

基于红外、光敏感应的教室节电系统

作者:

耿猛 程宇凡 李颖

摘要:

用于检测人体辐射红外线的热释电传感器, 由于它具有隐蔽性好、成本便宜等特点, 因而在防盗、报警、安全、自动控制等方面得到了广泛应用。

我们将设计通过热释电红外传感器和光敏电阻对教室光线和是否有人进行检测, 智能开关教室里的灯的系统。从而实现节电。

关键词: 热释电、光敏电阻、节能灯

未来授权允许:

本报告的作者将这个文件的使用权限授权给中国海洋大学选修这门课程的学生。

引言:

学校大部分自习室都自由进出, 但是好多教室的灯光开关都没人管理, 本项目实验目的为了研制出一种能智能控制教室灯光的系统。虽然, 有些教室里已经装有智能开关, 但是频繁出现教室里还有在自习或者上课, 或者是阴天, 教室里的电灯就自动关闭的现象。这虽然达到节能的效果, 却影响了同学们的正常学习。

本项目的教室节能系统将在以往的智能开关的基础上进行一些改进。通过红外传感探测教室里是否有人, 从而实现智能控制电灯开关, 同时光敏电阻的对教室光线进行检测。通过一些简单的逻辑电路在光线比较亮的时候关闭灯光, 从而实现节电。

方法: 论文采用 multisim11 作为仿真软件来仿真电路, 利用 LM324AD 运算放大器来实现电路的放大、滤波、比较及光强差检测功能, 及用 74LS160N 构成 60 进制计数器, 用 555 多谐振荡器构成时钟信号源电路, 还用变压器稳压器等模块构成电源电路等。采用示波器观察电路的输入输出波形来验证放大倍数, 用波特图示意图来观察滤波效果等仿真观测方法。电路整体模块采用了子电路的设计方法, 使电路看起来清晰、简单。

内容:

一、节电系统所用传感器结构和原理概述

我们都知道, 光是一种电磁波, 人眼可见的七彩光的波长 λ 在 780nm (红光) ~380nm (紫光) 范围内。在波长大于 780nm 的一段范围内, 人眼无法看见的电磁波就是红外线。自然界中, 凡是高于热力学温度 (-273.15℃) 的物体都能发出红外线, 当然也包括人体, 正常人的体温一般为 37℃ 左右, 能发出中心波长 9~10 μ m 左右的特定红外线。由于红外辐射与物质相互作用时产生了热效应, 我们能将肉眼看不见的红外辐射转变为可测量的电学量, 根据这一原理, 可做成红外辐射传感器。热释电人体红外传感器的外形如图 1。

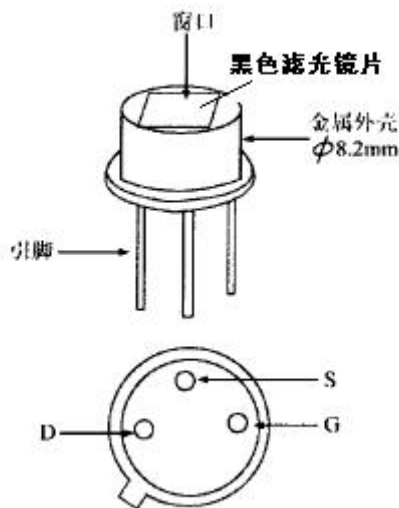


图 1 热释电红外传感器外形

它由敏感元件、场效应管、阻抗变换器和滤光窗等部分组成，并在氮气环境下封装。在传感器前端，还制有一块黑色滤光镜片，它能滤除波长小于 $7\mu\text{m}$ 和大于 $15\mu\text{m}$ 的一切红外线，只让 $10\mu\text{m}$ 左右的人体红外线进入，起到防干扰作用。

图 2 为传感器内部构造，敏感单元 A 和 B 一般采用热释电材料锆钛酸铅（PZT）制成。制作敏感单元时，先把热释电材料制成很小的薄片，再在薄片两面镀上电极，构成两个串联、有极

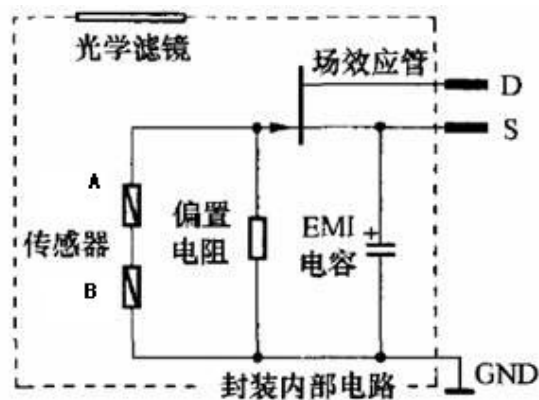


图 2 传感器内部构造

性的小电容，因此由温度变化而输出的热释电信号也是有极性的。由于把两个极性相反的热释电敏感单元做在同一晶片上，当环境的影响使整个晶片产生温度变化时，两传感单元产生的热释电信号相互抵消，起到补偿作用；当热释电传感器在使用时，前面要安装透镜，是外来红外线辐射只汇聚到一个传感单元上，这时就会产生信号。

