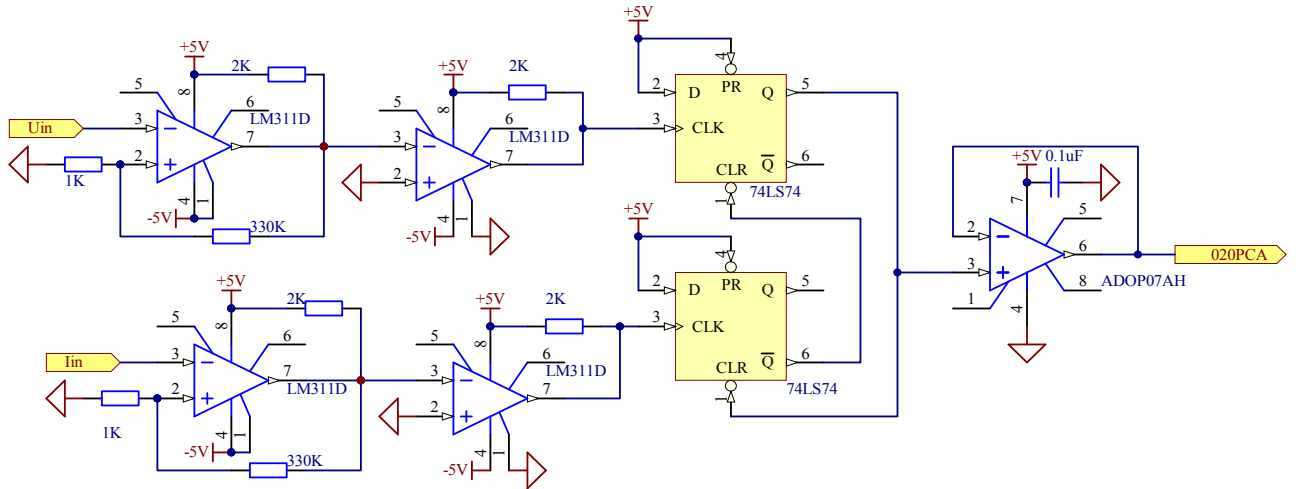


一、基本物理量检测电路部分

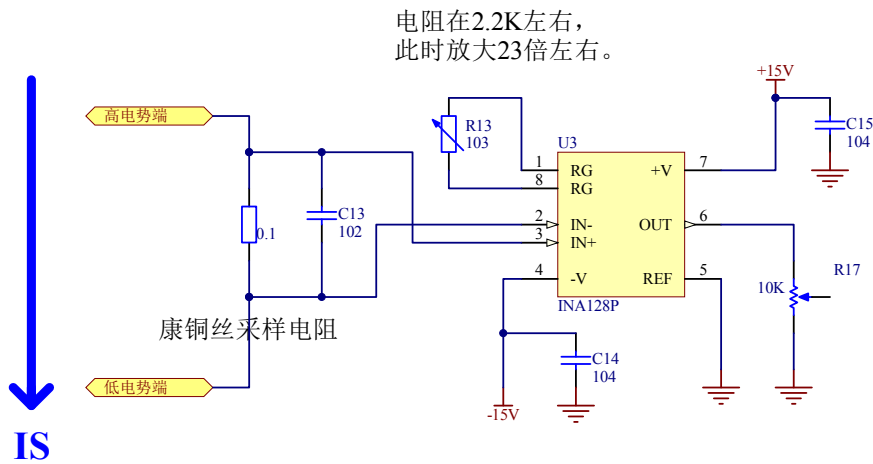
测频测相电路



相位测量电路

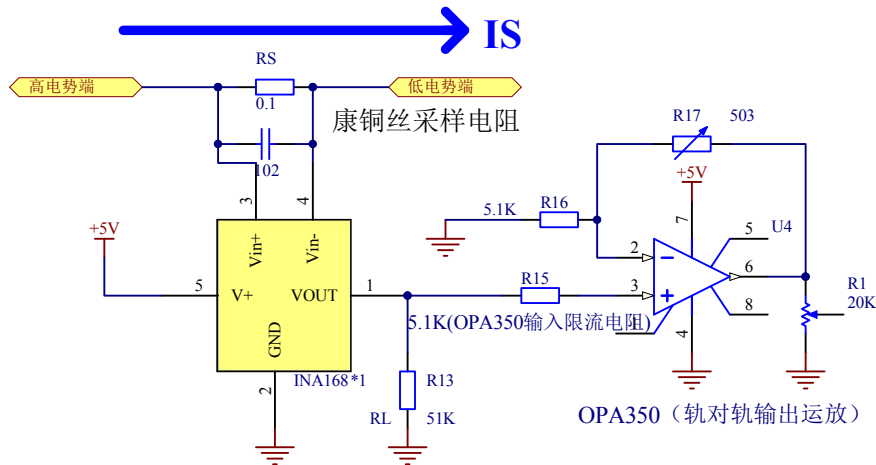
对于工频范围的相位测量我们采用 LM311 先滞回后过零比较的方式，将正弦波整形成为方波，然后送后级测量电路检测。采用滞回比较的方式能在一定程度上消除由于波形噪声干扰而引起的抖动。但是它的去干扰能力是有限的，如果前级信号噪声过大，或是地线上引入了较大的干扰，那么测量出来的相位差还是会存在较大的误差的。

