

RX Family

デジタル電力変換 (UPS (CCM インターリーブ PFC、チョップ方式 DC-DC コンバータ))

要旨

本アプリケーションノートは RX66T グループ、または RX26T グループを使用し、無停電電源装置 (Uninterruptible Power System(UPS)) の AC-DC コンバータ、DC-DC コンバータ、DC-AC インバータの駆動・制御方法、及びモータ制御開発支援ツール「RMW」^{注1} の使用方法について説明することを目的としています。

サンプルプログラムはあくまで参考用途であり、弊社がこの動作を保証するものではありません。サンプルプログラムを使用する場合、適切な環境で十分な評価をしたうえで御使用ください。

注1: RMW は、Renesas Motor Workbench の略称です。

動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は下記のデバイスで行っております。

RX family RX66T Group (R5F566TEADFH)

RX family RX26T Group (R5F526TFDGFP)

なお、本アプリケーションノートで説明するリソースまたは同等の周辺機能を搭載する RX ファミリにも適用できます。(RX72T、RX24T、RX24U、RX660、etc.)

対象サンプルプログラム

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムを下記に示します。

- ・ RX66T_P13178_UPS_CSP_RV100 (IDE : GS+)
- ・ RX66T_P13178_UPS_E2S_RV100 (IDE : e²studio)
- ・ RX26T_P13178_UPS_CSP_RV100 (IDE : GS+)
- ・ RX26T_P13178_UPS_E2S_RV100 (IDE : e²studio)

参考資料

- ・ [RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 \(R01UH0749\)](#)
- ・ [RX26T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 \(R01UH0979\)](#)
- ・ [Renesas Motor Workbench ユーザーズマニュアル \(R21UZ0004\)](#)
- ・ [デジタル電力変換 \(トータムポールインターリーブ PFC \(AC-DC コンバータ\)\) \(R01AN6877\)](#)
- ・ [デジタル電力変換 \(LLC 共振コンバータ \(DC-DC コンバータ\)\) \(R01AN7118\)](#)

目次

| | |
|--|----|
| 1. 概説 | 4 |
| 1.1 開発環境 | 4 |
| 2. デジタル制御電源概要 | 5 |
| 2.1 AC-DC コンバータ回路の概要 | 5 |
| 2.1.1 力率改善回路 (PFC) について | 6 |
| 2.1.2 力率改善回路 (PFC) の種類 | 6 |
| 2.1.3 各種 PFC 回路の用途 | 7 |
| 2.1.4 シングル構成とインターリーブ構成 | 8 |
| 2.1.5 アクティブ方式 PFC 電流連続モード | 9 |
| 2.1.6 アクティブ方式 PFC 電流非連続モード | 10 |
| 2.1.7 アクティブ方式 PFC 電流臨界モード | 11 |
| 2.2 DC-DC コンバータ回路の概要 | 12 |
| 2.2.1 DC-DC コンバータ回路方式 | 13 |
| 2.2.2 DC-DC コンバータ フォワード方式 | 14 |
| 2.2.3 DC-DC コンバータ フライバック方式 | 14 |
| 2.2.4 DC-DC コンバータ プッシュプル方式 | 15 |
| 2.2.5 DC-DC コンバータ フルブリッジ方式 | 15 |
| 2.2.6 DC-DC コンバータ チョップ方式 | 16 |
| 3. Digital Power Conversion (UPS) システム概要 | 17 |
| 3.1 システム構成 | 17 |
| 3.2 システム仕様 | 21 |
| 3.3 ハードウェア仕様 | 22 |
| 3.3.1 ハードウェア構成 | 22 |
| 3.3.2 ユーザインタフェース | 23 |
| 3.3.3 使用 MCU 周辺機能 | 24 |
| 3.3.4 端子インタフェース | 24 |
| 3.4 ソフトウェア仕様 | 25 |
| 3.4.1 モジュール構成 | 25 |
| 3.4.2 ソフトウェア・ファイル構成 | 26 |
| 4. 制御ソフトウェア説明 | 27 |
| 4.1 状態遷移 | 27 |
| 4.2 制御内容 | 27 |
| 4.2.1 AC-DC コンバータ (PFC) 制御 | 28 |
| 4.2.2 DC-DC コンバータ制御 | 29 |
| 4.2.3 DC-AC インバータ制御 | 30 |
| 4.3 関数一覧 | 31 |
| 4.4 変数一覧 | 34 |
| 4.5 マクロ定義一覧 | 37 |
| 4.6 制御フロー | 38 |
| 4.6.1 メイン処理 | 38 |
| 4.6.2 1kHz 周期シーケンス処理 | 39 |
| 4.6.3 30kHz 周期システム制御処理 | 41 |

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 5. | モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」 | 48 |
| 5.1 | 概要 | 48 |
| 5.2 | Analyzer 変数一覧 | 49 |
| 6. | 測定データ | 50 |
| 6.1 | 力率測定結果 | 50 |
| 6.2 | 瞬停試験結果 | 51 |

1. 概説

本アプリケーションノートでは、デジタル制御電源の概説、及び RX66T/RX26T グループを使用したデジタル制御電源^{注1}の駆動・制御例として無停電電源装置 (UPS) の制御と実装方法、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の使用方法について説明します。

【注】1: デジタル制御電源は、AC-DC コンバータ、DC-DC コンバータ、DC-AC インバータを意味しておりません。

1.1 開発環境

本アプリケーションノート対象ソフトウェアの開発環境を表 1、表 2 に示します。

表 1 ハードウェア開発環境

| マイコン | 評価ボード (50Hz 100V 100W 電源ボードキット ^{*1}) | |
|--|--|---------------|
| | ボード名 | モデル名 |
| RX66T (R5F566TEADFH) OR RX26T (R5F526TFDGFP) | RX66T CPU Card | P05701-C0-038 |
| | OR | OR |
| | RX26T CPU Card | P05701-C0-068 |
| | Base Board | P13178-C0-001 |
| | AC-DC Board | P13178-C0-002 |
| | DC-DC Board | P13178-C0-003 |
| | DC-AC Board | P13178-C0-004 |

表 2 ソフトウェア開発環境

| デバイス | IDE バージョン | RX スマート・コンフィグレータ ^{注3} | ツールチェーンバージョン ^{注2} |
|-------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| RX66T | CS+ : V8.07.00 | バージョン 2.11.0 | CC-RX : V3.04.00 |
| | e ² studio : 2022-01 | e ² studio プラグイン版 | |
| RX26T | CS+ : V8.10.00 | バージョン 2.19.0 | CC-RX : V3.05.00 |
| | e ² studio : 2023-10 | e ² studio プラグイン版 | |

- 【注】
- 50Hz 100V 100W 電源ボードキットは、[株式会社デスクトップラボ](#)の製品です。ソリューションについてご不明な点がございましたら、[株式会社デスクトップラボ](#)までお問合せください。
 - プロジェクトで指定するツールチェーン(C コンパイラ)と同一のバージョンがインポート指定先に存在しない場合は、ツールチェーンが選択されない状態になり、エラーが発生します。プロジェクトの設定画面でツールチェーンの選択状態を確認してください。
選択方法は、FAQ 3000404 を参照してください。
(<https://ja-support.renesas.com/knowledgeBase/18367361>)
 - 本プロジェクトでは、本ツールによる生成コードを使用していません。

2. デジタル制御電源概要

本アプリケーションノートで説明するデジタル制御電源はスイッチング電源方式 (AC-DC コンバータ、DC-DC コンバータ、DC-AC インバータを含みます) を意味しております。スイッチング電源は MCU などのシステム LSI とスイッチングデバイスを使用し、入力電源をスイッチングする事で平滑化し負荷に合わせて効率の良い出力を可能とする方式です。また AC 電源を使用する機器は、高調波電流規制制度 (IEC 61000-3-2、日本では JIS C 61000-3-2) の適用が必須で、高調波電流を抑える為にも力率改善回路 (PFC^{注1}) が必要になります。RX66T/RX26T グループは、これらに対応したスイッチング方式 (大電源に対応出来るブリッジ方式) による制御、及び PFC 制御を実現する機能 (PWM タイマ (MTU3d, GPTW)+FPU) を搭載しており、1MCU で一括制御が可能となります。1MCU で実現する事により専用品が不要となるためコストを抑えられます。

【注】1: PFC は Power Factor Correction の略で、AC 電源を使用する機器全般 (工作機械などの産業分野、家電品に代表される民生分野) などに使用されております。

2.1 AC-DC コンバータ回路の概要

AC-DC コンバータ回路は、大別するとリニア方式とスイッチング方式があります。リニア方式は、AC 入力段にトランスを使用した方式 (一次電源と二次電源を完全に分離し電流ループが各々で閉じる方式) であり重量が重くサイズが大きい AC アダプタなどに使用している方式です。スイッチング方式は、RX66T/RX26T などの MCU とパワー半導体を使用し入力段にトランスを使用しない方式 (一次電源と二次電源を分離せず電流ループが共通する方式) で重量が軽くサイズが小さい AC アダプタなどに使用している方式です。本アプリケーションノートはスイッチング方式を採用しております。リニア方式の回路構成例を図 1 に、スイッチング方式の回路構成例を図 2 に示します。

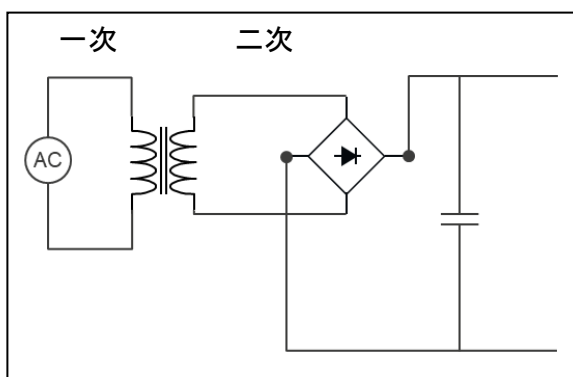


図 1 リニア方式の回路構成例

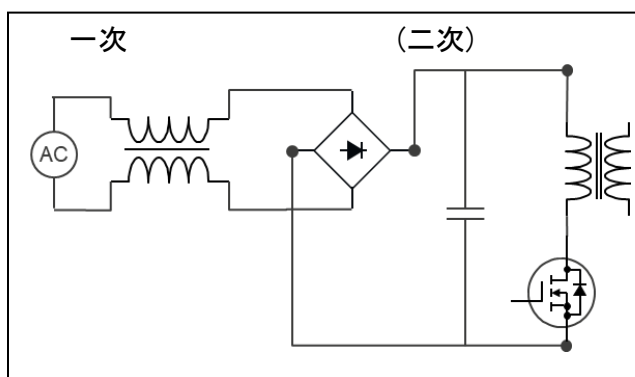


図 2 スイッチング方式の回路構成例

リニア方式は低雑音で安定した出力が可能ですが、電位差が大きいと熱による消費が比例して大きくなる為、効率が悪くなります。また入力段に最大電源負荷に合わせたトランスを挿入する為、重量、面積が大きくなります。スイッチング方式はリニア方式に比べ電源効率が高く、昇圧、降圧、昇降圧に対応可能となりますが、デメリットとして一般的にノイズ対策 (LC フィルタ、パスコン追加など) が必要となります。リニア方式とスイッチング方式の比較表を以下に示します。

表 3 スイッチング方式とリニア方式の比較

| | リニア方式 (トランス方式) | スイッチング方式 |
|------|----------------|-------------|
| 昇圧 | 不可 | 可 |
| 降圧 | 可 | 可 |
| 昇降圧 | 不可 | 可 |
| 効率 | 出力 ÷ 入力 | 高い (95% 程度) |
| ノイズ | 小 | 大 |
| 部品点数 | 少 | 多 |
| コスト | 低 | 高 |

2.1.1 力率改善回路(PFC)について

AC-DC コンバータに使用する力率改善回路とはコンバータに付加するスイッチング回路であり、電圧と電流の位相差を無くし、かつ正弦波にしていく事で電源の力率を1に近づける回路です。力率改善回路を必要とする理由は、無効電力を削減する事と、高調波電流規制を回避する事です。高調波電流規制とは機器搭載の電源回路（スイッチング電源）で発生する高調波電流を規制値以下に抑えることを目的とし国際電気標準会議で策定した IEC61000-3-2(日本では IEC をベースに策定した日本産業規格の JIS C 61000-3-2)です。この規格を順守しないと、高調波電流が商用電源側に流出してしまい、電力の送配電設備（進相コンデンサなど）を損傷させるなどの問題が発生しますので、製品化には適用が必須です。詳細は各国の規格をご確認下さい。

■高調波電流発生原因

スイッチング電源において高調波電流が発生する原因は、ダイオードブリッジの後段にある平滑コンデンサで発生します。入力交流電圧が、平滑コンデンサの端子電圧よりも低い期間は電流が流れず、入力交流電圧が上昇し端子電圧を超えると平滑コンデンサへ充電を開始し、電流が流れます。これにより入力電流の波形は、正弦波に対し歪んでしまう為、高調波電流が発生します。また電圧との位相差が発生する為、力率は悪くなります。図 3 に平滑コンデンサによる電圧と電流の波形イメージを示します。

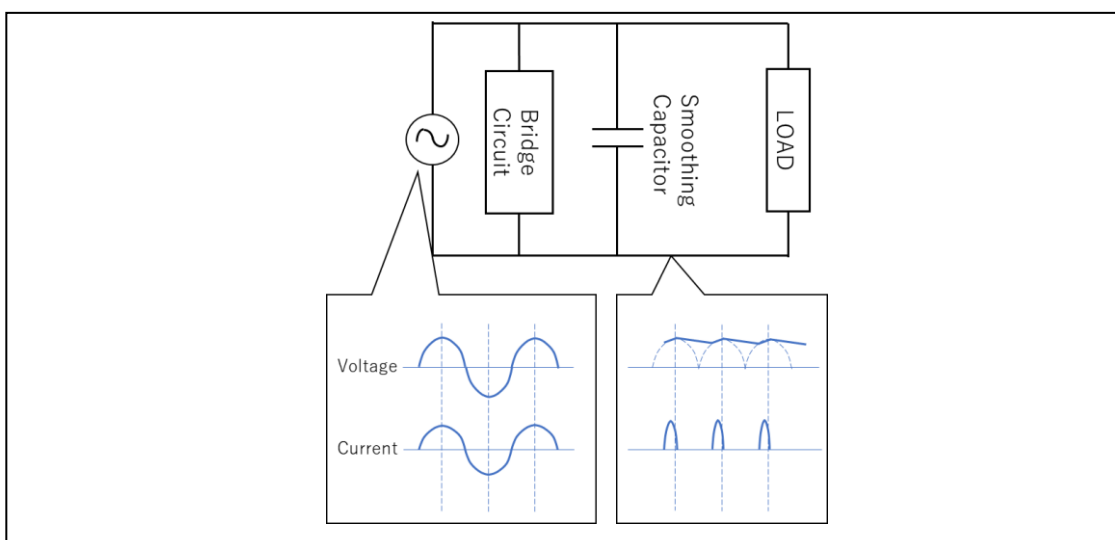


図 3 平滑コンデンサによる電圧電流の波形イメージ

2.1.2 力率改善回路(PFC)の種類

PFC を実現する回路方式は様々あり、大別するとパッシブ方式、部分スイッチ方式、アクティブ方式になります。パッシブ方式は大きなリアクトルとコンデンサが必要になりますので比較的小容量の電源に使用されます。部分スイッチ方式は、パッシブ方式のリアクトル挿入部にスイッチを追加し、パッシブ方式では電流が流れなかった区間に電流を流すことができる方式です。アクティブ方式は比較的大容量の電源に使用されている方式で、昨今の電源ボードでは、MCU、または専用 IC を使用したアクティブ方式が採用されています。本資料ではアクティブ方式について記述します。アクティブ方式には3つのスイッチングモードと各々2つの構成があります。表 4 にアクティブ方式のスイッチングモードを示します。また構成の内容を 2.1.4 に、各々のスイッチングモードの概要を 2.1.5 ~ 2.1.7 に示します。

表 4 アクティブ方式のスイッチングモード

| モード | 電流連続モード | | 電流非連続モード | | 電流臨界モード | |
|------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| 構成 | シングル | インターリーブ | シングル | インターリーブ | シングル | インターリーブ |
| 記号 | CCM | ICCM | DCM | IDCM | CRM | ICRM |
| 出力電力 | 200W 以上 | 400W 以上 | 300W 以下 | 600W 以下 | 400W 以下 | 1000W 以下 |

2.1.3 各種 PFC 回路の用途

電流非連続モードは比較的小さい電源機器 (LED 電球など) に用いられます。電流臨界モードは中規模クラスの電源機器 (OA 機器など) に用いられます。電流連続モードは比較的大きい電源機器 (エアコンなど) に用いられます。各々 PFC モードの相違による出力電力の大きさを表 5 に示します。また高調波電流規制制度 (IEC 61000-3-2) における主な使用 PFC を表 6 に示します。

表 5 各種 PFC の出力電力イメージ

| モード | 方式 | 出力電力 (w) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|----------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
| | | ~10 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1k | 2k | 3k | 4k~ |
| 電流非連続モード | シングル | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| | インターリーブ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 電流臨界モード | シングル | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| | インターリーブ | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 電流連続モード | シングル | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | インターリーブ | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

表 6 IEC61000-3-2 規格に対する使用 PFC の種類イメージ

| Class | Applications | 主な PFC 回路 |
|-------|--|-----------|
| A | 平衡三相機器 (産業モータなど) | 電流連続 |
| | 電動工具 (据え置き型電動鋸など) | 電流臨界、連続 |
| | 音響機器 (音響アンプなど) | 電流臨界 |
| | 独立型位相制御調光器 (シャンデリアなど) | 電流非連続 |
| | 真空掃除機 (業務用掃除機など) | 電流連続 |
| | 舞台照明用やスタジオ用の専門家用照明器具 (スポットライトなど) | 電流非連続 |
| | 高圧洗浄機 (圧縮ポンプなど) | 電流連続 |
| B | 手持ち型電動工具 (グラインダーなど) | 電流非連続 |
| | 業務用ではないアーク溶接機 (100V 電源 DIY 用溶接機など) | 電流連続 |
| C | 照明機器 (インバータ蛍光灯など) | 電流非連続 |
| D | 600W 以下の圧縮機モータの制御のための可変速ドライブを含む冷蔵庫と冷凍庫 | 電流連続 |
| | TVs, PCs, PC monitors | 電流非連続、臨界 |

2.1.4 シングル構成とインターリーブ構成

シングル構成はスイッチング回路が1つ、インターリーブ構成はスイッチング回路が2つ以上からなる回路構成です。シングル構成はインダクタ電流の変動幅が大きくなりスイッチングノイズが大きくなりますが、インターリーブ構成は2つのスイッチング回路でスイッチングしますので、インダクタ電流は $T/2$ 時間で変化します。これによりインダクタ電流のリップルが小さくなり、入力フィルタの小型化と大出力化が可能となります。比較的大容量の電源用途に向いております。図4にシングル構成とインターリーブ構成の比較を示します。

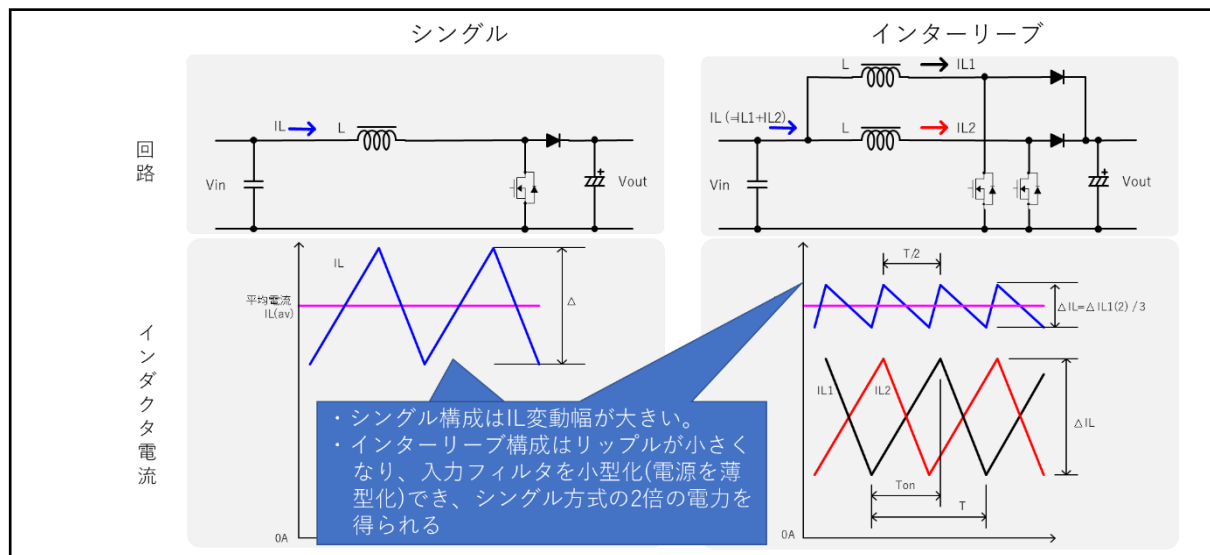


図 4 シングル構成とインターリーブ構成の相違

2.1.5 アクティブ方式 PFC 電流連続モード

電流連続モードは、リアクトルに連続的に電流を流すモードです。リアクトル電流がゼロにならないうちにスイッチングデバイスをオンしますので、ダイオードの逆電流がリアクトル電流に重畳されスイッチングデバイスのオン損失が大きく、スイッチングノイズも大きくなります。本モードは出力電力が比較的大きいため、電源制御、モータ制御などは本モードを使用する機会が多いです。本アプリケーションノートの UPS は電流連続モードのインターリーブ構成を採用しております。電流連続モードの概要を表 7 に、回路構成を図 5 に、リアクトルとダイオードの電流変化を図 6 に示します。

表 7 電流連続モードの概要

| モード | 電流連続モード | |
|--------------|----------------------|---------|
| 構成 | シングル | インターリーブ |
| 記号 | CCM | ICCM |
| インダクタ電流 | インダクタ電流が 0A にならない | |
| インダクタ値 | 小 | |
| リップル | 小 | |
| 出力電力 | 200W 以上 | 400W 以上 |
| スイッチング周波数 | 固定 | |
| 制御方式 | PWM 制御 (Duty0%~100%) | |
| 効率(スイッチングロス) | 悪い | 少し悪い |
| ノイズ | 大きい | 少し大きい |
| 主なコンバータ | 昇圧型 | |
| コスト | 少し高い | 高い |
| MCU 演算(難易度) | 普通 | 少し高い |

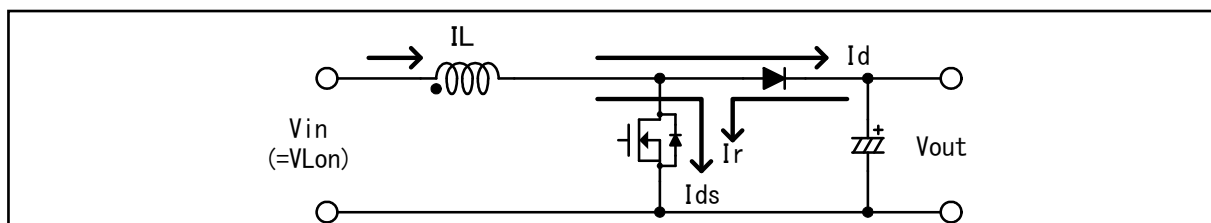


図 5 電流連続モードの回路構成

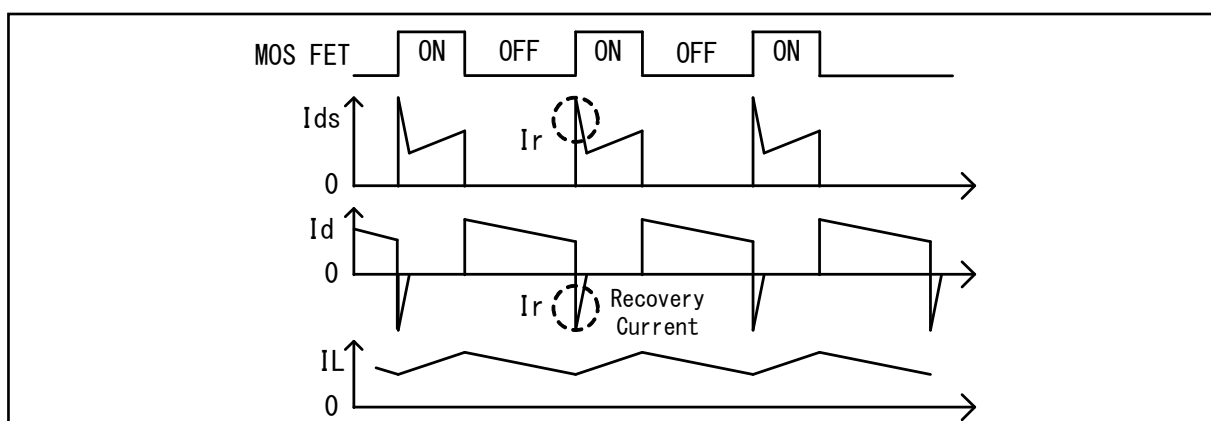


図 6 電流連続モード時のリアクトル、ダイオードの電流変化

2.1.6 アクティブ方式 PFC 電流非連続モード

電流非連続モードは、リアクトル電流がゼロになる期間を持つモードです。リアクトル電流がゼロの時にスイッチングデバイスをオンしますので、ダイオードの逆電流がなくスイッチングデバイスのオン損失が小さくなります。またスイッチングノイズも小さくなります。本モードはスイッチングデバイスのオン時間、スイッチング周波数が一定な為、コイルのピーク電流が大きくなりますので効率は悪くなります。本モードは出力電力が比較的小さい用途に使用する機会が多いです。電流非連続モードの概要を表 8 に、回路構成を図 7 に、リアクトルとダイオードの電流変化を図 8 に示します。

