

RX210

R01AN1212JU0101

Rev.1.01

単相 2 線電力メータ

2013.02.08

はじめに

本書は、ルネサス 32 ビット RX210 マイクロコントローラを用いて電力メータを設計するためのガイドを示しています。

今日、標準的な電力メータの設計は、少なくとも 1 つのマイクロコントローラと外部アナログフロントエンド (AFE) を使用しています。AFE の役割は、マイクロコントローラのファームウェア (場合によっては AFE 自体) に実装されている計測演算処理エンジンに正確な電圧と電流の測定データを提供することです。工業規格や地方自治体により要求される精度の要件に応じて、追加の信号処理作業、たとえば、位相と温度の補償、デジタルフィルタによるノイズの低減、高調波分析などが必要になる場合があります。

スマート電力メータは、基本的な計測機能に加えて、エネルギー消費プロファイルを計算して追跡する機能が必要であり、またワイヤレスや電力線 (PLC) などのさまざまな通信インフラを通じて自動メータ読み取り (AMR) をサポートする機能が必要です。これらの追加機能はいずれも、より多くの計算リソースを必要とし、この計算リソースは多くの場合追加のマイクロコントローラ (MCU) やデジタルプログラムプロセッサ (DSP) により提供されます。MCU の機能と性能に応じて、使用部品数、設計サイクル、およびシステムの複雑性を低減することで高度な統合がコストを大幅に削減して実現します。計算エンジンに AFE 機能を組み込むことで、全体のシステムコストをさらに低減することができます。本アプリケーションノートでは、高度な統合化を備えたスマート電力メータを対象とし、ルネサス RX210 グループの機能について説明します。

スマート電力メータは、世界中の多くの先進国で標準となりつつあります。これは、正確なエネルギー消費の監視、報告、および課金に対する新たな要望があるからです。測定精度の要件、情報の種類、さらには公益事業会社がメータから情報を取得する方法に応じて、多様な複雑さのレベルが想定されます。高精度のメータは、高分解能の ADC や専用の計測チップを使用しており、フィルタリングやエネルギー計算における機能が拡張されています。自動メータ読み取り (AMR) 要件も差異化の要因であり、複雑さのレベルが増大する可能性があります。このようなレベルは、高性能のデバイスでのみ対処できるものです。最新のスマートメータは、複数のマイクロコントローラ (MCU) またはデジタルシグナルプロセッサ (DSP) を使用することで、このような高度な要望に対応することができます。

目次

1. エネルギーメータの要件.....	2
2. RX200 シリーズについて.....	5
3. RX210 を使用したハードウェアリファレンス設計.....	7
4. ソフトウェアのリファレンス設計.....	10
5. References.....	15

1. エネルギーメータの要件

ブロック図

標準的なスマートメータシステムのブロック図を図 1 に示します。この設計は広帯域サンプリング手法に基づくもので、1つの 12 ビット SAR ADC を使用して電圧と電流の信号値をサンプリングしています。例では単相 2 線の設計を示しています。この設計では、12 ビット ADC 入力 2 つを用いて 1 つの線間電圧と 1 つの相電流を測定しています。通常はセグメント LCD モジュールを使用して、電圧、電流、瞬間電力、累積エネルギー、力率などを表示します。メータの読み取りは、単純な光パルスポートを通じて、あるいはワイヤレスや電力線通信技術のためのより複雑な IO 拡張カードを通じてサポートされています。他の I/O 機能には、診断や手動制御のための押しボタンと LED が含まれています。外部のフラッシュメモリと EEPROM はファームウェアのアップグレードとデータ保管に使用されます。

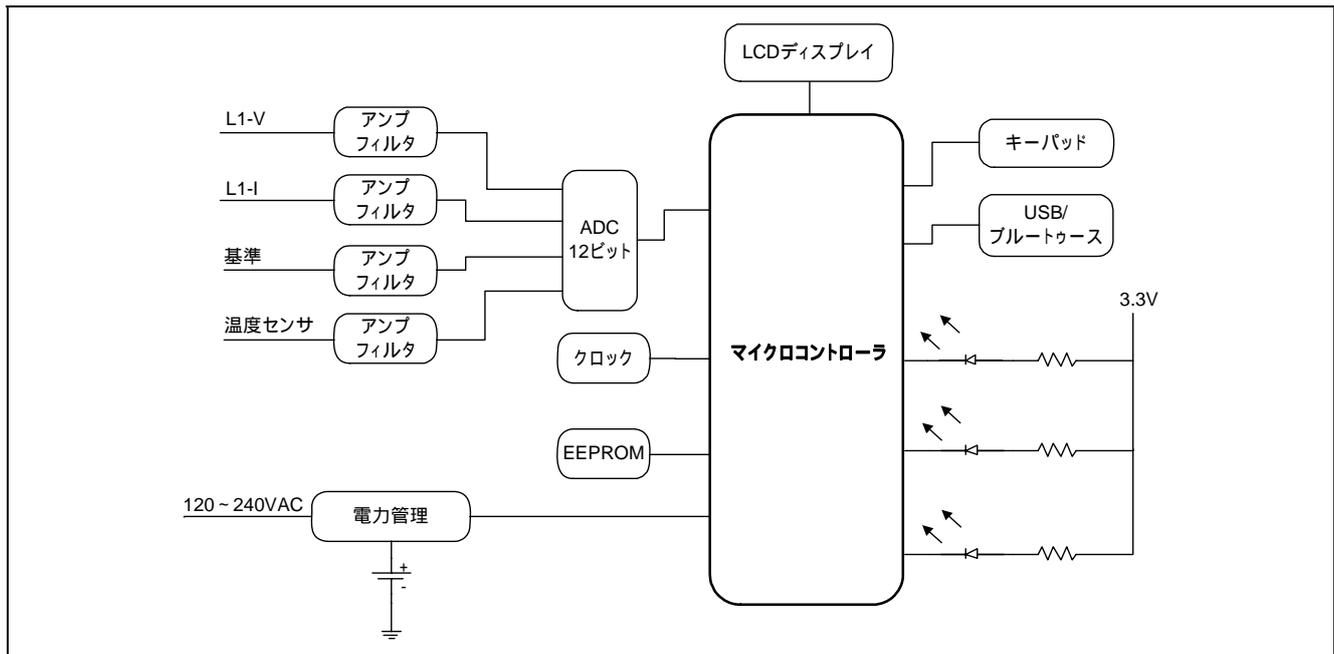


図 1 エネルギーメータブロック図

アナログフロントエンド

電力メータの最も重要な部分の 1 つは、アナログフロントエンド (AFE) です。精度要件によっては、AFE は高分解能の ADC または専用の計測チップになる可能性があります。AFE は、フィルタリングと信号調整機能も提供する必要があります。本アプリケーションノートで説明する設計例では、ANSIC12.20 で規定されている 0.5% ~ 1% の低精度グレードを対象にしています。標準的な 100A メータの規格によると、精度の範囲は 1A ~ 100A です。つまり、公共料金を徴収する公益事業会社は 1A ~ 100A 範囲の正確なエネルギー測定に関心があるということです。メータの全体精度がたとえば 1% を満たすためには、AFE はこれよりも正確な精度、たとえば 0.7% を備える必要があります。さらに、電圧と電流の積である電力測定には 0.7% の精度が要求されます。この事例では、個々の電圧と電流に対する精度要件は、0.7 の平方根、すなわち約 0.84 になります。0.84% の精度を満たすには、有効ビット数すなわち ENOB と呼ばれる最小ビット数が ADC に備わっている必要があります。以下の式 1 を使用して ENOB を計算します。これは、電流のダイナミックレンジと精度要件に基づいています。

