

外置USB供电与内置锂电池供电自动切换电路，便携电子设备常用，经典电路必须掌握

工程师看海 2021-08-11 07:16

The following article is from 电路啊 Author LR梁锐



电路啊

深入浅出讲解各种电子电路。

>

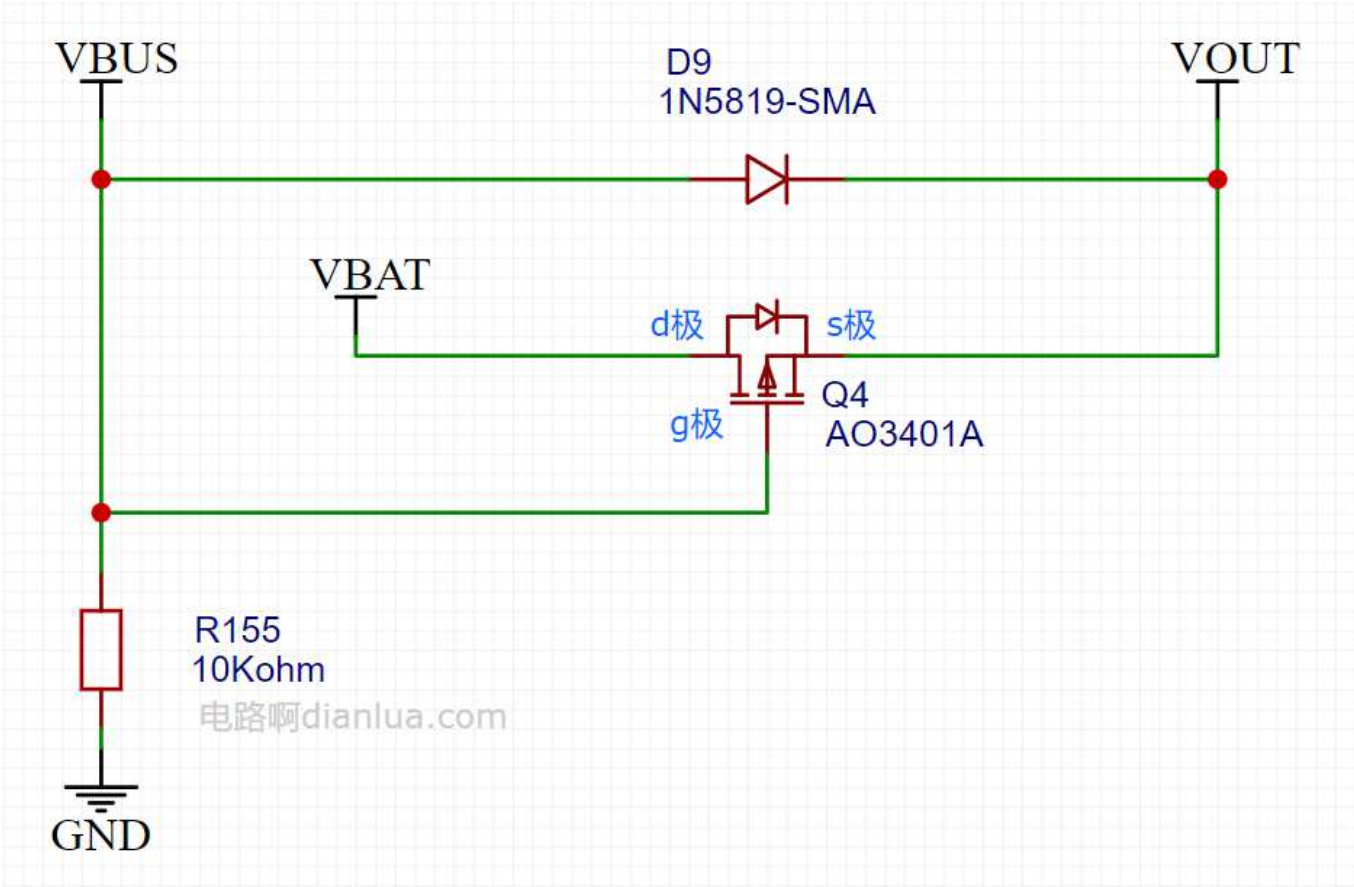


工程师看海

科技的海洋无边无际，关注我，一起领略科技之海。 《电子星球》知名博主 知名一线大厂硬件工程师 世界500强 专注于硬件、软件设计...
109篇原创内容

