



AstreX Inc.

AXPHDY-PCU

Data Sheet

Power Control Unit for Micro Satellite

Rev : 1.1

1. 概要

AXPHDY-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 200W までの電力を必要とする超小型衛星にとって最適な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、電流をモニタする機能と共に、OBC (On Board Computer) 等から RS422/485 経由で制御することを可能としている。

デジタル制御部とアナログ制御部は GND が完全に絶縁されており、Isolation 回路で制御信号を伝達させる構成となっている。

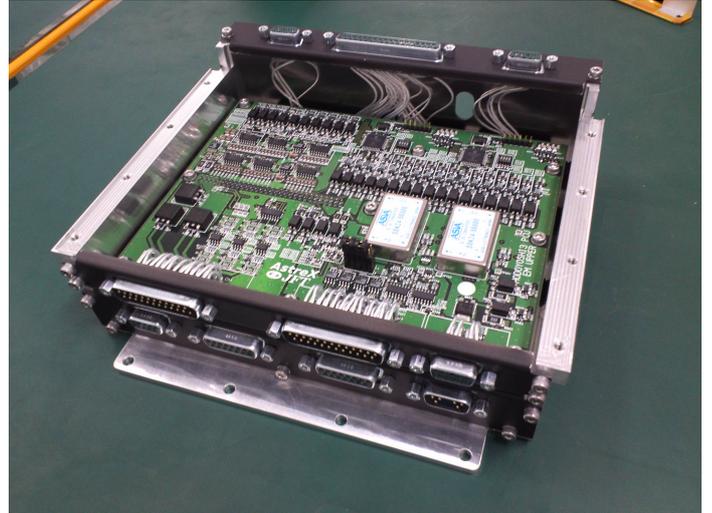


Figure.1-1 AXPHDY-PCU 外見図

2. 特徴

- ◆ BAT 電圧: Max33.4V (31V 以上で 0.2C 充電以下)
- ◆ BUS 方式: 28V 非安定 BUS
- ◆ SAP 電圧範囲: 35V~60V
- ◆ Inhibit 数: 3
- ◆ Flight-Pin 数: 2
- ◆ 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 12bit による各種電流、電圧モニタ
- ◆ タイマーによる無線機、OBC への自動給電機能
- ◆ RS422/485 による OBC との通信機能
- ◆ アナログ部とデジタル部の電氣的完全絶縁構成
- ◆ 筐体接合により、構造的一体化構成が可能



