



# 直流无刷电机开发平台 – HVPB-A\_V1.1 硬件说明

版本：V1.00 日期：2022-10-26

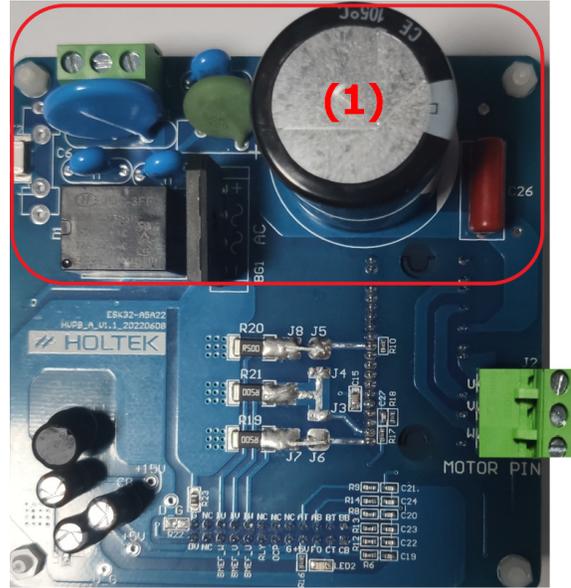
[www.holtek.com](http://www.holtek.com)

## 目录

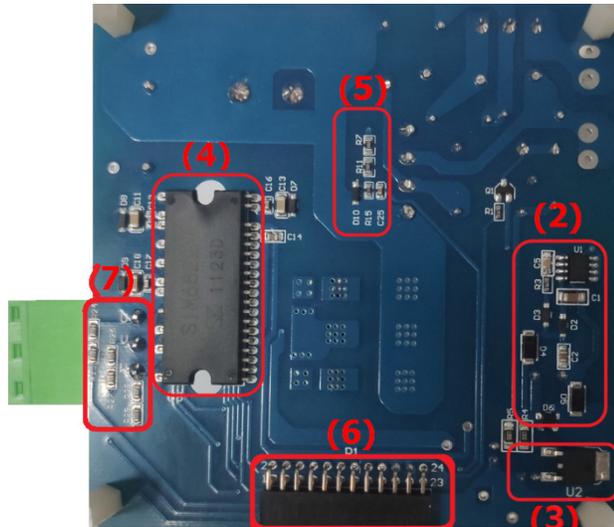
<b>1. 简介 .....</b>	<b>3</b>
<b>2. 电路原理图 .....</b>	<b>6</b>
2-1 驱动级电路 .....	6
2-2 系统电源电路 (AC-DC, DC-DC, LDO) .....	7
2-3 直流链电压反馈电路 .....	7
2-4 HVPB-A_V1.1 的连接器 .....	8
2-5 反电动势检测电路 .....	9
<b>3. PCB 布局 .....</b>	<b>10</b>
<b>4. BOM 列表 .....</b>	<b>11</b>

## 1. 简介

直流无刷电机开发平台 HVPB-A\_V1.1 如图 1-1 所示，其 AC-DC 转换器电路如图 1-1(a) 的第 (1) 部分；DC-DC 功率转换器电路如图 1-1(b) 的第 (2) 部分；5V LDO 电路如图 1-1(b) 的第 (3) 部分；IPM 模块如图 1-1(b) 的第 (4) 部分。HVPB-A\_V1.1 的连接器，如图 1-1(b) 的第 (5) 部分。直流链电压反馈电路，如图 1-1(b) 的第 (6) 部分。反电动势检测电路，如图 1-1(b) 的第 (7) 部分。第 (6)~(7) 部分所产生的模拟信号可由 MCU 的 ADC 做信号的读取转换。



(a)



(b)

图 1-1 直流无刷电机开发平台 HVPB-A\_V1.1  
(a) PCBA 正面; (b) PCBA 背面

HVPB-A\_V1.1 的开发环境如图 1-2 所示，用户采用单电阻采样可使用 HT32F65232-EVB 与 HVPB-A\_V1.1 相连或是用户采用双电阻采样可使用 HT32F65240-EVB 与 HVPB-A\_V1.1 相连，再以 USB 线连接至 PC，使目标 MCU 与直流无刷电机开发平台通信。其输入电源范围为 AC 90V~264V。(另外，HVPB-A\_V1.1 的电源输入端必需经由一组隔离变压器 “Isolation Transformer” 做隔离。)

