

低频低噪声高增益放大器

摘要：本设计共由5个模块构成：直流电源，选频网络，两级放大(次级可控)模块，单片机控制模块，显示和键盘。系统的特色在于：通过单片机 STC89C52 对模拟开关的控制，改变反馈电阻阻值，从而改变放大器增益，增益从46dB 到 66 dB，可调步进从11到120，并由数码管显示数字。

信号发生器选用自制正弦波发生器，经过电路自身的正反馈自激产生正弦波。其放大网络稳幅增益 A_f 为3，为使其容易起振，起振增益应大于3，所以采用二极管自动调整放大增益。

带通滤波器 (3kHz-5kHz)应选用窄带滤波器，故采用了二阶电压控制有源滤波器。此种滤波器的频响曲线很对称，带宽很窄。

放大器分为两级，前级增益固定为200；后级从1-39倍可调。原理都为由反比例放大电路。后级放大器选通开关由继电器控制。

单片机将键盘数字(指示可控放大器的增益)选择信号译码，送入可控放大器接口,经过光耦和门逻辑，进一步控制达林顿管的导通从而控制继电器的吸和，同时经过显示译码送入数码管显示整体放大倍数。

关键词：二阶电压控制滤波器 可控增益 继电器 两级放大

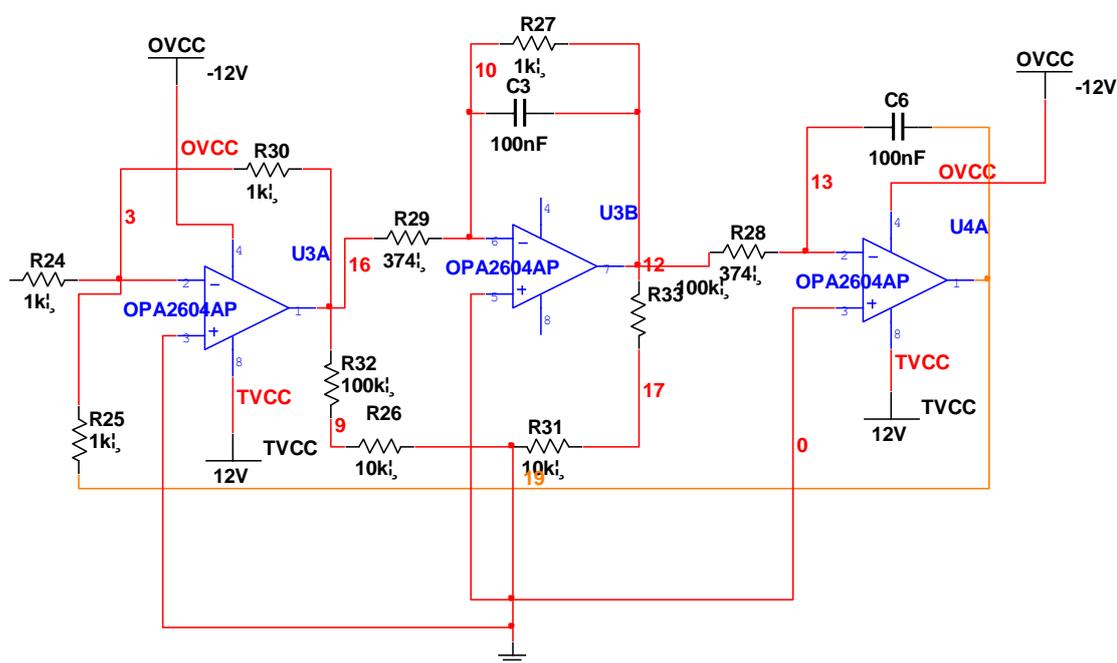
一、方案论证与比较

1. 带通滤波器方案选择

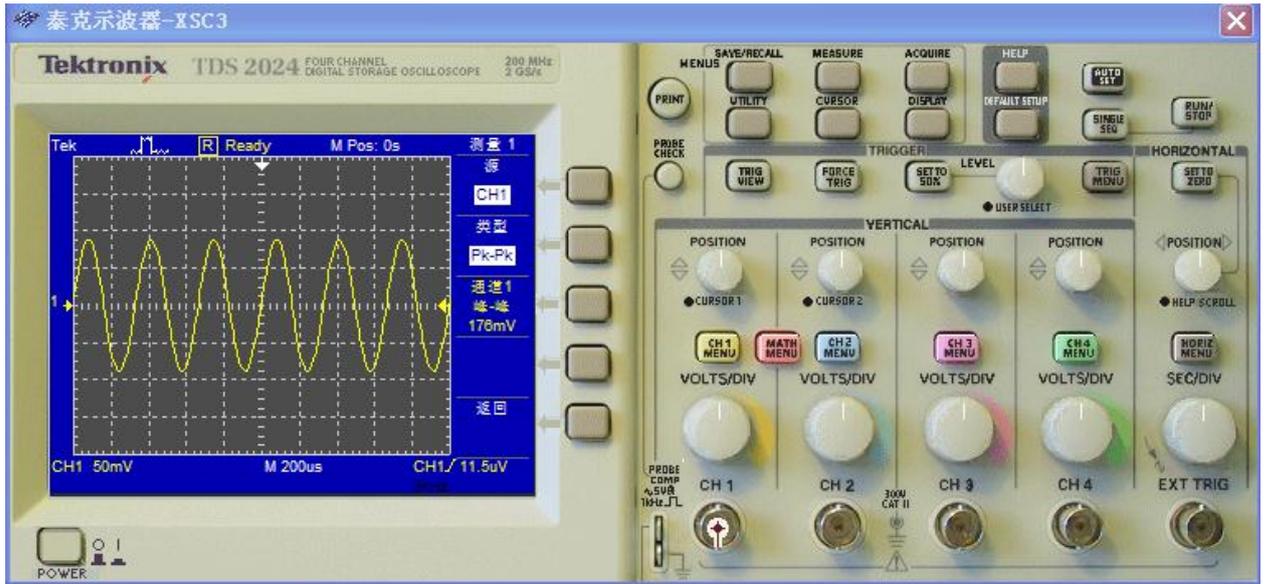
方案一：此方案是由纯电阻和电容组成的带通滤波网络，本方案的优点是频率响应对称且中频 4kHz 可以满足,但通频带较宽，并且前后级相互影响较大，故达不到题目的要求。

方案二：此方案是方案 1 的改进，采用集成运放使前后级低通和高通网络隔开，减弱其互相影响。而且整体输入阻抗大幅度提高，输出阻抗大幅度减小。但频响曲线对称性较差且通频带依然较宽。

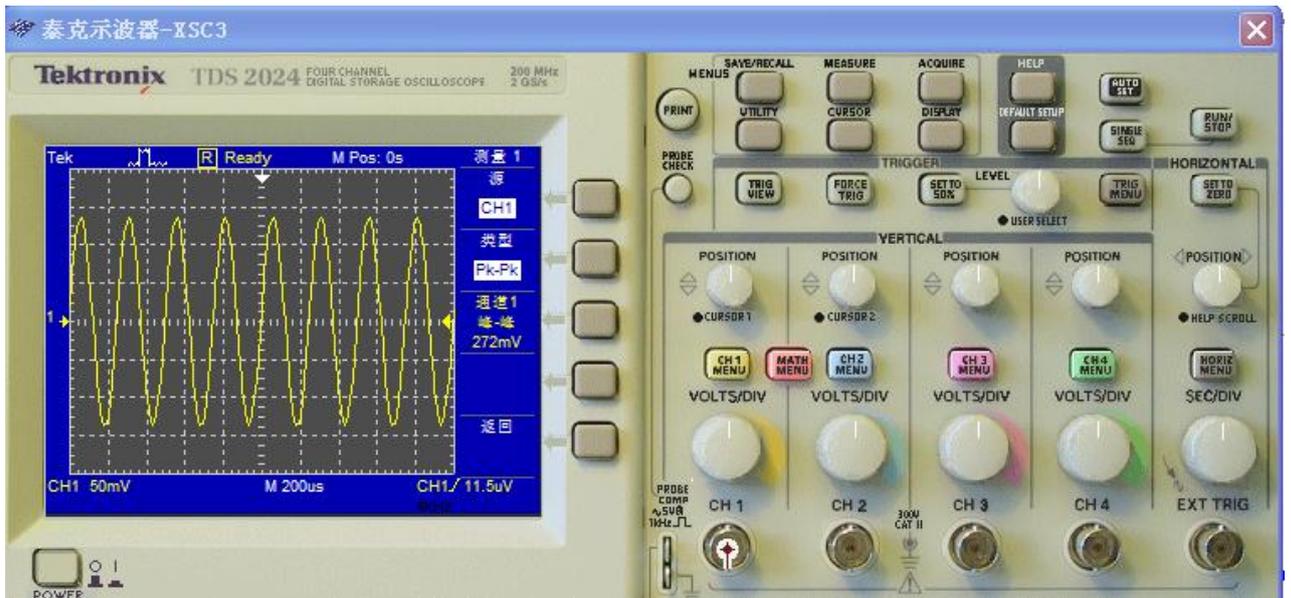
方案三：此方案采用电压控制式二阶带通滤波器(图 1)，可以很精确的使通频带变窄为 3kHz-5kHz。且频响曲线对称，中心频率恰好使 4kHz。用 Multisim 仿真，如以下图所示。故选择此方案。