电流采样电路（INA128 低侧采样）



INA128 为精密仪表放大器，其增益可调，差分输入方式能对小信号进行处理，这里我们选用 0.1 欧的康铜丝对电流进行采样后经 INA128 放大再送后级测量电路或是控制电路处理。由于 INA128 的输入共模电压有限，因此康铜丝一般是在低侧采样电流后给 INA128 检测。

电流采样电路（INA168—60V 高共模电压电流监视器）

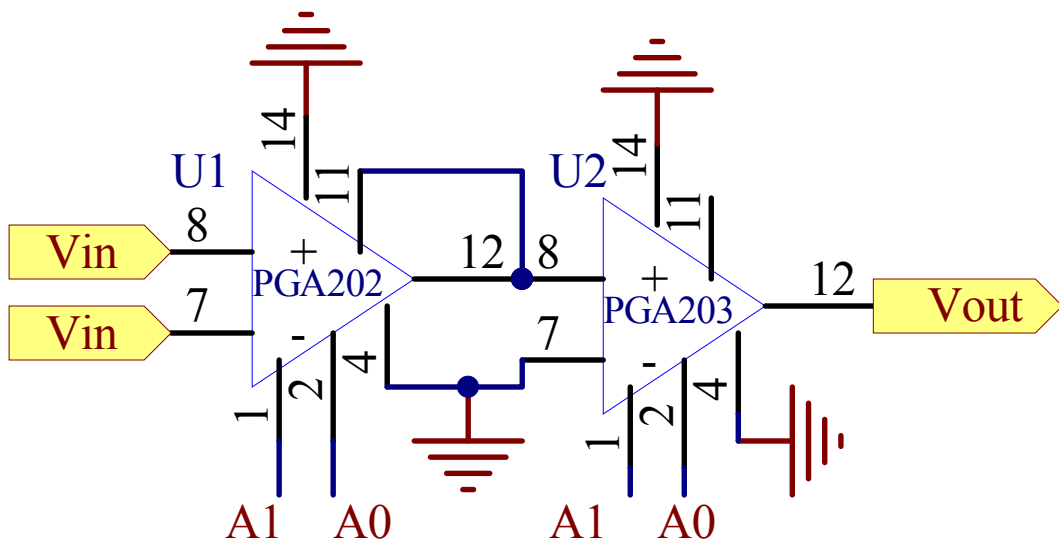


$$G = RS * RL / 5k\Omega$$

(RS为电流采样电阻,
RL为VOUT侧下拉电阻)

INA168 是专用的高侧电流监视器，其输入共模电压可以高达 60V，当康铜丝选取为 0.1 欧时，可以测量 0~5A 以内的电流，它的输出方式为电流，我们只需接一个采样电阻就可以转换为电压。因此可以用它对高侧电流进行检测。

