



直流無刷馬達開發平台 HVPB-A_V1.2 硬體說明

版本：V1.10 日期：2025-02-24

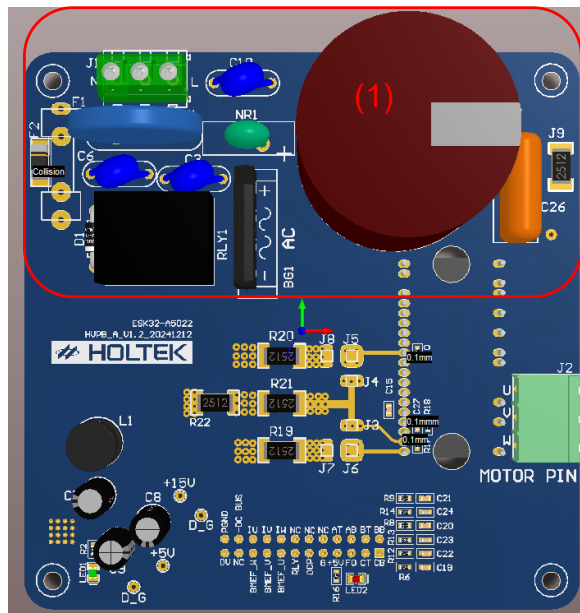
www.holtek.com

目錄

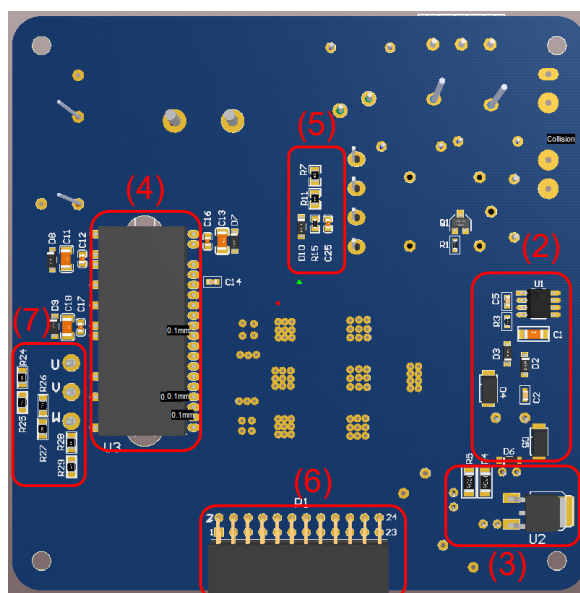
1. 簡介	3
2. 電路原理圖	6
2-1 驅動級電路	6
2-2 系統電源電路 (AC-DC, DC-DC, LDO)	8
2-3 直流鏈電壓回授電路	8
2-4 HVPB-A 的連接器	9
2-5 反電動式偵測電路	10
3. PCB 佈局	11
4. BOM 列表	13

1. 簡介

直流無刷馬達開發平台 HVPB-A_V1.2，如下圖所示。(1) AC-DC 轉換器電路。(2) DC-DC 功率轉換器電路。(3) 5V LDO 電路。(4) IPM 模組。(5) HVPB-A_V1.2 的連接器。(6) 直流鏈電壓回授電路。(7) 反電動勢偵測電路。第 (6)~(7) 部分所產生的類比訊號可由 MCU 的 ADC 做訊號的讀取轉換。



(a)

