



半桥驱动芯片应用手册

V 1.1

By 华凌飞

目录

一. 简介	2
二. 自举电路设计	2
三. 选择栅极电阻	4
四. 寄生参数的影响	5
五. 典型方案与 PCB 制作	7
历史更新版本	9



一. 简介

该应用手册的目的是，指导如何在电机应用中正确地使用半桥驱动芯片，并围绕 G2020 这款芯片的周边电路选型进行分析，最后提出一款典型应用以供参考。

在后文中，将会依次讨论以下内容：

1. 自举电路设计；
2. 栅极电阻的选择；
3. 电路上寄生参数的影响和解决方案；
4. PCB 设计指导；

所有讨论内容会以国硅与新洁能产品为例，除非另做特殊说明。

二. 自举电路设计

一般半桥电路中的结构如图 1 所示，包含有自举电阻，自举二极管和自举电容这三部分。这种方案是当前电机驱动中最常用的且成本最低廉的方案。

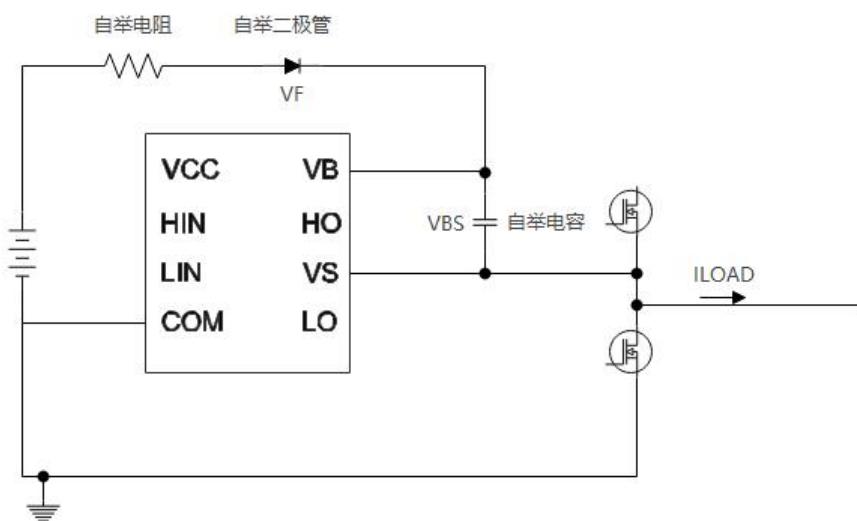


图 1 自举电路基本结构

1. 自举电路电容选择

为了确定自举电容的大小，我们首先需要评估以下几点：

- MOS 开启所需要的栅极电荷 Q_g ;
- MOS 的 GS 漏电 I_{LK_GS} ;
- 驱动的静态工作电流 I_{QBS} ;
- 自举二极管的漏电 I_{LK_DIODE} ;
- 自举电容漏电 I_{LK_CAP} ;
- 上桥置高时间 T_{HON} .

当自举电容使用电解电容时 I_{LK_CAP} 才会纳入计算值，其他类型的电容均不需要考虑。这里推荐至少使用一颗低 ESR 的陶瓷电容，并联电解电容和低 ESR 陶瓷电容可以实现更好的电路工作特性。



通过计算，我们能得出一次开启所需损耗的电容值：

$$Q_{TOT} = Q_G + (I_{LK_GS} + I_{QBS} + I_{LK_DIODE} + I_{LK_CAP}) \times T_{HON}$$

在自举过程中，VBS 可以下降的范围 ΔV_{BS}

$$\Delta V_{BS} \leq V_{CC} - V_F - V_{GSmin} - V_{DSon}$$

在此过程中，需要保证：

$$V_{GSmin} > V_{BSUV-}$$

V_F MOS 的反向二极管压降

V_{GEmin} 保持 MOS 管导通的最小栅极电压

V_{DSon} 下桥 MOS 的导通压降

用以上结果，可以计算得出：

$$C_{BOOTmin} = \frac{Q_{TOT}}{\Delta V_{BS}}$$

以 NCEP035N85 作 MOS, G2020 作驱动芯片为例

$Q_g=96nC;$

$I_{LK_GS}=100nA;$

$I_{QBS}=40uA;$

$I_{LK_DIODE}=100uA$ (反向恢复时间 $<100nS$) ;

