



AstreX Inc.

# **BP series : T01-PCU**

## Data Sheet

### Power Control Unit for Micro Satellite

Rev : 1.0

## 1. 概要

T01-PCU はバッテリー制御、太陽光パネルからの発電制御を兼ね備えた3U CubeSatに最適な超小型衛星用電源制御装置である。本モジュールはアナログ回路による自動的な MPPT 制御を搭載しており、より高い制御で MPPT 制御を行う機能も備えている。これはバッテリーの電圧、双方向電流、太陽光パネルの電圧、電流をモニターする機能と共に、OBC（On Board Computer）等から I2C バスを經由で制御することで可能としている。

本ユニットはバッテリー、太陽光パネル、Deployment-SW はハーネスにて接続となるが、BUS 電力、通信経路の接続は BackPlane 方式によって接続となる。



Figure.1-1 T01-PCU 外見図

## 2. 特徴

- ◆ BAT 電圧 : 8V (8.2V 以上で 0.2C 充電以下)  
※12V モデルは (12.2V 以上で 0.2C 充電以下)
- ◆ BUS 方式 : 非安定 BUS
- ◆ SAP 電圧範囲 : 12V~16V
- ◆ Inhibit 数 : 2 (BAT-HOT、BAT-RTN)
- ◆ Flight-Pin 数 : 3
- ◆ 完全な 2 重冗長回路構成
- ◆ バッテリ過充電保護
- ◆ アナログ回路のみで動作する MPPT 機能内蔵
- ◆ デジタル制御による高効率 MPPT 機能内蔵
- ◆ 最大 18bit による各種電流、電圧モニター
- ◆ タイマーによる OBC への自動給電機能
- ◆ I2C、SPI 通信機能

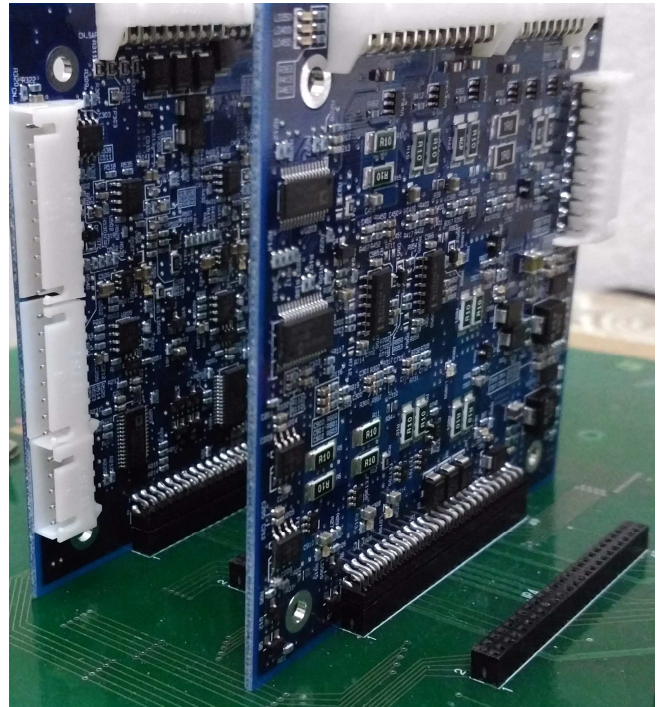


Figure.1-2 BackPlane Connection

BAT 電圧 08V モデル : T01-PCUv008

BAT 電圧 12V モデル : T01-PCUv012

## 3. 代表的なアプリケーション

- ◆ 3U CubeSat 搭載 (2017 年、2018 年打上げ実績有り)
- ◆ 3~6U CubeSat

## 4.コネクタと定格

本章では T01-PCU に実装されているコネクタ及び基板上でのシルク印刷によるコネクタ諸元、定格について記載を行う。また、Figure4-1 と共にコネクタの配置について明記する。

NO	Silk No	Overview
1	CN_K2	KILL-SW3 connect
2	CN_K1	KILL-SW1,2 connect
3	CN_M2	Monitor2 connector
4	CN_SAP1	Solar panel I/F
5	CN_BAT1	Battery I/F
6	CN_FP1	Flight Pin connector
7	CN_M1	Monitor1 connector
8	JP2	BackPlane connector

