

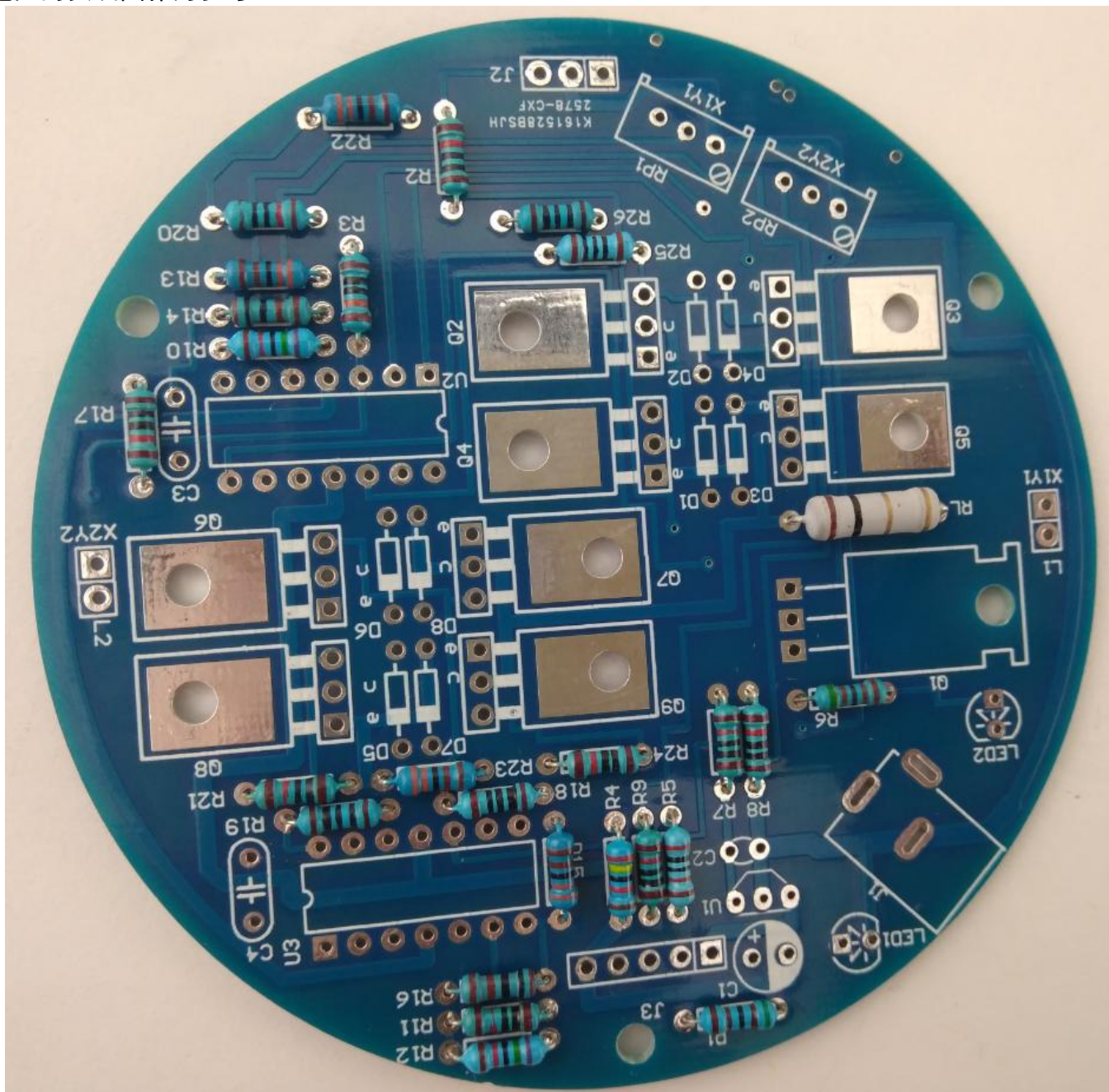
# 磁悬浮制作调试说明

## 磁悬浮控制电路板的装配

在安装前根据资料中的元件清单清点识别各个元件，区分有极性和无极性元件。按照元件的大小和高低，从小到大，从低到高的顺序安装。

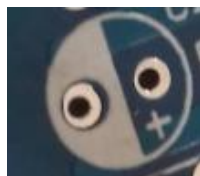
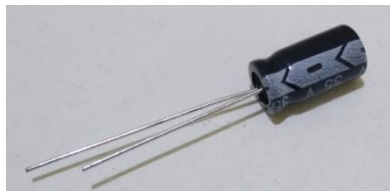
### 1. 安装色环电阻

色环电阻没有极性，安装前先用万用表测一下阻值，电阻阻值种类较多，注意避免装错。下面放一张色环电阻的安装图作为参考

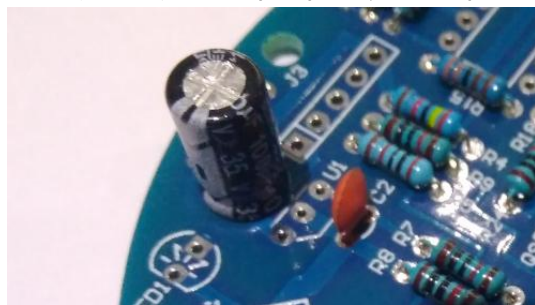


### 2. 安装电容器

控制电路板上独石电容，瓷片电容，直插铝电解电容共三种电容器，独石电容和瓷片电容不分正负极，直插铝电解电容长脚为正，短脚为负。在电解电容的安装位置处，正极一边有一个‘+’号。负极一边为实心半圆。