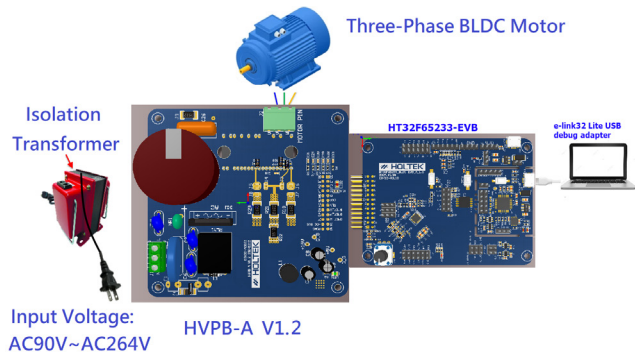
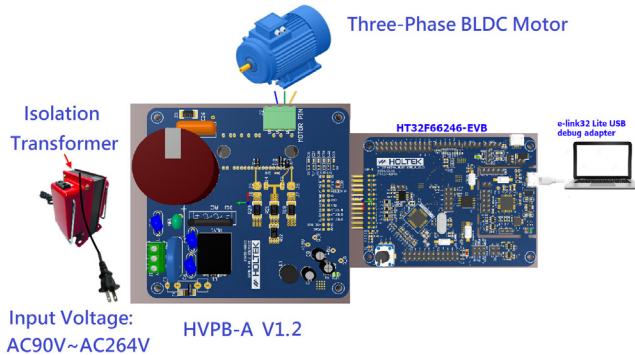
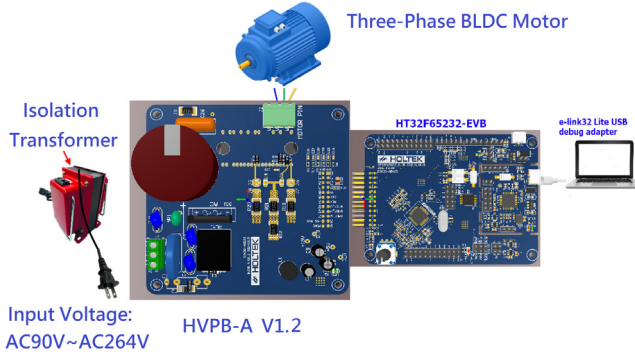
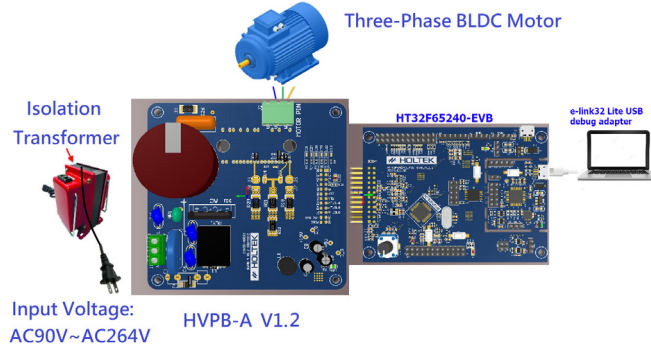


(b)

直流無刷馬達開發平台 HVPB-A_V1.2

(a) PCBA 正面 ; (b) PCB 背面

HVPB-A_V1.2 的開發環境如下圖所示，使用者採用單電阻採樣可使用 HT32F65232-EVB 與 HVPB-A_V1.2 相連或是使用者採用雙電阻採樣可使用 HT32F65233-EVB / HT32F65240-EVB 與 HVPB-A_V1.2 相連，以及三電阻採樣可以使用 HT32F66246-EVB 再以 USB 線連接至 PC，使目標 MCU 與直流無刷馬達開發平台做通訊。其輸入電源範圍為 AC 90V~264V。另外，HVPB-A_V1.2 的電源輸入端必需經由一組隔離變壓器 (Isolation Transformer) 做隔離。



HVPB-A_V1.2 開發環境

特色

- 輸入電壓：AC 90V~264V
- 最大直流總線電流：2.5A
- 最大馬達相電流：1.1A
- 相電流採樣電阻 (R_Shunt)：0.5Ω/2512/1%/2W
- 直流鏈電壓分壓比：1/102
- 柵極驅動信號極性：
 - (1) 下側導通極性：高準位
 - (2) 上側導通極性：高準位

如上述 HVPB-A 的最大馬達相電流規格為 1.1A，但其硬體預設參數如下：

- (1) HVPB-A 的 R19、R20、R21、R22 組件規格為 0.5Ω/2512/1%。
- (2) 選擇 HT32F65240-EVB 的 R13、R17、R21、R23 組件規格為 180Ω。
 HT32F65240-EVB 的 R15、R16、R19、R22 組件規格為 820Ω。
 HT32F65240-EVB 的 R11、R12 組件規格為 7.5KΩ。
 HT32F65240-EVB 的 R26、R27、R29、R30 組件規格為 15KΩ。
- (3) 選擇 HT32F65232-EVB 的 R23 組件規格為 180Ω。
 HT32F65232-EVB 的 R22 組件規格為 820Ω。
 HT32F65232-EVB 的 R12 組件規格為 7.5KΩ。
 HT32F65232-EVB 的 R29、R30 組件規格為 15KΩ。

而其硬體參數下，馬達可操作的最大相電流為：

$$I_{\max} = \frac{2.5V}{R_{\text{shunt}} \times \text{Gain}} = \frac{2.5V}{0.5\Omega \times 7.5} = 0.667A$$

- (4) 選擇 HT32F65233-EVB 的 Gain 為內部設定，所以 R13、R21、R17、R23 組件規格為 0Ω。

調整 Gain 的倍率，馬達可操作的最大電流為：

$$I_{\max} = \frac{2.5V}{R_{\text{shunt}} \times \text{Gain}} = \frac{2.5V}{0.5\Omega \times 8} = 0.63A$$

