

# 5 kW 絶縁双方向 DC-DC コンバーター

# SW ガイド

RD167-SWGUIDE-01

---

**東芝デバイス&ストレージ株式会社**

## 目次

<b>1. はじめに</b> .....	<b>4</b>
1.1. 概要.....	4
1.2. 使用方法 .....	5
<b>2. 入出力信号</b> .....	<b>7</b>
<b>3. 状態遷移</b> .....	<b>11</b>
3.1. 状態遷移図 .....	11
<b>4. 定数、変数定義</b> .....	<b>12</b>
4.1. 定数定義 .....	12
4.2. 状態定義 .....	13
4.3. 定数定義 .....	14
<b>4. 初期化</b> .....	<b>17</b>
4.1. 初期化ルーチン実行条件 .....	17
4.2. 初期化ルーチン .....	17
<b>5. メインルーチン</b> .....	<b>19</b>
5.1. メインループ .....	19
5.2. 一般制御ルーチン.....	20
5.3. タイマー割り込みルーチン .....	20
5.4. 制御ブロック図.....	22
<b>6. 異常処理</b> .....	<b>23</b>

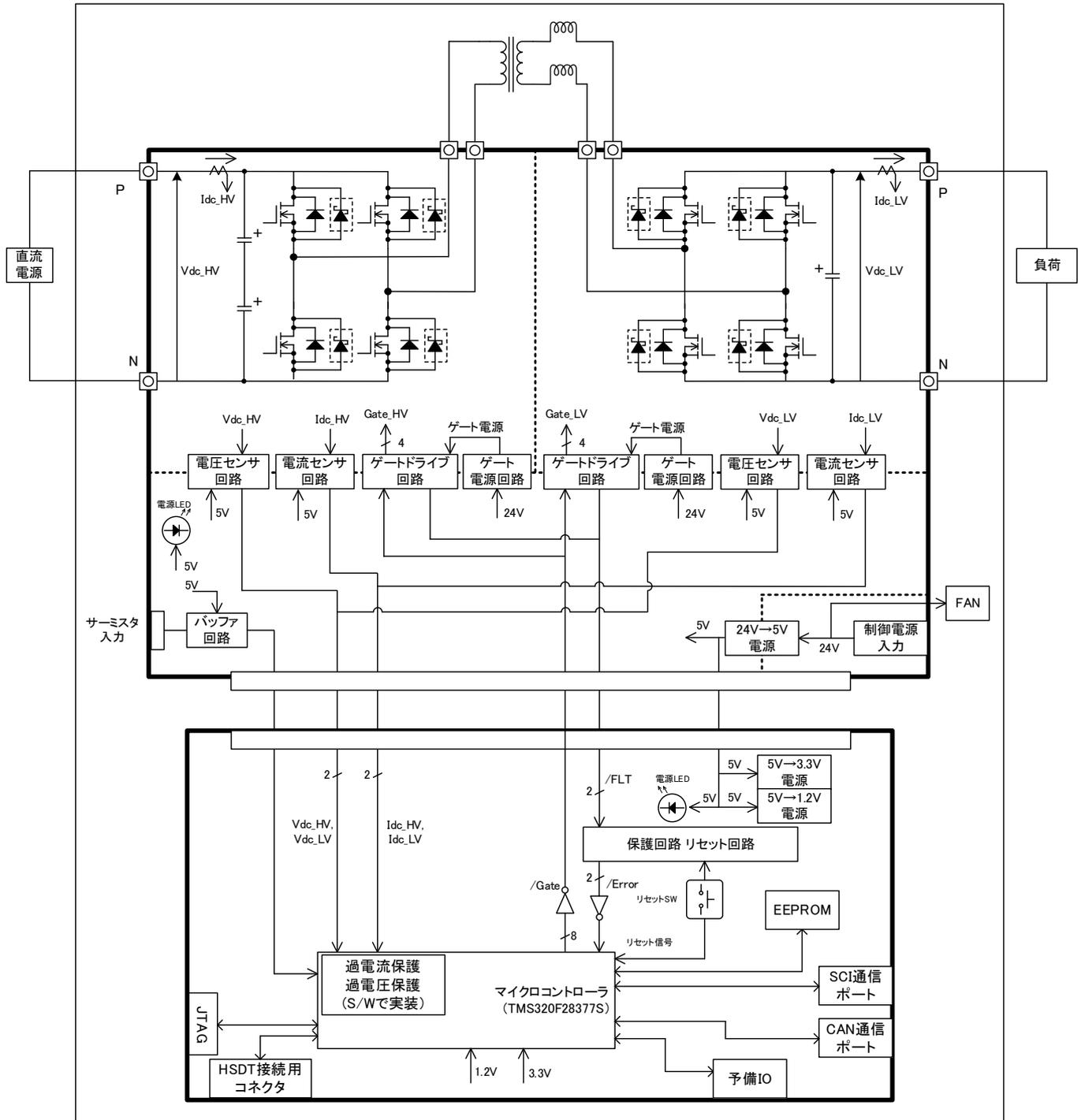
7. A/D 変換一覧表.....24

### 1. はじめに

#### 1.1. 概要

本ガイドは 5 kW 絶縁双方向 DC-DC コンバーター（以下、本電源）の電源コントローラーに関するソフトウェア（SW）仕様を定めるものです。本ガイドで定める SW が制御対象とするハードウェア（HW）概要図を以下に示します。