安装的铝电解电容和瓷片电容

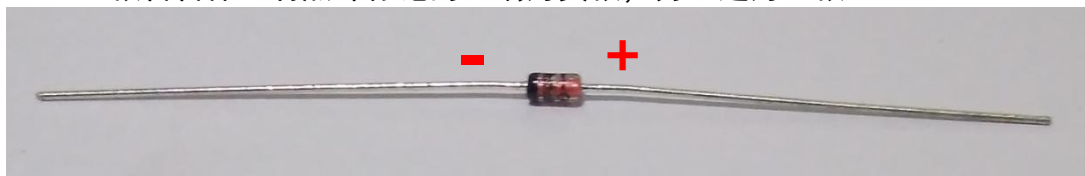


两个独石电容

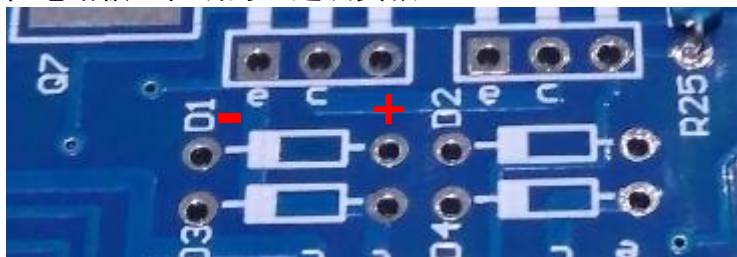


### 3. 安装二极管 1N4148

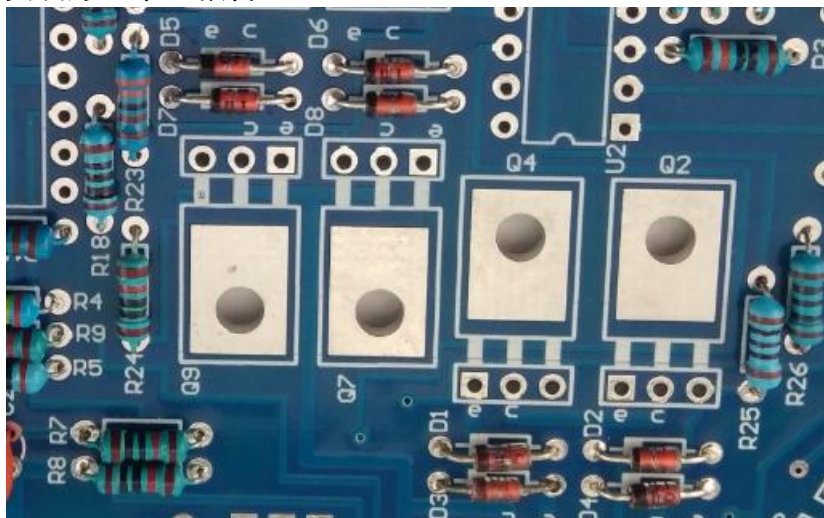
二极管管体上有黑环标记的一端为负极，另一边为正极



在电路板上粗线的一边装负极



安装好 8 个二极管



### 4. 安装发光二极管

直插的发光二极管和直插铝电解电容器类似，也是长脚为正极，短脚为负极。



在发光二极管的安装位置处印刷有如下图形。平的一边是负极



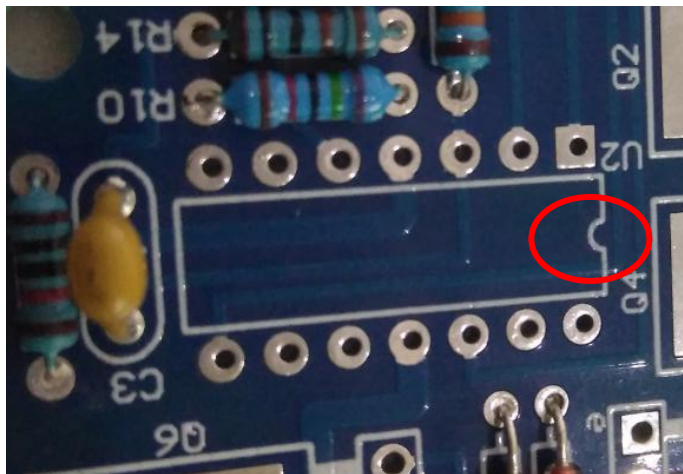


套件中分配有两种颜色的发光二极管，安装时不用区分颜色。



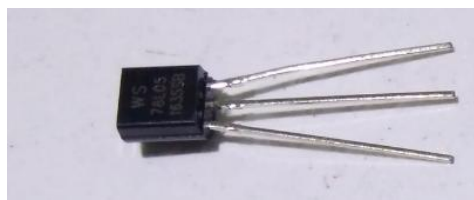
## 5. 安装 IC 座

安装时注意 IC 座上有半圆缺口，要和电路板上印刷的半圆缺口一致



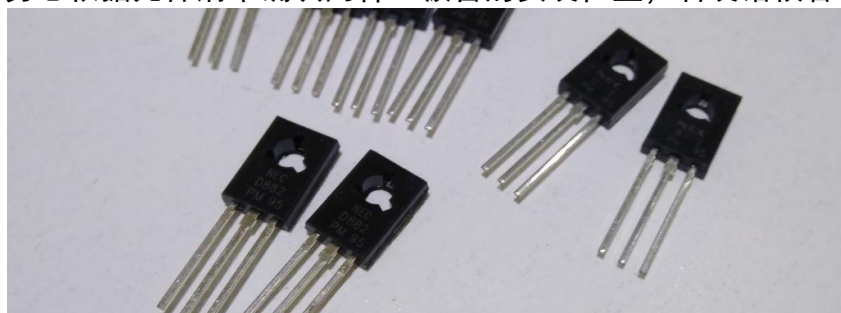
## 6. 安装三端集成稳压器 78L05

安装时有 78L05 有字的一面向铝电解电容

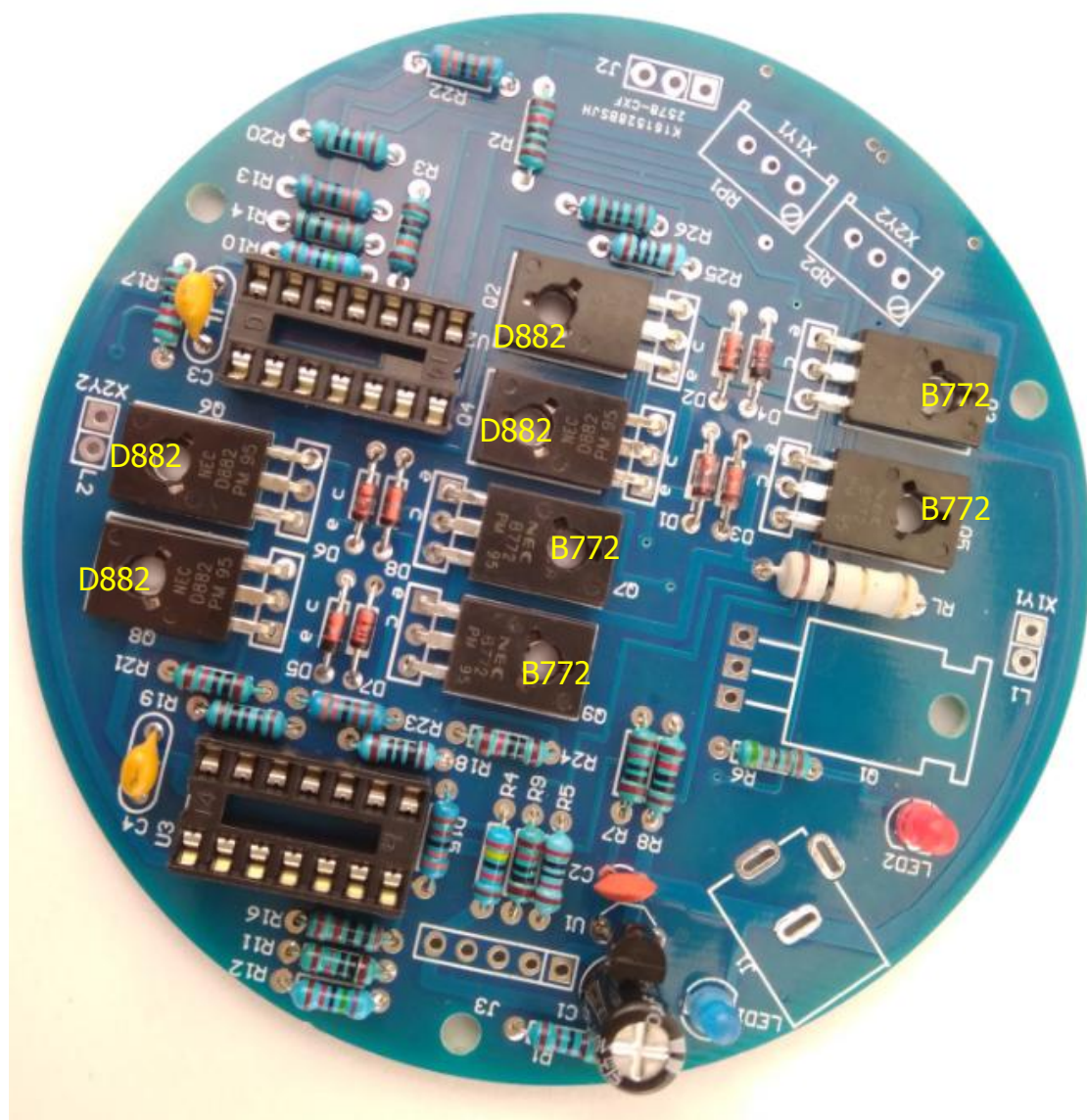
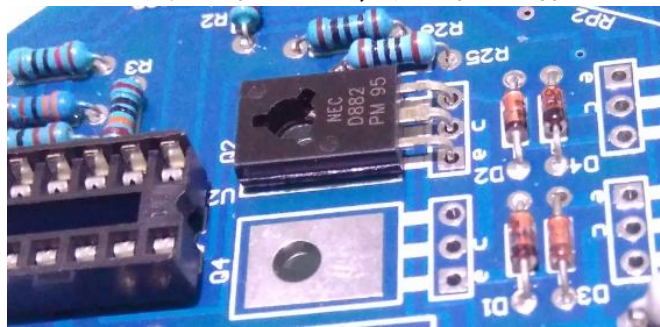


## 7. 安装三极管 D882 和 B772

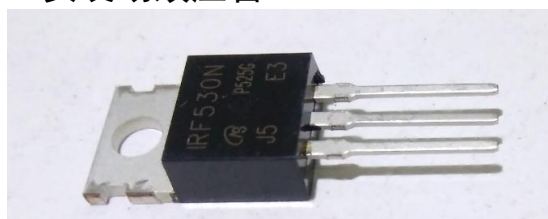
三极管 D882 和 B772 外形相同，却是两种不同极性的三极管，D882 为 NPN 型，B772 为 PNP 型。安装时务必根据元件清单确认两种三极管的安装位置，若装错很容易引起三极管损坏。



安装时三极管有字面向上，引脚在适当位置向下折弯 90°，紧贴电路板。



## 8. 安装场效应管 IRF530

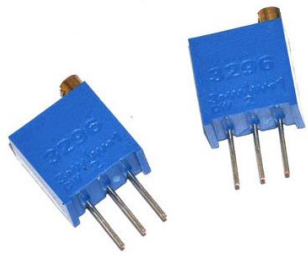


IRF530 的有字面向上，引脚向下弯折 90° 紧贴电路板安装。

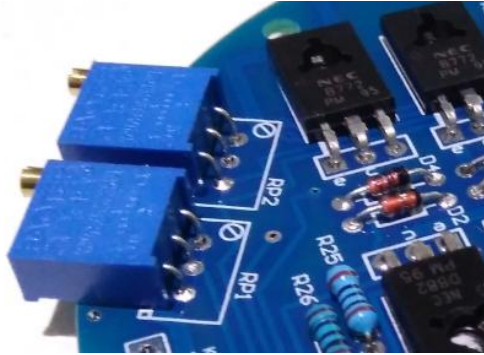
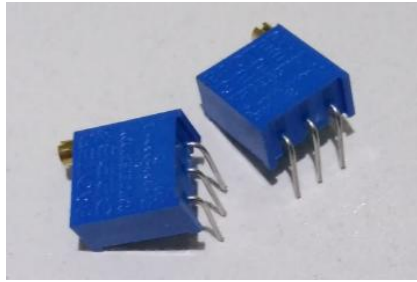