- (5) 選擇 HT32F66246-EVB 的 Gain 為內部設定，所以 R20、R24、R30、R12、R22、R29 組件規格為 0Ω。

調整 Gain 的倍率，馬達可操作的最大電流為：

$$I_{\max} = \frac{2.5V}{R_{\text{shunt}} \times \text{Gain}} = \frac{2.5V}{0.5\Omega \times 8} = 0.63A$$

若使用者欲使馬達最大操作相電流調整為 1.1A。需做的設定如下：

- (1) 將 HVPB-A 的 R19、R20、R21 組件規格改為 0.1Ω/2512/1%。
- (2) 選擇 HT32F65240-EVB 的 R15、R16、R19、R22 組件由規格 820Ω 更改為 150Ω。
- (3) 選擇 HT32F65232-EVB 的 R16 組件由規格 1KΩ 更改為 330Ω，R22 組件由規格 820Ω 更改為 150Ω。
- (4) 選擇 HT32F65233-EVB 的不需調整電阻，調整內部 PGA Gain 即可，調整如下：

$$I_{\max} = \frac{2.5V}{R_{\text{shunt}} \times \text{Gain}} = \frac{2.5V}{0.1\Omega \times 24} = 1.04A$$

- (5) 選擇 HT32F66246-EVB 的不需調整電阻，調整內部 PGA Gain 即可，調整如下：

$$I_{\max} = \frac{2.5V}{R_{\text{shunt}} \times \text{Gain}} = \frac{2.5V}{0.1\Omega \times 24} = 1.04A$$

由上述之設定，可使 HVPB-A 的馬達最大操作相電流由 0.63A/0.667A 更改為 1.04A/1.1A。另外，在設計放大倍率及 R-Shunt 時，需注意馬達操作相電流範圍，不可大於馬達相電流最大取樣值，且若馬達操作相電流範圍設定過大，會影響電流取樣的解析度。

