

## RX/RA Family

## デジタル電力変換（Vienna PFC（3Phase AC-DC コンバータ））

## 要旨

本アプリケーションノートは RX26T グループ、または RA6T2 グループを使用した AC-DC コンバータである三相向けウィーン PFC (Vienna PFC) の駆動・制御方法<sup>注1</sup>、及びモータ制御開発支援ツール「RMW」<sup>注2</sup>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ご使用ください。

注1: Vienna PFC の駆動・制御は、[株式会社デスクトップラボ \(DTL\)](#) の Vienna PFC ボードを使用しています。

注2: 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 RX26T Group (R5F526TFCDFP, R5F526TFDGF) (RXv3 コア, 最高動作周波数 120MHz)

RA family RA6T2 Group (R7FA6T2BD3CFP) (Arm® Cortex®-M33 コア, 最高動作周波数 240MHz)

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、および RA ファミリに適用できます。(RX72T、RX66T、RX660、RA6T1 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。

- ・ [RX26T\\_P13228\\_ViePFC\\_CSP\\_V100 \(IDE : CS+\)](#)
- ・ [RX26T\\_P13228\\_ViePFC\\_E2S\\_V100 \(IDE : e<sup>2</sup>studio\)](#)
- ・ [RA6T2\\_P13228\\_ViePFC\\_FSP590\\_V100 \(IDE : e<sup>2</sup>studio\)](#)

なお、本対象サンプルプログラムは表 1 に示す Renesas 製 CPU Board に対応しています。DTL 製 CPU Card に対応したサンプルプログラムは DTL に確認をお願いいたします。

## 参考資料

- ・ [RX26T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 \(R01UH0979\)](#)
- ・ [RA6T2 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 \(R01UH0951\)](#)
- ・ [Renesas Motor Workbench ユーザーズマニュアル \(R21UZ0004\)](#)
- ・ [デジタル電力変換 \(UPS \(CCM インターリーブ PFC、チョッパ方式 DC-DC コンバータ\)\) \(R01AN6465\)](#)
- ・ [デジタル電力変換 \(LLC 共振コンバータ \(DC-DC コンバータ\)\) \(R01AN7118\)](#)
- ・ [デジタル電力変換 \(トータムポールインターリーブ PFC \(AC-DC コンバータ\)\) \(R01AN6877\)](#)

## 目次

1.	概説	3
1.1	開発環境	3
2.	Vienna PFC 概要	4
2.1	Vienna PFC 動作概要	5
3.	ハードウェア説明	6
3.1	ハードウェア構成	7
3.2	MCU 機能接続構成	8
3.3	MCU 周辺機能	9
3.4	端子インタフェース	9
3.5	ユーザインタフェース	10
3.6	動作手順	10
4.	ソフトウェア説明	11
4.1	ソフトウェア構成	12
4.2	制御概要	14
4.3	制御ロジック	14
4.4	状態遷移	16
4.5	関数一覧	17
4.6	変数一覧	22
4.7	マクロ定義一覧	24
4.8	制御フロー	25
4.8.1	メイン処理	25
4.8.2	12.5kHz 周期処理	26
4.8.3	Vienna PFC 制御処理	27
5.	モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」	28
5.1	概要	28
5.2	Analyzer 変数一覧	29
6.	測定データ	30
6.1	効率、力率測定結果	30
6.2	実行時間	32
7.	注意事項	32

## 1. 概説

本アプリケーションノートでは、RX26T グループ、または RA6T2 グループを用いたデジタル電源<sup>注1</sup>の 3 Phase AC-DC コンバータである Vienna PFC の制御・実装方法、およびモータ制御開発支援ツール「RMW」の使用方法について説明します。

【注】1: デジタル電源は、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す。詳細は別アプリケーションノートの[デジタル電力変換 \(UPS \(CCM インターリーブ PFC、チョッパー方式 DC-DC コンバータ\)\) \(R01AN6465\)](#)を参照してください。

### 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

ボード種類	ボード名	型式	デバイスグループ名 (pin 数)	デバイス型名
CPU Board (Renesas 製)	MCB-RX26T	RTKOEMXE70C00000BJ	RX26T (100pin)	R5F526TFCDFP
	MCB-RA6T2	RTKOEMA270C00000BJ	RA6T2 (100pin)	R7FA6T2BD3CFP
CPU Card (DTL 製)	RX26T CPU Card <sup>注1</sup>	P05701-C0-068	RX26T (100pin)	R5F526TFDGFP
	RA6T2 CPU Card <sup>注1</sup>	P05701-C0-067	RA6T2 (100pin)	R7FA6T2BD3CFP
AC-DC Board (DTL 製)	Vienna PFC Board <sup>注1</sup>	P13228-C0-001	-	

表 2 ソフトウェア開発環境

デバイスグループ名	IDE バージョン	RX スマート・コンフィグ レータ <sup>注2</sup>	ツールチェーン バージョン <sup>注3</sup>	FSP バージョン
RX26T	CS+:V8.14.00 e <sup>2</sup> studio:2025-04	Version 2.27.0	CC-RX: V3.07.00	-
RA6T2	e <sup>2</sup> studio:2025-04	e <sup>2</sup> studio plug-in version	GCC ARM Embedded: 13.2.1.arm-13-7	FSP5.9.0

【注】 1. Vienna PFC Board、および CPU Card は、[株式会社デスクトップラボ \(DTL\)](#) の製品です。ボード、およびソフトウェアについてご不明点がございましたら、DTL までお問合せください。  
 2. 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。  
 3. 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。  
<https://ja-support.renesas.com/knowledgeBase/18367361>

## 2. Vienna PFC 概要

Vienna PFC は、AC-DC コンバータのブリッジレス PFC 回路になります。AC-DC コンバータは、整流回路部と平滑回路部に分かれますが、Vienna PFC は、整流回路部のダイオードブリッジ回路を無くし、代わりにスイッチングデバイスを使用する事で整流回路部を一体にした PFC 回路部です。

図 1 に Vienna PFC 回路を示します。各相に直列で接続したパワー半導体 (Q1~Q6) をスイッチングする事で、各相の電圧は  $E/2(v)$ 、 $E(v)$ 、 $0(v)$  に変化します。出力電圧、電流は、リアクタンスとスイッチング周波数、及び Duty で決まります。回路構成を変更せずにインダクタ、SiC などのパワー半導体、及びコンデンサなどの部品を変更する事で出力電圧、電流の変更が可能です。一般的にスイッチング周波数を高くする事でインダクタサイズなど小型化できますが、パワー半導体のスイッチング回数が増える為、ロスが大きくなります。よってスイッチング周波数に合わせたパワー半導体を選定する事が望ましいです。

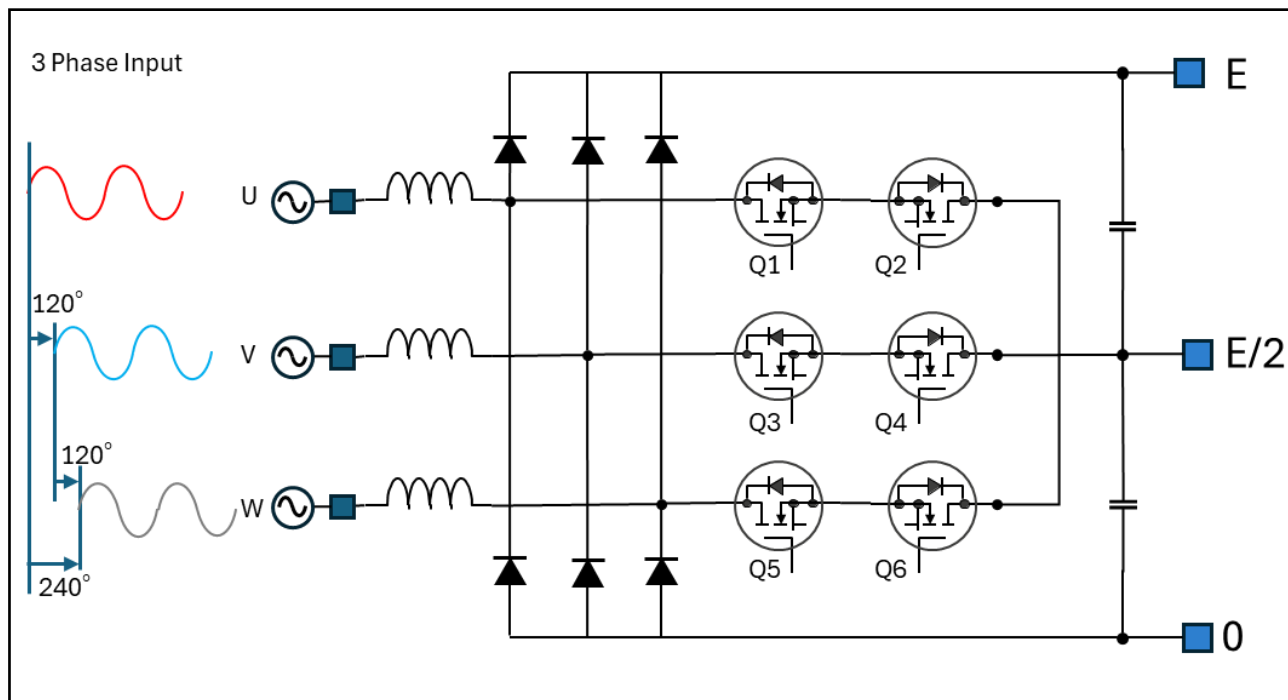


図 1 Vienna PFC の概略回路構成

2.1 Vienna PFC 動作概要

Vienna PFC は、図 2 に示す通り、正電圧と負電圧の 2 つの動作モードにより電流の流れを制御します。正電圧時は、ダイオードを経由して電流が流れる②のモード(Q1/Q3/Q5 が OFF)、および SiC を経由して電流が流れる①のモード(Q1/Q3/Q5 が ON) からなります。②の電圧は E、①の電圧は E/2 になります。負電圧時は、電流の向きが正電圧に対し逆になる為、ダイオードを経由して電流が流れる③のモード(Q2/Q4/Q6 が OFF)、および SiC を経由して電流が流れる①のモード(Q2/Q4/Q6 が ON) からなります。③の電圧は 0V、①の電圧は E/2 になります。図 3 にスイッチング波形と電流方向のイメージ示します。

