 可能なレジスタを表し、値を入力できます。背景が灰色のテキストボックスは Read Only のレジスタを表し、入力できません。

レジスタ値は 16 進数 (HEX) で表示され、入力も 16 進数 (HEX) のみとなります。テキストボックス内の値が読み込み以外で変更された場合、背景は水色の表示となります。Read/Write が失敗した場合には、背景は赤色の表示となります。

- Read/Write 項目 (例)

HPFC1

- Read Only 項目 (例)

ADCR0

- 表示値変更時 (例)

ADM2

- Read/Write エラー時 (例)

ADM2

(3) レジスタ Read/Write 画面の処理ボタン

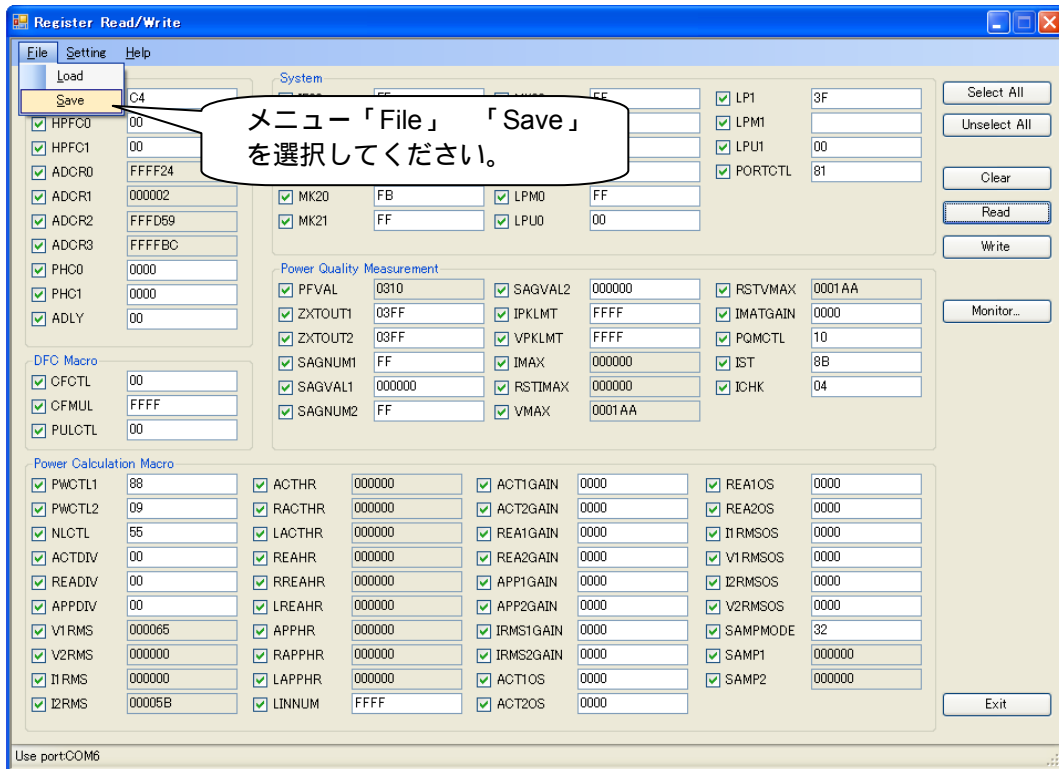
レジスタ Read/Write 画面の各ボタンの処理は以下のようになっています。

Select All	すべてのチェックボックスを選択します。
Unselect All	すべてのチェックボックスの選択を解除します。
Clear	チェックボックスで選択したレジスタの表示をクリアします。
Read	チェックボックスで選択したレジスタの値を読み込み表示します。
Write	チェックボックスで選択したレジスタの入力値を指定レジスタに書き込みます。
Monitor...	モニタ画面を表示します。
Exit	ソフトウェアを終了します。

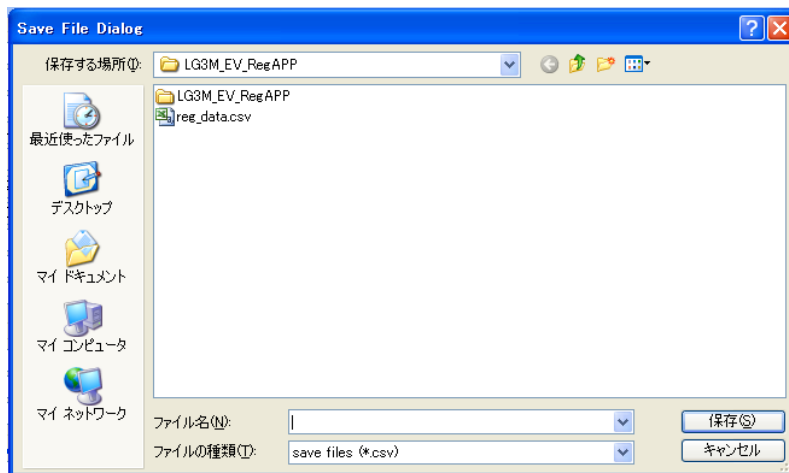
(4) レジスタ値保存

レジスタ Read/Write 画面では表示されているレジスタ値を保存できます。ファイルへの保存はレジスタのチェックボックスの状態には関係なく、すべてのレジスタについて行います。

メニュー「File」「Save」を選択してください。「Save File Dialog」が表示されます。



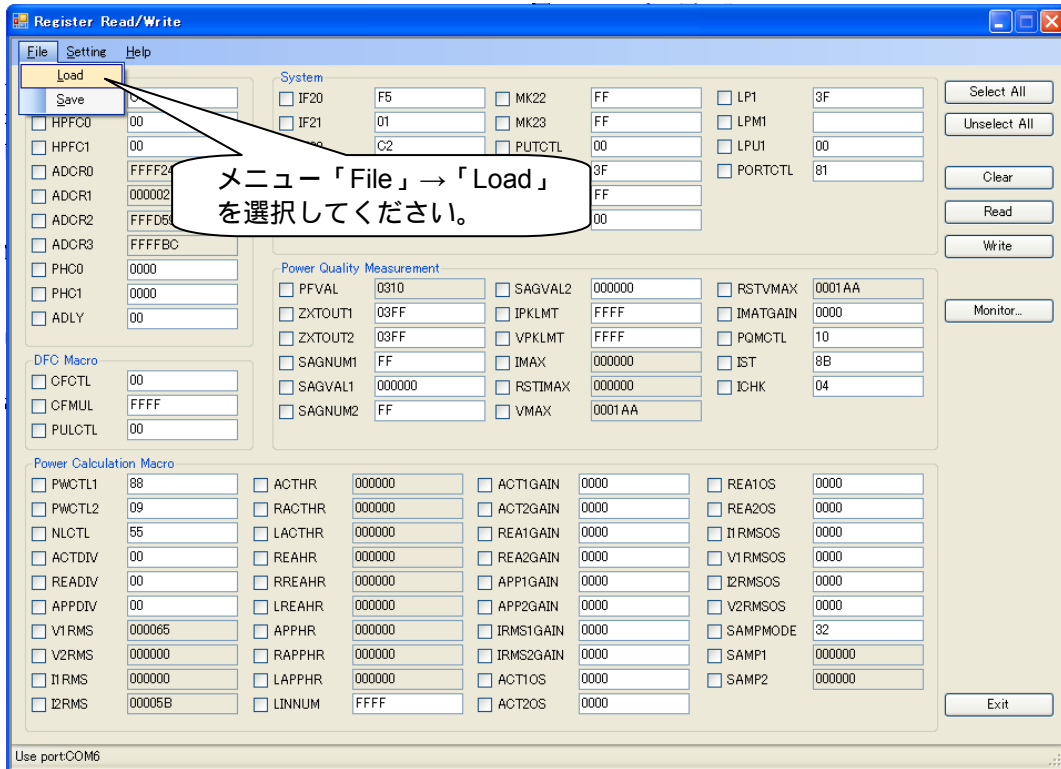
「Save File Dialog」でファイルを保存するフォルダを選択し、ファイル名を入力してから保存してください。



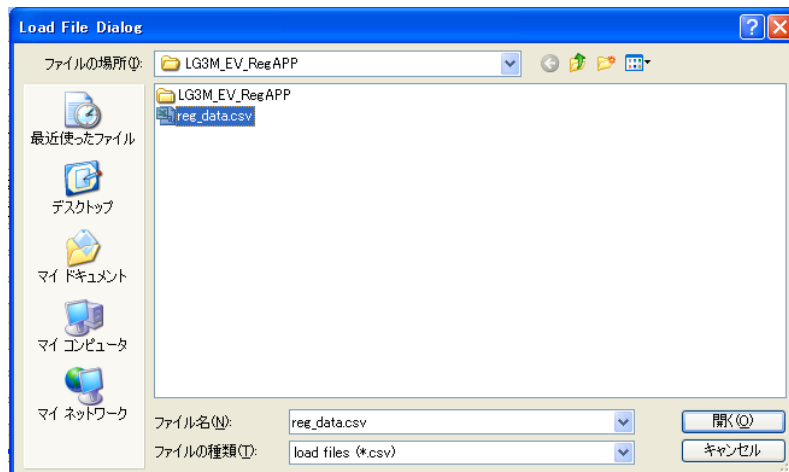
(5) 保存したレジスタ値の読み込み

レジスタ Read/Write 画面では、レジスタ値保存で保存したファイルから、レジスタ値を読み出し画面に反映できます。ファイルからの読み出しは、レジスタのチェックボックスの状態には関係なく、すべてのレジスタについて行います。