为提高传感器的灵敏度，应在传感器前 $1\sim 5\text{cm}$ 处放置菲涅尔透镜，可使探测半径从一般的 2m 提高到 10m 左右，这样就满足了覆盖普通教室整个范围的要求。

菲涅尔透镜用聚乙烯塑料片制成，颜色为乳白色或黑色，呈半透明状，但对波长为 $10\mu\text{m}$ 左右的红外线来说却是透明的。其外形为半球，平面图形如图 3 所示。从图中可以看出，透镜在水平方向上分成 3 个部分，每一部分在竖直方向上又等分成若干不同的区域。最上面部分的每一等份为一个透镜单元，它们由一个个同心圆构成，同心圆圆心在透镜单元内。中间和下半部分的每一等份也为分别一个透镜单元，同样由同心圆构成，但同心圆圆心不在透

镜单元内。当光线通过这些透镜单元后，就会形成明暗相间的可见区和盲区。由于每一个透镜单元只有一个很小的视角，视角内为可见区，视角外为盲区。任何两个相邻透镜单元之间均以盲区与可见区相间隔，它们断续而不重叠和交叉，如图 3(b)。这样，当把透镜放在传感器正前方的适当位置时，运动的人体一旦出现在透镜的前方，人体辐射出的红外线通过透镜后在传感器上形成不断交替变化的阴影区(盲区)和明亮区(可见区)，使传感器表面的温度不断发生变化，从而输出电信号。也可以这样理解，人体在检测区内活动时，一离开一个透镜单元的视场，又会立即进入另一个透镜单元视场，(因为相邻透镜单元之间相隔很近)，传感器上就出现随人体移动的盲区与可见区，导致传感器的温度变化，而输出电信号。菲涅尔透镜不仅可以形成可见区和盲区，还有聚焦作用，其焦点一般为 5cm 左右，实际应用时，应根据实际情况或资料提供的说明调整菲涅尔透镜与传感器之间的距离，一般把透镜固定在传感器正前方 1—5cm 的地方。菲涅尔透镜的展开图和安装位置图如下。

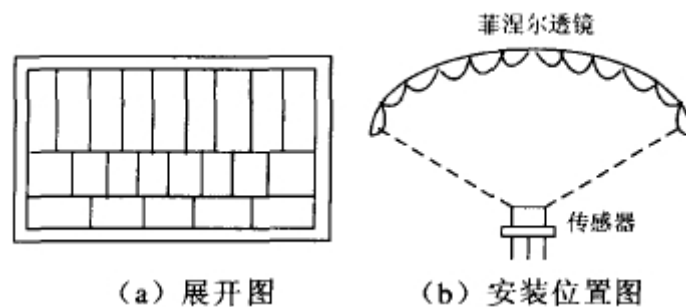


图 3 菲涅尔透镜原理图

二、节电系统前置放大器电路设计

由于传感器所输出的信号特别微弱，约为 1mV 左右，并且容易受到噪声的干扰，甚至有效信号被淹没在噪声中。根据这些特性前置放大器电路信号处理要从多种噪声干扰中提取有用的微弱信号，故前置放大电路应具有低噪声、高增益、低频特性好、抗干扰能力强等特点。因此，通常由下图 4 所示的包括带通滤波、两级高增益放大、比较电路三个部分组成。

