

前言

这两天，一个群友和我要了几次有刷电调的资料，我也一直借口要整理一下，拖着没给。今天抽点时间，把以前的东西大概的整理一下，作为教程四。

有刷电调这个东西，我以前也写过不少简单的文档，介绍的居多，当时我的电路和代码设计，也有不少错误，这次的教程，我全面做个修改和整理。

以前写过的相关资料，我也单独给出。但是里面很多错误，我也懒的修改了，大家勉强作为科普材料看看吧。

还是老话，个人水平有限，接触时间尚短，所以有错误在所难免，大家勉强看一看。

电调硬件焊接

我大概给我的有刷电调分个类，一类是 1s 的有刷直流电调，另一类是 2s~3s 的有刷直流电调。这里的 s 表示锂电池的串联个数，1s 大概是电压 3.5~4.2V 的电调，2s~3s 是电压 7~12.6V 的电调。

有刷电调大概由 5 个部分组成：

1、单片机；2、单片机供电电路； 3、MOS 管；4、MOS 驱动电路；5、续流二极管

1s 的有刷电调，它的电压范围是 3.5~4.2V，所以它不需要单片机的供电电路，电池可以直接接到单片机的电源引脚上。

它也不需要 MOS 驱动电路，因为 1s 的电压，根本驱动不了普通的 MOS 管。

普通的 MOS 管的完全导通电压都是在 7V 以上，所以 1s 的有刷电调，它只能使用超低压导通的 MOS 管，而不能使用普通的 MOS 管，否则 MOS 管工作的时候，因为不完全导通，它会因为内阻很大，而异常发热。

怎么区分普通 MOS 和超低压导通的 MOS？请看我附带的一些资料文档，里面有答案，这里我不重复了。

因为一般超低压导通的 MOS 管，通常电流都很小，几个安培而已，所以 1s 的有刷电调，多用在玩具和小四轴之类的上面。

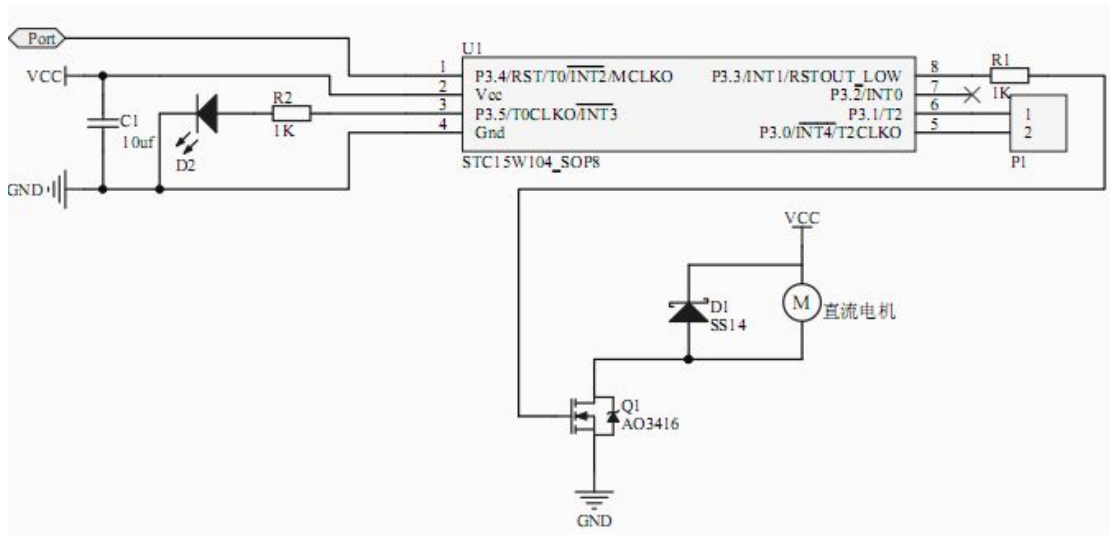
有人要问，我非要用普通的 mos 管，做一个 1s 的超大电流的有刷电调，哪应该怎么办？

加装 MOS 驱动电路和升压电路，升压电路可以采用自举升压或者淘宝买现成的升压板。

驱动电路怎么办？可以采用 mos 驱动芯片或者用三极管来实现。

1s 有刷电调

下面简单画一个 1s 的有刷电调的原理图。



上图的 R2 是 LED 的限流电阻，我自制电调的时候都常常省略。

D2 是个发光二极管，它的作用有两个：低电压报警和电调行程调节的提示灯。

C1 最好不要省略，C1 不过是一个很小的贴片电容，没省略的必要。加了 C1 后，也能有效的提高单片机的稳定性。

单片机是 STC15W104，这是个宽电压的单片机，1s 的电压就正常工作。顺便它还可以检测 1s 锂电池的电压，当电压小于你烧录时的设定值，D2 就会常亮或者闪烁。

R1 是单片机和 MOS 管之间的隔离电阻，也不要省略。

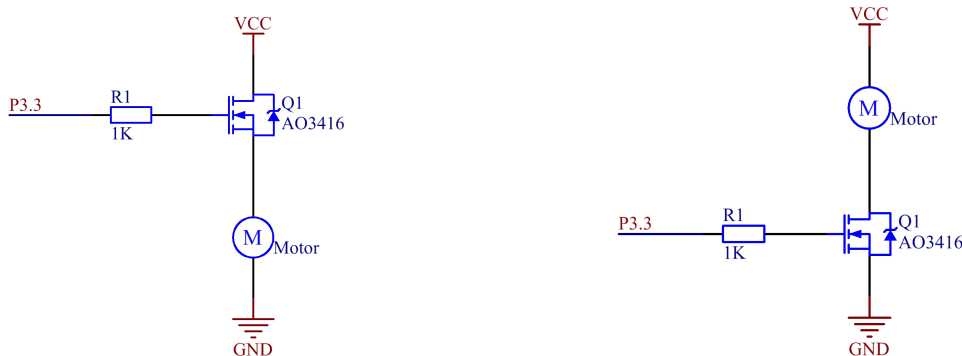
SS14 是一个肖特基二极管，也叫续流二极管，作用是一样的，短路掉有刷电动机的反相电势，保护 MOS 管。注意 SS14 是反相接入电路的，正向接入就是短路了。

Q1 是一个超低电压导通的小功率 N 沟道 MOS 管，AO3416 或者 AO3400 都可以，参数稍有差别。你当然也可以换别的功率更大的 MOS 管，只要是超低电压导通的就可以了。

MOS 管是电调的核心元器件，电调能承受多大的电流，全看 MOS 管。

MOS 管可以并联几个一起使用。

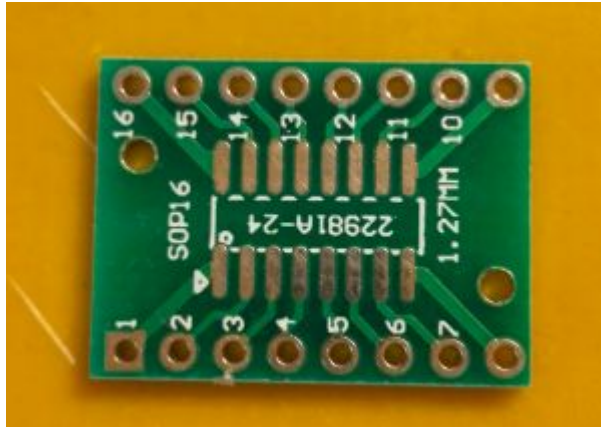
这里注意 MOS 管和电机的接线方式，左图是错误的，右图才是正确的。错误原因看资料。当然如果是 PMOS，你自己想。



