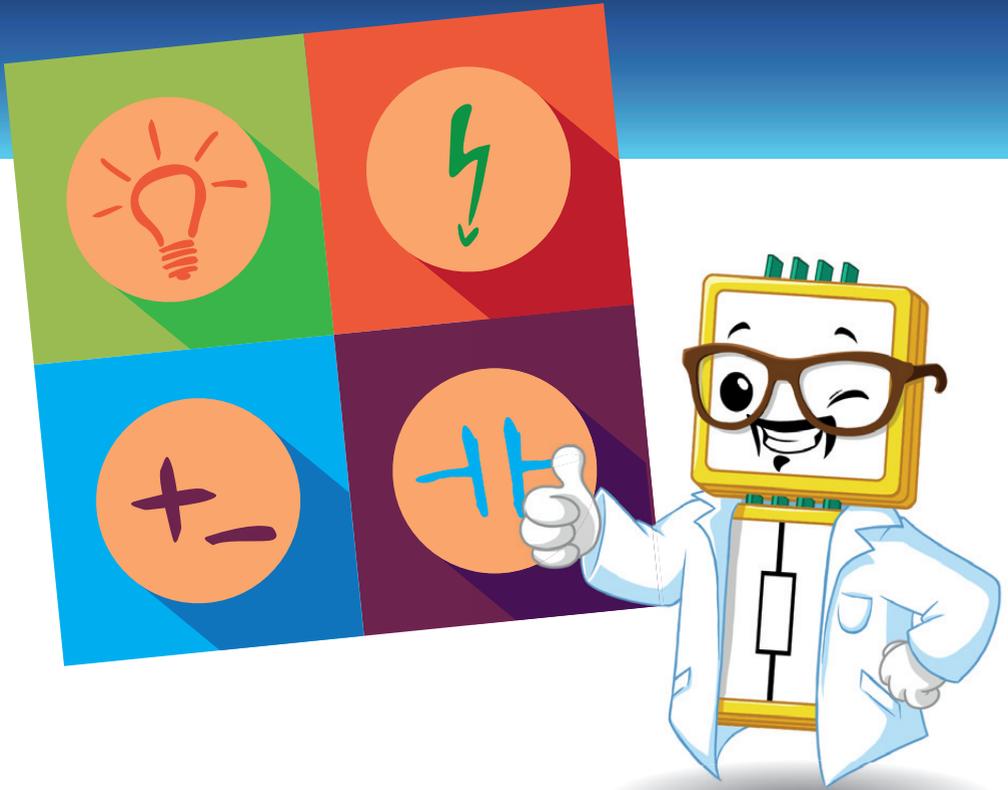




Basic Set

# 基础知识



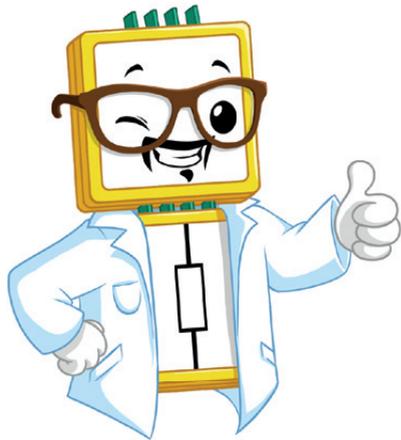
*The best way to learn !*



告制作者

本手册仅仅是开始！请登录 [www.brickrknowledge.de](http://www.brickrknowledge.de) 加入我们的开放源社区。在这里，你可以发布你的电路以及技巧和窍门。我们将发布最新视频、电路、brick以及其他更多东西。

制作者一代的未来掌握在你手中！



1.	安全信息	4
2.	介绍	5
3.	元件介绍	6
4.	Brick	7
4.1	电源电路简介	10
4.2	LED 亮起	11
4.3	开放电路	12
4.4	地与连接	13
4.5	用地-brick化简电路	15
4.6	两个LED并联电路	16
4.7	测量	17
4.8	两个LED串联电路	18
4.9	电阻器	19
4.10	增大电阻器的电阻值	20
4.11	电路中的串联电阻器	21
4.12	电路中的并联电阻器	22
4.13	电位器	23
4.14	用作分压器的电位器	24
4.15	扩大电阻器的范围（下半部分）	25
4.16	扩大电阻器的范围（上半部分）	26
4.17	阈值	27
5.	LDR – 光敏电阻器	28
5.1	LDR – 在黑暗中亮起	29
5.2	LDR – 在黑暗中亮起 - 灵敏性	30
6.	用来存储电荷的电容器	31
6.1	大容量电容器	32
6.2	电容器 - 如同一只小充电电池	33
6.3	电容器充电和放电过程	34
6.4	永久的电容器	35
7.	用作放大器的晶体管	36
7.1	用作开关的晶体管	37
7.2	LDR和晶体管	38
7.3	LDR和晶体管 – 夜灯	39
7.4	LDR和晶体管 – 可调夜灯	40
7.5	集电极电路中的晶体管	41
8.	结语	42

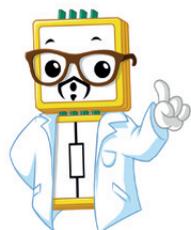
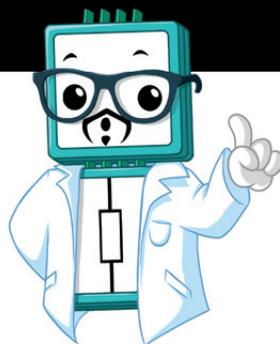
## 1. 安全信息

**注意：**切勿直接将Brick连接到230V电源，否则会引起严重伤害！  
仅使用9V电池-brick作为电源。在1安培电流下，电压为9V对生命无危险。

确保电线未接触电源插座，否则可能引起电击或其他健康风险。

切勿直视LED，否则有引起眼角膜损伤的危险。

本模块含有两个LED-brick，分别为绿色和黄色，每个功耗为2mA。切勿将极化铝电容正极直接与电源-brick的负极相连。否则会损坏brick并引起爆炸危险。



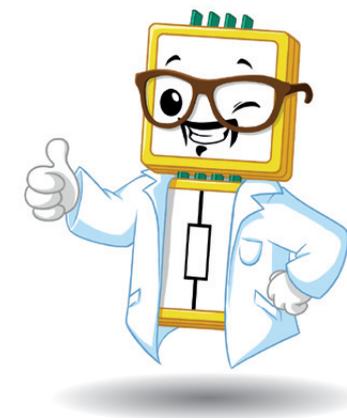
将极化铝电容集成到电路中之前，始终进行检查极性。



## 2. 介绍

Brick'R'knowledge 在2014年德国弗里德里希斯哈芬制造者世界首次亮相。

我们电子装置的特别之处在于所有brick均采用通用连接，所以即使复杂电路也很容易理解。brick甚至可按不同的角度连接。返回零电压有两种连接器可供使用。这样可创造出紧凑型电路。



欲了解所有brick和实例电路信息以及直接订购选项，请登录：

[www.brickrknowledge.com](http://www.brickrknowledge.com)

### 3. 元件介绍

要了解brick的功能，首先需要说明电学理论的三个基本概念。

电压（单位：伏特“V”，符号“U”）：电压描述的是迫使电荷进行定向移动的电场强度。

以生于1745年，去世于1827年的著名意大利物理学先驱亚历山德罗·伏特的名字命名。

电流（单位：安培“A”，符号“I”）：描述单位时间内通过导线某一横截面的电荷量。以生于1775年，逝世于1836年的著名法国物理学家和数学家安德烈·玛丽·安培名字命名。

电荷或电量（单位：库仑“C”，符号“Q”）：是基本物理单位。如果电荷通过一个导体，则形成电流。电荷的单位以生于1736年，去世于1806年的法国著名物理学家夏尔·奥古斯特·德·库仑的名字命名。

电阻（单位 $\Omega$ （欧姆），符号“R”）是电子学中最简单且使用最为频繁的元件。电阻在串联电路中限制电流流动，在并联电路中分流。如果电路中包含电阻，则电阻的电流取决于其上电压，电阻值恰好等于电压与电流之比。格奥尔格·欧姆是德国著名物理学家，生于1787年，去世于1854年。

另一种电阻是光电晶体管。其阻值可变。如果用光照射光电晶体管，则其电阻很低。无光照时，电阻值升高。光电晶体管是一种半导体元件，仅在特定条件下才可使电流通过。其属性基于光电效应，阿尔伯特·爱因斯坦因其光电效应理论而获得1921年诺贝尔物理学奖。光电效应现象早在1887年被其他研究者发现。

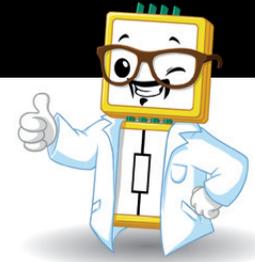
二极管是另一种半导体元件，仅在特定条件下才允许电流通过。二极管上施加的电压的极性必须正确。二极管必须按照技术规定的方向连接。

我们基本模块中包含一种特殊二极管，即LED。半导体的这一特性在技术中经常使用。这种现象于1874年被发现，自1925年起，半导体的特性被应用于工业。

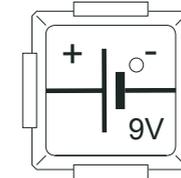
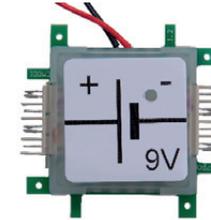
电容器是一种以电荷形式储存电能的特殊电子元件。电容器可充入电能，因此，其特性以电容“C”表示。电容的单位为法拉第，以英国著名物理学家法拉第的名字命名。迈克尔·法拉第生于1791年，去世于1867年。尽管人们常用两块相对而立的金属板来描述电容，但电容的形状还可以是圆柱形。人们分别于1745年和1746年对电容的特性做了证明。亚历山德罗·伏特也研究过以电荷和电压形式储存电能的电容，对电容器发展到当今如此重要的程度产生巨大影响。

晶体管是一种半导体元件，在已知条件下实际上不传导电流。晶体管必须正确地组装的电路中才能像二极管那样在特定条件下导通电流。晶体管主动干预电路的管理过程。晶体管以两个接口中电流来控制第三极的电流流动。晶体管原理发现于1925年，1948年后得名，1960年代后开始大规模应用。一台现代家用电脑处理器内置了约19亿只晶体管。

### 4. The Brick

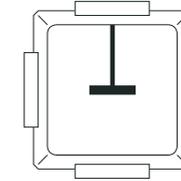
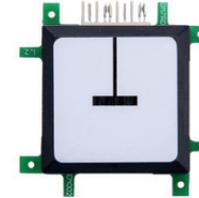


电池/电源



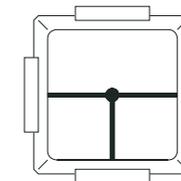
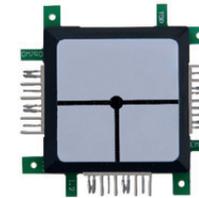
电池-brick给电路提供电能。该器件配有一个交流适配器。电源电压为9伏特（9V）。请在电路其他部分连接完成后连接电池-brick，否则有短路风险。

地（3个）



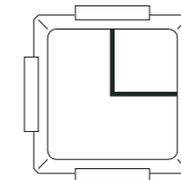
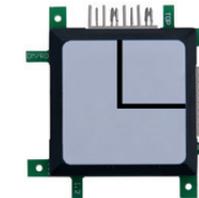
这是一个非常重要的元件，在复杂电路中发挥着使电路闭合的作用。如果没有它，将难以构建复杂电路。该brick的两个中间插接脚与外面的插接脚相连。外面的插接脚专用于使电路形成闭合。电子学中，地是指比较电压为0V（零伏特）。

T形弯角（3个）  
弯角（2个）



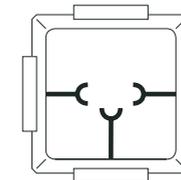
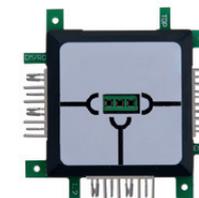
该器件提供更多转向的插接。通过外面的插接脚接地。

弯角（2个）

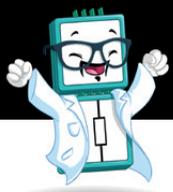


该弯角器件可使两个brick以90°的角度插接。

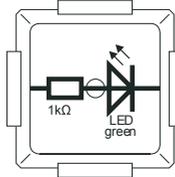
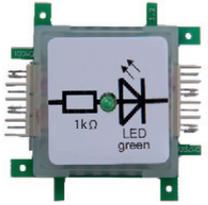
Contact



有三个方向的触点，适用于额外组件的方便快速安装。基本模块内不包含该器件。

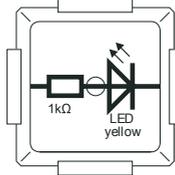
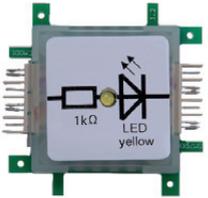