>

Official Account

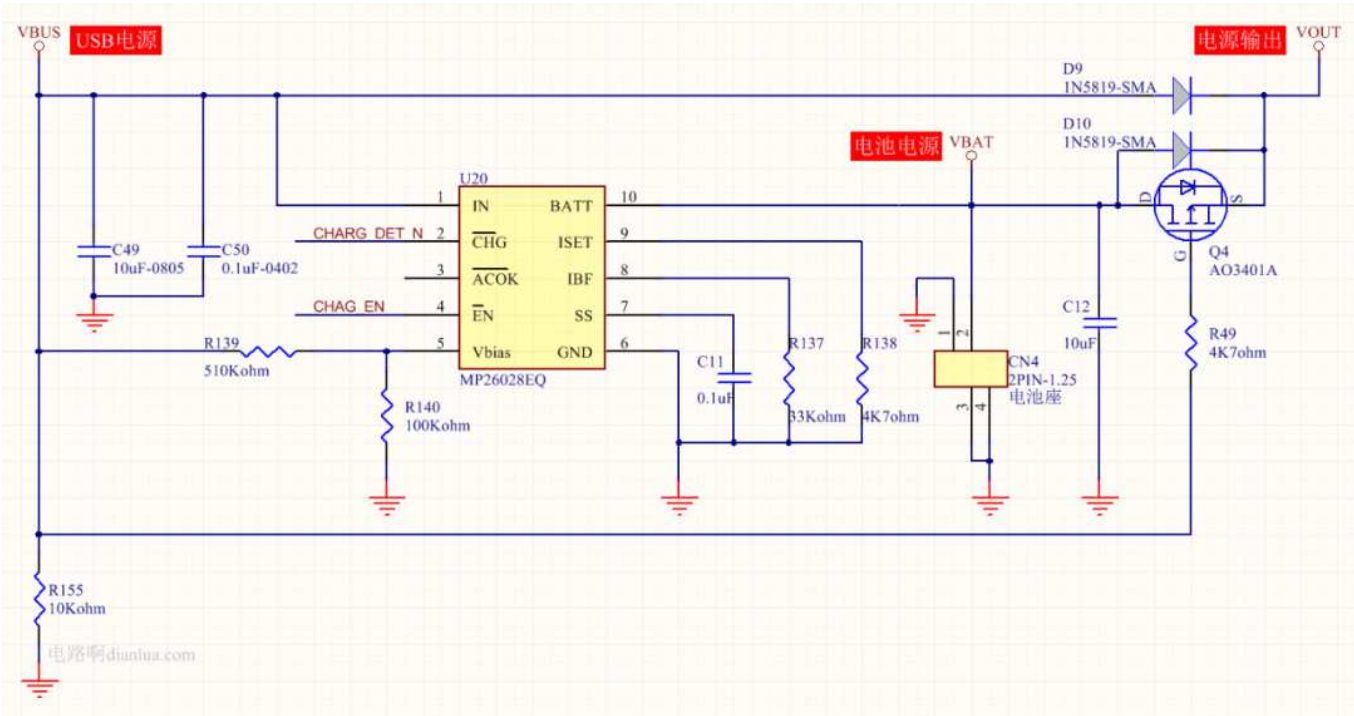


▲ 本文要分析的电路

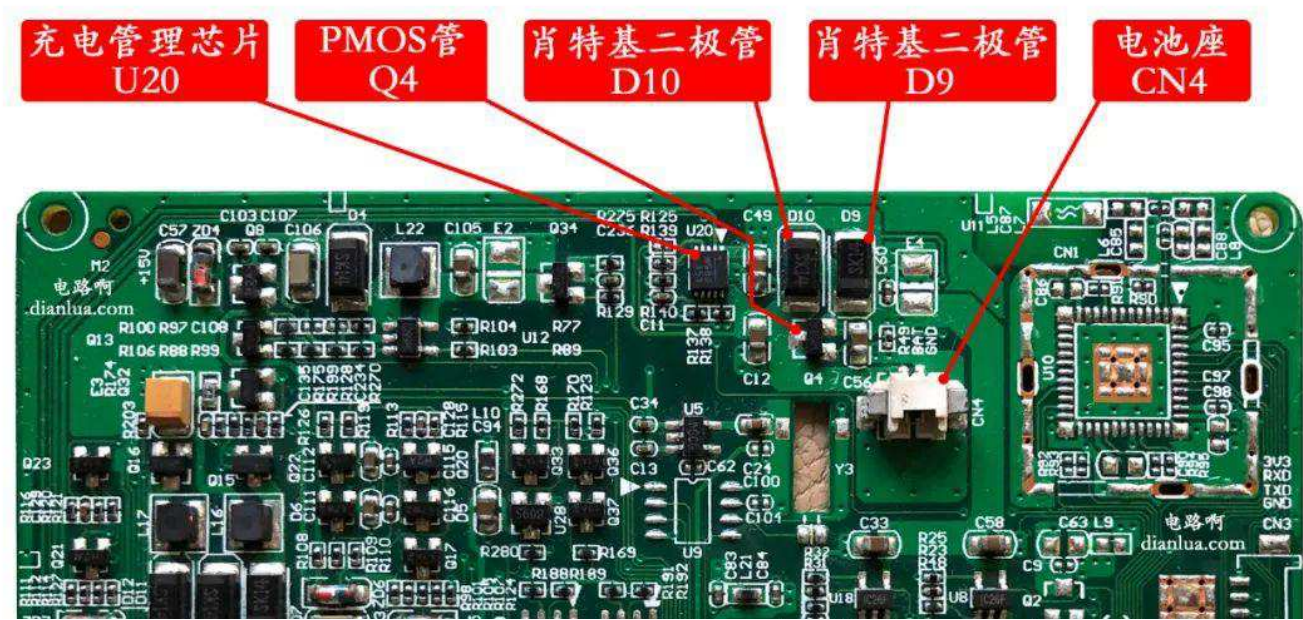
很多内置有锂电池的便携电子设备，比如手机，通常采用这样的供电方式：

- 1、没有插入USB电源时，使用内置的锂电池供电。
- 2、当插入USB电源时，切换为由外置的USB电源供电，并对锂电池进行充电。

下图电路就是实现上述的功能，它来自一款电子书阅读器（Kindle同类产品）：