Figure.1-2 AXPHDY-PCU+PDU

3. 代表的なアプリケーション

- ◆ 50kg 級超小型衛星
 - ・ 複数の超小型衛星で搭載実績有り
 - ・ 軌道高度において 4 年以上の運用実績

4.コネクタと定格

コネクタ及び定格は別紙の「AXPHDY-PCU_ICD」（以降 ICD と呼称）の最新版を参照のこと。

5. Block Diagram

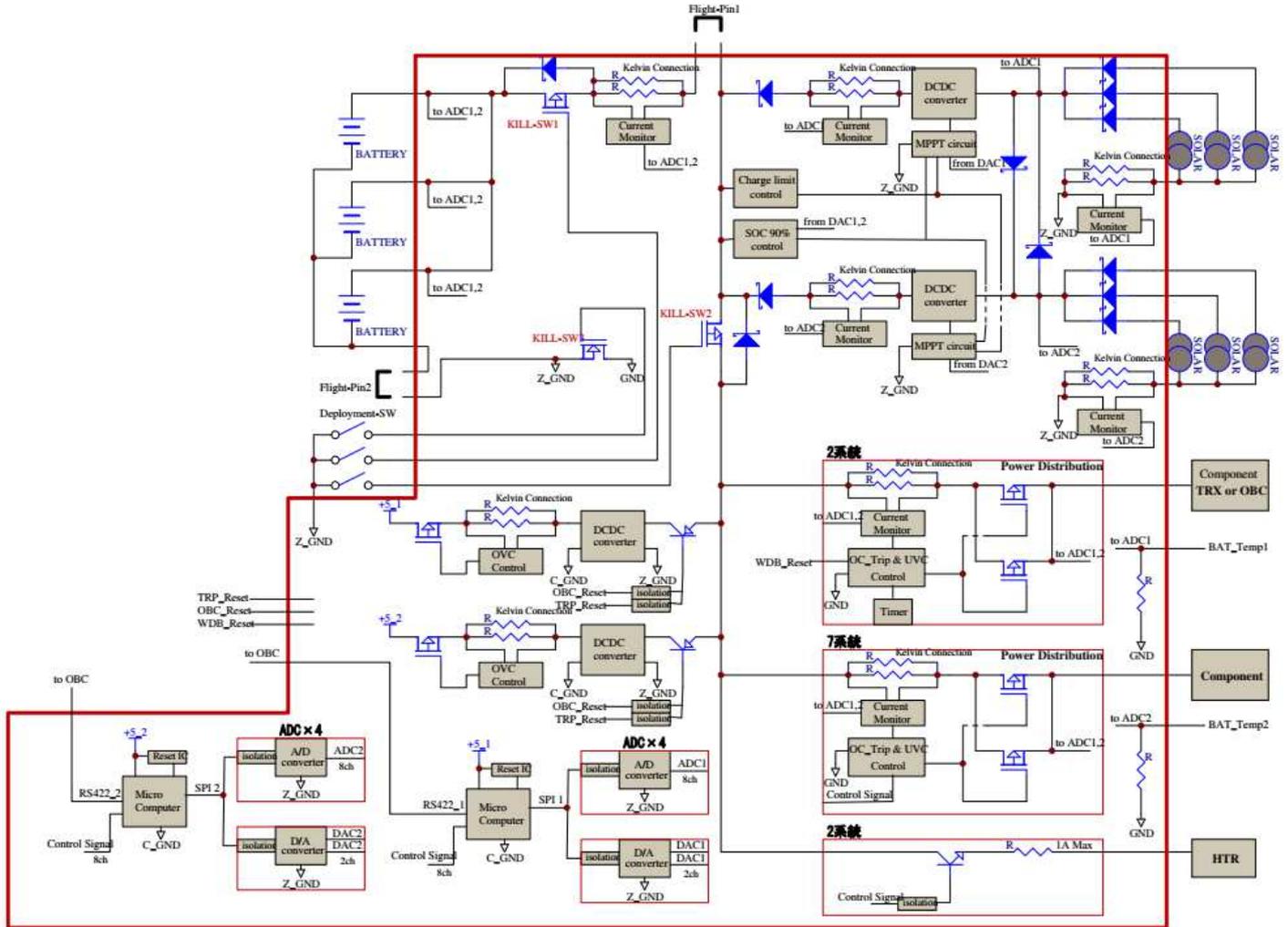


Figure.5-1 PCU Block Diagram

- ・ PCU は基板上下で組み合わせる 2 枚構成となっている
- ・ Figure.5-1 は基板 2 枚で構成される全体を記している

6. Inhibit & Flight-Pin

KILL-SW1

KILL-SW1 は BAT I/F からの電力ラインの SW 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 Z_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 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枯渇しない限り ON 状態が保持される。

KILL-SW2

KILL-SW2 のコネクタは PCU に接続するコンポーネントや PCU デジタル部への電力供給を制御している。KILL-SW1 と同様に繋がる信号を Z_GND に接地することで ON (導通モード) 状態になり、ラッチされる。

KILL-SW3

KILL-SW3 はバッテリーと PCU のリターン経路の SW 制御を行っている。KILL-SW1,2 と同様にコネクタに接続されている KILL-SW3 の信号を Z_GND に設置することで ON (導通モード) になり、ラッチされる。KILL-SW1,2,3 の全てが ON 状態となることで、PCU の全機能が動作可能となる。

Flight-Pin

バッテリー、PCU との HOT、RTN 経路を物理的に遮断するコネクタである。フライト時には PCU のコネクタに出ているラインに対し、Pin を接触もしくは PCU 外部においてハーネス等で接続することでバッテリーとの電源経路を接続すること。接続に関しては ICD を参照のこと。

7. Function

Battery I/F

バッテリーは 3 並列分接続可能である。1 系統に付加可能な電圧は 33.4V である。それ以上の電圧を印加した際の動作は保証しない。また、過充電保護

にもかかるため、充電も 33.4V までとなる。

それぞれの経路に対し、バッテリー電圧モニタが実装されている。また、双方向電流検知機能もあり、バッテリー電流値、電流の方向を示すパラメータの 2 つを用いることで、充電電流、放電電流の測定が可能となっている。これらは AD コンバータ (以降 ADC と呼称) に接続される。

太陽光受電回路

太陽電池パネル (以降 SAP と呼称) は最大 6 並列接続が可能である。ただし、印加できる電圧は 1 系統あたり 60V が最大となる。太陽光受電回路は完全な 2 重系となっており、2 つの回路が別々に DCDC を持ち、MPPT 制御、過充電保護回路を備えている。また、SAP の発電電圧、電流は ADC でモニタしており、これも 2 重系となっている。

MPPT 回路は SAP からの受電をアナログ回路で自動的に判断し、制御する機能を搭載している。更に PCU 搭載マイコンでソフトウェア的に DA コンバータ (以降 DAC と呼称) を制御することで、更に精度の高めた MPPT 制御※1 が可能となる。