LED, 绿色2mA

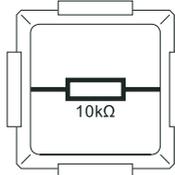
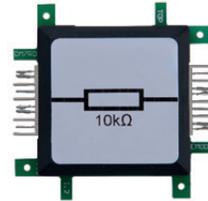


我们的基本模块含有黄色和绿色LED-brick。只有当电流流过发光二极管时,才可看见其颜色。电流必须至少为2 mA。1千欧电阻器用于保护LED,使其免遭9V电压的损坏。在没有电阻的情况下,该LED的工作电压为1,6~2,5V。正确的极性连接很重要,否则LED将不能亮起。LED模块上的箭头必须与电路方向一致,即从正(+)到负(-)。

LED 黄色

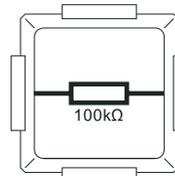
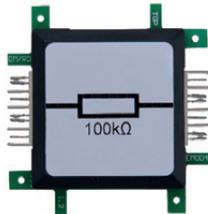


电阻, 10千欧



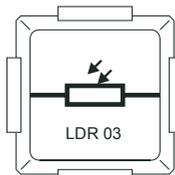
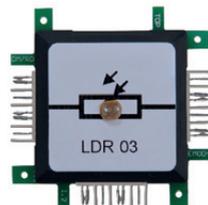
该brick是一个电阻值为10.000欧姆(10千欧)的电阻器。电阻器在电路中用来调节电流和电压。电阻值越高,导电性越差。电阻是相应电压下对电流的测量。1欧姆相当于1伏特电压下1安培电流。10千欧相当于1伏特电压下0,0001A(100μA)电流。

电阻, 100千欧

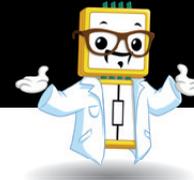


该brick是一个阻值为100.000欧姆即100千欧的电阻器。这一阻值相当于1伏特下10微安(10μA)的电流。

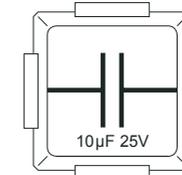
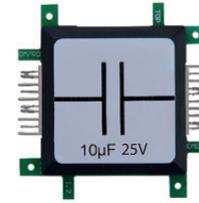
LDR 03



LDR是一种光敏电阻,电流受照射在光敏电阻上的光线的影响。在有光照的情况下其电阻为100欧姆。无光照时电阻变为数千欧姆。电阻值是连续流畅变化的。

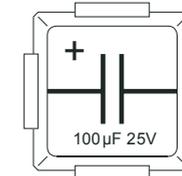


电容器, 10μF



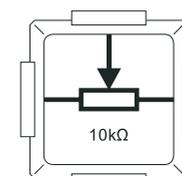
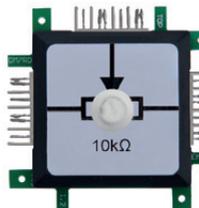
我们的模块中包含一种容量为10微法(10uF)的电容器。它能迅速储存和释放电能,如同橡皮筋储存和释放机械能那样。1法拉是指用1安培电流充电一秒钟时间,电压达到1伏特。电容器的容量通常很小。电压不得超过25V!

电容器, 100μF



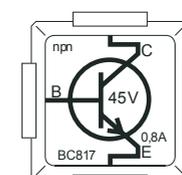
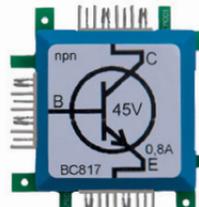
我们的模块中还包含一种100uF的电解电容器,其最高工作电压为25V。电容器从brick中突出。这种钽电容器只能直接或间接与9V电源的阳极接口(+)相连。钽是一种化学元素,用作电容器的阳极,增大电容的功率。

电位器, 10千欧



电位器是一种手动可调电阻器。这里改变的是滑触块至电阻端子的长度,以此改变电阻值。电阻值可调范围为0~10千欧。绝对不要将滑触块与电源-brick直接连接,因为这可能造成短路

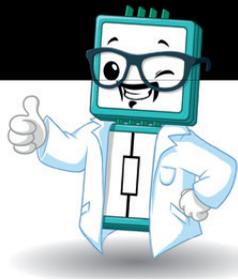
晶体管



在未接入电阻的情况下在端子B(基极)、与E(发射极)或C(集电极)之间直接施加电压,会损坏晶体管。晶体管是依靠基极电流来操作的电子开关,不同与手动操作的照明开关。用基极电流的通断来控制集电极和发射极之间电流的通断。为了防止晶体管被损坏,开关电流(C到E)不得超过0.8安培。

## 4.1. 电源电路简介

3.2项的例子中，将用“工人”这个词来描述电流的流动。以下信息将更详细地说明电路和这些“工人”。将使用“工人”来代表可在金属中自由移动的电子。这点非常重要，因为是电子将电压电源所提供的能量带到其工作之处。



从正极（阳极）到负极（阴极）被规定为技术方向。这就是所说的电流方向。尽管已被描述为最小的不可分割体结构，但原子仍未广为人知。如今我们知道实际电流的流动方向相反，电流从负极流向正极。但是这种情况也不是不太糟糕，因为电流流动的原理仍然是正确的。

英语中的阴极和阳极（Cathode和Anode）这两个词均源于希腊单词，意思是“上升的”和“下降的”。230年前，科学家基于观察得出这样的结论：电荷载流子直接移动到一个电极并从另一个电极排出。这种移动的目标电极被称为阳极，从其中出发的电极被称为阴极。由于我们的“工人”均带有负电荷，因此他们从阴极向阳极移动。电流在金属中实际方向与技术方向相反，是从阴极到阳极。现在我们来介绍电路。第一个规则是：电路必须总是闭合的。这样工人才可定向移动。在自然科学，特别是物理学中有因果原理。因此事件只有在有原因的情况下才会发生。此外，原因和结果关系是通过中介相互联系的。

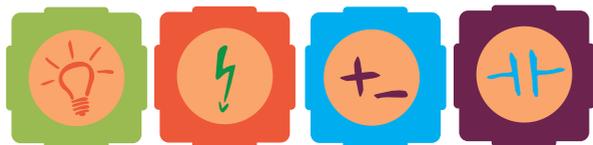
确切顺序如下：第一是原因，其次是中介，最后是结果。

就电路而言，这意味着电压源的电压是原因，我们的“工人”是中介，能量转换，如LED发光是结果。如果电路断开，我们的“工人”，电流就无法到达其工作之处。我们还想通过下面例子来对电压做以解释：用左手和右手相向将一条橡皮筋拉长时，左右手之间离得越远，橡皮筋的反弹力越大。

张紧状态下的橡皮筋想要重新恢复到松弛状态。我们电压电源中“工人”被带离家园，处于一种极力想返回家园的状态。将“工人”与其家园分开所用的力气越大，则其返回家园欲望越强烈，这被称为电荷分离。

可以将作用在橡皮筋两端的力比作电位差，电位差反过来形成电压。“工人”在闭合电路中被转化为已放电状态。在本例中，他们将能量释放给“LED”。我们的“工人”极为勤奋，对于将他带离家园毫无怨言。我们的工人其实是电子，是一种非常小而且没有意识的微粒，我们要他们做什么，他们就做什么，只要我们不断开电路而且电路也没有短路。

基本模块 - Brick'R'knowledge 伴你共度快乐时光！



## 4.2 LED亮起

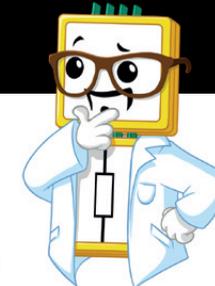
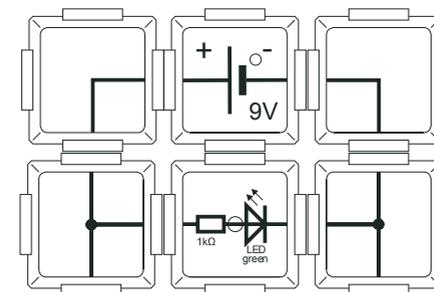
这是首个电路结构，由两个元件组成：电源-brick和带有导通电阻的LED-brick（此外还有：两个弯角和两个T形brick）。电源-brick上标有一条长细线（+）和一条短粗线（-），还标有“9V”字样。电压电源具有极性，也就是说，负极（短粗线）将“工人”送到所连接的brick。完成其工作后，“工人”被送至正极。

“9V”字样表示电压大小。“V”（伏特）为电压，也是我们电压电源的特征。因此，该电压电源用9伏特电压将我们的“工人”送上路。我们的“工人”是电子，他形成了电阻（R）、电压（V）和电流（A）的函数。

LED是我们的“工人”进行其工作，即发光的地方。LED表示发光二极管。注：并非所有光源都是二极管，并非每一只二极管都是光源。

这就是说，当电压源的正极与LED箭头所示箭尾相连接时，我们的“工人”可进行他们的工作。如果箭头前端与电压源正极相连，则我们的“工人”会被阻止前往工作地点，正因为这样，箭头尖端才有了一条实线。LED上的附加电阻器限制工人的数量，因为如果工人人数过多，会在很短时间内损坏LED。这个电阻器又叫做串联电阻器。

组建实验装置时，请注意：我们的“工人”在塑料、陶瓷、玻璃和空气等材料中难以移动，但在铁、铜或金等金属中很容易移动。为了将“工人”带到他们工作的地方，并在完成工作后将他们送回来，必须将电路闭合。我们的电源-brick既是“工人”前往工地的出发点，同时还是完成工作后的返回的终点。组装所谓的电路需要使用两个弯角-brick和两个T形brick。连接brick时，务必以安全的方式进行连接器的插接。在以下各节中，我们将用“电流”这个词来代替“工人”这个词，因为一般而言，后一个词能更好地描述“工人”的行为。



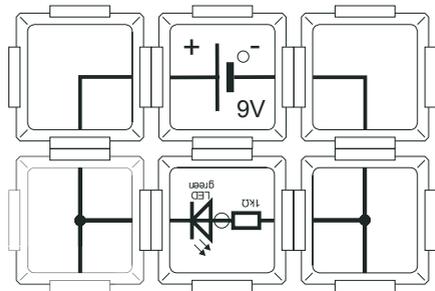
## 4.3 开放电路

试验装置: 电源-brick、绿色 LED-brick、2个弯角-brick、2个T形brick

第二个电路结构由两个元件组成: 电源-brick和带有导通电阻的LED-brick (此外还有: 两个弯角brick和两个T形brick)。

本实验中将LED反向组装到电路中, LED将不会亮起。理解LED的功能非常重要。只有将LED正向组装到电路中, 他才会发光。LED的电路符号是一个大箭头。箭头必须从正电位 (+) 指向负电位 (-) 才能使电流通过, LED才会亮起。箭头的根部叫做正极, 箭头顶端叫做负极, 箭头顶端的实线表示当电压电源的正电位实施到实线端时, 电流无法正常流过。

本例中, LED的作用与其他二极管一样。可将LED比作一扇只能从一个方向打开而且只能从打开方向通过的门。



LED不发光!!!



## 4.4 地及连接

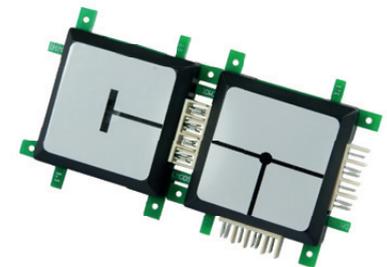
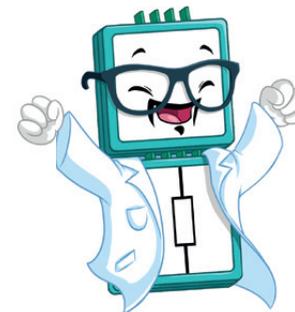
地-brick是我们基本模块中必不可少的组件。地-brick可减少电路中连接件的数量。这是我们四极连接器的秘密。中间的两个插接脚, 如标记所示, 供信息传输使用。我们的地-brick提供0V连接。在我们的电路中, 有9伏特和0伏特。你可以简单地说“9伏特”。电子电路就是以这种方式制作的。我们的地-brick中, 两个中间插接脚与外面两个插接脚相连。这不会引起短路, 因为电流流经brick内的组件。



连接brick时, 必须保证插接脚对接正确, 否则会造成损坏甚至短路!



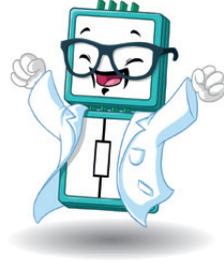
Frühere Bausteine hatten noch keine Führung. Daher konnten sie leichter voneinander versetzt werden, sodass sie keinen Kontakt mehr hatten. Die neuen Bausteine haben eine Führung bekommen, die es leichter macht den Kontakt herzustellen.