Table 4-1 List of connectors

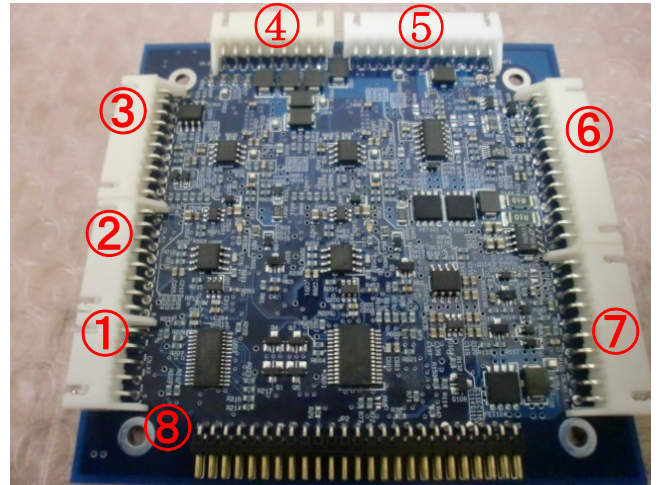


Figure.4-1 Connector array

### 4.1 BackPlane Connector

OBC や PDU など BUS 電源の供給は本コネクタによって実施される。また、T01-PCU に搭載されている AD Converter、DA Converter、Multiplexer、IO Expander への制御を行う通信経路も本コネクタにて接続される。

Silk No : JP2

Connector model number : A3B-50PA-2DS(71) / Hirose Electric Co Ltd

No	Signal name	Overview	Parameter	Min	Typ	Max
1	RXD_OBC	not used		-		-
2	TXD_OBC	not used		-		-
3	TDIO1_OBC/SPI1_CS2	SPI ADC CS 【CH1】	Hi Level [V] Low Level [V]	3.5	- -	5.5 1.5
4	TCK1_OBC/SPI1_CS1	not used				
5	TDIO2_OBC/SPI1_SDO1	SPI ADC SDO 【CH1】	Hi Level [V] Low Level [V]	4.1	- -	5 0.4
6	TCK2_OBC/SPI1_CS0	SPI IOEX CS 【CH1】	Hi Level [V] Low Level [V]	4 GND	- -	5 GND*0.2
7	BUS_I2C_SDA1/SPI1_SDI	I2C 用 SDA 【CH1】	Hi Level [V] Low Level [V]	4 GND	- -	5 GND*0.2
8	BUS_I2C_SCL1/SPI1_SCK	I2C 用 SCL 【CH1】	Hi Level [V] Low Level [V]	4 GND	- -	5 GND*0.2
9	BUS_JTAG_TDI_OFF1	not used				
10	BUS_JTAG_TCK_ON1	not used				
11	BUS_JTAG_T	not used				

12	BUS_JTAG_T	not used				
13	GND	GND		-	-	-
14	GND	GND		-	-	-
15	+5	not used				
16	+5	not used				
17	RESET_1	Power Reset1 【CH1】	Hi Level [V] Low Level [V]	- -	5 GND	5.25 -
18	RESET_2	Power Reset2 【CH2】	Hi Level [V] Low Level [V]	- -	5 GND	5.25 -
19	COM_RXD1_ov90_cont1	not used				
20	BUS_I2C_SDA2	I2C SDA 【CH2】	Hi Level [V] Low Level [V]	4 GND	- -	5 GND*0.2
21	COM_TXD1_ov90_cont2	not used				
22	BUS_I2C_SCL2	I2C SCL 【CH2】	Hi Level [V] Low Level [V]	4 GND	- -	5 GND*0.2
23	VDD	8V unstable power supply	supply power	-	-	8.2
24	VDD	8V unstable power supply	supply power			8.2
25	+3.3	not used				
26	+3.3	not used				
27	PWR_BAT-2	8V unstable power supply		-	-	8.2
28	PWR_BAT-2	''		-	-	8.2
29	PWR_BAT-1	''		-	-	8.2
30	PWR_BAT-1	''		-	-	8.2
31	SAP_Y	not used				
32	SAP_X	not used				
33	SAP_Z	not used				
34	SYNC/SAP_AUX	not used				
35	B_GND	B_GND		-	-	-
36	B_GND	B_GND		-	-	-
37	KILL2_main	KILL-SW2 controlled		0	-	8.2
38	KILL2_sub	KILL-SW2 controlled		0	-	8.2
39	+BUS_unkilled	8V unstable power supply output		-	-	8.2
40	+BUS_unkilled	8V unstable power supply output		-	-	8.2
41	KILL_1	KILL-SW1 controlled		0	-	8.2
42	KILL_3	KILL-SW3 controlled		0	-	8.2
43	BAT_SUB_cont_fromOBC	BAT2 ON/OFF controlled	Hi Level [V] Low Level [V]	- -	- 0	8.2 0.6
44	COM_IRQ_SPI2_CS2	SPI AD CS 【CH2】	Hi Level [V]	4	-	5