<HW 概要図>



### 1.2. 使用方法

・使用する際の手順（一例）

1. 制御電源24 Vを投入してください。
2. 直流入力電源750 Vを投入してください。

・Error状態からリセットを行い、再使用する際の手順

1. 直流入力電源750 Vとの接続を解除してください。
2. リセットスイッチ押下、または制御電源の再投入を行ってください。

（リセットスイッチは制御基板上になります。）

3. 直流入力電源 750 Vと接続してください。

以下本電源で使用する電源コントローラーの概要を示します。

<電源コントローラー>

電源コントローラーとして TMS320F28377SPTP を使用します。

### 1.特徴

項目	内容
メーカー	Texas Instruments
型番	TMS320F28377SPTP
パッケージ	176pin, HLQFP, ピン間 0.5 mm ピッチ
メモリ容量	ROM : 1 MB (1word = 16bit) RAM : 328 KB (1word = 16bit)
最高動作周波数	200 MHz (XIN = 20 MHz)
タイマー	32bit タイマーカウンタ ×3ch ウォッチドッグタイマー (WDT)
PWM信号生成機能	6ch (うち 3ch を使用) 動作周波数 100 MHz
コンパレータ機能	8ch (うち 3ch を使用) 高圧側過電圧保護 低圧側過電圧保護 低圧側過電流保護
通信機能	I2C ×1ch (EEPROMとのインターフェースとして使用) CAN ×1ch (本電源標準 SW では未使用) SCI ×2ch (1ch はヘッドスプリング社製 HSDT-DP との通信で使用 もう 1ch は本電源標準 SW では未使用)
A/D 変換	12bit サンプルホールド方式 × 4 モジュール (A/D 変換モジュールへの入力チャンネルは 8ch)
EEPROM 機能	メーカー: Micronchip Technology 型番: 24LC512-I/SM (本電源標準 SW では未使用)
IO 電圧	3.3 V
コア 電圧	1.2 V

### 2.クロック

電源コントローラーは、以下のクロックを使用します。

外部発信器
20 MHz

### 3.開発環境

コード開発ツール : Texas Instruments 社製 Code Composer Studio

OS : Windows, Mac OS, Linux

デバッグツール : ヘッドスプリング社製 HSDT-DP, HSDT-GUI

OS : Windows

## 2. 入出力信号

入出力信号を以下の通り定義します。

Port	Pin	信号名	機能	I/O (形式)	初期値	その他
GPIO0	160	PWM1A_DSP160	波形生成に必要な基準クロックを生成、出力なし	O (CMOS)	0	
GPIO1	161	PWM1B_DSP161	波形生成に必要な基準クロックを生成、出力なし	O (CMOS)	0	
GPIO2	162	PWM2A_DSP162	高圧側レグ A ハイサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO3	163	PWM2B_DSP163	高圧側レグ A ローサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO4	164	PWM3A_DSP164	高圧側レグ B ハイサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO5	165	PWM3B_DSP165	高圧側レグ B ローサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO6	166	PWM4A_DSP166	波形生成に必要な基準クロックを生成、出力なし	O (CMOS)	0	
GPIO7	167	PWM4B_DSP167	波形生成に必要な基準クロックを生成、出力なし	O (CMOS)	0	
GPIO8	18	PWM5A_DSP18	低圧側レグ A ハイサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO9	19	PWM5B_DSP19	低圧側レグ A ローサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO10	1	PWM6A_DSP1	低圧側レグ B ハイサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO11	2	PWM6B_DSP2	低圧側レグ B ローサイド PWM ゲート信号	O (CMOS)	0	
GPIO12	4	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO13	5	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO14	6	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO15	7	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO16	8	DO0_DSP8	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO17	9	DO1_DSP9	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO18	10	DO2_DSP10	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO19	12	DO3_DSP12	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	

GPIO20	13	DO4_DSP13	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO21	14	DO5_DSP14	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO22	22	DO6_DSP22	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO23	23	DO7_DSP23	デジタル信号出力機能 (本電源では未使用)	O (CMOS)	0	
GPIO24	24	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO25	25	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO26	27	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO27	28	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO28	64	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO29	65	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO30	63	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO31	66	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO32	67	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO33	69	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO34	70	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO35	71	信号割り当てなし	-	-	-	
GPIO36	83	CANRX_A_DSP8 3	CAN 通信 受信用機能	I (CMOS)	1	
GPIO37	84	CANTX_A_DSP8 4	CAN 通信 送信用機能	O (CMOS)	0	
GPIO38	85	信号割り当てなし	-	-		
GPIO39	86	信号割り当てなし	-	-		
GPIO40	87	信号割り当てなし	-	-		
GPIO41	89	信号割り当てなし	-	-		
GPIO42	130	SDA_A_DSP130	I2C 通信 データ用信号機能	O/I (CMOS)	1	EEPROM との IF
GPIO43	131	SCL_A_DSP131	I2C 通信 クロック用信号機能	O (CMOS)	1	EEPROM との IF
GPIO44	113	信号割り当てなし	-	-		
GPIO45	115	信号割り当てなし	-	-		
GPIO46	128	信号割り当てなし	-	-		
GPIO47	129	信号割り当てなし	-	-		
GPIO48	90	信号割り当てなし	-	-		
GPIO49	93	信号割り当てなし	-	-		
GPIO50	94	DIO08_DSP94	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SW で機 能変更可

