

新型的预驱动器和 MOSFET 控制 功率负载的解决方案

安森美半导体高级现场应用工程师赵勇

随着汽车电子设备的不断增多，如自动变速箱，电动后视镜折叠、中控自动门锁等高级功能的普及，我们电控模块的驱动方式也发生了改变，从传统的板内继电器的驱动方案到现在越来越多的半导体驱动芯片（预驱动器、MOSFET）的解决方案。

现在的主流应用是采用板内继电器来控制功率负载。虽然继电器的成本比较低，控制也相对简单，但是其大体积、短寿命和会产生噪声的缺点也非常明显，具体请参考表1。

表1 板内继电器驱动方案优缺点比较

| 驱动方案 | 优点 | 缺点 |
|-------|----------------------|------------------------------------|
| 板内继电器 | 成本低 控制逻辑简单 散热小 | 占用PCB板空间 寿命有限 无法自我诊断 产生噪声 |

随着技术的不断推进，板内继电器带来的问题迫切需要解决，负载的故障状态也需要诊断，因此新型的预驱动器和MOSFET控制功率负载的解决方案越来越多的得到关注，现如今安森美半导体MOSFET的 $R_{ds(on)}$ 可以做到几毫欧姆，这就意味着我们可以用MOSFET来驱动几十甚至上百安培的电流，其耐压也可以做到60~100V特，可以满足我们汽车电子的要求，

所以考虑用MOSFET取代继电器，而MOSFET自我保护功能较差，汽车电子应用中往往会存在一些过流，过压的恶劣工况会击穿和损坏MOSFET，所以在应用的时候必须选用预驱动器来加以保护。首先我们来了解一下预驱动器的工作方式（见图1）。其采用MOSFET作为负载的开关，通过预驱

动器的G管脚和D管脚实现对MOSFET的控制和负载故障信息的采集，并且通过SPI通信和FLT B管脚反馈到微控制器。通过这种解决方案我们可以既解决了继电器所无法实现的诊断功能，又有效的控制驱动电路模块占用PCB板的空间，寿命也有了很大的提升，同时也消除了由继电器带来的噪声。当然在应用

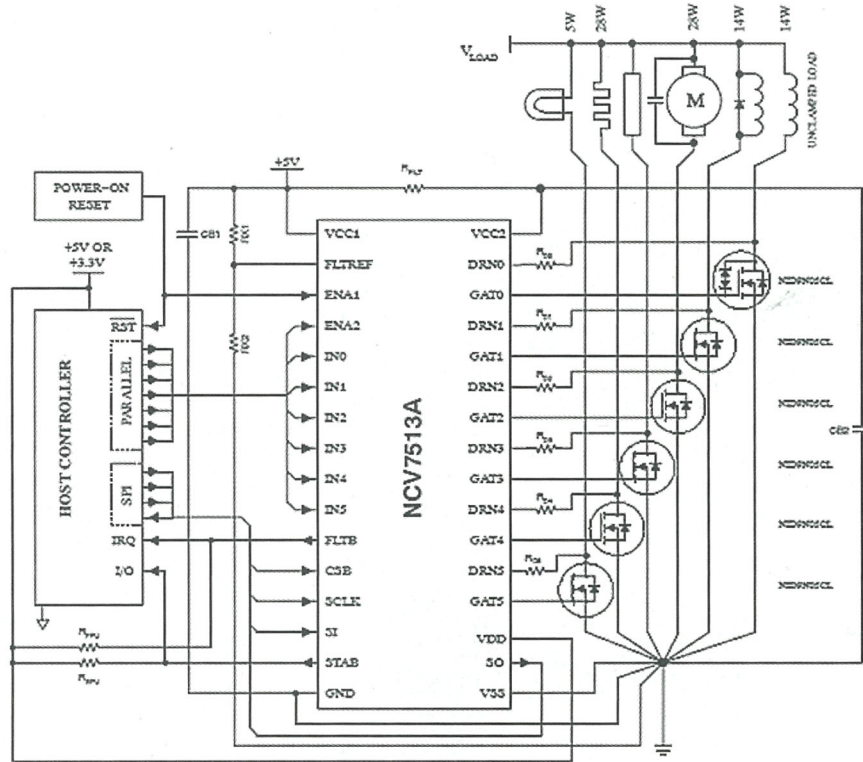


图1 MOSFET预驱动器的典型应用

的时候也需要有一些注意事项。

1) 故障保护和诊断参数的配置

2) 根据实际负载情况，选择合适的MOSFET

3) MOSFET散热的计算

负载故障大致可以分为过压、过热、开路、对地短路、负载短路等。其中，预驱动器可以对开路，对地短路，负载短路的故障进行保护和诊断，可以适用于不同种类的负载（感性负载、电阻类负载、电机负载等），并且以满足汽车电子环境测试的国家标准。

