

RX23E-A グループ

チャンネル間絶縁アナログ計測システム

要旨

本書では、チャンネル間絶縁されたルネサスマイクロコントローラ RX23E-A を 4 つ搭載した、温度または電圧を同期計測するシステムについて説明します。

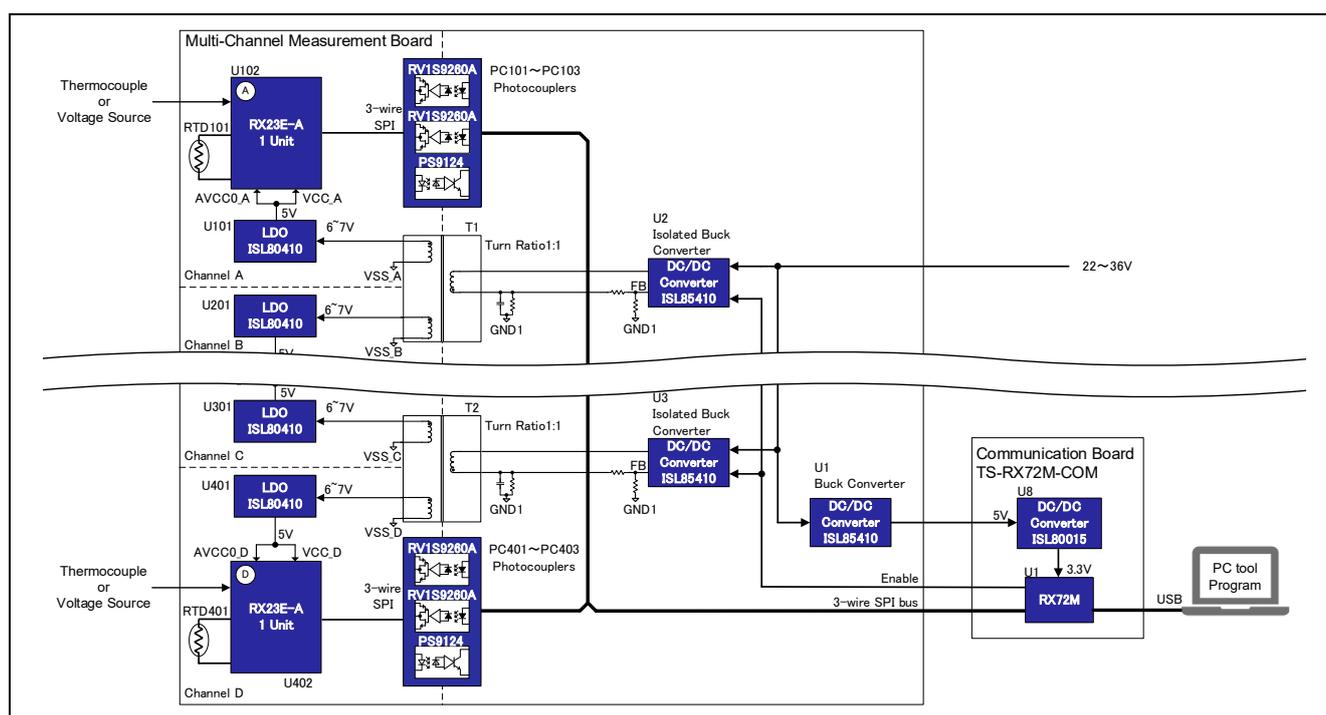
各ユニットに配置した RX23E-A は、熱電対と測温抵抗体出力電圧、または端子入力電圧を、内蔵の 24 ビット Δ - Σ A/D コンバータ (DSAD) で約 1ms 周期で取得し、フィルタ処理と、温度または電圧への変換を行います。

上位 MCU である RX72M は、各ユニットで計測した温度または電圧を 10ms 周期で取得し、USB を介して PC へ送信します。これにより、約 1msec の誤差で 4 チャンネル同期計測を実現しています。

4 つの RX23E-A と RX72M との通信は 1 系統の 3 線式シリアル通信を使用し、ユニットアドレス指定の個別通信と、一斉通信を行っています。チップセレクトを使用する 4 線式 SPI 通信と比べてアイソレータの削減が可能です。

ターゲットアプリケーション

- アナログ入力モジュール
- 温度調節計
- 記録計



チャンネル間絶縁アナログ計測システムブロック図

動作確認デバイス

RX23E-A (R5F523E6SDNF)

RX72M (R5F572MNDDBD)

目次

1. 概要	4
1.1 機能・仕様	4
1.2 当社製品のご紹介	5
2. 関連ドキュメント	6
3. 動作確認環境	7
4. システム構成	8
5. ハードウェア構成	10
5.1 通信ボード	10
5.2 マルチチャンネル計測ボード	10
5.2.1 回路説明	10
6. 計測処理	14
6.1 温度計測	14
6.1.1 熱電対・RTDのA/D変換	14
6.1.2 フィルタ処理	15
6.1.2.1 移動平均フィルタ	16
6.1.2.2 バンドエリミネートフィルタとローパスフィルタ	16
6.1.3 温度算出	17
6.2 電圧計測	17
6.2.1 入力電圧のA/D変換	17
6.2.2 移動平均フィルタ	18
6.2.3 電圧算出	18
7. サンプルプログラム	19
7.1 通信仕様	19
7.1.1 ホスト-計測ユニット間通信	19
7.1.1.1 SPI通信仕様	19
7.1.1.2 通信シーケンス	20
7.1.1.3 パケット構成	21
7.1.1.4 コマンド	22
7.1.2 ホスト-PC ツール間通信	23
7.2 計測処理 (RX23E-A)	24
7.2.1 動作概要	24
7.2.2 使用する周辺機能と端子一覧	26
7.2.2.1 AFE・DSAD0	27
7.2.2.2 RSP10・DMAC0・DMAC1・P17	29
7.2.2.3 P30・P31	31
7.2.3 通信処理	32
7.2.4 プログラム構成	34
7.2.4.1 ファイル構成	34
7.2.4.2 マクロ定義	35

7.2.4.3	構造体および共用体	36
7.2.4.4	関数一覧	37
7.3	ホスト処理 (RX72M)	41
7.3.1	動作概要	41
7.3.2	使用する周辺機能と端子一覧	43
7.3.2.1	SCI8	44
7.3.2.2	SCI6・DMAC0・DMAC3・CMT0	45
7.3.2.3	CMT1	46
7.3.2.4	P71	47
7.3.3	計測ユニット通信処理	48
7.3.4	PC ツール通信処理	49
7.3.5	プログラム構成	51
7.3.5.1	ファイル構成	51
7.3.5.2	マクロ定義	51
7.3.5.3	構造体および共用体	52
7.3.5.4	関数一覧	53
8.	プロジェクトをインポートする方法	57
8.1	e ² studio での手順	57
8.2	CS+での手順	58
9.	サンプルプログラムを使用した動作結果	59
9.1	使用メモリと実行サイクル数	59
9.1.1	計測処理 (RX23E-A)	59
9.1.1.1	ビルド条件	59
9.1.1.2	使用メモリ	59
9.1.1.3	実行サイクル数	59
9.1.2	ホスト処理 (RX72M)	60
9.1.2.1	ビルド条件	60
9.1.2.2	使用メモリ	60
9.1.2.3	実行サイクル数	60
9.2	動作例	61
9.2.1	マルチチャンネル計測	61
9.2.2	応答特性	63
Appendix 1	マルチチャンネルボード部品表	64
Appendix 2	マルチチャンネルボード回路図	65
Appendix 3	マルチチャンネルボードパターン図	68
改訂記録	74

1. 概要

チャンネル間絶縁アナログ計測システムは、4ch の計測ユニットを持つマルチチャンネル計測ボードと、各計測ユニットの制御と計測結果の取得を行う通信ボードで構成します。

各計測ユニットでは RX23E-A が計測処理を行い、通信ボードでは RX72M がホスト処理を行います。

1.1 機能・仕様

表 1-1 チャンネル間絶縁アナログ計測システム仕様

項目		仕様	備考	
動作電圧		22~36 [V]	typ.24 [V]	
絶縁耐電圧	1 次側対 2 次側	1500 [VAC]	設計値	
計測結果取得	周期	10.0 [ms]		
	最大チャンネル間誤差	1.0 [ms]		
計測 ユニット	絶縁計測チャンネル数		4	
	消費電力		150 [mW/ch]	
	電圧計測	絶対入力電圧範囲	AVSS0 ~ AVCC0	AVSS0 =0 [V] AVCC0 =5 [V] VREF =2.5 [V]
		差動入力電圧範囲	±VREF	VREF =2.5 [V]
	温度計測	計測範囲	-75 ~ 251 [°C]	
		センサ	K-Type 熱電対	
		基準接点補償温度計測	RTD (pt100)	
	サンプリング周期		1.024 [ms/ch]	
ステップ応答時間		70 [ms]	63.2%整定時間	
動作周囲温度		-40 ~ 85 [°C]	設計値	

1.2 当社製品のご紹介

本システムで使用している当社製品一覧を表 1-2 に示します。

表 1-2 本システムで使用している当社製品一覧

部品型名	部品名称	搭載ボード	搭載数量
RX23E-A (R5F523E6SDNF)	MCU (1unit DSAD)	マルチチャンネル計測ボード	4
ISL85410	DC/DC コンバータ	マルチチャンネル計測ボード	3
ISL80410	LDO	マルチチャンネル計測ボード	4
RV1S9260A	フォトカプラ	マルチチャンネル計測ボード	8
PS9124	フォトカプラ	マルチチャンネル計測ボード	4
RX72M (R5F572MNDDBD)	MCU	通信ボード	1
ISL80015	DC/DC コンバータ	通信ボード	1
ISL32740E	RS-485 ドライバ	通信ボード	1

(1) RX23E-A

表 1-3 に本システムで使用している RX23E-A の仕様概略を示します。

RX23E-A は高精度計測が可能な、低ノイズの 24 ビット Δ - Σ A/D コンバータ (DSAD) を搭載しています。DSAD にはプログラマブルゲイン計装アンプ (PGA) が搭載されており、ゲインを x1、x2、x4、x8、x16、x32、x64、x128 から選択することができます。また、熱電対、測温抵抗体、ひずみゲージなどのセンサ計測に適したアナログフロントエンド (AFE) 回路を搭載しており、AFE 内蔵のアナログマルチプレクサ (AMUX) の切り替えで、最大 6ch の計測を行うことが可能です。また、逐次比較型の 12 ビット A/D コンバータ (S12AD) を搭載しています。

本システムでは各計測ユニットのマイコンおよび AFE として動作し、電圧または温度計測結果を SPI 通信で RX72M に送信します。

RX23E-A についての詳細は「RX23E-A グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」を参照ください。

表 1-3 RX23E-A の仕様概略

項目	内容
製品グループ	RX23E-A
型名	R5F523E6SDNF (1unit DSAD)
CPU 最大動作周波数	32MHz
ビット数	32bit
パッケージ/ピン数	HWQFN / 40 ピン
ROM	256K バイト
RAM	32K バイト
動作温度範囲	-40°C ~ +85°C
保存温度範囲	-55°C ~ +125°C

(2) ISL85410

ISL85410 は入力電圧範囲 3V~40V の 1A 同期整流型降圧レギュレータです。扱いが簡単で、高効率で、少ない部品点数で電源を構成することが可能で、様々なアプリケーションに適しています。

本システムではトランスと組み合わせて絶縁電源を構成し、1 構成ごとにマルチチャンネル計測ボードの 2 台の RX23E-A に絶縁された電源を供給しています。また、非絶縁電源として通信ボードに 5V の電源供給を行っています。

(3) ISL80410

ISL80410 は 6V~40V の広入力電圧範囲、2.5V~12V の可変出力電圧、無負荷時消費電流 18uA の低ノイズ LDO です。

本システムでは RX23E-A へ 5V の電源供給を行っています。

(4) RV1S9260A

RV1S9260A は、入力側に AlGaAs 発光ダイオードを使用し、出力側に CMOS 出力 IC を用いた高速フォトカプラです。高耐ノイズ（高 CMR）のほか、高温対応（Ta=125°C）、低入力電流、3.3/5V 駆動を可能にしており、高速 ロジック・インタフェース回路に最適です。

本システムでは RX72M と RX23E-A 間の SPI 通信信号（SCK、MOSI）の絶縁のために使用しています。

(5) PS9124

PS9124 は、入力側に AlGaAs 発光ダイオードを使用し、出力側にフォトダイオードと信号処理回路を同一チップ上に構成した受光 IC を用いたオープン・コレクタ出力の高速フォトカプラです。

本システムでは RX72M と RX23E-A 間の SPI 通信信号（MISO）の絶縁のために使用しています。オープン・コレクタ出力のため、応答していない RX23E-A の出力が High または Hi-Z の時に Hi-Z となるため、MISO の通信ラインを占有することなく、バスとして通信させることが可能になります。

(6) RX72M

RX72M グループマイコンは、RX の第 3 世代の CPU コア「RXv3 コア」を搭載した 240MHz 動作するハイパフォーマンスな製品です。倍精度浮動小数点処理命令により処理能力が大きく向上します。EtherCAT® スレーブコントローラを搭載し、従来専用コントローラを必要としたシステム構成を 1 チップで実現し、部品点数の削減や省スペース化に貢献します。

本システムではホストマイコンとしてマルチチャンネル計測ボードの 4 つの RX23E-A の制御を行い、計測結果を USB 通信で PC へ送信します。計測結果は RSSKRX23E-A の PC ツールプログラムで取得することができます。

(7) ISL80015

ISL80015 は高効率のモノリシック同期整流型降圧 DC/DC コンバータで、2.7~5.5V の入力電源によって最大 1.5A の連続出力電流を供給できます。

本システムでは RX72M 用の電源として、3.3V を供給しています。

2. 関連ドキュメント

- R01UH0801 RX23E-A グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編
- R20UT4542 RSSKRX23E-A ユーザーズマニュアル
- R20AN0540 アプリケーションノート RSSKRX23E-A PC ツールプログラム操作マニュアル
- R01AN4747 アプリケーションノート RX23E-A グループ 熱電対を使用した温度計測例
- R01AN4799 アプリケーションノート RX23E-A グループ AFE・DSAD の使い方
- R01AN4661 アプリケーションノート RX72M グループ 通信ボード ハードウェアマニュアル
「R01AN4882 アプリケーションノート RX72M グループ 通信ボードサンプルプログラムパッケージ」
に同梱
- R01AN4359 アプリケーションノート RX ファミリー RX DSP ライブラリ Version 5.0

3. 動作確認環境

各計測ユニットとホストの動作確認環境をそれぞれ表 3-1、表 3-2 に示します。

表 3-1 計測ユニット動作確認環境

項目	内容
ボード	マルチチャンネル計測ボード (MULT-RX23E-A-1U-A)
MCU	RX23E-A (R5F523E6SDNF) 電源電圧(VCC, AVCC0) : 5V 動作周波数(ICLK) : 32MHz 周辺動作周波数(PCLKB) : 32MHz (DSAD0、RSPI) DSAD 動作周波数(f _{DR}) : 4MHz DSAD モジュレータクロック周波数(f _{MOD}) : 0.5MHz
熱電対	K-Type
IDE	Renesas e ² studio 2021-07
Tool Chain	Renesas CC-RX V3.03.00
Endian	Little Endian
エミュレータ	E2 エミュレータ Lite

表 3-2 ホスト動作確認環境

項目	内容
ボード	RX72M 通信ボード (TS-RX72M-COM) テセラ・テクノロジー株式会社製
MCU	RX72M (R5F572MNDDBD) 電源電圧(VCC) : 3.3V 動作周波数(ICLK) : 240MHz 周辺動作周波数(PCLKB) : 60MHz (SCI6, SCI8)
IDE	Renesas e ² studio 2021-07
Tool Chain	Renesas CC-RX V3.03.00
Endian	Little Endian
エミュレータ	E2 エミュレータ Lite

4. システム構成

図 4-1 に本システムの構成を、図 4-2 に本システムの外観を示します。

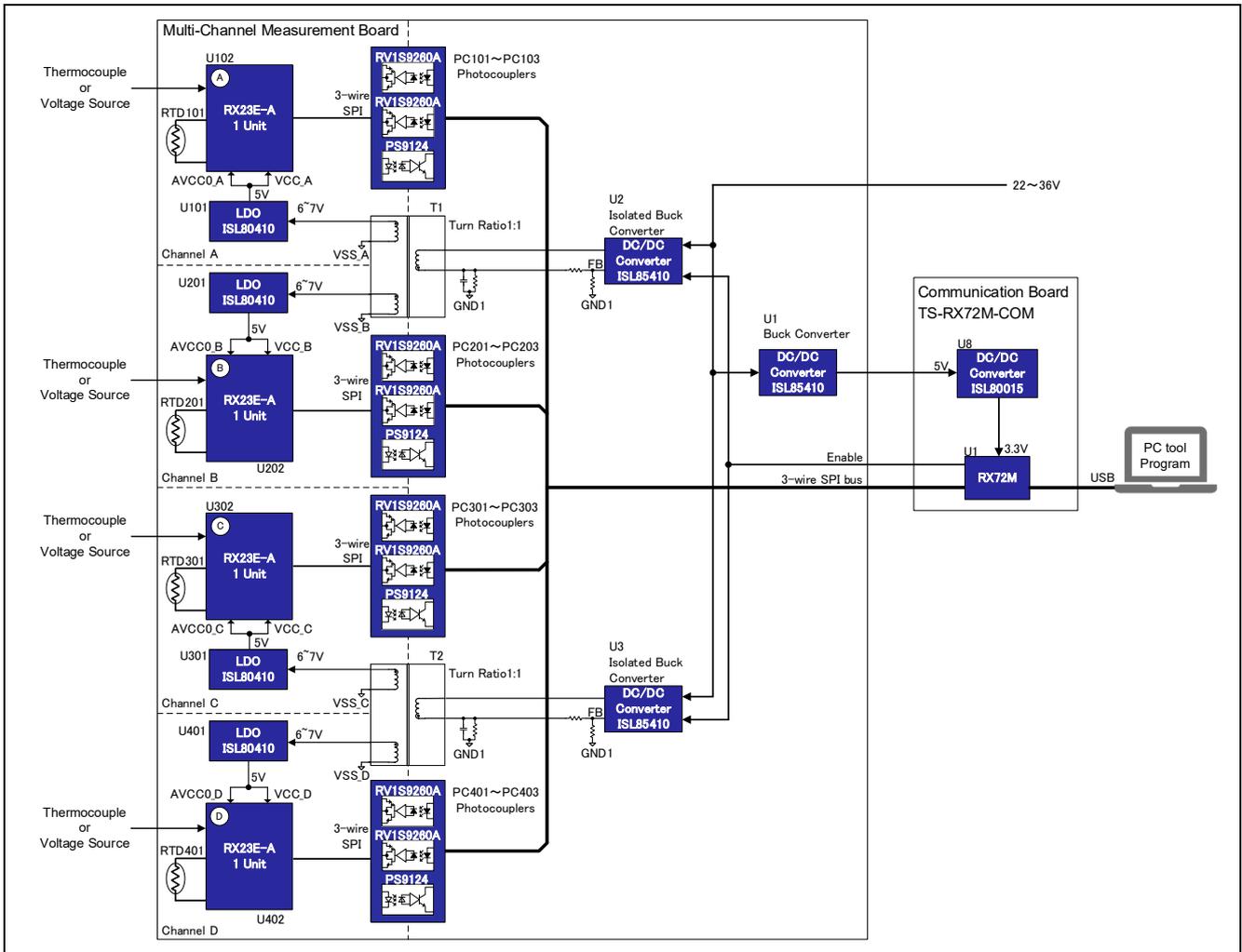


図 4-1 本システムの構成

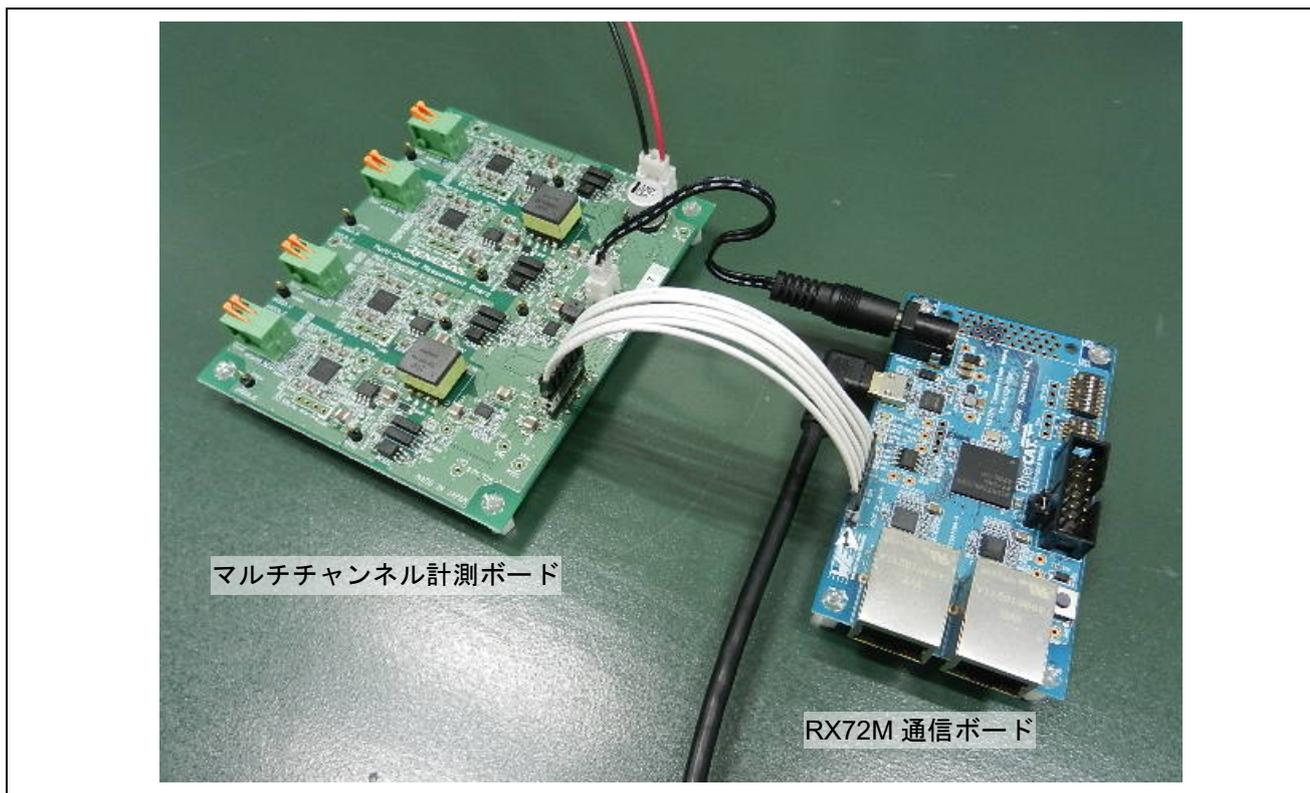


図 4-2 本システムの外観

計測結果は図 4-3 に示すように RSSKRX23E-A の PC ツールプログラム（以下、PC ツール）の Application タブを用いて表示します。

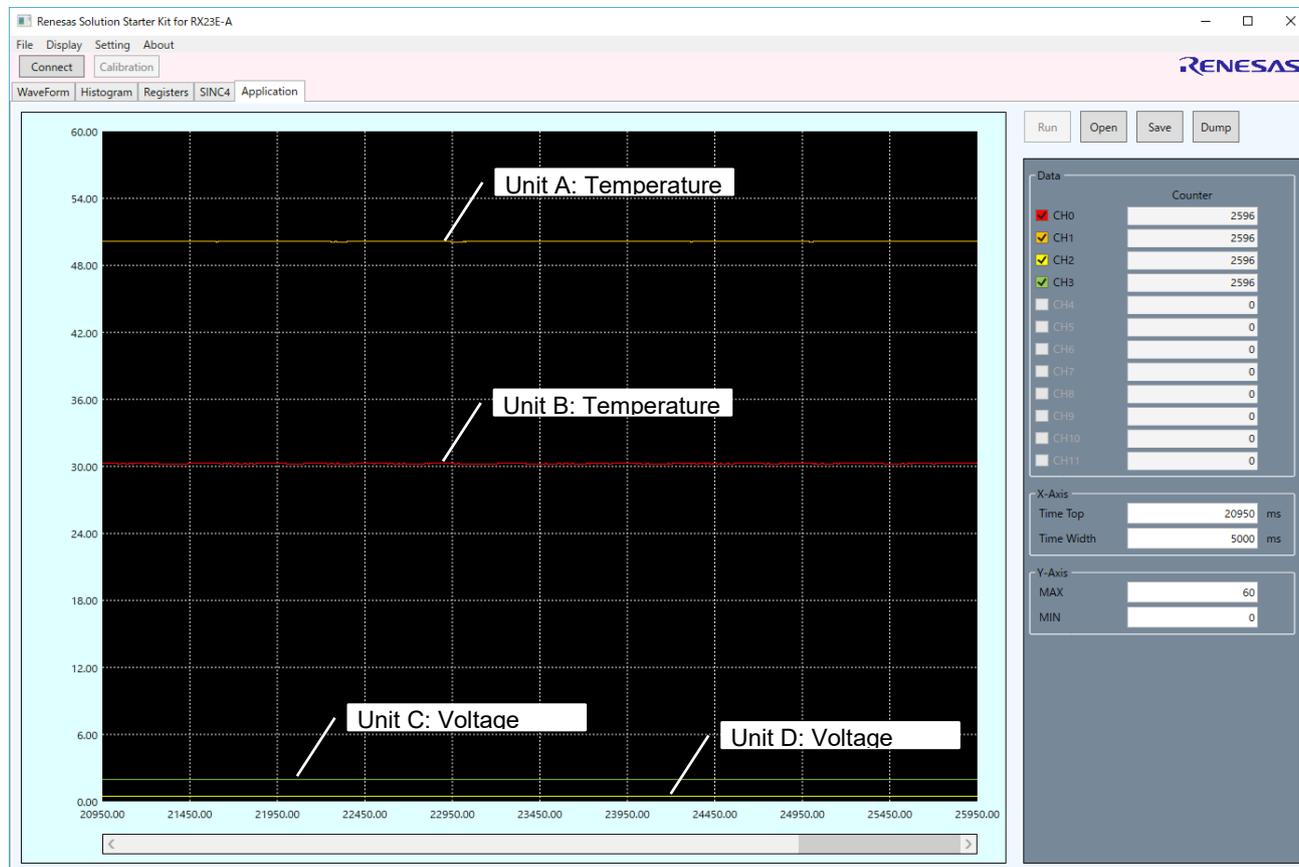


図 4-3 PC ツールプログラムの表示例

5. ハードウェア構成

5.1 通信ボード

通信ボードはRX72Mを搭載したテセラ・テクノロジー株式会社製TS-RX72M-COMを使用しています。詳細は「RX72Mグループ通信ボードハードウェアマニュアル」、または、テセラ・テクノロジー株式会社webサイト: <https://www.tessera.co.jp/ts-rx72m-com.html> を参照ください。