表 8 電流非連続モードの概要

| モード | 電流非連続モード | |
|--------------|----------------------|---------|
| 構成 | シングル | インターリーブ |
| 記号 | DCM | IDCM |
| インダクタ電流 | インダクタ電流が 0A になる期間が発生 | |
| インダクタ値 | 大 | |
| リップル | 大 | |
| 出力電力 | 300W 以下 | 600W 以下 |
| スイッチング周波数 | 固定 | |
| 制御方式 | PWM 出力 (ON 時間一定) | |
| 効率(スイッチングロス) | 普通 | 少し良い |
| ノイズ | 普通 | 少し低い |
| 主なコンバータ | 反転型 RCC | |
| コスト | 普通 | 少し高い |
| MCU 演算(難易度) | 低い | 普通 |

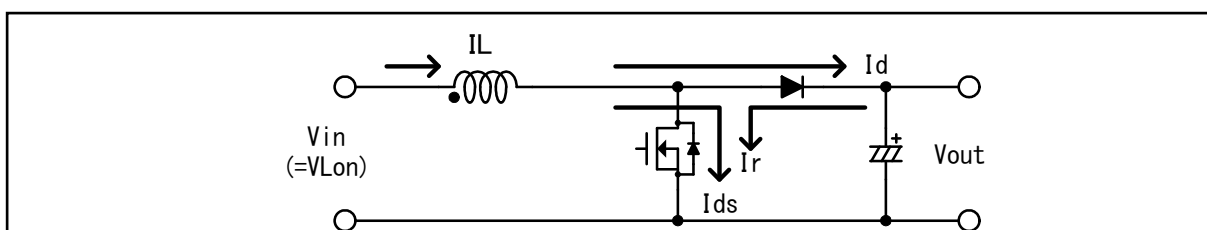


図 7 電流非連続モードの回路構成

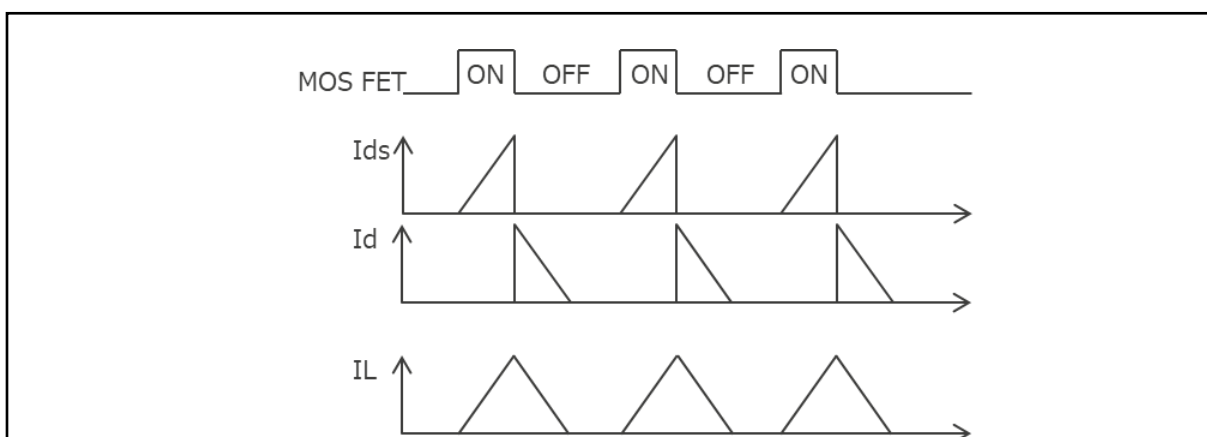


図 8 電流非連続モード時のリアクトル、ダイオードの電流変化

2.1.7 アクティブ方式 PFC 電流臨界モード

電流臨界モードは、リアクトル電流がゼロになる点を監視しスイッチングデバイスをオンするモードです。リアクトル電流がゼロの時にスイッチングデバイスをオンしますので、ダイオードの逆電流がなくスイッチングデバイスのオン損失が小さくなります。またスイッチングノイズも小さくなります。本モードはスイッチングデバイスのオン時間は一定ですが、スイッチング周波数は入出力電圧によって常時変化します。本モードは出力電力が中規模用途に使用する機会が多いです。電流臨界モードの概要を表 9 に、回路構成を図 9 に、リアクトルとダイオードの電流変化を図 10 に示します。

表 9 電流臨界モードの概要

| モード | 電流臨界モード | |
|---------------|-------------------|----------|
| 構成 | シングル | インターリーブ |
| 記号 | CRM | ICRM |
| インダクタ電流 | インダクタ電流が一瞬 0A になる | |
| インダクタ値 | 大 | |
| リップル | 大 | |
| 出力電力 | 400W 以下 | 1000W 以下 |
| スイッチング周波数 | 常に変化 | |
| 制御方式 | PWM 出力 (ON 時間一定) | |
| 効率 (スイッチングロス) | 少し良い | 良い |
| ノイズ | 少し低い | 低い |
| 主なコンバータ | 昇圧型 | |
| コスト | 少し高い | 高い |
| MCU 演算 (難易度) | 少し高い | 高い |

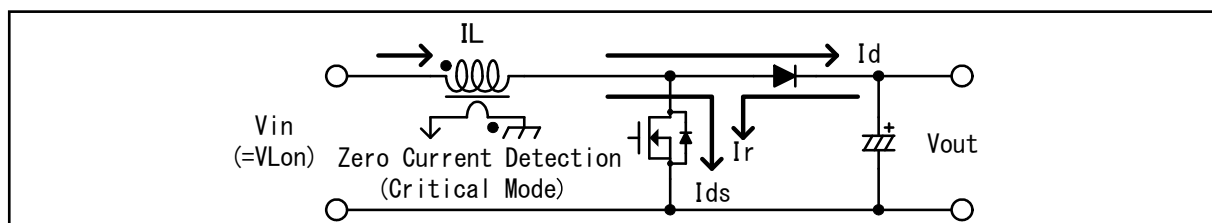


図 9 電流臨界モードの回路構成

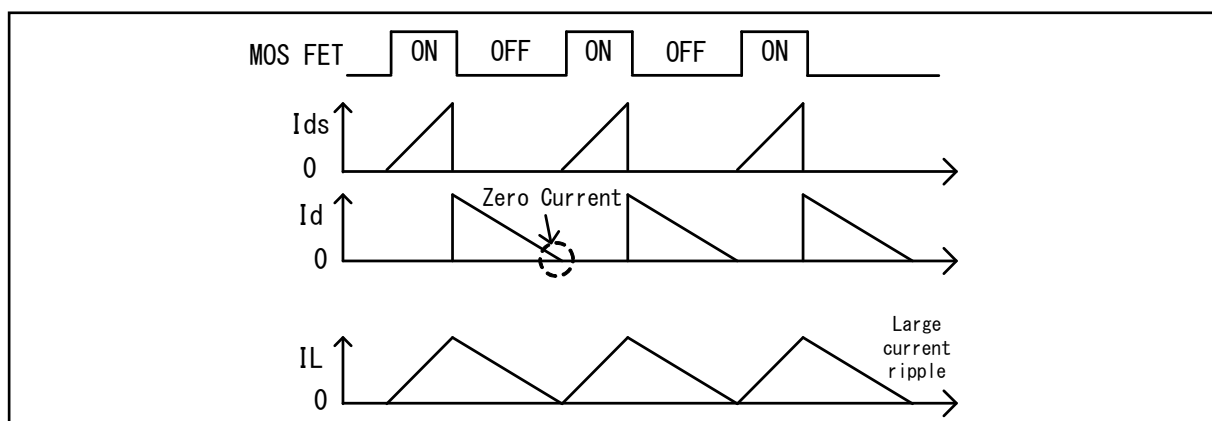


図 10 電流臨界モード時のリアクトル、ダイオードの電流変化

2.2 DC-DC コンバータ回路の概要

DC-DC コンバータは、入力 DC 電源 (AC-DC コンバータの出力電源など) を電圧が違う DC 電源に変換する回路です。DC-DC コンバータは出力電圧が入力電圧よりも低くなる降圧コンバータと出力電圧が入力電圧よりも高くなる昇圧コンバータがあります。また絶縁型、非絶縁型と各種回路方式があります。本アプリケーションノートは非絶縁型のチョップ方式を採用しております。表 10 に分類イメージを示します。

表 10 DC-DC コンバータ分類イメージ

| No | 方式 | 主な電圧変換方式 (昇圧/降圧) | 主な回路方式 (絶縁/非絶縁) |
|----|--------|---------------------|--------------------|
| ① | フォワード | 降圧 | 絶縁 |
| ② | フライバック | 昇圧/降圧 | 絶縁 |
| ③ | プッシュプル | 昇圧/降圧 | 絶縁 |
| ④ | ブリッジ | 昇圧/降圧 | 絶縁/非絶縁 |
| ⑤ | チョップ | 昇圧/降圧 | 非絶縁 |

2.2.1 DC-DC コンバータ回路方式

DC-DC コンバータは、昇圧、降圧、昇降圧回路、及び各種回路方式があります。本アプリケーションノートでは、大きく5種類に分類しております。分類内容を表 11 に示します。

表 11 DC-DC コンバータ回路方式の種類

| 種類 | 内容 | 主な用途 | 長所 | 短所 |
|-------------------|---|-----------------------|---|---------------|
| ① フォワード | <p>スイッチングデバイス オンで一次側から二次側へ電力を伝達させる回路方式で小電力出力から大電力出力まで幅広い用途で使用可能。主に降圧で使用される絶縁型回路で電力変換効率が高いが、MHz 帯のノイズ対策が必要となる場合がある。</p> <p>動作内容は 2.2.2 を参照ください。</p> | 降圧回路 | <ul style="list-style-type: none"> ・小出力から大出力まで使用可能 ・制御が安定している | ノイズが大きい |
| ② フライバック (他励式) | <p>スイッチングデバイス オンでインダクタに電力を蓄え、オフでインダクタに蓄えた電力を出力する回路方式で小電力出力の用途に使用される。入力電圧範囲は広いが、大きなピーク電流がスイッチングデバイスやインダクタに流れる。昇圧、降圧で使用される絶縁型回路。</p> <p>動作内容は 2.2.3 を参照ください。</p> | 降圧回路 昇圧回路 | <ul style="list-style-type: none"> ・部品点数が少ない ・入力電圧範囲が広い | 大容量出力には不向き |
| ③ プッシュプル | <p>2つのスイッチングデバイスで、2つのトランスを交互に駆動する回路方式。トランスの利用効率が高いため、大電力出力の用途に使用される。昇圧、降圧で使用される絶縁型回路。</p> <p>動作内容は 2.2.4 を参照ください。</p> | 降圧回路 昇圧回路 | 大出力に使用可能 | トランスの偏磁に注意が必要 |
| ④ ブリッジ | <p>トランス印加電圧が入力電圧の半分になる為、耐圧の低いスイッチングデバイスが使用可能。フルブリッジはハーフブリッジに比べて回路構成や制御が複雑になるが、電力変換効率が高い。動作原理はプッシュプル方式と同じで大電力出力の用途に使用される。昇圧、降圧、昇降圧で使用される主に絶縁型回路。</p> <p>動作内容は 2.2.5 を参照ください。</p> | 降圧回路 昇圧回路 昇降圧回路 | <ul style="list-style-type: none"> ・大出力に使用可能 ・効率が高い | 制御が難しい |
| ⑤ チョップ | <p>非絶縁型回路でトランスを必要としない。低い電圧に変換する降圧チョップ方式と高い電圧に変換する昇圧チョップ方式がある。シングル駆動、インターリーブ駆動、電流連続、非連続、臨界モードがある。詳細は 2.1.2 力率改善回路 (PFC) のを参照。</p> <p>本アプリケーションノートで採用する方式で AC 電源経路の場合はバッテリーチャージの為、降圧動作、バッテリー電源経路の場合はバッテリーからの電源供給 (バッテリーディスチャージ) の為、昇圧動作を切り替える方式としている。</p> <p>動作内容は 2.2.6 を参照ください。</p> | 降圧回路 昇圧回路 昇降圧回路 | <ul style="list-style-type: none"> ・小出力から大出力まで使用可能 ・制御方式が様々あり | 制御が少し難しい |

2.2.2 DC-DC コンバータ フォワード方式

回路構成と電流の流れを図 11 に示します。

- ・スイッチングデバイス オンで一次側コイルに励磁電流 (A) が発生し二次側コイルを通しダイオード経由で電流が流れます。
- ・スイッチングデバイス オフで反転電圧 (B) が発生しダイオードを経由し電流が流れます。

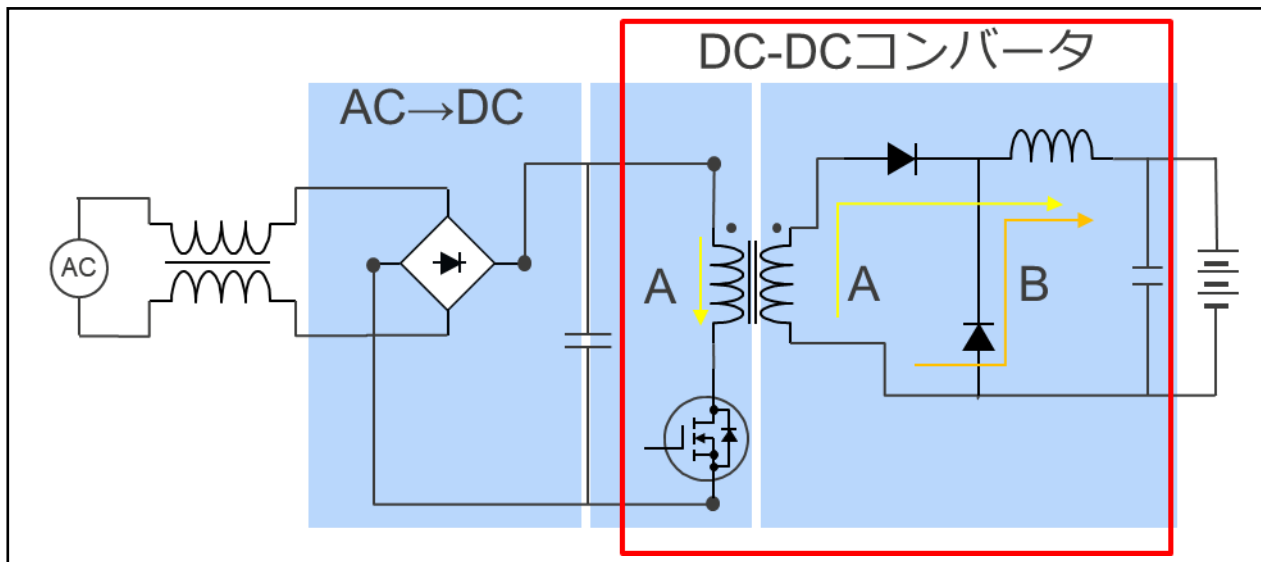


図 11 DC-DC コンバータ フォワード方式回路構成イメージ図

2.2.3 DC-DC コンバータ フライバック方式

回路構成と電流の流れを図 12 に示します。

- ・スイッチングデバイス オンで一次側コイルに励磁電流 (A) が発生し一次側コイルにエネルギーを蓄積します。
- ・スイッチングデバイス オフで二次側コイルに反転電圧 (B) が発生しダイオードを経由し電流が流れます。

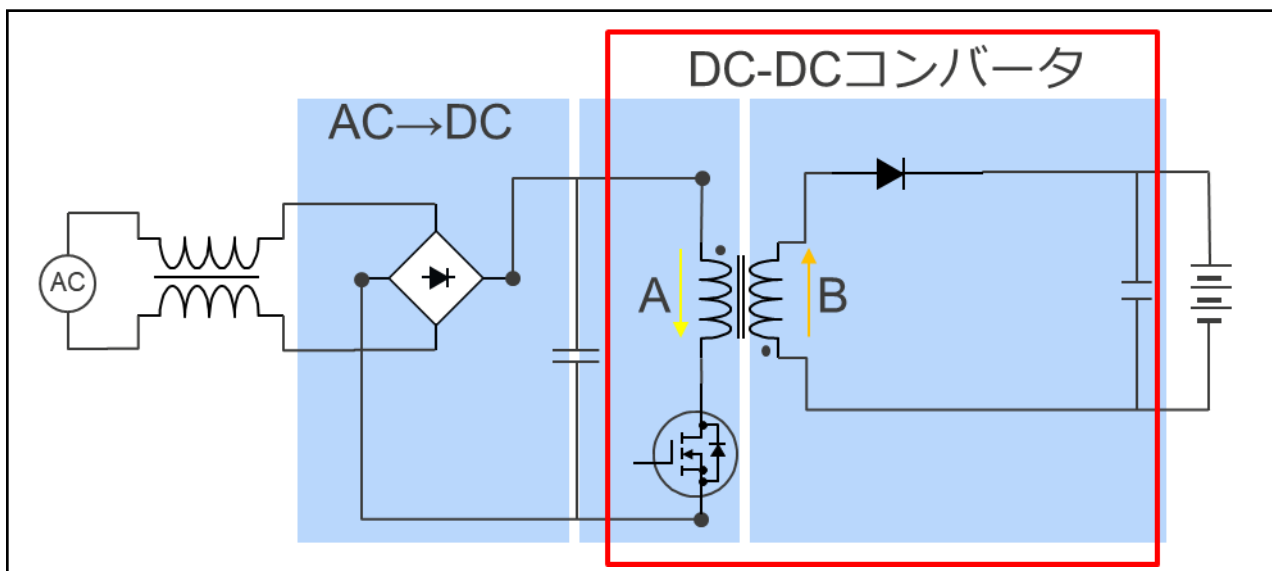


図 12 DC-DC コンバータ フライバック方式回路構成イメージ図

2.2.4 DC-DC コンバータ プッシュプル方式

回路構成と電流の流れを図 13 に示します。

- ・ 左側スイッチングデバイスをオン(右側スイッチングデバイスはオフ)する事でアッパ側一次コイルに励磁電流 (A) が発生しアッパ側二次コイルを通しダイオード経由で電流が流れます。
- ・ 右側スイッチングデバイスをオン(左側スイッチングデバイスはオフ)する事でローワ側一次コイルに励磁電流 (B) が発生しローワ側二次コイルを通しダイオード経由で電流が流れます。

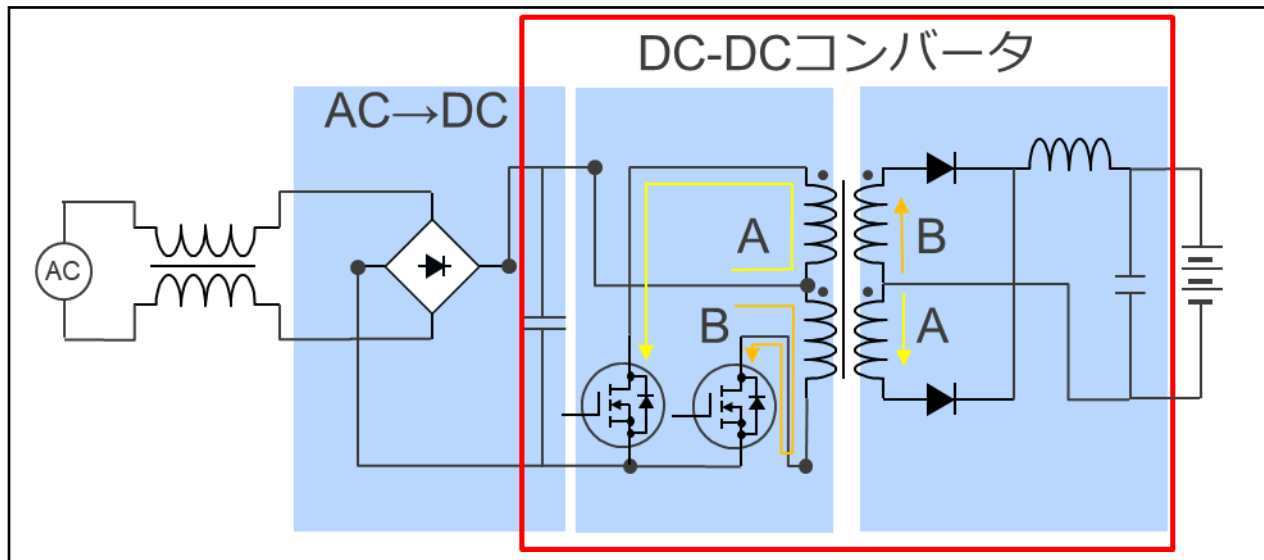


図 13 DC-DC コンバータ プッシュプル方式回路構成イメージ図

2.2.5 DC-DC コンバータ フルブリッジ方式

回路構成と電流の流れを図 14 に示します。

- ・ アッパ側左スイッチングデバイスとローワ側右スイッチングデバイスをオン(アッパ側右スイッチングデバイスとローワ側左スイッチングデバイスはオフ)する事で一次コイルに励磁電流 (A) が発生し二次コイルを通し電流が流れます。
- ・ アッパ側右スイッチングデバイスとローワ側左スイッチングデバイスをオン(アッパ側左スイッチングデバイスとローワ側右スイッチングデバイスはオフ。)する事で一次コイルに励磁電流 (B) が発生し二次コイルを通し電流が流れます。

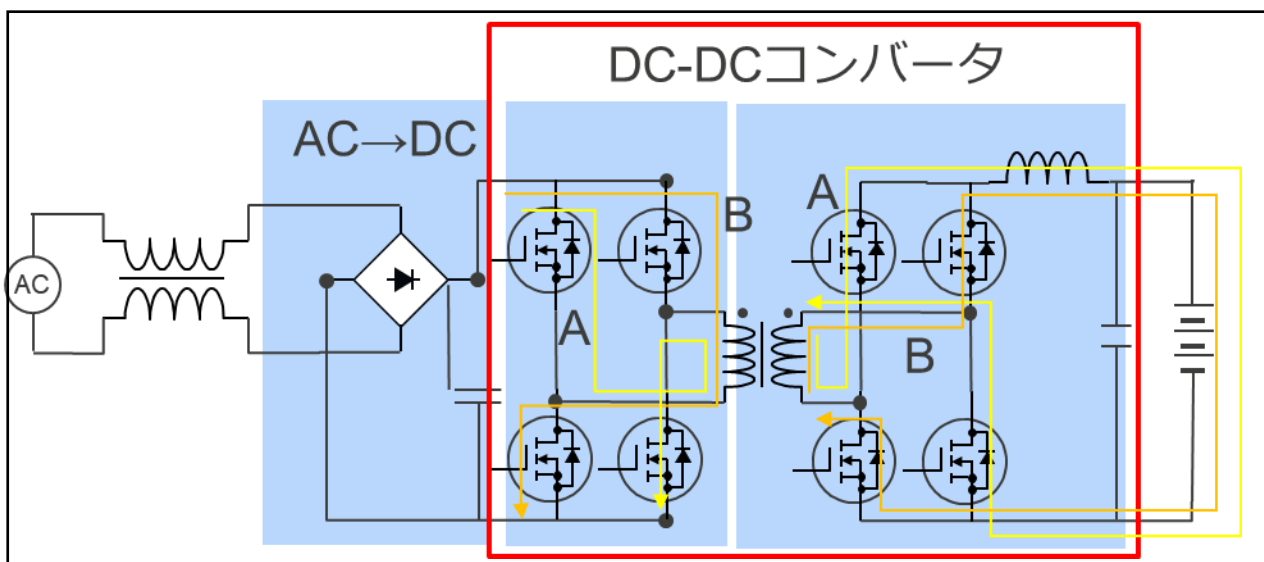


図 14 DC-DC コンバータ フルブリッジ方式回路構成イメージ図

2.2.6 DC-DC コンバータ チョップパ方式

■ 昇圧方式

回路構成と電流の流れを図 15 に示します。スイッチングデバイスがオン時にコイルに励磁電流が発生し、スイッチングデバイスをオフする事でコイル励磁電流が出力側に流れます。繰り返し動作で昇圧させます。本アプリケーションノートで採用する方式です。

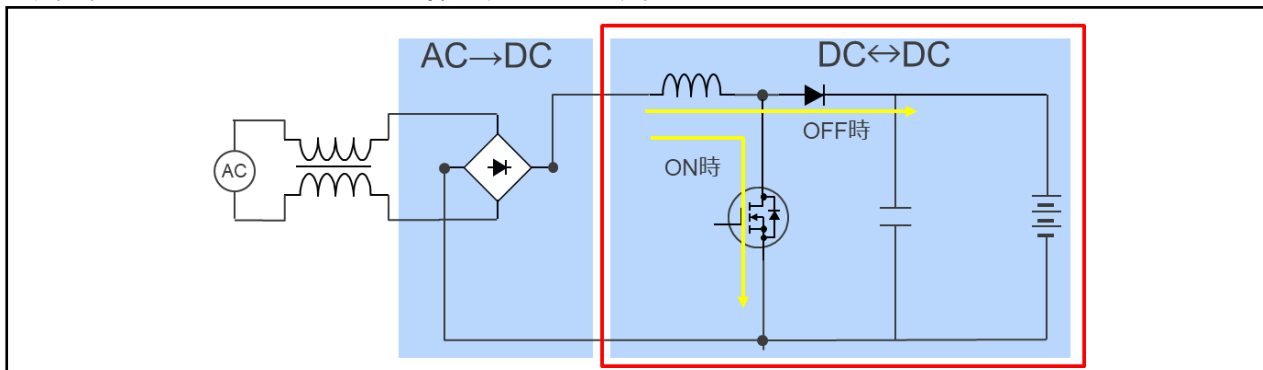


図 15 DC-DC コンバータ チョップパ方式 (昇圧) 回路構成イメージ図

■ 降圧方式

回路構成と電流の流れを図 16 に示します。スイッチングデバイスがオン時にコイルに励磁電流が発生し、スイッチングデバイスをオフする事で励磁電流が出力側に流れます。繰り返し動作で降圧させます。本アプリケーションノートで採用する方式です。

