

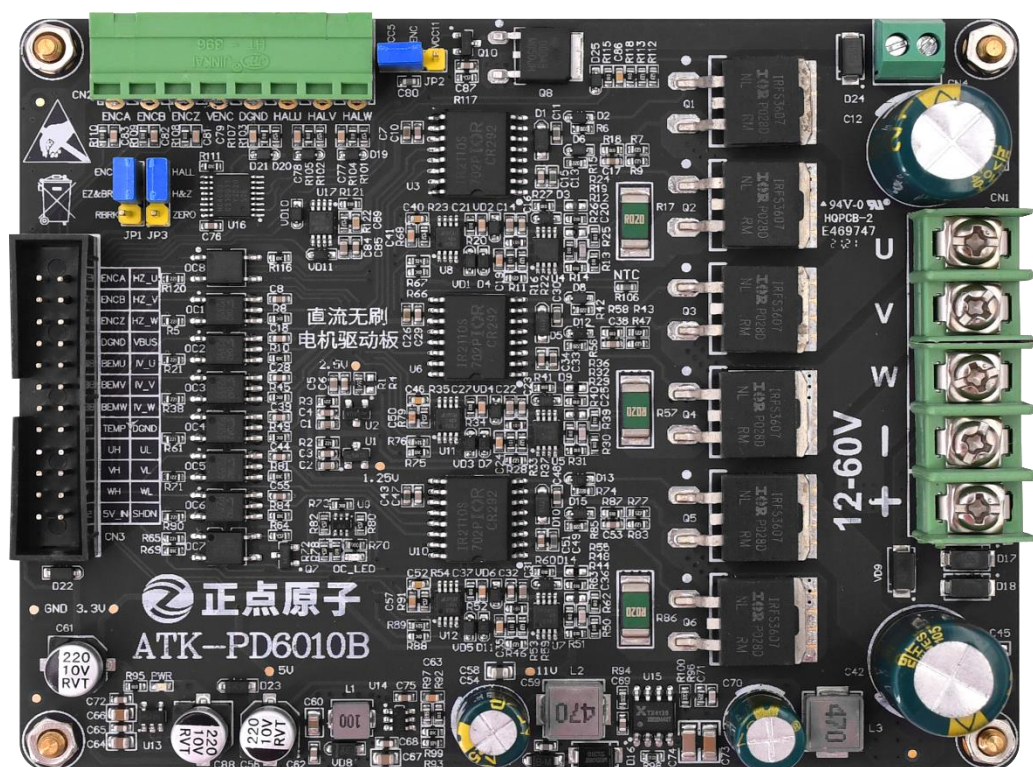
# ATK-PD6010B 直流无刷驱动板用户手册

高性能直流无刷驱动板

用户手册

正点原子

广州市星翼电子科技有限公司



## 修订历史

| 版本    | 日期         | 原因    |
|-------|------------|-------|
| V1.00 | 2021/12/20 | 第一次发布 |
|       |            |       |

## 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1, 特性参数.....                    | 1  |
| 1.1 ATK-PD6010B 驱动板简介 .....     | 1  |
| 1.2 ATK-PD6010B 驱动板硬件接口描述 ..... | 1  |
| 2, 实验平台硬件资源详解.....              | 3  |
| 2.1 ATK-PD6010B 驱动板原理图详解 .....  | 3  |
| 2.1.1 3 相 H 桥电路.....            | 3  |
| 2.1.2 双路基准电压电路.....             | 4  |
| 2.1.3 电压&电流采集电路 .....           | 4  |
| 2.1.4 过零&过流检测电路 .....           | 5  |
| 2.1.5 过流保护电路.....               | 6  |
| 2.1.6 电源电路.....                 | 7  |
| 2.1.7 控制&采集接口 .....             | 8  |
| 2.1.8 霍尔&过零检测电路.....            | 9  |
| 2.1.9 电机霍尔&编码器接口 .....          | 9  |
| 2.1.10 电机相线&电源端子 .....          | 10 |
| 2.1.11 电源电压&温度采集电路 .....        | 10 |
| 2.1.12 制动电路.....                | 11 |
| 2.2 ATK-PD6010B 驱动板使用注意事项 ..... | 11 |
| 3, 结构尺寸.....                    | 12 |
| 4, 其他.....                      | 13 |

# 1，特性参数

## 1.1 ATK-PD6010B 驱动板简介

ATK-PD6010B 是正点原子推出的一款高性能大功率直流无刷驱动板，主要有以下特点：

- 1，支持 DC12~60V 宽范围供电，最大输出电流 10A，最大驱动功率 600W；
- 2，支持霍尔传感器检测，编码器检测，过零检测；
- 3，支持 3 相电流采集，3 相反向电动势采集，温度采集，驱动板电源电压采集；
- 4，支持硬件过流保护（10A）、输入过压保护和反接保护；
- 5，控制信号全部光耦隔离，采集信号全部 ESD 保护；
- 6，支持外接制动电阻，实现制动控制；