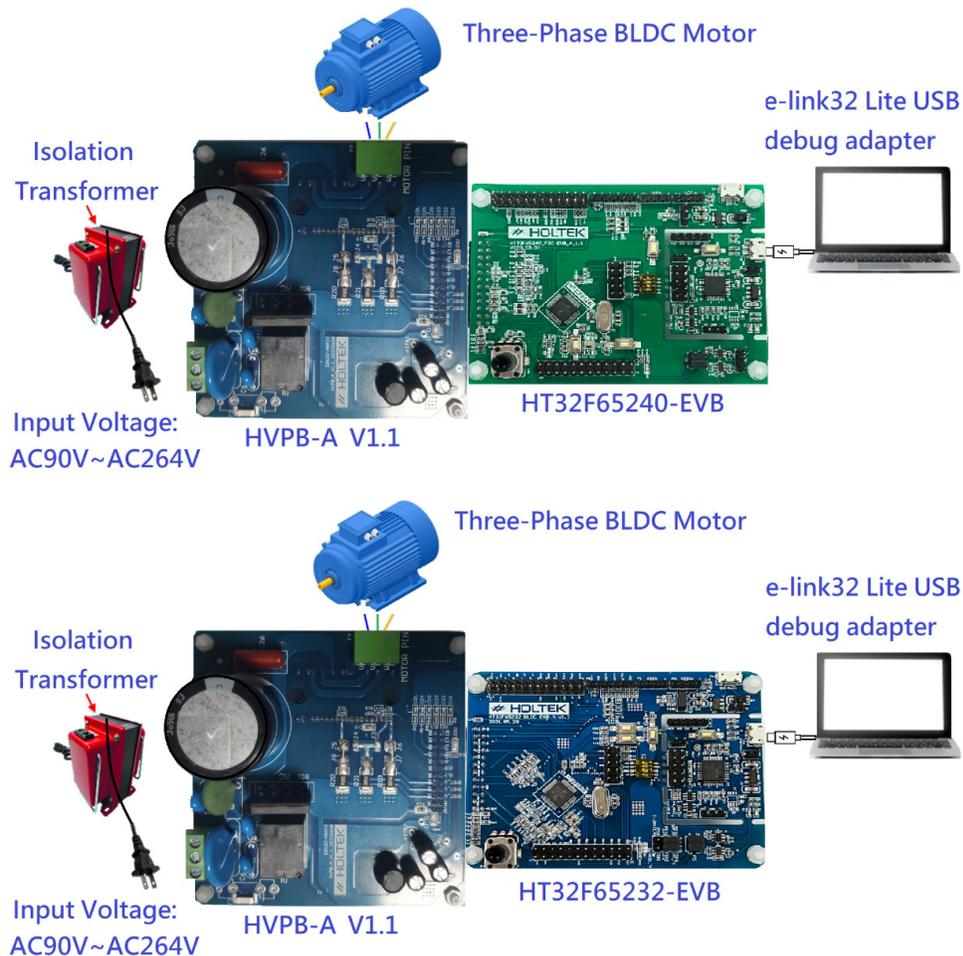


图 1-2 HVPB-A\_V1.1 开发环境

### 特性

- 输入电压：交流 (AC) 90V ~ 264V
- 最大直流 (DC) 电流：2.5A
- 最大电机相电流：1.1A
- 相电流采样电阻 (R\_Shunt)：0.5Ω/2512/1%/2W
- 总线电压分压比：1/102.99
- 栅极驱动信号极性：
  - ◆ 下臂导通极性：高电平
  - ◆ 上臂导通极性：高电平

如上述 HVPB-A\_V1.1 的最大电机相电流规格为 1.1A，但其硬件默认参数如下：

- (1) HVPB-A\_V1.1 的 R19、R20、R21 元件规格为 0.5Ω/2512/1%。
- (2) 如使用双电阻采样控制，选择 HT32F65240-EVB 的 R13、R17、R21、R23 元件规格为 180Ω。  
HT32F65240-EVB 的 R15、R16、R19、R22 元件规格为 820Ω。  
HT32F65240-EVB 的 R11、R12 元件规格为 7.5kΩ。  
HT32F65240-EVB 的 R26、R27、R29、R30 元件规格为 15kΩ。
- (3) 如使用单电阻采样控制，选择 HT32F65232-EVB 的 R23 元件规格为 180Ω。  
HT32F65232-EVB 的 R22 元件规格为 820Ω。  
HT32F65232-EVB 的 R12 元件规格为 7.5kΩ。  
HT32F65232-EVB 的 R29、R30 元件规格为 15kΩ。