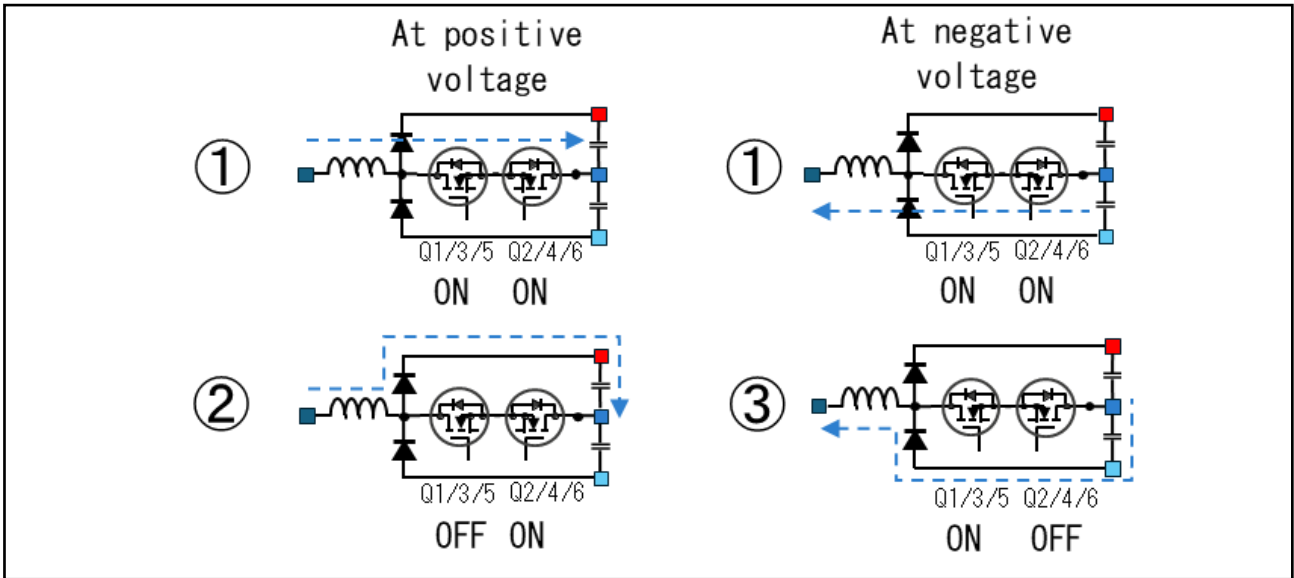


図 2 Vienna PFC 動作概要

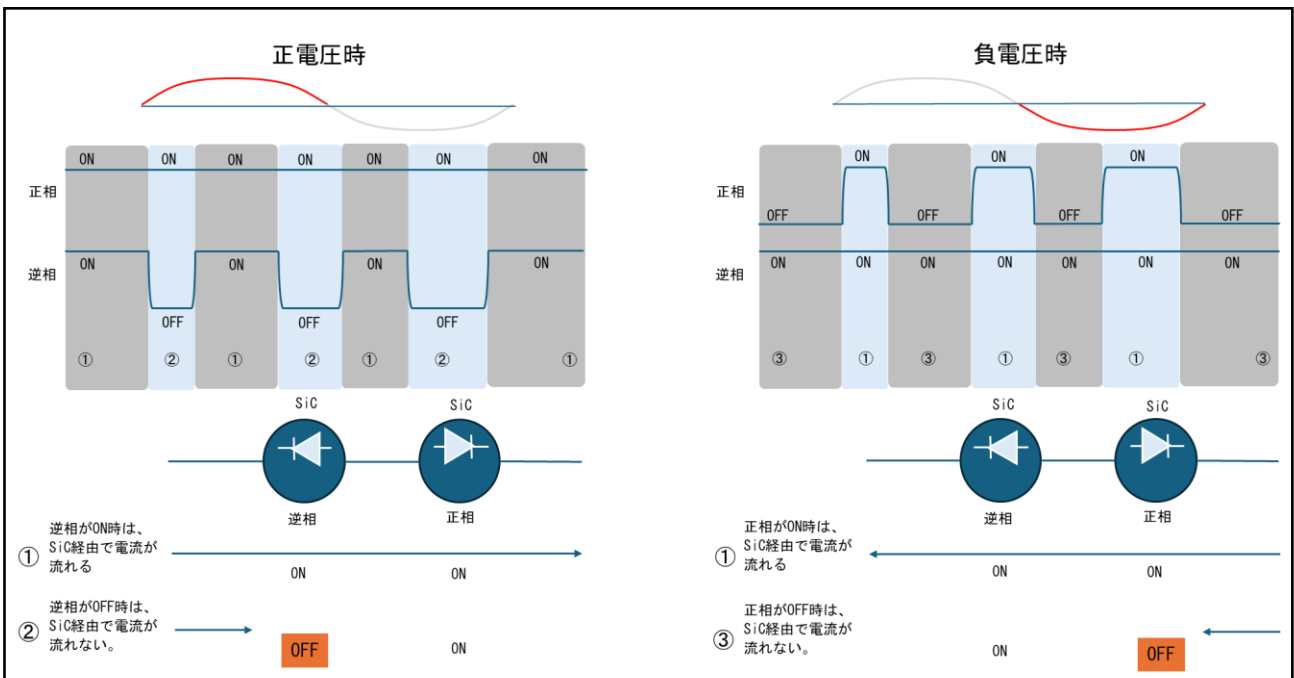


図 3 Vienna PFC スイッチング動作と電流方向イメージ

## 3. ハードウェア説明

Vienna PFC ボードは、表 3 に示す 2 種のボードからなるシステムです。AC-DC コンバータボード (Vienna PFC ボード) に RX26T CPU Board/Card、または RA6T2 CPU Board/Card を接続し PFC 制御します。Vienna PFC ボードのハードウェア仕様を表 4 に示します。

表 3 使用ボード一覧

No.	ボード種	ボード名称	型名	備考
1	AC-DC コンバータ ボード	Vienna PFC Board (DTL 製)	P13228-C0-001	AC-DC コンバータボード (Vienna PFC ボード)
2	CPU Board/Card	CPU Board (Renesas 製)	RTK0EMXE70C00000BJ	R5F526TFCDP 搭載 CPU 評価ボード
			RTK0EMA270C00000BJ	R7FA6T2BD3CFP 搭載 CPU 評価ボード
		CPU Card (DTL 製)	P05701-C0-068	R5F526TFDGF 搭載 CPU 評価ボード
			P05701-C0-067	R7FA6T2BD3CFP 搭載 CPU 評価ボード

表 4 Vienna PFC ボードハードウェア仕様

項目	仕様	備考
入力電圧	三相 200Vrms / 400Vrms	
出力電圧	直流 350V / 700V	
出力パワー	Max 1.5kW / 3kW	
回路方式	3Phase 3Level Vienna PFC	
スイッチング周波数	50kHz	
効率	>98%	Max
力率	>99%	Max
保護	出力過電圧保護	200Vac 時 : 400V 400Vac 時 : 750V
	入力過電流保護	10A
	ハードウェア電流保護	P0EG 利用
	A/D 変換エラー	RA6T2 のみ/手動リセット不可

3.1 ハードウェア構成

本アプリケーションノートで使用する Vienna PFC ボード、および RX26T/RA6T2 CPU Board/CARD の概略構成図を図 4 に、外観図を図 5 に示します。また Vienna PFC Board コネクタを表 5 に示します。

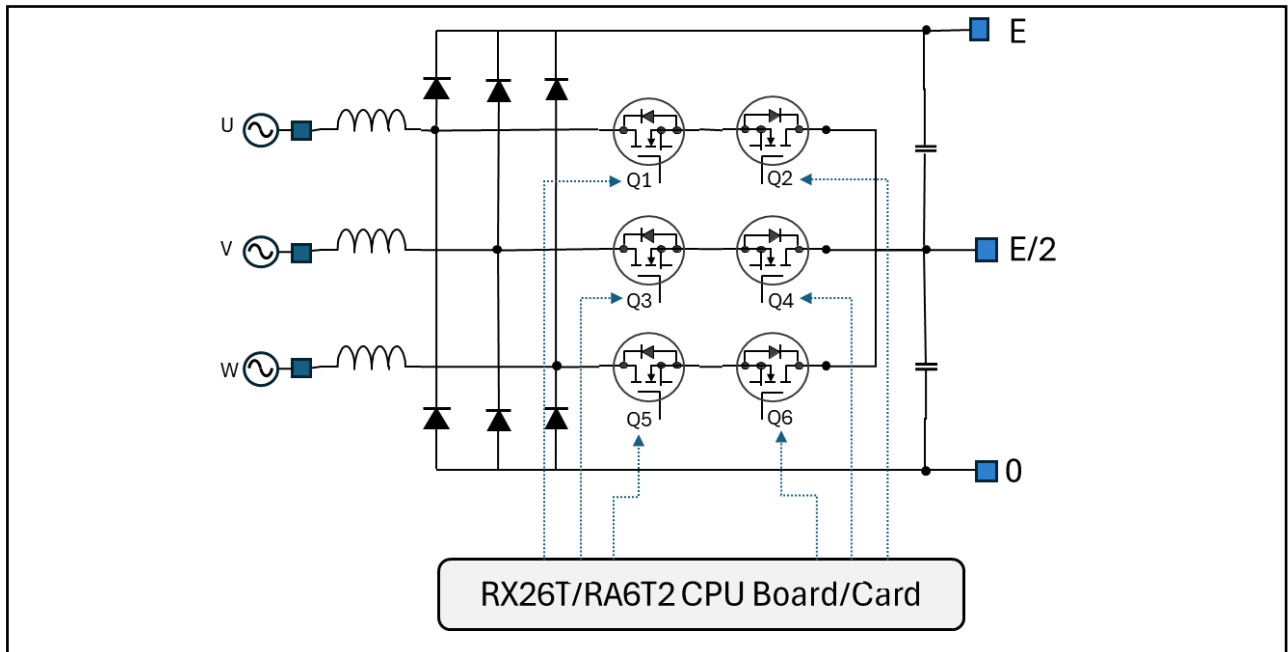


図 4 Vienna PFC 概略構成図

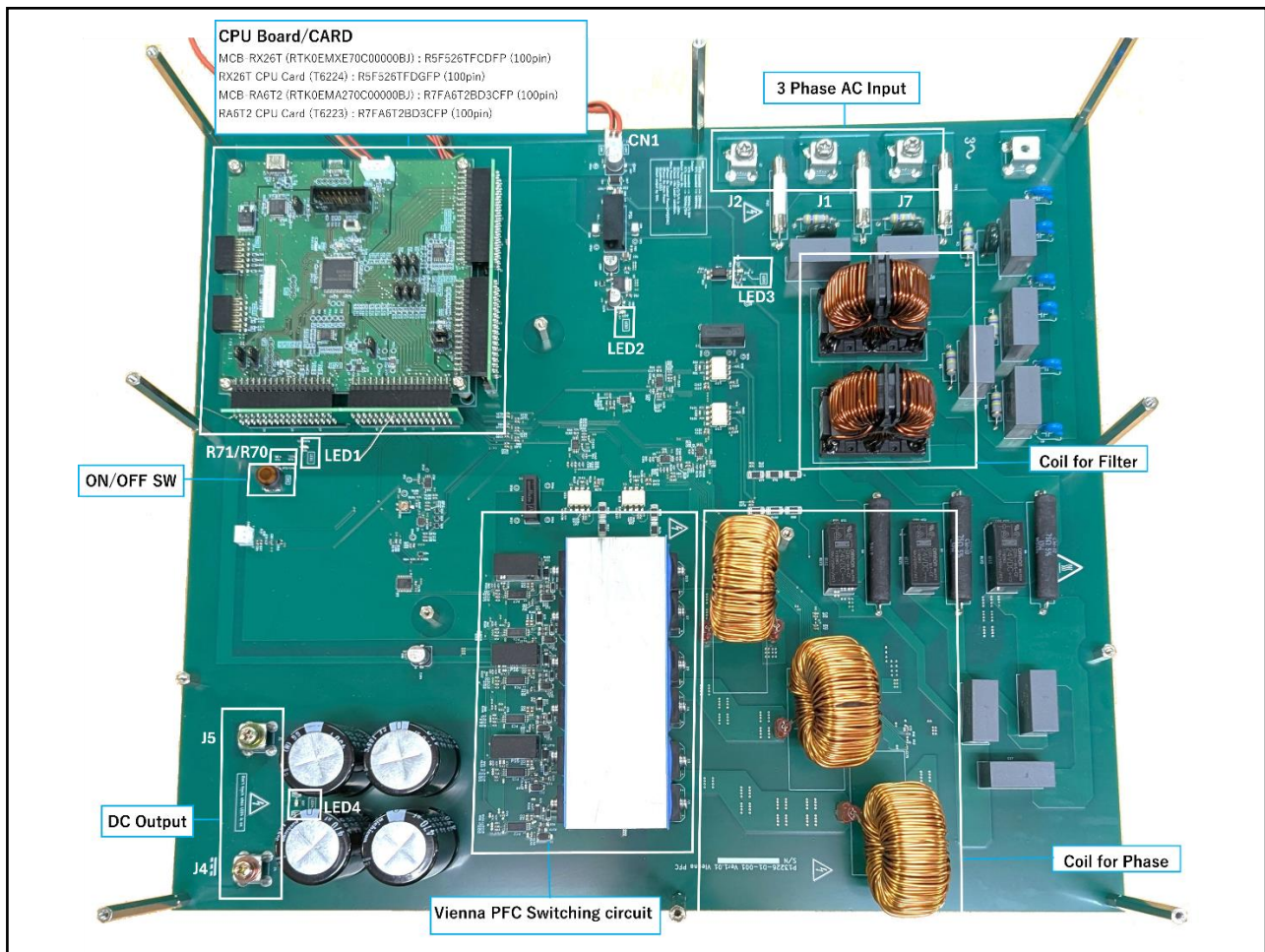


図 5 Vienna PFC 全体構成外観図

表 5 Vienna PFC ボードのコネクター一覧

端子名	定義	備考
J7/J1/J2	三相交流入力	200V/400V M5 J7 : R J1 : S J2 : T
J4/J5	直流出力	350V/700V M5 J4 : P J5 : N
CN1	制御電源	24V/0.5A