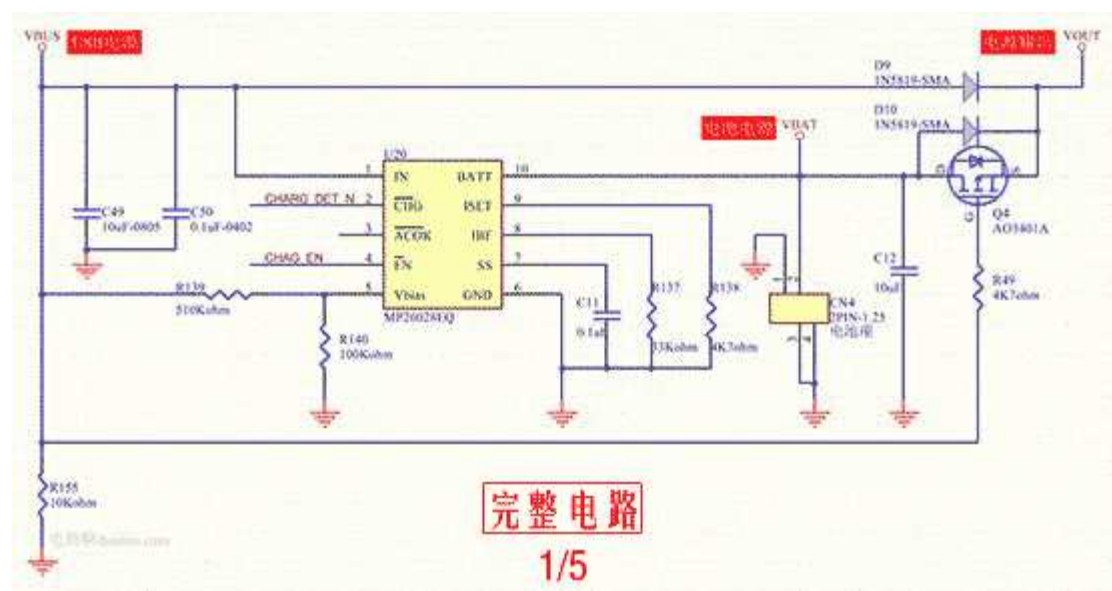


这是已量产的电路，成熟稳定，实物电路板如下图所示，几个关键的元器件做了标注：

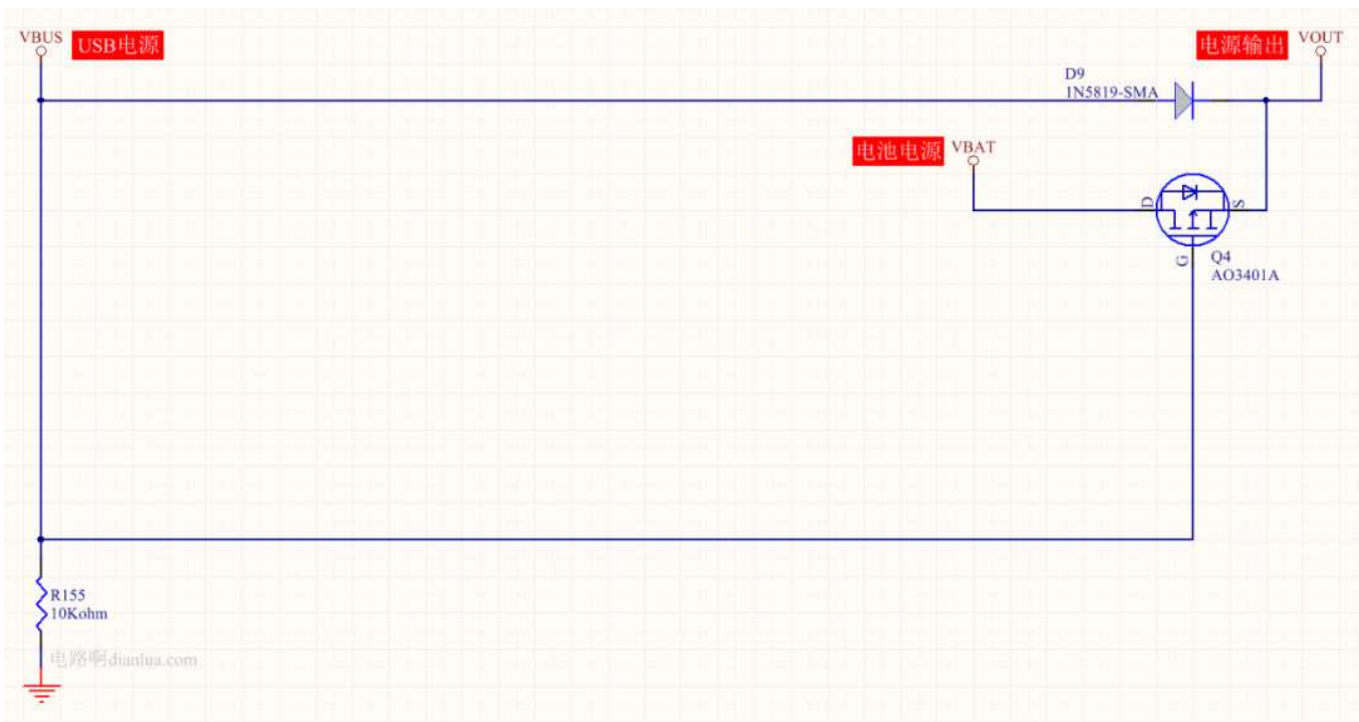


本文要讲解的是“外置USB供电与内置锂电池供电的自动切换电路”，所以先把上述电路中不相关的电路隐藏。

也就是隐藏锂电池充电管理、电源滤波等电路：



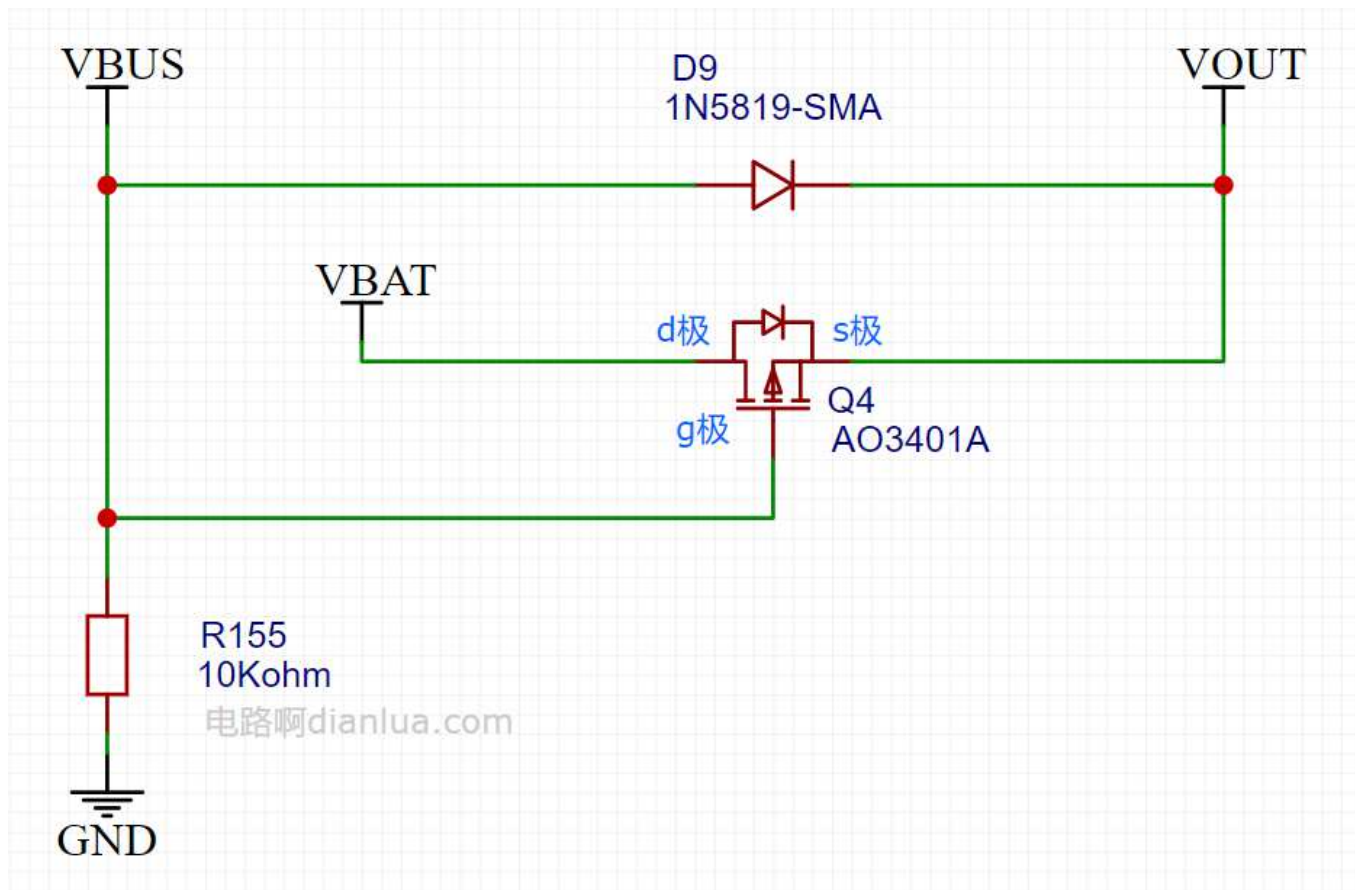
隐藏后变成这样：