$$\text{ENOB} = \log_2 (\text{ダイナミックレンジ} / \text{AFE 精度}) \quad \text{式 1}$$

ダイナミックレンジとは、メータが測定できる最大電流と最小電流との比率です。この事例では最大電流は 100A であり、最小電流は ANSIC12.20 に記載されており 1A です。上式にこの数値を代入すると、ADC に対して、0.55% の精度を満たすために必要な有効ビット数が得られます。

$$\text{ENOB} = \log_2 ((100/1) / 0.0084) = 13.54$$

したがって、1%クラスで正確にエネルギーを測定するための ADC の有効ビット数は事実上 14 ビットです。ADC の仕様は通常、分解能として示されていますが、ENOB はこれよりも小さくなります。量子化誤差や非直線性誤差などの誤差要因が寄与するからです。このため、ADC 精度を判断するときには、絶対精度と呼ばれるパラメータを考慮する必要があります。たとえば、12 ビット分解能の ADC は、総合誤差が ±4 ビットであるため、絶対精度は 8 ビットになります。上記の例の計算から、14 ビットの ENOB が必要であることが判明しているため、絶対精度が 8 ビットの 12 ビット分解能 ADC は、何らかの方法を使用して精度を向上しない限り機能しません。便利な方法として、ソフトウェア処理を通じて精度を向上するいくつかの方法があります。

本アプリケーションノートの目的は、精度要件に取り組むことではなく、ハードウェアの観点から、RX210 を用いてスマート電力メータのアプリケーションに対応できる方法に焦点を当てています。

電力線のインタフェース接続

メータは AC 電圧と AC 電流を測定する必要があり、また相数と構成に応じて 2~8 の ADC 入力が必要です。図 1 の例は、単相 2 線のトポジを示しています。電圧と電流の 2 つの信号を同時に測定する必要があります。抵抗分割器を使用して線間電圧を低減し、ADC 入力範囲内で信号を取得します。変流器 (CT) を使用して負荷電流をより小さな値に変換し、シャント抵抗器を設けて負荷電流に比例した電圧信号に変換します。スマート電力メータのアプリケーションでは、正確な入力信号の測定とデータ処理を必要とするため、フロントエンドにはすべて高精度の抵抗器が使われます。電流信号が小さければ、プログラマブルアンプを使用して信号を増幅して ADC の全ダイナミックレンジを使用します。

信号のフロー

図 2 は、2 線エネルギーメータの基本的な信号フローを示しています。監視すべき必要なパラメータおよび実行すべき計算を示しています。正確なエネルギー測定を行うために電圧と電流の信号を同時にサンプリングする必要があります。

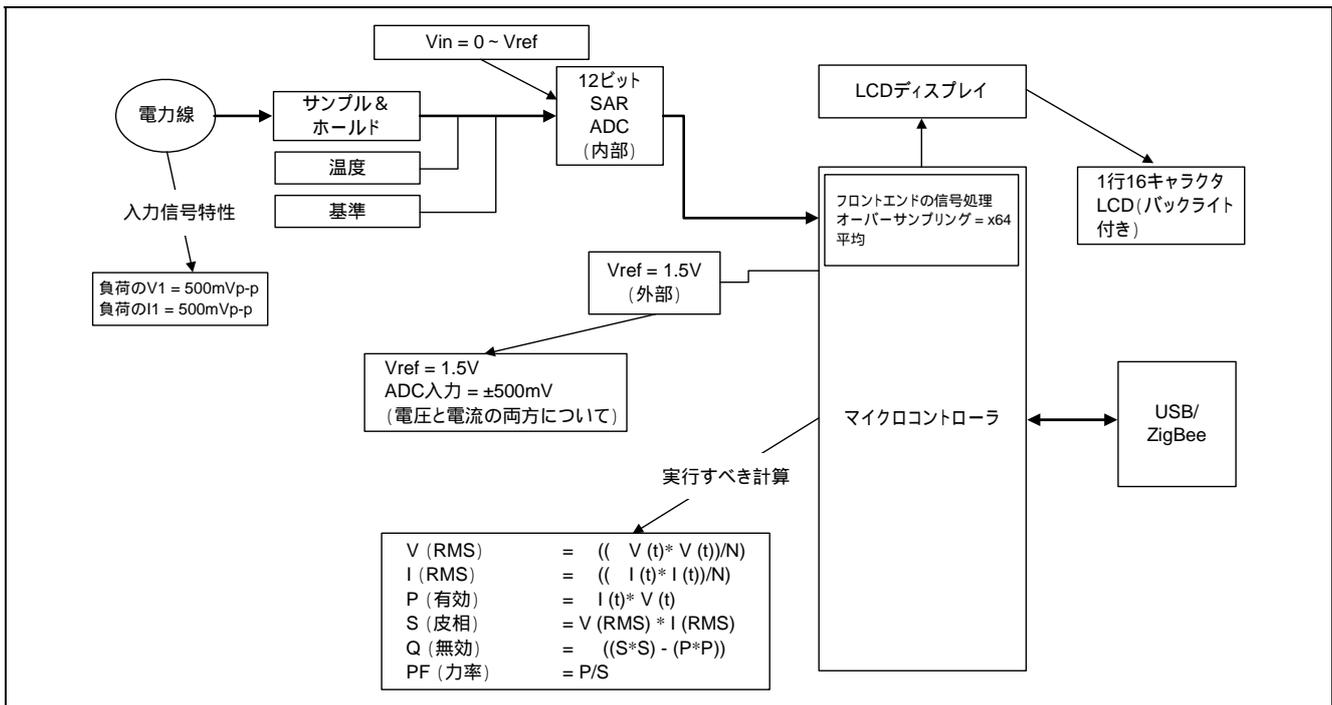


図 2 エネルギーメータの信号のフロー図

信号収集

この設計では、1 つの 12 ビット SAR ADC を使用して電圧と電流の両方の波形をデジタル化しています。電圧と電流を同時にサンプリングして電力を計算する必要があります。これは、ADC 入力にハードウェアのサンプル & ホールド回路があれば実現できます。サンプル & ホールド回路を持たないハードウェアの場合、広帯域シグナリングと呼ばれる信号処理手法を使用すれば同じ結果を得ることができます。この手法では、高スキャンレートにてサンプリングを行い、フィルタリングおよびダウンサンプリング (デシメーション)

して電力計算のサンプリング事例誤差を最小限に抑えています。デシメーションはソフトウェアで行う必要があります。このプロセスでは、最初に電圧と電流のチャンネルごとに FIR フィルタを使用して出力のフィルタリングを実行し、デシメーションを実施しています。全体的な測定精度を向上するために、温度と固定電圧基準を定期的に測定し、温度ドリフトを追跡して必要な修正を行う必要があります。ブロック図は、サンプル&ホールド回路を使用して同時に電圧と電流の値を取得する手法を示しています。

電力の計算

メータのアナログフロントエンドは、線間電圧と負荷電流のみを測定します。エネルギーメータ機能が必要とする必須パラメータはすべて、この 2 つの値を使用して計算されます。計算が必要な重要なパラメータは、RMS 電圧、RMS 電流、有効電力、無効電力、皮相電力、力率、および蓄積 KWH です。これらの値は、一定の測定期間にわたって計算されて平均化されてから表示されます。計算された瞬間エネルギーは累積電力を得るために積分されます。これらの計算は指定した時間内に実施してメモリ使用量を有効に使用する必要があります。またハードウェア FPU と MAC を用いてこの計算を大幅に改善する必要があります。