### 3.2 MCU 機能接続構成

MCU 機能接続構成を図 6 に示します。

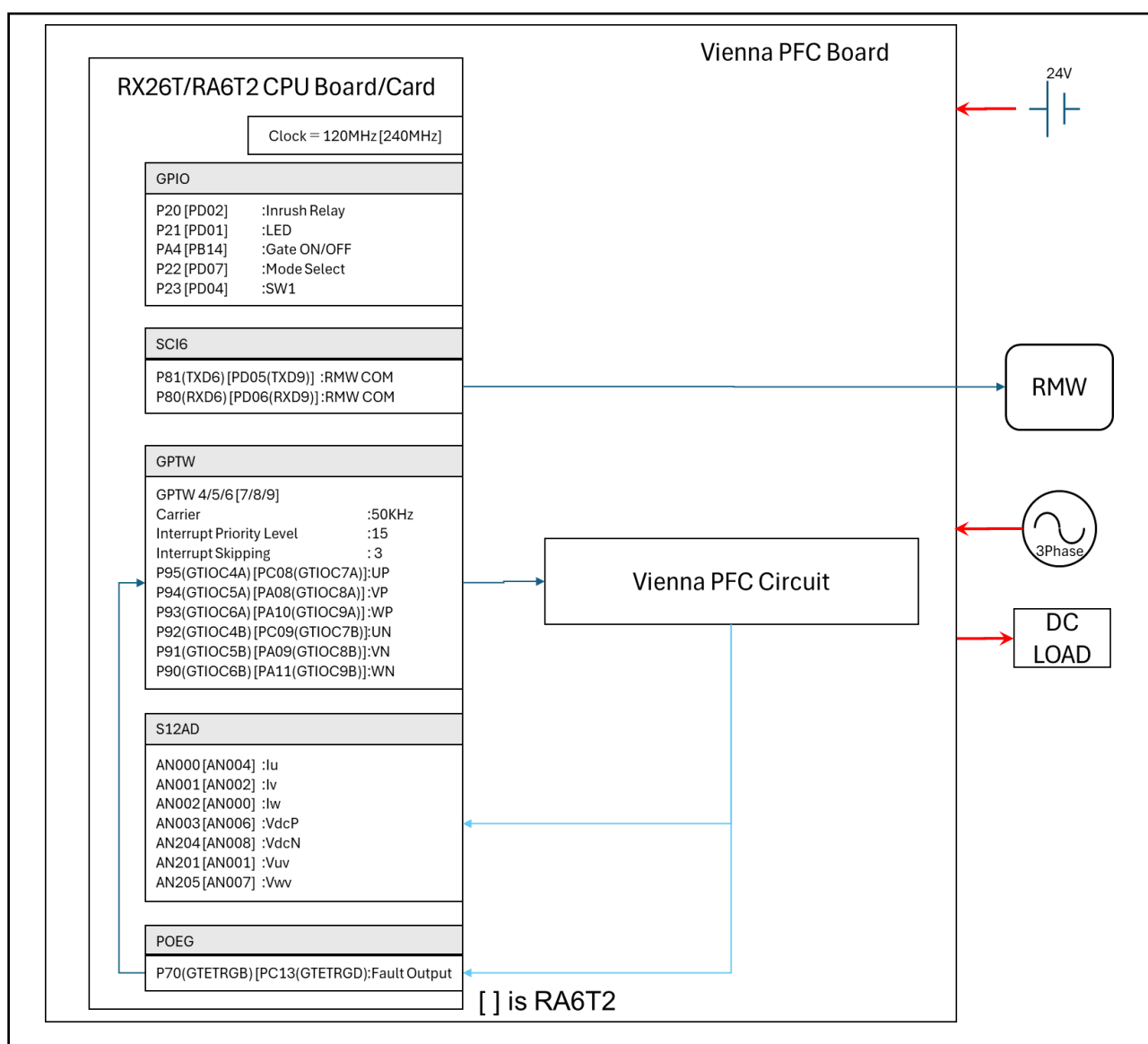


図 6 MCU 機能接続構成図

## 3.3 MCU 周辺機能

本システムで使用する RX26T グループ、RA6T2 グループの周辺機能一覧を表 6 に示します。

表 6 使用周辺機能一覧表

MCU モジュール	機能
12 ビット A/D (S12AD)	入力電流 : S12AD0 : AN000/AN001/AN002 [S12AD0 : AN004/AN002/AN000] 入力電圧 : S12AD2 : AN201/AN205 [S12AD0 : AN001/AN007] 出力電圧 : S12AD0/2 : AN003/AN204 [S12AD0 : AN006/AN008]
汎用 PWM タイマ (GPTW)	50kHz 相補 PWM 出力 : GPTW4/5/6 [GPTW7/8/9] (割り込み間引き : 3 間引き)
ポートアウトプットイネーブル (POEG)	外部入力トリガ (GTETRGB [GTETRGD]) により、Vienna PFC 駆動 (GPTW の GPTW4/5/6 [GPTW7/8/9]) を停止

[] は RA6T2 を示しています。

## 3.4 端子インタフェース

本システムで使用する RX26T グループ、RA6T2 グループの端子インタフェースを表 7 に示します。

表 7 RX26T グループ、RA6T2 グループ端子インタフェース

モジュール名	使用リソース	RX26T 端子名	RA6T2 端子名	機能
GPIO		P20	PD02	Inrush Relay
		P21	PD01	LED
		P22	PD07	Mode Selection
		P23	PD04	SW1 (ON/OFF SW)
		PA4	PB14	Gate Enable (Gate ON/OFF)
SCI	SC16 [SC19]	P80 (RXD6)	PD06 (RXD9)	RMW 通信 (受信)
		P81 (TXD6)	PD05 (TXD9)	RMW 通信 (送信)
GPTW	GPTW4/5/6 [GPTW7/8/9]	P90 (GTOPC6B)	PA11 (GTIOC9B)	PFC WN
		P91 (GTIOC5B)	PA09 (GTIOC8B)	PFC VN
		P92 (GTIOC4B)	PC09 (GTIOC7B)	PFC UN
		P93 (GTIOC6A)	PA10 (GTIOC9A)	PFC WP
		P94 (GTIOC5A)	PA08 (GTIOC8A)	PFC VP
		P95 (GTIOC4A)	PC08 (GTIOC7A)	PFC UP
S12AD	S12AD0	P40 (AN000)	PA04 (AN004)	Iu
		P41 (AN001)	PA02 (AN002)	Iv
		P42 (AN002)	PA00 (AN000)	Iw
		P43 (AN003)	PA06 (AN006)	VdcP
	S12AD2 [S12AD0]	P50 (AN204)	PB00 (AN008)	VdcN
		P51 (AN205)	PA07 (AN007)	Vuv
		P53 (AN201)	PA01 (AN001)	Vvw
POEG		P70 (GTETRGB)	PC31 (GTETRGD)	Fault Output

[] は RA6T2 を示しています。

### 3.5 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 8 に、エラー内容を表 9 に示します。

表 8 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	ON/OFF スイッチ (SW1)	起動/停止の指令 ON : 起動 OFF : 停止
運転状態表示	LED1	動作モードの表示 点灯 : STOP モード 点滅 : RUN モード 消灯 : ERROR モード
電源状態表示	LED2	制御電源 ON 時に点灯
リレー状態表示	LED3	リレー ON 時に点灯
高電圧出力状態表示	LED4	高電圧出力時に点灯

表 9 エラー内容

エラー内容	設定値	エラーフラグ値 (g_u2_ErrorFlag_CurLoop)
出力過電圧保護	750V	0x0001
入力過電流保護	10A	0x0002
Fault Output ハードウェア保護	調整可能	0x0010
A/D 変換エラー	デフォルト	0x0020

エラーフラグ (変数名: g\_u2\_ErrorFlag\_CurLoop) の値は RMW での確認になります。

### 3.6 動作手順

- ① SW1 付近の抵抗 R70 と R71 で入力と出力モードを設定します。  
R70 を実装している場合、入力は 200Vac、出力は 350Vdc/1.5kW になります。  
R71 を実装している場合、入力は 400Vac、出力は 700Vdc/3kW になります。
- ② 表 5 に示すコネクタを接続します。
- ③ 電源を供給すると、LED1 が点灯しソフトウェアは STOP モードで待機します。
- ④ ボード上の SW1 を押下する事で、起動/停止をコントロールします。

SW1 押下による挙動は以下になります。

LED1 状態	SW1 押下による遷移後モードと LED1 状態
LED1 点灯時 (STOP モード)	LED1 が点滅し、RUN モードになります。
LED1 点滅時 (RUN モード)	LED1 が点灯し、STOP モードになります。
LED1 消灯時 (ERROR モード)	LED1 が点灯し、STOP モードになります。

エラー発生時は、現モードに関係なく LED1 が消灯し、ERROR モードになります。

#### 4. 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 コンバータ制御部 (Vienna PFC)、およびユーザインタフェース制御部に分かれます。ユーザインタフェース制御部は Vienna PFC を制御する上で必要となる各種パラメータの設定、およびモータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」との通信などを実施します。Vienna PFC 部はスイッチングデバイスをスイッチングする為の相補 PWM 出力を負荷状態に合わせて実施します。