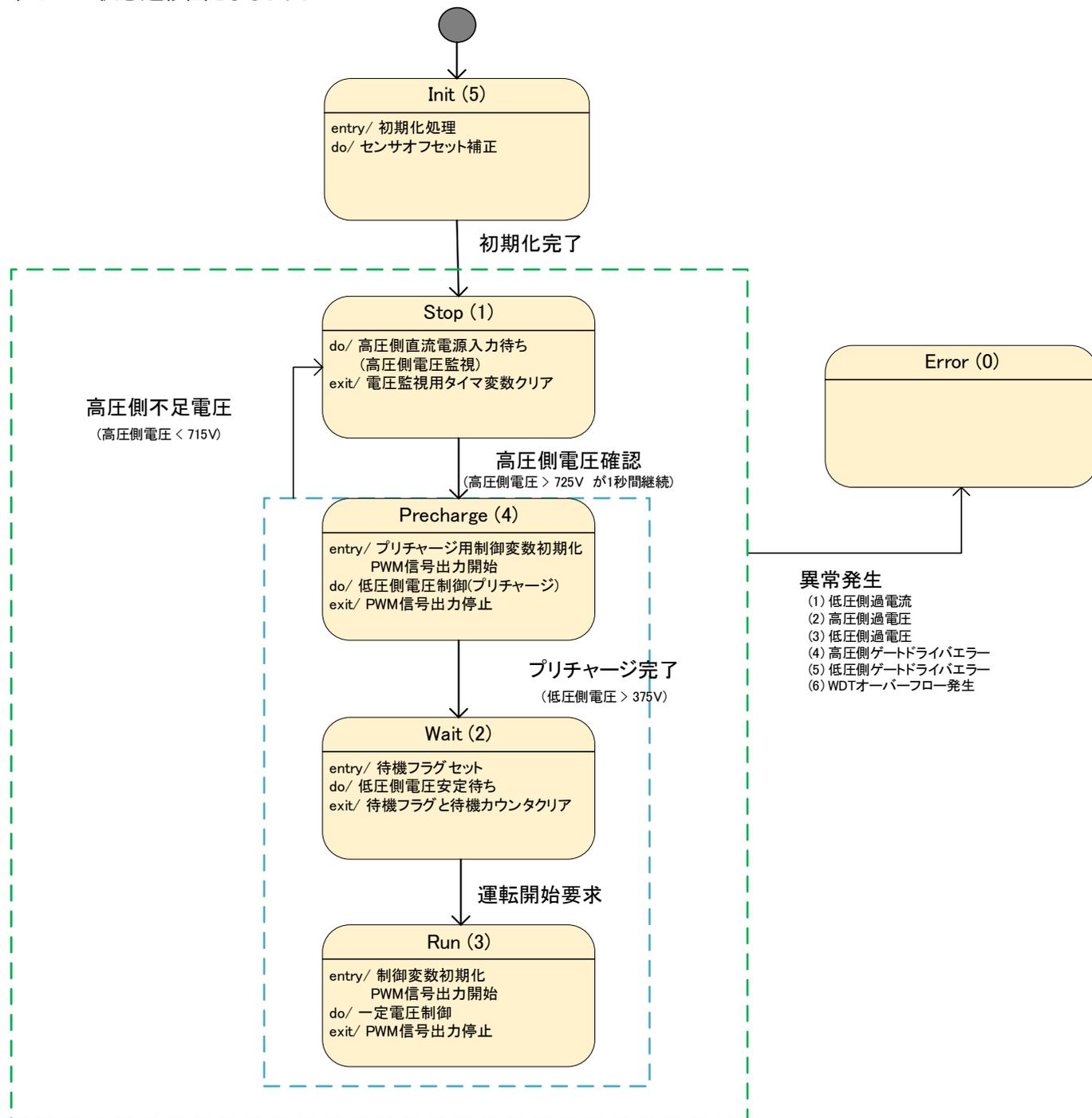
GPIO51	95	DIO09_DSP95	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO52	96	DIO10_DSP96	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO53	97	DIO11_DSP97	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO54	98	信号割り当てなし	-	-		
GPIO55	100	信号割り当てなし	-	-		
GPIO56	101	信号割り当てなし	-	-		
GPIO57	102	信号割り当てなし	-	-		
GPIO58	103	SSO_DSP103	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能用 SPI 通信 - データ出力	O (CMOS)		
GPIO59	104	SSI_DSP104	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能用 SPI 通信 - データ入力	I (CMOS)		
GPIO60	105	SSCK_DSP105	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能用 SPI 通信 - クロック出力	O (CMOS)		
GPIO61	107	SPISTE7A_DSP107	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能用 SPI 通信 - 同期信号出力	O (CMOS)		
GPIO62	108	信号割り当てなし	-	-		
GPIO63	109	信号割り当てなし	-	-		
GPIO64	110	信号割り当てなし	-	-		
GPIO65	111	信号割り当てなし	-	-		
GPIO66	112	信号割り当てなし	-	-		
GPIO67	132	DIO_DSP132	高圧側ゲートドライバーエラー信号 入力機能	I (CMOS)	0	
GPIO68	133	DI1_DSP133	低圧側ゲートドライバーエラー信号 入力機能	I (CMOS)	0	
GPIO69	134	信号割り当てなし	-	-		
GPIO70	135	信号割り当てなし	-	-		
GPIO71	136	信号割り当てなし	-	-		
GPIO72	139	BOOT1_DSP139	ブートモードセクタ	I	-	
GPIO73	140	DI2_DSP140	デジタル信号入力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	0	
GPIO74	141	DI3_DSP141	デジタル信号入力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	0	
GPIO75	142	DI4_DSP142	デジタル信号入力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	0	

