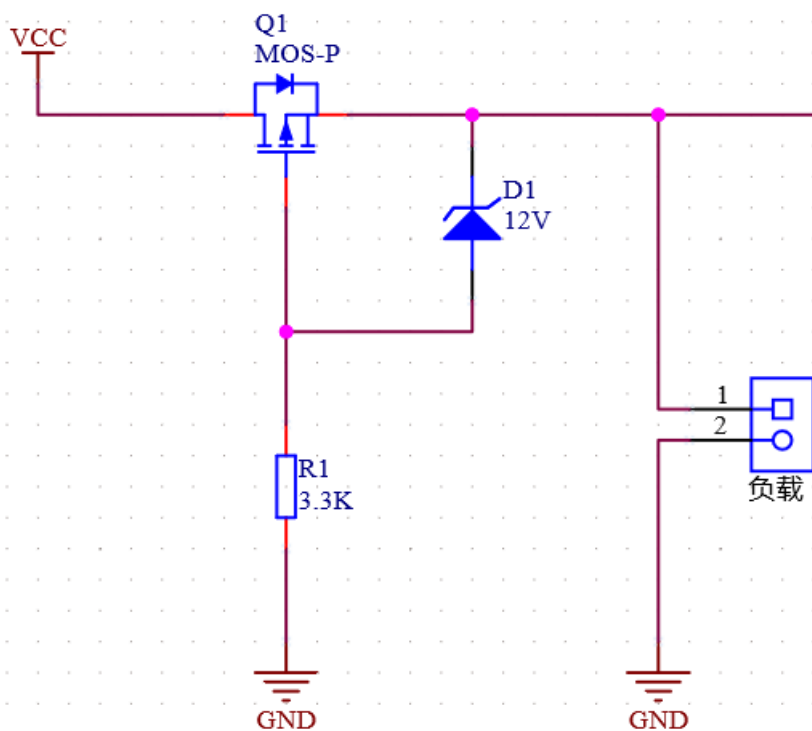


# PMOS做固态继电器，PMOS做高侧双向开关电路，PMOS防电流倒灌电路，PMOS电源防反接电路

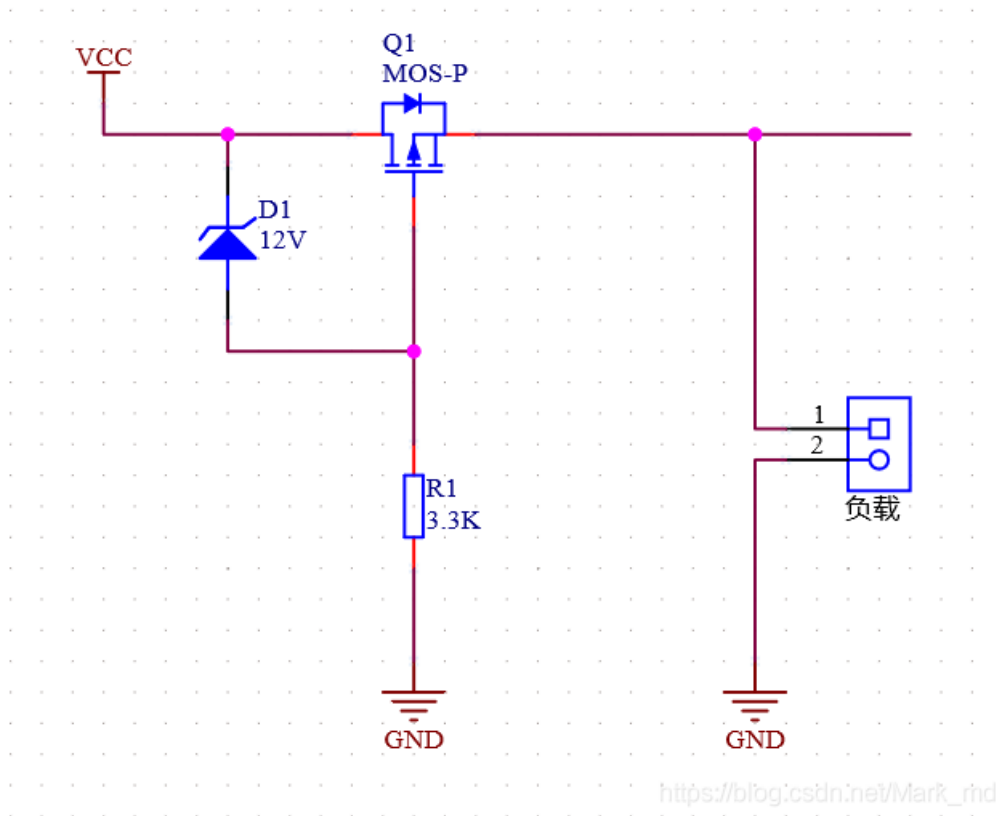
用MOS做高侧开关时，PMOS比NMOS更便于控制：1、不用额外的电荷泵升压；2、只要将栅极拉低和置高就能控制通断。随着半导体工艺的进步，PMOS在导通内阻上的参数也逐渐好转，使得PMOS在电流不是特别大、对压降不是特别敏感的高侧开关场合，拓宽了应用。