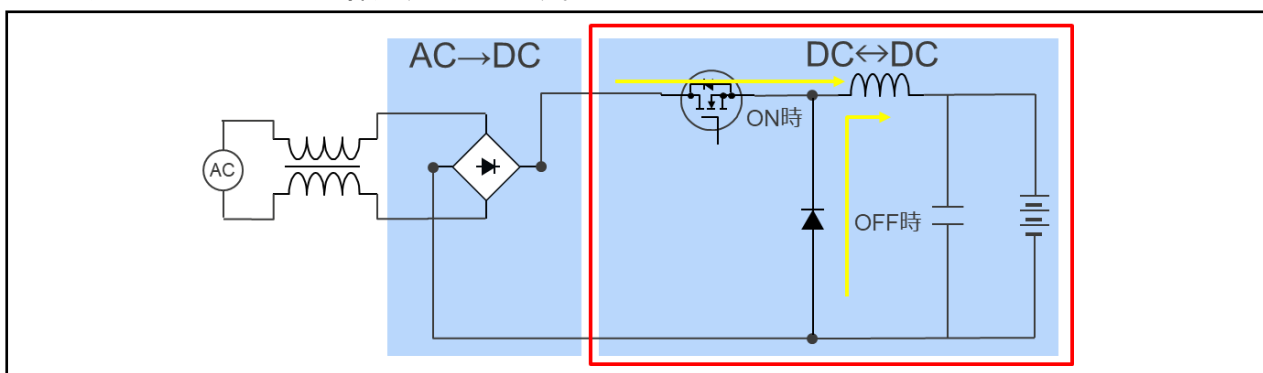


図 16 DC-DC コンバータ チョップパ方式 (降圧) 回路構成イメージ図

■ 昇降圧方式

回路構成と電流の流れを図 17 に示します。昇圧と降圧方式を合体させた回路で昇圧と降圧方式両方の動作となります。

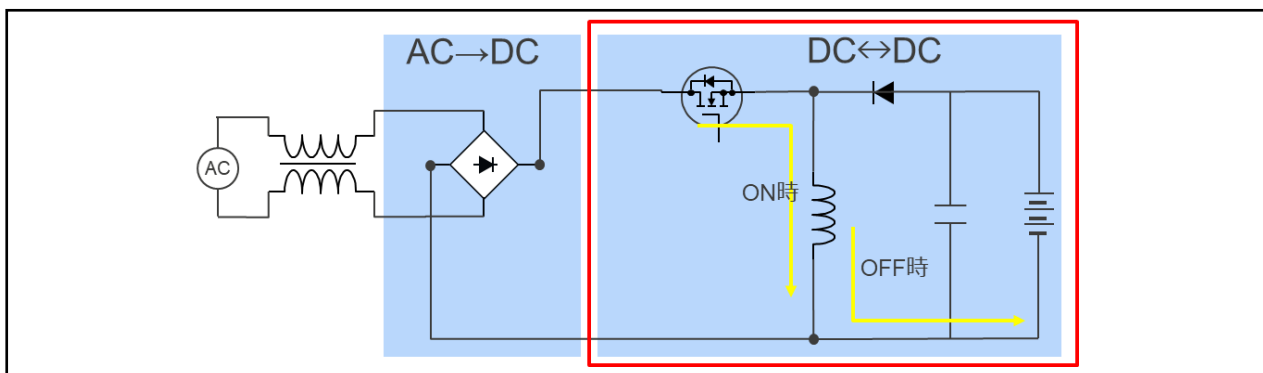


図 17 DC-DC コンバータ チョップパ方式 (昇降圧) 回路構成イメージ図

3. Digital Power Conversion (UPS) システム概要

UPS は、図 18 に示す通り、「常時インバータ方式」と「常時商用電源方式」の 2 種類に大分類されます。常時インバータ方式は必ずインバータを通して接続機器に電源供給する方式です。常時商用電源方式は定常時は商用電源から、停電時はバッテリー電源をインバータを通して電源供給する方式です。本アプリケーションノートは常時インバータ方式を採用した UPS システム^{注1}です。

[注] 1: 本アプリケーションノートではシステム異常時処理を含めておりません。含める場合は AC 出力段に Switch 制御を追加する事で実現できます。

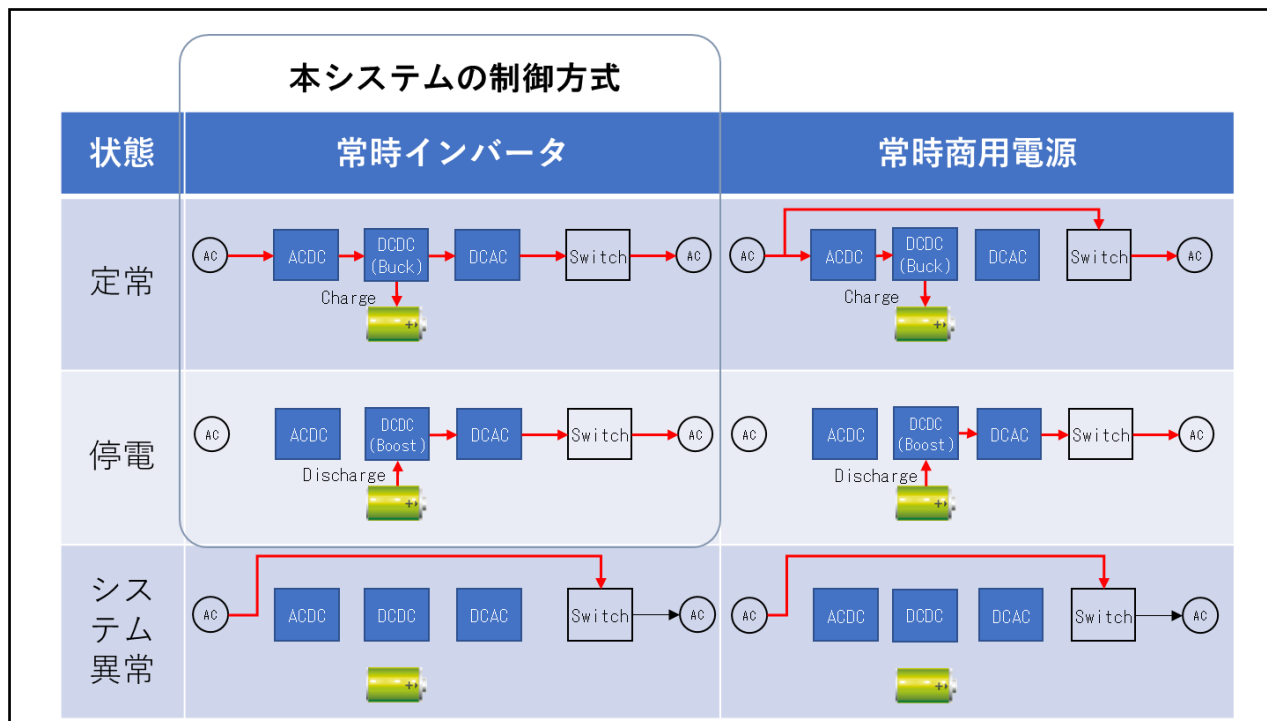


図 18 本システムの UPS 制御方式

3.1 システム構成

本システムは、50Hz 100V 100W 電源ボードキットとして、表 12 に示す 5 枚のボードからなるシステムです。Base Board は各種コンバータ (AC-DC, DC-DC)、インバータボード (DC-AC) を挿すボードで、各々ボードを RX66T CPU Card、もしくは RX26T CPU Card により制御します。構成図を図 19 に、ボード接続図を図 20 に、各々ボードの外観図を図 21~図 25 に示します。

表 12 使用ボード一覧

| No. | ボード名称 | 型名 | 備考 |
|-----|---------------------|---------------|---------------------------|
| 1 | CPU Card (右から選択) | P05701-C0-038 | R5F566TEADFH 搭載 CPU 評価ボード |
| | | P05701-C0-068 | R5F526TFDGF 搭載 CPU 評価ボード |
| 2 | Base Board | P13178-C0-001 | 各種電源ボードを挿すベースとなる電源ボード |
| 3 | AC-DC Board | P13178-C0-002 | AC-DC コンバータボード |
| 4 | DC-DC Board | P13178-C0-003 | DC-DC コンバータボード |
| 5 | DC-AC Board | P13178-C0-004 | DC-AC インバータボード |

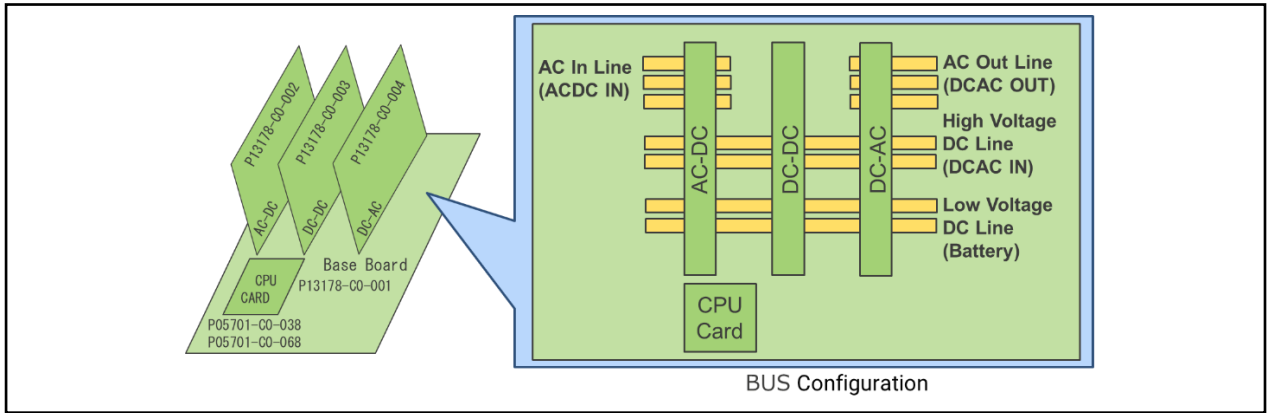


図 19 ボード構成図

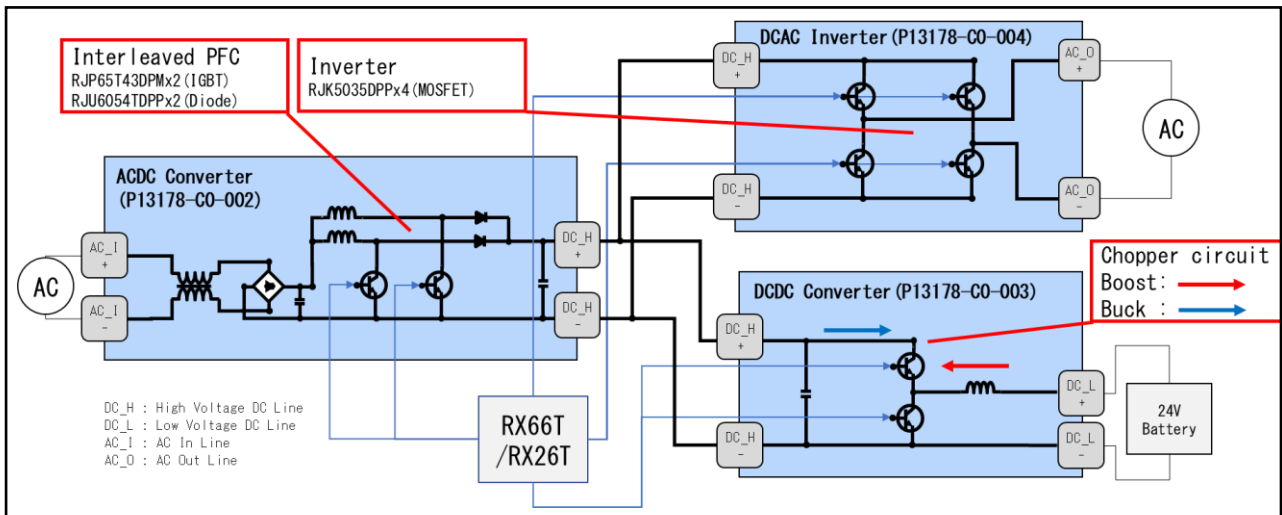


図 20 概略回路構成図(ボード接続図)

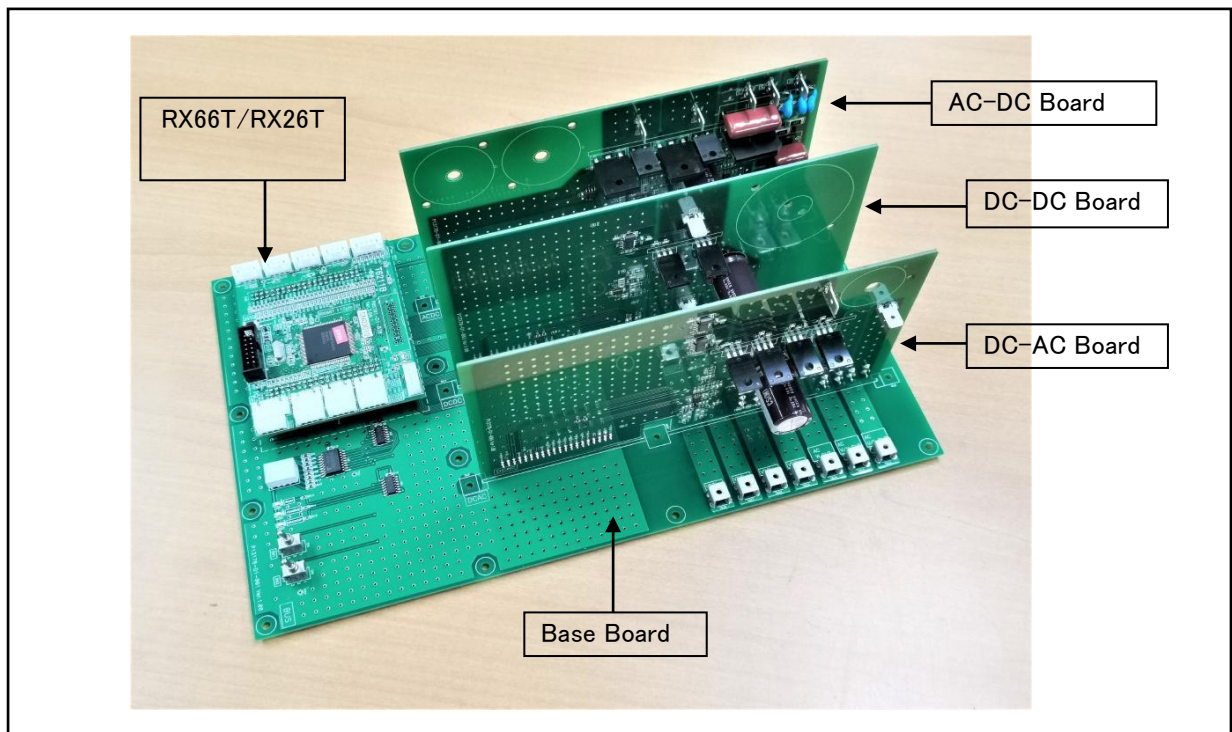


図 21 全体構成外観図

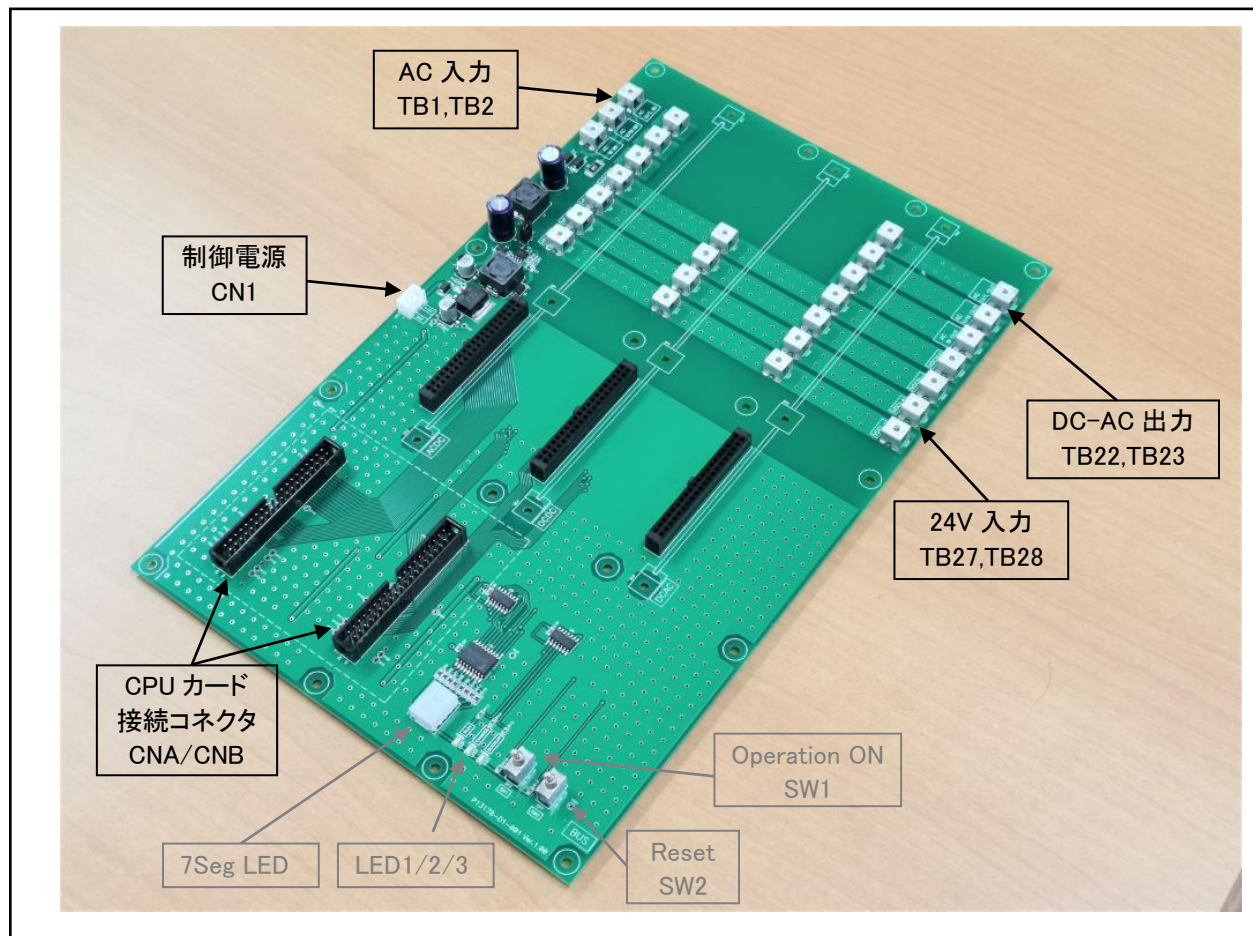


図 22 ベースボード外観図

表 13 ベースボードのコネクター一覧

| 端子名 | 定義 | 備考 |
|---------|------------------------|---|
| TB1 | AC_U/P_IN | AC 入力 |
| TB2 | AC_V/N_IN | AC 入力 |
| TB27 | バッテリー P | 24V 入力 |
| TB28 | バッテリー N | GND |
| TB22 | DC-AC 出力 | 100Vrms |
| TB23 | DC-AC 出力 | 100Vrms |
| CN1 | CN1:1 12V CN1:3 GND | 制御電源、バッテリーから供給、常時有効 |
| CNA/CNB | CPU カード接続 | RX66T (P05701-C0-038) OR RX26T (P05701-C0-068) |

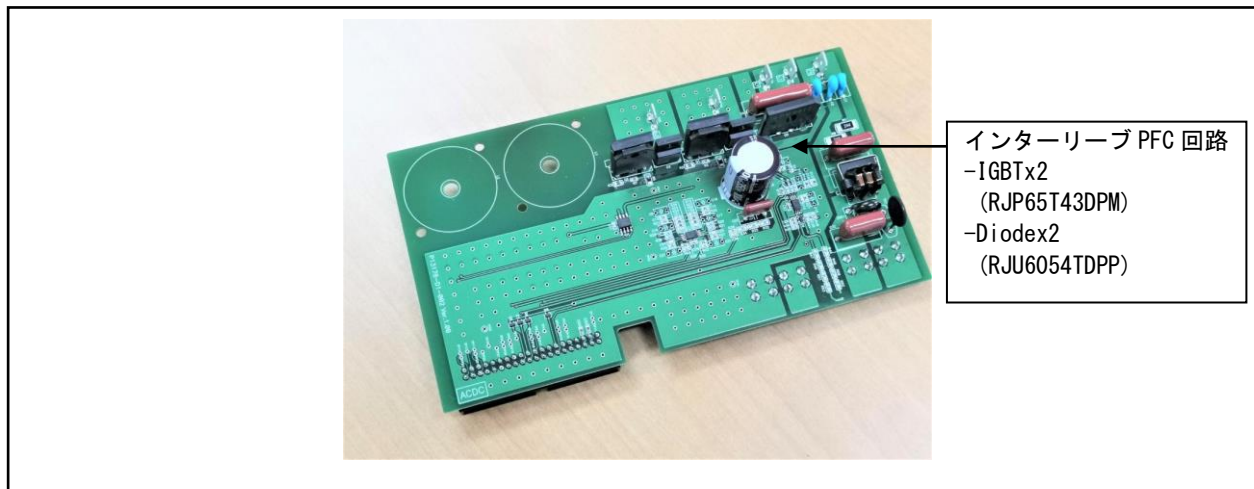


図 23 AC-DC ボード外観図

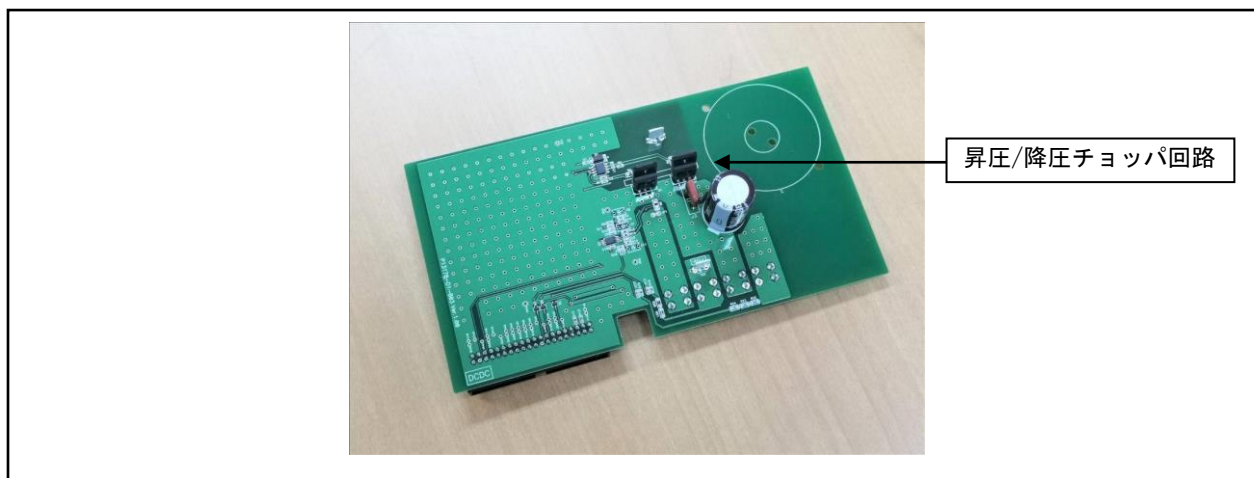


図 24 DC-DC ボード外観図

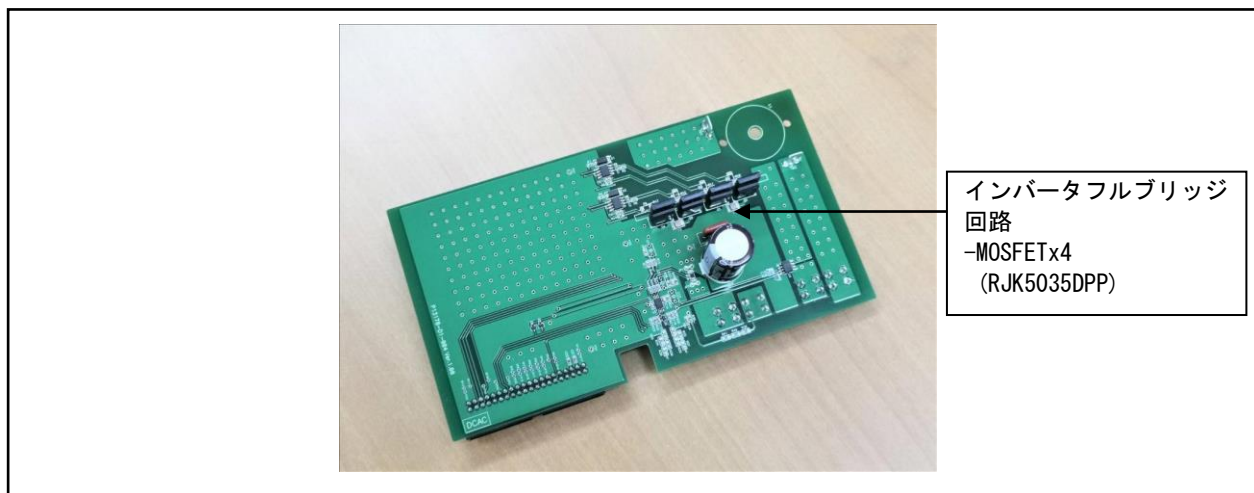


図 25 DC-AC ボード外観図

3.2 システム仕様

本システムのシステム仕様を表 14 に、動作イメージを図 26 に示します。

表 14 システム仕様

| 項目 | 仕様 | 備考 |
|---------------------|-------------------|------------------------|
| AC-DC 入力電圧 | 100Vrms | 系統電圧 |
| AC-DC 出力電圧 | 170V | 直流、昇圧出力 |
| AC-DC PFC 方式 | インターリーブ方式 | 電流連続モード |
| AC-DC PFC スイッチング周波数 | 60kHz | インターリーブ (1 PFC=60kHz)) |
| AC-DC 力率 | 90%以上 | 20W 以上の時 |
| AC-DC シャント抵抗 | 100mΩ | |
| DC-DC 低電圧 | 定格 24V | 12Vx2 バッテリ使用 |
| DC-DC 高電圧 | 150V | |
| DC-DC スイッチング周波数 | 40kHz | 昇降圧式 |
| DC-DC シャント抵抗 | 10mΩ | |
| DC-AC 出力電圧 | 100Vrms/50Hz | 系統と同等レベル |
| DC-AC 出力パワー | 100W Max | |
| DC-AC スイッチング周波数 | 20kHz | |
| 保護 | PFC 出力電圧過電圧保護 | 220V |
| | PFC 電流過電流保護 (ソフト) | 4A |
| | PFC 電流過電流保護 (ハード) | 4.5A (POE 保護) |
| | バッテリー電圧過電圧保護 | 30V |
| | バッテリー電圧低電圧保護 | 22V |
| | バッテリー電流放電電流保護 | 10A |
| | バッテリー電流充電電流保護 | 5A |
| 状態表示 | 7Seg 方式+LED 表示 | エラー情報、動作状態表示 |