メニュー「File」 「Load」を選択してください。「Load File Dialog」が表示されます。



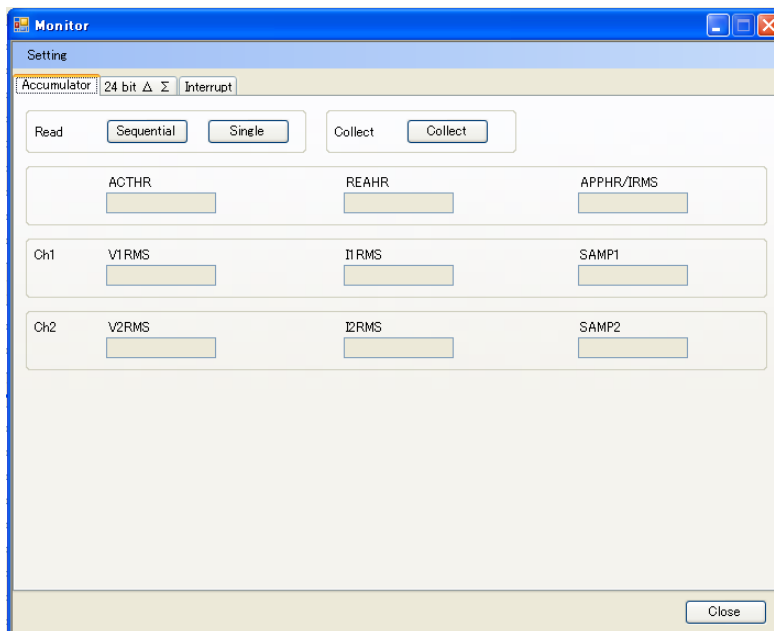
「Load File Dialog」で読み込むファイルを選択し、ファイルを開いてください。



7.4 モニタ画面

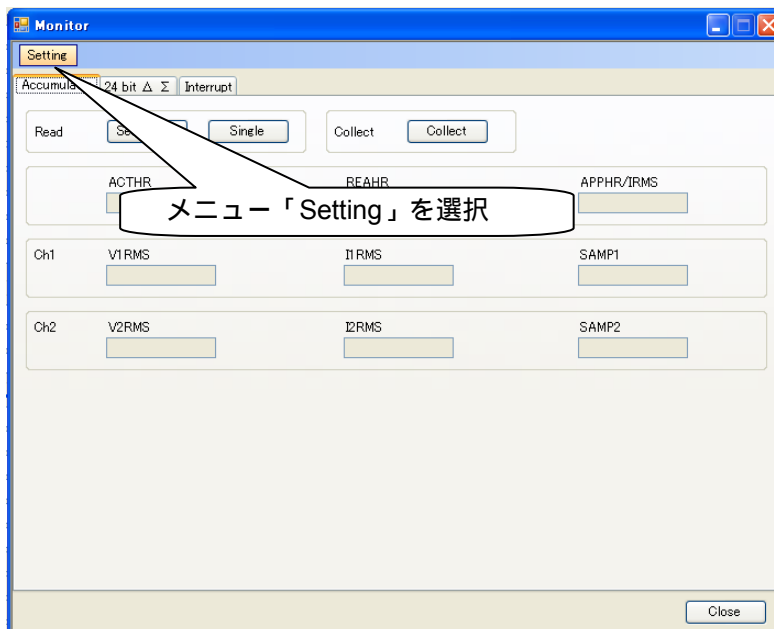
モニタ画面では 78K0/LG3-M 拡張 SFR レジスタのモニタリング結果表示を行います。モニタ画面には 3 つのタブがあり、タブごとにモニタリングできる情報が異なります。

また、モニタリングには「シーケンシャル」と「シングル」の 2 種類があります。「シーケンシャル」は指定インターバルごとの連続読み込み、「シングル」はボタン押下時に一回だけ読み込みを行います。



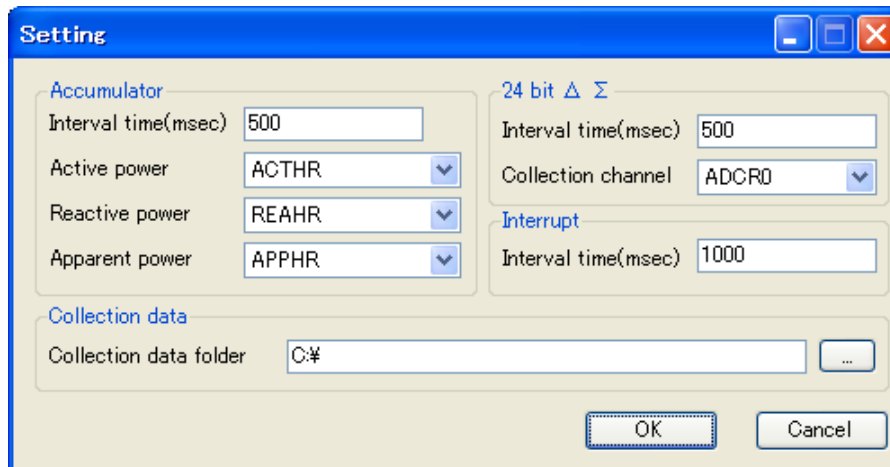
7.4.1 モニタ設定画面

モニタ設定画面を表示されるには、メニュー「Setting」を選択してください。



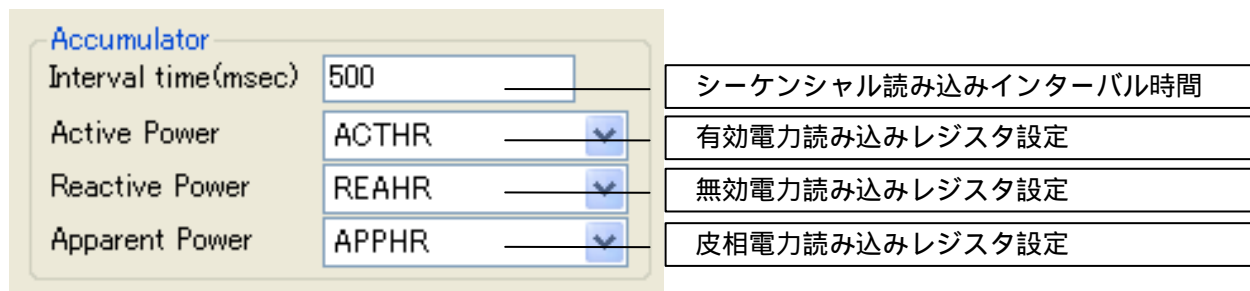
(1) モニタ設定画面

モニタ画面の「Setting」画面では、タブごとの「シーケンシャル」読み込みインターバル時間および電力アキュムレーションレジスタのモニタ時（「Accumulator」タブ）に取得するレジスタを指定できます。



(2) 電力アキュムレーションレジスタのモニタ用設定項目

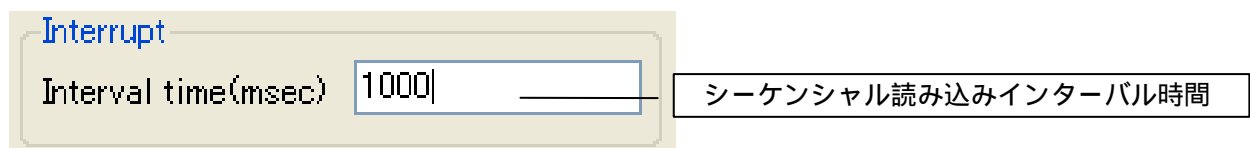
電力アキュムレーションレジスタのモニタ用設定は下記の4項目です。



【注意】シーケンシャル読み込みのインターバル時間は「100msec～9999msec」までの間で自由に設定できますが、Windowsのディスパッチの関係から最低15msec単位となるため、設定した時間と正確に一致しない場合があります。

(3) 割り込み発生モニタ用設定項目

割り込み発生モニタ用設定は下記の1項目です。



【注意】シーケンシャル読み込みのインターバル時間は「100msec～9999msec」までの間で自由に設定できますが、Windowsのディスパッチの関係から最低15msec単位となるため、設定した時間と正確に一致しない場合があります。

(4) 24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタモニタ用設定

24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタモニタ用設定は下記の 2 項目です。

24 bit $\Delta \Sigma$

Interval time(msec)	500	シーケンシャル読み込みインターバル時間
Collection channel	ADCR0	A/D 変換結果データ収集チャンネル

【注意】シーケンシャル読み込みのインターバル時間は「100msec～9999msec」までの間で自由に設定できますが、Windows のディスパッチの関係から最低 15msec 単位となるため、設定した時間と正確に一致しない場合があります。

