

第五届全国大学生智能汽车竞赛

20KHz 电源参考设计方案

(竞赛秘书处 技术组 版本 1.0)

第五届全国大学“飞思卡尔杯”智能汽车竞赛新增加了“电磁组”。根据比赛技术要求，电磁组竞赛，需要选手设计的智能车能够检测到道路中心线下电线中 20KHz 交变电流产生的磁场来导引小车沿着道路行驶。在平时调试和比赛过程中需要能够满足比赛技术要求的 20KHz 的交流电源驱动赛道中心线下的线圈。本文档给出了电源设计参考方案，参赛队伍可以根据这些参考设计方案自行设计制作所使用电源。

一、 电源技术指标要求：

根据《竞赛比赛细则》附件三关于电磁组赛道说明，20KHz 电源技术要求如下：

- 1、驱动赛道中心线下铺设的 0.1-0.3mm 直径的漆包线；
- 2、频率范围：20K \pm 2K；
- 3、电流范围：50-150mA；

下图是赛道起跑区示意图，在中心线铺设漆包线。

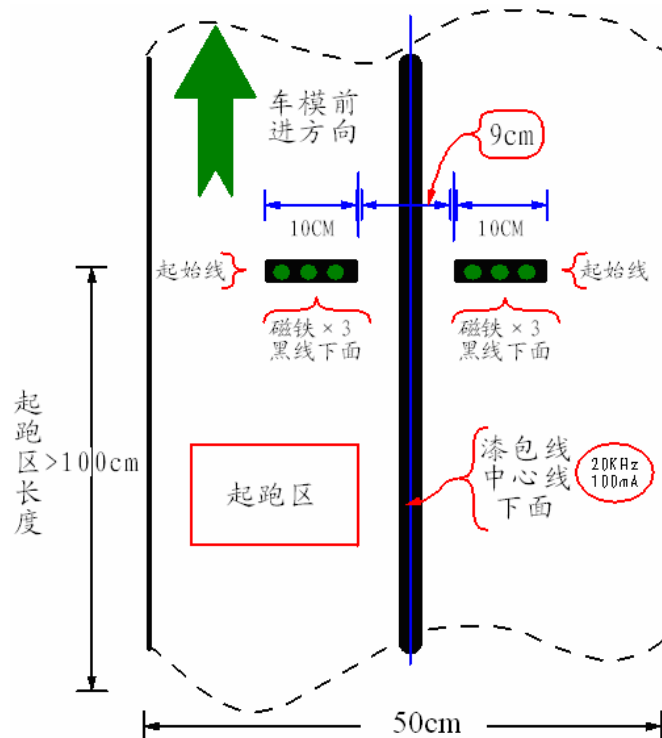


图 1 竞赛跑道起跑区示意图

首先分析赛道铺设铜线的电抗，从而得到电源输出的电压范围。

我们按照普通的练习赛道总长度 50，使用直径为 0.2mm 漆包线。在 30 摄氏度下，铜线的电阻率大约为 0.0185 欧姆平方毫米/米。计算可以得到中心线的电阻大约为 29.4 欧姆。

按照导线电感量计算机公式： $L = 2l \times \left(\ln \frac{4l}{d} - 0.75 \right) (nH)$ 。其中 l, d 的单位

均为 cm。可以计算出直径为 0.2mm，长度 50 米的铜线电感量为 131 微亨。对应 20KHz 下，感抗约为 16.5 欧姆。

可以看出，线圈的电感量小于其电阻值。由于导线的电感量与铺设的形状有关系，上述计算所得到的电感量不是准确数值。另外，我们可以在输出时串接电容来抵消电感的感抗。所以估算电源电压输出范围的时候，我们不再特别考虑线圈的电感对于电流的影响。

为了方便设计，我们设计电源输出电压波形为对称方波。由于线圈电感的影响，线圈中的电流为上升、下降沿缓变的方波波形。如下图所示

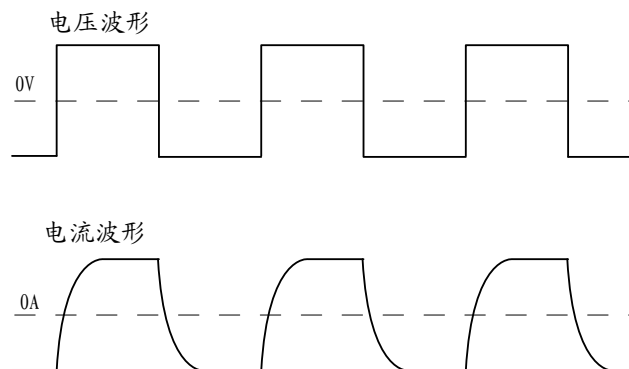


图 2 线圈驱动电压与电流示意图

对于电阻为 29.4 欧姆的赛道导线，流过 100mA 的电流，电压峰值应该大于 3V。考虑到赛道长度有可能进一步增加、漆包线的直径减少等原因，设计电源输出电压的峰值为 6V。在输出电流为 150mA 的时候，电源输出功率大约为 0.9W。