$I_{LK_CAP}=0;$

$T_{HON}=100uS.$

$V_{CC}=12V$

$V_f=1.2V$

$V_{DSon}=0.1V$

$V_{GSmin}=10V$

$$\Delta V_{BS} \leq V_{CC} - V_F - V_{GSmin} - V_{DSon} = 12 - 1.2 - 0.1 - 10 = 0.7V$$

$$Q_{TOT} = Q_G + (I_{LK_GS} + I_{QBS} + I_{LK_DIODE} + I_{LK_CAP}) \times T_{HON} = 96nC + 19.01nC = 115.01nC$$

$$C_{BOOTmin} = \frac{Q_{TOT}}{\Delta V_{BS}} = 164.3nf$$

按照留有 10%以上的余量规则，建议电容值为 200nf 左右。

注意：此处计算自举电容的过程中，仅仅计算了一次脉冲过程所需的电荷量，没有考虑 PWM 的占空比与频率等问题。如果是使用 PWM 波控制的信号，请以上述计算方式为基础，经过一定的等效换算得到其实际所需要的自举电容大小。

2. 自举电路的注意事项

A. 自举电阻

自举电阻会在部分自举电路中使用，并不是必须元器件。在启动时 HO 与 LO 可能会发生异常跳变，此时增加自举电阻，自举电阻会在自举电路启动时，会限制从自举二极管经过的电流，能够非常有效地抑制这些不良信号，起到保护电路的功能。



B. 自举电容

在上桥臂长时间开启的电路设计中，使用电解电容作为自举电容的设计必须考虑 ESR。上桥臂长时间开启需要一个容值较大的自举电容，一般选用电解电容较多。但是电解电容有一定的内阻，会使自举电阻分压降低，无法实现其功能。此时并联一个低 ESR 的陶瓷电容，能够有效避免这种情况发生。

C. 自举二极管

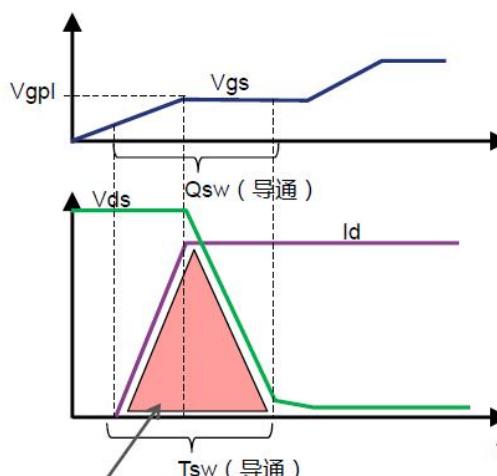
自举二极管用于维持自举电路的电压稳定，需要保证二极管的反向耐压能力大于驱动电源电压，并在此基础上尽可能地选择快恢复二极管，如肖特基二极管等。

三. 选择栅极电阻

栅极电阻用于控制所驱动 MOS 的开关速度快慢和上升下降沿的斜率，这可能会影响到应用上的多项性能，如损耗，可靠性等。该段落会叙述如何选择驱动电阻，并对驱动电阻带来的影响进行讨论。栅极电阻的选择与所使用的驱动芯片，MOSFET 甚至电路设计息息相关，不同环境中均需要根据实际情况重新选择。

常见的 48V 无刷电机工作频率约 5KHZ-25KHZ，基于这一点，通常会选择阻值为 10-100Ω 的栅极电阻。这是由以下两点所决定的：

(1) MOS 的开关损耗。MOS 的损耗一部分为开关损耗，另一部分为导通损耗，栅极电阻则主要影响了开关过程的损耗，阻值越大，开关过程越慢，电压电流的交叠区域越大，损耗也就越大。损耗过大最直接的影响就是会使芯片温度迅速上升，在高于 150℃的条件下则会使器件面临失效的风险。



$$P_{SW(on)} = \frac{1}{2} \times Id \times Vds \times T_{SW(on)}$$

图 2 阻性负载条件下的 MOS 开关损耗

(2) 可靠性。与损耗相反，栅极电阻的阻值越小，MOSFET 的开关速度就会越快。在实际应用中，功率端电流较大，对寄生参数较为敏感，过高的开关速度会增加信号的不稳定性，轻则使电机的 EMI 过大，重则使电路发生损坏。其中最常见的有：