なお、78K0/LG3-M 評価ボードと 78K0R/LG3-M 評価ボードでは、データ収集できるチャンネルが異なります。

- 78K0/LG3-M 評価ボードの場合

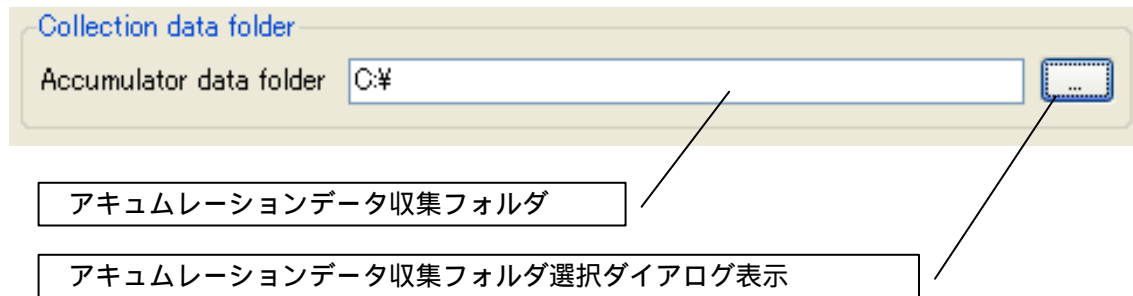
リスト名	リードレジスタ名
ADCR0	ADCR0
ADCR1	ADCR1
ADCR2	ADCR2
ADCR3	ADCR3

- 78K0R/LG3-M 評価ボードの場合

リスト名	リードレジスタ名
ADCR0、1(LONG)	ADCR0、ADCR1
ADCR2、3(LONG)	ADCR2、ADCR3
V1、V2RMS(LONG)	V1RMS、V2RMS
I1、I2RMS(LONG)	I1RMS、I2RMS
SAMP1、2(LONG)	SAMP1、SAMP2
ADCR0～3(2ch)	ADCR0、ADCR1、ADCR2、ADCR3

(5) 電力アキュムレーションデータ収集用設定項目

電力アキュムレーションデータ収集用の設定は下記の 1 項目です。



【注意】アキュムレーションデータ収集フォルダのテキストボックスはキーボードで入力できません。フォルダを指定する場合は必ずフォルダ選択ダイアログを使用してください。

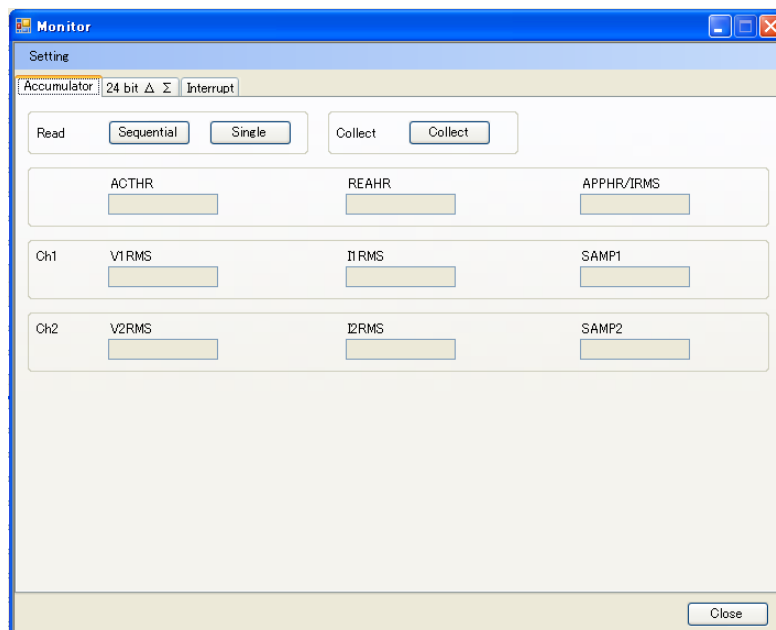
7.4.2 電力アキュムレーションレジスタのモニタ

「Accumulator」タブの選択により、電力アキュムレーションレジスタのモニタ画面に切り替わります。

モニタリング項目の値は 10 進数 (DEC) で表示されます。

【注意】アキュムレーションレジスタはすべて符号付き 16 進数ですが、モニタリング項目は符号なし 10 進数で表示します。

[例] レジスタ値が 0xC00000 (負) の場合、表示値は 12582912 になります。



(1) 電力アキュムレーションレジスタのモニタ画面の処理ボタン

Sequential

設定したインターバル時間で繰り返し読み込みを行います。

(シーケンシャル読み込みを中止したい場合は、再度 Sequential ボタンを押してください)

Single

ボタン押下時に一度だけ読み込みを行います。

Collect

アキュムレーションデータの収集を行います。

Close

モニタ画面を閉じます。

(2) アキュムレーションデータの収集結果

電力アキュムレーションレジスタのモニタ用設定(「7.4.1(2) 電力アキュムレーションレジスタのモニタ用設定項目」を参照)で選択した有効電力、無効電力、皮相電力アキュムレーションレジスタの値を読み出し、TXTまたはCSVファイル形式で保存します。保存したデータをグラフにすることにより、電力量の変化を確認できます。

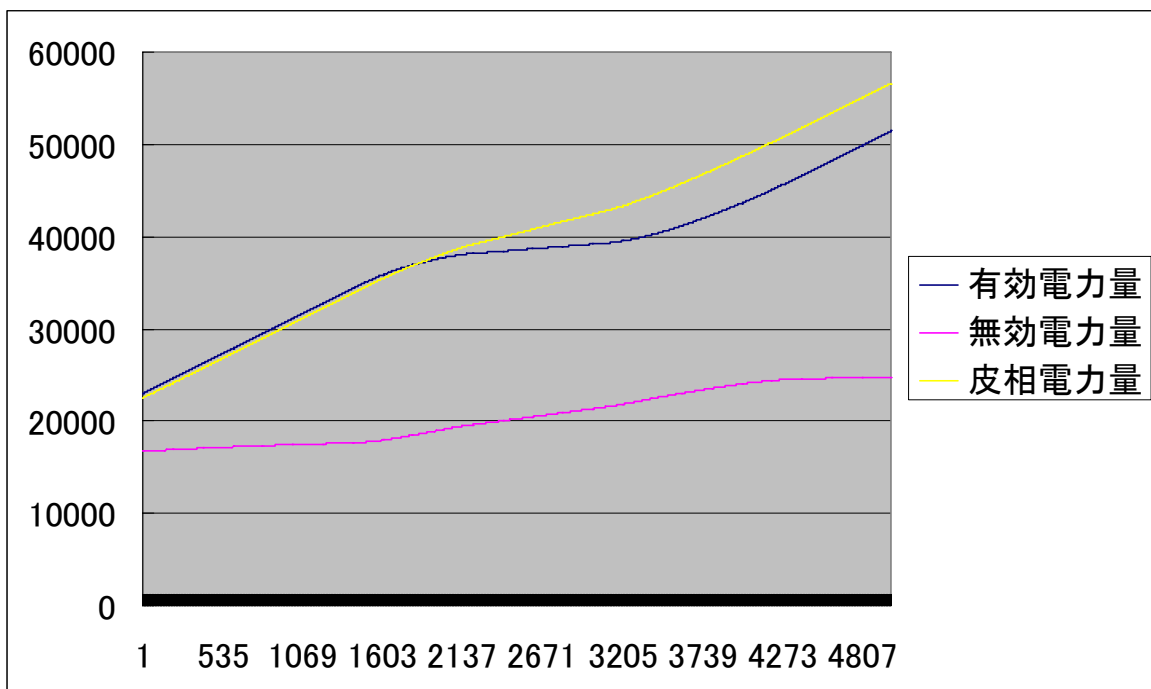
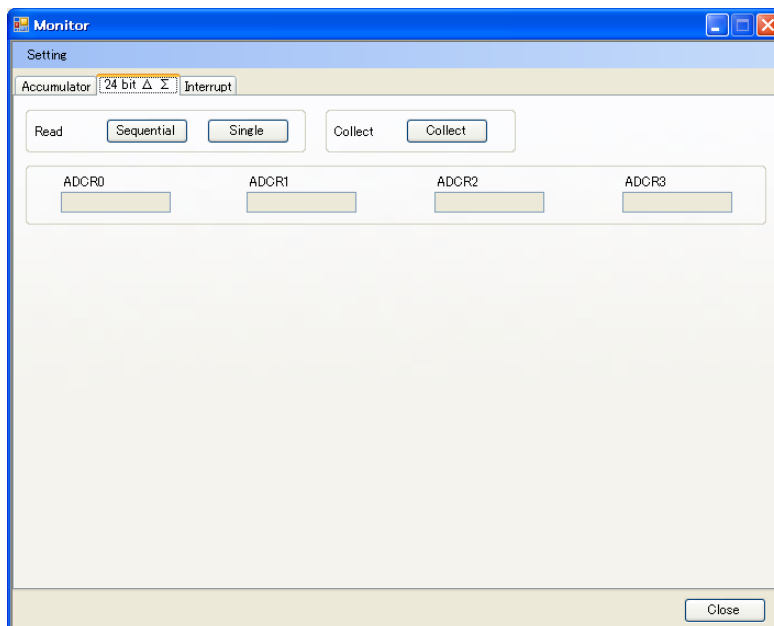


図11 電力量

7.4.3 24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタモニタ

「24bit $\Delta\Sigma$ 」タブの選択により、24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタのモニタ画面に切り替わります。