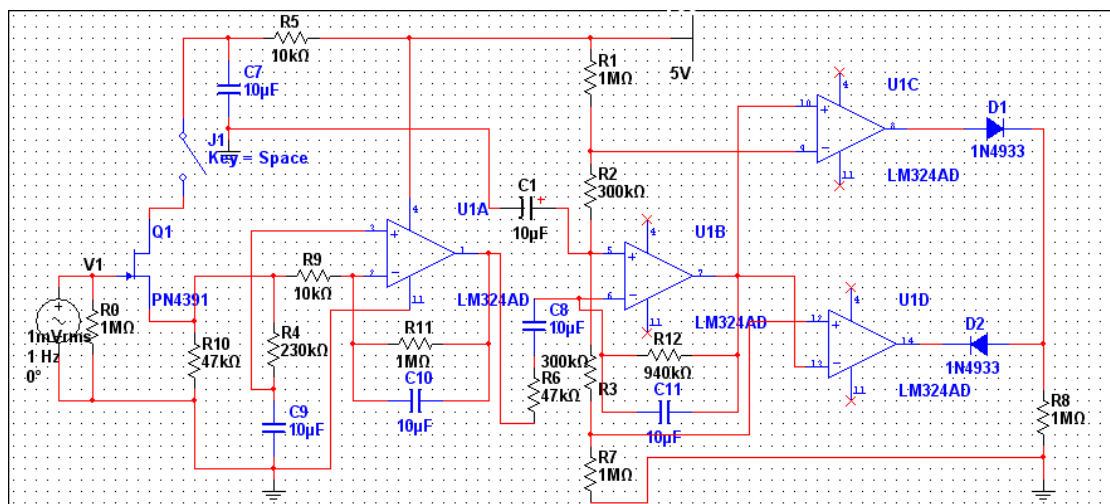


图 4 multisim 电路初步设计

电路增益与频率有关，当输入信号为 1HZ 时，第一级放大增益约为 $A_{u1}=R_{11}/R_9=100$ ，第二级放大增益约为 $A_{u2}=R_{12}/R_6=20$ ，总增益约为 66dB。双限比较器的高低阈值设置为 3.1V 和 1.9V，可有效抗噪声干扰，当放大器输出信号电平大于 3.1V 或者小于 1.9V 时，比较器

输出高电平，表示探测到移动人体。

三、节电系统计时电路设计

为了在没人的时候能及时关掉教室的灯源，我们设计了计时电路，当教室没人 1 分钟左右时，通过三极管的开关作用控制日光灯的电源，从而达到节电的目的。计时电路设计初步设计如图 5,当计时到达 60 秒时，通过一个与门反馈高电平到控制灯源的三极管上，达到关闭灯源的目的。当然还需将前置放大器中的比较器输出信号作为控制计时开始的信号，我们将前置放大器中的比较器输出信号接到计时器的使能端，就达到了控制计时开始的目的。

