

MOS管的那些事儿

2012.11.15

呵呵，让我们来看看MOS管，分辨一下他们怎么区别，怎么用吧。

我们在笔记本主板维修中见到的MOS管几乎都是绝缘栅增强型，这里也就只说说它的那些事儿吧。

而且，我们不谈原理，只谈应用。

我们分“电路符号”和“实物”两部分来看吧

电路符号：

- 1 三个极怎么判定
- 2 区别他们是N沟道还是P沟道
- 3 寄生二极管的方向如何判定
- 4 它能干吗用呢
- 5 简单吗？那我们来做个挑错游戏吧

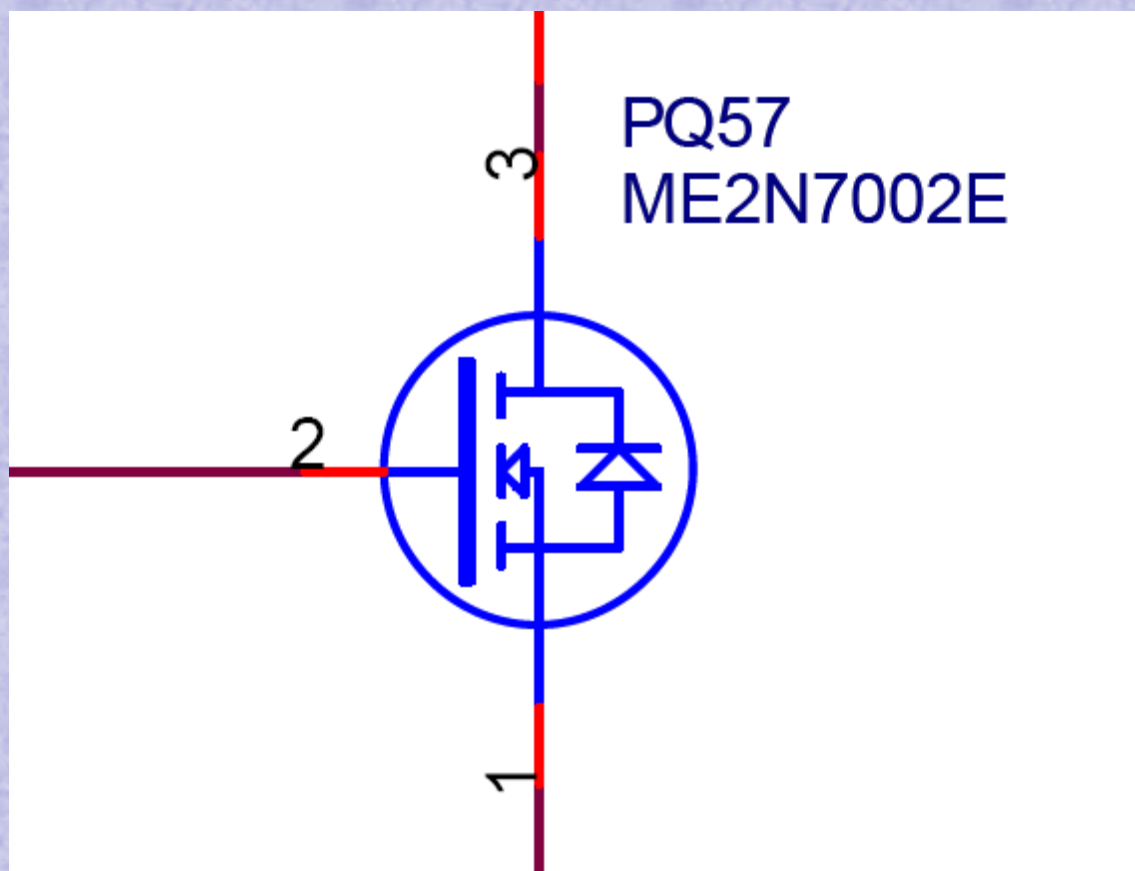
实物：

- 1 三个极怎么分辨
- 2 它是N沟道还是P沟道的呢
- 3 能量出它是好是坏吗

电路符号篇

电路符号

开始之前，一个小测试：



请回答：

哪个脚是**S**（源极）？

哪个脚是**D**（漏极）？

G（栅极）呢？

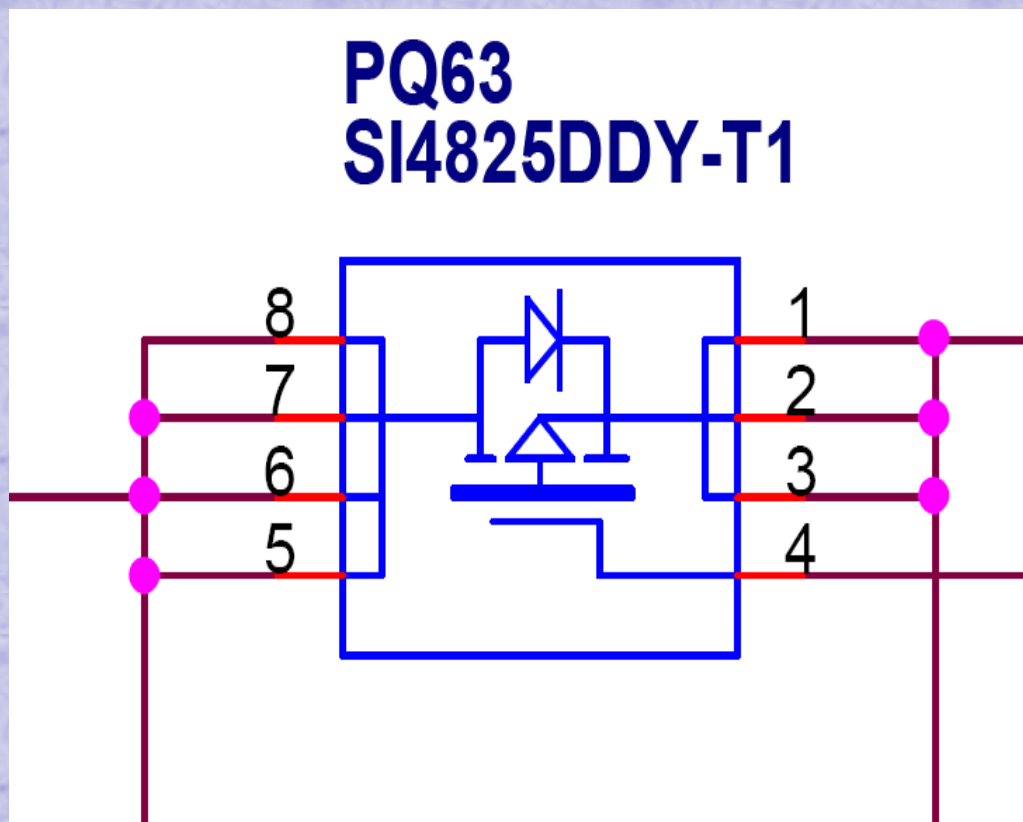
是**P**沟道还是**N**沟道**MOS**？

如果接入电路，
D极和**S**极，哪一个该接输入，哪个接输出？

你答对了吗？

电路符号

再来一个，试试看：



哪个脚是S（源极）？

哪个脚是D（漏极）？

G（栅极）呢？

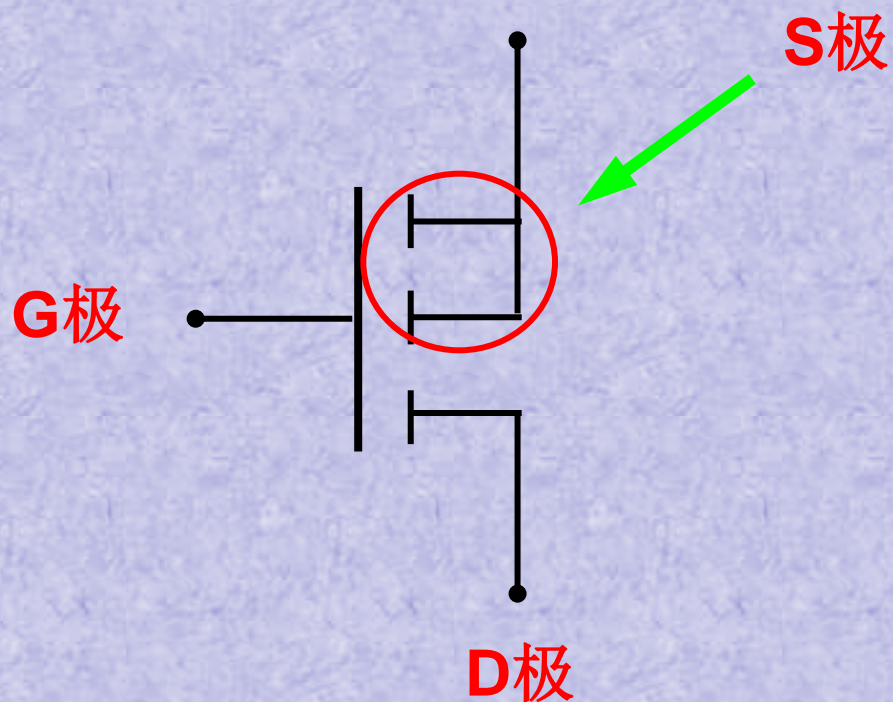
是P沟道还是N沟道MOS？
依据是什么？

如果接入电路，
D极和S极，哪一个该接输入，哪个接输出？

这次怎么样？

1 三个极怎么判定？

MOS管符号上的三个脚的辨认要抓住关键地方。



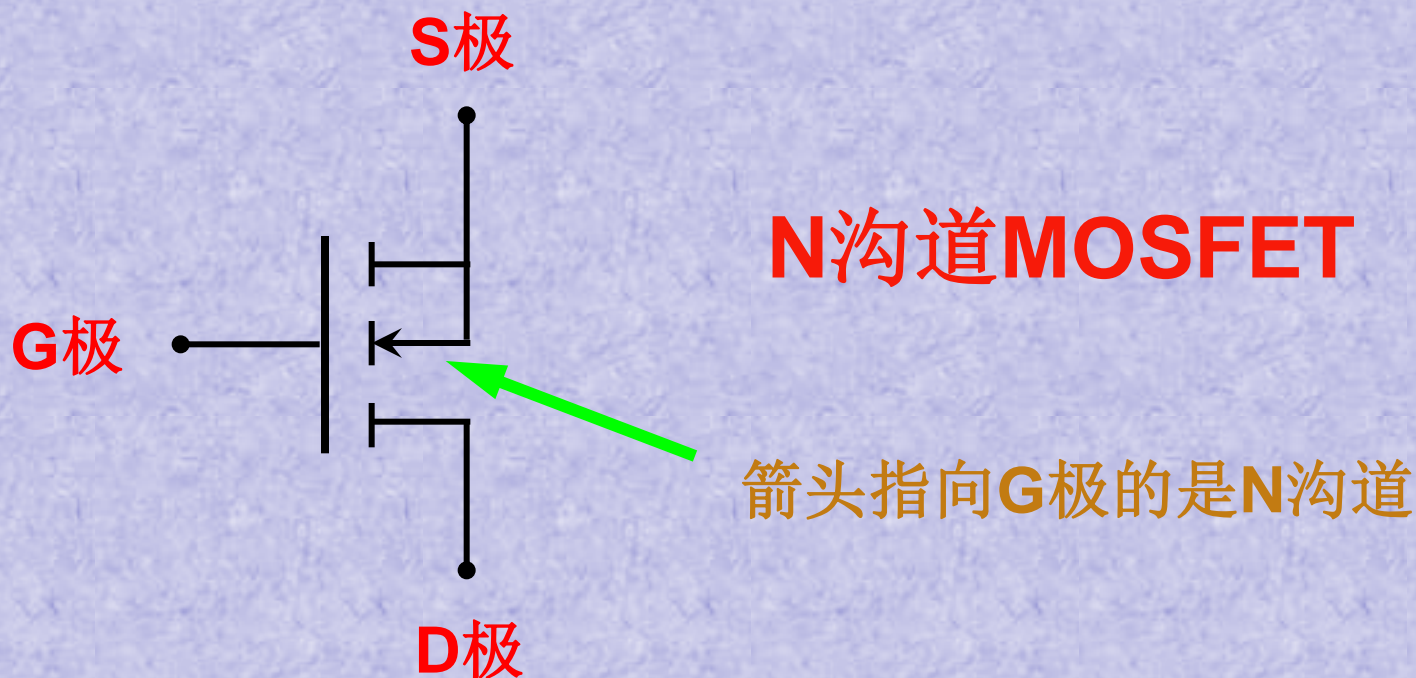
G极，不用说比较好认。

S极，