モニタリング項目の値は、16 進数 (HEX) で表示されます。



(1) 24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタのモニタ画面の処理ボタン

Sequential

設定したインターバル時間で繰り返し読み込みを行います。

(シーケンシャル読み込みを中止したい場合は、再度 Sequential ボタンを押してください)

Single

ボタン押下時に一度だけ読み込みを行います。

Collect

24 ビット $\Delta\Sigma$ A/D データの収集を行います。

Close

モニタ画面を閉じます。

(2) 24 ビット $\Delta\Sigma$ A/D データの収集結果

24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタモニタ用設定 (「7.4.1 (4) 24 ビット $\Delta\Sigma$ 型 A/D 変換結果レジスタ用設定」を参照) で選択したレジスタの値を読み出し、TXT または CSV ファイル形式で保存します。保存したデータをグラフにすることにより、AD 変換値の変化を確認できます。なお、78K0/LG3-M 評価ボードと 78K0R/LG3-M 評価ボードでは、収集できるデータの種類と時間が異なります。

- 78K0/LG3-M 評価ボード
ラインサイクル 50Hz で 2 周期分を保存できます。
- 78K0R/LG3-M 評価ボードの場合
約 4 秒 (17338 回のサンプル) 分を保存できます。

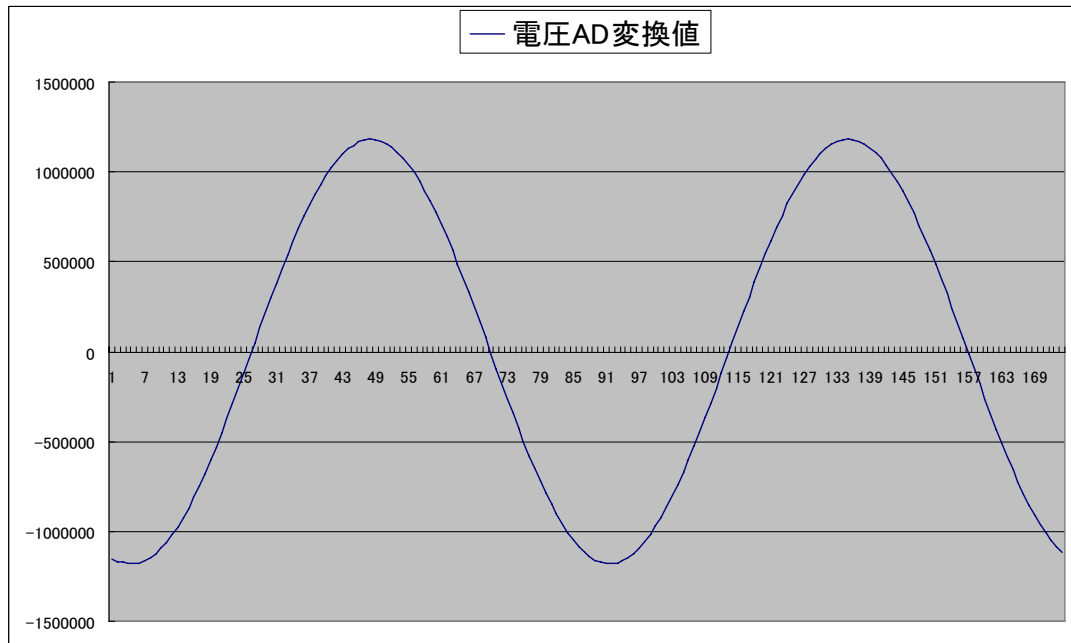


図12 78K0/LG3-M 評価ボードの例

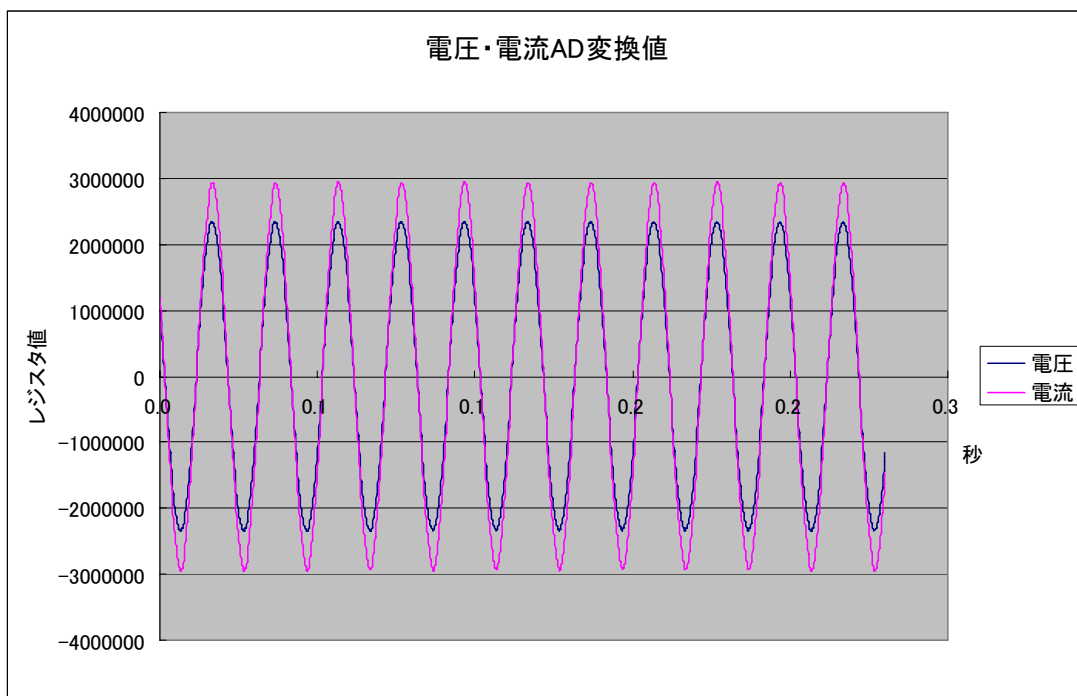
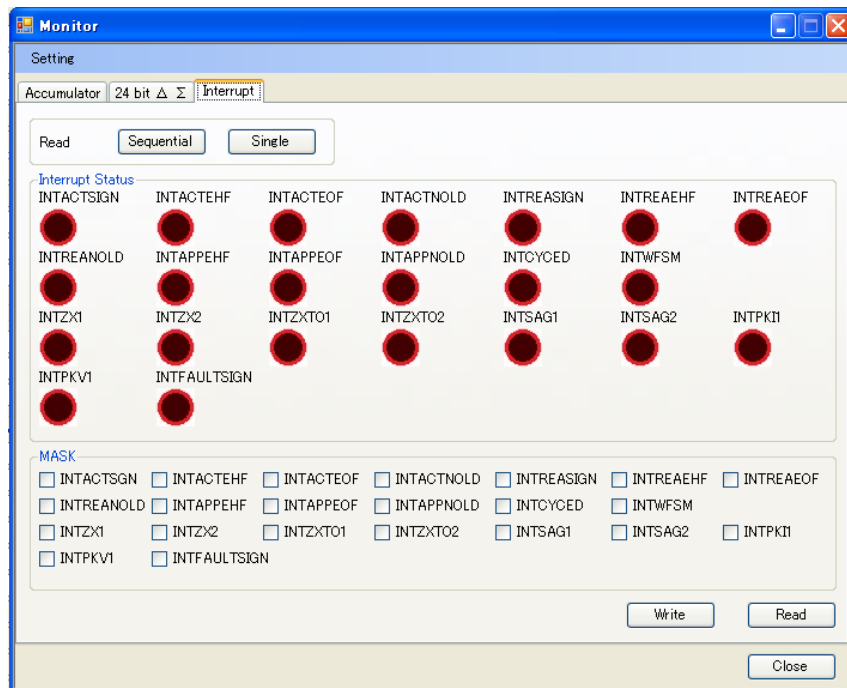


図13 78K0R/LG3-M 評価ボードの例

7.4.4 割り込み発生状態モニタ

「Interrupt」タブを選択すると、割り込み発生レジスタのモニタ画面に切り替わります。



(1) 割り込み発生レジスタのモニタ画面の処理ボタン

Sequential

設定したインターバル時間で繰り返し読み込みを行います。

(シーケンシャル読み込みを中止したい場合は、再度 Sequential ボタンを押してください)