下面列举一些PMOS做电源防倒灌、防电源反接、固态开关的电路。

## 1、PMOS防电源反接（电流倒灌实例）



[https://blog.csdn.net/Mark\\_md](https://blog.csdn.net/Mark_md)



上述两张图的电路可用于防电源反接，但不防电源倒灌，来分析这个电路：

#### 1、电源从左侧正常输入时：

- 当VCC有效时，PMOS的体二极管率先导通，随后S极的电压由先前的0V变成了 $(V_{CC}-0.7)$ ，此时 $V_{GS} = 0 - (V_{CC}-0.7) = -V_{CC}+0.7$ 。
- 一般PMOS的G极导通阈值为-1~2V，而绝大多数的电源电压差都要超过这个值。故 $V_{GS}$ 超出G极导通阈值，Q1完全导通。
- 随着Q1完全导通，Q1的DS两端的电位差被拉低到（此时的导通内阻  $\times$  流过的电流），这个值一般都很小，远小于0.7V，Q1的体二极管被短路关断，并且Q1持续导通。
- 之后VCC向负载正常供电。负载的电压取决于MOS的压降，压降为 MOS的导通内阻  $\times$  DS电流。较小的导通内阻可获得很低的压降、很低的发热、很高的负载效率。因为MOS的导通内阻通常为几m $\Omega$ ~几十m $\Omega$ ，在几A的电流下压降仅仅0.0x~0.xV，比肖特基二极管的0.3V更为高效。（并且二极管的压降并不是固定的，根据二极管的特性曲线得知，电流越大压降也会变得越大，所以现在的高效率电路都在用MOS来替代二极管，如DCDC的同步整流方案：省略了外部的二极管，降低了整体发热，提高了输出效率，提高了可输出电流，便于集成为单芯片转换器，减少了占地面积）
- 因为MOS的开通速度非常迅速，所以不用担心体二极管因电流过大造成损坏，器件的电流上升都有一个过程，而在过程刚开始的几ns，可能PMOS就已完全导通，体二极管之后就会被短路关断。

注意：图上的稳压管D1，是为了防止VCC>12V，造成MOS的G极损坏。分析电路时，可去掉稳压管来分析。

#### 2、VCC和GND反接，电路保护：

- 因为Q1的体二极管反接，始终处于关断状态，即使负载为0 $\Omega$ 的通路，S极的电位也始终保持与G极相等，Q1始终处于关断状态。电路关断，起到电源反接保护的作用。