不论是P沟道还是N沟道，
两根线相交的就是；

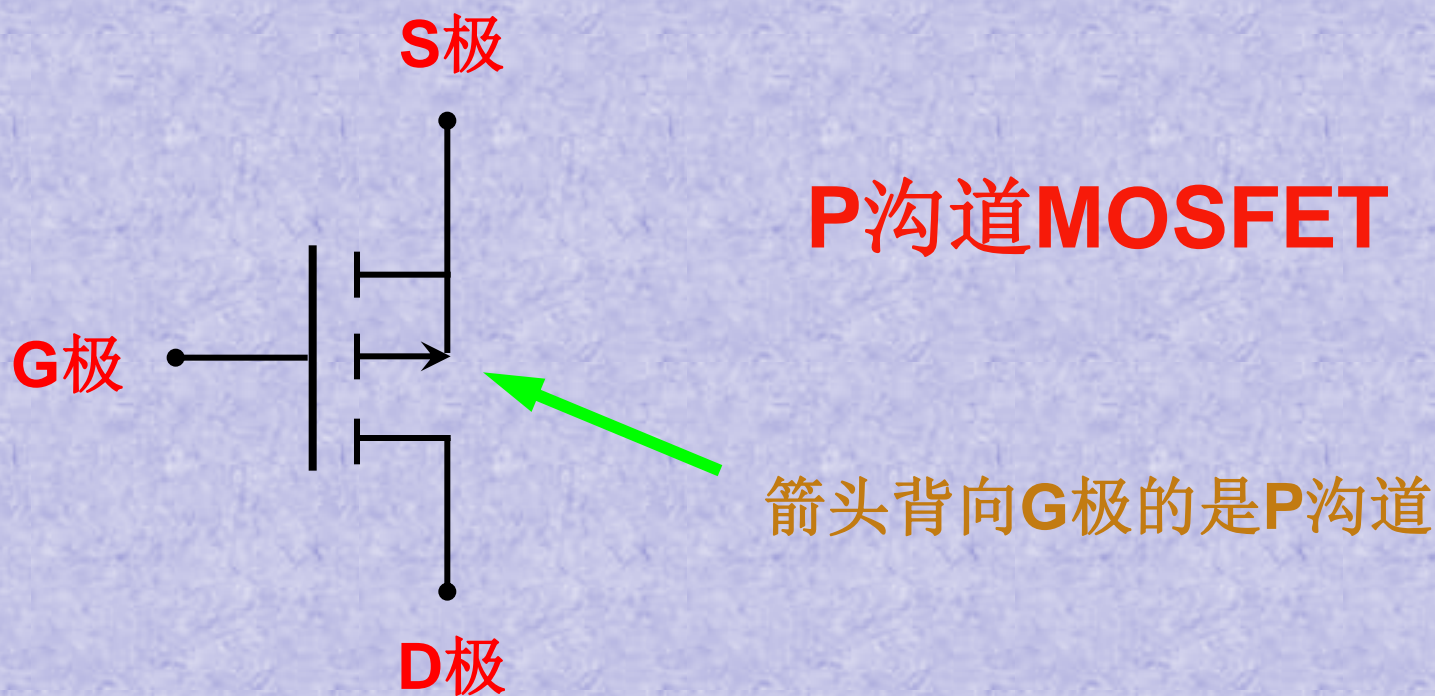
D极，
不论是P沟道还是N沟道，
是单独引线的那边。

2 他们是N沟道还是P沟道？

三个脚的极性判断完后，接下就该判断是P沟道还是N沟道了：



电路符号

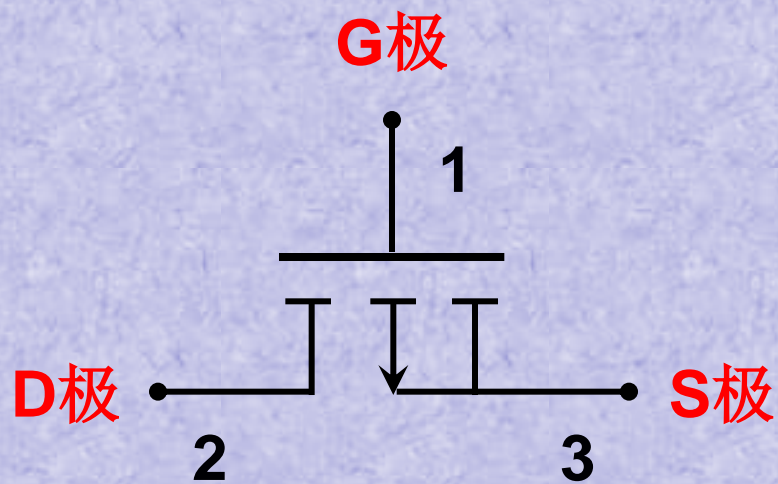


当然也可以先判断沟道类型，再判断三个脚极性。

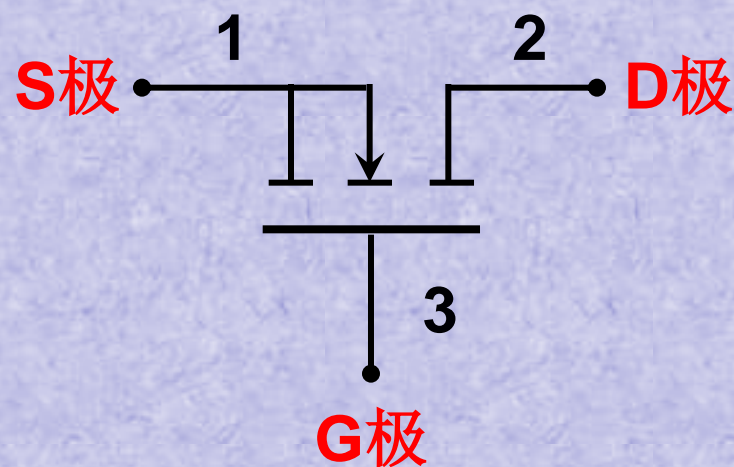
电路符号

小测试：

先判断是什么沟道，再判断三个脚极性。



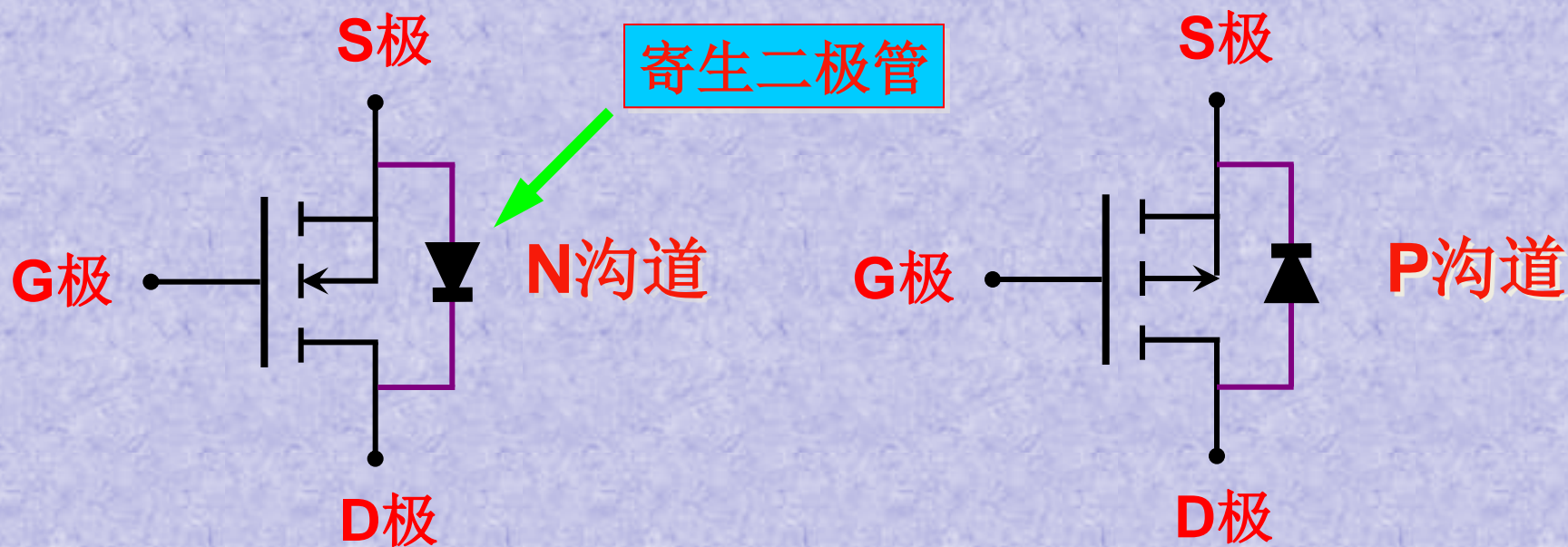
P沟道MOSFET



N沟道MOSFET

3 寄生二极管的方向如何判定？

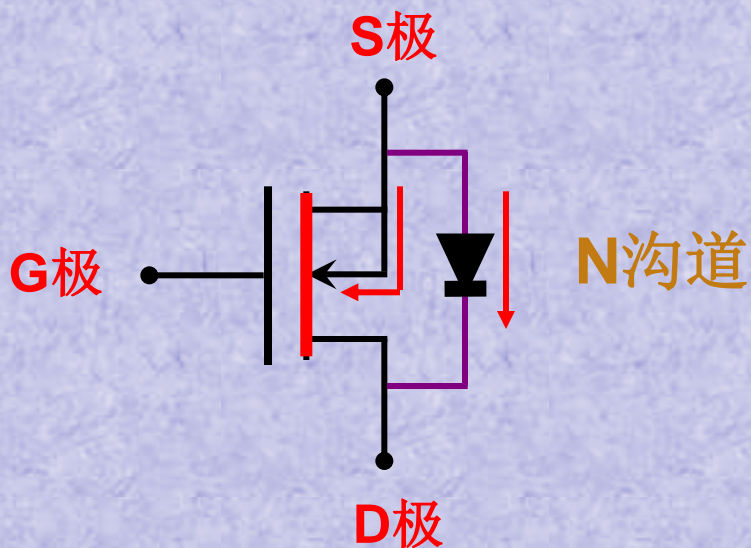
接下来，是寄生二极管的方向判断：



它的判断规则就是：

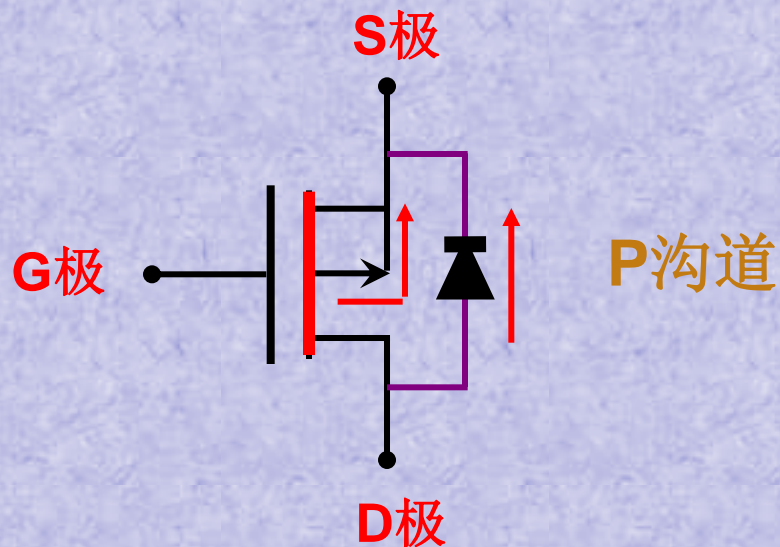
N沟道，由S极指向D极；
P沟道，由D极指向S极。

电路符号



上面方法不太好记，
一个简单的识别方法是：

（想像DS边的三节断续线是连通的）



不论N沟道还是P沟道MOS管，
中间衬底箭头方向和寄生二极管的箭
头方向总是一致的：

**要么都由S指向D，
要么都由D指向S。**

4 它能干吗用呢？

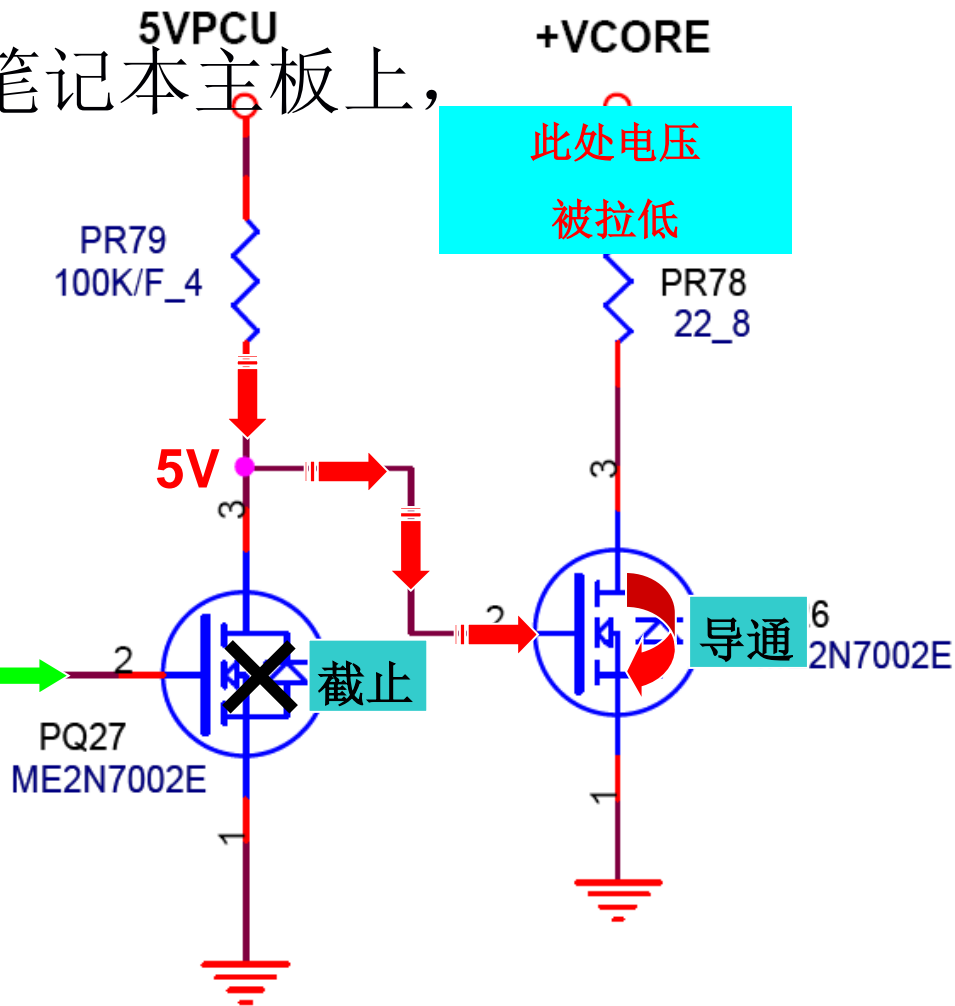
在我们天天面对的笔记本主板上，
MOS管有两大作用：

开关作用(1):

PQ27控制脚为低电平

0V

VRON



电路符号

开关作用(1):