此硬件参数下，电机可操作的最大相电流为：

$$I_{\text{Max}} = 2.5 / (R_{\text{Shunt}} \times \text{OPA Gain}) = 2.5 / (0.5 \times 7.5) = 0.667\text{A}$$

若使用者欲使电机最大操作相电流调整为 1.1A。需做的设定如下：

- (1) 将 HVPB-A\_V1.1 的 R19、R20、R21 元件规格改为 0.1Ω/2512/1%。
- (2) 如使用双电阻采样控制，选择 HT32F65240-EVB 的 R15、R16、R19、R22 元件由规格 820Ω 更改为 150Ω。
- (3) 如使用单电阻采样控制，选择 HT32F65232-EVB 的 R16 元件由规格 1kΩ 更改为 330Ω，R22 元件由规格 820Ω 更改为 150Ω。

根据上述的设定，可使 HVPB-A\_V1.1 的电机最大操作相电流由 0.667A 更改为 1.1A。另外，在设计放大倍率及 R\_Shunt 时，需注意电机操作相电流范围，不可大于电机相电流最大取样值，且若电机操作相电流范围设定过大，会影响电流取样的分辨率。

## 2. 电路原理图

此章将针对 HVPB-A\_V1.1 的硬件电路搭配实际电路原理图做解说，详如下述第 2-1 ~ 2-5 节。

### 2-1 驱动级电路

图 2-1 为驱动级电路，其 IPM 模块型号为 SIM6822M，其为内建栅极驱动器及三相 MOSFET 的 IPM 模块。故可直接将 MCU 输出的 PWM 信号连接到此 IPM 模块即可做开关的驱动。

此外，驱动级电路还包含过电流输入信号引脚 IPM\_OCP，当 MCU 检测到电机过电流时，会输出高电平信号到 IPM 模块的 OCP 引脚，使 IPM 强制将上、下臂 MOSFET 切断，并将错误返回引脚 FO 拉地，使 LED2 亮起，告知用户系统发生过电流错误。

而跳接板 (Jumper Pad) 的部分，选择 3 个 R\_Shunt 的反馈电机相电流，需将下臂 MOSEFET 的源极连接至相电流采样电阻，如选择 HT32F65240-EVB 双电阻采样时，J5 短路连接至 J8，J6 短路连接至 J7，如选择 HT32F65232-EVB 单电阻采样时，J5 短路连接至 J4，J6 短路连接至 J3。