2. 電路原理圖

此章將針對 HVPB-A 的硬體電路搭配實際電路原理圖做解說，詳如下述第 2-1~2-5 節。

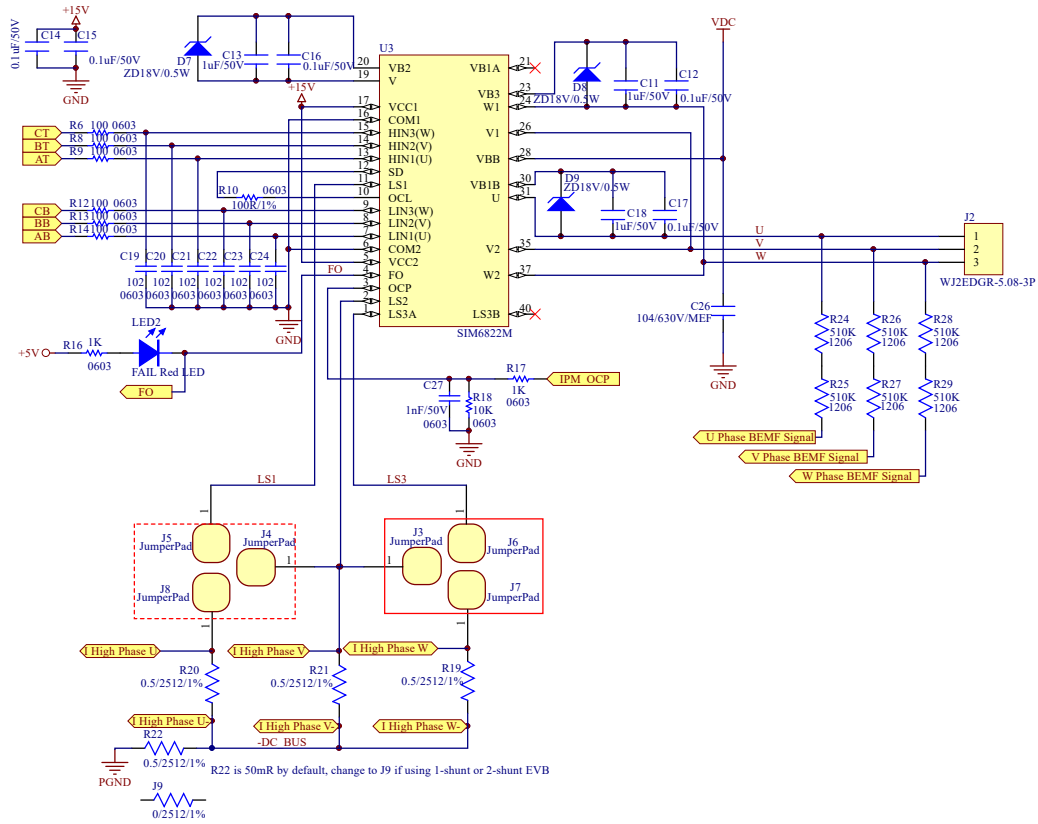
2-1 驅動級電路

下方第一個圖為驅動級電路，其 IPM 模組型號為 SIM6822M，其為內建 Gate Driver 及三相 MOSFET 的 IPM 模組。故可直接將 MCU 輸出的 PWM 訊號連接至此 IPM 模組即可做開關之驅動。

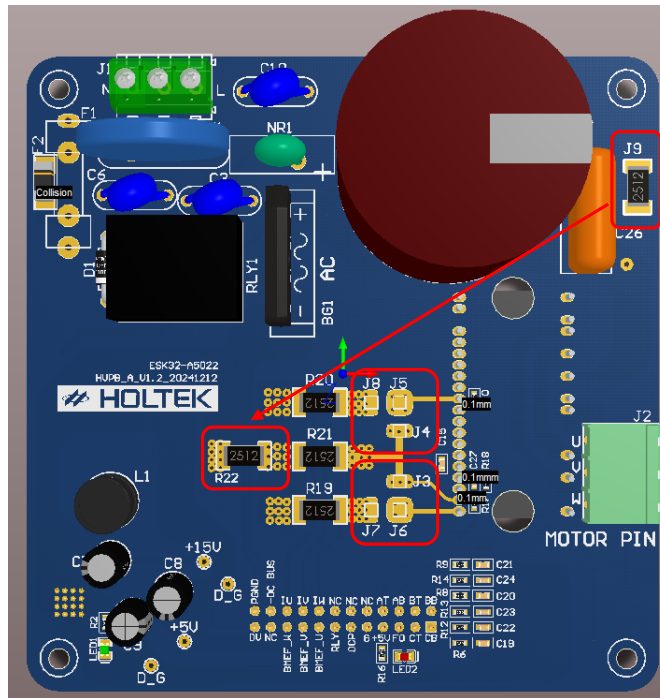
此外，還包含過電流輸入訊號腳位 IPM_OCP，當 MCU 偵測到馬達過電流時，會輸出高準位訊號至 IPM 模組的 OCP 腳位，使 IPM 強制將上、下側 MOSFET 關斷，並於錯誤回報腳位 FO 拉地，使 LED2 亮起，告知使用者系統發生過電流錯誤。

而跳帽板 (Jumper Pad) 的部分，如選擇 HT32F65240-EVB 時，J5 短路連接至 J8，J6 短路連接至 J7，R22 改成 J9(0R)，而 Shunt Resistor 的部分，以回授馬達相電流訊號至 MCU 做 FOC 閉迴路控制，並同時回授至 MCU 內建比較器做三相過電流保護。如選擇 HT32F65232-EVB 時，J5 短路連接至 J4，J6 短路連接至 J3，R22 改成 J9(0R)。如選擇 HT32F65233-EVB 及 HT32F66246-EVB 需將下側 MOSEFET 的源極連接至 Shunt Resistor(R20，R19)，J5 短路連接至 J8、J6 短路連接至 J7，預設為 R-shunt(R22) 端的電壓先進到 MCU 內建的 OPA 將訊號放大，才進到內部的比較器做過電流保護，其硬體預設值為 0.5Ω/2512，使用者欲做更換其他阻值時需注意電阻的額定功率為 2W 以上。

IPM



驅動級電路



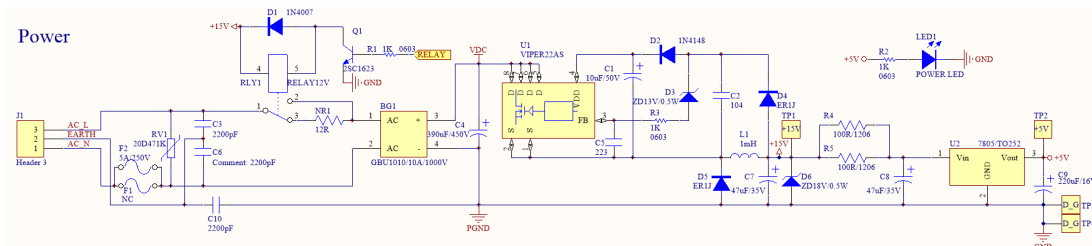
跳帽板 (Jumper Pad) 跳線位置

2-2 系統電源電路 (AC-DC, DC-DC, LDO)