PQ27控制脚为高电平

3V

VRON

5VPCU

PR79
100K/F_4

GND

PQ27
ME2N7002E

导通

+VCORE

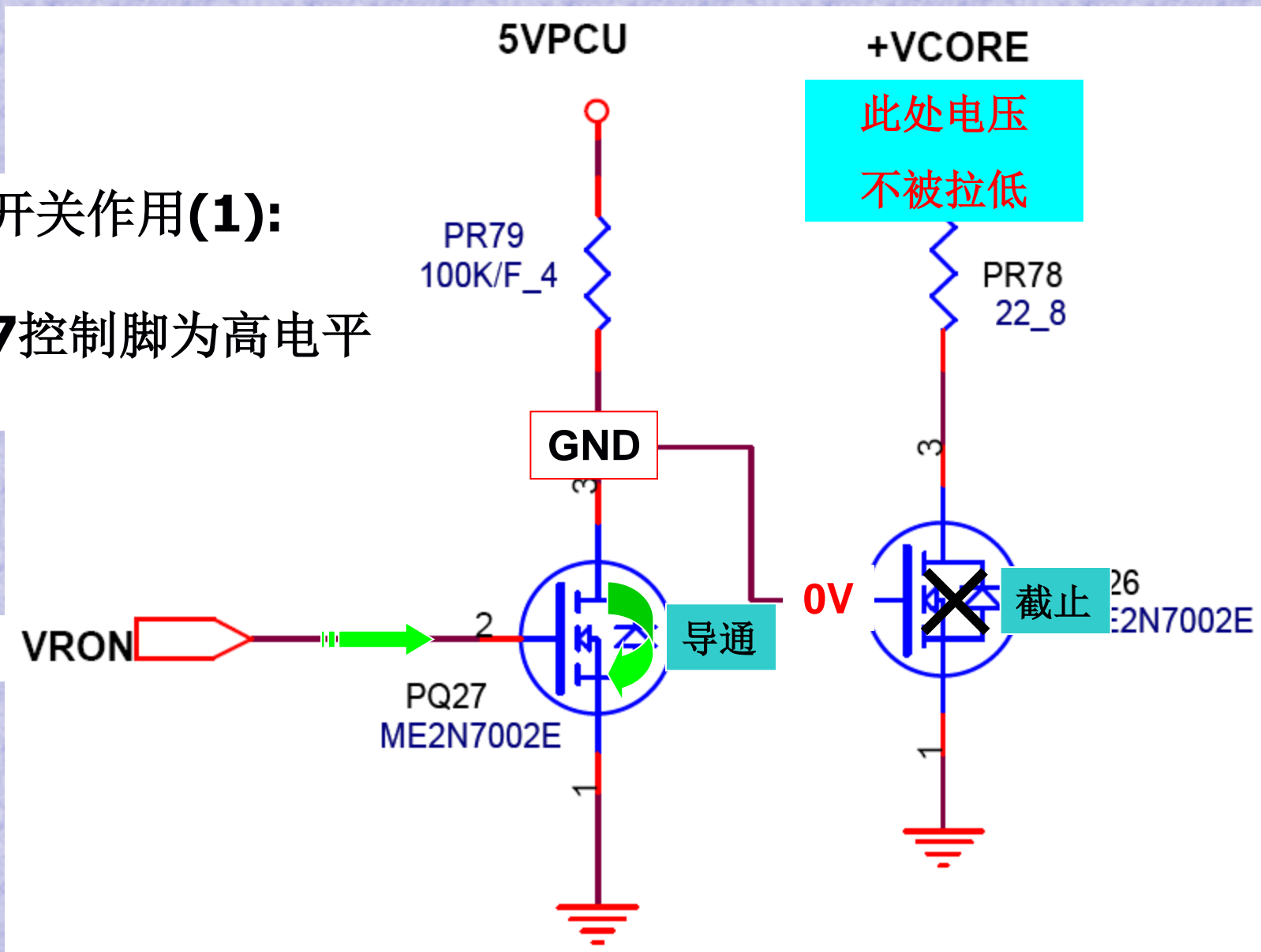
此处电压
不被拉低

PR78
22_8

0V

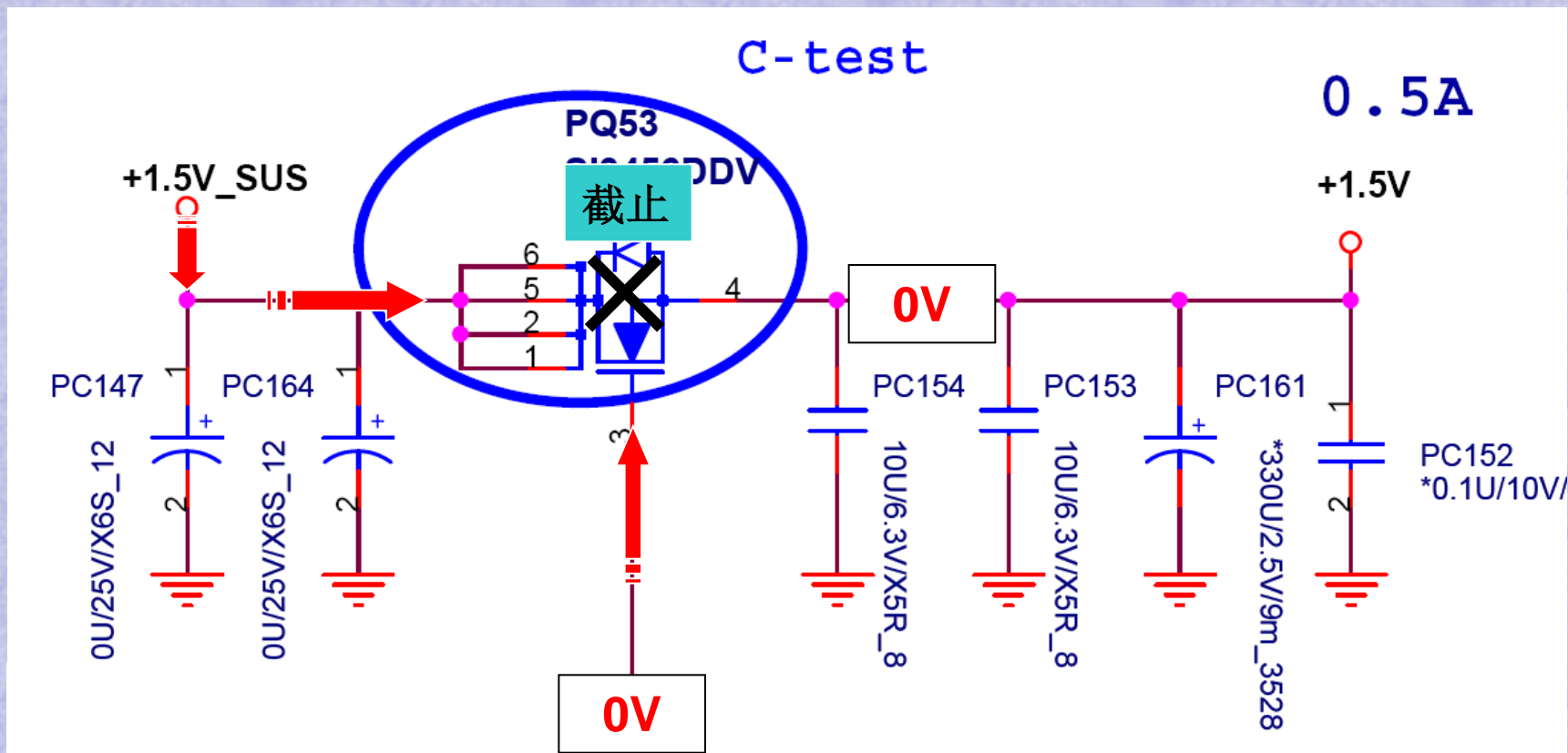
截止

26
ME2N7002E



电路符号

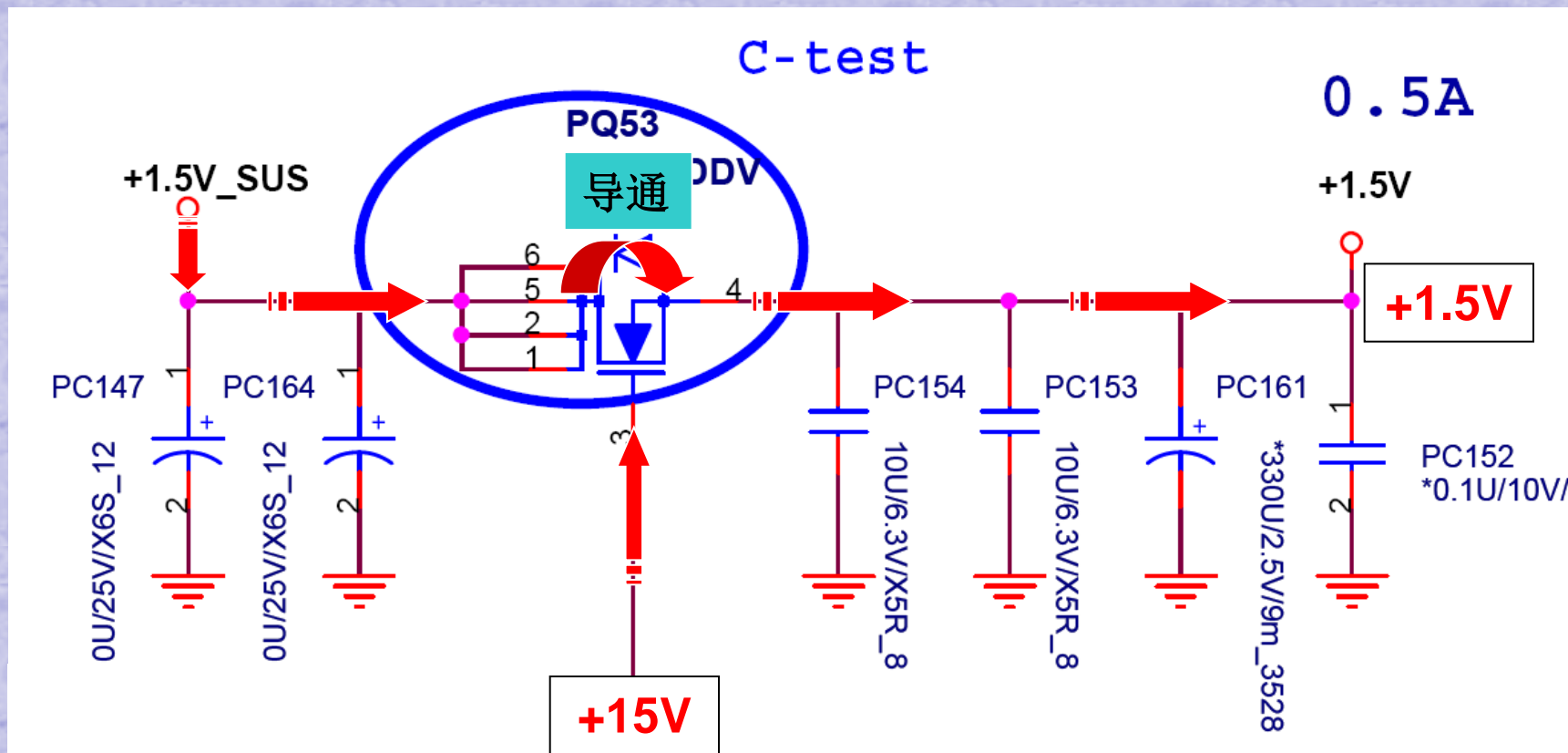
以上MOS开关实现的是信号切换（高低电平切换）。
再来看个MOS开关实现电压通断的例子吧。



由+1.5V_SUS产生+1.5V电路 (1)

电路符号

MOS开关实现电压通断的例子：



由+1.5V_SUS产生+1.5V电路（2）

电路符号

看过前面的例子，你能总结出“**MOS管用做开关时在电路中的连接方法**”吗？

其实关键就是：

确定哪一个极连接**输入**端；哪个极连接**输出**端。

控制极电平为“**?V**”时**MOS**管导通（饱和导通）？

控制极电平为“**?V**”时**MOS**管截止？

回顾前面的例子，你找到它们的规律了吗？

小提示：

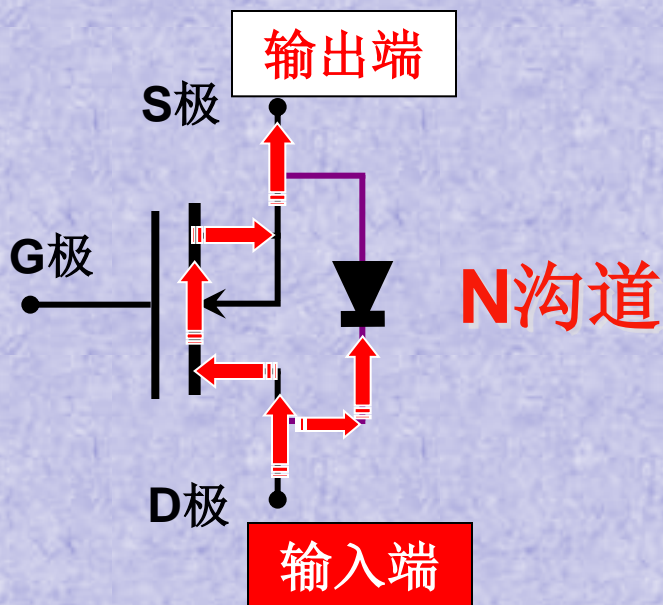
MOS管中的寄生二极管方向是关键。

电路符号

小结：“**MOS管**用作开关时在电路中的连接方法”

NMOS管：

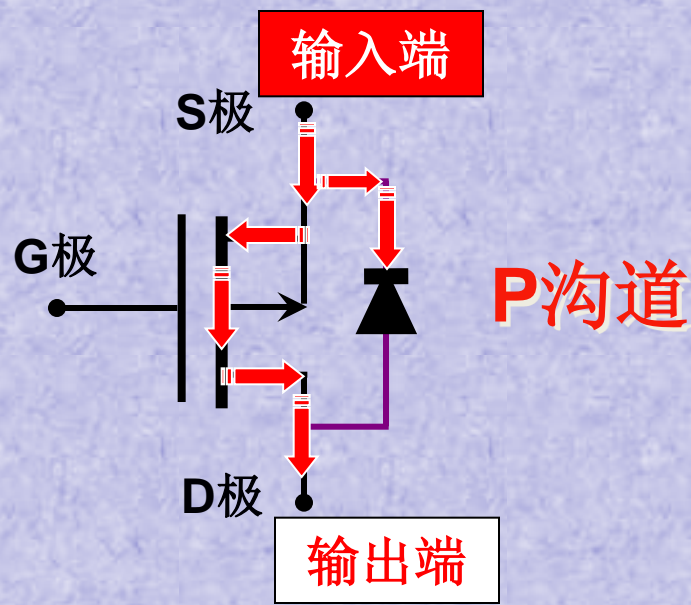
D极接输入；
S极接输出。



导通时

PMOS管：

S极接输入；
D极接输出。



导通时

电路符号

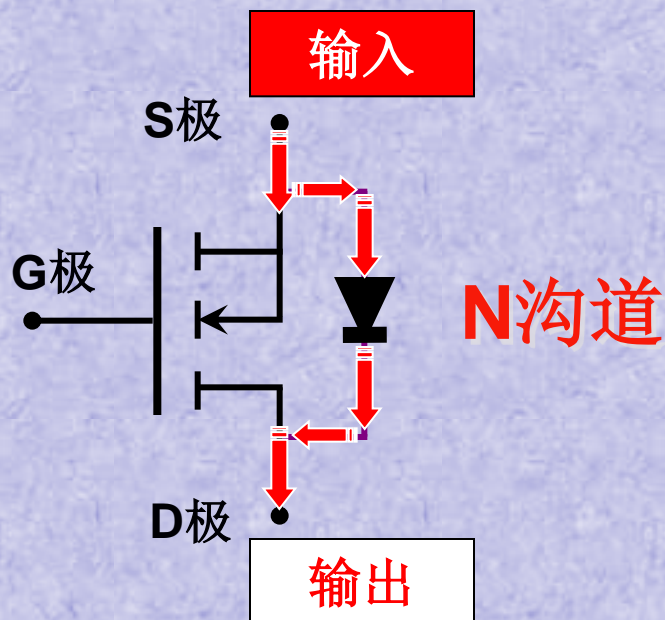
反证：

NMOS管正确接法：

D极接输入；S极接输出。

假如：

S接输入，D接输出呢？



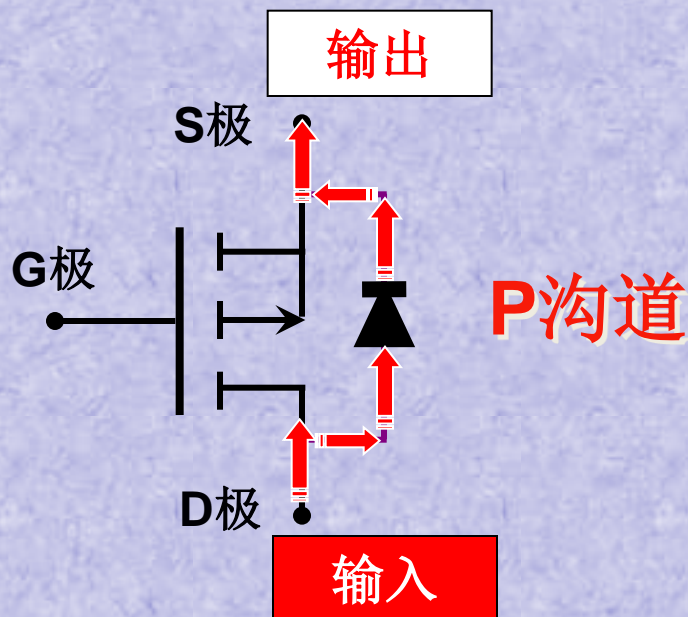
由于寄生二极管直接导通，因此S极电压可以无条件到D极，MOS管就失去了开关的作用。

PMOS管正确接法：

S极接输入；D极接输出。

假如反接：

D接输入，S接输出。



同样失去了开关作用。

小结：“**MOS管的开关条件**”

前面解决了MOS管的接法问题，接下来谈谈MOS管的开关条件：

控制极电平为“? **V**”时MOS管导通（饱和导通）？

控制极电平为“? **V**”时MOS管截止？

这个问题涉及到MOS管原理，我们这里不谈，只记结果：

不论N沟道还是P沟道MOS管，

G极电压都是与S极做比较。

N沟道： $U_G > U_S$ 时导通。（简单认为） $U_G = U_S$ 时截止。

P沟道： $U_G < U_S$ 时导通。（简单认为） $U_G = U_S$ 时截止。

但 U_G 比 U_S 大（或小）多少伏时MOS管才会饱和导通呢？

饱和导通问题：

U_G 比 U_S 大（或小）多少伏时MOS管才会饱和导通呢？

这要看具体的MOS管，不同MOS管需要的压差不同。

在笔记本主板上用到的NMOS可简单分作两大类：

信号切换用MOS管： U_G 比 U_S 大**3V---5V**即可，实际上只要导通即可，不必须饱和导通。

比如常见的：**2N7002**, **2N7002E**, **2N7002K**, **2N7002D**, **FDV301N**。

电压通断用MOS管： U_G 比 U_S 应大于**10V**以上，而且开通时必须工作在饱和导通状态。

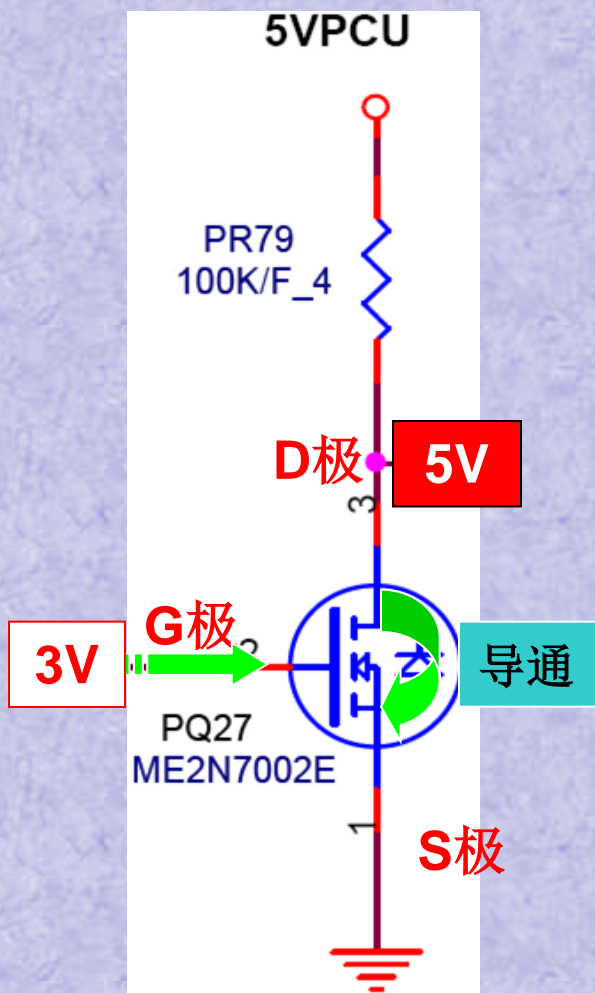
常见的有：**AOL1448**, **AOL1428A**, **AON7406**, **AON7702**, **MDV1660**, **AON6428L**, **AON6718L**, **AO4496**, **AO4712**, **AO6402A**, **AO3404**, **SI3456DDV**, **MDS1660URH**, **MDS2662URH**, **RJK0392DPA**, **RJK03B9DP**。

PMOS管则和NMOS条件刚好相反。

电路符号

示例1:

NMOS管:
2N7002E



作用:
信号切换 (开关)

常用接法:
S极接地, $U_S=0V$ 。

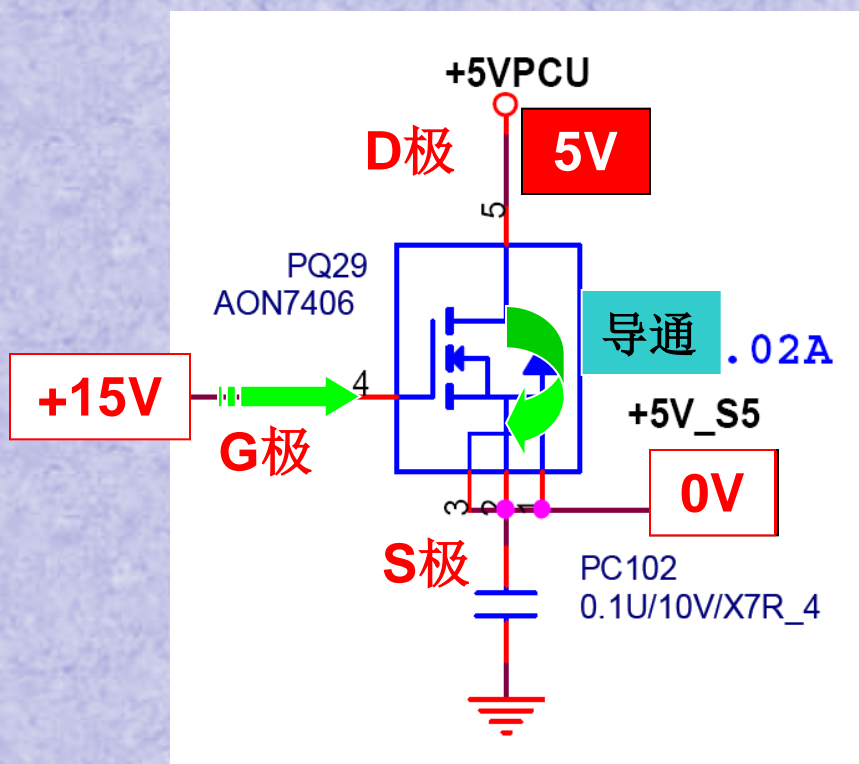
截止条件:
 $U_G=U_S=0V$ 。

导通条件:
 U_G 比 U_S 大3V---5V即可,
 $U_G=3V$ 。

电路符号

示例2:

NMOS管:
AON7406



作用:

电压通断 (开关)

常用接法:

D极接输入, $U_D=5V$ 。

S极接输出。

截止条件:

$U_G=U_S=0V$ 。

导通条件:

U_G 比 U_S 大**10V**以上,

$U_G=U_S+10V=15V$ 。

(导通时, $U_S=5V$)

电路符号

示例3:

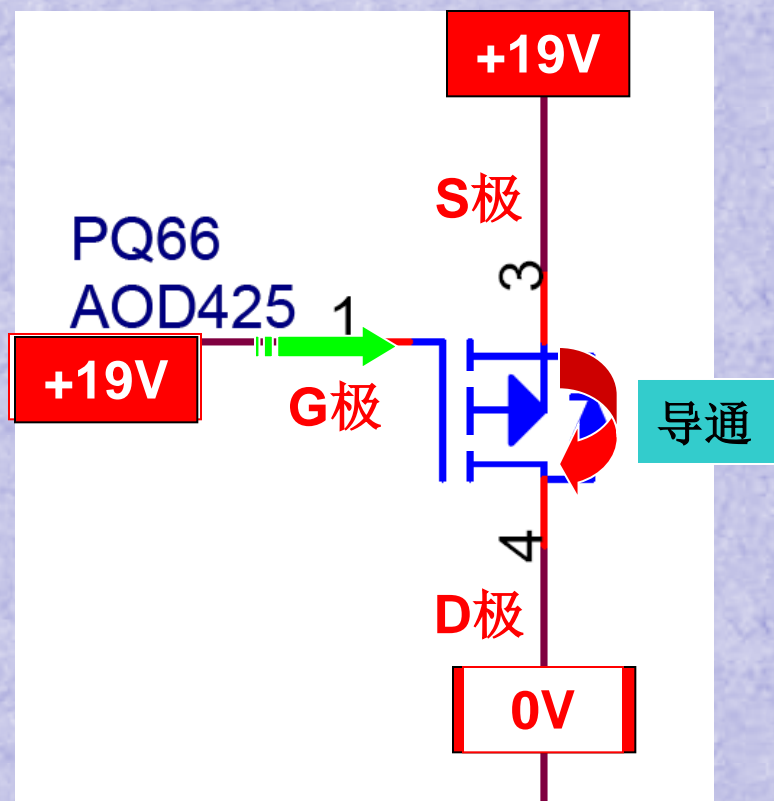
PMOS管:
AOD425

作用:
电压通断 (开关)

常用接法:
S极接输入, $U_S=19V$ 。
D极接输出。

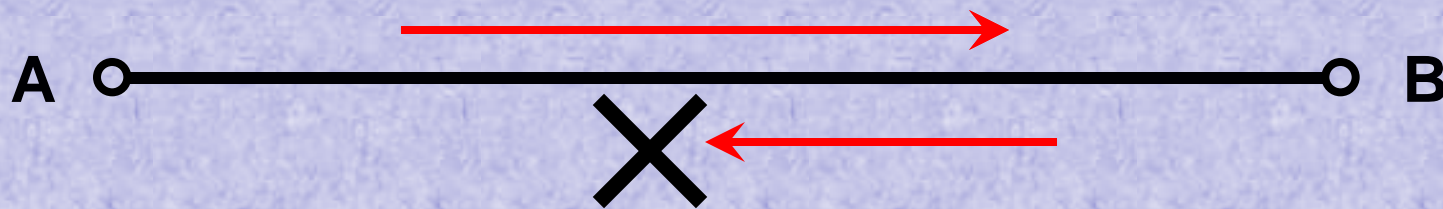
截止条件:
 $U_G=U_S=19V$ 。

导通条件:
 U_G 比 U_S 小**10V**以上,
 $U_G=U_S-13V=6V$ 。

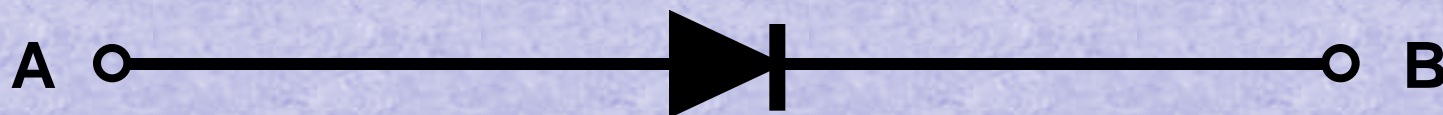


隔离作用：

如果我们想实现线路上电流的单向流通，
比如只让电流由A→B，阻止由B→A
请问可以怎么做？

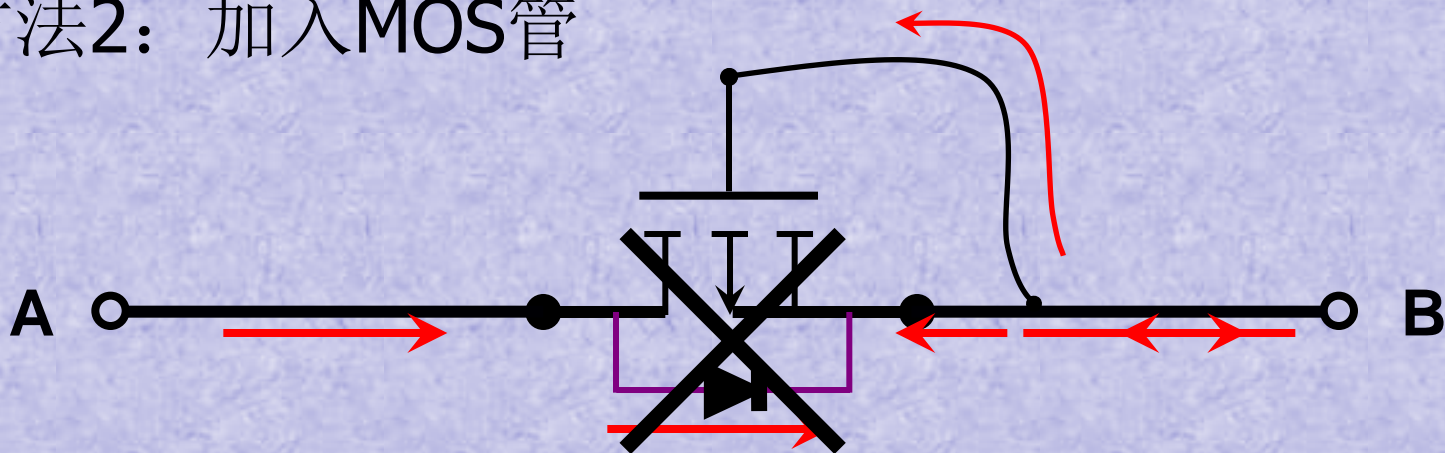


方法1：加入一个二极管



电路符号

方法2：加入MOS管



此处MOS管实现的功能就是：**隔离作用**。

所以，所谓的MOS管的隔离作用，其实质也就是实现电路的单向导通，它就相当于一个二极管。

但在电路中我们常用隔离MOS，是因为：

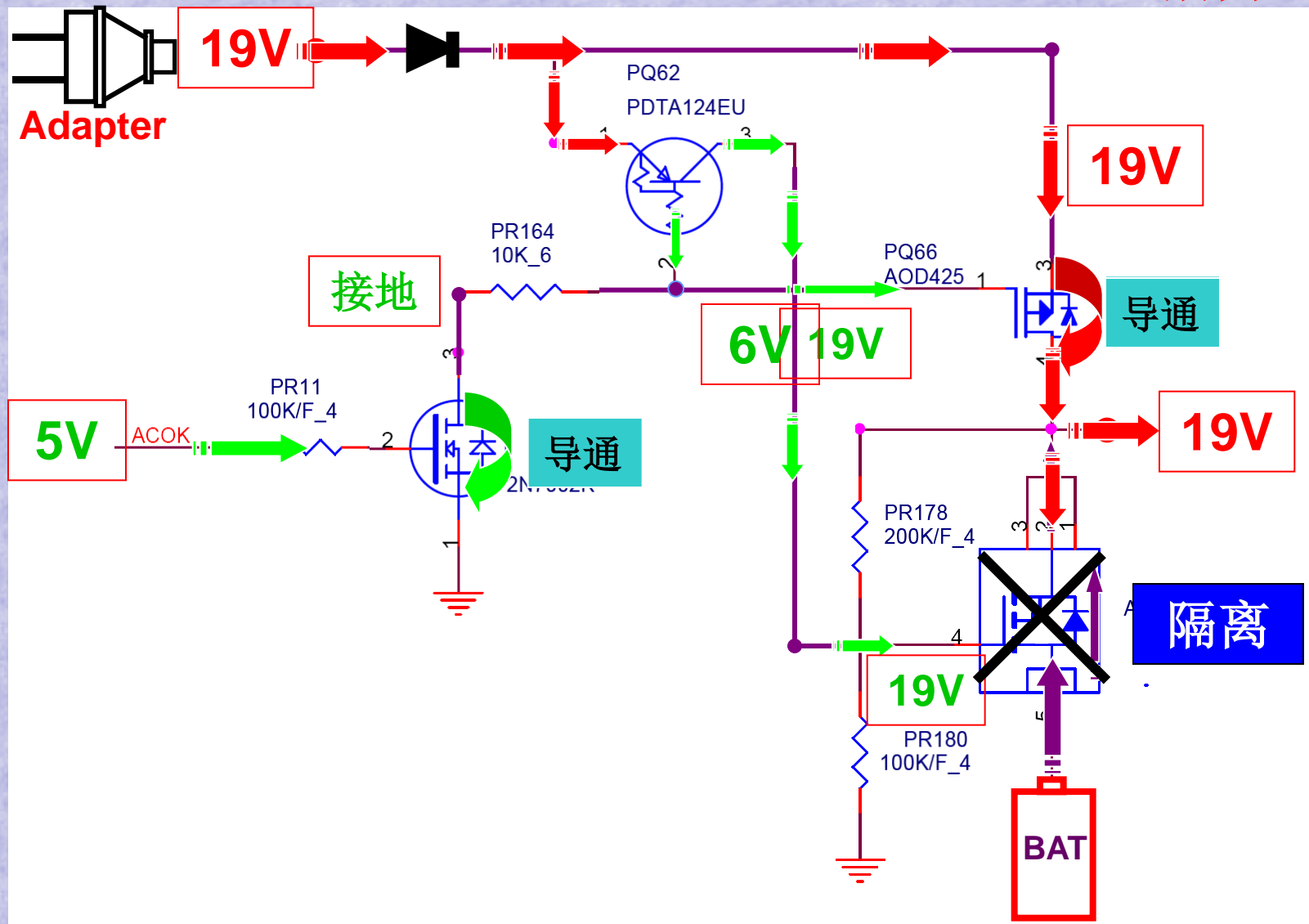
使用二极管，导通时会有压降，会损失一些电压。而使用MOS管做隔离，在正向导通时，在控制极加合适的电压，可以让MOS管饱和导通，这样通过电流时几乎不产生压降。

电路符号

示例1:

PMOS管:
AOL1413

作用:
隔离



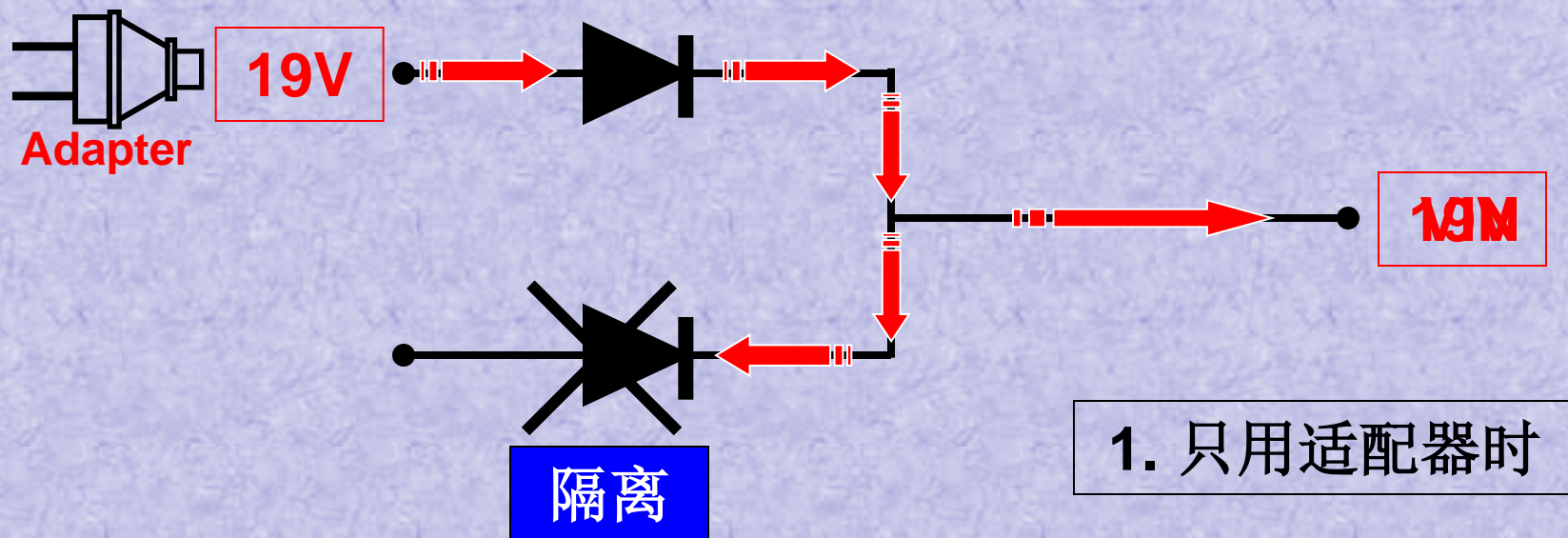
大家有兴趣可分析一下：拔掉适配器后只用电池供电时AOL1413的工作情况，试试吧！

电路符号

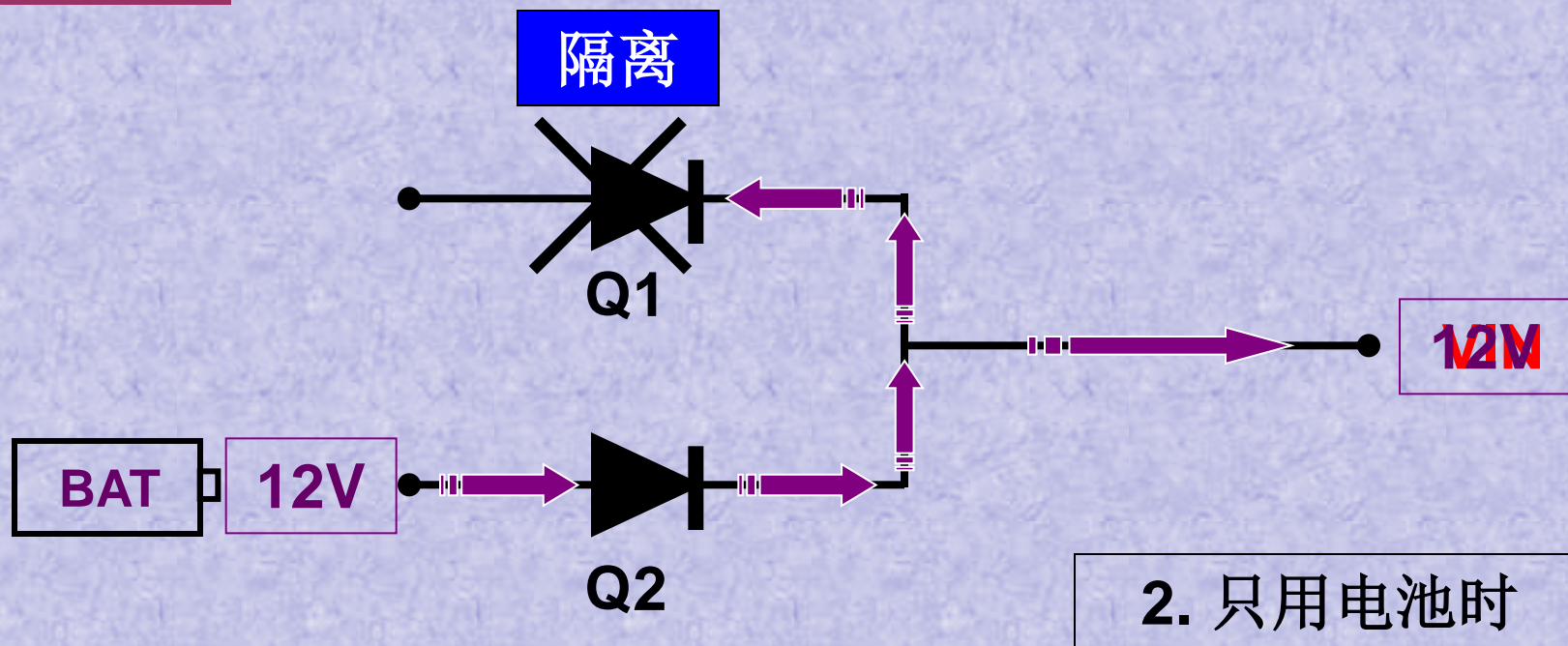
笔记本主板上的隔离，其实质是将适配器电压（+19V）和电池电压（+12V左右）分隔开来。不让它们直接相通。但又能在拔除任意一种电源时，保证电脑都有持续的供电，实现电源无缝切换。