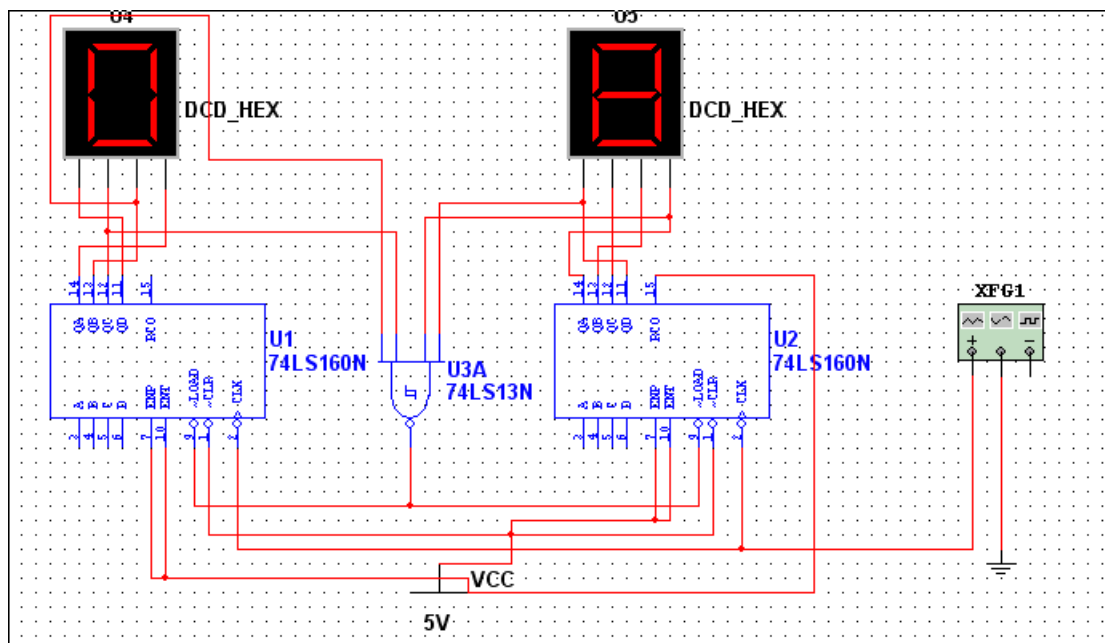


图 5 计时电路

其中，振荡电路我们采用 555 构成的多谐振荡器（图 6），调整滑变器电阻大小可以得到我们想要的频率。

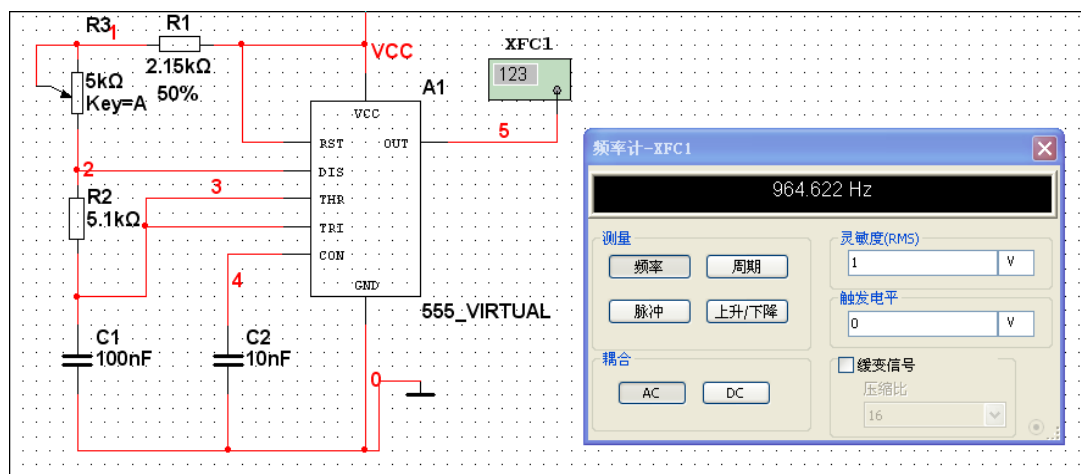


图 6 时钟脉冲源产生电路

四、节电系统整体流程及整体思路

为了能更好的设计出节电系统整体电路，我们做了一个清晰的流程（如图 7），

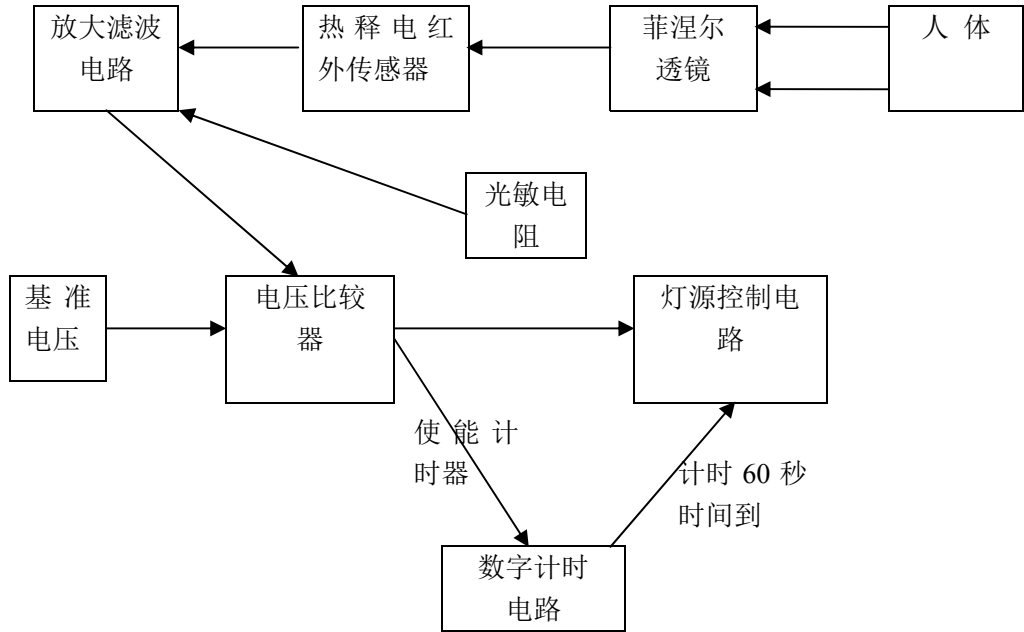


图 7 节电系统整体流程图

人体辐射出的红外线先通过菲涅尔透镜，然后到达热释电红外传感器。这时，热释电红外探测器将输出信号，该信号经放大和滤波后，由电压比较器将其与基准值进行比较，电压比较器输出高电平，该高电平使灯源打开的同时，使能计时器开始计时，当计时 60 秒时，灯源会自动熄灭，当然这是在教室无人的情况下才会发生的。教室有人时，菲涅尔透镜会不断探测到人体红外线，而后通过热释电传感器及放大电路，比较器会输出高电平，使灯源控制电路接上电源而不会熄灭。只有在教室无人的情况下，比较器输出低电平时，计时电路才会作用于灯源控制电路，起到控制灯源电路的目的。在天气晴朗，教室光线并不阴暗的情况下，光敏电阻会首先控制前置放大电路，而让比较器不会输出高电平，这样教室日光灯也就不会亮了。

