



HT32F65433A_MCU Board 硬件说明

版本: V1.00 日期: 2025-11-17

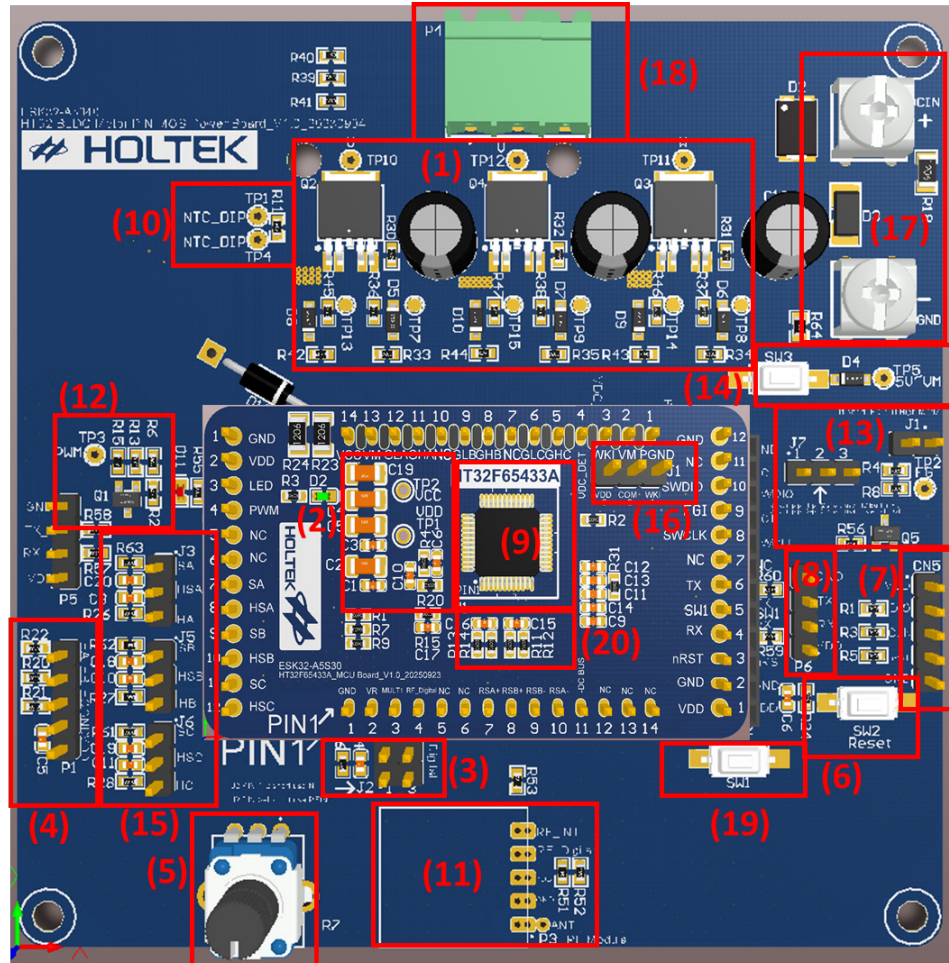
www.holtek.com

目录

1. 简介	3
2. 电路原理图	6
2-1 HT32F65433A 周边元件参考电路	6
2-2 逆变器电路	7
2-3 过电流保护电路与电流侦测线路	8
2-4 MOSFET 温度反馈电路	9
2-5 直流链电压反馈电路	9
2-6 霍尔传感器反馈电路	10
2-7 VR 可变电阻电路	10
2-8 无传感器与霍尔传感器跳帽设定	10
2-9 烧录接口与电机平台通信连线方式	11
2-10 VCC 降压电阻	13
2-11 反电动势侦测电路	13
2-12 RF 接收模块	14
2-13 MCU 待机零功耗与唤醒 MCU 功能	14
2-14 FG 转速功能	15
2-15 PWM 命令功能	15
2-16 MCU 引脚功能定义	16
3. PCB 布局	17
4. BOM 列表	19

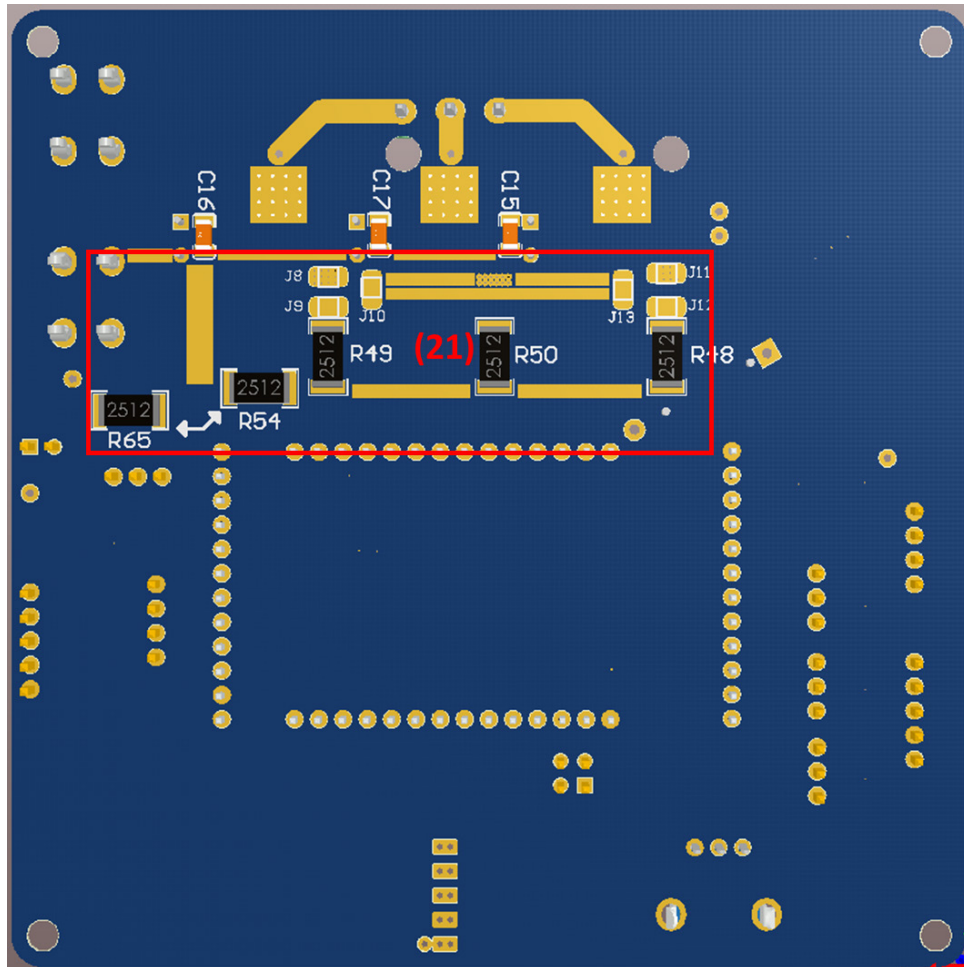
1. 简介

HT32F65433A_MCU Board 与 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 硬件说明，如下图所示。(1) MOSFET 逆变器。(2) VM 与 VCC 电容与 5V LDO 输出。(3) NTC 与 RF 功能选择的跳帽。(4) 霍尔传感器接口。(5) VR 可变电阻。(6) Reset 按钮。(7) SWD 烧录接口。(8) 电机平台通信接口。(9) HT32F65433A 单片机本体。(10) MOSFET 温度反馈电路。(11) RF 接收模块 (默认 NC)。(12) 接收外部 PWM 命令信号电路。(13) FG 转速信号电路。(14) MCU 休眠唤醒电路。(15) 电机霍尔传感器与电机无感测功能选择的跳帽。(16) MCU 休眠模式功能选择的跳帽，硬件默认工作模式。(17) 输入直流电压螺丝座。(18) U、V、W 电机接口。(19) 按键。(20) 双电阻电流采样电路。