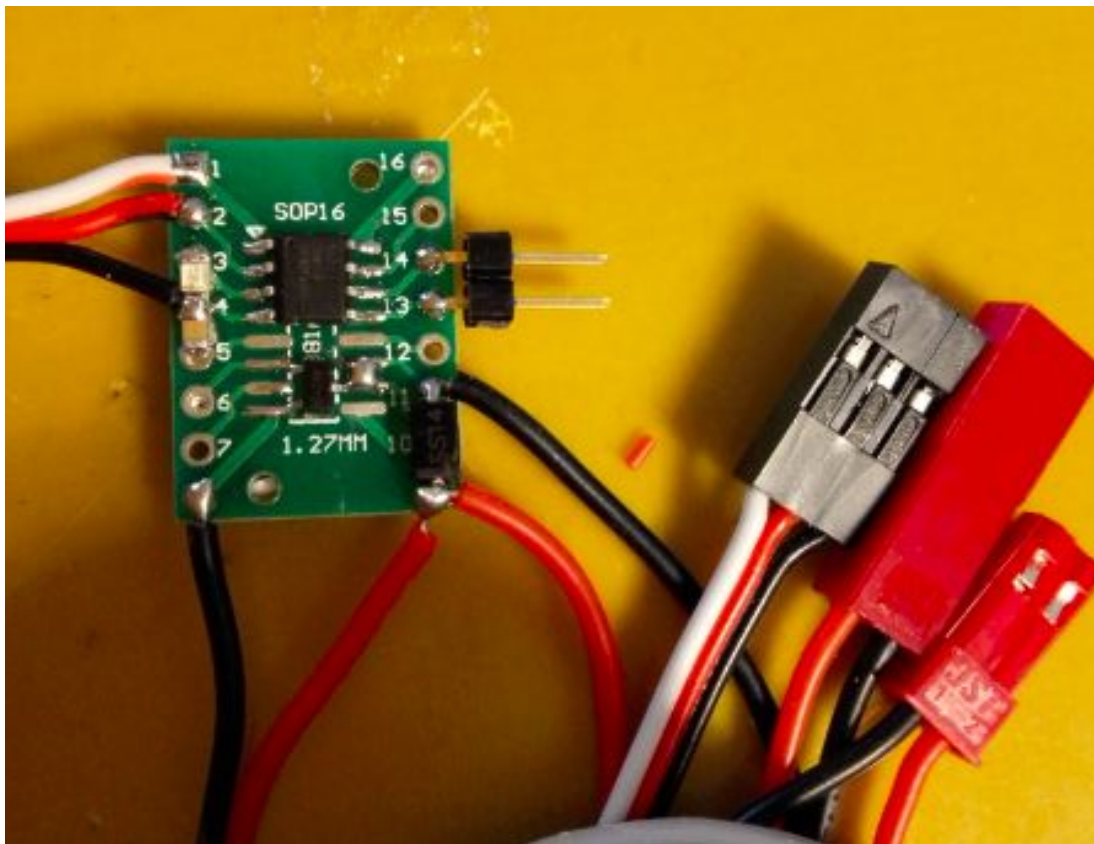
错误的接线方式，会导致 mos 管发热，并且电机达不到最大功率。

下面几张图是我做的 1s 贴片小电调，大概看一下，我借用 SOP16 转 DIP16 的转接板焊的。

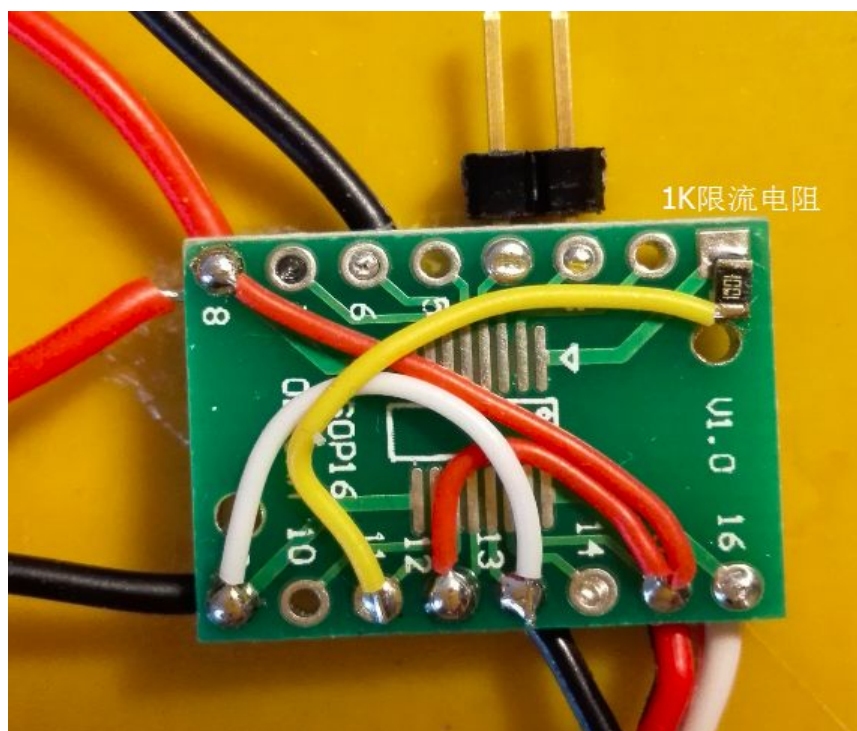
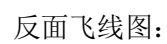
先准备一块 sop16 转 DIP16 的转接板