			Low Level [V]	GND	-	GND*0.2
45	BAT_MAIN_cont_fromOBC	BAT1 ON/OFF controlled	Hi Level [V]	-	-	8.2
			Low Level [V]	-	0	0.6
46	GPIO/SPI2_CS1	not used				
47	COM_TXD2/SPI2_SDO1	SPI IO SDO 【CH2】	Hi Level [V]	4	-	5
			Low Level [V]	GND	-	GND*0.2
48	GPIO/SPI2_CS0	not used				
49	COM_RXD2/SPI2_SDI	SPI IO SDI 【CH2】	Hi Level [V]	4	-	5
			Low Level [V]	GND	-	GND*0.2
50	GPIO/SPI2_SCK	SPI IO SCK 【CH2】	Hi Level [V]	4	-	5
			Low Level [V]	GND	-	GND*0.2

Table 4-2 BackPlane connector

## 4.2 Battery Interface Connector

バッテリーとの接続は本コネクタにて行う。

Silk No : CN\_BAT1

Connector model number : S12B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview	Parameter	Min	Typ	Max
1	BAT1+	BAT1 HOT 側接続	supply power[V]	-	-	8.2
2	BAT1+	BAT1 HOT 側接続	supply power[V]	-	-	8.2
3	BAT2+	BAT2 HOT 側接続	supply power[V]	-	-	8.2
4	BAT2+	BAT2 HOT 側接続	supply power[V]	-	-	8.2
5	BAT_temp1	温度センサー接続	-	-	-	-
6	B_GND					
7	BAT_temp2	温度センサー接続	-	-	-	-
8	B_GND					
9	BAT1-	BAT1 RTN 側接続	supply power[V]	-	-	-
10	BAT1-	BAT1 RTN 側接続	supply power[V]	-	-	-
11	BAT2-	BAT2 RTN 側接続	supply power[V]	-	-	-
12	BAT2-	BAT2 RTN 側接続	supply power[V]	-	-	-

Table 4-3 Battery I/F connector

### 4.3 Solar panel Interface Connector

太陽光パネルとの接続は本コネクタにて行う。

Silk No : CN\_SAP1

Connector model number : S9B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview	Parameter	Min	Typ	Max
1	SAP1_HOT	SAP1 HOT 側接続	supply power[V] rated current[A]	12 -	16 1	18 -
2	SAP2_HOT	SAP2 HOT 側接続	supply power[V] rated current[A]	12 -	16 1	18 -
3	SAP3_HOT	SAP3 HOT 側接続	supply power[V] rated current[A]	12 -	16 1	18 -
4	SAP4_HOT	SAP4 HOT 側接続	supply power[V] rated current[A]	12 -	16 1	18 -
5	not used					
6	SAP1_RTN	SAP1 RTN 側接続	rated current[A]	-	1	-
7	SAP2_RTN	SAP2 RTN 側接続	rated current[A]	-	1	-
8	SAP3_RTN	SAP3 RTN 側接続	rated current[A]	-	1	-
9	SAP4_RTN	SAP4 RTN 側接続	rated current[A]	-	1	-

Table 4-4 Solar panel I/F connector

### 4.4 KILL-SW1, KILL-SW2 Connector

Deployment-SW を接続するコネクタである。本コネクタでは2インビットが用意されており、KILL-SW1 はバッテリーの HOT ライン、KILL-SW2 はバッテリーの RTN ラインとなる。

Silk No : CN\_K1

Connector model number : S8B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview	Parameter	Min	Typ	Max
1	KILL-SW1	KILL-SW1		-	-	-
2	KILL-SW1	KILL-SW1		-	-	-
3	KILL-SW2	KILL-SW2		-	-	-
4	KILL-SW2	KILL-SW2		-	-	-
5	B_GND			-	-	-
6	B_GND			-	-	-
7	B_GND			-	-	-
8	B_GND			-	-	-