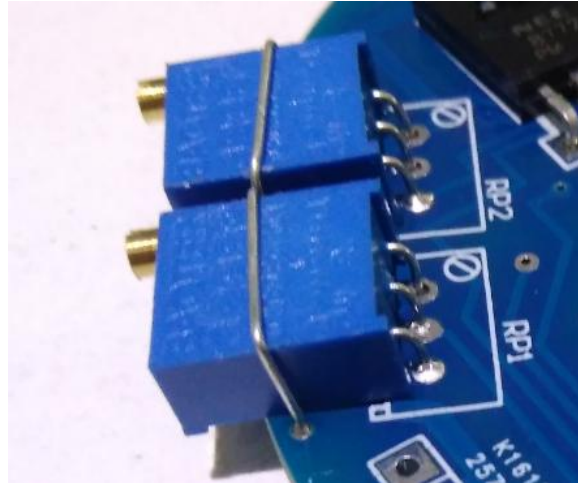
## 9. 安装 3296 精密可调电阻



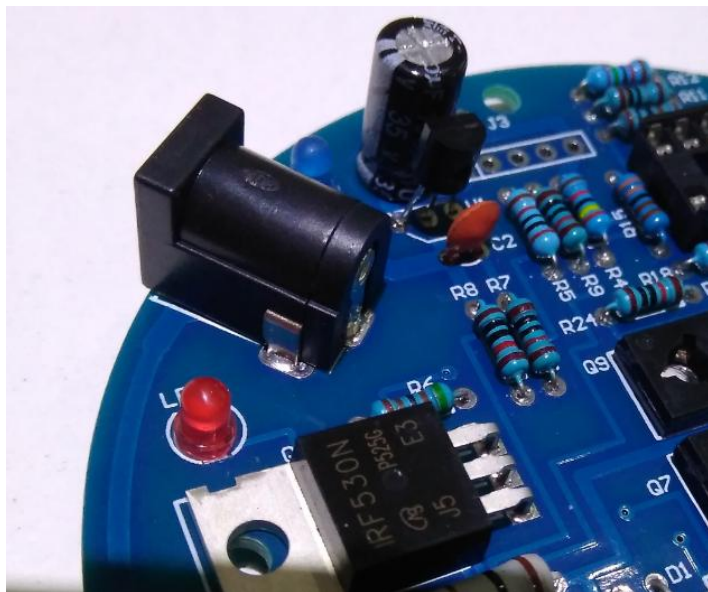
可调电阻的有字面向上，引脚向下弯 90°。紧贴电路板安装



用电阻的剪脚做两个卡子，固定 3296 可调电阻，可以方便后面调试时调节 3296 可调电阻。

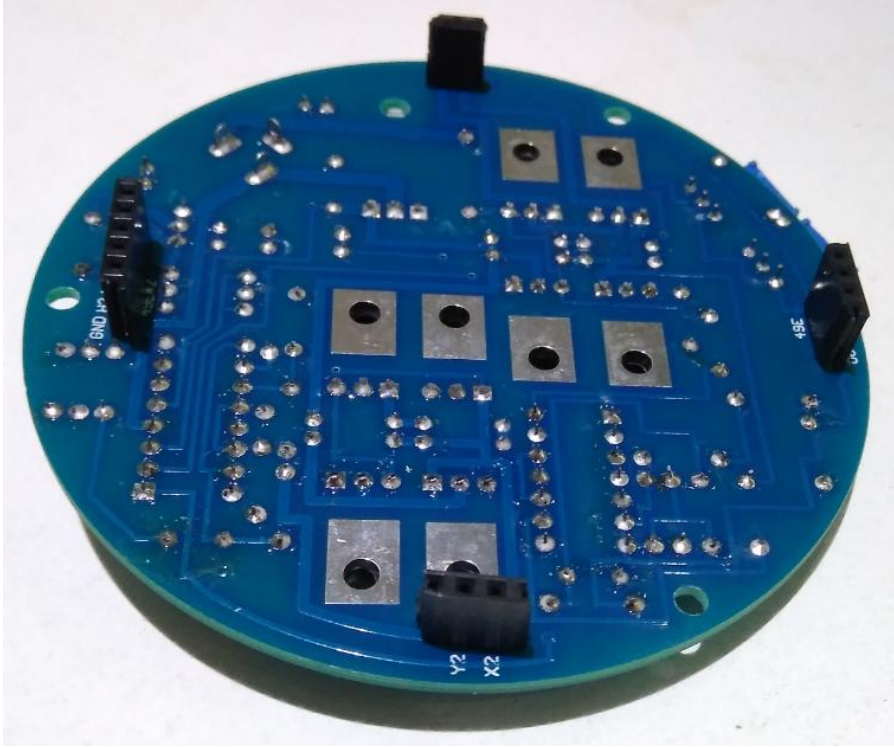


## 10 安装 DC 座

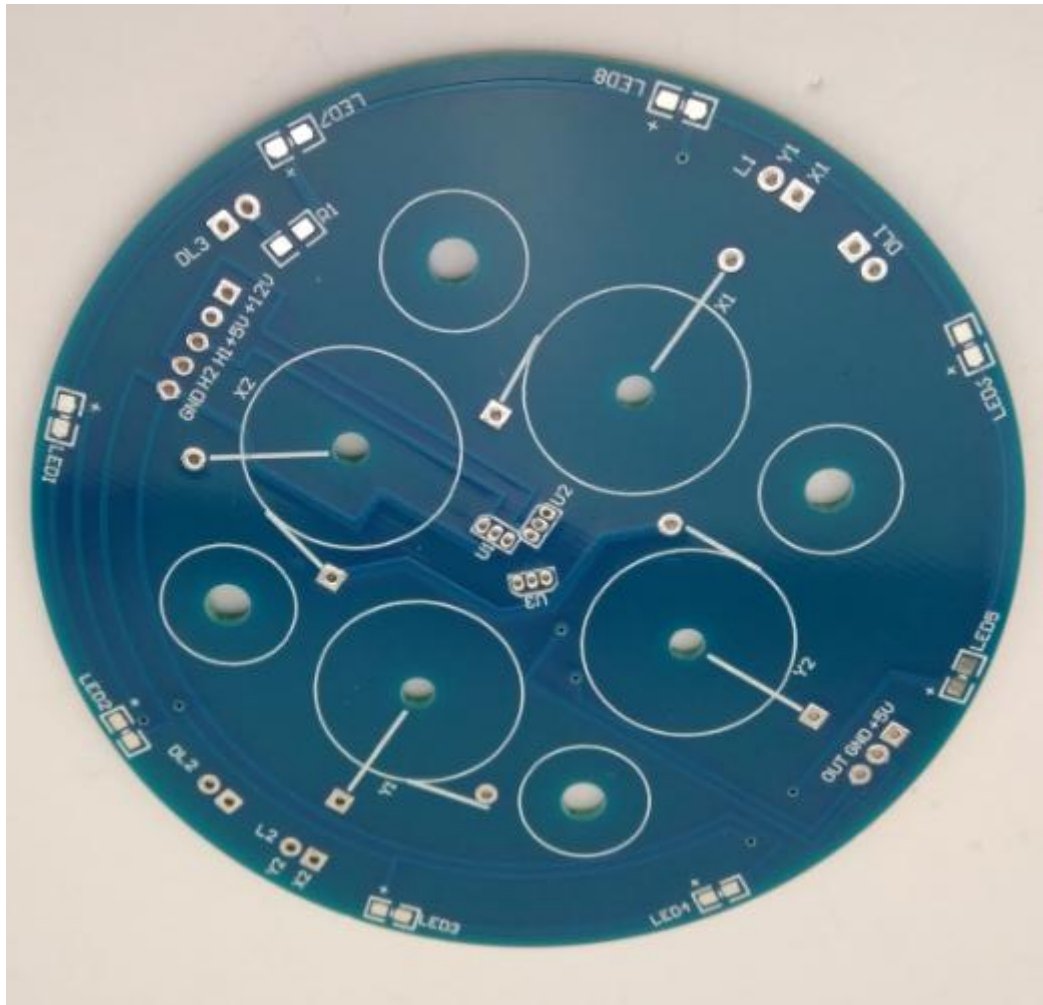


## 11. 安装单排母

Four black electronic components, likely connectors or relays, are shown on a white surface. Each component has a rectangular black body with gold-colored pins extending from one side. The components are arranged in a loose cluster: one on the left, one at the top center, one on the right, and one at the bottom center.