デジタル部電源生成回路

BUS 電源をデジタル系駆動のため 5V 安定電源を生成するための回路であり、完全な 2 重冗長構成となっている。

生成される 5V は BUS 電源とは絶縁された電源となる。PCU のデジタル部で使用される電流量は最大でも 200mA 程度であるが、放射線による SEL 発生時にデジタル系でラッチアップが生じた際、通常よりも電流が倍程度流れることが予想されるため、400mA 以上 5V 生成用 DCDC コンバータから電流が流れた場合には、デジタル系に対し 5V 電源の供給を停止し、Power on Reset を実行する。電源の供給は数百 ms 程度で自動的に復帰する。

また、PCU 外部から TTL 信号で入力されるリセット信号によって、5V 電源の供給を一時的に停止することも可能である。

Power Distribution

PCU は 28V 非安定 BUS の電力分配機能を 11 系

統備えている。各 CH に接続するコンポーネントはユーザーの自由ではあるが、推奨する接続を以下に記載する。

CH	Component	Rec UVC [V]	Trg UVC[V]	OCC [A]
1	TRP(無線機)	22.7	21.1	1
2	WDT	22.7	21.1	0.2
3	OBC	22.7	21.1	1
4	推奨無し	22.7	21.1	1
5	推奨無し	24.5	22.8	2
6	推奨無し	24.5	22.8	2
7	推奨無し	24.5	22.8	2
8	PDU	24.5	22.8	3
9	推奨無し	24.5	22.8	2
10	BAT-HTR1	-	-	1
11	BAT-HTR2	-	-	1

Table 7-1 Power Distribution

Rec-UVC : 低電圧保護 (低電圧シャットダウン復帰)
Trg-UVC : 低電圧保護 (低電圧シャットダウン)
OCC : 過電流保護 (過放電シャットダウン)

詳細は最新の ICD を参照のこと。

CH によって電力供給を ON/OFF する方法が異なる。PCU 起動後、一定時間経過で電力供給が開始される経路、マイコンからのコントロール信号によって電力供給が開始される経路がある。また、PCU 外部から入力されるリセット信号によって、電力供給を停止することも可能である。この際、Timer によって電力供給が開始される経路は自動的に復帰する。詳細は Table 7-2 の通りである。

CH	Timer	Control Signal	Reset Signal
1	85 秒で ON	-	-
2	-	ON/OFF	OFF
3	55 秒で ON	-	OFF
4	-	ON/OFF	OFF
5	-	ON/OFF	OFF

6	-	ON/OFF	OFF
7	-	ON/OFF	OFF
8	-	ON/OFF	OFF
9	-	ON/OFF	OFF
10	-	ON/OFF	OFF
11	-	ON/OFF	OFF

Table 7-2 ON/OFF Control

CH10、CH11 は過電流、過放電シャットダウン機能が無い。本 CH はバッテリーヒータ専用の電力供給経路であり、最大出力電流は常温環境下で 1A が最大となっている。また、本 CH はデフォルト温度計 Table 7-4 の CH6 をモニタし、電力出力を自動的に ON/OFF コントロールする仕様となっている。コマンドによる ON/OFF 制御も可能である。

MicroComputer

PCU は宇宙実績のあるマイコンを採用すると共に完全 2 重冗長構成となっている。マイコンでは主に以下の制御を行っている。

- ・ OBC からのコマンド受信
- ・ OBC へのテレメトリ送信
- ・ ADC の読み取り
- ・ DAC の制御
- ・ 電力供給の ON/OFF 制御

OBC との通信に用いられるコマンド、テレメトリについては、別紙を参照のこと。通信制約については後記する。

ADC や DAC とは SPI で通信を行っており、信号は全て isolation 回路を通してている。これは電力供給経路を ON/OFF するコントロール信号も同じであり、デジタル部の 5V 電源と 28V 非安定 BUS とは完全に絶縁されているためである。

A/D Converter

ADC は完全 2 冗長構成になっており、マイコン 1、マイコン 2 それぞれと SPI で通信されている。ADC に接続されている情報はマイコン 1 用、マイコン 2 用で同一である。

ADC は最大 12bit 精度であるが、全ての CH で最大精度を取得しているわけではない。また、テレメトリとして PCU から出力される ADC のデータは変換されていない生データとなる。このため、工学値に変換するためには個別の計算式を用いる。下記に取得している ADC の情報を記載する。