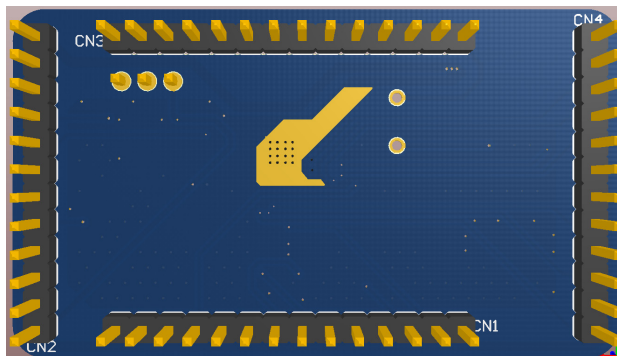


直流无刷电机开发平台 HT32F65433A_MCU Board
与 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 正面

HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 背面硬件说明，如下图所示。(21) J8、J9、J10、J11、J12、J13 跳帽焊盘。

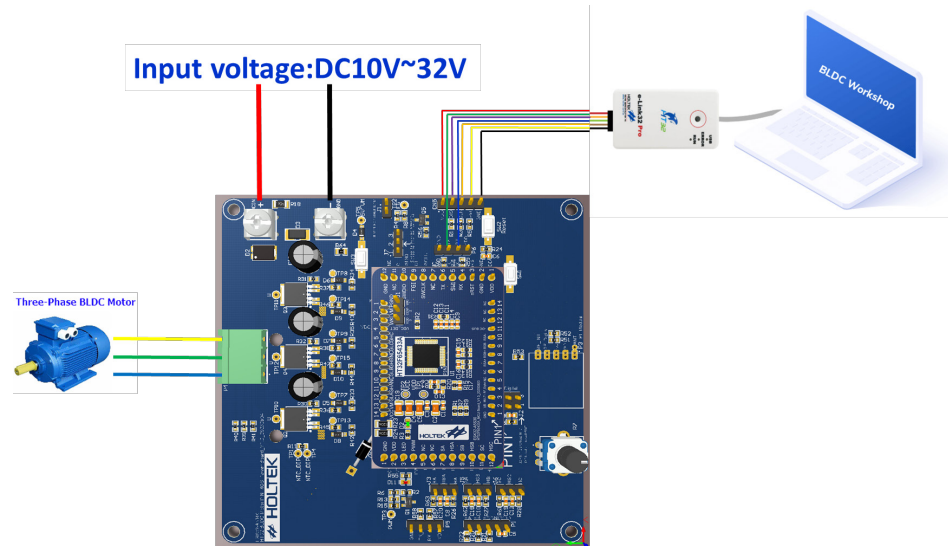


直流无刷电机开发平台 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 背面
HT32F65433A_MCU Board 背面硬件说明，如下图所示。



直流无刷电机开发平台 HT32F65433A_MCU Board 背面

HT32F65433A_MCU Board 开发环境，如下图所示。使用 PC USB 口通过 Mini USB 线连接至 e-Link32 Pro，再通过 e-Link32 Pro 连接至 HT32F65433A_MCU Board 与直流无刷电机开发平台做通信。其输入电源范围为 DC 10V~32V。



HT32F65433A_MCU Board 开发环境

特色

- 输入电压：DC 10V~32V
- 最大直流 (DC) 总线电流：2A
- 最大电机相电流：6.25A
- 相电流采样电阻 (R_Shunt)：0.05Ω/2512/1%/2W
- 直流链电压分压比：1/16
- 栅极驱动信号极性：
 - (1) 下臂导通极性：低电平
 - (2) 上臂导通极性：高电平

如上述 HT32F65433A_MCU Board 的最大电机相电流规格为 6.25A，下图为相电流取样 PGA 放大设定，其硬件默认参数如下：

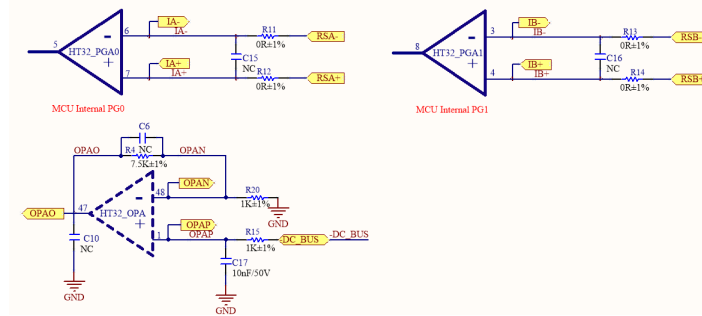
- (1) HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的 R48、R49、R50、R54 元件规格为 0.05Ω/2512/±1%/2W。
- (2) J8、J9 之间焊盘短路与 J11、J12 之间焊盘短路。
- (3) HT32F65433A_MCU Board 的 R11、R12、R13 和 R14 元件规格为 0Ω。

而其硬件参数下，电机可操作的最大相电流为：

$$I_{\max} = \frac{2.5V}{R_{\text{shunt}} \times \text{Gain}} = \frac{2.5V}{0.05\Omega \times 8} = 6.25A$$

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。

Current Sensing Circuit



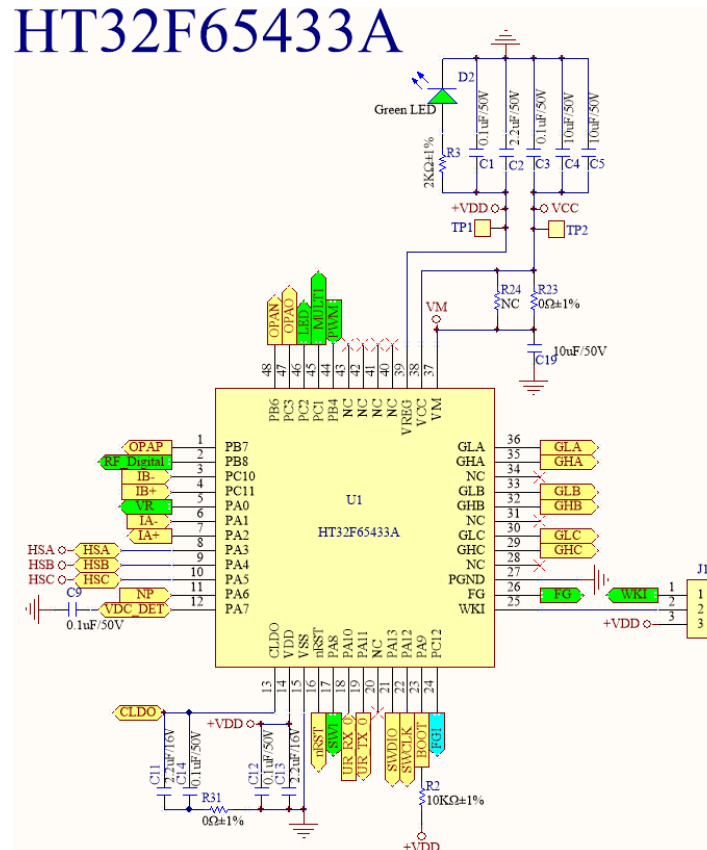
相电流取样 PGA 放大设定

2. 电路原理图

此章节将针对 HT32F65433A_MCU Board 的硬件电路搭配实际电路原理图做解说，详如下述第 2-1~2-16 节。

2-1 HT32F65433A 周边元件参考电路

下图为 HT32F65433A 周边元件参考电路，采用 P-N 驱动器，内建 12V 栅极钳位电压，内建 5V LDO 供给 MCU 电路电源，电流驱动能力源极 350mA 与漏极 500mA，内建 VCC 欠压保护、5V LDO 欠压保护。