笔记本电脑中用到的隔离MOS管只有两个。

下面我们来分步讨论一下它的原理，为了方便，隔离MOS管都用二级管代替表示。



电路符号



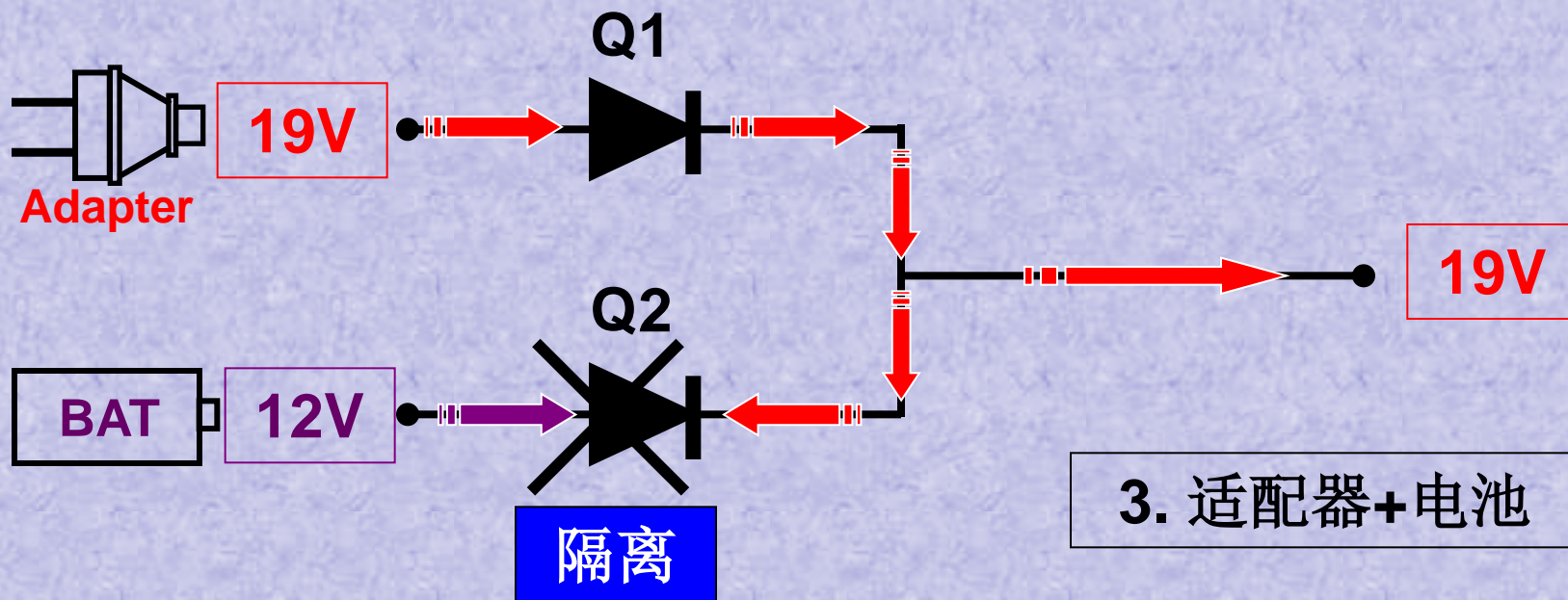
问题：为什么在不用适配器时，还要用Q1隔离12V呢？

我找到的一种解释是：

人们在使用笔记本电脑时，经常会同时插上适配器和电池。如果遇到电网停电，笔记本会自动切换到电池**12V**供电。这个时候适配器虽然不再供电，但仍相连在笔记本上。

如果没有Q1隔离，12V电压会直接进入适配器内部的输出电路，有可能烧毁适配器。这一解释自己没有做过验证，大家可以讨论一下对与错。

电路符号



问题： 如果不用Q2隔离，同时插上适配器和电池会怎样？

现象是： 大电流。

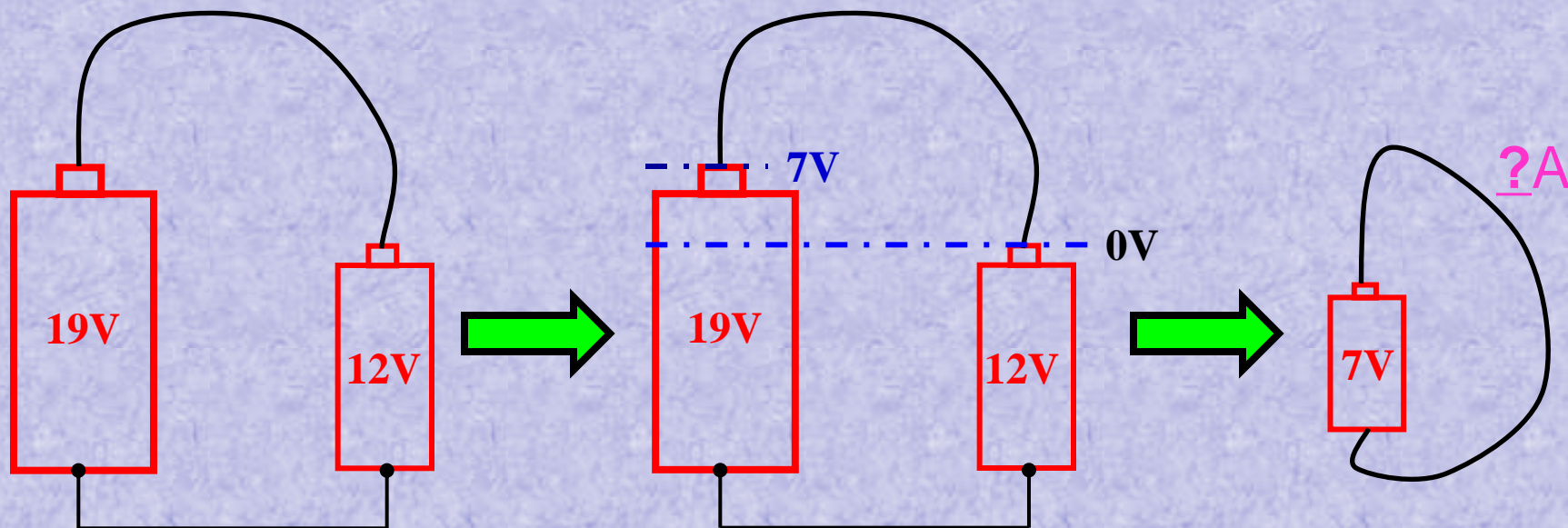
当然这只有在维修稳压电源上才可以看到：电流直接达到稳压电源的最大值6A以上，短路灯狂闪。

电池充电不就是用较高的电压加到电池上来进行的吗？
那么，你觉得，为什么会出现这样的现象呢？

电路符号

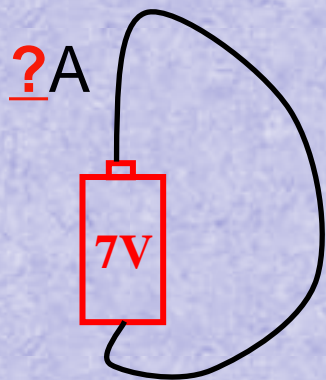
讨论：“不用**Q2**隔离，或者是**Q2**被击穿短路时大电流的原因”

电池电压一般是在**12V**以下，我们就将其看作**12V**。**19V**电源呢，我们也可以当作一个大电池，那么一个**19V**的电池和一个**12V**的电池如下相连，导线中电流会是多少呢？



经过两次等效，就相当于将一根导线两端接到**7V**电池的两端。

电路符号



导线的电阻极小，如果我们认为它是**0.1**欧姆。那么在导线中流过的电流会是多少：

$$\text{电流} = \frac{7}{0.1} = 70(\text{A})$$

稳压电源的最大电流一般是**6A**左右，所以会出现大电流报警。

而正常的电池充电电压是经过芯片精密控制的，一般只比电池实际电压高出一点点，以保证电流不会过大造成电池过分发热。

当**Q2**隔离管击穿短路后，长时间的超负荷工作，极有可能损坏适配器。

MOS管作用总结：

（结合寄生二极管）

如果MOS管用作**开关**时，（不论N沟道还是P沟道），一定是寄生二极管的负极接输入边，正极接输出端或接地。否则就无法实现开关功能了。

所以，N沟道一定是D极接输入，S极接输出或地。

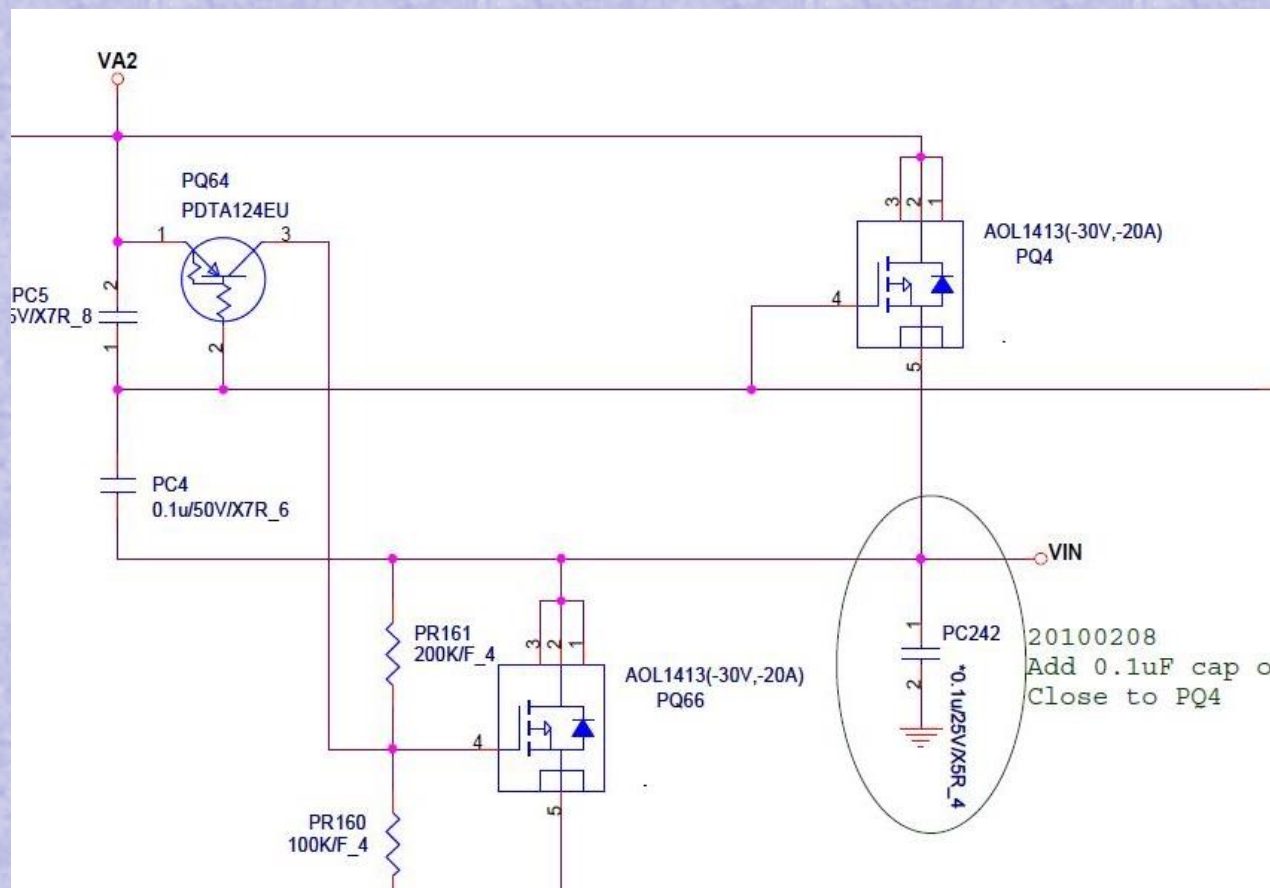
P沟道则相反，一定是S极接输入，D极接输出。

如果MOS管用作**隔离**时，（不论N沟道还是P沟道），寄生二极管的方向一定是和主板要实现的单向导通方向一致。

笔记本主板上用PMOS做隔离管的最常见，但也有极少的主板用NMOS来实现。

5 做个挑错游戏吧

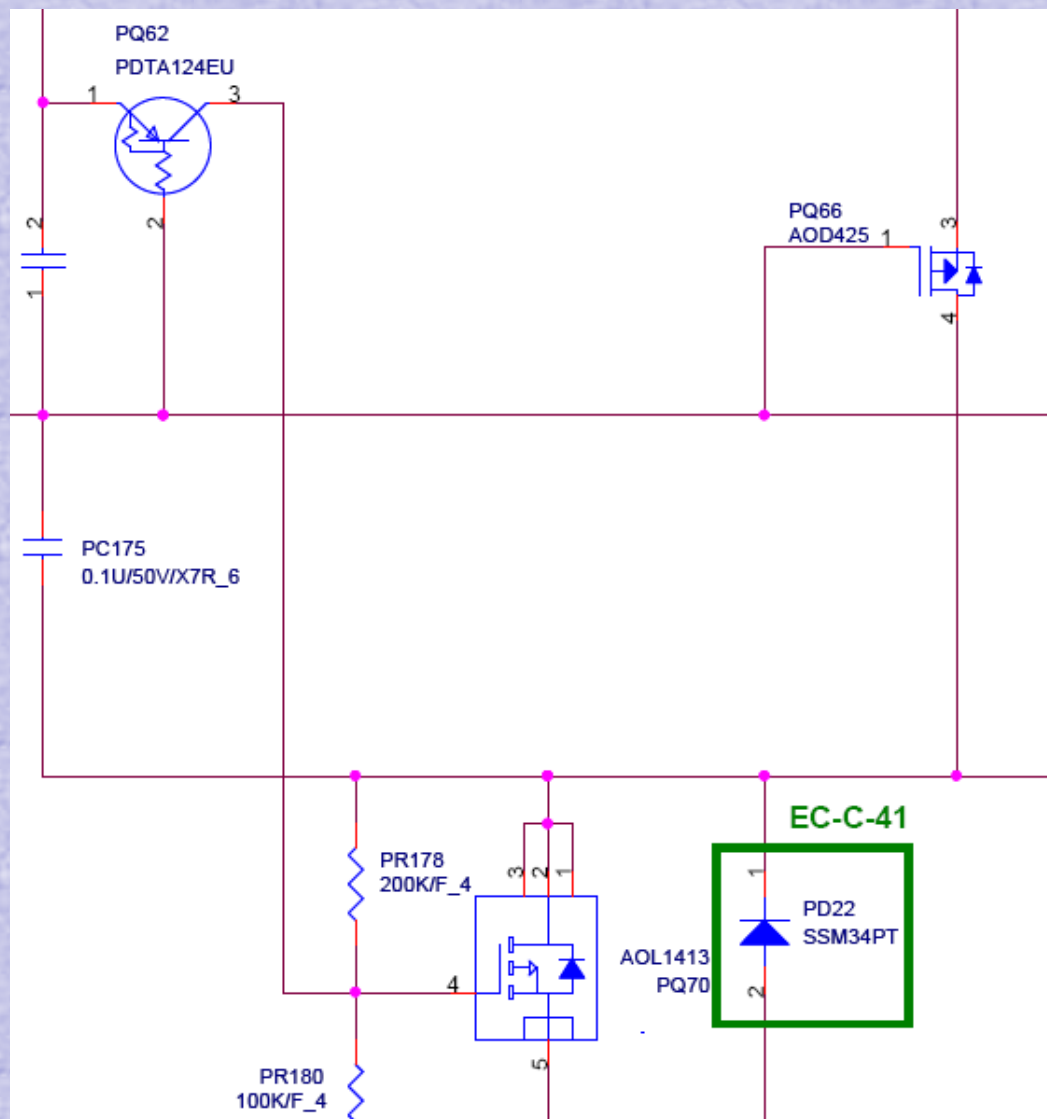
有没有发现过笔记本电路图上的MOS管也有画错的？



通过前面的学习，
我们来做个挑错
游戏吧，
看看你能发现多
少错误？

图1

电路符号



两张截图里，
你发现了几处错误？

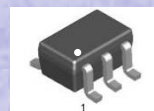
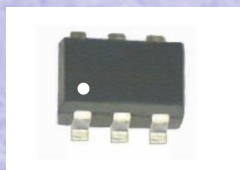
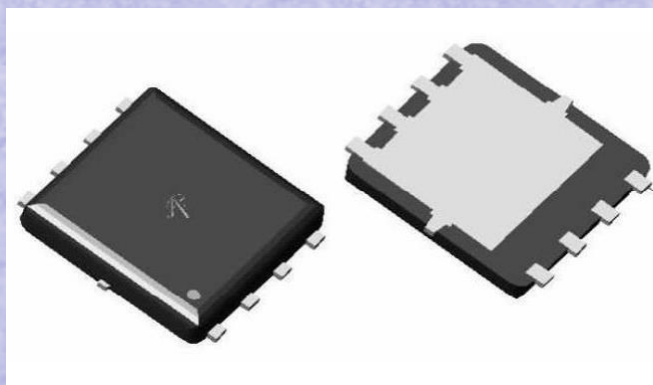
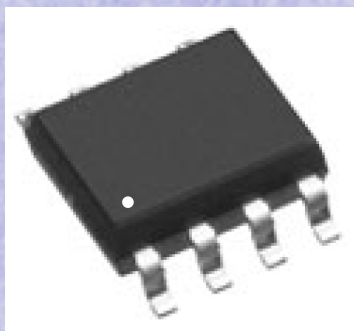
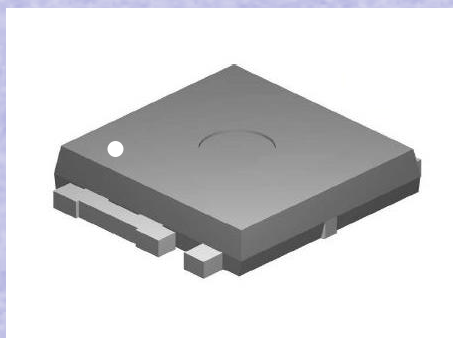
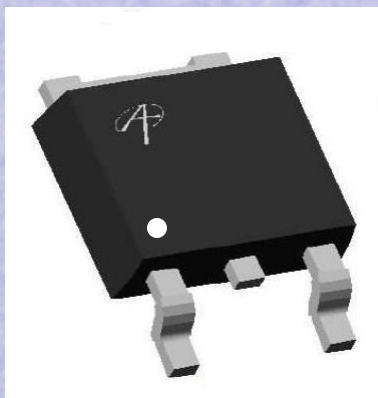
答案在文档最后面。

