RX Family
Digital Power Conversion (Uninterruptible Power System (UPS))

要旨

本アプリケーションノートは RX66T グループを使用し、無停電電源装置(Uninterruptible Power System(UPS))の ACDC コンバータ、DCDC コンバータ、DCAC 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 3.0 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 Series (R5F566TFCGFB)

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、RX26T、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 : CS+)
- RX66T_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)
- Renesas Motor Workbench ユーザーズマニュアル (R21UZ0004)

目次

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 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 3.0」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、ACDC コンバータ、DCDC コンバータ、DCAC インバータを意味しております。

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
RX66T (R5F566TFCGFB)	50Hz 100V 100W 電源ボードキット注1 ・RX66T CPU Card : (P05701-C0-038) ・Base Board : (P13178-C0-001) ・ACDC Board : (P13178-C0-002) ・DCDC Board : (P13178-C0-003) ・DCAC Board : (P13178-C0-004)

表 2 ソフトウェア開発環境

IDE バージョン	RX スマート・コンフィグレータ	ツールチェーンバージョン注2
CS+ : V8.07.00	バージョン 2.11.0	CC-RX : V3.04.00
e^2studio : 2022-01	e^2studio プラグイン版	

【注】 1. 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。

2. 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)

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(ACDC コンバータ、DCDC コンバータ、DCAC 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 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 ACDC コンバータ回路の概要

ACDC 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 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。

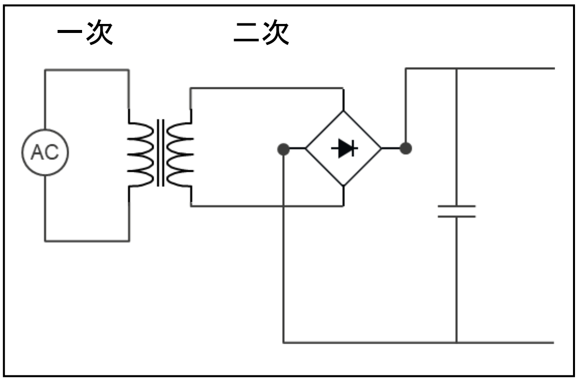


図 1 リニア方式の回路構成例

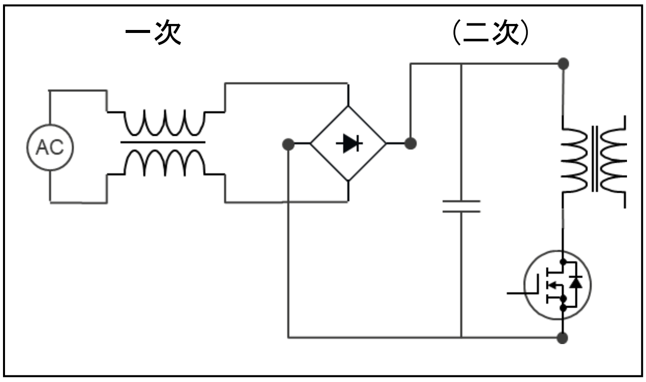


図 2 スイッチング方式の回路構成例

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	少	大

2.1.1 力率改善回路(PFC)について

ACDC 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。

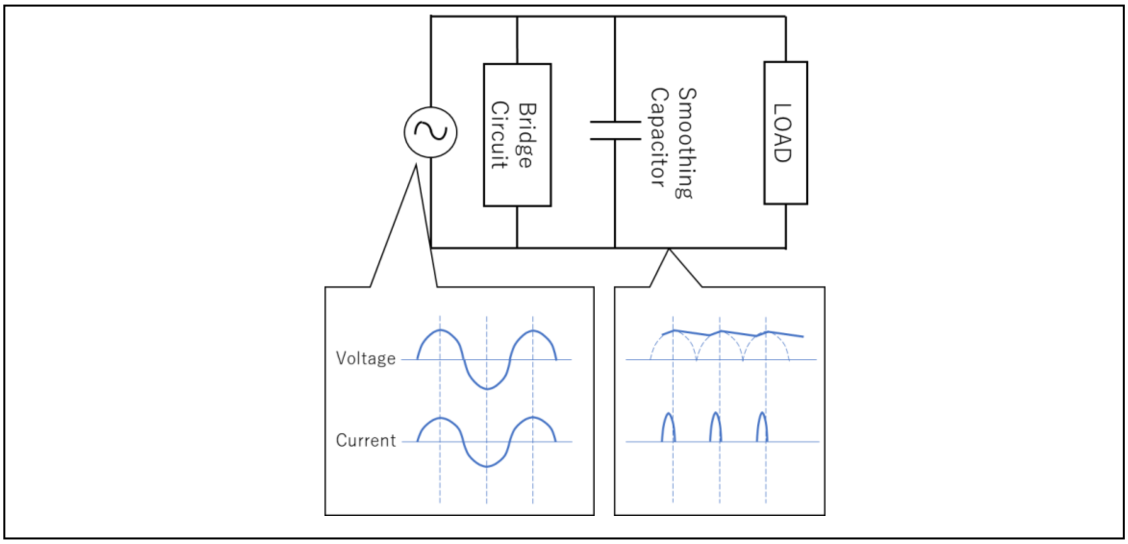


図 3 平滑コンデンサによる電圧電流の波形イメージ

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おります。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
	ほかのクラスに属さない機器	電流連続、非連続、臨界
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。

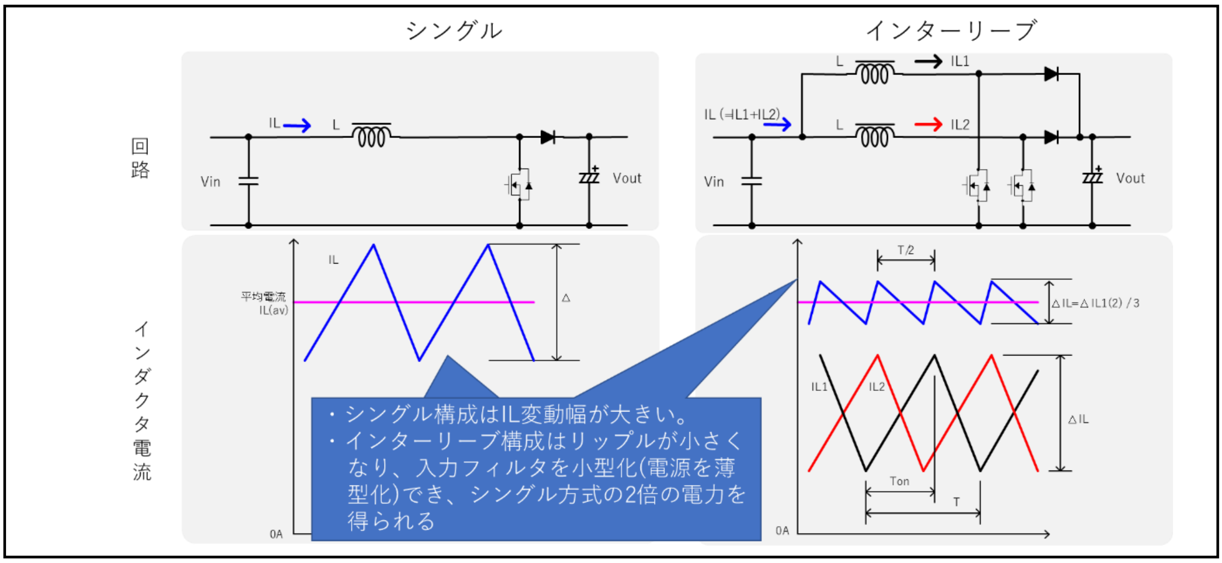


図 4 シングル構成とインターリーブ構成の相違

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

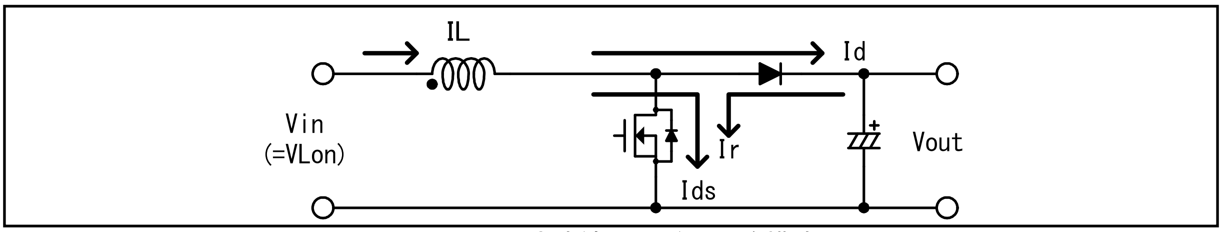


図 5 電流連続モードの回路構成

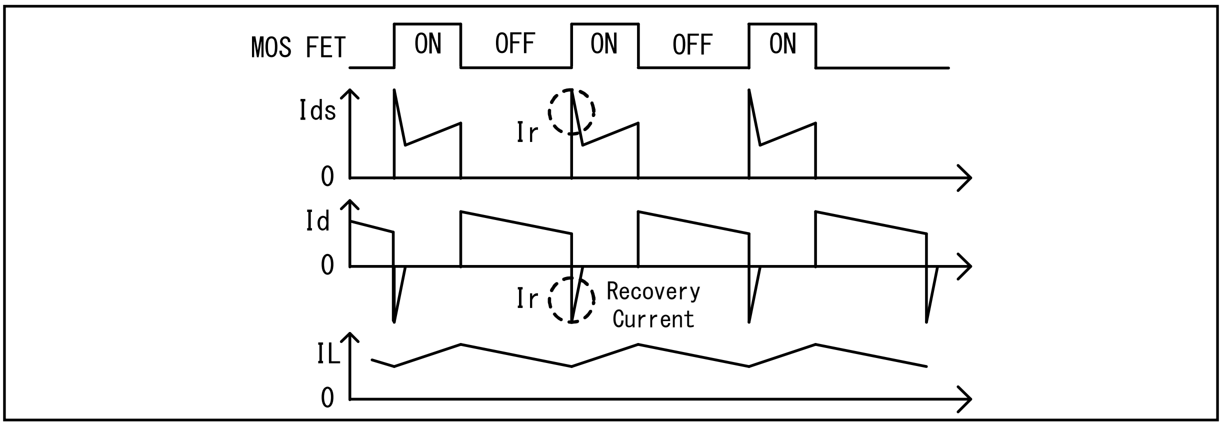


図 6 電流連続モード時のリアクトル、ダイオードの電流変化

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

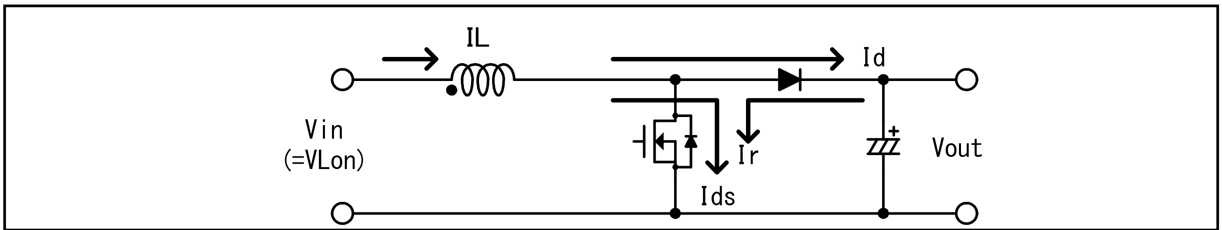


図 7 電流非連続モードの回路構成

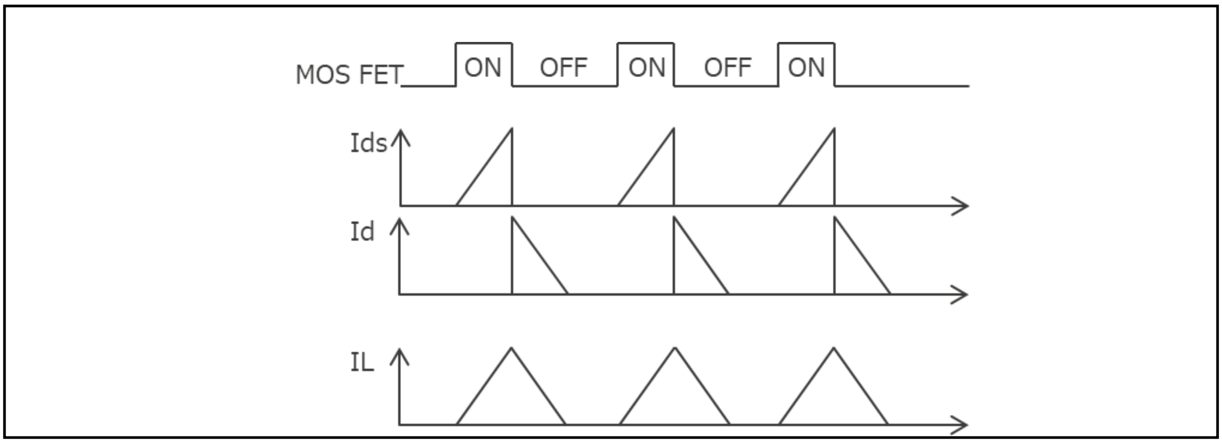


図 8 電流非連続モード時のリアクトル、ダイオードの電流変化

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

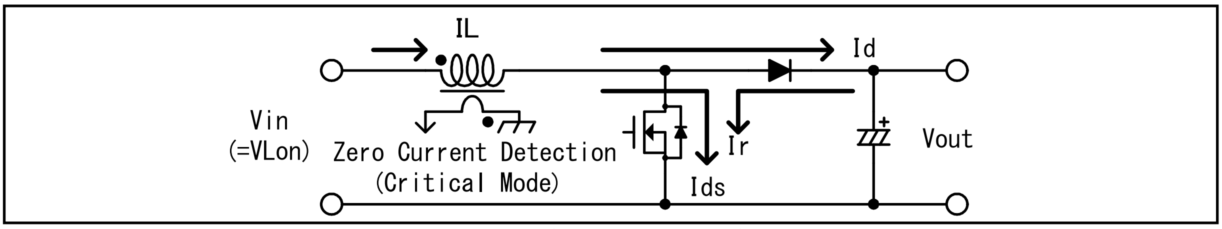


図 9 電流臨界モードの回路構成

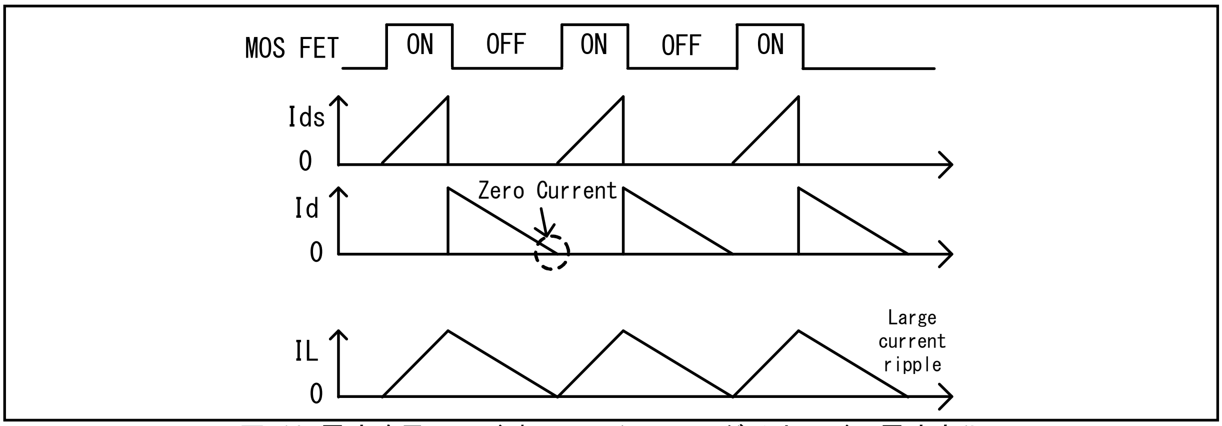


図 10 電流臨界モード時のリアクトル、ダイオードの電流変化

2.2 DCDC コンバータ回路の概要

DCDC コンバータは、入力 DC 電源(ACDC 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。DCDC 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パ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 DCDC 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	チョッパ	昇圧/降圧	非絶縁

2.2.1 DCDC コンバータ回路方式

DCDC 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 DCDC 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	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。 動作内容は 2.2.2 を参照ください。	降圧回路	・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）	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。 動作内容は 2.2.3 を参照ください。	降圧回路 昇圧回路	・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	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。 動作内容は 2.2.4 を参照ください。	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	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。 動作内容は 2.2.5 を参照ください。	降圧回路 昇圧回路 昇降圧回路	・大出力に使用可能 ・効率が高い	制御が難しい
⑤ チョッパ	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パ方式と高い電圧に変換する昇圧チョッパ方式がある。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。 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チャージの為、降圧動作、バッテリ電源経路の場合はバッテリからの電源供給(バッテリディスチャージ)の為、昇圧動作を切り替える方式としている。 動作内容は 2.2.6 を参照ください。	降圧回路 昇圧回路 昇降圧回路	・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　DCDC 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。