那么如何来选择一颗合适的MOSFET作为负载的开关呢，要结合MOSFET的参数，负载的参数和总体方案的成本来考虑。

首先，MOSFET是通过负载直接与汽车电池相接，那么汽车电池的电压直接作用于MOSFET，所以 V_{DS} 一定要高于汽车电池的电压，对于12V汽车系统来说，考虑到汽车上抛负载的测试条件，40V以上的 V_{DS} 比较合适，而对于24V汽车系统来说，60V的 V_{DS} 比较合适，一般来说 V_{DS} 越高，成本也会越高。

其次，负载的功率是选择

MOSFET的一个必要条件，通过负载的电流越大，MOSFET的导通电阻就要越低。同样的一般来说导通电阻越小，成本也会越高。

以一颗MOSFET NID9N05CL为例，通过规格书，我们可以得到如下参数。

1) Thermal Resistance Junction-to-Case为 $5.2^{\circ}\text{C}/\text{W}$;

2) Thermal Resistance Junction-to-Ambient为 $72^{\circ}\text{C}/\text{W}$;

3) Maximum peak junction temperature为 175°C ;

4) $I_{d,sat}=13\text{A}$ ($V_{GS}=5\text{V}$);

5) $R_{DS(ON)}=90\text{m}\Omega$;

6) Thermal Response (见图2)。

那么我们可以计算出Worth Case下(85°C 环境温度)通过MOSFET的最大电流。

$$\Delta T = T_{J(max)} - T_{Ambient} = 175^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{C}$$

$$P_{d(max)} = \Delta T \div R_{\theta JA} = 90^{\circ}\text{C} \div 72^{\circ}\text{C}/\text{W} = 1.25\text{W}$$

$$I_{d(max)} = \sqrt{P_{d(max)} \div R_{DS(ON)}} = \sqrt{1.25\text{W} \div 0.09\Omega} = 3.72\text{A}$$

另外，预驱动器在诊断过流故障的

时候，往往会有自动检测功能，也就是说，如果负载短路发生，预驱动器会每隔一段时间打开MOSFET对电流进行检测。

如果负载短路发生，预驱动器会每隔10ms或者40ms（根据不同配置）打开MOSFET $45\mu\text{s}$ ，那么在这 $45\mu\text{s}$ 内，MOSFET就会处于短路状态，那么我们就计算在这期间产生的过热是否会把MOSFET烧坏。

$$\text{占空比 } D = 45/10000 = 0.045$$

根据图2所示，选择SINGLE PULSE的曲线来计算。

$$R_{\theta JC(45\mu\text{s})} = 0.05 \times 5.2^{\circ}\text{C}/\text{W} = 0.26^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

根据公式 $T_{J(pk)} = T_C + P_{(pk)} \times R_{\theta JC(45\mu\text{s})}$ 和 T_C 的值，我们可以计算出 $T_{J(pk)}$ 。如果 $T_{J(pk)} < 175^{\circ}\text{C}$ ，我们就可以认为MOSFET工作正常。

其中， $P_{(pk)} = V_{(pk)} \times I_{d,sat}$ ， $V_{(pk)}$ 为电池的电压。

注：以上MOSFET的热阻都是基于PCB FR4板材1平方英寸的冷却面积作计算。

总结

随着半导体工艺的不断进步，半导体驱动器将在汽车电子模块应用中占主要地位，那么预驱动器和MOSFET的解决方案也将成为设计师所更关注的一种驱动方式，正确地运用预驱动器和MOSFET可以使我们的汽车电子产品不断进步。

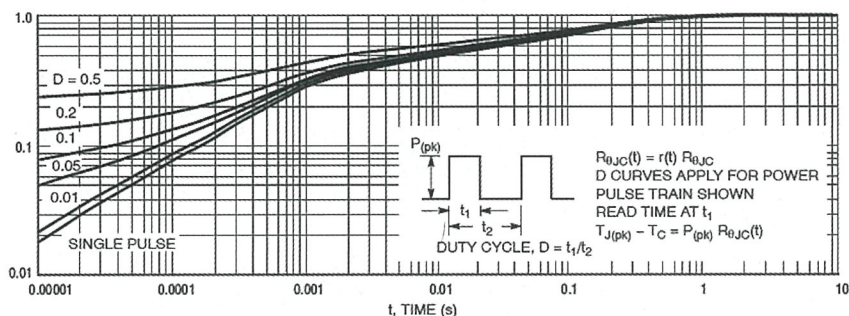


图2 热响应曲线