图2

实 物

实 物 篇

看看这些MOS管：



呵呵，都是很常见的吧？

能告诉大家，
哪个脚是S（源极）吗？

哪个脚是D（漏极）？

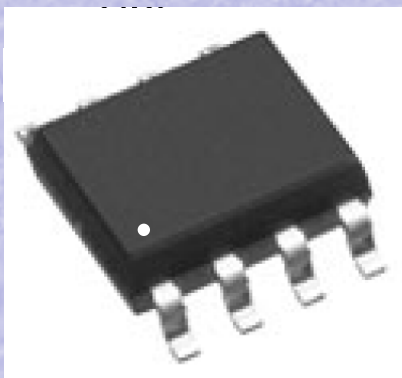
G（栅极）呢？

是P沟道还是N沟道MOS？
呵呵，这个有点难哦。

给你万用表，怎么测量
MOS管是好是坏呢？

1 如何分辨三个极？

首先，来看看常见的SO-8封装MOS管吧。



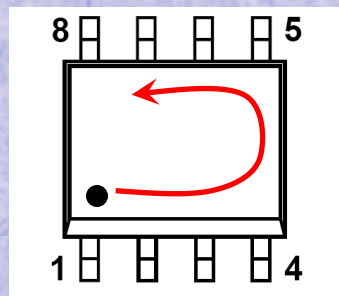
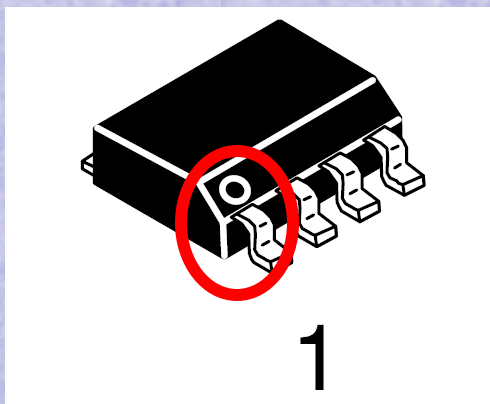
共有八个脚，显然会有几个脚内部是相连的。

第1步： 请确定MOS管**PIN1**（第一脚）

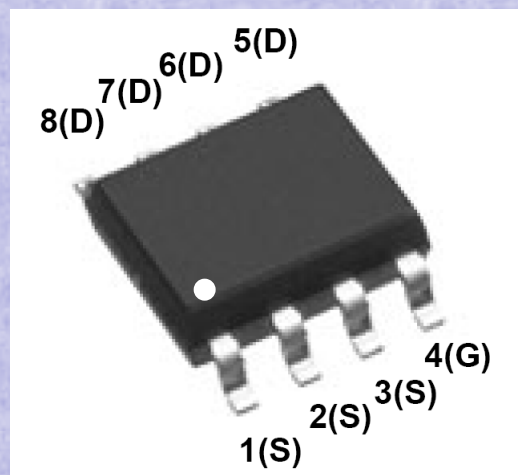
方法： 芯片上会用一个小圆点标示出**PIN1**，它一般会在芯片的左下角。

第2步： 请确定MOS管其他脚

方法： 从**PIN1**开始，逆时针方向依次为2，3，.....6，7，8脚。



第3步： 请确定三个极。



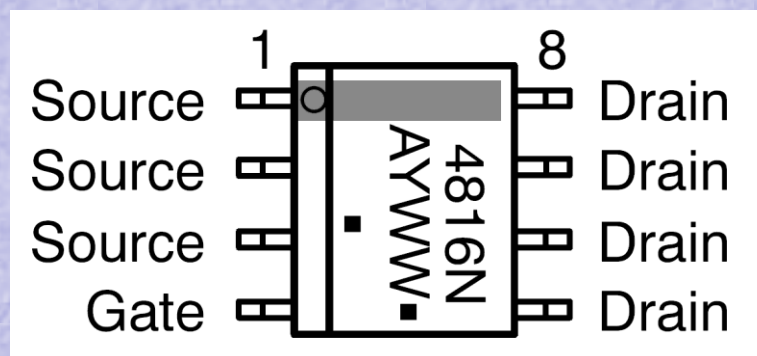
1,2,3	source (s)
4	gate (g)
5,6,7,8	drain (d)

D极单独位于一边，而G极是第4PIN。

剩下的3个脚则是S极。

它们的位置是相对固定的，记住这一点很有用。

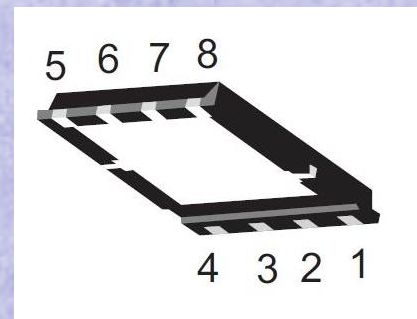
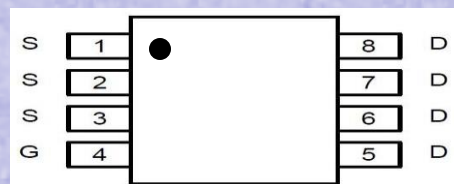
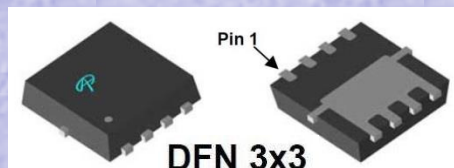
看看我们常见的NMOS管4816:



请注意：不论NMOS管还是PMOS管，上述PIN脚的确定方法都是一样的。

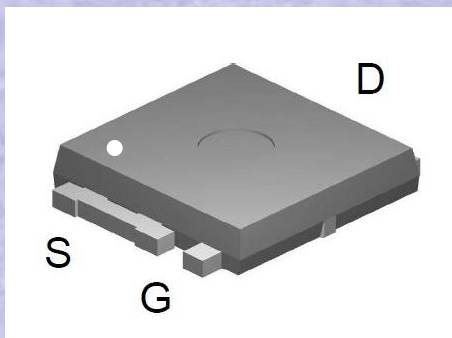
假如MOS管表面磨损，或是无法辨认PIN1的标记圆点，你可以用什么方法确认PIN1脚，以及G极，D极和S极？ 拿出万用表，试试吧！

再来看看相似的DFN封装MOS管：



外形上来看，DNF封装的MOS管仍旧有8个脚，但已经变成贴片形式，节约了高度，散热性能更好些。但其PIN脚极性还是一样排列。

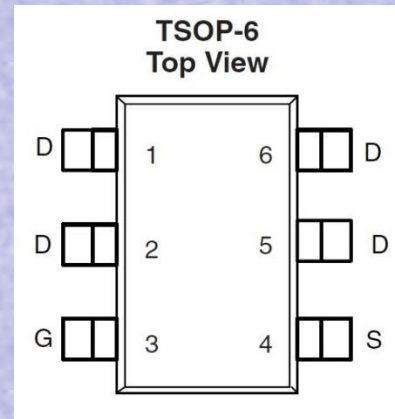
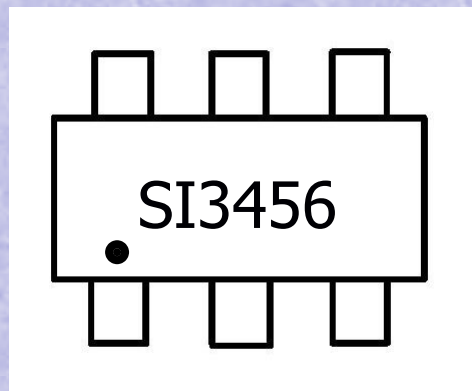
还有Ultra SO-8封装的MOS管：



Ultra SO-8封装的MOS管相对DFN封装厚度上有点增加，PIN1,2,3直接相连成为S极。

实物

接下来，看看6个脚的TSOP-6封装MOS管：

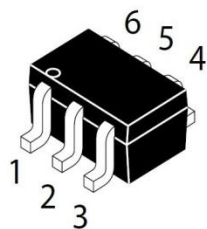
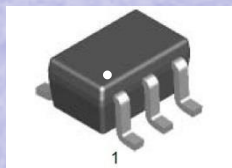


PIN1,2,5,6为D极；

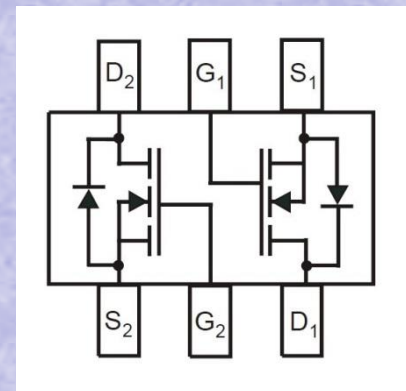
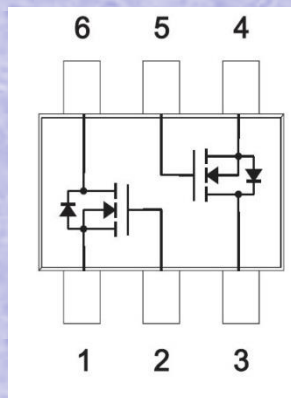
PIN3为G极；

PIN4为S极。

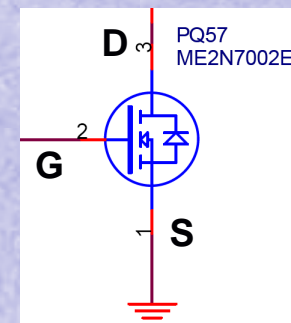
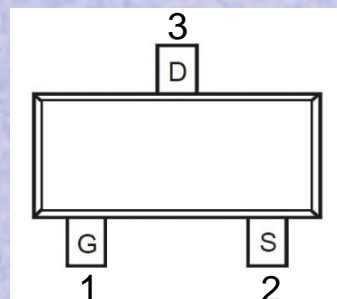
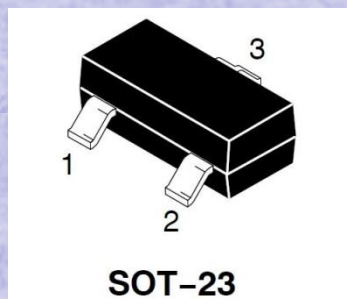
同样是6个脚，的SOT-363封装MOS管则为双MOS管：



SOT-363(SC-88)



最后，3PIN脚的MOS管：（1）SOT-23

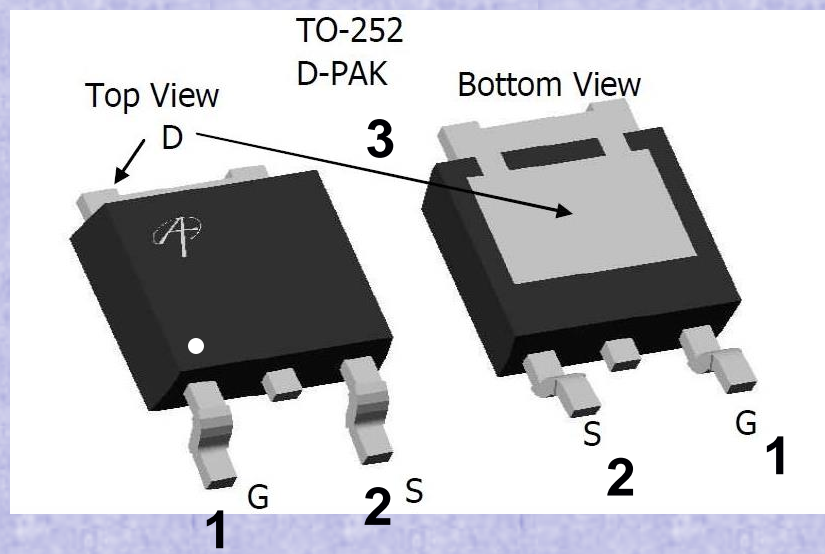


图纸习惯

PIN1为G极；PIN2为S极；PIN3为D极。

但请大家特别注意：**主板上标示的PIN1与PIN2脚与此刚好颠倒了。**
主板图纸上也是如此。 而且，似乎作为一种错误的习惯被保持了下来。

另外一种3PIN脚的MOS管：（2）TO-252

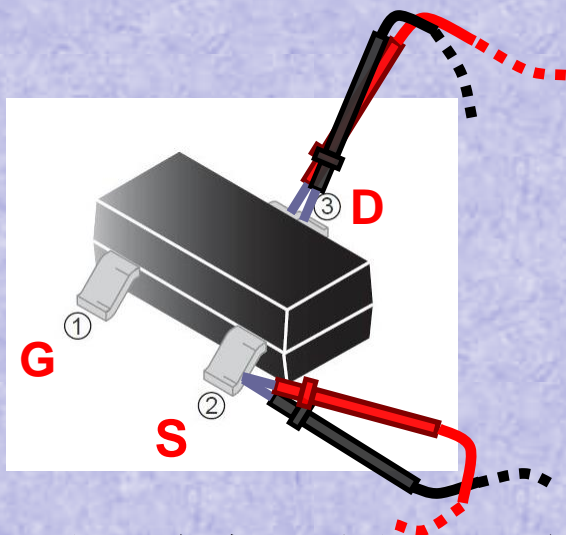


1	gate (G)
2	source (S)
3	drain (D)

常见型号有：**AOD425**

2 它是N沟道还是P沟道的呢？

先从简单的开始，拿最常见的3PIN脚MOS管（SOT-23）讲起。



接下来，
将万用表调到“**二极管**档”。

由上一小节内容，我们可以立即找到MOS管的G,S,D三极。

红表笔（+极）接D极，**黑表笔（-极）**接S极：
如果，二极管值低于0.700V以下。

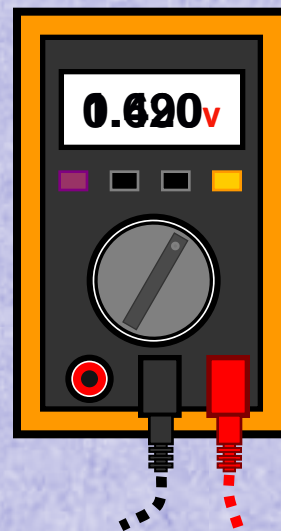
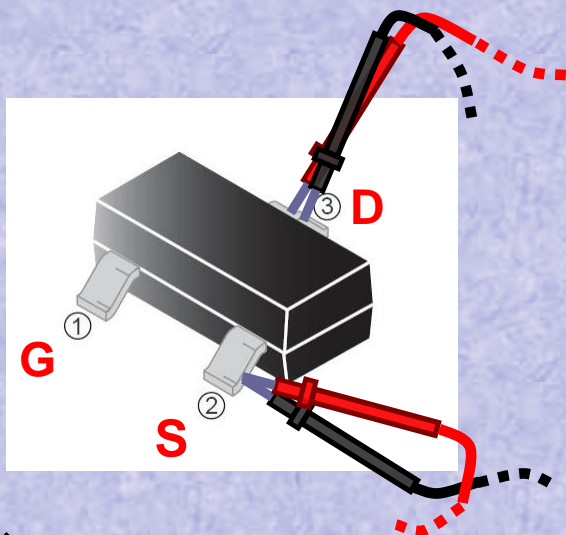
交换表笔：