Single

ボタン押下時に一度だけ読み込みを行います。

Write

マスクレジスタの書き込みを行います。

Read

マスクレジスタの読み込みを行います。

Close

モニタ画面を閉じます。

(2) 割り込み状態の表示

次のアイコンを使用して割り込み発生状態を表示します。



割り込み未発生時表示



割り込み発生時表示

(3) 割り込みのマスクの Read/Write

チェックボックスごとに割り込みマスクの状態を表示します。割り込みの許可/禁止の状態は下記のようになります。

INTACTSGN 割り込み処理許可状態

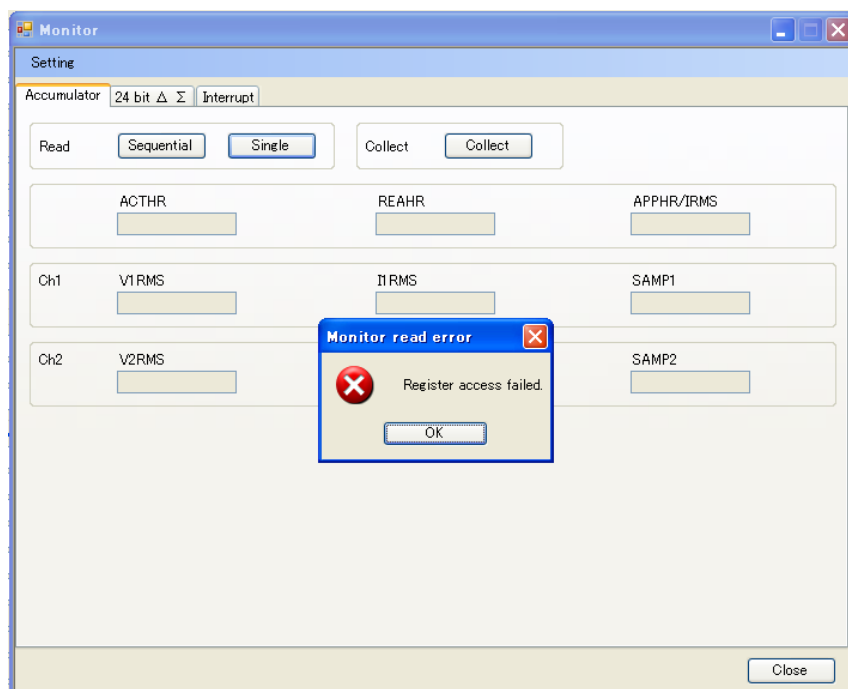
INTACTSGN 割り込み処理禁止状態

マスク状態を確認する場合は、「Read」ボタンを選択してマスクレジスタの状態を読み込みます。マスク状態の「Write」を行う場合は、設定されているチェックボックスの状態をそのまま反映します。

【注意】 チェックボックスにチェックのない割り込みマスクは、割り込み許可状態として扱われます。何もチェックしていない初期状態で「Write」をすると、すべての割り込みは許可状態となります。割り込みマスクを設定する場合は、「Read」でマスク状態を読み込んだ後に、マスクする割り込みを指定してから「Write」をしてください。

(4) モニタリングエラー

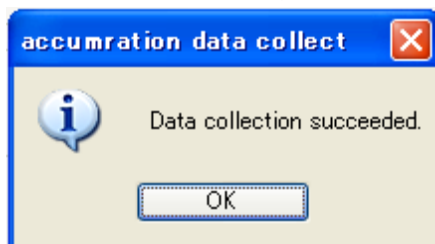
モニタリングに失敗した場合、下記のエラーメッセージが表示されます。シングル読み込みでは発生するごとに表示、シーケンシャル読み込みでは連続 5 回失敗した場合に表示され、シーケンシャル読み込みは中止されます。



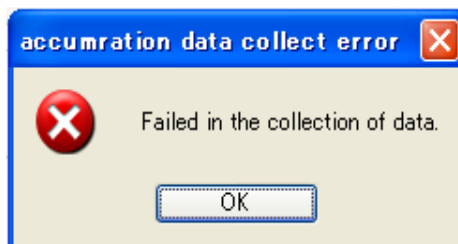
(5) アキュムレーションデータ収集終了

アキュムレーションデータ収集処理が終了した場合のメッセージを以下に説明します。

- アキュムレーションデータ収集処理が正常完了した場合、以下のメッセージが表示されます。



- アキュムレーションデータ収集がエラー終了した場合、以下のメッセージが表示されます。エラーが発生した場合、通信ケーブル、ボードの状態などを確認してください。



- アキュムレーションデータ収集で指定フォルダが存在しなかった場合、以下のメッセージが表示されます。モニタ設定画面でフォルダの確認を行ってください。データは保存されずに破棄されます。



8. キャリブレーション方法

8.1 有効電力のキャリブレーション

有効電力のキャリブレーションには、次の2つの方法が必要です。

- CF 出力周波数の設定
- 有効電力ゲインのキャリブレーション

高度なキャリブレーションを行うには、さらに次の2つの方法が必要です。

- 位相補償のキャリブレーション (オプション)
- 有効電力オフセットのキャリブレーション (オプション)

なお、以下の点に注意すると精度良いキャリブレーションが行えます。

1. CF 出力周波数の設定を正しく行ってください。
2. 有効電力ゲインが大きい場合は CF 出力周波数の設定を見直してください。
3. 位相補償または有効電力オフセットのキャリブレーションを行った場合には、有効電力ゲインへの影響を確認するために有効電力ゲインのキャリブレーションを実施してください。
4. 有効電力ゲインが変更になった場合は、再度位相補償または有効電力オフセットのキャリブレーションを行ってください。
5. 測定誤差が目標値に届くまで 3.~4.を繰り返してください。

8.1.1 有効電力の演算方法

有効電力は、電源から負荷へ流れるエネルギーの速度であると定義され、電圧と電流信号の積になります。この積は、瞬間電力信号と呼ばれ、各瞬間において流れるエネルギーの速度と等しくなります。電力の単位はワット (W) です。交流システムにおける瞬間電力信号は、次の式で算出されます。

$$i(t) = \sqrt{2} \times I \sin(\omega t)$$

$$v(t) = \sqrt{2} \times V \sin(\omega t)$$

ここでは、 V は rms 電圧、 I は rms 電流、 ω は角周波数を表します。

$$\begin{aligned} p(t) &= v(t) \times i(t) = 2 \times V \times I \sin^2(\omega t) \\ &= V \times I - V \times I \cos(2\omega t) \end{aligned}$$

ラインサイクル数 (n) の平均電力は、次の式で算出されます。

$$P = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} p(t) dt = V \times I$$

ここでは、 T はラインサイクルピリオド、 P は有効電力または実電力を表します。

有効電力は、瞬間電力信号 $p(t)$ の直流成分に等しく、 $V \times I$ で表すことができます。この関係を使用して有効電力を計算します。瞬間電力信号 $p(t)$ は、電流信号と電圧信号を乗算することにより生成されます。瞬間電力信号の直流成分は、LPF2 (ローパスフィルタ) によって抽出されます。

図 14 にこのプロセスを示します。

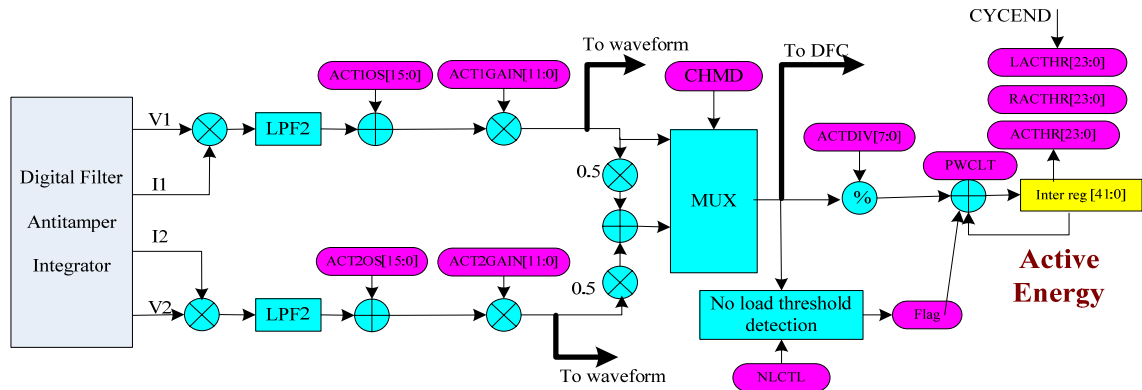


図14 有効電力演算

ローパスフィルタ LPF2 は、 $f - 3\text{db} = 5.4\text{Hz}$ である瞬間電力の直流成分を抽出するために使用します。

LPF2 は、瞬間電力信号によりある程度のリップルが生じますが、このリップルは正弦波であり、その周波数はライン周波数の2倍に等しくなります。たとえば、ライン周波数が50Hzであればリップル周波数は100Hz、ライン周波数が60Hzであればリップル周波数は120Hzとなります。リップルは正弦波のため、エネルギーを計算するために有効電力信号を積分するとリップルは除去されます。有効電力信号は、波形レジスタから読み出すことができます。波形レジスタから読み出した有効電力信号とAD変換結果レジスタから読み出した入力電圧(50Hz)を図15に示します。