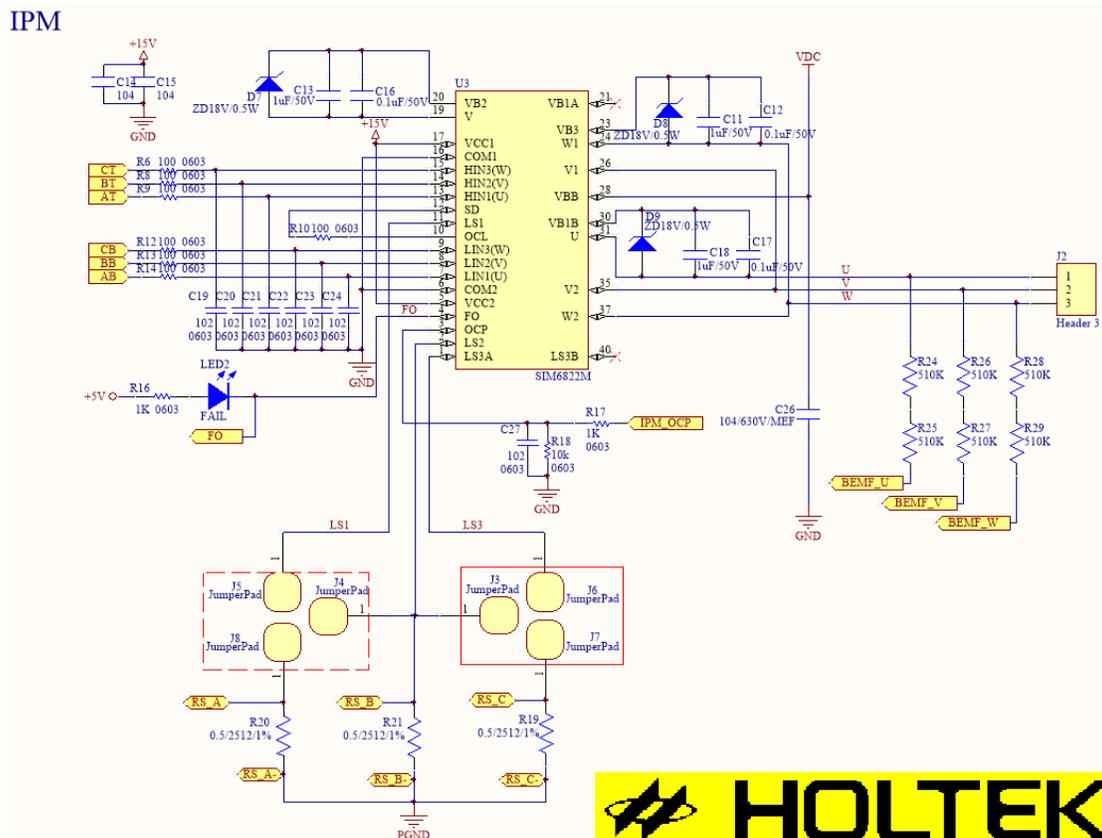


图 2-1 驱动级电路

## 2-2 系统电源电路 (AC-DC, DC-DC, LDO)

图 2-2 为系统电源电路，首先，交流电 (110VAC 或 220VAC) 由连接器 J1 输入到 HVPB-A\_V1.1，在初送电瞬间，交流电会先以 NR1 元器件限制启动电流，经桥式整流电路 GBU1010 及稳压电容 C4 稳压为直流电。送电瞬间过后，再由 MCU 发 RELAY 信号给继电器，使交流电避开 NR1 路径，直接进入桥式整流电路 GBU1010 及稳压电容 C4 稳压为直流电。若交流电为 110VAC，则直流电将为 155VDC；若交流电为 220VAC，则直流电将为 310VDC。

而直流电再经 DC-DC 功率转换器 U1 降压为 15V，主要作为 IPM 模块的供电使用，其元器件型号为 VIPER22AS。

最后，再经由 5V LDO 输出 5V，其采用的元器件型号为 7805，而此电路的输出主要作为 MCU 元器件的供电，需通过与 HT32F65240-EVB 或 HT32F65232-EVB 的连接器 P1 供电。此外，使用者可通过 LED1 判断 HVPB-A\_V1.1 电路板是否有送电。

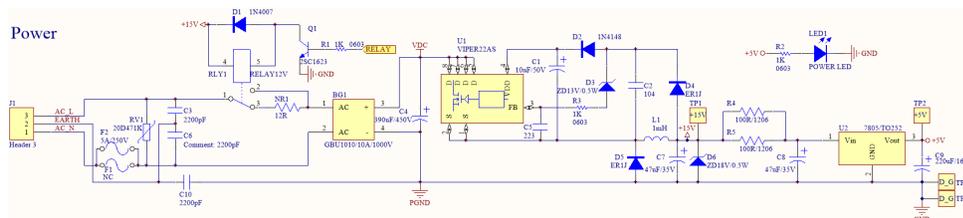


图 2-2 系统电源电路

## 2-3 直流链电压反馈电路

图 2-3 为直流链电压反馈电路，硬件电路的默认，其 Det\_VDC 反馈信号为实际直流链电压的 1/102.99 倍。通过 MCU 的 ADC 读值，搭配硬件的缩小倍率，可计算出当前的直流链电压值。