ユーザインタフェース

エネルギーメータのユーザインタフェースは、LCD ディスプレイといくつかの押しボタンで構成されており、測定して計算するパラメータ値をディスプレイ上で選択します。押しボタンは通常、量産時のメータには不要です。LCD ディスプレイとしては、標準の 1 行または 2 行の LCD セグメントディスプレイまたはユーザが指定するディスプレイ領域とメッセージを備えたカスタム LCD ガラスが可能です。

LCD ディスプレイとは別に、エネルギーメータは、繰り返し周波数が指定のエネルギーパラメータに比例した光パルスを提供する必要があります。パルスの生成には通常、赤色 LED が使用されます。測定と計算のソフトウェアには、正しい繰り返し速度で正確なパルスを生成するために、タイマをプログラミングするモジュールが備わっている必要があります。

通信インタフェース

スマートエネルギーメータには、ハンドヘルドコンピュータと通信するための、またスマートグリッドの一環として中央コンピュータと通信するための通信インタフェースが必要です。スマートグリッドとの通信は通常、ワイヤレスによって実現され、ハンドヘルドリーダーとの通信は RS232/RS485 インタフェースを通じて行われます。

不揮発性記憶装置

メータには、フラッシュデバイスのような不揮発性記憶媒体が必要です。これは、設定、校正データ、およびアーカイブする測定データを記憶して傾向を提供するためです。アーカイブが不要であれば、8x1024 バイトの小さな EEPROM で十分です。データのアーカイブ機能の要件によっては、より大きなサイズのフラッシュデバイスが必要です。

電源

電源は、マイクロコントローラとアナログフロントエンドのハードウェアに必要な電力を供給する必要があります。ほとんどのマイクロコントローラは、3.3V を使用し、またアナログフロントエンドは 3.3V または 5V を使用します。電源は 120~240VAC を利用し、良好な調整機能と低リップルを備えた上記の電圧を生成する必要があります。また、電源は、RS232 を使用してメータに接続された機器を保護するための良好な絶縁性も備えている必要があります。

2. RX200 シリーズについて

RX210 は、外部アナログ入力、内部温度センサ出力、および内部基準電圧を監視するのに適した、最大 16 チャンネルの 12 ビット逐次近似型 ADC を備えています。チャンネルの 3 つには、変換時間が高速 1 μ s の専用サンプル&ホールド回路を備えています。32 ビット x 32 ビット単一サイクル MAC エンジンによってサポートされる、50MHz 動作にて 78DMIPS の性能を備えた RX210 は、多くの電力メータが必要とする検知機能に対処できるだけでなく、計算を集中的に行う計測要件に対応するのにも極めて適しています。

ルネサス独自の低電力で、ウェイトなしの MONOS フラッシュ技術により、RX210 MCU は、遅延なしに、また最小限の消費電力で命令をフェッチすることができます。競合の技術では、読み取りとハードウェアのアクセラレータのために高電圧トランジスタを利用して遅いメモリフラッシュを補償しているため、結果として消費電力が増大し、性能が低下します。RX200 では、2 種類のメモリフラッシュが利用可能です。すなわちアプリケーションコードのためのコードフラッシュと、BGO によるデータフラッシュです。これによって外部の EEPROM の必要性がなくなり、また追加のデータテーブルやシステムデータを保管する必要性もなくなります。BGO(バックグラウンド処理)により、データフラッシュをプログラミングしている間もフラッシュからのコードを実行できるようになります。データフラッシュとコードフラッシュのどちらも 1.62V でプログラミングされるので、最小動作電圧で動作中にバッテリー駆動デバイスでこれらをプログラミングすることが可能です。

RX210 MCU には、製品が安全規格を満たせるようにするための 6 つのモジュール式のハードウェアサブシステムが設けられています。クロック精度制御は、クロック周波数が所定の範囲内にあることをチェックします。発振停止検出は、主クロックが停止した場合にチップのメインクロックを代替クロックソースに切り替えます。データ演算回路は、CPU とは独立して連続的に SRAM 不良試験を実施します。独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) は、信頼性のある内部クロックソースを使用します。ADC には、断線検出と自己診断の機能があります。I/O 端子は出力値をリードバックすることができます。

エネルギーメータのアプリケーションに適した RX210 の主な機能は、次のとおりです。

- 32 ビット RX プロセッサコア：78DMIPS (50MHz 動作時)
- ハードウェア MAC
- ウェイトなしのフラッシュ動作：最大 50MHz
- 8KB データフラッシュ
- 変換時間 1 μ s の内蔵 8 チャンネル 12 ビット ADC
- 3 つの ADC 入力でサンプル&ホールド回路が利用可能
- 完全なカレンダー機能に対応した RTC
- 異常検出により、システムクロックの不良、フラッシュメモリの完全性、および ADC のセルフチェックに対応

RX210 のブロック図を図 3 に示します。

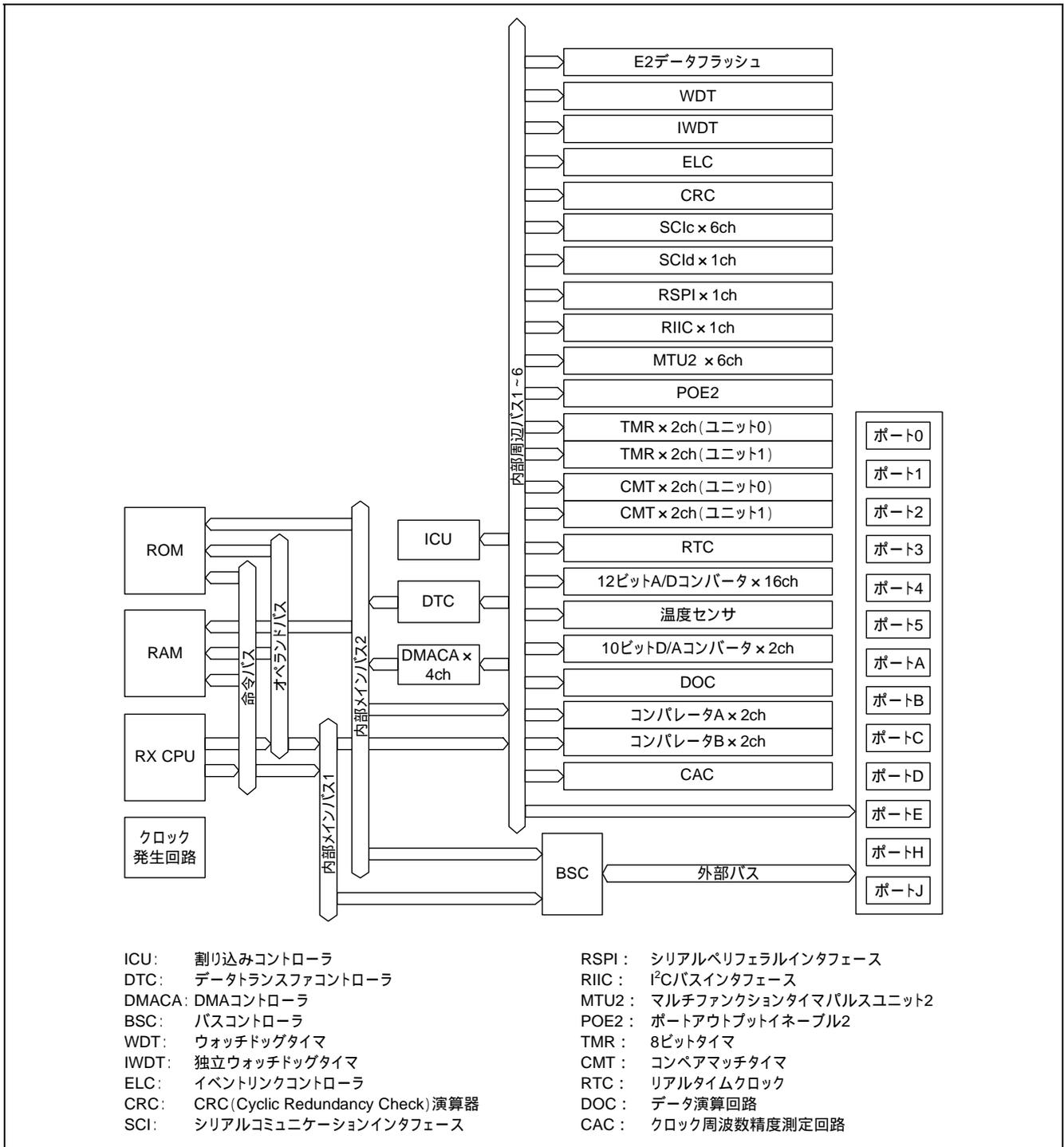


図 3 RX210 のブロック図

3. RX210 を使用したハードウェアリファレンス設計

RX210 を使用したエネルギーメータのリファレンス設計を図 4 に、要件のマッピングを表 1 に示します。必要な機能の多くは RX210 マイクロコントローラに内蔵されていることが分かります。