Table 4-5 KILL-SW1 connector

## 4.5 KILL-SW3 Connector

Deployment-SW を接続するコネクタである。本コネクタでは1 インヒビットが用意している。KILL-SW3 は T01-PCU では使用しておらず、BackPlane connector に繋がっている。

Silk No : CN\_K2

Connector model number : S5B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview	Parameter	Min	Typ	Max
1	KILL-SW3	KILL-SW3		-	-	-
2	KILL-SW3	KILL-SW3		-	-	-
3	not used					
4	B_GND			-	-	-
5	B_GND			-	-	-

Table 4-6 KILL-SW3 connector

## 4.6 Flight Pin Connector

バッテリー電源経路と BUS 電源経路とをコネクタを介して接続する Flight-PIN 用コネクタである。

Silk No : CN\_FP1

Connector model number : S13B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview	Parameter	Min	Typ	Max
1	PWR_BUS-1	BAT1 側 BUS 電源経路	supply power[V]	-	-	8.2
2	PWR_BUS-1	BAT1 側 BUS 電源経路	supply power[V]	-	-	8.2
3	PWR_BAT1	BAT1 I/F	supply power[V]	-	-	8.2
4	PWR_BAT1	BAT1 I/F	supply power[V]	-	-	8.2
5	PWR_BUS-2	BAT2 側 BUS 電源経路	supply power[V]	-	-	8.2
6	PWR_BUS-2	BAT2 側 BUS 電源経路	supply power[V]	-	-	8.2
7	PWR_BAT2	BAT2 I/F	supply power[V]	-	-	8.2
8	PWR_BAT2	BAT2 I/F	supply power[V]	-	-	8.2
9	not used					
10	BAT-RTN	バッテリー Return [Flight-Pin 接続で B-GND と接地]				
11	BAT-RTN	バッテリー Return [Flight-Pin 接続で B-GND と接地]				
12	B_GND					
13	B_GND					

Table 4-7 Flight Pin connector

## 4.7 Monitor1 Connector

本コネクタは全てモニター端子である。

Silk No : CN\_M1

Connector model number : S10B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview
1	BAT1+	Battery voltage monitor
2	PWR_BAT1	KILL-SW1 制御後の BUS 電圧モニター
3	Charge1_current_n	バッテリーの充放電状態のモニター
4	MPPT1_Start	アナログ MPPT 制御動作のモニター
5	DCDC_lmon1	BAT1 経路における DCDC 出力電流モニター
6	SOC1_over90_n	BAT1 経路における満充電モニター
7	MPPT_ccont1	BAT1 経路における MPPT コントロールのモニター
8	DCDC_lcont1	BAT1 経路における DCDC 出力電流制御モニター
9	GND	GND
10	B_GND	B_GND

Table 4-8 Monitor1 connector

## 4.8 Monitor2 Connector

本コネクタは全てモニター端子である。

Silk No : CN\_M2

Connector model number : S10B-XH-A(LF)(SN) / JST Sales America Inc.

No	Signal name	Overview
1	BAT2+	Battery voltage monitor
2	PWR_BAT2	KILL-SW2 制御後の BUS 電圧モニター
3	Charge2_current_n	バッテリーの充放電状態のモニター
4	MPPT2_Start	アナログ MPPT 制御動作のモニター
5	DCDC_lmon2	BAT2 経路における DCDC 出力電流モニター
6	SOC2_over90_n	BAT2 経路における満充電モニター
7	MPPT_ccont2	BAT2 経路における MPPT コントロールのモニター
8	DCDC_lcont2	BAT2 経路における DCDC 出力電流制御モニター
9	GND	GND
10	B_GND	B_GND