然后摆上元器件，并且焊接正面，贴片元件我都是先用胶水粘上再焊的，所以焊的比较整齐。



上面的 2 根杜邦排针是烧录程序用的，程序烧录好后，也可以去掉。焊接的时候，大家尽量根据原理图来焊，而不是我的实物图。我现在焊了几次，原理图都搞的非常熟悉了。



我这里也有并联的 4 个小 mos 的热转印做的大电流 1s 小电调，不幸的是当时热转印忘了镜像打印，导致我飞了好几根线，变的很难看，所以就不拿出来献丑了。

上面的 1s 有刷小电调，驱动 180 强磁电机或者 N30 强磁，或者 716 空心杯之类的，都可以胜任，最大电流在 3A 左右，再大就不行了。

讲这么多，都只是启发、入门的知识。

大家可以根据自己的需要，设计一款更好的 1s 有刷电调，没必要和我做的一模一样。

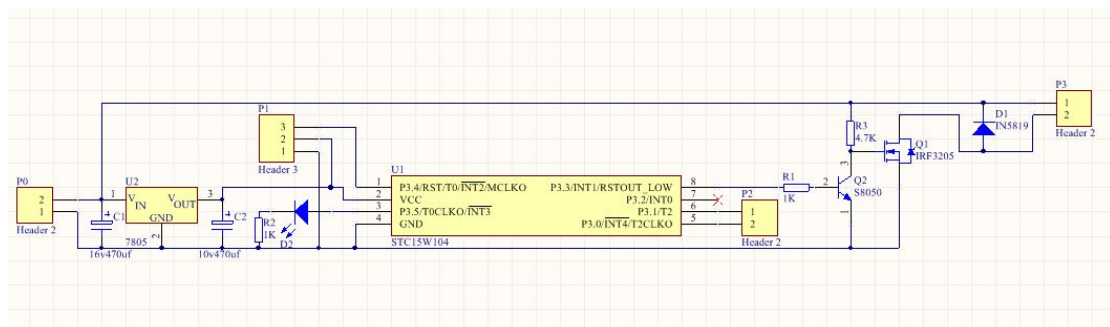
2s~3s 有刷电调

讲这个以前，看到某个 QQ 群，有人到处求 16S40A 的电调，当然他肯定要的是无刷电调，不是有刷的。

但是如果让你设计一款 16S 40A 的有刷电调，你会怎么处理呢？

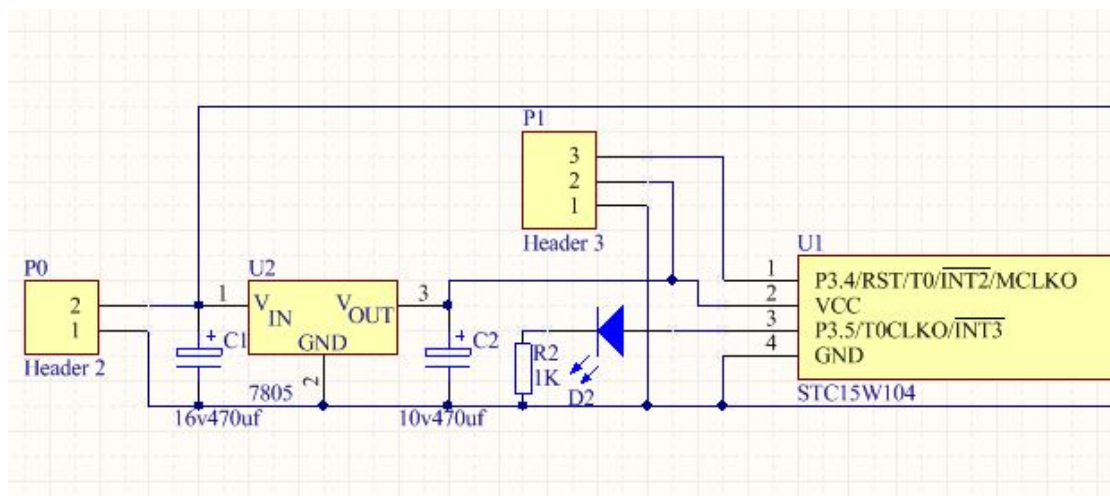
带着这个问题，你可以看下面的讲解了。

首先就是电路图：

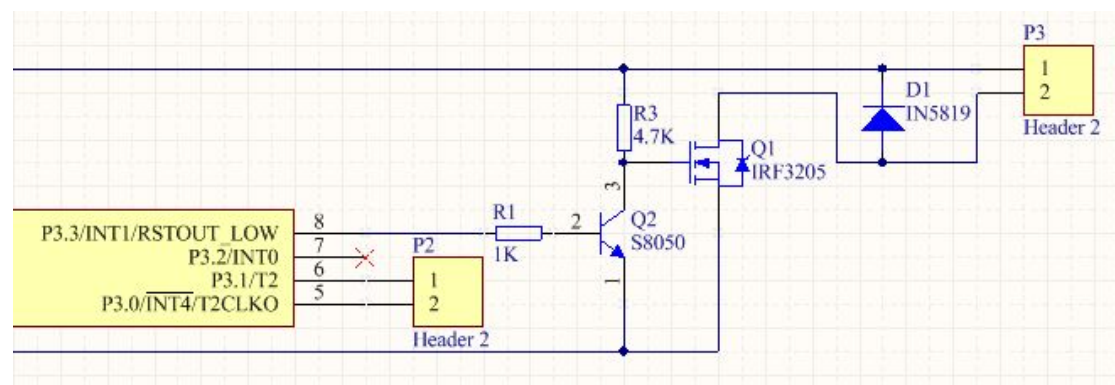


这个电路图比较长，所以比较糊。下面分成 2 部分。

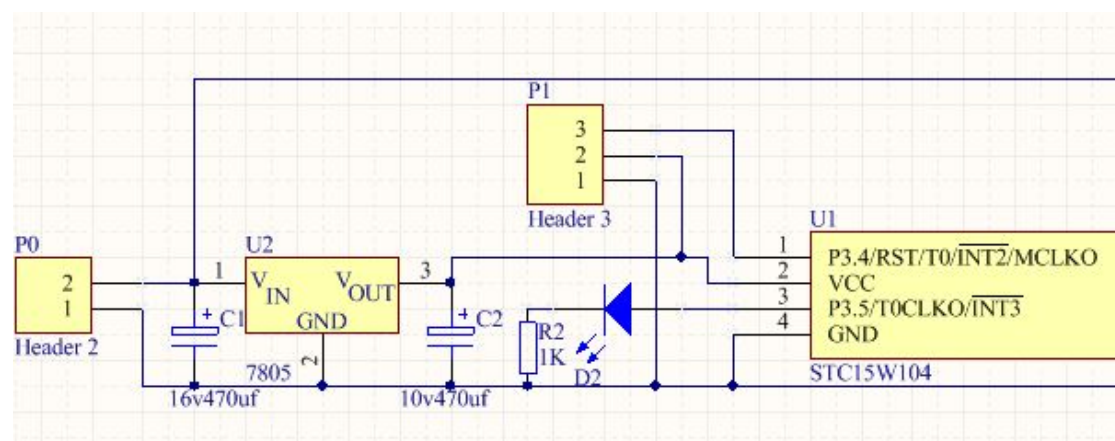
左边：



右边



先看看左半部分，也就是下图，主要就是一个 7805 的降压电路，也就是给单片机供 5V 电的电路。



因为电调的电压波动比较大，所以两边都用了 470uf 的电解电容，耐压值有点差距而已，一个是 16V 的，一个是 10V 的。

当然，你也可以用 2 个 25V 470uf 的，或者更大容量 1000uf 以上，更大耐压的电容。

只要你不觉得电容个头太大就没问题。

其实最好还可以在输出端并一个 104 的瓷片电容，也就是 0.1uf 的小电容。

这个我省略掉了，因为没地方画了……。

D2 是一个发光二极管，R2 是它的限流电阻，这个 R2 最好不要省略，5V 电压下，发光二极管有可能会烧坏的…… 这里 D2 的作用是用来做电调行程调节的提示灯的。

P0 是一个接线端子，接 8.4V 或者 12.6V 的 2s 或者 3s 锂电池的。

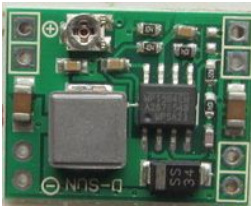
P1 是一个 3 芯排线端子，可以输出 5V 电源给接收机，也负责输入电调信号。

另外说一下单片机，1s 电调用的单片机是 STC15W104，因为 W 表示宽电压，也就是这个单片机从 2.5~5.5V 的电压都可以用。

但是 2S 的电调，单片机也可以是 STC15F104，因为 7805 提供的是 5V 电压，15F104 就是 5V

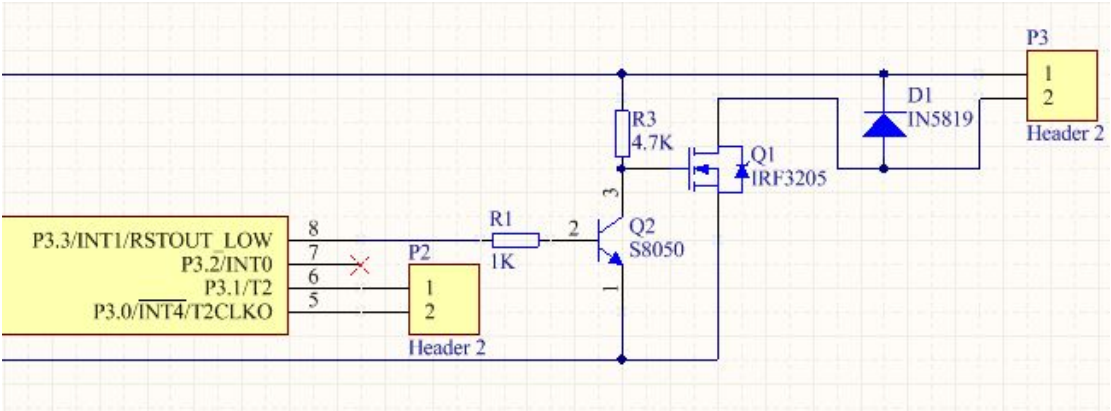
的单片机。
同时 2s 的有刷电调，也失去了电池低电压报警的功能。因为 7805 始终输出 5V 电压。

顺便说一下，这里的电池是 2s~3s，4s 的电池其实也能用。
如果电压更高，那么单片机的 5v 供电电路就不能用 7805 了。
因为 7805 这个三端稳压器，它的输入和输出的压差太大，会降低输出功率，并且增加自身的发热量。7805 的优点是简单便宜，但是他的输出电流比较小，最大也就 1A 左右。
所以如果电池的电压太高，或者输出电流需求比较大，还不如换一个淘宝上的大电流降压模块，那种模块个头超小不说，电流一般都是 2~3A，发热也低，还是开关降压。



型号/名称	超小DC-DC降压电源模块
输入电压	4.5V~28V
输出电压	0.8V~20V
输出电流	3A (最大)
转换效率	96% (最高)
输出纹波	<30mV
开关频率	1.5MHz (最高)，典型1MHz
工作温度	-45℃~+85℃
尺寸大小	22mm * 17mm * 4mm (长*宽*厚)

再看看右半部分：



P2 是烧录端，是 2 个杜邦针，用来给单片机烧录程序的。
R1 是隔离电阻，最好不要省略，免得后面的三极管坏掉的时候，单片机也跟着倒霉。
Q1 是 MOS 管，我这里选了 IRF3205。这个三极管是普通的 MOS 管，大概 7V 以上的电压才能完全导通，所以我加了三极管做驱动。因为单片机的引脚输出电压不会超过 5V，无法让这个 MOS 管完全导通。当然，你也可以去掉驱动电路，换上低电压导通的 MOS 管，比如 IRLR7843 之类的。可谁让我买了一堆的 3205 呢？不得已只好做驱动。当然，如果你买大电流的 MOS，可以考虑 IRF1404(群主推荐)，它比 3205 内阻更小，发热更低。

这里重点说一下 R3 的阻值。
因为这个 MOS 驱动是用一个 NPN 的三极管和 1 个电阻构成，当三极管导通的时候，MOS

管的 G 极相当于接地，MOS 管关闭；当三极管截止的时候，MOS 管的 G 极相当于通过电阻 R3，接到电源正极，MOS 管导通。

所以 R3 的阻值不能太小，否则静态功耗会比较大。也就是说，电机不转的时候，三极管 Q2 导通，R3 相当于直接接在电源的正负极上，一直有热功耗产生。

我原先的设计 R3 的阻值用的是 10K，三极管用的是普通的 NPN 三极管 2N5551，也一直正常的。后来我三极管 SS8050 买了一大袋便宜货，所以我做第二个电调，我就换上了 ss8050。这个时候，奇怪的事情发生了，电调失效了。

折腾了半天，换了别的型号的 NPN 三极管就好了。

难道 ss8050 不适合做 mos 驱动吗？

但是我后来发现冷血无刷电调里面的 MOS 驱动，都是用的 8050 三极管，唯一的不同就是他的电阻是 4.7k 的。

我马上去实验，果然是 R3 阻值的问题，这个阻值不能太大。原因我大概估了一下，ss8050 是大电流的三极管，当它截止的时候，它 be 之间的电阻远小于 10k，导致 mos 管 G 极的电压甚至达不到启动电压。

换别的小电流 NPN 三极管，截止的时候，be 之间的电阻却远大于 10k，所以 mos 管可以正常开启。

问题找到了，把 R3 的阻值统一改成 4.7k 或者 5.1k 就可以了。这样所有的 NPN 三极管就通吃了。

虽然静态热功率又提高了，但是总算解决问题了。

也有可能是我这批廉价的国产 ss8050 的质量太差，截止的时候电阻还那么小。

继续讲一下三极管 Q2 的驱动原理。

在这里，Q2 的作用不是放大信号，而是作为开关管，所以 Q2 没有偏置电阻。

Q2 的 123 表示三极管的 ebc 三个极。

没有三极管基本知识的同学，这里最好去百度一下三极管的基本知识。

当单片机 P3.3 脚输出一个高电平 5V 的时候，Q2 的 Vbe 远大于三极管最小导通电压 0.7V，所以 Q2 的 ce 导通，这个时候，mos 管的 g 极，通过 Q2 的 ce 极，相当于接地，也就是 G 极电压为 0。

虽然有 R3 的弱上拉，但是因为 ce 间电阻近似于 0，属于强下拉，所以弱上拉无效。

当单片机 P3.3 脚输出一个低电平 0V 的时候，Q2 的 Vbe 为 0V，小于最小导通电压 0.7V，所以 Q2 的 ce 截止。这个时候，mos 管的 G 极，通过弱上拉电阻 R3，接到了电源的正极，也就是 G 极电压为电源正极的电压，MOS 管导通。