- 1) 栅极信号振铃，导致 MOS 损坏（如图 3 所示）；
- 2) dv/dt 过快，VS 端口承受过高或者过低的电压信号，导致驱动损坏（在第四小节会详细叙述）。

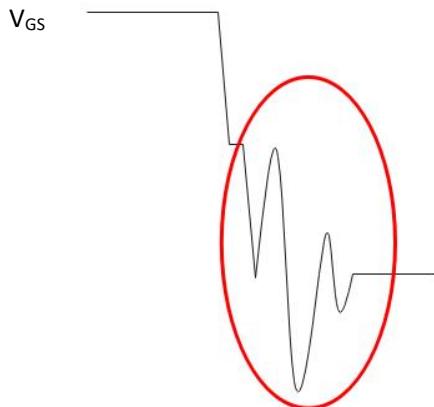


图 3 棚极振铃现象

四. 寄生参数的影响

前文讲解了如何选择电机驱动的周边电路参数，这一章则会讲述如何合理地设计 PCB，使最终得到的 PCB 工作在一个较为理想的环境中。

1. 旁路电容

无刷电机常见于 24-60V 的应用环境中，所以驱动电源往往是通过 BUCK 电路降压得到的 10-15V，并不能设计在驱动电路周边附近，设置旁路电容除了起到滤波作用外，也有供电作用。因此，旁路电容一般需要自举电容的 10 倍容值以上才能够保持 VCC 电压不发生突变。

除此之外在 PCB 设计上，则建议旁路电容要紧邻 VCC 与 COM 端，可用贴片电容与电解电容并联达到最小的 ESR 值，并且在 BUCK 电路的输出端需要另外设置电容，这样才能保证电源供电处于最稳定的状态。

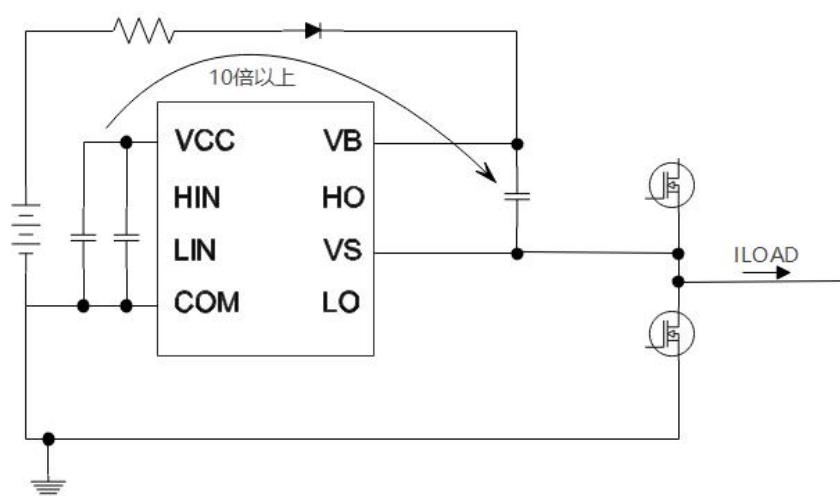


图 4 旁路电容选择



2. VS 与 COM 的周边寄生

与逻辑功能块不同，功率 MOS 部分的电路总是伴随着高额的电流，在这种条件下，线路上的寄生电感就会表现出其干扰特性，使波形发生不良震荡（如图 5 所示）。此时，VS 和 COM 端口的信号就会受到干扰，对驱动芯片的工作状态造成严重影响。尤其对于承受高压的 VS 端口，可能会出现正反两相的尖峰，这种尖峰一旦超过了一定的峰值，均可能会损坏驱动芯片。