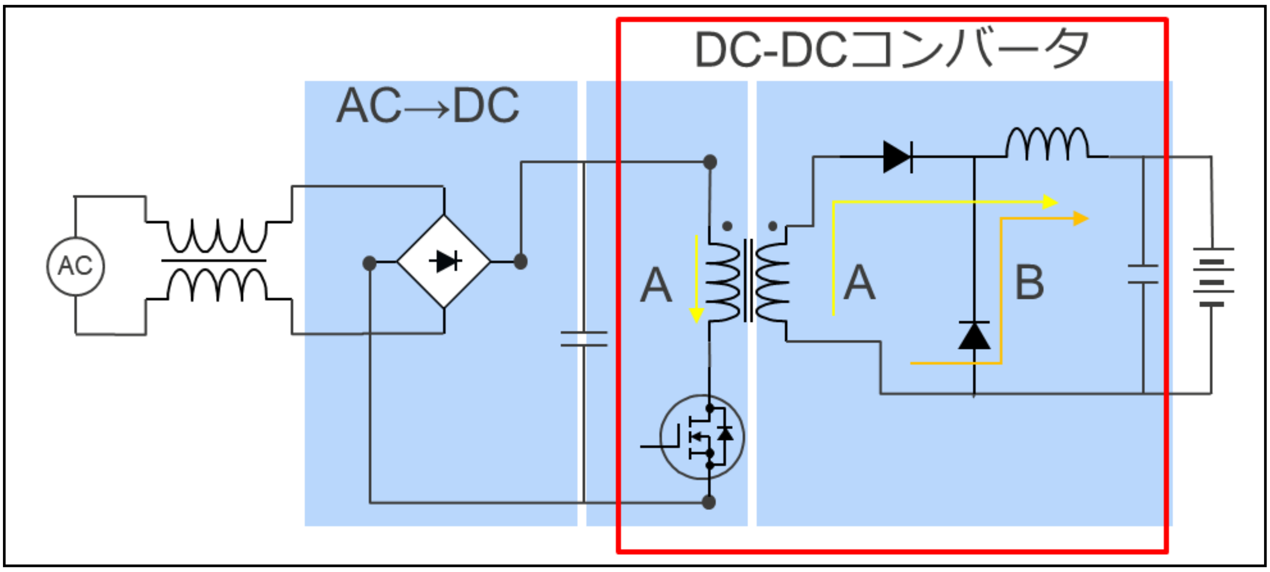


図 11 DCDC コンバータ　フォワード方式回路構成イメージ図

2.2.3 DCDC 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。

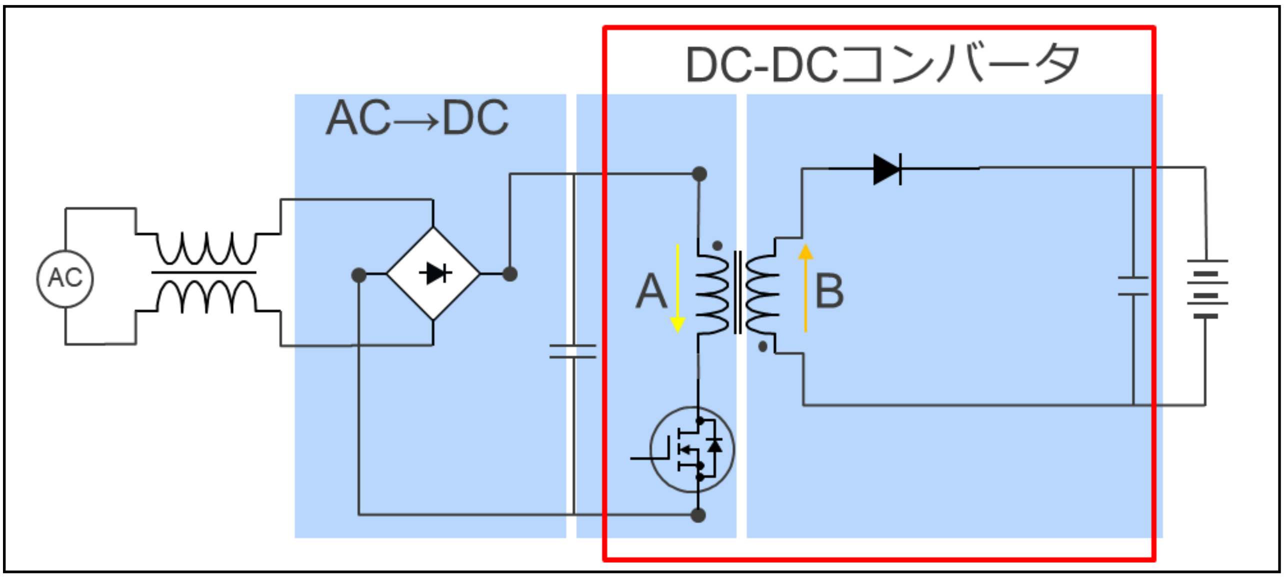


図 12 DCDC コンバータ　フライバック方式回路構成イメージ図

2.2.4 DCDC 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。

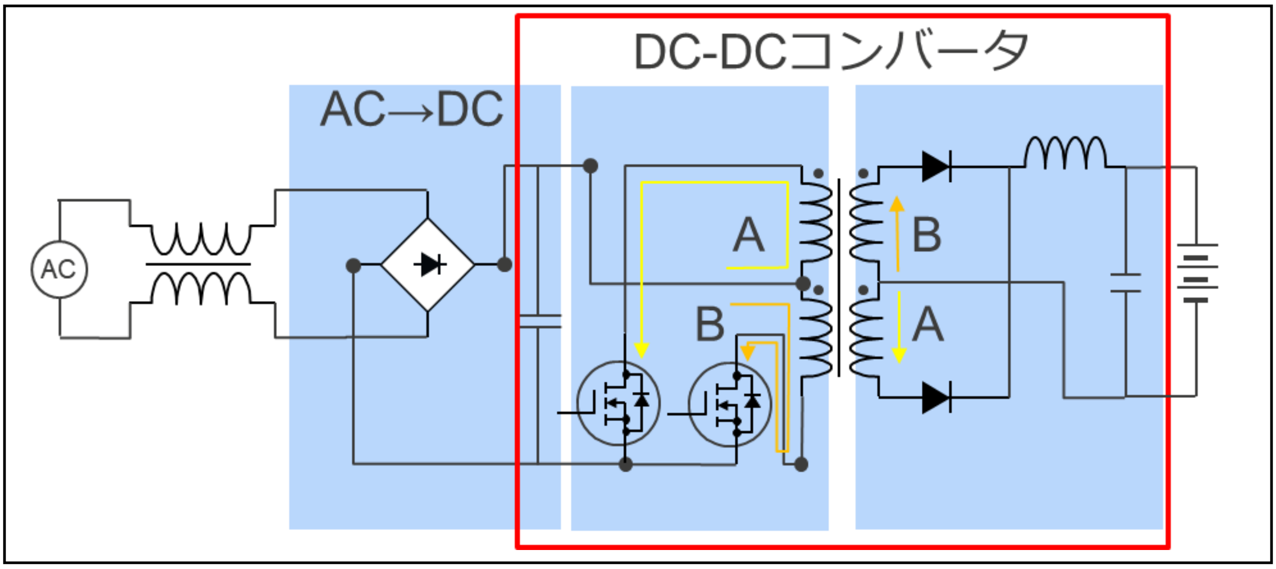


図 13 DCDC コンバータ　プッシュプル方式回路構成イメージ図

2.2.5 DCDC 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。

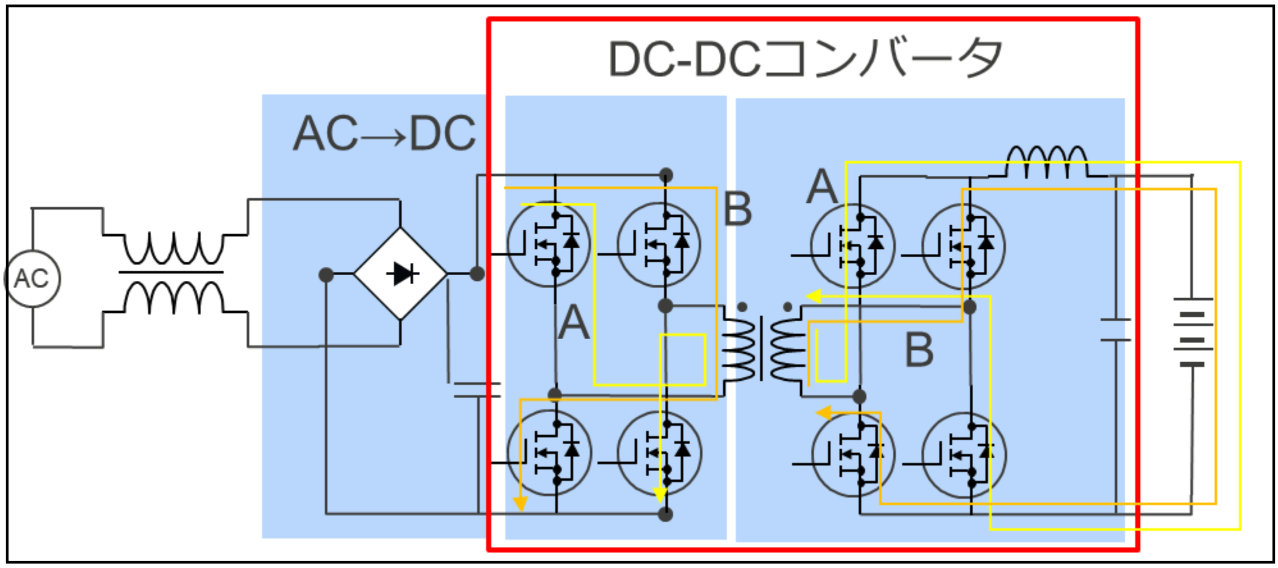


図 14 DCDC コンバータ　フルブリッジ方式回路構成イメージ図

2.2.6 DCDC コンバータ チョッパ方式

■　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。

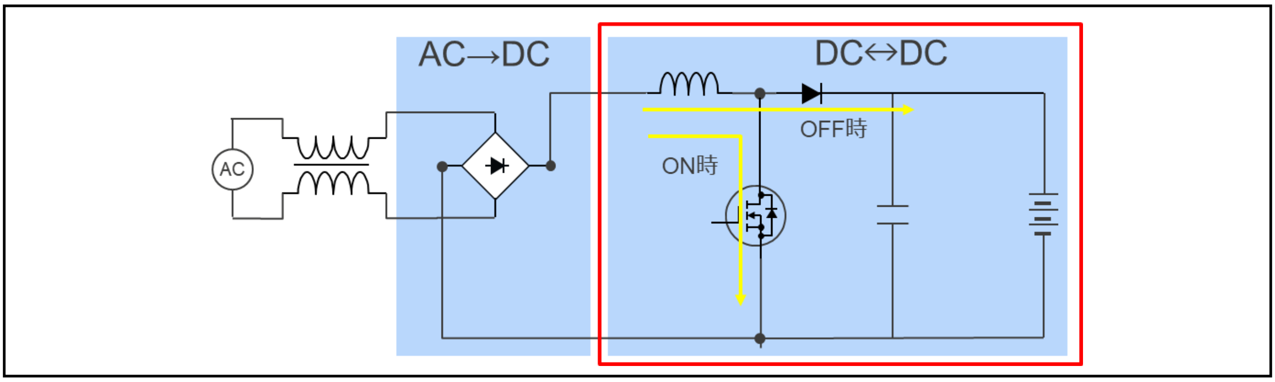


図 15 DCDC コンバータ チョッパ方式(昇圧)回路構成イメージ図

■　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。

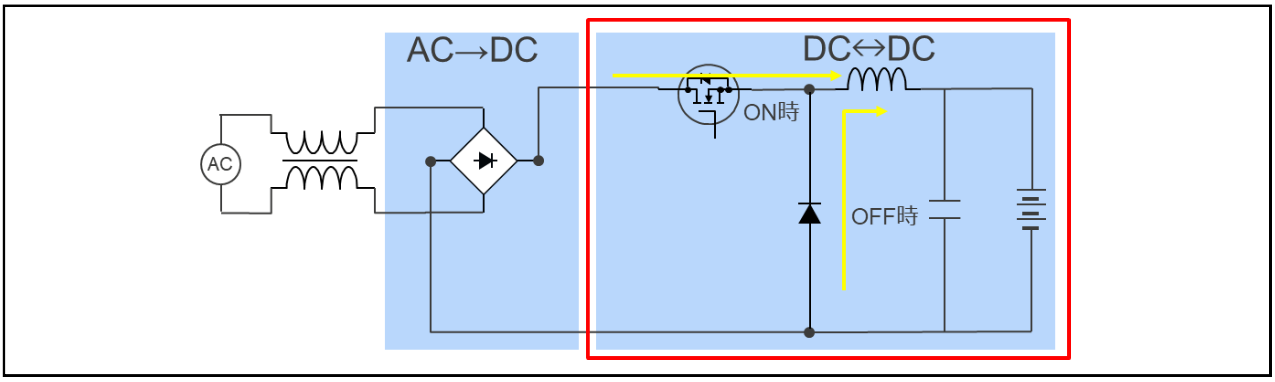


図 16 DCDC コンバータ チョッパ方式(降圧)回路構成イメージ図

■　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。

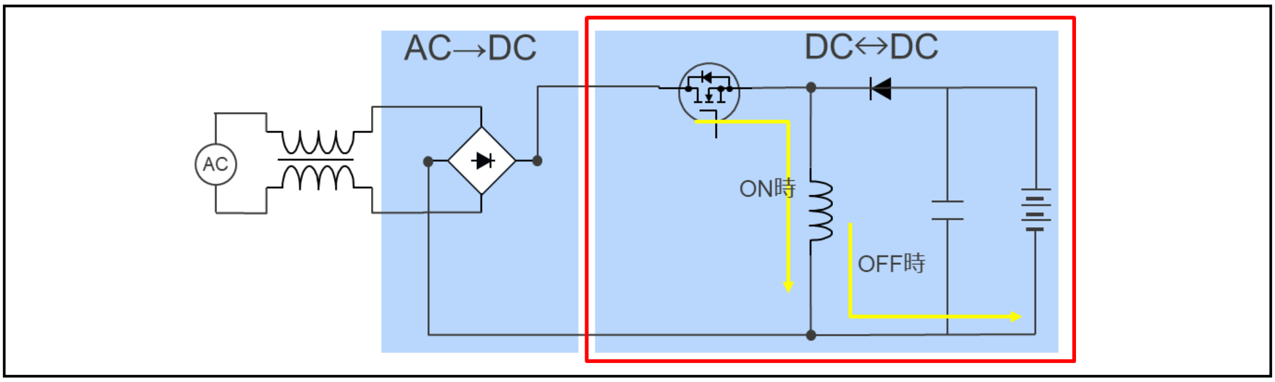


図 17 DCDC コンバータ チョッパ方式(昇降圧)回路構成イメージ図

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。

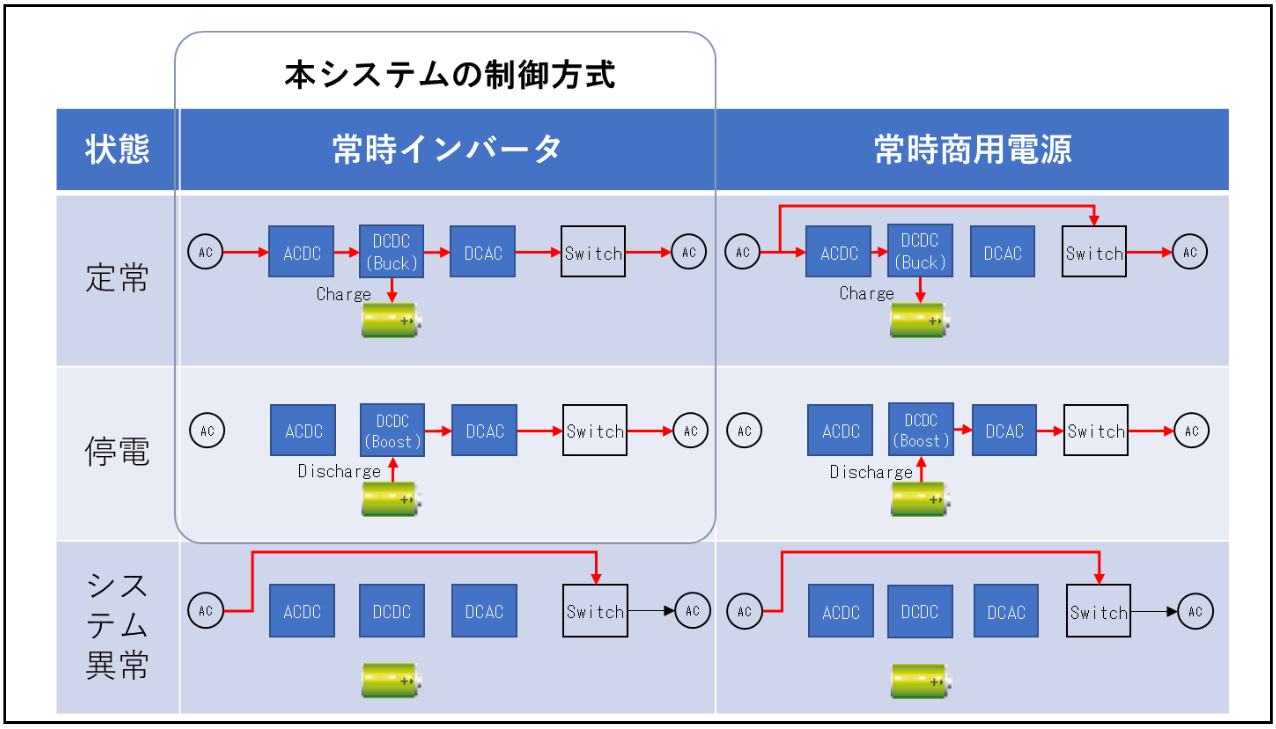


図 18 本システムの UPS 制御方式

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(ACDC,DCDC)、インバータボード(DCAC)を挿すボードで、各々ボードを RX66T 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	RX66T CPU Card	P05701-C0-038	R5F566TFCGFB 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	ACDC Board	P13178-C0-002	ACDC コンバータボード
4	DCDC Board	P13178-C0-003	DCDC コンバータボード
5	DCAC Board	P13178-C0-004	DCAC インバータボード