## 1.2 ATK-PD6010B 驱动板硬件接口描述

ATK-PD6010B 直流无刷驱动板硬件接口描述如图 1.2.1 所示：

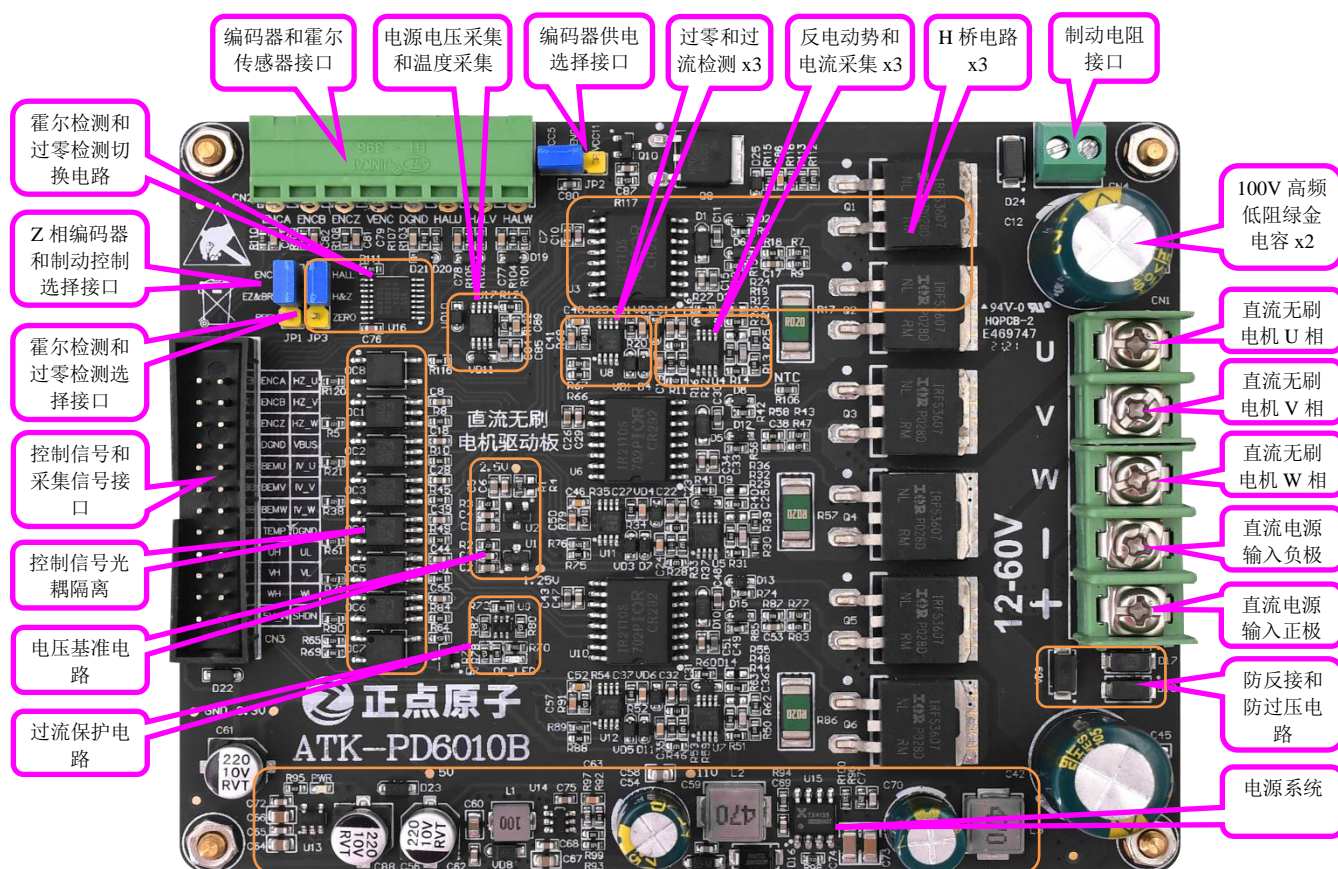


图 1.2.1 ATK-PD6010B 硬件接口描述

为了方便用户接线使用，我们对 ATK-PD6010B 驱动板接口和跳线帽作一个说明：

1, 控制信号和采集信号接口 CN3, 这是一个 2\*12P 2.54 间距的牛角座接口, 通过一根 24P 牛角排线直连我们 ATK-DMF407 电机开发板的直流有/无刷驱动器接口, 实现开发板对驱动板的控制以及信号的采集。

2, 编码器和霍尔传感器接口 CN2, 这是一个 8P 的 HT396R 端子, 包括 3 相编码器接口、3 相霍尔传感器接口以及编码器供电接口。这个接口用于连接电机的编码器和霍尔传感器, 从而实现电机转速的测量以及电机转子位置的检测等。

3, 编码器供电选择接口 JP2, 驱动板板载了 5V 电源和 11V 电源, 用户可根据电机编码器供电电压选择合适的电源, 默认使用 5V 电源。

4, 制动电阻接口 CN4, 用于外接制动电阻, 结合制动电路实现制动控制。

5, Z 相编码器和制动控制信号选择接口 JP1, 有时候我们可能只用到编码器的 AB 相, 那 Z 相就可以用作制动控制, 通过制动控制电路实现电机制动。

6, 霍尔检测和过零检测选择接口 JP3。为了提高驱动板对更多无刷电机的适配性, 我们的驱动板不仅板载了编码器接口和霍尔传感器接口, 还板载了过零检测电路。当我们要驱动一个既没有编码器又没有霍尔传感器的直流无刷电机时, 这个过零检测电路就起作用了。默认使用霍尔检测的方式。

7, 电机和电源接口 CN1, 电机接口就是用来连接直流无刷电机的动力线了, 包括 U/V/W 这 3 相线; 电源接口则是连接外部电源, 范围 DC12~60V。

**8, 我们的电机控制专题教程里面, 很多实验都用到了该驱动板, 所以请大家仔细阅读该驱动板的手册, 对各部分电路的原理有个基本的认识, 方便我们更好的进行实验。另外, 可以看到驱动器接口丝印清晰明了, 所以请大家看清楚了再接线, 以防烧毁驱动板。**