如果觉得不够形象，可看视频：PMOS用于保护电源反接

## 2、电源倒灌的情形

还是上面那两张图，如果假设负载是个电池，而VCC并不是一直供电的情况。

负载输出电流，会造成负载向左侧电源端的电流倒灌：

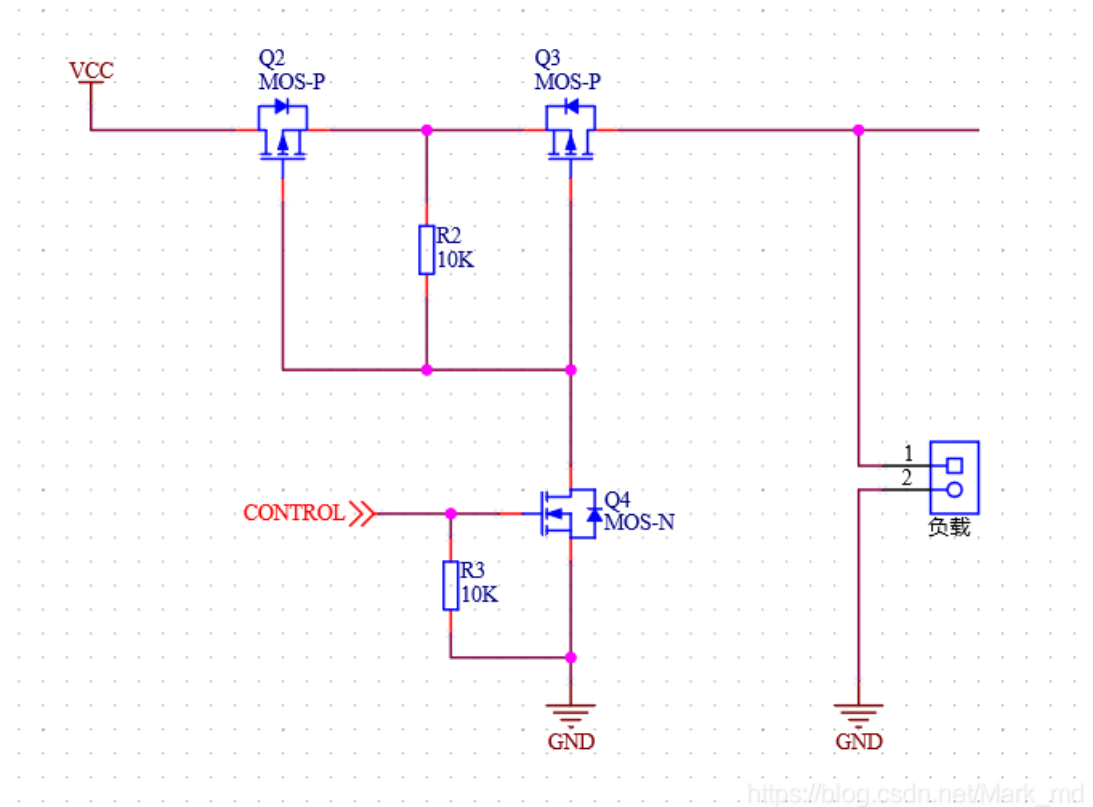
- 假设右侧的负载就是个电池，电压为 $V_b$ 。
- 当VCC无效时，PMOS的S极直接连接负载电源，G极电位为0。此时Q1的 $V_{GS} = 0 - V_b$ 。故只要负载输出的电压 $V_b$ 超出 $V_{GS}$ 最小导通阈值，就会造成PMOS导通，电流从右向左倒灌。进而可能引起电路上的一系列故障。
- 并且图2因为稳压管在左侧，需要PMOS先开通才能钳位 $V_{GS}$ ，极端条件下很有可能造成MOS损坏。

那怎么处理，在上述条件下，电流的倒灌？？

### 3、固态继电器电路（防倒灌，需要一个I/O额外控制开关）

可以防电流倒灌，并且不需要额外控制I/O的电路，还没找到。（如果真的有，那用处就很多了，如：理想二极管、单向开关。NMOS的理想二极管芯片太贵了，还望知情人士指导）

但可以通过增加一控制I/O，控制开通。并且能在主动关断时，防止倒灌。



如上这个电路，这个电路广泛使用在 电源管理、充电控制上，可参照这个手册第4/5页面：  
IP2716 集成PD、QC高压快充协议的电源管理 SOC

这个电路好就好在它是个双向开关，而且可完全控制开通/关断，完全可以替代机械继电器来做固态继电器（前提是输入的信号电压不能太低，起码超出PMOS的G极导通电压范围）。下面来分析原理：

**CONTROL电平为高，电路开通，双向导通：**

- 如CONTROL电平为高，则Q4 NMOS开通，Q2、Q3的G极电位均被拉低到0V。
- Q2的体二极管率先导通，Q2的S极电平为VCC-0.7V，因为G极电平为0，所以满足开通条件，Q2完全导通。
- 而Q3此时的S极与Q2的S极相连，电位相同，均为VCC。并且G极电平为0，也满足开通条件，Q3也完全导通。之后VCC向负载正常供电。
- 反过来，如果VCC=0，而负载是电压源，也同样导通，只不换成了Q3的体二极管先导通，然后再轮到Q2。

