

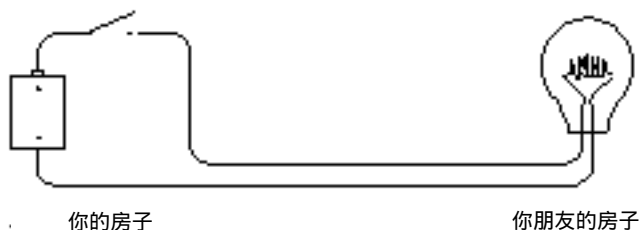
第5章 绕过拐弯的通信

你12岁了。一天，你最要好的朋友一家要搬到另一个镇上去了。此后，你经常和他在电话里聊天，但电话交谈与那些后半夜的手电筒摩尔斯电码会话完全不一回事。住在你隔壁的另一个好朋友最终成为你新的最要好的朋友。现在到了该教你的新朋友一些摩尔斯电码，让后半夜的手电筒重新亮起来的时候了。

问题是你的新朋友的卧室窗户与你的不是面对面的。房子是挨着的，卧室的窗户都朝着同一个方向。除非你想办法在室外支起一些镜子，否则手电筒现在是不能适用来在黑夜中通信的。

怎么办呢？

现在，你可能已经知道有关电的一些知识了，因此你决定用电池、灯泡、开关和导线来做自己的手电筒。最初的实验中，你在你的卧室里接好电池和开关。两条导线接出你的窗子，跨过篱笆，再接进你朋友的卧室，并在那里再连好灯泡：



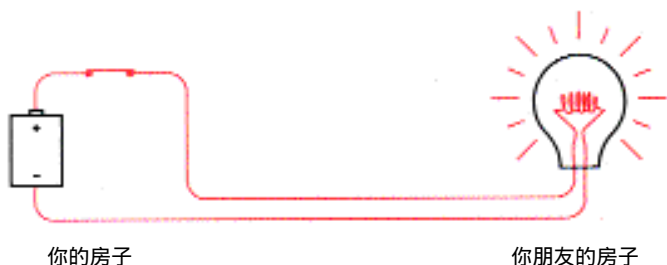
尽管图中只示意了一节电池，但实际上你可能得用两个。在下面和以后的图中，用下图表示断开的开关：



用下图表示闭合的开关：

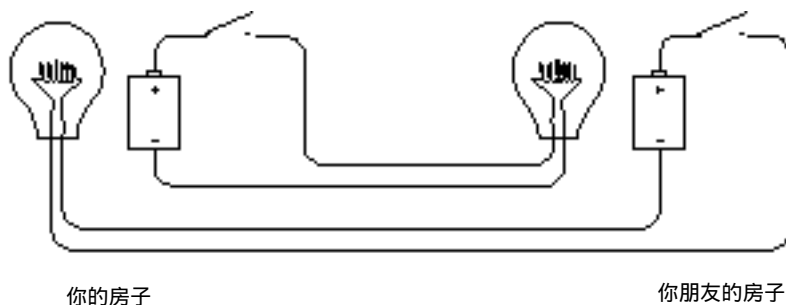


本章的手电筒与上一章中手电筒的工作原理是相同的，尽管本章的手电筒中连接组件的导线要长得多。当你闭合开关时，你朋友那边的灯泡就亮了：



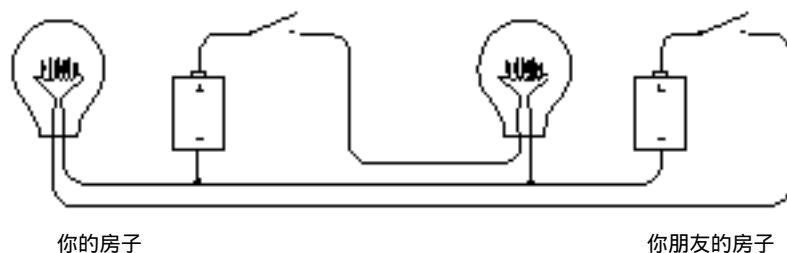
现在你可以用摩尔斯电码来发送消息了。

一旦有一个手电筒起作用，你可以做另一个远距离手电筒，好让你的朋友可以发送消息给你：



祝贺你！你已经装上了一个双向电报系统。你可能注意到这两个相似的电路彼此完全独立而没有联系。理论上，你可以给你的朋友发送消息而同时你的朋友也可以给你发送消息（尽管对于你的大脑而言，同时阅读和发送消息可能比较困难）。