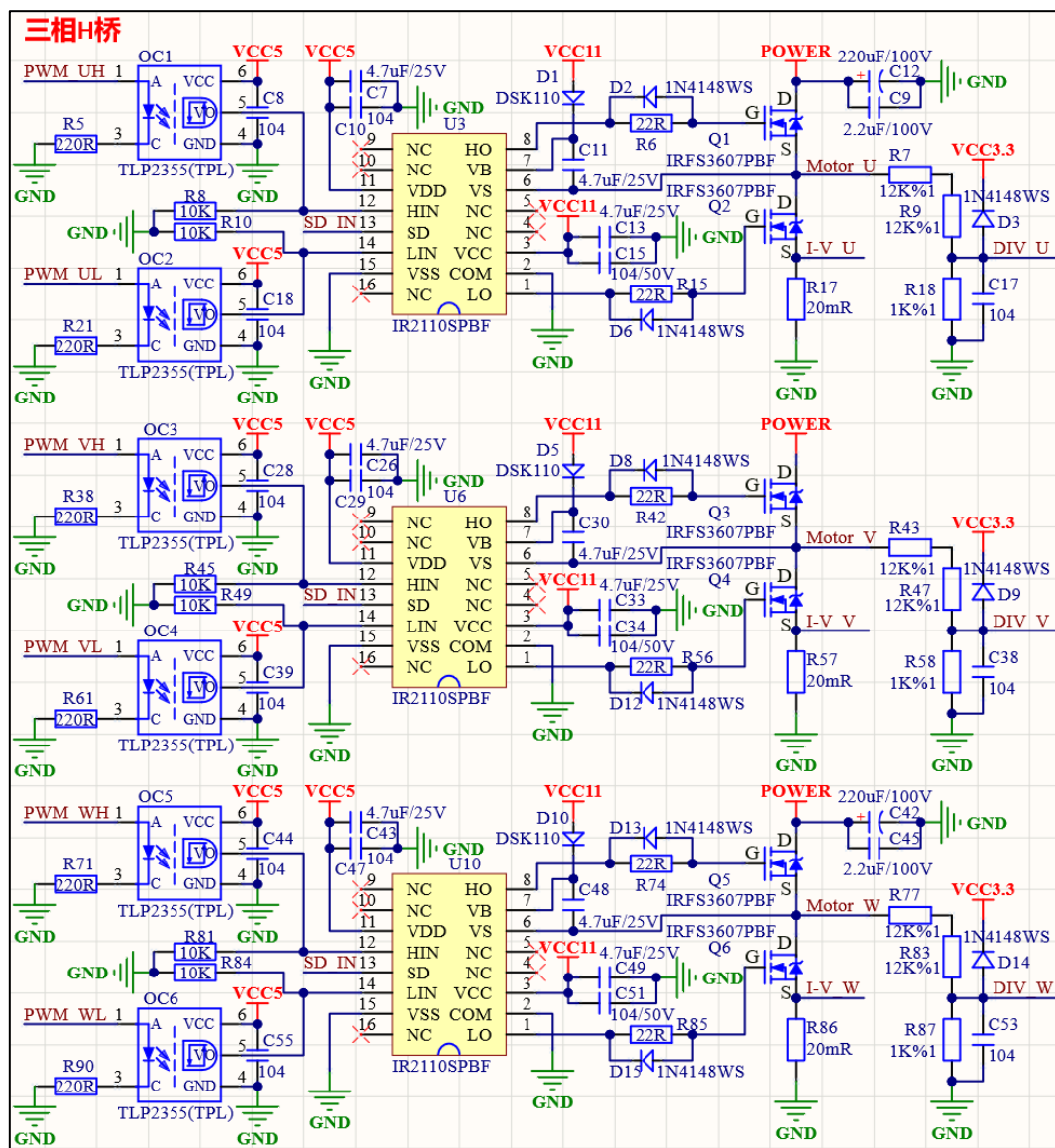


## 2, 实验平台硬件资源详解

### 2.1 ATK-PD6010B 驱动板原理图详解

#### 2.1.1 3 相 H 桥电路

ATK-PD6010B 驱动板 3 相 H 桥电路, 如图 2.1.1.1 所示:



控制上管 Q1 的开关，HIN=1 则 Q1 导通，HIN=0 则 Q1 关闭；LIN 信号则通过 LO 控制下管 Q2 开和关。Q1 和 Q2 的输出 Motor\_U 就连接电机的 U 相线。

我们这里选择**图腾输出型**高速光耦，也是经过慎重选择的，图腾输出类似推挽输出，无需上下拉电阻，输出能力强，输出信号跟随输入信号，**当光耦输入端悬空时，默认输出低电平**。如果把图腾输出型换成开集输出型光耦，会有什么现象呢？开集输出类似开漏输出，需要强上拉电阻才能保证足够的驱动能力和速度，**最重要一点是，当输入悬空时，输出信号被上拉电阻拉高，这个时候，HIN 和 LIN 都为高，恰好栅极驱动 IC 的 SD 引脚默认内部下拉，所以都为高电平的 HIN 和 LIN 会同时打开上下管，上下管同时导通，主电源 POWER 直接接地，那后果不堪设想，轻则烧毁驱动器，重则连同输入电源一同烧毁。所以我们这里选择图腾型输出光耦，当输入悬空的时候，上下管都是关闭的。**

再来看下栅极驱动输出信号 HO 和 LO，并不是直接控制上下管的栅极，而是串联了 22R 的电阻，并在电阻上反向并联了开关二极管。22R 电阻为匹配电阻，防止 Cgs 和寄生电感形成谐振，进而影响 MOS 管正常工作，开关二极管则用于加快 MOS 管关断。D1 和自举电容 C11 则是用于提升高侧栅极驱动电压。

下管 Q2 串联 20mR 功率采样电阻到 GND，当有电流 I 流过采样电阻时，采样电阻上就会产生一个电压  $I \cdot 0.02\Omega$  (20mR)，我们用 I-V 表示电流 I 经过采样电阻后形成的电压，3 相分别用 I-V\_U、I-V\_V、I-V\_W 表示。

因为相电压很高，ADC 不能直接采集，所以我们通过 R7 (12K)、R9 (12K) 以及 R18 (1K) 组成的电阻分压网络分压，分压后电压为 DIV，3 相分别用 DIV\_U、DIV\_V、DIV\_W 表示，很容易计算出相电压 (H 桥开通) 或者反向电动势 (H 桥关断)  $Motor\_U = 25 \cdot DIV\_U$ 。我们 ADC 采集到 DIV\_U 之后就可以计算出 Motor\_U。如果 ADC 参考电压 3.3V，那我们最大可以采集  $25 \cdot 3.3V = 82.5V$  的相电压。

### 2.1.2 双路基准电压电路

ATK-PD6010B 驱动板板载双路基准电压电路，如图 2.1.2.1 所示：

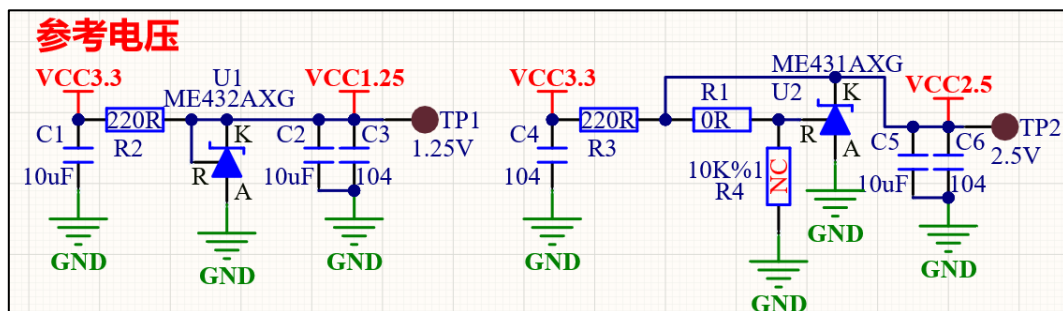


图 2.1.2.1 基准电压电路

图中可以看到，共 2 路专用基准电压芯片，ME432 和 ME431，ME432 输出 1.25V 基准电压 VCC1.25，用于相电流差分放大的参考电压（详细内容请看 2.1.3 小节）；ME431 输出 2.5V 基准电压 VCC2.5，则用于电压比较器过流检测（详细内容请看 2.1.4 小节）。