5.2 マルチチャンネル計測ボード

5.2.1 回路説明

(1) 非絶縁型降圧電源回路

図 5-1 に非絶縁型降圧電源回路を示します。非絶縁型降圧電源回路にはISL85410を使用します。本システムでは、入力電圧22~36V、出力電圧5Vで使用します。出力電圧5VはCN2を介して通信ボードTS-RX72M-COMに供給します。

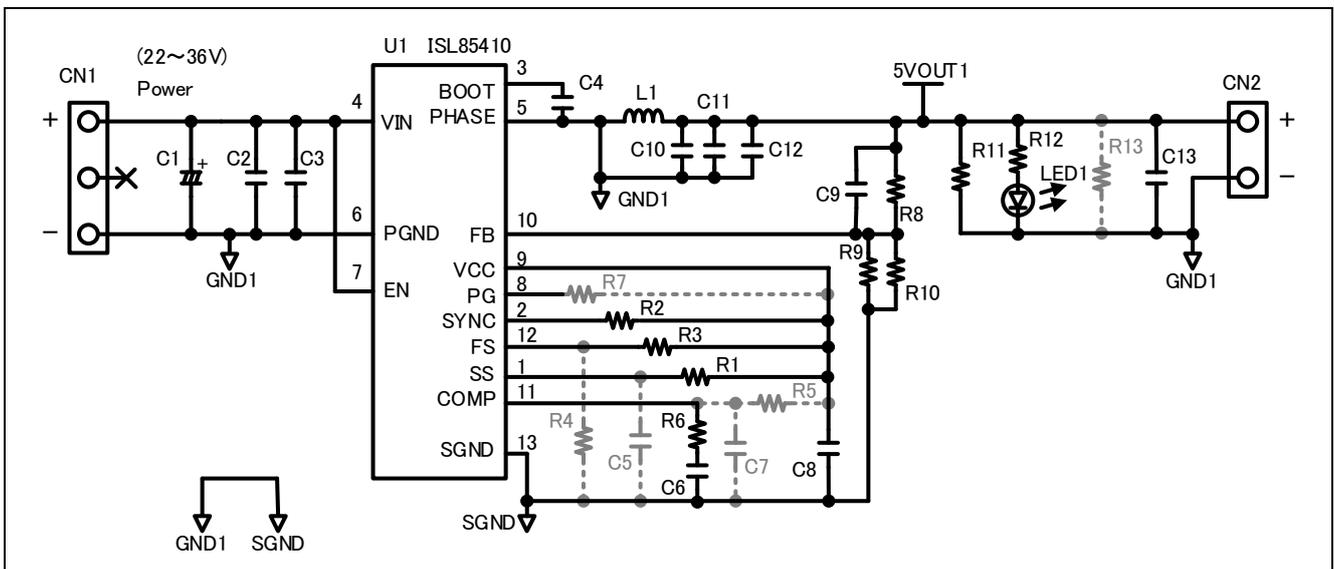


図 5-1 非絶縁型降圧電源回路

(2) 絶縁型降圧電源回路

図 5-2 に絶縁型降圧電源回路を示します。絶縁型降圧電源回路は、非絶縁型降圧電源回路と同様に ISL85410 を使用します。絶縁型降圧電源回路では、コイルの代わりに 1 入力対 2 出力の絶縁トランスを使用しています。1 次側電圧は約 7.3V に設定しており、巻線比 1:1 のトランスにより 2 次側にも同等の電圧が出力されます。これを 2 次側のダイオード、コンデンサで整流、平滑し、2 次側の LDO により安定化させます。LDO への入力電圧は巻線比とダイオードの順方向電圧降下により、約 7V が供給されます。2 次側の LDO は ISL80410 を使用しています。ISL80410 は 2 次側の各チャンネルの RX23E-A に 5V を供給します。このような構成にすることで、1 つの電源 IC とトランスで、2 系統の絶縁された電源を供給しています。

ISL85410 の EN 端子には RX72 のポートを接続し、RX72M から電源の起動、停止を行うことができます。EN 端子は RX72M の 3.3V 電源でプルアップしています。これにより RX72M の電源が立ち上がってから、ISL85410 が起動し、RX23E-A に電源が供給されるように設定しています。

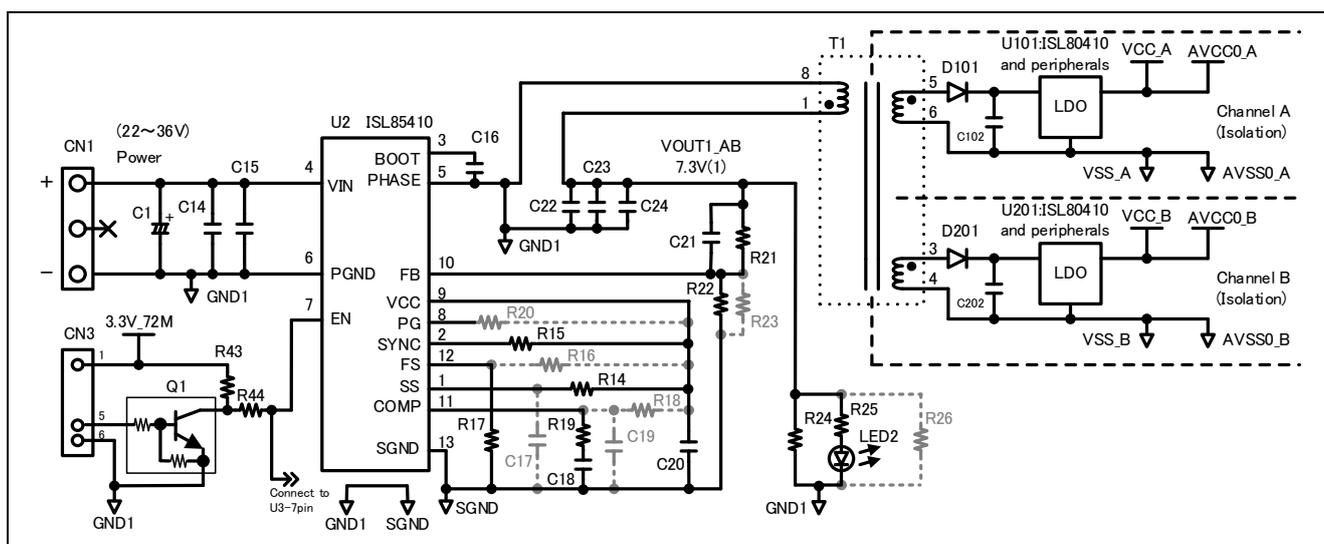


図 5-2 絶縁型降圧電源回路 (U2 周辺)

(3) 通信アイソレーション回路

図 5-3 に通信アイソレーション回路を示します。本システムでは、通信ボードに搭載している RX72M から SPI 通信で、4 台の RX23E-A と通信を行っています。通信システムの絶縁のために、CMOS 出力のフォトカプラ RV1S9260A と、オープン・コレクタ出力のフォトカプラ、PS9124 を使用しています。RX72M からの出力である SCK、MOSI はそれぞれ 4 個、計 8 個の RV1S9260A を介して、クロック同期通信を行います。RX72M から直接 4 つのフォトカプラを駆動するには駆動能力が足りないため、U4 に通信用のバッファ IC を挿入しています。

MISO 信号は計測ユニットの RX23E-A から PS9124 を介して、RX72M へ計測結果や動作状態を送信します。PS9124 はオープン・コレクタ出力のため、RX23E-A は RX72M から指定されたとき以外は応答せず、アイドル時 Hi-Z とすることで、通信ラインを占有しないようにすることができます。

ユニットアドレスは計測ユニットの RX23E-A の I/O 入力をプルアップ・プルダウンすることによりビット情報を設定し、起動時に読み込んでいます。これにより、同一の FW を組み込むことが可能でソフトウェア管理工数の削減が可能です。また、通信時にユニットアドレスを送信することで、通信対象のデバイス指定を行います。これにより、チップセレクト信号なしにデバイスを指定した通信が可能です。チップセレクト信号が不要になることで、フォトカプラの使用数を削減することができ、BOM コスト削減に寄与します。

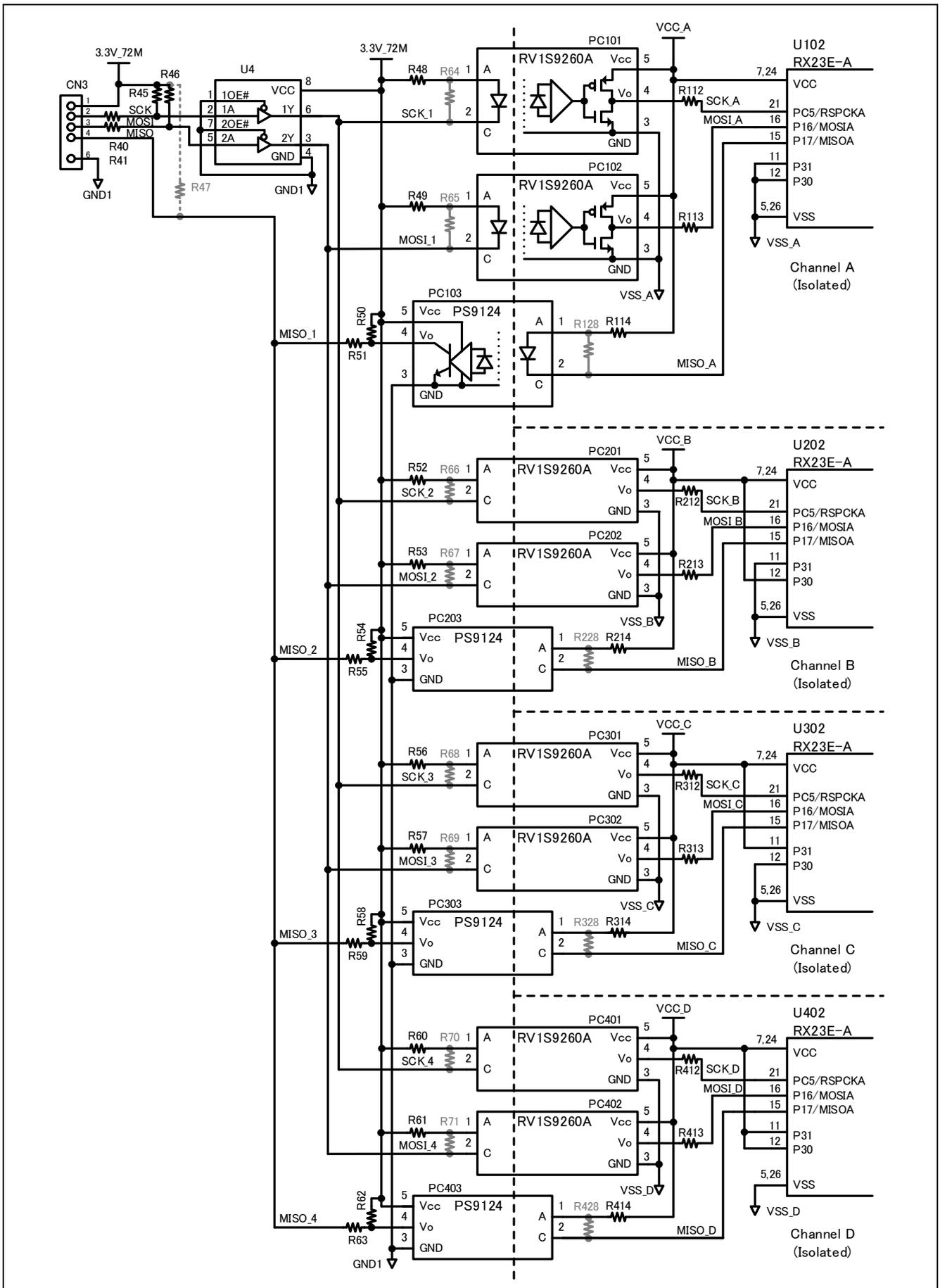


図 5-3 通信アイソレーション回路

(4) 温度計測回路

本システムの温度計測回路を図 5-4 に示します。

なお、以降の回路説明では、部品のリファレンスの百の位を x と表記します。チャンネル A の場合 x=1、チャンネル B は x=2、チャンネル C は x=3、チャンネル D は x=4 を表します。(例: Rx27 はチャンネル B の場合 R227 を示します。)

温度計測では CNx01 に熱電対を接続します。基準接点補償のために、CNx01 付近に測温抵抗体 RTDx01 を配置し、接点温度を計測します。RTD による基準接点の計測は、4 線式のレシオメトリック計測で行います。

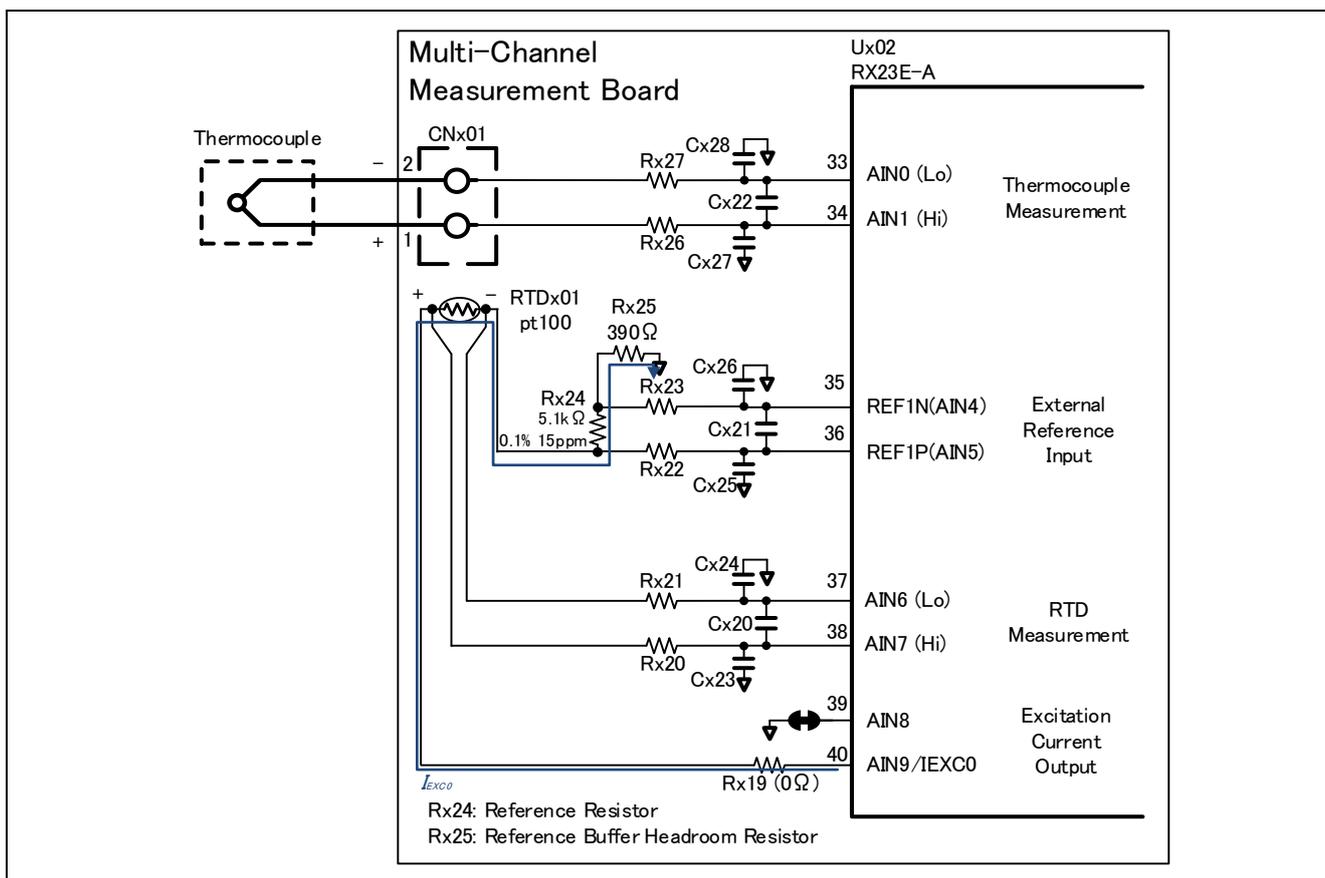


図 5-4 温度計測回路

(5) 電圧計測回路

本システムの電圧計測回路を図 5-5 に示します。電圧計測では CNx01 に信号源を接続します。

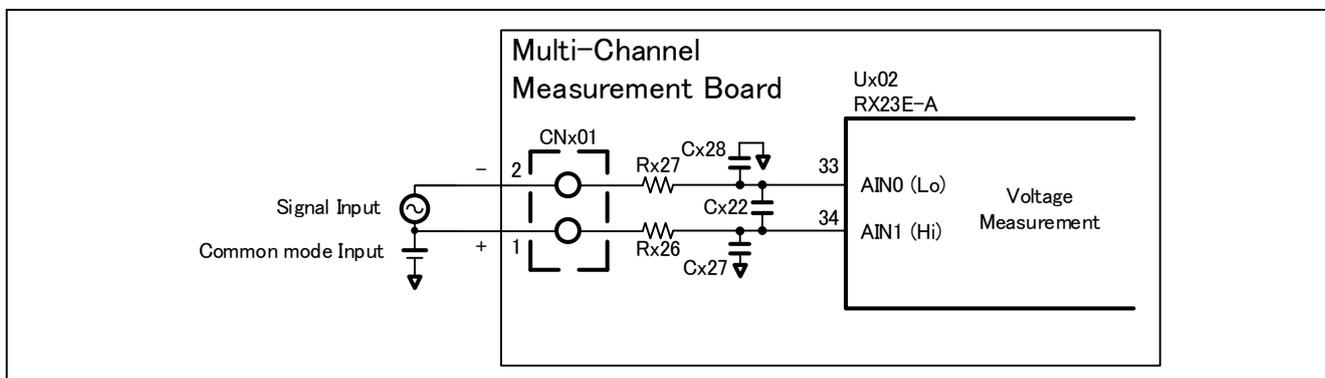


図 5-5 電圧計測回路

6. 計測処理

RX23E-A は、ホストからの指示により、温度または電圧の計測を行います。以降に各計測処理について説明します。

6.1 温度計測

温度計測は、基板に搭載した RTD で計測した温度を基準接点温度として、熱電対で計測します。

取得した熱電対・RTD の各 A/D 変換値から熱電対で計測した温度を算出する手順を図 6-1 に示します。

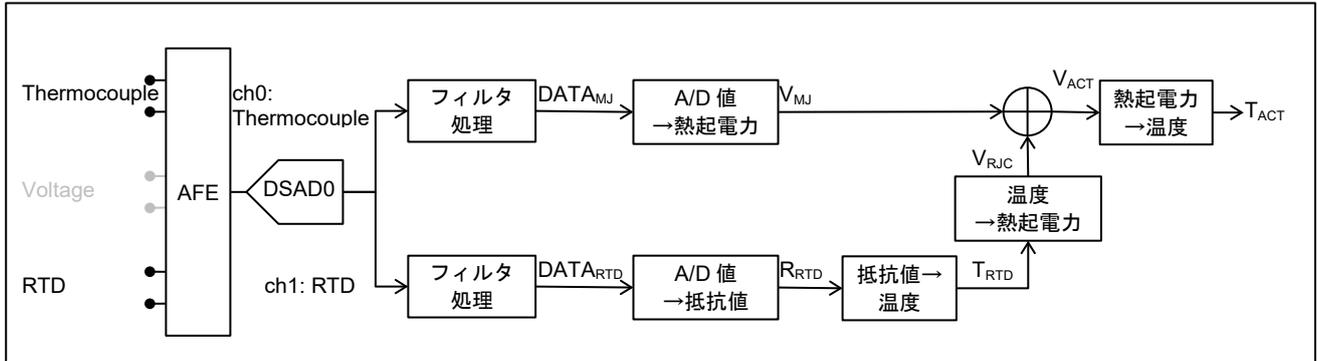


図 6-1 温度算出手順

6.1.1 熱電対・RTD の A/D 変換

DSAD0 のチャンネル機能を使用して、熱電対、RTD の順に各電圧を A/D 変換して取得します。図 6-2 に熱電対および RTD の A/D 変換シーケンスを、表 6-1 に A/D 変換条件を示します。

本例では、チャンネルスキャンにより、CH0 で熱電対、CH1 で RTD の電圧を A/D 変換します。各 A/D 変換値は DSAD0 の A/D 変換終了割り込みフラグ ADI0 が発生した場合に取得します。CH0・CH1 一対の A/D 変換終了はスキャン終了割り込みフラグ SCANEND0 により検知し、温度算出処理を行います。

チャンネル機能を使用した A/D 変換の詳細はアプリケーションノート「RX23E-A グループ AFE・DSAD の使い方」を参照ください。

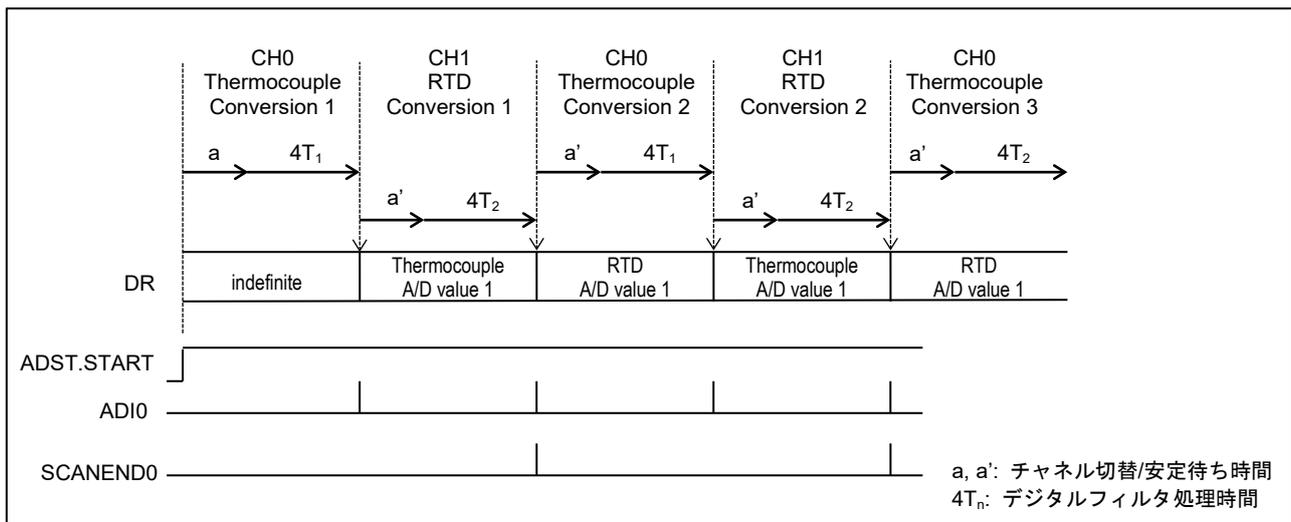


図 6-2 温度計測の A/D 変換シーケンス

表 6-1 温度計測の DSAD0 変換条件

Normal Mode: $f_{MOD} = 0.5\text{MHz}$

チャンネル		CH0: 熱電対	CH1: RTD	備考
設定	入力端子	+: AIN1 -: AIN0	+: AIN7 -: AIN6	
	PGA ゲイン	x128	x32	
	基準電圧	REFOUT – AVSS0	REF1P – AVSS0	
	OSR _n	32	32	オーバーサンプリング比設定
A/D 変換時間		512 [μs]	512 [μs]	$a' + 4T_n$
		a		チャンネル切替・安定待ち時間
		a'		
		T _n		デジタルフィルタ処理時間 $T_n = \text{OSR}_n / f_{MOD}$
データレート		976.5625 [sps/ch]		$1 / \text{A/D 変換時間合計} = 1 / ((a' + 4T_1) + (a' + 4T_2))$
デジタルフィルタゲイン		1		SINC4