Table 4-9 Monitor2 connector



### 5.Block Diagram

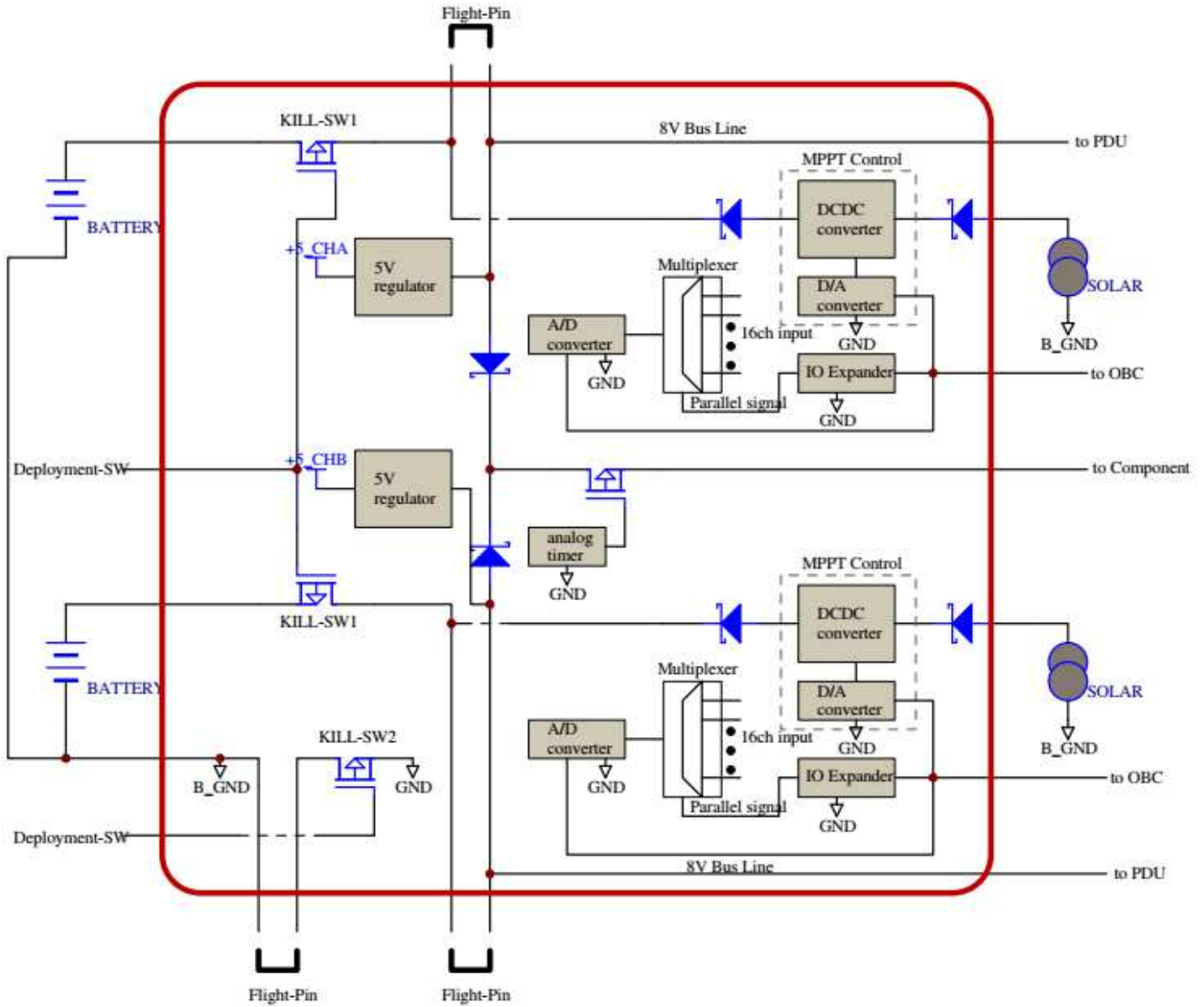


Figure.5-1 T01-PCU Block Diagram

## 6. function

### KILL-SW1

KILL-SW1 は BAT I/F からの電力ラインのスイッチ 制御を行っている。コネクタに接続されている KILL-SW1 の信号を B\_GND に設置することで KILL-SW1 は ON（導通モード）になり、バッテリーと T01-PCU の電力ラインが接続されることとなる。また、一度 ON 状態となった KILL-SW はラッチ状態となり、バッテリーの電力が絶縁状態にならない限り ON 状態が保持される。

### KILL-SW2

KILL-SW2 はバッテリーと T01-PCU のリターン経路の SW 制御を行っている。KILL-SW1 と同様にコネクタに接続されている KILL-SW2 の信号を B\_GND に設置することで KILL-SW2 は ON（導通モード）になり、バッテリーと T01-PCU のリターン経路が接続されることとなる。また、“KILL2\_sub” は SAP ラインと繋がり充電制御を行っている DCDC の EN 端子と繋がっていることから、KILL-SW2 を ON することで KILL2\_sub も連動し、DCDC が起動できる構成となっている。一度 ON となるとラッチされ ON 状態が保持される。