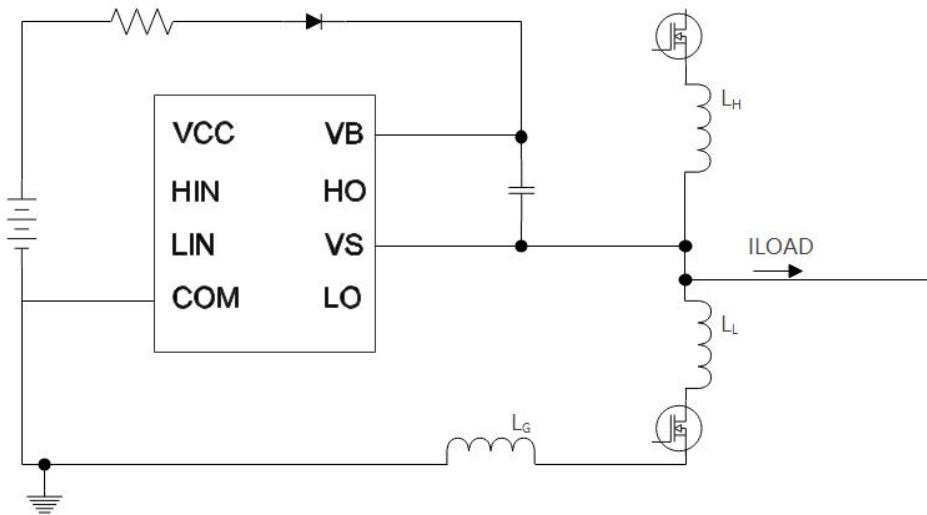


图 5 寄生参数等效电路

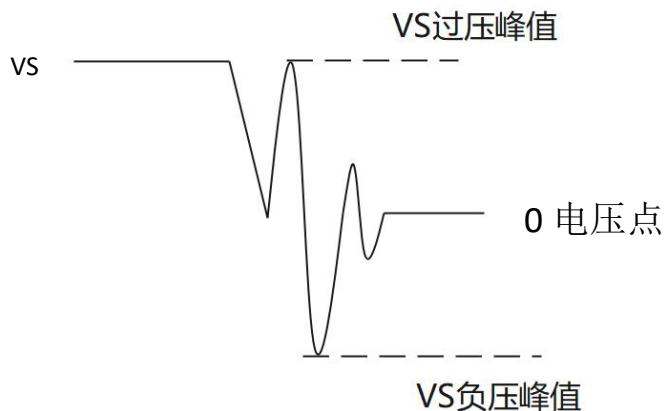


图 6 VS 端口的极端情况

抑制这种现象对电路的干扰，主要有以下两种方式：

- 1). 寄生电感导致震荡主要由过高的 DI/DT 引起，因此降低开关速度就是最直接的方法，增加栅极驱动电阻就能够有效降低寄生参数导致的震荡。
- 2). 这种震荡现象持续时间较短，并且返回电流并不大，因此可以通过增加电阻的方式抑制。在 VS 端口可以设置一颗 1-20 Ω 的电阻，在 COM 端口则建议使用铜线单点对地再连接功率地。