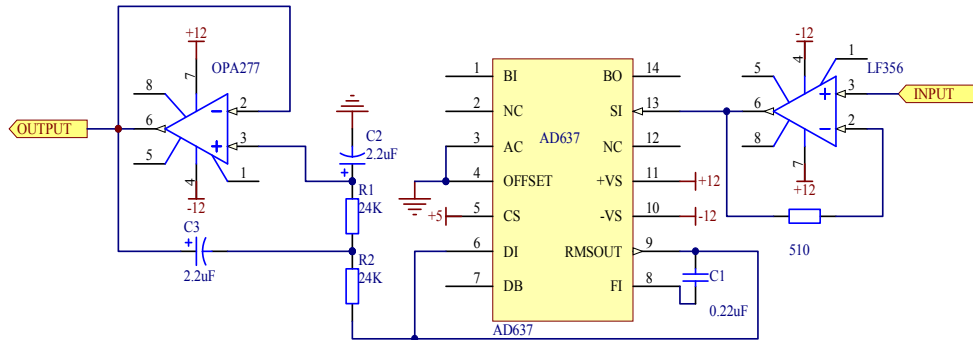
PGA202、PGA203 级联程控放大电路



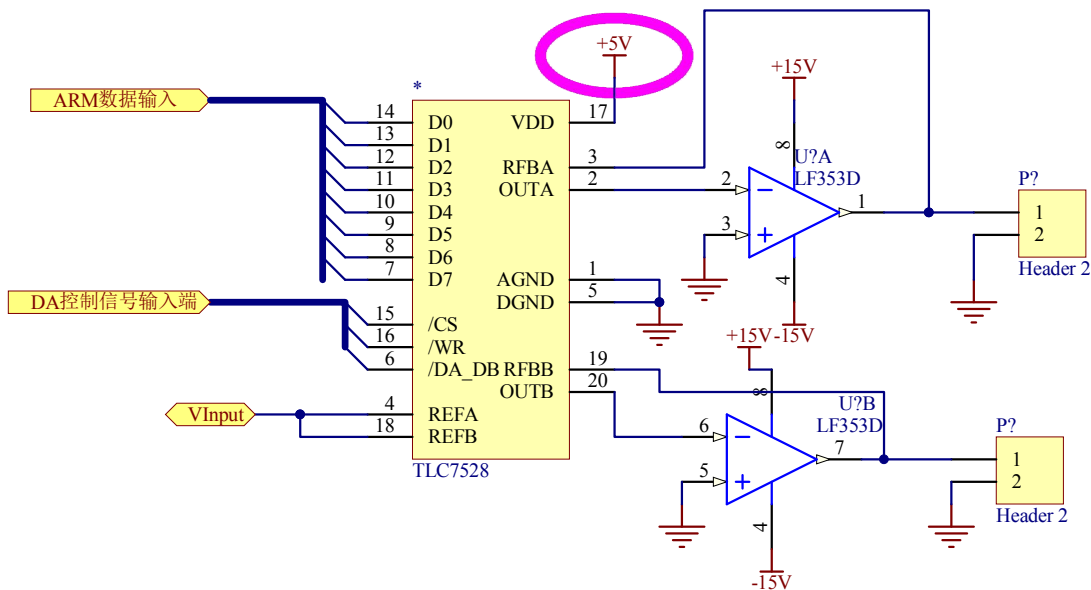
在一个很宽广的测量范围内，放大倍数选为固定值时测量精度不高。PGA202 和 PGA203 程控仪表放大器在某种程度上解决了这个问题。PGA202 增益可选为 1、10、100、1000，PGA203 增益可选为 1、2、4、8，两者级联可以产生 1、2、4、8、10、20、40、80、100、200、400、800、1000、2000、4000、8000 共 16 种增益。前级通过峰值检测电路测量出信号的大致幅值以决定程控放大倍数，这样就可以提高测量精度。

AD637 真有效值检测电路设计

对于有效值的检测，我们选用 AD637 来实现。AD637 是真有效值测量芯片。其有效值计算公式为 $V_{RMS} = [\text{Avg} \frac{V_{IN}^2}]$ 。应用时只需在芯片的外围添加适当的电阻、电容即可实现任意波形交变信号的有效值的测量。其中平均电容 C1 用来设定平均时间常数，并决定低频准确度，输出纹波大小和稳定时间。R1、R2、C1、C2 及运放 OPA277 构成二阶低通滤波滤除检波后的纹波。电路连接图如图所示：