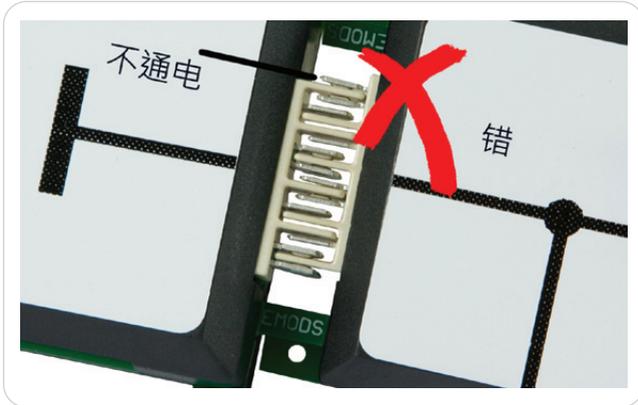
## 4.5 用地-brick简化电路

以下举例中，插接是正确的。连接点由小插接脚组成，插接脚以机械和电气方式的粘结。为保证插接脚之间的绝缘性并防止短路，接插脚之间放置着不传导电流的塑料桥。

组装模块时，必须保证插接脚连接正确，否则会造成损坏甚至引起短路！



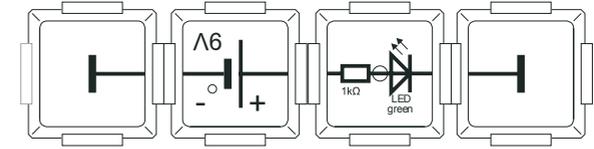
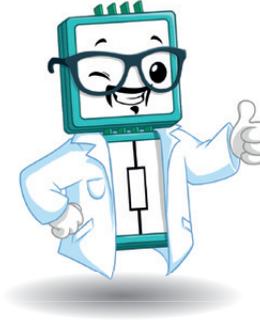
可以看出下图中的连接存在问题。插接脚触点处存在距离，不能保证电流的安全流动。电路仍然是“开放电路”或不稳定，而且不能工作。



检查插脚插接是否正确极为重要，如果接插脚之间的距离过大，则有短路的可能。短路时，电流不按照预期方向流动，而是寻找最短路径返回电源。短路形成最大电流，因为电流需要克服的阻力只是电压源的内阻。内阻显然很小，正因为如此，短路电流可引起过度发热，从而引发火灾！

**重要提示:** 检查插接点的位置是否正确 !!!!

实验装置: 电源-brick、带绿色LED的LED-brick、两个地-brick

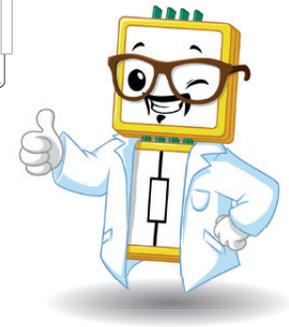
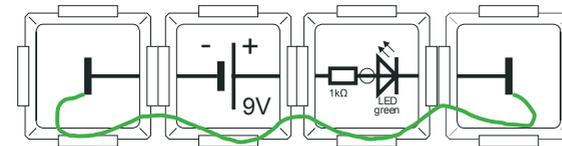


地-brick使实验装置更为简洁，因为一个电路只需要4个brick而不是6个。即使左端和右端的Mass brick看上去不起作用，但电路仍是闭合的。地-brick确保两端的连接。

这是通过连结点处的外部连接来实现的。每名专家都认识接地符号的平端，并且知道通过平端实现电流返回和电路闭合。

在专业应用中使用地-brick节省时间并能更好地概览复杂电路。

接地的方向：

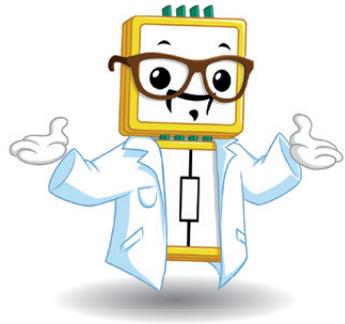
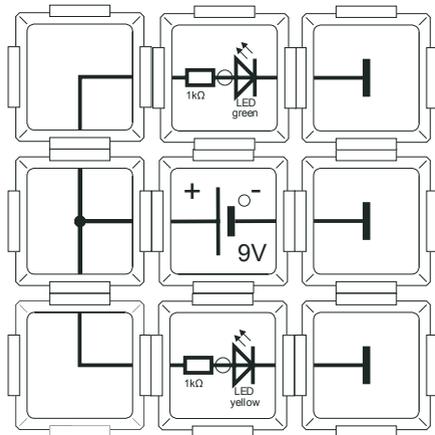


## 4.6 两个LED并联电路

实验装置: 电源-brick、绿色LED-brick、黄色LED-brick、三个地-brick、2个弯角-brick、T形brick

我们的基本装置包含两个LED-brick，一个为绿色，另一个为黄色。他们可在电路中同时使用。两个LED-brick只有正确连接时，即阳极与电压电源正电位相连时才能发光。从正极到负极，当电流有两条或多条可选路径时，就出现了并联电路。本例中，两只LED同时亮起，因为电流从不同的方向流过两个LED-brick。

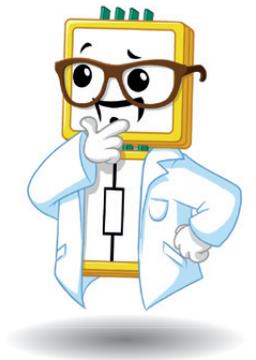
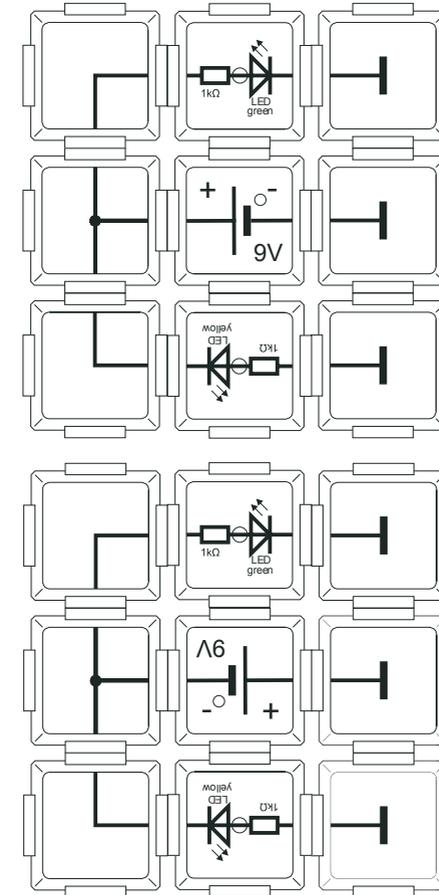
我们的两个LED-brick每个都带有一个1kΩ的电阻器，因为绿色和黄色LED的工作大致电压相同，为1.6~2.5伏特。LED颜色不同，工作电压也不同，所以需要不同的电阻器。例如，红色和蓝色LED不同时亮起，因为他们的电阻不同。由于红色LED比蓝色LED的工作电压低，所以前者应首先亮起，并且在蓝色LED亮起时红色LED应变暗。并联电路中电源电压必须持续上升。LED具有相对较小的工作电压，所以如果不串联电阻就很难使用。如果LED错误地不串联电阻而工作，则通常会被击穿。



## 4.7 标杆测量

实验装置: 电源-brick、绿色LED-brick、黄色LED-brick、三个地-brick、2个弯角-brick、T形brick

将两只LED反向切换后，可测定所用电池的极性。两只LED中总是仅有一只亮起，无论使用了多少个电池模块。



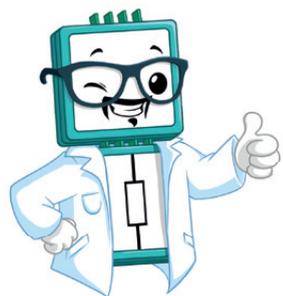
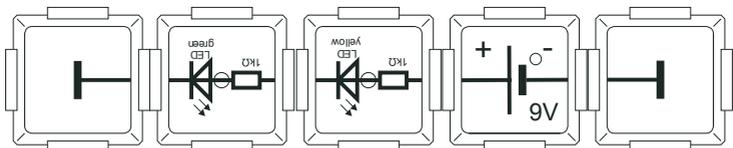
## 4.8 两只LED串联电路

实验装置: 电源-brick、绿色LED-brick、黄色 LED-brick、两个地-brick

现在让我们按照基本电路实例来构建一个串联电路。要实现电流流过两个或多个电子器件，除了并联电路，将多个电子器件串接是实现此目的的第二种方法。这种电路称为串联电路。本例中，我们的LED器件以头尾相接的方式布置在电路中的。电压电源的负极与黄色发光二极管的正极相连。

黄色发光二极管指示导通的绿色发光二极管负极到正极的电流。从电压电源正极流出的电流被迫流过这两个brick，然后到达电压电源的负极。

电路中两只LED-brick的电阻合计在一起，电流减小了二分之一。这从发光二极管的亮度上可看出，发光二极管的亮度低于并联电路中的。



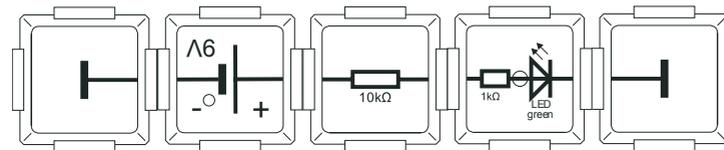
## 4.9 电阻器

实验装置: 电源-brick、绿色LED-brick、黄色LED-brick、两个地-brick、电阻器-brick (10KΩ)

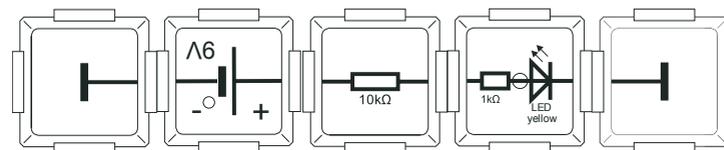
电阻降低电流。这一特性对电路而言是不可或缺的。人们利用电阻来控制电流或调节电压。所以说电阻并不像其名称提示的那样不好，而是电子元件所需要的具有的属性。绝缘体和超导体是电阻极端的例子。绝缘体理想情况下电阻无穷大，而超导体没有电阻。电阻的计量单位为欧姆 ( $\Omega$ )。如果电路没有电阻，电流将无穷大，这是不可能的。

每一个电路，即使在短路情况下也必须克服内阻。将电流比做管道中流动的水，如果管道某处直径变小，那么显而易见水流量也会变小。如果在同一时间内要得到与此前相同的流量，则必须增加进水侧的水压。水压就相当于电压，水流相当于电流，水管的摩擦阻力相当于电阻。提高水压后，在相同的时间内会有更多的水流动。

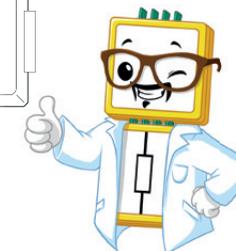
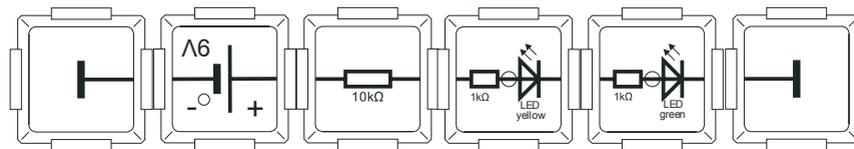
水管进水口和出水口之间水压差类似于电阻两端的电压降。电压 ( $U$ )、电流 ( $I$ ) 和电阻 ( $R$ ) 之间有着严格的关系。适用以下关系：电压 ( $U$ ) 等于电流 ( $I$ ) 和电阻 ( $R$ ) 和乘积 ( $U = R \times I$ )。流过  $10\Omega$  电阻的  $0.9$  安培电流，可在电阻两端产生  $9$  伏特的电压。在我们的电路中，电阻器阻值很大，在上述电压具有很小的电流 ( $9$  伏特电压下， $10\Omega \sim 10.000\Omega$  电阻的电流为  $0.9$  安培  $\sim 0.0009$  安培)



Mit dem gelben LED-Baustein.



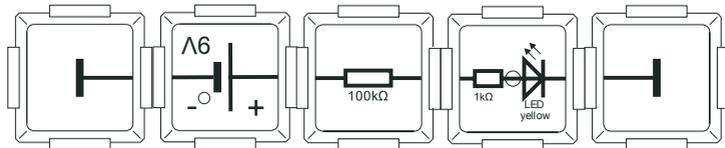
Oder noch geringere Leuchtintensität, da beide LED-Bausteine in Serie geschaltet sind.