二、 电源组成

电源电路包括振荡电路、功率输出电路、恒流控制电路以及电源等组成。如下图所示：

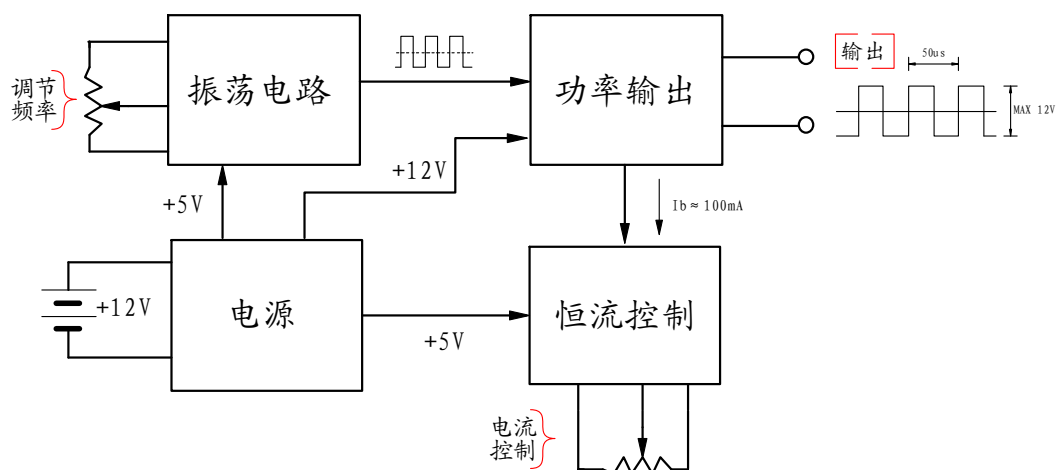
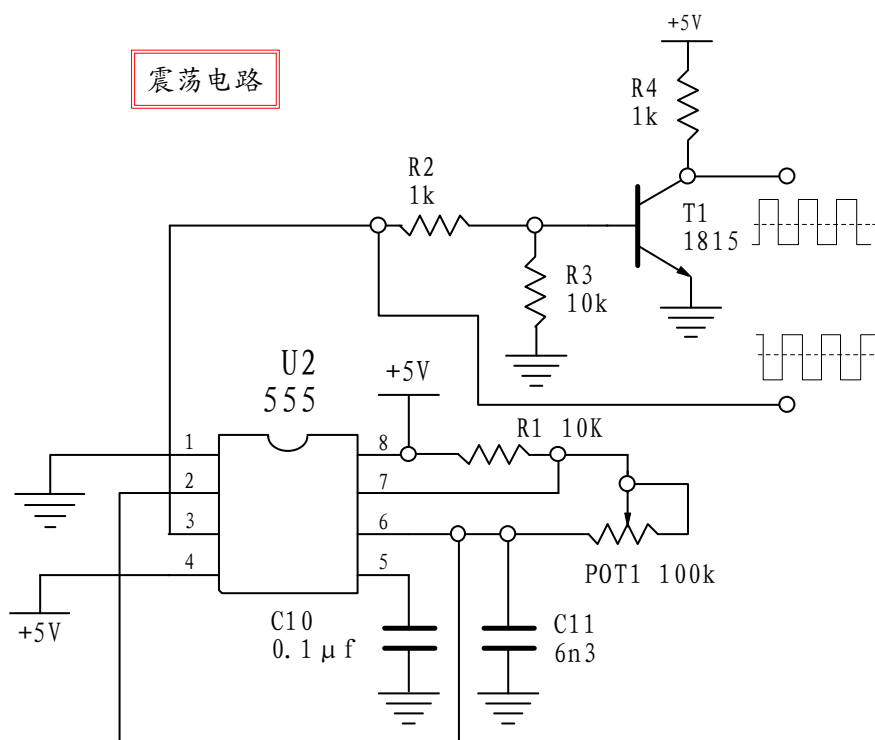