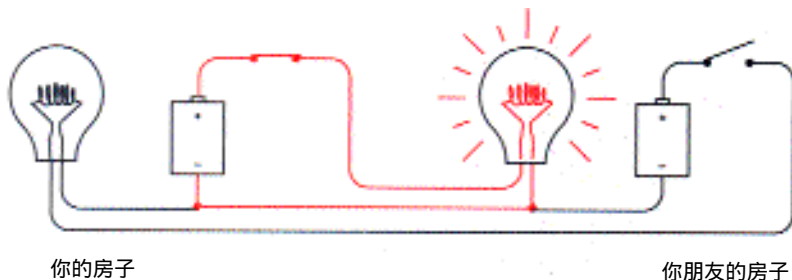
聪明的你发现如下改装电路能让你节省 25% 的导线：



注意，现在两个电池的负极接在一起了。两个回路（电池到开关到灯泡再到电池）仍是独立工作，尽管它们连在一起像连体双胞胎。

这种连接叫公用连接。在这个电路中，公用部分从左端灯泡和电池的接合点直到右端灯泡和电池的接合点。图中接合点用黑点标记出来了。

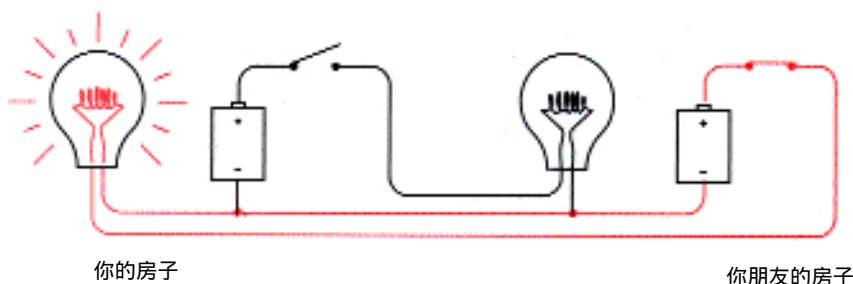
进一步分析一下。首先当你按下开关，你朋友那边的灯就亮了。图中浅色回路中有电流流过：



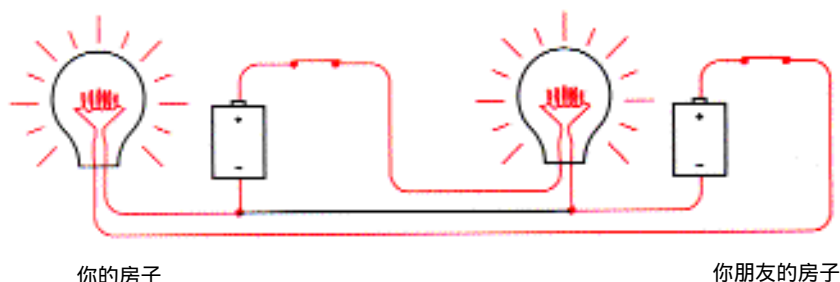
在电路的其余部分里没有电流流过，因为没有了可让电子通过的路。

当你不发消息而你的朋友发消息时，你朋友房间里的开关控制你房间里灯泡的亮灭。在

下图浅色回路中有电流流过：



当你和你的朋友想要同时发消息时，有时两个开关同时断开，有时一个断开一个闭合，有时两个同时闭合。在最后一种情况下，电路中电的流动如下图所示：



公用部分(两个接合点之间)没有电流流过。

通过公用部分把两个独立电路连接成一个电路，已经把两栋房子之间的四条导线减少到了三条，也即减少了25%的导线开支。

如果不得不接很长距离的线路，我们可能会想到再减少一根导线。但不幸的是对于 1.5伏的D号电池和小灯泡，这是不合适的。如果用的是 100伏的电池和大得多的灯泡时，那就有办法了。