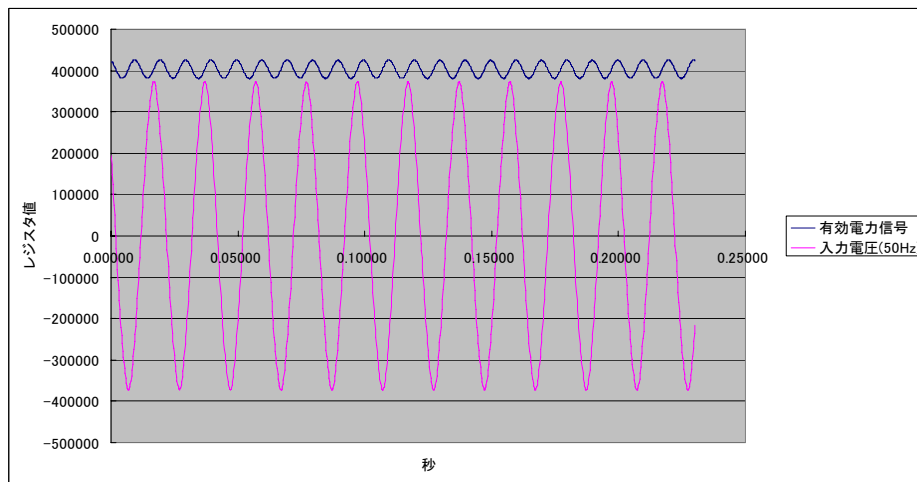


図15 有効電力信号とリップル

8.1.2 CF 出力周波数の設定

78K0/Lx3-M は、測定された有効電力、無効電力、皮相電力 / 平均電流 (I_{RMS} 値) を積算し、パルスとして出力する機能があります。このパルス出力機能は、以下のレジスタにより制御できます。

- 周波数変換制御レジスタ (CFCTL)
- 周波数スケール設定レジスタ (CFMULL、CFMULH)
- パルス幅設定レジスタ (PULCTL)

有効電力のキャリブレーションを行う場合、CF は有効電力を出力するように設定する必要があります。これは、CFCTL レジスタのビット 3~0 を設定することで行われます。

- 有効電力を CF パルス出力
- CF 出力許可 (CF 端子からパルスを出力する)
- モード 2 波形 (ハイレベル幅固定) を出力

また、PULCTL レジスタでパルスのハイレベル幅を設定できます。

モード 2 波形では、フルスケール入力時に 1084.984Hz のパルスが出力されますが、入力電力値を CFMUL レジスタで指定された値で分周することでパルスの周波数を調整できます。分周比率は $1/2^{16}$ から $(2^{16}-1)/2^{16}$ の範囲で、 $1/2^{16}$ 単位で指定できます。

$$CF_{OUTPUTFREQ} = \frac{\text{フルスケール電力}(1FFFFFh) \times 4340Hz \times 2^3}{2^{26}} \times \frac{CFMUL}{2^{16}}$$

この分周比は、計器定数および電流チャンネルと電圧チャンネルの公称スケールを使って計算されます。

(1) 計器定数

計器定数を JIS では、「計器を試験するときに用いるパルスの 1 kW_s または 1 kvar_s 当たりのパルス数」と規定しています。これは、次式で表現できます。

$$\text{計器定数 [imp/kWs]} = \frac{CF \text{ [imp/s]}}{\text{負荷 [kW]}}$$

計器定数が 125/3 [imp/kWs] である電力量計の CF 出力周波数は、与えられた負荷に対して計算することができます。たとえば、力率 = 1 で 100V/10A の負荷に対して、CF 出力周波数を求める計算式は以下のようになります。

$$\begin{aligned} CF_{EXPECTED} &= \text{計器定数 [imp/kWs]} \times \text{負荷 [kW]} \times \cos(\varphi) \\ &= 125/3 [\text{imp/kWs}] \times 100V \times 10A \times \cos(0) \\ &= 41.66666667\text{Hz} \end{aligned}$$

したがって、CFMUL レジスタの値は、与えられた負荷条件に対して周波数 = 41.66666667Hz となるように選択する必要があります。

(2) 電圧チャンネルの公称スケーリング

図 16 に参考デザインの電圧チャンネル入力を示します。

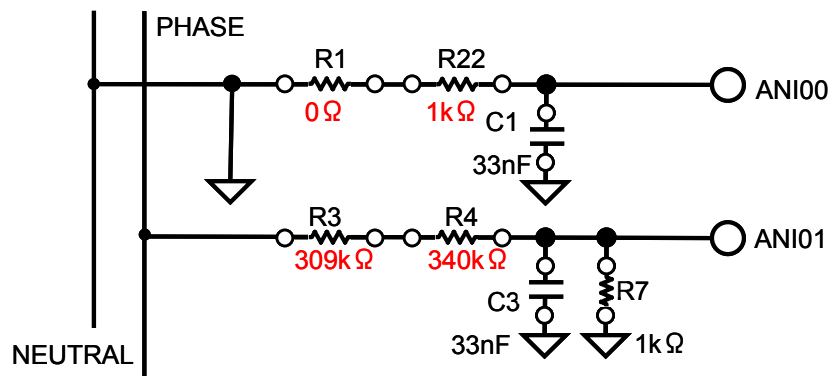


図16 電圧チャンネル入力

電圧チャンネル振幅が 100 Vrms の場合、入力信号はフルスケールの 58.02%で動作します。

$$\begin{aligned} ANI01 &= V_{input_max} \times \frac{1k\Omega}{309k\Omega + 340k\Omega + 1k\Omega} \\ &= 100V \times \sqrt{2} \times \frac{1}{650} \\ &= 217.6 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$V_{AS\%OFFULLSCALE} = \frac{217.6 \text{ mV}}{375 \text{ mV}} = 58.02\%$$

(3) 電流チャンネルの公称スケーリング

図 17 に参考デザインの電流チャンネル入力を示します。

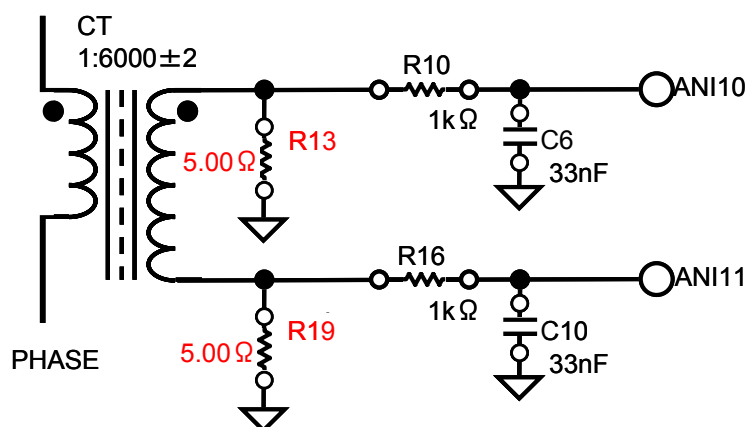


図17 電流チャンネル入力

図 18 に使用している CT の出力電圧特性を示します。

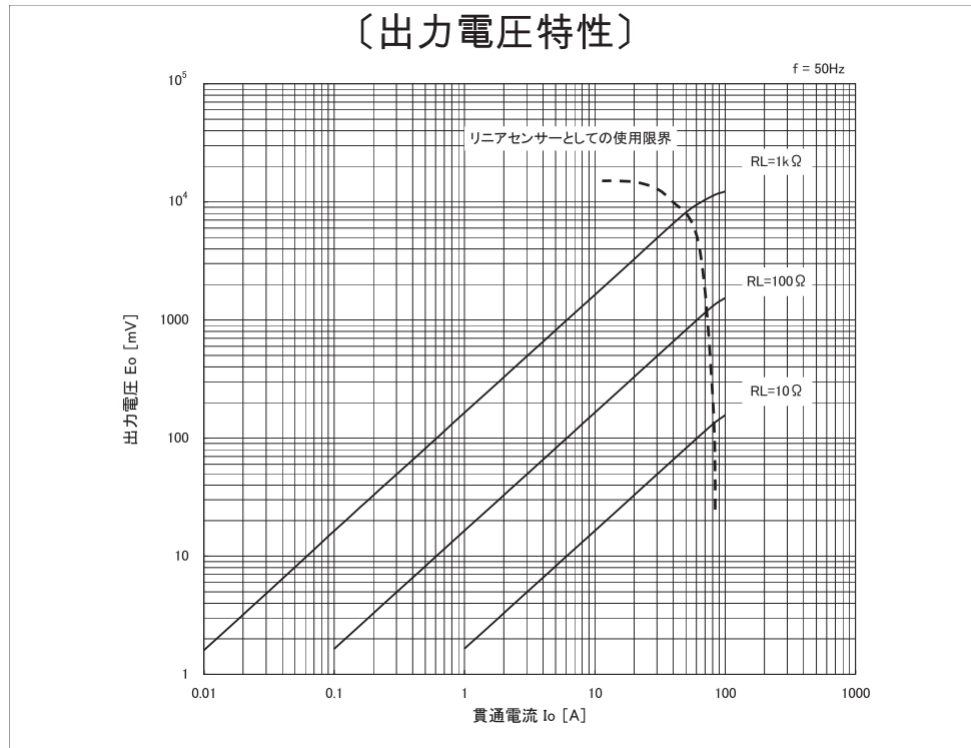


図18 CT 出力電圧特性

電流チャネルの負荷抵抗を 10 Ω としているので、貫通電流 60A に対して、約 98.7mV の出力電圧が得られます。したがって、貫通電流が 10A の場合の出力電圧は 98.7mV の 6 分の 1 になります。内部ゲイン=2 の場合、電流チャネルの最大入力電圧は 187.5mV になるので、負荷電流 10A の入力信号はフルスケールの 12.41% で動作します。計算式を以下に示します。

$$\text{abs}(ANI10 - ANI11) = V_{\text{INPUT_MAX}} = \sqrt{2} \times 10[\text{A}] \times 98.7 / 60[\text{mV/A}] = 23.26\text{mV}$$

$$I_{\text{AS\%OFFULLSCALE}} = \frac{23.26\text{mV}}{187.5\text{mV}} = 12.41\%$$

(4) CFMUL レジスタ値の算出

78K0/Lx3-M では、フルスケール AC 入力での CF 出力は 1084.984Hz となります。したがって、与えられた 100V/10 A 入力で 41.667Hz を得るためには、次式に示すように CFMUL を 8891h にする必要があります。

$$CF = \frac{CF_{\text{FULLSCALE}} \times V_{\text{OPERATING\%}} \times I_{\text{OPERATING\%}} \times CFMUL}{2^{16}}$$