实验与分析

1. 实验总体模块图：

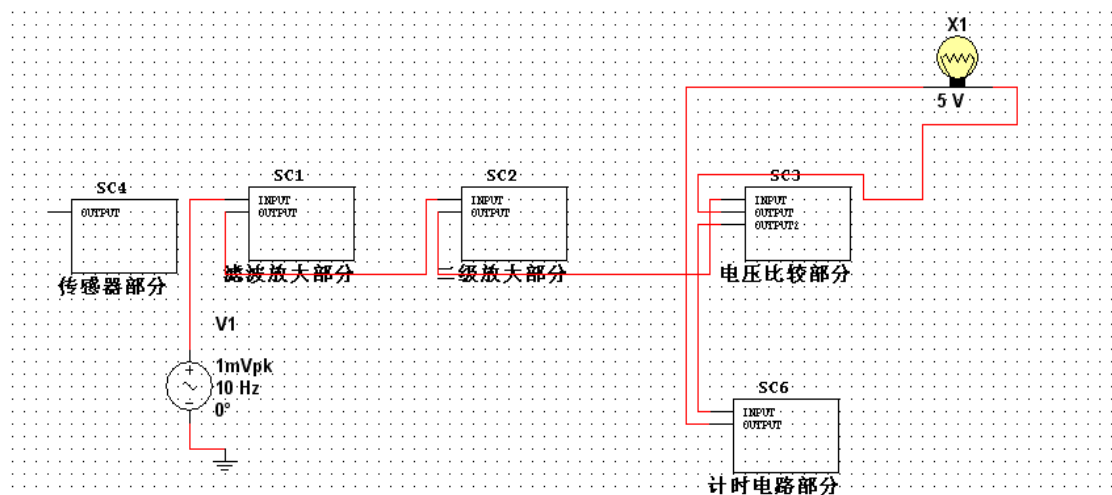


图 8 实验总体模块图

2. 各模块详细电路图及仿真分析:

2.1. 传感器模拟电路图及仿真波形:

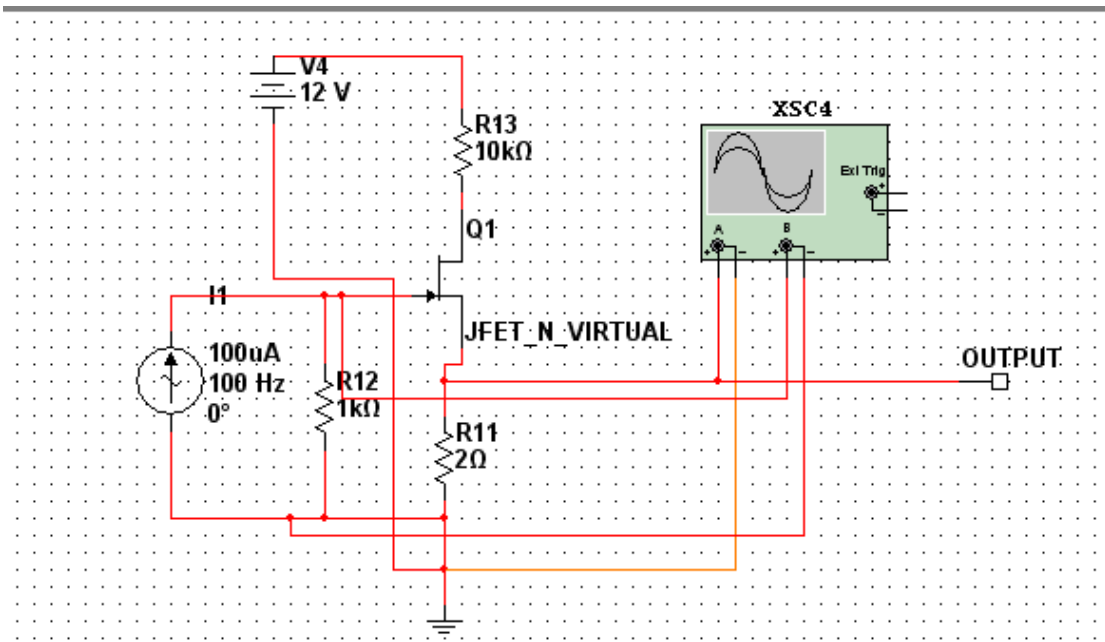


图 9 传感器模拟电路图

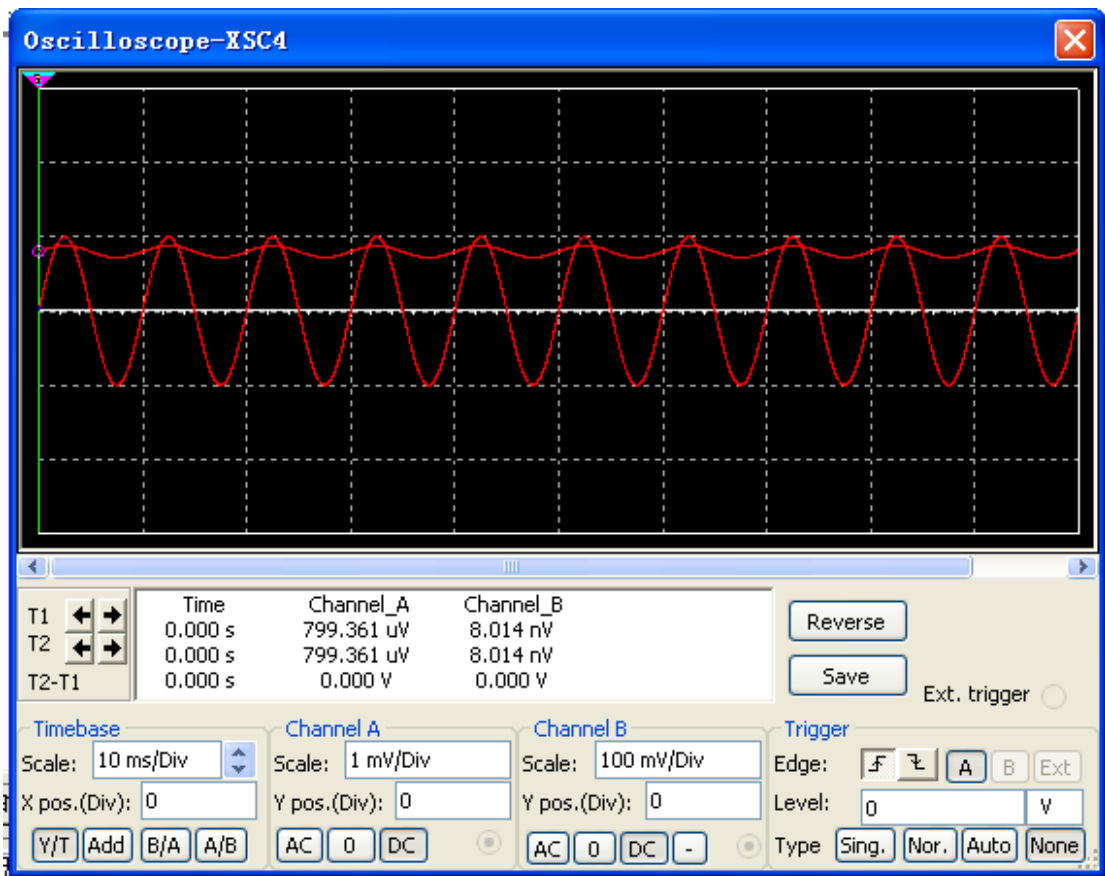


图 10 仿真波形图

热释电传感器原件是由敏感元件、场效应管、阻抗变换器和滤光窗等部分组成，我们在

multisim 里采用电流源代替敏感元件来模拟敏感元件由感应而产生的电流信号，然后在加上一个场效应管及电阻便组成了传感器模拟电路图，但最终输出信号存在直流部分，导致加上放大部分后，直流部分也被放大，难以达到要求，所以最终采用信号源来代替热释电传感器，而精确的热释电传感器应比上述电路更为复杂。