ソフトウェアのモジュール構成を図 7 に示します。

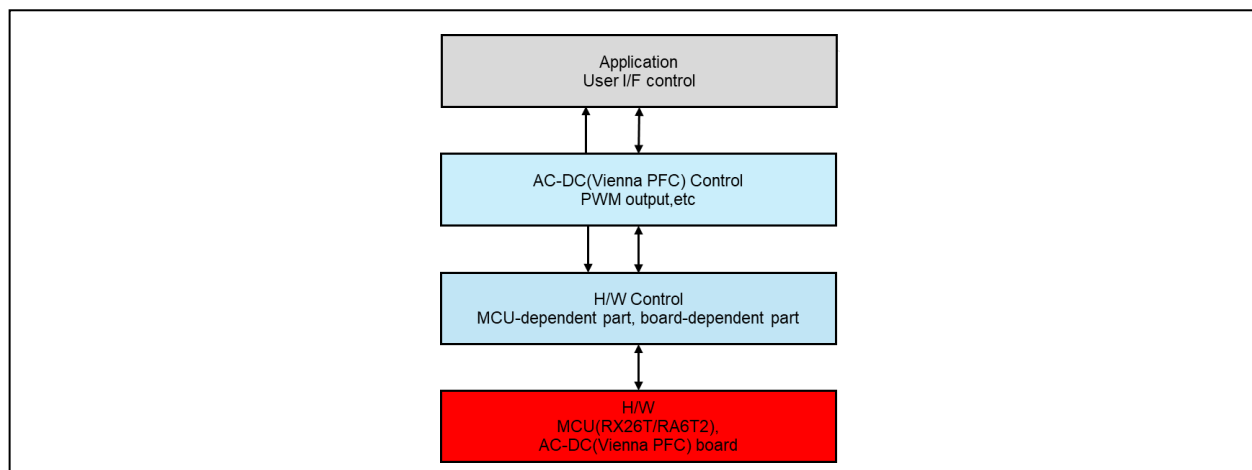


図 7 モジュール構成

## 4.1 ソフトウェア構成

RX26T グループのフォルダ・ファイル構成を表 10 に、RA6T2 グループのフォルダ・ファイル構成を表 11 に示します。

表 10 RX26T グループ 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_Sequence.c	シーケンス制御
	r_pwr_pfc_ctrl.c	PFC 制御ソフト
	r_pwr_control.h	初期化関連定義
	r_pwr_interrupt.h	制御パラメータ定義
	r_pwr_Sequence.h	シーケンスパラメータ関連定義
	r_pwr_pfc_ctrl.h	PFC 制御関連定義
src¥REL_src	resetprg.c	パワーオン時処理
	dsct.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
	stacksct.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_GPT_PWM.c	GPTW 関連処理
	r_pwr_IOLIB_IO.c	I/O 関連処理
	r_pwr_IOLIB_IWDT.c	IWDT 関連処理
	r_pwr_IOLIB_POE.c	POEG 関連処理
	r_pwr_MATHLIB.c	算術演算関連定義
	r_pwr_IOLIB.h	MCU 依存部定義
	r_pwr_MATHLIB.h	算術演算関連定義
src¥ICS_LIB	ICS2_RX26T.h	RMW ツール用通信関連定義
	ICS2_RX26T.lib	RMW ツール用通信ライブラリ

表 11 RA6T2 グループ フォルダ・ファイル構成

フォルダ名	ファイル名	内容
src	hal_entry.c	main 関数入り口
	r_pwr_control.c	初期化処理関数
	r_pwr_interrupt.c	割込み処理
	r_pwr_Sequence.c	シーケンス制御
	r_pwr_pfc_ctrl.c	PFC 制御ソフト
	r_pwr_IOLIB.c	一部 MCU 依存部追加定義
	r_pwr_MATHLIB.c	算術演算関連定義
	headers.h	ヘッダファイルまとめ
	r_pwr_control.h	初期化関連定義
	r_pwr_interrupt.h	制御パラメータ定義
	r_pwr_Sequence.h	シーケンス定義
	r_pwr_pfc_ctrl.h	PFC 制御関連定義
	r_pwr_IOLIB.h	一部 MCU 依存部追加定義
	r_pwr_MATHLIB.h	算術演算関連定義
ra ra_gen ra_cfg	-	FSP 生成フォルダ
ics_map_csv	-	ICS 用 CSV ファイル生成ツール
.\	ics_sample.dt sp	デバッグ用 SP プロジェクト

4.2 制御概要

本アプリケーションノートのソフトウェア処理は、RX26T グループ、RA6T2 グループの GPTW の GPTW4/5/6[RA6T2 は GPTW7/8/9]を三角波 PWM モード 1 に設定し 3 相入力の U 相、V 相、W 相に対応した PWM 波形を出力します。商用電源の周波数(日本では 50/60Hz)に合わせて駆動します。図 8 に制御信号結線図を示します。

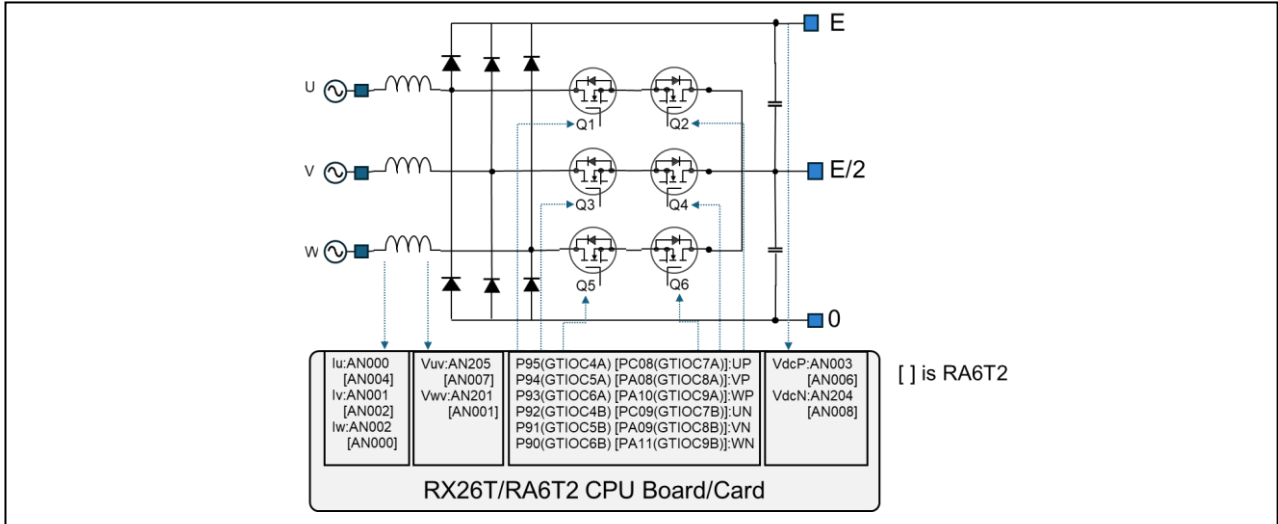
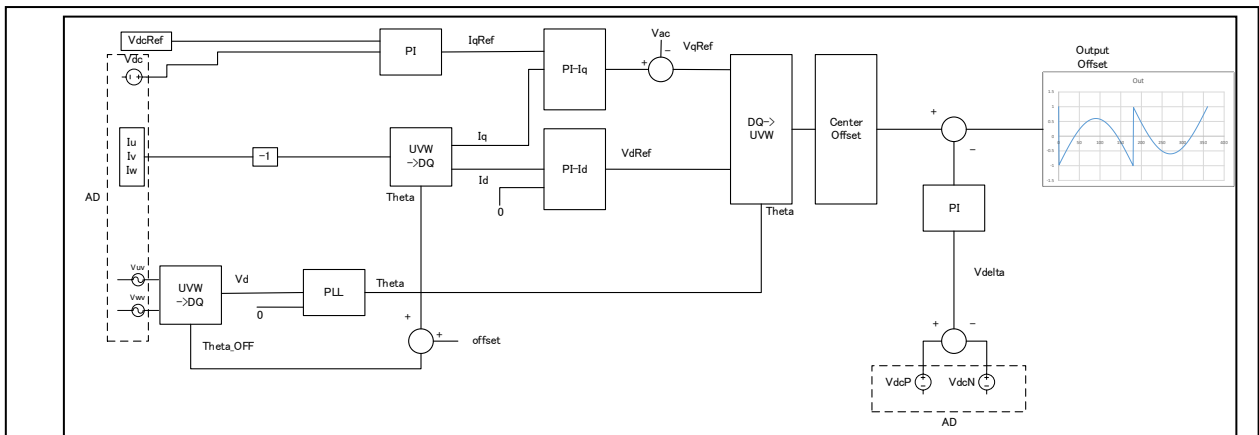


図 8 AC-DC コンバータ (Vienna PFC) 制御部の回路構成と制御信号結線図

4.3 制御ロジック

図 9 に制御ロジック図を示します。Vienna PFC 駆動はデジタル制御でフィードフォワード制御と PI 制御を組み合わせ、デューティ計算を行います。本制御では、効率向上のため駆動中に同期整流を行います。相補 PWM 出力をベースに、同期整流に必要な相出力を変更します。

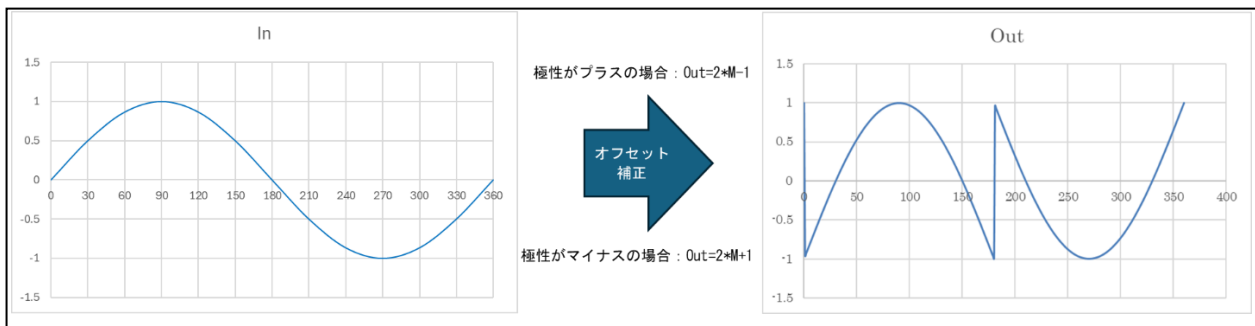


- Vdc、VdcP、VdcN、Iu、Iv、Iw、Vuv、Vvw は A/D データ
- VdcRef : 電圧指令
- IqRef : q 軸電流指令
- Iq、Id : 相電流から計算した q 軸電流と d 軸電流
- Theta : 相電圧に対応した PLL 出力角度
- Theta\_OFF : 線間電圧に対応した PLL 出力角度
- Offset : 相電圧と線間電圧の位相差
- VdRef、VqRef : d 軸出力電圧、q 軸出力電圧
- Vac : 入力電圧
- Vdelta : VdcP と VdcN の差分

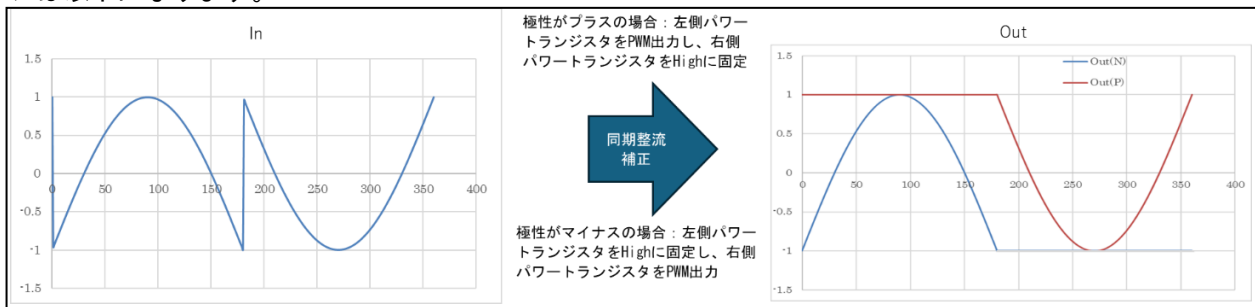
図 9 Vienna PFC 制御ロジック図

- PWM 周期・制御周期**  
 PWM 周期は 50kHz、制御周期は 3 間引きの 12.5kHz になります。三相入力のため三相座標変換を行い、dq 回転軸上で電圧と電流の制御を行います。
- 電圧位相**  
 入力電圧は線間電圧をサンプリングするため、PLL で角度を求めます。相電圧の位相は 30 度のオフセットで求められます。
- 電圧と電流制御**  
 電圧の PI 制御で q 軸電流指令を求め、d 軸の電流は 0 に制御します。dq 軸の電流に対しても PI 制御で出力の Vd と Vq を求めます。q 軸の出力に現在の電圧フィードフォワード項を加えることで、出力の追従性を速くしています。
- 電圧バランス制御**  
 出力電圧の P と N 部分のバランスを維持させるために、最終の変調率出力に零相出力を加えることで、P と N の出力バランスを取ります。零相出力の制御は PN 電圧の差分から PI で制御します。
- PWM 定義**  
 PWM 出力は GPTW の三角波 PWM モード 1 による三相相補 PWM 出力です。Vd と Vq から座標変換すると、正弦波状の出力になりますが、そこに電圧の極性により以下の出力オフセットを加えます。