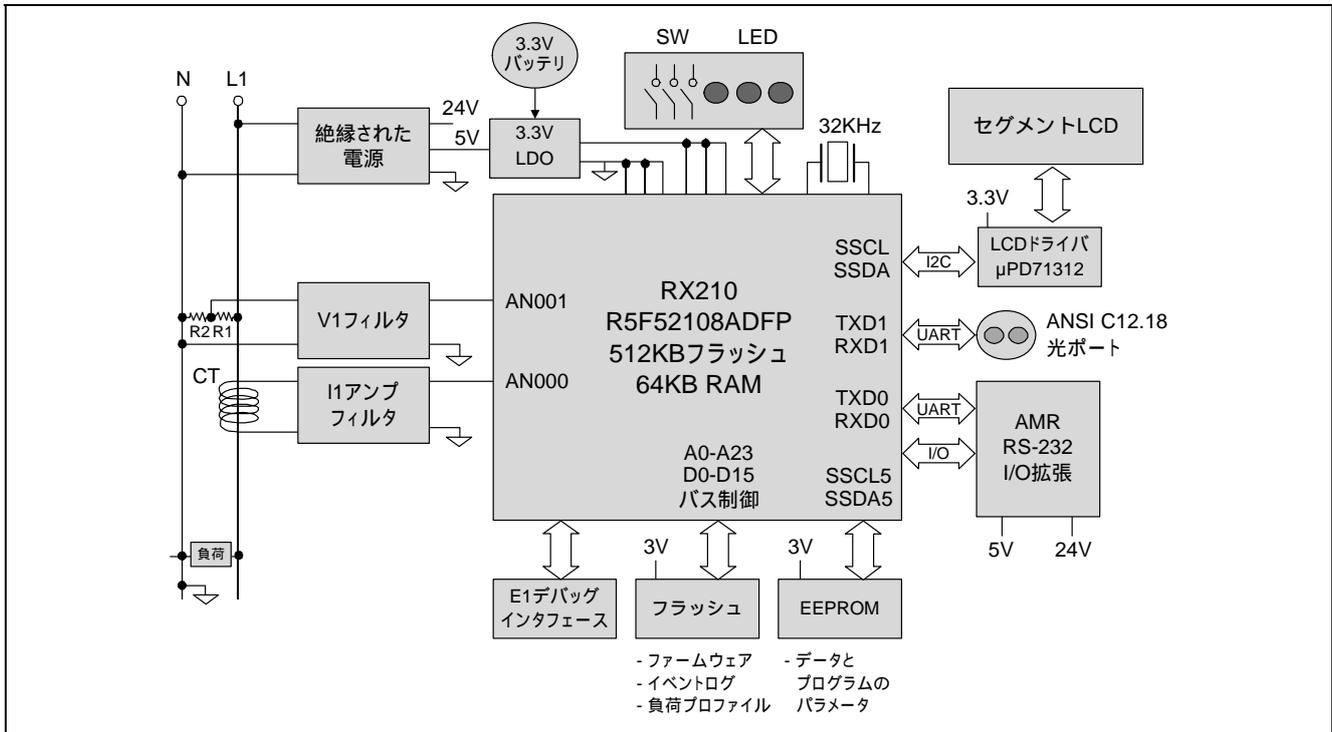


図 4 RX210 を使用したエネルギーメータのリファレンス設計

表 1 エネルギーメータの要件マッピング

主要な要件	RX210	外部
LCD ディスプレイ	I2C	LCD ドライバ μPD71312
キーパッド	GPIO	
接続性	SPI	USB Zig-Bee
ADC	8 チャンネル 12 ビット SAR (3 チャンネルにサンプル&ホールド付き)	
電圧基準	診断のための内部電圧基準	正確さのために外部基準が必要
不揮発記憶装置	8KB データフラッシュ	I2C を使用するより小さな EEPROM
信号処理	ハードウェア MAC により信号処理アルゴリズムの実装を支援	
電源	3.3V	24V、5V

リファレンス設計のさまざまなハードウェアブロックを以下に示します。

プロセッサ

リファレンス設計は、32 ビット RX プロセッサコアを内蔵した RX210 マイクロコントローラを使用しています。リファレンス設計は、50MHz 動作時に 78DMIPS の性能があり、ウェイトなしのプログラムフラッシュを備えています。RX210 はオンチップのハードウェア MAC を搭載しており、信号処理タスクに大いに役立ちます。また 128~512K バイトのプログラムフラッシュおよび 20~64K バイトの RAM をサポートしていま

す。RX210 は、システムクロックの不良、フラッシュメモリの完全性、および ADC のセルフチェックに対応するため異常検出などの機能をサポートしており、メータの信頼性を大幅に向上しています。

測定のインタフェース

リファレンス設計は、エネルギー測定のための単相 2 線のシステムをサポートしており、電圧と電流の 2 つの信号を同時にサンプリングすることが必要となります。RX210 に組み込まれた 8 チャンルの ADC および 3 つのチャンネル上のサンプル&ホールド回路によってこの機能を実現しています。図 5 は、電力測定に使用するアナログフロントエンド回路を示しています。この回路は、線間電圧と負荷電流を ADC によってデジタル化できる低レベルの電圧信号に変換します。R1、R2、R3、および R4 で構成される抵抗分割器を使用して線間電圧をピークツピークが 500mV 未満の信号に低減しています。この電圧信号は、ローパスフィルタ (R5 と C1) によってフィルタリングされ、AC 結合された後、DC オフセットが追加され、ADC 測定範囲内の信号になります。オフセット値は、ADC が使用する V_{ref} の半分に等しい値です。変流器 (CT1) と負担抵抗器 (R8) を使用して高負荷電流を電圧信号に変換します。負荷電流の変動を正確に測定するために必要なダイナミックレンジを達成するには、プログラマブルゲインアンプを使用して信号を増幅します。PGA は、SPI ポートを使用してプログラム可能です。そのゲインは、1、2、5、10、20、50、100、または 200 (1:200 のダイナミックレンジが得られる) のいずれも設定可能です。PGA の基準入力は、ADC が使用する V_{ref} の半分の値に設定されます。これによって、出力信号は RX210 の ADC 入力に適合するようになります。また、信号はローパスフィルタを通過してから、ADC チャンネル 00 に結合されます。RX210 の ADC チャンネル 00 と 01 にはサンプル&ホールド回路が備わり、信号の同時サンプリングが可能です。さらに、RX210 には内部電圧基準と温度センサが設けられています。これらを定期的に監視することで校正と温度ドリフトの補償が可能となり、精度を向上することができます。