2.2.滤波放大部分电路图及仿真波形：

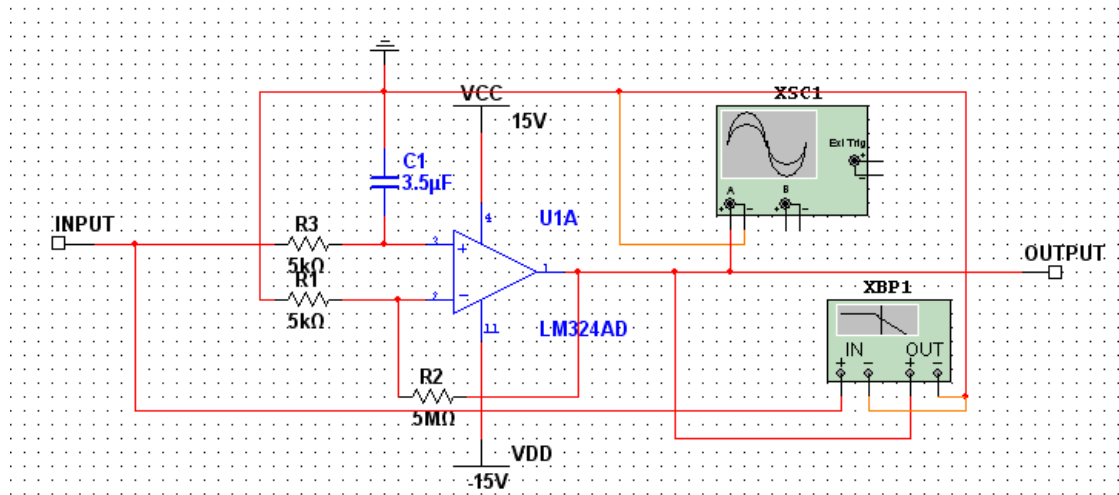


图 11 低通滤波电路

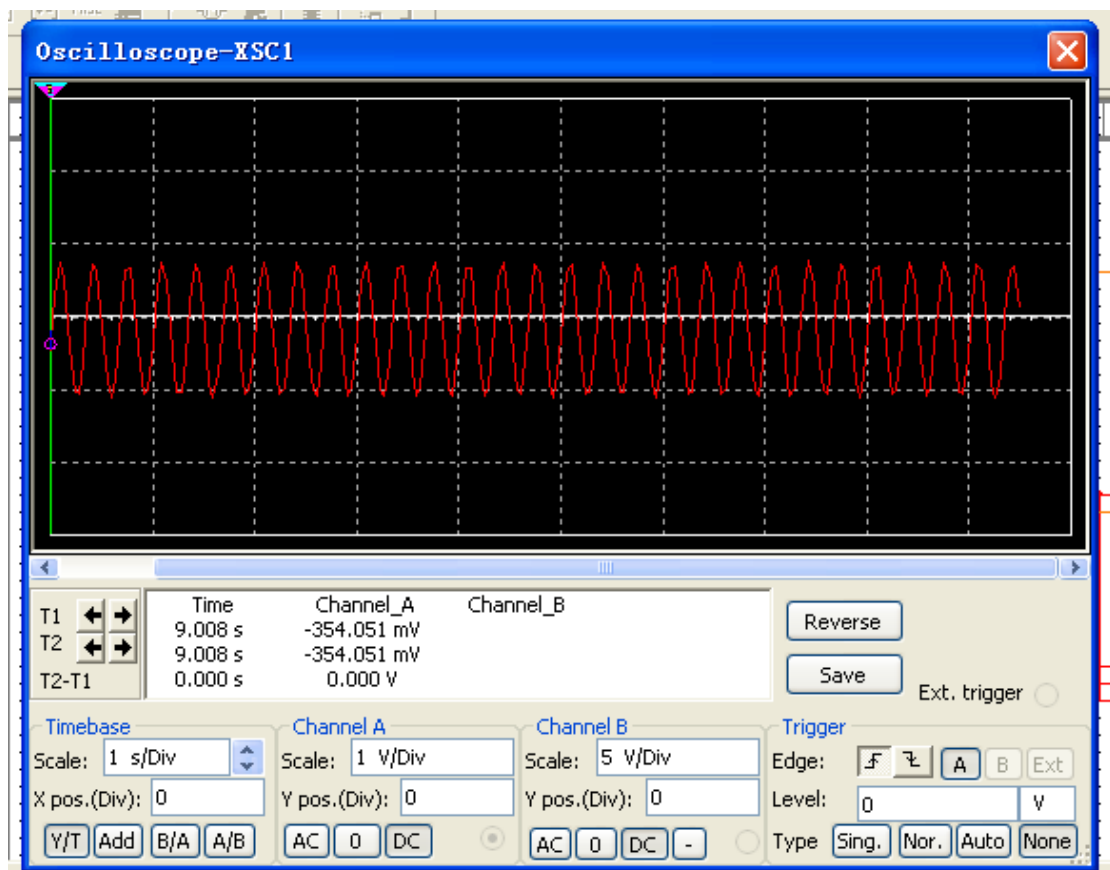


图 12 输出波形图

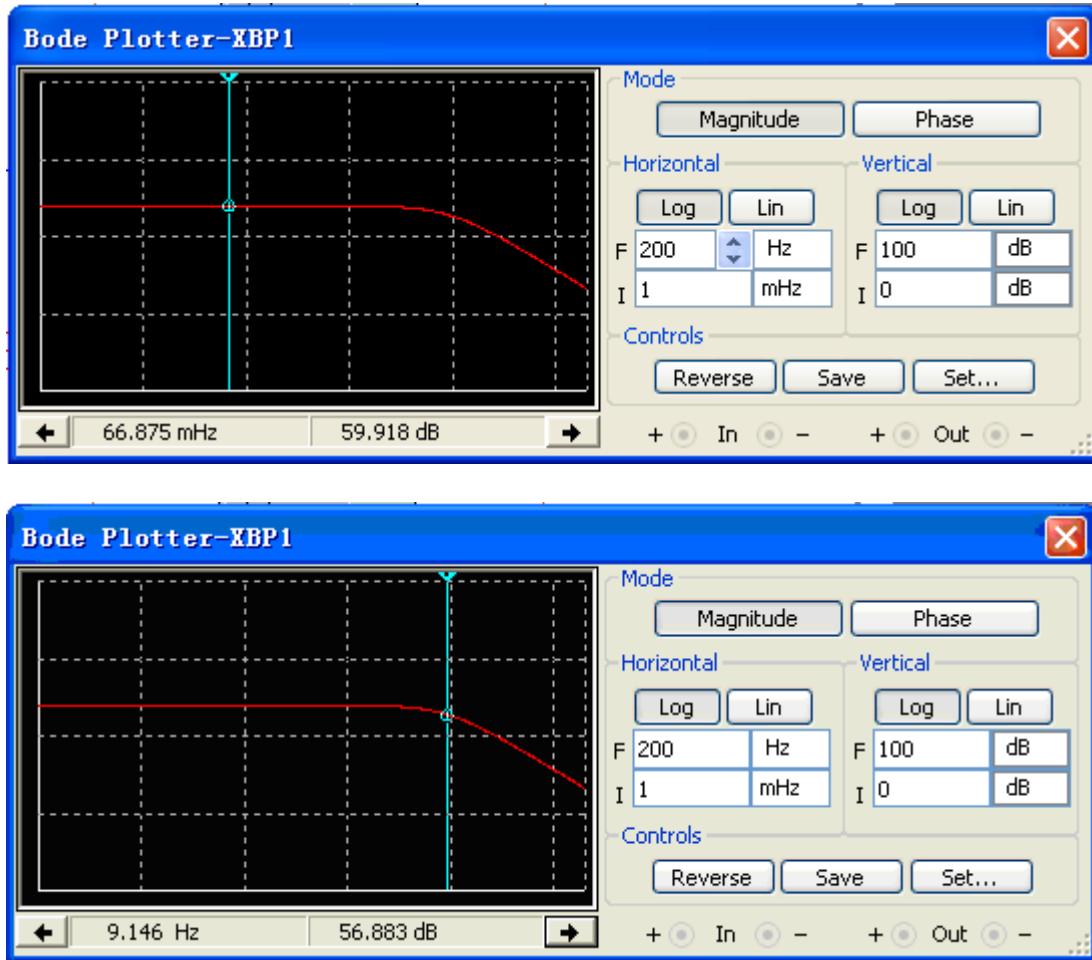