  - 極性がプラスの場合 : 実際の出力変調率 = 2 x 変調率 (M) - 1
  - 極性がマイナスの場合 : 実際の出力変調率 = 2 x 変調率 (M) + 1



- 同期整流**  
 効率を高めるために、直列で搭載するパワートランジスタの一方を PWM 出力し、もう一方を High 出力します。これにより素子のスイッチングロスを減らします。電圧 1 周期から見た場合のスイッチングパターンは以下になります。



4.4 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 10 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(LED1 が点灯)となります。
- (2) SW1 ON で「RUN Mode」に遷移し、AC-DC コンバータ制御(Vienna PFC 回路)を実行します。(LED1 が点滅)
- (3) SW1 OFF で全ての処理を終了し「STOP Mode」に遷移し、待機状態(LED1 が点灯)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 9 を参照ください。
- (2) SW1 OFF で「STOP Mode」に遷移し、待機状態となります。

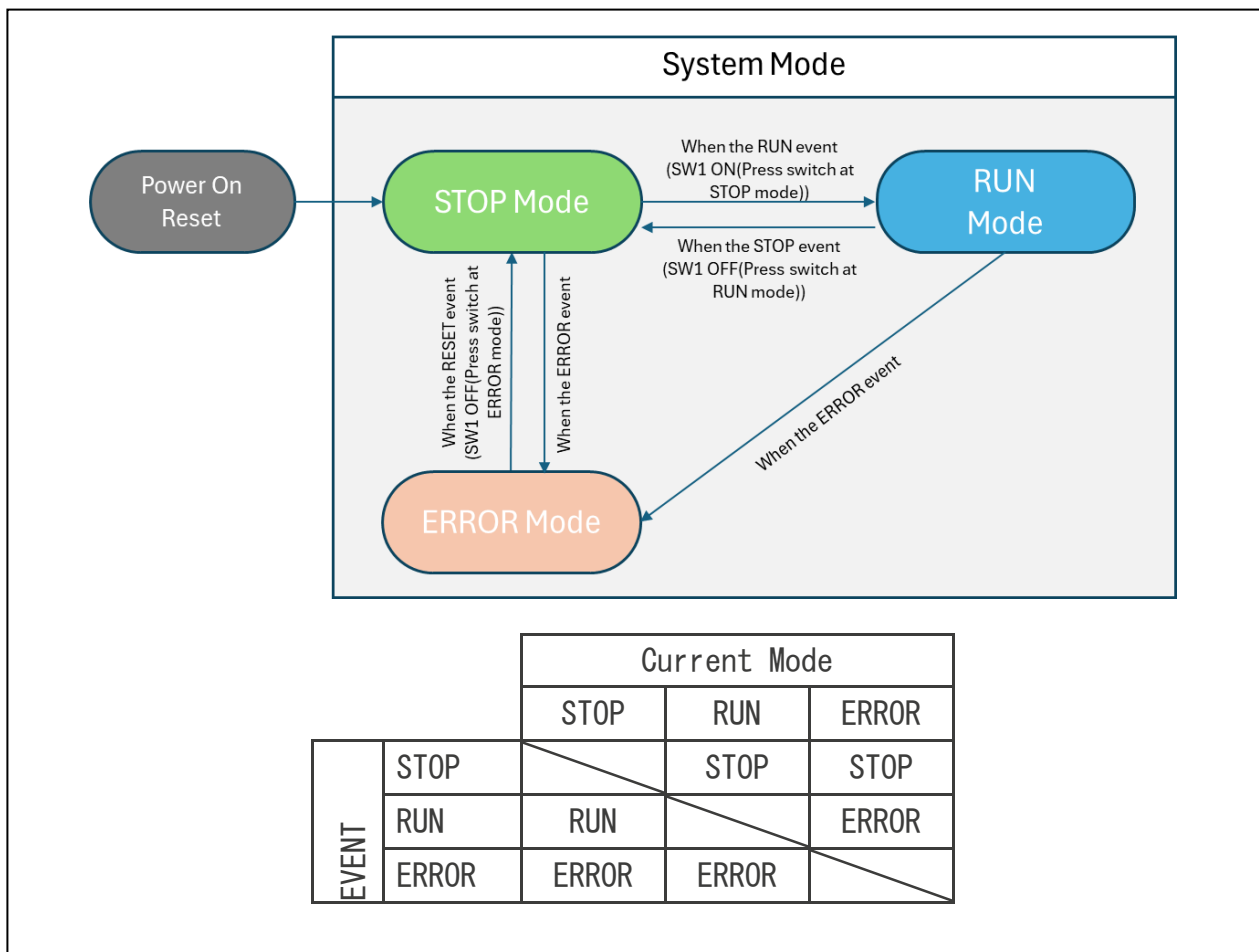


図 10 状態遷移図

## 4.5 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 を参照してください。

表 12 RX26T グループ関数一覧

File		Function				Note	
Path	Name	Name	Arguments	Return Type	Overview		
src	main.c	main	void	void	Main 関数		
	r_pwr_control.c	r_pwr_User_Ctrl_Init	void	void	パラメータ初期化		
	r_pwr_interrupt.c	interrupt_GPT4_carrier	void	void	void	12.5KHz 割込み、A/D 値取得、PWM の出力設定、エラー確認、ユーザ入力、モード設定	
		r_pwr_check_error_curloop	void	void	void	エラーチェック	
		r_pwr_error_stop	void	void	void	エラー処理	
	r_pwr_Sequence.c	r_pwr_SEQ_Exec_Event	uint8_t ucEvent	void	void	イベント処理関数	
		r_pwr_SEQ_Act_Run	uint8_t ucState	uint8_t	uint8_t	RUN イベント処理	
		r_pwr_SEQ_Act_Stop	uint8_t ucState	uint8_t	uint8_t	STOP イベント処理	
		r_pwr_SEQ_Act_None	uint8_t ucState	uint8_t	uint8_t	NONE イベント処理	
		r_pwr_SEQ_Act_Reset	uint8_t ucState	uint8_t	uint8_t	RESET イベント処理	
		r_pwr_SEQ_Act_Error	uint8_t ucState	uint8_t	uint8_t	ERROR イベント処理	
		r_pwr_SEQ_Init_Start	void	void	void	イベント起動時処理	
		r_pwr_Seq_Init	void	void	void	シーケンス初期化	Not used
	r_pwr_pfc_ctrl.c	r_pwr_Vpfc_control	void	void	void	PFC 制御関数	
	src¥ PWR_IOLIB	r_pwr_IOLIB_AD.c	r_pwr_ad_S12AD0_init	uint16_t mode	void	void	S12AD 初期化
r_pwr_ad_S12AD1_init			uint16_t mode	void	void	S12AD1 初期化	Not used
r_pwr_ad_S12AD2_init			uint16_t mode	void	void	S12AD2 初期化	
r_pwr_ad_S12AD0_set_channel			uint32_t ch_list	void	void	S12AD チャンネル設定	
r_pwr_ad_S12AD1_set_channel			uint32_t ch_list	void	void	S12AD1 チャンネル設定	Not used
r_pwr_ad_S12AD2_set_channel			uint32_t ch_list	void	void	S12AD2 チャンネル設定	
r_pwr_ad_S12AD0_set_range			int16_t ch, int16_t	void	void	S12AD オフセット、レンジ設定	

			offset, float range			
	r_pwr_ad_S12AD1_set_range		int16_t ch, int16_t offset, float range	void	S12AD1 オフセット、レンジ 設定	Not used
	r_pwr_ad_S12AD2_set_range		int16_t ch, int16_t offset, float 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 freq	void	CMT0 初期化	Not used
	r_pwr_interval_CMT1_init		uint16_t freq	void	CMT1 初期化	Not used
	r_pwr_interval_CMT2_init		uint16_t freq	void	CMT2 初期化	Not used
	r_pwr_interval_CMT3_init		uint16_t freq	void	CMT3 初期化	Not used
r_pwr_IOLIB_INV_GPT_PWM.c	r_pwr_tppfc_GPT456_init		uint32_t usFreqCarrier, uint32_t usDeadtime, uint32_t usDecimation	void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW4/5/6 初期化	
	r_pwr_tppfc_GPT456_set_uvw_3shunt		float refu, float refv, float refw	void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW4/5/6 コンペア値設定	
R_pwr_IOLIB_POE.c	r_pwr_tppfc_POEG_init		void	void	POEG 初期化	
r_pwr_IOLIB_IO.c	r_pwr_User_CustomIO_init		void	void	IO ポートの初期化	
r_pwr_IOLIB_IWDT.c	r_pwr_IWDT_init		void	void	IWDT 初期化	Not used
r_pwr_MATHLIB.c	r_pwr_uvw2dq		float iu, float iv, float iw, float theta, float *id, float *iq	void	uvw-dq 変換	
	r_pwr_dq2ab		float vd, float vq, float	void	dq- $\alpha\beta$ 変換	

			theta, float *va, float *vb			
		r_pwr_ab2uvw	float va, float vb, float *u, float *v, float *w	void	$\alpha \beta$ -uvw 変換	
		r_pwr_calc_svp wm	float *refu, float *refv, float *refw	void	空間ベクトル変調	
		r_pwr_limit_PN _int16	int16_t data, int16_t limitp, int16_t limitn	float	Positive, Negative データ レンジ制限処理 (int16 型)	Not used
		r_pwr_limit_PN	float data, float limitp, float limitn	void	Positive, Negative データ レンジ制限処理	
		r_pwr_limit	float data, float limit	float	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	resetprg.c	PowerON_Reset_ PC	void	void	パワーオンリセット処理	
REL_ src	sbrk.c	sbrk	size_t size	_SBYTE *	メモリエリアアロケーション 処理	

表 13 RA6T2 グループ関数一覧

Path	File		Function			Note
	Name	Name	Arguments	Return Type	Overview	
src	hal_entry.c	hal_entry	void	void	Main 関数実質処理	
	r_pwr_control.c	r_pwr_User_Ctrl_Init	void	void	パラメータ初期化	
src	r_pwr_interrupt.c	g_CarrierInterrupt	args_t	void	12.5kHz 割込み、A/D 値取得 認、PWM の出力設定、エ ラー確認、ユーザ入力、モー ド設定	
		r_pwr_check_error_curloop	void	void	エラーチェック	
		r_pwr_error_stop	void	void	エラー処理	
src	r_pwr_pfc_ctrl.c	r_pwr_Vpfc_control	void	void	PFC 制御ソフト	
src	r_pwr_Sequence.c	r_pwr_SEQ_Exec_Event	UInt8	void	Sequence 制御関数	
		r_pwr_SEQ_Act_Run	UInt8	void	RUN シーケンス処理	
		r_pwr_SEQ_Act_Stop	UInt8	void	Stop シーケンス処理	
		r_pwr_SEQ_Act_None	UInt8	void	変化なしの処理	
		r_pwr_SEQ_Act_Reset	UInt8	void	Reset シーケンス処理	
		r_pwr_SEQ_Act_Error	UInt8	void	Error シーケンス処理	
		r_pwr_SEQ_Init_Start	void	void	始動時の設定	
		r_pwr_Seq_Init	void	void	シーケンス初期化	
		src	r_pwr_IOLIB.c	r_pwr_ad_set_range	int32_t ch, int32_t offset, float range	void
r_pwr_tppfc_GP_T789_set_uvw	float refu, float refv, float refw			void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW7/8/9 コンペア値設定	
r_pwr_tppfc_GP_T789_stop_pwm	void			void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW7/8/9 の停止処理	
r_pwr_tppfc_GP_T789_start_pwm	void			void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW7/8/9 の開始処理	
r_pwr_tppfc_GP_T7B_PWM_7A_HO	void			void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW7 の制御切り替え処理 (GTIOC7A=High, GTIOC7B=PWM)	
r_pwr_tppfc_GP_T7B_HO_7A_PWM	void			void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW7 の制御切り替え処理 (GTIOC7A=PWM, GTIOC7B=High)	

		r_pwr_tppfc_GP T8B_PWM_8A_HO	void	void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW8 の制御切り替え処理 (GTIOC8A=High, GTIOC8B=PWM)	
		r_pwr_tppfc_GP T8B_HO_8A_PWM	void	void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW8 の制御切り替え処理 (GTIOC8A=PWM, GTIOC8B=High)	
		r_pwr_tppfc_GP T9B_PWM_9A_HO	void	void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW9 の制御切り替え処理 (GTIOC9A=High, GTIOC9B=PWM)	
		r_pwr_tppfc_GP T9B_HO_9A_PWM	void	void	AC-DC (PFC) 制御 PWM 用 GPTW9 の制御切り替え処理 (GTIOC9A=PWM, GTIOC9B=High)	
	r_pwr_MATHLIB .c	r_pwr_uvw2dq	float iu, float iv, float iw, float theta, float *id, float *iq	void	uvw-dq 変換	
		r_pwr_dq2ab	float vd, float vq, float theta, float *va, float *vb	void	dq- $\alpha\beta$ 変換	
		r_pwr_ab2uvw	float va, float vb, float *u, float *v, float *w	void	$\alpha\beta$ -uvw 変換	
		r_pwr_calc_svp wm	float *refu, float *refv, float *refw	void	空間ベクトル変調	
		r_pwr_limit_PN	float data, float limitp, float limitn	void	Positive, Negative データ レンジ制限処理	
		r_pwr_limit	float data, float limit	float	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	