图 3 电源组成框图

如上各分部功能可以采用不同的电路实现。下面分别给出各个电路的参考设计方案。

1、振荡电路：

产生中心频率为 20KHz 的对称方波信号。为了满足功率输出电路的需要，一般输出极性相反的信号。可以使用普通的 555 时基电路产生振荡信号，也可以使用简易的单片机产生振荡信号。为了方便调试，信号频率能够在一定范围内进行调整。



‘

由于输出驱动信号电压、电流、频率较大，需要一定输出功率驱动跑道线圈，因此最后需要功率输出电路。可以采用分立大功率晶体管搭建输出电路，也可以使用的电机驱动桥电路集成模块。选择时需要注意电路的频率响应应该大于 20KHz，输出功率大于 2W。在制作时需要注意电路的散热。

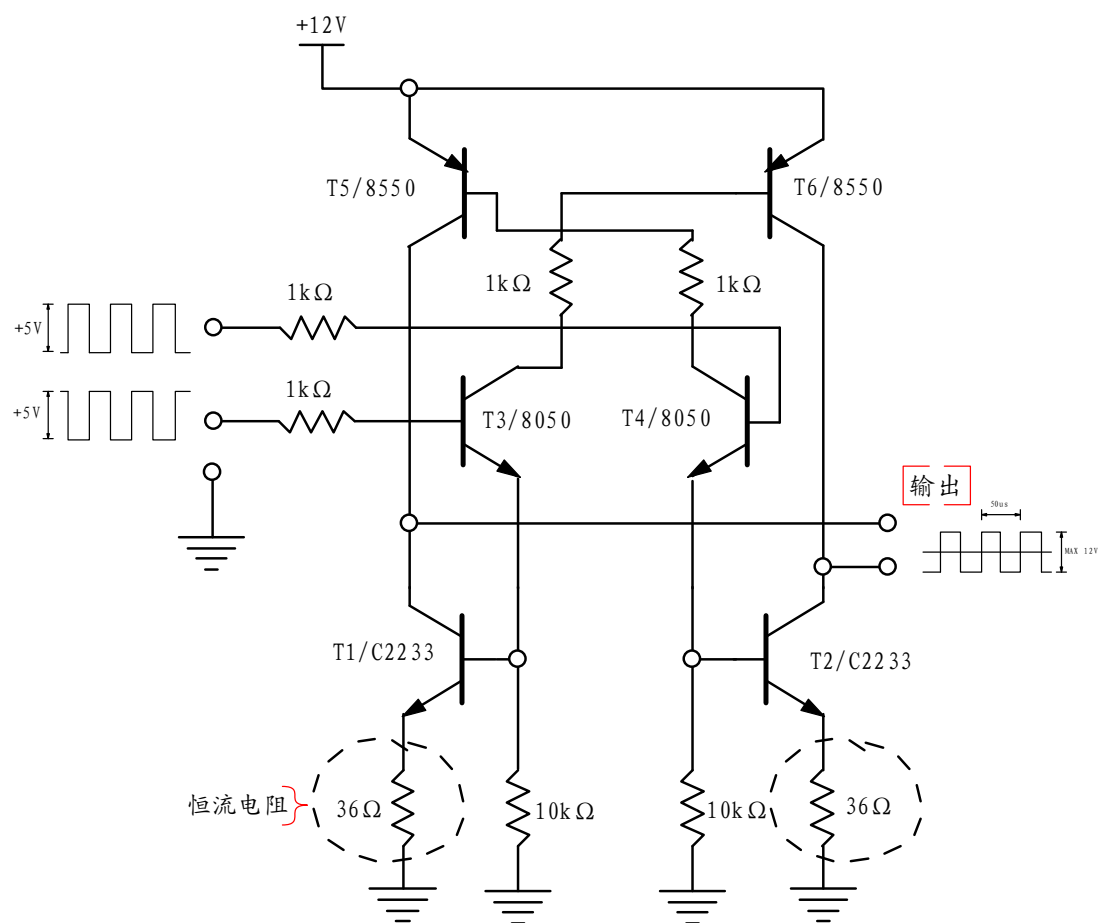


图 7 基于分立元件的功率输出电路

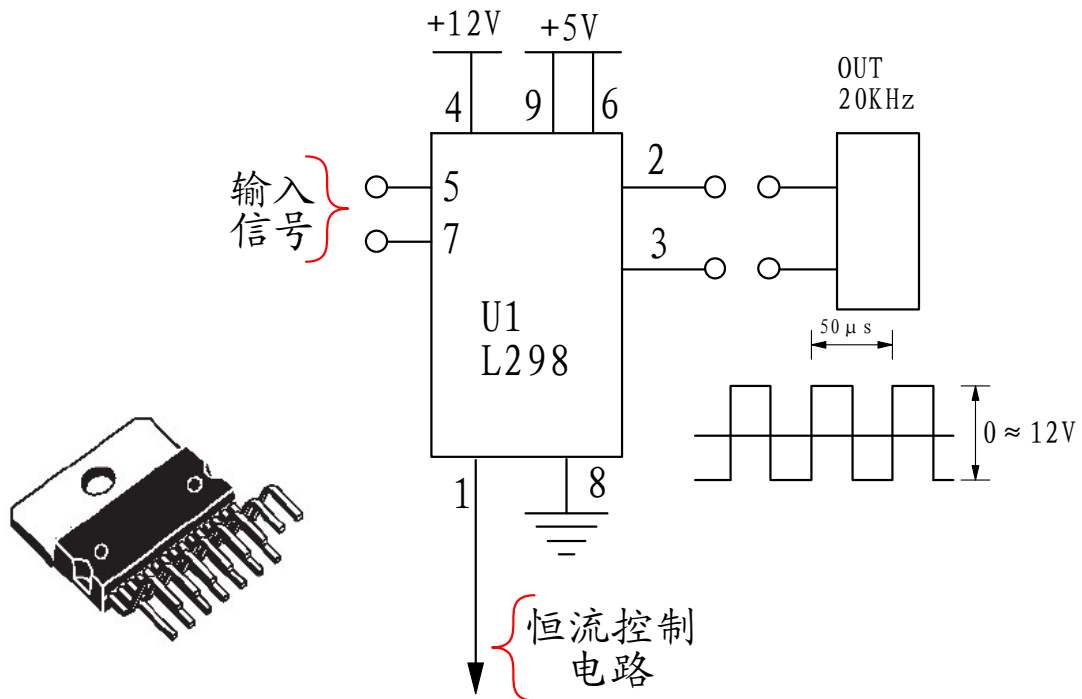


图 8 由 L298 组成的功率输出电路

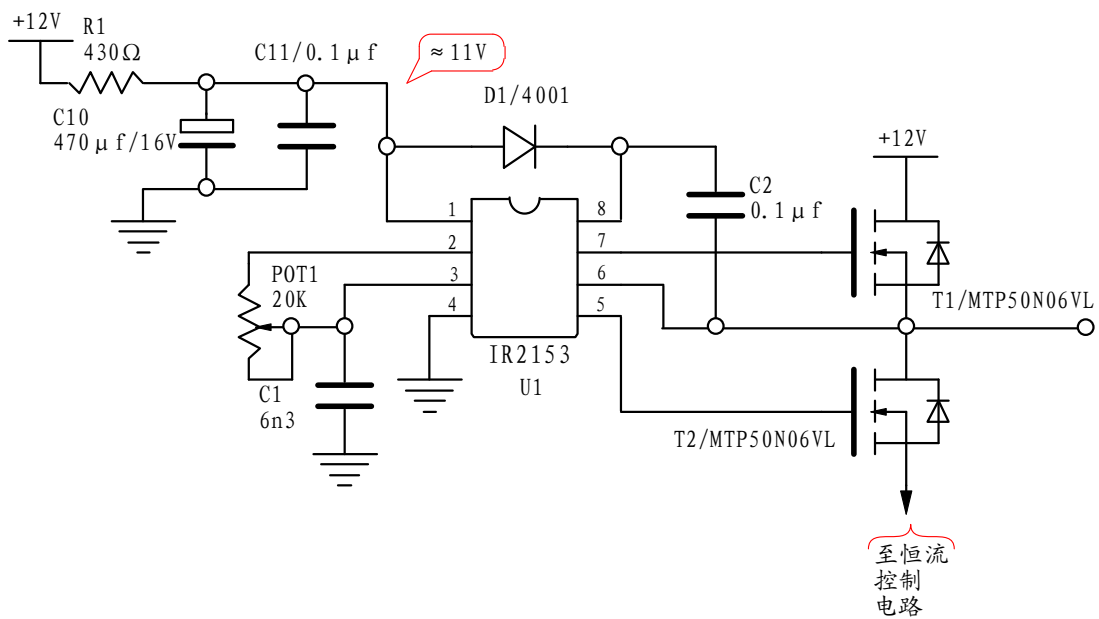


图 9 基于 VMOS/IR2153 功率输出电路。

在上面电路中，IR2153 一方面内部集成了类似于 555 的时基振荡电路以及 VMOS 管驱动电路。