以上可见，单片机输出高电平，mos 管截止，输出低电平，mos 管导通。

所以程序里面，如果想让电机转，就要输出低电平，想要关电机，反而要输出高电平。

也就是要反相一下。

有人问，如果我不想反相呢，那么就得接 2 个三极管驱动了。具体电路我不画了。

我觉得软件里面改改程序，总要比多焊 1 个三极管，1 个电阻来的方便。

最后是 1N5819，这个其实就是 SS14，不过他不是贴片的，是直插的。

SS14 上面还有 SS24，SS34 等等，个头一个比一个大，最大电流分别是 1A、2A 和 3A。

顺便说一句，这里的肖特基二极管最好不要省略，电动机的反相电动势会累积，很容易烧掉 MOS，别看 MOS 里面也集成了一个肖特基二极管……

这里强调一下肖特基二极管的正负极的接法，1s 和 2s 的电路一个道理。

这个很重要，你不想你的作品因为短路直接冒烟烧掉，就好好看看。

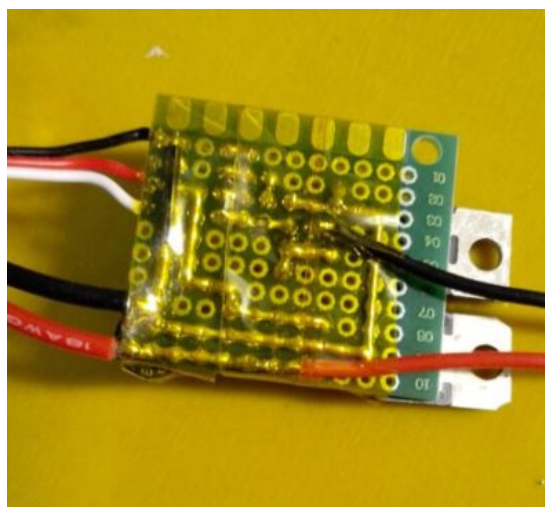
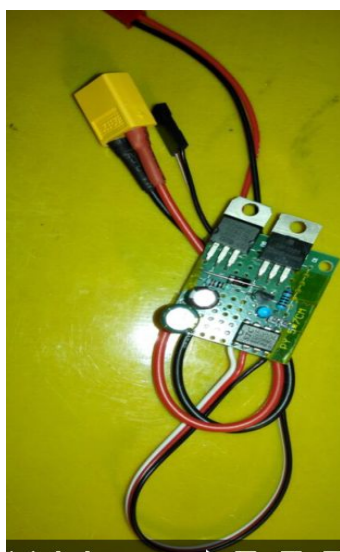
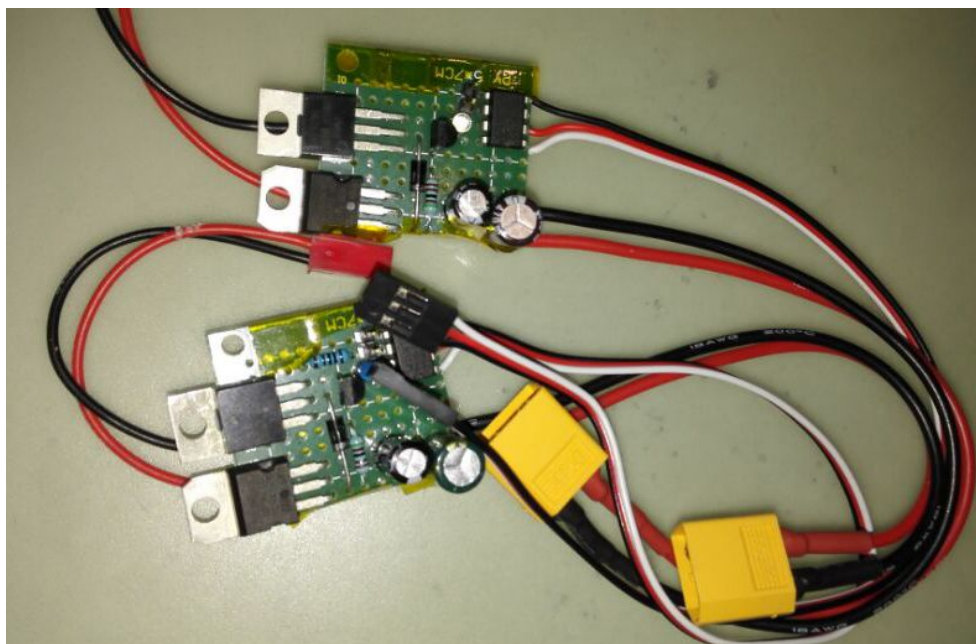
这里 D1 是反相并联在电机两端的，注意反相 2 个字。

所以 D1 的负极，也就是有一道白线的那个极，肯定要接到电源的正极上。

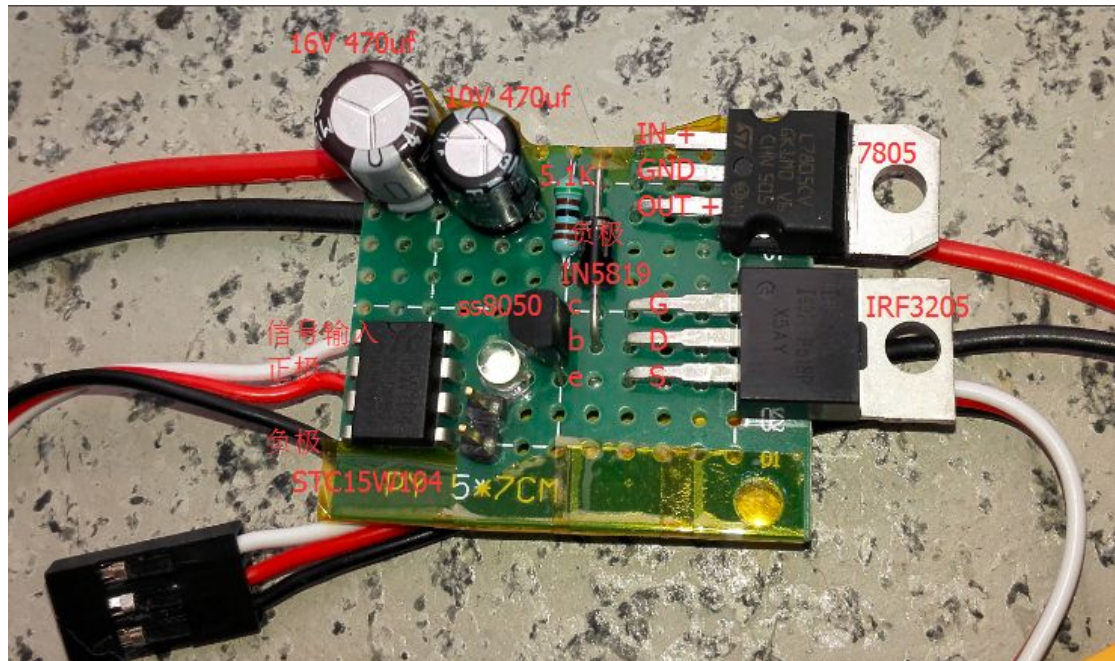
二极管是单向导电的，反相并在电机两端，可以短路掉反相的感应电动势，但是你正相并联在电机的两端，你想短路掉你的电机吗？短路掉你的 2s 锂电池吗？