GPIO76	143	DI5_DSP143	デジタル信号入力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	0	
GPIO77	144	DI6_DSP144	デジタル信号入力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	0	
GPIO78	145	DI7_DSP145	デジタル信号入力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	0	
GPIO79	146	信号割り当てなし	-	-		
GPIO80	148	信号割り当てなし	-	-		
GPIO81	149	信号割り当てなし	-	-		
GPIO82	150	信号割り当てなし	-	-		
GPIO83	151	信号割り当てなし	-	-		
GPIO84	154	SCITXDA_ DSP154	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP デバッグ通信用機能			
GPIO85	155	SCIRXDA_ DSP155	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP デバッグ通信用機能			
GPIO86	156	SCITX_B_ DSP156	汎用シリアル通信機能 (本電源では未使用)			
GPIO87	157	SCIRX_B_ DSP157	汎用シリアル通信機能 (本電源では未使用)			
GPIO88	170	信号割り当てなし	-	-	-	-
GPIO89	171	DIO12_DSP171	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO90	172	DIO13_DSP172	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO91	173	信号割り当てなし	-	-		
GPIO92	174	信号割り当てなし	-	-		
GPIO93	175	DIO14_DSP175	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO94	176	DIO15_DSP176	汎用デジタル入出力機能 (本電源では未使用)	I (CMOS)	1	SWで機能変更可
GPIO 133	118	信号割り当てなし	-	-		

### 3. 状態遷移

#### 3.1. 状態遷移図

本 SW の状態遷移図を示します。



## 4. 定数、変数定義

### 4.1. 定数定義

定数を以下の通り定義します。

#### 1. PWM 機能設定用定数

定数名	詳細
CARRIERFREQ_KHZ	PWM 信号の周波数を kHz 単位で定義します。
INTERRUPT_MASK	一般制御ルーチン（後述）の実行周期を定義します。
DEADTIME_HV_NSEC	高圧側 PWM 信号のデッドタイムを ns 単位で定義します。
DEADTIME_LV_NSEC	低圧側 PWM 信号のデッドタイムを ns 単位で定義します。

#### 2. タイマー割り込みルーチン周期設定用定数

定数名	詳細
TIMER0INTERVAL_US	タイマー割り込みルーチンの実行周期を $\mu$ s 単位で定義します。

#### 3. センサー値設定用定数

定数名	詳細
VDCHV_GAIN VDCHV_OFFSET	高圧側電圧センサー回路の読み取り電圧範囲を以下のように設定します。 $((-VDCHV\_GAIN) + VDCHV\_OFFSET) \sim (VDCHV\_GAIN + VDCHV\_OFFSET)$ 詳細は 13. A/D 変換一覧表をご覧ください。
VDCLV_GAIN VDCLV_OFFSET	低圧側電圧センサー回路の読み取り電圧範囲を以下のように設定します。 $((-VDCLV\_GAIN) + VDCLV\_OFFSET) \sim (VDCLV\_GAIN + VDCLV\_OFFSET)$ 詳細は 13. A/D 変換一覧表をご覧ください。
IDCHV_GAIN IDCHV_OFFSET	高圧側電流センサー回路の読み取り電流範囲を以下のように設定します。 $((-IDCHV\_GAIN) + IDCHV\_OFFSET) \sim (IDCHV\_GAIN + IDCHV\_OFFSET)$ 詳細は 13. A/D 変換一覧表をご覧ください。
IDCLV_GAIN IDCLV_OFFSET	低圧側電流センサー回路の読み取り電流範囲を以下のように設定します。 $((-IDCLV\_GAIN) + IDCLV\_OFFSET) \sim (IDCLV\_GAIN + IDCLV\_OFFSET)$ 詳細は 13. A/D 変換一覧表をご覧ください。

## 4. 制御用定数

定数名	詳細
VDCLVKP	低圧側電圧の PI 制御演算における比例ゲインの値を定義します。
VDCLVKI	低圧側電圧の PI 制御演算における積分ゲインの値を定義します。
IDCLIMIT	低圧側電圧の PI 制御演算出力である低圧側電流指令値に対する制限値を定義します。