黑表笔（-极）接D极，**红表笔（+极）**接S极：
二极管值高于1.200V以上。

则可以判断，此MOS管 ==> 为**PMOS**管。

实物

如果两次测量的结果相反。则 \Rightarrow 为 **NMOS** 管。



万用表调至
“**二极管档**”。

过程如下：

红表笔 (+极) 接D极，**黑表笔 (-极)** 接S极：
如果，二极管值高于1.200V以上。

交换表笔：

黑表笔 (-极) 接D极，**红表笔 (+极)** 接S极：
二极管值低于0.700V以下。

则此MOS管 \Rightarrow 为 **NMOS** 管。

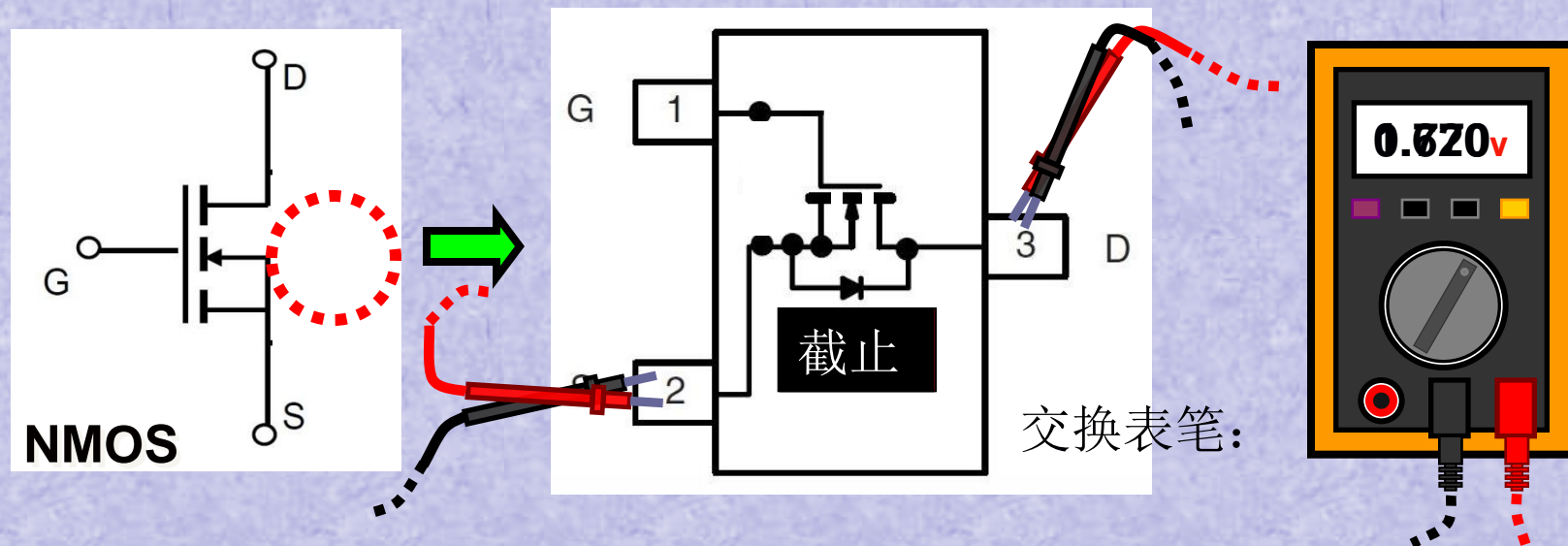
判断沟道的方法已经介绍了，接下来简单谈下依据。

MOS管（绝缘栅增强型）的G极与S极、D极之间绝缘；而S极与D极在没有导通之前内阻很大，也可以简单认为是断开的。

因此，G，D，S之间用二极管档测量时，应该是两两都不相通。

以上是在没有考虑MOS管内部的寄生二极管的前提下得出的结论。

而实际上，在测量判断沟道类型时，这个存在于**DS极之间的体内二极管（寄生二极管）才是关键！**



换句话说，我们量的就是这个寄生二极管。

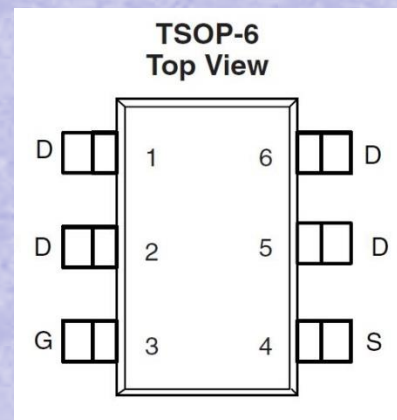
实物

3PIN脚的说过了，再来看看6PIN脚的MOS管（TSOP-6封装）：

由上一小节我们知道，只要知道MOS的第一脚PIN1，那我们就可以通过三极与PIN脚间的对应关系（如右图）立即判断出G，D，S极。

但假如，MOS管无法辨认PIN1怎么办？
（比如表面污损）

不管怎样，三极首先得辨认，之后才是判断N沟道或P沟道的的问题。



接下来，我们就不妨先说说：在PIN1无法辨认的情况下，如何靠万用表判断三极。

要么

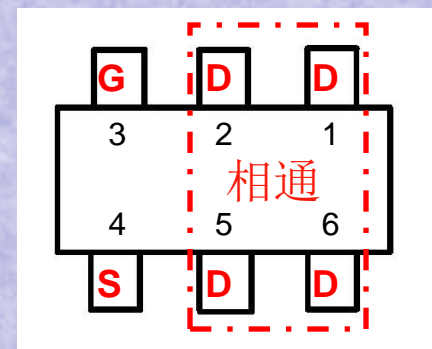
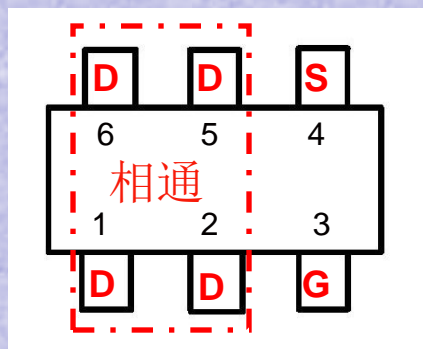
要么

判断原则：

6PIN中相通的4PIN是D极。

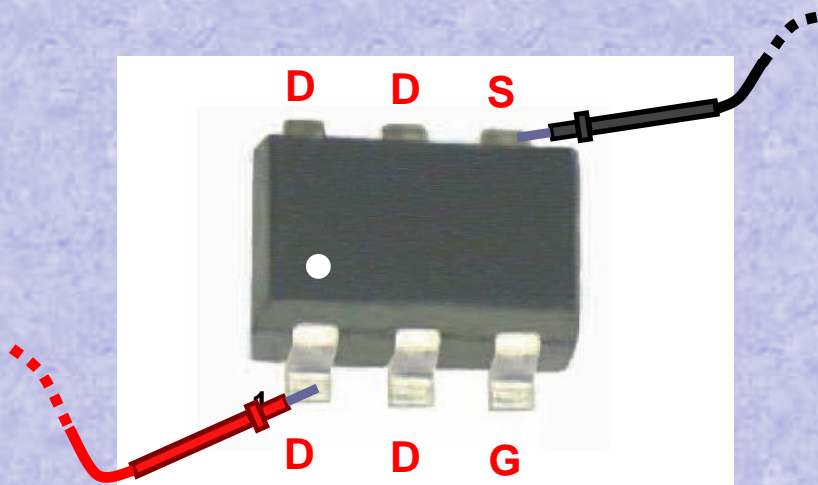
之后，

对照右上图确定出G极，S极。

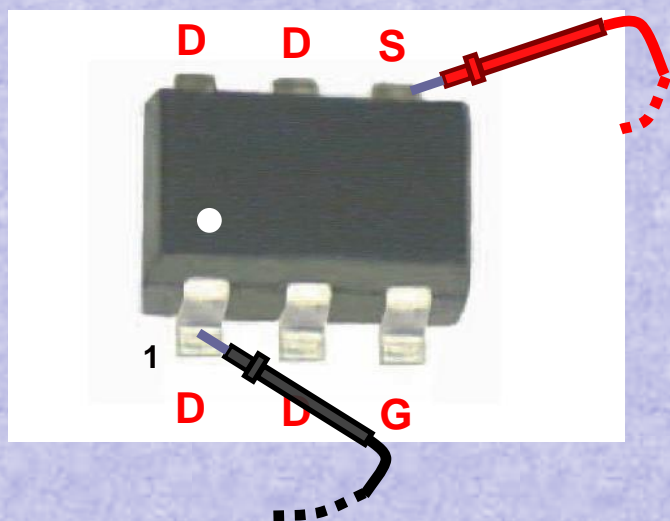


实物

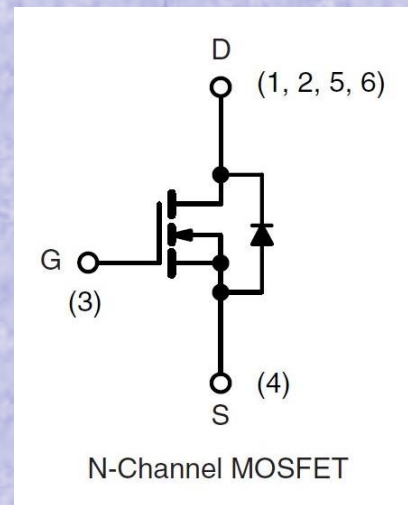
G极，D极和S极知道后，N沟道P沟道的判断方法和前面还是一样：



交换表笔：

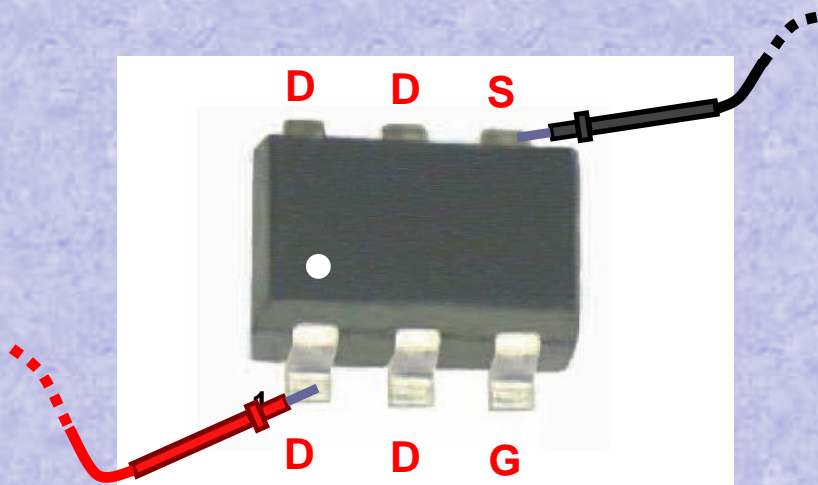


==> 为NMOS管。

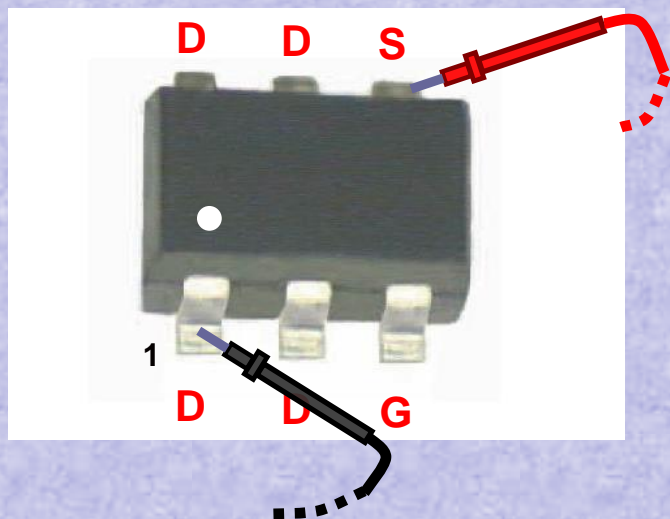


实物

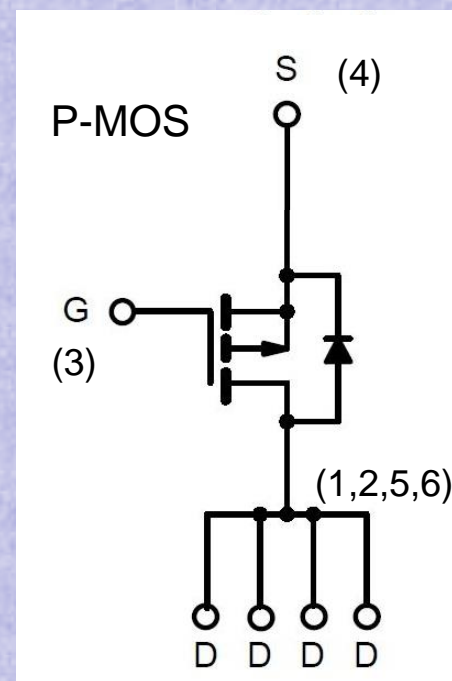
测量的二极管值相反时，为PMOS管：



交换表笔：



为PMOS管。



实物

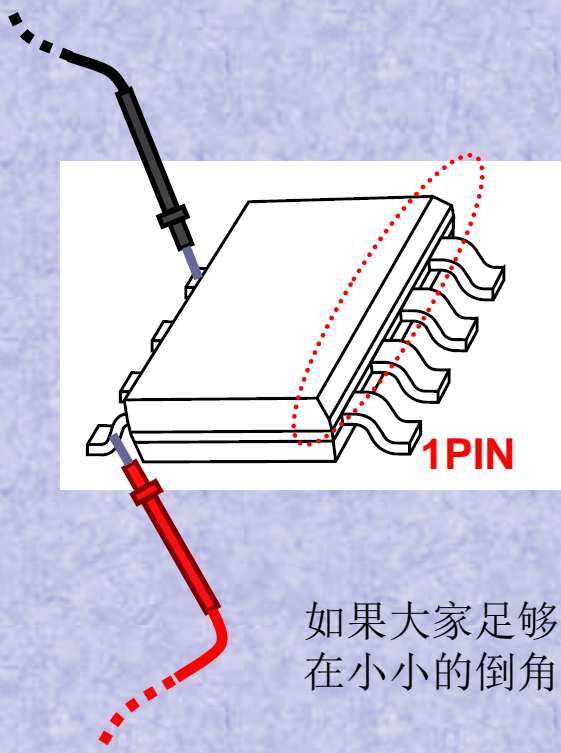
DFN封装和Ultra SO-8封装的MOS管因为外形独特，一眼即可辨认D极，其他两极也就能依从判断，用不着万用表。

至于沟道类型的判断，方法和前面一样，就不再罗嗦了。

让我们直接进入SO-8封装MOS管环节吧。

还是先来看看：

MOS管无法用眼睛辨认PIN1时，怎样用万用表找G、D、S极？

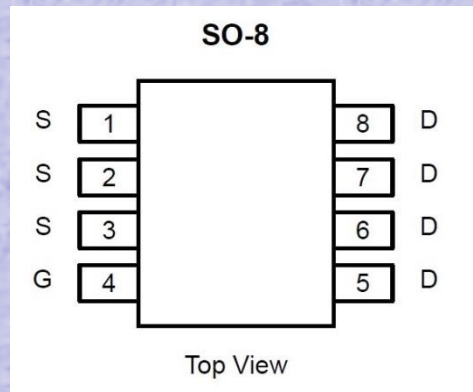


判断原则：

单边4PIN全通的是D极。

之后，

对照下图确定出G极，S极。

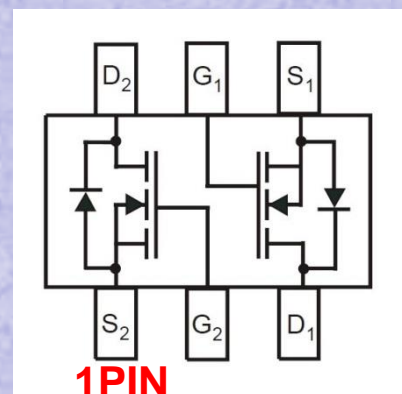
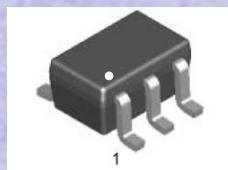
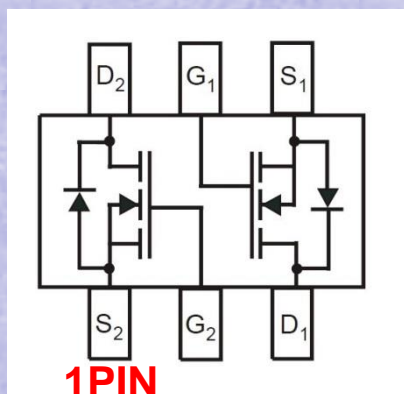


如果大家足够细心，根据MOS管有一边存在小小的倒角，仍然能确定PIN1。

SO-8封装MOS管沟道类型的判断，方法和前面一样，不再详述。

至于最后一种MOS管：SOT-363封装**双MOS管**

因为它的对称性，只要正面朝向自己，无论怎样摆放，左下角都可以认为是PIN1。



所以呀，在主板上更换这种MOS管时，完全不用担心装反的问题。即使装反了，一样可以正常使用。

三极脚位好判断，沟道类型判断还是和前面一样。

测量的注意事项:

以上都是在**MOS**管没有被接入任何电路的情形下，进行的测量。

如果**MOS**管在板时进行测量，测量的值会受到所在电路的影响，有可能会误导判读。建议在板测量出异常时，最好取下进行一次复判。

测量前，最好用表笔金属针头部分短接**MOS**管**G**极与**S**极，以释放**MOS**管**G**极可能残留的静电电荷。因为**G**极如果存在静电电压可能会造成**D**与**S**极处于导通状态，而引起误判。