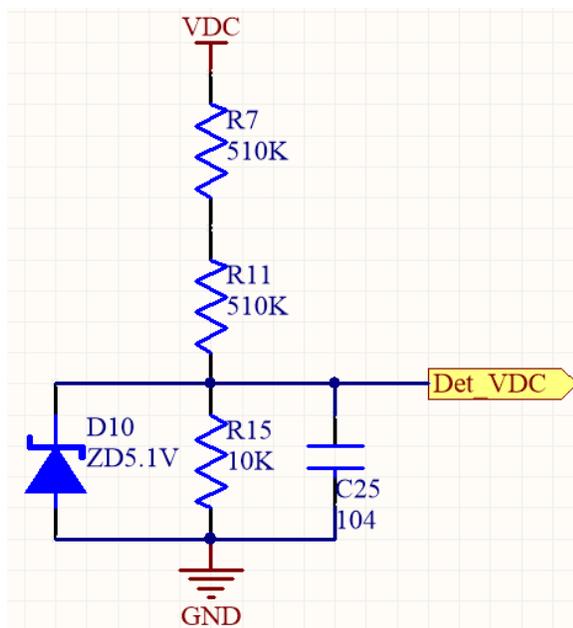


图 2-3 直流链电压反馈电路

## 2-4 HVPB-A\_V1.1 的连接器

图 2-4 为 HVPB-A\_V1.1 的连接器电路图，其引脚包含栅极驱动器的输入信号 AT, AB, BT, BB, CT 和 CB、直流链电压反馈信号 Det\_VDC、三相电流反馈信号 I High Phase U, I High Phase V, I High Phase W、5V LDO 的输出电压、MCU 输出的继电器控制信号 RELAY、MCU 输出的 IPM 模块过电流关断信号 IPM\_OCP 及 IPM 模块输出的错误返回信号 FO, U 相 BEMF 信号, V 相 BEMF 信号和 W 相 BEMF 信号。其引脚定义如下表 2-1 所示。

引脚编号	定义	引脚编号	定义
1	CB	2	BB
3	CT	4	BT
5	FO	6	AB
7	5V	8	AT
9	GND	10	NC
11	IPM_OCP	12	NC
13	RELAY	14	NC
15	U 相 BEMF 信号	16	I High Phase W
17	V 相 BEMF 信号	18	I High Phase V
19	W 相 BEMF 信号	20	I High Phase U
21	NC	22	NC
23	Det_VDC	24	PGND

表 2-1 HVPB-A\_V1.1 的连接器的引脚定义

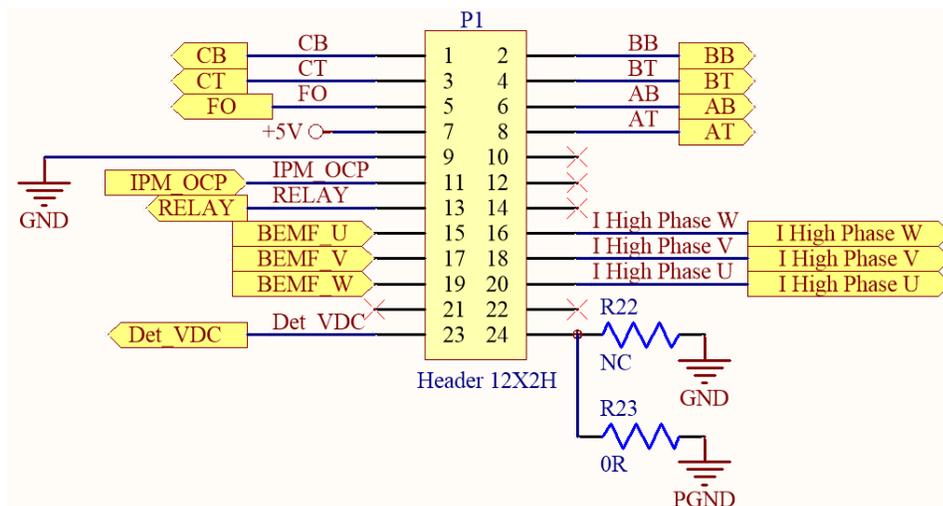


图 2-4 HVPB-A\_V1.1 的连接器电路图

## 2-5 反电动势检测电路

如图 2-5 为反电动势检测电路图，主要用来检测电机相电压大小，建议分压后电压不要超过 4V 即可，因 HT32F65232-EVB 分压点对地电阻 R117、R118、R119 固定是 10kΩ，假设 HVPB-A\_V1.1 电源板最高输入 AC264V 即 DC373V，分压点对电源板相电压的电阻为 1020kΩ (因耐电关系需二颗串联)，可算出分压点为：

$$373V \times \left( \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 1020k\Omega} \right) = 3.62V$$