## 5. HW パラメータ設定用定数

定数名	詳細
TRANS_TURNS_RATIO	トランス巻数比を定義します。
INDUCTANCE_uH	リアクトルのインダクタンスの値を $\mu\text{H}$ で定義します。
Inductance_H	リアクトルのインダクタンスの値を H で定義します。

## 4.2. 状態定義

## 1. システム状態定数 (型名: SystemState)

定数名	詳細
State_Error	システムが異常状態であることを示す状態定数
State_Stop	システムが停止状態であることを示す状態定数
State_Wait	システムが待機状態であることを示す状態定数
State_Run	システムが運転状態であることを示す状態定数
State_Precharge	システムがプリチャージ状態であることを示す状態定数
State_Init	システムが初期化状態であることを示す状態定数

## 2. 保護状態定数 (型名: ErrState)

定数名	詳細
Err_IdcLV	低圧側電流の過電流を検知し、保護機能が働いたことを示す状態定数
Err_VdcHV	高圧側電圧の過電圧を検知し、保護機能が働いたことを示す状態定数
Err_VdcLV	低圧側電圧の過電圧を検知し、保護機能が働いたことを示す状態定数
Err_FLTHV	高圧側ゲートドライバーのエラー信号を検知し、保護機能が働いたことを示す状態定数
Err_FLTLV	低圧側ゲートドライバーのエラー信号を検知し、保護機能が働いたことを示す状態定数
Err_WDT	ウォッチドッグタイマーの保護機能が働いたことを示す状態定数
Err_TRIP	PWM がトリップしていることを示す状態定数

### 4.3. 定数定義

#### 1. センサー測定値表示用変数

定数名	詳細
VdcHV	高圧側電圧のセンサー（アナログ）値を示します。
VdcLV	低圧側電圧のセンサー（アナログ）値を示します。
IdcHV	高圧側電流のセンサー（アナログ）値を示します。
IdcLV	低圧側電流のセンサー（アナログ）値を示します。

#### 2. センサー計算値用変数

定数名	詳細
VdcHVRev	VdcHVLPF の値から算出された高圧側電圧の逆数を示します。
VdcHVLPF	センサー値 VdcHV に対してカットオフ周波数 VdcHVFc でローパスフィルターを施した際の出力値を示します。
VdcHVFc	センサー値 VdcHV に施すローパスフィルターのカットオフ周波数を示します。
VdcLVLPF	センサー値 VdcLV に対してカットオフ周波数 VdcLVFc でローパスフィルターを施した際の出力値を示します。
VdcLVFc	センサー値 VdcLV に施すローパスフィルターのカットオフ周波数を示します。
IdcHVLPF	センサー値 IdcHV に対してカットオフ周波数 IdcHVFc でローパスフィルターを施した際の出力値を示します。
IdcHVFc	センサー値 IdcHV に施すローパスフィルターのカットオフ周波数を示します。
IdcLVLPF	センサー値 IdcLV に対してカットオフ周波数 IdcLVFc でローパスフィルターを施した際の出力値を示します。
IdcLVFc	センサー値 IdcLV に施すローパスフィルターのカットオフ周波数を示します。
GainAdjVdcHV	高圧側電圧センサー値のゲイン補正値を示します。
OffsetAdjVdcHV	高圧側電圧センサー値のオフセット補正値を示します。
GainAdjVdcLV	低圧側電圧センサー値のゲイン補正値を示します。
OffsetAdjVdcLV	低圧側電圧センサー値のオフセット補正値を示します。
GainAdjIdcHV	高圧側電流センサー値のゲイン補正値を示します。
OffsetAdjIdcHV	高圧側電流センサー値のオフセット補正値を示します。
GainAdjIdcLV	低圧側電流センサー値のゲイン補正値を示します。
OffsetAdjIdcLV	低圧側電流センサー値のオフセット補正値を示します。
FlagCalibEnd	0:各センサーに関するオフセット誤差の補正処理が完了していないことを示します。 1:各センサーに関するオフセット誤差の補正処理が完了したことを示します。

#### 3. 保護、エラー状態表示用変数

定数名	詳細
ErrorState	保護、異常状態（非ラッチ）を示します。 Bit0: 低圧側電流過電流保護状態 Bit1: 高圧側電圧過電圧保護状態 Bit2: 低圧側電圧過電圧保護状態 Bit3: 高圧側ゲートドライバーのエラー信号検知状態

	Bit4: 低圧側ゲートドライバーのエラー信号検知状態 Bit5: ウォッチドッグタイマーのオーバーフロー発生状態 Bit6: PWM のトリップ状態
ErrorState_Latch	保護、異常状態 (ラッチ) を示します。 Bit0: 低圧側電流過電流保護状態 Bit1: 高圧側電圧過電圧保護状態 Bit2: 低圧側電圧過電圧保護状態 Bit3: 高圧側ゲートドライバーのエラー信号検知状態 Bit4: 低圧側ゲートドライバーのエラー信号検知状態 Bit5: ウォッチドッグタイマーのオーバーフロー発生状態 Bit6: PWM のトリップ状態
ErrThrVdcHVHi_V	高圧側電圧の過電圧閾値を示します。
ErrThrVdcLVHi_V	低圧側電圧の過電圧閾値を示します。
ErrThrIdcLV_A	低圧側電流の過電流閾値 (ピーク値) を示します。
FlagWDT	ウォッチドッグタイマーのオーバーフロー発生状態を示します。