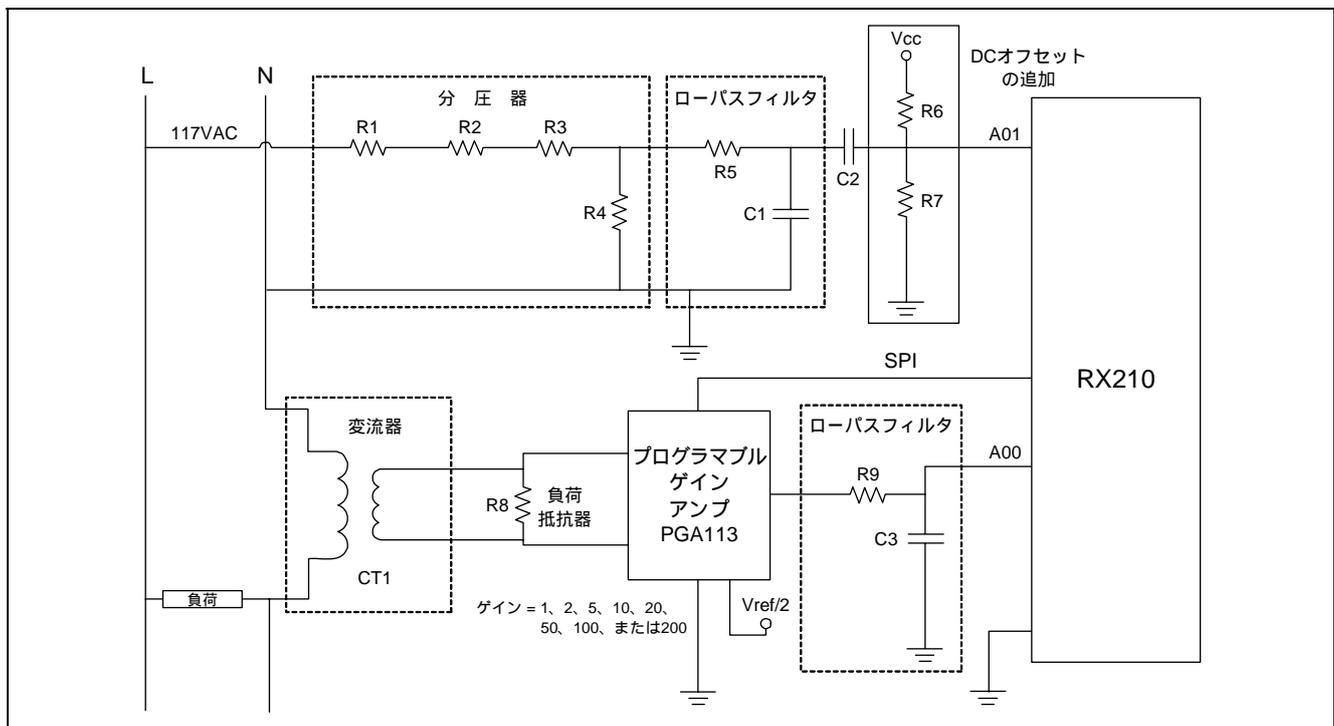


図 5 RX210 を用いたエネルギーメータのアナログフロントエンド

線間電圧を測定するための分圧器は、117VAC よりも 15% 以上大きい高線間電圧が 500mV のピークツピーク信号を生成するように計算します。使用する変流器の最大定格は 10A RMS であり、R8 は、変流器メーカーのデータシートから計算します。オーバーサンプリングと平均化を使用することで ADC の分解能はさらに向上し、ノイズが低減されます。

以下は、RX210 を用いたメータの電圧値と電流値の 1 セットを取り込むために必要な時間を推定しています。

$$\text{総時間} = t_{SH} + (t_{DIS} \times n) + (t_{CONV} \times n) + t_{SHED}$$

単相メータの場合

$$t_{SH} (\text{チャンネル専用サンプル\&ホールド回路サンプリング時間}) = 30\text{ADCLK サイクル}$$

t_{DIS} (断線検出アシスト処理時間)	= 0
t_{CONV} (A/D 変換処理時間)	= 50 ADCLK サイクル
t_{SHED} (チャンネル専用サンプル & ホールド回路終了処理時間)	= 2 ADCLK サイクル
n (電圧と電流)	= 2

総時間 = $30+100+2 = 132$ ADCLK = $2.64\mu\text{S}$ @ ADCLK = 50MHz

結果として、有効サンプリングレートは 378KSPS になります。

上の計算は、連続スキャンの場合の値であり、初期時間や診断と温度のスキャンは含まれていません。実際には、診断と温度のスキャンを含めて 256KSPS で達成可能です。

最大で第 19 高調波まで測定するためには、50Hz AC の信号に対して 2KHz のナイキスト周波数が必要です。仕様を修正して信号の帯域幅を 500Hz に制限した場合、ナイキスト周波数は 1KHz に低減することができます。x256 のオーバーサンプリングに対するサンプリングレートは 256KSPS であり、1 つのサンプルを取得するのに $3.9\mu\text{S}$ の時間が与えられます。オーバーサンプリングと平均化についての係数が 256 の場合、4 ビットの改善を達成できます。このソリューションにより最大でほぼ 16 ビットが得られ、エネルギーメータに必要な精度とダイナミックレンジを得るために必要な ENOB を達成できます。これにより、メータは最大で第 10 高調波までのエネルギーを取り込むことができます。全体として、フロントエンド PGA、ADC の前のローパスフィルタ、およびデシメーションフィルタでオーバーサンプリングされる ADC で構成されるシステムは、必要なダイナミックレンジ 1:100 よりも優れたレンジを備えています。また、500Hz でカットオフされる 256 タップの FIR ローパスデシメーションフィルタを使用することでノイズは最小限に抑えられています。この設計における唯一の制限は、最大で第 19 高調波までのエネルギーを測定することはできないが、50Hz AC 信号の第 10 高調波までは測定できるということです。

電圧基準

RX210 は、ADC 用に内部基準電圧を備えていますが、これは校正用にものみ使用されます。

ADC 演算用にシャントレギュレータ (TL431) を使用した外部基準が設けられています。シャントレギュレータを使用して最初に基準電圧の 2.5V、次に 1.25V が生成されます。これにより、ADC は最大 1V のピークピーク信号を測定できるようになります。

LCD ディスプレイ

RX210 には、オンチップの LCD ドライバやコントローラはありません。設計では、 $\mu\text{PD71312}$ LCD ドライバを使用して LCD ディスプレイへのインタフェースを設けています。RX210 は、I2C バスを使用して LCD ドライバと通信します。 $\mu\text{PD71312}$ は、RX210 のタイマが生成する 400KHz クロックを必要とします。LCD のリセット機能は、GPIO 端子を使用することで提供されます。単線 LCD ディスプレイは、計算した値を表示するために LCD ドライバに接続されます。

キーパッド

キーパッドは実際には、個別の瞬時押しボタンスイッチで構成されています。これらは、異なる GPIO 端子に接続され、キーが押されたときに割り込みを生成するように設定されています。キーが押されたとき、処理ソフトウェアに提示する前にキーのデバウンスを行う必要があります。これは、ソフトウェアの割り込みサービスルーチンで実現できます。

不揮発性メモリ

RX210 には、データを保管するための 8K バイトのフラッシュメモリ (E2 データフラッシュ) が搭載されています。また、フラッシュに保管されたデータをソフトウェア制御によって保護することができます。データは、2 バイトまたは 8 バイト単位でプログラムできます。消去は 128 バイト単位で実施できます。RX210 にはデータフラッシュにアクセスするためのソフトウェアライブラリがあり、これをファームウェアに組み込むことで、設定、校正、およびアーカイブデータの管理を実現することができます。