6.1.2 フィルタ処理

A/D 変換値に含まれるノイズを低減するためフィルタ処理を行います。本例では商用電源周波数ノイズと高域ノイズを低減するため、移動平均フィルタ、バンドエリミネートフィルタ、およびローパスフィルタを使用します。図 6-3 にフィルタ処理シグナルフローを、図 6-4 にフィルタ周波数特性を示します。フィルタ処理により商用電源周波数ノイズは、 $50 \pm 0.3\text{Hz}$ で 73dB、 $60 \pm 0.3\text{Hz}$ で 64dB の減衰を見込みます。

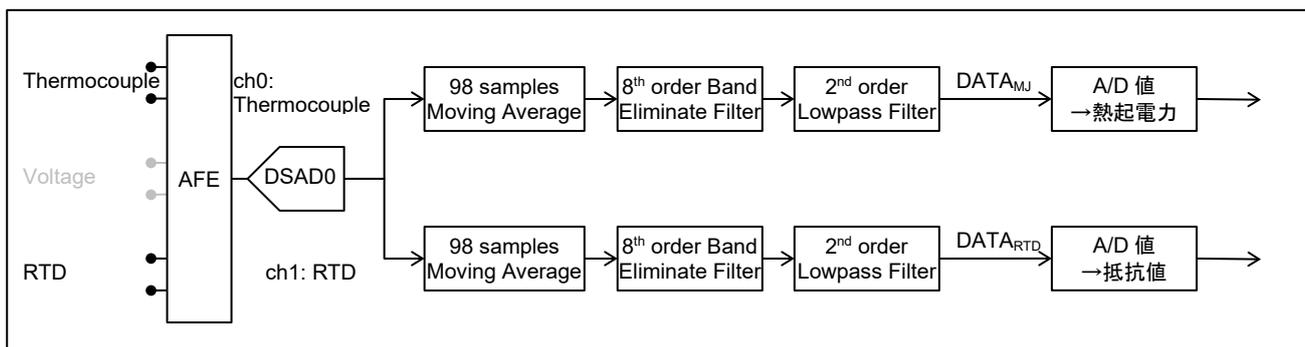


図 6-3 温度計測のフィルタ処理

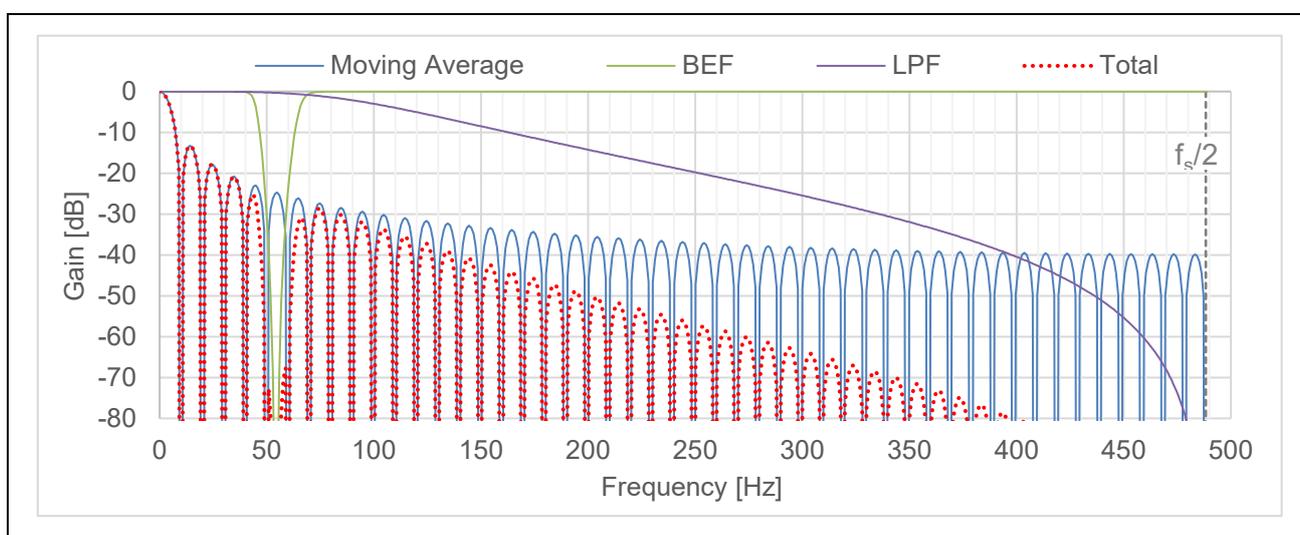


図 6-4 フィルタ周波数特性

6.1.2.1 移動平均フィルタ

商用電源周波数の 50Hz と 60Hz を低減するために、抑圧周波数が 10Hz 刻みとなるようにすると、DSAD0 の出力データレートを出力サンプリング周波数 f_s として、平均サンプル数は次式で算出できます。

$$Average\ Samples = f_s / 1stDip\ frequency = 976.5625 / 10 = 97.65625 \cong 98$$

上式から、平均サンプル数を 98 とします。

6.1.2.2 バンドエリミネートフィルタとローパスフィルタ

移動平均フィルタでの商用電源周波数除去を補うためバンドエリミネートフィルタを、高域ノイズ除去のためローパスフィルタを適用します。

両フィルタとも、図 6-5 に示す IIR Biquad フィルタのカスケード接続で演算します。本例では IIR Biquad フィルタ演算に「RX DSP ライブラリ Version 5.0」の IIR Biquad Filter API を使用します。IIR Biquad フィルタの伝達関数は次式、フィルタ係数設計条件と係数は表 6-2 に示します。

$$H(z) = \prod_{m=1}^M \frac{b_0^m + b_1^m * Z^{-1} + b_2^m * Z^{-2}}{1 + a_1^m * Z^{-1} + a_2^m * Z^{-2}}$$

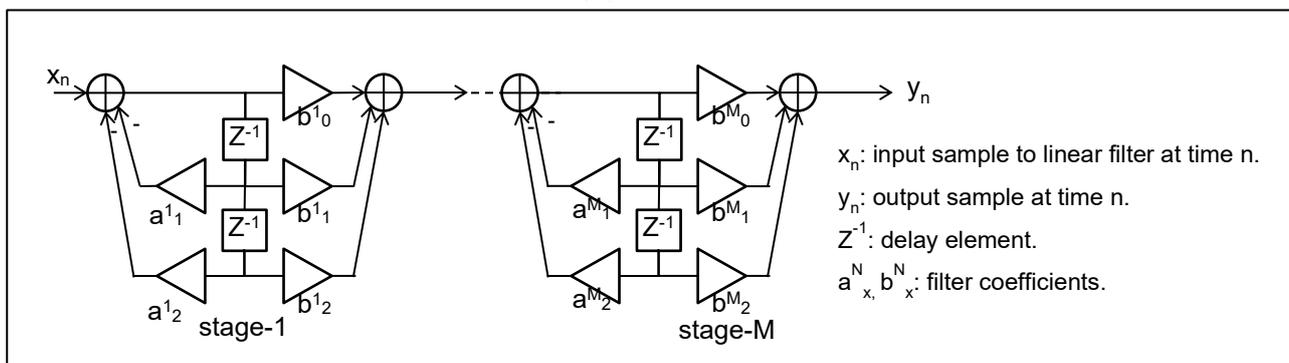


図 6-5 IIR Biquad フィルタ

表 6-2 IIR Biquad フィルタ設計条件と係数

サンプリング周波数 = 976.5625 [Hz]

項目	Band Eliminate Filter				Lowpass Filter	
設計条件	Characteristic: Butterworth		Characteristic: Butterworth			
	Lower passband edge frequency: 42 [Hz]		Cut off frequency: 100 [Hz]			
	Lower stopband edge frequency: 48 [Hz]					
	Higher stopband edge frequency: 62 [Hz]					
	Higher passband edge frequency: 70 [Hz]					
	Passband Attenuation: 0.5 [dB]					
	Stopband Attenuation: 12 [dB]					
stage	1	2	3	4	5	
係数	b0	0.882516447	1	0.945210113	1	0.070192889
	b1	-1.658423596	-1.879198515	-1.776237442	-1.879198515	0.140385778
	b2	0.882516447	1	0.945210113	1	0.070192889
	a1	-1.790124941	-1.739501201	-1.875074887	-1.771797069	-1.123519837
	a2	0.887934131	0.87117146	0.95719745	0.939758826	0.404291392

6.1.3 温度算出

移動平均フィルタによりノイズを低減した熱電対および RTD の各 A/D 変換値から、基準接点補償により計測温度を算出します。

熱電対を使用した温度計測の詳細はアプリケーションノート「RX23E-A グループ 熱電対を使用した温度計測例」を参照ください。

6.2 電圧計測

電圧算出の手順を図 6-6 に示します。

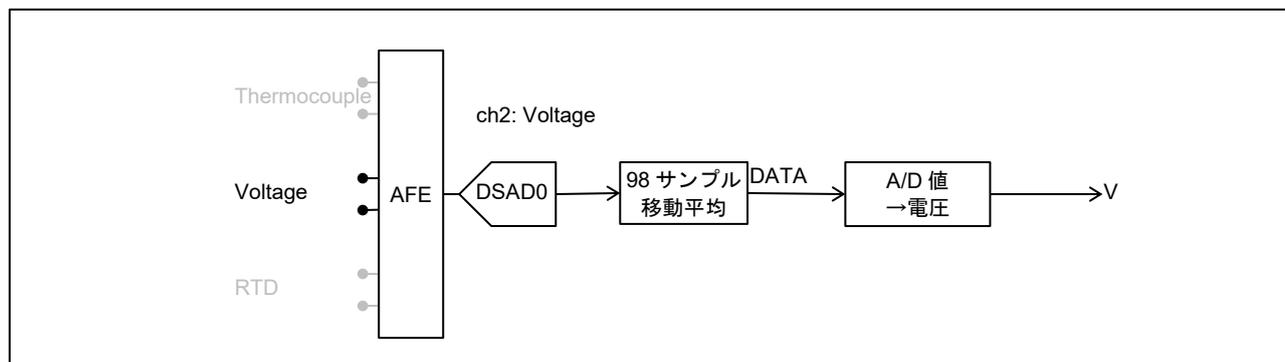


図 6-6 電圧算出手順

6.2.1 入力電圧の A/D 変換

端子入力電圧を DSAD0 で A/D 変換します。本例では DSAD0 の CH2 設定で入力電圧を A/D 変換します。表 6-3 に A/D 変換条件を示します。

表 6-3 電圧計測の DSAD0 変換条件

Normal Mode: $f_{MOD} = 0.5\text{MHz}$

チャンネル		CH2	備考
設定	入力端子	+: AIN1 -: AIN0	
	PGA ゲイン	x1	
	基準電圧	REFOUT – AVSS0	
	OSR	512	オーバサンプリング比
データレート		976.5625 [sps]	
デジタルフィルタゲイン		1	SINC4

6.2.2 移動平均フィルタ

温度計測と同様に、A/D 変換値に含まれるノイズをさらに低減するためにフィルタ処理を行います。本例では移動平均フィルタを使用し、商用電源周波数ノイズを含めて低減します。

表 6-3 電圧計測の A/D 変換条件から、DSAD0 の出力データレートは温度計測と同一のため、平均サンプル数を 98 とします。移動平均フィルタの周波数特性を図 6-7 に示します。

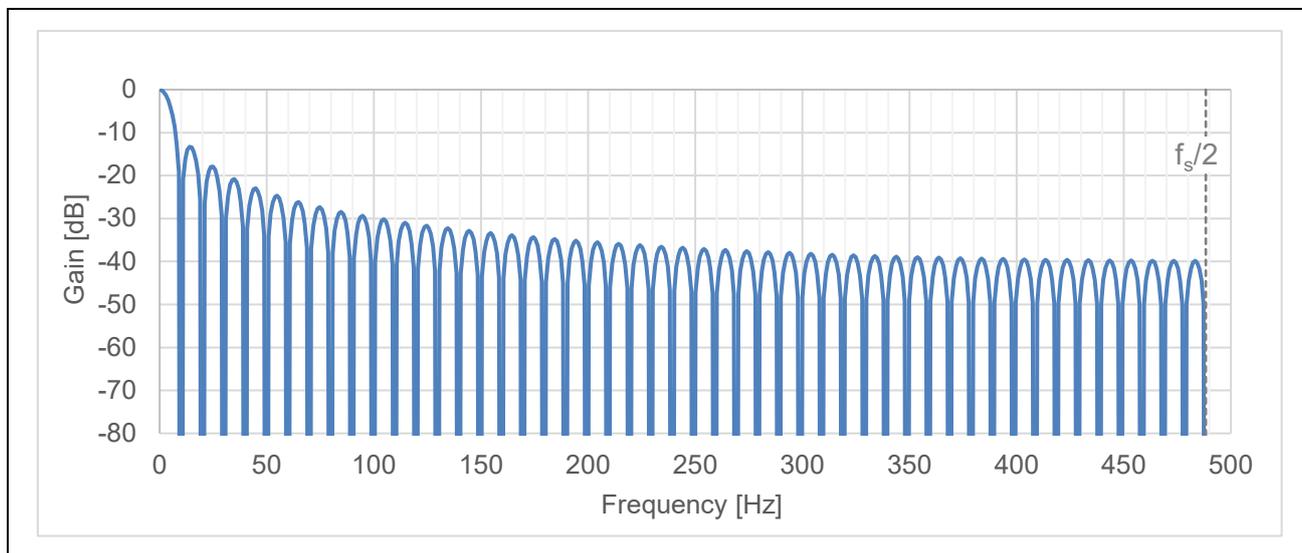


図 6-7 移動平均フィルタ周波数特性

6.2.3 電圧算出

A/D 変換結果から、端子入力電圧を求めます。

PGA の設定ゲイン G_{PGA2} 、デジタルフィルタゲインを G_{DF2} 、A/D 変換値のフルスケール 2^{24} 、DSAD 基準電圧を V_{REF2} とすると、A/D 変換結果 DATA に対する入力端子電圧 V は次式で算出します。

$$V = \frac{2 \cdot V_{REF2}}{2^{24} \cdot G_{PGA2} \cdot G_{DF2}} \cdot DATA$$

ここで、表 6-3 の条件から、 $G_{DF2}=1$ となります。

7. サンプルプログラム

本章ではサンプルプログラムについて説明します。

7.1 通信仕様

7.1.1 ホスト-計測ユニット間通信

ホスト(RX72M)と各計測ユニット(RX23E-A)間の通信はホストがマスタ、各計測ユニットがスレーブとなりSPIで通信を行います。

7.1.1.1 SPI 通信仕様

表 7-1 に SPI 通信条件を、図 7-1 にタイミングチャートを示します。

表 7-1 SPI 通信条件

項目	条件
転送速度	1Mbps
ビット長	8 ビット
パリティ	なし
フォーマット	MSB ファースト
SPCK 位相	クロック遅れ無し
SPCK 極性	極性反転無し

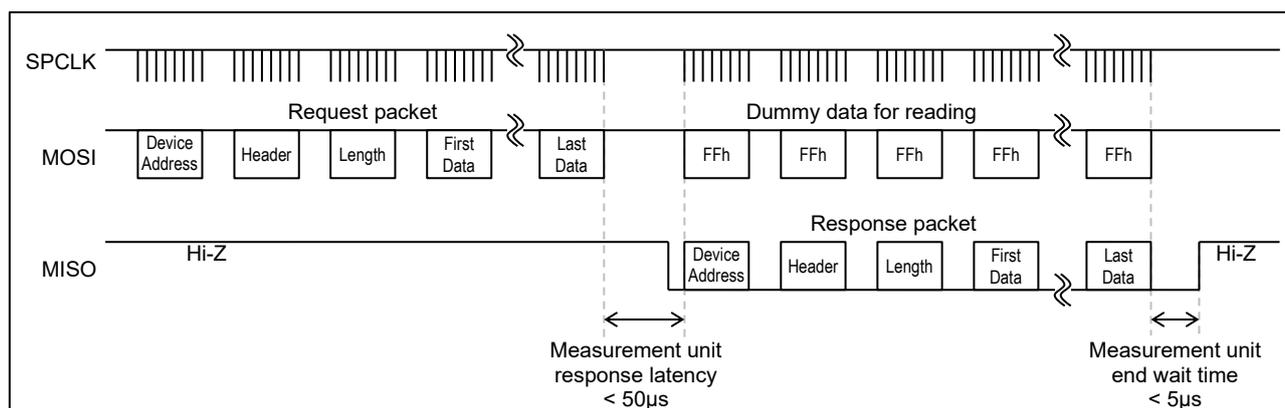


図 7-1 SPI 通信タイミングチャート

7.1.1.2 通信シーケンス

SPI 通信はホストが要求パケットを発行し、計測ユニットが応答パケットを返します。図 7-2 に通信シーケンスを示します。

ホストは、各計測ユニットに割り当てられたユニットアドレスを指定してパケットを送信します。ユニットアドレスには、固別アドレスと、ホストからすべての計測ユニットに一斉送信する共通アドレスがあります。

計測ユニットは、自身の固別アドレス向けの要求パケットに対し、対応した場合は ACK、対応しない場合は NACK として応答パケットを返します。共通アドレスの場合は応答パケットを返しません。

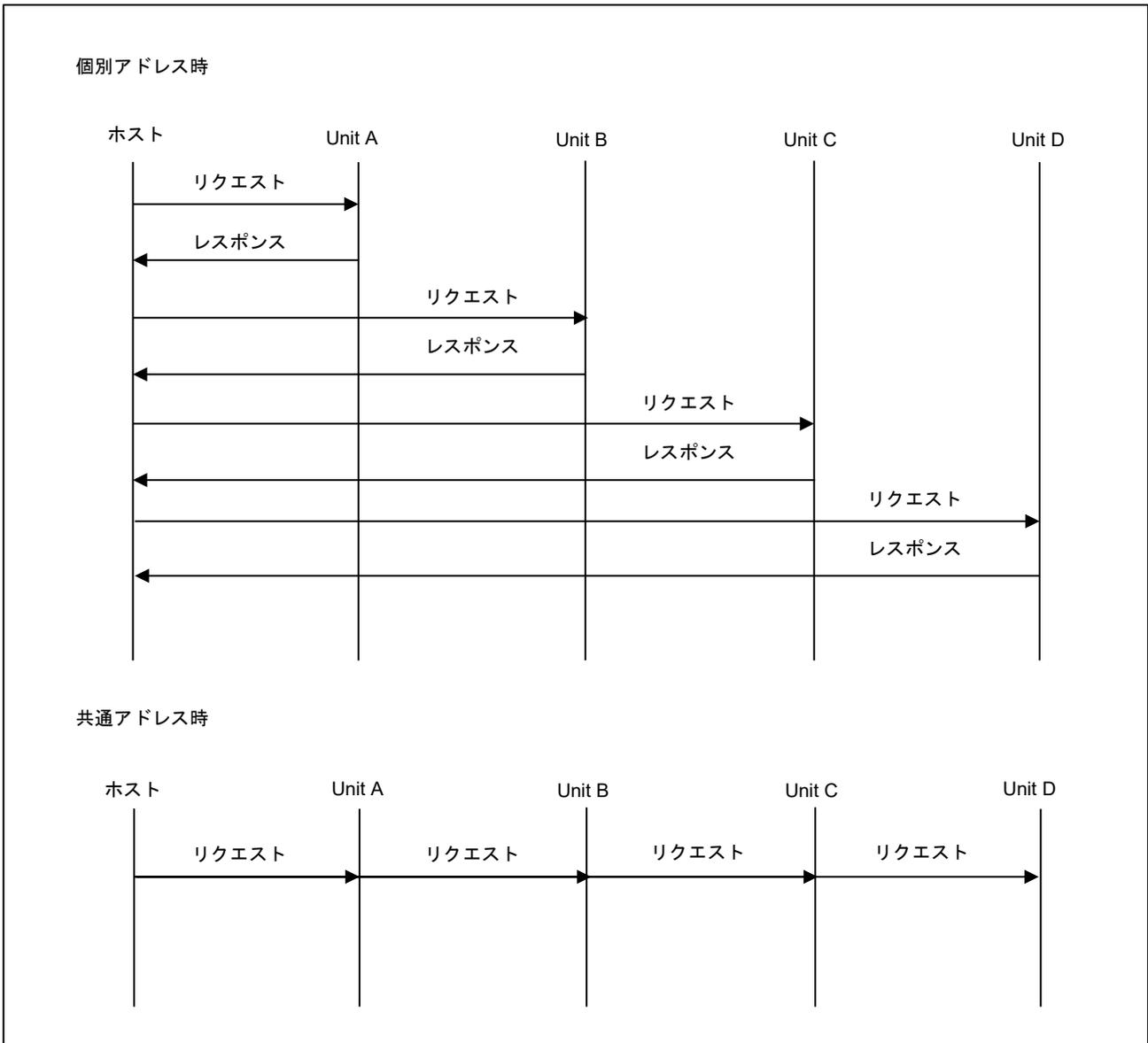


図 7-2 通信シーケンス

7.1.1.3 パケット構成

表 7-2 にパケット構成を、表 7-3 にパケットヘッダの構成を示します。

表 7-2 パケット構成

offset [Byte]	項目	説明
0	Unit Address	個別アドレス : 0Ah~0Dh 共通アドレス : 0Fh
+1	Header	パケットヘッダ (表 7-3 参照)
+2	Data Length	付随データバイト長 : 0x00~0x7D
+3	Data	付随データ

表 7-3 パケットヘッダ構成

Header	bit	項目	説明
	b7 - b6	Identifier	10b : 有効 ID(固定値)
	b5	Type	0 : リクエスト 1 : レスポンス
	b4	ACK/NACK	0 : ACK、1 : NACK ホストは ACK 固定
	b3 - b0	Command	表 7-4 コマンドリスト参照

7.1.1.4 コマンド

表 7-4 にコマンドリストを、以降に各コマンドの詳細を説明します。

表 7-4 コマンドリスト

Value	Command	共通アドレス	説明
0x00	Negotiation	非	計測ユニット機能の取得、機能の設定
0x01 - 0x02	-	-	予約
0x03	Run	可	計測開始
0x04	Stop	可	計測停止
0x05	GetData	非	計測結果取得
0x06 - 0x0F	-	-	予約

(1) Negotiation

ホストが計測ユニットのサポートする計測機能の取得、または計測ユニットが実行する計測機能を設定します。ホストは Mode に取得(Get) または設定(Set)を指定します。計測ユニットは取得に対してサポートする計測機能を返し、設定に対して指定された計測機能を返します。

パケット構成を表 7-5 に、データ構成を表 7-6 に示します。

表 7-5 Negotiation パケット構成

Type	Header	Data Length	Data	
リクエスト	0x80	0x01	Mode: Get (1byte)	
		0x02	Mode: Set (1byte)	Function (1byte)
レスポンス	0xA0	0x02	Mode (1byte)	Function (1byte)

表 7-6 データ構成

Name	Value	Description
Mode	00h: Get 01h: Set	Get: 計測ユニットが持つ計測機能を取得する Set: 計測ユニットに計測機能を設定する
Function	00000001b: 温度計測 00000010b: 電圧計測 others: reserved	計測ユニットが持つ計測機能

(2) Run

ホストが計測ユニットに計測開始を要求します。パケット構成を表 7-7 に示します。

表 7-7 Run パケット構成

Type	Header	Data Length	Data
リクエスト	0x83	0x00	None
レスポンス	0xA3		

(3) Stop

ホストが計測ユニットに計測停止を要求します。パケット構成を表 7-8 に示します。

表 7-8 Stop パケット構成

Type	Header	Data Length	Data
リクエスト	0x84	0x00	None
レスポンス	0xA4		

(4) GetData

ホストが計測ユニットに計測結果の送信を要求します。計測ユニットは指定された計測結果を float 型で返します。

パケット構成表を表 7-9 に、データ構成を表 7-10 に示します。

表 7-9 GetData パケット構成

Type	Header	Data Length	Data
リクエスト	0x85	0x01	Channel (1byte)
レスポンス	0xA5	0x05	Channel (1byte) Measured Value (4byte)

表 7-10 データ構成

Name	Value
Channel	温度計測機能
	0x00: 測温接点温度
	0x01: 基準接点温度
Measured Value	0x02: 測温接点熱起電力
	計測結果 (float 型、MSB ファースト)

7.1.2 ホスト-PC ツール間通信

ホスト(RX72M)と PC ツール間の通信は PC ツールプログラムの通信仕様で行っています。詳細はアプリケーションノート「RSSKRX23E-A PC ツールプログラム操作マニュアル」を参照ください。