#### 4. 状態遷移用変数

定数名	詳細
State	システムの状態を示します。タイマー割り込みルーチン内で代入されます。 型: SystemState
InitEnd	初期化が完了したかどうかを示します。 0: 初期化が終了していないことを示します。 1: 初期化が終了していることを示します。
PrechargeThrVdcHV_V	プリチャージを開始するための高圧側電圧値を示します。
StopThrVdcHV_V	運転するための高圧側電圧下限値を示します。
RunStartStopReq	待機状態 - 運転状態間の遷移を操作する変数になります。
TimerMonitoringVdcHVON	運転可能な電圧が高圧側に印加されてからの時間を ms で示します。
TimerMonitoringVdcHVOFF	運転停止する電圧に低下してからの時間を ms で示します。
StepEntryRun	待機状態から運転状態への遷移中であることを示します。
FlagExitRun	運転状態から異常/停止状態への遷移中であることを示します。
StepEntryPrecharge	停止状態からプリチャージ状態への遷移中であることを示します。
FlagExitPrecharge	プリチャージ状態から異常/停止状態への遷移中であることを示します。
FlagEntryWait	待機状態であることを示します。
TimerEntryWait	待機状態に遷移後の時間を ms で示します。

## 5. 低圧側電圧制御用変数

定数名	詳細
IdcLVLimitHi	低圧側電流指令値の上限値を示します。
IdcLVLimitLo	低圧側電流指令値の下限値を示します。
VdcLVRef	低圧側電圧指令値を示します。
ErrVdcLV	VdcLVLPFとVdcLVRefとの偏差を示します。
VdcLVKp	低圧側電圧のPI制御演算における比例ゲインの値を示します。
VdcLVKi	低圧側電圧のPI制御演算における積分ゲインの値を示します。
VdcLVTi	低圧側電圧のPI制御演算における時定数を示します。
VdcLVPElement	低圧側電圧のPI制御演算の比例成分を示します（比例制御出力）。
VdcLVIElement	低圧側電圧のPI制御演算の積分成分を示します（積分制御出力）。
VdcLVPIElement	低圧側電圧のPI制御演算の比例成分と積分成分の和を示します。 この値は低圧側電流指令値としてIdcLVOutに代入されます。
IdcLVOut	低圧側電流指令値を示します。
ConstVdcRef	低圧側電圧一定制御の目標電圧を示します。
DeltaVdcLVRefRamp	低圧側電圧制御がソフトスタート中であるときの制御周期毎に増加する低圧側電圧指令値を示します。

## 6. PWM 信号生成用変数

定数名	詳細
DutyHV	運転状態での高圧側PWM信号のデューティ比を示します。
DutyLV	運転状態での低圧側PWM信号のデューティ比を示します。
DutyPrecharge	プリチャージ状態での高圧側PWM信号のデューティ比を示します。
PhaseShiftAngle	運転状態での高圧側と低圧側間のPWM信号の位相差を示します。
PhasePrecharge	プリチャージ状態での高圧側フルブリッジの各レグ間の位相差を示します。

## 4. 初期化

### 4.1. 初期化ルーチン実行条件

以下条件成立時に初期化ルーチンを実行します。

1. 初回電源投入時
2. リセットスイッチ押下時

### 4.2. 初期化ルーチン

初期化ルーチンは Init()関数の実行により行われ、以下の処理が行われます。

処理 順序	処理内容	処理内容詳細
1	TMS320F28377SPTP の 初期化ピン設定	マイコン (TMS320F28377SPTP) の初期化およびピン設定を行います。ピン設定に関しては前述・2 入出力信号を参照してください。
2	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能初期化、設定	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP の SCOPE 機能を使用することができるように初期化、設定を行います。
3	PWM 機能初期化、設定	PWM 機能を初期化し、以下のように設定します。  <ul style="list-style-type: none"> <li>・PWM 周波数 CARRIERFREQ_HZ (Hz) と同じ値に設定</li> <li>・デッドタイム 高圧側 : DEADTIME_HV_NSEC (ns) と同じ値に設定 低圧側 : DEADTIME_LV_NSEC (ns) と同じ値に設定</li> <li>・PWM 割り込み 割り込み関数と割り込みタイミングを設定</li> </ul>
4	AD 変換機能初期化、設定 AD 変換値 - レンジ、オフセット 設定	AD 変換機能を初期化し、AD 変換開始タイミングが PWM 機能から出力される変換開始トリガーを受けて AD 変換を開始するように設定 レンジ、オフセット設定については 4.1 定数定義のセンサー値設定用定数を参照してください。
5	コンパレータ機能初期化、設定	コンパレータ機能を初期化し、高圧側過電圧、低圧側過電圧、低圧側過電流のいずれかを検知した際に運転が停止するように設定
6	ウォッチドッグタイマー初期化、設定	ウォッチドッグタイマー機能を初期化し、ClearWDT()関数が前回実行されたタイミングから 13.1 ms 以内に再度実行されなかった場合、運転が停止するように設定
7	タイマー機能初期化、設定	タイマー機能を初期化し、割り込みルーチンが 1 ms 周期で実行されるように設定
8	保護機能初期化、設定	コンパレータにて高圧側過電圧、低圧側過電圧、低圧側過電流、高圧側及び低圧側ゲートドライバーエラー信号のいずれかを検知した際に PWM 信号の出力を停止。