2-2 逆变器电路

下图为逆变器电路，其开关元件型号为 P2204ND5G，规格如下第 1 个表所示，MOSFET 驱动能力的强弱可通过栅极电阻与二极管调整上升与下降时间。而 Shunt Resistor 的部分，以反馈电机相电流信号通过内部 PGA 放大后使 MCU 做 FOC 闭回路控制，其硬件默认值为 0.05Ω/2512/1%/2W，用户欲做更换其他阻值时需注意电阻的额定功率为 2W 以上。

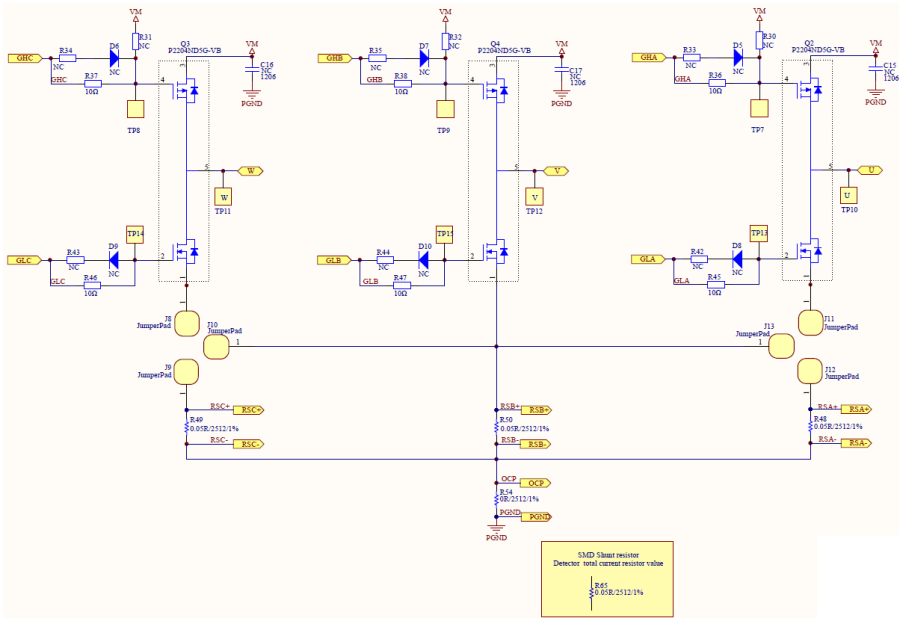
因 HT32F65433A 是双电阻控制 MCU，所以分流电阻需要将 J8 与 J9 短路；J11 与 J12 短路；R48、R49、R50、R54 为 50mΩ，即是 HT32F65433A 接法。因上板 MCU 与下板的电流采样电阻跳帽设定会有关系，所以出厂默认将 J8、J9、J10、J11、J12、J13 跳帽移除，用户根据上板选用的 MCU 再决定下板的电流采样电阻跳帽设定，可参考下方第 2 个表。

项目	N-ch	P-ch
Vds	+40V	-40V
Rds(on).max @ VGS=10V	14mΩ	14mΩ
Id	50A	-50A
Ciss	1799pF	2000pF

P2204ND5G 规格表

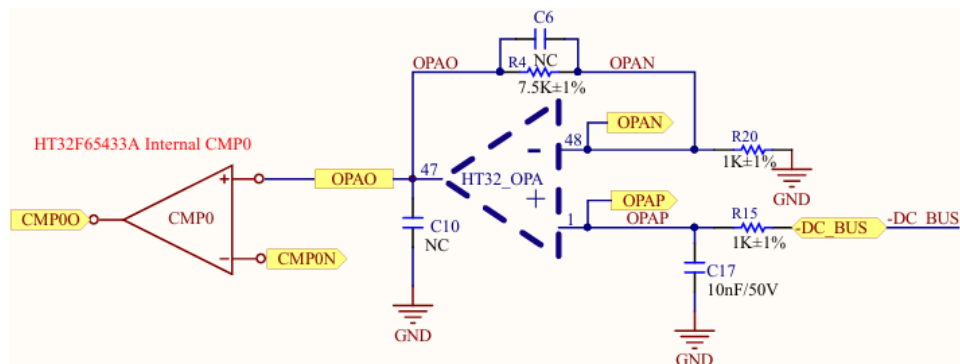
上板 MCU	下板电流采样电阻跳帽配置	总线过电流电阻
HT32F65x32A 单电阻控制	J8 与 J10 短路 & J11 与 J13 短路	R54=0Ω (默认)
HT32F65x40A 双电阻控制	J8 与 J9 短路 & J11 与 J12 短路	R54=0Ω (默认)
HT32F66x46A 三电阻控制 + 总线过流侦测	J8 与 J9 短路 & J11 与 J12 短路	R54=50mΩ (默认) (与 R65 交换)
HT32F65x33A 双电阻控制 + 总线过流侦测	J8 与 J9 短路 & J11 与 J12 短路	R54=50mΩ (默认) (与 R65 交换)

下板电流采样电阻跳帽配置表

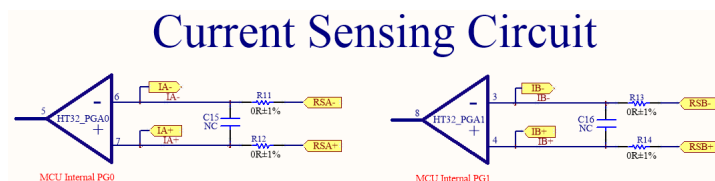


逆变器电路

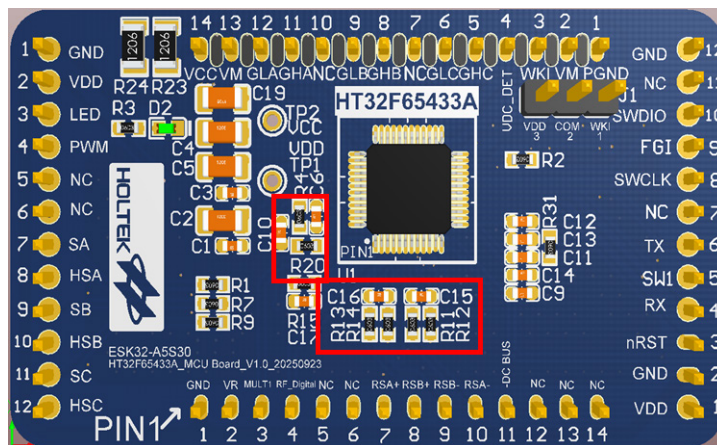
下方两个图为过电流保护电路与电流侦测线路，将总线的 R-Shunt 上的电压经过低通滤波器进入内部 OPA，内部的 DAC 过电流阈值与 OPA 输出做比较，达到过电流保护功能。