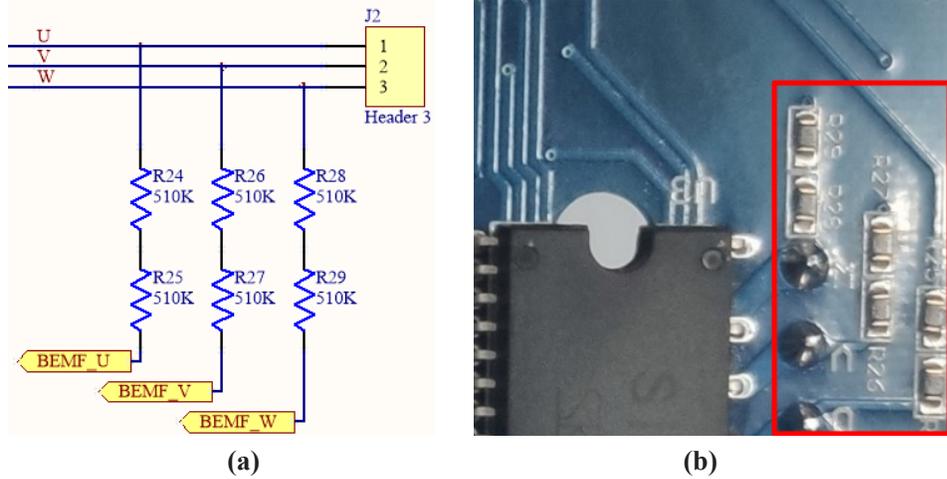


图 2-5 反电动势检测电路

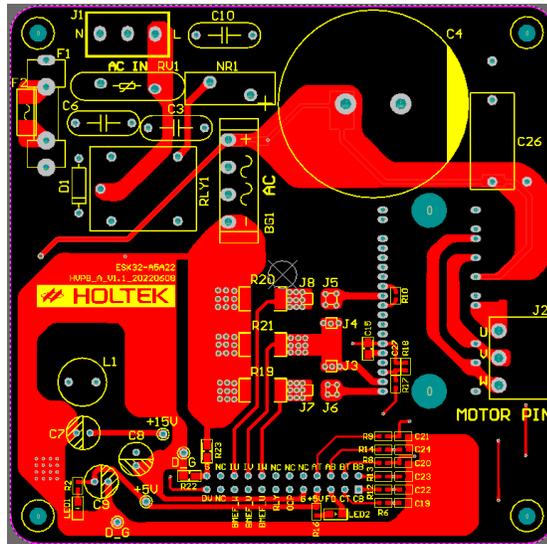
(a) 反电动势检测电路图；(b) 元件对应位置 (下层)

### 3. PCB 布局

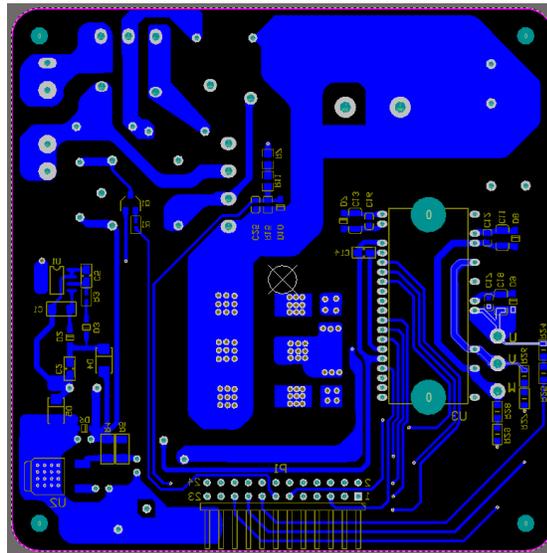
图 3-1 为 HVPB-A\_V1.1 的 PCB 布局，其详细规格如表 3-1 所示。

电路板长 × 宽	100 × 100 (mm)
电路板厚度	1.6 (mm)
Layer 层数	2 (层)
铜箔厚度	2 (Oz)
电路板材	FR-4
防焊层颜色	蓝色

表 3-1 HVPB-A\_V1.1 电路板规格表



(a)



(b)