### KILL-SW3

KILL-SW3 のコネクタは T01-PCU に存在するが JP2 のコネクタを介して T01-PDU に接続する構成となっている。T01-PDU の DCDC 出力制御を KILL-SW3 で可能とすることで、インヒビットの 1 つとして数える。詳細は T01-PDU の資料を参照のこと。

### Flight-Pin

バッテリーと T01-PCU を物理的に遮断しているコネクタであり、Pin を接触もしくは T01-PCU 外部にてハーネス等で接続することでバッテリーとの電源ラインが接続される。

・ Pin1,2 ⇔ Pin3,4

→BAT1 経路 HOT 側の経路を接続

・ Pin5,6 ⇔ Pin7,8

→BAT2 経路 HOT 側の経路を接続

・ Pin10,11 ⇔ Pin12,13

→BAT との RTN 経路を接続

詳細は別紙の ICD を参照のこと。

### DCDC & MPPT 制御部

太陽光モジュールからの入力を DCDC コンバータで出力制御を行う回路である。バッテリーの充電量、負荷側の電流量によって、DCDC の出力電流を制御している。アナログ回路で構成した MPPT 機能に加え、DA Converter（以降 DAC と呼称）によるコントロールで精度の高い MPPT 制御を実現することができる。

太陽光パネルから入力された電力をコントロールする制御回路は BAT1 経路、BAT2 経路毎にあり、完全に 2 重化されている。本制御部では太陽光パネルの電圧を基準としたアナログ回路による MPPT トラッキングを行う。これはソフトウェア制御無しでも動作し、更に精度を要求する際にはソフトウェアで DAC を制御することで、高精度の MPPT を実現できる。DAC は充電電流量の制御用と MPPT トラッキング用の 2 つが BAT1、BAT2 の系統毎に実装されている。DAC のスレーブアドレスは下記の通りである。

Mppt\_trim1 : 1100000

Charge\_trim1 : 1100001

共に最下位 bit には Read[1]/Write[0]を付加する。

DCDC は太陽光パネル 12V 以下になると内部制御信号によりシャットダウン状態となり、動作を停止する。また、本信号は KILL-SW2 に接続しており、KILL-SW2 が OFF 状態（非導通モード）の場合には DCDC は停止している。

DCDC の出力電流は AD Converter(以降 ADC と呼称)でモニター可能であり、次式から“Imon”の電圧は決定されている。

$$IMON = 20 \times (ISP-ISN)$$

このことから Table 5-1 関係が導きだせる。

DCDC出力電流(A)	電流シャント(V)	lmon(V)
0.2	0.0047	0.094
0.3	0.00705	0.141
0.4	0.0094	0.188
0.5	0.01175	0.235
0.8	0.0188	0.376
0.9	0.02115	0.423
1	0.0235	0.47
1.5	0.03525	0.705
2	0.047	0.94

Table 5-1 出力電流と ADC 入力電圧の関係

## Component 出力制御

タイマー制御によって出力が ON になる。バッテリー I/F から電力ラインが引かれており、Flight-Pin が ON とすることでバッテリー/I/F と接続され、約 35 秒後、電力が出力される。

本出力制御は Flight-Pin を ON とした状態で BAT2 ラインから電力供給が可能となり、KILL-SW の状態に左右されることなく出力が可能となる。また、KILL-SW を ON した後の BUS ラインとも接続し電力供給が可能な構成となっている。

本出力経路は 400mA で過電流シャットダウンが働く

### 【注意事項】

人工衛星として 3 インヒビットを必要とする場合には、Flight-Pin を ON しただけでは出力が行えないように T01-PCU 基板上の所定の抵抗を外す必要がある。※詳細はお問合せ下さい

## +5V 生成

8V 非安定電源(8V Bus Line)、太陽光モジュール (SAPV1 or V2)のどちらかの電力が入力されることで 5V 生成を行う回路である。ADC、DAC、IO Expander (以降 IOEX と呼称) の電源として使用している。本回路は BAT1 経路と BAT2 経路にそれぞれ繋がっており、完全 2 重化されている。

T01-PCU 外部から RESET 信号が入力された際、5V 出力は OFF となる。RESET は T01-PCU 内部の微分回路により 2.2ms 程度のパルス入力となるため、RESET 状態は自動的に解除される。