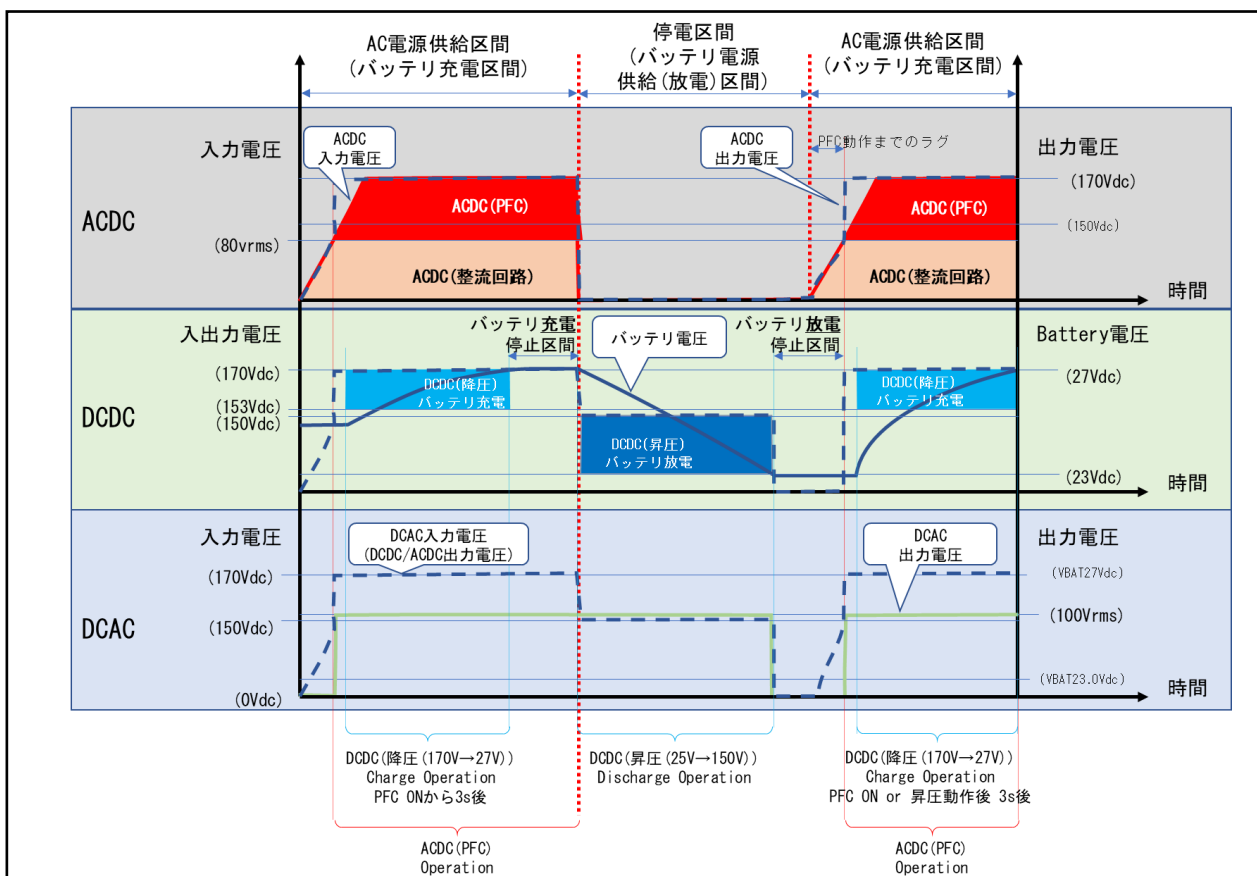


図 26 システム動作イメージ図

3.3 ハードウェア仕様

3.3.1 ハードウェア構成

ハードウェア構成を図 27 に示します。

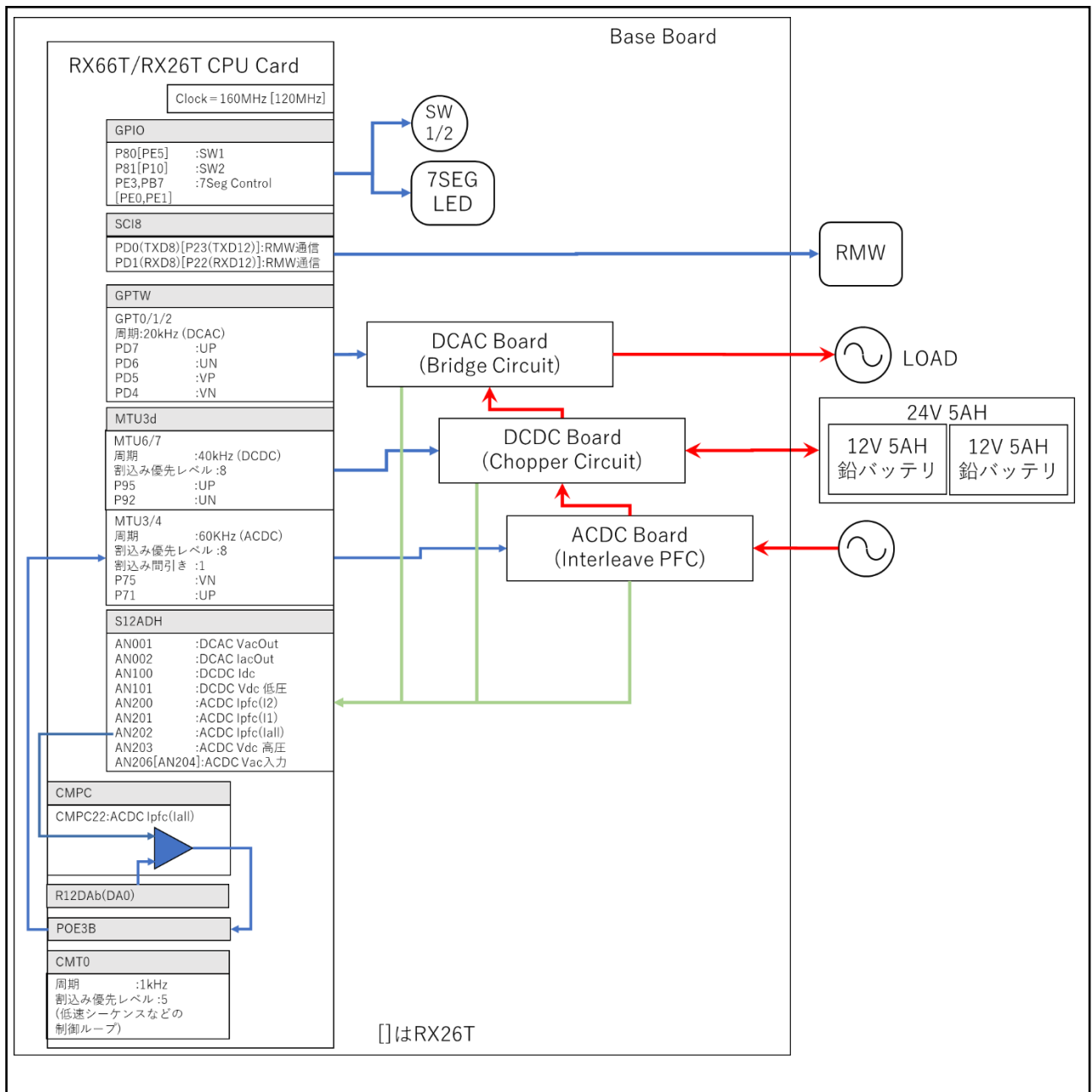


図 27 ハードウェア構成図

3.3.2 ユーザインタフェース

本システムのユーザインタフェース一覧を表 15 に、エラー内容一覧を表 16 に示します。

表 15 ユーザインタフェース一覧

| 項目 | インタフェース部品 | 機能 |
|-----------|---------------|--|
| 運転スイッチ | トグルスイッチ (SW1) | 運転開始／運転停止の指令 ON : 運転開始 OFF : 運転停止 |
| リセットスイッチ | トグルスイッチ (SW2) | リセット入力 OFF⇒ON : リセット入力 |
| 運転表示 | 赤色 LED1 | 運転中/停止 or エラーの表示 点灯 : 運転中 消灯 : 停止 or エラー |
| バッテリー充電表示 | 赤色 LED2 | バッテリーの充放電表示 LED2 : 点灯 : バッテリー充電中 (170V⇒24V 降圧動作中) LED2 : 消灯 : バッテリー満充電 (バッテリー充電停止) |
| バッテリー放電表示 | 緑色 LED3 | バッテリーの充放電表示 LED3 : 点灯 : バッテリー放電中 (24V⇒150V 昇圧動作中) LED3 : 消灯 : バッテリー非放電 |
| エラー状態表示 | 7Seg LED | エラーフラグ (1~255) を 1 桁/秒ずつ 5 桁表示。 エラーフラグは表 16 参照。 (例) エラー 032 (0x0020) の場合 0 表示/秒 ⇒ 3 表示/秒 ⇒ 2 表示/秒 ⇒ ブランク表示/秒 ⇒ ブランク表示/秒 |

表 16 エラーフラグ一覧

| エラーフラグ表示 | エラー内容 | 設定値 | エラーフラグ (hex) |
|-----------|-------------------|---------------|--------------|
| 0 0 1 □ □ | PFC 出力電圧過電圧保護 | 220V | 0x0001 |
| 0 0 2 □ □ | PFC 電流過電流保護 (ソフト) | 4A | 0x0002 |
| 0 1 0 □ □ | PFC 電流過電流保護 (ハード) | 4.5A (POE 保護) | 0x0010 |
| 0 0 4 □ □ | バッテリー電圧過電圧保護 | 30V | 0x0004 |
| 0 0 8 □ □ | バッテリー電圧低電圧保護 | 22V | 0x0008 |
| 0 6 4 □ □ | バッテリー電流放電電流保護 | 10A | 0x0040 |
| 0 3 2 □ □ | バッテリー電流充電電流保護 | 5A | 0x0020 |

□ : ブランク表示

3.3.3 使用 MCU 周辺機能

本システムに使用する RX66T/RX26T 周辺機能一覧を表 17 に示します。

表 17 周辺機能対応表

| 12 ビット A/D コンバータ (S12ADH) | インターバル タイマ (CMT) | PWM 出力タイ マ (GPTW) | PWM 出力タイ マ (MTU3d) |
|---|---------------------------------|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> AC-DC PFC1/2 電流検知 (S12AD2-AN200, AN201, AN202) AC-DC 出力電圧検知 (S12AD2-AN203) AC-DC 入力電圧検知 (S12AD2-AN206 [RX26T:AN204]) DC-DC 低電圧出力検知 (S12AD1-AN101) DC-DC 高電圧出力検知 (S12AD2-AN203) DC-DC 電流検知 (S12AD1-AN100) DC-AC 出力電圧検知 (S12AD-AN001) DC-AC 出力電流検知 (S12AD-AN002) | 1 [ms] イン ターバルタイ マ (CMT0) | 相補 PWM 出力 -DC-AC イン バータ制御 (GPTW0/1/2) | 相補 PWM 出力 -AC-DC PFC 制御 (MTU3/4) -DC-DC コン バータ制御 (MTU6/7) |
| コンパレータ (CMPC) | 12 ビット D/A コン バータ (R12DAb) | ポートアウトプットイネーブル (POE3B) | |
| S12AD2 の AN202 (I _{pf} c) と基準電圧の R12DAb (DAO) と比較し、基準値を超えた場合、イベント信号を POE3b に出力 (CMPC22) | CMPC の基準電圧生成 (DAO) | CMPC のイベント信号により (PFC リミット電流を超えた場合)、AC-DC の PFC 駆動 (MTU3d の MTU3/4) を停止 | |

3.3.4 端子インタフェース

本システムに使用する RX66T/RX26T の端子インタフェースを表 18 に示します。

表 18 RX66T/RX26T 端子インタフェース

| モジュール名 | 使用リソース | RX66T 端子名 | RX26T 端子名 | 機能 | |
|-------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| GPIO | | P80 | PE5 | SW1 | |
| | | P81 | P10 | SW2 | |
| | | PE3, PB7 | PE1, PE0 | 7Seg Control | |
| SCI | SCI8 [SCI12] | PD0 (TXD8) | P23 (TXD12) | RMW 通信 (送信) | |
| | | PD1 (RXD8) | P22 (RXD12) | RMW 通信 (受信) | |
| GPTW | GPTW0, GPTW1, GPTW2 | PD2 (GT IOC2B) | | DC-AC WN (未使用) | |
| | | PD3 (GT IOC2A) | | DC-AC WP (未使用) | |
| | | PD4 (GT IOC1B) | | DC-AC VN | |
| | | PD5 (GT IOC1A) | | DC-AC VP | |
| | | PD6 (GT IOC0B) | | DC-AC UN | |
| | | PD7 (GT IOC0A) | | DC-AC UP | |
| MTU3d | MTU6, MTU7 | P90 (MT IOC7D) | | DC-DC WN (未使用) | |
| | | P91 (MT IOC7C) | | DC-DC VN (未使用) | |
| | | P92 (MT IOC6D) | | DC-DC UN | |
| | | P93 (MT IOC7B) | | DC-DC WP (未使用) | |
| | | P94 (MT IOC7A) | | DC-DC VP (未使用) | |
| | | P95 (MT IOC6B) | | DC-DC UP (昇圧時不使用) | |
| | | MTU3, MTU4 | P71 (MT IOC3B) | | AC-DC (PFC2) UP |
| | P72 (MT IOC4A) | | | AC-DC VP (未使用) | |
| | P73 (MT IOC4B) | | | AC-DC WP (未使用) | |
| | P74 (MT IOC3D) | | | AC-DC UN (未使用) | |
| | P75 (MT IOC4C) | | | AC-DC (PFC1) VN | |
| | P76 (MT IOC4D) | | | AC-DC WN (未使用) | |
| | S12ADH | | S12AD | P40 (AN000) | |
| | | P41 (AN001) | | | DC-AC VacOut |
| P42 (AN002) | | | | DC-AC IacOut | |

| | | | | |
|--------|-------------|--------------------|-------------------------|---|
| S12AD1 | P43 (AN003) | | (未使用) | |
| | P44 (AN100) | | DC-DC Idc (低電圧 (バッテリー)) | |
| | P45 (AN101) | | DC-DC Vdc (低電圧 (バッテリー)) | |
| | P46 (AN102) | | (未使用) | |
| | P47 (AN103) | | (未使用) | |
| | S12AD2 | P52 (AN200) | | AC-DC I _{pf} c (I ₂) |
| | | P53 (AN201) | | AC-DC I _{pf} c (I ₁) |
| | | P54 (AN202/CMPC22) | | AC-DC I _{pf} c (I _{all}) |
| | | P55 (AN203) | | AC-DC V _{dc} (高電圧) |
| | | P60 (AN206) | P50 (AN204) | AC-DC V _{ac} (AC 入力電圧) |
| | | P61 (AN207) | | (未使用) |
| | | P62 (AN208) | | (未使用) |
| | | P63 (AN209) | | (未使用) |
| | | P64 (AN210) | | (未使用) |
| | | P65 (AN211) | | (未使用) |
| | | P20 (AN216) | | (未使用) |
| | | P21 (AN217) | | (未使用) |

3.4 ソフトウェア仕様

3.4.1 モジュール構成

サンプルプログラムのモジュール構成を図 28 に示します。

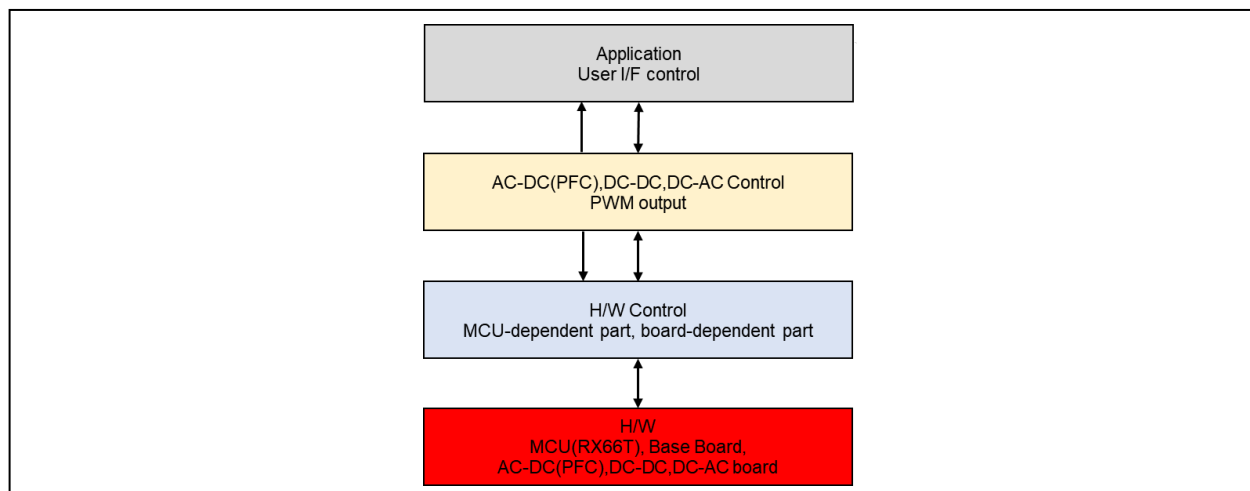


図 28 モジュール構成

3.4.2 ソフトウェア・ファイル構成

ソフトウェアのフォルダとファイル構成を表 19 に示します。

表 19 フォルダ・ファイル構成

| フォルダ名 | ファイル名 | 内容 |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| src | main.c | メイン関数、ユーザインタフェース制御 |
| | intprg.c | 割り込みハンドラ |
| | r_pwr_control.c | 初期化処理 |
| | r_pwr_interrupt.c | 割り込み処理 |
| | r_pwr_pfc_ctrl.c | AC-DC (PFC)、DC-DC、DC-AC 制御 |
| | r_pwr_Sequence.c | シーケンス制御 |
| | r_pwr_control.h | エラーパラメータ関連定義 |
| | r_pwr_interrupt.h | その他制御パラメータ定義 |
| | r_pwr_pfc_ctrl.h | AC-DC (PFC)、DC-DC、DC-AC 制御パラメータ関連定義 |
| r_pwr_Sequence.h | シーケンスパラメータ関連定義 | |
| src¥REL_src | resetprg.c | パワーオン時処理 |
| | dbsect.c | B, R セクション設定 |
| | sbrk.c | メモリアロケーション処理 |
| | vecttbl.c | ベクタテーブル初期化処理 |
| | iodef.h | I/O レジスタ定義 |
| | sbrk.h | アロケーションサイズ定義 |
| | stacksect.h | スタックエリアサイズ定義 |
| | typedef.h | 型定義 |
| | vect.h | ベクター定義 |
| src¥PWR_IOLIB | r_pwr_IOLIB_AD.c | S12ADH 関連処理 |
| | r_pwr_IOLIB_CLOCK.c | 動作クロック設定処理 |
| | r_pwr_IOLIB_CMT.c | CMT 関連処理 |
| | r_pwr_IOLIB_INV_MTU_AD.c | MTU3d, GPTW 関連処理 |
| | r_pwr_IOLIB_IO.c | I/O 関連処理 [RX26T 版のみ] |
| | r_pwr_IOLIB_IWDT.c | IWDT 関連処理 |
| | r_pwr_IOLIB_POE.c | POE3B 関連処理 |
| | r_pwr_MATHLIB.c | 算術演算処理 |
| | r_pwr_MATHLIB.h | 算術演算関連定義 |
| r_pwr_IOLIB.h | MCU 依存部定義 | |
| src¥ICS_Lib | ICS2_RX66T.h [ICS2_RX26T.h] | RMW ツール用通信関連定義 |
| | ICS2_RX66T.lib [ICS2_RX26T.lib] | RMW ツール用通信ライブラリ |

4. 制御ソフトウェア説明

本アプリケーションノートのソフトウェア処理は、AC-DC コンバータ制御(インターリーブ PFC 回路)、DC-DC コンバータ制御(昇圧/降圧チョップ回路)、DC-AC インバータ制御(フルブリッジ回路)に分類されます。各々制御は 4.14.1 状態遷移に示す”RUN Mode”内で実行します。制御内容については 4.2 制御内容で説明します。

4.1 状態遷移

本アプリケーションノート対象ソフトウェアにおける状態遷移図を図 29 に示します。本アプリケーションノート対象ソフトウェアでは、「STOP Mode」、「ERROR Mode」、「RUN Mode」の 3 つのモードでシステム状態を管理します。動作内容を以下に示します。

■通常動作時

- (1) 電源投入すると、「Power On Reset」を経由し、「STOP Mode」に遷移し、待機状態となります。
- (2) SW1 ON により「RUN Mode」に遷移し、各々条件に合わせて AC-DC コンバータ制御(インターリーブ PFC 回路)の「AC-DC (PFC) Operation」、DC-DC コンバータ制御(昇圧/降圧チョップ回路)の「DC-DC Boost Operation」、および「DC-DC Buck Operation」、DC-AC インバータ制御(フルブリッジ回路)の「DC-AC Operation」を実行します。
- (3) SW1 OFF により全ての処理を終了し「STOP Mode」に遷移し、待機状態となります。

■エラー発生時

- (1) エラー発生時は、「ERROR Mode」に遷移し、「ERROR Mode」で待機状態となります。エラー内容については表 16 エラーフラグ一覧を参照ください。
- (2) SW2 によりリセット入力する事で「STOP Mode」に遷移し、待機状態となります。

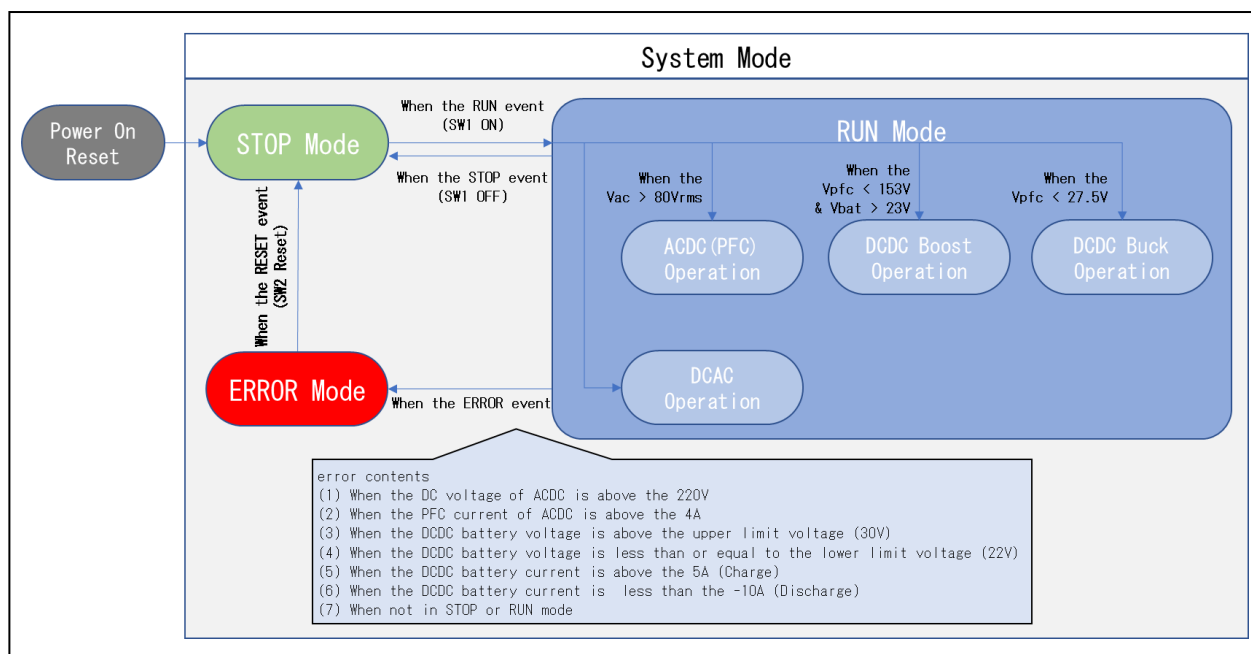


図 29 状態遷移図

4.2 制御内容

本アプリケーションノートのソフトウェア処理である AC-DC コンバータ制御(インターリーブ PFC)、DC-DC コンバータ制御(昇圧/降圧チョップ回路)、DC-AC インバータ制御(フルブリッジ回路)について説明します。