切记切记，否则你一推油门，直接烧掉 MOS 管和肖特基二极管，还有若干导线。

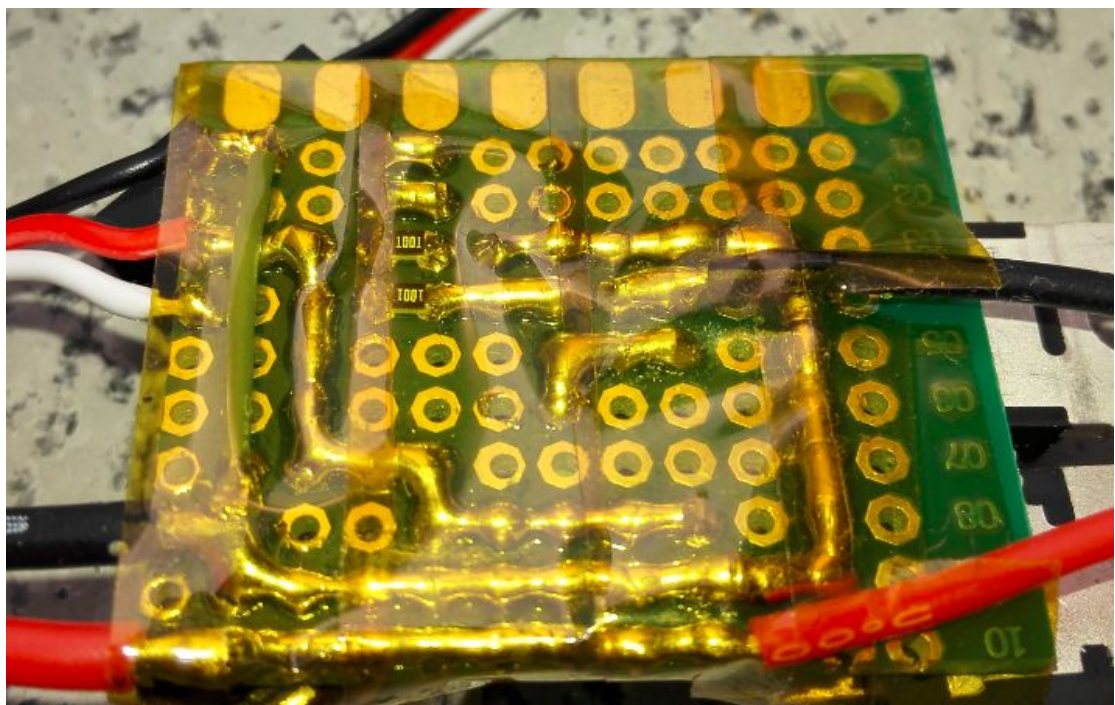
按照老规矩，贴几张图片。注意我的二极管的正负极。



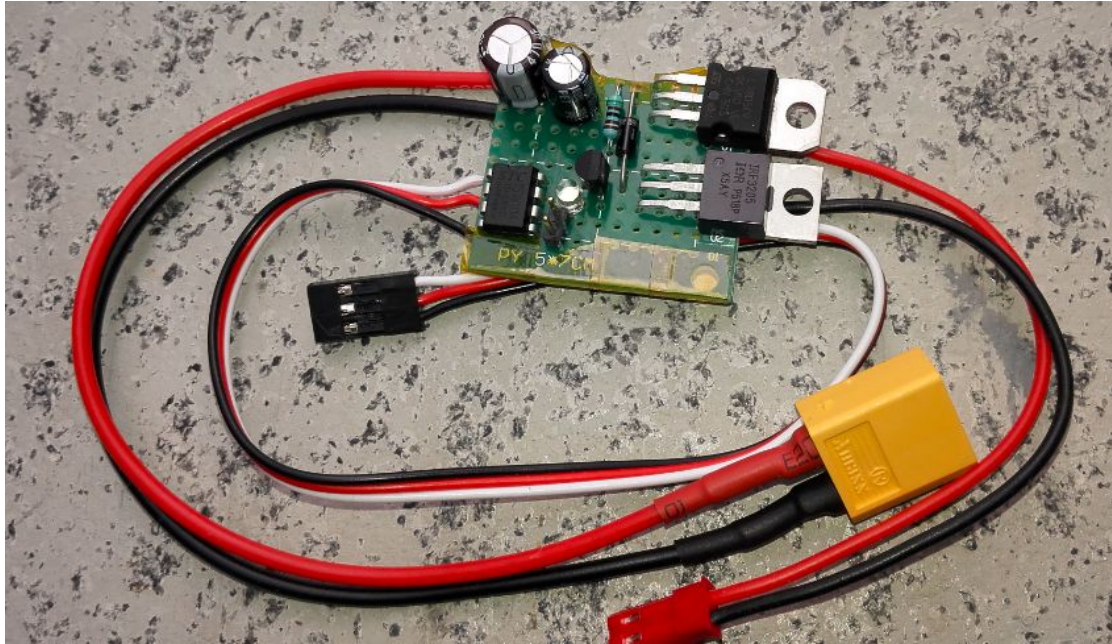
上面是我用洞洞板做的 2 个 2s 有刷电调，其中有个发光二极管是白色的电调，它的 2 个限流电阻我用贴片的代替直插的，焊到板子后面去了。
具体的做法我回家再拍几张。



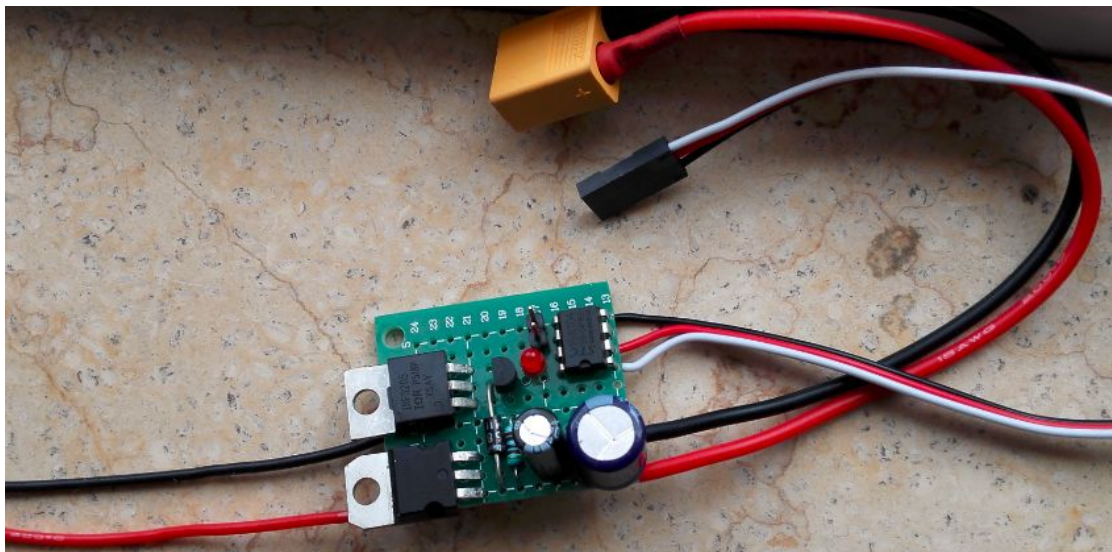
反面图，2 个限流电阻我用的贴片的 1K。
红色是正极，黑色是负极。上面有根飞线，注意了。具体焊接还是以原理图为主。