图 3-1 直流无刷电机开发平台 HVPB-A\_V1.1 PCB 布局：(a) 顶层；(b) 底层

## 4. BOM 列表

表 4-1 为 HVPB-A\_V1.1 的 BOM 列表，此为单套电路板所需的全部元器件。

编号	注释	说明	元器件标号	数量	尺寸
1	GBU1010	桥式整流器	BG1	1	GBU
2	10 $\mu$ F/50V	MLCC 电容	C1	1	1206
3	0.1 $\mu$ F/50V	MLCC 电容	C2, C12, C14, C15, C16, C17, C25	7	0603
4	2200pF	Y2 电容	C3, C6, C10	3	CY_V_P10.4
5	390 $\mu$ F/450V	电容	C4	1	RB_POWER
6	22nF/50V	MLCC 电容	C5	1	0603
7	47 $\mu$ F/35V	电容	C7, C8	2	CD-6.3X11mm
8	220 $\mu$ F/25V	电容	C9	1	CD-6.3X11mm
9	1 $\mu$ F/50V	电容	C11, C13, C18	3	1206
10	100pF/50V	MLCC 电容	C19, C20, C21, C22, C23, C24, C27	7	0603
11	0.1 $\mu$ F/630V	CBB 电容, Pitch=15mm	C26	1	DIP
12	1N4007	二极管	D1	1	DO-41
13	1N4148	二极管	D2	1	SOD-123
14	ZD13V/0.5W	稳压二极管	D3	1	SOD-123
15	ER1J	二极管	D4, D5	2	D_SMA
16	ZD18V/0.5W	稳压二极管	D6, D7, D8, D9	4	SOD-123
17	ZD5.1V/0.5W	稳压二极管	D10	1	SOD-123
18	5A/250V	保险丝	F1	1	S6125
19	Header 3	Header, 3-Pin, L&N	J1	1	TLV431A
20	Header 3	Header, 3-Pin, UVW	J2	1	3EHDR_3P
21	JumperPad	跳线	J3, J4, J5, J6, J7, J8	6	PAD
22	1mH	电感器	L1	1	COIL2_RC0810
23	POWER LED	SMD 绿色 LED	LED1	1	0805_LED
24	FAIL LED	SMD 红色 LED	LED2	1	0805_LED
25	12R	NTC 电阻	NR1	1	VERCIAL_R
26	2SC1623	NPN 通用放大器	Q1	1	SOT-23
27	1K	SMD 电阻	R1, R2, R3, R16, R17	5	0603
28	100R	SMD 电阻	R6, R8, R9, R10, R12, R13, R14	7	0603
29	100R	SMD 电阻	R4, R5	2	1206
30	510K	SMD 电阻	R7, R11, R24, R25, R26, R27, R28, R29	8	0805
31	10K	SMD 电阻	R15, R18	2	0603
32	0.5R	SMD 电阻	R19, R20, R21	3	2512
33	NC	SMD 电阻	R22	1	0603

编号	注释	说明	元器件标号	数量	尺寸
34	0R	SMD 电阻	R23	1	0603
35	RELAY12V	继电器	RLY1	1	RW-12SH-1C-P
36	20D471K	mov	RV1	1	插件
37	VIPER22AS	IC	U1	1	SOP-8
38	L78M05CDT-TR	LDO	U2	1	TO-252
39	SIM6822M	IPM	U3	1	IPM_SAM68XX
40	Header 12X2H/DIP	12脚排针, 双排, 直角	P1	1	2*12Pin (2.54Pitch) DIP

表 4-1 直流无刷电机开发平台 HVPB-A BOM 列表

Copyright© 2022 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. All Rights Reserved.

本文件出版时 HOLTEK 已针对所载信息为合理注意，但不保证信息准确无误。文中提到的信息仅是提供作为参考，且可能被更新取代。HOLTEK 不担保任何明示、默示或法定的，包括但不限于适合商品化、令人满意的质量、规格、特性、功能与特定用途、不侵害第三方权利等保证责任。HOLTEK 就文中提到的信息及该信息之应用，不承担任何法律责任。此外，HOLTEK 并不推荐将 HOLTEK 的产品使用在会由于故障或其他原因而可能会对人身安全造成危害的地方。HOLTEK 特此声明，不授权将产品使用于救生、维生或安全关键零部件。在救生 / 维生或安全应用中使用 HOLTEK 产品的风险完全由买方承担，如因该等使用导致 HOLTEK 遭受损害、索赔、诉讼或产生费用，买方同意出面进行辩护、赔偿并使 HOLTEK 免受损害。HOLTEK ( 及其授权方，如适用 ) 拥有本文件所提供信息 ( 包括但不限于内容、数据、示例、材料、图形、商标 ) 的知识产权，且该信息受著作权法和其他知识产权法的保护。HOLTEK 在此并未明示或暗示授予任何知识产权。HOLTEK 拥有不事先通知而修改本文件所载信息的权利。如欲取得最新的信息，请与我们联系。