7.2 計測処理 (RX23E-A)

7.2.1 動作概要

RX23E-A は、「7.1.1 ホスト-計測ユニット間通信」によるホストからの計測指示により温度または電圧を計測し、ホストからの要求に対して計測結果を送信します。

図 7-3 に本サンプルプログラムの処理フローを示します。

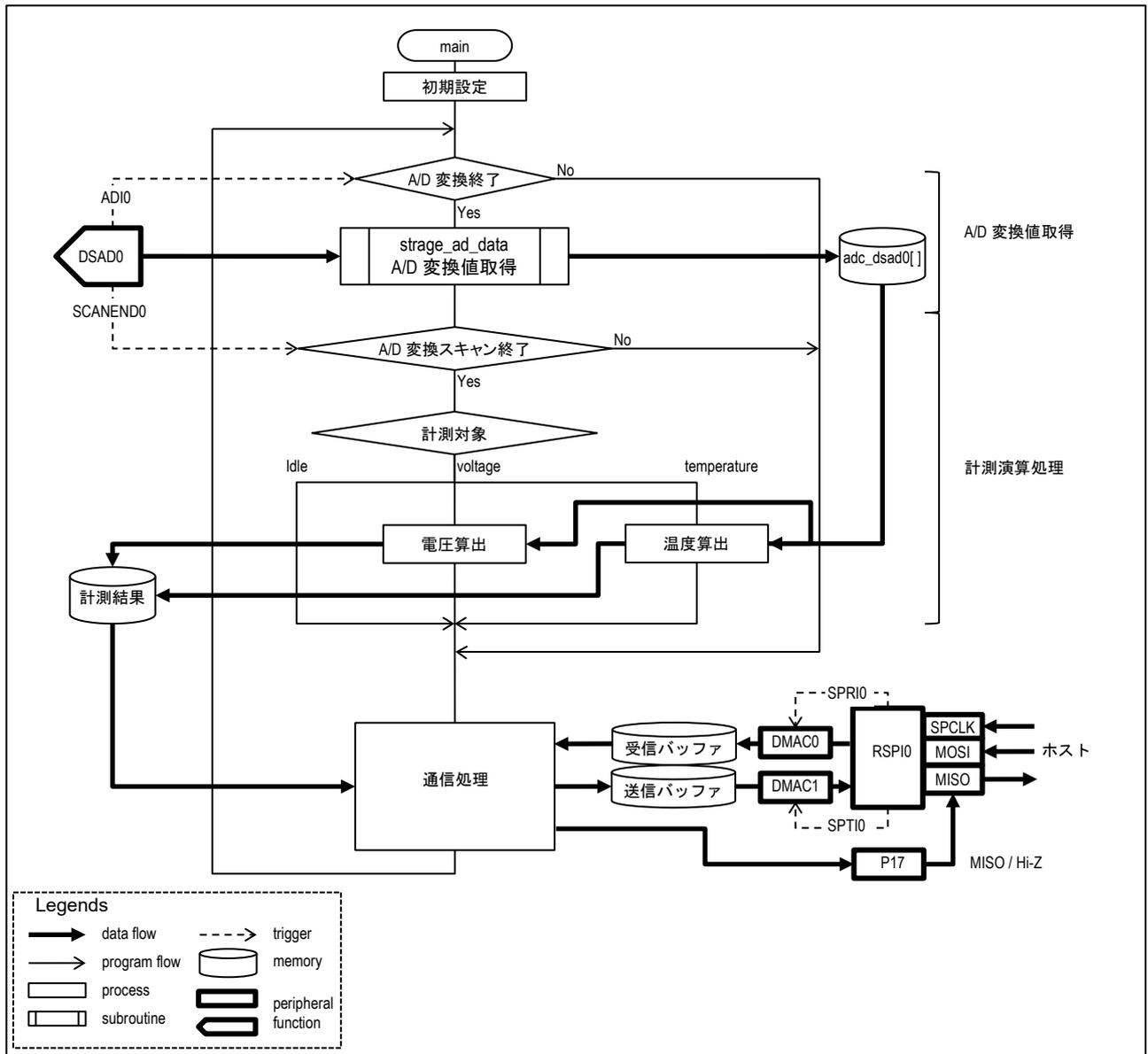


図 7-3 RX23E-A プログラムフロー

各処理の概略は次の通りです。

- 初期設定
 - 以下の初期設定を行います。
 - ホスト通信の個別アドレス取得
 - MISO 端子を入力モードへ設定
 - 通信の初期化と RSPI0、DMAC0、DMAC1 の起動
- A/D 変換値取得
 - A/D 変換終了をトリガに A/D 変換値を取得します。
- 計測演算処理
 - A/D 変換のスキャン終了で計測演算処理を行います。計測演算処理は、ホストからの指示に基づき、熱電対による温度または端子入力電圧の計測を行います。詳細は「6.計測処理」を参照ください。
- 通信処理
 - ホストとの通信処理を行い、コマンドによる計測機能の設定、計測動作の開始、および計測結果の送信を行います。通信処理の詳細は「7.2.3 通信処理」を参照ください。

7.2.2 使用する周辺機能と端子一覧

本サンプルプログラムで使用する周辺機能一覧を表 7-11 に、使用端子一覧を表 7-12 に、未使用端子と処置の一覧を表 7-13 に示します。合わせて各周辺機能の設定条件を示します。

周辺機能の設定は Smart Configurator(以降、SC)のコード生成機能を用いて生成しています。

表 7-11 使用する周辺機能一覧

周辺機能	用途
AFE、DSAD0	センサ出力の A/D 変換
RSPI0	ホストとの SPI 通信
DMAC0	RSPI0 の受信バッファフル割り込みをトリガにデータ転送
DMAC1	RSPI0 の送信バッファエンpty割り込みをトリガにデータ転送
P17	MISO 端子の入出力切り換え
P30、P31	ユニット個別アドレス設定

表 7-12 使用端子一覧

ピン番号	端子名	I/O	用途
21	RSPCKA	I	ホスト通信
16	MOSIA	I	
15	MISOA / P17	I/O	
12	P30	I	ユニット個別アドレス設定
11	P31	I	
33	AIN0	I	熱電対または計測電圧の負入力、熱電対時 BIAS 印加
34	AIN1	I	熱電対または計測電圧の正入力
35	REF1N	I	RTD 計測用
36	REF1P	I	
37	AIN6	I	
38	AIN7	I	
40	AIN9	O	RTD 計測用励起電流出力

表 7-13 未使用端子と処置の一覧

ピン番号	端子名	I/O	未使用の処置
4	P37	O	open, Low 出力
22	PC4	O	pull-down, Low 出力
6	P36	O	open, Low 出力
10	P35	I	pull-up
13	P27	O	open, Low 出力
14	P26	O	open, Low 出力
17	P15	O	open, Low 出力
18	P14	O	open, Low 出力
19	PH1	O	open, Low 出力
20	PH0	O	open, Low 出力
23	PB1	O	open, Low 出力
25	PB0	O	open, Low 出力
39	AIN8	I	AVSS
32	REF0P	I	AVCC
31	REF0N	I	AVSS
30	LSW	-	AVSS

7.2.2.1 AFE・DSAD0

AFE・DSAD0の温度計測および電圧計測の設定条件を表 7-14、表 7-15 に示します。

温度計測では、熱電対計測にチャンネル0、RTD 計測にチャンネル1の設定でスキャンにより A/D 変換します。

電圧計測では、チャンネル2の設定で A/D 変換します。

表 7-14 AFE 設定

項目		設定	
		温度計測	電圧計測
バイアス出力 設定	バイアス出力設定を有効にする	有効	無効
	端子出力	AIN0	-
励起電流出力 設定	励起電流出力を有効にする	有効	無効
	動作モード	2チャンネル出力モード	-
	励起電流	500 μ A	
	IEXC0 出力端子	AIN9	
	IEXC0 断線検出アシスト	未使用	
	IEXC1 出力端子	出力停止	
	IEXC1 断線検出アシスト	未使用	
低電圧検出設定		未使用	
ローサイドスイッチ制御設定		未使用	

【注】 温度計測と電圧計測で設定を切り替えて使用します。

表 7-15 DSAD0 設定

項目	設定			
	温度計測		電圧計測	
アナログ入力チャンネル設定	チャンネル 0	チャンネル 1	チャンネル 2	
$\Delta \Sigma$ A/D 変換器動作電圧設定	3.6V-5.5V (高精度)			
$\Delta \Sigma$ A/D 変換器動作モード設定	ノーマルモード			
動作クロック設定	PCLKB/8 (4MHz)			
開始トリガソース	ソフトウェアトリガ			
割り込み設定	$\Delta \Sigma$ A/D 変換終了割り込みを許可 (ADI0)	有効		
	優先順位	レベル 0 (割り込み禁止)		
	$\Delta \Sigma$ A/D 変換スキャン完了割り込みを許可 (SCANENDI0)	有効		
	優先順位	レベル 0 (割り込み禁止)		
異常電圧および断線検出設定	未使用			
アナログ入力設定	正入力信号	AIN1	AIN7	AIN1
	負の入力信号	AIN0	AIN6	AIN0
	基準電圧	REFOUT/AVSS0	REF1P/REF1N	REFOUT/AVSS0
	+側基準電圧のバッファ	-	有効	-
	-側基準電圧のバッファ	-	有効	-
アンプリファイア設定	アンプ選択	PGA		
	PGA ゲイン設定	x128	x32	x1
$\Delta \Sigma$ A/D 変換設定	A/D 変換モード	通常動作		
	データ形式	2 の補数形式		
	A/D 変換回数	即値モード、1 回		
	オーバーサンプリング比 (出力データレート)	32 (976.5625 SPS/ch)	512 (976.5625 SPS)	
	オフセット補正を設定する	設定しない (デバイスデフォルト値を適用)		
	ゲイン補正を設定する	設定しない (デバイスデフォルト値を適用)		
	平均化データを使う	未使用		
断線検出アシスト設定	未使用			

【注】 温度計測と電圧計測で有効チャンネルを切り替えて使用します。

7.2.2.2 RSPIO・DMAC0・DMAC1・P17

ホストとの通信に RSPIO を SPI クロック同期式モード(3 線式)・スレーブ送受信モードで使用します。受信データの取得には DMAC0、送信データの設定に DMAC1 を使用します。また、データ送信しないときには MISO 端子を P17 の入力に切り替えてハイインピーダンスにします。

各周辺機能の設定条件を以下に示します。

表 7-16 RSPIO 設定

項目		設定
バッファのアクセス幅		32 ビット
パリティビット		送信データパリティビットを付加しない、受信データのパリティチェックを行わない
端子制御設定	RSPIO 端子制御設定	CMOS 出力
転送データ処理		DMAC で処理する
割り込み設定	SPT0、SPRI0、SPEI0 優先順位	レベル 15(最高)
	エラー割り込み許可(SPEI0)	有効
コールバック機能設定	送信完了	有効
	受信完了	無効
	エラー検出	無効
コマンド設定	コマンドの数、フレーム数	コマンド数：1、転送フレーム：1
	ビット長	8 ビット
	フォーマット	MSB ファースト
	RSPCK 位相	奇数エッジでデータ変化、偶数エッジでデータサンプル
	RSPCK 極性	アイドル時の RSPCK が High

表 7-17 DMAC 設定

項目		設定		
		DMAC0	DMAC1	
			SPI 送信時	その他
DMA 起動要因		RSPi0 (SPRi0)	RSPi0 (SPTi0)	
起動要因フラグ制御		起動要因フラグをクリアする		
転送モード		フリーランニングモード	ノーマルモード	フリーランニングモード
転送データサイズ		32 ビット		
転送回数/リピートサイズ/ブロックサイズ		-	(実行時に設定)	-
転送元アドレス設定	転送元アドレス	0008 8384h (RSPi0.SPDR) アドレス固定	(実行時に設定) アドレスインクリメント	(実行時に設定) アドレス固定
	転送元アドレスに拡張リピートエリアを設定する	-	-	
	拡張リピートエリア			
転送先アドレス設定	転送先アドレス	(実行時に設定) アドレスインクリメント	0008 8384h (RSPi0.SPDR) アドレス固定	
	転送先アドレスに拡張リピートエリアを設定する	有効	-	
	拡張リピートエリア	当該アドレスの下位 9 ビット (512 バイト)		
割り込み設定		割り込み許可しない		

【注】 DMAC1 は条件によりプログラムで設定を変更します。

表 7-18 P17 設定

項目		設定	
		SPI 送信時	その他
PORT1	P17	出力 高駆動出力有効	入力

【注】 条件によりプログラムで設定を変更します。

7.2.2.3 P30・P31

P30、P31 を使用してユニットアドレスを設定します。P30、P31 の設定条件を表 7-19 に、ユニットアドレス設定を表 7-20 に示します。

表 7-19 P30・P31 設定

項目		設定
PORT3	P30	入力
	P31	入力

表 7-20 ユニットアドレス設定

ユニット	アドレス	入力	
		P31	P30
A	0Ah (0Ah + 00b)	Low	Low
B	0Bh (0Ah + 01b)	Low	High
C	0Ch (0Ah + 10b)	High	Low
D	0Dh (0Ah + 11b)	High	High

7.2.3 通信処理

7.1.1 ホスト-計測ユニット間通信に基づきホスト通信処理を行い、計測動作の開始、および計測結果の送信を行います。通信処理のフローを図 7-4 に示します。

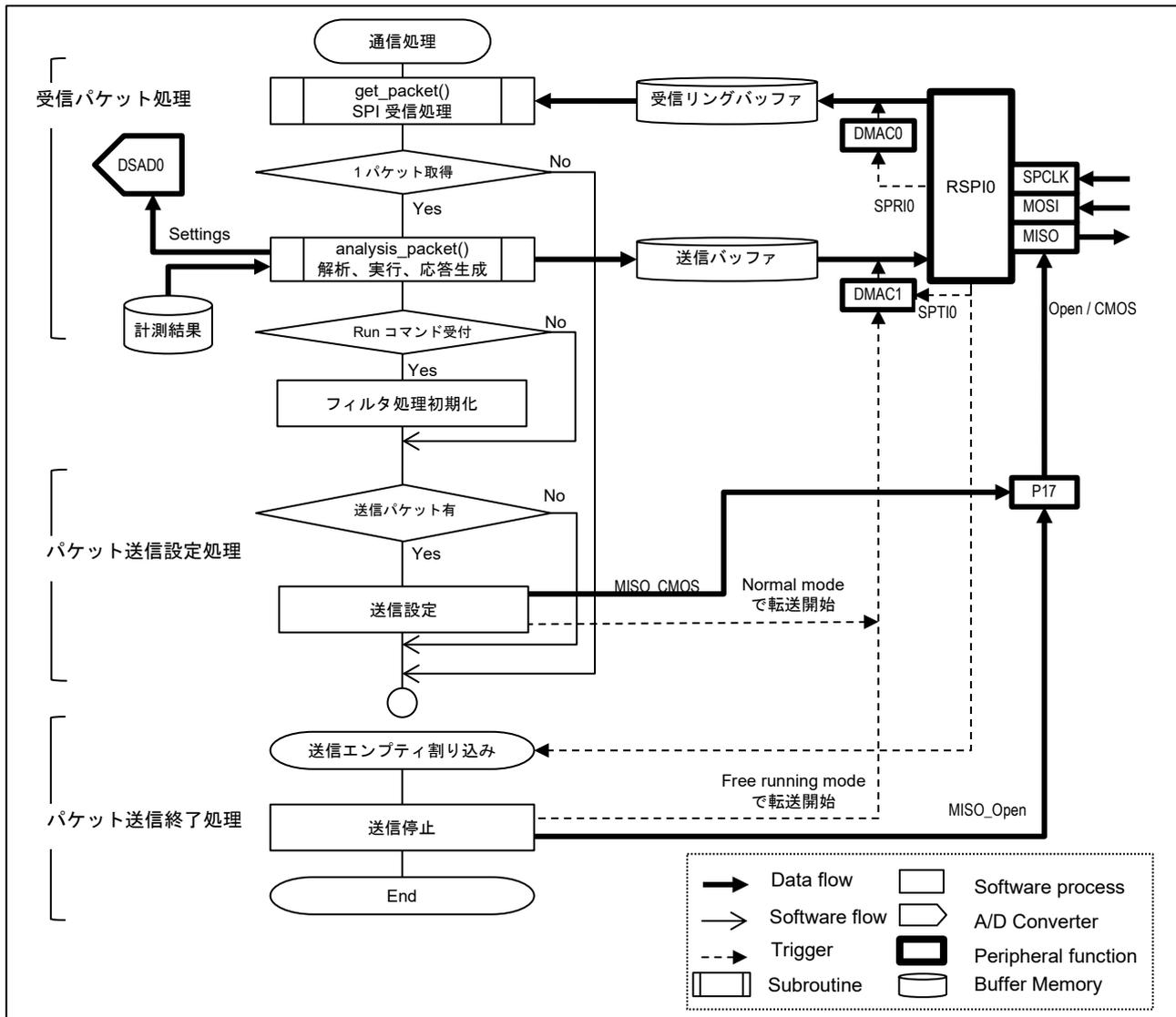


図 7-4 通信処理フロー

各処理の概略は次の通りです。

- 受信パケット処理
 受信リングバッファから1パケットを取得し、パケットの解析と対応する処理を行い、応答パケットを送信バッファに格納します。表 7-21 に本プログラムで対応するコマンドと、コマンドに対応する処理を示します。対応しないコマンドに対してはNACKを返します。

表 7-21 パケットとアクション

受信コマンド	処理	応答
Negotiation	機能指定による AFE・DSAD の設定	計測ユニットの計測機能を返す
Run	A/D 変換開始	-
Stop	A/D 変換停止	-
GetData	-	指定された計測結果を返す

送信バッファに格納するデータは後述のため応答パケット+FFh で構成します。

- パケット送信設定処理

送信パケットがある場合、以下の手順で送信設定を行います。図 7-5 に動作を図示します。

1. RSPI0 停止
2. DMAC1 をノーマル転送モード、転送回数を「送信パケット長+1 バイト」に設定し転送許可
3. MISO 端子を出力へ切り換え
4. RSPI0 起動

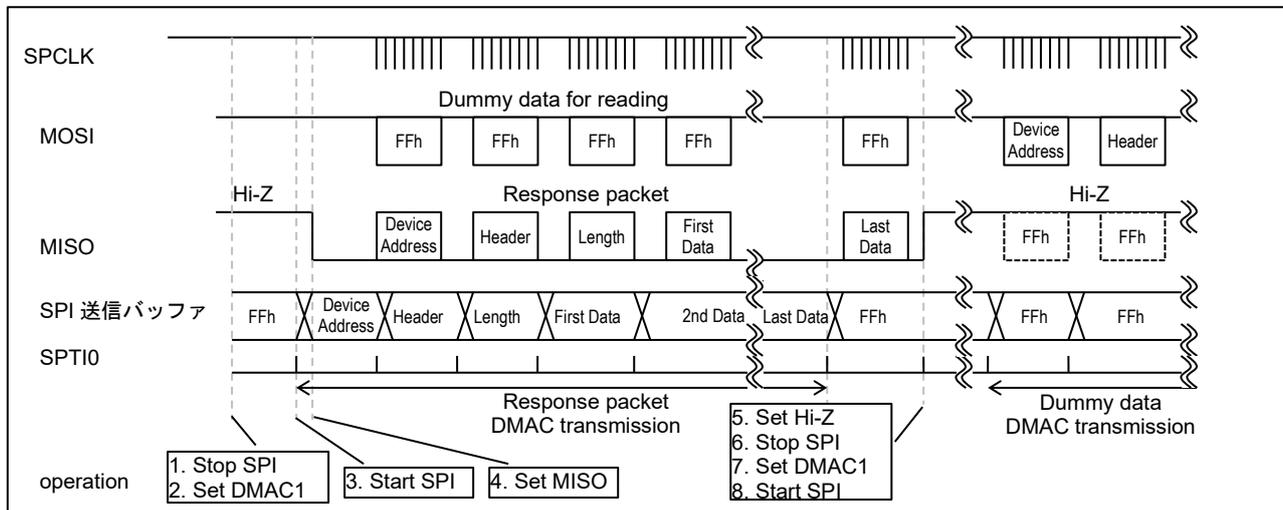


図 7-5 パケット送信処理動作

- パケット送信終了処理

DMAC1 の転送終了後に発生する RSPI0 の送信バッファエンプティ割り込み(SPTIO)で、以下の処理を行います。図 7-5 に動作を図示します。

5. MISO 端子を入力へ切り換え
6. RSPI0 停止
7. DMAC1 をフリーランニング転送モード、固定値:FFh を転送するよう設定し、転送許可
8. RSPI0 起動

受信に使用するリングバッファは拡張リポートエリアへの DMAC 転送のため、バッファサイズに合わせたアライメントでアドレス配置をしています。本プログラムでは、セクション名を B_DMCA_REPEAT_AREA として宣言し、配置を設定しています。

7.2.4 プログラム構成

7.2.4.1 ファイル構成

表 7-22 ファイル構成

フォルダ名、ファイル名	説明
src	
└ smc_gen	Smart Configurator 生成
├ general	
├ r_bsp	
├ Config_DMACH0	
├ Config_DMACH1	
├ Config_DSAD0	
├ Config_PORT	
├ Config_RSPI0	
├ r_config	
├ r_pincfg	
└ rx23ea_edge.c	
└ r_ring_buffer_control_api.c	リングバッファ制御プログラム
└ r_ring_buffer_control_api.h	リングバッファ制御 API 定義
└ r_sensor_common_api.c	テーブル検索、直線補間処理プログラム
└ r_sensor_common_api.h	テーブル検索、直線補間処理 API 定義
└ r_thermocouple_api.c	熱電対計測演算プログラム、温度対熱起電力テーブル
└ r_thermocouple_api.h	熱電対計測演算 API 定義
└ r_thermocouple_cfg.h	熱電対計測条件定義
└ r_rtd_api.c	測温抵抗体計測演算プログラム、温度対抵抗値テーブル
└ r_rtd_api.h	測温抵抗体計測演算 API 定義
└ r_rtd_cfg.h	測温抵抗体計測条件定義
└ r_voltage_api.c	電圧計測演算プログラム
└ r_voltage_api.h	電圧計測演算 API 定義

7.2.4.2 マクロ定義

表 7-23 rx23ea_edge.c 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_CAL_AVERAGE_NUM	int32_t	98	移動平均処理回数

表 7-24 r_thermocouple_cfg.h 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_TC_CFG_REFOUT	float	2.5F	REFOUT 電圧 V_{REF0} [V]
D_TC_CFG_PGA_GAIN	float	128.0F	熱電対計測用 PGA ゲイン [倍]
D_TC_CFG_CODE_FS	int32_t	8388608	2^{23}
D_TC_CFG_DF_GAIN	float	1.0F	デジタルフィルタゲイン [倍]

表 7-25 r_thermocouple_api.c 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_TC_GAIN	float	$\frac{D_TC_CFG_REFOUT}{(D_TC_CFG_CODE_FS * D_TC_CFG_PGA_GAIN * D_TC_CFG_DF_GAIN) * 1000000}$	A/D 値から熱起電力 [μ V] に変換する係数 $\frac{V_{REF0}}{2^{23} \cdot G_{PGA0} \cdot G_{DF0}} \cdot 10^6$
D_TC_OFFSET	float	0.0F	熱起電力オフセット [μ V]
D_TC_TABLE_TEMP_MIN	float	-75.0F	テーブルの最小温度 [$^{\circ}$ C]
D_TC_TABLE_TEMP_MAX	float	251.0F	テーブルの最大温度 [$^{\circ}$ C]

表 7-26 r_rtd_cfg.h 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_RTD_CFG_TYPE	-	1	測温抵抗体 1: 4 線式 2: 3 線式
D_RTD_CFG_RREF	float	5100.0F	RREF 抵抗値 R_{REF} [Ω]
D_RTD_CFG_PGA_GAIN	float	32.0F	RTD 計測用 PGA のゲイン [倍]
D_RTD_CFG_CODE_FS	int32_t	8388608	2^{23}
D_RTD_CFG_DF_GAIN	float	1.0F	デジタルフィルタゲイン [倍]
D_RTD_CFG_OFFSET	float	0.0F	オフセット抵抗値 [Ω]

表 7-27 r_rtd_api.c 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_RTD_GAIN	float	$\frac{D_RTD_CFG_RREF}{(D_RTD_CFG_CODE_FS * D_RTD_CFG_PGA_GAIN * D_RTD_CFG_DF_GAIN)}$	A/D 値から RTD 抵抗値 [Ω] に変換するための係数 $\frac{R_{REF}}{2^{23} \cdot G_{PGA1} \cdot G_{DF1}}$
D_RTD_TABLE_TEMP_MIN	float	-40.0F	テーブルの先頭温度 [$^{\circ}$ C]
D_RTD_TABLE_TEMP_MAX	float	86.0F	テーブル要素数

表 7-28 r_voltage_api.h 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_VOLTAGE_VREF	float	2.5F	VREF 電圧 V_{REF} [V]
D_VOLTAGE_PGA_GAIN	float	1.0F	端子電圧計測用 PGA のゲイン G_{PGA} [倍]
D_VOLTAGE_CODE_FS	float	8388608.0F	2^{23}