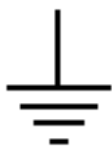
这是个窍门：如果你要搭建电路的公用部分，你不需要任何导线。你可以用另外某种东西取代它。你所用的取代物是一个直径大约为 7900英里，由金属、岩石、有机物等多为无生命的物质组成的巨大球体。它就是地球。

上一章描述的良好导体中有银、铜和金。事实上，地球不是一个很好的导体，尽管某些部分（如沼泽）的导电性能比其他部分（如干沙漠）要好得多。但我们知道导体越大越好，一根很粗的导线比一根很细的导线要强得多。这是地球的优势，它的确非常非常大。

要用地球做导体，并不是把一根小细线插到马铃薯旁边的地里就可以了。你还必须使用某种东西以维持和地球的真正接触，这也就是需要一个大面积的导体。一个很好的解决办法是用一根至少8英尺长，1/2英寸粗的粗铜柱，它能提供与地面 150平方英寸的接触。你可以用一个大锤子把它砸进地下，然后再接一根导线。如果你家的水管是铜质的，且从房子外的地下接进来的话，那么你只要把一根导线与水管相连就可以了。

与地球的电性连接（也就是我们常说的接地）在英国叫 earth,在美国叫 ground。用 ground 可能会引起一点点儿误会，因为它也经常用来指电路的公用部分。本章除非特别声明，否则 ground 都指与地球的物理连接。

画电路图时常下面这个符号表示接地：



电气工程师们使用这个符号是由于他们不喜欢费时间画一个埋在地下的 8 英尺长的铜柱。让我们来看看它是怎么工作的。从分析单回路开始：



如果你使用的是高压电池和大灯泡，你只需要在你和你朋友的房子之间接一根导线，因为你可以用大地来做导体：



当你断开开关，电子的流动如下图所示：



电子从你朋友房子的地下出发，通过灯泡、导线和你房间里的开关，然后进入电池的正极。电子由电池的负极进入地下的。

也许你还真的很想看到电子从埋在你家后院的 8 英尺长的铜柱进入地下，飞速地通过大地到达埋在你朋友家后院的铜柱。

但是当你考虑到地球在为世界上数以千计的电路完成此功能时，你也许会问：这些电子怎么知道该到哪儿去呢？显然它们不知道。这里要用地球的一个特殊性质来解释。

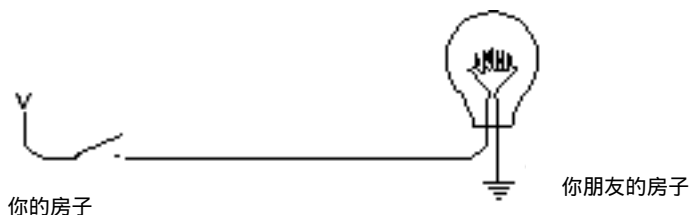
是的，地球是一个巨大的导体，但它同时也是电子的来源和仓库。地球对于电子而言就好像大海对于水滴而言。地球的确是电子无尽的源头，也是电子巨大的存储池。

但是地球也有电阻，这就是为什么如果用 1.5 伏的 D 号电池和手电筒灯泡就不能用接地来减少电路开支的原因。地球对于低电压电池而言电阻实在太大了。

你可能注意到上面两张画了电池的图中，电池的负极接地了：



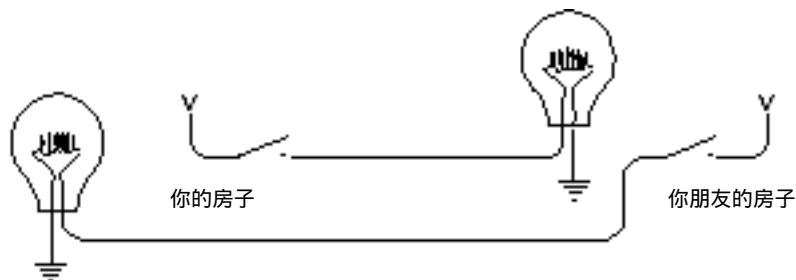
以后将不再画接地的电池，而用代表电压的字母 V 来代替它。单回路灯泡电报机现在如下图所示：