磁悬浮线圈电路板的装配

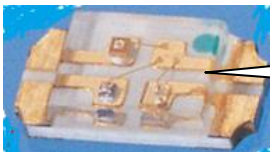


1. 安装贴片电阻 R1，贴片发光二极管 LED1-8

注：这些贴片元件为装饰用，不参与磁悬浮的控制，如果觉得不好看可以空着不装。

贴片发光二极管正负极区分

从正面观察发光二极管，会在其负极的一边看到明显的标志，标志会是下面图片上出现的形式：



这个小点  
就是标志



这个就是  
标志

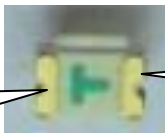
从背面观察发光二极管，可以看到如下形式

这边是  
正极



这边是负极

这边是  
正极



这边是负极

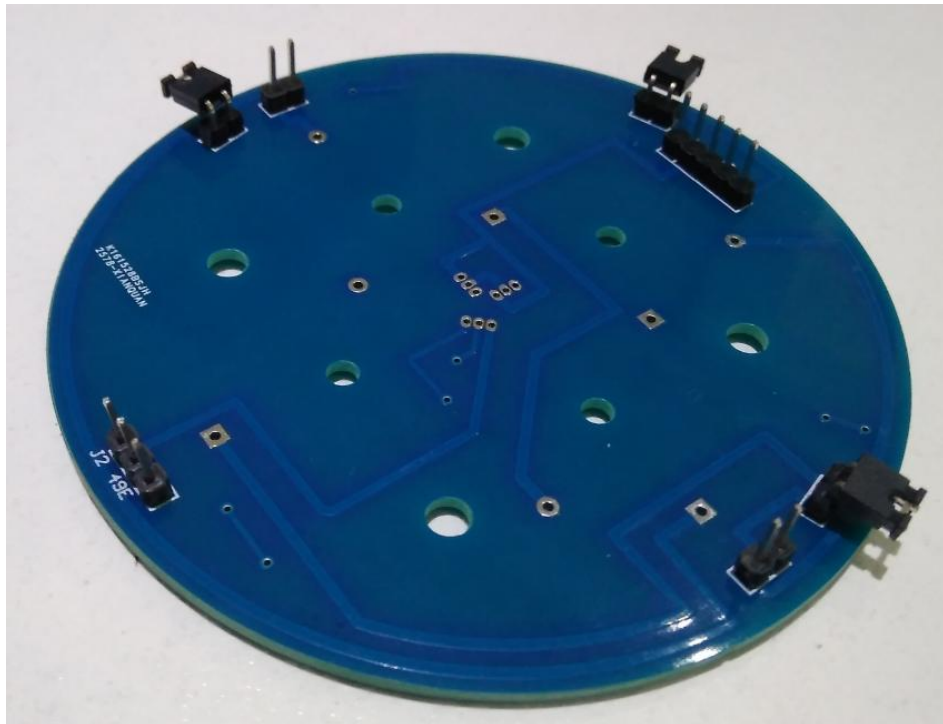
在电路板上贴片发光二极管的安装位置处有一个 ‘+’ 表示正极





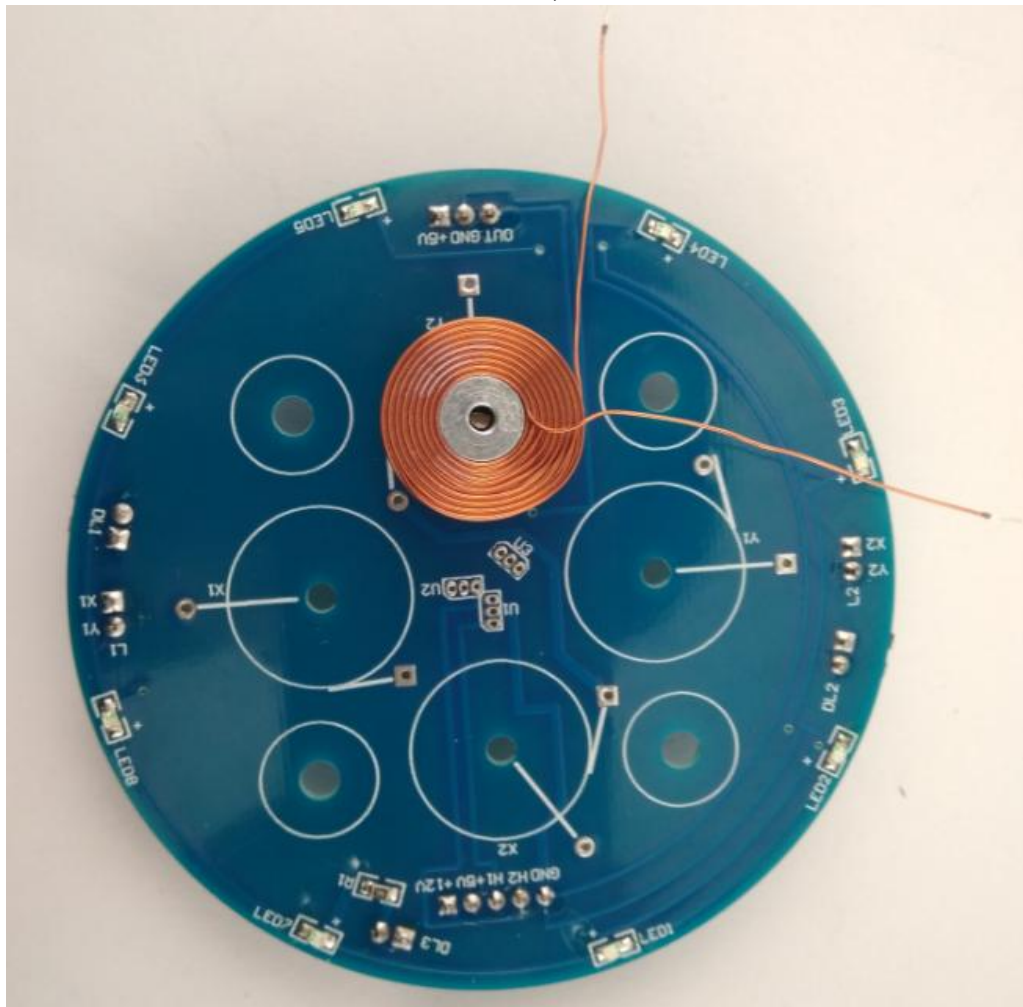
## 2. 安装排针

单排的弯针和单排指针都装到电路板的背面，把三个短路帽装到弯针上。



## 3. 安装霍尔传感器和电磁铁线圈

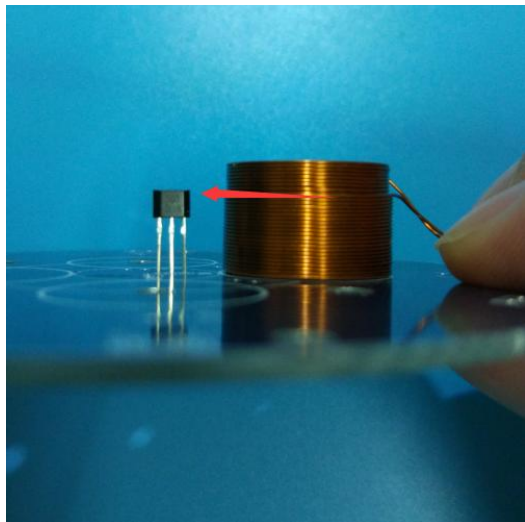
电磁铁线圈的安装方向，从线圈中心引出铜线的一面朝上。背面用 M3\*6 的螺丝固定到电路板上。四个线圈的上下方向相同。先只装好一个线圈，然后用这个线圈做高度参考来安装霍尔传感器。



霍尔传感器 U1 和 U2 分别用来检测 X 方向和 Y 方向的磁场变化。U3 用来检测上方的浮子是否存在



U1 和 U2 的安装高度如下图所示，特别要注意的是传感器高度和方向，不能太低也不能太高，安装好传感器要和电路板垂直，不要倾斜。U1 和 U2 安装的高度要相同

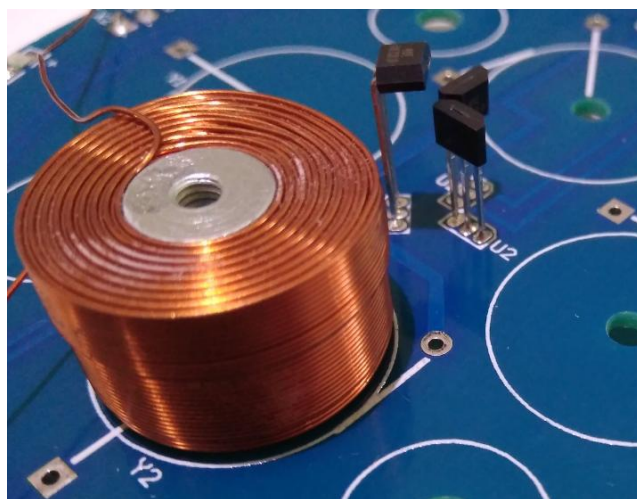
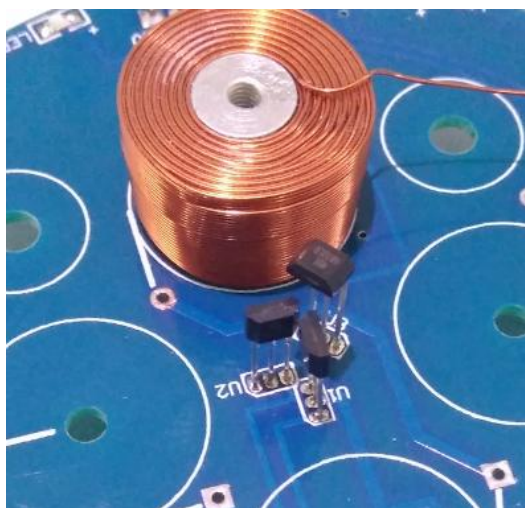
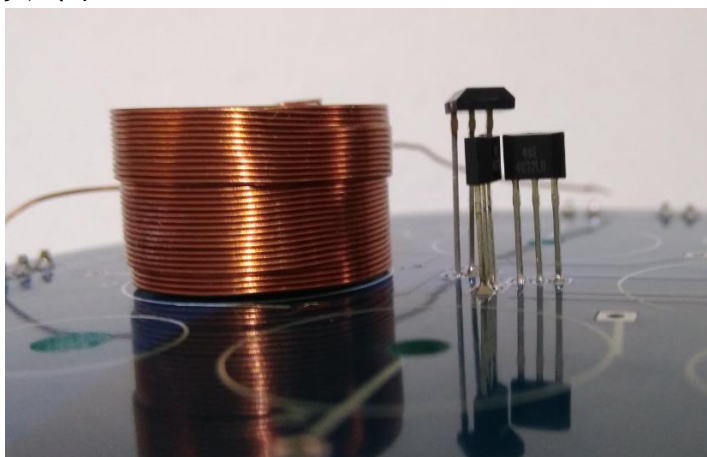
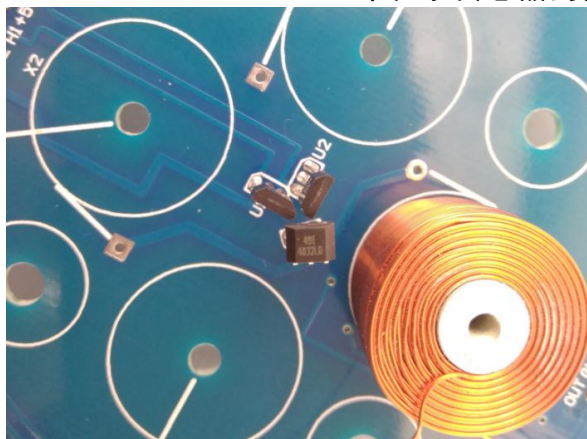


把剩下的一个霍尔传感器有字面向上，引脚从根部向下折 90°，如下图



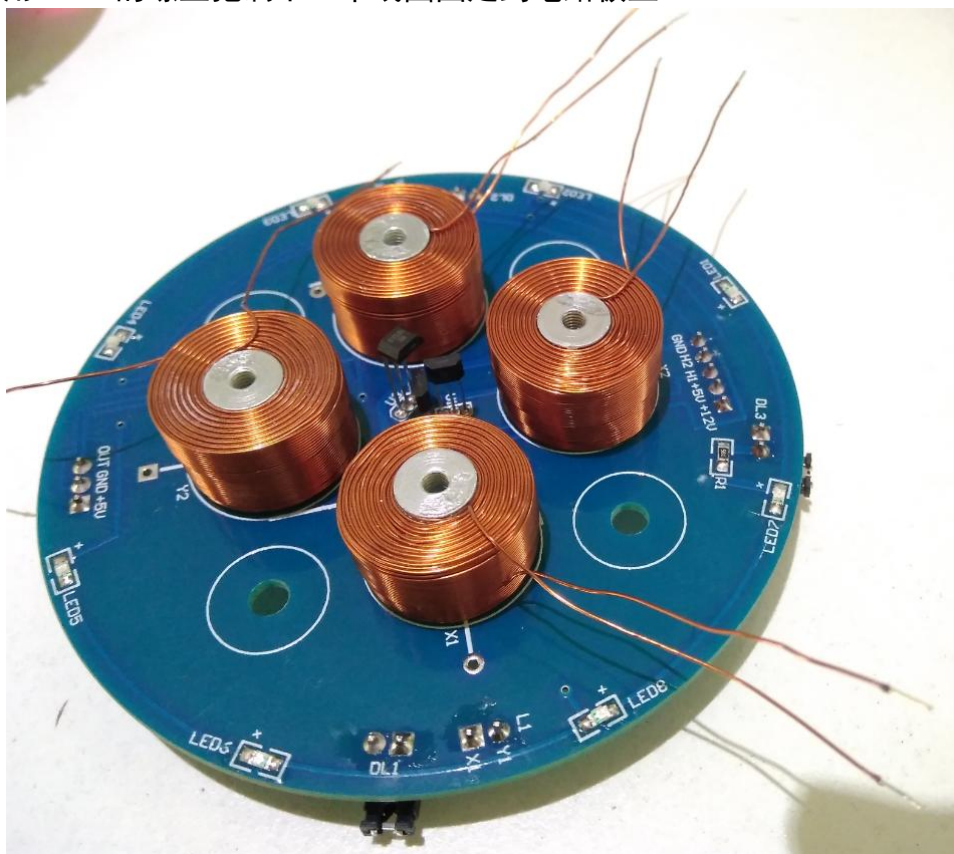
把这个折弯的霍尔传感器装到 U3 的位置。安装高度大于 U1 和 U2，U3 的位置越高，检测浮子也就越灵敏。所以尽量把 U3 装高些。