電源

メータには、線間電圧によって電力を供給する必要があります。コンピュータなどの他の機器をメータに接続するためには、電源線から絶縁することが必要になります。電源は、RX210 マイクロコントローラが必要とする 3.3V を生成する必要があります。単純なトランスレス電源を使用することができ、シリアルコミュニケーションインタフェース上で光カプラを使用して絶縁を実現することができます。この設計は、コスト効率に優れ、目的に適しています。

4. ソフトウェアのリファレンス設計

エネルギーメータのソフトウェアアーキテクチャを図 6 に示します。アーキテクチャは、RX210 マイクロコントローラへの実装に適したものです。信号収集モジュールは、フロントエンドのハードウェアによって異なります。

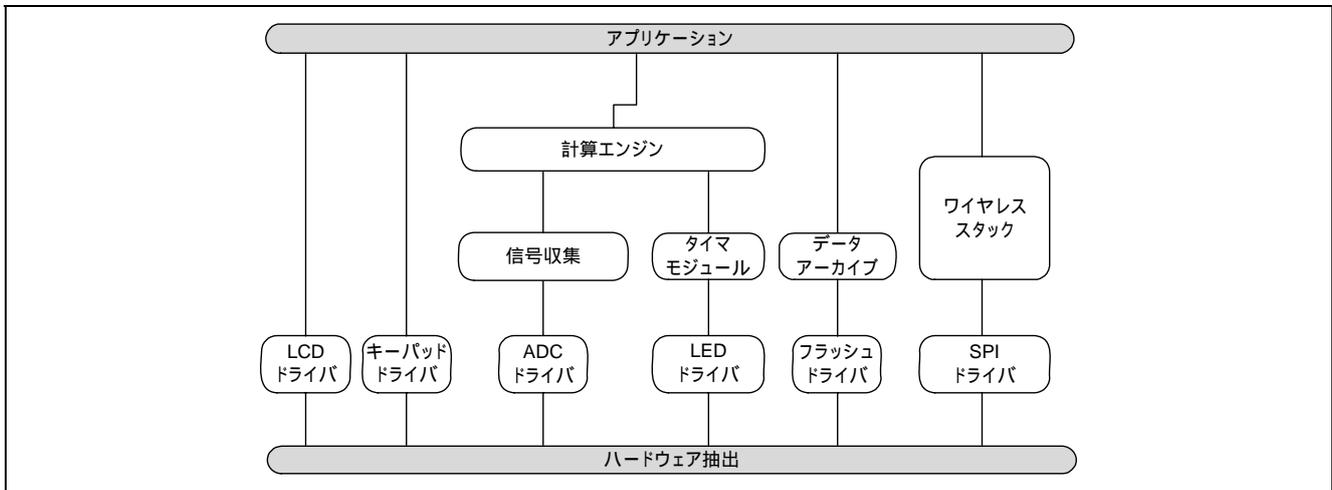


図 6 エネルギーメータのソフトウェアアーキテクチャ

低レベルドライバルーチン

これらは、メータハードウェアのハードウェア抽出層を提供するルーチンです。

ADC ドライバ

ADC ドライバにより、サンプル&ホールド回路、ADC チャンネルのスキャン、メモリバッファへの ADC データの転送など、アナログフロントエンドの設定を完全に制御することができます。また、これにより、内部温度センサと内部電圧基準に対して異なるスキャンレートを設定することもできます。

LCD ディスプレイドライバ

ディスプレイドライバでは、表示するデータは LCD データバッファに転送され、次に LCD 関数がディスプレイデータを処理して該当する LCD セグメントに割り当てます。このプロセスには、LCD_string()、LCD_putc()、および LCD_MultSegWrite() など、最上位レベルから最下位レベルまでの関数が含まれています。残りの下位レベルの関数は、LCD ドライバデバイス μ PD71312 への I2C コミュニケーションインタフェース関数です。

キーボードドライバ

キースイッチは、押されたときに割り込みが生成されるように設定されています。そのステータスは、必要なデバウンス処理の後、キーボードドライバによって取り込まれ、押されたキーに対応するアクションが実施されるまで保持されます。ドライバは、上記の機能に必要なすべてのルーチンを提供します。

LED ドライバ

このドライバは、GPIO ラインを通じてオンボードの LED を制御するためのハードウェア抽出層を提供します。

フラッシュドライバ

RX210 にはオンボードのデータフラッシュが搭載されており、これを不揮発性媒体として使用して、設定や校正データを保管しています。また、これをデータのアーカイブに使用することもでき、データの傾向を提示することができます。このドライバは、データフラッシュを使用するための初期化、設定、読み取り、書き込み、消去のすべてのルーチンを提供しています。

SPI ドライバ

RX210 は、シリアル通信用の高速 SPI ポートを装備しています。これらのポートは、外部ハードウェアを使用して、メータに対してワイヤレスまたは RS232/RS485 の通信機能をサポートするために使用されます。SPI ドライバは、データ転送やポートを使用した送信と受信のデータの設定に必要なすべてのルーチンを提供

します。ワイヤレススタックなどのミドルウェアは、このハードウェア抽出層を使用して外部のハードウェアと通信します。

ミドルウェア

これらは、エネルギーメータのアプリケーションにおける処理や数値演算の多くを提供するソフトウェアモジュールです。

信号収集

信号収集モジュールは、デジタル化した電圧と電流の値をメモリバッファに取り込んで必要な処理を実施してからデータを計算エンジンに渡します。ENOB を改善するため、信号はオーバーサンプリングされ、モジュール内に取り込まれたデータに対して平均化を実施しています。さらに、入力信号の DC 値を取り除くために簡単なフィルタリングが行われます。

計算エンジン

計算エンジンは、エネルギーメータの中核であり、RMS 計算、瞬時電力の計算、および累積電力とエネルギーの計算を実施します。このモジュールは、必要な結果を得るために、浮動小数点や信号処理アルゴリズムを使用する場合があります。

タイマモジュール

このモジュールは、繰り返しレートが測定対象の負荷エネルギーに比例した正確なパルスを生成し、計算エンジンから入力を取り出します。また LED ドライバを使用してオンボード LED を制御して光パルスを生成します。

データアーカイブ

エネルギー消費は、1 年の時期や 1 日の時刻によって変動します。測定したエネルギーデータを定期的に保存して後で分析のために取り出すことができれば、エネルギー保存プログラムを考案することができます。データアーカイブモジュールは、オンボードのデータフラッシュにデータを保存することでこのような機能を提供します。また、アーカイブデータにアクセスするためのルーチンも提供します

メインアプリケーションプログラム

メインアプリケーションプログラムは、すべてのドライバとミドルウェアを使用し、スマートエネルギーメータの基本的な機能を提供します。

アプリケーションに含まれるソフトウェアの一部を以下に示します。

- メータ初期化のコード。システムの初期化が含まれており、main() プログラムが開始する前に呼び出されます。
- メインプログラムループ。インタフェースデバイスを初期化し、一定間隔で値を表示します。
- アナログフロントエンドデバイスが電圧と電流の値を取り込むための ADC ドライバサブルーチンの呼び出し
- 値を表示するための LCD ディスプレイドライバサブルーチンの呼び出し
- 設定、校正、および測定データを保存または取り出すためのデータアーカイブモジュールルーチンの呼び出し
- スマート電力メータの基本アプリケーションのためのその他のサブルーチンの呼び出し