## 4.10 电阻增大

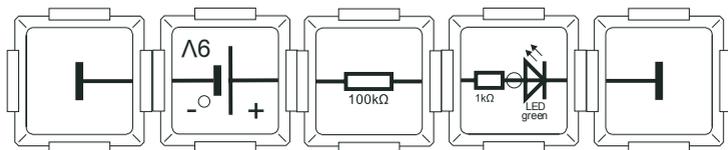
实验装置: 电源-brick、绿色LED-brick、黄色LED-brick、两个地-brick、电阻器-brick (100kΩ)

使用所提供的100kΩ电阻器, 可以进一步减小电流。由于电压(9V)保持不变, 所以发光二极管的光强度进一步降低。



这样是可行的, 因为绿色和黄色LED的工作电压相同。

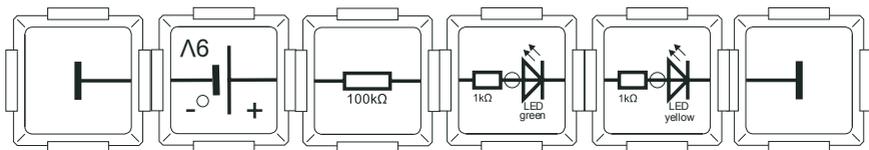
最大可能电流为电压(9V)与100,000欧姆电阻之比。在忽略电源内阻和LED封装中1.000Ω串联电阻的情况下, 电流为0.00009安培。增加的小数以负三次方来表示, 0,009安培表示为9毫安或9mA; 例子中0.00009安培, 我们已用百万分之一表示, 即90微安, 90μA。尽管电流大幅度下降, 但LED仍旧可以亮起来。这说明了当今LED良好的质量。



将LED-brick在电路中串联在一起, 绿色LED的光强度依旧很弱。电流进一步减小, 因为串联电阻加在一起成为总电阻, 而电源电压保持9伏特不变。这种情况下的总电流(I)为:

$$I = \frac{U_{\text{电池-ULED绿-ULED黄}}}{R_{100k\Omega} + R_{1k\Omega} + R_{1k\Omega}} \quad \text{具体值} \quad I = \frac{9V - 0,7V - 0,7V}{100.000\Omega + 1000\Omega + 1000\Omega} = 0,000074A$$

该数值很小。



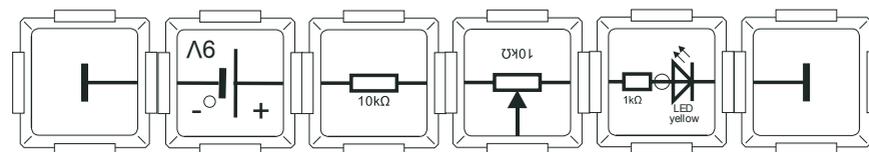
## 4.11 电路中的串联电阻器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、两个地-brick、电阻器-brick (10kΩ)、电位器-brick

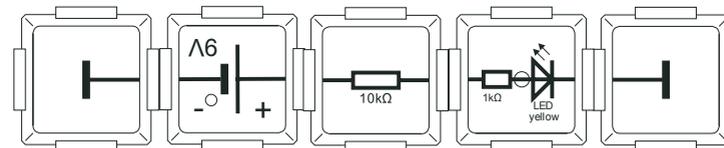
我们进行这个实验是为了显示串联电路中总电阻的影响。为此, 我们还需要另外一个10kΩ电阻器, 这个电阻器我们以前曾使用过。我们的基本装置中包含的第二个brick - 电位器-brick, 电位器还有另一个功能。本例中, 我们不需要其电阻可调性, 我们仅将其用作10kΩ电位器。

我们将各个brick成“一”字形连接, 插接脚两两相对。不用电位器滑块来改变电阻值, 电阻值为其第三个插脚的阻值。在增大或减小的数值加前缀。前缀“千”用电阻单位之前的小写“k”表示。电压(U)等其他变量的量级也可使用相应的前缀。

比较电阻时, 你当然可以期望将一个10Ω电阻加倍成为20kΩ。



本例中比较一个10kΩ的电阻。



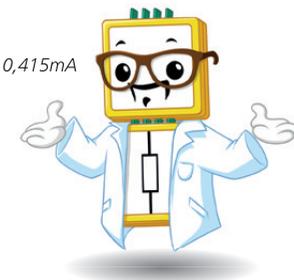
带有两个电阻器(20kΩ)的LED的总电流的近似值为:

$$I = \frac{U_{\text{电源}}}{R_{10k\Omega} + R_{10k\Omega}} = \frac{9V}{20\,000\Omega} = 0,00045A = 0,45mA$$

流过一个带10kΩ电阻的LED电流约为0.45 mA的两倍为0.9mA, 因为电阻和电流互为间接的反例关系。

带有两个电阻器(20kΩ)的LED的总电流的确切值为:

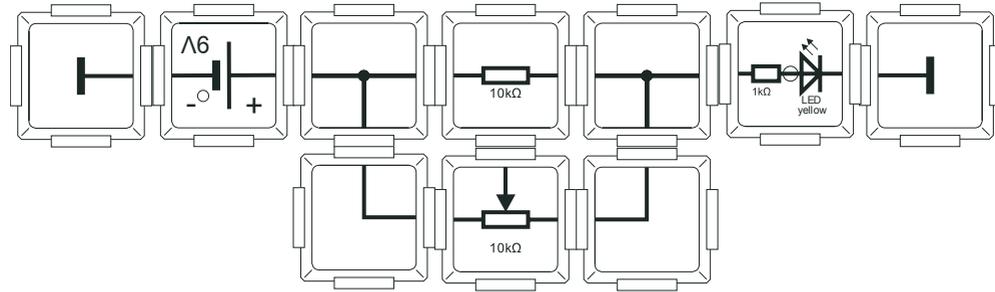
$$I = \frac{U_{\text{电源-ULED黄}}}{R_{10k\Omega} + R_{10k\Omega} + R_{LED}} = \frac{9V - 0,7V}{21.000\Omega} = \frac{8,3V}{21.000\Omega} = 0,000415A = 0,415mA$$



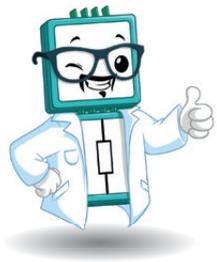
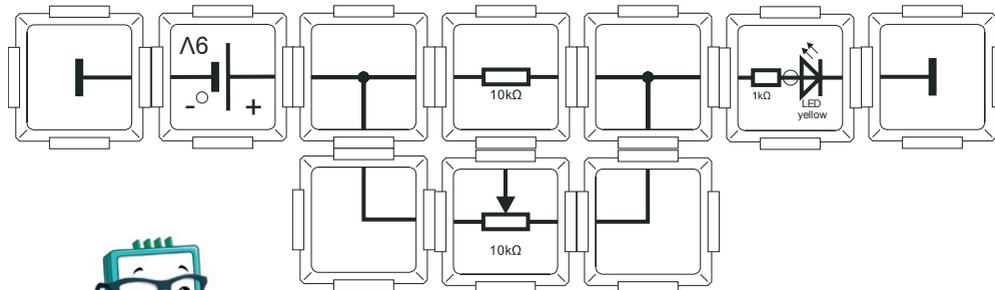
## 4.12 电路中的并联电阻器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、2个电路brick、电阻器-brick (10kΩ)、电阻器-brick、2个T形brick、2个弯角-brick

电子学中极少使用纯粹的串联或并联。大多数情况下,使用串联与并联相结合的混合电路。就像下面的例子,我们姑且称之为并联电路,因为我们只检查流经相邻电阻器的电流。可观察与两个并联电阻器串联的发光二极管的光强度。由于10k电阻器和电位器的电阻相同,所以电流有两条同样的路径流向LED。因此并联电阻器的总电阻减半,成为5kΩ。



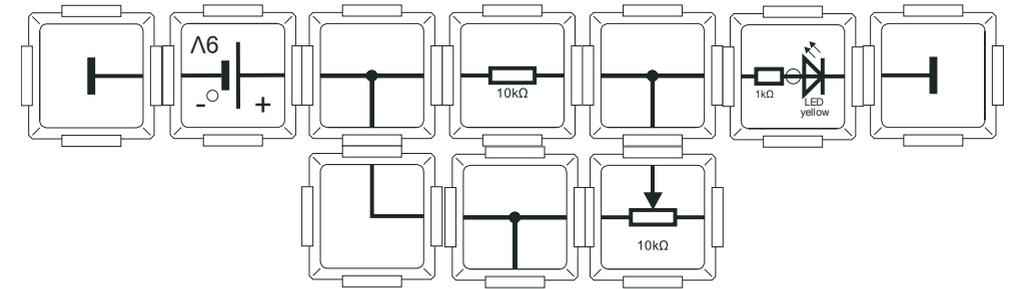
为了使电流变化看得见,我们将这两个电阻元件其中一个从电路中去掉,这样电流必须经过仍留在电路中的电阻模块流向发光二极管。我们可以看到,LED的亮度减小。此时,电流只有一条路径到达LED。这使原来电阻器的总电阻翻一番成为10kΩ。去掉电阻元件后总电阻不降反升的现象正是并联电阻的“秘密”。完成实验后,可将第二个电阻元件再次安装到电路中,LED的亮度以及总电流再次增加。以上过程可根据你的愿望重复进行多次。



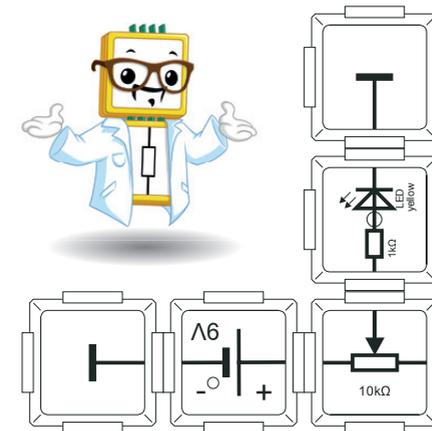
## 4.13 电位器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、2个Mass brick、电阻器-brick (10kΩ)、电位器-brick、2个T形brick、2个弯角-brick

电位器是一种很重要的电子元件,其电位值可连续调节。如果没有电位器,电子电路中的有些变化只有在接入其他元件的情况下才有可能实现,显然这不太实际。本实验中,我们使用电位器的实际功能!通过旋紧电阻器顶部的按钮,可将电阻从0Ω无缝调整至10kΩ。旋转方向为顺时针方向。电阻可通过切换按钮来改变。并联电路的总电阻可设定为0Ω~5kΩ电流的增加可通过LED的亮度看到。切换到左边时,LED亮度最大。



我们再举一个使用电位器的例子。将并联电阻器去掉,将LED-brick直接与电位器连接。将电阻从0Ω变为最大值10kΩ。如练习3.13中所述,与并联电路中的电阻相比,总电阻可以达到其两倍。



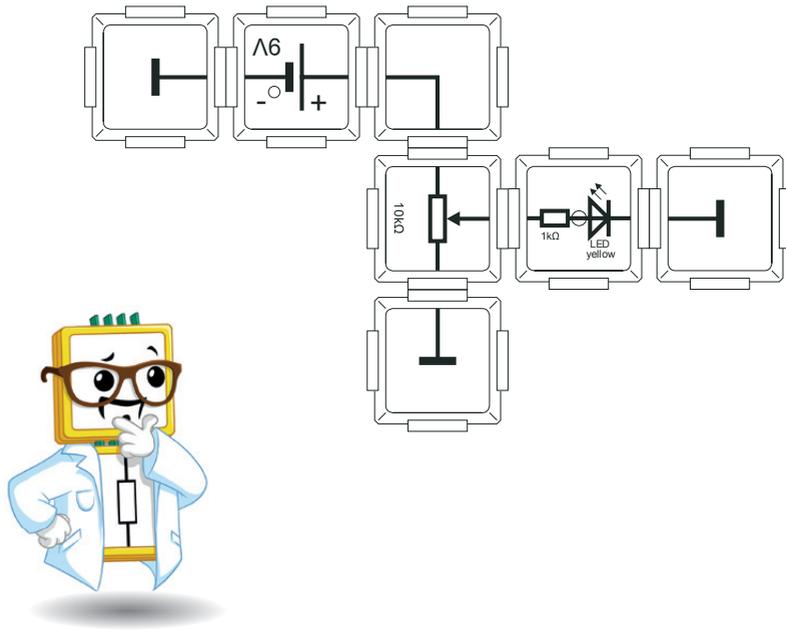
## 4.14 电位计用作分压器

实验装置: 电源-brick、黄色LED brick、三个地-brick、电位器-brick、弯角-brick

在以下实验装置中，我们使用电位器的实际功能。三个插接脚均连接。这里需要说明的是：电位器的滑块插接脚未与电压电源或Mass brick的阴极（正极）连接。如果连接，则会引起短路，造成电位器-brick的损坏。该插接脚只能与分压后的9伏特电源相连，分压后的电压取决于滑动片插接脚的位置，为0伏特至9伏特。