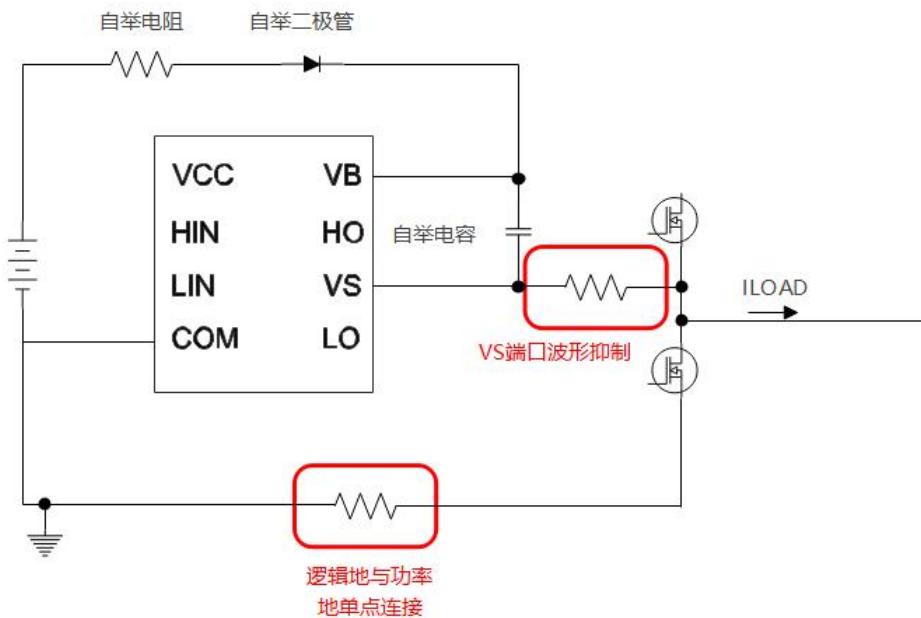


图 7 VS 与 COM 震荡抑制电阻

五. 典型方案与 PCB 制作

此处例举了一例半桥电路使用的案例，针对不同的芯片选择与不同的方案设计，具体参数要请读者自行调节。

以驱动 G2020 与 MOS NCE8295AK 为例，系统为 48V 无刷三相电机，所选用的栅极开启电阻为 56Ω ，关断电阻为 10Ω 。

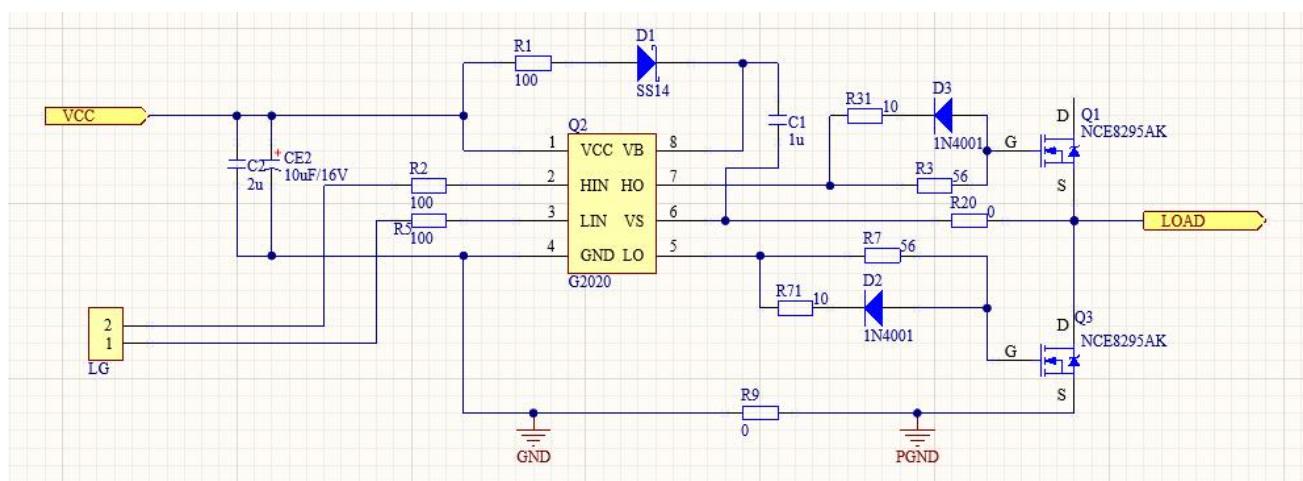