V 代表电压，但它也可以表示吸取器。把 V 看成电子吸取器，把大地看成电子的海洋，电子吸取器从地下吸取电子，放入回路，使之工作（比如点亮灯泡）。接地有时也被看成零电势，意味着没有电压存在。电压——像早先解释的——是一种电势能，就像悬浮的砖块具有势能一样。零电势就好像摆在地上的砖块——它不能再往什么地方掉下去了。

在第4章中，我们注意到的一件首要的事情是电路是一个回路。新电路看起来一点儿都不像回路，但它仍然是回路。你可以用负极接地的电池代替 V，然后用一根线把所有有接地符号的地方连起来，你将得到与本章开始时一样的电路图。

因此，通过一对铜柱（或是自来水管）的帮助，可以只用两根跨越你和你朋友房子之间篱笆的导线就建立起了双向摩尔斯电码系统：



这个电路与先前的三线配置电路功能相同。

本章已经迈出了通信改革中的关键性一步。最初，我们只能通过直线视觉和在手电筒的可见范围内进行摩尔斯电码通信。

使用电线，不仅突破了直线视觉的限制，而且通过建立系统来绕过拐弯进行通信，我们还摆脱了距离的限制。只要搭造更长更长的线路，就可以越过成百上千英里进行通信。

对了，这还不太准确。尽管铜是电学上很好的导体，但它不是最完美的。导线越长，电

阻越大；电阻越大，电流越小；电流越小，灯泡越暗。

那么导线可以造多长呢？因情况而定。假设你正在使用原来四根线的双向电路，无接地和公用，并且还用手电筒和灯泡。为了节省开支，你先从电器行买了一些 20号规格的电话线，每100英尺\$ 9.99。电话线是用来连接你的扩音器和立体声系统的。它有两根导线，因此它是电报系统的上佳选择。如果你的卧室与你朋友的卧室不到 50英尺远，只用一捆电话线就够了。

美国的导线粗细规格为 AWG。AWG数越小，导线越粗，电阻越小。你所买的 20号规格电话线直径大约 0.032英寸，每 1000英尺大约 10欧姆电阻，这样对于卧室之间 100英尺长的回路电阻为 1欧姆。

这并不坏，但如果要连上英里的线呢？线的总电阻将达到 100欧姆以上。回想一下上一章中，灯泡电阻仅为 4欧姆。利用欧姆定律，可以很容易地计算出电路中的电流不再是以前的 0.75安（3伏除以4欧），而是比 0.03安还小（3伏除以100欧以上）。几乎可以肯定，电流的大小不够点亮灯泡。

使用粗线是一个很好的解决方法，但价格太昂贵。10号规格线（电器行的汽车电路耦合线价格为每35英尺\$ 11.99，而且你需要双倍长度因为它只有单线）大约 0.1英寸粗，1000英尺为 1欧姆，即 1英里 5欧姆。

另一个解决办法是增加电压，使用大电阻灯泡。比如使用 120伏电压的 100瓦家用照明灯泡的电阻为 144欧姆。电线的电阻对于整个电路电流的影响将大大减小。

接下来的是 150年前，人们在美洲和欧洲之间搭建第一个电报系统时所面临的问题。不管电线多粗，电压多高，电报线还是不能无限延长。根据计划，工作系统的极限为 200英里。这与纽约和加利福尼亚间的上千英里距离相差太多。

这个问题的答案——不是为手电筒，而是为过去的嘀嗒电报——虽说是一个简单易行的设备，但是通过它，整个计算机得以构造。