这一下子，电路变得好简单，实现电源切换的功能，竟然只需要一个二极管、一个MOS管、一个电阻！

一、电路说明

将上述的“外置USB供电与内置锂电池供电自动切换电路”整理一下，弄好看点：



功能逻辑是这样的：

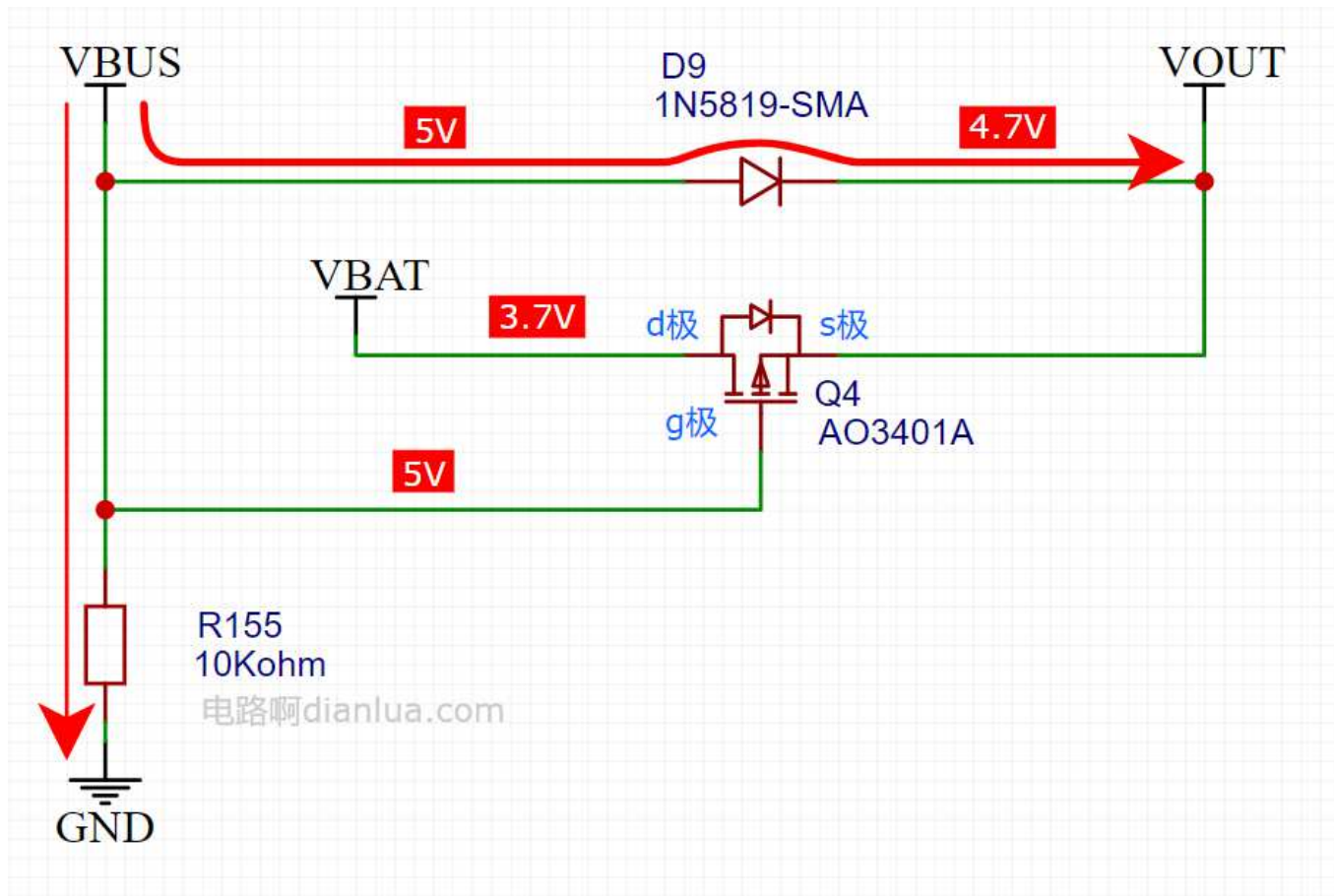
- 1、当插着USB电源时，由外置的USB电源供电，即VBUS对VOUT供电。
- 2、当拔掉USB电源时，切换为由内置的锂电池供电，即VBAT对VOUT供电。
- 3、当重新插入USB电源时，切换为由外置的USB电源供电，即VBUS对VOUT供电。