下圖為系統電源電路，首先，交流電 (110VAC 或 220VAC) 由連接器 J1 輸入至 HVPB-A，於初送電瞬間，交流電會先以 NR1 組件做限制啟動電流，經橋式整流電路 GBU1010 及穩壓電容 C4 做穩壓為直流電。送電瞬間過後，再由 MCU 發 RELAY 訊號給繼電器，使交流電避開 NR1 路徑，直接進入橋式整流電路 GBU1010 及穩壓電容 C4 做穩壓為直流電。若交流電為 110VAC，則直流電將為 155VDC；若交流電為 220VAC，則直流電將為 310VDC。

而直流電再經 DC-DC 功率轉換器 U1 做降壓為 15V，主要做為 IPM 模組的供電使用，其組件型號為 VIPER22AS。

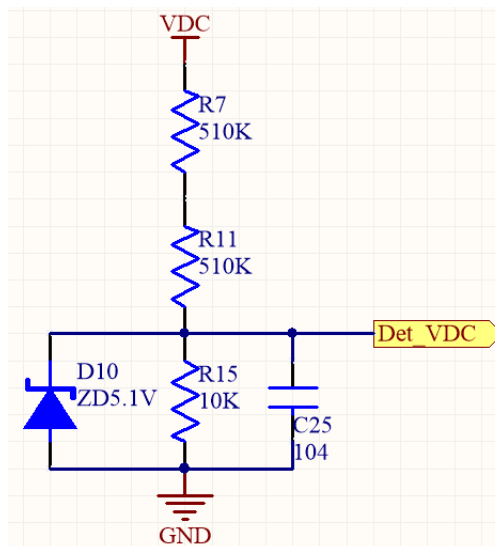
最後，再經由 5V LDO 輸出 5V，其採用的組件型號為 LM7805，而此電路之輸出主要做為 MCU 組件的供電，需透過 MCU-EVB 的連接器 P1 做供電。此外，使用者可透過 LED1 判斷 HVPB-A 電路板是否有送電。



系統電源電路

2-3 直流鏈電壓回授電路

下圖為直流鏈電壓回授電路，硬體電路的預設，其 Det_VDC 回授訊號為實際直流鏈電壓的 1/102。透過 MCU 的 ADC 讀值，搭配硬體的縮小倍率，可計算出當前的直流鏈電壓值為何。



直流鏈電壓回授電路

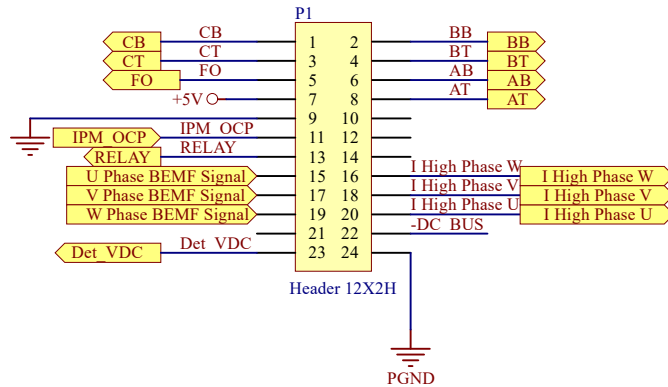
2-4 HVPB-A 的連接器

下圖為 HVPB-A 的連接器電路圖，其腳位包含：Gate Driver 的輸入訊號 AT、AB、BT、BB、CT、CB、直流鏈電壓回授訊號 Det_VDC、三相電流回授訊號 I High Phase U、I High Phase V、I High Phase W、5V LDO 的輸出電壓、MCU 輸出的繼電器控制訊號 RELAY、MCU 輸出的 IPM 模組過電流關斷訊號 IPM_OCP、IPM 模組輸出的錯誤回報訊號 FO、U Phase BEMF Signal、V Phase BEMF Signal 和 W Phase BEMF Signal。其腳位定義如下表所示。

腳位編號	定義	腳位編號	定義
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 Phase BEMF Signal	16	I High Phase W
17	V Phase BEMF Signal	18	I High Phase V
19	W Phase BEMF Signal	20	I High Phase U
21	NC	22	-DC_BUS
23	Det_VDC	24	PGND