只有LED-brick可与滑块插接脚相连。这意味着当旋钮被完全调整到左边时，9伏特电压将出现在LED-brick的阳极，LED达到最大亮度。如果旋钮被完全设置在右边，则LED熄灭，其电压为0伏特。处于中间位置时，为电源电压一半（4.5伏特）。LED的亮度可连续调整。有趣有是我们又一次创造出电位器模块与LED模块的并联。

从电源正极到负极电流又有两条可供选择的路径。我们通过Mass brick实现了电路的闭合。电流永久性地从电位器中流过，与之并联的是LED-brick。流经电位器的电流无法中断。流经LED模块的电流可以完全切断。电位计被象征性地分割，因为他还分压。



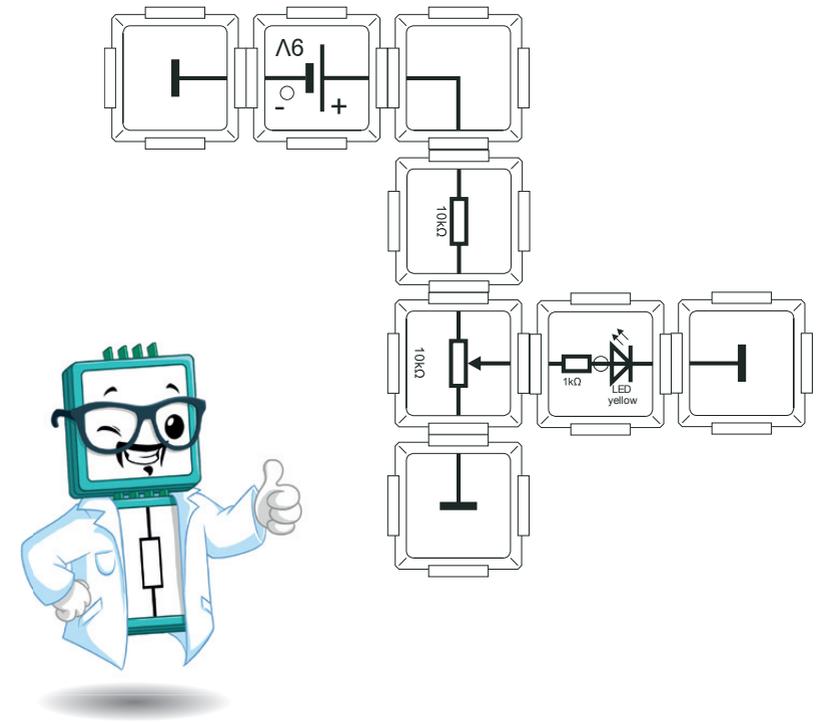
## 4.15 扩展电位器的范围（下部）

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、三个地-brick、电位器-brick、弯角-brick、10kΩ-电阻器-brick

将电位器与一个电阻器（10kΩ）在电路中并联，将其电位分配范围限制在特定范围内。在电压电源和电位器之间接入一个电阻，使电位器专门分配较低的电压范围，也就是说，当电源电压被接入的电阻分压后，用电位器对电压范围的下段进行分压，即二次分压。在我们的实验中，电位器只能在下段50%的范围内进行分压，因为首次分压通过一个10kΩ电阻器来实现，这个电阻相当于电位器的最大电阻值。因此电压区间在4.5~0伏特的限值内，这是9伏特电源电压下半部分。在本实验中请绝对确保LED-brick与电位器-brick的滑动块插接脚相连。这是为了防止电位器-brick的损坏。

学习电子学知识时请牢记：安全第一！

LED-brick与电位器下部形成如实验3.15中所述的并联电路。LED处于Mass brick和滑动块之间。



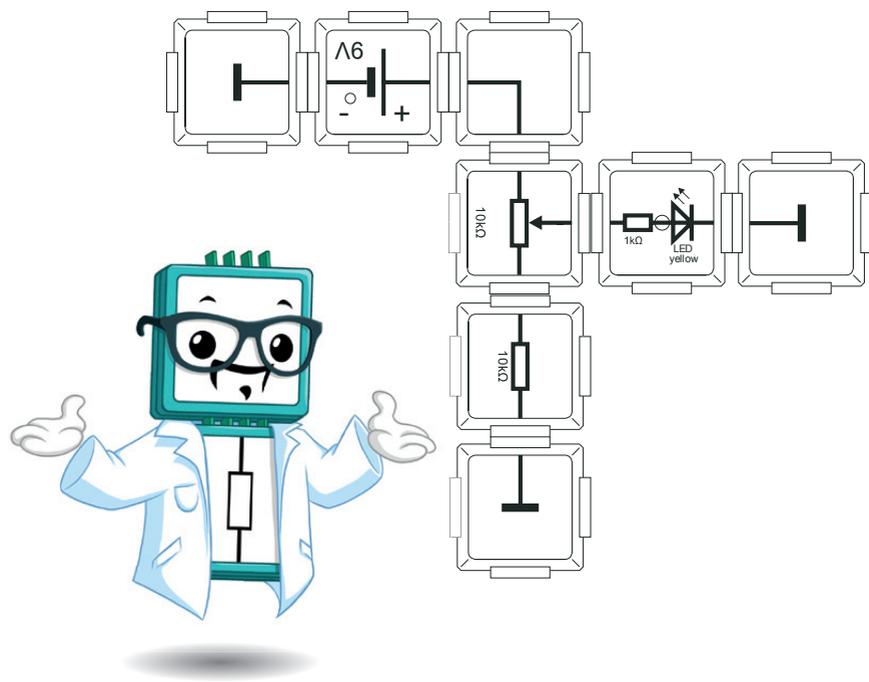
## 4.16 扩展电位器的范围 (上部)

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、三个地-brick、电位器-brick、弯角-brick、10k $\Omega$ -电阻器-brick

将电位器与一个电阻器 (10k $\Omega$ ) 在电路中串联, 将其电位分配范围限制在特定范围内。如果电位器处与电阻和电压电源之间, 则可对电压范围内的上半部分进行分压。在随后的电阻器 (10k $\Omega$ ) 进行分压之前, 由电位器进行分压, 这样电位器对电压范围的上半部区间进行分压。

电压被分压两次。在我们实验中, 电位器的进行分压仅限于电压上部50%以内。因为二次分压由一个电阻元件 (10k $\Omega$ ) 来实现。该电阻值相当于10k $\Omega$ 电位器的最大电阻值。两个电阻值相当, 因此将电压范围分成相等的两个部分。可能的区间处于9~4.5伏特的限值以内。

这是9伏特电压的上半部分。在本实验中也请绝对确保LED-brick与电位器-brick的滑动块插接脚相连, 否则会造成电位器-brick损坏。LED-brick和处于电阻器-brick (10k $\Omega$ ) 和电位器滑块之间那一部分与10k $\Omega$ 电阻共同构成一个并联电路, 这与实验3.15和3.16中的一样。



## 4.17 阈值

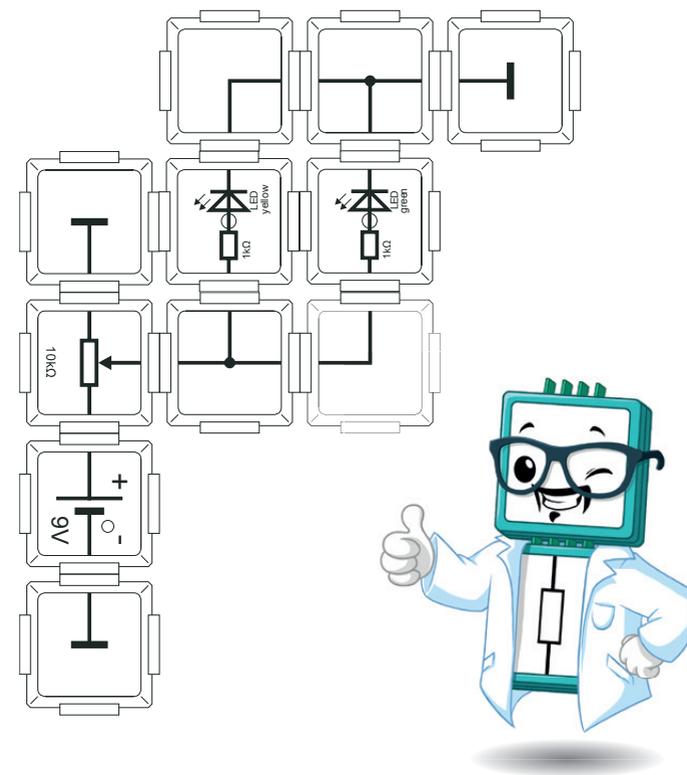
实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、绿色LED-brick、三个地-brick、电阻器-brick、2个弯角-brick、10k $\Omega$ -电阻器-brick、2个T形brick

阈值是电子数和半导体元件中所用的一个术语。我们的基本组件包含LED-brick和晶体管-brick, 他们属于半导体系列。为了使半导体工作, 所施加的电压必须超过阈值。在下面的实验中, 我们将构建一个电路, 通过施加超过阈值的电压来点亮LED。我们通过电位器-brick上旋钮的位置来确定阈值电压。

应将旋转到左边, 然后慢慢向右转动。我们首先看到绿色或黄色LED亮起, 在极少数情况下两个同时亮起。哪个LED首先亮起, 这取决于制造时无法避免的精度差异。如前一个实验所述, 本实验中的电位器仍担当分压器的作用。滑动块插接脚应与LED模块相连接。否则有短路危险, 电位器模块也会遭损坏。

在起始位置 (左), LED上没有电压, 在右侧位置, LED的电压最高, 为9伏特, LED光强度最高。对低电流LED而言 (2mA), 工作电压依颜色而定, 通常为: 红色1.6~2.2V, 黄色1.7~2.5V, 绿色1.7~2.5V, 蓝色3~4V。

阈值一般较低。



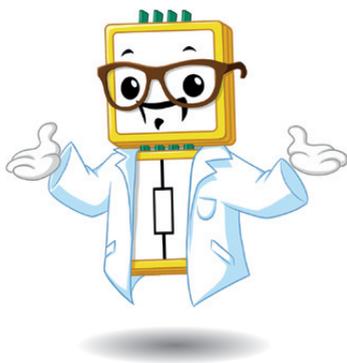
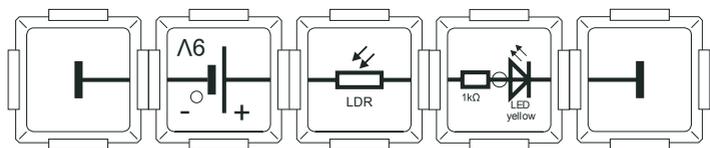
## 5. LDR - 光敏电阻器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、光敏电阻器-brick、2个地-brick

我们的LDRbrick根据照射在其上的光强度来改变电阻值。它不像电位器那样靠机械方式变化其电阻，而依靠的是一种电磁波 - 光。如果LDRbrick受到光的照射，那么它将改变其电阻值，使之更利于导电，电阻值减小，通过的电流增大。

在黑暗中，其电阻值很高，达到数百千欧，但在光照下电阻值却很小，只有数百欧姆，相差数千倍。下面的实验中，只有光敏电阻器-brick受到光照射的情况下LED才会发光。在LDR无光照时LED熄灭。

这种作用有一个很短的延时。本实验中光敏电阻器-brick与LED-brick构成纯粹的串联电路。



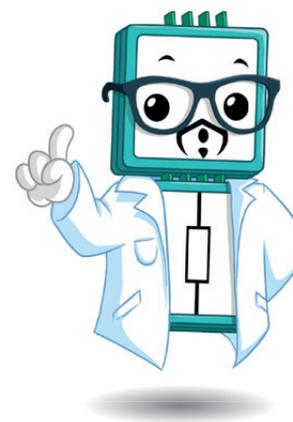
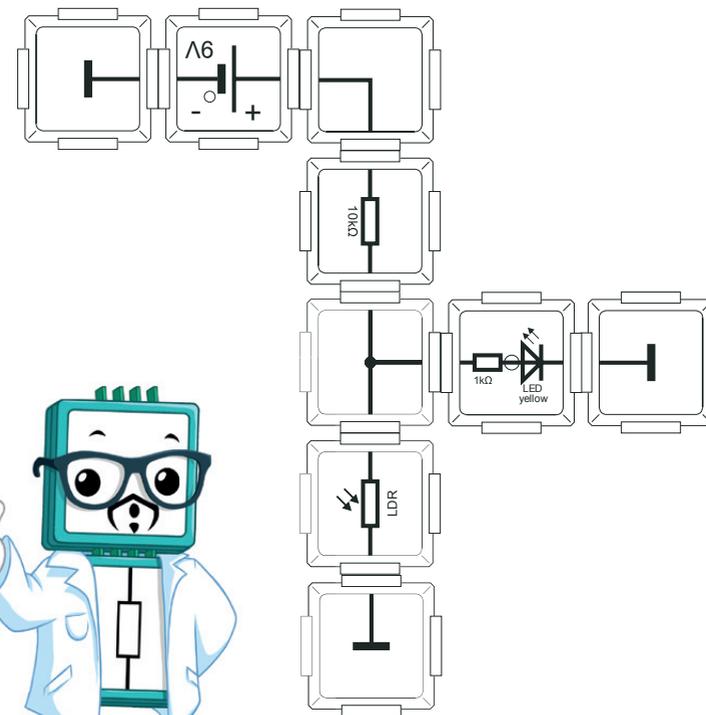
## 5.1 LDR - 在黑暗中亮起