全图，两根红黑色的粗线是接电池的，2个红黑的细线是接电机的，白红黑三色线是接接收机的。

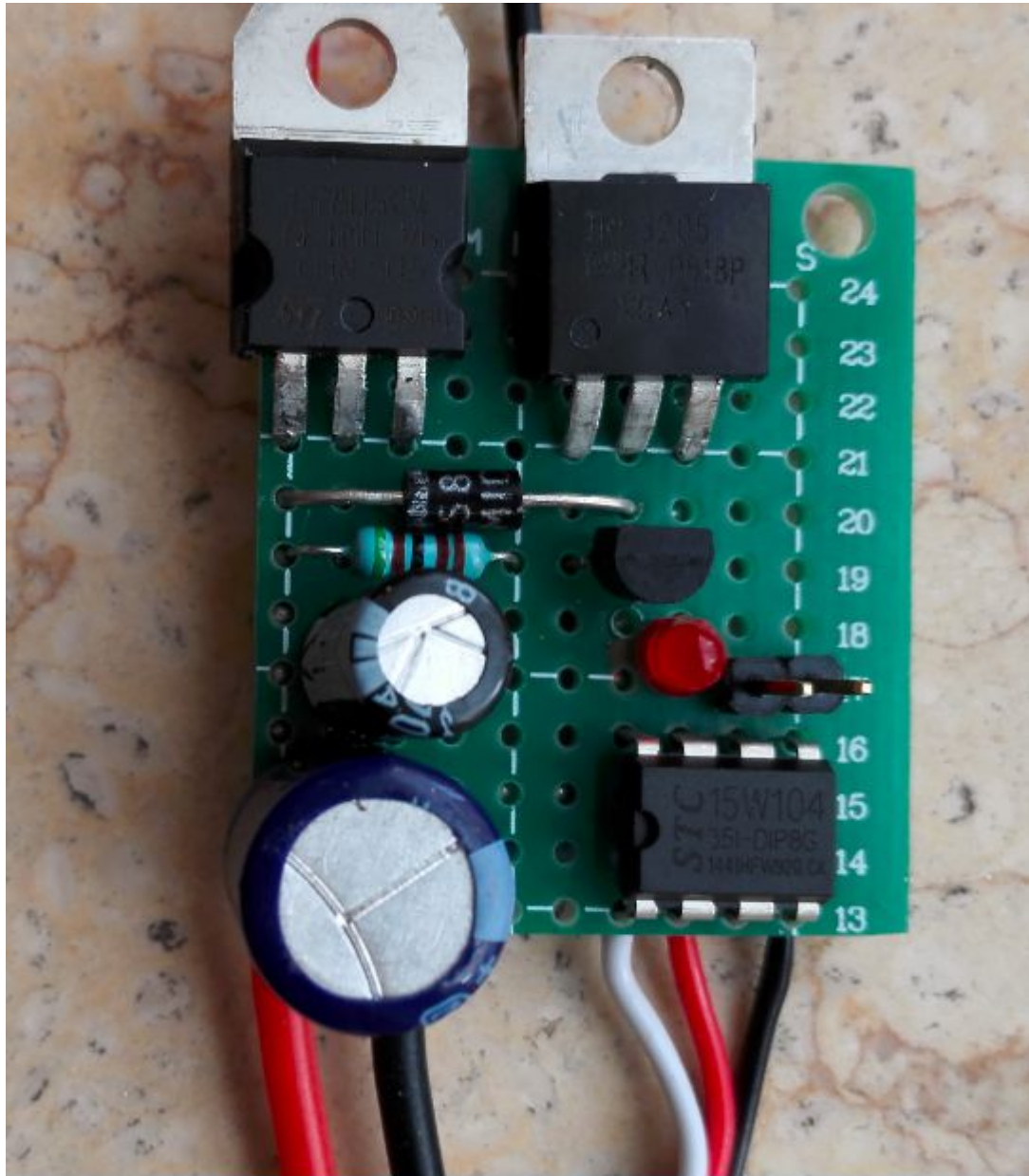


为了这个教程，我又重新做了一个。。。这次用红色的L E D



下面说说怎么焊接一个有刷电调
让你不懂硬件，看不懂原理图的情况下，也能焊一个出来……

先准备一个 12*10 的洞洞板，我用台锯锯的还算整齐吧，哈

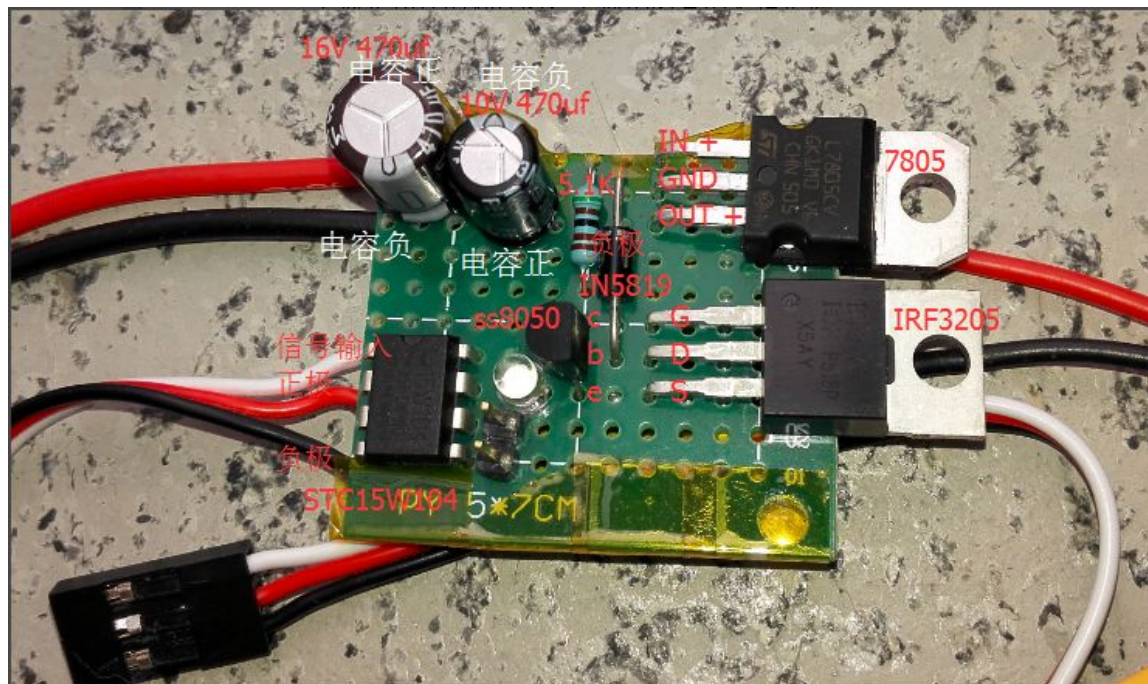


- 2 个电容，分别是 16V470uf 和 10V470uf。
- 1 个单片机 STC15W104 或者 STC15F104
- 1 个肖特基二极管 1N5819
- 1 个 4.7k 或者 5.1k 的电阻
- 2 个贴片 1k 小电阻
- 1 个 NPN 三极管 s8050 或者其他型号。
- 1 个小的 LED，颜色随便
- 1 个 LM7805
- 1 个 N 沟道 MOS 管，IRF3205 或者 1404 或者类似的。

- 1 对 18awg 左右的红黑硅胶线 and 对应接头
- 1 根 3 色排线和 3 个杜邦端子和 3 芯杜邦壳
- 1 对 22awg 左右的红黑硅胶线接电机。
- 2 根杜邦排针，用来烧录程序。

先按照图将元件焊好，注意要对准洞洞。电容的正负极不要搞错了。2 个电容的正负是相反的，负极是相连的，焊在一条线上的。

下面是元件的标注图，上面的图看的更清楚。



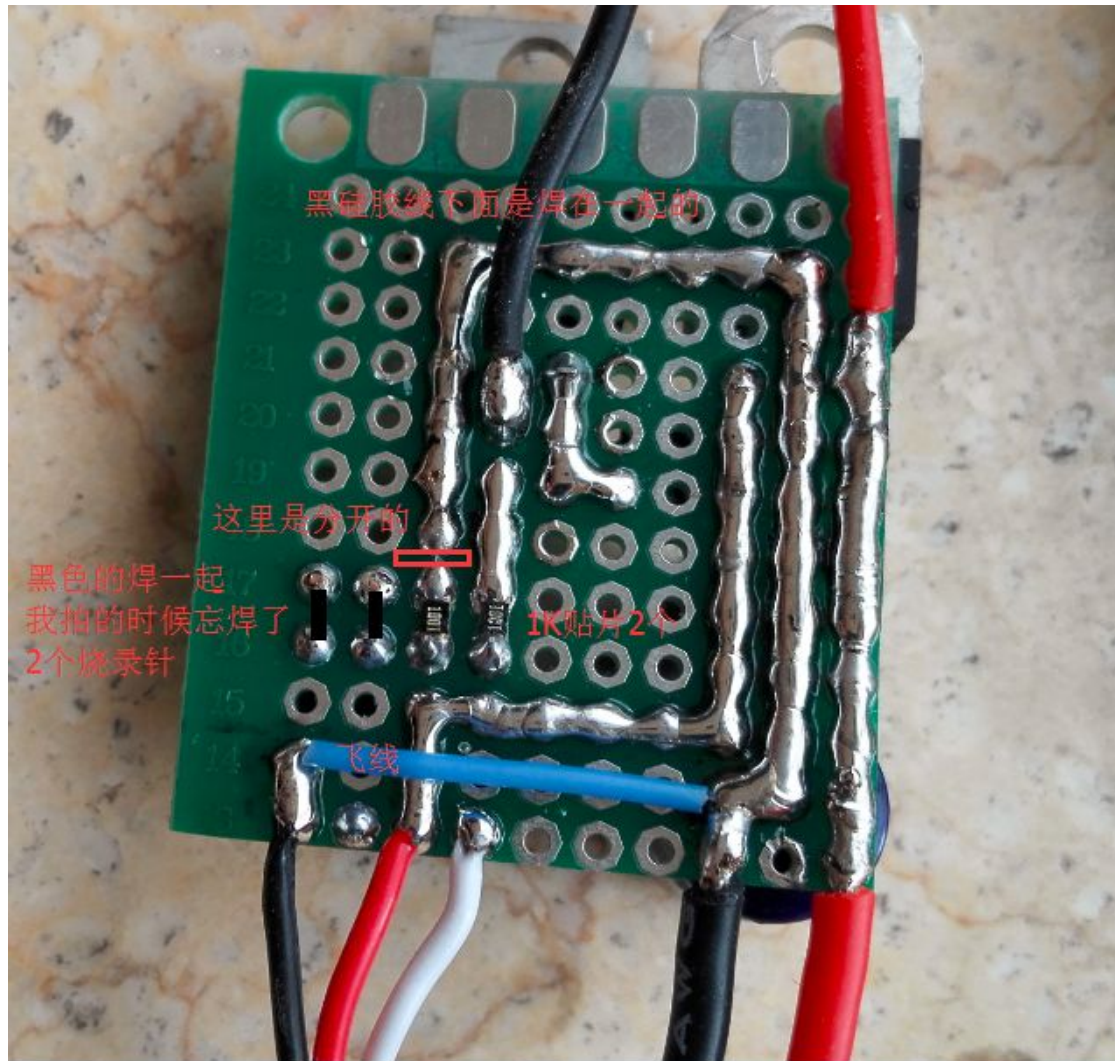
先把每个元件单独焊好，背面的走线图如下图：

焊好后，记得用万用量一下正负极是否短路，免得悲剧。
长线条里面我都用元件切下的引脚连的。

焊接的时候，拿不准的地方，请去啃原理图，按照原理图来焊是不会错的。

我现在焊接都是盲焊的，很熟练了。

如果没有贴片的 1k 电阻，自己想法子加 2 个直插的上去吧。哈哈。



焊好以后，先烧录程序，然后第一步就是行程调节。
新做好的电调，不进行行程调节是无法使用的。

电调行程调节

我知道大部分人不关心编程，只想做一个电调出来。所以我把顺序反了一下，编程放到最后。

先说一下电调行程，我以前是不知道有这个东西，所以程序里面也没加校准的函数。
就是定死两个数，一个最小，一个最大。
后来听群友的扫盲，我才知道有这个东西。

因为不同的遥控器，他给出最大油门和最小油门的数值都是不同的，所以你电调要适应遥控器，所以电调需要有行程调节的功能。

我不知道别人的或者商品的有刷电调是怎么调节行程的，我按照自己的想法做了一种，如下：

- 1、电调拔下电池，拔下电机（为了安全）。
- 2、遥控器开机，然后把油门摇杆推到最高点，也就是最大油门上。
- 3、把电调的三色线插到接收器的 3 通道上，然后插上电池。
- 4、电调上的 LED 灯会不停的快速闪烁。看到闪烁后，继续第 5 步。
- 5、把遥控器的油门摇杆拉到最低点，也就是最小油门上，这时 LED 灯会常亮。
- 6、电调的 LED 灯会在 2~3 秒后熄灭，此时行程调节完毕。
- 7、此时插上电机，慢推油门，电机旋转，注意安全。

每次电调上电，如果不想重新设置电调的油门行程，请把发射机的油门摇杆拉到最小油门。否则自动进入行程调节。

1s 电调电池没电的时候，不要进行行程调节，因为单机电压不足的时候，写存储会出错。

我也想让电机鸣叫几声表示一些信息，但是我觉得还是另外加一个发光二极管表示吧，我实在怕在电调行程调节的时候，电机突然启动造成事故。所以在电调行程调节的时候，请尽量拔下电机的连接，实在不方便，请把螺旋桨卸了。

固件烧录



重要的事情说三遍！！我全部的代码都是 12M 的系统频率。

烧写的时候，必须选择 12M。

烧写的时候，必须选择 12M。

烧写的时候，必须选择 12M。

1s 电调的固件烧录注意事项：

STC-ISP (V6.85F)

单片机型号: STC15W104 脚数: Auto

串口号: USB-SERIAL CH340 (COM3) 扫描

最低波特率: 2400 最高波特率: 115200

起始地址: 0x0000 清除代码缓冲区 打开程序文件

0x0000 清除EEPROM缓冲区 打开EEPROM文件

硬件选项: 脱机下载/USB/U7 程序加密后传输 ID

输入用户程序运行时的IRC频率: 12.000 MHz

☒ 使用快速下载模式

☐ 下次上电启动时, P3.2/P3.3为0/0才可下载程序

☒ 上电复位使用较长延时

☒ 复位脚用作I/O口

☒ 允许低压复位 (禁止低压中断)

低压检测电压: 3.69 V

☒ 低压时禁止EEPROM操作

选择CPU-Core最高工作电压: 2.82 V

☐ 上电复位时由硬件自动启动看门狗

看门狗定时系数: 256

☒ 空闲状态时停止看门狗计数

☐ 下次下载用户程序时擦除用户EEPROM区

☐ 本次将EEPROM区域全部填充为FF

☒ P3.3脚上电复位后为低电平 (不选为高电平)

☐ P3.1脚是否直通输出P3.0脚的输入电平

☐ P3.1是否为强推挽输出

☐ 在程序区的结束处添加重要测试参数 (包括Bandgap电压, 32K掉电唤醒定时器频率, 24M和11.0592M内部IRC设定参数)

下载/编程 停止 重复编程

检测MCU选项 注意/帮助 重复延时 3 秒

☒ 每次下载前都重新装载目标文件

☐ 当目标文件变化时自动装载并发送下载命令

程序文件 EEPROM文件 串口助手 Keil仿真设置 选型/价格/样品 范例程序 波特率计算器 定时器

00000h 02 04 CB E4 F5 11 F5 12 F5 8A F5 8C 30 B4 FD D2 0. 虽??疑航0待?