CFMUL レジスタに設定する値は

$$\begin{aligned} CFMUL &= \frac{CF_{\text{EXPECT}} \times 2^{16}}{CF_{\text{FULLSCALE}} \times V_{\text{OPERATING\%}} \times I_{\text{OPERATING\%}}} \\ &= \frac{41.66666667 \times 2^{16}}{1084.984 \times 58.02\% \times 12.41\%} \\ &= 34961.9264d \\ &= 8891h \end{aligned}$$

8.1.3 有効電力ゲインのキャリブレーション

有効電力のゲインキャリブレーションは、符号付き 12 ビットで構成される有効電力ゲイン設定レジスタ (ACTGAIN) に補正值を書き込むことにより行います。

有効電力ゲインのキャリブレーションを行う目的は、外付け部品の特性誤差によって発生するゲイン誤差を補正することです。ゲインキャリブレーションはどの電力計にも必要で、力率=1 で行われます。必要とされる補正の大きさを求めるためには、積算電力のパーセント誤差を次式を使って計算します。

$$\%Error = \frac{CF_{ACTUAL} - CF_{EXPECTED}}{CF_{EXPECTED}}$$

$$ACTGAIN = \left[\frac{1}{(1 + \%Error)} - 1 \right] \times 2^{12}$$

測定電圧/電流 100.09V/10.033 A に対する CF からの出力期待値は 41.842Hz になります。実際に測定された出力パルスの周波数が 38.684Hz とすると、測定のパーセント誤差は-7.545%になります。

この誤差を補正するために必要とされる ACTGAIN 値を得るためには、次のようにパーセント誤差を ACTGAIN 式に代入します。

$$\%Error = \frac{38.6846847 - 41.84179042}{41.84179042} = -7.545\%$$

$$ACTGAIN = \left(\frac{1}{(1 - 7.545\%)} - 1 \right) \times 2^{12} = 334.2797057d = 14Eh$$

8.1.4 有効電力オフセットのキャリブレーション (オプション)

有効電力オフセットキャリブレーションは、符号付き 16 ビットで構成される有効電力オフセット設定レジスタ (ACTOS) に補正值を書き込むことにより行います。

有効電力オフセットキャリブレーションは、小さい負荷での計測精度が仕様を満たさない場合のみ必要です。有効電力オフセットキャリブレーションを実行することで、低い電流レベルでの計測精度を低下させる電圧から電流チャンネルへのクロストークの影響を補正できます。

有効電力オフセット設定レジスタに指定する 128 LSB (ACTOS = 0x080) は、LPF2 出力の 1 LSB に相当します。電圧、電流チャンネルの双方の入力がフルスケールの場合、LPF2 から出力される値は 0x200000 = 0d2097152 ですが、電流チャンネル入力が-60 dB(電流チャンネルのフルスケール入力の 1/1000)とした場合、LPF2 から出力される値は 0d2097.152 になります。これは、-60dB の信号入力時に、LPF2 出力の 1 LSB には最大 1/0d2097.152*100%=0.0477%の測定誤差が生じていることを意味します。有効電力オフセット設定レジスタの 1LSB は、LPF2 出力の 1/128 LSB に相当しており、オフセットキャリブレーションの補正精度は -60 dB 入力時に 0.000372%/LSB (0.0477%/128) となります。

この計算例では、測定電圧/電流 100.89V/0.511 A で、オフセットキャリブレーションを計算します。この条件での出力周波数 CF の期待値は前例と同様に求められます。

$$CF_{EXPECTED} = 256 / [3[\text{imp/kWs}] \times 100.89V \times 0.511A / 1000 \times \cos(0)]$$

$$= 2.14811625Hz$$

CF の測定値を 2.0819831Hz とすると、オフセットによるパーセント誤差は次のように計算されます。

$$\%Error = \frac{2.0819831 - 2.14811625}{2.14811625} = -3.079\%$$

$$\begin{aligned}
 ACTOS &= -\%Error \times CF_{EXPECTED} \times \frac{1}{\left(1 + \frac{ACTGAIN}{2^{12}}\right) \times CFMUL \times Fs} \times 2^{46} \\
 &= 3.079\% \times 2.14811625Hz \times \frac{1}{\left(1 + \frac{334.2797057}{2^{12}}\right) \times 34961.9264d \times (10000000/18/128)} \times 2^{46} \\
 &= 28354.03901d \\
 &= 6EC2h
 \end{aligned}$$

8.1.5 有効電力ゲインの再キャリブレーション

再キャリブレーション時のパーセント誤差と ACTGAIN の計算を以下に示します。

$$\%Error = \frac{41.848258 - 41.78340458}{41.78340458} = 0.155\%$$

$$ACTGAIN = \left(\frac{1}{(1 + 0.155\%)} - 1 \right) \times 2^{12} = -6.347685838$$

結果、TOTAL の ACTGAIN は

$$TOTAL_ACTGAIN = 334.2797057d - 6.347685838d = 327.9320198d = 147h$$

8.1.6 有効電力オフセットの再キャリブレーション (オプション)

再キャリブレーション時のパーセント誤差を以下に示します。パーセント誤差が目標値の±0.1%を下回っているため有効電力オフセットは前回計算した値とします。

$$\%Error = \frac{2.1418576 - 2.1418576}{2.1418576} = -0.096\%$$

9. 評価ボードによる性能測定結果

図9 評価ボードのセットアップ環境で電力測定を行い、測定性能を検証しました。なお、この環境では50W未滿（負荷電流0.5A以下）では電源と負荷の精度が低下するため測定結果が悪化する傾向にあります。

表2 測定結果

	電力 (W)	理想値 (Hz)	周波数 (Hz)	Irms	Vrms	誤差 (%)
1	1005.203	41.8834483	41.8949207	10.046	100.06	0.027%
2	901.7506	37.5729417	37.5855121	9.004	100.15	0.033%
3	803.9248	33.4968667	33.5111415	8.020	100.24	0.043%
4	705.3499	29.3895800	29.4070696	7.031	100.32	0.060%
5	602.7612	25.1150513	25.1263096	6.003	100.41	0.045%
6	504.912	21.0380000	21.0489961	5.024	100.50	0.052%
7	404.7742	16.8655900	16.8794570	4.024	100.59	0.082%
8	304.3254	12.6802254	12.6888432	3.023	100.67	0.068%
9	203.2329	8.4680383	8.4716255	2.017	100.76	0.042%
10	102.8568	4.2857000	4.2888225	1.020	100.84	0.073%
11	91.7735	3.8238958	3.8265802	0.910	100.85	0.070%
12	81.6885	3.4036875	3.4055168	0.810	100.85	0.054%
13	71.6035	2.9834792	2.9838351	0.710	100.85	0.012%
14	61.5246	2.5635250	2.5642423	0.610	100.86	0.028%
15	52.34634	2.1810975	2.1814841	0.519	100.86	0.018%
16	41.3567	1.7231958	1.7239389	0.410	100.87	0.043%
17	31.2728	1.3030333	1.3036997	0.310	100.88	0.051%
18	21.1869	0.8827875	0.8775793	0.210	100.89	-0.590%
19	11.0979	0.4624125	0.4586412	0.110	100.89	-0.816%