### 2.1.3 电压&电流采集电路

ATK-PD6010B 驱动板板载的电压&电流采集电路，如图 2.1.3.1 所示：

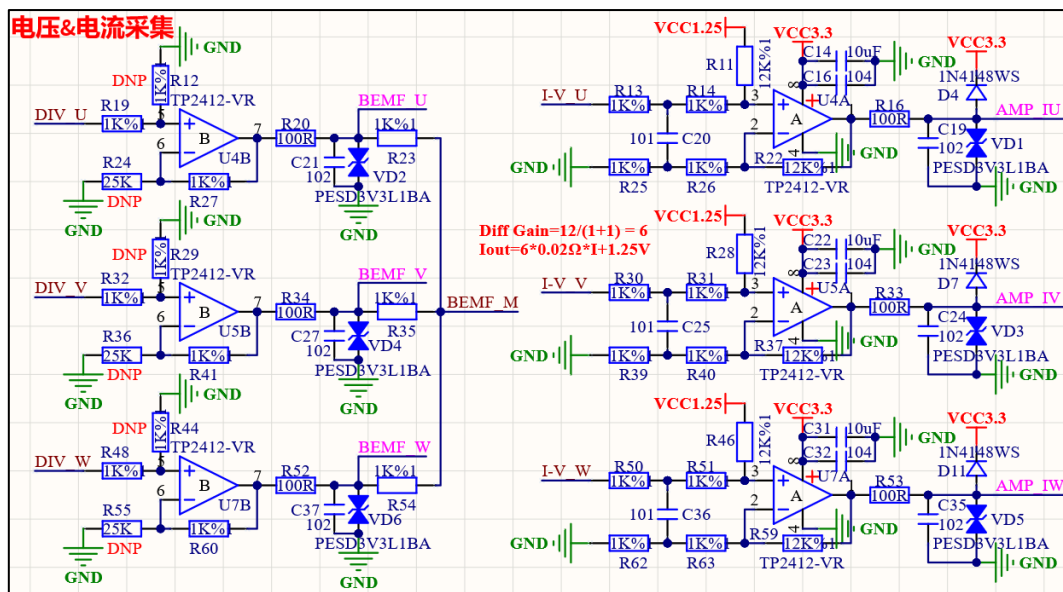


图 2.1.3.1 电压&电流采集电路

从图中可以看到 3 个 (U4、U5、U6) 双路(A 和 B)运放 TP2412, TP2412 为高带宽低噪声低失调电压运放, 性能优异, 非常适合用于电压和电流的放大。

因为 3 相电压和电流采集电路相同, 我们就以 U 相来作说明:

U 相经过分压的电压信号 DIV\_U 接入 U4B 同相端, 因为 R12 和 R24 没焊接, 所以 U4B 运放作电压跟随器使用, 7 脚输出信号幅度和输入相同。

输入输出信号虽然幅度相同, 但是输出信号在一定程度上和输入信号进行隔离, 同时增强了信号的驱动能力, 因为控制板和驱动板之间通过排线连接, 信号路径较长, 衰减较大, 为此我们又在 7 脚输出之后加了 RC 低通滤波, 以去除信号线上的高频毛刺干扰, 然后得到了用于控制板 ADC 采集用的信号 BEMF\_U(BEMF 为反向电动势缩写)。另外 ESD 二极管 VD2 用于去除静电干扰, 从而保护 IO。

再来看下 U 相电流放大, 采样电阻(电流 I)上的信号 I-V\_U 经过差分的方式输入 U4A 运放, 差分参考电压 VCC1.25, 那么 1 脚输出信号为  $I-V_U \cdot \text{Diff} + V_{\text{ref}}$ , 其中 I-V\_U 为  $0.02\Omega \cdot I$ , 差分放大倍数  $\text{Diff} = 12K / (1K + 1K) = 6$ , 参考电压  $V_{\text{ref}} = 1.25V$ 。所以电流放大后的输出  $I_{\text{out}} = 6 \cdot 0.02 \cdot I + 1.25V$ 。ADC 采集到  $I_{\text{out}}$  信号后, 就可以计算出相电流 I。可以看到运放输出后同样经过 RC 低通滤波以及 ESD 保护。AMP\_IU 就是用于 ADC 采集的电流信号。

另外一点, 从图中可以看到, 输出的反向电动势信号 BEMF\_U、BEMF\_V、BEMF\_W 分别经过 1K 电阻, 合成一个信号 BEMF\_M, 这个就是反向电动势的中性点, 将这个信号分别和反向电动势信号比较, 可以得出电机转子过零信号。

#### 2.1.4 过零&过流检测电路

ATK-PD6010B 驱动板板载过零检测和过流检测电路, 如图 2.1.4.1 所示:



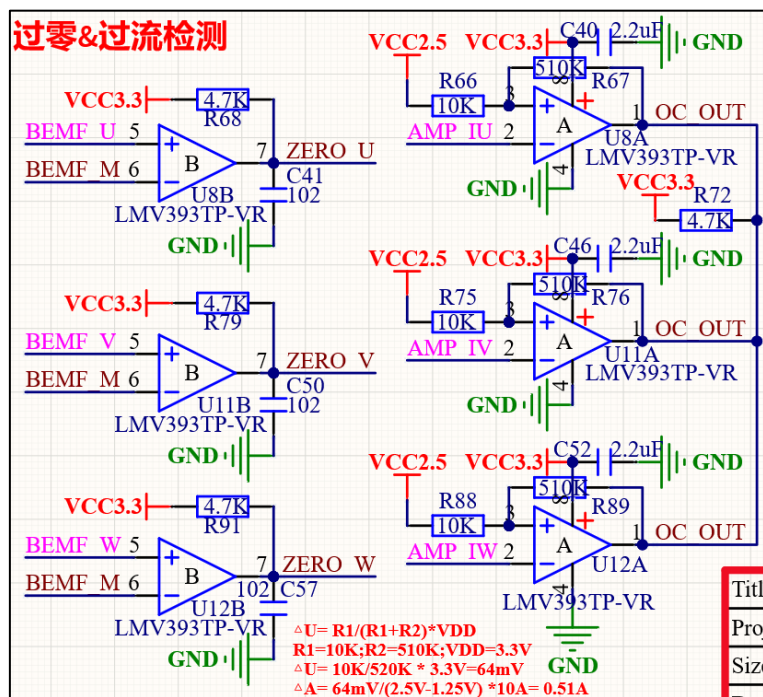


图 2.1.4.1 过零和过流检测电路

从图中可以看到 3 个(U8、U11、U12)双路(A 和 B)开漏输出型比较器 LMV393, 每 1 相使用一个 LMV393, 里面 2 个比较器分别用于过零判断和过流检测。我们仍以 U 相来说明: U 相反向电动势和中性点信号通过 U8B 比较器输出过零点信号 ZERO U。