7.2.4.3 構造体および共用体

表 7-29 rx23ea_edge.c : メイン処理ファイル構造体および共用体一覧

構造体型名	st_unit_info_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	uint32_t	addr	ユニットアドレス
uint32_t	func	計測機能	
共用体型名	u_measure_data_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	float	dataf	float 型計測結果データ
uint8_t	buf[4]	8bit 型計測結果データ格納配列	

表 7-30 r_ring_buffer_control_api.h : リングバッファ制御ヘッダファイル構造体一覧

構造体型名	st_ring_buf_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	uint32_t *	p_buf	リングバッファへのポインタ
	size_t	length	リングバッファ長
	uint32_t	r_index	リードインデックス
uint32_t	w_index	ライトインデックス	

表 7-31 r_sensor_common_api.h : 計測共用ヘッダファイル構造体一覧

構造体型名	st_cal_moveavg_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	int32_t	count	カウント数
	int32_t	sumdata	入力データ加算値
	int32_t *	p_deldata	入力データ格納配列へのポインタ
int32_t	avgnum	移動平均サンプル数	

7.2.4.4 関数一覧

表 7-32 rx23ea_edge.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
main main 関数	void	-	-	void	-	-
analysis_pakect 受信パケットに従い、 コマンド実行し、応答 パケットを格納する	uint32_t	応答デー タ長	I	const uint32_t	rcv_pkt[]	受信パケット格納配列
			O	uint32_t	snd_pkt[]	応答パケット格納配列
			I/O	st_unit_info_t*	p_info	計測結果送信許可フラグへのポ インタ
			I	float	meas_buf[]	計測結果格納配列
get_packet 受信リングバッファか ら、1パケット読み出 す	size_t	受信パ ケット長	I/O	st_ring_buf_t*	r_buf	受信リングバッファへのポイン タ
			O	uint32_t	rcv_pkt[]	受信パケット格納配列
			I	const uint32_t	my_addr	自ユニットアドレス
strage_ad_data A/D 変換値取得	void	-	O	int32_t	dsad[]	A/D 変換値格納配列

表 7-33 r_ring_buffer_control_api.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_RINGBUF_GetData リングバッファから指定バイ ト数を読み出す	size_t	読み出し バイト数	I	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
			O	uint8_t	data[]	データ格納配列
			I	size_t	len	読み出しバイト数
			I	bool	index_update	インデックス更新フラグ true:更新する false:更新しない
R_RINGBUF_SetData リングバッファへ指定バイト 数書き込む	size_t	書き込み バイト数	O	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
			I	uint8_t	data[]	データ格納配列
			I	size_t	len	書き込みバイト数
R_RINGBUF_GetDataLength リングバッファに格納された バイト数を読み出す	size_t	格納バイ ト数	I	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
R_RINGBUF_SetDataIndex リングバッファのインデッ クスを更新する	uint32_t	インデッ クス値	O	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
			I	uint16_t	value	インデックス値
			I	uint8_t	select	対象インデックス 0:Read、1:Write

表 7-34 r_sensor_common_api.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_CALC_BinarySearch 検索テーブルから検索するデータを2分検索し、検索するデータを越えない最近値のインデックスを返す	uint16_t	インデックス値	I	const float *	p_data_table	検索テーブルのポインタ (昇順)
			I	uint16_t	table_size	検索テーブルの要素数
			I	float	data	検索するデータ
R_CALC_Lerp (x0,y0)、(x1,y1)の2点から、入力xに対するyを直線補間で求める	float	直線補間結果	I	float	x0	x0の値
			I	float	y0	y0の値
			I	float	x1	x1の値
			I	float	y1	y1の値
			I	float	x	xの値
R_CALC_MovingAverage 入力データに対する移動平均処理結果を返す	float	移動平均結果	I	const int32_t	data	入力データ
			I	st_cal_moveavg_t *	p_cal_moveavg	移動平均処理用変数へのポインタ

表 7-35 r_thermocouple_api.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_TC_TempToEmf 温度から熱電対の熱起電力を算出	float	熱起電力 [μ V]	I	float	temp	温度 [°C]
R_TC_DsadToEmf A/D変換値から熱電対の熱起電力を算出	float	熱起電力 [μ V]	I	float	dsad	A/D変換値
R_TC_EmfToTemp 熱電対の熱起電力から温度を算出	float	温度 [°C]	I	float	emf	熱起電力 [μ V]

表 7-36 r_rtd_api.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_RTD_DsadToTemp A/D変換値から温度を算出	float	温度 [°C]	I	float	dsad	A/D変換値

表 7-37 r_voltage_api.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_VOLTAGE_DsadToVoltage A/D変換値から端子電圧を算出	float	電圧 [V]	I	float	dsad	A/D変換値

表 7-38 Config_DSAD0 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_DSAD0_IsConversionEnd DSAD0の変換完了フラグでA/D変換中かどうかを返す	bool	false : Conversion true : Conversion end	-	void	-	-
R_DSAD0_ClearConversionFlag DSAD0の変換完了フラグをクリア	void	-	-	void	-	-
R_DSAD0_IsScanEnd DSAD0のスキャン完了フラグでスキャン中かどうかを返す	bool	false : Scan true : Scan end	-	void	-	-
R_DSAD0_ClearScanFlag DSAD0のスキャン完了フラグをクリア	void	-	-	void	-	-
R_DSAD0_CHnEN DSAD0のチャンネル有効化とAFEの有効無効化を設定	void	-	l	uint32_t	ch	enable channel

表 7-39 Config_DMACH0 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_DMACH0_SetDestAddr DMACH0のDMDARを設定	void	-	l	void *	p_addr	destination address
R_DMACH0_GetDestAddr DMACH0のDMDARを返す (マクロ関数)	void	-	-	void	-	-

表 7-40 Config_DMACH1 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_DMACH1_SetSrcAddr DMACH1のDMSARを設定	void	-	l	void *	p_addr	source address
R_DMACH1_SetTxCount DMACH1のDMCRAを設定	void	-	l	uint32_t	cnt	transfer count
R_DMACH1_SetFreerunMode DMACH1をフリーランニングモードへ設定	void	-	-	void	-	-
R_DMACH1_SetNormalMode DMACH1をノーマルモードへ設定	void	-	l	uint32_t	cnt	transfer count

表 7-41 Config_PORT ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_PORT_SetOpenMiso P17/MISO 端子を入力に設定 (マクロ関数)	void	-	-	void	-	-
R_PORT_SetCmosMiso P17/MISO 端子を出力に設定 (マクロ関数)	void	-	-	void	-	-
R_PORT_GetUnitAddr ユニットアドレス加算値を返す	uint32_t	アドレス加算値	-	void	-	-

表 7-42 Config_RSPIO ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_RSPIO_SendStart RSPIO の送信を開始させる	void	-	-	void	-	-
R_RSPIO_SendStop RSPIO の送信を停止させる	void	-	-	void	-	-
R_RSPIO_ReceiveStart RSPIO の受信を開始させる	void	-	-	void	-	-

7.3 ホスト処理 (RX72M)

7.3.1 動作概要

RX72Mは、PC ツールと通信を行い、PC ツールからの Run コマンドにより「7.1.1 ホスト-計測ユニット間通信」に基づいて、4つの計測ユニット (RX23E-A) が計測した温度または電圧を 10msec 周期で取得して PC ツールへ送信します。

図 7-6 に本サンプルプログラムの処理フローを示します。

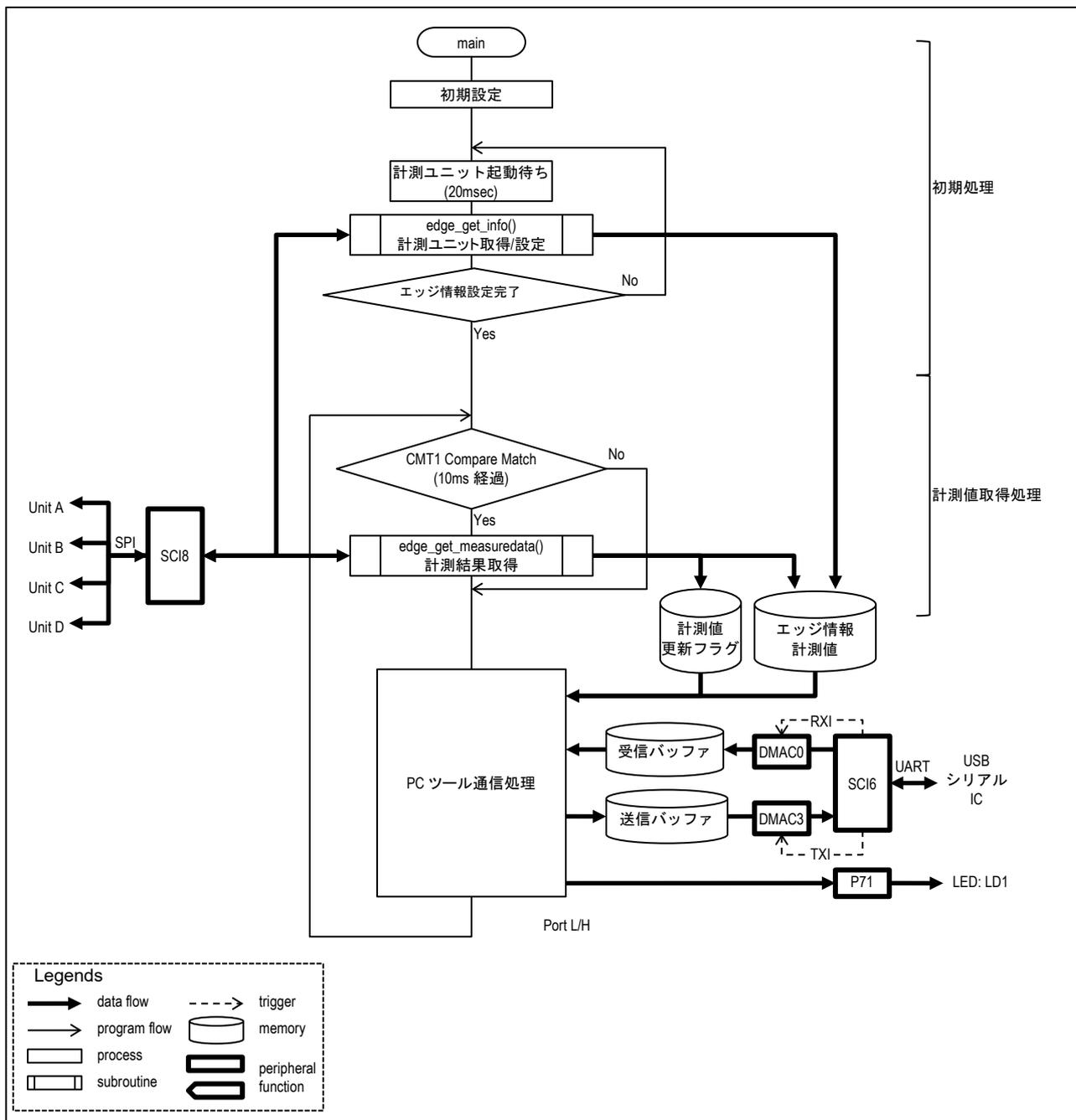


図 7-6 RX72M プログラムフロー

各処理の概略は次の通りです。

- 初期設定
 - 以下の処理を行います。
 - 通信バッファの初期化および SCI6、DMAC0、SCI8 の動作開始
 - 計測ユニットの起動待ち時間後、計測ユニットとの通信による情報取得と計測機能設定
- 計測値取得処理
 - CMT1 のコンペアマッチ(10msec)をトリガに計測ユニットから計測結果を取得し、計測結果更新フラグをセットします。本処理で計測ユニットと通信し、計測結果を取得します。
- PC ツール通信処理
 - PC ツールプログラムからの受信パケットを解析し、計測の開始/停止を行い、応答パケットを送信します。計測結果更新フラグがセットされている場合は計測値を送信します。
 - 詳細は「7.3.4 PC ツール通信処理」を参照ください。

上記各処理で行う計測ユニットとの通信処理の詳細は「7.3.3 計測ユニット通信処理」を参照ください。

7.3.2 使用する周辺機能と端子一覧

本サンプルプログラムで使用する周辺機能一覧を表 7-43 に、使用端子一覧を表 7-44 に示します。合わせて各周辺機能の設定条件を示します。

周辺機能の設定は SC のコード生成機能を用いて生成しています。

表 7-43 使用する周辺機能一覧

周辺機能	用途
SCI6	PC ツールプログラムとの通信
SCI8	計測ユニットとの簡易 SPI 通信
DMAC0	SCI6 の受信完了割り込みをトリガにデータ転送
DMAC3	SCI6 の送信データエンプティ割り込みをトリガにデータ転送
CMT0	SCI6 の通信タイムアウト検出
CMT1	計測結果取得タイミング
P71	LED:LD1 点灯制御

表 7-44 使用端子一覧

ピン番号	端子名	I/O	用途
M5	PJ0/SCK8	O	SCI8 クロック出力端子
L6	PJ2/SMOSI8	O	SCI8 送信端子
R9	PC6/SMISO8	I	SCI8 受信端子
J9	PK3	O	絶縁電源制御信号
J13	P71	O	LED:LD1 点灯制御
E3	P00/TXD6	O	SCI6 送信端子
D5	P01/RXD6	I	SCI6 受信端子
H7	PJ3/CTS6#	I	CTS6 信号入力端子

7.3.2.1 SCI8

計測ユニットとの通信に SCI8 を SPI クロック同期式モード・マスタ送受信で使します。SCI8 の設定条件を表 7-45 に示します。

表 7-45 SCI8 設定

項目		設定
データ転送方向設定		MSB ファースト
送受信データ・レベル設定		標準
転送速度設定	転送クロック	内部クロック
	ビットレート	1000kbps
	ビットレートモジュレーション機能有効	無効
クロック設定	クロック遅れあり	なし
	クロック極性反転あり	なし
データ処理設定	送信データ処理	割り込みサービスルーチンで処理する
	受信データ処理	割り込みサービスルーチンで処理する
割り込み設定	TXI8 優先順位	レベル 15 (最高)
	RXI8 優先順位	レベル 15 (最高)
	受信エラー割り込み許可	有効
	TEI8、ERI8 優先順位	レベル 15 (最高)
コールバック機能設定	送信完了	有効
	受信完了	有効
	受信エラー	有効

7.3.2.2 SCI6・DMAC0・DMAC3・CMT0

PC ツールプログラムとの通信に SCI6 を調歩同期モードで使用します。受信データの取得には DMAC0、送信データの設定に DMAC3 を使用します。また、通信タイムアウトの検出に CMT0 を使用します。

各周辺機能の設定条件を以下に示します。

表 7-46 SCI6 設定

項目		設定
スタートビット検出設定		RXD6 端子の Low レベル
データ・ビット長		8 ビット
パリティ設定		禁止
ストップビット設定		1 ビット
データ転送方向設定		LSB ファースト
転送速度設定	転送クロック	内部クロック
	ビットレート	3,000,000 bps
	ビットレートモジュレーション機能	有効
	SCK6 端子機能	SCK6 を使用しない
ノイズフィルタ設定	ノイズ除去機能を使用する	無効
ハードウェアフロー設定		CTS6#
データ一致検出機能		無効
データ処理設定	送信データ処理	DMAC で処理する
	受信データ処理	DMAC で処理する
割り込み設定	TXI6 優先順位	レベル 15 (最高)
	RXI6 優先順位	レベル 15 (最高)
	受信エラー割り込み許可	無効
	TEI6、ERI6 優先順位	レベル 15 (最高)
コールバック機能設定		無効

表 7-47 DMAC 設定

項目		設定	
		DMAC0	DMAC3
DMA 起動要因		SCI6 (RXI6)	SCI6 (TXI6)
起動要因フラグ制御		起動要因フラグをクリアする	
転送モード		フリーランニングモード	ノーマルモード
転送データサイズ		8 ビット	
転送回数/リピートサイズ/ブロックサイズ		-	(実行時に設定)
転送元 アドレス 設定	転送元アドレス	0008 A0C5h (SCI6.RDR) アドレス固定	(実行時に設定) アドレスインクリメント
	転送元アドレスに拡張リピート エリアを設定する	-	有効
	拡張リピートエリア		当該アドレスの下位 12 ビット(4K バイト)
転送先 アドレス 設定	転送先アドレス	(実行時に設定) アドレスインクリメント	0008 A0C3h (SCI6.TDR) アドレス固定
	転送先アドレスに拡張リピート エリアを設定する	有効	-
	拡張リピートエリア	当該アドレスの下位 9 ビット (512 バイト)	
割り込み設定		割り込み許可しない	

表 7-48 CMT0 設定

項目		設定
クロック設定		PCLKB/512
コンペアマッチ 設定	インターバル時間	1000ms
	コンペアマッチ割り込みを許可 (CMI0)	無効

7.3.2.3 CMT1

計測結果の取得タイミングのために CMT1 を使用します。CMT1 の設定条件を表 7-49 に示します。

表 7-49 CMT1 設定

項目		設定
クロック設定		PCLKB/8
コンペアマッチ 設定	インターバル時間	10ms
	コンペアマッチ割り込みを許可 (CMI1)	有効
	優先順位	レベル 0 (割り込み禁止)

7.3.2.4 P71

P71 を使用して LED:LD1 の点灯・消灯を行います。計測ユニットが計測中に点灯します。P71 の設定条件を表 7-50 に示します。

表 7-50 P71 設定

項目		設定
PORT7	P71	出力 CMOS 出力 1 を出力

7.3.3 計測ユニット通信処理

計測ユニットの情報取得・計測機能設定・計測結果取得は、「7.1.1 ホスト-計測ユニット間通信」に基づいて、計測ユニットとの通信で行います。

計測ユニット通信処理のフローを図 7-7 に示します。使用する関数については「表 7-57 rx72m_host.c 関数一覧」を参照ください。

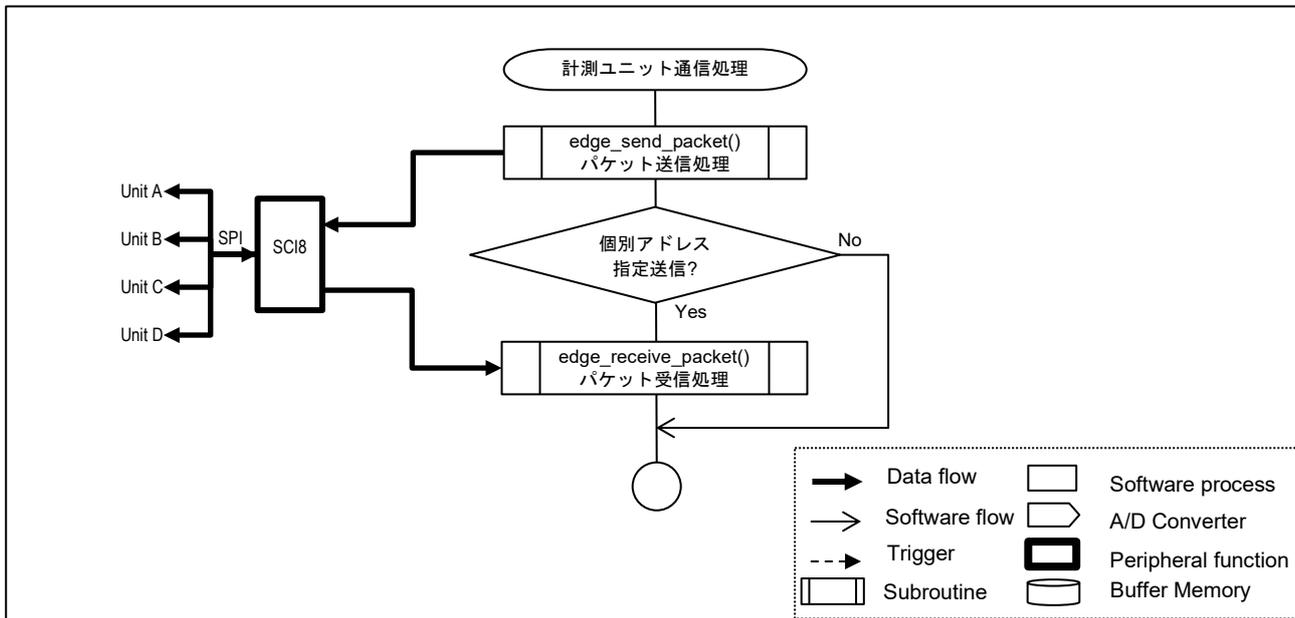


図 7-7 計測ユニット通信処理フロー

各処理の概略は次の通りです。

- **パケット送信処理**
計測ユニットの情報取得・計測機能設定・計測結果取得を行う上位処理で作成した要求パケットを送信します。
- **パケット受信処理**
個別アドレスを指定したパケット送を送信した場合、計測ユニットからの応答パケットを取得します。

計測ユニットとの通信は、送信・受信共に1バイト単位で通信します。

表 7-51 に本プログラムで対応するコマンドと、コマンドに対応する処理および発行箇所を示します。

表 7-51 パケットとアクション

コマンド	処理	発行箇所
Negotiation (Get)	取得した計測ユニットの計測機能から計測機能を選択する。	計測ユニット情報取得
Negotiation (Set)	計測ユニットへ計測機能を指定する。	計測ユニット情報設定
Run	計測ユニットの計測を開始する。	PC ツールから Run コマンドを受信時
Stop	計測ユニットの計測を停止する。	PC ツールから Stop コマンドを受信時
GetData	取得した計測結果を計測ユニット情報の計測結果データに格納する。	計測結果取得

7.3.4 PC ツール通信処理

RSSKRX23E-A の通信仕様 Rev.2.0 に基づいて、PC ツールプログラムとの処理を行います。

PC ツール通信処理のフローを図 7-8 に示します。

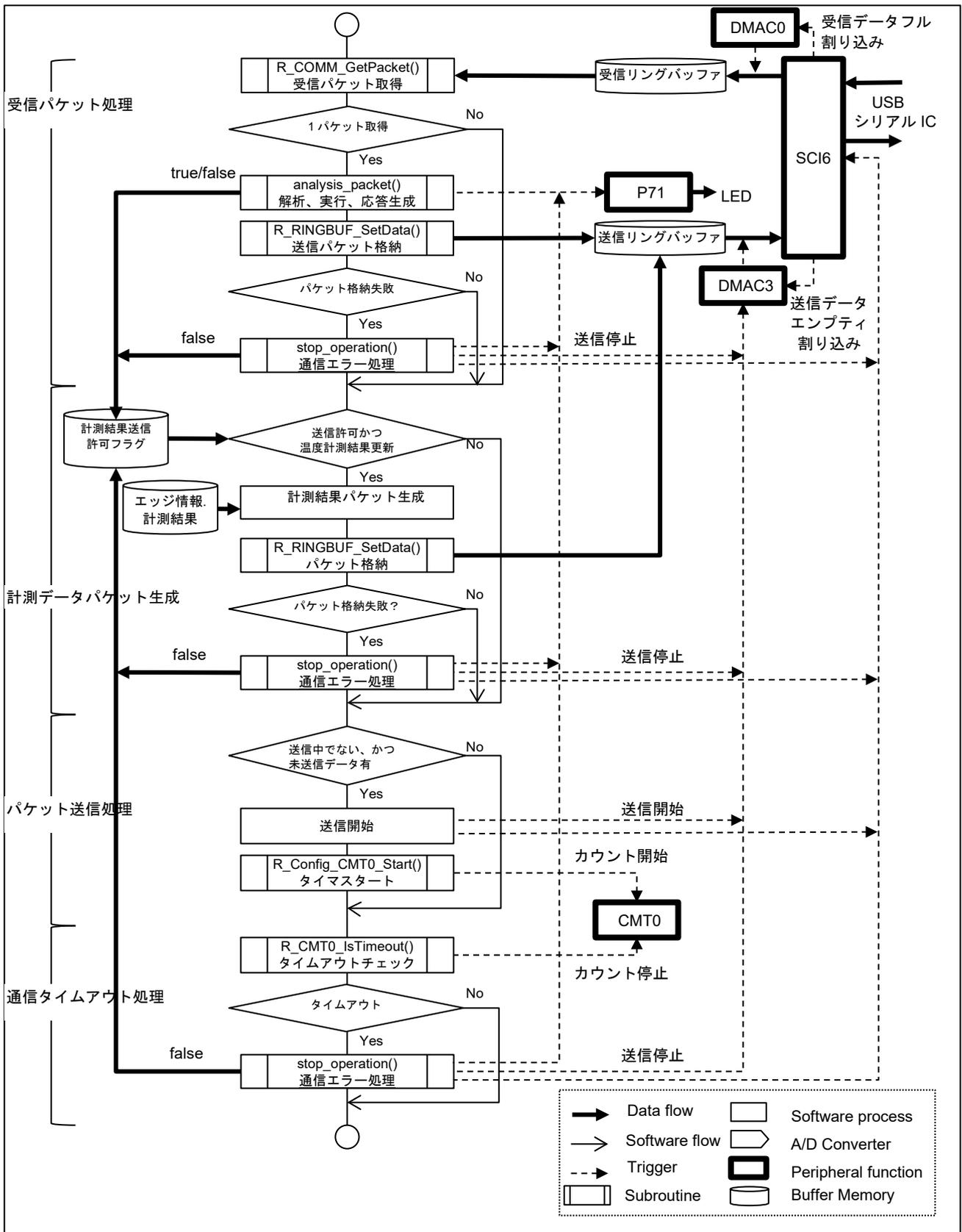


図 7-8 PC ツール通信処理フロー

各処理の概略は次の通りです。

- 受信パケット処理

受信リングバッファから受信パケットを1つ取得し、コマンドの解析、対応する処理を行い、応答パケットを送信リングバッファに格納します。表 7-52 に本プログラムで対応するコマンドと、コマンドに対応する処理を示します。対応しないコマンドに対しては NACK を返します。