4.2.1 AC-DC コンバータ (PFC) 制御

RX66T/RX26T MTU3d の MTU3/4 を相補 PWM モードに設定し U/V/W 相を出力します。この内 U 相の正相と V 相の逆相を使用することで、180 度の位相差をもった PWM 波形を得る事ができ、インターリーブ PFC を駆動しております。PFC の駆動はデジタル制御で、フィードフォワード制御と PI 制御を合わせて、デューティの計算を行っております。

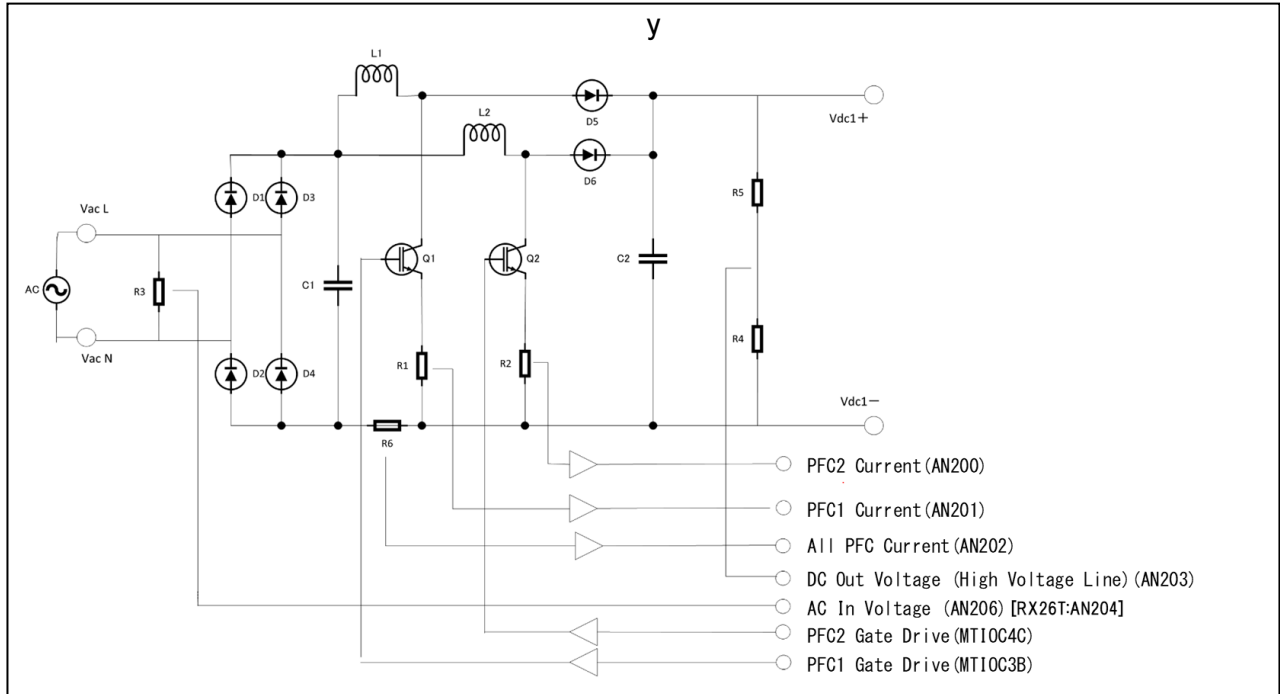


図 30 AC-DC コンバータ (PFC) 制御部の回路構成と制御信号結線図

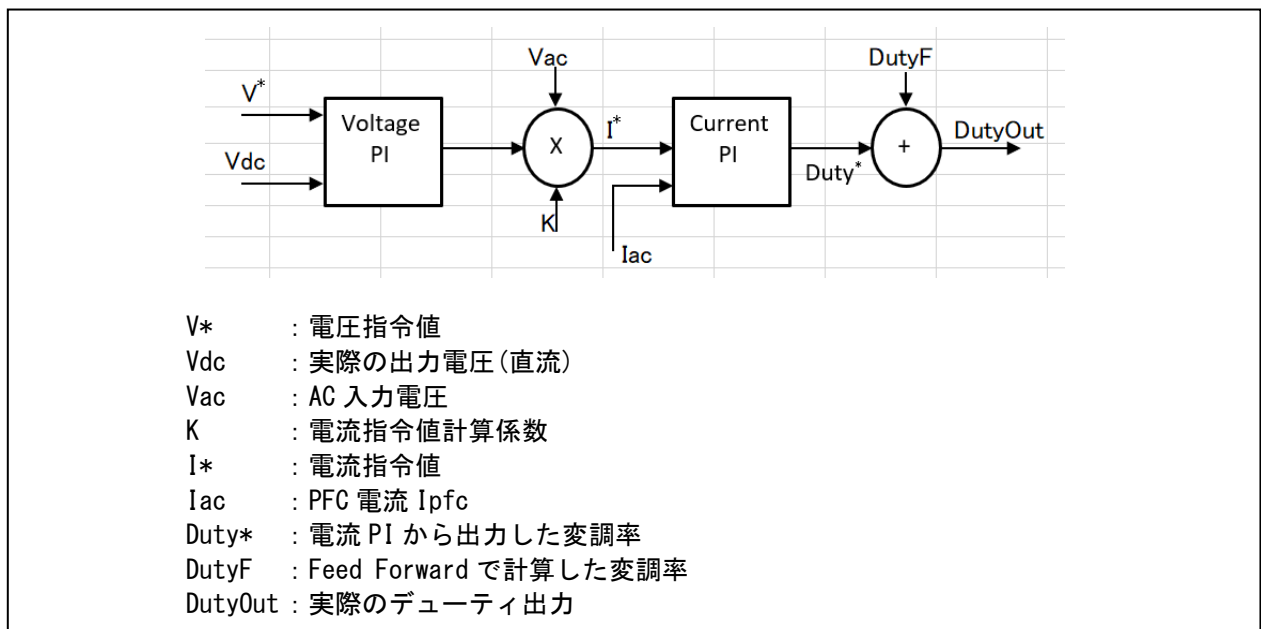


図 31 AC-DC 制御ロジック図

4.2.2 DC-DC コンバータ制御

DC-DC コンバータ部は、昇圧動作 (バッテリーから電源を供給するバッテリー放電) と降圧動作 (バッテリー充電) を兼ねた双方向電圧変換を実施しております。電圧変換制御は RX66T/RX26T MTU3d の MTU6/7 を相補 PWM モードに設定し U/V/W 相出力とし、この内 U 相の正相と逆相を使用することで、チョップ回路のハーフブリッジを駆動します。相補 PWM を利用することで、同期整流方式で駆動することが可能となります。ただし AC-DC の出力が DC-DC の昇圧電圧より高い場合、U 相の正相と逆相によるスイッチング動作をすると、回路は降圧効果になりますので、昇圧時は U 相の正相を駆動しない制御としております。なお、高電圧側の電圧サンプリングは AC-DC の出力電圧検出 (VDC 電圧検出 (AN203)) と兼用しています。

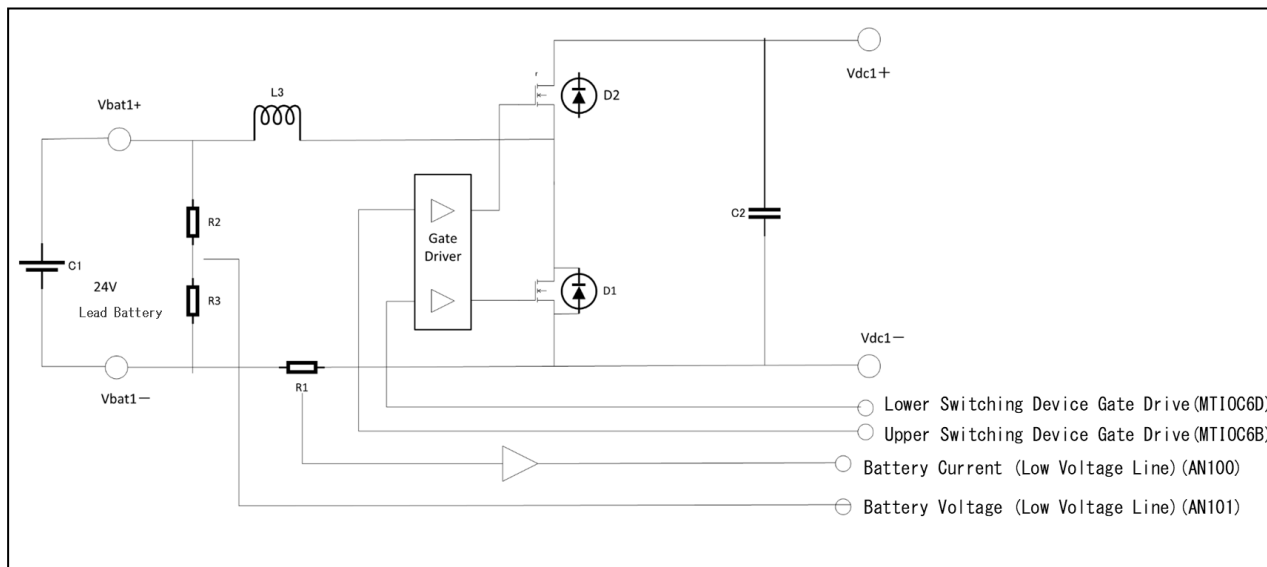


図 32 DC-DC コンバータ制御部の回路構成と制御信号結線図

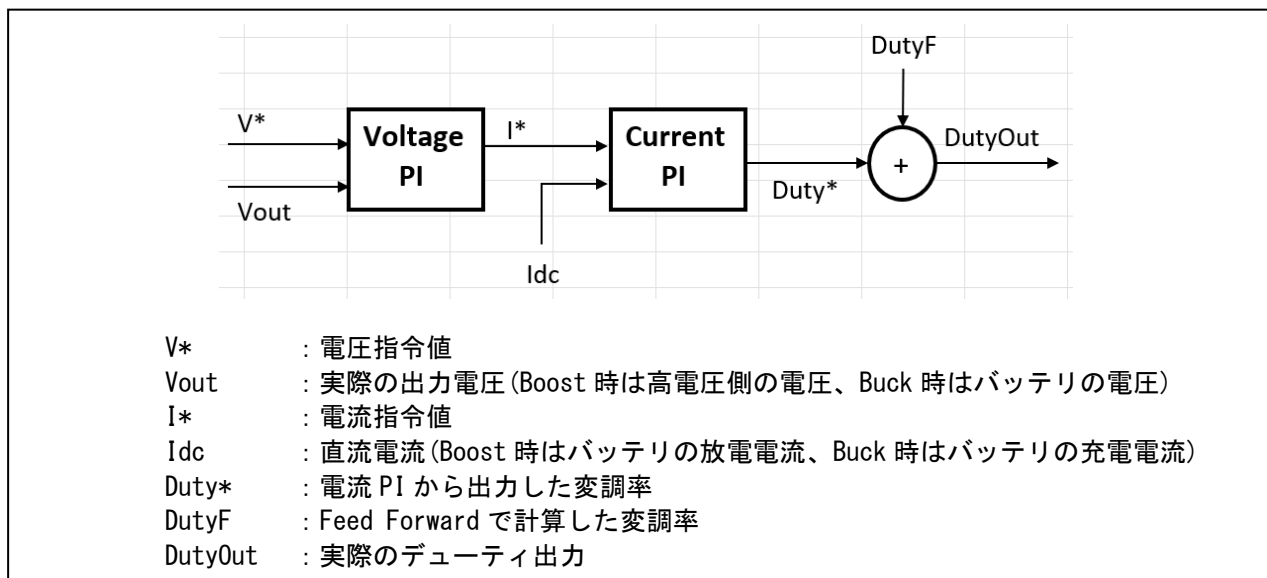


図 33 DC-DC 制御ロジック図

4.2.3 DC-AC インバータ制御

RX66T/RX26T GPTW の GPT0/1/2 を相補 PWM モードに設定し U/V/W 相を出力します。この内 U 相の正相と V 相の逆相、U 相の逆相、V 相の正相を同時に制御する事で位相を 180 度ずらした制御を実現しております。DC-AC は電圧のオープンループ制御を行っております。デッドタイム、非線形などによる出力のオフセットは offset 部分で補正を行います。ここで、固定 100Vrms を出力するためには、K はピーク値の 140 になります。電圧フィードフォワード制御により、入力電圧リップルの影響を吸収できます。

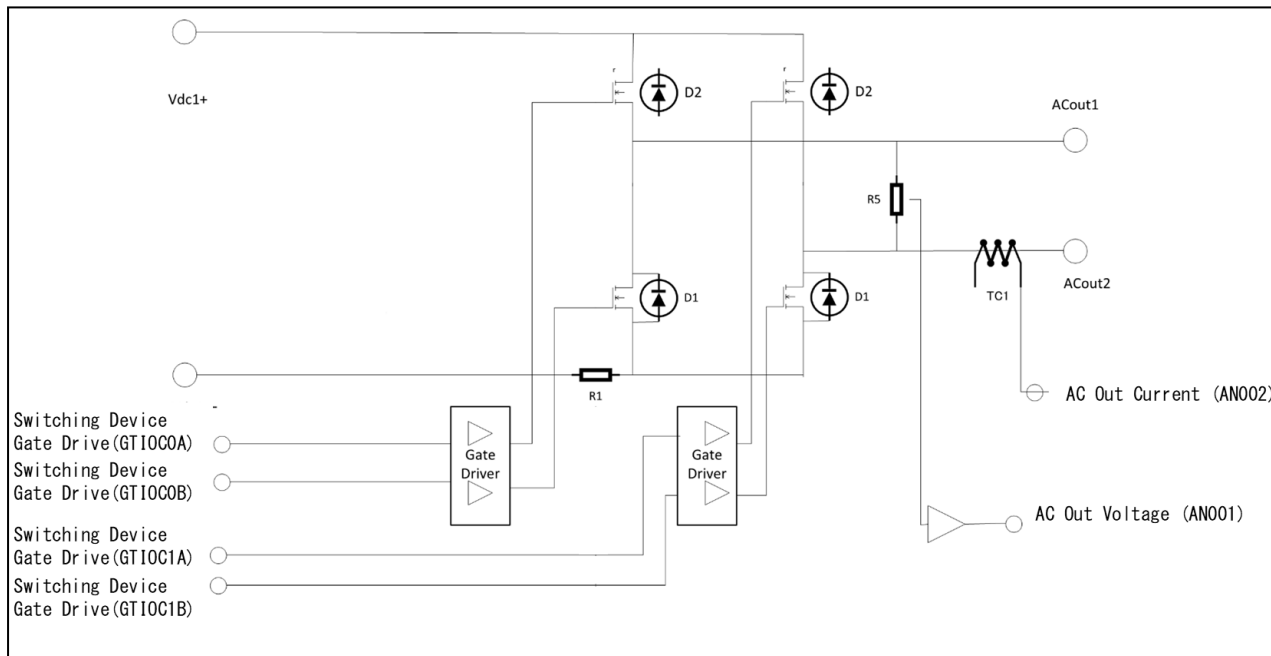


図 34 DC-AC インバータ制御部の回路構成と制御信号結線図

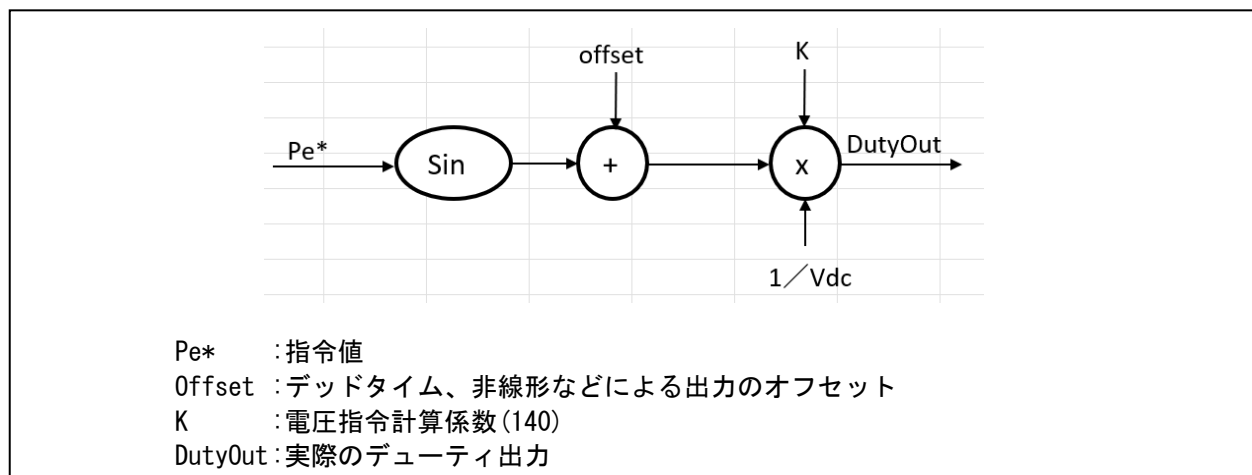


図 35 DC-AC 制御ロジック図

4.3 関数一覧

本制御プログラムの関数一覧を以下に示します。一部関数はユーザが容易に組み込める様、拡張用として準備している関数(本ソフトウェアでは不使用の関数)も含めております。不使用関数は、以下一覧表の Notes をご参照下さい。

表 20 関数一覧

| File | Function | | | | | Notes |
|------|-------------------|---------------------------|-----------------|-------------|---|-------|
| Path | Name | Name | Arguments | Return Type | Overview | |
| src | main.c | main | void | void | Main 関数 | |
| | r_pwr_control.c | r_pwr_User_CustomIO_init | void | void | I/O ポートの初期化 [RX26T 版は r_pwr_IOLIB_IO.c で定義] | |
| | | r_pwr_User_Ctrl_Init | void | void | エラー設定値などの初期化 | |
| | | r_pwr_Seg_Control | uint16_t data | void | 7Seg 表示 | |
| | r_pwr_interrupt.c | interrupt_CMT0 | void | void | 1kHz 割込み | |
| | | interrupt_MTU34_carrier | void | void | AC-DC (PFC) 制御 60kHz 割込み (1 間引き) | |
| | | r_pwr_error_stop | void | void | エラー時のシステム停止 | |
| | | r_pwr_check_error_curloop | void | void | 30kHz 周期でのエラー確認 | |
| | r_pwr_pfc_ctrl.c | r_pwr_User_Pfc_Init | void | void | PFC 初期化 | |
| | | r_pwr_User_DCDC_Low_Init | void | void | Buck 運転初期化 | |
| | | r_pwr_User_DCDC_High_Init | void | void | Boost 運転初期化 | |
| | | r_pwr_DCAC_Init | void | void | DC-AC 初期化 | |
| | | r_pwr_DCDC_HighToLow | void | void | Buck 運転制御関数 (バッテリー充電) | |
| | | r_pwr_DCDC_LowToHigh | void | void | Boost 運転制御関数 (バッテリー放電) | |
| | | r_pwr_pfc_control | void | void | PFC 運転制御関数 | |
| | | r_pwr_DCAC_Control | void | void | DC-AC 制御 | |
| | r_pwr_Sequence.c | r_pwr_SEQ_Execute_Event | uint8_t ucEvent | void | イベントマトリックス処理関数 | |
| | | r_pwr_Seq_Init | void | void | シーケンス初期化 | |
| | | r_pwr_SEQ_Act_Run | uint8_t ucState | uint8_t | RUN イベント処理関数 | |
| | | r_pwr_SEQ_Act_Stop | uint8_t ucState | uint8_t | STOP イベント処理関数 | |
| | | r_pwr_SEQ_Act_Reset | uint8_t ucState | uint8_t | RESET イベント処理関数 | |
| | | r_pwr_SEQ_Act_Error | uint8_t ucState | uint8_t | ERROR イベント処理関数 | |

| | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|---|--|---------|---------------------------------|----------|
| | | r_pwr_SEQ_Act_None | uint8_t ucState | uint8_t | NONE イベント処理関数 | |
| | | r_pwr_SEQ_Init_Start | void | void | START イベント処理関数 | |
| src¥PWR_IOLIB | r_pwr_IOLIB_AD.c | r_pwr_ad_S12AD0_init | uint16_t u2_mode | void | S12AD 初期化 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD1_init | uint16_t u2_mode | void | S12AD1 初期化 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD2_init | uint16_t u2_mode | void | S12AD2 初期化 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD0_set_channel | uint32_t u4_ch_list | void | S12AD チャンネル設定 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD0_set_range | int16_t s2_ch, int16_t s2_offset, float f_range | void | S12AD オフセット、レンジ設定 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD1_set_channel | uint32_t u4_ch_list | void | S12AD1 チャンネル設定 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD1_set_range | int16_t s2_ch, int16_t s2_offset, float f_range | void | S12AD1 オフセット、レンジ設定 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD2_set_channel | uint32_t u4_ch_list | void | S12AD2 チャンネル設定 | |
| | | r_pwr_ad_S12AD2_set_range | int16_t ch, int16_t s2_offset, float f_range | void | S12AD2 オフセット、レンジ設定 | |
| | | r_pwr_IOLIB_CLOCK.c | r_pwr_CLOCK_init | void | void | 動作クロック設定 |
| r_pwr_IOLIB_CMT.c | r_pwr_interval_CMT0_init | uint16_t u2_freq | void | void | CMT0 初期化 | |
| | r_pwr_interval_CMT1_init | uint16_t u2_freq | void | void | CMT1 初期化 | Not use |
| | r_pwr_interval_CMT2_init | uint16_t u2_freq | void | void | CMT2 初期化 | Not use |
| | r_pwr_interval_CMT3_init | uint16_t u2_freq | void | void | CMT3 初期化 | Not use |
| r_pwr_IOLIB_INV_MTU_AD.c | r_pwr_pwmcontrol_MTU34_init | uint32_t u4_FreqCarrier, uint32_t u4_Deadtime, uint32_t | void | void | AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 MTU3/4 初期化 | |

| | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|---|---------------|--|---|------------|
| | | | u4_Decimation | | | |
| | r_pwr_pwmcontrol_MTU34_set_uv3shunt | float f_refu, float f_refv, float f_refw | void | | AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 MTU3/4 コンペア値設定 | |
| | r_pwr_pwmcontrol_MTU67_init | uint32_t u4_FreqCarrier, uint32_t u4_Deadttime, uint32_t u4_Decimation | void | | DC-DC (PFC) 制御 PWM 用 MTU6/7 初期化 | |
| | r_pwr_pwmcontrol_MTU67_set_uv3shunt | float f_refu, float f_refv, float f_refw | void | | DC-DC 制御 PWM 用 MTU6/7 コンペア値設定 | |
| | r_pwr_pwmcontrol_GPT012_init | uint32_t u4_FreqCarrier, uint32_t u4_Deadttime, uint32_t u4_Decimation | void | | DC-AC 制御 PWM 用 GPT0/1/2 初期化 | |
| | r_pwr_pwmcontrol_GPT012_set_uv3shunt | float f_refu, float f_refv, float f_refw | void | | DC-AC 制御 PWM 用 GPT0/1/2 コンペア値設定 | |
| | r_pwr_pwmcontrol_CMPC2_DAO_init | void | void | | ipfc 検知用 CMPC2, DAO の初期化 (出力遮断用 POE 向け) | |
| | r_pwr_pwmcontrol_poe3_init | void | void | | POE3 初期化 | |
| r_pwr_IOLIB_IO.c | r_pwr_User_CustomIO_init | void | void | | IO ポートの初期化 [RX66T 版は r_pwr_control.c に含む] | |
| r_pwr_IOLIB_IWDT.c | r_pwr_IWDT_init | void | void | | IWDT 初期化 | Not use |
| r_pwr_MATHLIB.c | r_pwr_limit_PN | float data, float limitp, float limitn | float | | データレンジ制限処理 | |

| | | | | | | |
|-----------------|------------|------------------------|---|-------------|---------------------|--|
| | | r_pwr_limit | float data, float limit | float | 負データレンジ制限処理 | |
| | | r_pwr_Inv_Cal c_Lpf | float * input_lpf, float input, float k_filter | void | LPF 計算処理 | |
| src¥REL _src | resetprg.c | PowerON_Reset _PC | void | void | パワーオンリセット処理 | |
| | sbrk.c | sbrk | size_t size | _SBYTE * | メモリエリアアロケーション 処理 | |