过电流保护电路



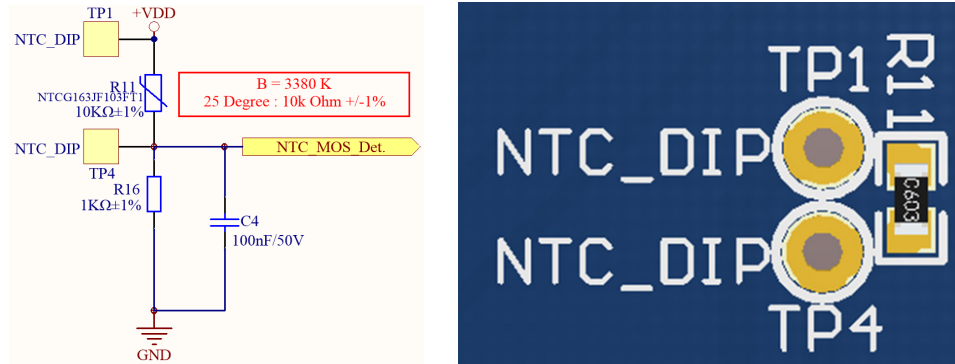
电流侦测线路



实际元件布局位置

2-4 MOSFET 温度反馈电路

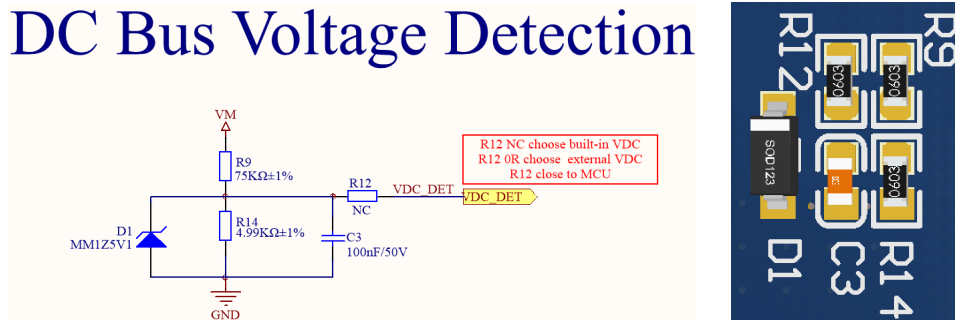
下图为 MOSFET 温度反馈电路，其 NTC 型号为 NTCG163JF103FT1，属负电阻温度系数，而其 B 值为 $3380\text{K} \pm 1\%$ 。通过 MCU 的 ADC 读值，可推算出此时 NTC 的电阻值，再通过其 B 值可估算出目前 MOSFET 的温度，R11 封装是 SMD 0603，如有需要温度功能且 NTC 需要摆放在 MOSFET 热源附近，可将 R11 SMD 移除，换成插件式 NTC 电阻，可通过 NTC 本身引脚，让 NTC 更靠近热源，NTC 引脚可以焊接至 NTC_DIP 贯孔。



MOSFET 温度反馈电路与实际元件布局与 NTC_DIP 位置

2-5 直流链电压反馈电路

下图为直流链电压反馈电路，其 VDC_DET 反馈信号为实际直流链电压的 1/16。通过 MCU 的读值，搭配硬件的缩小倍率，可计算出当前的直流链电压值。

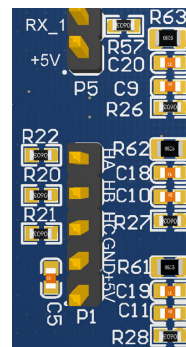
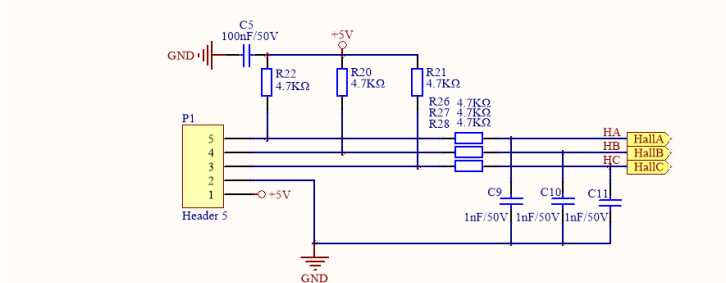


直流链电压反馈电路与实际元件布局

2-6 霍尔传感器反馈电路

下图为霍尔传感器反馈电路，如电机带有霍尔传感器可以将 3 个霍尔信号接到 P1 排针上 pin3~pin5，会经过上拉电阻将信号上拉至 +5V，再经过低通滤波器进到 MCU 做换相信号处理。

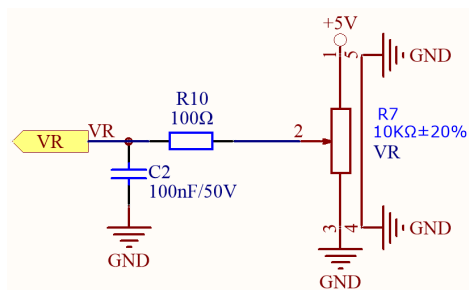
Hall Sensor Feedback Circuit



霍尔传感器反馈电路与实际元件布局

2-7 VR 可变电阻电路

下图为 VR 可变电阻电路，将 VR 中间分压电压经过低通滤波器传送到 MCU ADC，实际应用上可当作电机转速的命令，达到人机接口的功能。

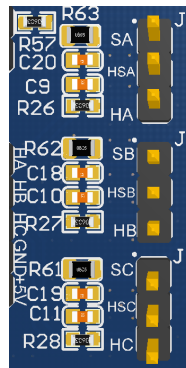
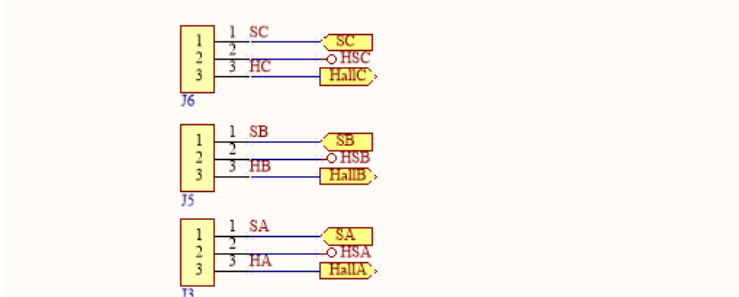


VR 可变电阻电路与实际元件布局

2-8 无传感器与霍尔传感器跳帽设定

下图为无传感器与霍尔传感器跳帽设定，当选择霍尔信号 HallA、HallB、HallC 时，可通过外部 J3、J5、J6 三组跳帽将 pin2 与 pin3 短路，如选择无感信号 SA、SB、SC 通过外部 J3、J5、J6 三组跳帽将 pin1 与 pin2 短路，硬件默认为无传感器。