応答パケットが送信リングバッファに格納できない場合は、通信エラー処理を行います。

表 7-52 パケットとアクション

コマンド	処理
Negotiation	応答パケットでシステム条件を返す
Run	計測ユニットの計測を開始、計測結果送信許可フラグをセット、LD1 を点灯
Stop	計測ユニットの計測を停止、計測結果送信許可フラグをクリア、LD1 を消灯
ExtraInformation	応答パケットで出力データレートを返す

- 計測データパケット生成

計測結果送信許可フラグがセットかつ計測結果の更新がある場合、計測結果の送信パケットを生成し送信リングバッファに格納します。

応答パケットが送信リングバッファに格納できない場合は通信エラー処理を行います。

- パケット送信処理

データ送信中でなく、送信リングバッファに未送信データがある場合、DMAC3 で送信を開始し、タイムアウト検出用の CMT0 で 1 秒のカウントを開始します。

- 通信タイムアウト処理

送信が完了していればタイムアウト検出用の CMT0 を停止します。

送信中の場合、タイマのコンペアマッチを確認し、コンペアマッチが発生していればタイムアウトと判定します。タイムアウトと判定した場合、通信エラー処理を行います。

- 通信エラー処理

送信パケットを送信リングバッファに格納できない場合、または通信タイムアウトが発生した場合、通信を停止して再接続可能とするため、次の処理を行います。

- 送信に使用する SCI6 と DMAC3 を停止
- 送信バッファと計測結果送信許可フラグをクリア
- LD1 を消灯

送信・受信に使用するリングバッファは DMAC 転送対象のため、各バッファサイズに合わせたアライメントでアドレス配置をしています。本プログラムでは、セクション名を B_DMACH_REPEAT_AREA として宣言し、最大バッファサイズに合わせて配置を設定しています。

7.3.5 プログラム構成

7.3.5.1 ファイル構成

表 7-53 ファイル構成

フォルダ名、ファイル名	説明
src	
└ smc_gen	Smart Configurator 生成
├ general	
├ r_bsp	
├ Config_CMT0	
├ Config_CMT1	
├ Config_DMAC0	
├ Config_DMAC3	
├ Config_PORT	
├ Config_SCI6	
├ Config_SCI8	
├ r_config	
├ r_pincfg	
└ rx72m_host.c	
└ r_ring_buffer_control_api.c	リングバッファ制御プログラム
└ r_ring_buffer_control_api.h	リングバッファ制御 API 定義
└ r_communication_control_api.c	PC ツール通信制御プログラム
└ r_communication_control_api.h	PC ツール通信制御 API 定義

7.3.5.2 マクロ定義

表 7-54 rx72m_host.c 定義一覧

定義名	型	値	説明
D_EDGE_NUMS	uint32_t	4	計測ユニット数

7.3.5.3 構造体および共用体

表 7-55 rx72m_host.c : メイン処理ファイル構造体および共用体一覧

構造体名	st_edge_info_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	uint32_t	addr	ユニットアドレス
	uint32_t	func	計測機能
	uint32_t	type	計測結果データの種類
	float	data	計測結果データ
構造体名	u_edge_data_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	float	dataf	float 型計測結果データ
	uint8_t	buf[4]	8bit 型計測結果データ格納配列

表 7-56 r_ring_buffer_control_api.h : リングバッファ制御ヘッダファイル構造体一覧

構造体名	st_ring_buf_t		
メンバ変数	型	名称	内容
	uint8_t *	buf	リングバッファのポインタ
	size_t	length	リングバッファ長
	uint32_t	r_index	リードインデックス
	uint32_t	w_index	ライトインデックス

7.3.5.4 関数一覧

表 7-57 rx72m_host.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
main main 関数	void	-	-	void	-	-
stop_operation DMAC、SCI6 の停止、リングバッファの初期化、LD1 消灯	void	-	I	st_ring_buf_t *	ary	リングバッファへのポインタ
analysis_pakect 受信パケットに従い、コマンド実行し、応答パケットを格納する Run/Stop コマンドの場合、計測結果送信許可フラグを更新	size_t	応答データ長	I	uint8_t const	recv_pkt[]	受信パケット格納配列
			O	uint8_t	send_pkt[]	応答パケット格納配列
			O	bool *	p_tx_flag	計測結果送信許可フラグへのポインタ
			I	st_edge_info_t	info_buf[]	計測ユニット情報バッファへのポインタ
edge_cmd_negotiation 計測ユニットへ Negotiation コマンドを実行し、機能の取得、設定を行う	void	-	I	const uint32_t	addr	ユニットアドレス
			I/O	uint32_t *	p_func	計測ユニット機能設定へのポインタ
			I	const uint32_t	mode	Negotiation コマンド動作設定
edge_cmd_run 計測ユニットへ Run コマンドを実行する	void	-	I	const uint32_t	addr	ユニットアドレス
edge_cmd_stop 計測ユニットへ Stop コマンドを実行する	void	-	I	const uint32_t	addr	ユニットアドレス
edge_get_info 計測ユニット情報の取得、機能設定を行う	bool	false : 取得失敗 true : 取得完了	I/O	st_edge_info_t	info_buf[]	計測ユニット情報バッファへのポインタ
			I	const uint32_t	func_buf[]	計測ユニット機能設定バッファへのポインタ
			I	const uint32_t	num	ユニット数
edge_send_packet 計測ユニットへデータを送信する	void	-	I	uint32_t *	p_data	送信データバッファへのポインタ
			I	const uint32_t	len	送信データ数
edge_receive_packet 計測ユニットからデータを受信する	bool	false : NACK 応答 true : ACK 応答	O	uint32_t *	p_data	受信データバッファへのポインタ
edge_get_measuredata 計測ユニットから計測結果を取得する	bool	false : 計測結果取得失敗 true : 計測結果取得完了	I	st_edge_info_t	info_buf[]	計測ユニット情報バッファへのポインタ
			I	const uint32_t	num	ユニット数
delay_usec マイクロ秒単位でソフトウェアディレイを行う	void	-	I	uint32_t	delay	ディレイ時間

表 7-58 r_communication_control_api 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_COMM_GetPacket 受信リングバッファから、1 パケット読み出す	size_t	パケット長 [Byte]	I	st_ring_buf_t*	r_buf	受信リングバッファへのポインタ
				uint8_t	r_packet[]	受信パケット格納配列

表 7-59 r_ring_buffer_control_api.c 関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_RINGBUF_GetData リングバッファから指定バイ ト数を読み出す	size_t	読み出し バイト数	I	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
			O	uint8_t	data[]	データ格納配列
			I	size_t	len	読み出しバイト数
			I	bool	index_update	インデックス更新フラグ true:更新する false:更新しない
R_RINGBUF_SetData リングバッファへ指定バイ ト数書き込む	size_t	書き込み バイト数	O	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
			I	uint8_t	data[]	データ格納配列
			I	size_t	len	書き込みバイト数
R_RINGBUF_GetDataLength リングバッファに格納され たバイト数を読み出す	size_t	格納バ イト数	I	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
R_RINGBUF_SetDataIndex リングバッファのインデッ クスを更新する	uint32_t	インデッ クス値	O	st_ring_buf_t*	ary	リングバッファへのポインタ
			I	uint16_t	value	インデックス値
			I	uint8_t	select	対象インデックス 0:Read、1:Write

表 7-60 Config_CMT0 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_CMT0_IsTimeout タイムアウトかどうかを返す	bool	false : カウント中 true : タイムアウト	I	bool	flag	カウンタ停止 false : 続行 true : 停止
R_CMT0_CntClear CMT0 のコンペアマッチタイ マカウンタをクリアする	void	-	-	void	-	-

表 7-61 Config_CMT1 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_CMT1_CheckTimer 10msec 経過しているかどう かを返す	bool	false : カウント中 true : 10msec 経過	-	void	-	-
R_CMT1_IrClear CMT1 の IR フラグをクリアす る	void	-	-	void	-	-

表 7-62 Config_DMACH0 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_DMACH0_SetDestAddr DMACH0 の DMDAR を設定	void	-	I	void *	p_addr	destination address
R_DMACH0_GetDestAddr DMACH0 の DMDAR を返す (マクロ関数)	void	-	-	void	-	-

表 7-63 Config_DMACH3 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_DMACH3_SetSrcAddr DMACH3 の DMSAR を設定	void	-	I	void *	p_addr	source address
R_DMACH3_SetTxCount DMACH3 の DMCRA を設定	void	-	I	uint32_t	cnt	transfer count

表 7-64 Config_PORT ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_LED1_On LD1 を点灯 (マクロ関数)	void	-	-	void	-	-
R_LED1_Off LD1 を消灯 (マクロ関数)	void	-	-	void	-	-

表 7-65 Config_SCI6 ユーザー定義関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_SCI6_SendStart SCI6 の送信を開始させる	MD_STATUS	MD_OK	-	void	-	-
R_SCI6_SendStop SCI6 の送信を停止させる	MD_STATUS	MD_OK	-	void	-	-
R_SCI6_ReceiveStart SCI6 の受信を開始させる	MD_STATUS	MD_OK	-	void	-	-
R_SCI6_IsTransferEnd SCI6 の送信状態を返す	bool	false : 送信中 true : 送信完了	-	void	-	-

表 7-66 Config_SCI8 ユーザー追加関数一覧

関数名/概要	戻り値		引数			
	型	値	I/O	型	変数名	説明
R_SCI8_ClearStatus SCI8 送受信状態をクリアする	void	-	-	void	-	-
R_SCI8_CheckStatus SCI8 の送受信状態を返す	bool	false : 送受信中 true : 送受信完了	-	void	-	-

8. プロジェクトをインポートする方法

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

8.1 e² studio での手順

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

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

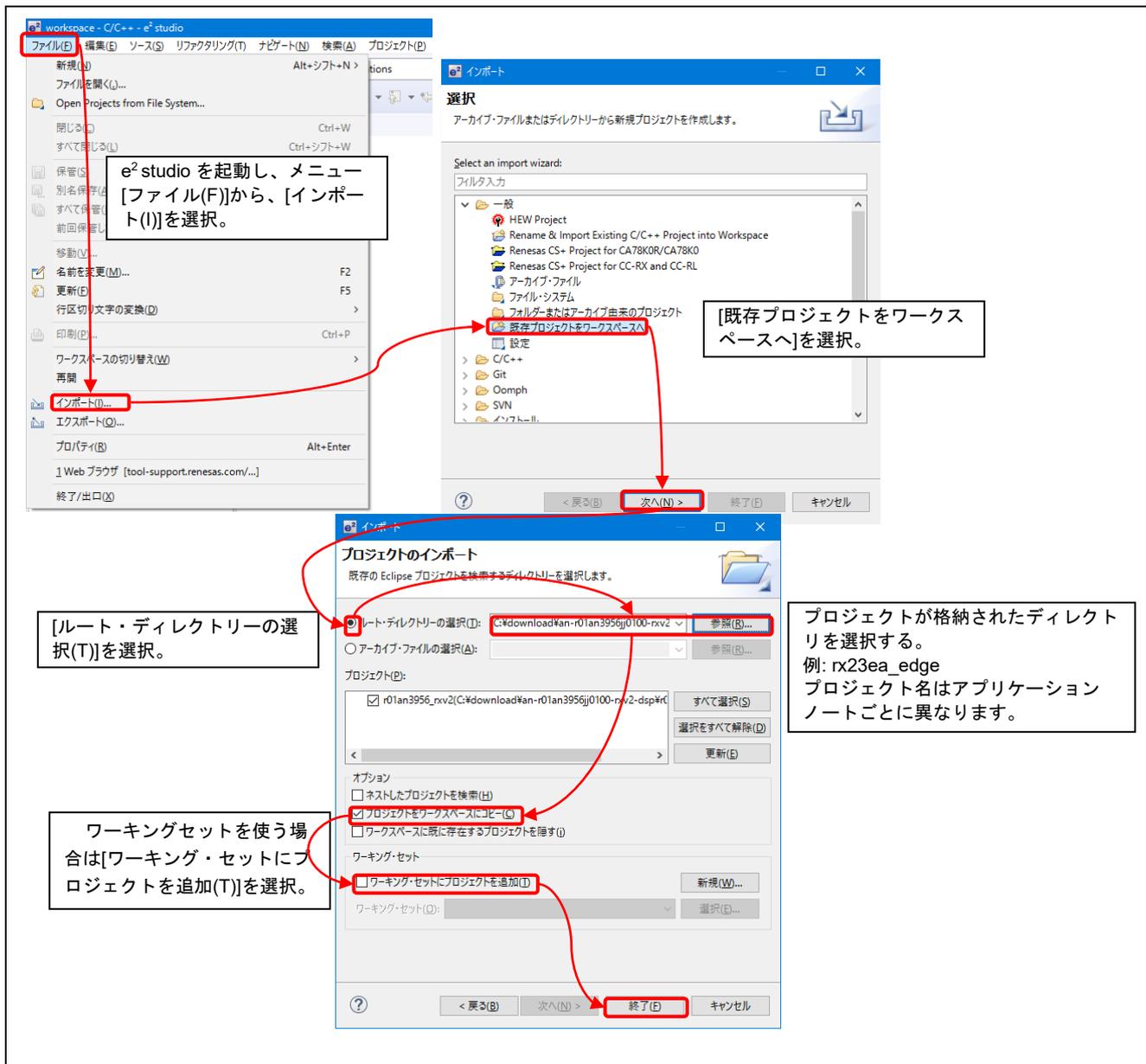


図 8-1 プロジェクトを e² studio にインポートする方法

8.2 CS+での手順

CS+でご使用になる際は、下記の手順でCS+にインポートしてください。

(使用するCS+のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

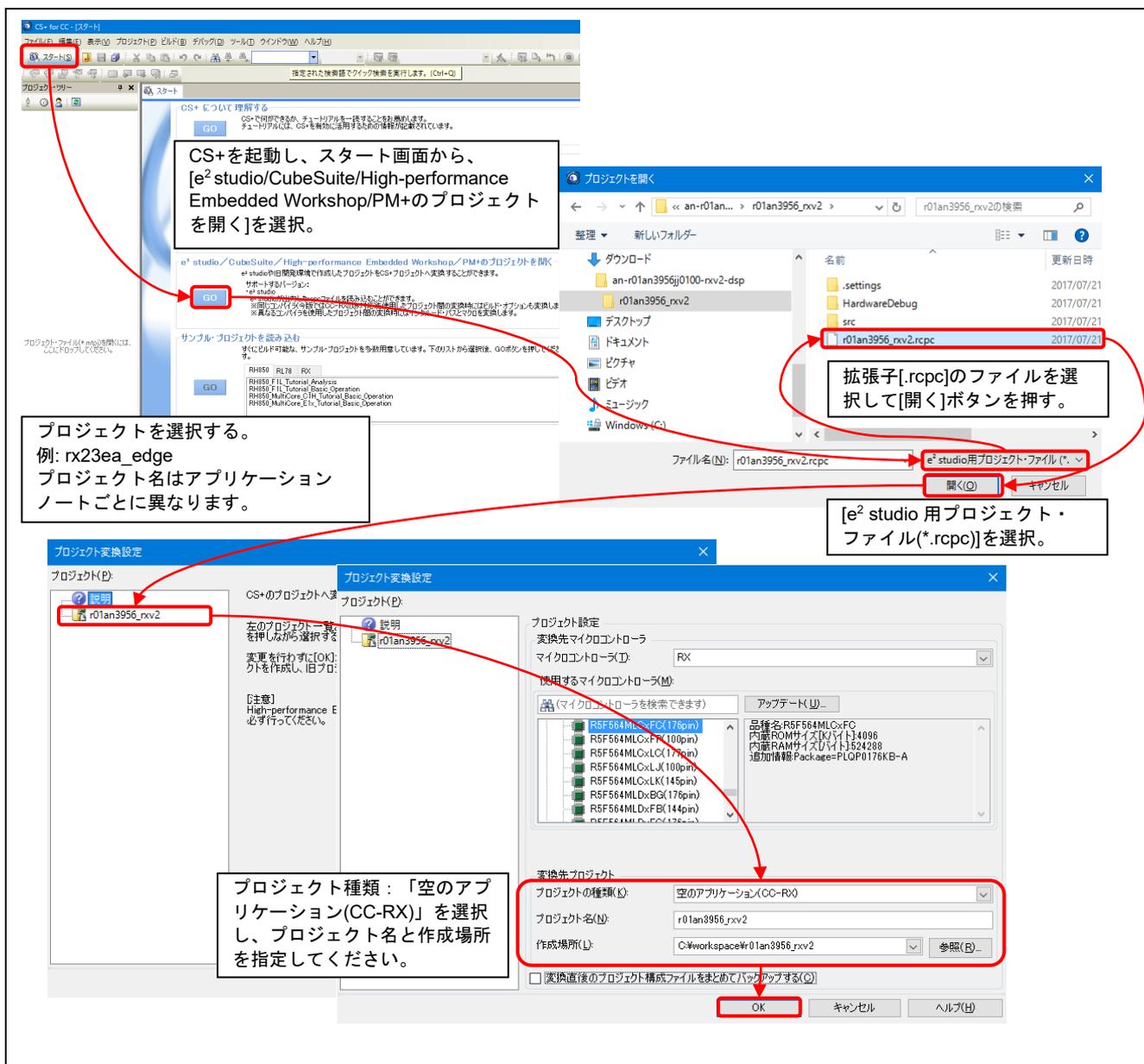


図 8-2 プロジェクトをCS+にインポートする方法

9. サンプルプログラムを使用した動作結果

9.1 使用メモリと実行サイクル数

9.1.1 計測処理 (RX23E-A)

9.1.1.1 ビルド条件

「表 3-1 計測ユニット動作確認環境」において、サンプルプログラムのビルド条件を表 9-1 に示します。この設定は、PC ツール対応のメモリ配置を除いてプロジェクト生成時のデフォルト設定です。

表 9-1 ビルド条件

項目	設定
Compiler	-isa=rxv2 -utf8 -nomessage -output=obj -debug -outcode=utf8 -nologo
Linker	-noprelink -output="rx23ea_edge" -form=absolute -nomessage -vect=_undefined_interrupt_source_isr -list=rx23ea_edge.map -nooptimize -rom=D=R,D_1=R_1,D_2=R_2 -nologo

9.1.1.2 使用メモリ

サンプルプログラムのメモリ使用量を表 9-2 に示します。

表 9-2 メモリ使用量

項目	サイズ [byte]	備考
ROM	11362	
Code	7068	
Data	4294	
RAM	9394 (4326)	【注】
Data	4274	
Stack	5120 (52)	【注】

【注】 “()”で示す RAM の使用量は Stack の使用量から算出

9.1.1.3 実行サイクル数

「図 7-3 RX23E-A プログラムフロー」の「A/D 変換値取得」「温度算出」「電圧算出」「通信処理」各ブロックの実行サイクル数と処理負荷を表 9-3 に示します。

表 9-3 実行サイクル数

ICLK=32MHz

ブロック	実行サイクル数 (実行時間)	処理負荷 [%]	条件
A/D 変換値取得	20cycle (0.625usec)	0.063	
温度算出	689cycle (21.53usec)	2.153	A/D 変換値のフィルタ処理から温度算出まで
電圧算出	50cycle (1.56usec)	0.156	A/D 変換値のフィルタ処理から電圧算出まで
通信処理	634cycle (19.81usec)	1.981	正常動作時の最大処理サイクル数

9.1.2 ホスト処理 (RX72M)

9.1.2.1 ビルド条件

「表 3-2 ホスト動作確認環境」において、サンプルプログラムのビルド条件を表 9-4 に示します。この設定は、PC ツール対応のメモリ配置を除いてプロジェクト生成時のデフォルト設定です。

表 9-4 ビルド条件

項目	設定
Compiler	-isa=rxv3 -fpu -dpfpu -asmopt=-bank -utf8 -nomessage -output=obj -debug -outcode=utf8 -tfu=intrinsic -nologo
Linker	form=absolute -nomessage -vect=_undefined_interrupt_source_isr -list=rx72m_host.map -nooptimize -rom=D=R,D_1=R_1,D_2=R_2 -nologo

9.1.2.2 使用メモリ

サンプルプログラムのメモリ使用量を表 9-5 に示します。

表 9-5 メモリ使用量

項目	サイズ [byte]	備考
ROM	13647	
Code	11726	
Data	1921	
RAM	13164 (8192)	【注】
Data	8044	
Stack	5120 (148)	【注】

【注】 “()”で示す RAM の使用量は Stack の使用量から算出

9.1.2.3 実行サイクル数

「図 7-6 RX72M プログラムフロー」の「計測処理」「PC ツール通信処理」各ブロックの実行サイクル数と処理負荷を表 9-6 に示します。

表 9-6 実行サイクル数

ICLK=240MHz

ブロック	実行サイクル数 (実行時間)	処理負荷 [%]	条件
計測処理	149221cycle (621.8usec)	6.218	CMT1 のコンペアマッチ発生から計測結果取得完了まで
PC ツール 通信処理	16458cycle (68.6usec)	0.686	正常動作時の最大処理サイクル数

9.2 動作例

9.2.1 マルチチャンネル計測

本システムに、温度キャリブレータと、電圧源を2つずつ接続し、温度と電圧の計測を行いました。計測の構成を図 9-1 に、計測に使用した機器を表 9-7 に、計測結果を図 9-2 に示します。図 9-2 から複数の信号源を同時に計測できていることが確認できます。

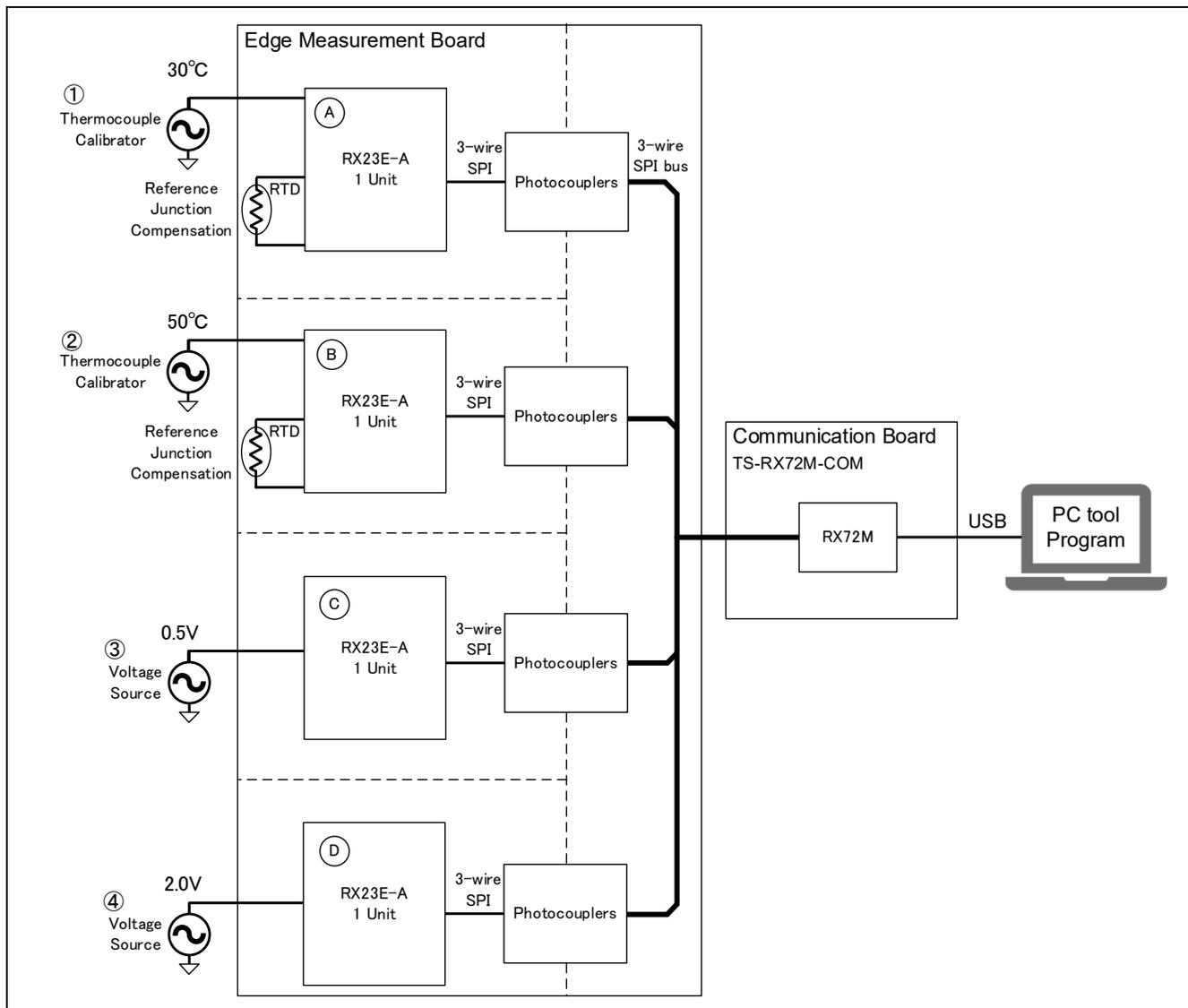


図 9-1 マルチチャンネル計測の構成

表 9-7 計測に使用した機器

番号	名称	型式	メーカー名
1, 2	熱電対キャリブレータ	CA320	Yokogawa Test & Measurement Corporation
3, 4	電圧源	PA14A1	ShibaSoku Co., LTD