CH	ADC[SAP]	Formula
1	SAP1 電流	$ADC \times 5 / 256$
2	SAP2 電流	"
3	SAP3 電流	"
4	SAP4 電流	"
5	SAP5 電流	"
6	SAP6 電流	"
7	SAP1~3 電圧	$ADC / (256 / 5) \times 20$
8	SAP4~6 電圧	"

Table 7-3 ADC SAP

CH	ADC[BAT]	Formula
1	BAT1 電圧	$ADC \times 25 \times 2 / 4096$
2	BAT2 電圧	"
3	BAT3 電圧	"
4	BAT 電流	$5 \times (ADC \times 5 / 4096) - ANM$
5	BAT 充放電状態	$ADC \times 5 / 256$
6	BAT 温度※2	-
7	PDU-CH1 電圧	$ADC / (256 / 5) \times 10$
8	PDU-CH3 電圧	"

Table 7-4 ADC BAT

CH	ADC[PDU1]	Formula
1	PDU-CH1 電流 Res : 0.198795※3	$(5 \times ADC) / ((1200/200) \times 256 \times Res)$
2	PDU-CH2 電流 Res : 1	"
3	PDU-CH3 電流 Res : 0.198795	"
4	PDU-CH4 電流 Res : 0.198795	"
5	PDU-CH5 電流 Res : 0.1	"

6	PDU-CH6 電流 Res : 0.1	"
7	PDU-CH7 電流 Res : 0.1	"
8	PDU-CH8 電流 Res : 0.066667	"

Table 7-5 ADC PDU1

CH	ADC[PDU1]	Formula
1	PDU-CH9 電流 Res : 0.1	$(5 \times ADC) / ((1200/200) \times 256 \times Res)$
2	PDU-CH2 電圧	$ADC / (256 / 5) \times 10$
3	PDU-CH4 電圧	"
4	PDU-CH5 電圧	"
5	PDU-CH6 電圧	"
6	PDU-CH7 電圧	"
7	PDU-CH8 電圧	"
8	PDU-CH9 電圧	"

Table 7-6 ADC PDU2

ここで記載している PDU とは PCU が持つ電力分配機能のことを指している。

BAT-HTR 用電力供給回路には電圧、電流モニタが搭載されていない。

バッテリー電流は充放電、放電の情報を示す「BAT 充放電状態(ANM)」を使うことで求めることができる。この ANM が 2.5V 以上の場合は放電、以下の場合に電流は充電方向であることを示す。

D/A Converter

ADC と同様に完全 2 重冗長構成となっており、一つの DAC は 2CH もっており、デジタル MPPT、一時的な Soc 開放制御の 2 つの機能に用いる。ただし、DAC の制御は標準搭載されていない。

※1

RESET

外部からの TTL 信号によって PCU をリセットすることが可能である。リセットの名称と使用方法、機能は以下の通りである。

・ PCU_Reset_OBC

4.5V~5V の TTL 信号によって Reset 信号として使用可能である。信号を 1s 以上ロジック Active-Hi に保持することで、PCU を Reset することが可能である。ただし PDU-CH1、PDU-CH3 は出力を保持される。

本信号を使用しない場合は未接続にするか、信号を Low-Level (0V) に保持すること。

・ PCU_Reset_XTRP

4.5V~5V の TTL 信号によって Reset 信号として使用可能である。信号を 0.1s 以上ロジック Active-Low に保持することで、PCU を Reset することが可能である。ただし PDU-CH1、PDU-CH3 は出力を保持される。

本信号を使用しない場合は未接続にするか、信号を Hi-Level (4.5V~5V) に保持すること。

・ WDB_OBC_Reset_IN

4.5V~5V の TTL 信号によって Reset 信号として使用可能である。信号を 1s 以上ロジック Active-Hi に保持することで、PDU-CH3 のみ出力を一時的に停止することが可能である。

本信号は PCU をリセットすることはできない。本信号を使用しない場合は未接続にするか、信号を Low-Level (0V) に保持すること。

※1 : デジタル MPPT、Soc 開放制御は標準搭載されていない

※2 : バッテリ温度は温度計によって計算式が異なる
(AD590 使用が想定回路構成となっている)

BAT 温度のみ、マイコン 1 側とマイコン 2 側で読み取る
温度情報が異なる

※3 : Res の値はシャント抵抗値であり過電流 Trip の設定値によって異なる

8. ソフトウェア制約

●コマンド通信規格

PCU と OBC との通信は UART 形式で通信が可能である。通信設定は以下の通りである。

パリティ : none / StopBit : 1 / ワード長 : 8 / 速度 : 38400bps

OBC からのコマンド受信、PCU からのテレメトリ送信には固有のコマンド識別子 (STX、ETX など)、それぞれの Byte 長が固定されている。通信コマンドについては別紙を参照のこと。