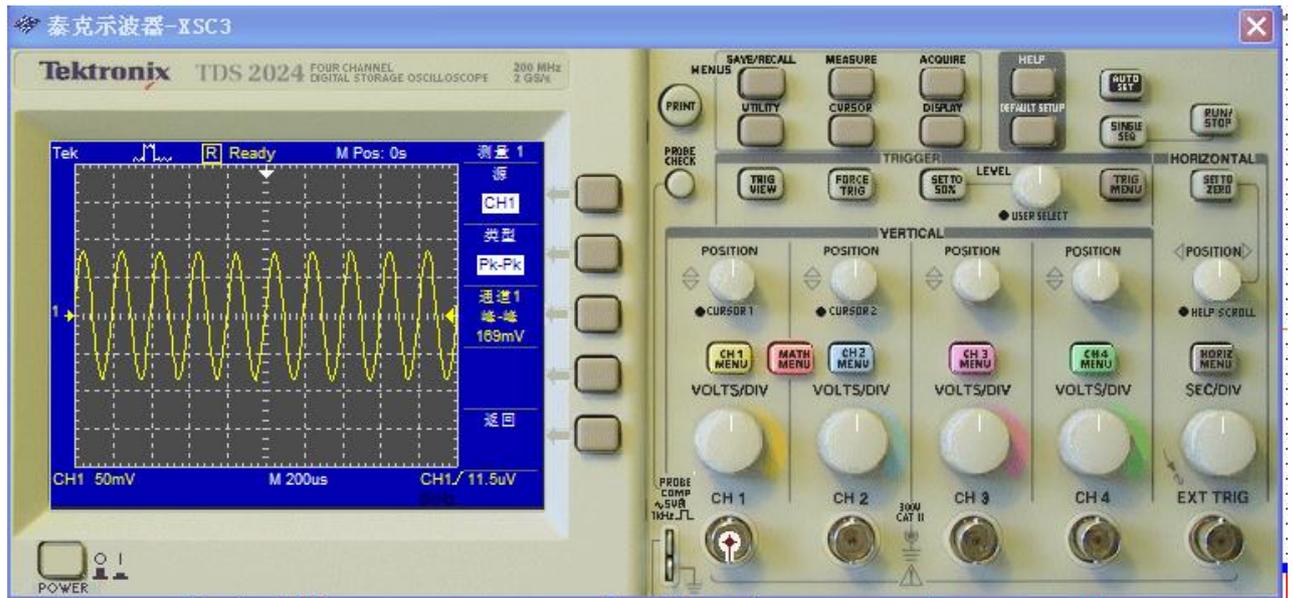
(图 1)