HVPB-A 的連接器腳位定義

Power Board Connector

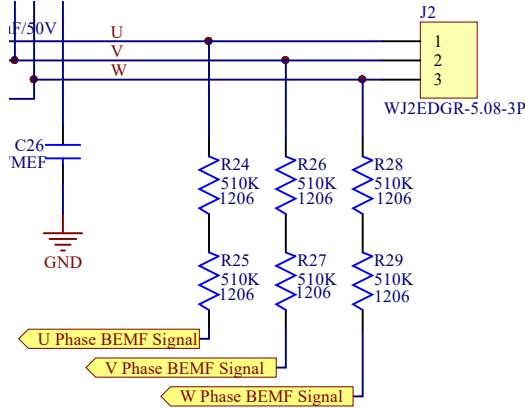


HVPB-A 的連接器電路圖

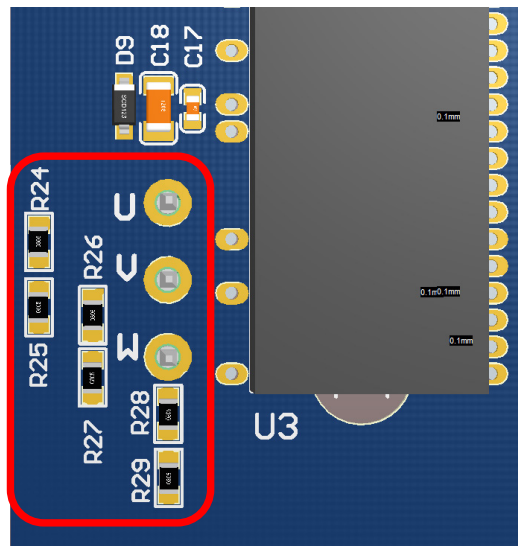
2-5 反電動式偵測電路

下圖為反電動勢偵測電路圖，主要用來偵測馬達相電壓大小，建議分壓後電壓不要超過 4V 即可，因 HT32F65232-EVB 分壓點對地電阻 R117、R118、R119 固定是 10KΩ，假設 HVPB-A 電源板最高輸入 AC 264V，即 DC 373V，分壓點對電源板相電壓的電阻為 1020KΩ (因耐電關係需二顆串聯)，可算出分壓點為：

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



(a)



(b)

反電動勢偵測電路

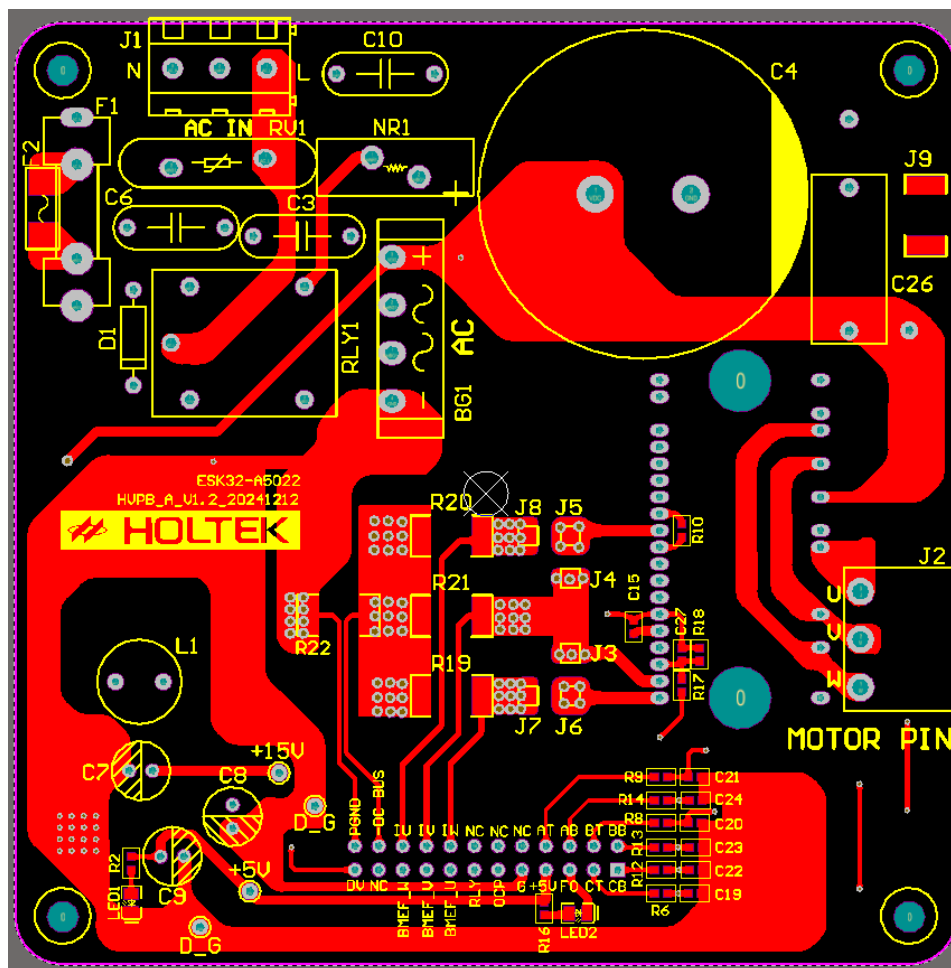
(a) 反電動勢偵測電路圖；(b) 組件對應位置 (下層)