二、原理分析

假设VBUS的电压为5V，VBAT的电压为3.7V，下面开始分析。

1、当插着USB电源时：

VBUS通过肖特基二极管D9到达VOUT。



肖特基二极管的导通压降约为0.3V，USB电压VBUS = 5V，所以：

$$VOUT = 5V - 0.3V = 4.7V$$

由于VBAT为3.7V，MOS管Q4的s极为4.7V，g极为5V，由此可知：

$V_{gs} = 5V - 4.7V = 0.3V > 0$

所以MOS管处于不导通状态,同时其体二极管也是反向截止。

由于电阻R155的存在，会浪费一些功耗，流过R155的电流为：

$5V / 10Kohm = 0.5mA$

2、当拔掉USB电源时：

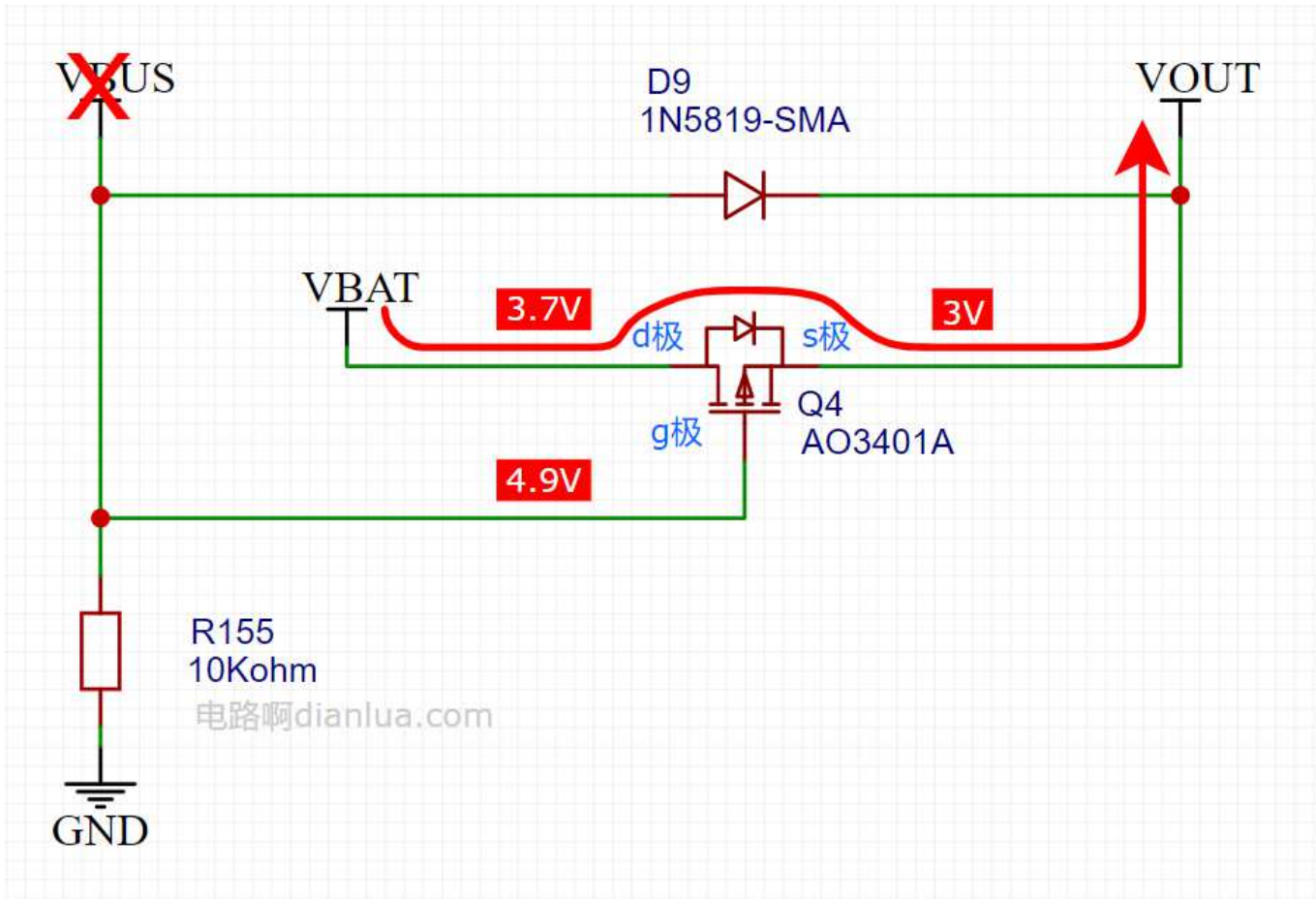
VBUS的电压会从5V开始往下降，电阻R155起到给VBUS放电的作用。

VBUS的电压需要快速下降，因为如果下降慢了，会导致MOS管Q4打开变慢，也就不能很快地切换为电池VBAT供电。

如下图，假设VBUS缓慢下降到4.9V，即MOS管Q4的g极为4.9V。电池电压VBAT通过MOS管Q4的体二极管后降低了约0.7V，变为3V，即MOS管的Vgs电压为：