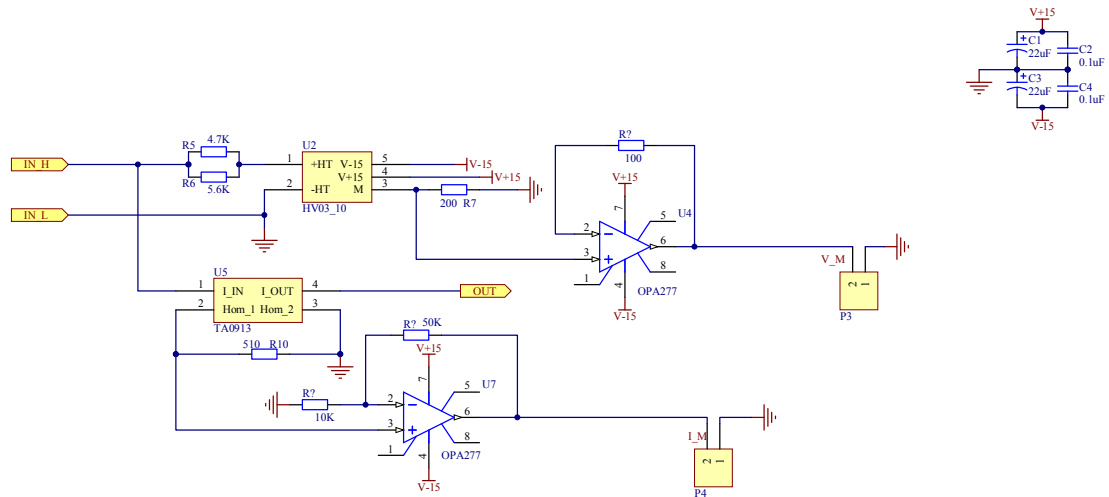


TLC7528 程控衰减电路



TLC7528 是双八位 D/A 转换器，转换速度快，精度高，内部集成电阻网络，通过程序控制输入的 8 位数据即可改变电阻比例来达到程控衰减的目的。

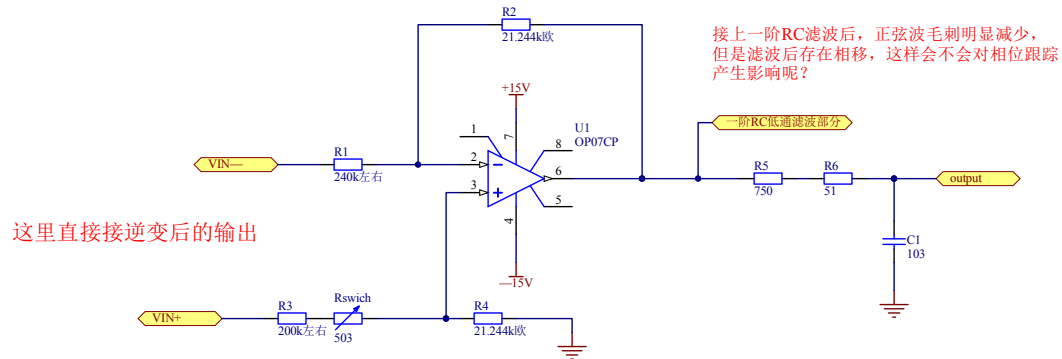
霍尔电压、电流传感器 TA0913, HV03-10 隔离采样电路



TA0913 为交流电流传感器，绝缘电阻常态时大于 1000MΩ；抗电强度可承受工频 6000V50Hz /1 分钟；工作频率范围：20Hz~20kHz。用它来检测交流电流可以起到很好的隔离效果。

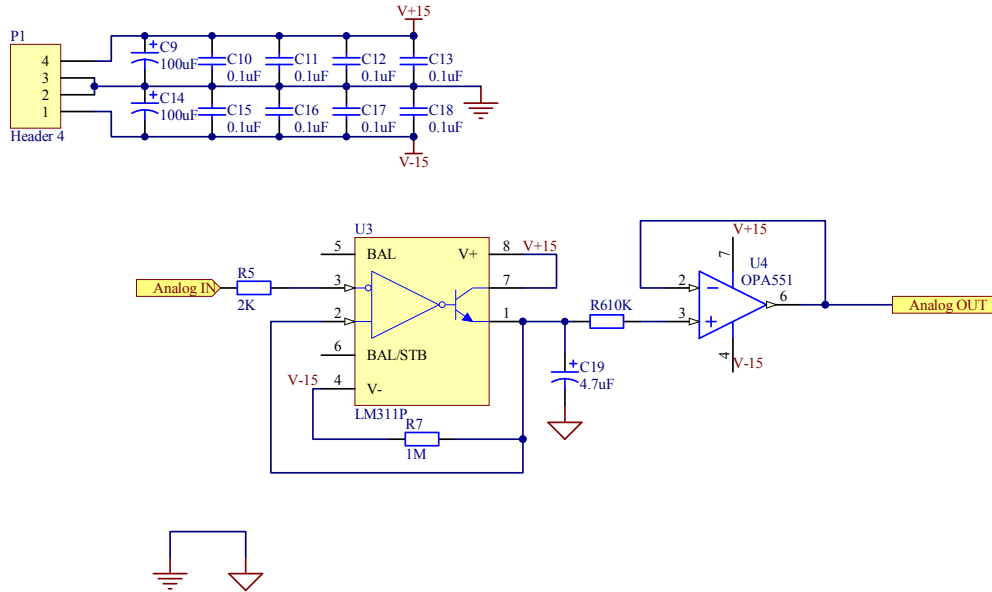
HV03-10/25mA-P 为电流型电压传感器，用于测试直流、交流、脉动电流；利用霍尔效应及磁补偿原理，被测回路与测试回路绝缘度高；工作频率范围为 0~150kHz。额定输入电流 I_{IN} 10mA；额定输入电压 V_{FN} 10~500V。可以用它对交直流电压进行隔离检测。