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、光敏电阻器-brick、10kΩ-电阻器-brick、三个地-brick、电位器-brick、弯角-brick、T形brick

日常生活中，如果周围灯火通明，一个光源发出额外的光就没有多大意义。如实验4.1所示，意义仅在于对光强度进行远程控制的技术目的之中。

一个LDR可以控制过道中LED的状态，但要求与LED性质相反。当黑夜降临之时，灯亮起。这与LDR的性质正好相反。电子学可以巧妙地反向使用LDR和LED。为此，我们建立一条并联和串联连接。电阻器元件与LDR器件串联。LED-brick连接在电阻器和LDR的中心点。没有光照射LDR时，其电阻大幅增加，电流很小。

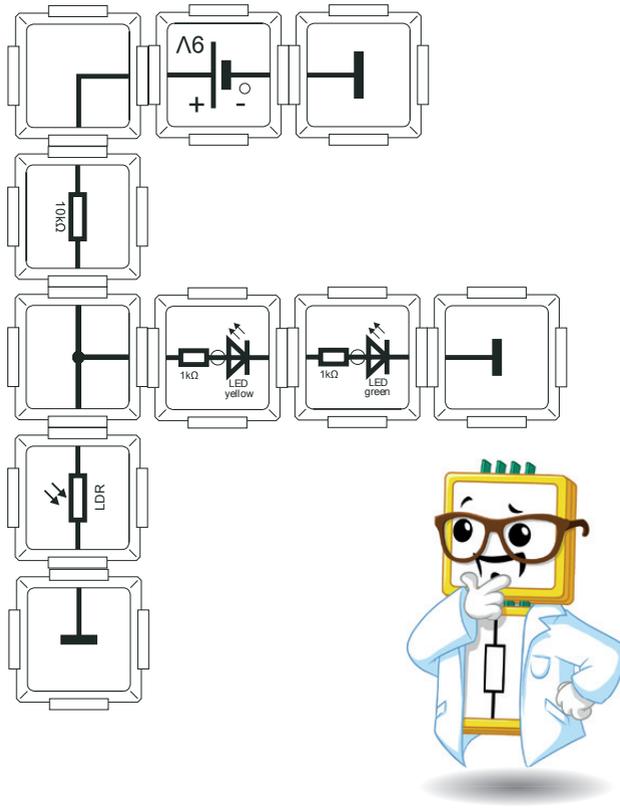
电流“寻找”另一条路径流往Mass brick后面的发光二极管。LED亮起。如果光敏电阻器-brick受到光照射，10kΩ电阻器两端的电压下降，达不到LED工作所需要的阈值电压。LED熄灭。注：不得使用额外的弯角。图中的弯角仅仅是为作图解之用。



## 5.2 照亮黑暗 - 灵敏性

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、绿色LED-brick、光敏电阻器-brick、10k $\Omega$ -电阻器-brick、三个地-brick、电位器-brick、弯角-brick、T形brick

这个问题似乎很复杂。我们可利用两个LED的扩散电压来提高灵敏度。扩散电压是为了打通半导体内部通道而必须施加的电压。依据半导体材料的不同，扩散电压一般在0.3~0.7伏特之间。我们使用由两个电阻器-brick (LDR和10k $\Omega$ ) 和两个LED-brick (绿色和黄色LED) 构成的混合电路，其中LED的扩散电压约为0.7伏特。LED-brick与我们的光敏电阻器-brick并联。在黑暗中，LDR的电压降非常大，因为其与10k $\Omega$ 电阻器-brick一起构成了分压器。9伏特的电源电压几乎全部落到了两个LED和10k $\Omega$ 电阻器上。在上一个实验中，使用了10k $\Omega$ 电阻器使点亮LED。本实验中，流过两个LED的电流很大，致使他们在完全黑暗中才能亮起。两个LED的扩散电压提高了灵敏度。



## 6. 储存电荷的电容器

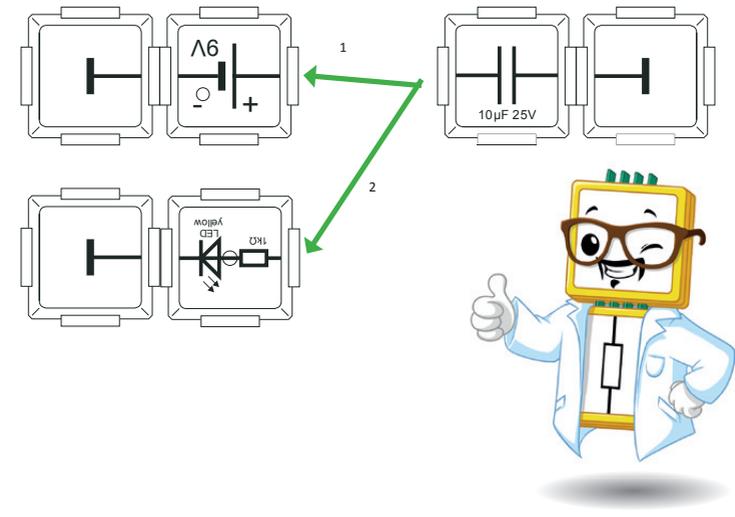
实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、10 $\mu$ F-电容器、两个地-brick

电容器是最重要的电子元件之一。该器件能够迅速储存和释放电能。其快速储存和释放电能以及易于生产的特性使其成为不可缺少的电子元件。电容器由两个相对立的导电层和将两者隔离的材料组成。这种材料叫做电介质，是电容器最重要的组成部分，决定着电容器的电气性能。导电层的大小及彼此间的距离也决定着电容器特性。

电介质通常是绝缘体，但空气或真空也要用作电介质。电容器最重要的特性是电容量，计量单位为法拉 (F)。日常生活中常见的电容器容量已达到十的负几次方法拉。百万分之一法拉称为微法 ( $\mu$ )，十亿分之一称为纳法 (n)，万亿分之一称为皮法 (p)。本装置中有两个电容器brick。一个容量为10 $\mu$ F，另一个为100 $\mu$ F。此外，还应考虑电容的最高工作电压和电解电容的极性。我们的电解电容器为有正负极之分的铝电容器。

铝电容器的负极必须与电压电源的负极相连，电容负端子通常不带标记。铝电容器的正极必须与电压电源的正极相连，电容正端子通常带有“+”标记。如果铝电容器被错误地连接，则会受到损坏并爆炸。在电解电容器与电压电源之间连接有其他元件时，电解电容的极性也很重要。我们其他brick中的10 $\mu$ F电容器没有极性之分，可根据需要来连接。电容器的容量或根据电压、充电时间和充电电流来测定。由于电容器的电阻随充电时间和充入的电量而增大，所以从理论上讲，电容器的容量无法充满。这很有趣。

1. 充电时将10 $\mu$ F 电容器连接到电池组和地-brick之间。
2. 充电时在10 $\mu$ F电容器和地-brick之间连接一个LED-brick，你会看到LED亮起很短时间。



## 6.1 大容量电容器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、100 $\mu$ F-电解电容器、两个地-brick

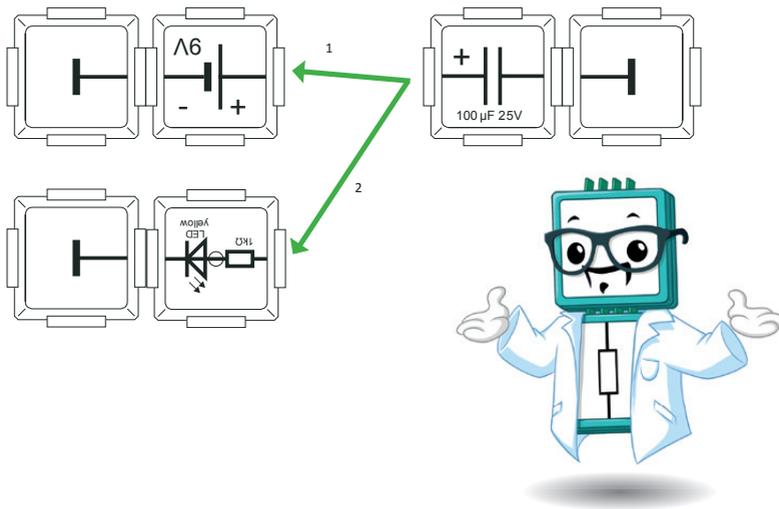
我们已对电解电容器——100 $\mu$ F钽电容器做了介绍。使用钽电容时应特别注意其极性，否则有爆炸的危险。电容器上带有正标记的(+)的一侧必须与电源上带有正标记(+)的一侧相连。电解电容的意思是电容器的负极由可储存电能的导电材料制成。这种电容器比其他电容器要储存更多的电能。电解电容比金属的电阻大，但可运输和储存电荷。氧化铝是一种可用于电容器负极作为电介质，将正负电荷彼此隔开的化合物。

这种钽化合物是非常好的绝缘体，具有很高的电阻率，因此进一步增大了电容器的电容量。我们的钽电容器的电容量是第一种电容器的十倍，所以储存的电能也是第一种电容的十倍。我们将在下面的实验中试验这种效果。实验中LED比实验5.1中的更亮，持续时间更长。

实验装置:

1. 通过电压电源和Mass brick进行充电。Mass brick与负极(阴极)相连，在放电过程中仍连接在此处不动。阳极即电压电源正极与电容器正极(阳极)相连。很短时间之后，电容器所充的电足以点亮一只LED。
2. 现在，我们将电源与电容器模块的连接断开，并将电容器的阳极与LED模块的阳极相连。LED-brick的阴极必须与地-brick相连以实现电路闭合。

LED经过较长时间的闪烁之后，电容器放出电能。



## 6.2 电容器——如同一只小充电电池

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、100 $\mu$ F-电解电容器-brick、100k $\Omega$ -电阻器-brick、两个地-brick

使用一只100k $\Omega$ 电阻器来限制电容器的放电电流可延长其放电时间。在实验5.1和5.2中，电容器放电仅由我们LED-brick中的电阻器来决定。现在，我们将一个100k $\Omega$ 电阻器-brick与我们LED-brick的阳极串联，以此大幅度提高总电阻。

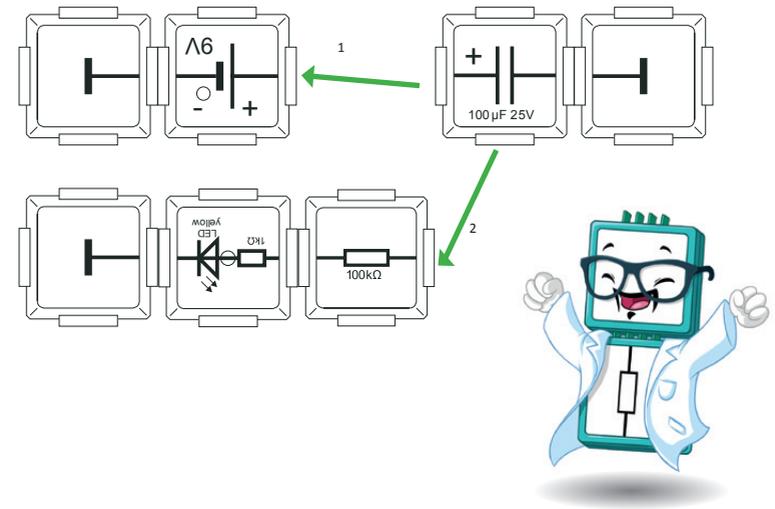
( $Q=I \times t$ ) 放电由电容器的电压给出，电压随着放电的持续而降低。我们通过100k $\Omega$ 电阻器来减小电流，并延长放电时间，使电容器两端的电压可维持更长时间。电容器的电容量与实验5.2中的初次放电量相同。平均放电电流(I)乘以放电时间，可得到充电量(Q)。(  $Q=I \times t$  )

电容器两端的电压取决于电量，但电量是变化的，电压不断变化是因为电容器的电阻越来越高，而电流减小。为了一致，我们使用充好电的状态来说明：电压(U)等于电容量(C)与电量(Q)的乘积。(  $U = C \times Q$  )