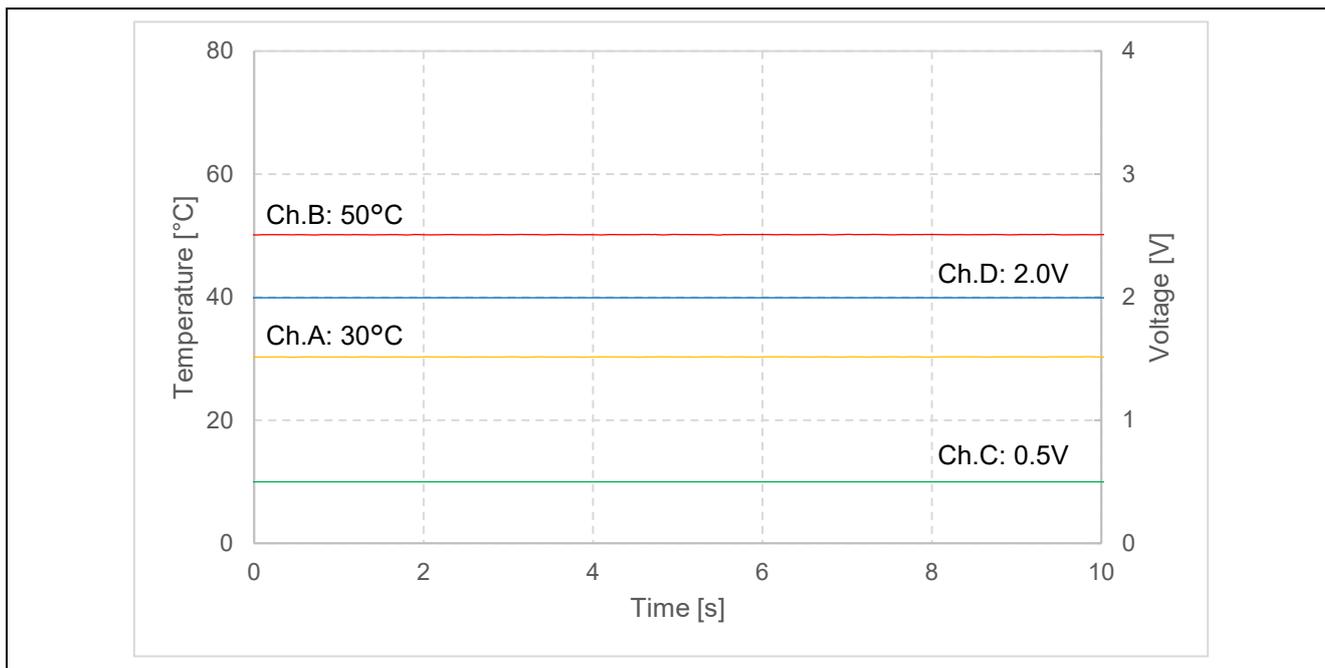


図 9-2 マルチチャンネル計測結果

9.2.2 応答特性

熱電対キャリブレータを用いてチャンネル A に 30°C から 40°C の温度ステップを、チャンネル C に 0.5V から 1.5V の電圧ステップを印加し、応答特性を確認しました。計測器の構成を図 9-3 に、計測結果を図 9-4 に示します。

ステップ応答の時定数、つまり最終値の 63.2% に達する時間は 70ms、95% 整定時間は 100ms です。RX23E-A の 98 サンプル移動平均処理の遅延は、DSAD 出力レート 976.5625sps に対して 100.352ms です。計測結果とほぼ一致します。

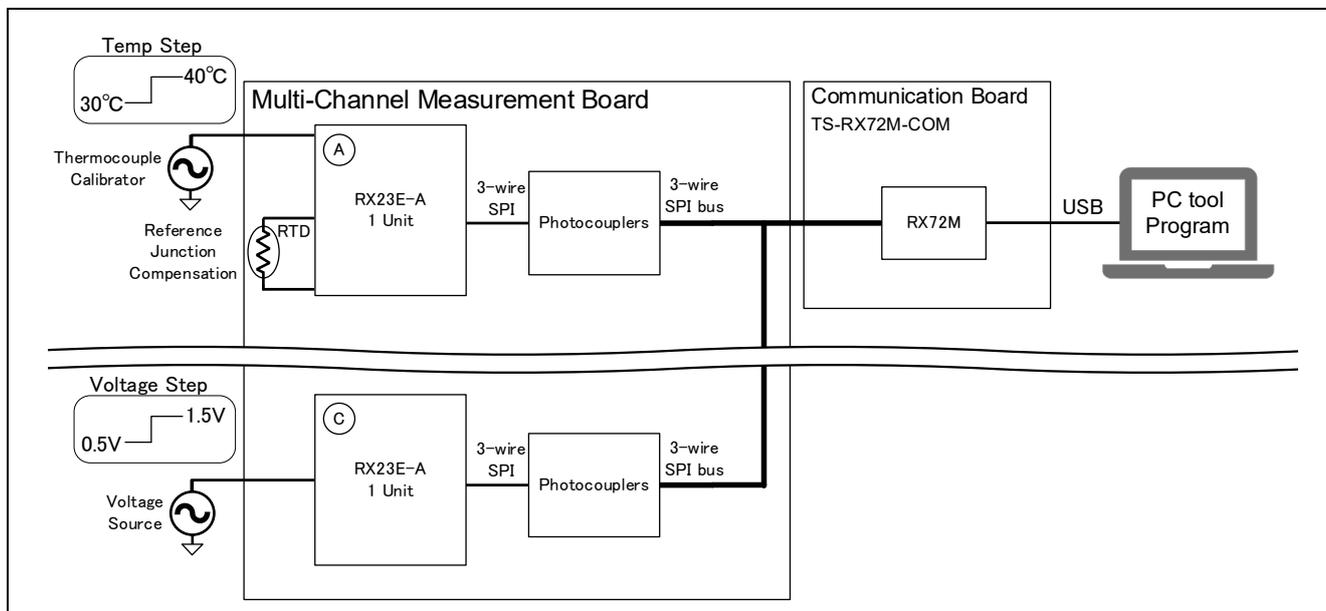


図 9-3 応答特性計測の構成

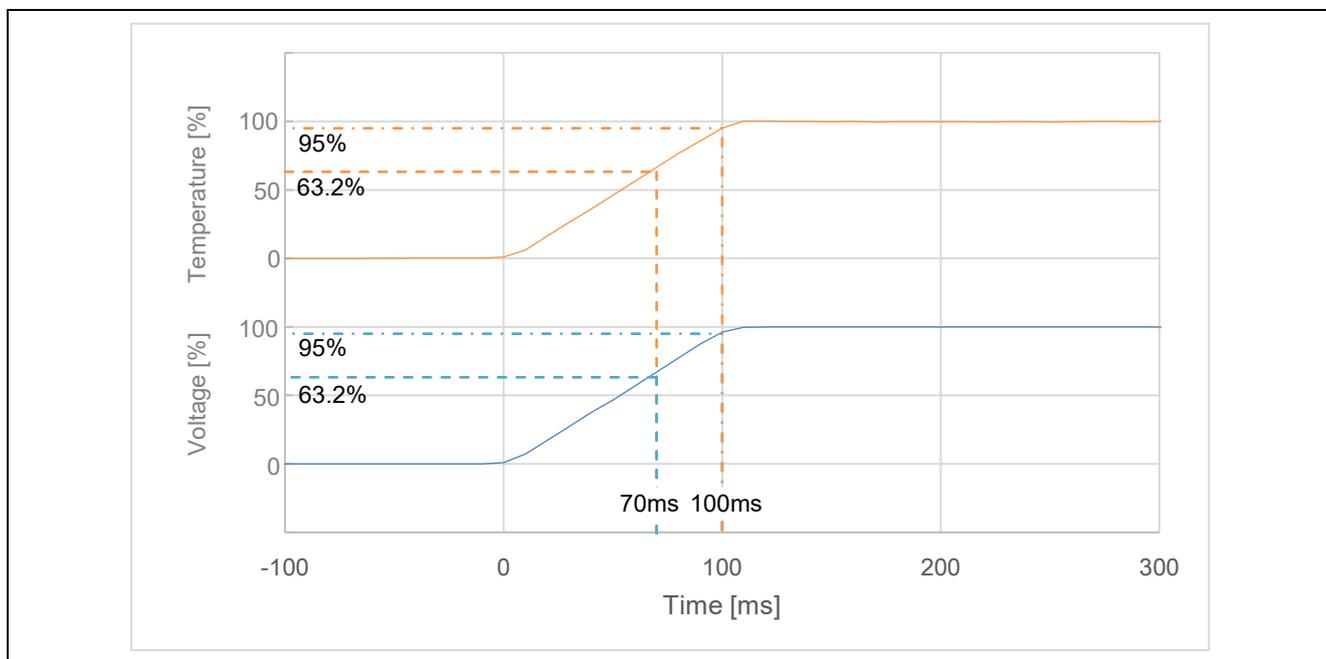


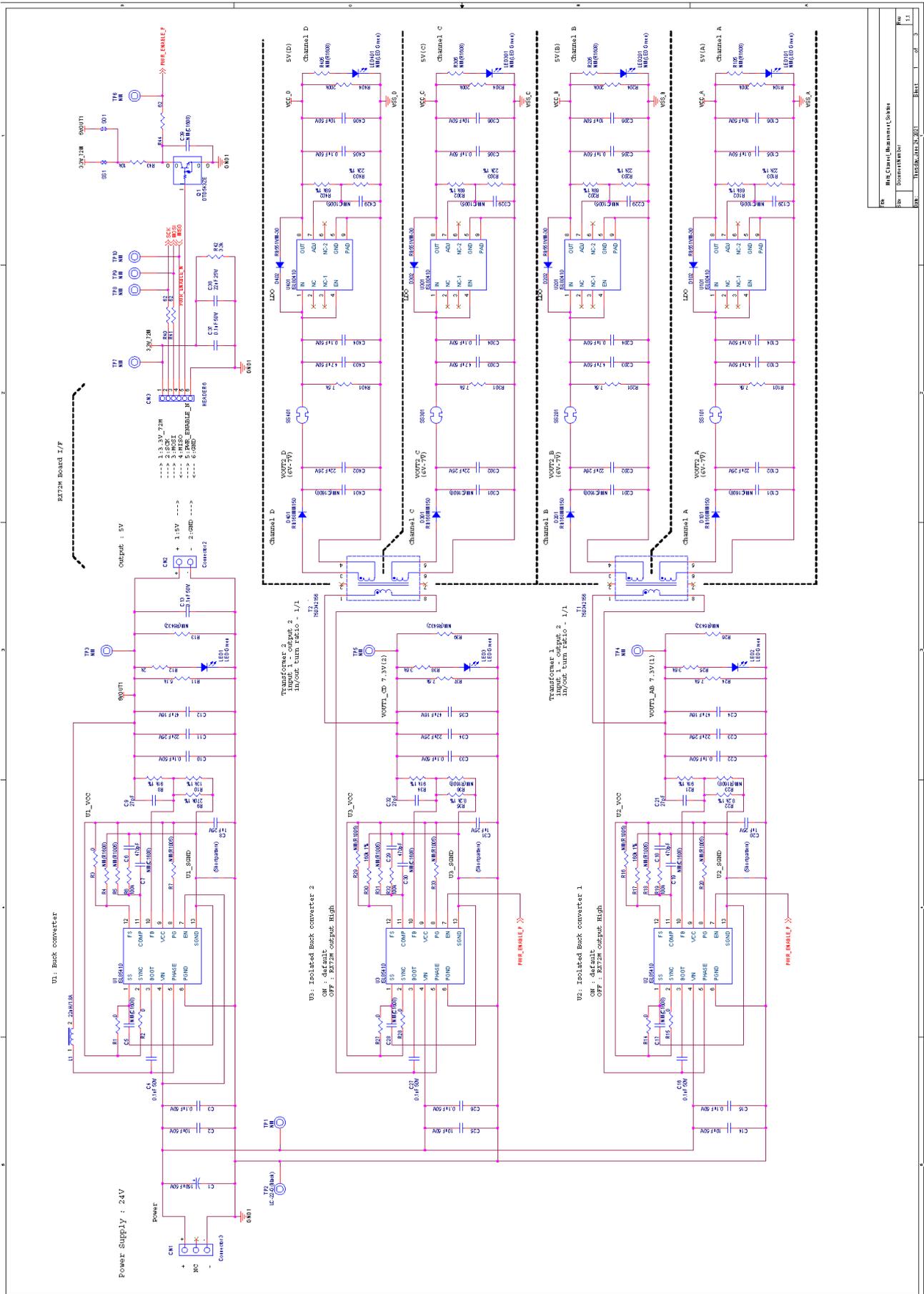
図 9-4 ステップ応答

Appendix 1 マルチチャンネルボード部品表

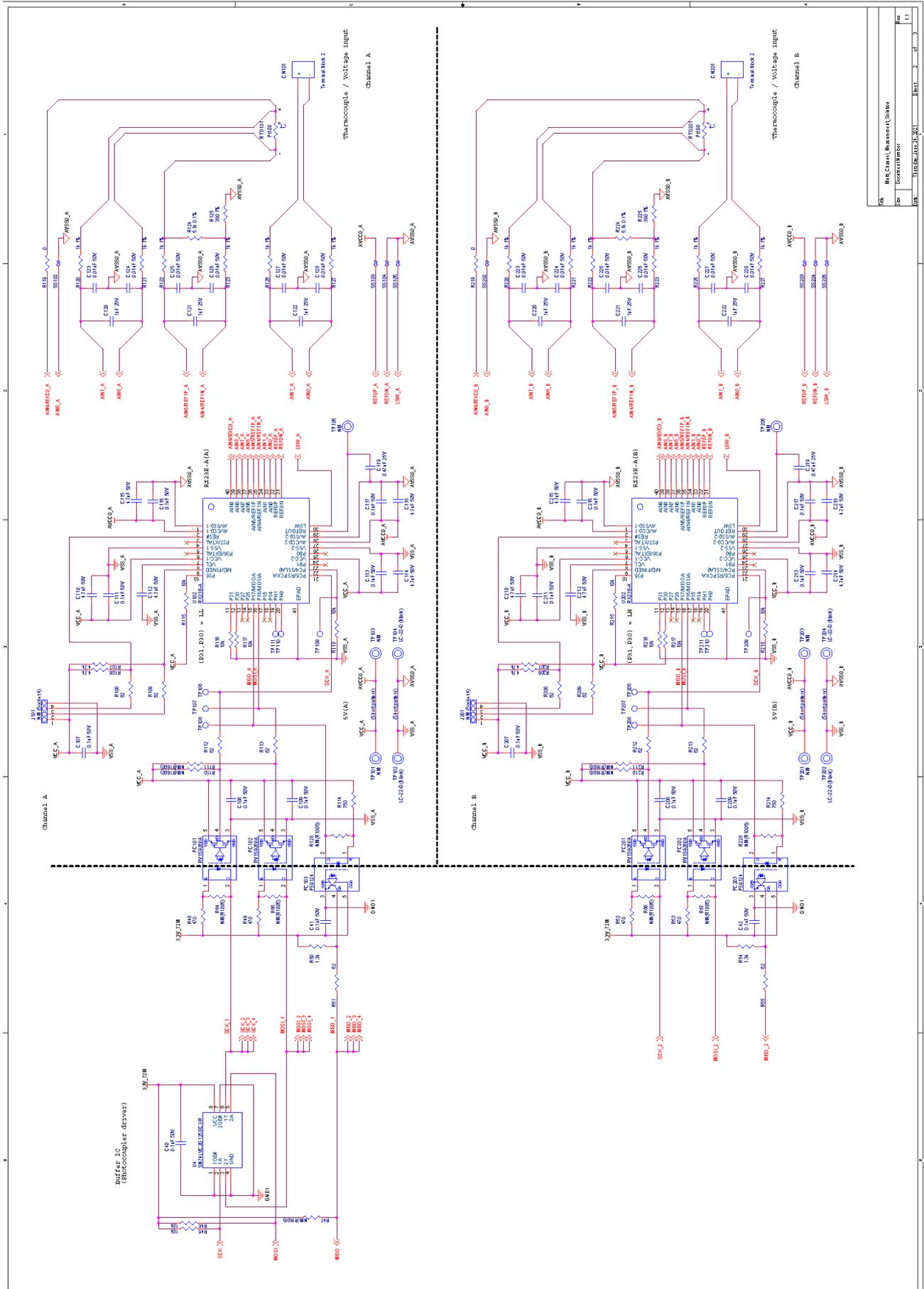
No.	Quantity (Mounted)	Reference Designator (Mounted)	Reference Designator (Not Mounted)	Description	Part Name	Manufacturer Part Name	Manufacturer
1	3	U1,U2,U3		DCDC converter 1A	IC	ISL85410FRZ	Renesas
2	1	U4		Dual Bus Buffer Gate	IC	SN74LVCG2G125DCUR	TI
3	4	U101,U201,U301,U401		LDO,Output 2.5 to 12V, 150mA	IC	ISL80410IBEZ	Renesas
4	4	U102,U202,U302,U402		RX23E-A	IC	R5F523E6SDNF#20	Renesas
5	8	PC101,PC102,PC201,PC202,PC301,PC302,PC401,PC402		CMOS output	Photocoupler	RV1S9260ACCSF-10YV	Renesas
6	4	PC103,PC203,PC303,PC403		Open collector output	Photocoupler	PS9124-V-AX	Renesas
7	1	CN1		Connector 3	Connector	DF1BZ-3P-2.5DSA	HRS
8	1	CN2		Connector 2	Connector	DF1BZ-2P-2.5DSA	HRS
9	1	CN3		HEADER 6	Pin header	M20-8770642	HARWIN
10	0		J101,J201,J301,J401	NM (Socket 4)	Socket	M20-7820446	HARWIN
11	11	R1,R2,R3,R14,R15,R27,R28,R119,R219,R319,R419	R5,R16,R18,R29,R31	0	Resistor	RK73Z1ETTP	KOA
12	0		R4,R23,R36,R47,R110,R111,R210,R211,R310,R311,R410,R411	NM(R1608)	Resistor		
13	0		R7,R20,R33,R64,R65,R66,R67,R68,R69,R70,R71,R128,R228,R328,R428	NM(R1005)	Resistor		
14	3	R6,R19,R32		100k	Resistor	RK73B1JTTD104J	KOA
15	3	R8,R21,R34		91k 1%	Resistor	RK73H1JTTD9102F	KOA
16	1	R9		270k 1%	Resistor	RK73H1JTTD2703F	KOA
17	1	R10		13k 1%	Resistor	RK73H1JTTD1302F	KOA
18	1	R11		5.1k	Resistor	RK73B1JTTD512J	KOA
19	1	R12	R105,R205,R305,R405	2k	Resistor	RK73B1JTTD202J	KOA
20	0		R13,R26,R39	NM(R6432)	Resistor		
21	2	R17,R30		160k 1%	Resistor	RK73H1JTTD1603F	KOA
22	2	R22,R35		8.2k 1%	Resistor	RK73H1JTTD8201F	KOA
23	6	R24,R37,R101,R201,R301,R401		7.5k	Resistor	RK73B1JTTD752J	KOA
24	2	R25,R38		3.6k	Resistor	RK73B1JTTD362J	KOA
25	23	R40,R41,R44,R51,R55,R59,R63,R108,R109,R112,R113,R208,R209,R212,R213,R308,R309,R312,R313,R408,R409,R412,R413		62	Resistor	RK73B1ETTP620J	KOA
26	1	R42		3.3k	Resistor	RK73B1JTTD332J	KOA
27	19	R43,R45,R46,R115,R116,R117,R118,R215,R216,R217,R218,R315,R316,R317,R318,R415,R416,R417,R418		10k	Resistor	RK73B1ETTP103J	KOA
28	8	R48,R49,R52,R53,R56,R57,R60,R61		470	Resistor	RK73B1JTTD471J	KOA
29	4	R50,R54,R58,R62		1.3k	Resistor	RK73B1JTTD132J	KOA
30	4	R102,R202,R302,R402		68k 1%	Resistor	RK73H1ETTP6802F	KOA
31	4	R103,R203,R303,R403		22k 1%	Resistor	RK73H1ETTP2202F	KOA
32	4	R104,R204,R304,R404		200k	Resistor	RK73B1JTTD204J	KOA
33	8	R106,R107,R206,R207,R306,R307,R406,R407		4.7k	Resistor	RK73B1ETTP472J	KOA
34	4	R114,R214,R314,R414		750	Resistor	RK73B1JTTD751J	KOA
35	24	R120,R121,R122,R123,R126,R127,R220,R221,R222,R223,R226,R227,R320,R321,R322,R323,R326,R327,R420,R421,R422,R423,R426,R427		1k 1%	Resistor	RK73H1ETTP1001F	KOA
36	4	R124,R224,R324,R424		5.1k 0.1%	Resistor	ERA3-APB512V	Panasonic
37	4	R125,R225,R325,R425		390 1%	Resistor	RK73H1JTTD3900F	KOA
38	4	CN101,CN201,CN301,CN401		Terminal Block 2	Connector	FFKDSA1/H-2.54-2-1792511	PHOENIX CONTACT
39	1	C1		150uF 50V	Electrolytic capacitor	EEEFK1H151P	Panasonic
40	7	C2,C14,C25,C106,C206,C306,C406		10uF 50V	Ceramic capacitor	GCM32EC71H106KA03L	Murata
41	52	C3,C4,C10,C13,C15,C16,C22,C26,C27,C33,C37,C40,C41,C42,C43,C44,C104,C105,C107,C108,C109,C111,C113,C116,C117,C204,C205,C207,C208,C209,C211,C213,C216,C217,C304,C305,C307,C308,C309,C311,C313,C316,C317,C404,C405,C407,C408,C409,C411,C413,C416,C417		0.1uF 50V	Ceramic capacitor	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK
42	0		C5,C7,C17,C19,C28,C30,C38,C101,C201,C301,C401	NM(C1608)	Ceramic capacitor		
43	3	C6,C18,C29		470pF 100V	Ceramic capacitor	GCM1885C2A471JA16	Murata
44	3	C8,C20,C31		1uF 25V	Ceramic capacitor	GCM188R71E105KA64	Murata
45	3	C9,C21,C32		27pF 100V	Ceramic capacitor	GCM1885C2A270JA16	Murata
46	8	C11,C23,C34,C38,C102,C202,C302,C402		22uF 25V	Ceramic capacitor	GCM32EC71E226KE36	Murata
47	3	C12,C24,C35		47uF 16V	Ceramic capacitor	GRM32EC81C476KE15	Murata
48	24	C103,C110,C112,C114,C115,C118,C203,C210,C212,C214,C215,C218,C303,C310,C312,C314,C315,C318,C403,C410,C412,C414,C415,C418		4.7uF 50V	Ceramic capacitor	GRM21BC71H475KE11	Murata
49	4	C119,C219,C319,C419		0.47uF 25V	Ceramic capacitor	TMK107B7474KA	Taiyo Yuden
50	12	C120,C121,C122,C220,C221,C222,C320,C321,C322,C420,C421,C422		1uF 25V	Ceramic capacitor	C1005X5R1E105K050BC	TDK
51	24	C123,C124,C125,C126,C127,C128,C223,C224,C225,C226,C227,C228,C323,C324,C325,C326,C327,C328,C423,C424,C425,C426,C427,C428		0.01uF 50V	Ceramic capacitor	GCM155R71H103KA55	Murata
52	0		C129,C229,C329,C429	NM(C1005)	Ceramic capacitor		
53	1	L1		22uH/1.8A	Coil	VLS5045EX-220M	TDK
54	2	T1,T2		66uH, in1/out2, turn ratio 1:1	Transformer	750342156	Würth Elektronik
55	4	D101,D201,D301,D401		Schottky barrier	Diode	RB188MM150	Rohm
56	4	D102,D202,D302,D402		Schottky barrier	Diode	RB551VM-30	Rohm
57	3	LED1,LED2,LED3	LED101,LED201,LED301,LED401	LED Green	LED	SML-E12M8W	Rohm
58	1	Q1		12V, 500mA	Digital transistor	DTD5432E	Rohm
59	4	RTD101,RTD201,RTD301,RTD401		Pt100	RTD	PTS060301B100RP100	Vishay
60	9	TP2,TP102,TP104,TP202,TP204,TP302,TP304,TP402,TP404	TP1,TP3,TP4,TP5,TP6,TP7,TP8,TP9,TP10,TP101,TP103,TP105,TP201,TP203,TP205,TP301,TP303,TP305,TP401,TP403,TP405	hole 1mm	Test pin	LC-22-G(Black)	MAC8
M1	4			Polyacetal, both-sides female spacer	Spacer	AS-310	Hirosugi
M2	4			Polycarbonate, M3 6mm	Screw	PC-0306	Hirosugi