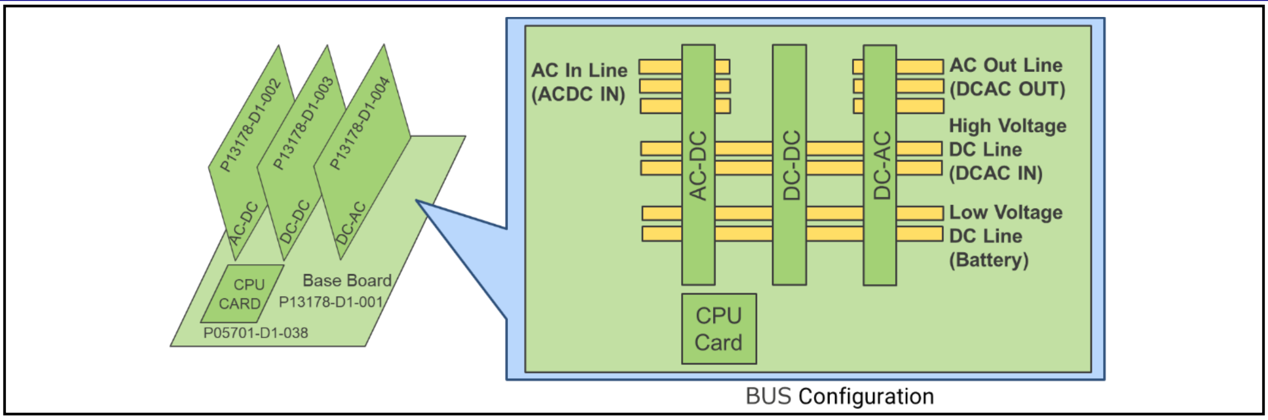


図 19 ボード構成図

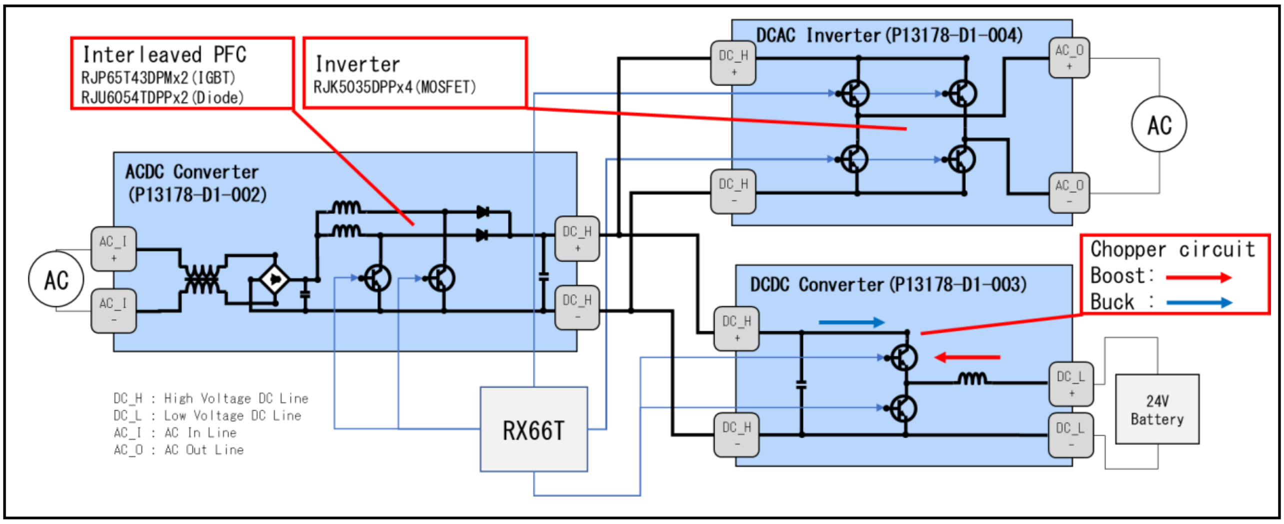


図 20 概略回路構成図(ボード接続図)

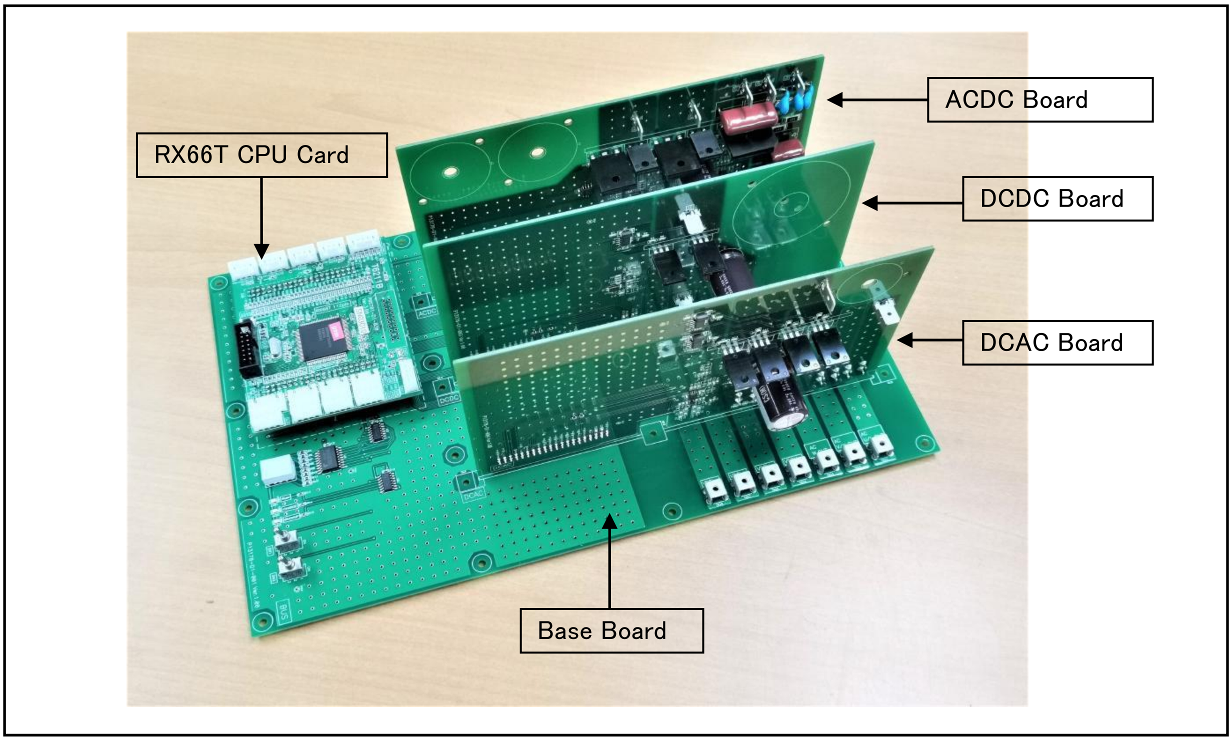


図 21 全体構成外観図

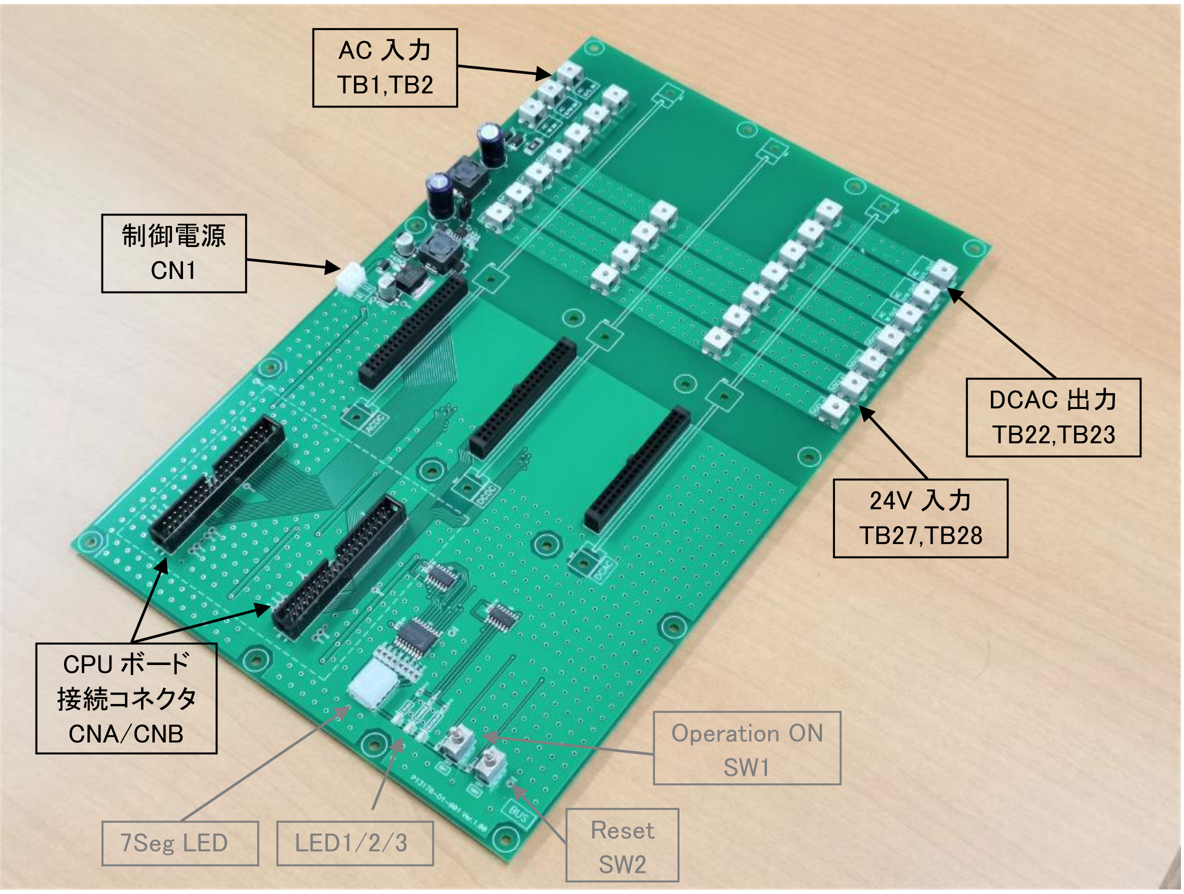


図 22 ベースボード外観図

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 P	24V 入力
TB28	バッテリ N	GND
TB22	DCAC 出力	100Vrms
TB23	DCAC 出力	100Vrms
CN1	CN1:1 12V CN1:3 GND	制御電源、バッテリから供給、常時有効
CNA/CNB	CPU ボード接続	RX66T (P05701-C0-038)