PCU のファームウェアは自己判断をせず、OBC からのコマンドによってのみ実装する動作を決定する。コマンドを受信する際にもコマンド識別子の不一致などを除いて、勝手な判断をせず受信 Error 時の処理は Figure.8-1 の形式で実行される。

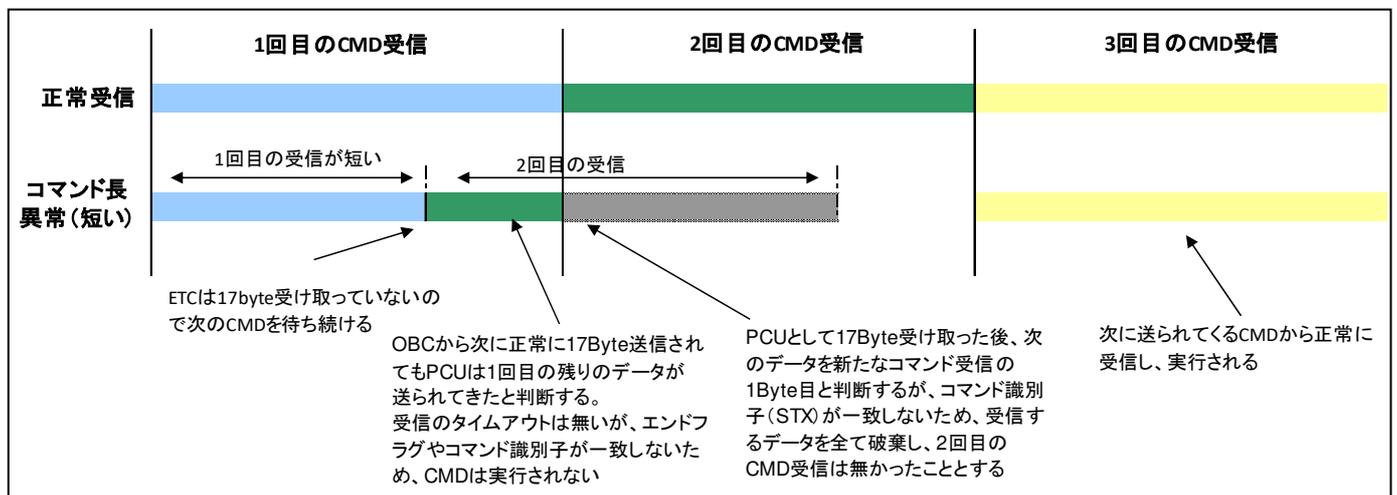


Figure.8-1 コマンド長 Error 時の処理

CRC 符号化機能は PCU に標準搭載されていないため、コマンドの Error 要因はコマンド識別子や割り当てられていない受信コマンドなどに起因する。

●テレメトリ通信規格

コマンドと同じく UART 形式にて通信が可能である。通信設定も上記のコマンド時と同条件となる。コマンド識別子の実装、CRC 標準未実装についてもコマンド条件と同一である。詳細は別紙のコマンド&テレメトリ関連最新資料を参照のこと。

PCU から 1 秒間隔で固定長にてテレメトリは出力される。テレメトリ出力を止める機能は標準搭載されていない。また、テレメトリ情報は不揮発性メモリなどに保存はされていないため、PCU に搭載されているマイコンがリセットされると全ての情報はリセットされる。

●UVC、OCC の復帰

マイコンからのコントロール信号で電力供給を ON/OFF する経路は Figure.8-2 の構成となっている。過電流やバッテリー低電圧によって電力供給が遮断される場合はハードウェアが自動的に供給を停止する。この時、供給を ON/OFF するためのコントロール信号の状態は自律的に OFF には戻らない。給電を再開するためには UVC や OCC の状態になったことを OBC が PCU のテレメトリから判断し、コントロール信号を一度 OFF にした上で、再度 ON にすることで電力供給は再開できる。