而 U8A 是构建的迟滞比较器，迟滞比较器工作原理，大家可自行网上学习。这里计算出了迟滞比较电流  $\Delta I = 0.5A$ 。从 2.1.3 小节公式计算  $AMP\_IU = 2.5V$ （当  $I = 10.4A$ ），等于 U8A 同相端参考电压 2.5V，所以当  $AMP\_IU > 10.4A + 0.5A$ （迟滞电流）时会触发过流检测，OC\_OUT（默认 R72 上拉）输出低，**注意，3 相过流检测输出是接一起的，为线与关系。**

### 2.1.5 过流保护电路

ATK-PD6010B 驱动板板载过流保护电路，如图 2.1.5.1 所示：

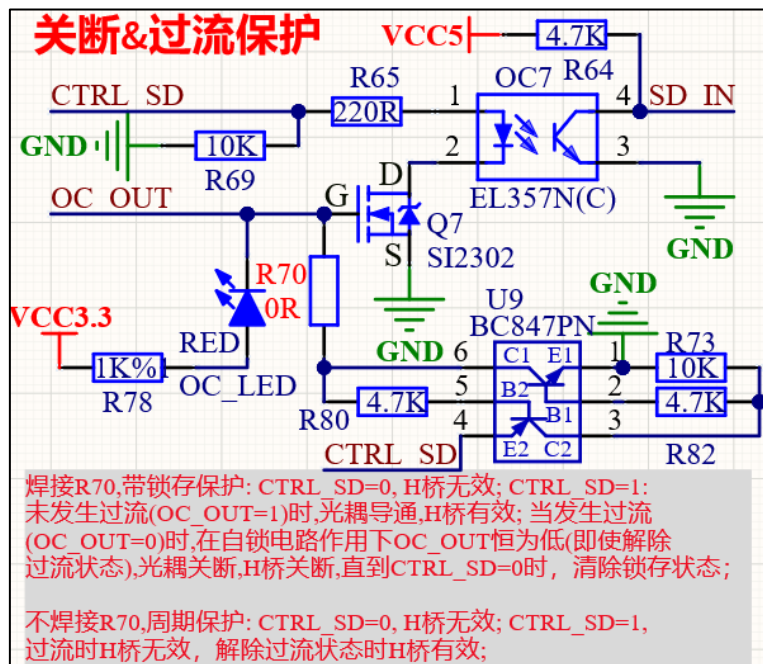


图 2.1.5.1 过流保护电路

可以看到过流保护电路主要有 2 个输入信号，来自控制板的控制关断信号 CTRL\_SD，以及过流检测输出信号 OC\_OUT。1 个输出信号 SD\_IN（默认上拉），用于控制栅极驱动 IC 的开关：SD\_IN=1 关闭 IC；SD\_IN=0 使能 IC（详细内容请看 2.1.1 小节）。

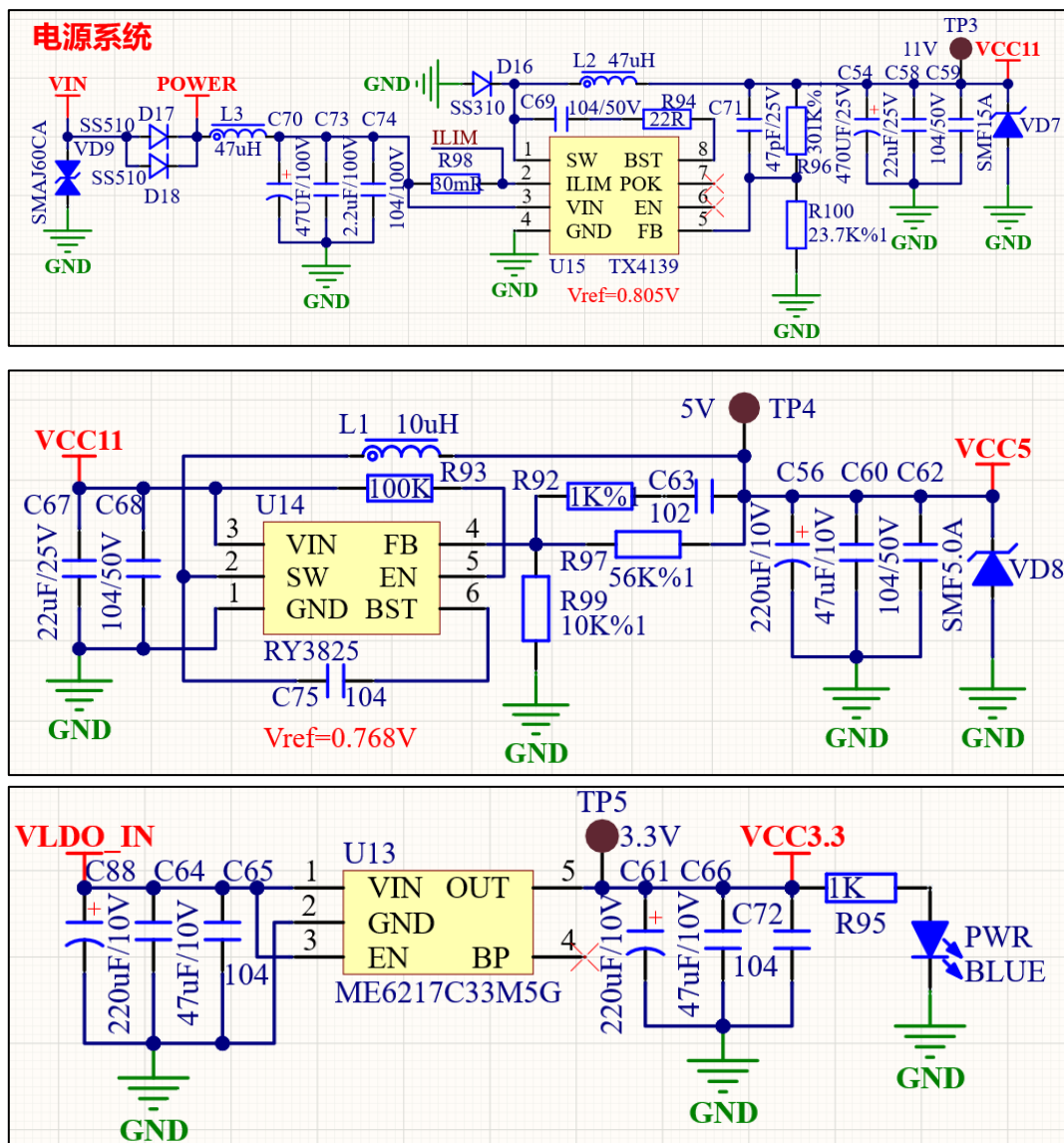
从 2.1.4 小节我们知道，当驱动板没有过流时，OC\_OUT 输出高，Q7 导通，光耦 2 脚接地。这个时候我们的控制信号 CTRL\_SD（默认下拉）给一个高电平信号，光耦导通，SD\_IN 信号输出低电平，栅极驱动 IC 使能，H 桥开始输出。同理，CTRL\_SD 为低，H 桥关闭输出。