差分检测电路



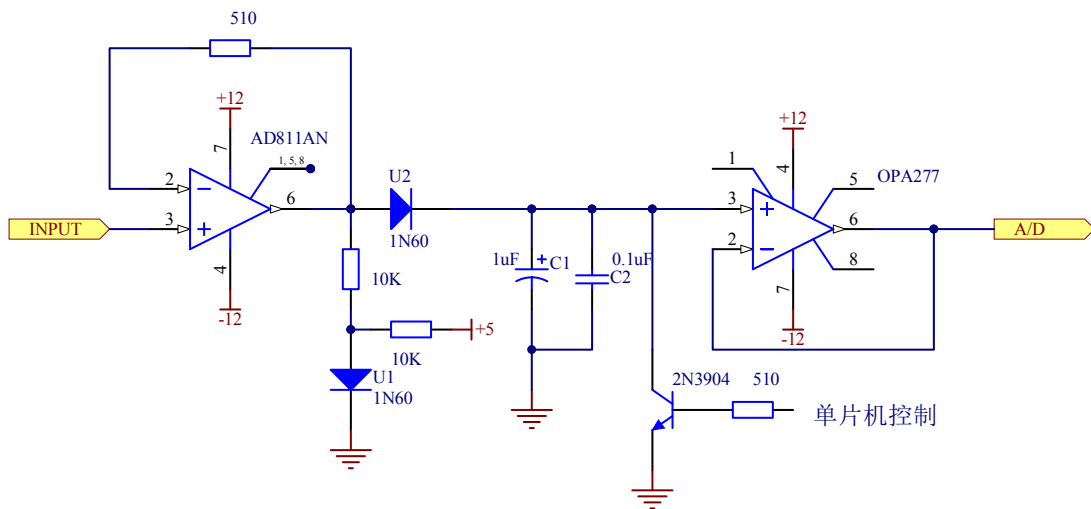
为了获取逆变输出的电压波形，我们搭建了一个高输入电压差分放大器，将逆变后的两端浮动信号变成单端对地的信号，同时也对逆变的电压进行了衰减，以便后级的信号处理。

LM311 峰值检测电路



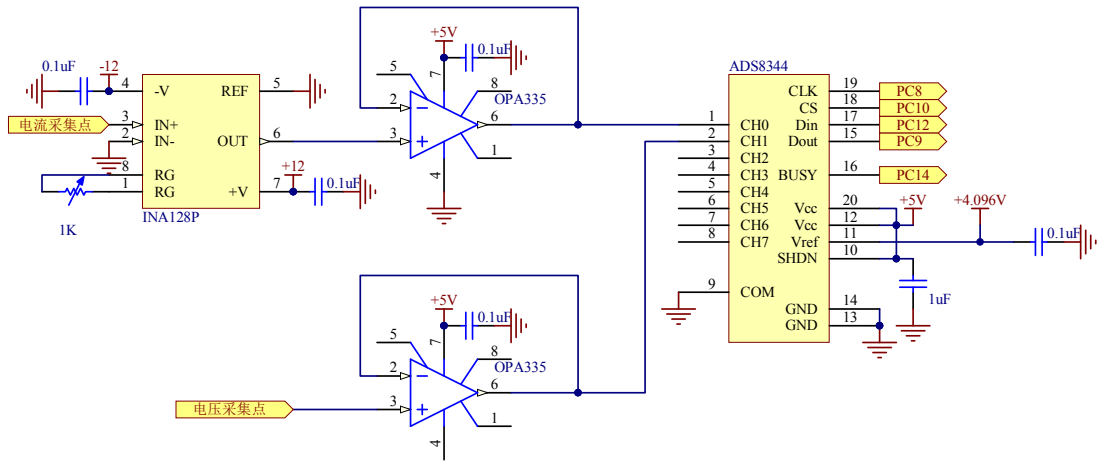
对于精度要求不是很高的低频正弦波的峰值检测，我们可以采用 LM311 峰值检测电路，这里电容的选取很重要，它决定了输出波形的平滑度和对峰值的响应速度，因此要有一个折衷的选择。

双运放峰值检波电路

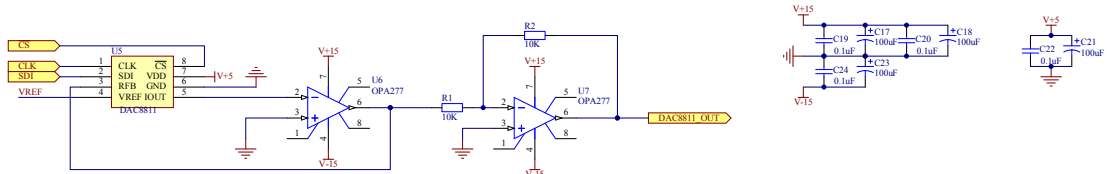


峰值检波电路是由二极管电路和电压跟随器组成，其工作原理为：当输入电压正半周通过时，检波管U2导通，对电容C1、C2充电，直到到达其峰值。三极管的基极由单片机或FPGA控制，产生10us的高电平使电容放电，以减少前一频率测量对后一频率测量的影响，提高幅值测量精度。其中U1为常导通，用以补偿U2上造成的压降。电容C1、C2的取值需根据被测信号的频率合适的选取，此电路中的二极管使用高频二极管，可大大提高测量范围的频率上限。