三个霍尔传感器的安装示范图

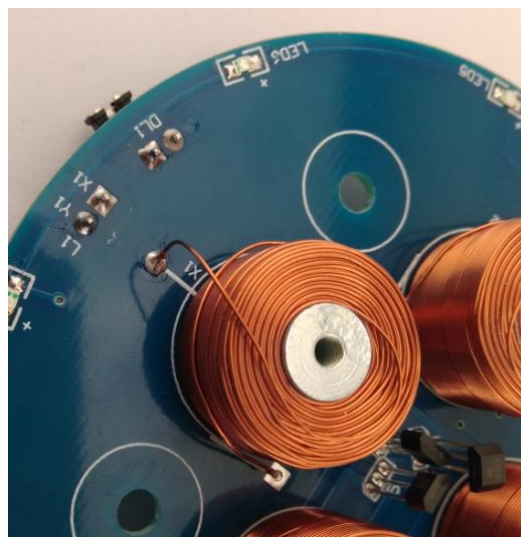
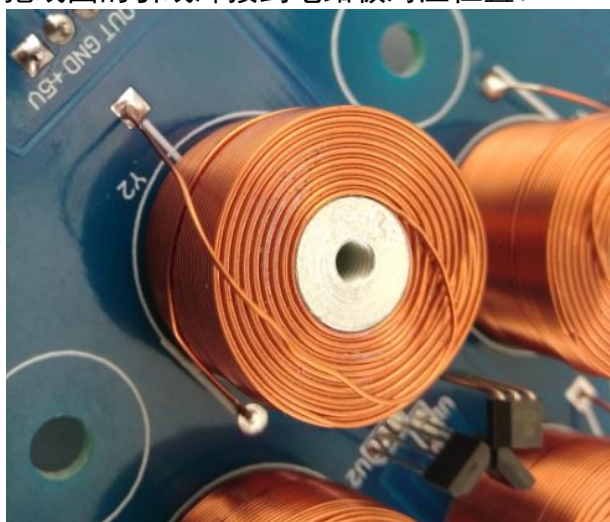