当发生过流时，OC\_OUT 信号输出低电平，红色过流指示灯 OC\_LED 亮起，Q7 关断，光耦也关断，SD\_IN 输出高，H 桥关断输出。我们再看下这个标红的 0R 电阻 R70，有着特殊的作用，因为它后面接着一个低电平自锁电路，当我们不焊接这个 0R 的时候，自锁电路不起作用，驱动板发生过流时，H 桥关断输出，电流降到过流保护点以下，H 桥继续输出。我们称这种保护方式为周期过流保护。

当焊接上 R70，发生过流时，自锁电路自动锁定 OC\_OUT 为低电平，过流检测电路不再起作用，H 桥一直关断，直到自锁电路复位（CTRL\_SD=0）。我们就称这种保护方式为锁存过流保护，R70 默认是焊接的。

## 2.1.6 电源电路

ATK-PD6010B 驱动板板载电源电路，如图 2.1.6.1 所示：



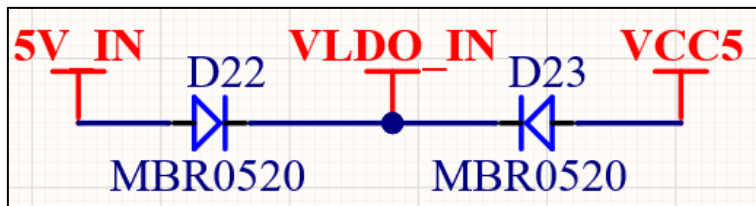


图 2.1.6.1 电源电路

这个驱动板板载的 3 路电源，2 路 DCDC，1 路 LDO。我们从电源输入 VIN(DC12~60V) 说起，VIN 先经过过压保护 TVS 管 VD9 (60V)，进入 2 个并联的用于防反接的大功率肖特基二极管 D17 和 D18，得到的 POWER 电源一路给 H 桥功率管供电（详细内容请看 2.1.1 小节），另一路通过 L3 以及 C70 等电容组成的 LC 滤波电路给 DCDC 芯片 U15(TX4139)供电，然后输出 11V 电源 VCC11，最大电流 2A，这个 VCC11 电源用于给栅极驱动 IC 栅极供电。

VCC11 电源滤波后给 DCDC 芯片 U14(RY3825)供电，然后输出 5V 电源 VCC5，最大电流 2A，这个 VCC5 主要用于高速光耦供电、栅极驱动逻辑电路供电以及后级 LDO 供电。

然后就是 LDO 电路，可以看到 LDO 芯片 U3 的供电输入 VLDO\_IN 有 2 种方式，来自控制板的电压 5V\_IN 和驱动板的 VCC5。这个 5V\_IN 只是备用电源，正常情况都是使用 VCC5。LDO 输出 3.3V 电压 VCC3.3，主要用于信号采集部分（运放，比较器）供电。因为运放和比较器这类模拟器件对电源纹波更加敏感，所以没有直接选择 DCDC 的 VCC5 供电，而是使用通过 LDO 再次滤波的低纹波 3.3V 电压。

### 2.1.7 信号控制&采集接口

ATK-PD6010B 驱动板的信号控制&采集接口，如图 2.1.7.1 所示：

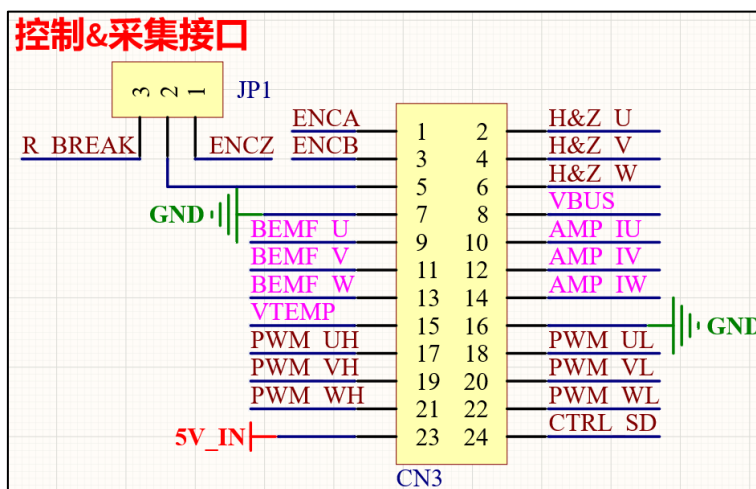


图 2.1.7.1 信号控制&amp;采集接口

图中 CN3 为 2\*12P 2.54 间距牛角座，是驱动板的专用控制和采集接口，通过 24P 牛角排线直连我们的电机控制开发板 ATK-DMF407。

接口包含的信号有 3 路互补定时器(共 6 路)信号(PWM\_U/V/WH, PWM\_U/V/WL)、3 相霍尔 & 过零检测信号(H&Z\_U/V/W)、3 相编码器信号(ENCA/B/Z)、3 路电流信号(AMP\_IU/V/W)、3 路反向电动势信号(BEMF\_U/V/W)、驱动器母线电压采集信号(VBUS)、温度信号(VTEMP)以及停机关断信号(CTRL\_SD)。

另外，可以看到，编码器 Z 相是通过 JP1 跳线选择的，如果要使用 ENCZ 则短接 JP1 的 1 和 2 脚；如果要使用制动控制电路，则短接 2 和 3 脚，R\_BREAK 信号就是制动电路控制信号（详细内容请看 2.1.12 小节）。

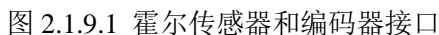
另外，用于 ADC 采集的信号线用粉色标识了，方便用户查看。

ATK-PD6010B 驱动板的霍尔和过零检测电路,如图 2.1.8.1 所示:



U16 为 3 路二选一输出模拟开关, 3 路过零信号 ZERO\_U/V/W 和 3 路霍尔检测信号 HALLU/V/W 分别接入 U16 的输入端, 输出则是通过 JP3 跳线帽选择, 短接 1 和 2 脚, 输出信号 H&Z\_U/V/W 为 3 路霍尔信号; 短接 2 和 3 脚则是输出 3 路过零检测信号, 默认使用霍尔检测信号。

ATK-PD6010B 驱动板板载了霍尔传感器和编码器接口，如图 2.1.9.1 所示：



CN2 为 1\*8P HT396R 端子，用于连接电机的编码器和霍尔传感器，可以看到，编码器信号和霍尔传感器信号都经过 RC 低通滤波，以得到更准确的信号。因为霍尔传感器信号较弱，所以还接了上拉电阻。

CN2 的 4 脚和 5 脚为编码器供电，供电方式有 2 种，通过 JP2 跳线帽选择，可以 5V 供电也可以 11V 供电，用户可根据电机编码器参数选择合适的电源，默认使用 5V 供电。

**注意，霍尔传感器线和电机相线颜色是一一对应的，一般是黄 U、绿 V、蓝 W。每相**



的接线也需要按照颜色对应起来，否则电机不能正常工作，还有可能烧毁驱动板。

### 2.1.10 电机相线&电源端子

ATK-PD6010B 驱动板的电机相线和电源端子，如图 2.1.10.1 所示：

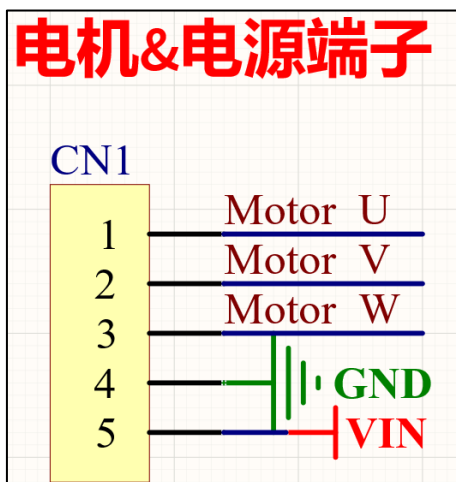


图 2.1.10.1 电机相线和电源端子

CN1 为 5P KF7620 端子，Motor\_U/V/W 为电机 3 相相线，用于连接无刷电机 3 根动力线。VIN 和 GND 则是驱动板的电源输入端，输入范围 DC12~60V。

**注意，霍尔传感器线和电机相线颜色是一一对应的，一般是黄 U、绿 V、蓝 W。每相的接线也需要按照颜色对应起来，否则电机不能正常工作，还有可能烧毁驱动板。**

### 2.1.11 电源电压&温度采集电路

ATK-PD6010B 驱动板板载电源电压采集和温度采集电路，如图 2.1.11.1 所示：

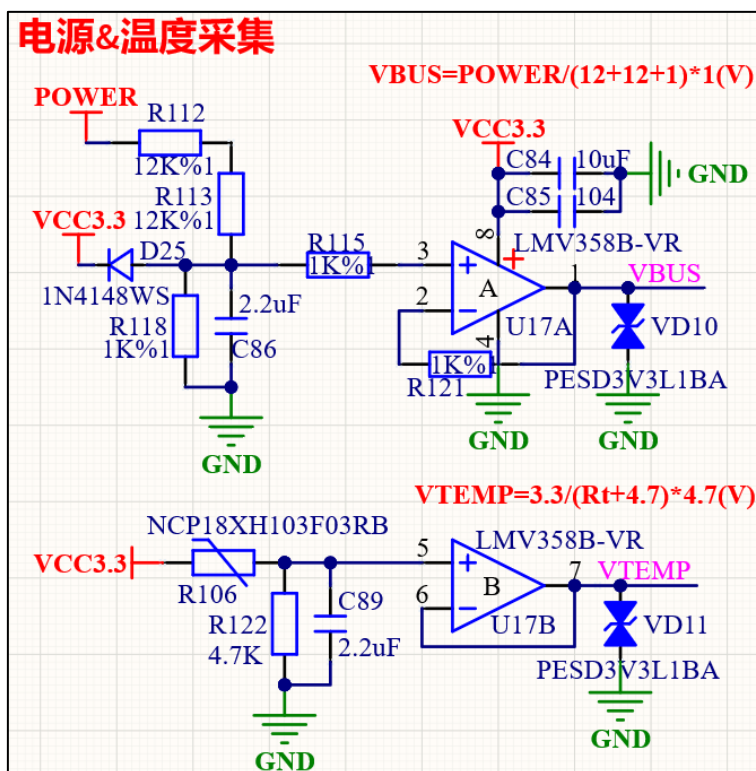


图 2.1.11.1 电源电压&温度采集电路

这是驱动板板载的电压检测和温度检测电路。驱动板的供电电压（母线电压）POWER



经过电阻分压后进入双路运放 LMV358 的 A 路运放，运放为电压跟随电路，所以 1 脚输出电压 VBUS 和电阻分压的值相同，所以  $VBUS = POWER / (12K + 12K + 1K) * 1K$ ，ADC 采集到 VBUS 电压后就可以计算出 POWER 电压。

温度检测，我们用到的是  $10K\Omega$  ( $25^{\circ}C$ ) 的 NTC 电阻，NTC 电阻也就是负温度系数电阻，温度升高，电阻阻值降低。可以看到，NTC 电阻和固定的  $4.7K$  电阻分压，然后接入 B 路运放，B 路运放也是电压跟随电路，所以温度信号  $VTMEP = 3.3V / (R_t + 4.7K) * 4.7K$ ，其中  $R_t$  就表示 NTC 电阻在当前温度下的电阻值。

### 2.1.12 制动电路

ATK-PD6010B 驱动板板载的制动电路，如图 2.1.13.1 所示：

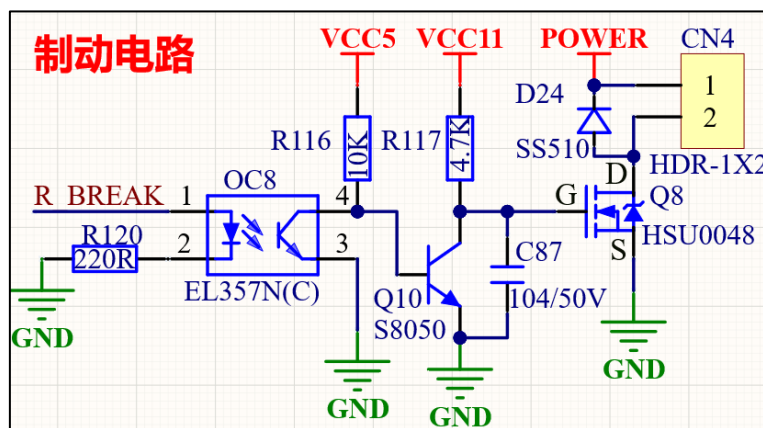


图 2.1.12.1 制动电路

这是驱动板板载的制动电路，CN4 用于连接制动电阻，制动控制信号 R\_BREAK（需要跳线帽 JP1 选择，具体内容请看 2.1.7 小节）通过控制光耦 OC8 导通，从而使能制动电路。