00010h 8C 20 B4 FD C2 8C AF 8C 75 11 00 8F 12 E5 12 75 ?待能德u...??u

00020h 12 00 F5 11 AF 8A EF 25 12 F5 12 E4 35 11 F5 11 ..?增?..???

00030h C3 E5 12 94 E8 E5 11 94 03 50 06 75 11 03 75 12 循, 旋??P.u...u.

00040h E8 D3 E5 12 94 D0 E5 11 94 07 40 06 75 11 07 75 桢?斐??@.u...u

00050h 12 D0 22 E5 87 30 E5 04 D2 B5 80 02 C2 B5 53 87 .?线0?业e.碌S?

00060h DF 22 FF 02 05 57 EC 4D 60 11 E8 49 70 17 ED 33 ?..W需`.縹p.?

00070h EC 33 04 60 0D E4 FC FF FE FD 22 E9 33 E8 33 04 ?..漣 "??

00080h 70 F8 02 02 B6 12 02 81 58 04 60 09 E4 CC 24 81 p?.?.久..測?

00090h 50 06 28 50 09 02 02 C0 28 40 03 02 02 BD C0 E0 P.(P...?@...哪?

000A0h EB 4A 70 44 B9 80 06 D0 E0 FB 02 02 AC EF 4E 70 歐pD薩.朽? Np

000B0h 1C BD 80 08 EB FF EA FE E9 FD 80 EB E9 8D F0 A4 .統..?辦榮e睽嗑?

000C0h FE E5 F0 02 01 4F E9 CD F9 EA FE EB FF EF 89 F0 ?.O鑊 針?

000D0h A4 FC E5 F0 CE 89 F0 A4 2E FF E4 35 F0 CD 89 F0 廢銀幣. ?聲性

000E0h A4 2D FE E4 35 F0 80 67 EF 4E 70 05 BD 80 D7 80 ? 5嫩g蕈p.縹縹

000F0h C3 EF 8B F0 A4 AC F0 EE 8B F0 A4 2C FC E4 35 F0 歲嬌?痼嬌? 5?

00100h F8 EF 8A F0 A4 2C E5 F0 38 FC E4 33 CB 8D F0 A4 嫫?廢8 3麗黏

00110h 2C FC E5 F0 3B F8 EE 8A F0 A4 2C FC E5 F0 38 F8 , ? 嫫? ??

00120h E4 33 CF 89 F0 A4 2C FC E5 F0 38 CF 34 00 CE 89 ?縹黏, ??縹

00130h F0 A4 2F FF E5 F0 3E FE E4 33 C9 8D F0 A4 2E FE 黏/ 廢> 3達黏.

00140h E5 F0 39 CD 8A F0 A4 2F FF E5 F0 3E FE E4 3D FD 廢9達黏/ 廢> =

00150h 33 D0 E0 FB 50 07 0B BB 00 0F 02 02 C0 EC 2C FC 3朽齡...?.?.清,?

00160h EF 33 FF EE 33 FE ED 33 FD 02 02 98 02 02 C0 EC ? ? 3?.?.海

00170h 5D 04 60 05 E8 59 04 70 03 02 02 B6 12 02 81 58].?.縹.p...?.久

00180h 04 60 F6 EC 48 60 F2 EC 70 04 FD FE FF 22 C8 60 .?縹H'縹p. "?"

00190h DB 24 81 C8 50 09 C3 98 60 02 50 06 02 02 BD 98 ?仔P.縹'.P...縹

001A0h 50 CA F5 82 E9 29 4B 4A 70 05 AB 82 02 02 AC 75 P术縹)K?p.珍..縹

代码长度 06BDH 校验和 0354ADH 区域填充 清空区域 保存数据

芯片出厂序列号: P2A400D301B26A
单片机型号: STC15W104
固件版本号: 7.2.2T

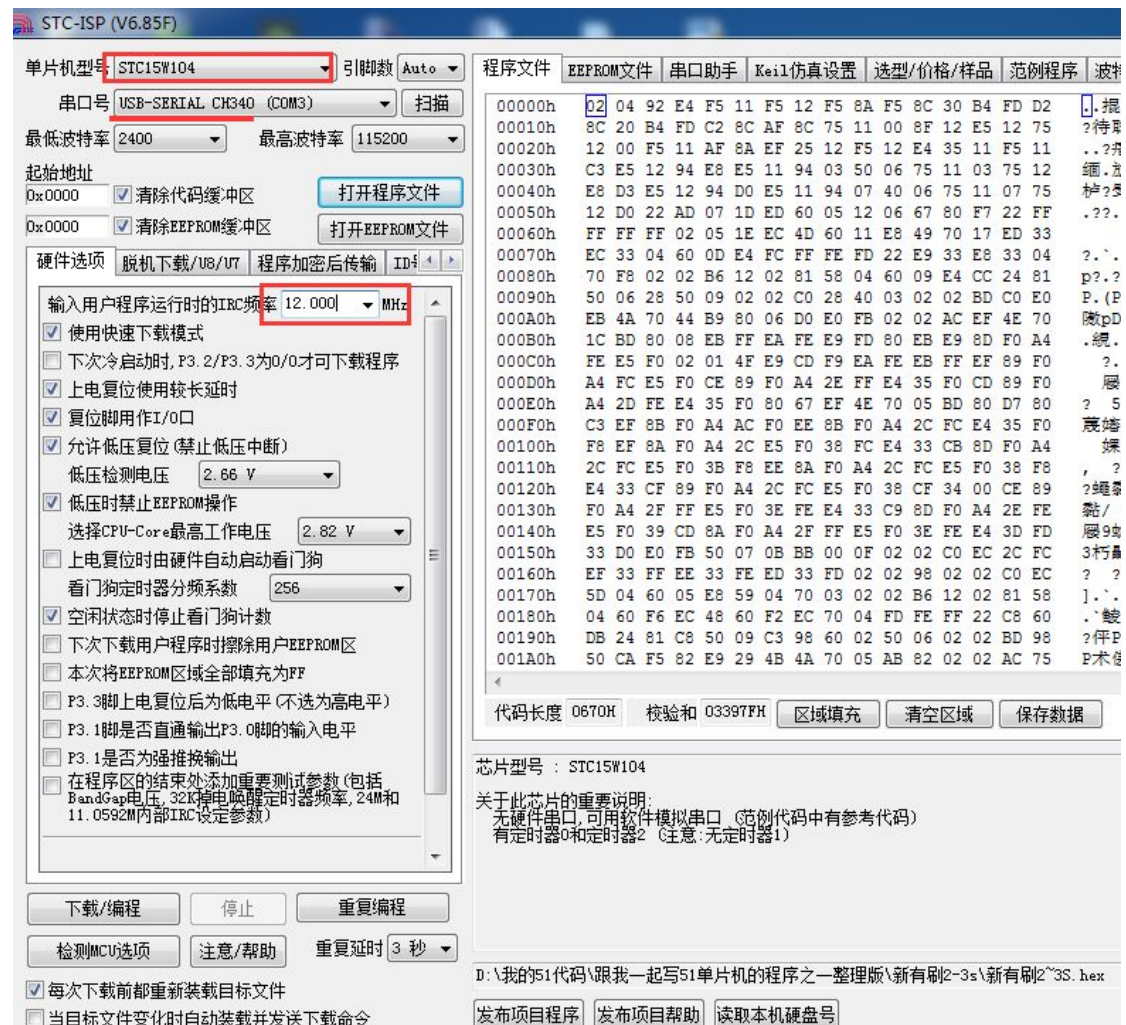
用户设定频率: 12.000MHz
调节后的频率: 12.010MHz
频率调节误差: 0.080%

操作成功!