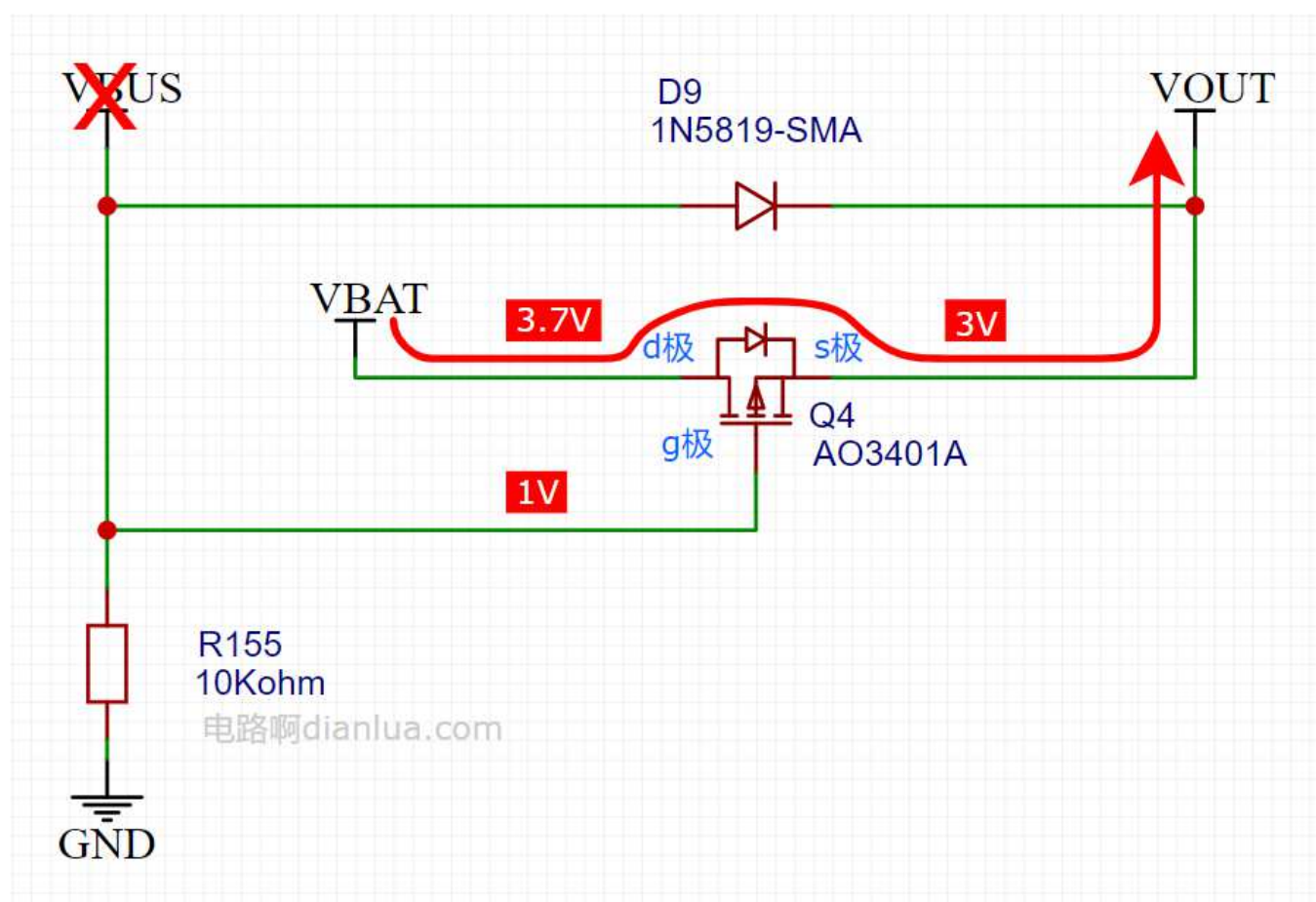
$4.9V - 3V = 1.9V > 0$

MOS管仍然不导通，VOUT的供电没有完全切换为VBAT。

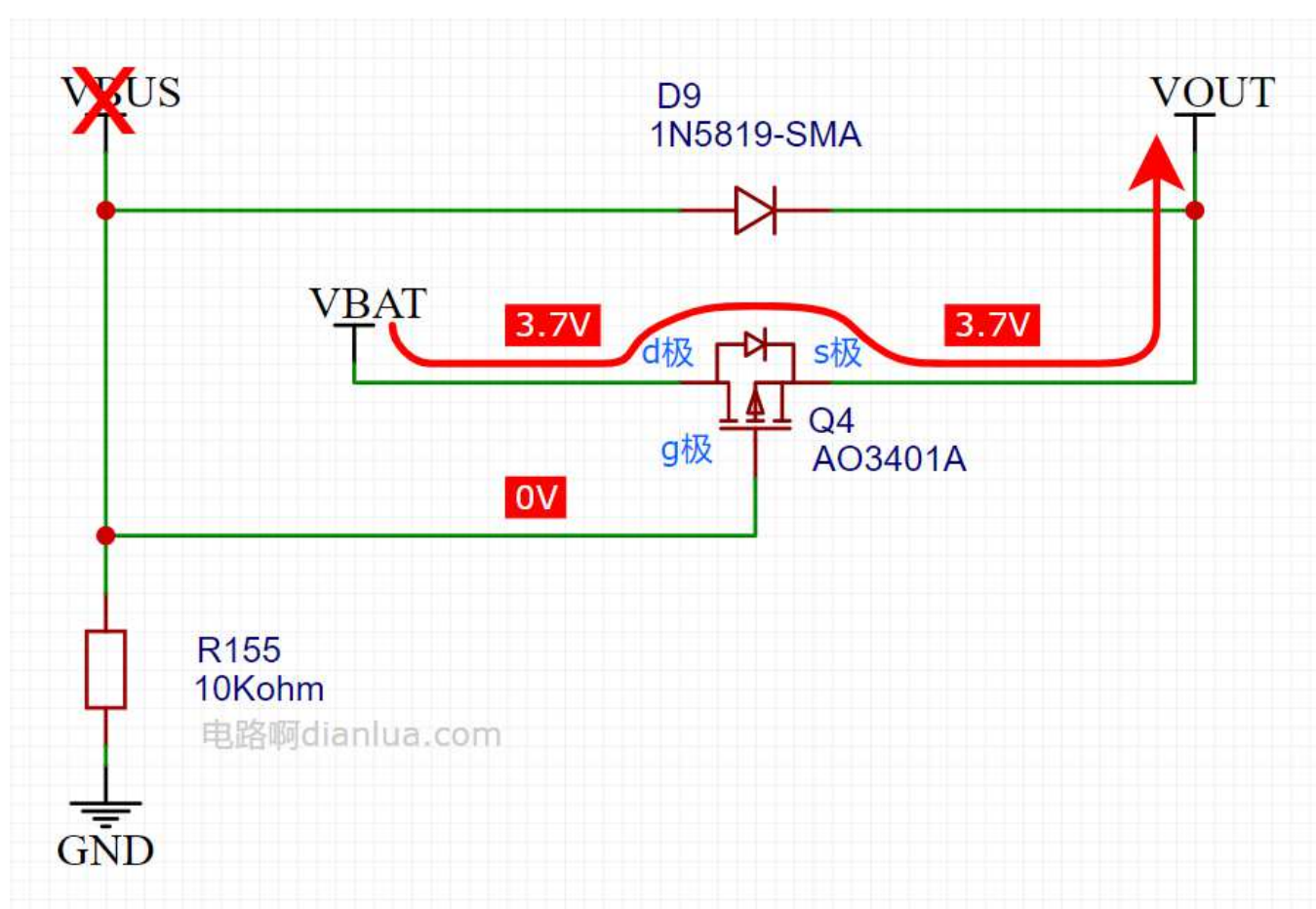


假设VBUS已经下降为1V，如下图。

则 $V_{gs} = 1V - 3V = -2V$ ，MOS管已经逐渐打开。



最终，VBUS会降到0V，MOS管也会完全打开，VOUT切换为用VBAT供电，VOUT电压变为3.7V：



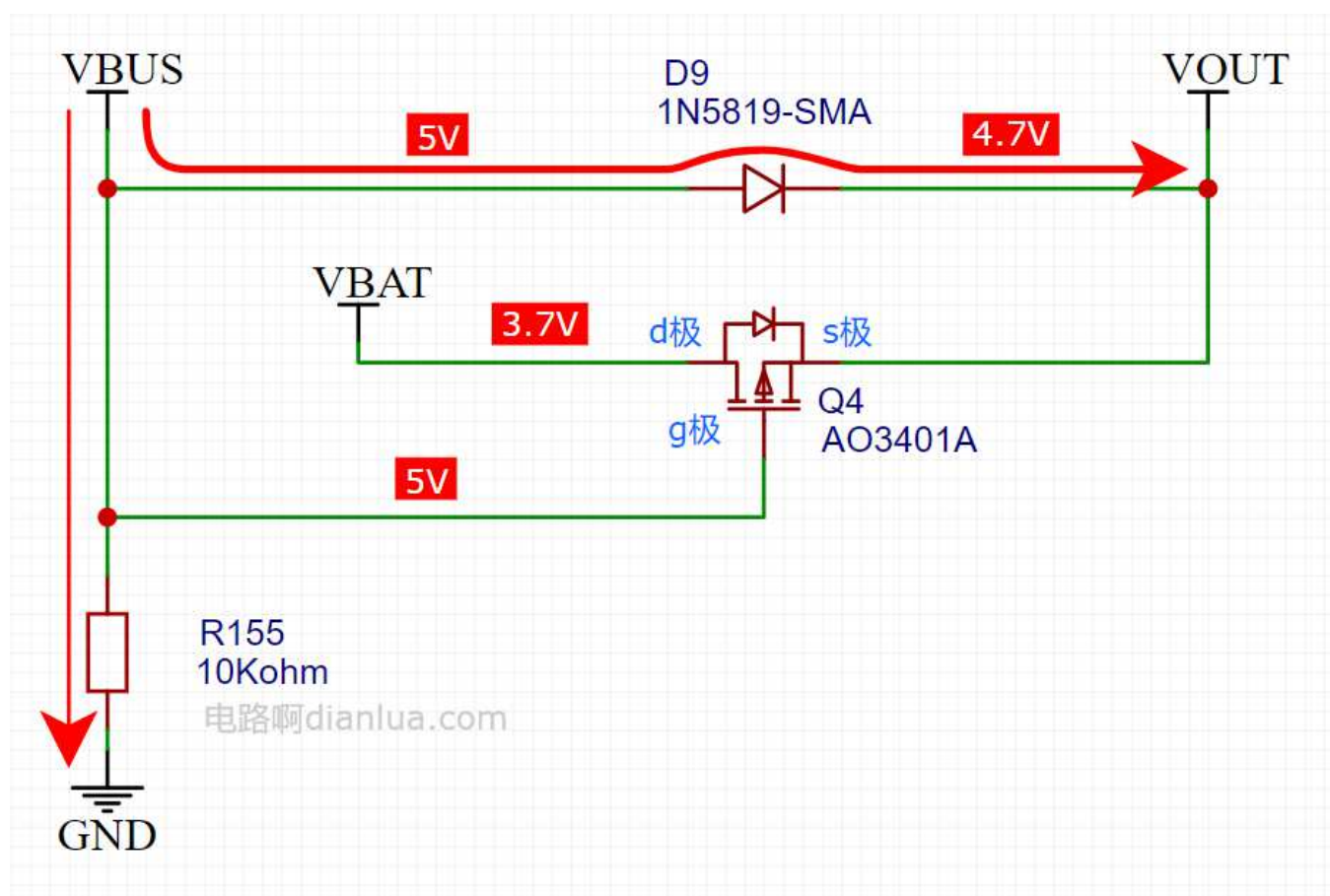