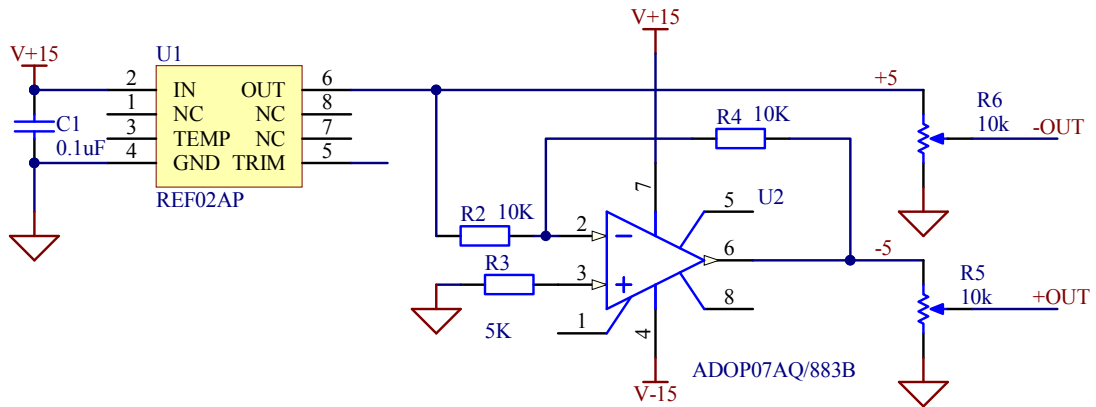
ADS8344 电压采样电路



DAC8811 数模转换电路

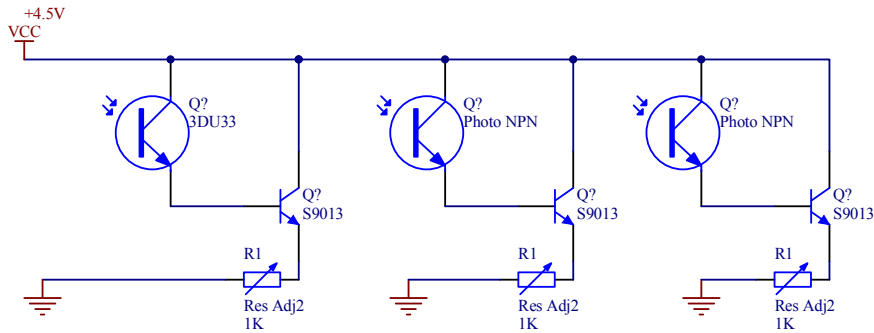


正负可调基准源电路



基准源输出一路接一个可调电阻作为正的基准源，另一路经反相放大得到负的基准源。

光敏三极管 3DU33 检测电路

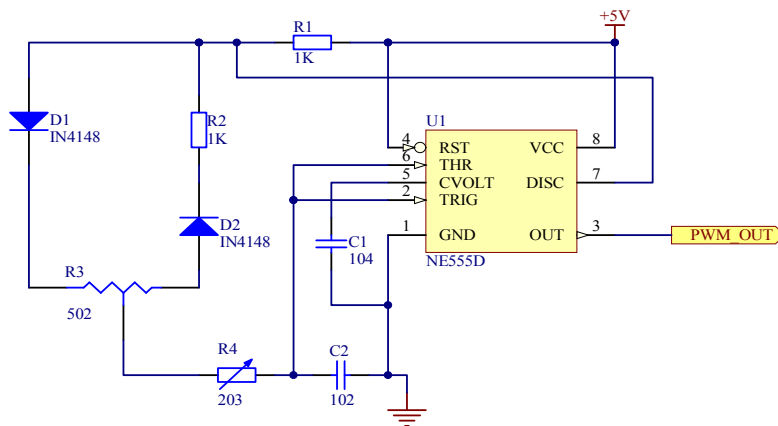


实际调到200欧左右，或是用一个220欧的固定电阻代替。

光敏三极管不仅对光照的灵敏度高，而且其本身就具备电流放大作用，3DU33 采集到光信号后，使整个电路导通，通过三极管将微弱的电流信号放大，图中的 R1 为偏置电阻，可以调节工作点及稳定电路。3DU33 在正常室内光照下，电流为微安级，故需选择合适的偏置电阻，放大后再送至 A/D 采样。