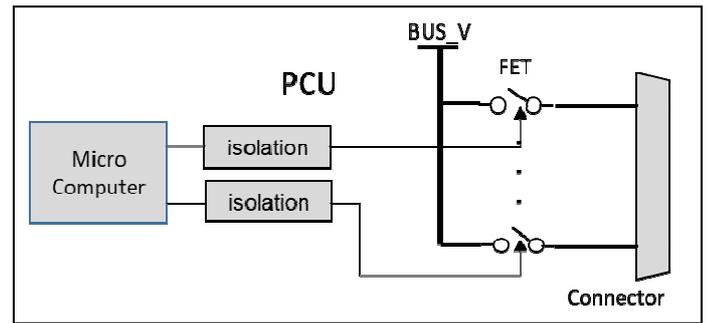


Figure.8-2 電力供給制御回路

9. 基板寸法

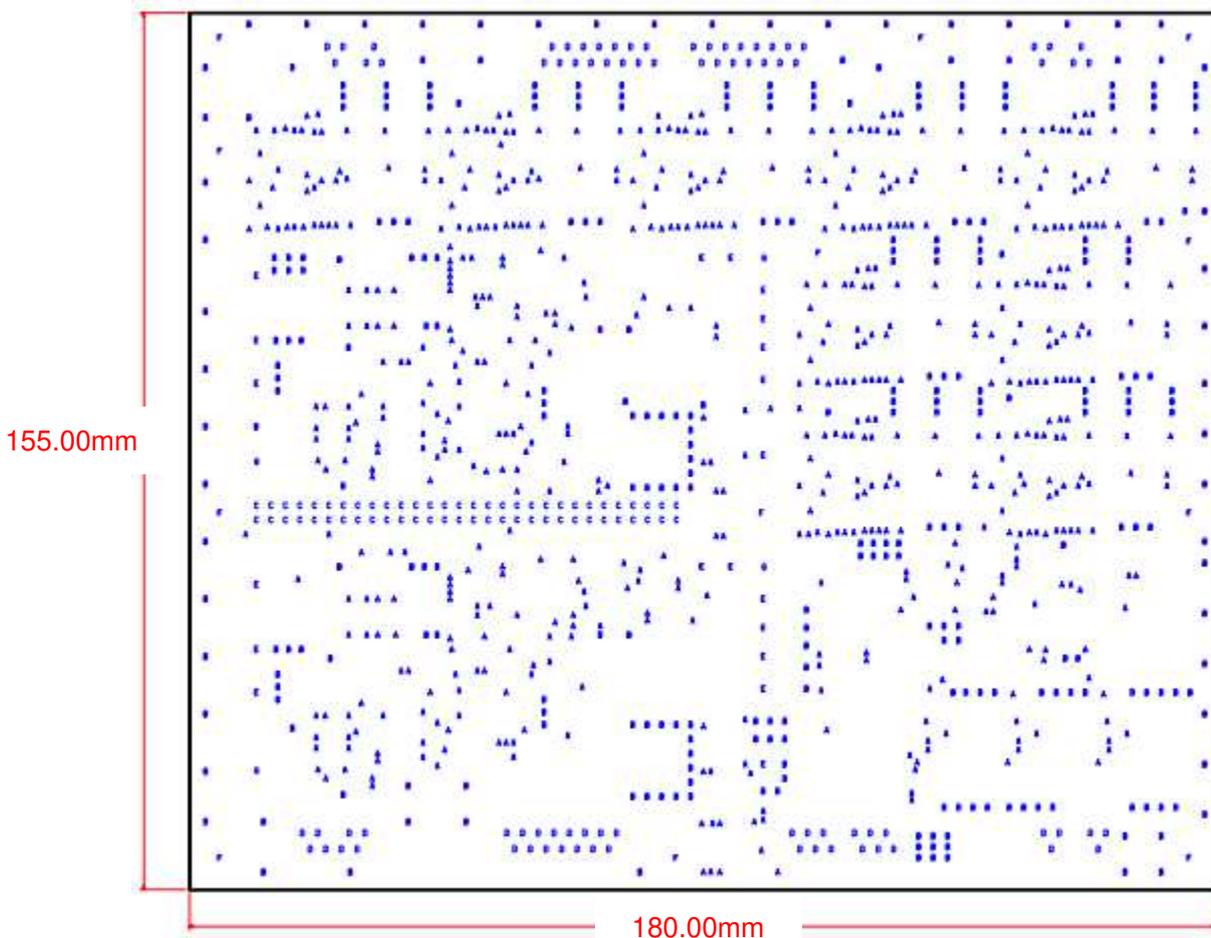


Figure.9-1 PCU Lower 基板寸法図

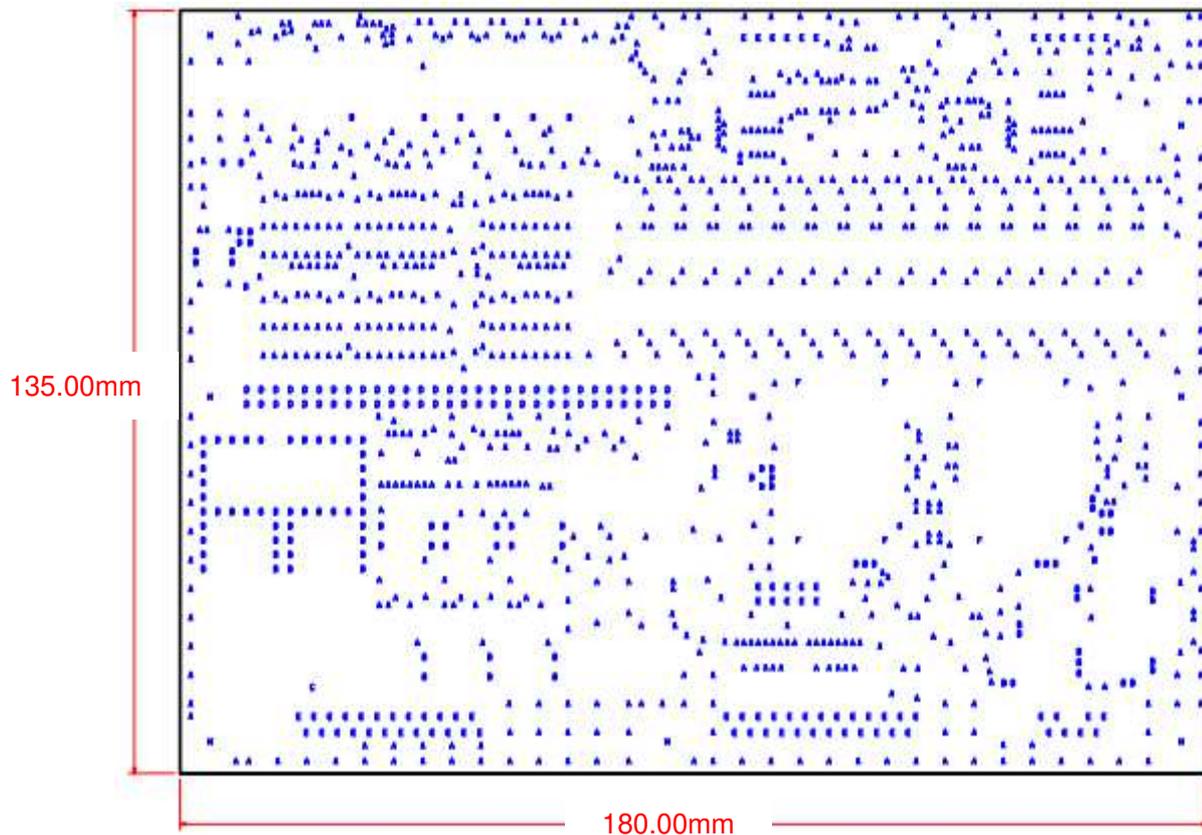
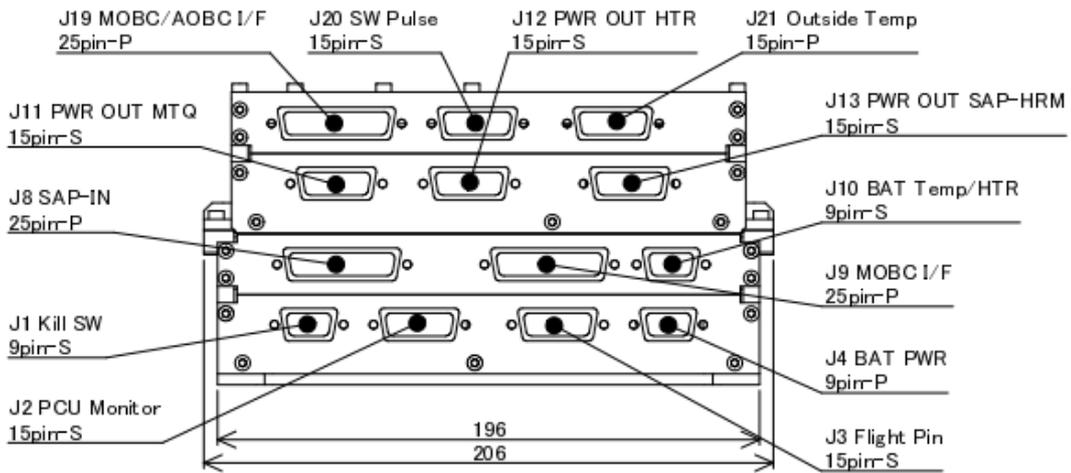
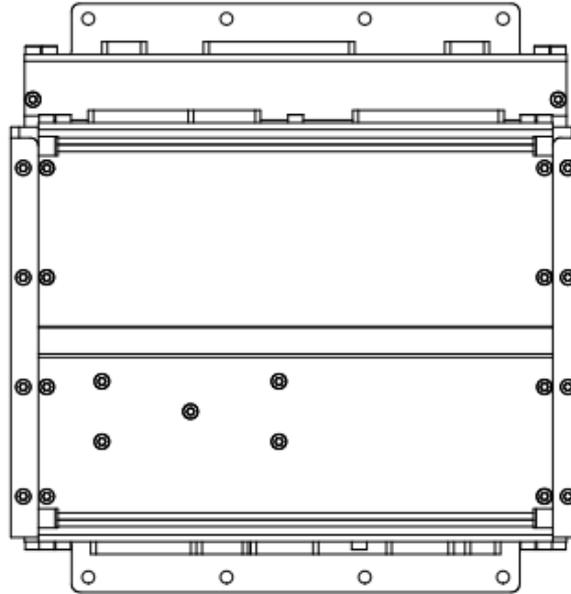