4.4 変数一覧

本制御プログラムで使用するグローバル変数一覧を次に示します。なお一部変数は内部動作変数も含まれております。内部動作変数は変数名先頭に” g” が付きません。

表 21 変数一覧

| File Name | Variable Name | Overview |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| r_pwr_interrupt. c | g_f_ACDC_offset_IpfcAll | PFC 電流オフセット |
| | g_f_DCDC_offset_Idc | バッテリー電流オフセット |
| | g_f_LpfFactor_CurrentOff | オフセット計算時のフィルタ係数 |
| | g_f_ErrLevel_OV_pfc | PFC 出力電圧保護レベル |
| | g_f_ErrLevel_Vbat_OV | バッテリー過電圧保護レベル |
| | g_f_ErrLevel_Vbat_UV | バッテリー低電圧保護レベル |
| | g_f_ErrLevel_Ibat_Plus_OC | バッテリー充電電流保護レベル |
| | g_f_ErrLevel_Ibat_Minus_OC | バッテリー放電電流保護レベル |
| | g_f_ErrLevel_OC_pfc | PFC 過電流保護レベル |
| | g_f_ACDC_Mu_Ref | AC-DC モジュール出力設定 U 相 |
| | g_f_ACDC_Mv_Ref | AC-DC モジュール出力設定 V 相 |
| | g_f_ACDC_Mw_Ref | AC-DC モジュール出力設定 W 相 (制御に使用しません) |
| | g_f_DCDC_Mu_Ref | DC-DC モジュール出力設定 U 相 |
| | g_f_DCDC_Mv_Ref | DC-DC モジュール出力設定 V 相 (制御に使用しません) |
| | g_f_DCDC_Mw_Ref | DC-DC モジュール出力設定 W 相 (制御に使用しません) |
| | g_f_DCAC_Mu_Ref | DC-AC モジュール出力設定 U 相 |
| | g_f_DCAC_Mv_Ref | DC-AC モジュール出力設定 V 相 |
| | g_f_DCAC_Mw_Ref | DC-AC モジュール出力設定 W 相 (制御に使用しません) |
| | g_f_ACDC_IpfcAll | PFC 全電流値 |
| | g_f_ACDC_IpfcU | PFC2 電流値 |
| | g_f_ACDC_IpfcV | PFC1 電流値 |
| | g_f_ACDC_offset_IpfcU | PFC2 オフセット電流値 |
| | g_f_ACDC_offset_IpfcV | PFC1 オフセット電流値 |
| | g_f_DCDC_Idc | バッテリー充放電電流値 |
| | g_f_ACDC_Vdc | High Voltage Line DC 電圧 (PFC 出力電圧値) |
| | g_f_DCDC_Vbat | Low Voltage Line DC 電圧 (バッテリー電圧値) |

| | |
|--------------------------|---|
| g_f_DCDC_Vbat_Lpf | バッテリー電圧値のフィルタ後の値 |
| g_f_ACDC_Vac | AC-DC の入力 AC 電圧 |
| g_f_ACDC_Vac_Plus | AC 電圧の絶対値 |
| g_f_VacTemp_New | AC 電圧オフセット計算用バッファ NEW 用 |
| g_f_VacTemp_Old | AC 電圧オフセット計算用バッファ OLD 用 |
| g_f_ACDC_offset_Vac | AC 電圧オフセット |
| g_f_Offset_VacSum | AC 電圧オフセット累計値 |
| g_f_Offset_Lpf_Vac | AC 電圧オフセット用フィルタ値 (平均フィルタ) |
| g_f_DCAC_offset_Vout | DC-AC 電圧 AD オフセット |
| g_f_DCAC_Vout | DC-AC 電圧値 |
| g_f_DCAC_offset_Iac_Hall | DC-AC AC 電流値オフセット |
| g_f_DCAC_Iac_Hall | DC-AC AC 電流値 |
| _f_VacRMS | AC-DC 入力電圧実効値 |
| _f_IacRMS | AC-DC 入力電流実効値 |
| _f_IacRMSLpf | AC-DC 入力電流実効値のフィルタ後の値 |
| _f_IacRMSSum | 電流実効値計算用累計値 |
| _f_VacRMSSum | 電圧実効値計算用累計値 |
| _f_VacTemp | 電圧実効値計算するためのバッファ |
| _f_IacTemp | 電流実効値計算するためのバッファ |
| g_s4_position_trigger | AD サンプリングトリガタイミング設定値 A |
| g_s4_position_triggerB | AD サンプリングトリガタイミング設定値 B (一箇所でトリガするため、トリガ A と同じ値に設定します) |
| g_u2_ModeSystem | 運転モード表示 0: STOP 1: RUN 2: ERROR |
| g_u2_ModeSystem_Request | コマンド受付 (運転モードをコントロールします) 0: STOP 1: RUN 2: ERROR 3: RESET |
| g_u2_TimeSetting_Offset | 起動時のキャリブレーション時間を設定用変数 |
| g_u2_TimeCnt_Offset | 起動時のキャリブレーション用カウント値 |
| g_u2_ErrorFlag_CurLoop | エラーフラグ |
| g_u2_Cnt_VacOffset | AC 電圧オフセット計算用カウント |
| g_u2_Enable_VacOffset | AC 電圧オフセット計算時用フラグ |
| g_u2_Cnt_Offset_Lpf_Vac | AC 電圧オフセットフィルタ用カウント値 (平均フィルタ式) |
| ics_cnt | RMW 表示用間引きカウント値 |
| _u2_CntRmsCal | 実効値計算用カウント |
| g_u2_poe_flag | POE エラー時のフラグ |
| g_u2_deci_cnt | 制御周期間引きカウント値 |
| g_u2_delay | バッテリーに充電するまでの遅延時間用カウント値 |
| g_u2_seg_data | 7Seg 表示用データ |
| g_u2_seg_time | 7Seg 表示周期用カウント値 |
| g_u2_seg_error_temp | 7Seg 表示データのエラー部分のバッファ値 |
| g_u2_led1_display | LED1 表示用データ |
| g_u2_led2_display | LED2 表示用データ |
| g_u2_led3_display | LED3 表示用データ |
| g_u2_sw1_status | SW1 入力データ |
| g_u2_sw2_status_old | SW2 入力データ OLD |
| g_u2_sw2_status | SW2 入力データ NEW |

| | | |
|--------------------------|--|---|
| r_pwr_IOLIB_INV_MTU_AD.c | g_u1_Error_Status | コマンド入力エラー表示用フラグ |
| | _u2_LibVersion | ライブラリバージョン |
| | _u2_Clock | 動作クロック (160MHz) |
| | _u2_HalfCarrierC1 | AC-DC 用 PWM 生成タイマ MTU3/4 50%Duty 値 |
| | _u2_TopCarrierC1 | AC-DC 用 PWM 生成タイマ MTU3/4 キャリア周期/2 (MTU3. TGRA) |
| | _u2_DeadtimeC1 | AC-DC 用 PWM 生成タイマ MTU3/4 デッドタイム |
| | _u2_HalfCarrierC2 | DC-DC 用 PWM 生成タイマ MTU6/7 50%Duty 値 |
| | _u2_TopCarrierC2 | DC-DC 用 PWM 生成タイマ MTU6/7 キャリア周期 /2 (MTU6. TGRA) |
| | _u2_DeadtimeC2 | DC-DC 用 PWM 生成タイマ MTU6/7 デッドタイム |
| | _u2_HalfCarrierC3 | DC-AC 用 PWM 生成タイマ GPT0/1/2 50%Duty 値 |
| _u2_TopCarrierC3 | DC-AC 用 PWM 生成タイマ GPT0/1/2 キャリア周期/2 (GPTWx. GTCRA) | |
| _u2_DeadtimeC3 | DC-AC 用 PWM 生成タイマ GPT0/1/2 デッドタイム | |
| r_pwr_pfc_ctrl.c | g_f_Vref_Pfc | PFC 出力指令値 |
| | g_f_Vref_Pfc_Temp | PFC 出力指令のバッファ (ソフトスタート用) |
| | g_f_Vref_Pfc_Ripple | PFC 出力プラス側のリップルの最大許容値 |
| | g_f_KpFactor_Vpfc | PFC 電圧制御 PI ゲイン Kp |
| | g_f_KiFactor_Vpfc | PFC 電圧制御 PI ゲイン Ki |
| | g_f_I_Pfc_Limit | PFC 電流指令値リミット |
| | g_f_I_Pfc_Refi | PFC 電圧 PI 出力の積分値 |
| | g_f_I_Pfc_RefOver | PFC 電圧 PI 出力の最大値 |
| | g_f_I_Pfc_Ref | PFC 電流指令値 |
| | g_f_KpFactor_Ipfc | PFC 電流制御 PI ゲイン Kp |
| | g_f_KiFactor_Ipfc | PFC 電流制御 PI ゲイン Ki |
| | g_f_Duty_Pfc_Limit | PFC デューティリミット |
| | g_f_Iref_Pfc | PFC 電流指令値 (正弦波) |
| | g_f_Duty_Pfc_Refi | PFC 電流制御出力の積分値 |
| | g_f_Duty_Pfc_Ref | PFC 電流制御で計算された出力デューティ |
| | g_f_Duty_FF_buf | FF 制御で計算されたデューティ |
| | g_f_Duty_FF | PI 制御と FF 制御合わせたデューティ (リミット前) |
| | g_f_K_Duty_FF | FF 制御のデューティの係数 |
| | g_f_PFC_SoftStart_Cnt | ソフトスタート用カウント値 |
| | g_f_pfc_duty | PI 制御と FF 制御合わせたデューティ (リミット後) |
| | g_f_Vref_DCDC_Low | Buck 制御電圧指令値 |
| | g_f_KpFactor_Vdcdc_Low | Buck 制御電圧制御 PI ゲイン Kp |
| | g_f_KiFactor_Vdcdc_Low | Buck 制御電圧制御 PI ゲイン Ki |
| | g_f_I_DCDC_Low_Refi | Buck 制御電圧制御の積分値 |
| | g_f_I_DCDC_Low_Ref | Buck 制御電圧制御の出力電流指令値 |
| | g_f_I_DCDC_Low_RefOver | Buck 制御電圧制御の最大値 |
| | g_f_I_DCDC_Low_Limit | Buck 制御電流指令値リミット |
| | g_f_KpFactor_Idcdc_Low | Buck 制御電流制御 PI ゲイン Kp |
| | g_f_KiFactor_Idcdc_Low | Buck 制御電流制御 PI ゲイン Ki |
| | g_f_Duty_DCDC_Low_Refi | Buck 制御電流制御積分値 |
| | g_f_Duty_DCDC_Low_Ref | Buck 制御出力デューティ |
| | g_f_Duty_DCDC_Low_Limit | Buck 制御出力リミット |
| | g_f_K_Duty_DCDC_Low_FF | Buck 制御 FF 制御デューティ計算値 |
| g_f_Vref_DCDC_High | Boost 制御電圧指令値 | |
| g_f_KpFactor_Vdcdc_High | Boost 制御電圧制御 PI ゲイン Kp | |
| g_f_KiFactor_Vdcdc_High | Boost 制御電圧制御 PI ゲイン Ki | |
| g_f_I_DCDC_High_Refi | Boost 制御電圧制御の積分値 | |

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| g_f_I_DCDC_High_Ref | Boost 制御電圧制御の出力電流指令値 |
| g_f_I_DCDC_High_RefOver | Boost 制御電圧制御の最大値 |
| g_f_I_DCDC_High_Limit | Boost 制御電流指令値リミッタ |
| g_f_KpFactor_Idcdc_High | Boost 制御電流制御 PI ゲイン Kp |
| g_f_KiFactor_Idcdc_High | Boost 制御電流制御 PI ゲイン Ki |
| g_f_Duty_DCDC_High_Refi | Boost 制御電流制御積分値 |
| g_f_Duty_DCDC_High_Ref | Boost 制御出力デューティ |
| g_f_Duty_DCDC_High_Limit | Boost 制御出力リミッタ |
| g_f_K_Duty_DCDC_High_FF | Boost 制御 FF 制御デューティ計算値 |
| g_f_DCAC_theta | DC-AC 出力角度計算値 |
| g_f_DCAC_dtheta | DC-AC 出力周期計算用 Δ 角度 |
| g_f_DCAC_Vamp | DC-AC 出力電圧ピーク値 |
| g_f_DCAC_Vout_Ref | DC-AC の正弦波電圧指令値計算 |
| g_f_DCAC_Mref | DC-AC 出力デューティ計算 |
| g_f_DCAC_SinOff | DC-AC 出力オフセット調整値 |
| g_u2_ACDC_Status | AC-DC 動作状態フラグ |
| g_u2_DCDC_Status | DC-DC 動作状態フラグ |
| g_u2_DCAC_Status | DC-AC 動作状態フラグ |

4.5 マクロ定義一覧

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 22 マクロ定義一覧

| File | Definition | Definition Value | Overview |
|----------------|-------------------------|------------------|--|
| DTL_pfc_ctrl.h | SEQ_ACDC_VAC_REF | 80 (Vrms) | AC-DC の入力判定値 PFC 動作の閾値です |
| | SEQ_DCDC_BOOST_VDC_REF | 153 (V) | DC-DC 高圧側電圧値 Boost 動作判定閾値です |
| | SEQ_DCDC_BOOST_VBAT_REF | 23 (V) | バッテリーの値 Boost 動作判定閾値です |
| | SEQ_DCDC_BUCK_VBAT_REF | 27.5 (V) | DC-DC 低電圧側電圧値 Buck 動作判定閾値です。 |
| | CTRL_ACDC_VDC_REF | 170 (V) | PFC の出力電圧を設定します。 |
| | CTRL_DCDC_VDC_REF | 150 (V) | DC-DC の高電圧側の電圧指令値を設定します。 バッテリー放電時の電圧指令値です。 |
| | CTRL_DCDC_VBAT_REF | 27 (V) | DC-DC の低電圧側の電圧指令値を設定します。 バッテリーに充電する時の電圧指令値です。 |
| | CTRL_DCAC_VAC_REF | 140 (V) | DC-AC の出力値を設定します、 100Vrms のピークは 140V となります |
| | DELAY_ON | 65000 | Buck 動作前の遅延時間を設定します。 実際の時間 = 設定値 / 30k |
| | SEG_TIME_ALL | 5000 | 7SEG 表示する時の全体時間を設定します。 3 秒以下設定しないこと。 時間 = 設定値 / 1000 |

4.6 制御フロー

4.6.1 メイン処理

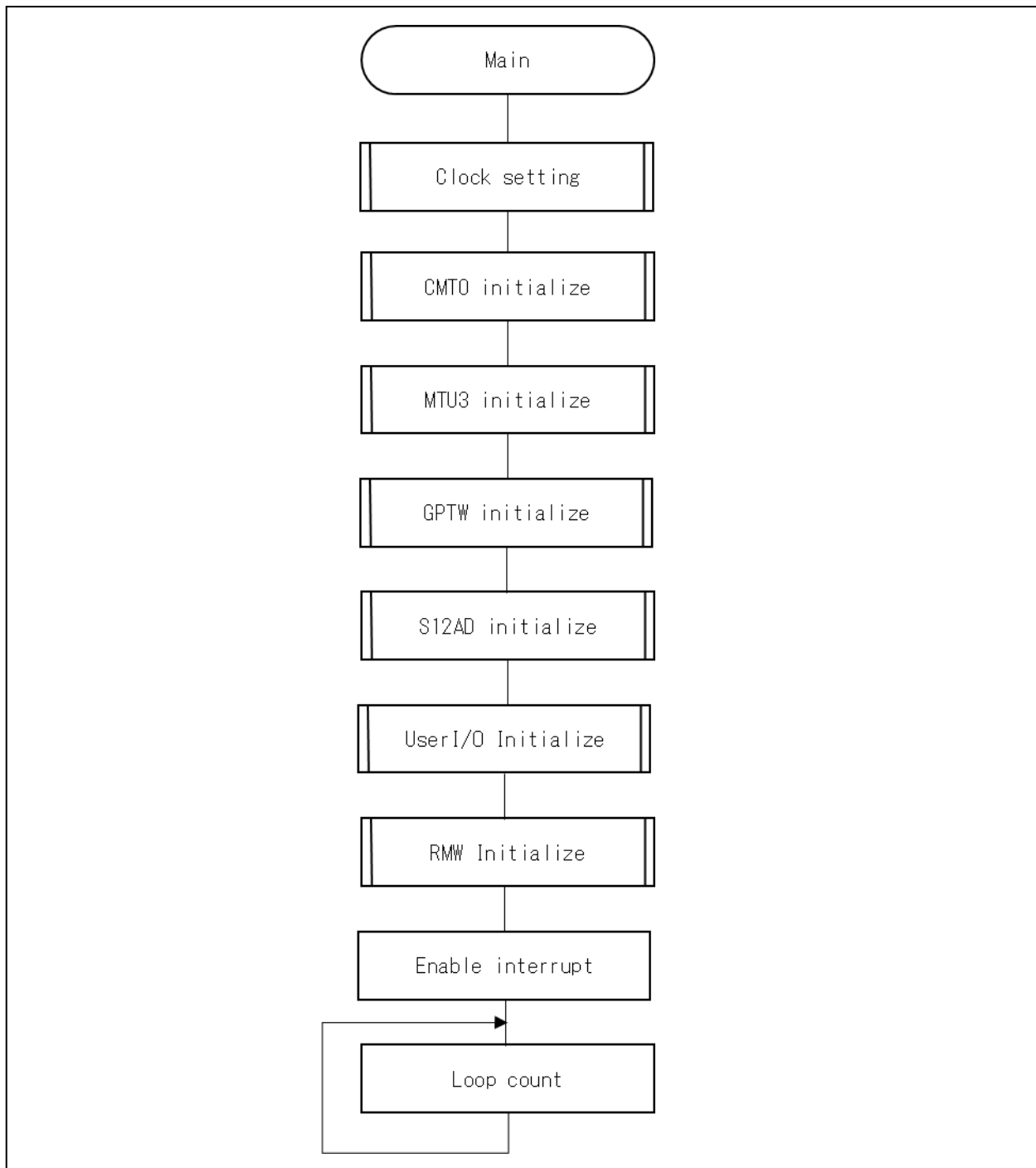


図 36 メイン処理

4.6.2 1kHz 周期シーケンス処理

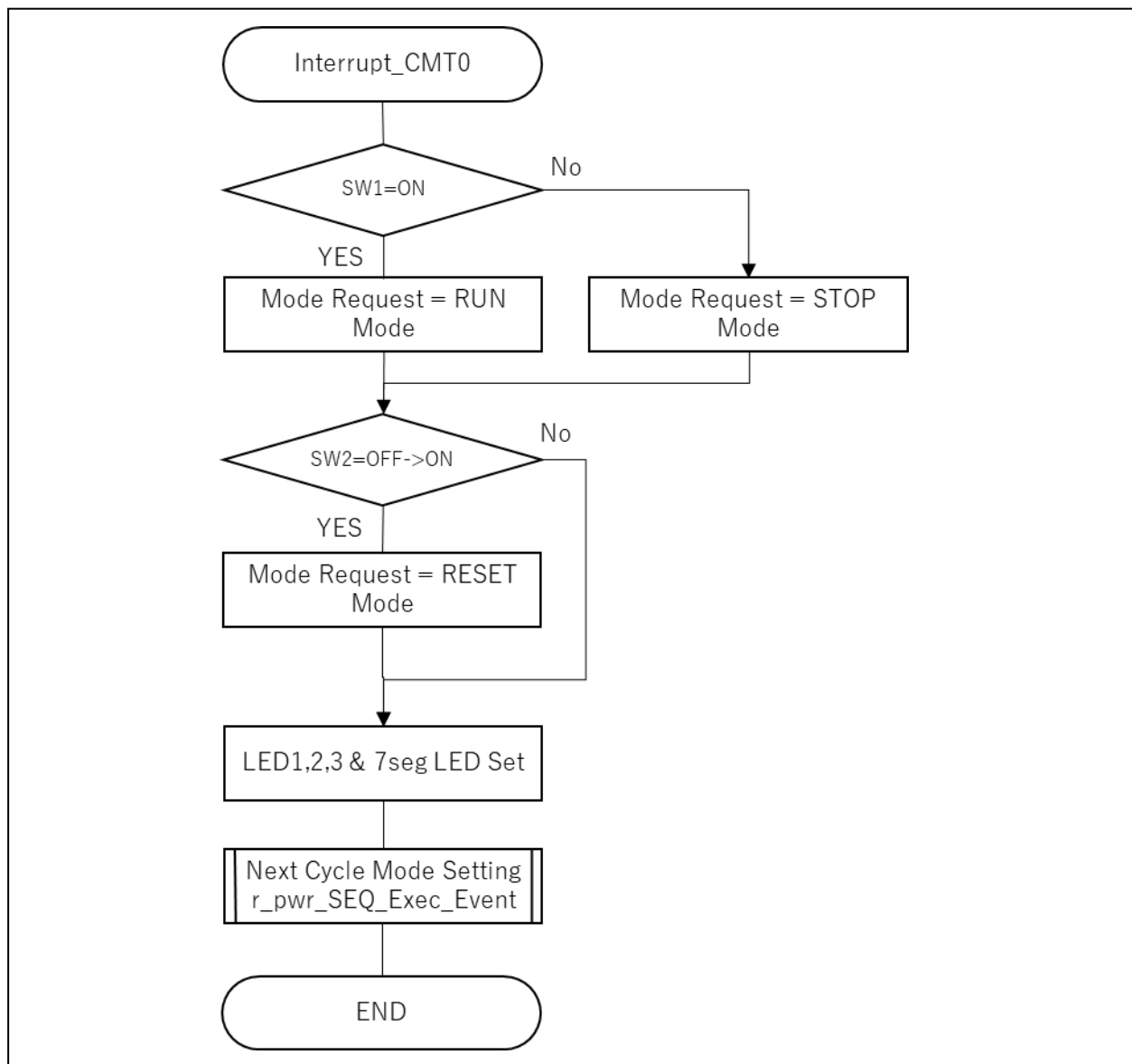


図 37 1kHz 周期シーケンス処理 (CMT0 割込み処理)