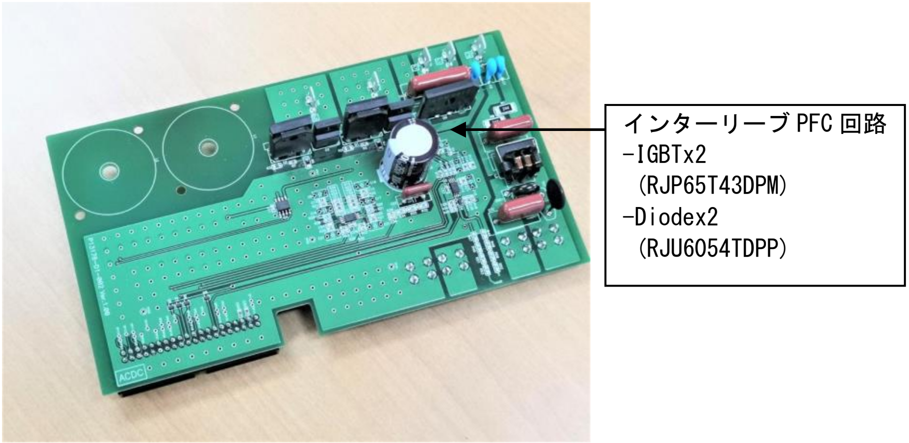


図 23 ACDC ボード外観図

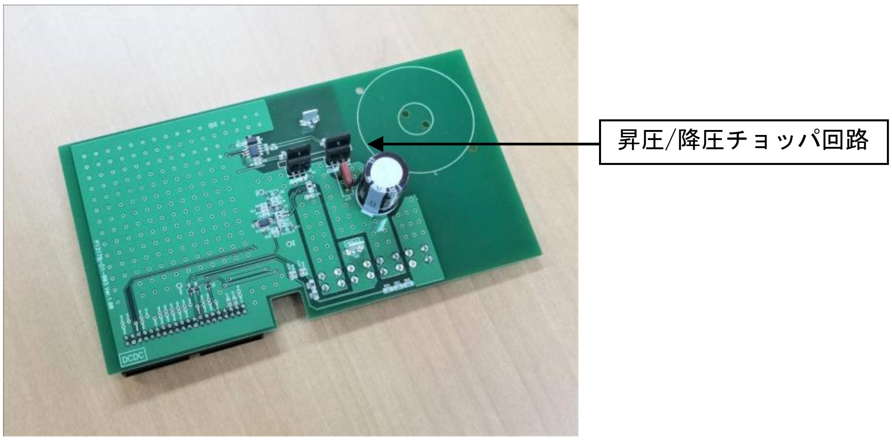


図 24 DCDC ボード外観図

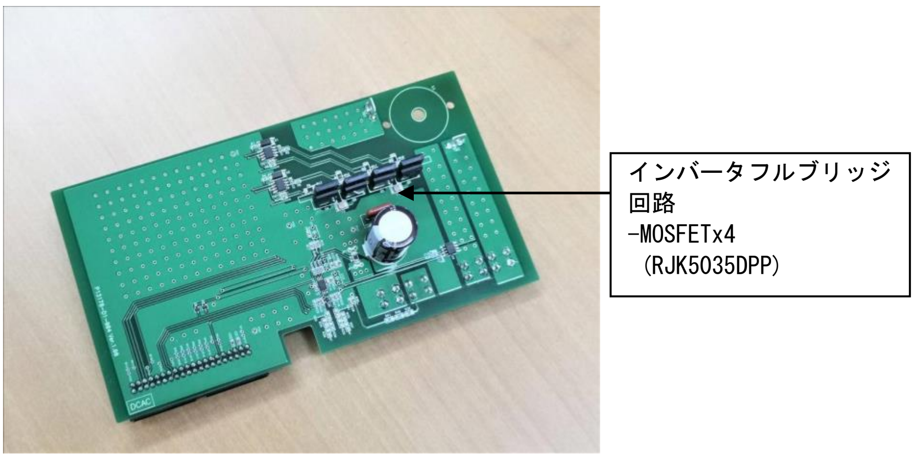


図 25 DCAC ボード外観図

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

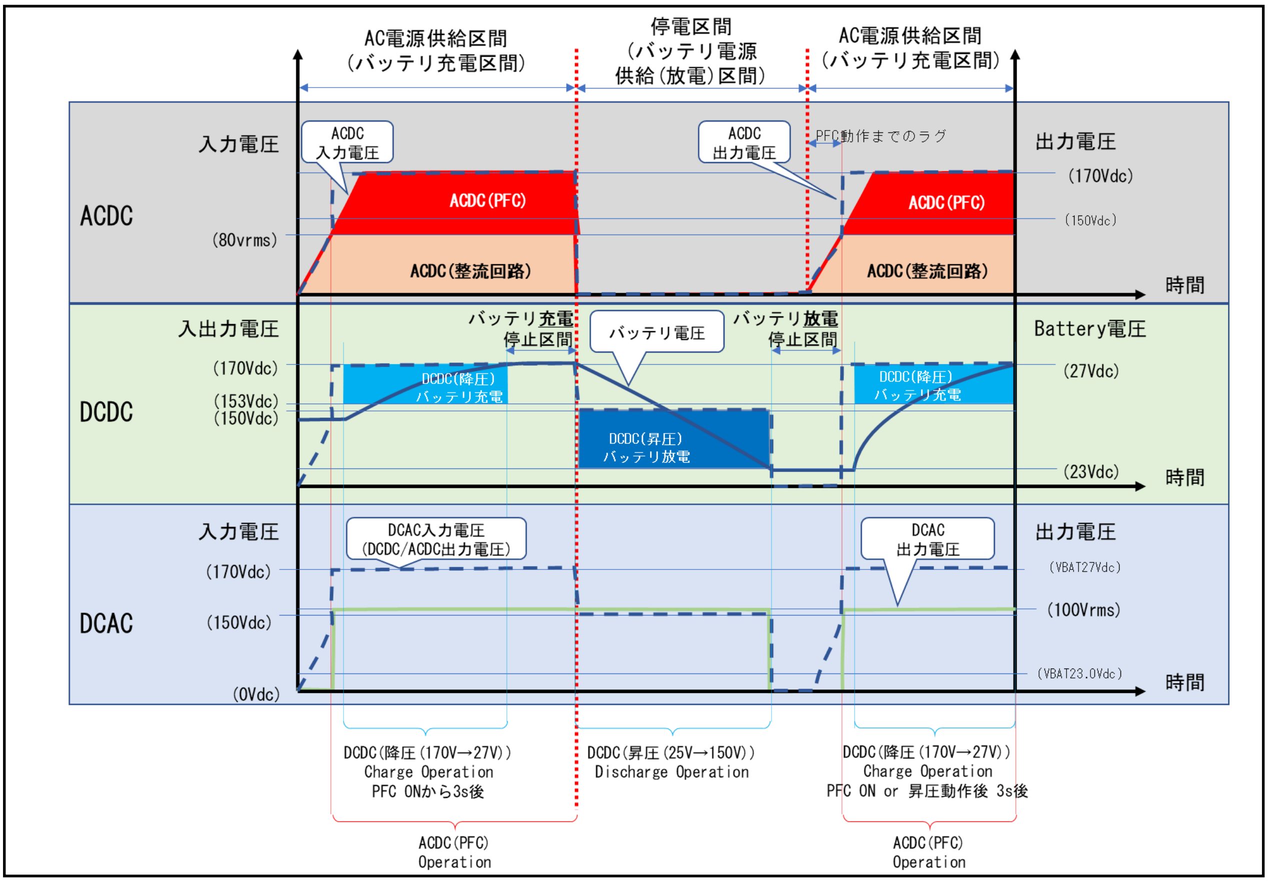


図 26 システム動作イメージ図

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。

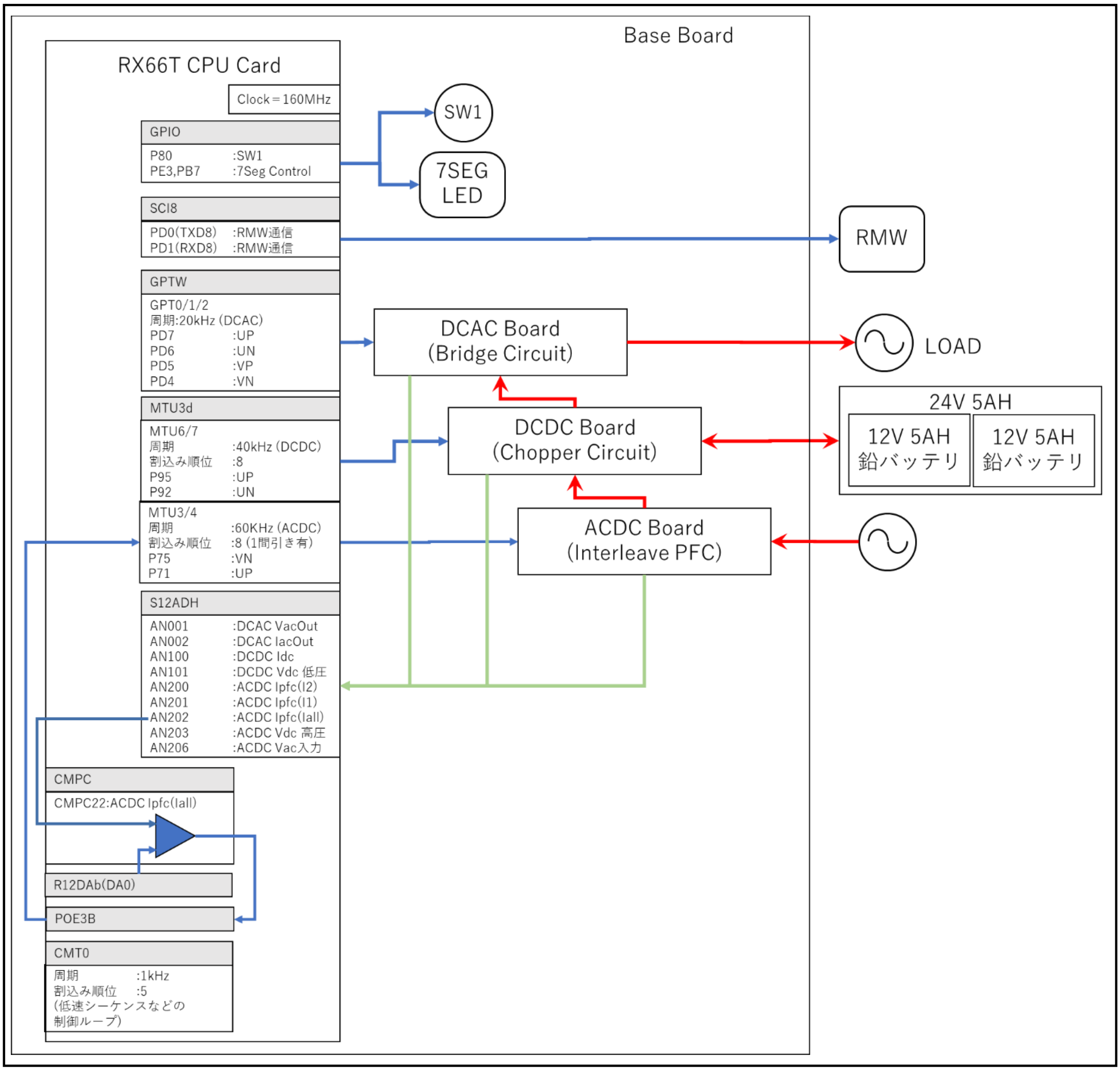


図 27 ハードウェア構成図

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
バッテリ充電表示	赤色 LED2	バッテリの充放電表示 LED2：点灯：バッテリ充電中(170V⇒24V 降圧動作中) LED2：消灯：バッテリ満充電(バッテリ充電停止)
バッテリ放電表示	緑色 LED3	バッテリの充放電表示 LED3：点灯：バッテリ放電中(24V⇒150V 昇圧動作中) LED3：消灯：バッテリ非放電
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 □ □	バッテリ電圧過電圧保護	30V	0x0004
0 0 8 □ □	バッテリ電圧低電圧保護	22V	0x0008
0 6 4 □ □	バッテリ電流放電電流保護	10A	0x0040
0 3 2 □ □	バッテリ電流充電電流保護	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 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)
・ ACDC PFC1/2 電流検知(S12AD2-AN200, AN201, AN202) ・ ACDC 出力電圧検知(S12AD2-AN203) ・ ACDC 入力電圧検知(S12AD2-AN206) ・ DCDC 低電圧出力検知(S12AD1-AN101) ・ DCDC 高電圧出力検知(S12AD2-AN203) ・ DCDC 電流検知(S12AD1-AN100) ・ DCAC 出力電圧検知(S12AD-AN001) ・ DCAC 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-DCAC インバータ制御(GPTW0/1/2)	相補 PWM 出力-ACDC PFC 制御(MTU3/4)-DCDC 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(Ipfc)と基準電圧の R12DAb(DA0)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(DA0)	CMPC のイベント信号により(PFC リミット電流を超えた場合)、ACDC 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 の端子インタフェースを表 18 に示します。

表 18 RX66T 端子インタフェース

モジュール名	使用リソース	端子名	機能
GPIO		P80	SW1
		PE3, PB7	7Seg Control
SCI	SCI8	PD0(TXD8)	RMW 通信 (送信)
		PD1(RXD8)	RMW 通信 (受信)
GPTW	GPTW0, GPTW1, GPTW2	PD2(GTIOC2B)	DCAC WN(未使用)
		PD3(GTIOC2A)	DCAC WP(未使用)
		PD4(GTIOC1B)	DCAC VN
		PD5(GTIOC1A)	DCAC VP
		PD6(GTIOC0B)	DCAC UN
		PD7(GTIOC0A)	DCAC UP
MTU3d	MTU6, MTU7	P90(MTIOC7D)	DCDC WN(未使用)
		P91(MTIOC7C)	DCDC VN(未使用)
		P92(MTIOC6D)	DCDC UN
		P93(MTIOC7B)	DCDC WP(未使用)
		P94(MTIOC7A)	DCDC VP(未使用)
		P95(MTIOC6B)	DCDC UP(昇圧時不使用)
	MTU3, MTU4	P71(MTIOC3B)	ACDC (PFC2) UP
		P72(MTIOC4A)	ACDC VP(未使用)
		P73(MTIOC4B)	ACDC WP(未使用)
		P74(MTIOC3D)	ACDC UN(未使用)
		P75(MTIOC4C)	ACDC (PFC1) VN
		P76(MTIOC4D)	ACDC WN(未使用)
S12ADH	S12AD	P40(AN000)	(未使用)
		P41(AN001)	DCAC VacOut
		P42(AN002)	DCAC IacOut
		P43(AN003)	(未使用)

	S12AD1	P44(AN100)	DCDC Idc (低電圧(バッテリ))
		P45(AN101)	DCDC Vdc (低電圧(バッテリ))
		P46(AN102)	(未使用)
		P47(AN103)	(未使用)
	S12AD2	P52(AN200)	ACDC Ipfc(I2)
		P53(AN201)	ACDC Ipfc(I1)
		P54(AN202/CMPC22)	ACDC Ipfc(Iall)
		P55(AN203)	ACDC Vdc (高電圧)
		P60(AN206)	ACDC Vac (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。

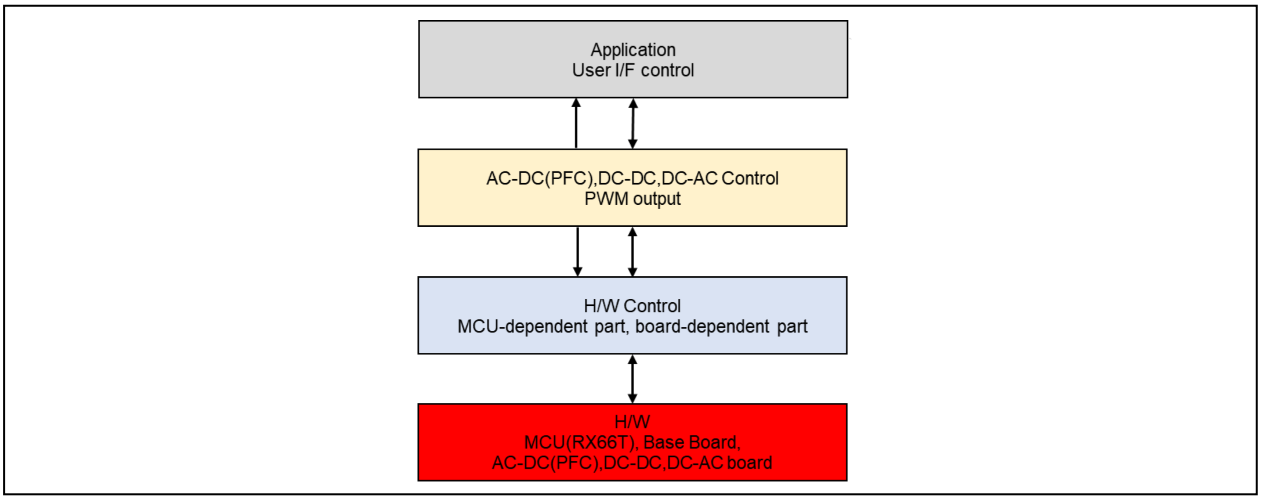


図 28 モジュール構成

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	割込み処理
	r_pwr_pfc_ctrl.c	ACDC(PFC)、DCDC、DCAC 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	ACDC(PFC)、DCDC、DCAC 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
	dbsct.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
	iodefine.h	RX66T IO レジスタ定義
	sbrk.h	アロケーションサイズ定義
	stacksct.h	スタックエリアサイズ定義
	typedefine.h	型定義
	vect.h	ベクター定義
src¥PWR_IOLIB	r_pwr_IOLIB_AD.c	RX66T S12ADH 関連処理
	r_pwr_IOLIB_CLOCK.c	RX66T 動作クロック設定処理
	r_pwr_IOLIB_CMT.c	RX66T CMT 関連処理
	r_pwr_IOLIB_INV_MTU_AD.c	RX66T MTU3d,GPTW 関連処理
	r_pwr_IOLIB_IWDT.c	RX66T IWDT 関連処理
	r_pwr_IOLIB_POE.c	RX66T 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	RMW ツール用通信関連定義
	ICS2_RX66T.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、ACDC コンバータ制御(インターリーブ PFC 回路)、DCDC コンバータ制御(昇圧/降圧チョッパ回路)、DCAC 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 ACDC コンバータ制御(インターリーブ PFC 回路)の「ACDC(PFC)Operation」、DCDC コンバータ制御(昇圧/降圧チョッパ回路)の「DCDC Boost Operation」、および「DCDC Buck Operation」、DCAC インバータ制御(フルブリッジ回路)の「DCAC 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。

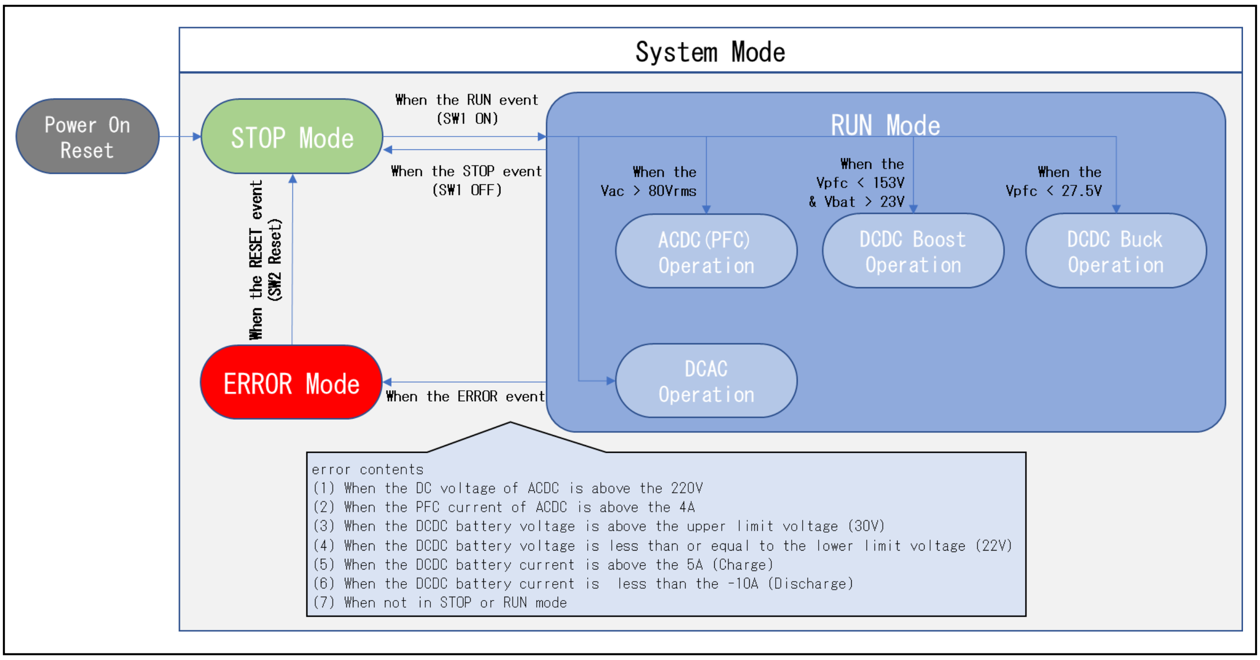


図 29 状態遷移図

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 ACDC コンバータ制御(インターリーブ PFC)、DCDC コンバータ制御(昇圧/降圧チョッパ回路)、DCAC 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 ACDC コンバータ (PFC)制御

RX66T 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。

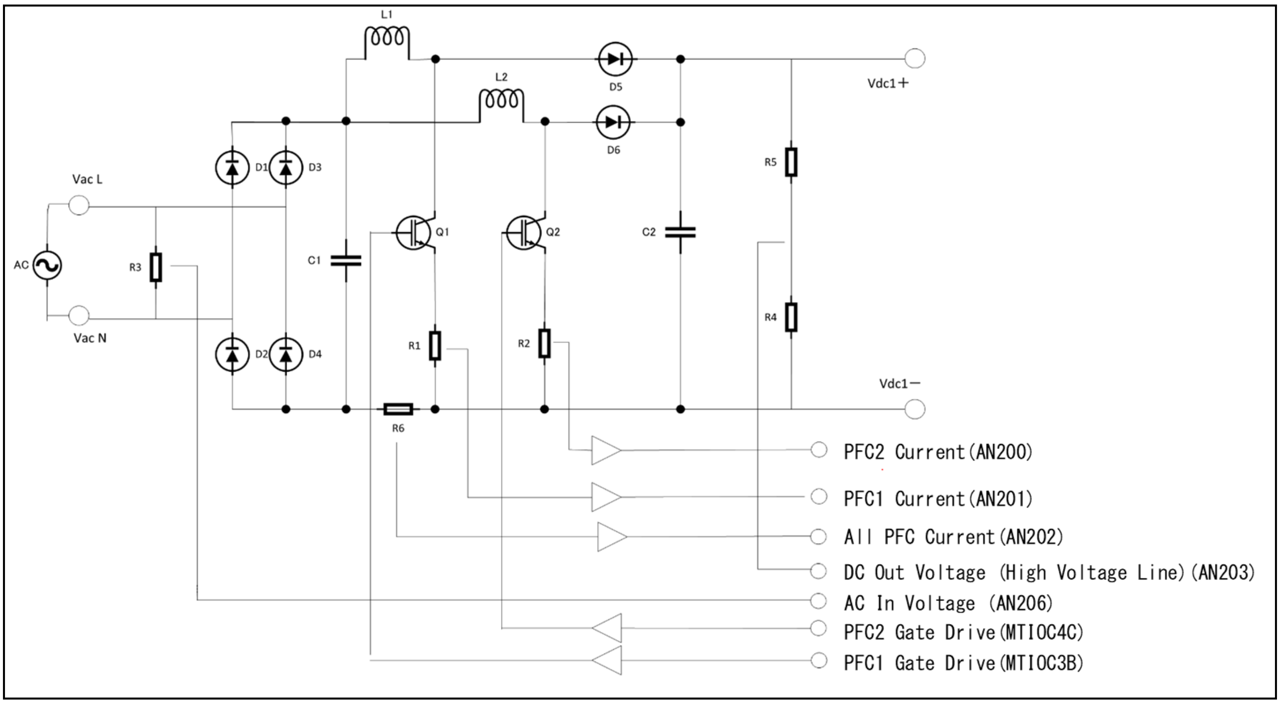
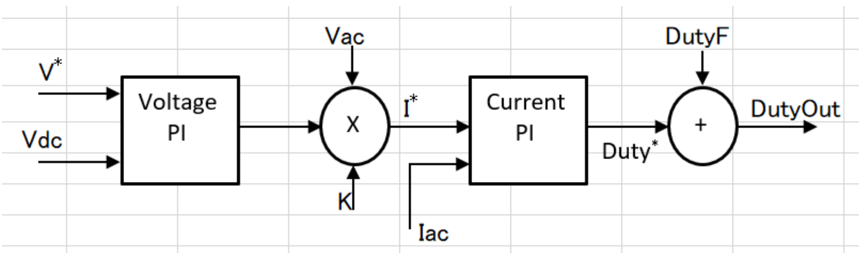


図 30 ACDC コンバータ(PFC)制御部の回路構成と制御信号結線図



V* : 電圧指令値
Vdc : 実際の出力電圧(直流)
Vac : AC 入力電圧
K : 電流指令値計算係数
I* : 電流指令値
Iac : PFC 電流 Ipfc
Duty* : 電流 PI から出力した変調率
DutyF : Feed Forward で計算した変調率
DutyOut : 実際のデューティ出力