D:\我的51代码\跟我一起写51单片机的程序之一整理版\新有刷电调1s\有刷电调1s.hx

发布项目程序 发布项目帮助 读取本机硬盘号

2s-3s 有刷电调，烧录注意事项：



记得第一次使用，要先行程调节。

换不同的遥控器，也尽量调节一次行程。

有刷电调的编程

基本知识

最重要的东西放到了最后。有人学 C51，老是在跑马灯的水平徘徊。其实你只要先把一个程序全部吃透，就可以算入门了。

我最早的电调知识是看萝莉的开源程序入门的。但是也没全看，大概过了一遍，看不懂的我全部忽略掉了。

这样导致我后来做电调磕磕碰碰，连行程调节都不知道。

废话不说了，进入正题，假设你第一次做电调程序，你该怎么入手？

所有复杂的东西都是由简单的东西组成的，我们把程序分成几个部分就能大概理解了。

因为我以前写过有刷电调的教程，所以我会大量的复制我以前的教程。

我这里不贴源代码了，自己去源程序里面看吧。哎，很多都重复讲了，所以我写了又全删了。代码我也改了几次，都先后不一样了。

先从 1S 有刷电调开始，这个是基础。

先说电调的功能，1、要能解码接收器发过来的调速信号，2、还能根据调速信号，输出 PWM 信号来调节电机转速。3、同时还要具有电调的行程调节功能，4、还要能检测电池的低电压。

1s 有刷电调基本就以上 4 个功能，我们一个一个的来。

第一、接收调速信号很简单，把一个引脚接到信号线上就可以了。关键是怎么解码这个调速信号。

根据相关知识，我们知道电调的调速信号，和舵机的转向信号是一样的东西，是一个周期是 20ms 的电平信号。

当 20ms 的电平信号中，如果高电平的信号持续 1ms，剩下 19ms 都是低电平，一个周期的电平信号如下：-表示高电平，_表示低电平。

-_____ 像这样的电平信号，表示最低油门。

当 20ms 的电平信号中，如果高电平的信号持续 2ms，剩下 18ms 都是低电平，一个周期的电平信号如下：-表示高电平，_表示低电平。

--_____ 像这样的电平信号，表示最高油门。

实际应用上，我们只严格检测高电平的时间，对低电平的时间范围放的很宽。也就是周期 18~23ms 的电平信号，舵机和电调都能识别，只要你的高电平信号严格满足 1ms~2ms 的时间就可以了，剩下低电平的时间长短没什么关系。

换言之，我们的程序，只要能严格的检测出调速信号里面，每个周期的高电平信号时间就可

以了。

对于高低电平的时间检测，最简单的方法就是定时器 0 计数。这个我们放代码里面详细的说。

第二、输出 PWM 信号来对电机进行调速。实际上就是控制 mos 管的通断，从而变相达到电机调速的目的。

说道 PWM 调速，有人可能会误解，认为是通过调节电压来实现的，实际不然。动态的电压调节技术非常复杂，我们根本做不到，而且我们一个小电调，也不需要这种复杂的技术。我们调速实际上就是不断的打开和关闭电机的电源，让电机时转时停。如果打开的时间长，关闭的时间短，那么电机转的就快，反而转的就慢。

一个 PWM 周期内，打开的时间长短和周期时间的比值，有个术语叫占空比。

你可以理解为，占空比越大，电机电源打开的时间越长，电机转速越快。

占空比越小，电机电源打开的时间越短，电机转速越慢。

其中还涉及到打开和关闭的快慢问题，也就是 PWM 的周期长短问题。

绝大多数的 PWM 调速，都伴随有噪音，关于 PWM 调速的频率，到现在我还没有百度出一个权威的答案，我只能给出一些相关文档，大家自己看吧。

程序里面，我抄袭萝莉的，用的 1K 的频率。1K 就是 1000，也就是说，1ms 一个 pwm 周期的意思。

转换到程序里面，PWM 调速就是用一个定时器来实现的。定时器根据调速信号的高电平时间，来不断的改变定时器的周期，从而输出一个可调的 PWM 信号。

第三、电调行程调节。这个我也不多说了。具体看代码吧，里面有详细注释。

第四、低电压检测，也看代码，就不停的检测单片机低压报警的一个寄存器的一个位的数值。

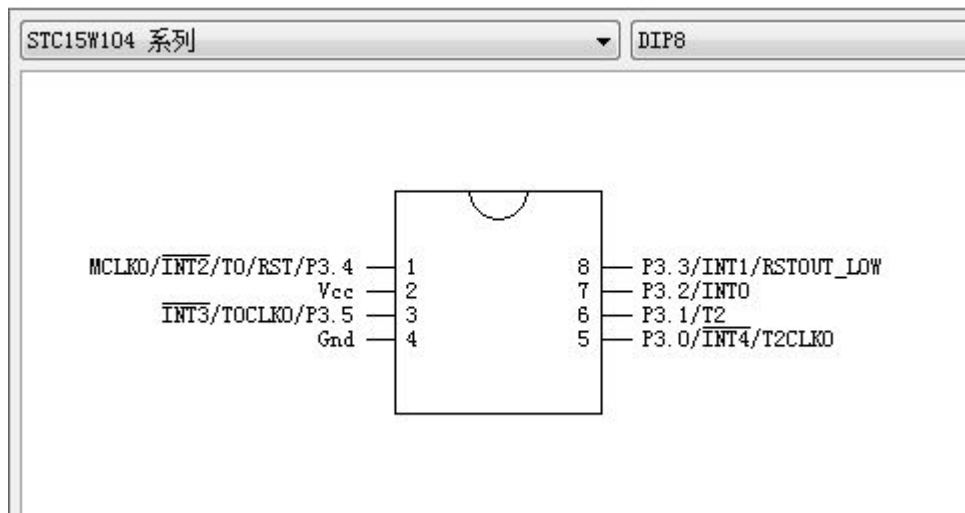
1s 有刷电调的编程

1S 有刷电调。

还是分 4 步走，规划、原理图、硬件焊接、程序编写烧录。

1、规划。1s 电调比较简单，电压 3.7~4.2V，不需要供电系统，单片机用 8 脚的 STC15W104 能够满足要求。MOS 管要用超低压导通的 NMos，我这里选用了 AO3416，米粒大小，大概 3A 左右的电流。然后加一个肖特基二极管 SS14 负责消除电机的反相电动势，加一个电阻和发光二极管作为低压报警灯。

再根据管脚图，分配一下管脚功能。



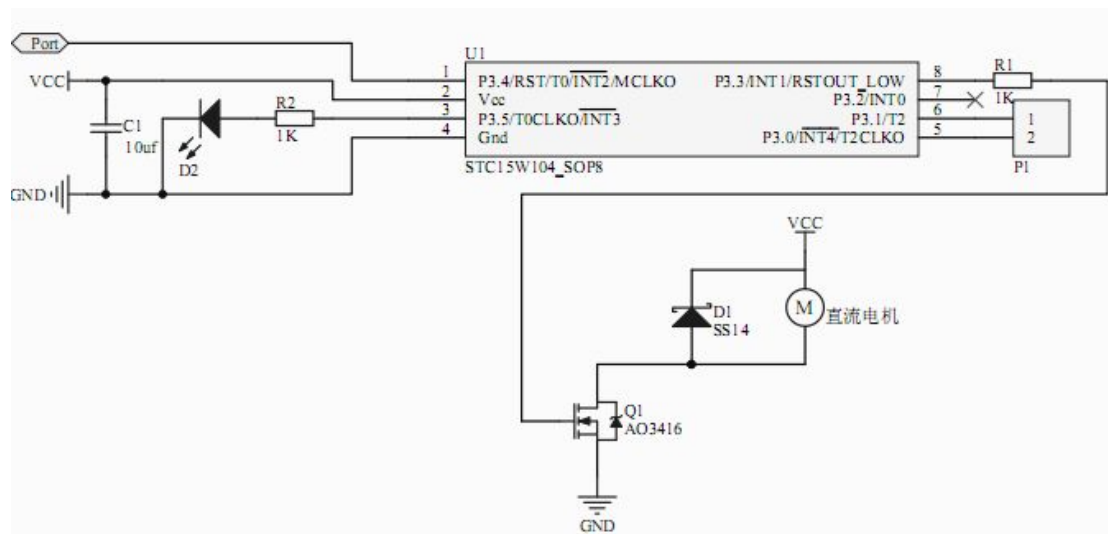
P3.4、Vcc、Gnd 三个脚作为信号线的 3 个脚，其中 P3.4 负责接收 PPM 信号，Vcc 和 Gnd 负责给接收供电（这里接收器必须能使用 3.7~4.2V 电压，否则就要使用 2S~3S 的电调）

P3.3 脚输出 PWM 信号到 MOS 管，MOS 管负责电机的调速。

P3.5 脚负责接报警 LED 灯，中间可以加个 1k 的电阻防止烧掉发光二极管，不过不加也行。

2、原理图

原理图我就不另外画了，以前的拿来用。



不知道能不能看清楚。

我解释一下，C1 是 10uf 的稳压滤波电容，最好不要省略。

D2 是报警用的发光二极管。R2 是限流电阻。

R1 也是限流电阻。

Q1 是 NMOS 管 AO3416，也可以用 AO3400 代替。

MOS 管是电调的核心元器件，电调能承受多大的电流，全看 MOS 管。

MOS 管可以并联几个一起使用。

SS14 是续流二极管，也叫肖特基二极管，它有着极快速导通的特性，能够把直流电机 M 产生的反相感应电压给短路掉。注意 SS14 是反相接入电路的，正向接入就是短路了。

3、硬件焊接。

1S 小电调，最好用 PCB 板子制作，洞洞板嫌的过大。我是直接用 SOP16 转接板，在上面贴片 MOS 和其他元件的，效果还行，就是考验焊工。焊接之类的这里略过。主要讲程序。

4、程序编写、烧录。

2s~3s 有刷电调的编程

2s 的电调，和 1s 电调的程序代码很相似，只不过去掉了低电压监测的功能。

另外加了一个 pwm 输出反相。

其他的功能全部一样。

所以我不打算说了。都去看源代码吧。

固件在源代码元件下面，后缀 .hex 的文件就是固件，也就是要烧录的。

后话

不知道会不会有人按照这个教程做有刷电调。

我做了好多个有刷电调了，程序也反复修改了好几次。

虽然是这么小的一个小东西，但是也常常遇到制作失败的情况。

仔细和耐心都很重要。

另外就是注意安全。电调插电以前，请用万用表量一下你的正极和负极是否短路。

最后我不保证我的东西一定就是正确的哈，祝你好运~~~我 1s 和 2s 电调做 9 个了~~~