## 4.6 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。

表 14 変数一覧

File Name	Variable Name	Overview
r_pwr_interrupt.c	g_u1_Error_Status	コマンド入力エラー表示用フラグ
	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
	g_u2_TimeSetting_Offset	起動時のキャリブレーション時間設定変数
	g_u2_TimeCnt_Offset	起動時のキャリブレーション時間用カウンタ
	g_f_ErrLevel_OV_pfc	PFC 過電圧保護レベル
	g_f_ErrLevel_OC_pfc	PFC 過電流保護レベル
	g_u2_ErrorFlag_CurLoop	エラーフラグ
	g_f_LpfFactor_CurrentOff	オフセット計算時のフィルタ係数
	g_ics_cnt	I C S 間引きカウンタ
	g_f_Iu g_f_Iv g_f_Iw	三相入力電流
	g_f_VdcP g_f_VdcN	出力電圧
	g_f_Vuv g_f_Vvw g_f_Vwu	三相入力相間電圧
	g_f_VdcAll	出力全体電圧
	g_f_VdcDelta	出力電圧差分
	g_f_Iu_Off g_f_Iv_Off g_f_Iw_Off	電流オフセット
	g_f_VdcP_Off g_f_VdcN_Off	出力側電圧オフセット
	g_f_Vuv_Off g_f_Vvw_Off	入力側電圧オフセット
	g_f_Mu_Ref g_f_Mv_Ref g_f_Mw_Ref	変調率計算値
	g_f_Mu_Temp g_f_Mv_Temp g_f_Mw_Temp	変調率バッファ値
	g_f_Mu_RefOut g_f_Mv_RefOut g_f_Mw_RefOut	変調率最終出力
	g_f_Ref_Limit	変調率リミット
	g_f_M_Off	ゼロ相オフセット
	g_u2_relay	リレー制御変数
	g_u2_gate	GB 制御変数
	g_u2_relayflag	リレー制御フラグ

	g_u2_relay_cnt	リレー起動するためのカウンタ
	g_f_Vdc_relay	リレー起動電圧
	g_u2_syncOut	同期整流フラグ
	g_u2_flag_vdcOver	電圧オーバー時のフラグ
	g_u2_fo	Fault Output 入力検知
	g_u2_sw1	SW1/2 入力レベル
	g_u2_sw2	
	g_u2_sw1_old	SW1 前周期の値
	g_u2_sw1_cntP	SW1 フィルタカウンタ
	g_u2_sw1_cntN	
	g_u2_sw1_value	フィルタ後の SW1 レベル
	g_u2_sw1_value_old	フィルタ後の SW1 レベルの前周期の値
	g_u2_led_cnt	LED1 点滅用カウンタ
r_pwr_pfc_ctrl.c	g_f_Vd	dq 軸電圧
	g_f_Vq	
	g_f_Id	dq 軸電流
	g_f_Iq	
	g_f_theta	PLL 出力角度
	g_f_thetaPLL	
	g_f_theta_Off	角度オフセット
	g_f_Kp_PLL	PLL 用 Kp, Ki 係数
	g_f_Ki_PLL	
	g_f_I_PLL_Refi	PLL 積分値
	g_f_PLL_Ref	PLL 出力
	g_f_VdcRef	出力電圧指令値
	g_f_VdcRef_Ripple	非連続制御時の電圧リップル
	g_f_I_Limit	電流リミット
	g_f_Kp_Vdc	電圧制御の Kp, Ki
	g_f_Ki_Vdc	
	g_f_I_Refi	電圧制御出力積分値
	g_f_I_RefOver	電圧制御出力オーバー値
	g_f_I_Ref	電流指令値
	g_f_Vdq_Limit	出力電圧リミット
	g_f_Kp_Id	d 軸電流制御 Kp, Ki
	g_f_Ki_Id	
	g_f_Vd_Refi	d 軸電圧出力積分値
	g_f_Vd_RefOver	d 軸電圧オーバー値
	g_f_Vd_Ref	d 軸電圧指令計算値
	g_f_Vd_RefOut	d 軸電圧出力値
	g_f_Kp_Iq	q 軸電流制御 Kp, Ki
	g_f_Ki_Iq	
	g_f_Vq_Refi	q 軸電圧出力積分値
	g_f_Vq_RefOver	q 軸電圧オーバー値
	g_f_Vq_Ref	q 軸電圧指令計算値
	g_f_Vq_RefOut	q 軸電圧出力値
	g_f_Va_Ref	$\alpha \beta$ 軸電圧
	g_f_Vb_Ref	
	g_f_Vu_Ref	三相出力電圧
	g_f_Vv_Ref	
	g_f_Vw_Ref	
	g_f_RevVdc	出力電圧の逆数値
	g_f_Kp_Vdiff	零相制御の Kp, Ki
	g_f_Ki_Vdiff	

	g_f_Vdiff_Refi	零相出力積分値
	g_f_Mdiff_Limit	零相出力リミット値

#### 4.7 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 15 マクロ定義一覧

ファイル	定義	設定値	単位	備考
r_pwr_interrupt. h	REF_VOL_H	700	V	400Vac 設定時の出力電圧
	REF_VOL_L	350	V	200Vac 設定時の出力電圧
	RELAY_ON_VOL_H	500	V	400Vac 設定時の Relay 起動電圧閾値
	RELAY_ON_VOL_L	220	V	200Vac 設定時の Relay 起動電圧閾値
	CALI_TIME	25000	s	制御電源投入後のキャリブレーション時間 (2s)
	CALI_FILTER	0.001		キャリブレーションフィルタ
	RELAY_TIME	12500	s	リレー起動時間 (1s)
	ERR_LEVEL_OV_H	750	V	400Vac 時過電圧レベル
	ERR_LEVEL_OV_L	400	V	200Vac 時過電圧レベル
	ERR_LEVEL_OC	10	A	過電流レベル
	CNT_SETTING_SW1	250	s	SW1 のフィルタ時間 (20ms)
	CNT_SETTING_LED1	12500	s	LED1 点滅周期 (1s)
	CARRIER_FREQ_PFC	50000	Hz	PFC キャリア周期 (50KHz) RA6T2 の場合、FSP で設定することになります。
	DEADTIME_PFC	0		デッドタイム設定 RA6T2 の場合、FSP で設定することになります。
	ICS_DECI	1	回	ICS 間引き回数
	FLAG_ERROR_OV	0x0001		過電圧フラグ
	FLAG_ERROR_OC	0x0002		過電流フラグ
	FLAG_ERROR_POE	0x0010		POE 保護時フラグ
	FLAG_ERROR_ADERR	0x0020		A/D 変換エラー (RA6T2 のみ、電源リセットで解除)