3、恒流控制：

恒流电路控制输出电流在 100mA 左右稳定，不随着电源的变化而发生波动。根据比赛规则的要求，恒流输出控制不需要特别的精确。

一般要求不高的情况下可以使用限流电阻控制电流的稳定。如下图所示：

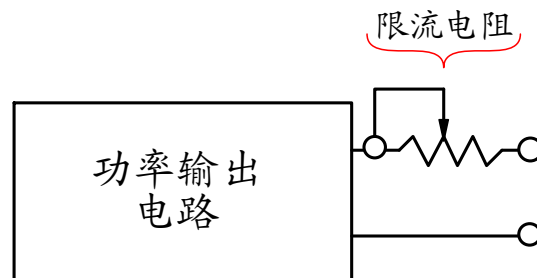


图 10 输出限流电阻

也可以利用晶体管的在放大区集电极的恒流特性进行控制。如下图所示：

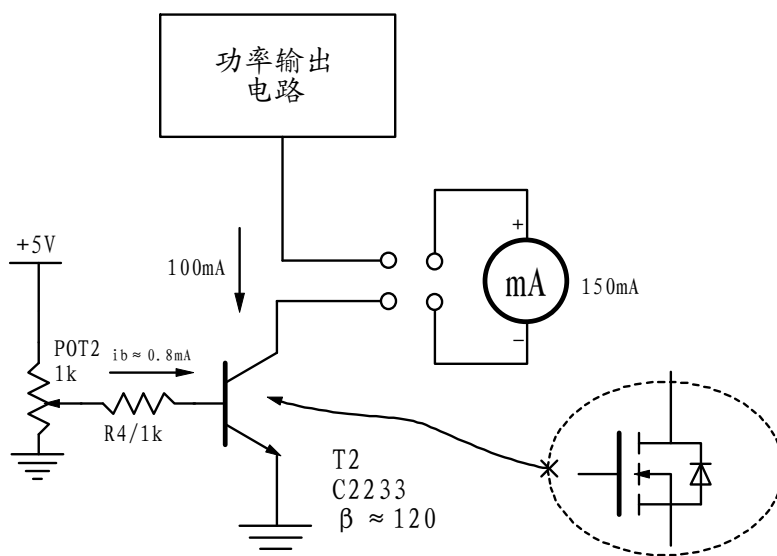


图 11 利用 NPN 晶体管的恒流输出电流