図 31 ACDC 制御ロジック図

4.2.2 DCDC コンバータ制御

DCDC コンバータ部は、昇圧動作(バッテリから電源を供給するバッテリ放電)と降圧動作(バッテリ充電)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 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、チョッパ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 ACDC の出力が DCDC 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 ACDC の出力電圧検出(VDC 電圧検出(AN203))と兼用しています。

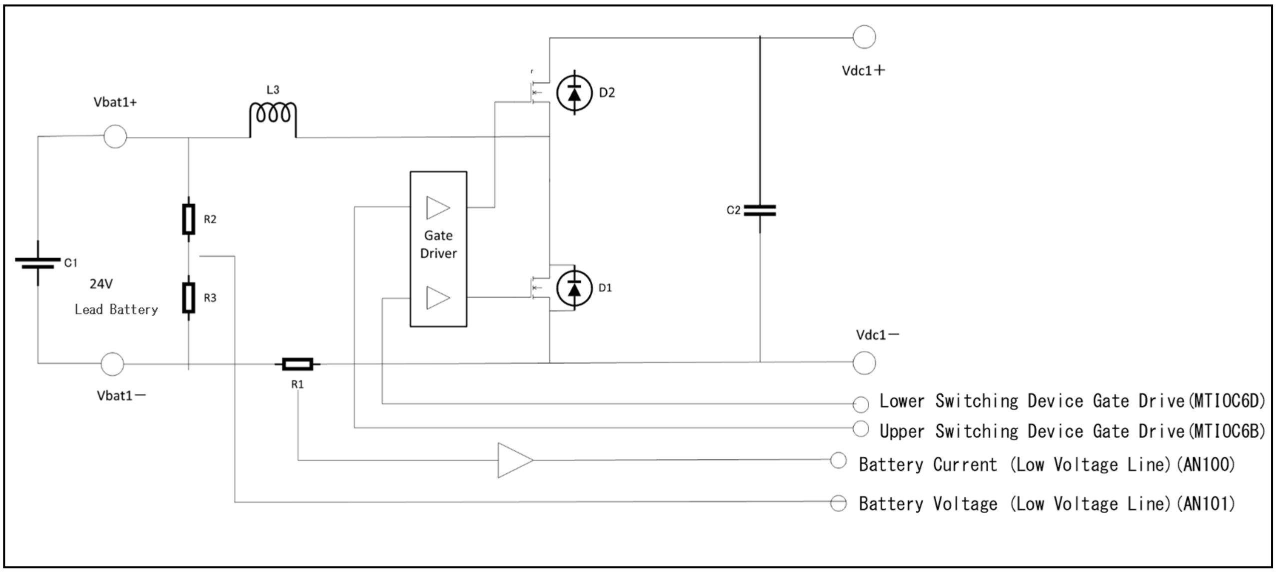
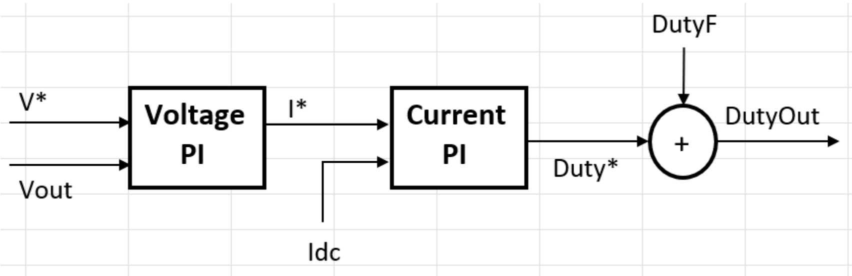


図 32 DCDC コンバータ制御部の回路構成と制御信号結線図



V* : 電圧指令値
Vout : 実際の出力電圧(Boost 時は高電圧側の電圧、Buck 時はバッテリの電圧)
I* : 電流指令値
Idc : 直流電流(Boost 時はバッテリの放電電流、Buck 時はバッテリの充電電流)
Duty* : 電流 PI から出力した変調率
DutyF : Feed Forward で計算した変調率
DutyOut : 実際のデューティ出力

図 33 DCDC 制御ロジック図

4.2.3 DCAC インバータ制御

RX66T 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。DCAC 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、入力電圧リプルの影響を吸収できます。

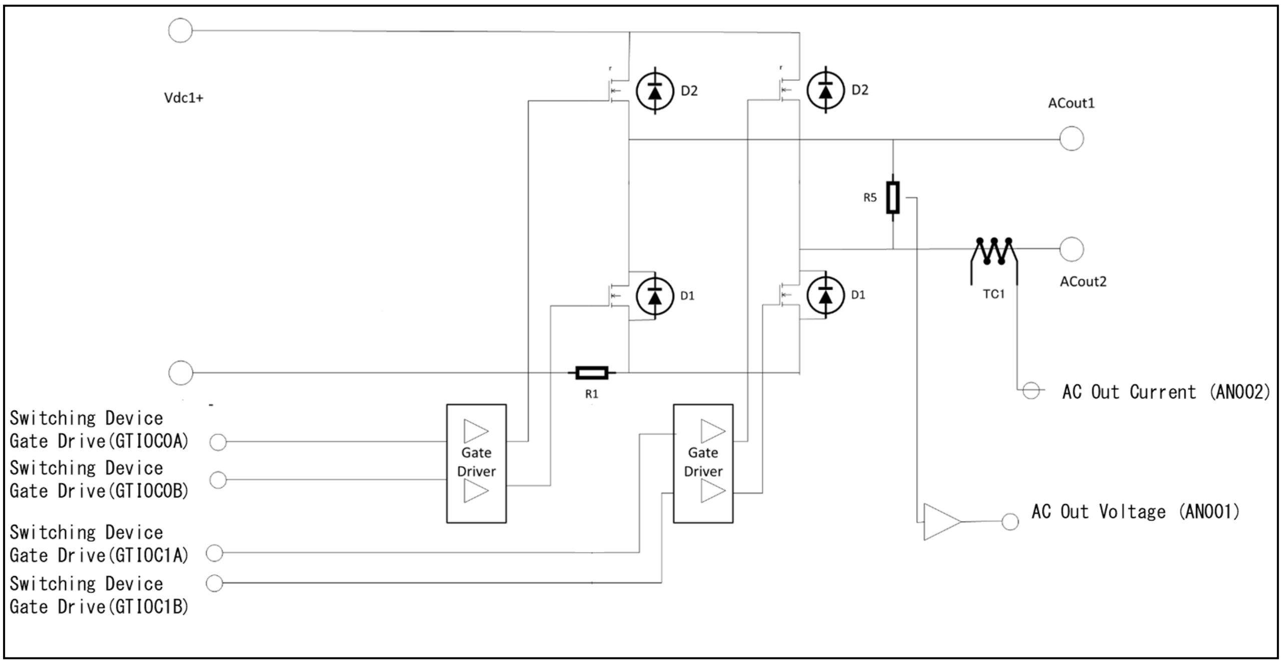
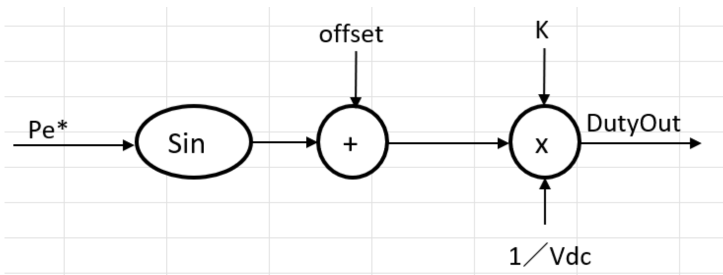


図 34 DCAC インバータ制御部の回路構成と制御信号結線図



Pe* ：指令値
Offset ：デッドタイム、非線形などによる出力のオフセット
K ：電圧指令計算係数(140)
DutyOut：実際のデューティ出力

図 35 DCAC 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 Path	Name	Function Name	Arguments	Return Type	Overview	Notes
src	main.c	main	void	void	Main 関数	
	r_pwr_control.c	r_pwr_User_CustomIO_init	void	void	IO ポートの初期化	
		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	ACDC(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	DCAC 初期化	
		r_pwr_DCDC_HighToLow	void	void	Buck 運転制御関数(バッテリ充電)	
		r_pwr_DCDC_LowToHigh	void	void	Boost 運転制御関数(バッテリ放電)	
		r_pwr_pfc_control	void	void	PFC 運転制御関数	
		r_pwr_DCAC_Control	void	void	DCAC 制御	
	r_pwr_Sequence.c	r_pwr_SEQ_Exec_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	uint8_t	uint8_	NONE イベント処理関数	

		_None	ucState	t		
		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	CMT0 初期化	
		r_pwr_interval_CMT1_init	uint16_t u2_freq	void	CMT1 初期化	Not use
		r_pwr_interval_CMT2_init	uint16_t u2_freq	void	CMT2 初期化	Not use
		r_pwr_interval_CMT3_init	uint16_t u2_freq	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 u4_Decimat	void	ACDC(PFC)制御 PWM 用 MTU3/4 初期化	

			ion			
		r_pwr_pwmcontrol_MTU34_set_uvw_3shunt	float f_refu, float f_refv, float f_refw	void	ACDC(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_Deadtime, uint32_t u4_Decimation	void	DCDC(PFC)制御 PWM 用 MTU6/7 初期化	
		r_pwr_pwmcontrol_MTU67_set_uvw_3shunt	float f_refu, float f_refv, float f_refw	void	DCDC 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_Deadtime, uint32_t u4_Decimation	void	DCAC 制御 PWM 用 GPT0/1/2 初期化	
		r_pwr_pwmcontrol_GPT012_set_uvw_3shunt	float f_refu, float f_refv, float f_refw	void	DCAC 制御 PWM 用 GPT0/1/2 コンペア値設定	
		r_pwr_pwmcontrol_CMPC2_DA_init	void	void	ipfc 検知用 CMPC2,DA0 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_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_Calc_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用変数も含めております。内部動作用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	バッテリ過電圧保護レベル
	g_f_ErrLevel_Vbat_UV	バッテリ低電圧保護レベル
	g_f_ErrLevel_Ibat_Plus_OC	バッテリ充電電流保護レベル
	g_f_ErrLevel_Ibat_Minus_OC	バッテリ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	ACDC モジュール出力設定 U 相
	g_f_ACDC_Mv_Ref	ACDC モジュール出力設定 V 相
	g_f_ACDC_Mw_Ref	ACDC 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	DCDC モジュール出力設定 U 相
	g_f_DCDC_Mv_Ref	DCDC 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	DCDC 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	DCAC モジュール出力設定 U 相
	g_f_DCAC_Mv_Ref	DCAC モジュール出力設定 V 相
	g_f_DCAC_Mw_Ref	DCAC 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(バッテリ電圧値)
	g_f_DCDC_Vbat_Lpf	バッテリ電圧値のフィルタ後の値
	g_f_ACDC_Vac	ACDC 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	DCAC 電圧 AD オフセット
	g_f_DCAC_Vout	DCAC 電圧値
	g_f_DCAC_offset_Iac_Hall	DCAC AC 電流値オフセット
	g_f_DCAC_Iac_Hall	DCAC AC 電流値
	_f_VacRMS	ACDC 入力電圧実効値
	_f_IacRMS	ACDC 入力電流実効値
	_f_IacRMSLpf	ACDC 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
	g_u1_Error_Status	コマンド入力エラー表示用フラグ
r_pwr_IOLIB_INV_MTU_AD.c	_u2_LibVersion	ライブラリバージョン
	_u2_Clock	動作クロック(160MHz)
	_u2_HalfCarrierC1	ACDC 用 PWM 生成タイマ MTU3/4 50%Duty 値
	_u2_TopCarrierC1	ACDC 用 PWM 生成タイマ MTU3/4 キャリア周期/2 (MTU3.TGRA)
	_u2_DeadtimeC1	ACDC 用 PWM 生成タイマ MTU3/4 デッドタイム
	_u2_HalfCarrierC2	DCDC 用 PWM 生成タイマ MTU6/7 50%Duty 値

	_u2_TopCarrierC2	DCDC 用 PWM 生成タイマ MTU6/7 キャリア周期/2(MTU6.TGRA)
	_u2_DeadtimeC2	DCDC 用 PWM 生成タイマ MTU6/7 デッドタイム
	_u2_HalfCarrierC3	DCAC 用 PWM 生成タイマ GPT0/1/2 50%Duty 値
	_u2_TopCarrierC3	DCAC 用 PWM 生成タイマ GPT0/1/2 キャリア周期/2(GPTWx.GTCCRA)
	_u2_DeadtimeC3	DCAC 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タ
	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 制御出力リミッタ
	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	DCAC 出力角度計算値
	g_f_DCAC_dtheta	DCAC 出力周期計算用Δ角度
	g_f_DCAC_Vamp	DCAC 出力電圧ピーク値
	g_f_DCAC_Vout_Ref	DCAC の正弦波電圧指令値計算
	g_f_DCAC_Mref	DCAC 出力デューティ計算
	g_f_DCAC_SinOff	DCAC 出力オフセット調整値
	g_u2_ACDC_Status	ACDC 動作状態フラグ
	g_u2_DCDC_Status	DCDC 動作状態フラグ
	g_u2_DCAC_Status	DCAC 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)	ACDC の入力判定値 PFC 動作の閾値です
	SEQ_DCDC_BOOST_VDC_REF	153 (V)	DCDC 高圧側電圧値 Boost 動作判定閾値です
	SEQ_DCDC_BOOST_VBAT_REF	23 (V)	バッテリの値 Boost 動作判定閾値です
	SEQ_DCDC_BUCK_VBAT_REF	27.5 (V)	DCDC 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)	DCDC の高電圧側の電圧指令値を設定します。バッテリ放電時の電圧指令値です。
	CTRL_DCDC_VBAT_REF	27 (V)	DCDC の低電圧側の電圧指令値を設定します。バッテリに充電する時の電圧指令値です。
	CTRL_DCAC_VAC_REF	140 (V)	DCAC 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