VBUS接的滤波电容会令其电压下降缓慢，如果发现VBUS的电压下降过慢，可以减小R155的阻值。但是这样会导致在插入USB电源时，流过R155的电流变大，增加了无谓的功耗。

所以R155的阻值不能过大也不能过小，需根据实际调试的效果来决定。

3、当重新插入USB电源时：

如下图，MOS管Q4的 $V_{gs} = 5V - 4.7V > 0$ ，MOS管不导通，并且其体二极管也是反向偏置。

VOUT切换为用VBUS供电，Vout电压变为4.7V。



三、性能提升

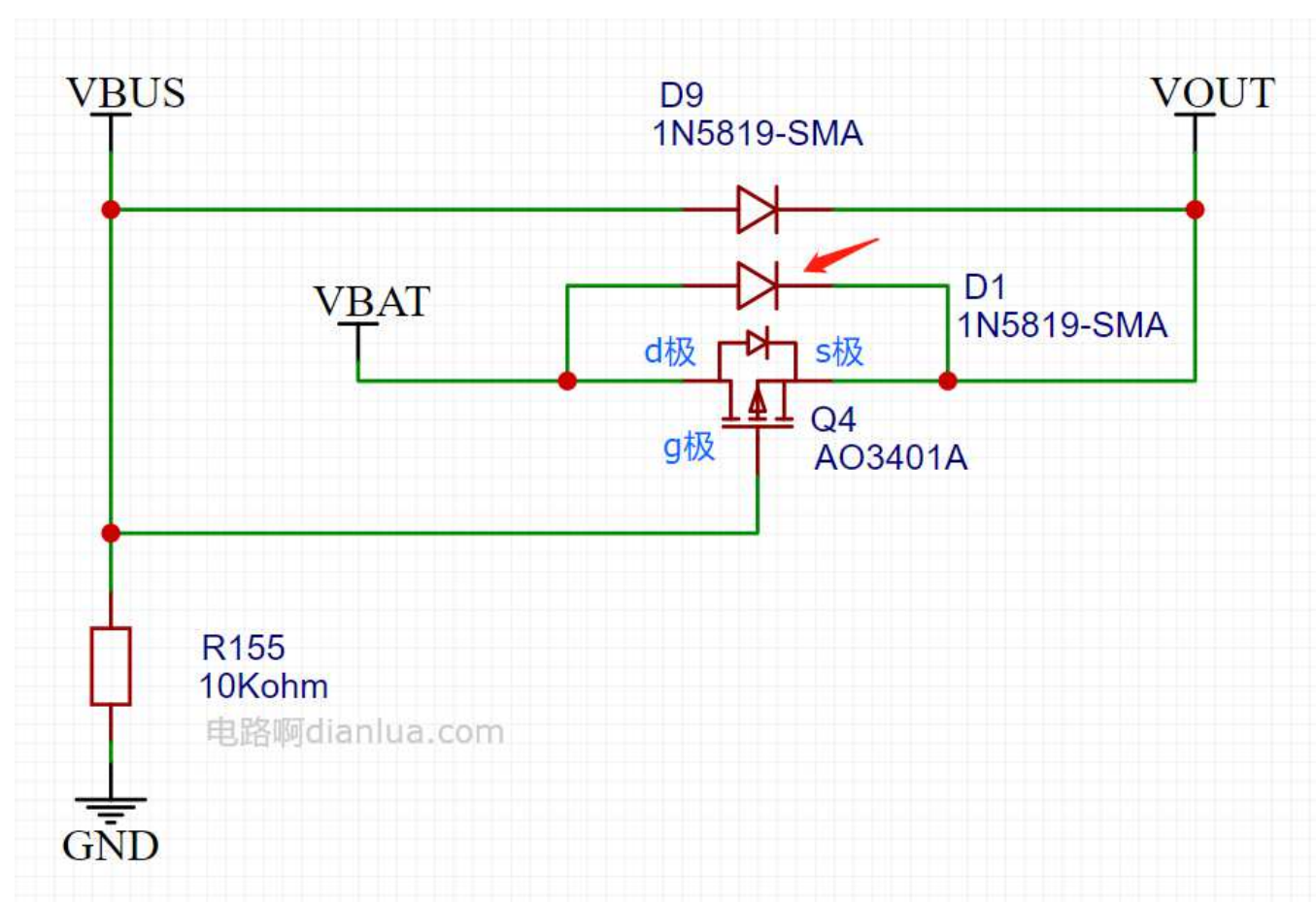
在拔掉USB电源的瞬间，有没有可能MOS管Q4来不及打开，导致VBAT的电压没有及时切过来？