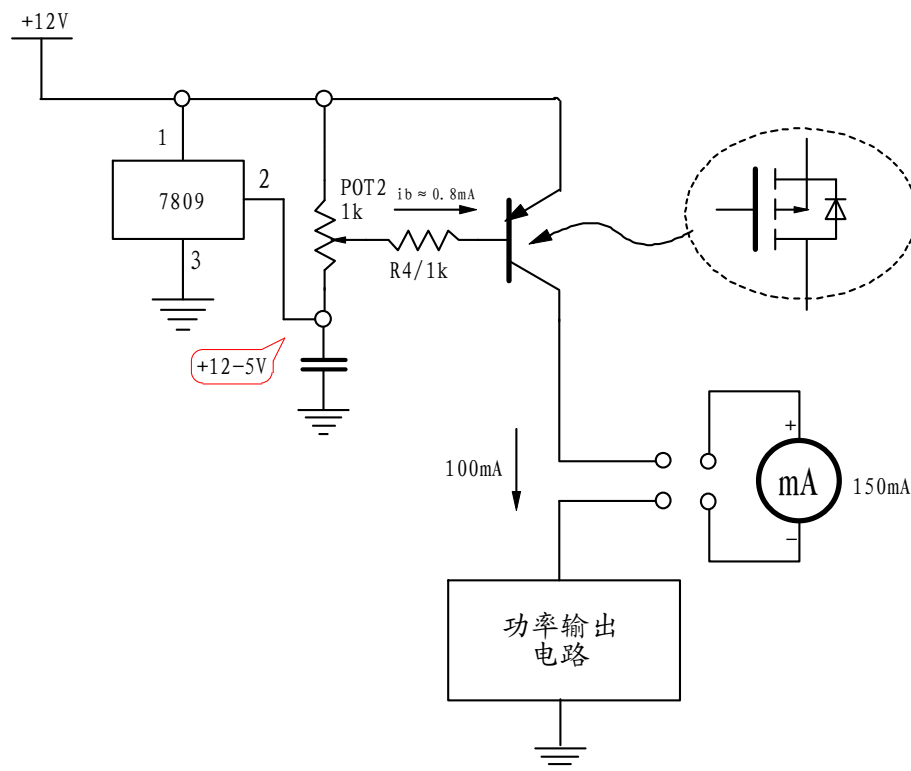


图 12 利用 PNP 晶体管的恒流输出电流

晶体管可使用大功率双极性晶体管，也可以使用功率 MOS 管。从电流设定稳定性和恒流特性来看，使用功率双极性晶体管更好。

4、电源：

电源部分提供电路中所需要的各种低压稳压电源。保证信号振荡电路和恒流控制电路的稳定性。可以使用一般串联稳压集成电路实现。

三、 参考设计电路：

如下给出了两个完整的参考设计电路图。电路设计可以有很多的组合方式，大家可以根据自己的理解和经验自行设计。