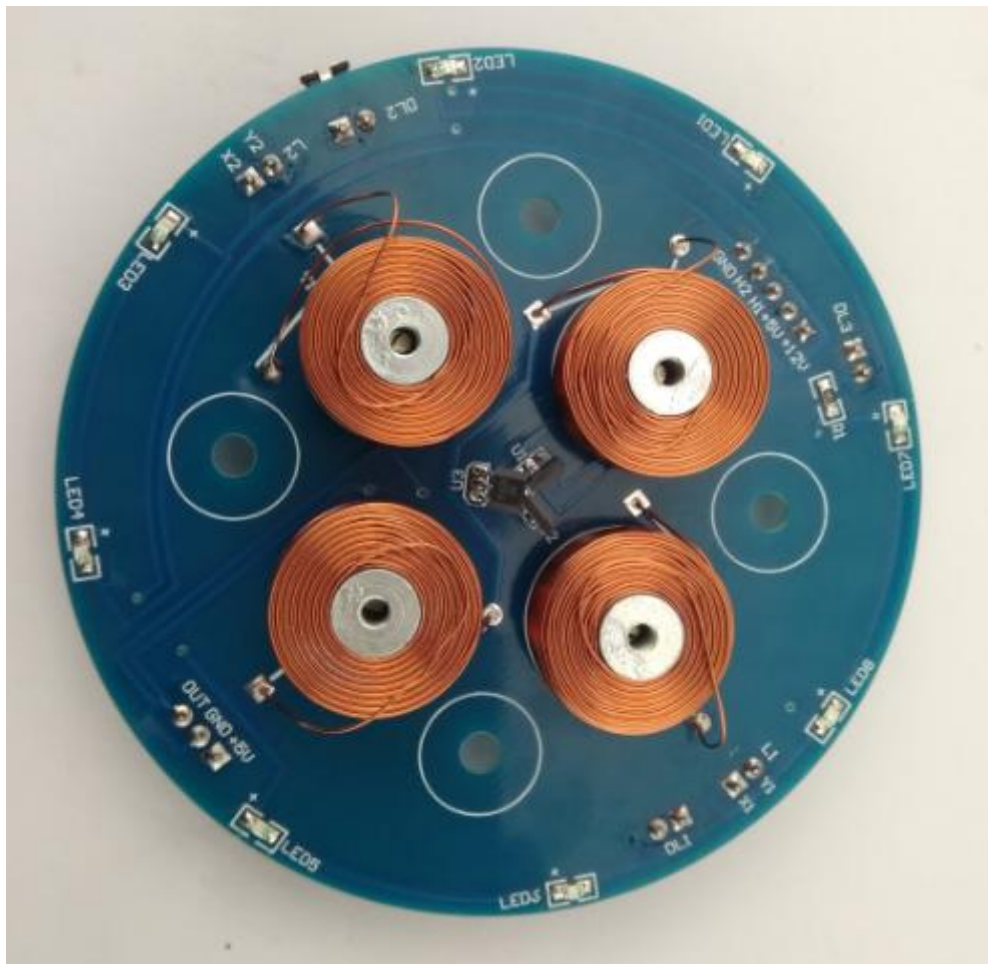
用 M3\*6 的螺丝把剩下三个线圈固定到电路板上



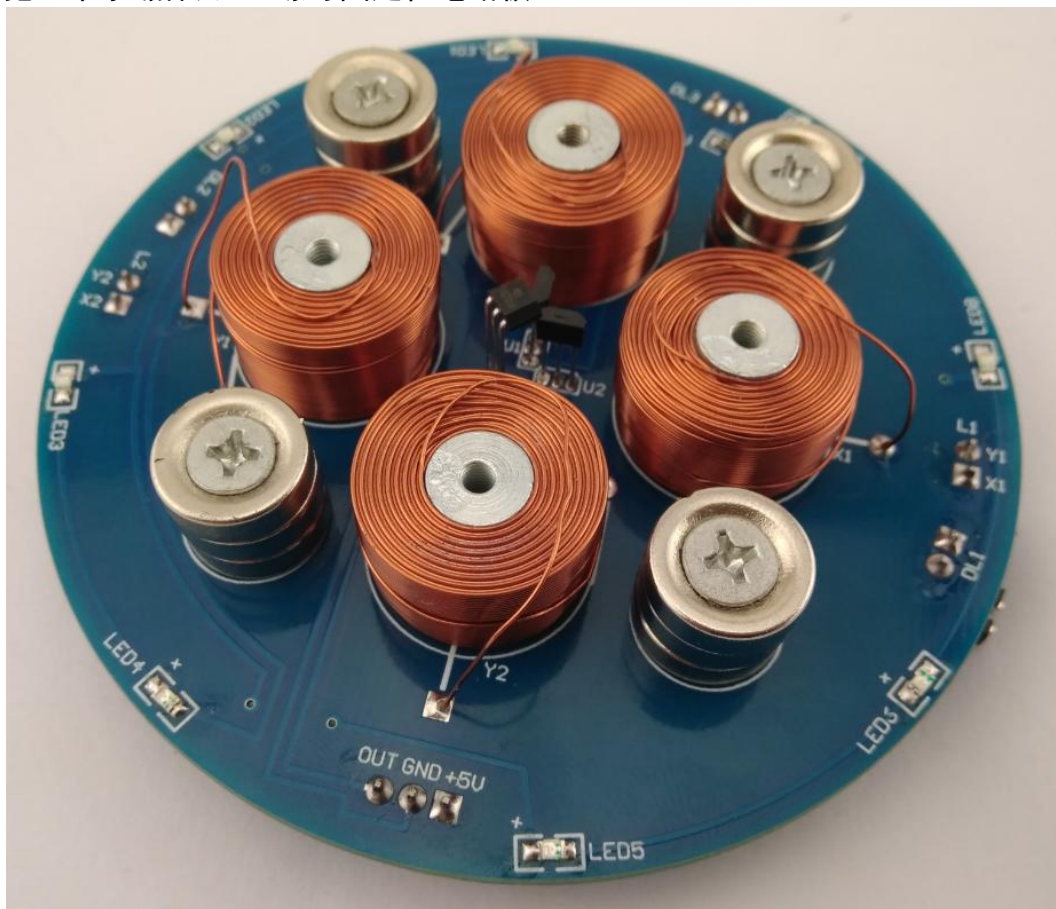
把线圈的引线焊接到电路板对应位置。



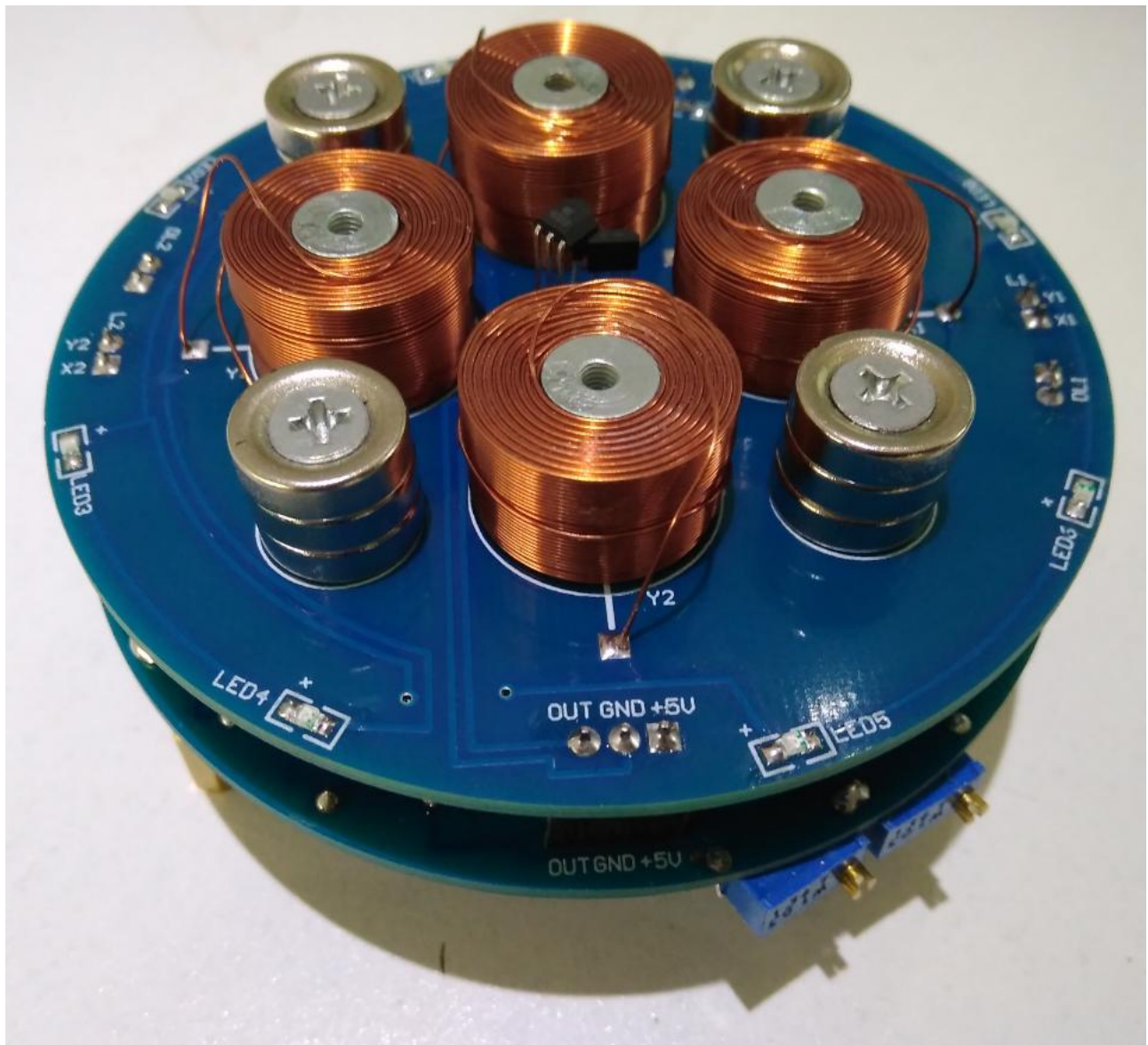




把 4 个永磁体用 M4 螺母固定在电路板上



把线圈板装到控制电路板上，准备通电调试



## 通电调试

此套件可以使用直流 7.5-12V 供电，供电接口为 DC05 插座，内正外负。  
供电前要确认电源的正负极，切勿接反。

本说明用调到 12V 直流的可调电源供电。





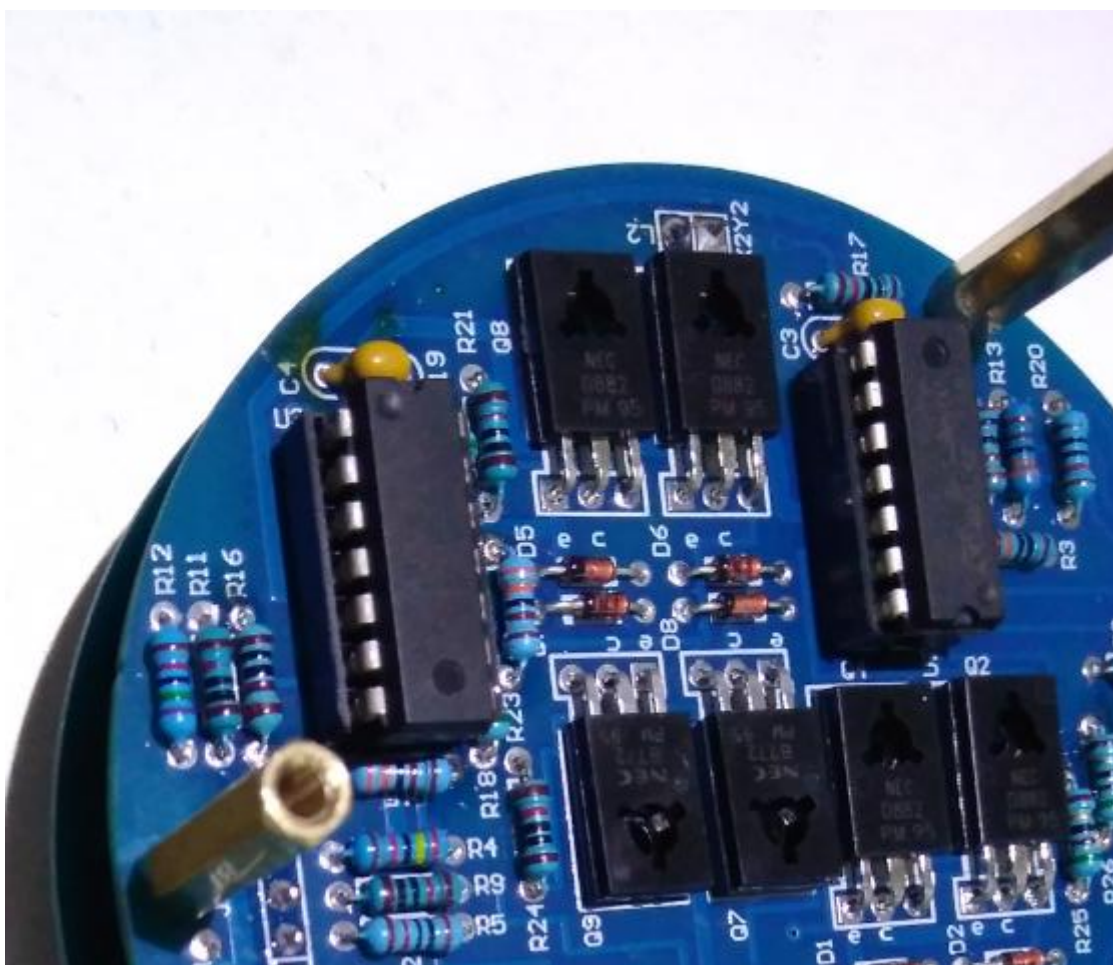
接通电源后，8 个贴片发光二极管点亮



LED1 点亮，LED2 处于微亮状态。如果通电后 LED 都不亮应立即断开电源，检查正负极有无接反。

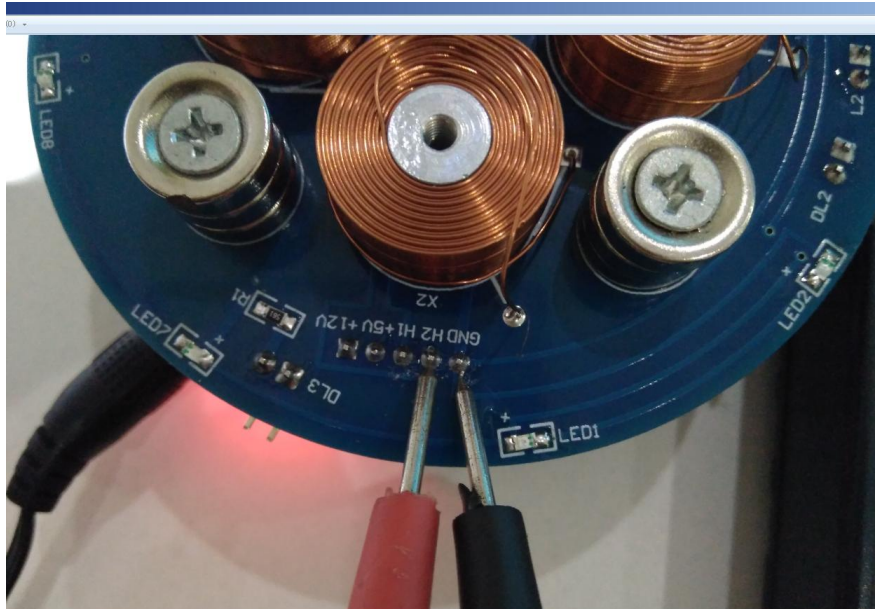


断开电源，把两个 LM324 装到 IC 座上。安装时注意方向，LM324 上的半圆缺口和 IC 座上的半圆缺口方向相同。然后接通电源。

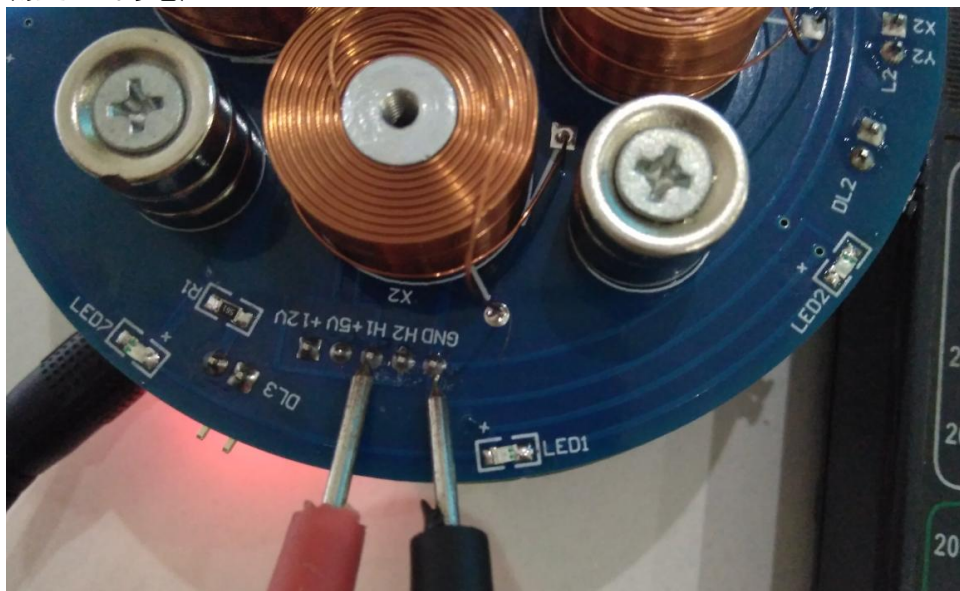


1. 用万用表测量线圈板上 H1 和 H2 位置的对地电压并记录。

测量 H2 电压



测量 H1 的电压

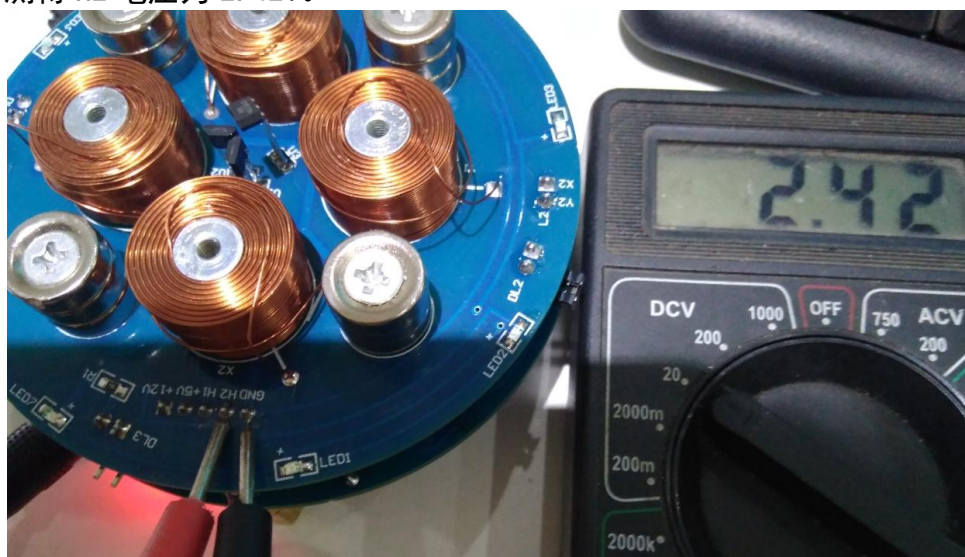


测得 H1 电压为 2.43V





测得 H2 电压为 2.42V。

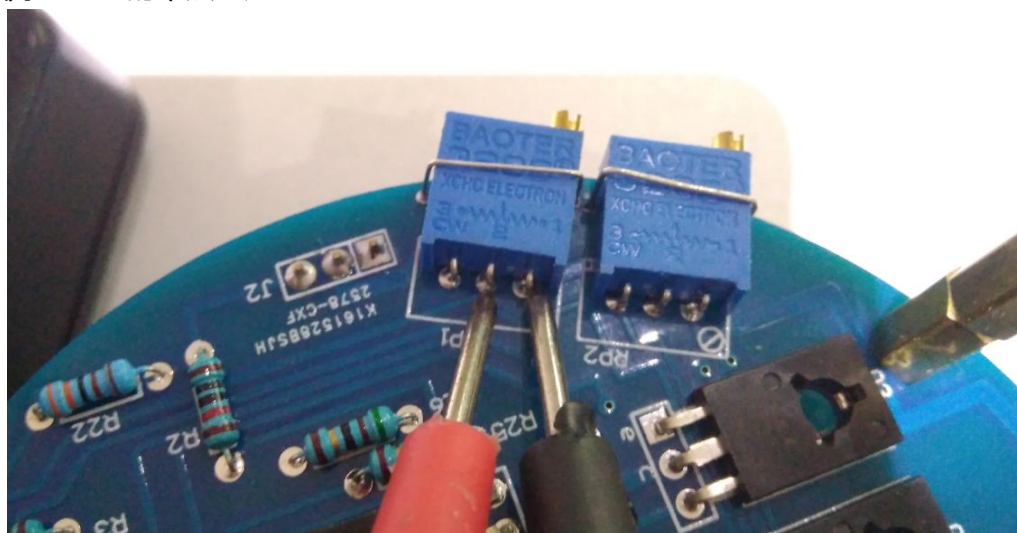


H1 和 H2 位置电压也就是霍尔传感器 U1 和 U2 的输出电压。在没有浮子的情况下，输出电压在 2.5V 左右，测得的电压值说明 U1 和 U2 正常。

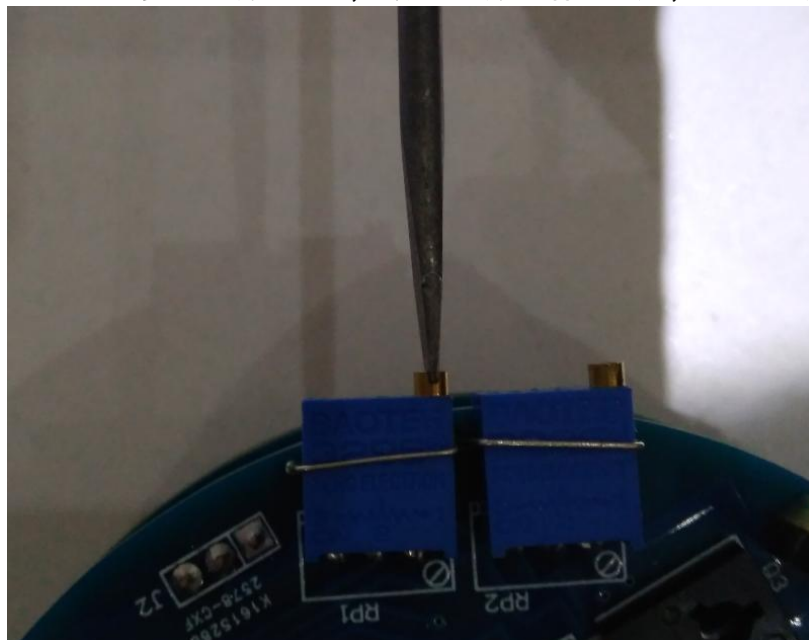