(图 2) 输出频率为 3 KHZ



(图 3) 输出频率为 4 KHZ

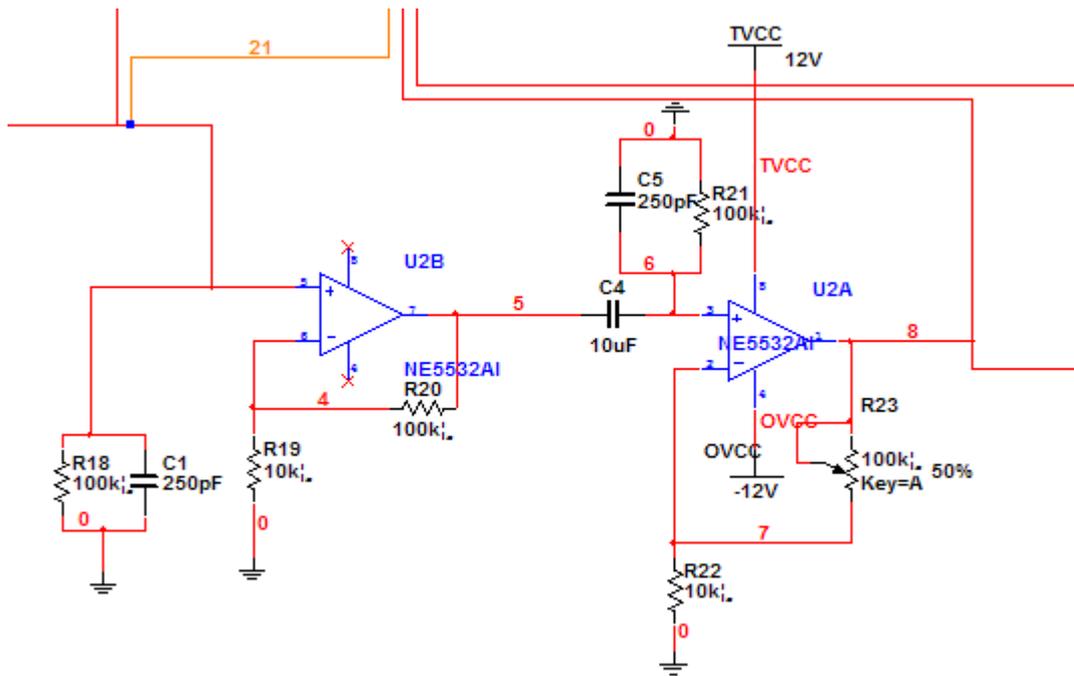


(图 4) 输出频率为 5 KZ

2. 中频放大模块

2. 1 第一级放大器

本电路需要实现的是 200 到 2000 的高放大倍数，而一般的晶体管很难达到这一放大要求。集成运算放大器 NE5532 实质上是一个具有高放大倍数的直接耦合放大器，又有高精密度，低噪声的特点，正符合此电路低噪声高放大倍数的要求，故我们选用反比例运算放大器。其基本公式为： $A_{vo} = -R_f/R_1$ ，电路图如下：