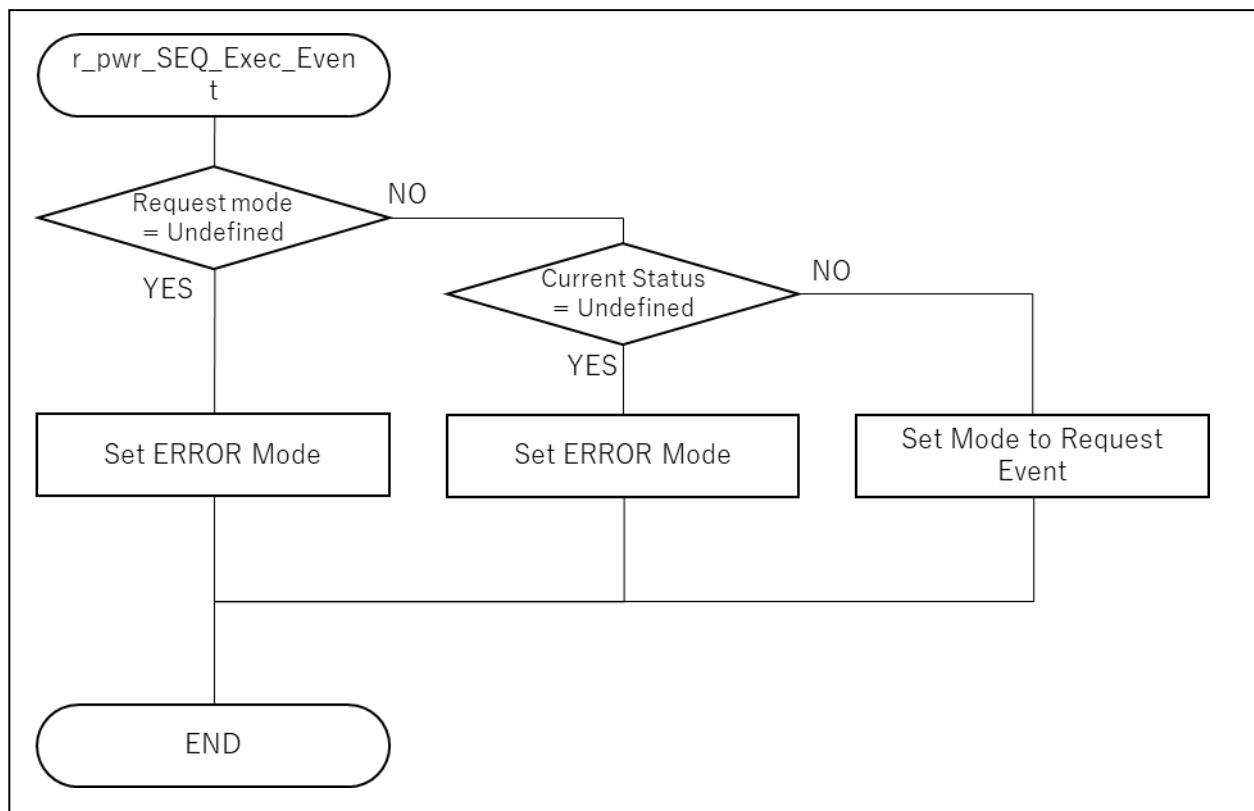


図 38 次サイクル モード設定処理

4.6.3 30kHz 周期システム制御処理

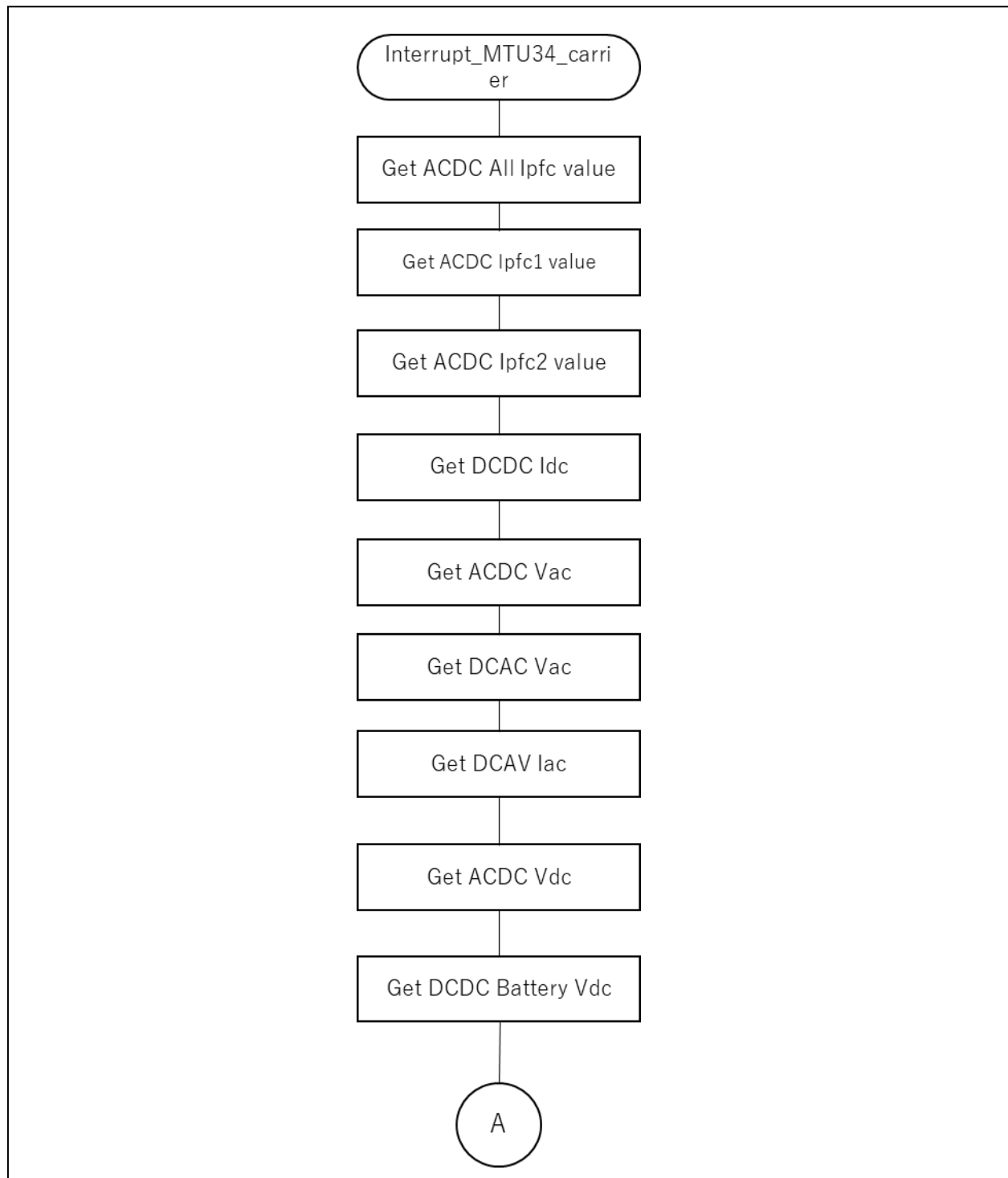


図 39 システム制御処理 (MTU3/4 割込み処理) その 1

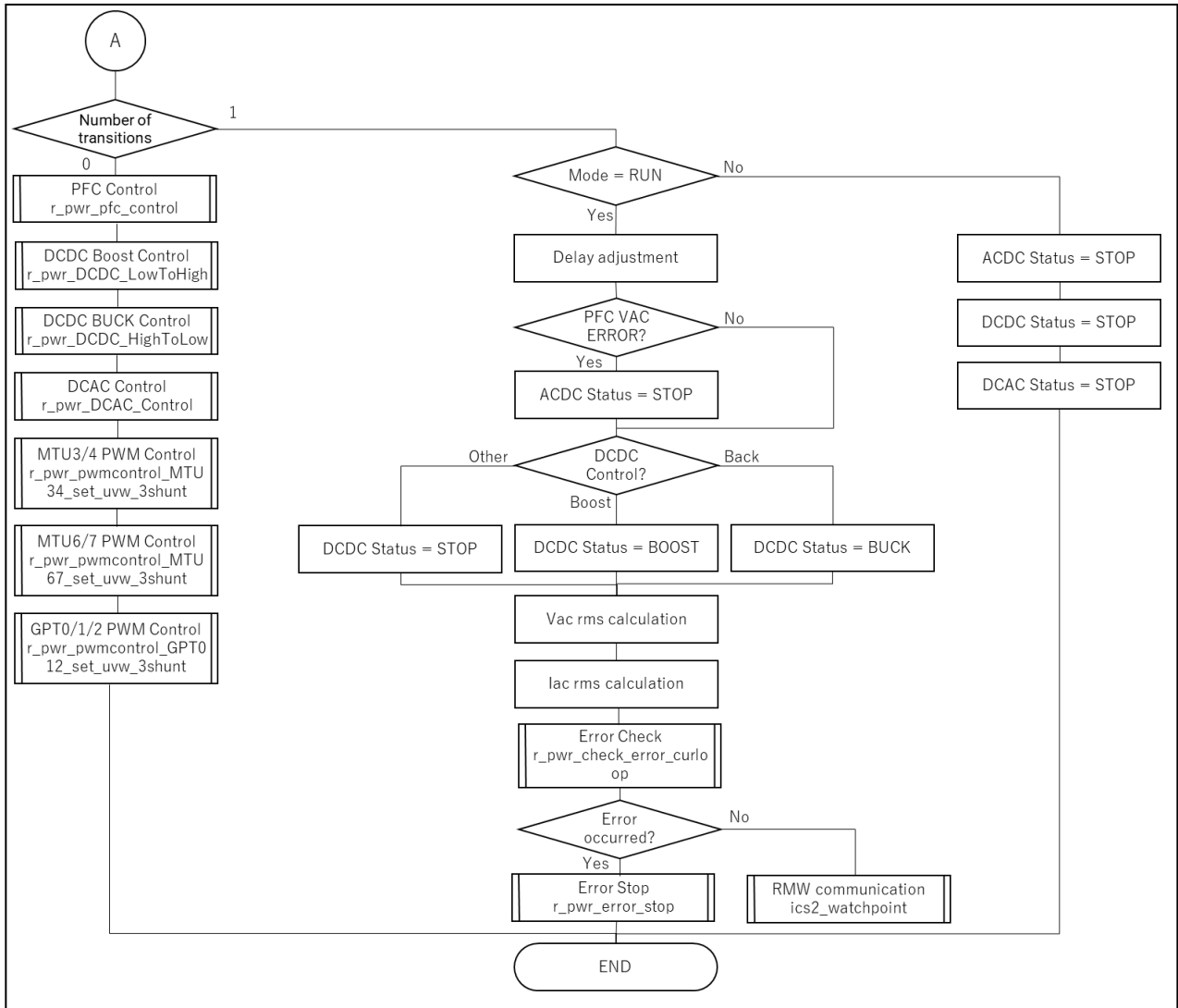


図 40 システム制御処理 (MTU3/4 割込み処理) その 2

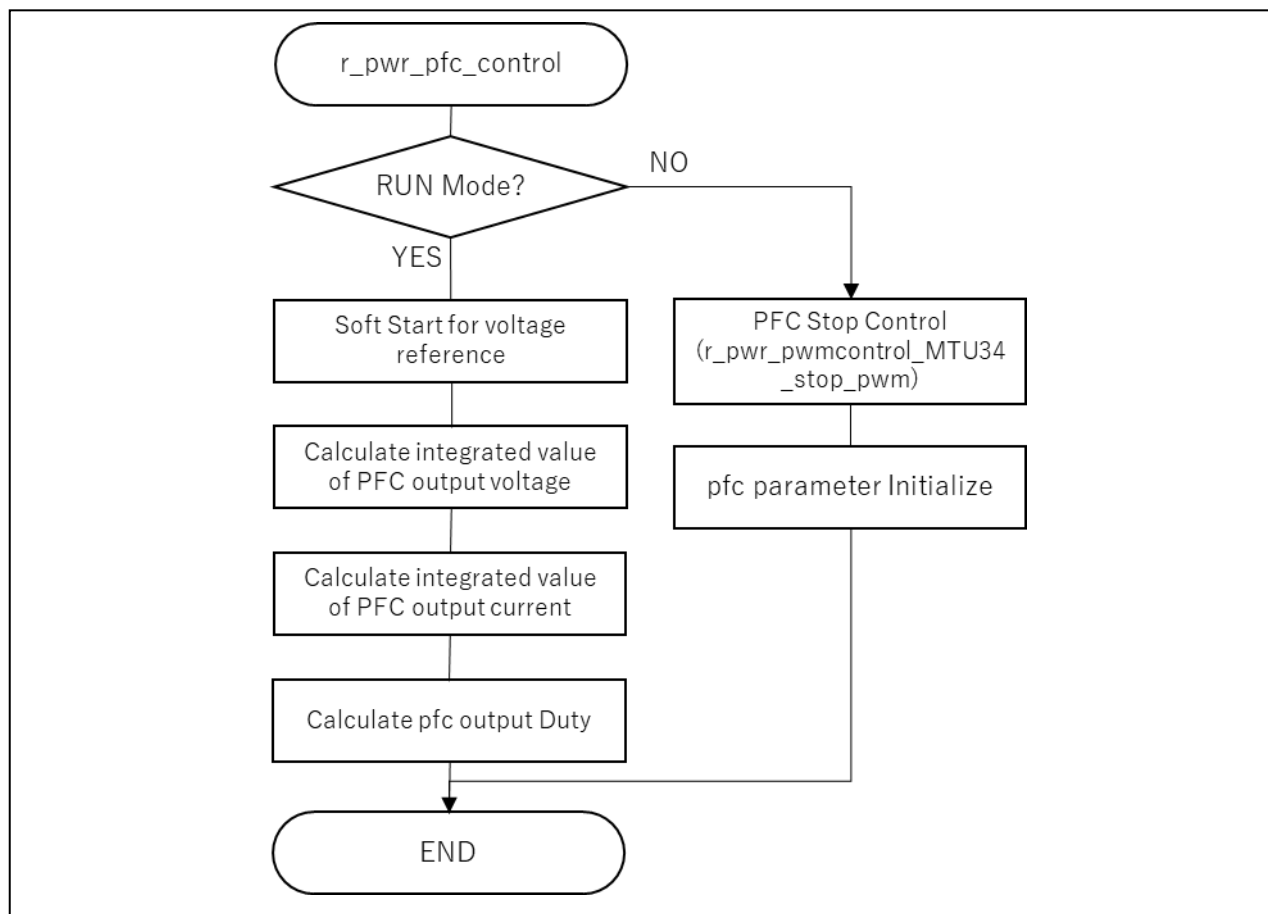


図 41 AC-DC コンバータ (PFC 制御) 処理

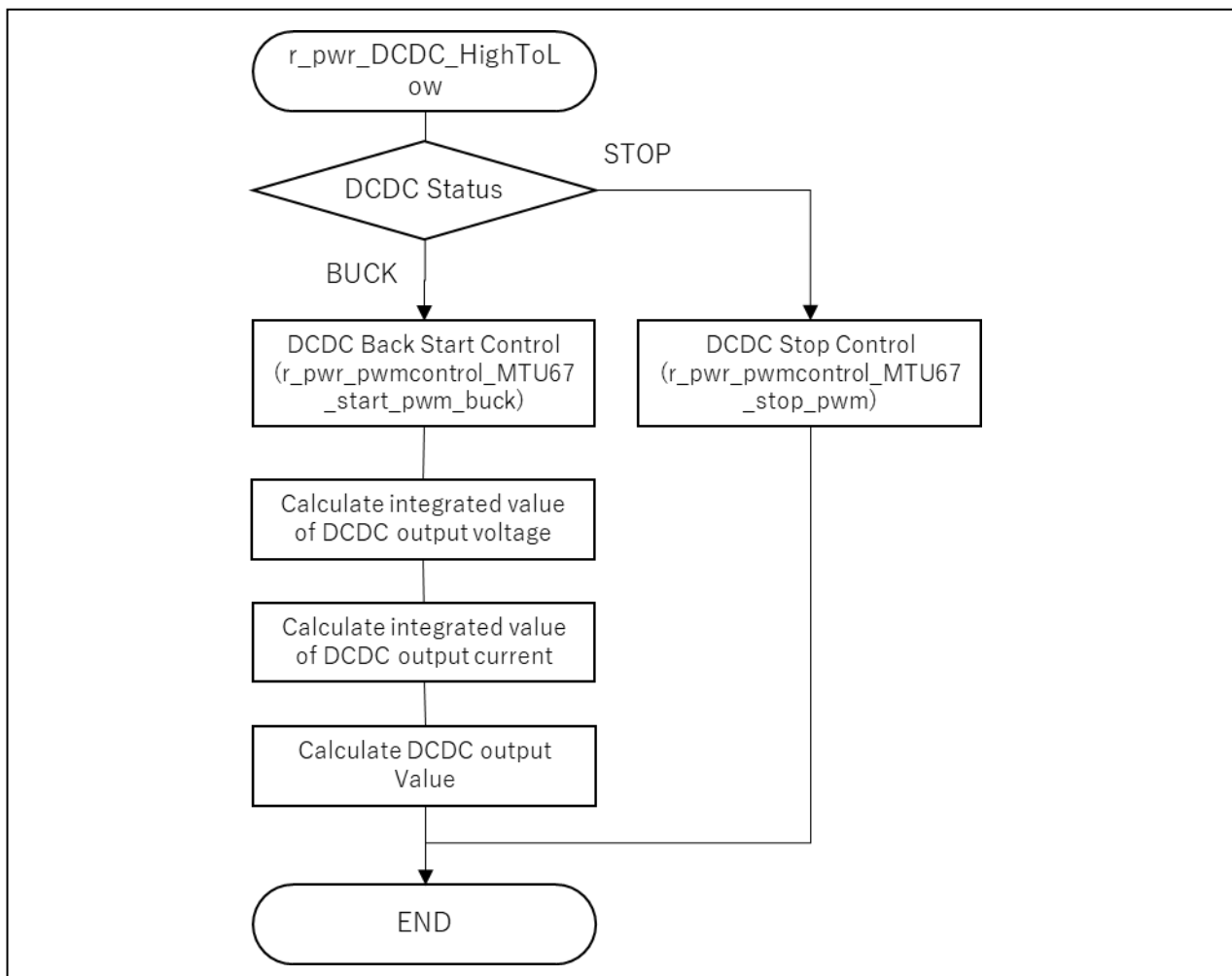


図 42 DC-DC コンバータ (バックコンバータ) 処理

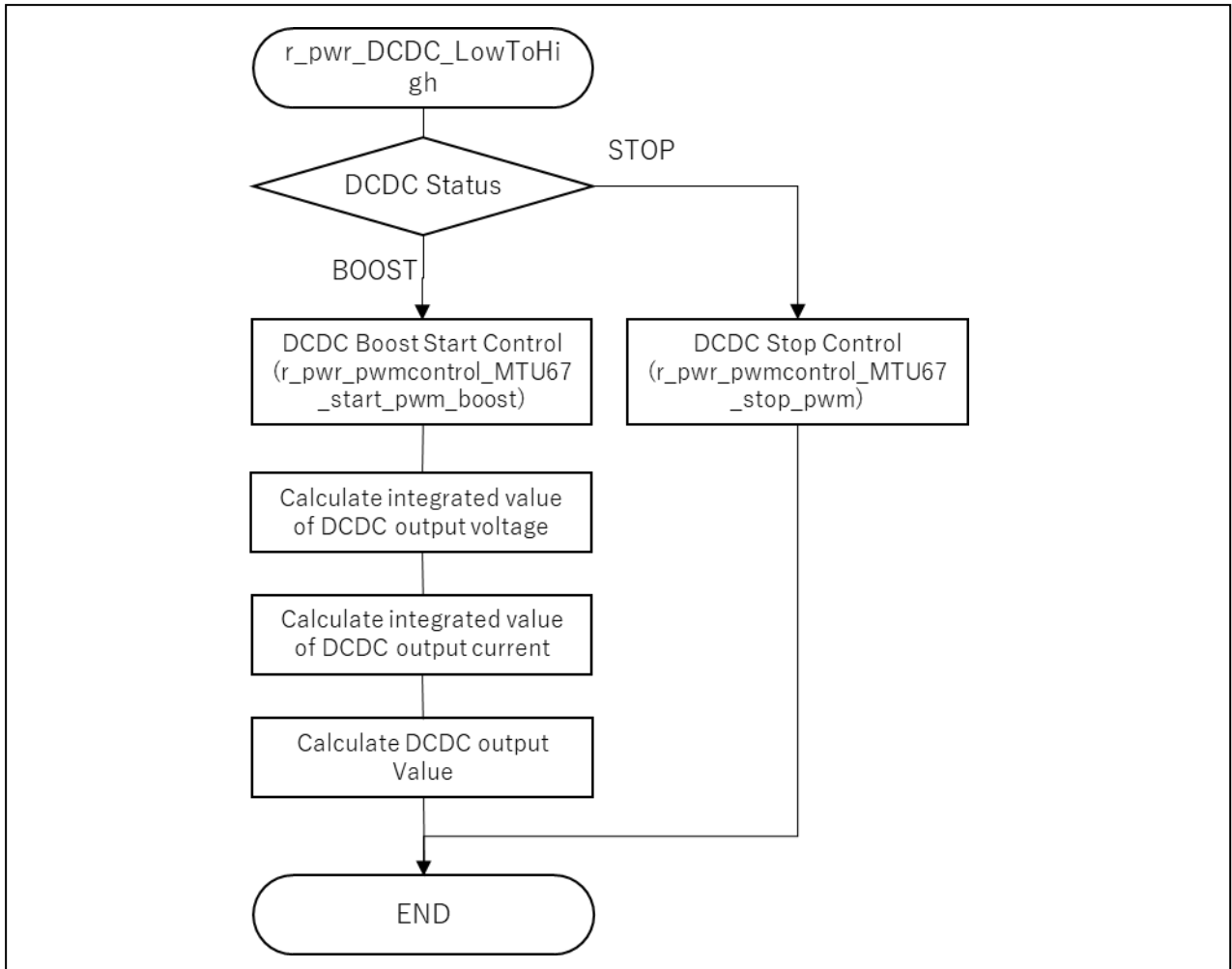


図 43 DC-DC コンバータ (ブーストコンバータ) 処理

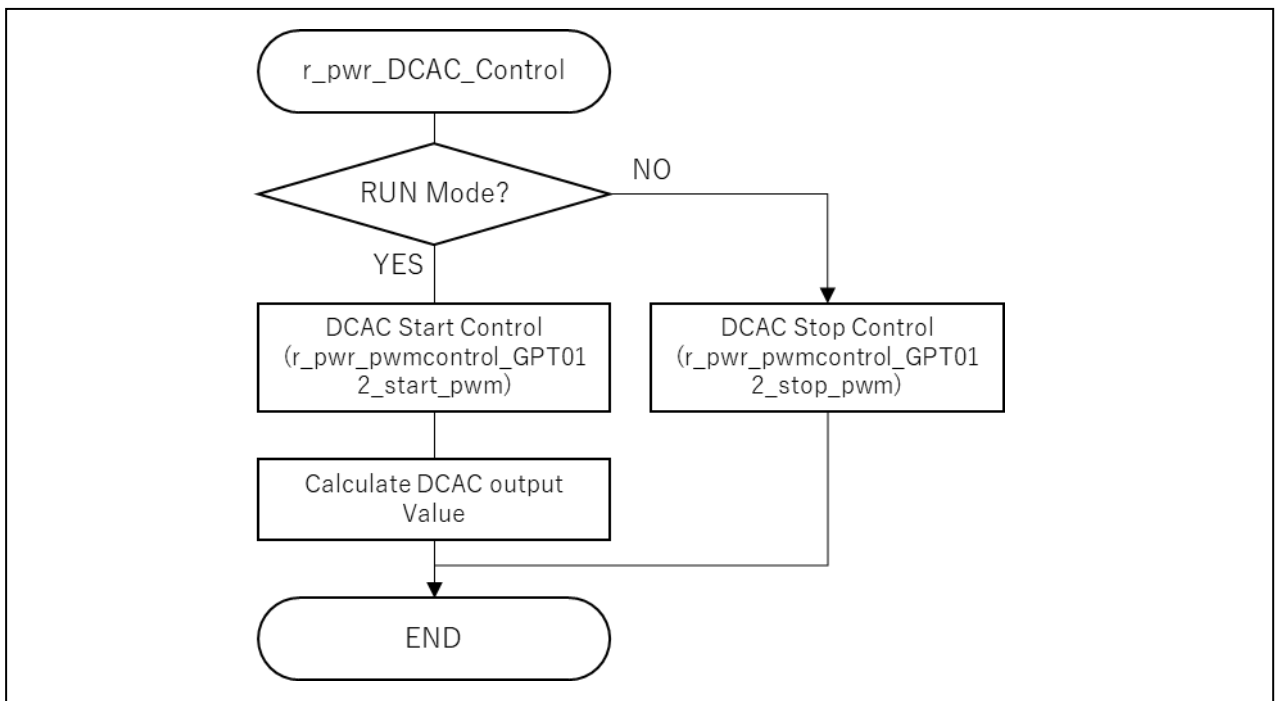


図 44 DC-AC インバータ処理

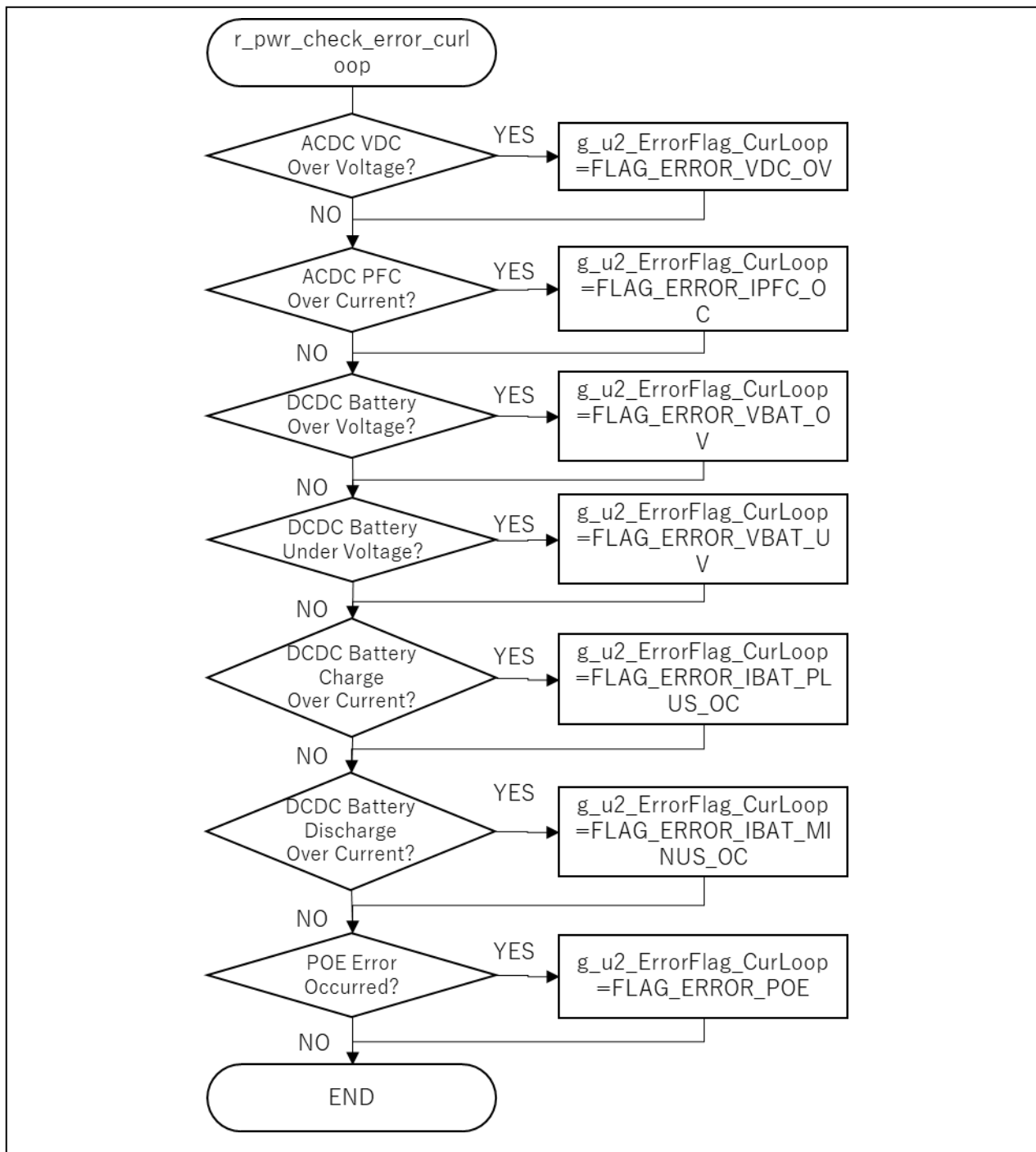


図 45 現周期エラーチェック処理

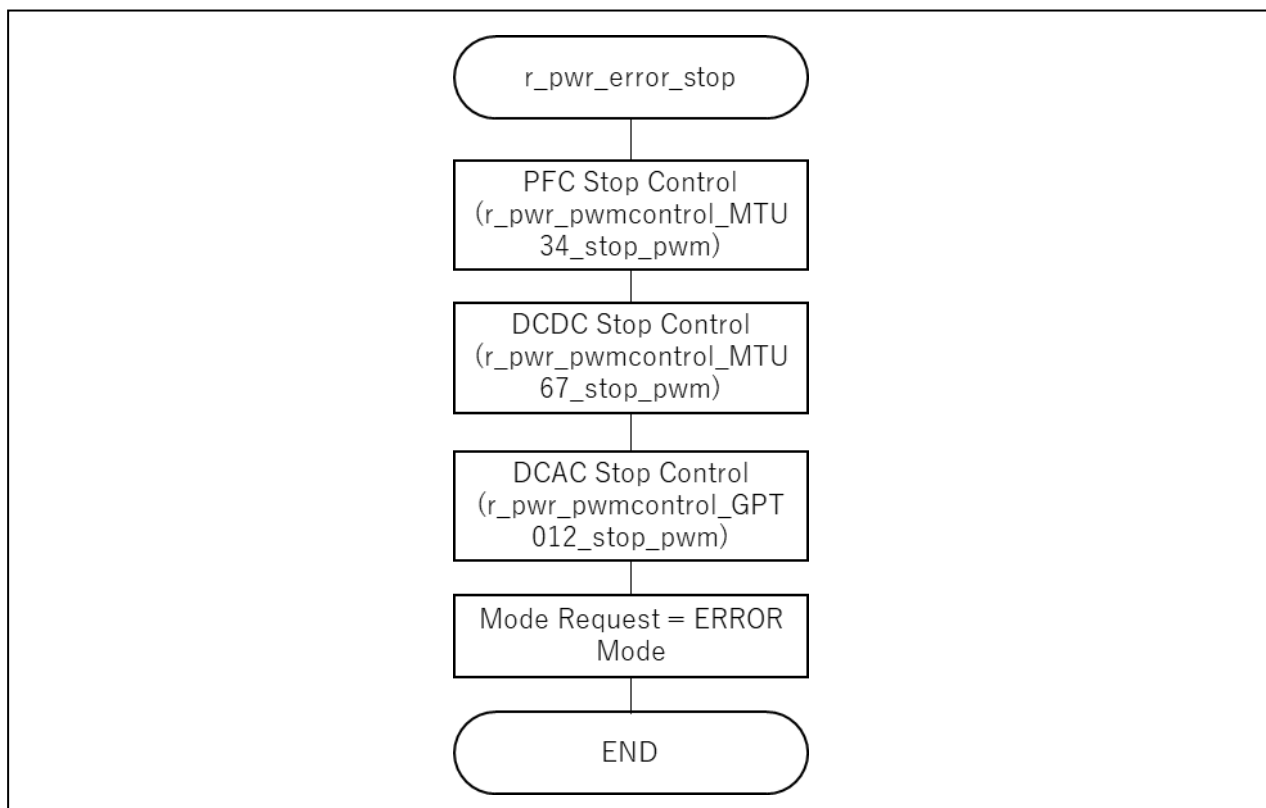


図 46 エラーストップ処理

5. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」

5.1 概要

本アプリケーションノートの対象ソフトウェアでは、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」を状態モニタとして使用します。モニタ可能な変数については 4.4 変数一覧を参照してください。図 47 に「Renesas Motor Workbench」の使用環境を、図 48 に「Renesas Motor Workbench」のウィンドウ外観図を示します。使用方法などの詳細は「Renesas Motor Workbench ユーザーズマニュアル (R21UZ0004)」を参照してください。また、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」は弊社 WEB サイトより入手してください。

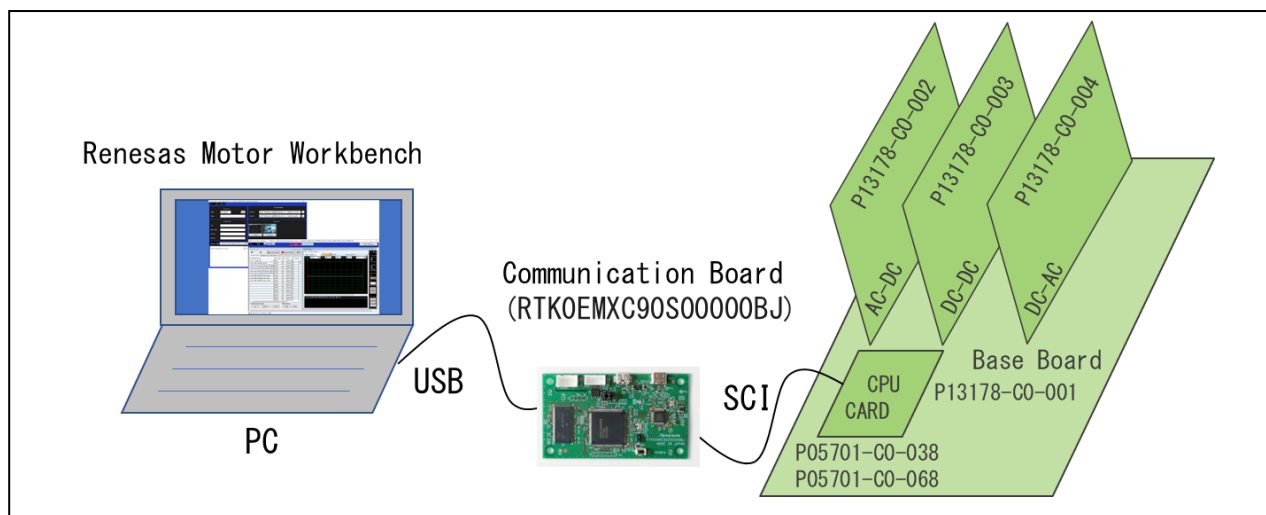


図 47 Renesas Motor Workbench 使用環境

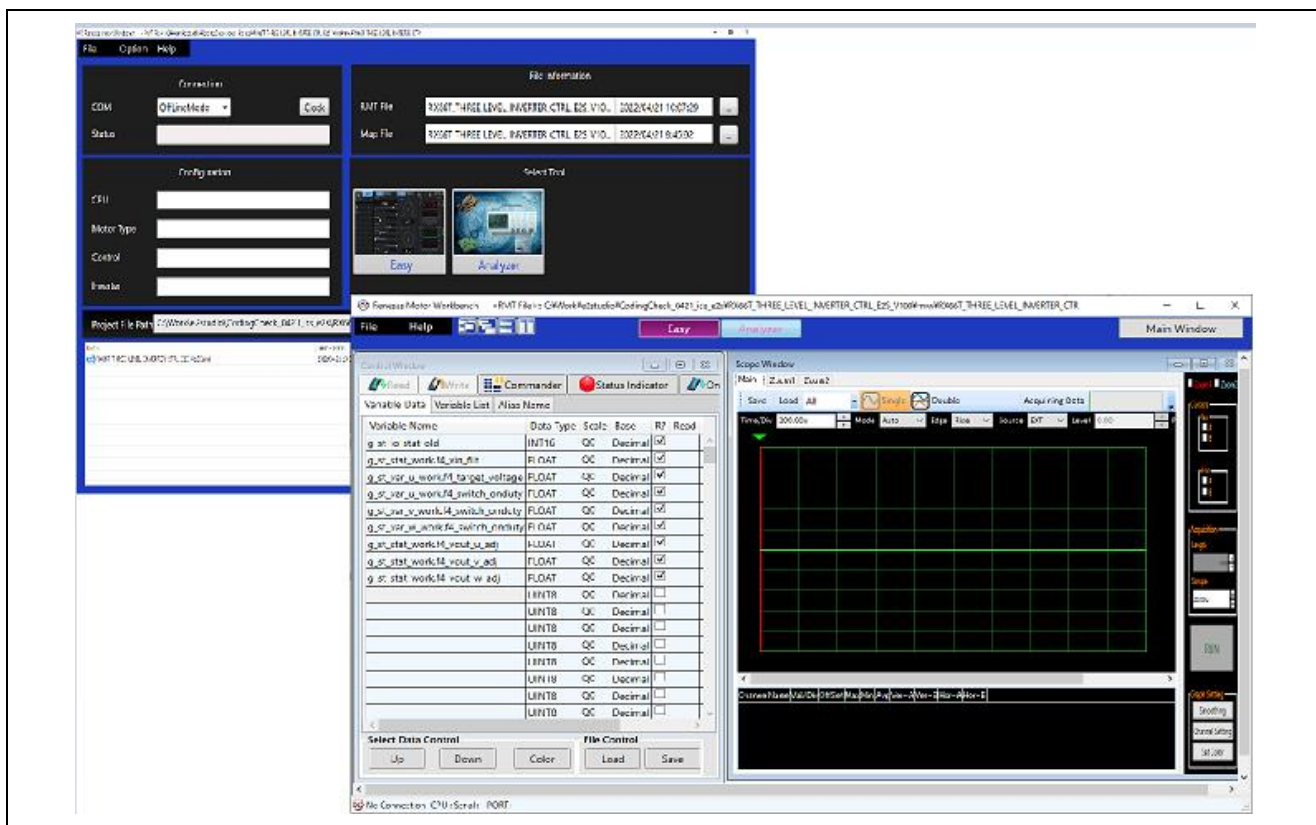



図 48 Renesas Motor Workbench 外観

モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の使い方



- ① ツールアイコン  をクリックしツールを起動する。
- ② Main Panel の MENU バーから、[RMTFile] → [Open RMT File(0)] を選択。
プロジェクトフォルダの “ics” フォルダ内にある RMT ファイルを読み込む。
- ③ “Connection” の COM で接続されたキットの COM を選択する。
- ④ Select Tool 右上の” Analyzer” ボタンをクリックし、Analyzer 機能画面を表示する。

5.2 Analyzer 変数一覧

Analyzer ユーザインタフェース使用時の波形表示用変数は、グローバル変数が対象となります。
対象となる変数は表 21 変数一覧を参照ください。

6. 測定データ

本アプリケーションノートの常時インバータ方式 UPS システムの力率測定結果を 6.1 に、瞬停試験結果を 6.2 に示します。

6.1 力率測定結果