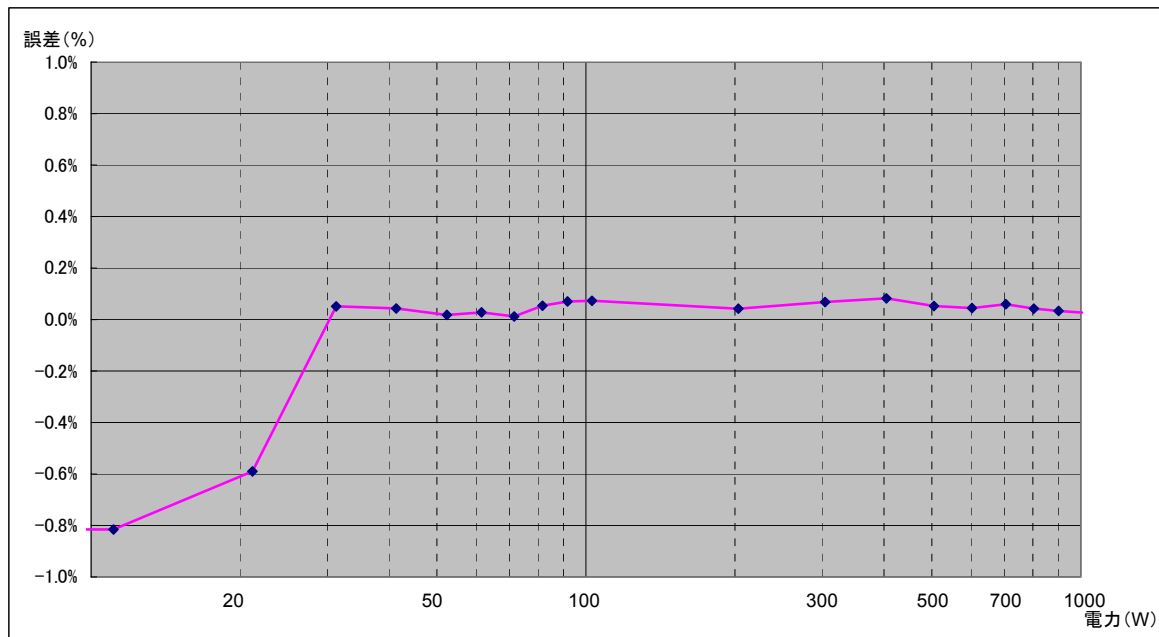
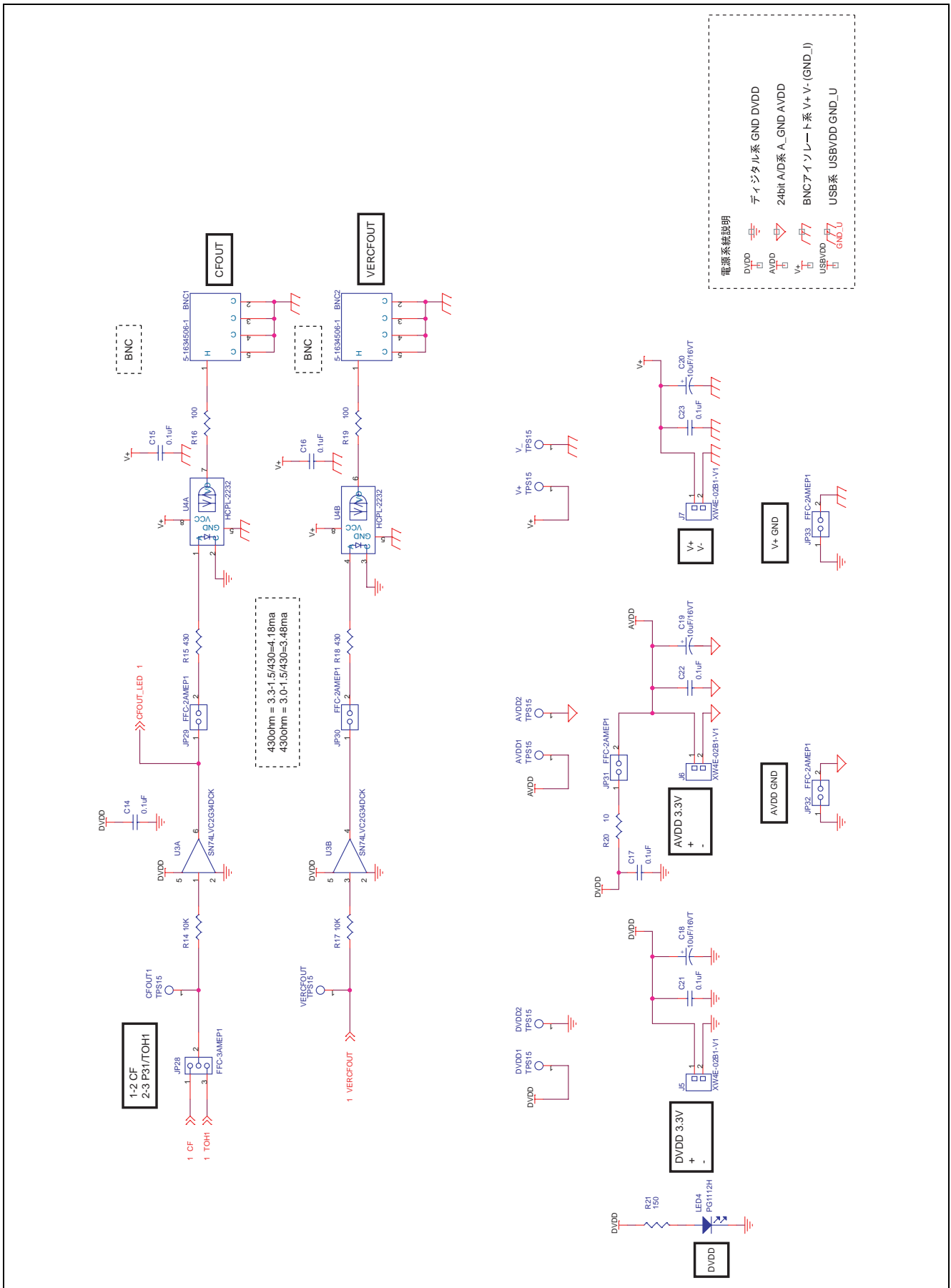
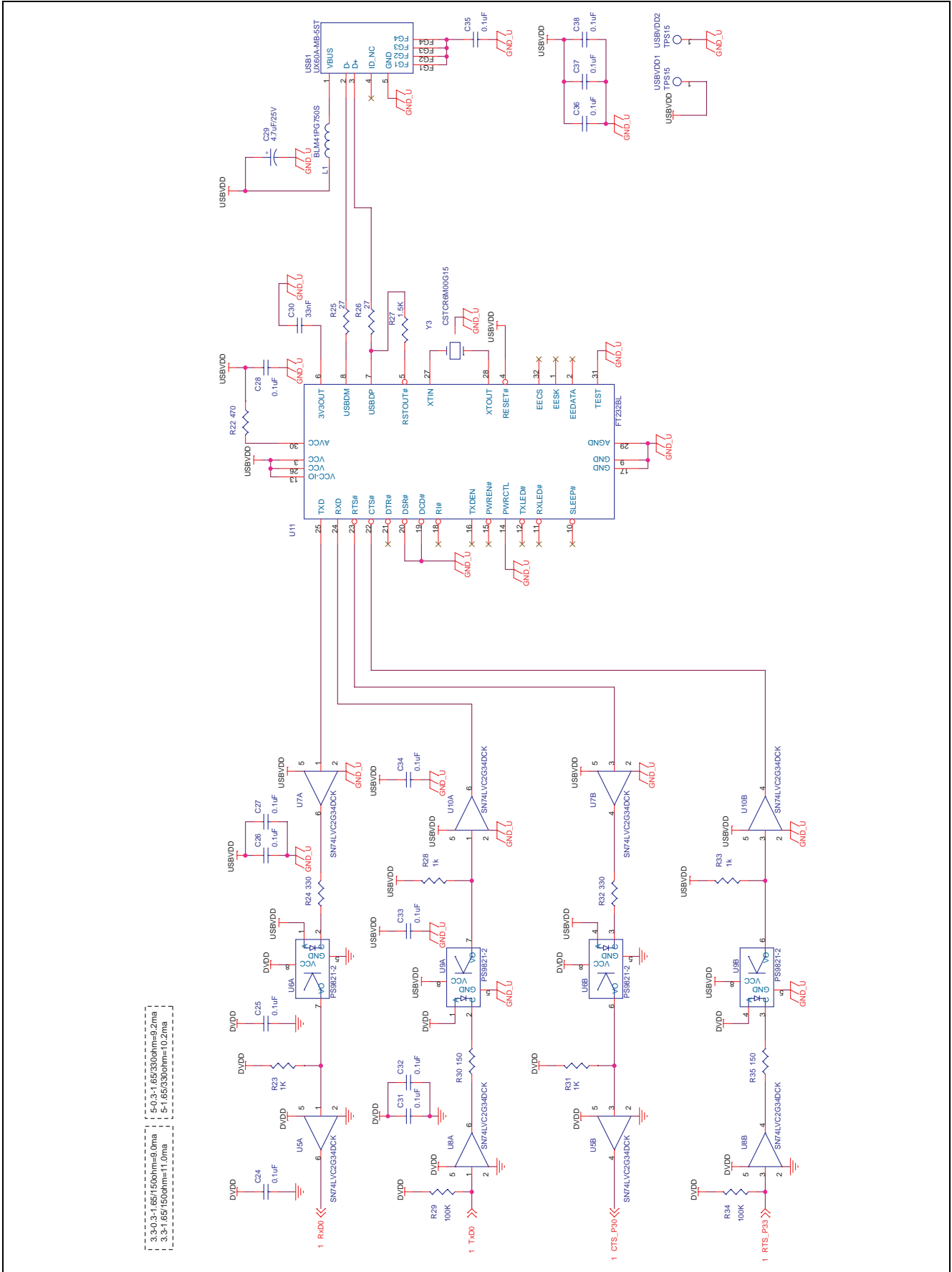


図19 ワット誤差





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/inquiry>

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	2011.12.12	—	初版発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

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. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス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、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違くと、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。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。

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連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の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。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。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 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。
5. 輸出に際しては、「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。本資料に記載されている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事用途の目的で使用しないでください。また、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に使用することができません。
6. 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。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されてい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生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
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
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、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社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。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、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、社会的損害など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、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。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、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、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、当社は、一切その責任を負いません。
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固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

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・電話番号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 エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

(03)5201-5307

■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/inquiry>