3. PCB 佈局

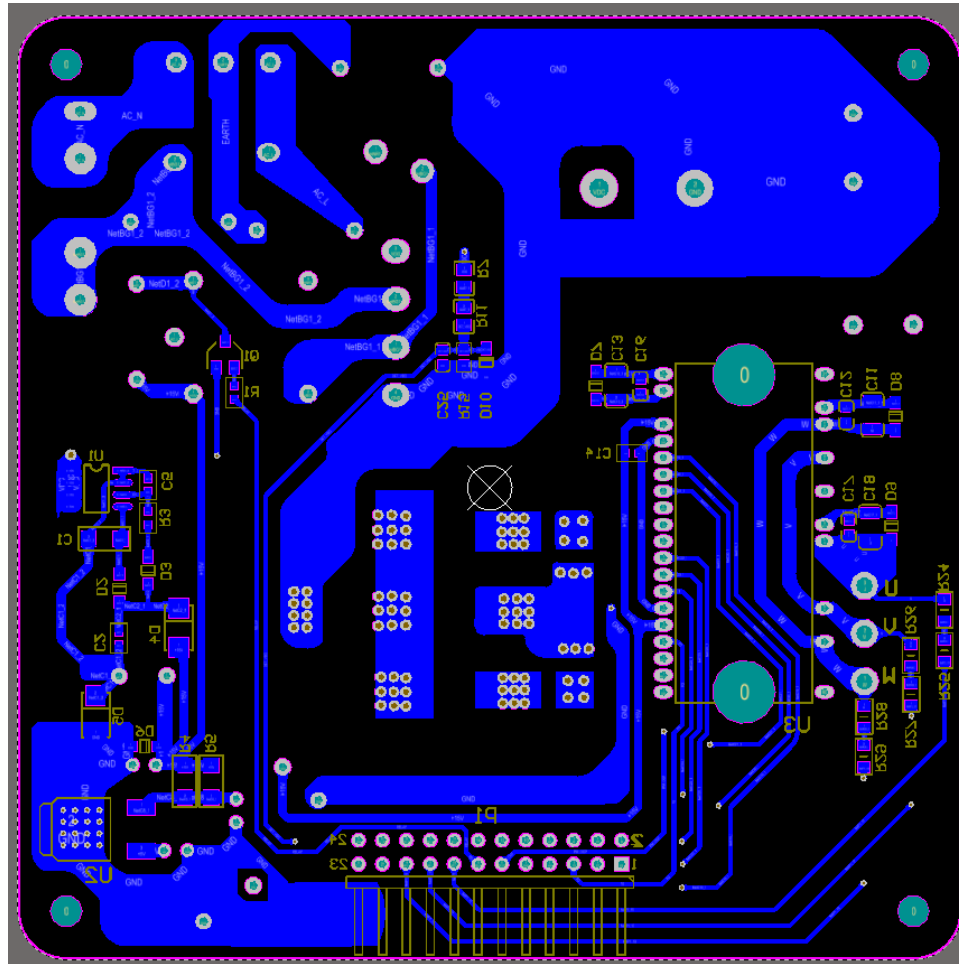
下方兩個圖為 HVPB-A 的 PCB 佈局，其詳細規格如下表所示。

電路板之長 × 寬	100×100 (mm)
電路板厚	1.6 (mm)
Layer 層數	2 (層)
銅箔厚度	1 (Oz)
電路板材	FR-4
防焊層顏色	藍色

HVPB-A 電路板之規格表



(a)



(b)