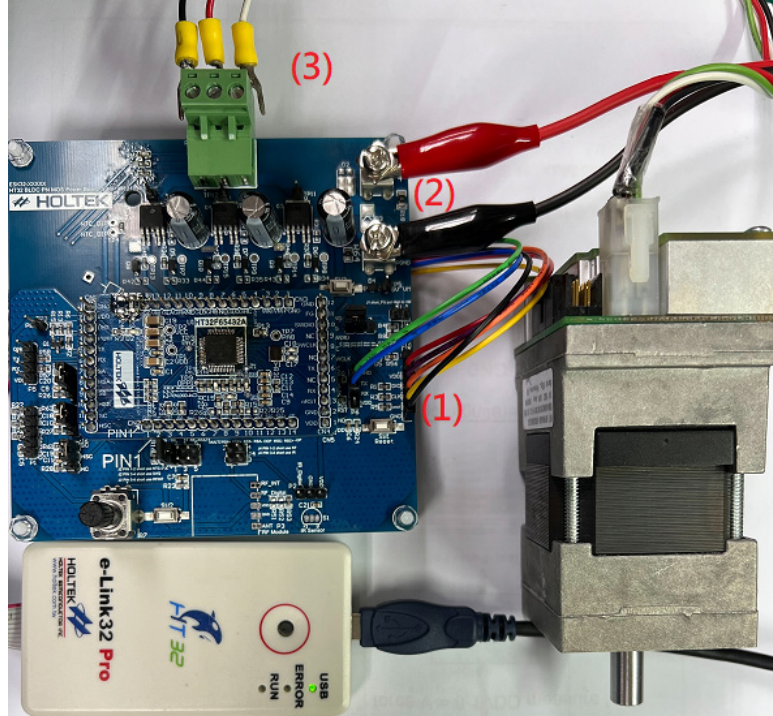
Sensorless or Hall select



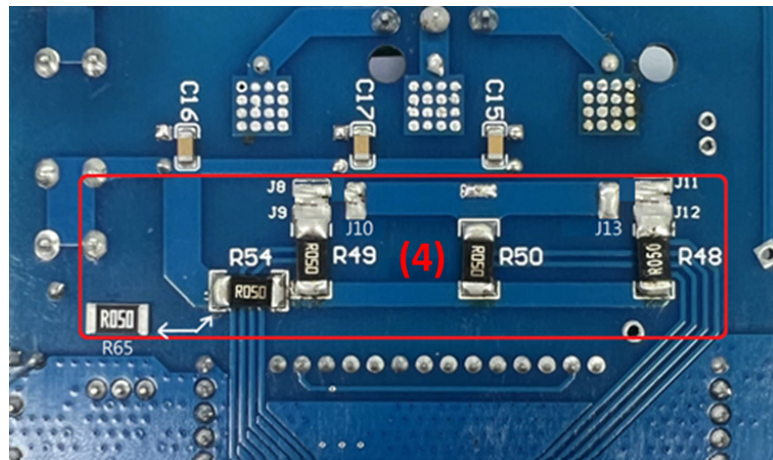
无传感器与霍尔传感器跳帽设定与实际元件布局

2-9 烧录接口与电机平台通信连线方式

先检查 HT32F65433A MCU Board 与 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的硬件接线前置设定是否正确。总共有 4 处需检查，如下图：(1) e-Link32 Pro 烧录器接线。(2) 输入电源线。(3) 电机接线。(4) 如下第 2 个图，位于底板的电流采样电阻的配置 (J8-J9 短路 & J11-J12 短路 & R48、R49、R50 和 R54 为 50mΩ)。



检查 HT32F65433A_MCU Board 与 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 硬件接线前置设定



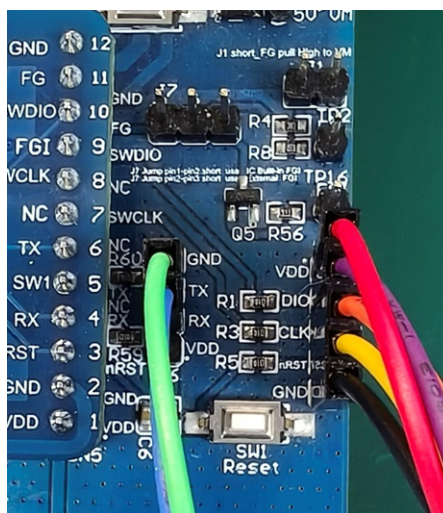
检查 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 电流采样电阻配置设定

如上第一个图所示，将方形电机的三相线分别连接至 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的端子 (U、V、W)，再将 Mini USB 传输线连接至 PC USB 口，接续将 e-Link32 Pro 输出口通过排针转成杜邦线连接至 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的 CN5 排针上，如下三个图 (CN5 由上至下排序为 5V

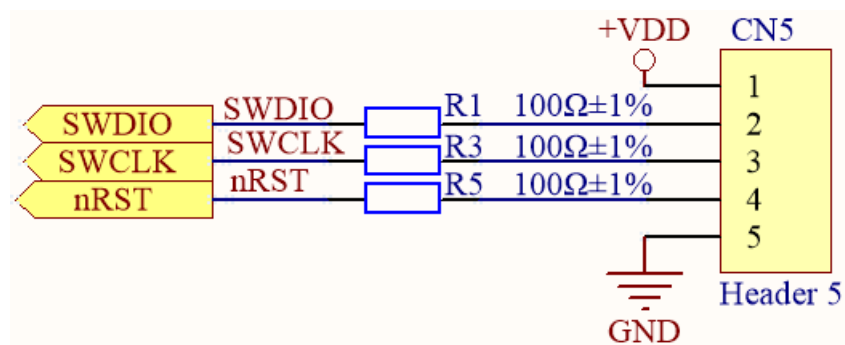
1	3	5	7	9
Red	Black	White	Green	White
Purple	Orange	White	Blue	Yellow
2	4	6	8	10

Pin#	Description	Pin#	Description
1 	5V	2 	SWDIO
3 	GND	4 	SWCLK
5	GND	6	Reserved
7 	NC (VCOM_RXD ^(Note))	8 	NC (VCOM_TXD ^(Note))
9	GND	10 	Reset

e-Link32 Pro 烧录器出线定义



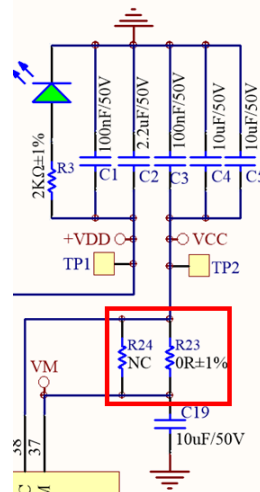
HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的 CN5 与 P6 排针对应烧录排线颜色参考图



CN5 引脚定义

2-10 VCC 降压电阻

如下图所示，硬件默认 R23 为 0Ω 与 R24 为 NC，电阻封装为 1206 样式，如输入电压超过 24V 以上建议 R23 与 R24 调整适当的阻值，可使单片机内部 5V LDO 的输入电压变小，正常操作下 VCC 耗电约 35mA，利用欧姆定律算出电阻跨压，建议 VCC 操作 12V~15V，单片机温度可以控制在合理的范围内。

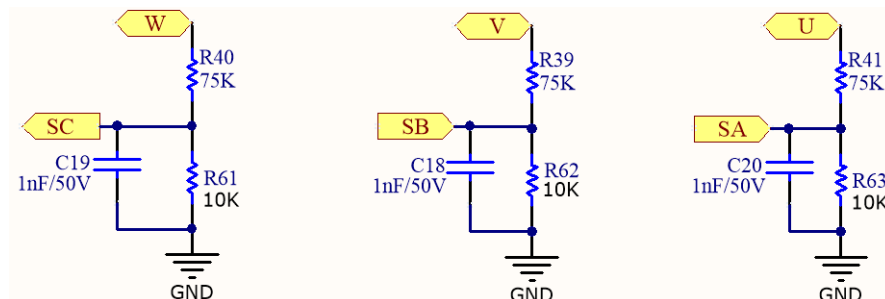


R23 与 R24 降压电阻

2-11 反电动势侦测电路

如下图所示，为反电动势侦测电路，主要用来侦测电机相电压大小，建议分压后电压不要超过 4V 即可，分压点对地电阻 R61、R62、R63 固定是 10KΩ，假设输入最高电压为 32V，分压点对相电压的电阻为 75KΩ，可算出分压点为：