**CONTROL电平为低，电路完全关断：**

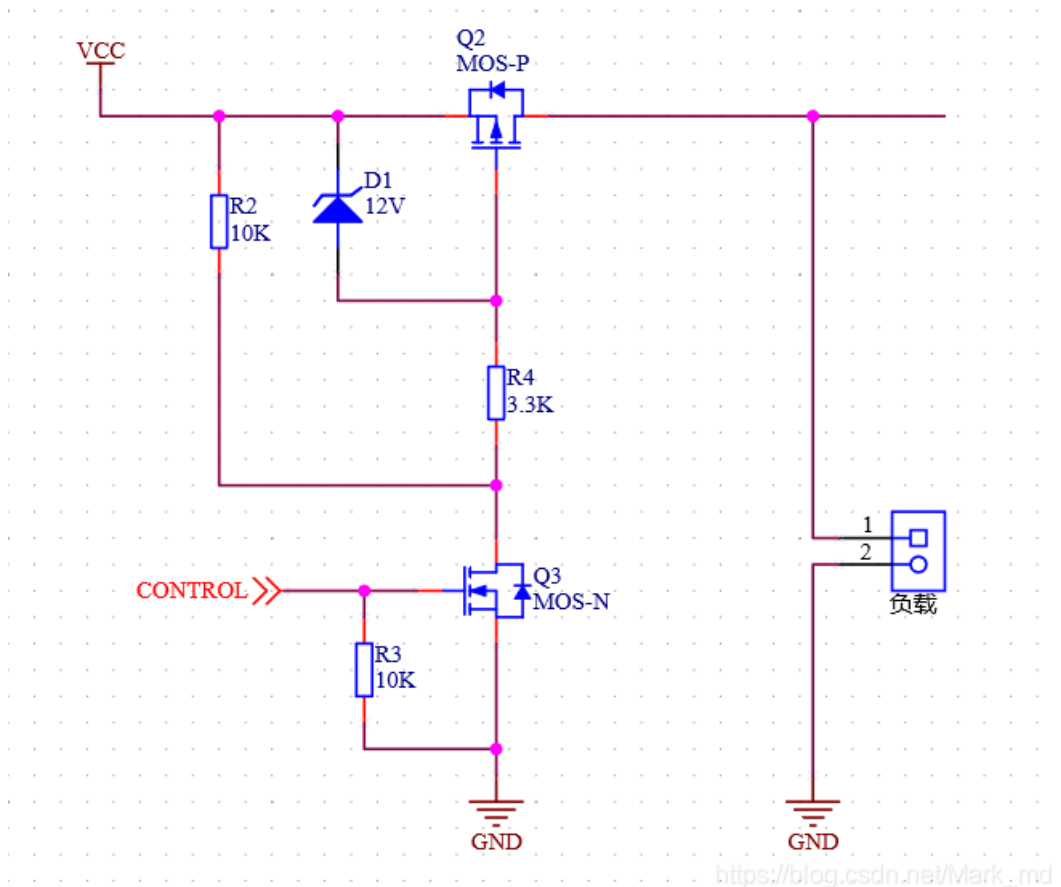
- CONTROL电平为低，Q2、Q3都会被关断，并且R2持续上拉，保持V<sub>gs</sub>=0，两个PMOS全部处于完全关断状态。并且因为Q2、Q3的体二极管是反向串联的，所以无论从左还是从右侧，流经DS的电流只有反向漏电流，几乎是没的。

### 4、与之类似的开关电路还有

上面的开关电路固然非常好，但需要的元件数量的比较多，并且需要串联两个PMOS，会对负载效率和成本造成一定的影响。

如果只由一侧向另一侧供电，不考虑也不存在电流倒灌的情景。（实际中大多是是这种情景）来设计一个高侧开关的话，可以是下面这种样式：

下图能控制开通/关断，但不能防止电流倒灌。（体二极管会导通）



## 5、PMOS做理想二极管、单向开关的疑惑

amobbs论坛对PMOS理想二极管的讨论，最终无疾而终：<https://www.amobbs.com/thread-4945419-1-1.html>

RPI 3B电源电路 - 输入理想二极管的分析：<https://www.brobwind.com/archives/1204>

<https://www.amobbs.com/thread-5658515-1-1.html>

（但由于对器件参数要求高，不便于实际应用。总之还是用专用理想二极管芯片做比较靠谱，如LM5050、LT4320这些）

LM5050这些芯片是用电荷泵、精密比较器，来控制NMOS做高侧开关。如果用两个S极背靠背的PMOS做总电路开关，并且外置精密比较器，应该也能达到同样效果，不过貌似这样搞反倒不如单个NMOS方便，并且导通内阻肯定也没单管NMOS方案的参数好。

如有知情如何用PMOS做理想二极管的方法，望高人指导。

更多实用的MOS应用技巧，参见同专栏：

MOS做电源开关的实用电路，NMOS低端驱动与PMOS高端驱动

MOS做电源反接保护

MOS做双电源自动切换

MOS做 3.3/5V IIC电平转换