对变化过程而言，必须使用指数函数。下面和实验中，使用黄色LED是因为它比绿色LED更亮。

实验:

1. 充电通过电压电源和地-brick来进行。后者与负端即电容器的阴极相连，放电过程中仍保留在此处不动。阳极即电压电源正极与电容器正极(阳极)相连。
2. 现在，我们断开电源和电容器模块的连接，并将电容器的阳极与100k $\Omega$ 电阻器-brick相连后再与LED模块的阳极相连。LED-brick的阴极必须与地-brick相连以实现电路闭合。LED经过较长时间较暗的发光后，电容器放出了电荷。



## 6.3 电容器充电和放电过程

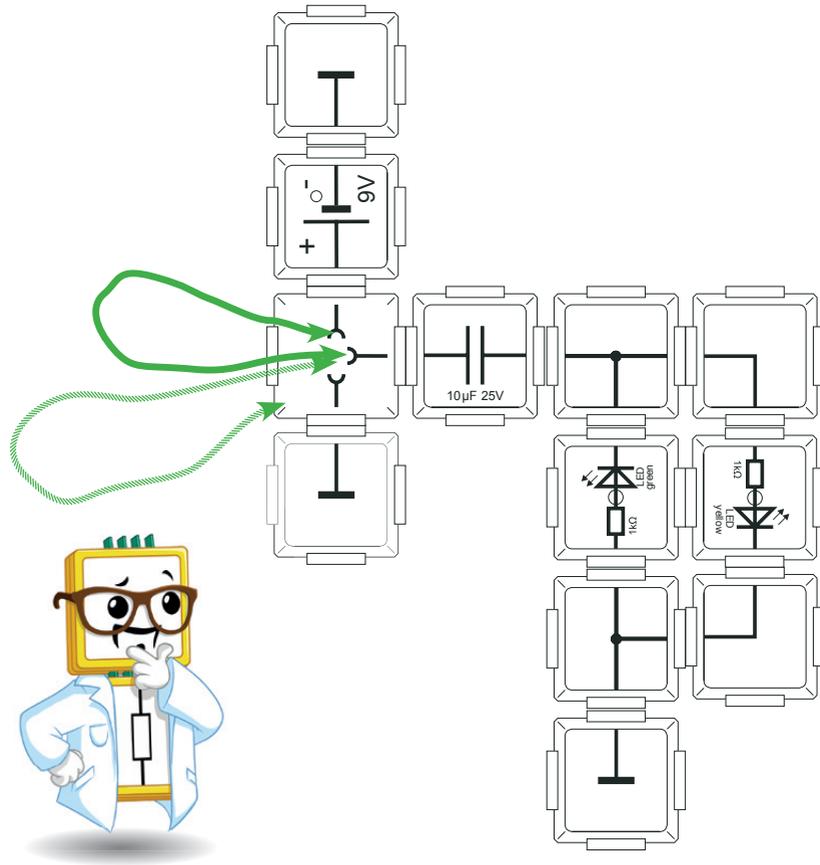
实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、绿色LED-brick、10μF-电容器brick、通用-brick、三个地-brick、2个T形brick、2个弯角-brick

我们已经知道了电容器放电过程的特性。充电过程在技术上已经实施，但没有以可视化方式展现出来。下面的实验将展示电容器充电和放电过程。为此，我们将首次使用通用-brick，将充电和放电过程在一个电路中进行而不改变实验装置。电容器的充电和放电特性是完全对等的。所以我们将实验中的两个LED设置成大小相等而方向相反（反并联）。电容器的充电时，黄色LED将短时亮起，放电时绿色LED短时亮起。将图中所示的上接触点与右接触点连接实现电容器充电。将下接触点与右接触点连接进行放电。

我们使用10uF电容器模块，所以不需要注意极性。

实验：

1. 首先将上接触点与右接触点连接在一起，黄色LED亮起后再断开。
2. 现在将下接触点与右接触点连接在一起，绿色黄色LED亮起后再断开。



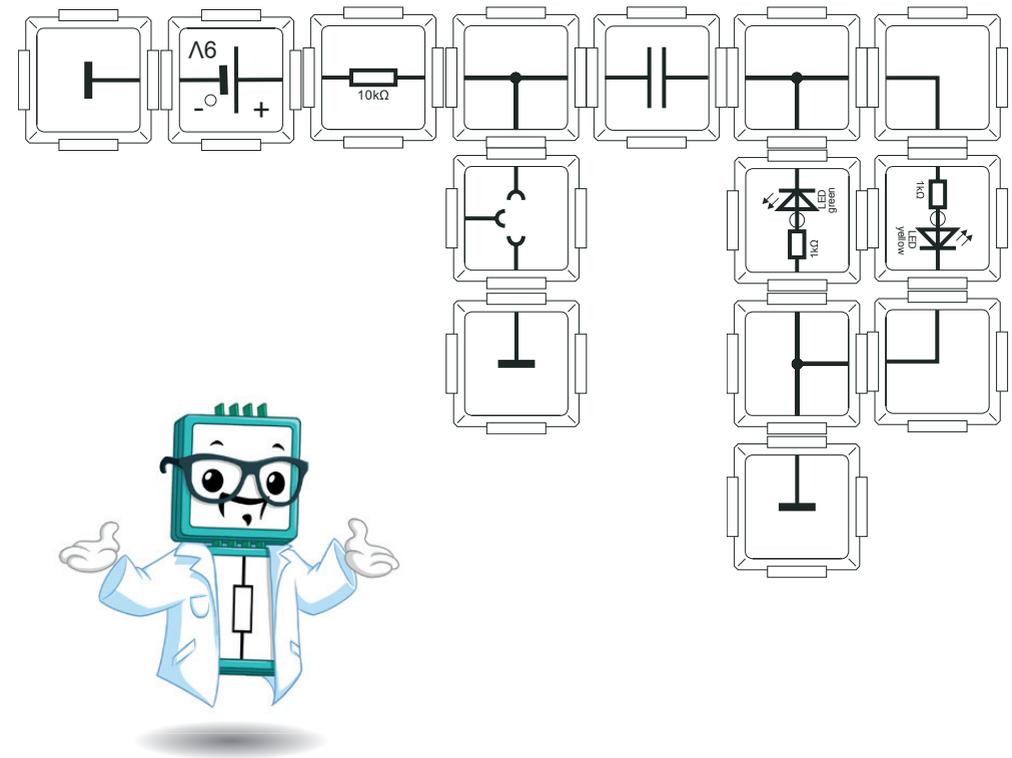
## 6.4 永久的电容器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、绿色LED-brick、10μF-电容器brick、通用-brick、三个地-brick、2个T形brick、2个弯角-brick

如何构建电子电路有一项重要设计标准。使用一个开关来控制一项功能显然比使用两个或多个开关要好。我们下一个电路中的电容器被连续使用，而且只有将两个相对而立的接触点与我们的通用-brick连接在一起时电容器才放电。为此，在电路中接入反并联LED模块，使其与10uF电容器和10k电阻器串联。现在我们插入电压电源，黄色LED在电容充电时亮起，电容器的电阻在直流电路中为无穷大。如果我们通用-brick中的相对而立的接点闭合，则电容器立刻放电，绿色LED-brick短时亮起。快速交替连接两个接触点，两个LED将交替闪烁。10k电阻器非常重要，因为它限制了电容器放电过程中的可能最大电流，从而防止短路。两个接触点闭合时，通过的电流甚至大于可能的最大电流。

充电过程电流方向与放电过程相反。

$$I = \frac{9V}{10.000k\Omega} = 0,9mA$$



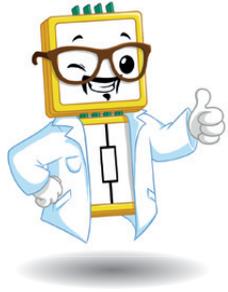
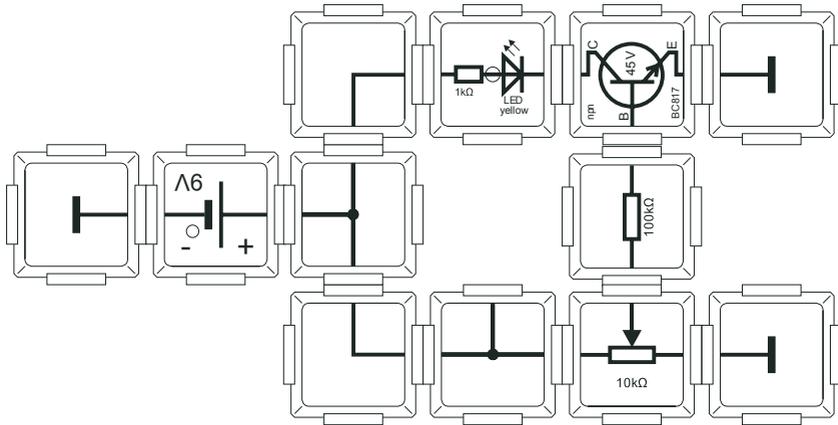
## 7. 晶体管放大器

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、10kΩ-电阻器-brick、晶体管-brick、电阻器-brick、三个地-brick、2个T形brick、2个弯角-brick

晶体管是我们电子元件集中的最后一个半导体器件。晶体管是一种电子放大器，它不同于家中机械式的照明开关，而是由基极电流操作的电子式开关。晶体管“工作触点”称为集电极（C）和发射极（E），电流的导通由工作触点来完成，这与照明开关相似。

灯的亮起不是通过肌肉的力量扳动开关实现的，而是通过电子切换来完成的。保证连接正确极为重要。发射极的插接脚直接或间接与电压电源的阳极相连。基极和集电极插接脚直接或间接与电源的阴极相连。晶体管中，基极具有特殊作用，只能使用约发射极电流的千分之一来工作。在我们的电路中，这一电流通过一个100kΩ的晶体管来实现。电位器可以用来打开和关闭晶体管。电位器向左或向右旋转可使晶体管打开或关闭。

重要提示：确保电位器滑动块插接脚不与地或电压电源相连。电位器-brick带有分压器。旋钮从右到左旋转，黄色LED亮起，旋钮旋回到右边后，黄色LED立即熄灭。

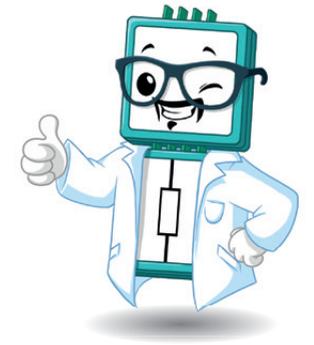
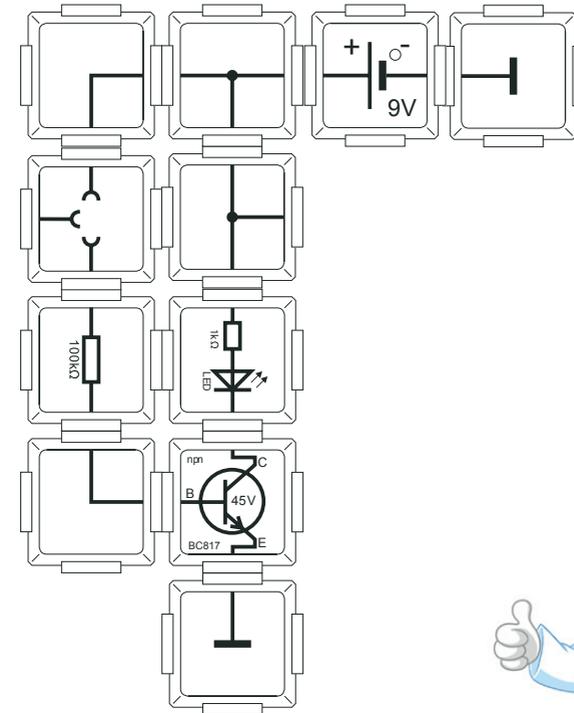


## 7.1 开关晶体管

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、100kΩ-电阻器-brick、晶体管-brick、2个地-brick、2个T形brick、2个弯角-brick、通用-brick

基极电流很敏感，所以即使很低的导电性也可让晶体管导通电流。下一个电路将说明这个问题。可用你的手指将晶体管之前的100kΩ的基极电阻连接起来，使黄色LED发光。人体的电阻值约为1000Ω，足以作为开关使用。