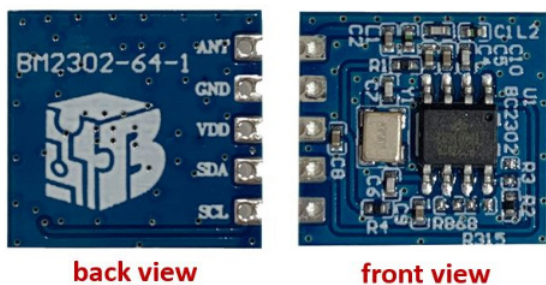
$$32V \times \left(\frac{10K\Omega}{10K\Omega + 75K\Omega} \right) = 3.76V$$



反电动势侦测电路

2-12 RF 接收模块

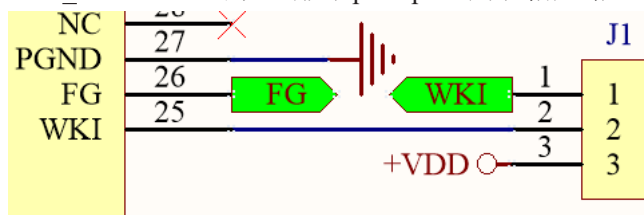
如下图所示，为 433MHz 超外差 OOK 接收模块，型号为 BM2302-64-1，如有远距离遥控需求，可在倍创网络商城购买此模块，硬件默认不上件 NC。



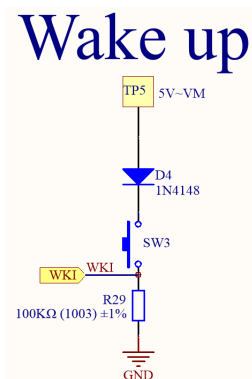
RF 接收模块

2-13 MCU 待机零功耗与唤醒 MCU 功能

如下第一个图为 J1 切换功能跳帽图，如 MCU 有待机零功耗需求，须把上板 MCU Board 的 J1 排针 pin1-pin2 用跳帽短路达到待机零功耗功能，如下第二个图，下板 TP5 可以通过杜邦线将 5V~VM 电压引入，再通过 SW3 按钮将电压传至上板 HT32F65433A_MCU Board 达到唤醒 MCU 功能，如无省电模式可将上板 HT32F65433A_MCU Board 的 J1 排针 pin2-pin3 用跳帽短路。



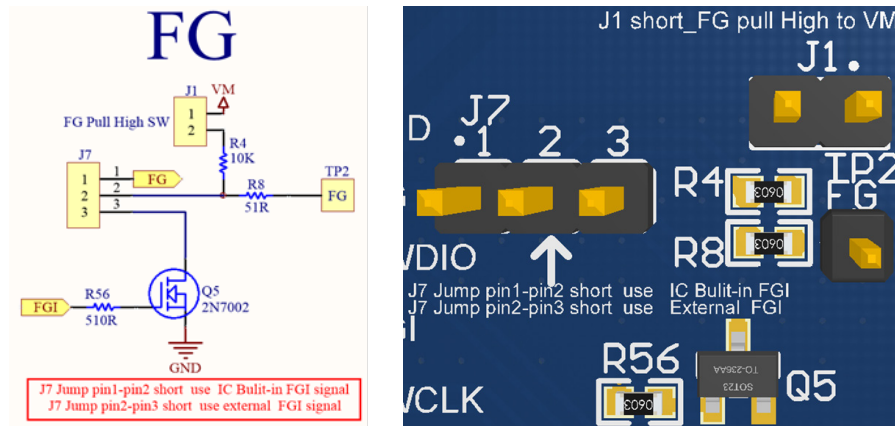
J1 切换功能跳帽图



唤醒功能

2-14 FG 转速功能

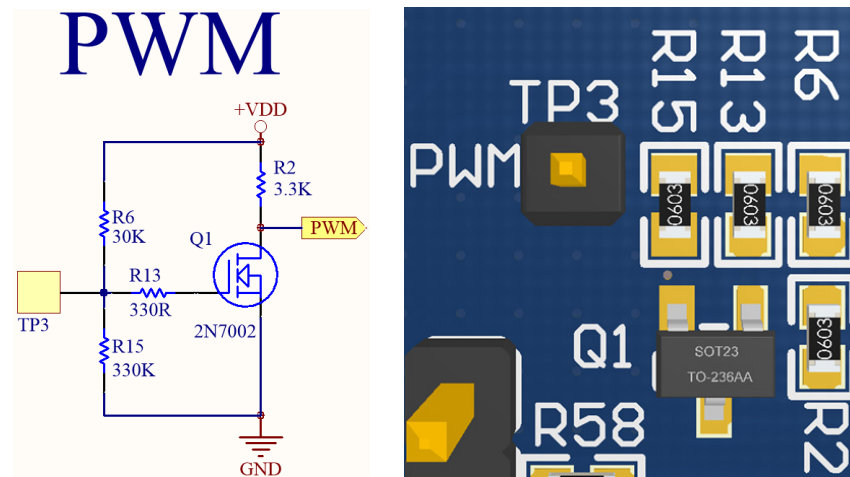
下图为FG转速功能，通过下板J7排针pin1-pin2用跳帽短路，可使用HT32F65433A内建的FG功能无须外部元件，因内部晶体管架构为开漏极，可将J1排针用跳帽短路，使得FG输出电压上拉至VM。