## 2. 测量和调节精密可调电阻 RP1 和 RP2 的中点电压。

中点电压也即精密可调电阻的第 2 脚(中间引脚)的对地电压，分别测量和调节 RP1 和 RP2，使得 RP1 的中点电压等于之前测得的 H1 电压，RP2 的中点电压等于 H2 电压。

测量 RP1 的中点电压



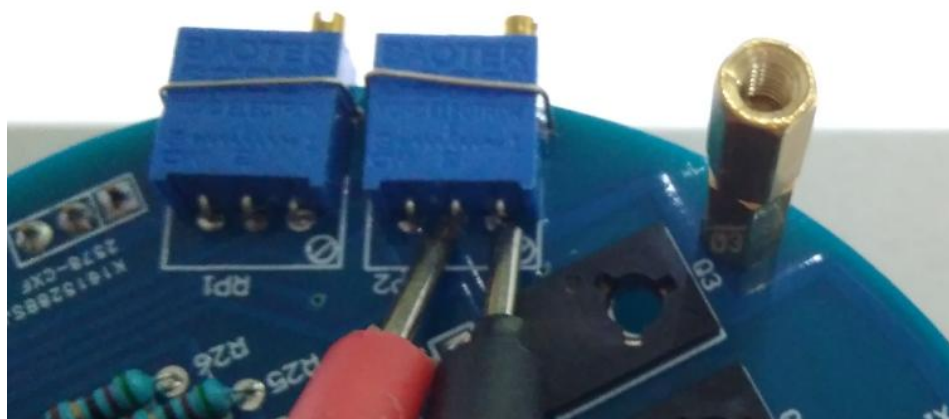
用‘一’字起子调节 RP1，顺时针调节增大电压，逆时针调节减小电压。



调节 RP1 中点电压到 2.43V。



测量 RP2 中点电压



用同样方法调节 RP2 中点电压等于 H2 电压 2.42V



### 3. 放置浮子

电压调节好以后，就可以放置浮子了。此套件为下推式磁悬浮，所以放置浮子时，要把浮子和下方磁铁相排斥的一面向下。才能悬浮。

首先用吸在一起的两个浮子试验，两个浮子磁力更强，初次放置成功率更高，待熟悉后可以只用一个浮子也可以悬浮。





把浮子从高处对准下面四个线圈的中心位置，慢慢向下靠拢。靠拢到一定位置后，U3 会感应到浮子的存在，控制板上的 LED2 亮度变高，四个线圈中会流过电路，产生电磁力控制上方的浮子保持在中心位置。

注：在放置浮子的时候，用一只手固定住下面的电路板。电路板要放在水平的桌面上。浮子要拿稳。  
一般说来，只要前面 RP1 和 RP2 中点电压和 H1 H2 电压调节到一致，浮子就能放上去正常悬浮。如果放浮子的时候感觉到浮子偏向一边，则很可能是霍尔传感器 U1 和 U2 没有安装在线圈的正中心。

例如在放置浮子的时候感觉浮子偏向 X1 线圈，则是霍尔传感器 U1 没有安装在线圈 X1 和 Y1 的正中心，由于感觉浮子偏向 X1 线圈，则把 U1 往 Y1 线圈的方向稍微拨位移一点点。如果浮子向 Y1 方向偏，则把 U1 往 X1 线圈的方向稍微拨位移一点点。

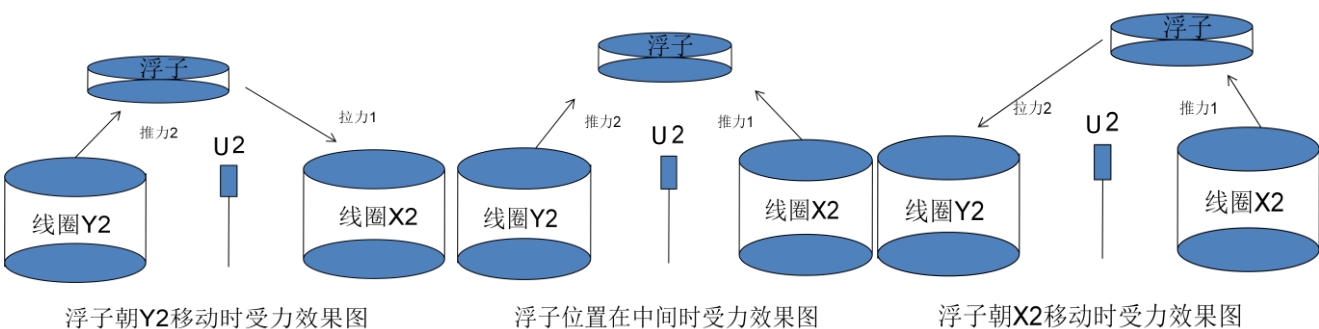
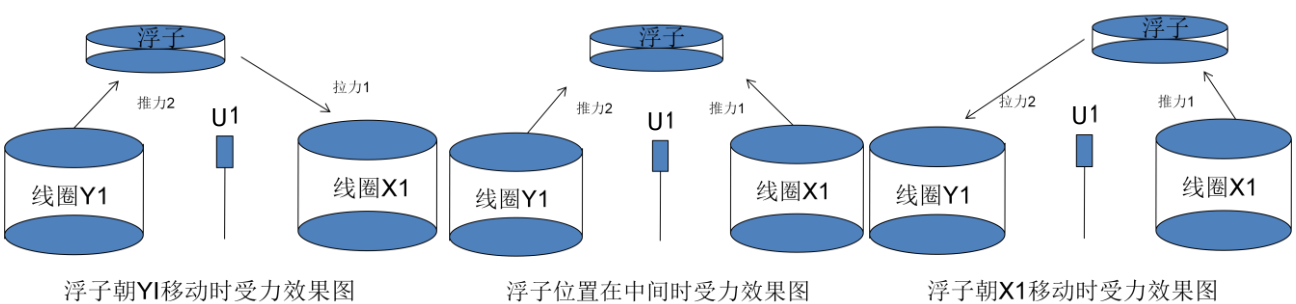
同理，若浮子在 X2 和 Y2 线圈方向上偏离，就拨动霍尔传感器 U2。方法和上述相同。