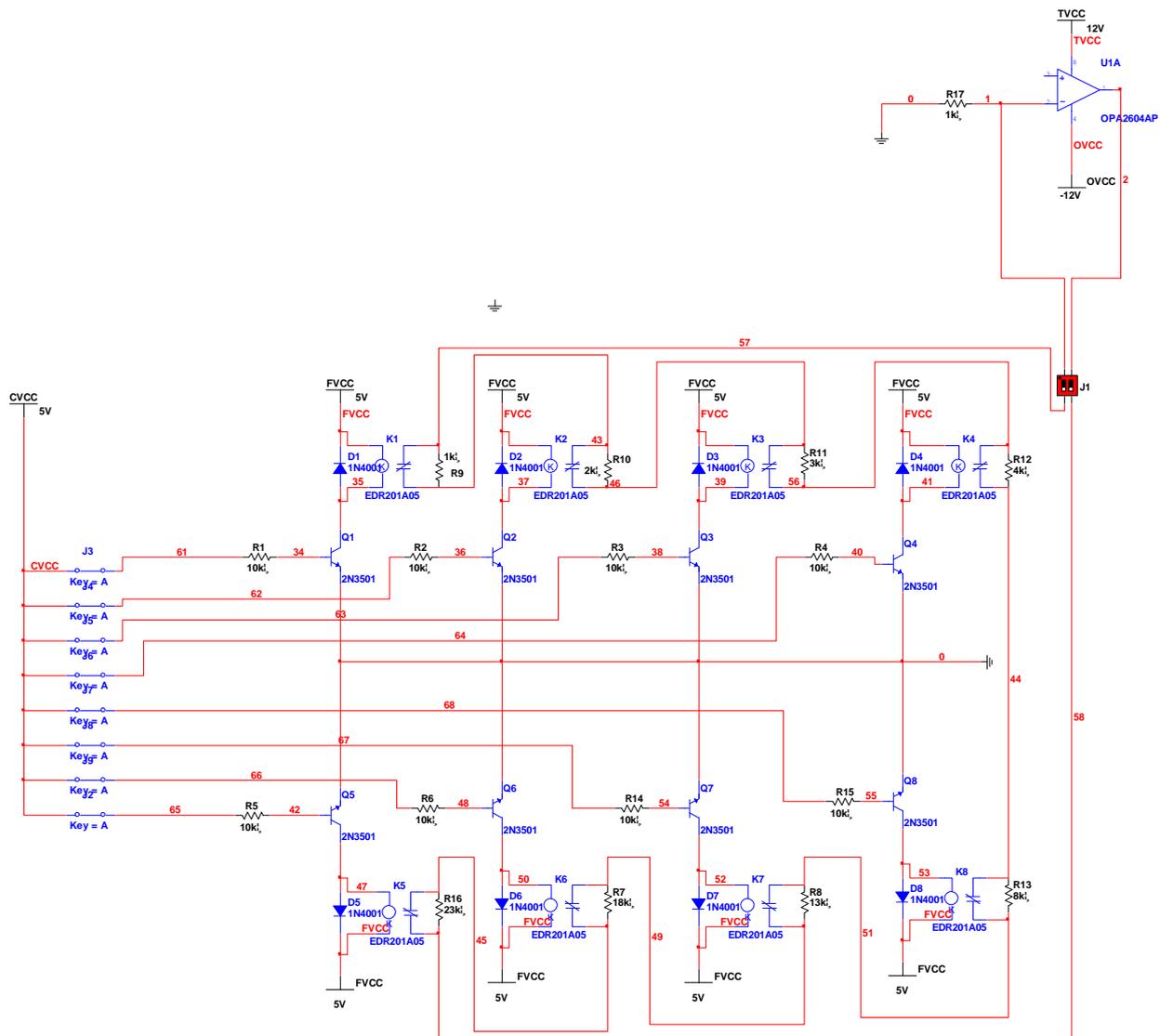
(图 5)

现要求此级电路实现增益 200，而前级滤波电路有一定的放大或衰减作用，为了满足其整体增益 200 以及调试的可行性，反馈电阻取可变电阻。

2. 2 次级可控放大器

方案一：由多路选通开关控制的放大单元。此模块是由多路选通开关和电压串联负反馈放大电路组成。输入为前级 200 倍放大电路，通控制信号由 STC89C52 提供。输出为需求信号。放大原理亦为反比例放大器，放大倍数 $A_{vf} = -R_x/R$ ，经过 2 片 8 选 1 的多路选通开关，使其放大倍数从 1-15 倍变化，步进为 200。4 位选通信号 A0A1A2A3 来自 CPLD，由与其逻辑 1 电平(5V)不与选通开关 4051(12V)兼容，故二者之间使用耦合芯片 TPL521-4 调和.但本方案的缺点是多路选通开关的接通时压降比较大，使电压放大倍数不准确。

方案二，鉴于以上缺点，多路选通开关被更换为继电器，原理亦是反比例放大器。整体设计思路与方案一基本一致，可选的反馈电阻由 1K、2K、4K、8K、10K、20K 的精密电阻串联组成，通过继电器来控制阻值大小（控制接入反馈网络电阻个数），选择继电器的开关状态由单片机的输出来控制。所以我们选择方案二（图 6）



(图 6)