FG 转速功能

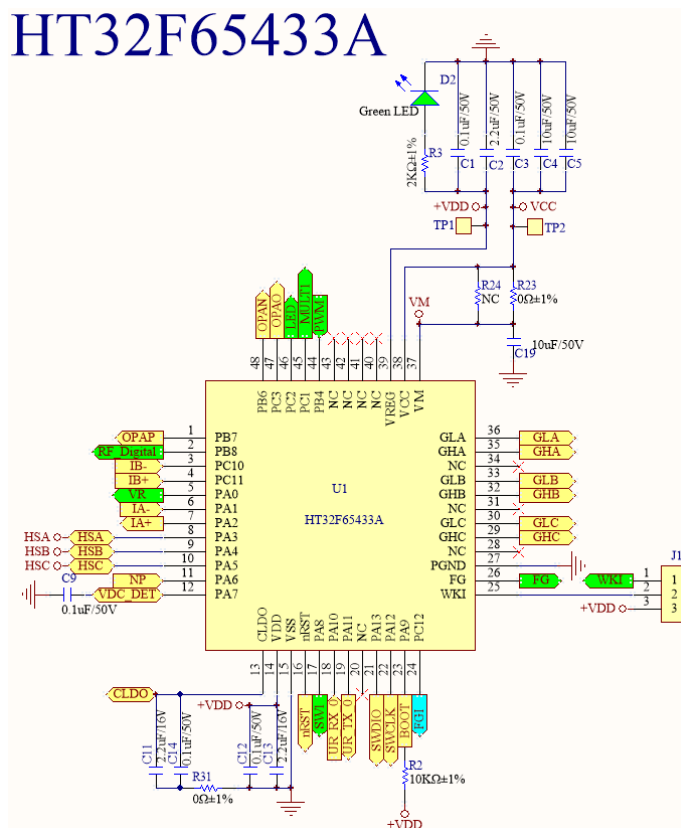
2-15 PWM 命令功能

下图为PWM命令功能，将外部PWM命令接至TP3排针，利用Q1 MOSFET将PWM信号反相输出，即可得到反相的PWM命令信号。



2-16 MCU 引脚功能定义

下图为 HT32F65433A 引脚电路图，MCU 引脚功能定义可参考下表。



HT32F65433A 引脚电路图

PB7(OPAP)	PB8(RF Digital)	PA0(VR)
PA3(HSA)	PA4(HSB)	PA5(HSC)
PA7(VDC)	PA8(SW1)	PA10(UR_RX_0)
PA11(UR_TX_0)	PA13(SWDIO)	PA12(SWCLK)
PC12(FGI)	WKI(WKI)	FG(FG)
PB4(PWM)	PC1(RF_INT & NTC)	PC2(LED)
PC3(OPAO)	PB6(OPAN)	

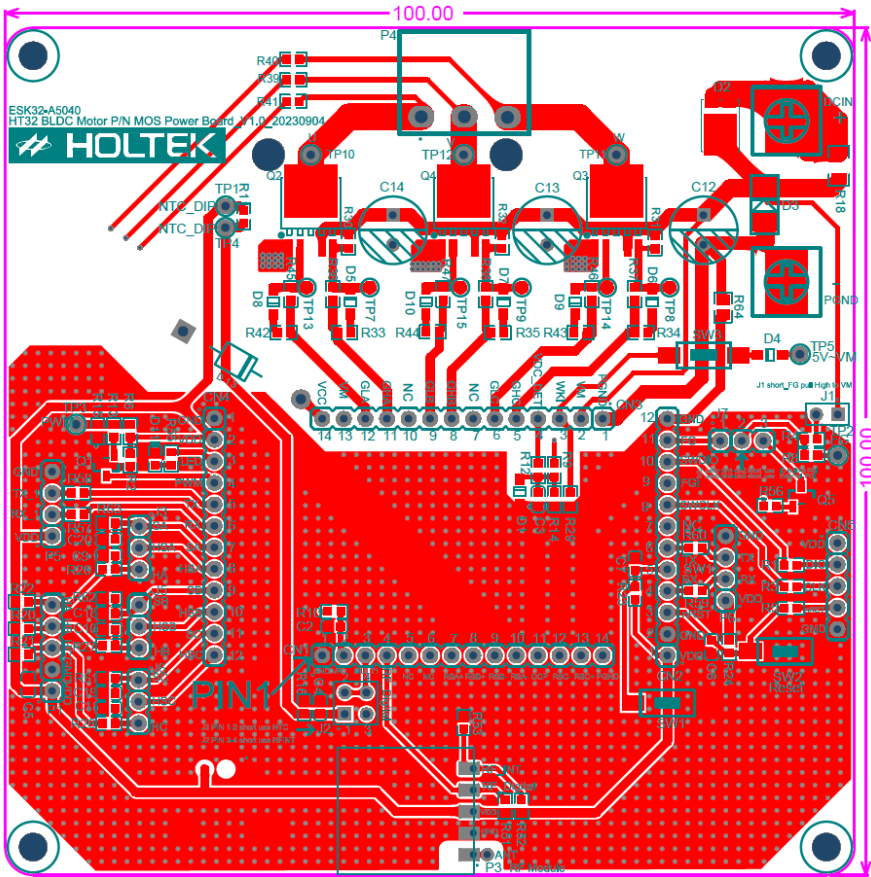
MCU 引脚功能定义表

3. PCB 布局

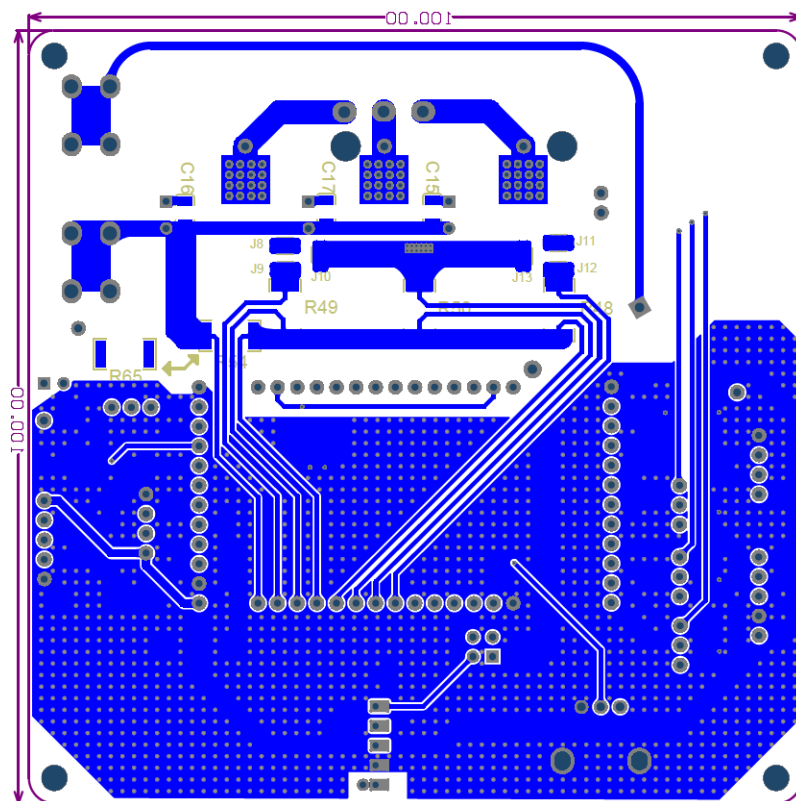
下方两个图为 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的 PCB Layout，其详细规格如下表所示。

电路板的长 × 宽	100×100 (mm)
电路板厚	1.6 (mm)
Layer 层数	2 (层)
铜箔厚度	1 (Oz)
电路板材	FR-4
防焊层颜色	蓝色

HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 电路板的规格表



HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board_Top Layer

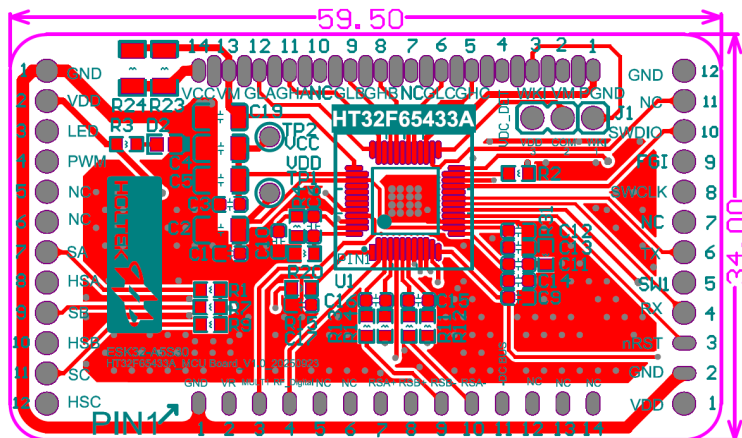


HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board_Bottom Layer

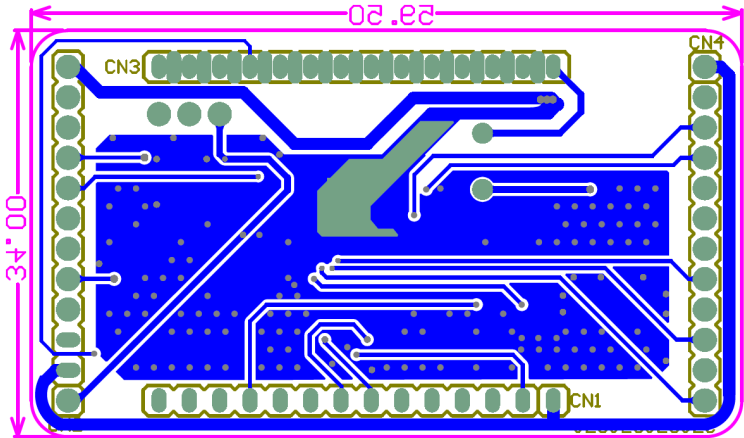
下方两个图为HT32F65433A_MCU Board的PCB Layout，其详细规格如下表所示。

电路板的长×宽	59.5×34.0 (mm)
电路板厚	1.6 (mm)
Layer 层数	2 (层)
铜箔厚度	1 (Oz)
电路板材	FR-4
防焊层颜色	蓝色

HT32F65433A_MCU Board 电路板的规格表



HT32F65433A_MCU Board_Top Layer



HT32F65433A_MCU Board_Bottom Layer

4. BOM 列表

下表为 HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board 的 BOM List，此为单套电路板所需的全部元件。

序号	名称 / 规格	封装 / 尺寸	元件标号	数量
1	贴片电容 100nF $\pm 10\%$ 50V X7R	603	C2, C3, C4, C5, C6, C7	6
2	贴片电容 1nF $\pm 5\%$ 50V X7R	603	C9, C10, C11, C18, C19, C20	6
3	贴片电容 100nF $\pm 10\%$ 100V X7R	1206	C15, C16, C17	3
4	贴片齐纳二极管 5.1V $\pm 5\%$ 0.5W	SOD-123	D1	1
5	贴片二极管 1N4148	SOD-123	D4	1
6	贴片红光二极管，普亮	603	D11	1
7	贴片按钮 UK-B0240G25-SP25Y	SMD	SW1, SW2, SW3	3
8	N-ch MOSFET 2N7002	SOT-23	Q1, Q5	2
9	P-ch MOSFET P2204ND5G-VB	TO-252-4	Q2, Q3, Q4	3
10	贴片电阻 51 Ω $\pm 1\%$	603	R8	1
11	贴片电阻 100K Ω $\pm 1\%$	603	R23, R24, R29	3
12	贴片电阻 100 Ω $\pm 1\%$	603	R1, R3, R5, R10, R57, R58, R59, R60	8
13	贴片电阻 0 Ω	1206	R18	1
14	贴片电阻 10K Ω $\pm 1\%$	603	R4, R61, R62, R63	4
15	贴片电阻 75K Ω $\pm 1\%$	603	R9, R39, R40, R41	4
16	贴片电阻 0 Ω	805	R64	1
17	贴片电阻 2K Ω $\pm 1\%$	603	R55	1
18	贴片电阻 3.3K Ω $\pm 1\%$	603	R2	1
19	贴片电阻 1K Ω $\pm 1\%$	603	R16.R53	1
20	贴片电阻 50m Ω $\pm 1\%$	2512	R48, R49, R50, R65	4
21	贴片电阻 0 Ω	2512	R54	1
22	贴片电阻 30K Ω $\pm 1\%$	603	R6	1
23	贴片电阻 330 Ω $\pm 1\%$	603	R13	1
24	贴片电阻 330K Ω $\pm 1\%$	603	R15	1
25	贴片电阻 10 Ω $\pm 1\%$	603	R36, R37, R38, R45, R46, R47	6
26	贴片电阻 4.7K Ω $\pm 1\%$	603	R20, R21, R22, R26, R27, R28	6

序号	名称 / 规格	封装 / 尺寸	元件标号	数量
27	贴片电阻 510 Ω $\pm$ 1%	603	R56	1
28	4.99K Ω $\pm$ 1%	603	R14	1
29	贴片电阻 10K Ω $\pm$ 1%	603	R11	1
30	单排排针 1Pin, 180 度	HEADER_1X1P	TP2, TP3, TP5, TP10, TP11, TP12	6
31	单排排针 P=2.54mm, 2Pin, 180 度	HEADER_1X2P	J1	1
32	单排排针 P=2.54mm, 3Pin, 180 度	HEADER_1X3P	J3, J5, J6, J7	4
33	单排排针 P=2.54mm, 4Pin, 180 度	HEADER_1X4P	P5, P6	2
34	单排排针 P=2.54mm, 5Pin, 180 度	HEADER_1X5P	CN5, P1	2
35	单排排针 P=2.54mm, 12Pin, 180 度	HEADER_1X12P	CN2, CN4	2
36	单排排针 P=2.54mm, 14Pin, 180 度	HEADER_1X14P	CN1, CN3	2
37	单排排针 P=2.54mm, 4Pin, 180 度	HEADER_2X2P	J2	1
38	螺丝座 +M4 螺丝	插件	DCIN, PGND	2
39	电解电容 100 μ F/63V	8X16H_P3.5	C12, C13, C14	3
40	接线端子 (P=2.54mm, 3Pin, 90 度)	DIP3W-5.08	P4	1
41	可变电阻 10K Ω $\pm$ 20%, RK09K1130A5R	插件	R7	1
42	跳帽	Pitch=2.54mm		3

HT32 BLDC Motor P/N MOS Power Board_BOM List

下表为HT32F65433A_MCU Board的BOM List, 此为单套电路板所需的全部元件。

序号	名称 / 规格	封装 / 尺寸	元件标号	数量
1	HT32F65433A	LQFP48-EP	U1	1
2	贴片电阻 0 Ω $\pm$ 1%	1206_R_S	R23	1
3	贴片电阻 0 Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R11, R12, R13, R14	4
4	贴片电阻 0 Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R31	1
5	贴片电阻 10K Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R1, R7, R9	3
6	贴片电阻 10K Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R2	1
7	贴片电阻 1K Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R15, R20	2
8	贴片电阻 2K Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R3	1
9	贴片电阻 7.5K Ω $\pm$ 1%	R0603_S	R4	1
10	贴片电容 10nF $\pm$ 10% 50V X7R	0603_C_S	C17	1
11	贴片电容 2.2 μ F $\pm$ 10% 16V X7R	0603_C_S	C11, C13	2
12	贴片电容 0.1 μ F/50V X7R	0603_C_S	C1, C3, C9, C12, C14	5
13	贴片电容 10 μ F/50V X7R	1206_C_S	C4, C5, C19	3
14	贴片电容 2.2 μ F/50V X7R	1206_C_S	C2	1
15	贴片绿光二极管, 普亮	LED_0603 - G	D2	1
16	单排排针 (P=2.54mm, 3Pin, 直插)	HEADER_1X3P	J1	1
17	单排排针 (P=2.54mm, 12Pin, 直插)	HEADER_1X12P	CN2, CN4	2
18	单排排针 (P=2.54mm, 14Pin, 直插)	HEADER_1X14P	CN1, CN3	2

HT32F65433A_MCU Board_BOM List

Copyright© 2025 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。