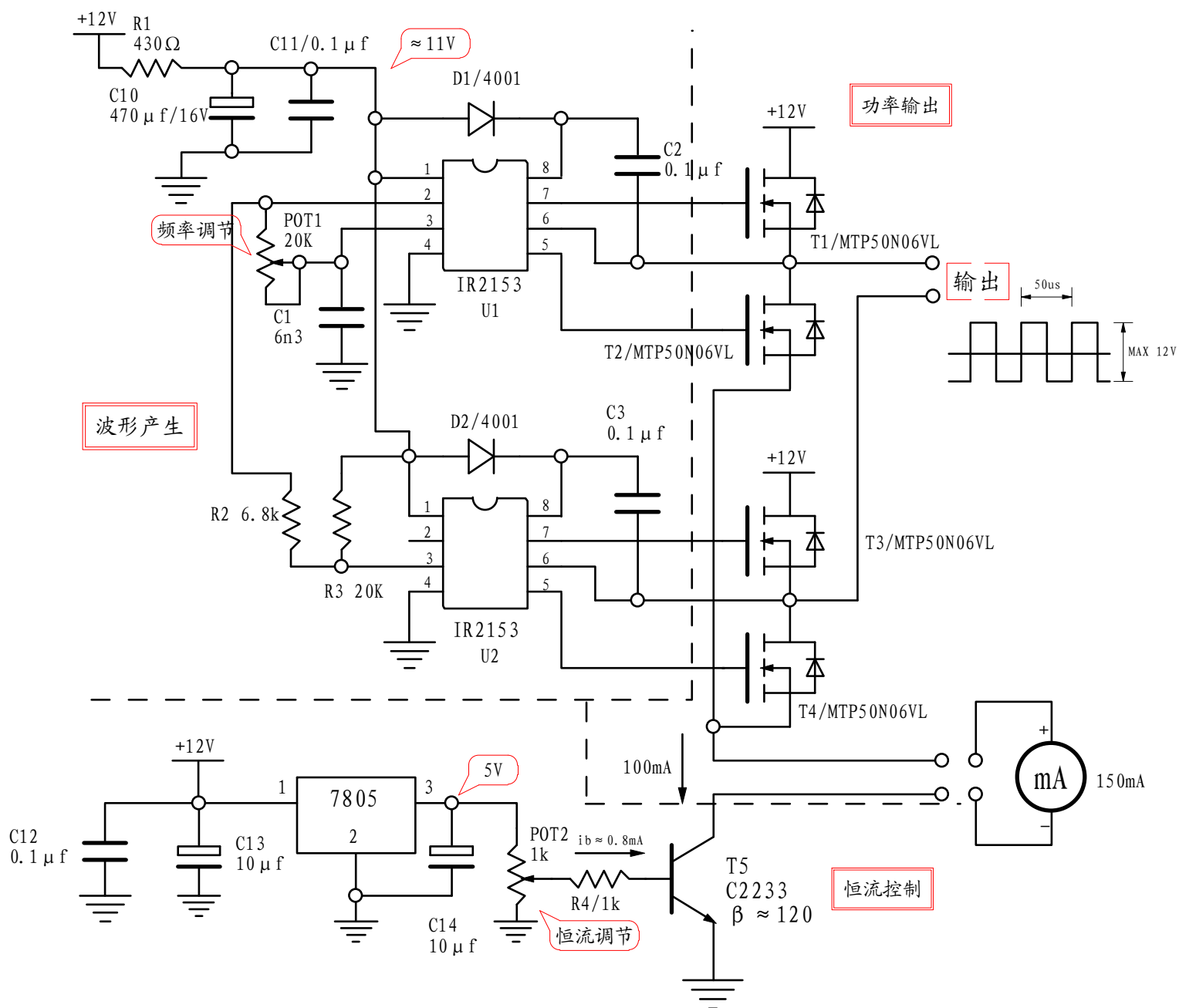


图 12 基于 IR2153 的设计

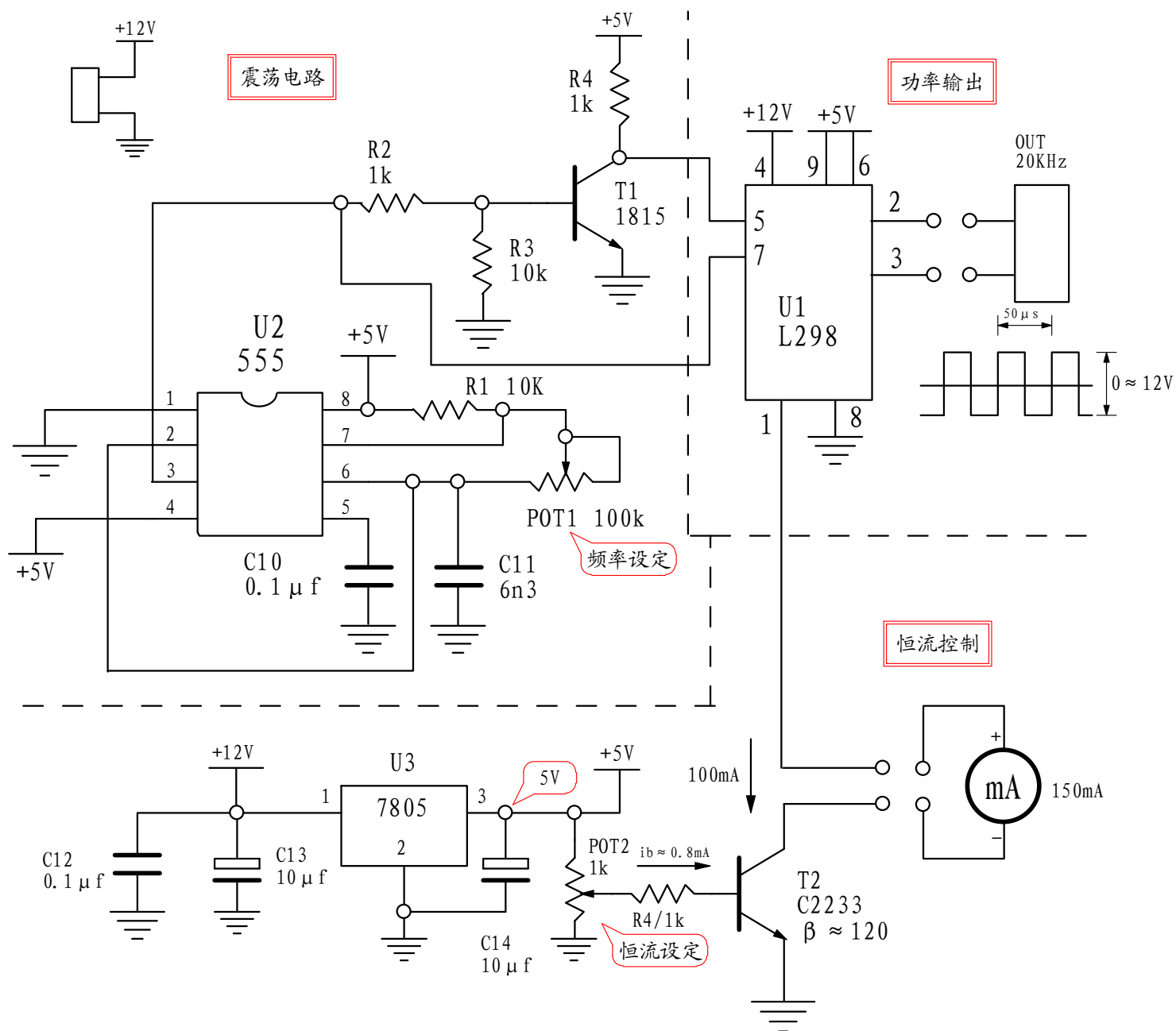


图 13 基于 555 的设计

四、 调试:

电源设计完制作完毕后需要进行如下的调试:

1、 输出电流调试:

电源安装完并可以外接 10-100 欧姆的负载进行调整输出电流。可以直接使用示波器测量阻性负载的外加电压的峰峰值，再除以电阻的阻值，便可以得到输出电流的数值。也可以在电路的功率输出桥下外接一个直流毫安表来显示输出电流的大小。如图 12，13 中的外接电流表所示。