晶体管基极的高度敏感性使晶体管具有广泛的用途。晶体管可用作雨水探测器。为了表示雨水引起的最小电流可将图中所示接触点放大到房子的外形尺寸。晶体管发挥传感器的作用。

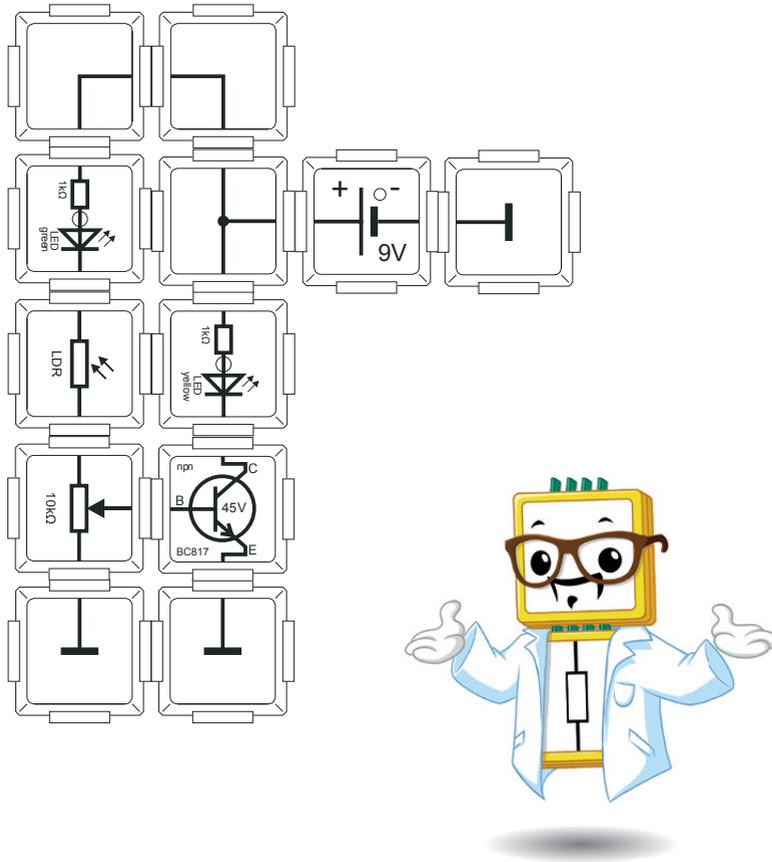


## 7.2 光敏电阻和晶体管

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、绿色LED-brick、电位器-brick、晶体管-brick、光敏电阻器-brick、三个地-brick、T形brick、2个弯角-brick

现在我们要建立一个电路，电路中的晶体管根据环境光照度使黄色LED亮起。电位器和光敏电阻（LDR03）串联并成分压器。LDR、电位器和绿色LED分担总电压。其中LDR和电位器形成可变电阻器。LDR的电阻值由环境光照度的强弱自动决定，电位器手动设定。

第二个电路来自晶体管的集电极和发射极，由基极电流直接控制，可将其称为工作电路。绿色LED显示基极电流，亮度越大基极和发射极之间的电流越大。电位器-brick的滑动块插接脚只能与晶体管模块的基极接插脚相连。没有短路的危险，但其他错误可引起电路损坏。

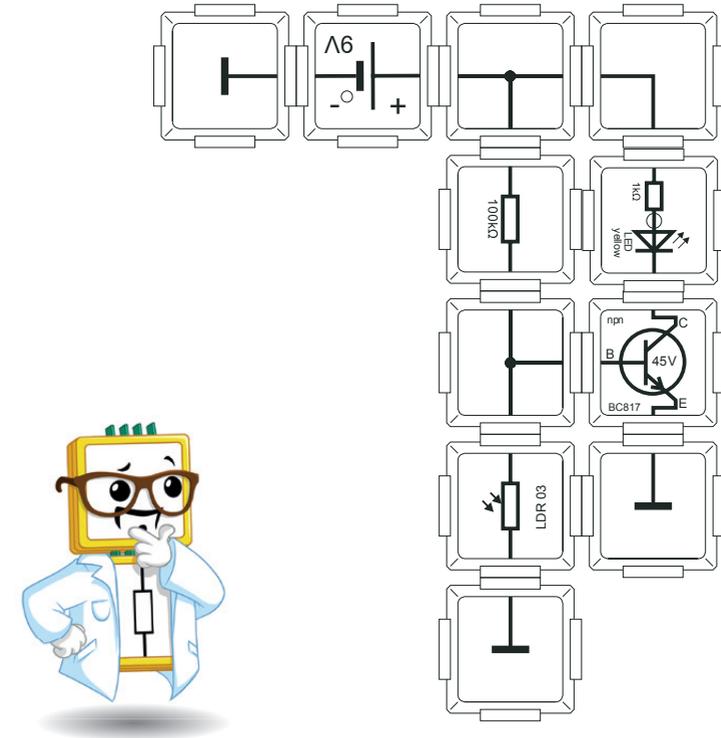


## 7.3 LDR和晶体管—夜灯

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、100kΩ-电阻器-brick、晶体管-brick、光敏电阻器-brick、3个电流brick、2个T形brick、弯角-brick

与实例4.2相似，在正常环境光照度下，使LED工作没有意义。在夜晚光线不足时让灯亮起来才有意义。LDR的电阻值随光强度增加而增加，100k电阻器的分压器负责减少晶体管的电流。由于100k电阻器的作用，9V电压的电流几乎完全停止流动。当电阻值达到100Ω时，电阻器两端仅有0,09V的电压，不足以使晶体管工作。发射极到集电极也没有电流。黄色LED熄灭。然而，如果在黑暗中，LDR的电阻值很高，9V电压大约平均分配在两个电阻器之间。该电压产生基极电流，基极电流工作电路的电流从集电极流向发射极。LED-brick中黄色LED亮起。

这叫做自动夜灯模式。



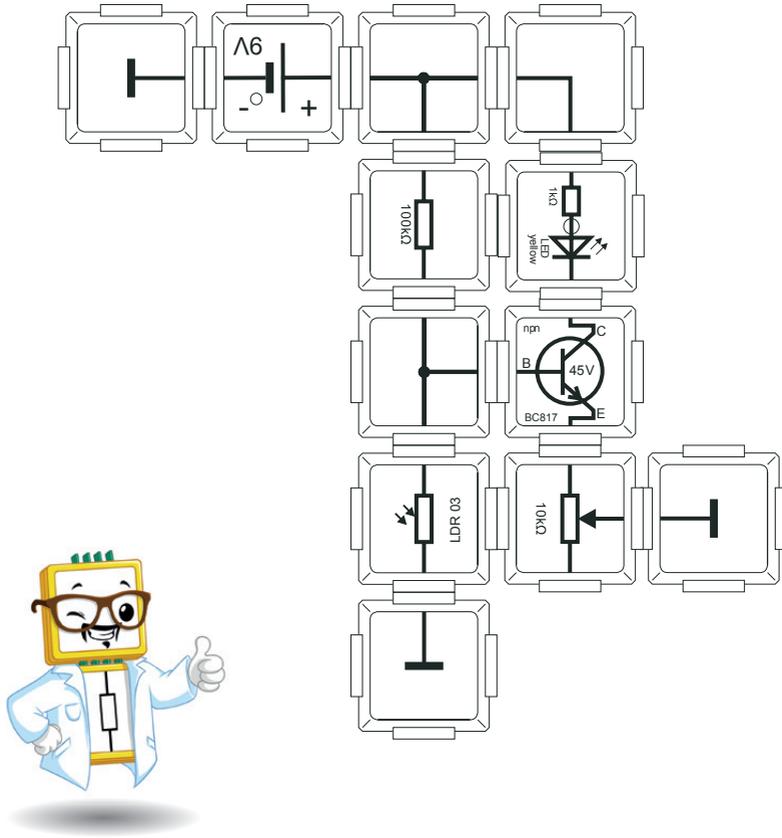
## 7.4 光敏电阻和晶体管-夜光可调

实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、100kΩ-电阻器-brick、晶体管-brick、光敏电阻器-brick、电位器-brick、三个地-brick、2个T形brick、弯角-brick

与前一个实验一样，本实验中将我们使用带有我们电子器件集中的所有三个半导体器件：LED、光敏电阻器和晶体管。本次实验我们将给电路增添多个功能，使我们的电路具有另外的特性：可改变电路的阻值我们夜灯的亮度。

现在我们还可以调整基极电流的阈值，使黄色LED在环境光照度低于一定限值时亮起。我们的电位器与晶体管的输出相连接。它影响基极电流，当旋钮一路旋转到左边时，其功能与实例6.4中功能相同。如果将电位器的电阻设置为最高值，LED发出的光只有在黑暗中才能看得到，此时，基极电流仅能够使集电极到发射极的分流电路闭合而已。

最佳条件处于两个值之间，可找出最佳条件。



## 7.5 集电极电路中的晶体管

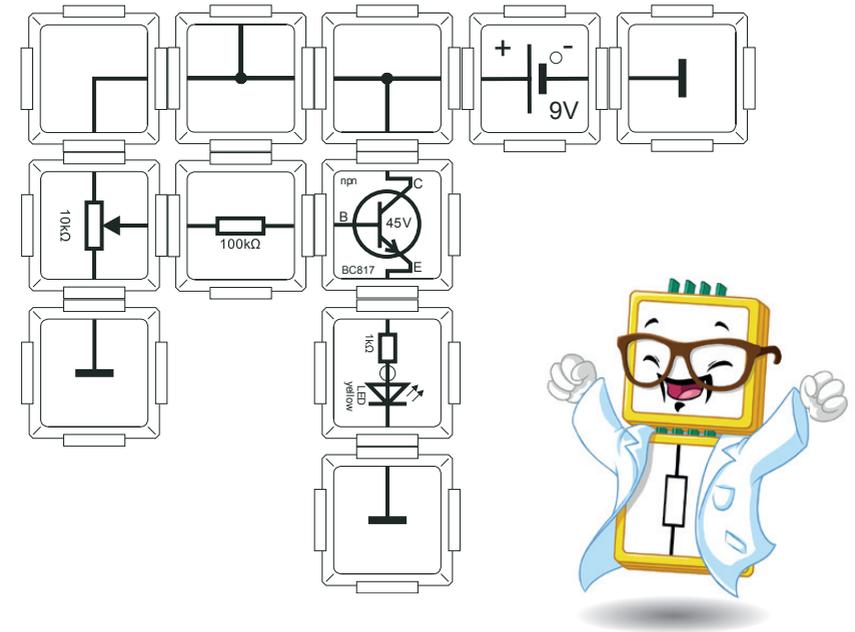
实验装置: 电源-brick、黄色LED-brick、100kΩ-电阻器-brick、晶体管-brick、电阻器-brick、三个地-brick、2个T形brick、弯角-brick

晶体管是最常用的电子元件之一。我们已在本手册的开头部分介绍了做了介绍。标准台式电脑控制单元内晶体管的使用达十亿次。所使用的晶体管数量大于地球到太阳距离的公里数。晶体管有三个基本电路和三个连接器，发射极和集电极电路是最常用电路。基极电路用于特殊电路，在此不再进一步解释。

我们在实验6.1和6.5中已看到了发射极电路。本例中，晶体管发射极插接脚与地以及负电位与连接器均无重大电阻。现在我们来装配集电极电路。

电路中受控器件在发射极接触脚和负电位之间转换。我们的实例中使用黄色LED。很小的基极电流通过一个100Ω电阻器来实现，电路中的电位器-brick可用作分压器来调节基极与发射极的电平。

将旋钮从右向左旋转，LED亮起，旋钮越向左旋转，LED越亮。因为集电极插接脚直接连接电源-brick，所以该电路叫做集电极电路。

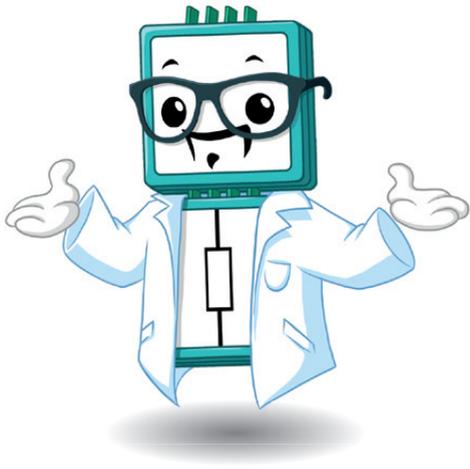


## 8. 结语



希望我们的基本电子模块能给你带来乐趣，使您快乐地沿着法拉第、欧姆或伏特等伟大科学家的脚步一路走去。然后领略我们高级模块的无穷乐趣。  
高级模块带有触发电路或诸如Arduino、Raspberry Pi或Banana Pi等处理器，元件更高级，功能更复杂。我们为青年研究人员提供更加更为顺畅的高频系统、造型优美并带有LED的元件，当然还有更多开发他们自己的创造力的潜能。

由DM7RDK为青年Ham Radio和行业解决方案培训而开发。





ALLNET GmbH

Maistrasse 2

82110 Germering, Germany

电话: +49 89 894 222-22

传真: +49 89 894 222-33

[www.brickrknowledge.com](http://www.brickrknowledge.com)

email: [info@brickrknowledge.de](mailto:info@brickrknowledge.de)



<https://www.facebook.com/BrickRknowledge>