測定環境を図 49 に、測定結果を図 50 に示します。

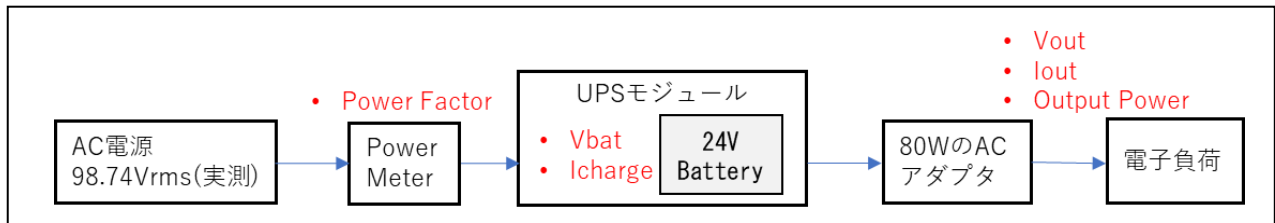


図 49 力率測定環境

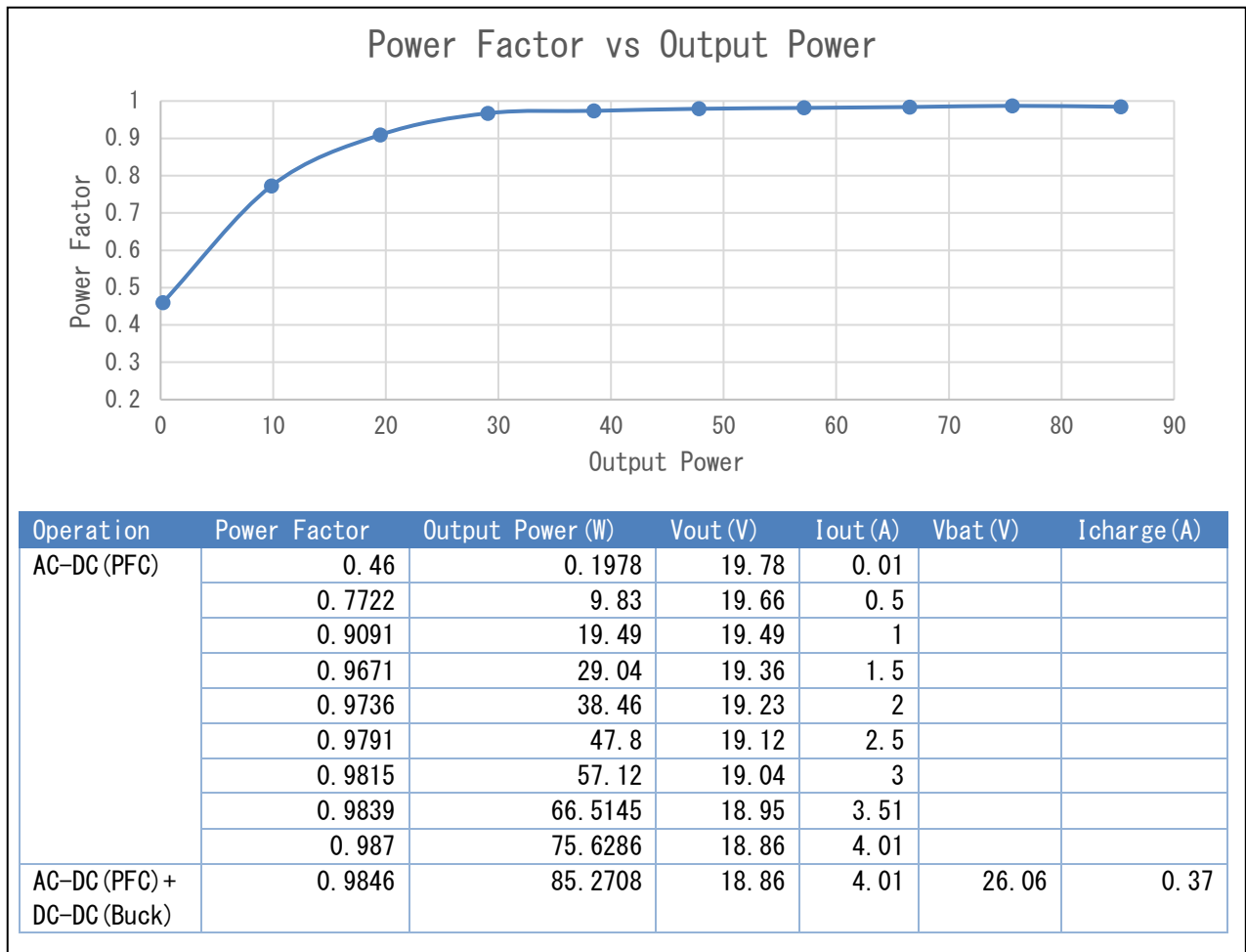


図 50 力率測定結果

6.2 瞬停試験結果

負荷に AC アダプタ (60W に設定) と実ノートパソコンを接続し合計 100W 以上の負荷による瞬停試験を実施した結果を示します。試験環境を図 51 に、瞬停時の AC 出力波形を図 52 に、瞬停復帰時の AC 出力波形を図 53 に示します。

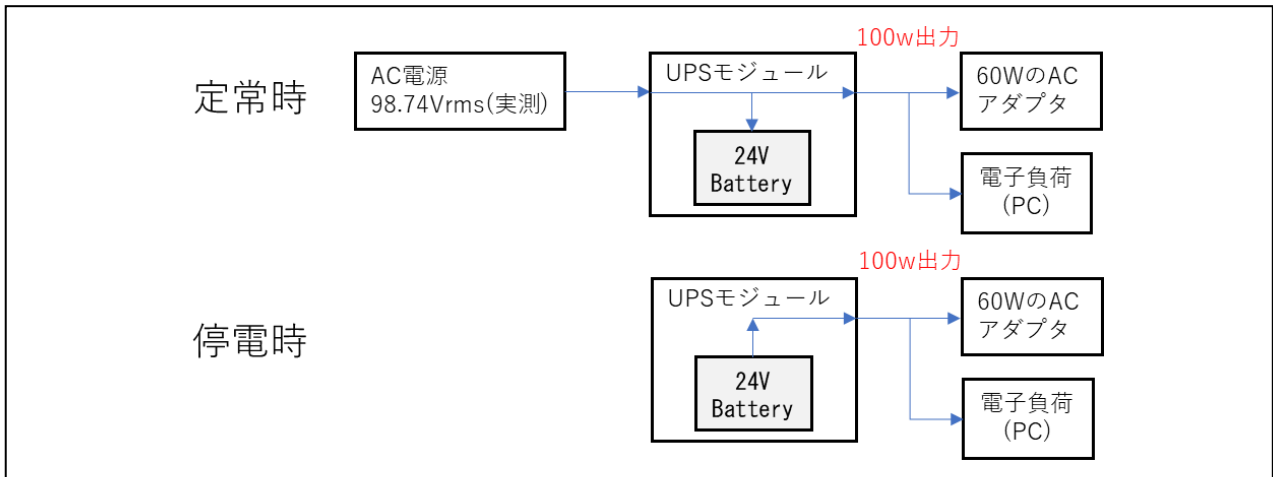


図 51 瞬停試験環境

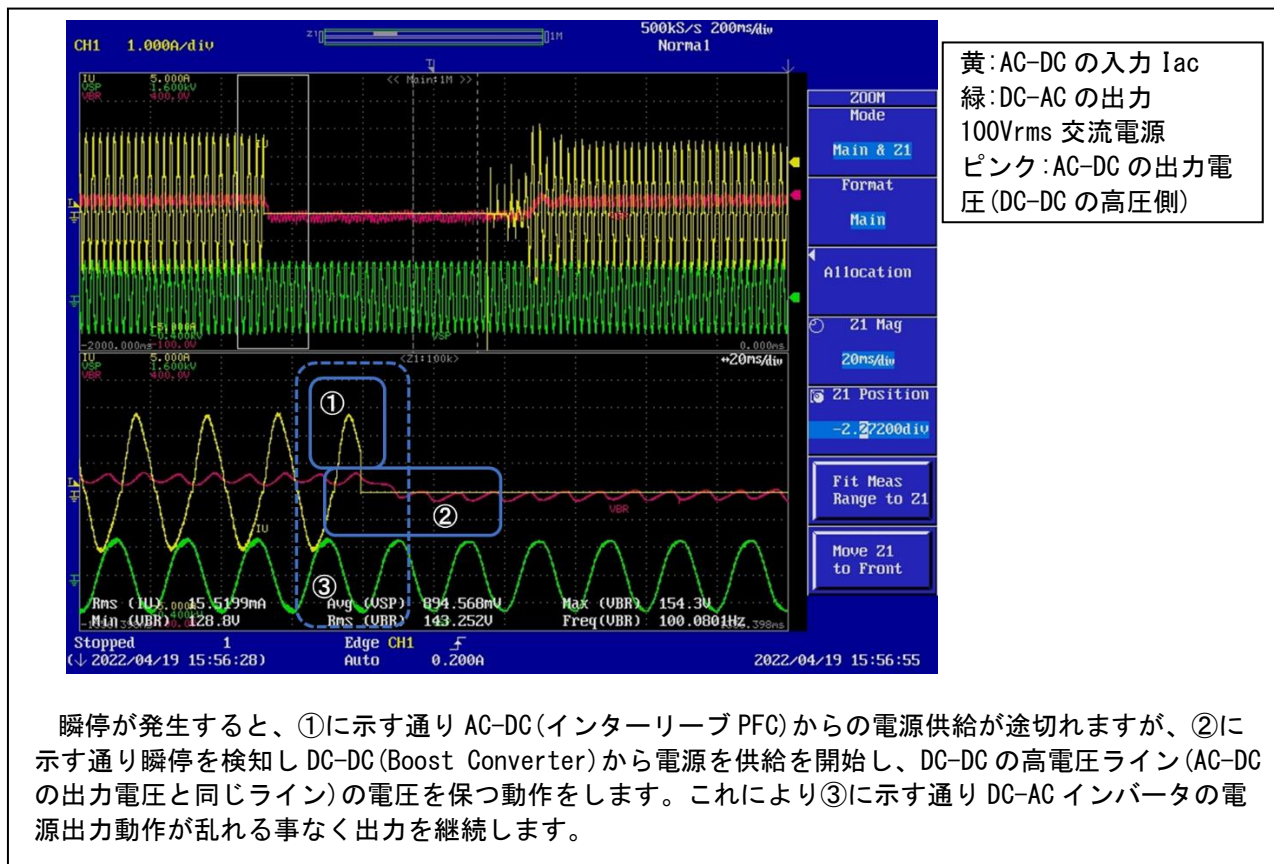


図 52 瞬停時の AC 出力波形

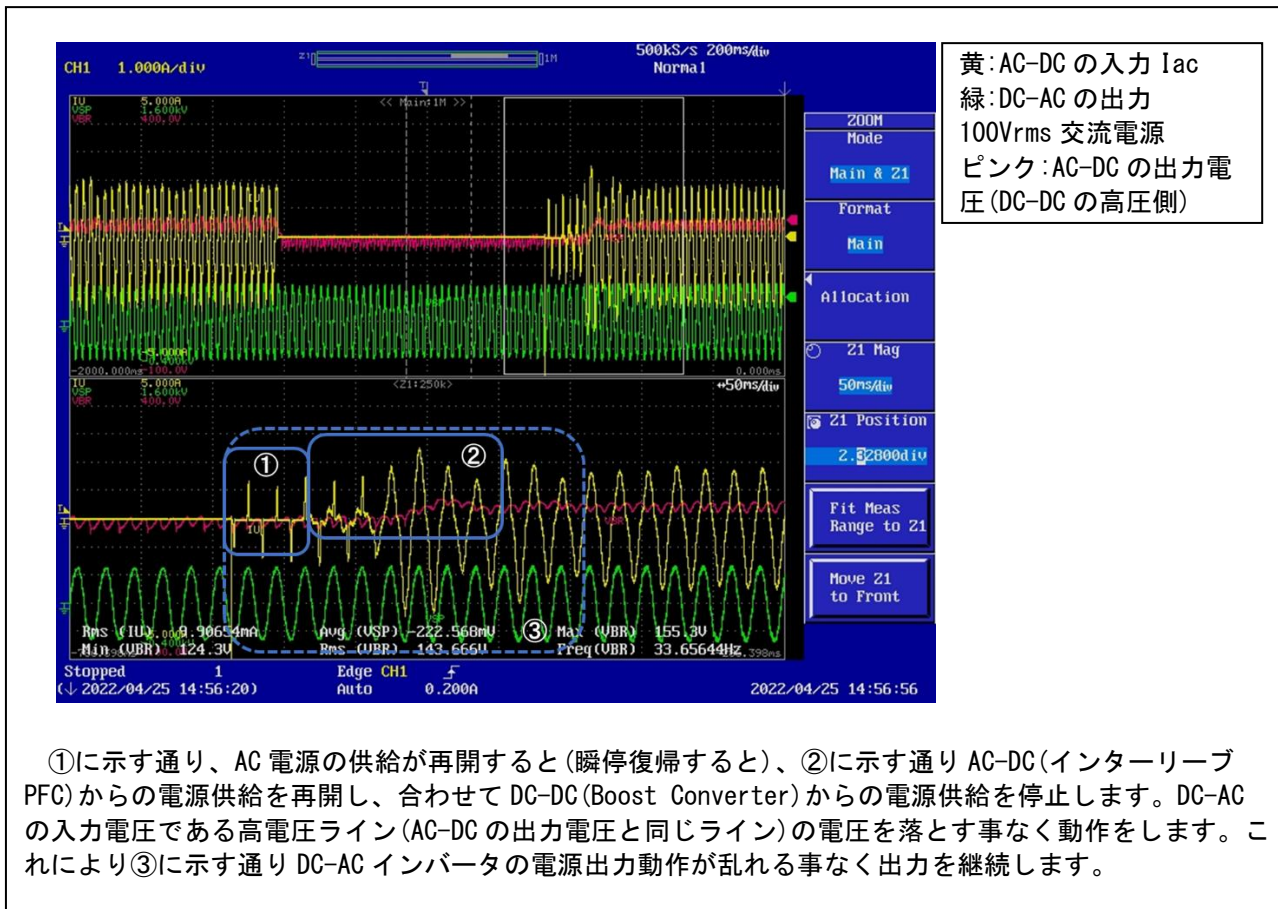


図 53 瞬停復帰時の AC 出力波形

改訂記録

| Rev. | 発行日 | 改訂内容 | |
|------|-------------|------|---------------------------------|
| | | ページ | ポイント |
| 1.00 | Jun. 14. 22 | - | 初版発行 |
| 1.10 | Jun. 1. 23 | 1 | 適用製品に RX26T、RX660 を追加 |
| 1.20 | Feb. 23. 24 | ALL | RX26T 版プロジェクト追加に伴い、RX26T の説明を追加 |

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イやマガジケース、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、 $V_{IL}(\text{Max.})$ から $V_{IH}(\text{Min.})$ 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、 $V_{IL}(\text{Max.})$ から $V_{IH}(\text{Min.})$ までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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

8. 製品間の相違について

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

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
 3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
 4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
 5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（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、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
 9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
 10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
 11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとしたします。
 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。