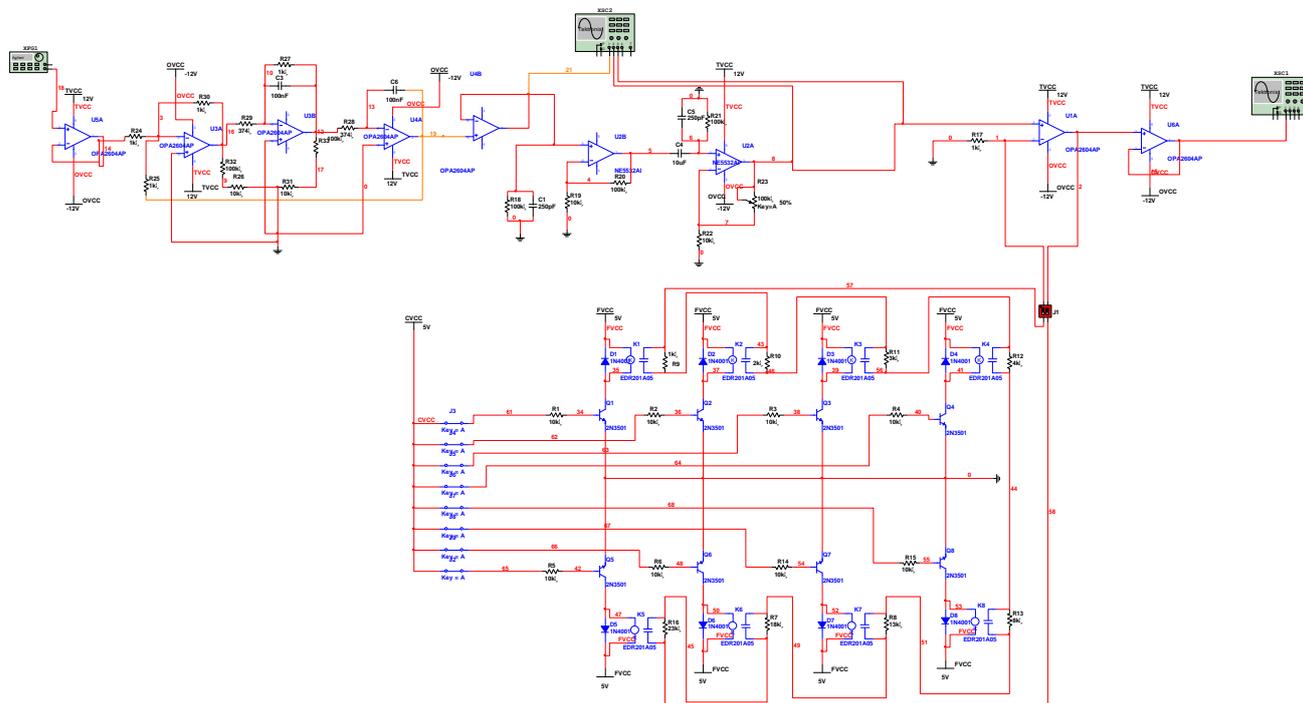
3. 单片机控制模块

此模块是控制单元，接受键盘输入，并进行译码，送入可控放大单元及显示管。基本步骤为 a).由并行口或串口接受开关状态;b),经过查表译码并输入可控放大单元和显示器。