我们这里测量用的是数字万用表。（当调至“二极管档”时，红表笔是正极（+），黑表笔是负极（-））

如果使用指针式万用表，注意红黑表笔上电压极性刚好相反，请注意测量的结果应该颠倒才对。

3 能测量出MOS管是好是坏吗？

了解了前面那些内容，相信这个问题对大家来说已经不是难事。

说说看，该怎么做呢？不妨动手试一试！

下面呢，做个简单小结：

将万用表调至“二极管档”，
用表笔分别接触三个极，测量两两之间的值，并交换位置。
这样会有六种组合，测到**6**个值。

这其中只有**1**个值会低于**0.700V**以下（**0.200V**以上）。 ==→为良品

否则。 ==→为不良品

注意事项:

除了49页提到过的注意事项之外, 还请注意:

测量中, 当红表笔接**G**极, 黑表笔接**S**极之后, 有可能在接下来测量**DS**这组值时, 发现**DS**间竟短路了, 二极管值接近**0.001V**。本来在前面刚测量过是好的。有些**MOS**管短路很快就消失了, 而有些则需要较长时间才恢复。

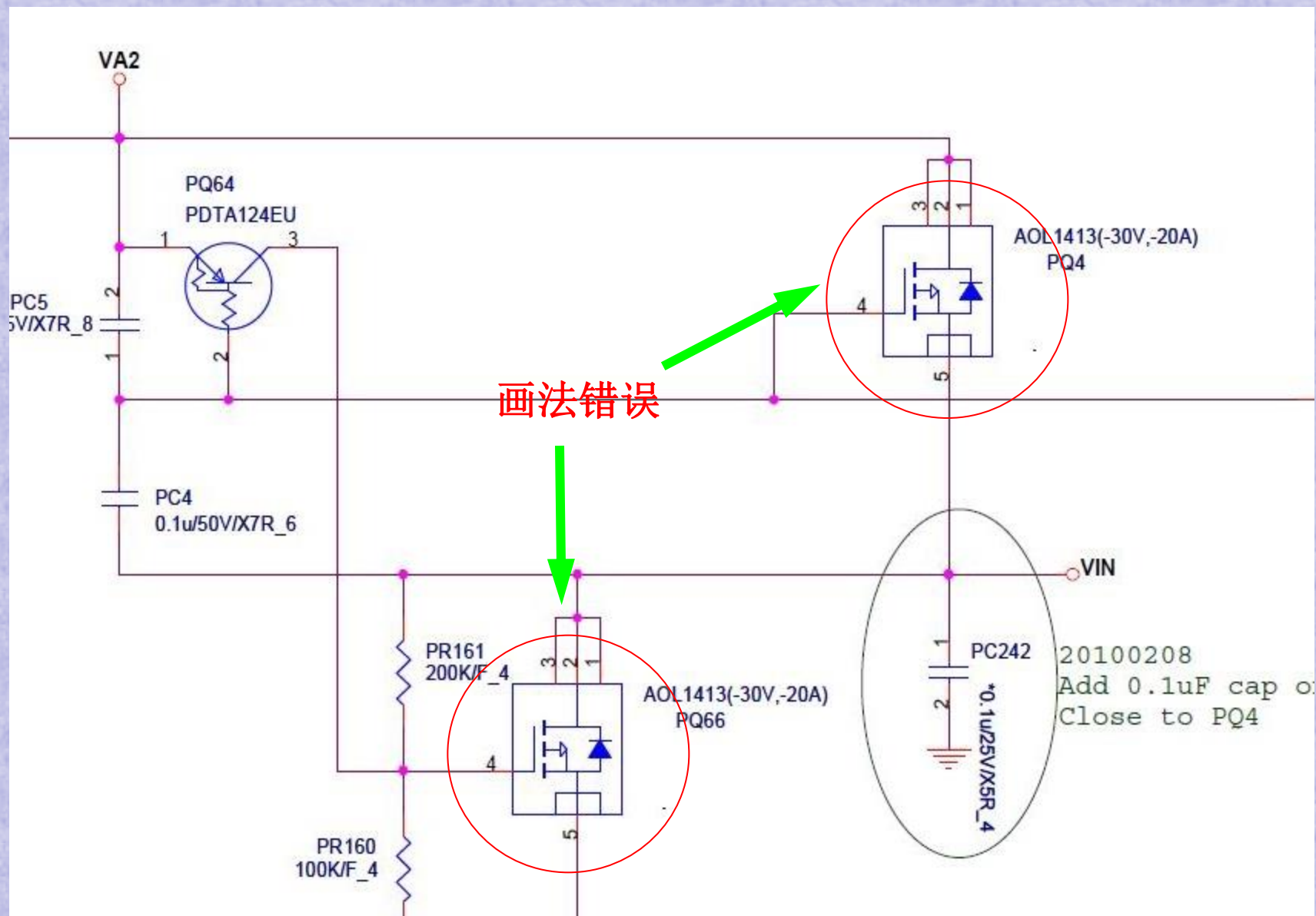
这同样是因为**MOS**管**GS**极间存在一定的极间电容, 测量中引入的电压在上面残留。如果电压极性刚好符合**MOS**管导通条件, 此时测量**DS**间当然就会表现为短路现象。只有当**GS**极间电容上的电荷漏光或消散完后, **DS**间才会恢复截止状态。

解决的办法是:

用表笔金属针头部分短接**MOS**管**G**极与**S**极, 释放**MOS**管**GS**极间电容上残留的电荷。如果再次测量**DS**间仍然短路, 才能判定**MOS**管短路了。

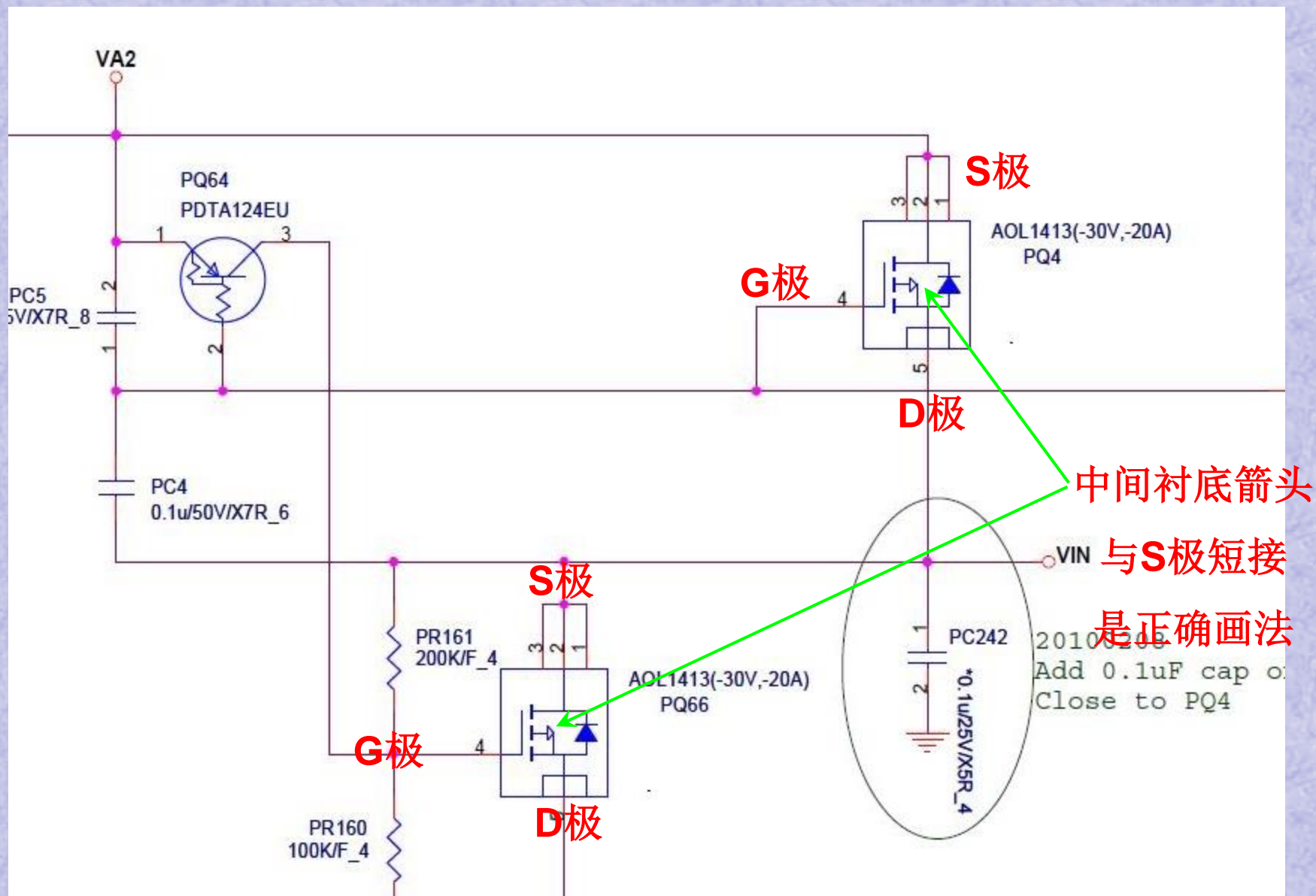
答案

挑错游戏-答案：（第33页）



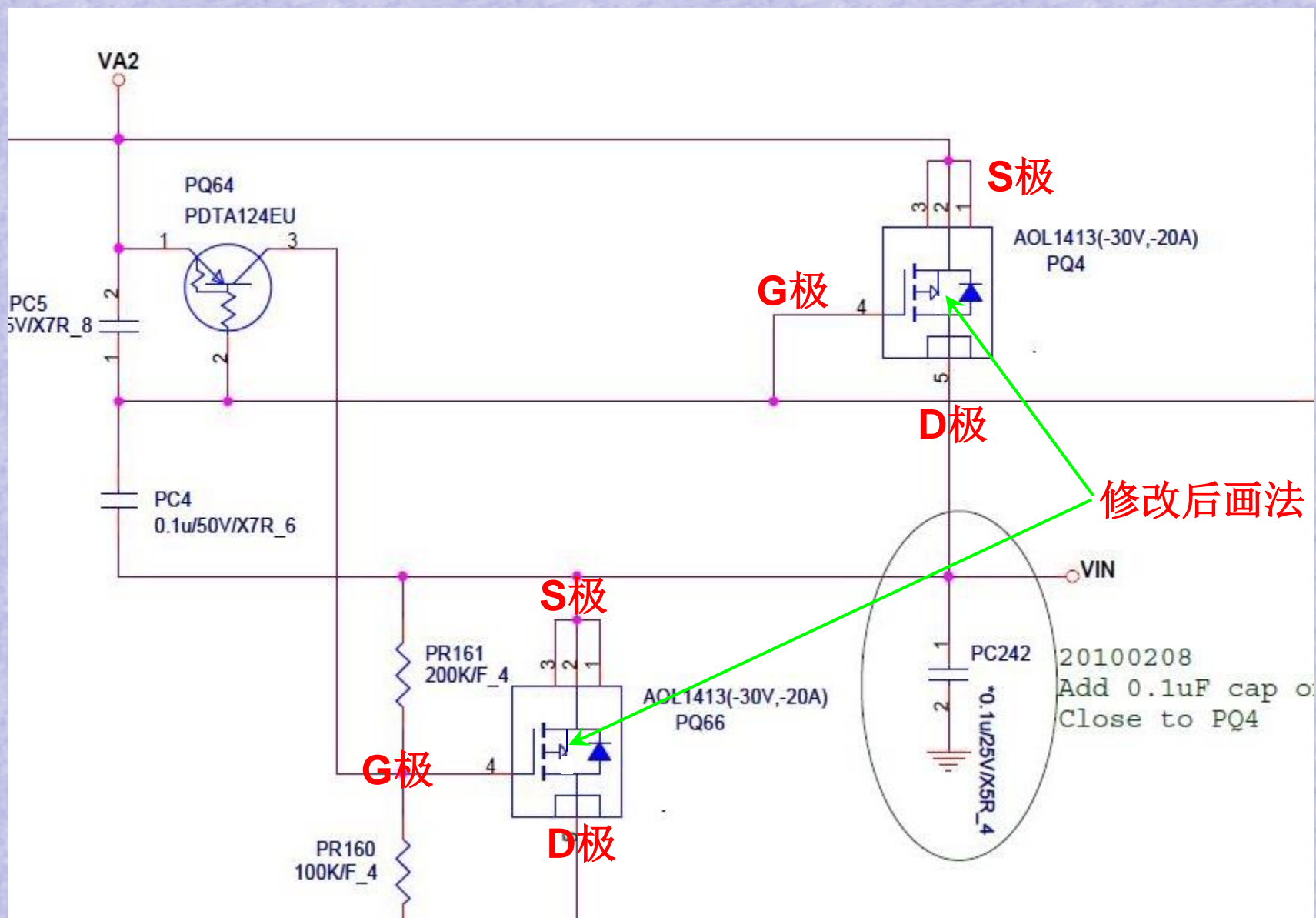
答案

挑错游戏-答案：（第33页）



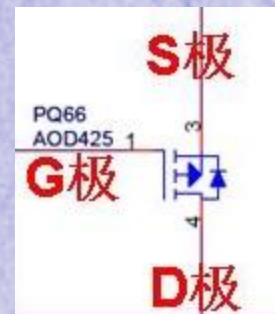
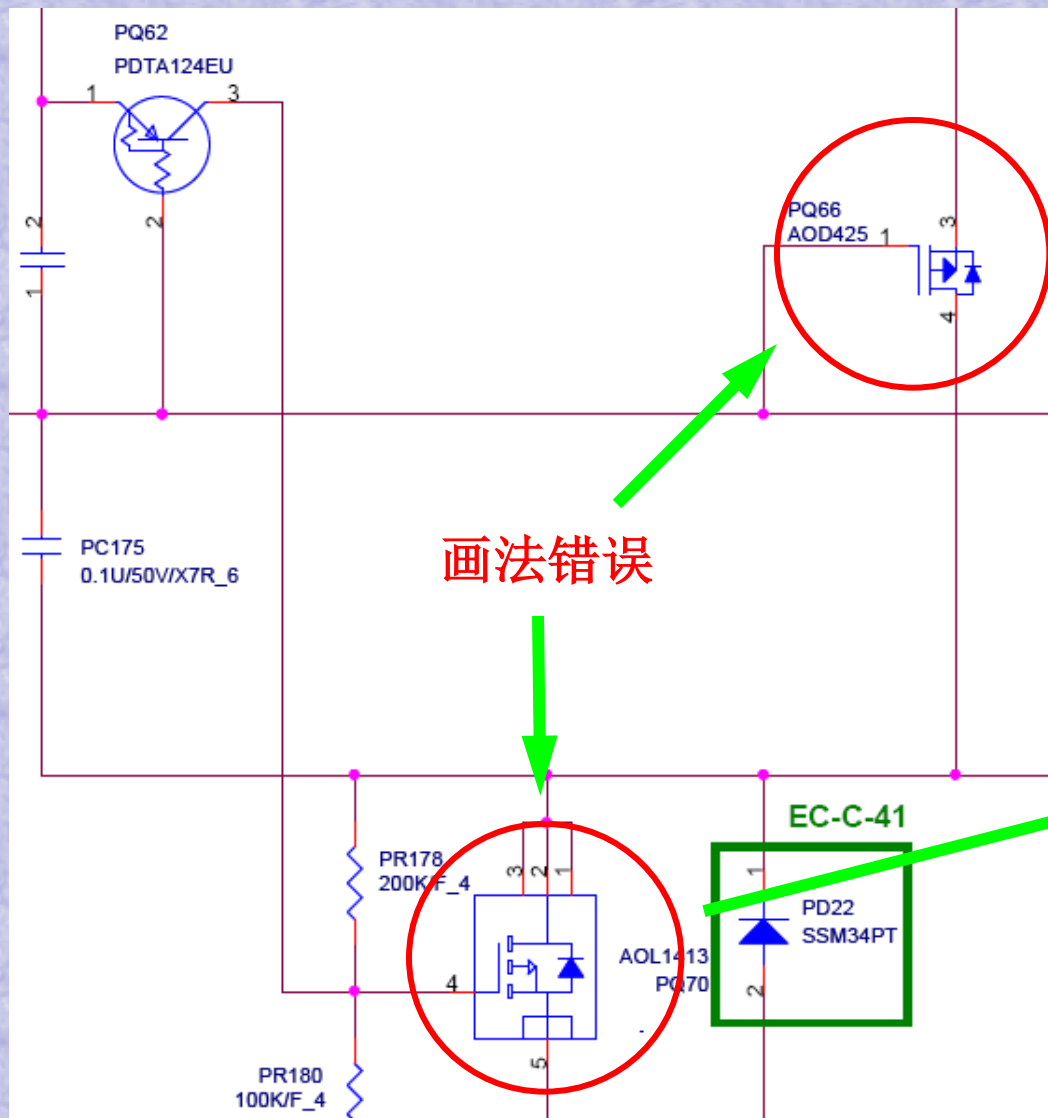
答案

挑错游戏-答案：（第33页）

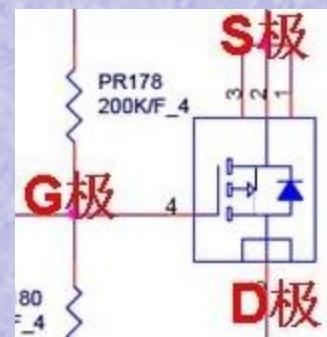


答案

挑错游戏-答案：（第34页）



增强型MOS管中间为断续线。



中间衬底箭头（不论方向朝里朝外）与S极相连是正确画法。

END

Q & A