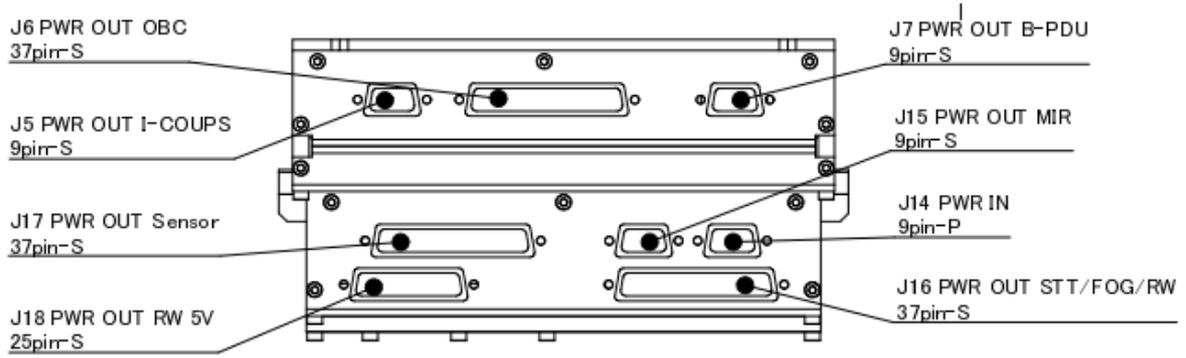
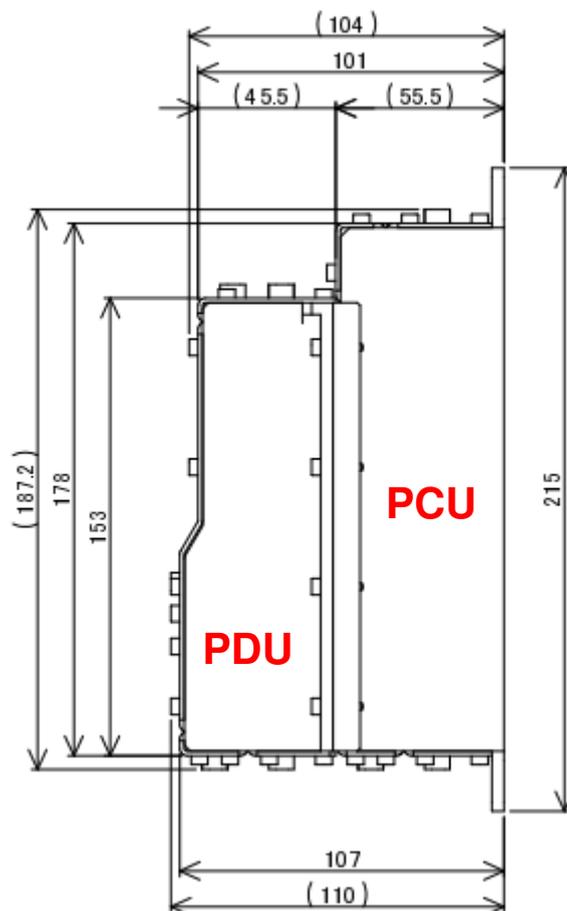


Figure.9-2 PCU Upper 基板寸法图

10. 外形寸法





重量：2860g

Figure.10-1 AXPHDY-PCU & PDU 寸法図

- ・ PCU、PDU 一体化構造図
- ・ 重量は PCU&PDU の基板+筐体の合計である ※製品によって数%の誤差が生じる
- ・ J1～J10 が PCU のコネクタとなる
- ・ PCU(J7)から PDU(J14)に対してはハーネスで接続され、電力供給が行われる
- ・ PCU、PDU は個別に使用可能であるが、分離して使用する場合、Figure.1-1 のように PCU の上面パネルは標準品には含まれない(本来は PCU の上に PDU が重なり構成されるため)

作成日	版数	備考
2019/2/26	Rev1.0	初版
2019/3/26	Rev1.1	Figure.10-1 を更新