资料中有一段视频演示了放置浮子的过程，可以看看后再放置，下面简单介绍一下原理。

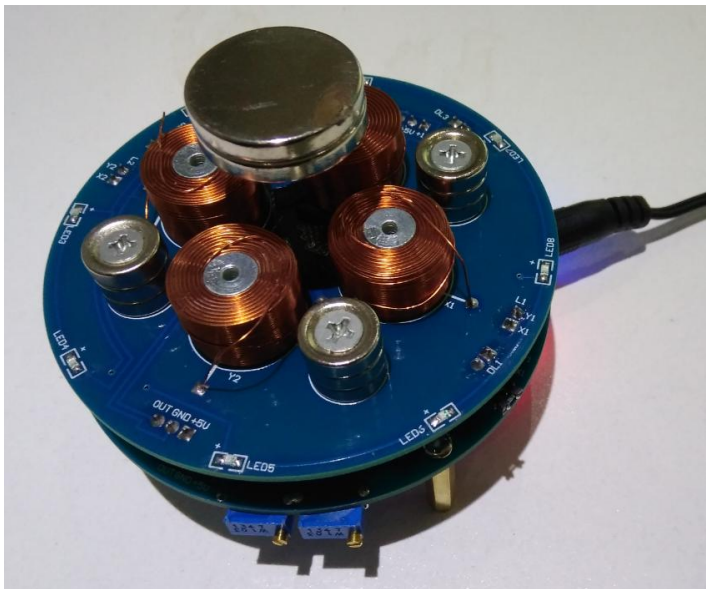
线圈工作原理：

磁悬浮有 2 组线圈，U1 传感器采集线圈 X1 和线圈 Y1 之间的磁场变化值，U2 采集线圈 X2 和线圈 Y2 之间的磁场变化值，磁场的变化来自于上方浮子的位移。

浮子受力示意图：



在浮子可以悬浮后，微调 RP1 和 RP2 (注意是微调)，可以发现浮子在上方随着调节而移动，电流也在变化。



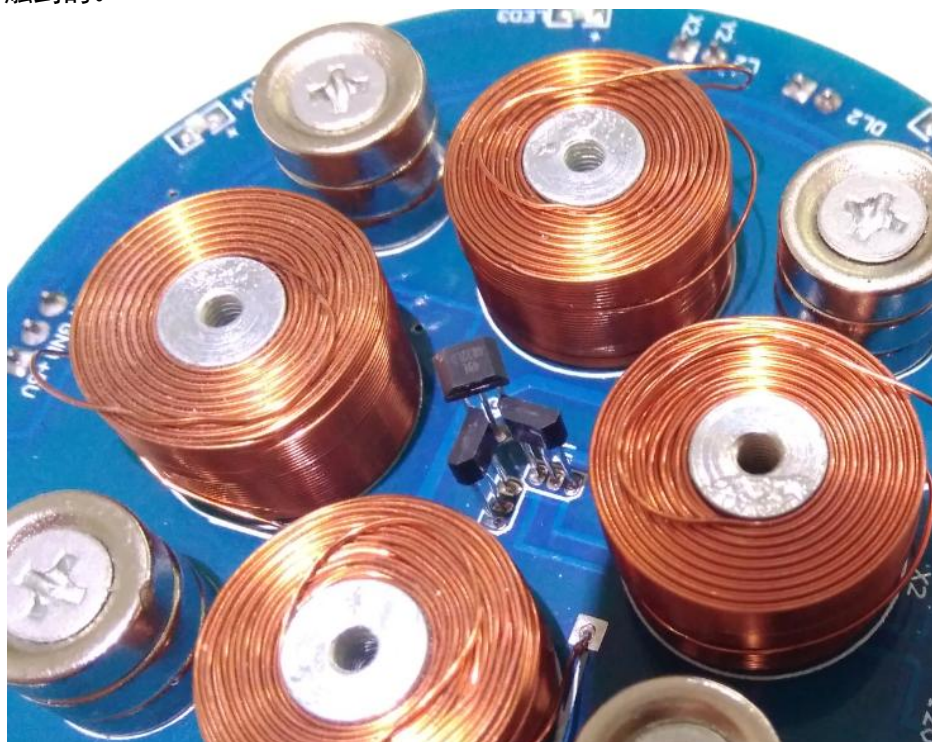
细心调节 RP1 和 RP2，尽量降低供电电流，在 12V 供电下，电流可以降到 40mA。理论上电流越低，越稳定。



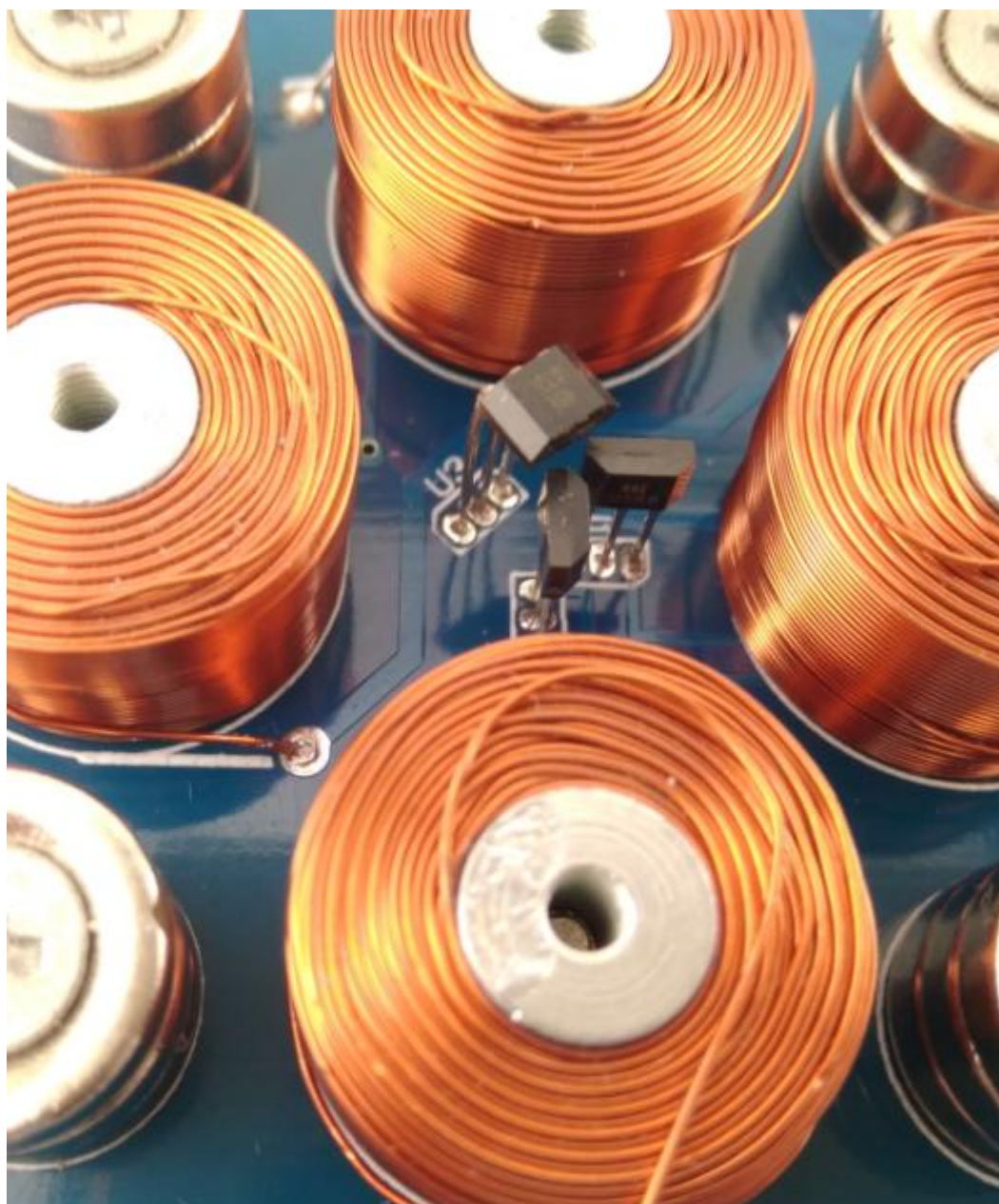
如果不是用可调电源供电，看不到供电电流，则可以在功率电阻  $R_L$  两端引出导线，用万用表低电压档测量  $R_L$  两端的电压，通过换算得到电流， $R_L$  电阻为 1 欧姆。

### 可以悬浮但不稳定的解决。

在元件安装无误的情况下，不稳定一般是由于两个霍尔传感器 U1 和 U2 的位置没有装好引起的，在焊接 U1 和 U2 时，一定确保霍尔元件和电路板是垂直状态。两个霍尔元件不能靠在一起了，如果 U1 和 U2 安装垂直度好的话，是不会接触到的。







### 供电的原因

不是使用的可调电源供电。而是用的开关电源供电的话，比如电源适配器，由于开关电源的纹波较大，也会干扰到磁悬浮，表现为浮子剧烈的抖动，这可以通过在磁悬浮电源插座处并联一个 100 $\mu$ F 的电解电容和一个 104 的瓷片电容来消除纹波干扰。