直流無刷馬達開發平台 HVPB-A PCB 佈局

(a) 頂層 ; (b) 底層

4. BOM 列表

下表為 HVPB-A 的 BOM 列表，此為單套電路板所需的全部組件。

序號	注釋	組件封裝	組件標號	數量
1	貼片電容 0.1μF ±10% 50V X7R 0603	0603	C2, C14, C15, C12, C16, C17, C25	7
2	貼片電容 1nF ±10% 50V X7R 0603	0603	C19, C20, C21, C22, C23, C24, C27	7
3	貼片電容 22nF ±10% 50V X7R 0603	0603	C5	1
4	貼片電阻 1KΩ ±1% 0603	0603	R1, R2, R3, R16, R17	5
5	貼片電阻 10KΩ ±1% 0603	0603	R18, R15	2
6	貼片電阻 100Ω ±1% 0603	0603	R6, R8, R9, R10, R12, R13, R14	7
7	貼片紅光二極體 · 普亮	0805_LED	LED2	1
8	貼片綠光二極體 · 普亮	0805_LED	LED1	1
9	貼片電阻 510KΩ ±1%	0805	R7, R11, R24, R25, R26, R27, R28, R29	8
10	貼片電容 10μF ±10% 50V X7R 1206	1206	C1	1
11	貼片電容 1μF ±10% 50V X7R 1206	1206	C11, C13, C18	3
12	貼片電阻 100Ω ±1% 1206	1206	R4, R5	2
13	貼片電阻 2512-2W-500mR-1%	2512	R19, R20, R21, R22	4
14	貼片電阻 2512-1W-0R-1%	2512	J9	1
15	貼片二極體 ER1J 600V/1A	DO-214AC	D4, D5	2
16	貼片二極體 1N4148 SOD-123	SOD-123	D2	1
17	IC VIPER22AS	SO-8	U1	1
18	貼片穩壓二極體 5.1V/0.5W	SOD-123	D10	1
19	貼片穩壓二極體 18V/0.5W	SOD-123	D6, D7, D8, D9	4
20	貼片穩壓二極體 13V/0.5W	SOD-123	D3	1
21	貼片電晶體 NPN 60V 2SC1623	SOT-23	Q1	1
22	貼片 LDO L78M05CDT-TR	TO-252AA	U2	1
23	FUSE 5A/250V	FUSE_S6125	F2	1
24	WJ2EDGR-5.08-3P	3EHDR_3P	J2	1
25	Bridge GBU1010/10A/1000V	GBU	BG1	1
26	電解電容 · 47μF/35V · (5×11)	CEC6.3_V_P2.5	C7, C8	2
27	電解電容 · 220μF/16V · (5×11)	CEC6.3_V_P2.5	C9	1
28	電感 1mH PK0810-102KB	COIL2_RC0810	L1	1
29	WJ500V-5.08-3P	P5.00_WJ128V	J1	1
30	Y 電容 2.2nF ±20% 400V	CY_V_P10.4	C3, C6, C10	3
31	二極體 1N4007 1KV/1A	DO-41	D1	1
32	PM254-2-12-W-8.5 · 90 度 · P=2.54mm	HDR2X12H	P1	1
33	IPM SIM6822M	IPM_SAM68XX	U3	1
34	CBB 電容 104/630V/MEF	RAD0.6A	C26	1
35	電解電容 390μF/450V	RB_POWER	C4	1
36	NTC NTC12D-7	W6.0-P7.50-D1.0	NR1	1
37	功率继电器 HF3FF/012-1ZS	RW-12SH-1C-P	RLY1	1
38	MOV 20D471K 470V	MOV_21D_V_P10	RV1	1

直流無刷馬達開發平台 HVPB-A BOM 列表

Copyright© 2025 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. All Rights Reserved.

本文件出版時 HOLTEK 已針對所載資訊為合理注意，但不保證資訊準確無誤。文中提到的資訊僅是提供作為參考，且可能被更新取代。HOLTEK 不擔保任何明示、默示或法定的，包括但不限於適合商品化、令人滿意的品質、規格、特性、功能與特定用途、不侵害第三人權利等保證責任。HOLTEK 就文中提到的資訊及該資訊之應用，不承擔任何法律責任。此外，HOLTEK 並不推薦將 HOLTEK 的產品使用在會因故障或其他原因而可能會對人身安全造成危害的地方。HOLTEK 特此聲明，不授權將產品使用於救生、維生或安全關鍵零組件。在救生 / 維生或安全應用中使用 HOLTEK 產品的風險完全由買方承擔，如因該等使用導致 HOLTEK 遭受損害、索賠、訴訟或產生費用，買方同意出面進行辯護、賠償並使 HOLTEK 免受損害。HOLTEK (及其授權方，如適用) 擁有本文件所提供資訊 (包括但不限於內容、資料、示例、材料、圖形、商標) 的智慧財產權，且該資訊受著作權法和其他智慧財產權法的保護。HOLTEK 在此並未明示或暗示授予任何智慧財產權。HOLTEK 擁有不事先通知而修改本文件所載資訊的權利。如欲取得最新的資訊，請與我們聯繫。