## IO Expander

ソフトウェア制御用の拡張 IO ポートが実装されている。BAT1、BAT2 系統用に 2 重化しており、出力する制御信号も同一のものとしている。マルチプレクサの制御、MPPT 制御モニター、一時的な満充電状態への強制移行、これらを実行する信号出力を行う。Table 5-2 に IOEX の Pin Assign を記載する

端子名称	信号名	機能概要
GPA0	AinA_SEL0	Multiplexe add0
GPA1	AinA_SEL1	Multiplexe add1
GPA2	AinA_SEL2	Multiplexe add2
GPA3	AinA_SEL3	Multiplexe add3
GPA4	not used	-
GPA5	MPPT1_Start	充電可否の信号モニター (入力)
GPA6	not used	-
GPA7	IOEX0 connect	BAT1⇔BAT2 の IOEX と通信
GPB0	IOEX1 connect	〃
GPB1	IOEX2 connect	〃
GPB2	IOEX3 connect	〃
GPB3	IOEX4 connect	〃
GPB4	IOEX5 connect	〃
GPB5	IOEX6 connect	〃
GPB6	IOEX7 connect	〃
GPB7	IOEX8 connect	〃

Table 5-2 IOEX Pin Assign

- ・ GPA4 は満充電の閾値を一時的に変化できる
- ・ GPA5 は入力端子設定として使用する
- ・ I2C スレーブアドレスは“0100001”であり、左記の最下位 bit に Read[1]/Write[0]を付加する
- ・ “IOEX\* connect”は BAT1 の BAT2 それぞれの IO Expander の端子と接続されており、BAT1 側の IOEX と BAT2 の IOEX で通信することが可能である

## Multiplexer

16ch のセンシングを実行するため、マルチプレクサで ADC の入力を切り替える。接続される 16ch に対し、ADC へ出力されるのは 1ch のみである。これを切り替えるのは IOEX からの制御信号によって行う。IOEX と同様に完全 2 重化している。

CH	モニター名	機能概要
S1	SAP1_current_mon	SAP1 の電流
S2	SAP2_current_mon	SAP2 の電流
S3	SAP3_current_mon	SAP3 の電流
S4	SAP4_current_mon	SAP4 の電流
S5	SAP_V1_mon	SAP1 & SAP2 経路の電圧
S6	SAP_V2_mon	SAP3 & SAP4 経路の電圧
S7	BAT1_MON	BAT1 の電圧
S8	BAT1_current_mon	BAT1 の電流
S9	BAT_temp1	BAT1 の温度センサー
S10	DCDC_lmon1	DCDC1 の出力電流
S11	BAT2_MON	BAT2 の電圧
S12	BAT2_current_mon	BAT2 の電流
S13	BAT_temp2	BAT2 の温度センサー
S14	DCDC_lmon2	DCDC2 の出力電流
S15	current_mon8	“+BUS_unkilled” の出力電流
S16	MPPT1_Start	MPPT 制御部の電圧

Table 5-3 IO Multiplexer Pin Assign

## AD Converter

センシングを行うため、ADC を実装している。入力は 1ch のみであり、ADC の結果は I2C で取得する。入力の切り替えはマルチプレクサで行っている。IOEX と同様に 2 重化している。

ADC は I2C 用と SPI 用の 2 種類が実装されている。ADC は Multiplexer によって選択されたモニター信号が入力され、読み取りを行う。I2C 用 ADC はレジスタ設定によって分解能 12bit~18bit を選択可能となっている。I2C のスレーブアドレスは “1101001” であり、左記の最下位 bit に Read[1]/Write[0]を付加して設定する。

## RESET

JP2 を介して RESET は T01-PCU に入力される。RESET は ADC、DAC、IOEX、Multiplexer などデジタル系の IC をリセットするために用いられ、T01-PCU 内部の微分回路により約 2ms 程度のパルス信号 (H アクティブ) で電力供給が一時的に遮断される。



## 製品シリーズ

Product code	Classification	Description
T01-PCU-08	PCU	BUS 電圧 8V タイプ
T01-PDU-08	PDU	BUS 電圧 8V タイプ
T01-PCU-12	PCU	BUS 電圧 12V タイプ
T01-PDU-12	PDU	BUS 電圧 12V タイプ

## 改訂履歴

Created date	Rev	History
2019/1/16	1.0	初版