是有可能的。

MOS管Q4没有快速打开，VBAT供电不能及时续上来，会导致VOUT电压下降过多，VOUT的负载电路就可能工作异常。如果电路的负载较重，拉取的电流较大，尤其容易出现在供电电源切换时VOUT电压下降过多的问题。

怎么办呢？

- 1、可以加快MOS管打开导通的速度。方法是减小VBUS的滤波电容的容值，减小电阻R155的阻值，这都是让VBUS快速掉电，从而让Vgs快点到达令MOS管完全打开的电压。
- 2、在VOUT增加滤波电容，但是效果不怎么明显。
- 3、**这是重点！**可以给MOS管并联一个肖特基二极管D1，如下图所示：

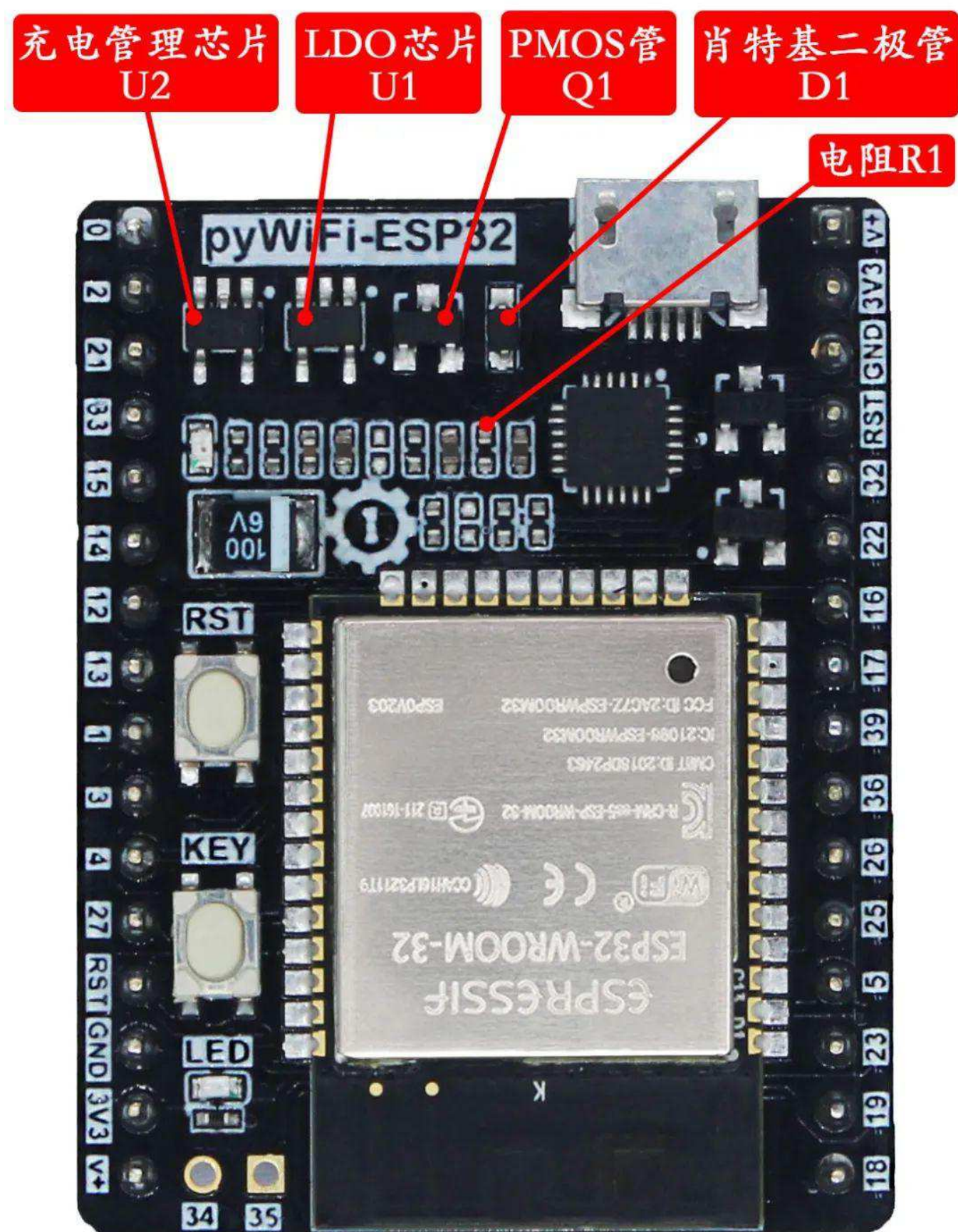


这个方法非常实用，该电路与方法已经被申请了实用新型专利。其实很多再普通不过的电路都被申请了实用新型专利，尽管这些电路被大众长期使用在先，具体就不展开了。

除了上述的电子书阅读器有应用之外，还有大量的产品使用了这个切换电路。

以其中的一款型号为“pyWiFi-ESP32”的开发板举例，其电源部分的电路图如下：





五、最后

本文应该是全网目前为止，讲这个电路讲得最“啰嗦”的一篇，不知会不会讲得太“干”了，不好消化。😅

欢迎点击左下角的“阅读原文”给我留言。

关于电路的学习，希望大家，enjoy!

---The end---

限时免费扫码进群，交流更多行业技术



推荐阅读 ▼

电池、电源

Read more

People who liked this content also liked

为什么负载电流增加时电源电压会下降？

工程师看海