**需要注意的是：**H 桥关断时，电机的反向电动势通过 H 桥功率 MOS 管的体二极管整流后叠加到母线电压（POWER），导致母线电压迅速上升，电机转速越高，H 桥关断后，反向电动势越大，母线电压上升越快，如果不加以控制，那么过高的母线电压就会烧毁功率管和电源电路等。

**具体的制动控制原理：**控制板 ADC 实时采集母线电压（POWER），当我们采集到的母线电压高于最大输入电压（60V）时，比如 65V，我们使能制动电路，母线电压通过制动电阻快速释放掉，从而保护我们的驱动板。当母线电压低于 65V 时，我们再关闭制动电路。

## 2.2 ATK-PD6010B 驱动板使用注意事项

1，驱动板供电电压 DC12~60V，最大输出电流 10A，请勿过压过载使用。

2，驱动板板载过流保护电路，过流检测比较灵敏，当我们使用大功率电机的时候，瞬间启动，过大的电流容易触发过流保护，在这种情况下，建议用户使用缓启动的控制方式。当过流指示灯亮起时，请先关闭 H 桥输出，再检查电路。

3，当我们使用的电机功率较大，或者转速较高，在关闭 H 桥的时候，会产生很大反向电动势，并经过功率管的体二极管整流后叠加到母线电压，如果没有制动电阻和制动控制，迅速上升的母线电压很容易烧毁驱动板。所以建议用户在关闭 H 桥的时候，采用缓慢降速关闭的方式。

4，关于接线，我们驱动板接口处丝印清晰，请大家按照丝印正确的接线，接好控制线和电机线后，再接上电源线，最后给驱动板上电。

### 3，结构尺寸

ATK-PD6010B 直流无刷驱动板的尺寸结构，如图 3.1 所示（4 个定位孔 H1~4 的尺寸为  $R2.8+R1.6$ ）：

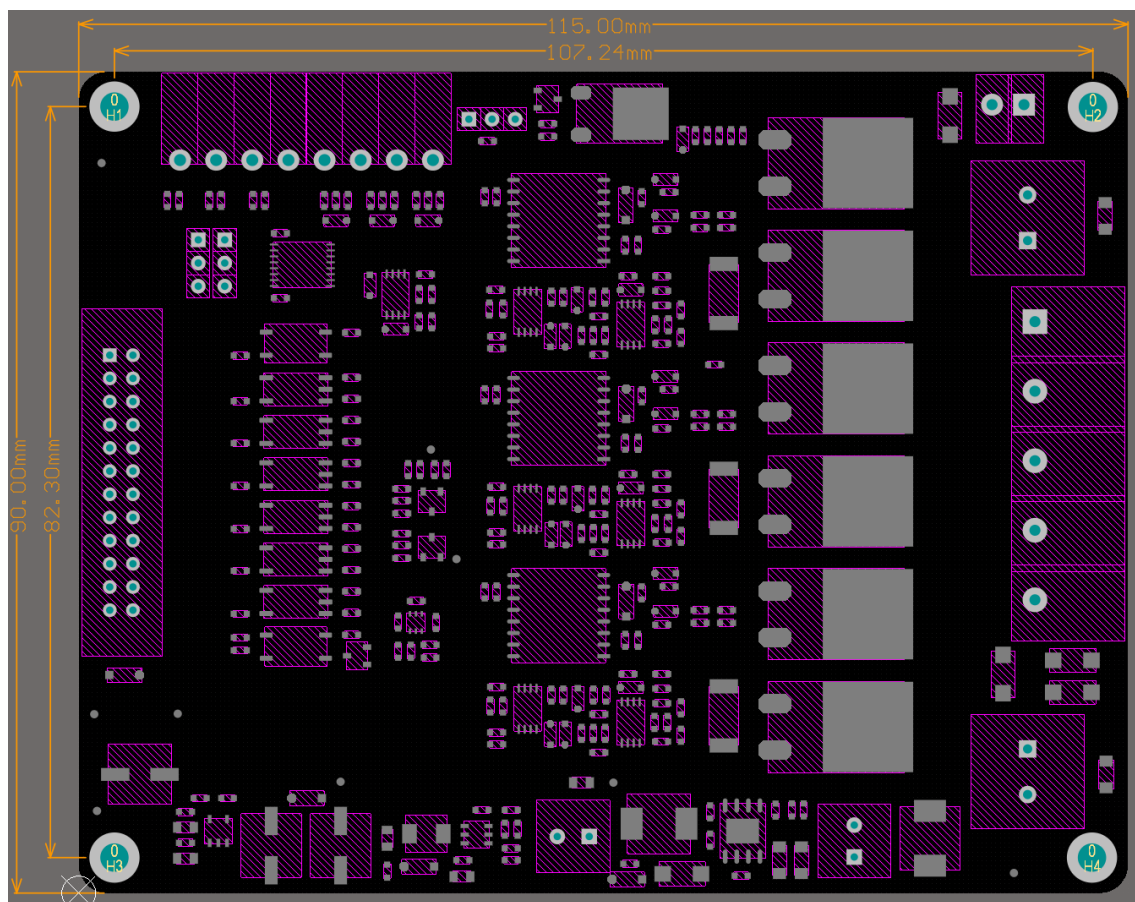


图 3.1 ATK-PD6010B 尺寸结构图

## 4, 其他

### 1、购买地址:

官方店铺 1: <https://openedv.taobao.com>

官方店铺 2: <https://zhengdianyuanzi.tmall.com>

### 2、资料下载

模块资料下载地址: <http://www.openedv.com/docs/index.html>

### 3、技术支持

公司网址: [www.alientek.com](http://www.alientek.com)

技术论坛: [www.openedv.com](http://www.openedv.com)

在线教学: [www.yuanzige.com](http://www.yuanzige.com)

传真: 020-36773971

电话: 020-38271790