调节恒流设定电位器，使得输出电流在 100mA 左右。外部负载电阻在 10 和 100 欧姆的时候，都应该在 50-150mA 之内。

2、输出频率调试：

可使用的示波器或者具有频率测量的万用表测量输出电压的频率。外接 10 欧姆的负载进行测量负载上电压的频率。

调节频率设定电位器使得电源频率输出在 $20 \pm 2\text{kHz}$ 。

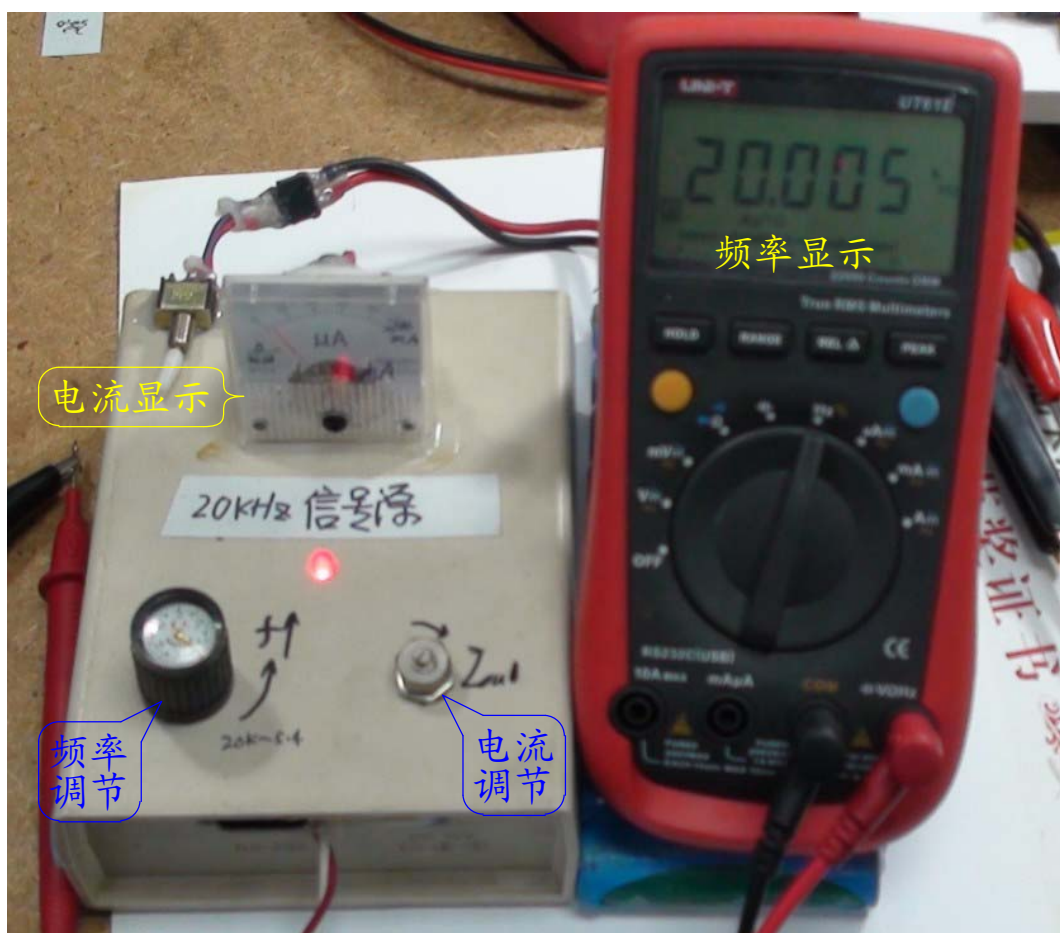


图 14 安装完毕的电源和频率测试万用表

调试完毕后，使得电源在负载 10 欧姆之下连续工作 1 个小时，电源输出的电流、频率都不会漂移出要求的范围。

注意事项：

1、功率管散热：

在外部负载比较小的时候，电路中功率输出晶体管、恒流控制晶体管上的功耗比较大。特别是在整个电路的电源电压较高（比如+12V）的时候，需要对于功耗比较大的晶体管进行合理的散热，以提高电源的工作热稳定性。

2、电源：

根据赛道线圈的阻抗，选择电源电压值。如果外部线圈阻抗较低，可以选择 5-7.2V 的工作电压。如果道路线圈阻抗较大，超过了 100 欧姆，使用+12V 的直流电源。可以使用直流稳压电源，也可以使用蓄电池进行供电。

3、串接谐振电容：

当赛道比较长的时候，赛道线圈的电感较大，可以在赛道线圈连接中通过串联电容抵消赛道线圈的感抗。具体电容的大小可以根据实际测量赛道的电感进行匹配。

第五届全国大学生智能汽车竞赛

秘书处技术组

2009-12-10