二、波形发生器电路部分

方波发生电路

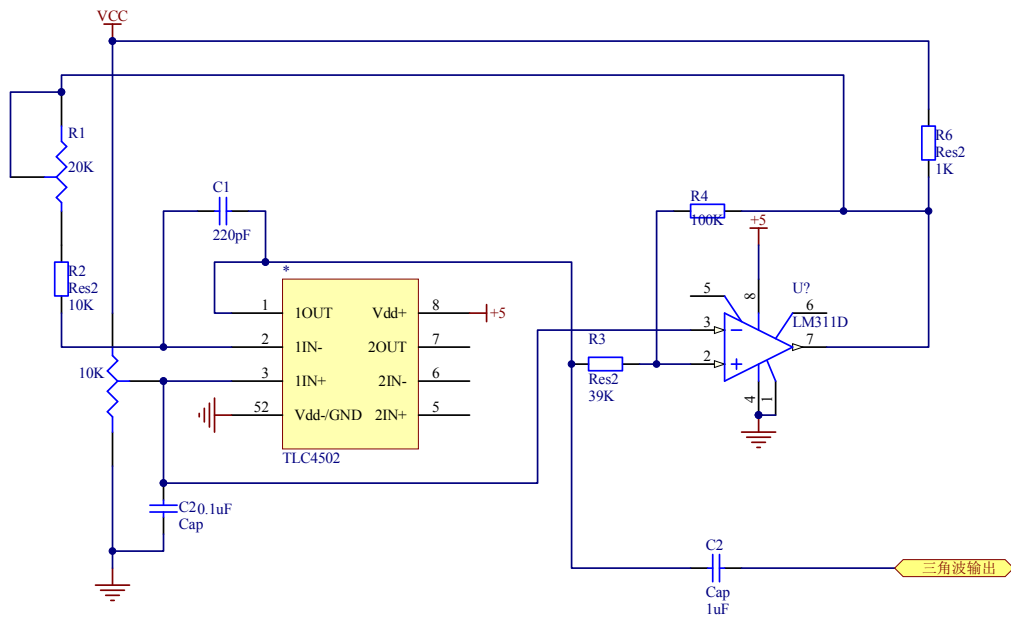


用于产生38KHZ的方波，占空比为1/3。

R3调节占空比，R4调节方波频率。

将 555 定时器的 2 脚与 6 脚接在一起，构成施密特触发器。施密特触发器的电压传输特性是反相的。电阻 R4 和电容 C2 构成一个 RC 积分电路，其输入端接施密特触发器的输出端，其输出端接施密特触发器的输入端。这样就构成了一个多谐振荡器，其中 R3 调节占空比，R4 调节方波频率。

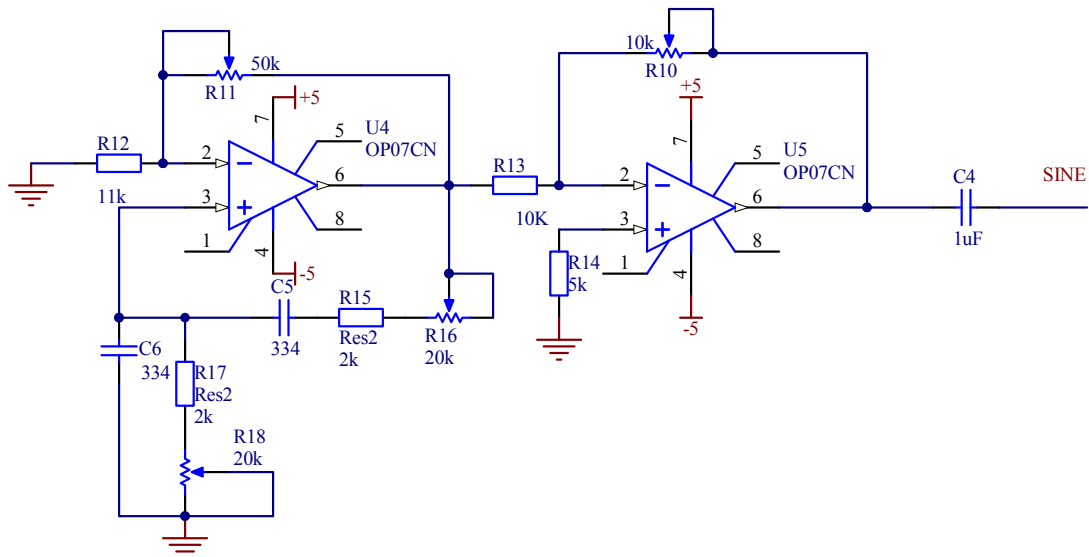
三角波发生电路



三角波发生电路

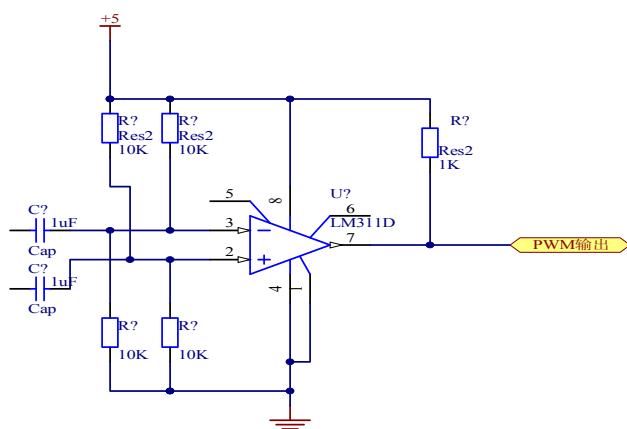
采用满幅输出运放 TLC4502 及高速精密电压比较器 LM311 来实现(电路如图所示)。TLC4502 不仅具有较宽的频带，而且可以在较低的电压下满幅输出，既保证能产生线性良好的三角波，而且可以达到在低电压下正常工作的要求。