9	システム安定化待ち	1 ~ 8 の処理が終わった後、システム安定化のため 1 ms 待機します。
10	割り込み機能設定	一般制御ルーチン、タイマー割り込みルーチンの実行を許可します。

## 5. メインルーチン

本稿では初期化処理関数 Init()の処理が完了した後に実行されるメインルーチン処理について記載します。

本 SW は、一定周期毎に割り込み処理が発生し、各サブルーチンを実行します。

割り込み処理が発生していない場合、メインループが実行されます。

サブルーチン名	割り込み関数名	実行トリガー、周期	処理内容
一般制御ルーチン	PWMIntFunc	トリガー:PWM 機能 周期:50 $\mu$ s (20 kHz 動作時) 20 $\mu$ s (50 kHz 動作時) 10 $\mu$ s (100 kHz 動作時)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PWM 信号出力開始/停止</li> <li>・センサー値読み込み</li> <li>・ローパスフィルター処理</li> <li>・高圧側電圧の逆数計算</li> <li>・低圧側電圧制御</li> <li>・デューティー比、位相差計算</li> <li>・デューティー比、位相差更新</li> </ul>
タイマー割り込みルーチン	Timer0IntFunc	トリガー:タイマー機能 周期:1 ms	<ul style="list-style-type: none"> <li>・異常検出</li> <li>・状態遷移</li> <li>・ローパスフィルター処理</li> <li>・センサーオフセット補正</li> </ul>

### 5.1. メインループ

本 SW のメインループ処理を示します。

処理順序	処理内容	処理内容詳細
1	ウォッチドッグタイマー処理	ウォッチドッグタイマーカウンタをリセットし、ウォッチドッグタイマー機能のフラグを確認します。 ウォッチドッグタイマーカウンタをリセットが 13.1 ms 以上行われなかった場合、運転を停止します。
2	デジタル信号入力確認	DI0,1,2 の入力状態を確認します。
3	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能更新用処理	ヘッドスプリング社製 HSDT-DP SCOPE 機能更新用処理を行います。

### 5.2. 一般制御ルーチン

本 SW は、以下の一般制御ルーチンを持ちます。

一般制御ルーチンは PWMIntFunc()関数にて実行されます。

処理順序	処理内容	処理内容詳細
1	センサー値読み込み	高圧側電圧、低圧側電圧、高圧側電流、低圧側電流センサー値を読み込みます。
2	ローパスフィルター処理	高圧側電圧、低圧側電圧、高圧側電流、低圧側電流センサー値に対してローパスフィルター処理を施します。
3	高圧側電圧の逆数計算	高圧側電圧にローパスフィルター処理を施した値を用い高圧側電圧の逆数を算出します。
4	低圧側電圧制御	低圧側電圧指令値である VdcLVRef の値と VdcLVLPF の値の偏差を算出し、PI 制御演算を行うことで低圧側電流指令値 IdcLVOut を算出します。 この処理はプリチャージ状態と運転状態のときで実行される処理が異なります。
5	位相差計算	低圧側電流指令値を元に位相差を算出します。 プリチャージ状態では高圧側のレグ間の位相差を計算し、運転状態では高圧側と低圧側の位相差を計算します。
6	位相差更新	算出された位相差にあわせて、PWM 波形の出力を変更します

### 5.3. タイマー割り込みルーチン

本 SW は、以下のタイマー割り込みルーチンを持ちます。

タイマー割り込みルーチンは Timer0IntFunc()関数にて実行されます。

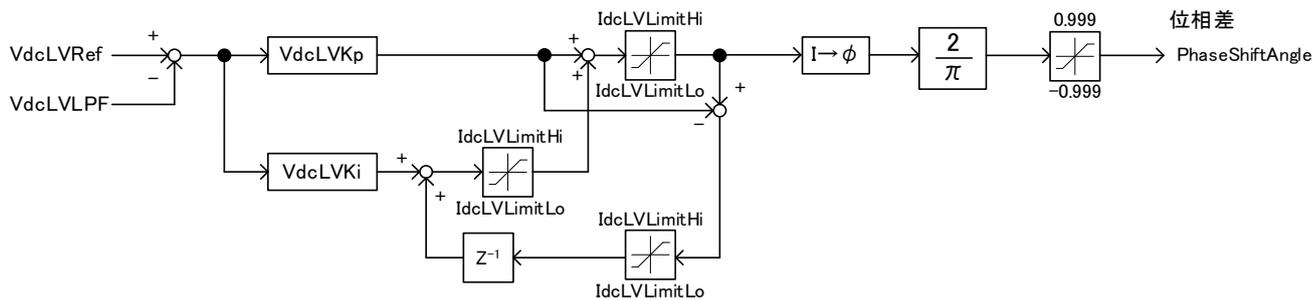
処理順序	処理内容	処理内容詳細
1	多重割り込み許可処理	タイマー割り込みルーチン中に一般制御処理ルーチンが発生した場合、一般制御処理ルーチンを優先する設定をします。
2	異常判定処理	DI0,1 (ゲートドライバーエラー信号) の状態、高圧側過電圧、低圧側過電圧、低圧側過電流が発生しているか及びウォッチドッグタイマーの状態を確認し、異常状態を判定します。 詳しくは 8. 異常判定処理をご覧ください。
3	状態遷移処理	処理実行時のシステムの状態、異常判定処理の結果や各種変数の状態に合わせてシステムの状態を変更します。 詳しくは 3. 状態遷移図をご覧ください。
4	ローパスフィルター処理係数算出処理	VdcHV, VdcLV, IdcHV, IdcLV に対して施すローパスフィルターの係数の演算を行います。
5	積分ゲイン算出処理	低圧側電圧制御で使用される積分ゲインを比例ゲインと時定数から算出します。
6	AD 変換 - オフセット誤差補正処理	システムの状態が Init(初期化)状態の際に、直流電源投入前の各センサーの読み取り値を用いてオフセット誤差を計測し、補正処理を行います。補正処理が完了すると FlagCalibEnd の値を 1 に変更します。