【注】この部品表は参考情報です。予告なく変更される場合があります。

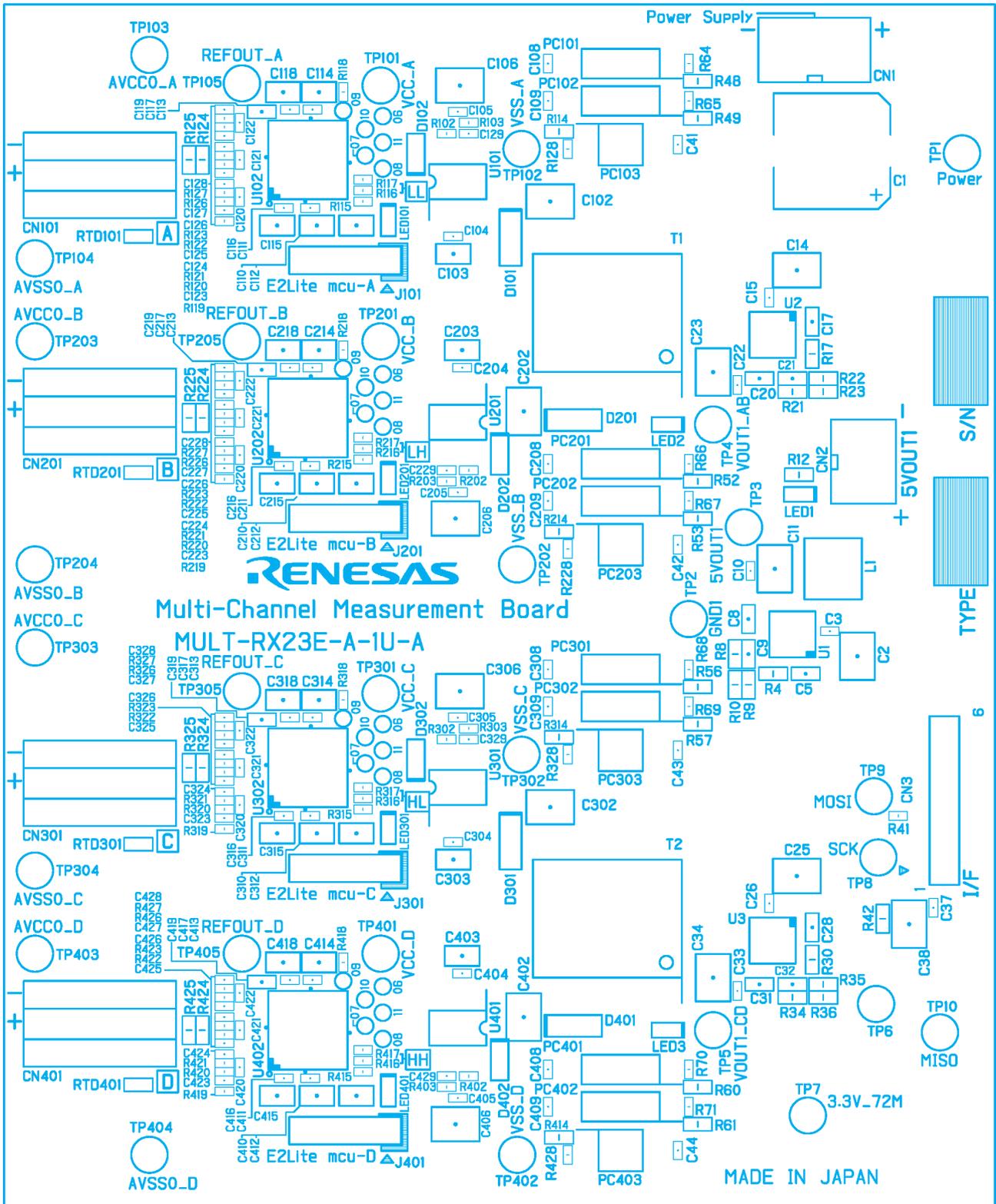
Appendix 2 マルチチャンネルボード回路図



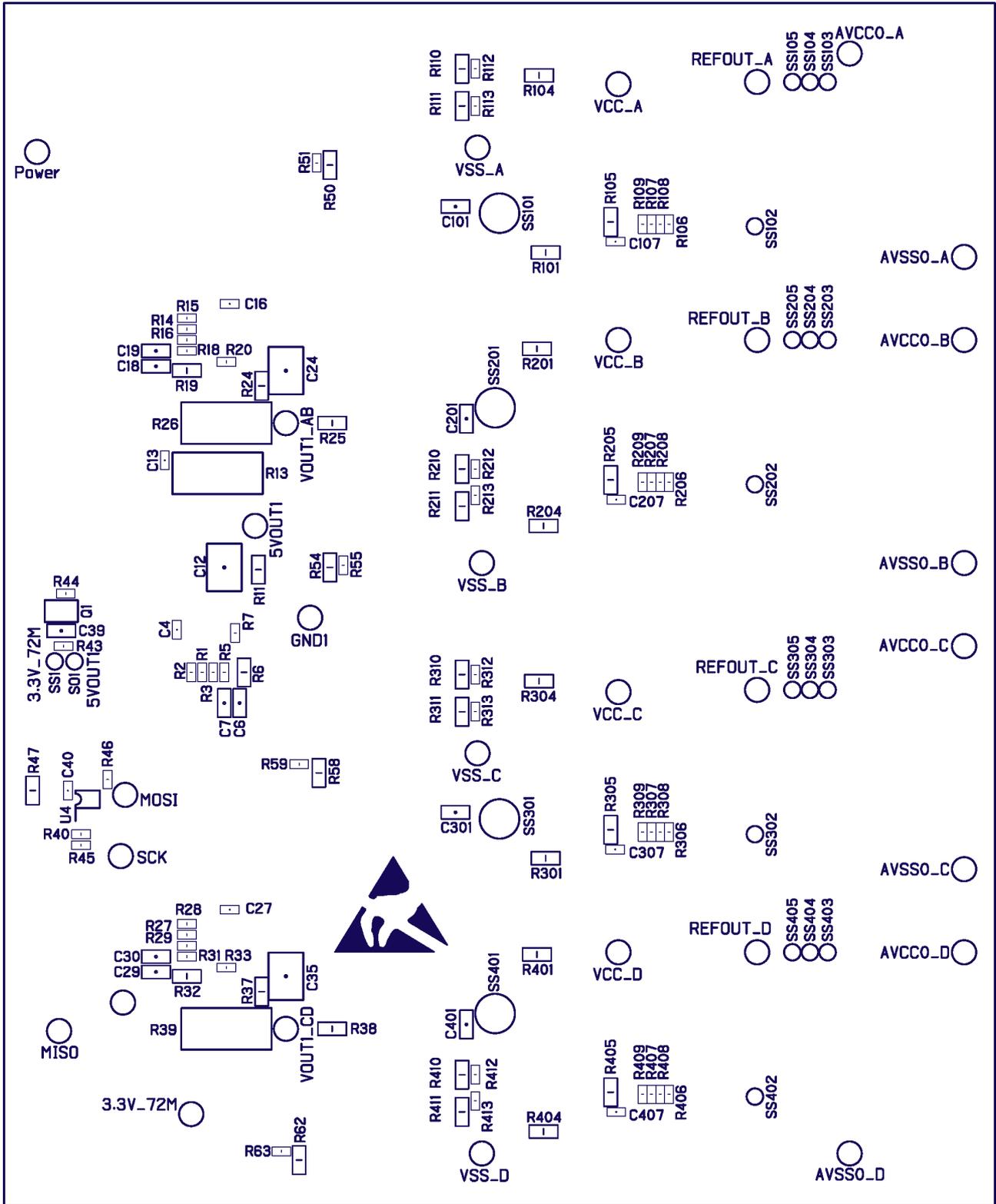
Rev.	1.10
Doc. No.	Docu01474701
Part No.	73R01AN5679J0110
Page	3



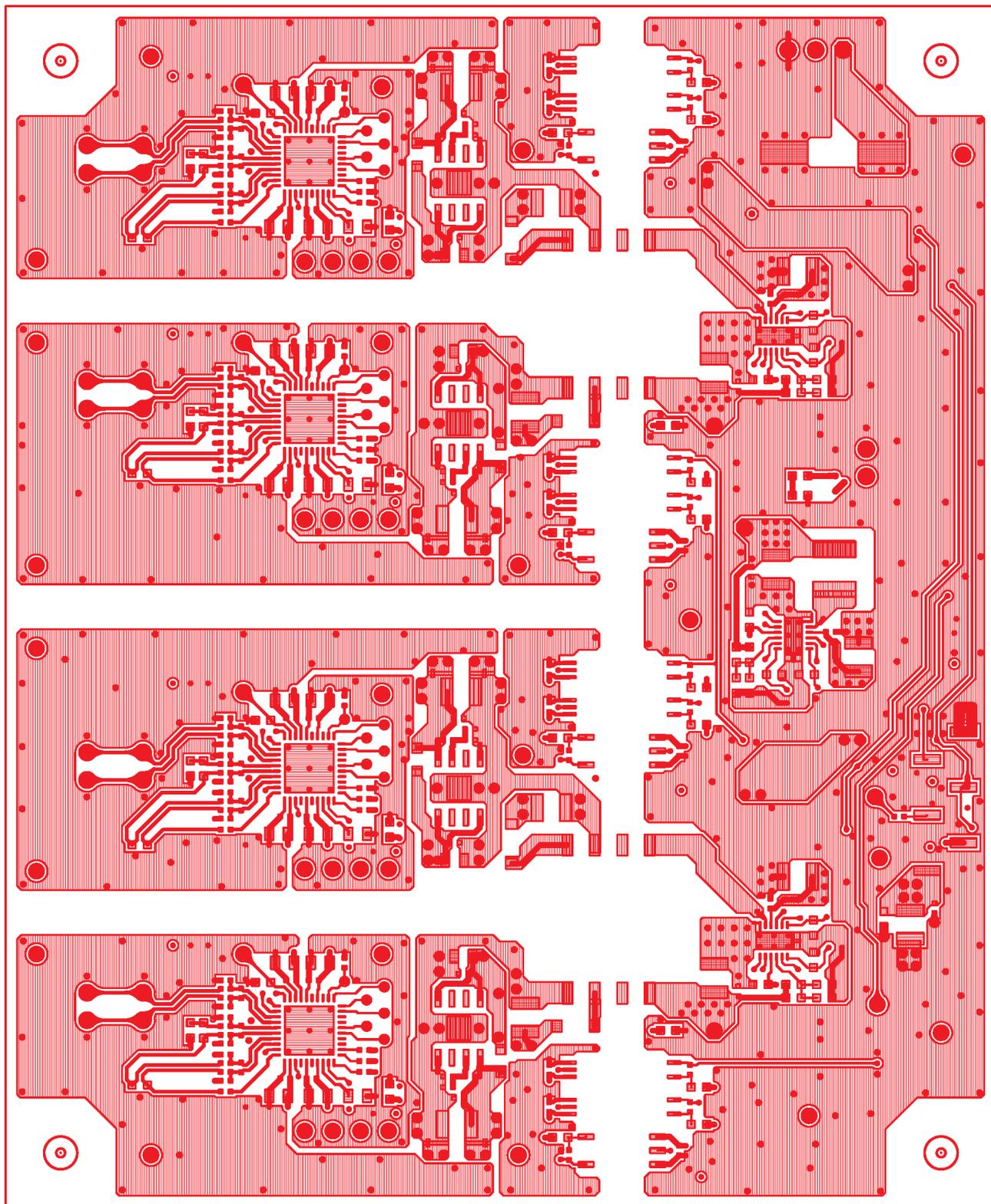
Appendix 3 マルチチャンネルボードパターン図



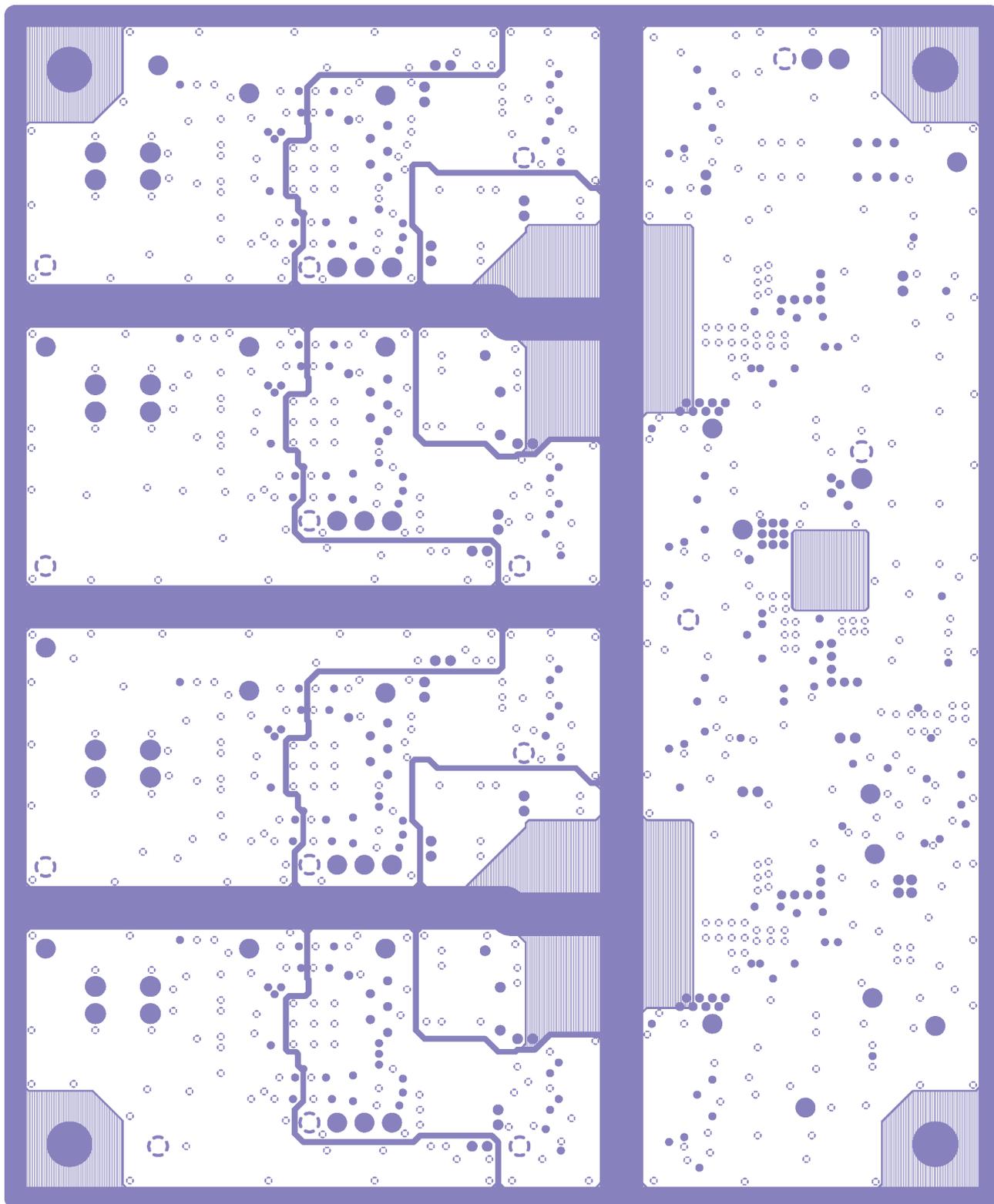
部品面シルク



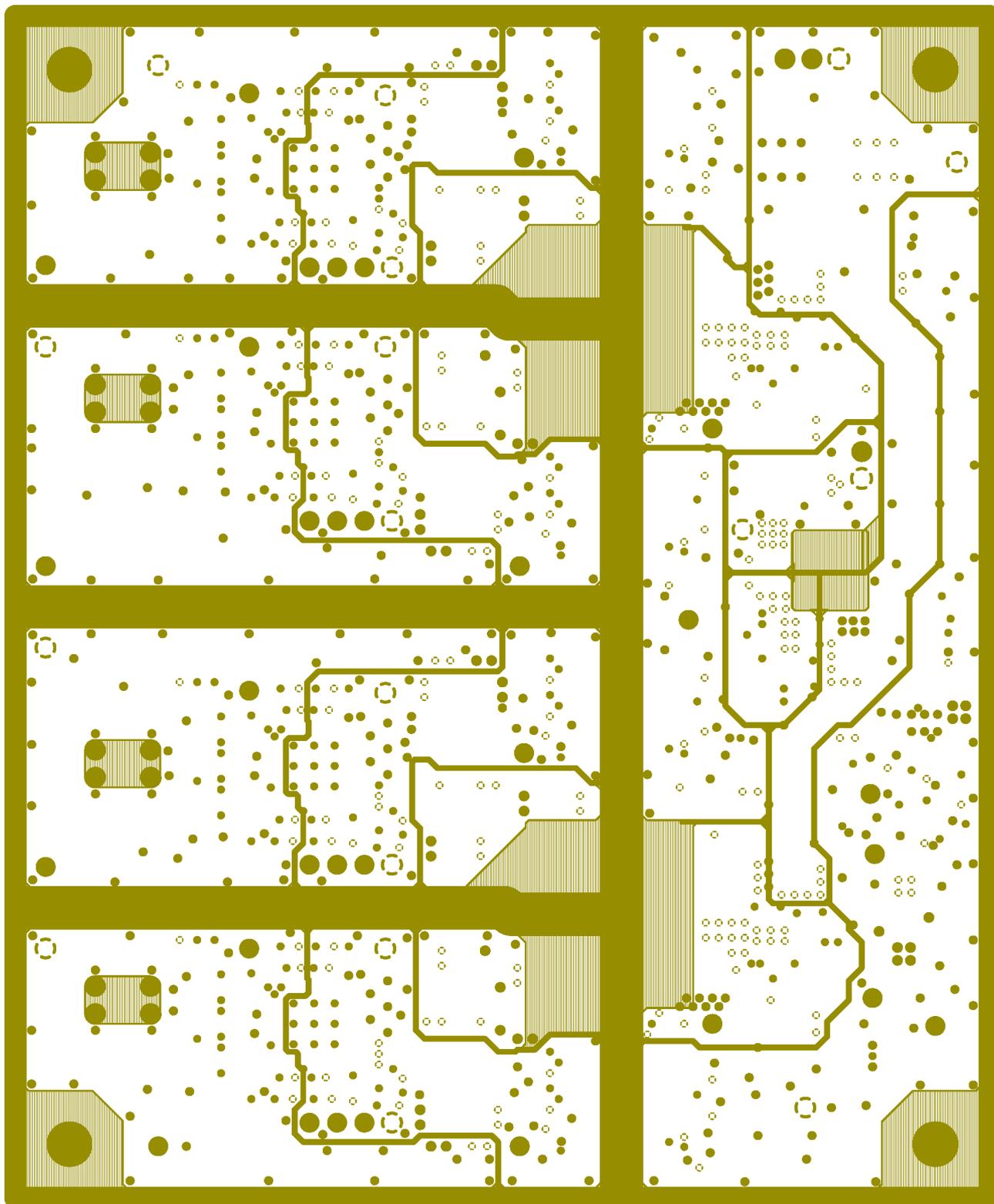
半田面シルク（半田面視）



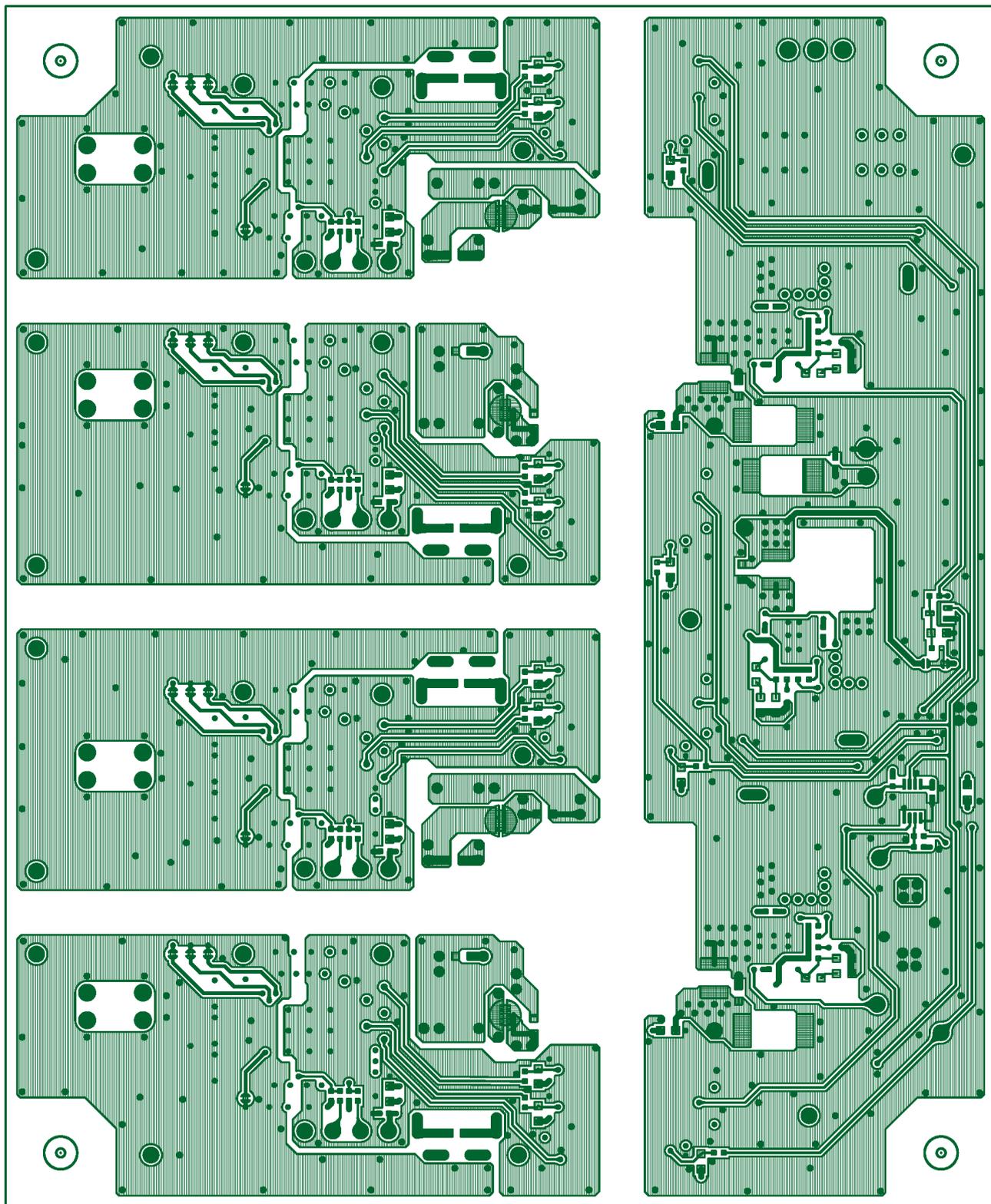
レイヤー1: 部品面パターン



レイヤー2: GND 層



レイヤー3: 電源層



レイヤー4: 半田面パターン (部品面視)

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	May.25.21	-	-
1.10	July.16.21	p.4 p.7 p.9 p.15 p.19 p.32 p.34 p.35 p.36 p.38 p.59 p.61-p.63 p.64 p.65-p.67 p.68-p.73	表 1-1: 本システム仕様の修正 表 3-1 表 3-2: IDE, Tool Chain の更新、Endian を記載 図 4-2: 外観図を追加 6.1.2 フィルタ処理: 温度計測のフィルタ処理変更に伴う記述変更 図 7-1 SPI 通信タイミングチャート: フィルタ処理変更に伴う計測ユニットの応答時間の変更 図 7-4 通信処理フロー: フィルタ処理変更に伴う変更 表 7-22: ファイル構成変更 7.2.4.2 マクロ定義: ファイル構成変更に伴う修正 7.2.4.3 構造体および共用体: ファイル構成変更に伴う修正 表 7-34 r_sensor_common_api.c 関数一覧: 移動平均関数名を変更し本表へ移動 表 9-2 メモリ使用量, 表 9-3 実行サイクル数: プログラム変更に伴う修正 9.2 動作例: 追加 Appendix 1 マルチチャンネルボード部品表: 一部定数の変更 Appendix 2 マルチチャンネルボード回路図: 一部定数の変更 Appendix 3 マルチチャンネルボードパターン図: 追加

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違くと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、変更、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。

7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレストシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。