正弦波发生电路



RC 串并联电路构成正负反馈支路，同时兼做选频网络，R15, R17, R11 构成负反馈和稳幅环节。调节电位器 R11，可以改变负反馈深度，以满足振荡的振幅条件并改善波形。为了稳定输出电压的幅值，常在 R11 支路串接两个反向并联二极管，利用其正向电阻的非线性特性来实现稳幅。

基于自然采样法的 SPWM 波硬件产生电路

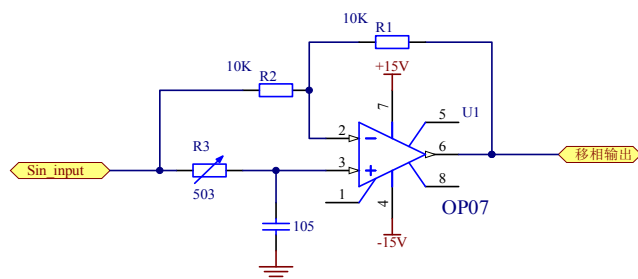


需要调节三角波和正弦波的中心线在一条直线上。

SPWM硬件产生电路

三角波和正弦波输入到比较器 LM311 进行比较, 在输入到比较器 LM311 的前端加有隔直电容, 这里主要是为了使前端输入的任意偏置的信号经隔直后中心线相等, 然后再同时偏置 2.5V 的电压。以确保进入到比较器 LM311 的两路信号中心线齐平。

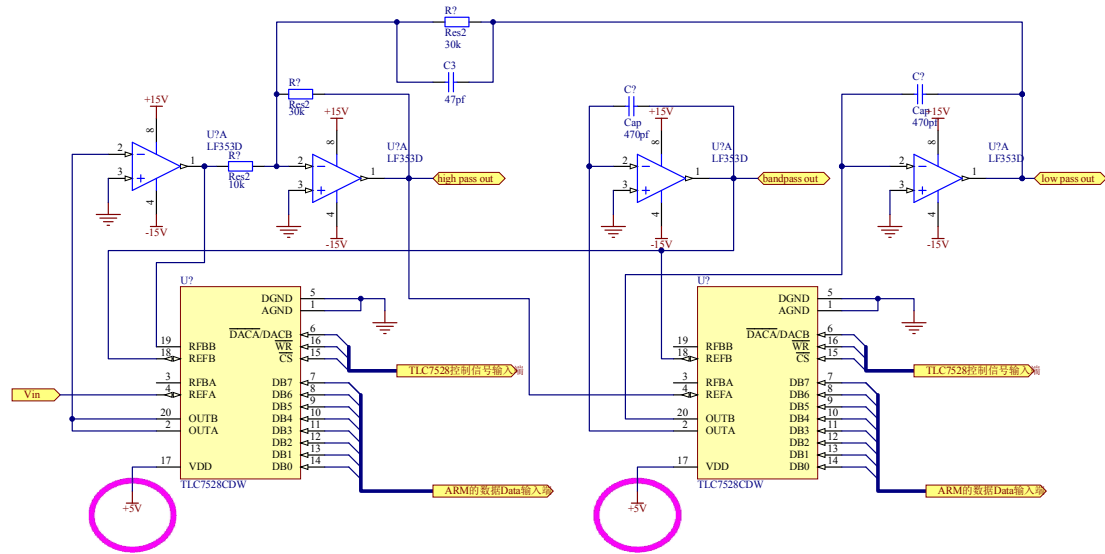
恒幅移相电路



移相范围：滞后 0° ~ 180°

一般的 RC 移相电路都会对幅值有一定的衰减, 这个电路就可以等幅输出移相后的波形。通过选取电阻、电容的参数可以实现 0° ~ 180° 滞后的移相范围。

TLC7528 程控滤波器电路



程控滤波器由两片 TLC7528 及两片双运放集成芯片 LF353 构成. 电路如图所示. 第一片 TLC7528 控制滤波器的 Q 值和增益, 第二片 TLC7528 控制滤波器的截止频率。

AD9851 电路

我们选用 DDS 集成芯片 AD9851 来实现。AD9851 内置 32 位频率累加器、10 bit 高速 DAC、高速比较器和可软件选通的时钟 6 倍频电路。外接参考频率源时, AD9851 可以产生频谱纯净、频率和相位都可控且稳定度非常高的正弦波。控制字通过 W-CLK 引脚接入的控制字写时钟来触发写入的。当控制字写完后, 在 FQ-UD 信号的上升沿的作用下, 控制字被写入频率相位数据寄存器, 更新 DDS 的输出频率和相位。AD9851 具体电路如图所示。该电路做成了 PCB 板, 电路设计时, 十分注意电源和地线的连接, 有效地减小了干扰, 提高了输出信号的质量。电路连接图如图所示。