		上記の処理は CalibAdOffset()関数で行われます。 システムの状態が Init 状態以外の際は上記の処理は行われません。
7	多重割り込み禁止処理	タイマー割り込みルーチン中に一般制御処理ルーチンが発生した場合、 一般制御処理ルーチンを優先する設定を解除します。

次ページから本 SW の制御ブロック図を記載しています。

### 5.4. 制御ブロック図

本電源全体の制御ブロック図を記載します。



## 6. 異常処理

本 SW の異常処理を示します。本 SW では停止状態、プリチャージ状態、待機状態、運転状態の際に高圧側過電圧、低圧側過電圧、低圧側過電流、ゲートドライバーの DESAT 信号検知およびウォッチドッグタイマーがオーバーフローした場合に異常状態となり、運転を停止します。

運転を停止するにはすべての PWM 信号の出力を停止し、リセット要求状態となり、リセットスイッチが押下されるか制御電源が再投入されるまで動作復帰を行いません。

動作復帰を行う場合には以下の手順で動作復帰を行ってください。

1. 直流入力電源(高圧側または低圧側)との接続を解除してください。
2. リセットスイッチ押下、または制御電源の再投入を行ってください。
3. 直流入力電源(高圧側または低圧側)と接続してください。

## 7. A/D 変換一覧表

A/D 変換一覧表を示します。

Port	pin	測定項目	データ	A/D 変換分解能	フィルター処理
ADCINA2	41	高圧側 電圧	12bit	0.2286 (V/LSB)	制御回路部でローパスフィルター回路を実装 カットオフ周波数: 22 kHz
ADCIN14 (ADCIND14)	44	低圧側 電圧	12bit	0.1152 (V/LSB)	制御回路部でローパスフィルター回路を実装 カットオフ周波数: 22 kHz
ADCINB2	48	高圧側 電流	12bit	0.02442 (A/LSB)	制御回路部でローパスフィルター回路を実装 カットオフ周波数: 22 kHz
ADCINC2	31	低圧側 電流	12bit	0.04884 (A/LSB)	制御回路部でローパスフィルター回路を実装 カットオフ周波数: 22 kHz

## ご利用規約

本規約は、お客様と東芝デバイス&ストレージ株式会社（以下「当社」といいます）との間で、当社半導体製品を搭載した機器を設計する際に参考となるドキュメント及びデータ（以下「本電源」といいます）の使用に関する条件を定めるものです。お客様は本規約を遵守しなければなりません。本電源をダウンロードすることをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。なお、本規約は変更される場合があります。当社は、理由の如何を問わずいつでも本規約を解除することができます。本規約が解除された場合は、お客様は、本電源を破棄しなければなりません。またお客様が本規約に違反した場合は、お客様は、本電源を破棄し、その破棄したことを証する書面を当社に提出しなければなりません。

### 第1条 禁止事項

お客様の禁止事項は、以下の通りです。

1. 本電源は、機器設計の参考データとして使用されることを意図しています。信頼性検証など、それ以外の目的には使用しないでください。
2. 本電源を販売、譲渡、貸与等しないでください。
3. 本電源は、高温・多湿・強電磁界などの対環境評価には使用できません。
4. 本電源を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用しないでください。

### 第2条 保証制限等

1. 本電源は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
2. 本電源は参考用のデータです。当社は、データおよび情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
3. 半導体素子は誤作動したり故障したりすることがあります。本電源を参考に機器設計を行う場合は、誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。また、使用されている半導体素子に関する最新の情報（半導体信頼性ハンドブック、仕様書、データシート、アプリケーションノートなど）をご確認の上、これに従ってください。
4. 本電源を参考に機器設計を行う場合は、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断して下さい。当社は、適用可否に対する責任を負いません。
5. 本電源は、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
6. 当社は、本電源に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をせず、また当社は、本電源に関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。

### 第3条 輸出管理

お客様は本電源を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用してはなりません。また、お客様は「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守しなければなりません。

### 第4条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。