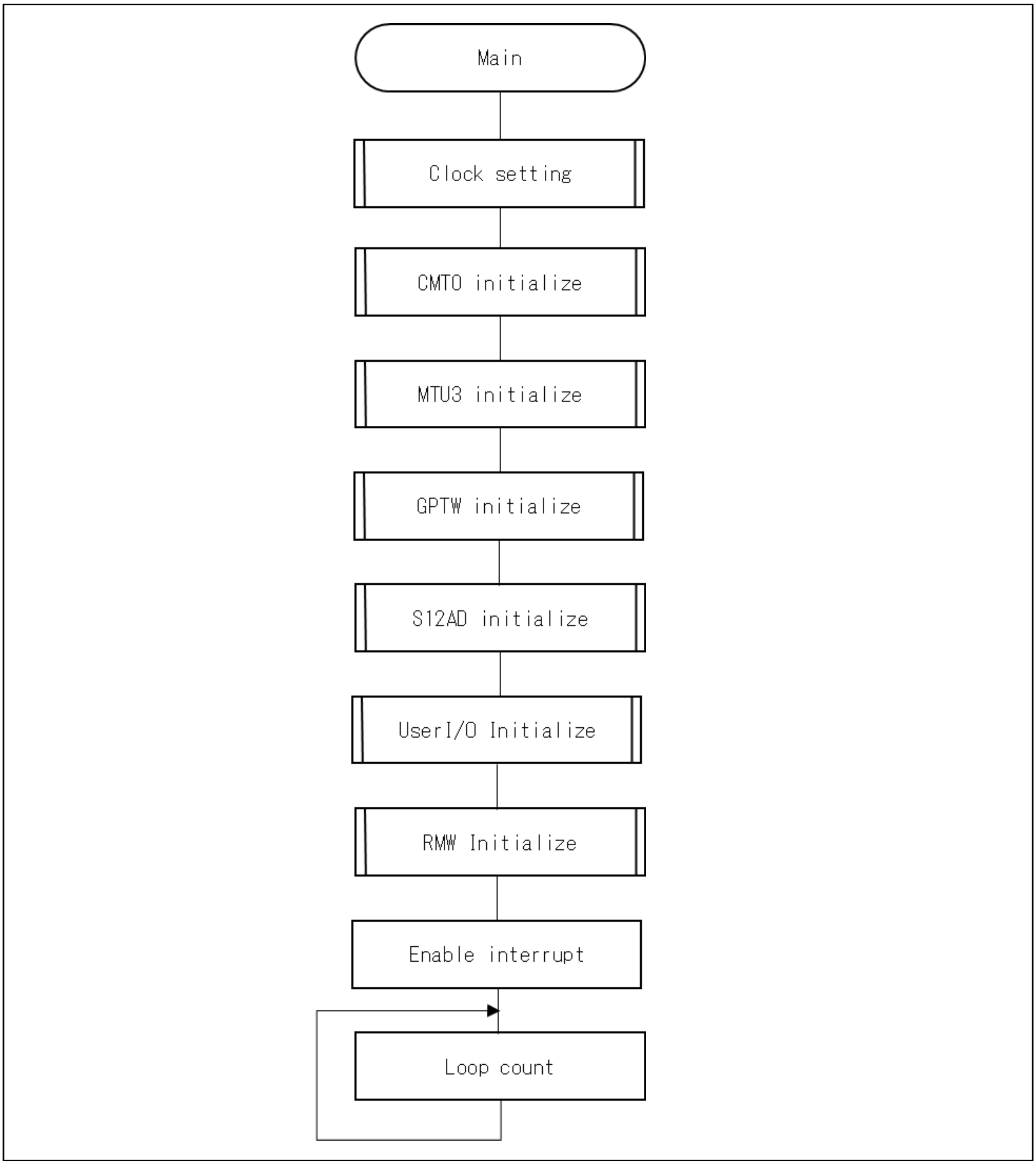


図 36 メイン処理

4.6.2 1kHz 周期シーケンス処理

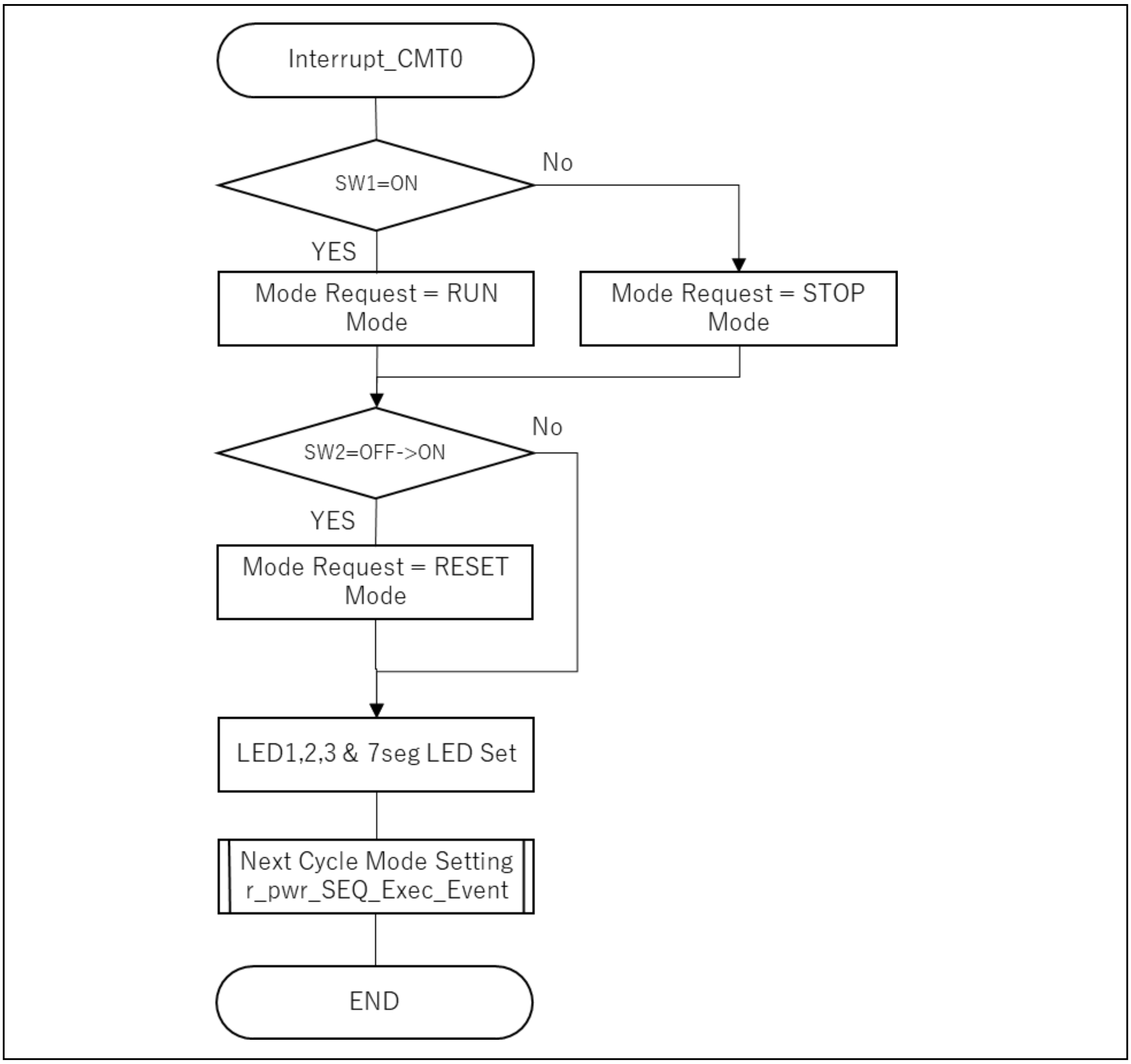


図 37 1kHz 周期シーケンス処理(CMT0 割込み処理)