## 4.8 制御フロー

## 4.8.1 メイン処理

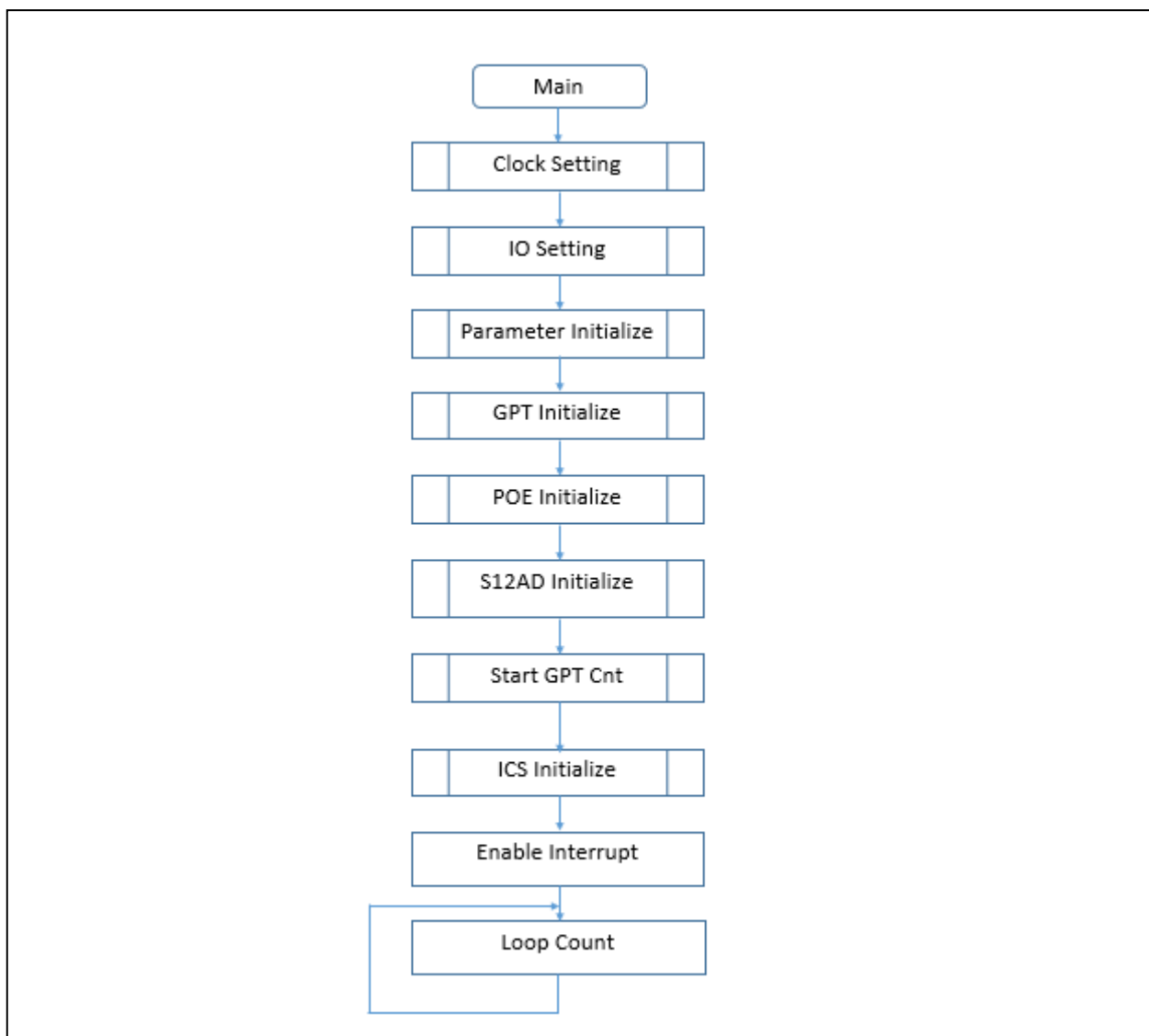


図 11 メイン処理

## 4. 8. 2 12. 5kHz 周期処理

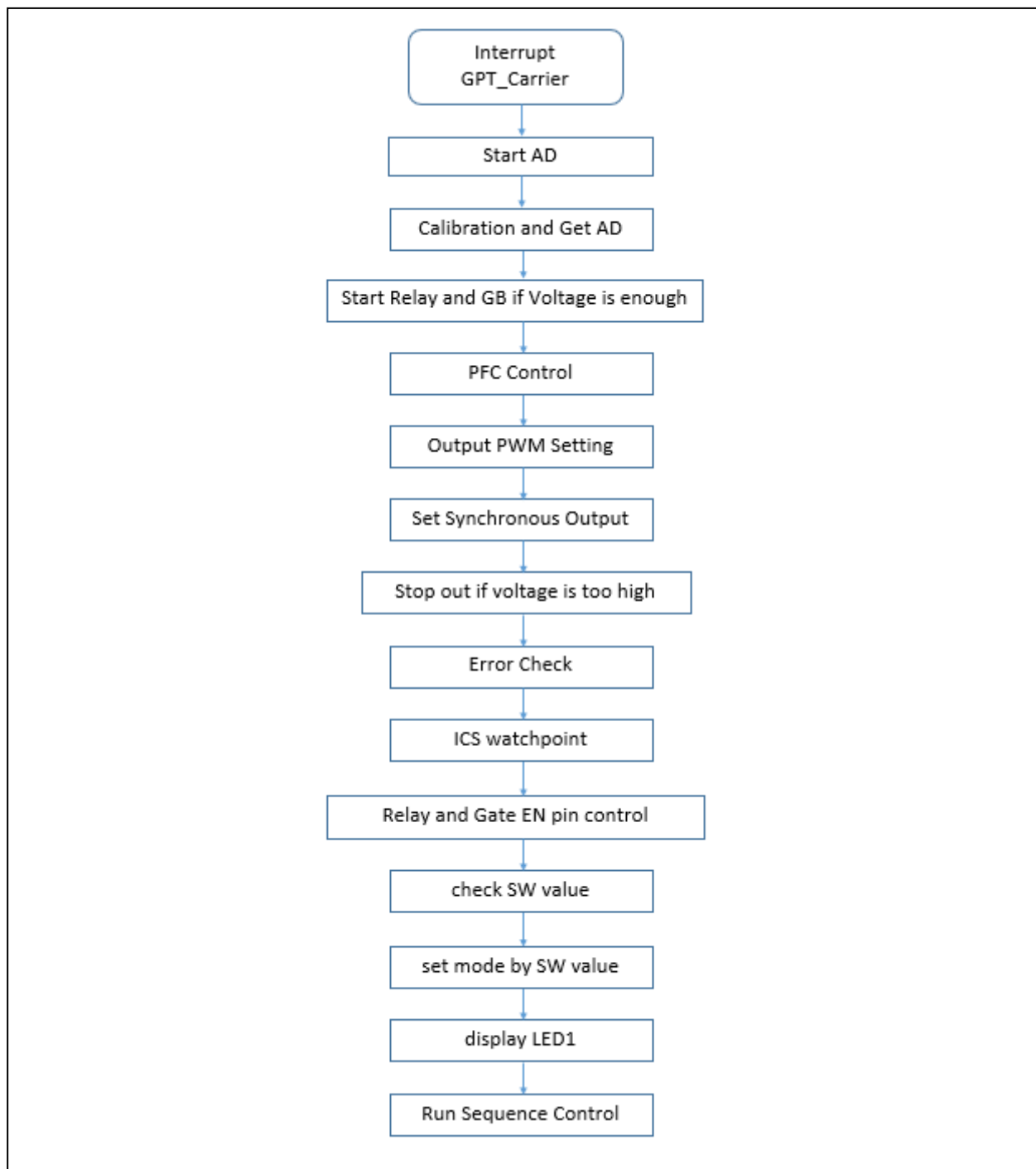


図 12 12. 5kHz 周期処理 (GPTW4[GPTW7] (U 相) の谷割込み処理)

## 4.8.3 Vienna PFC 制御処理

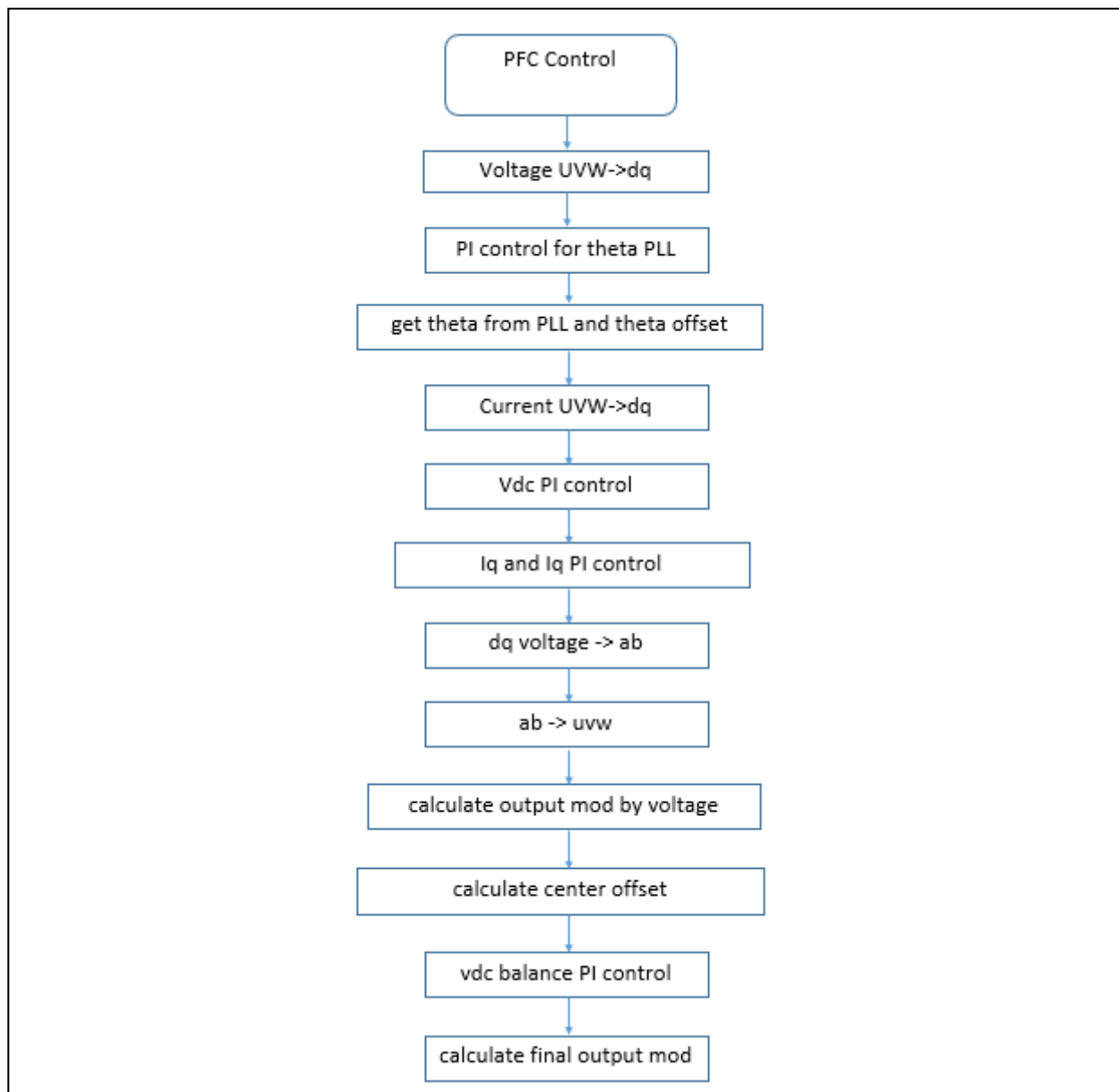


図 13 Vienna PFC 制御処理

## 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 4.6 変数一覧を参照してください。図 14 に「Renesas Motor Workbench」の使用環境を、図 15 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。