ソフトウェアの概要を示すフローチャートを図 7、図 8、図 9、図 10 および図 11 に示します。

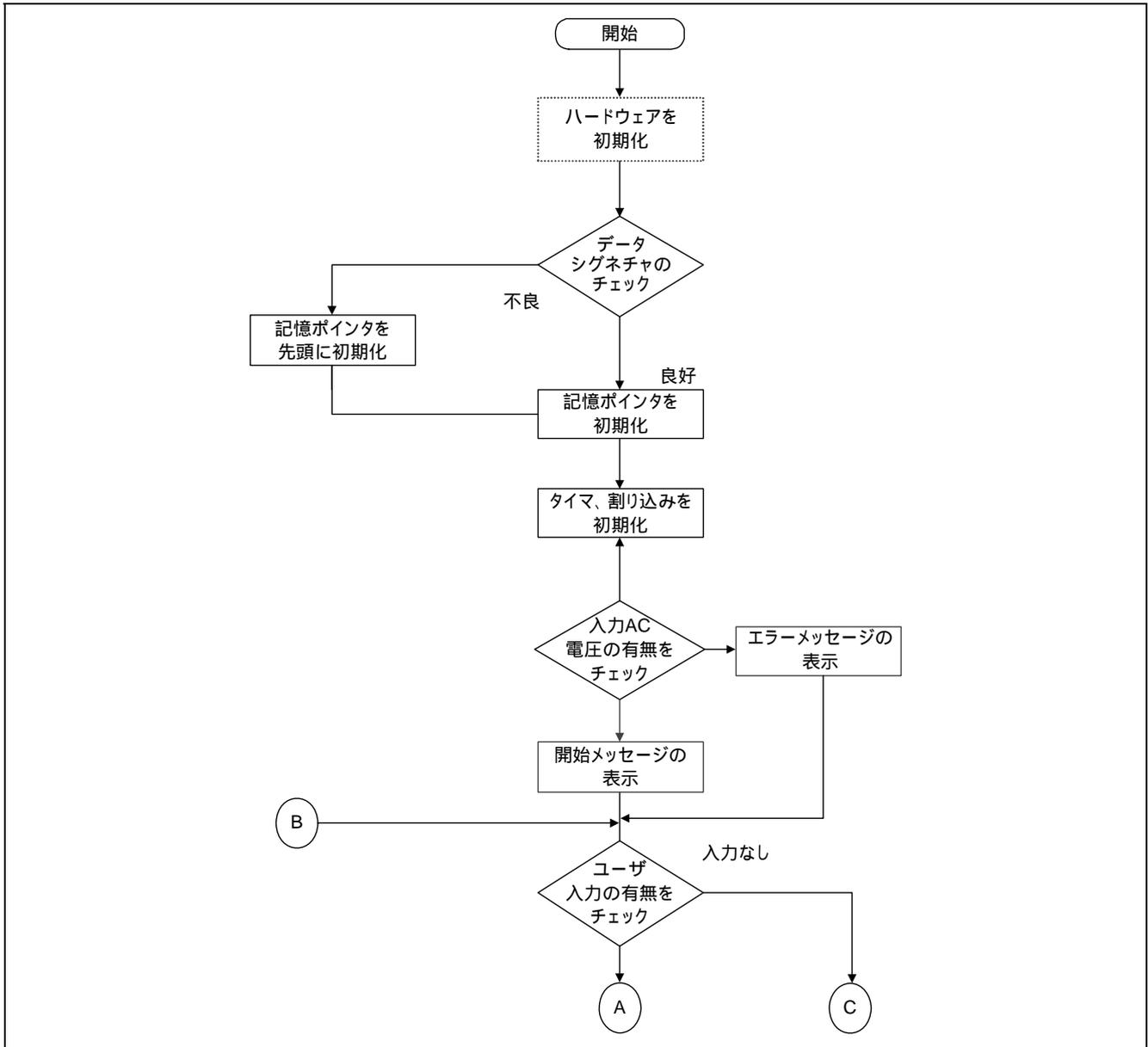


図 7 メータ初期化のフローチャート

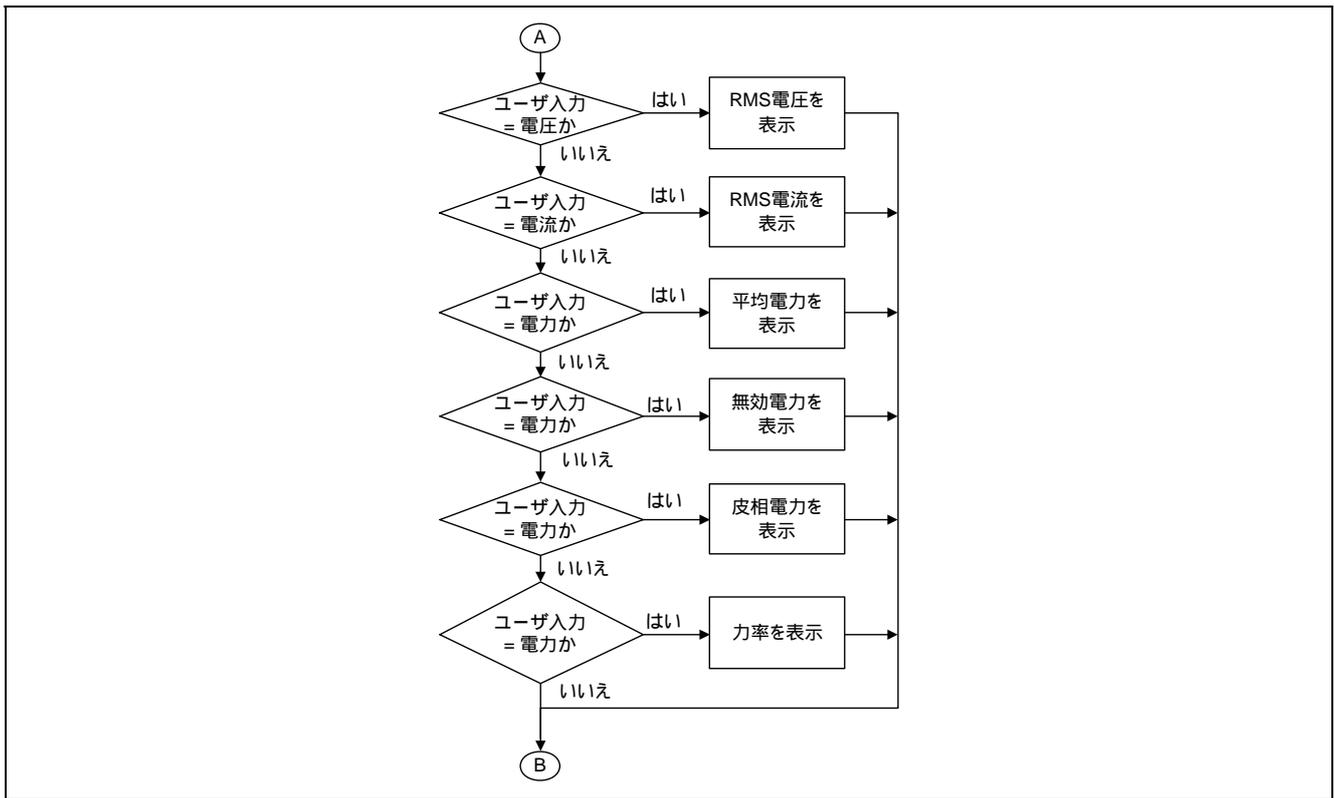


図 8 キー押下処理のフローチャート

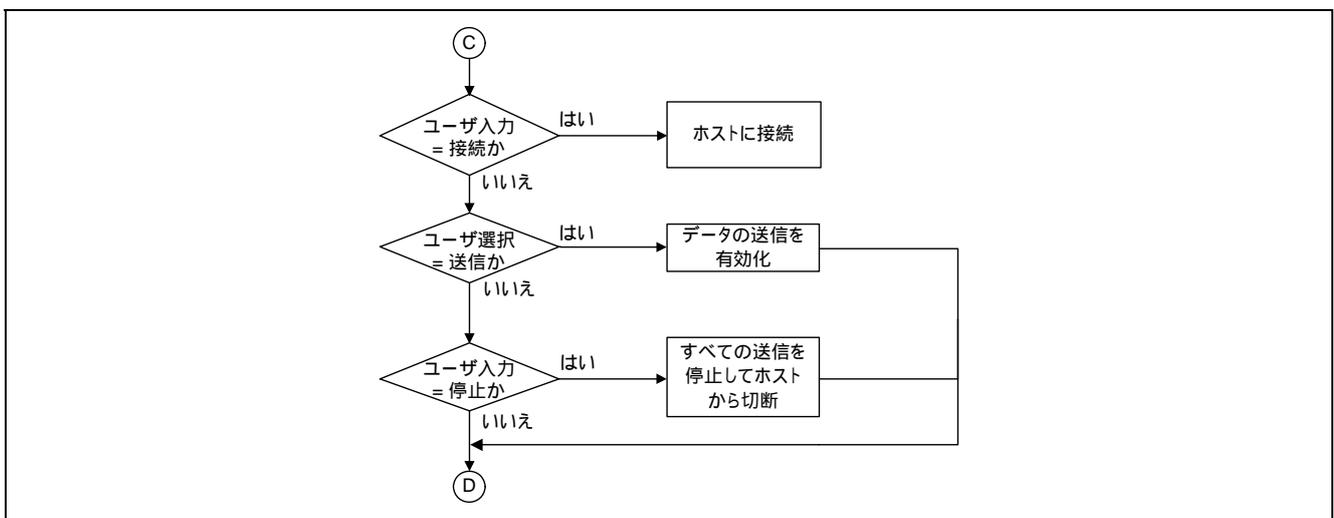


図 9 通信ソフトウェアのフローチャート

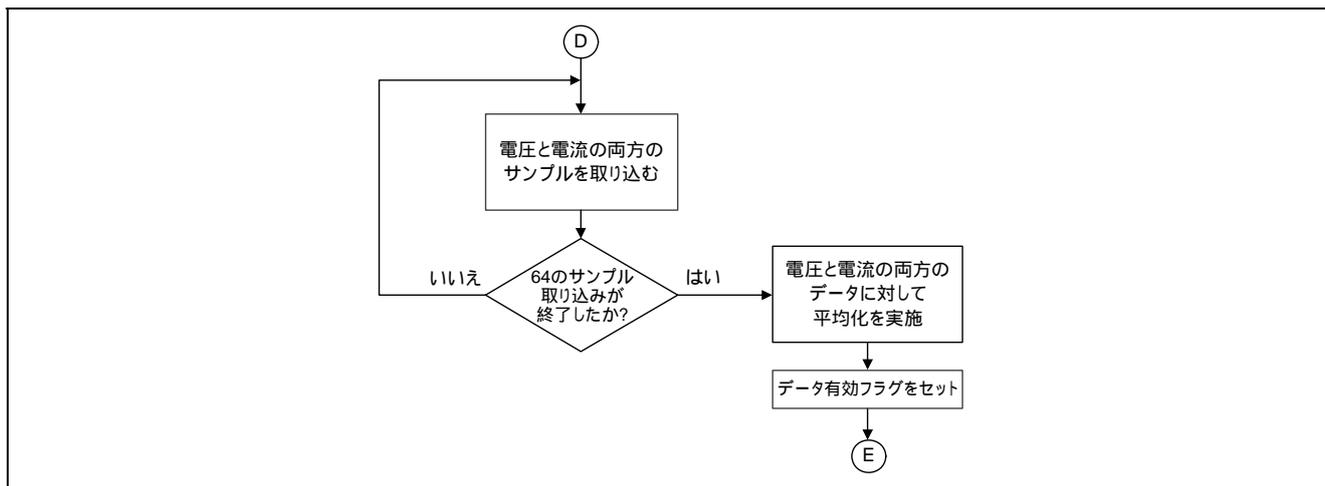


図 10 フロントエンド信号処理のフローチャート

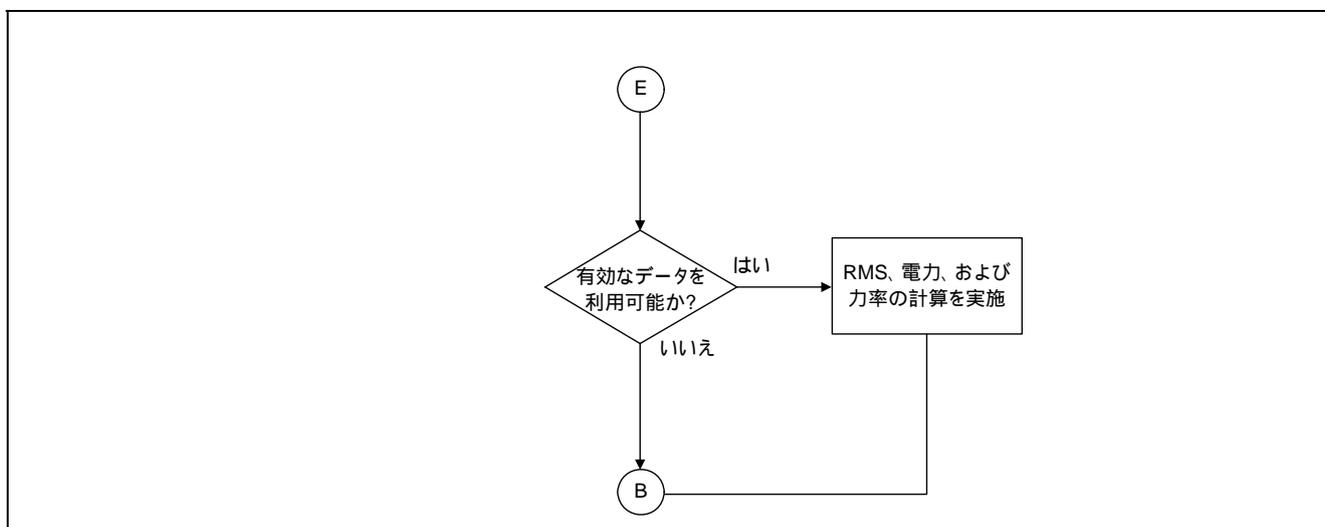


図 11 計算ソフトウェアのフローチャート

5. References

1. Renesas Electronics, RX210 Group User's Manual: Hardware
2. Renesas Electronics, R01DS0041EJ0090 - RX210 Group Preliminary Data sheet
3. Collins, A., Solid state solutions for electricity metrology, Metering and Tariffs for Energy Supply, Ninth International Conference on (Conf. Publ. No. 462), Aug 1999.
4. Walt Kester, Understand SINAD, ENOB, SNR, THD, THD + N, and SFDR so You Don't Get Lost in the Noise Floor, MT-003 Rev A, 10/08, WK, Analog Devices Inc.
5. Walt Kester, ADC Input Noise: The Good, The Bad, and The Ugly. Is No Noise Good Noise?, Analog Dialogue 40-02, February (2006)

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	2012.11.09	—	初版発行
1.01	2013.02.08	1、5	1 ページの「RX210 シリーズ」を「RX210 グループ」に変更。 1 ページ、5 ページの「RX200 ファミリー」を「RX200 シリーズ」に変更。

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）がありません。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。型名が異なる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

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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い合わせください。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。
- 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事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。
- 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、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
- 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・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/contact/>