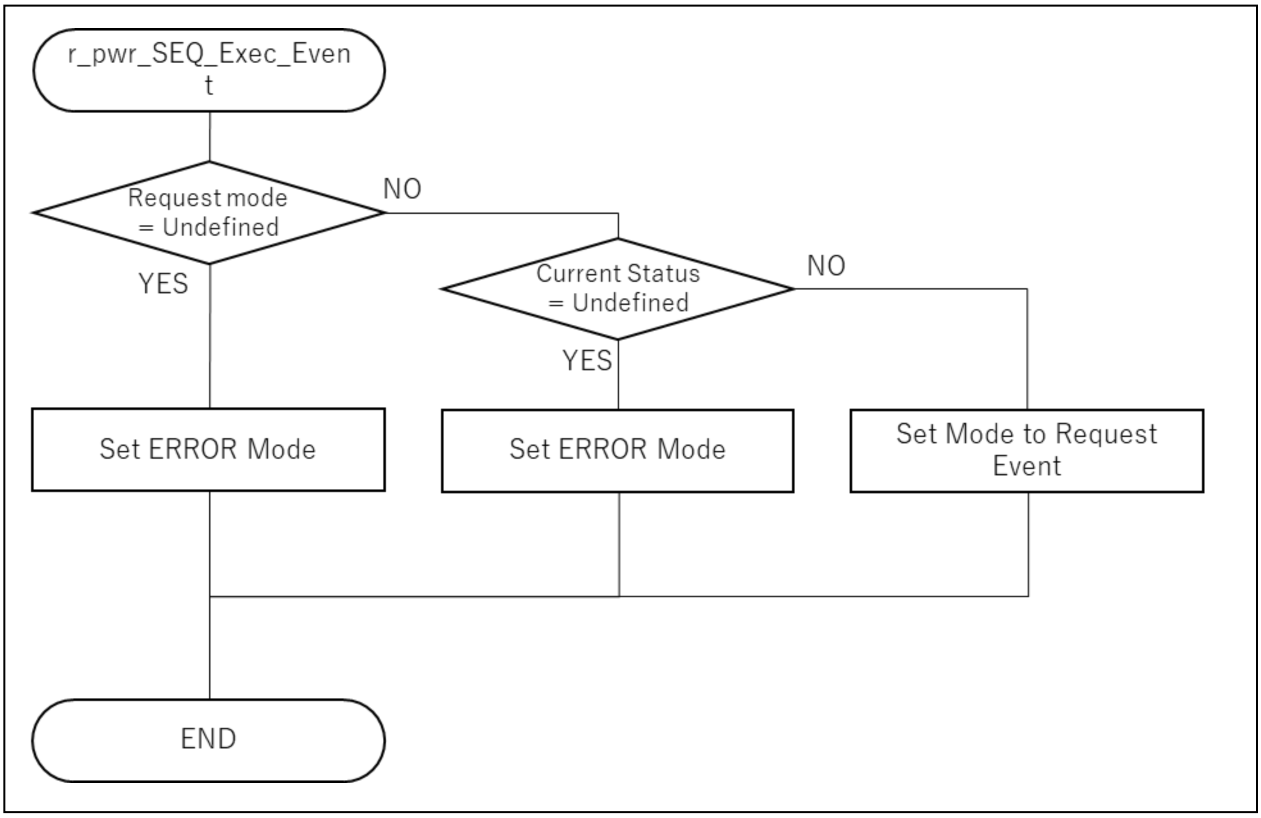


図 38 次サイクル モード設定処理

4.6.3 30kHz 周期システム制御処理

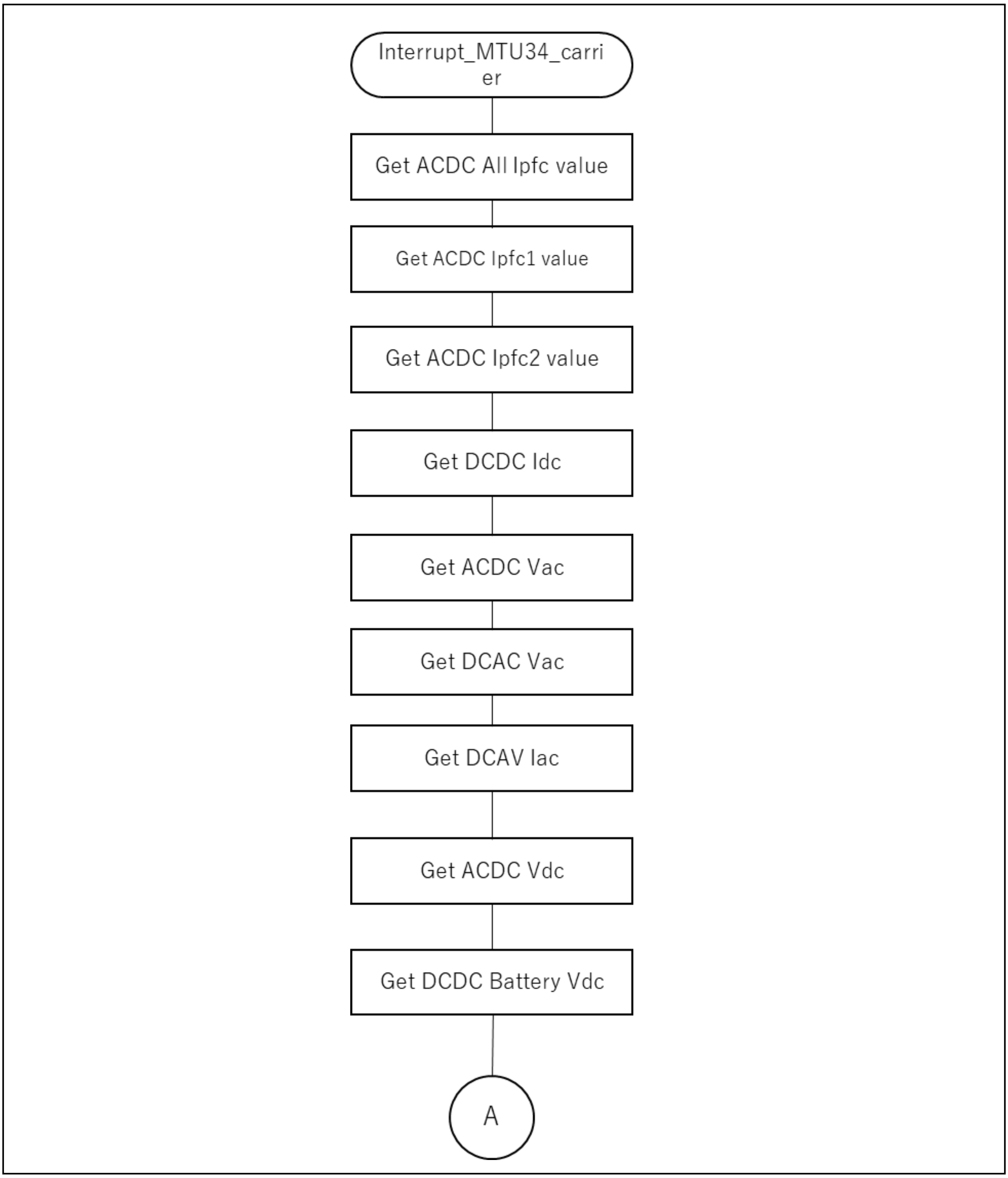


図 39 システム制御処理(MTU3/4 割込み処理) その 1

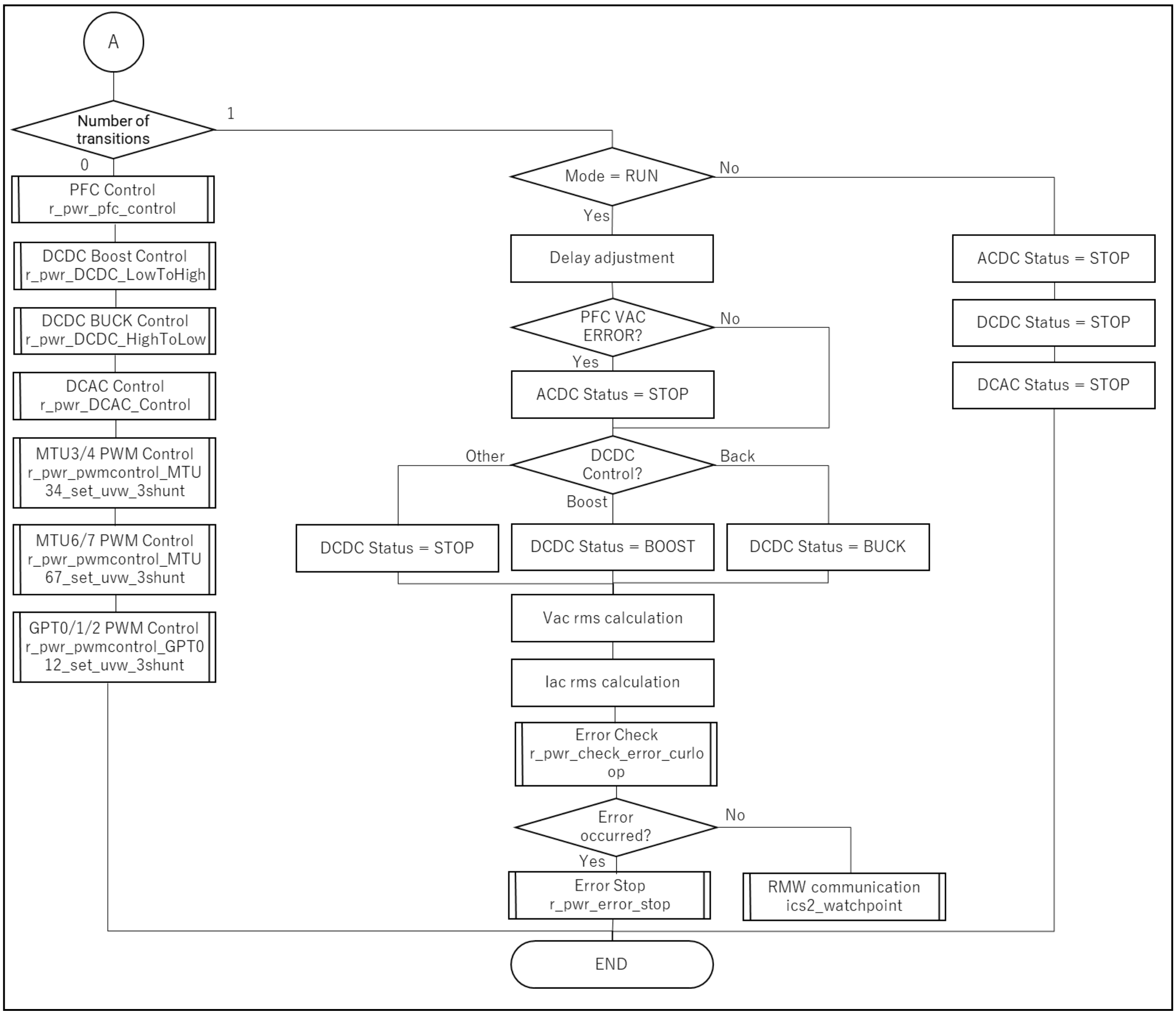


図 40 システム制御処理(MTU3/4 割込み処理) その 2

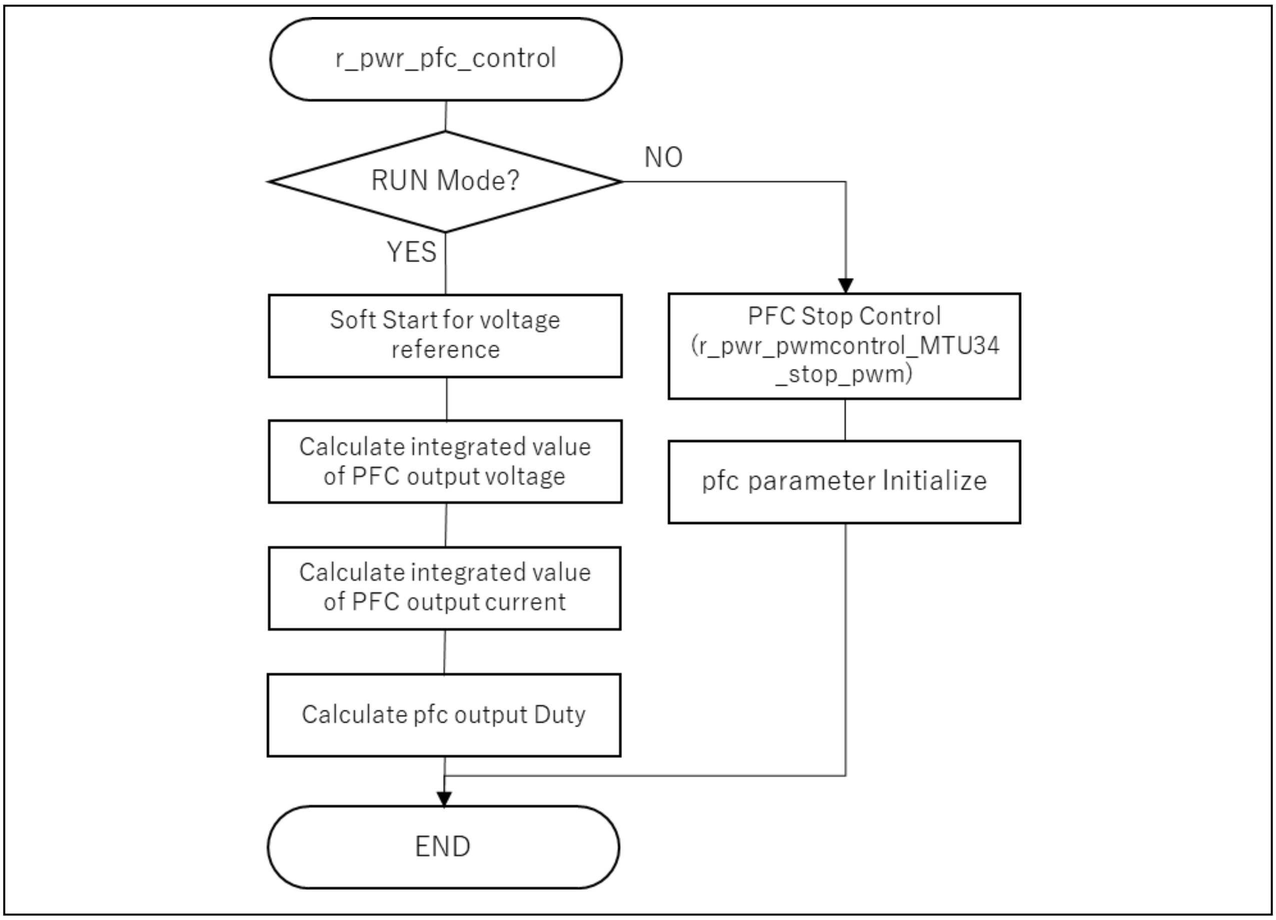


図 41 ACDC コンバータ(PFC 制御)処理

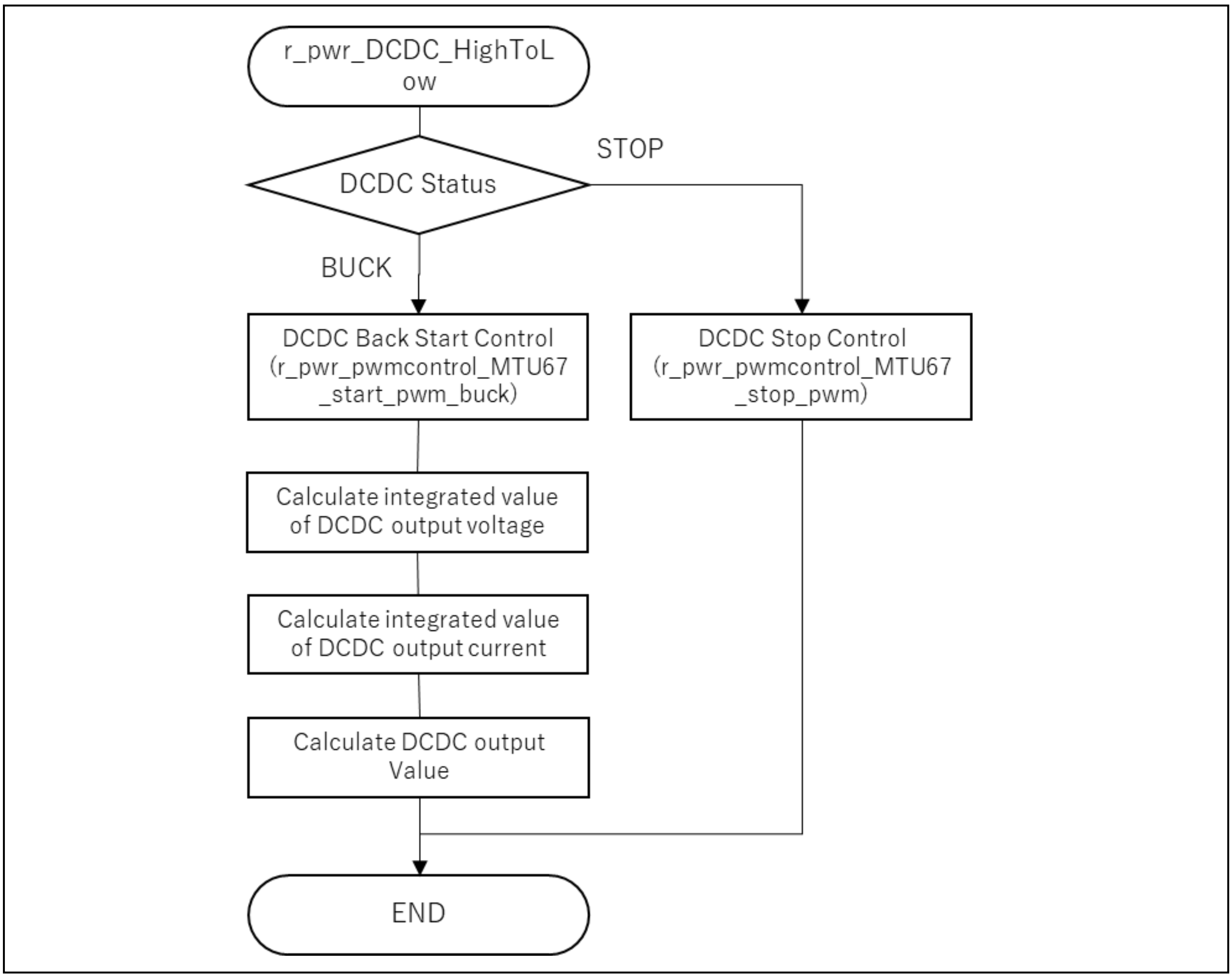


図 42 DCDC コンバータ(バックコンバータ)処理

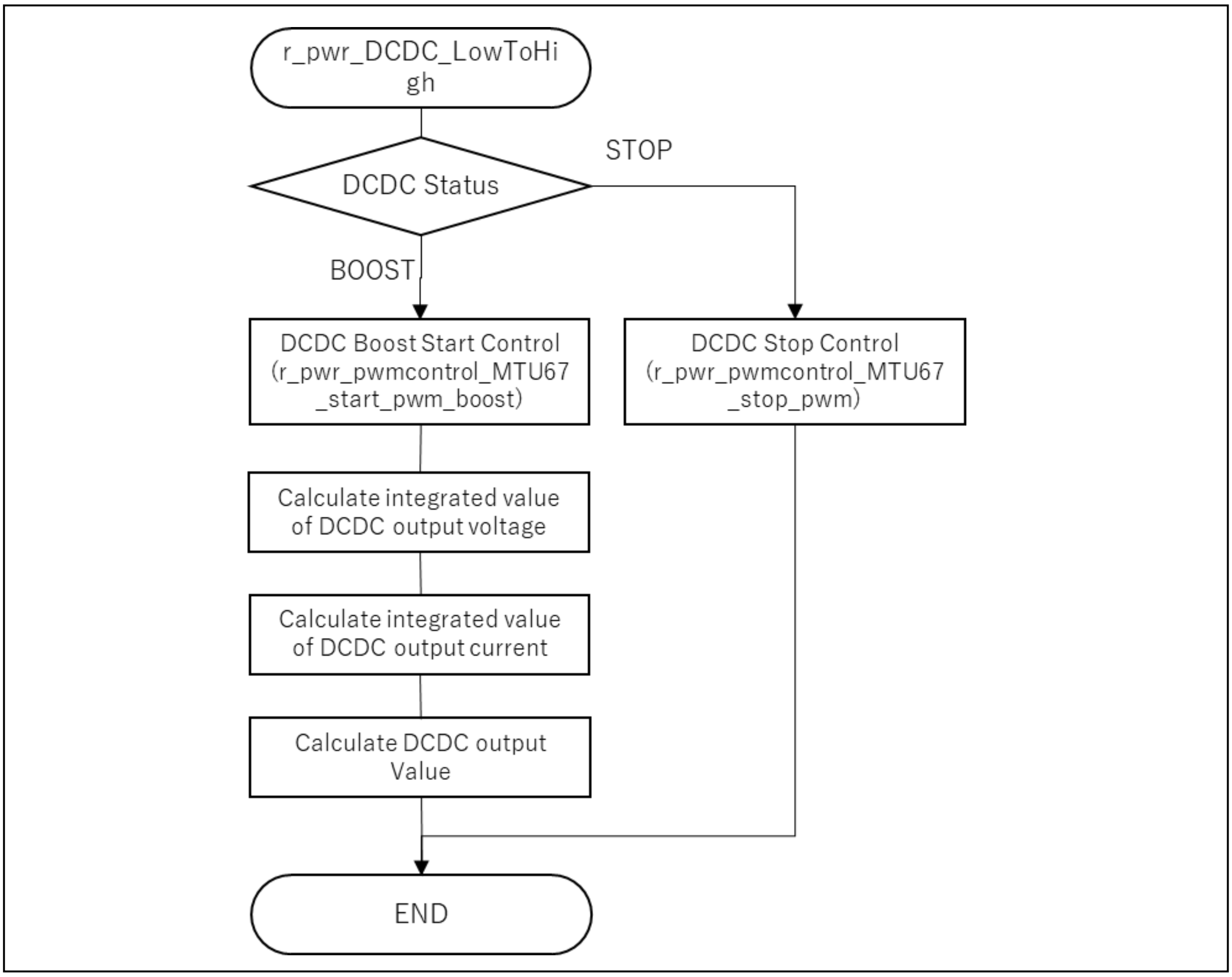


図 43 DCDC コンバータ（ブーストコンバータ）処理

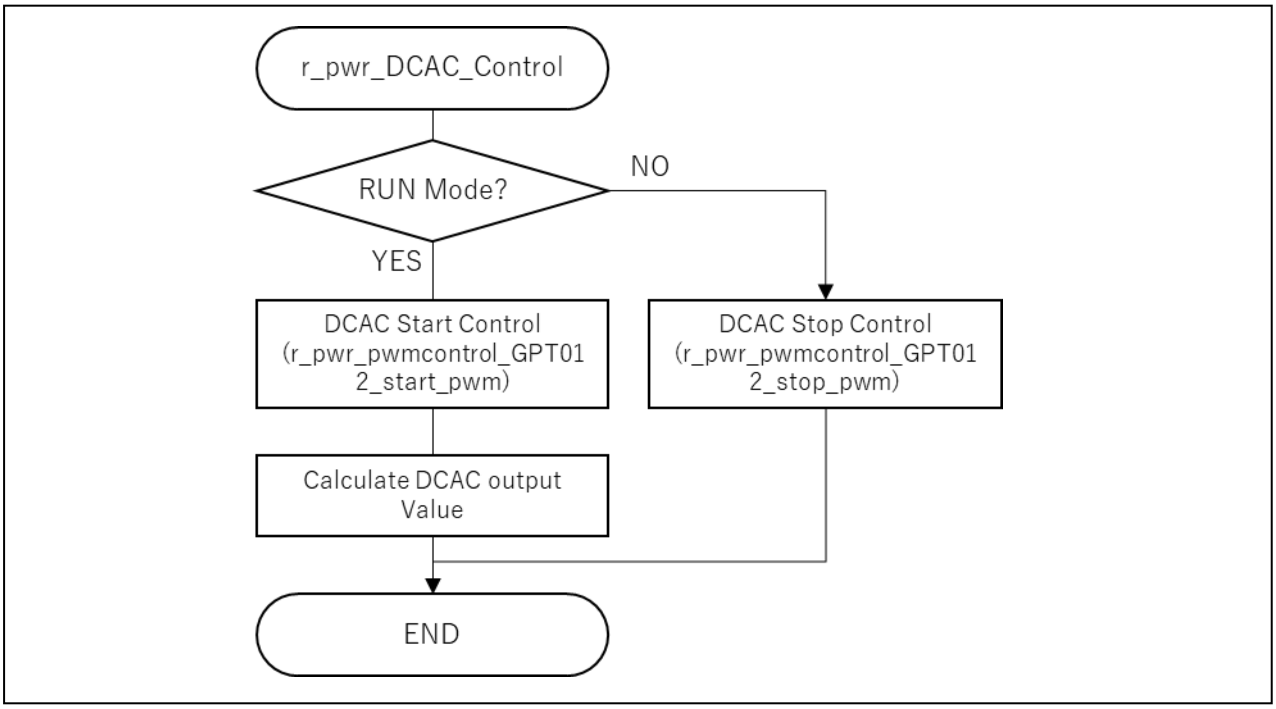


図 44 DCAC インバータ処理

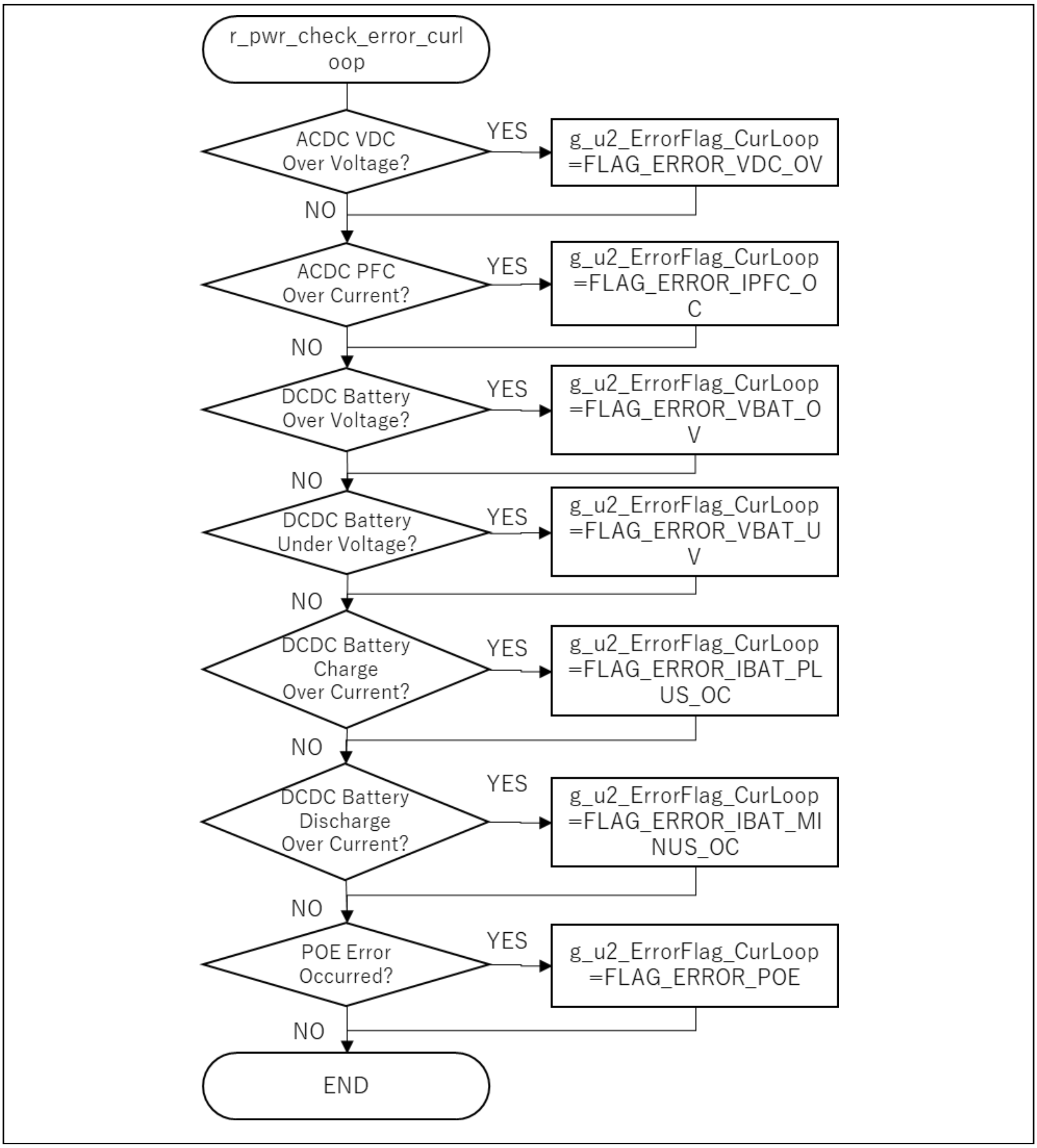


図 45 現周期エラーチェック処理

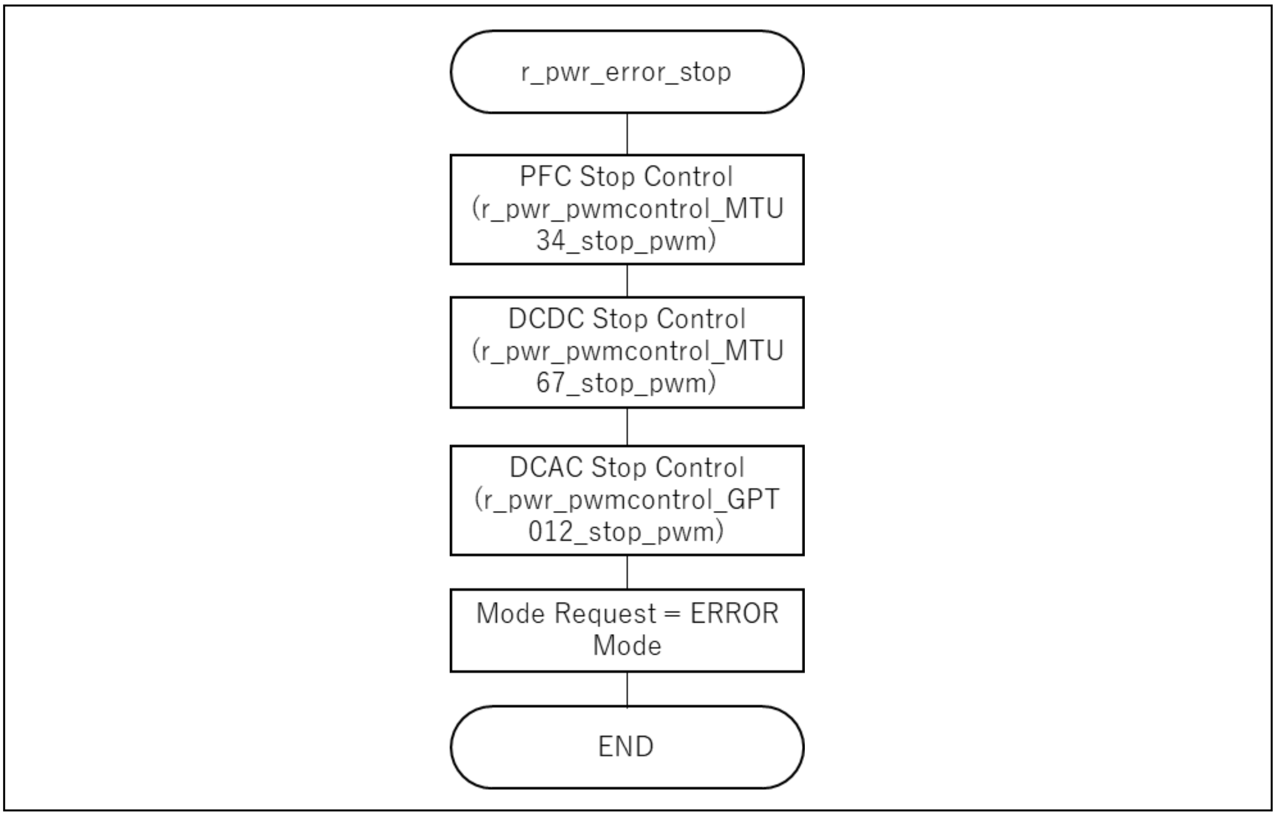


図 46 エラーストップ処理

5. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 3.0」

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 3.0」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 3.0」の使用環境を、図 48 に「Renesas Motor Workbench 3.0」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 3.0 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 3.0」は弊社 WEB サイトより入手してください。