图 8 G2020 典型应用方案



以图 8 应用方案为例，并通过紧密排布减小寄生参数对应用的影响。

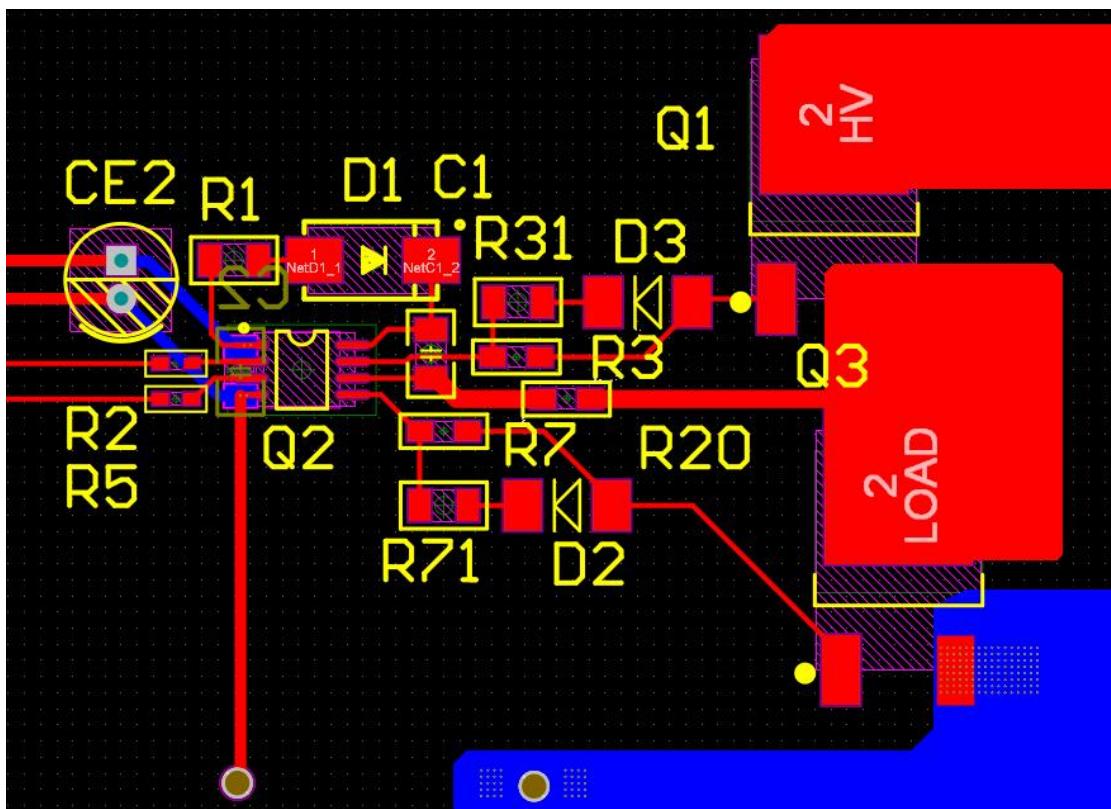


图 9 顶层

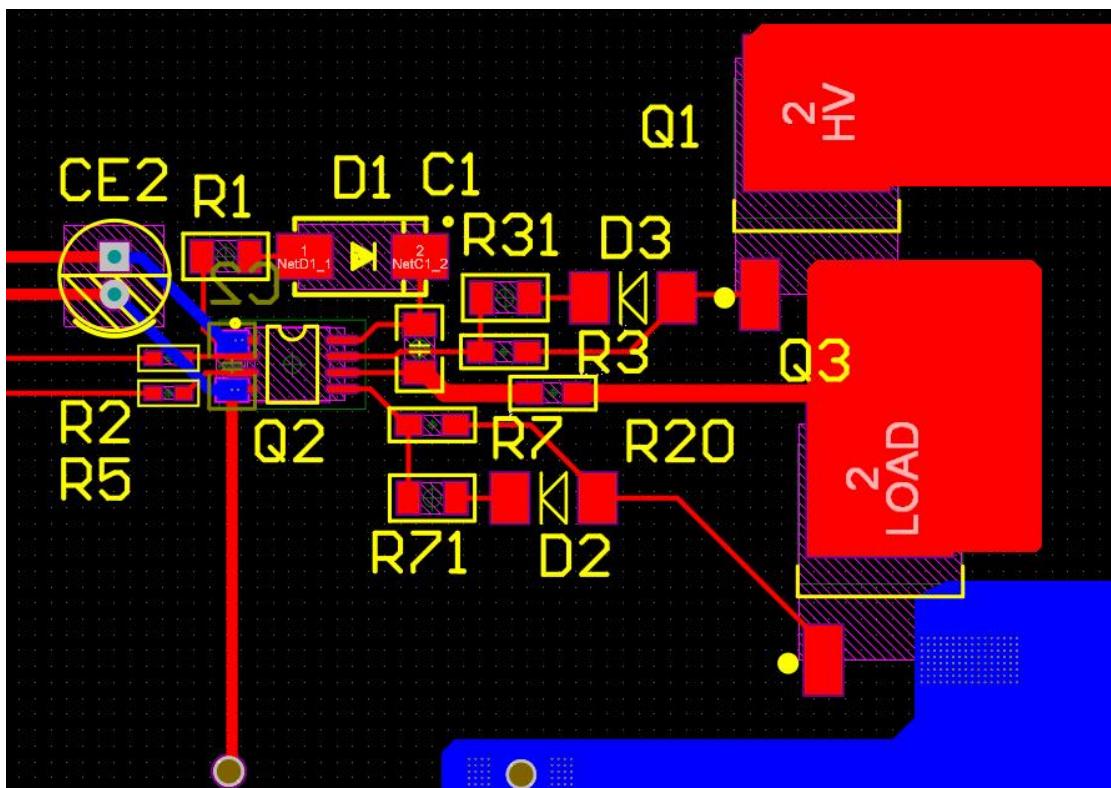


图 10 底层



历史更新版本

	版本号	创建人	日期
半桥驱动应用手册	V1.0	华凌飞	2022/8/5
	V1.1	华凌飞	2022/9/5