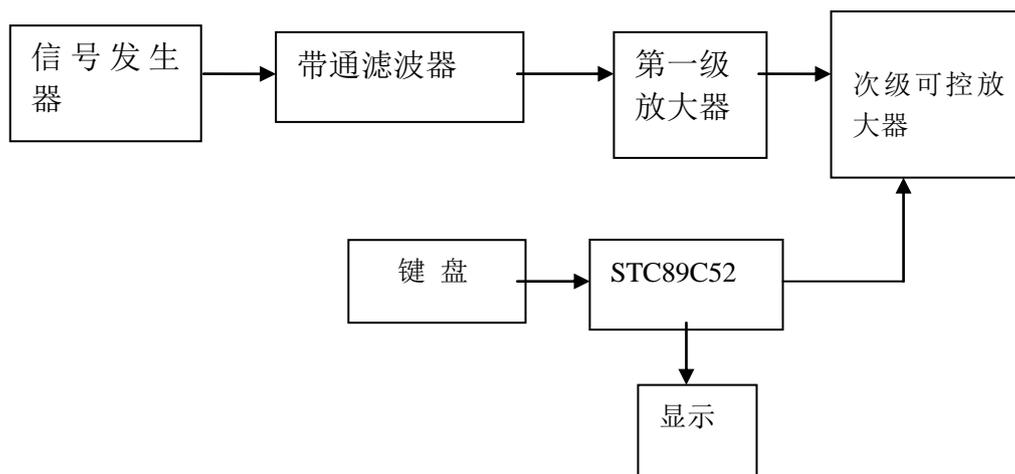
4. 键盘与显示模块

此模块应提供良好的人机接口。首先由两位拨码开关选择放大倍数，从 200-3900可调。同时两位数码管显示放大倍数的高两位(低两位恒为00)，同时输入信号可选择为内置信号或外置信号。

5. 整体电路图



二、系统整体设计方案



(图7)

三、理论设计与参数计算

1. 带通滤波器(图5)

a), 选电容为 470pF, 根据中心频率 48kHz 和公式 $f=1/2 \pi RC$, 得 $R=83k \Omega$. 故 $R1=R3=83 \Omega$, $R2=2R=166 \Omega$.

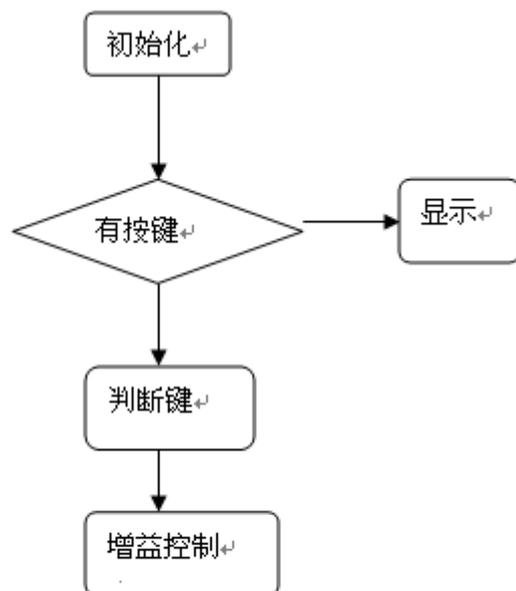
b), 通频带 $BW=2kHz$, 故 $Q=f/BW=2$, $Q=1/(3-Avf)$, $Avf=1+R5/R4$, 得 $R5/R4=3/2$, 选 $R5$ 为 $30k \Omega$, $R4$ 为 $20k \Omega$.

c), 集成运放选用低噪声的 OP07

如上图(2)、(3)、(4)所示, 当方波经过带通滤波器后, 其高频成分被滤掉, 只剩频率 3kHz-5kHz 成分, 故近似为正弦波.

2、软件流程如下:

总程序框图, 见图8



图(8)

程序如下:

```
#include<reg52.h>
#define uint unsigned int
#define uchar unsigned char
sbit key1=P3^1;
sbit key2=P3^4;
uchar num;
void delay(uint z)
{
    uint x,y;
```

```

for(x=z;x>0;x--)
    for(y=110;y>0;y--);
}
void main()
{
P1=0x00;
P3=0xff;
while(1)
    {
        if(key1==0)
            {
                delay(5);
                if(key1==0)
                    {
                        P1++;
                        if(P1==10)
                            P1=0x10;
                        if(P1==26)
                            P1=0x20;
                        if(P1==42)
                            P1=0x30;
                        if(P1==58)
                            P1=0x00;}
                        while(!key1);
                        delay(10);
                        while(!key1); }
                if(key2==0)
                    {
                        delay(5);
                        if(key2==0)
                            {
                                P1--;
                                if(P1==1)
                                    P1=0x39;
                                if(P1==47)
                                    P1=0x29;
                                if(P1==31)
                                    P1=0x19;
                                if(P1==15)
                                    P1=0x09;}
                                while(!key2);
                                delay(10);
                                while(!key2); }
                    }
            }
}
}

```