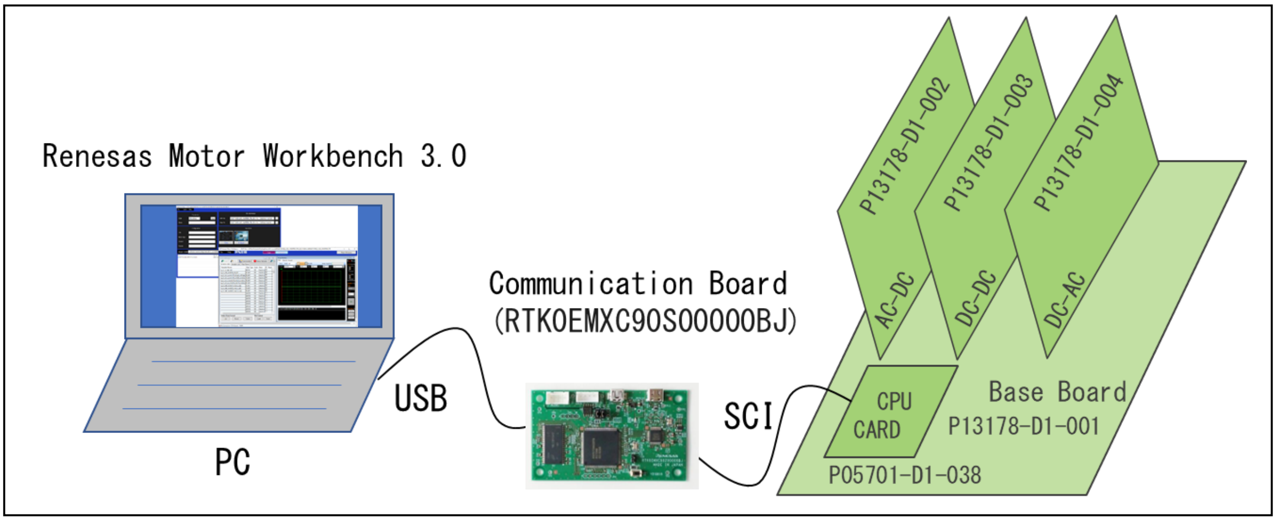


図 47 Renesas Motor Workbench 3.0 使用環境

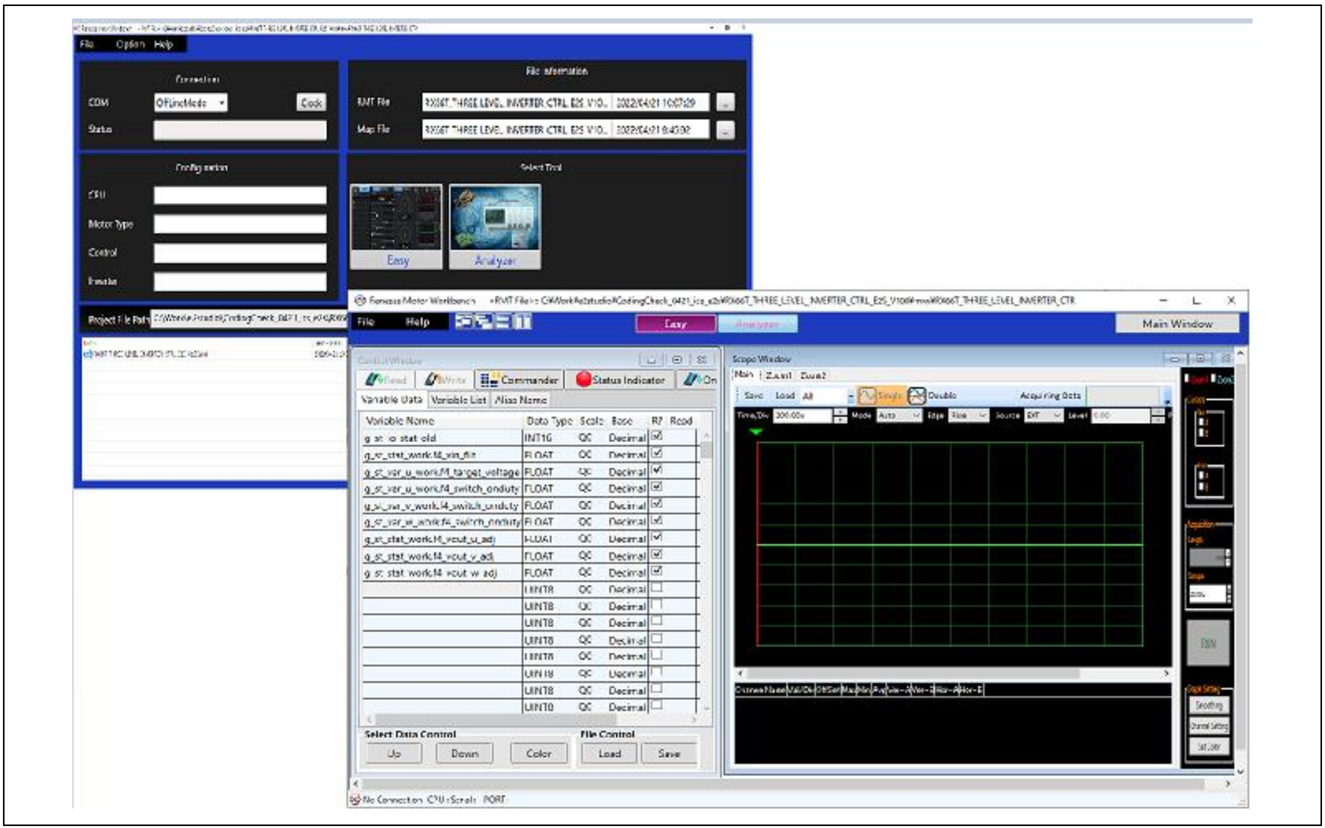
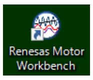


図 48 Renesas Motor Workbench 3.0 外観

モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench3.0」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(O)]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。

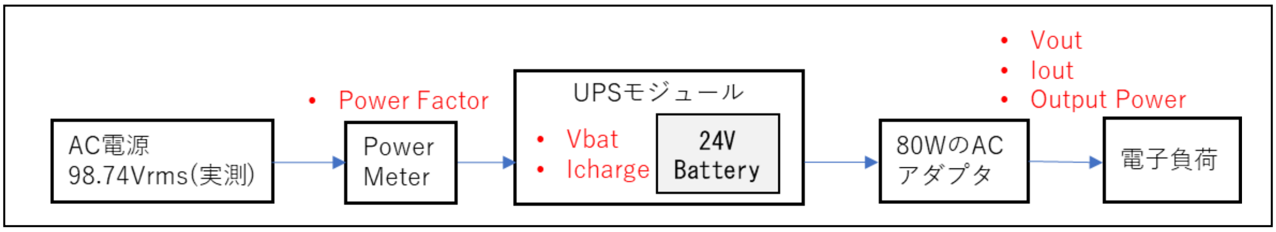
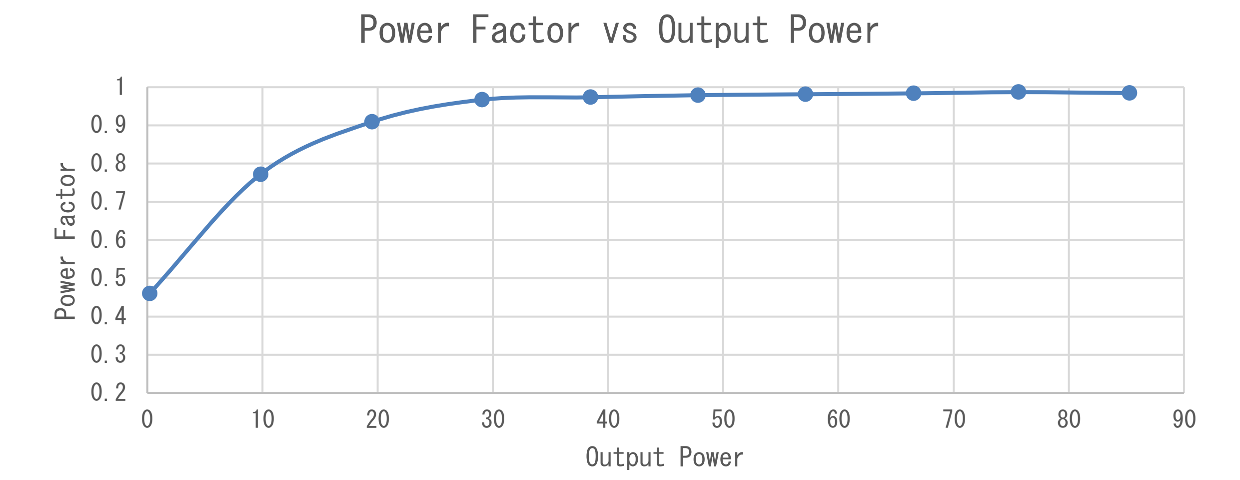


図 49 力率測定環境



Operation	Power Factor	Output Power (W)	Vout (V)	Iout (A)	Vbat (V)	Icharge (A)
ACDC (PFC)	0.46	0.1978	19.78	0.01		
	0.7722	9.83	19.66	0.5		
	0.9091	19.49	19.49	1		
	0.9671	29.04	19.36	1.5		
	0.9736	38.46	19.23	2		
	0.9791	47.8	19.12	2.5		
	0.9815	57.12	19.04	3		
	0.9839	66.5145	18.95	3.51		
	0.987	75.6286	18.86	4.01		
ACDC (PFC) + DCDC (Buck)	0.9846	85.2708	18.86	4.01	26.06	0.37

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。

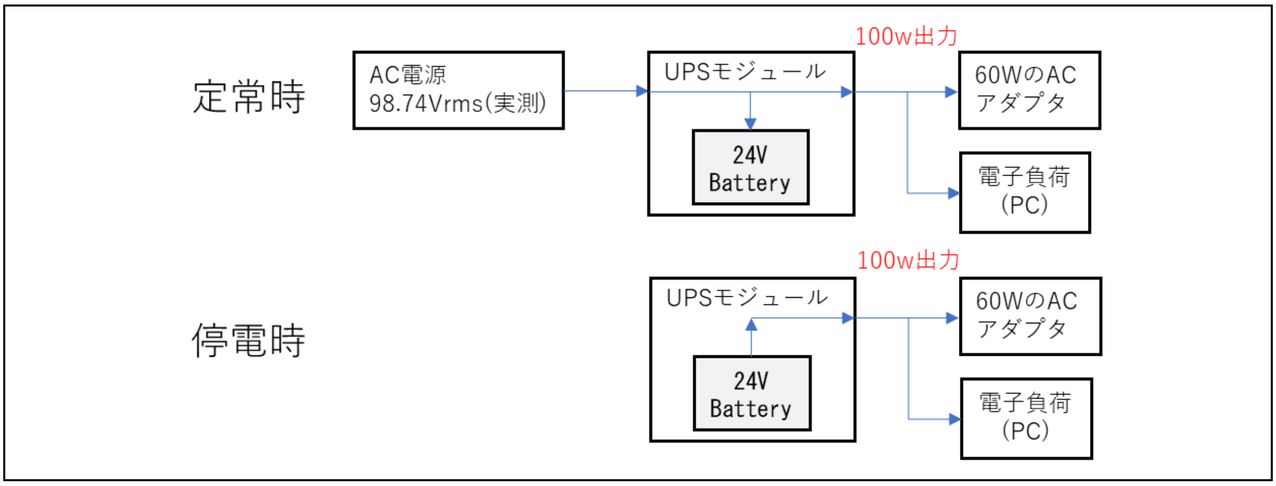
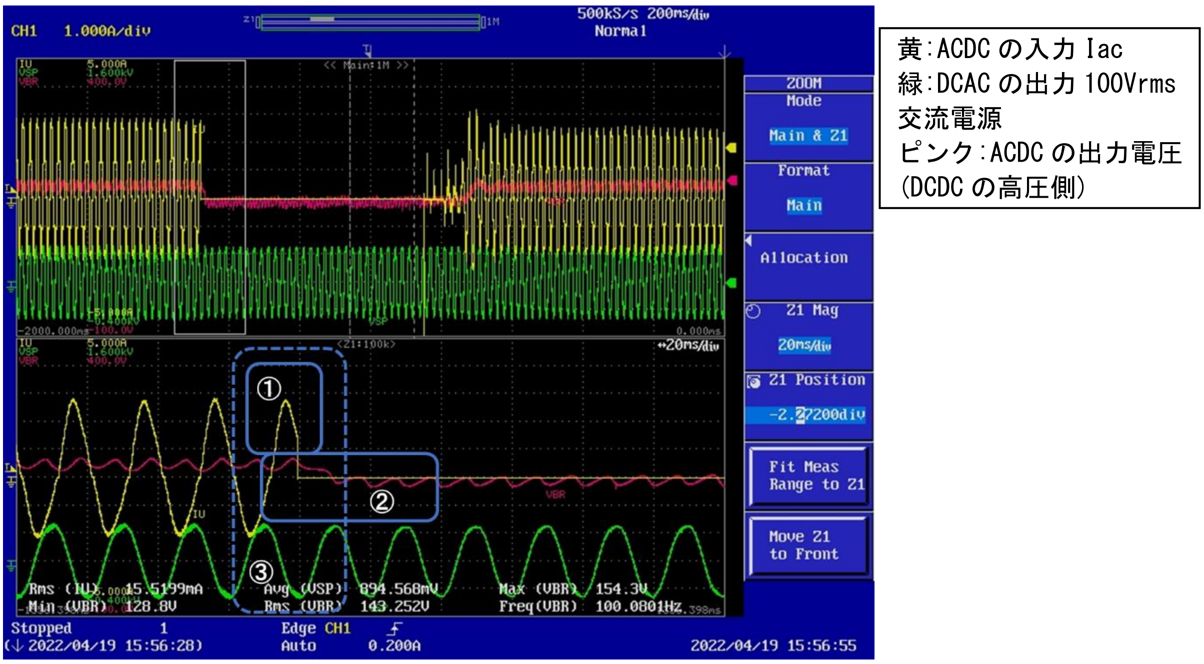
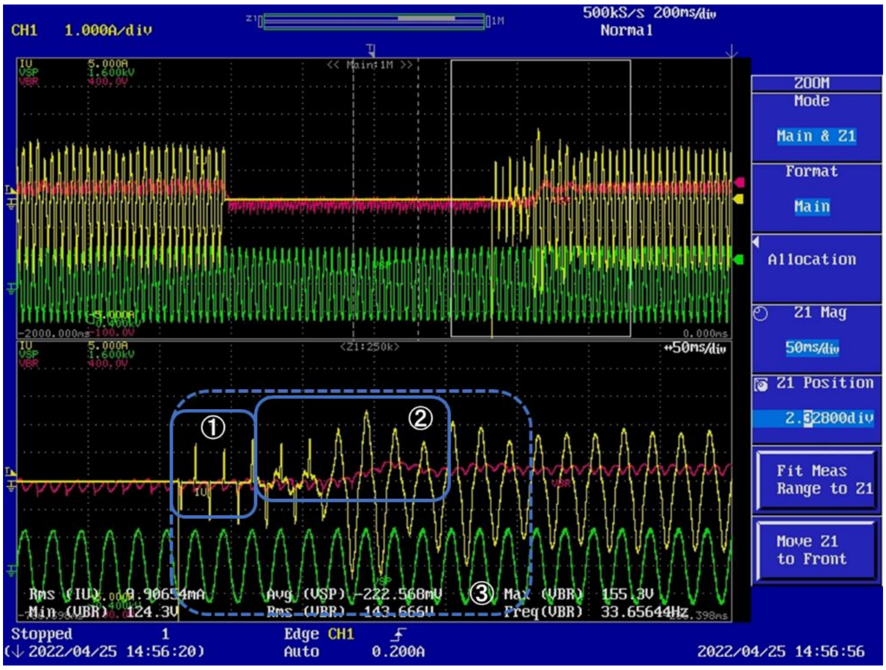


図 51 瞬停試験環境



瞬停が発生すると、①に示す通り ACDC(インターリーブ PFC)からの電源供給が途切れますが、②に示す通り瞬停を検知し DCDC(Boost Converter)から電源を供給を開始し、DCDC の高電圧ライン(ACDC の出力電圧と同じライン)の電圧を保つ動作をします。これにより③に示す通り DCAC インバータの電源出力動作が乱れる事なく出力を継続します。

図 52 瞬停時の AC 出力波形



黄:ACDC の入力 Iac
緑:DCAC の出力 100Vrms 交流電源
ピンク:ACDC の出力電圧(DCDC の高圧側)

①に示す通り、AC 電源の供給が再開すると(瞬停復帰すると)、②に示す通り ACDC(インターリーブ PFC)からの電源供給を再開し、合わせて DCDC(Boost Converter)からの電源供給を停止します。DCAC の入力電圧である高電圧ライン(ACDC の出力電圧と同じライン)の電圧を落とす事なく動作をします。これにより③に示す通り DCAC インバータの電源出力動作が乱れる事なく出力を継続します。

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

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、入力信号や入出カプルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出カ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うと、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、ノイズ幅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）、交通制御（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。