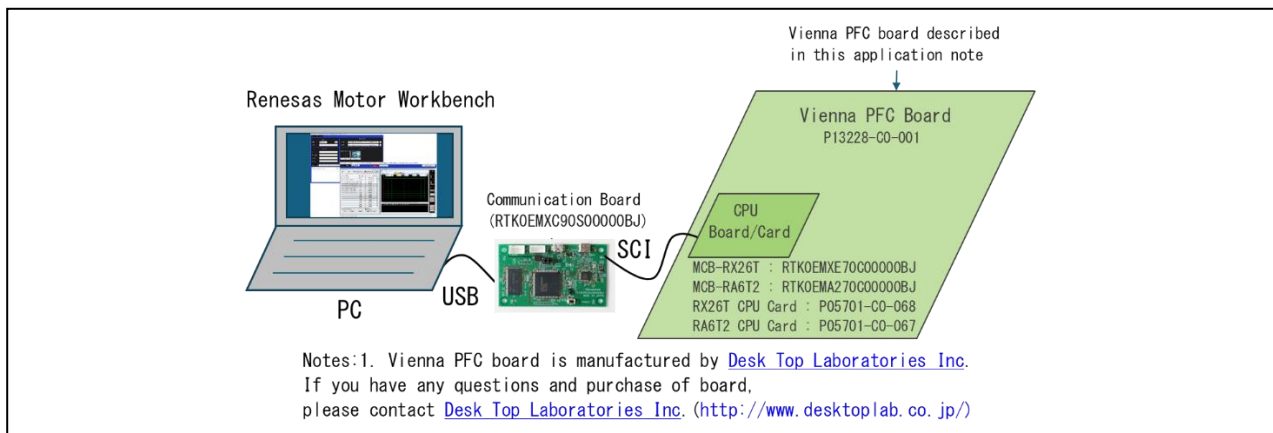


図 14 Renesas Motor Workbench 使用環境

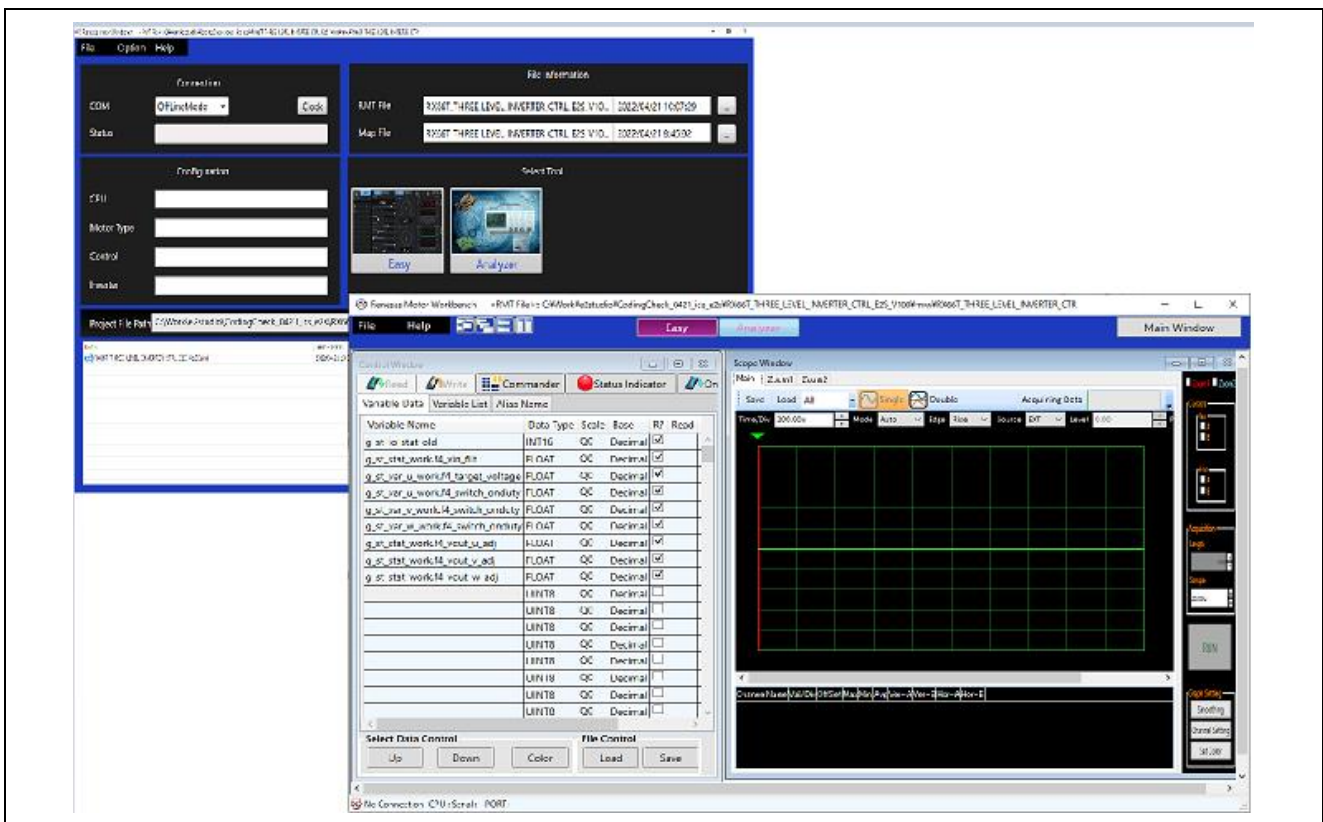



図 15 Renesas Motor Workbench 外観

## 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 14 変数一覧を参照してください。

## 6. 測定データ

本アプリケーションノートの Vienna PFC の効率、および力率の測定結果を 6.1 に、実行時間を 6.2 に示します。

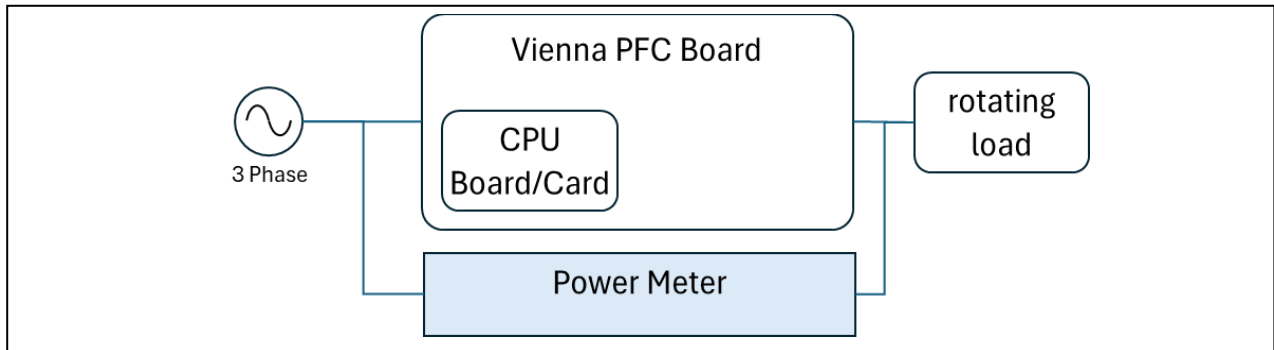


図 16 測定環境

### 6.1 効率、力率測定結果

#### ■測定条件

- ・ 負荷は回生負荷となります。
- ・ 回生負荷による電圧を出力電圧として測定

#### ●200Vac 入力時 ( 350Vdc 出力 )

入力パワー624W 時に出力パワー約 616W となり、効率は 98.78%を達成しています。効率の測定結果を表 16 と図 17 に、力率の測定結果を図 18 に示します。

表 16 200Vac 入力時の効率測定結果

入力パワー (W)	出力電圧 (V)	出力パワー (W)	EFF (%)
216.0	331.90	212.0	98.15
421.0	331.30	413.8	98.29
624.0	325.48	616.4	98.78
826.8	319.60	811.5	98.15
1029.1	318.83	1009.7	98.11
1231.7	318.44	1207.7	98.05
1433.9	317.95	1403.6	97.89
1534.8	319.02	1501.7	97.84

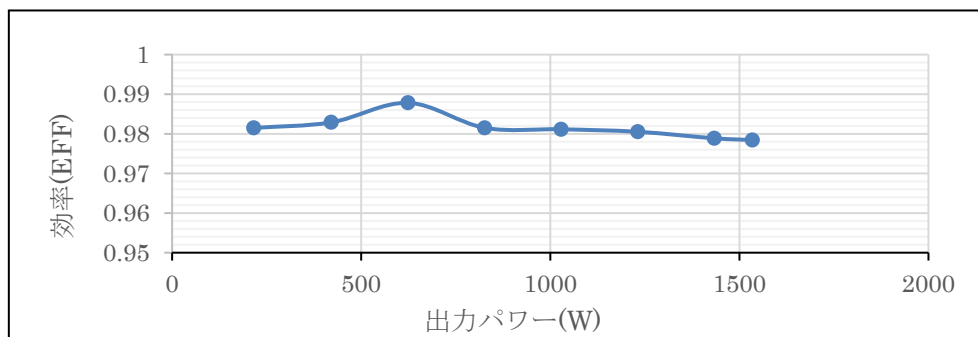


図 17 200Vac 入力時の出力パワーと効率

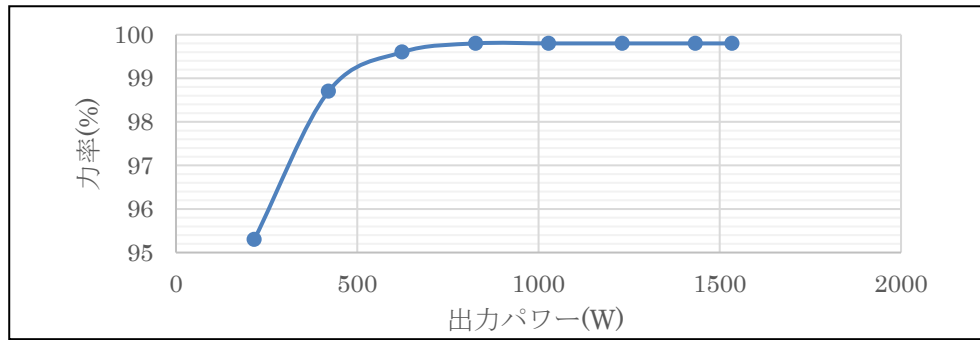


図 18 200Vac 入力時の出力パワーと効率

●400Vac 入力時 ( 700Vdc 出力 )

入力パワー約 2857W 時に出力パワー約 2808W となり、効率は 98.28%を達成しています。効率の測定結果を表 17 と図 19 に、効率の測定結果を図 20 に示します。

表 17 400Vac 入力時の効率測定結果

入力パワー (W)	出力電圧 (V)	出力パワー (W)	EFF (%)
433.8	699.03	416.8	96.08
841.8	699.37	821.0	97.53
1248.9	698.68	1224.3	98.03
1651.7	698.89	1621.8	98.19
2050.9	698.97	2014.5	98.23
2453.4	699.00	2409.8	98.22
2857.4	699.38	2808.3	98.28
3061.7	699.19	3008.2	98.25
3072.2	695.79	3018.3	98.25

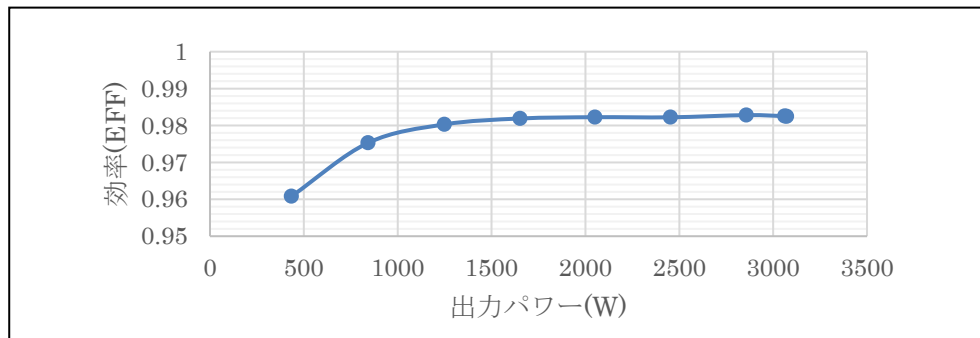


図 19 400Vac 入力時の出力パワーと効率

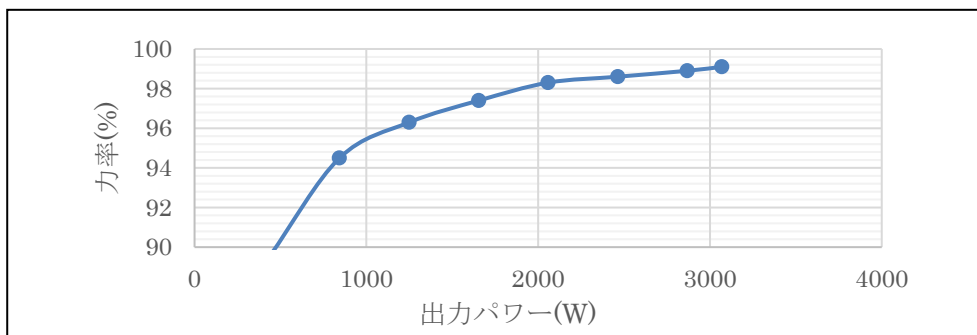


図 20 400Vac 入力時の出力パワーと力率

## 6.2 実行時間

RX26T グループ、RA6T2 グループの実行時間を表 18 に示します。

表 18 実行時間

製品グループ名	RUN 時 (us)
RX26T (RXv3 コア, 最高動作周波数 120MHz)	19.5
RA6T2 (Arm® Cortex®-M33 コア, 最高動作周波数 240MHz)	30.5

## 7. 注意事項

- ① 最初に表 5 Vienna PFC ボードのコネクタ一覧に従って、入出力の配線をしてください。
- ② R70 と R71 で入出力電圧を確認してください。詳細は 3.6 動作手順を参照してください。
- ③ 起動前に、出力側の電圧は 0 (LED4 は完全消灯) になっていることを確認してください。
- ④ 先に制御電源を入れて、2 秒以上を経ってから三相電源を入れてください。  
必ず無負荷の状態ですべての三相電源を入れてください。
- ⑤ 三相電源を入れた後、リレーが ON していること (LED3 が点灯) を確認してください。  
入力電圧が低すぎると、リレーが ON しないことがありますので、必ずリレーが ON していることを確認してください。
- ⑥ 起動後、LED1～LED4 のすべての LED が点灯していることを確認してください。
- ⑦ 負荷試験時は、冷却のファンをご用意ください。

## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Oct. 7. 25	-	初版発行

## 製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本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ンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

### 2. 電源投入時の処置

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

### 3. 電源オフ時における入力信号

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

### 4. 未使用端子の処理

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

### 5. クロックについて

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

### 6. 入力端子の印加波形

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

### 7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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

### 8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違えば、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。型名が異なる製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

## ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、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なります。
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](http://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/](http://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。