图 13 频率响应波特图

从波形图可看出，输出波形峰值约为 $\pm 1V$ ，可知放大倍数约为 1000 倍；从波特图可看出，放大倍数约为 59.918dB,约为 1000 倍，截止频率约为 9.146Hz。

2_3.二级放大部分电路及波形分析：

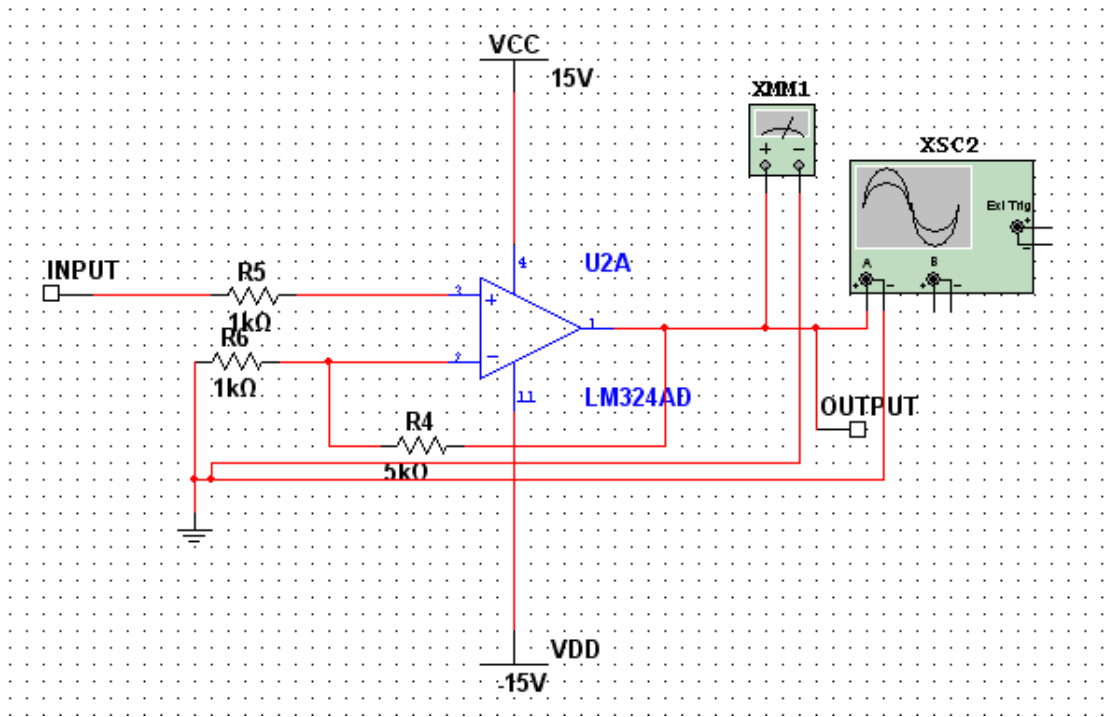


图 14 二级放大部分电路图

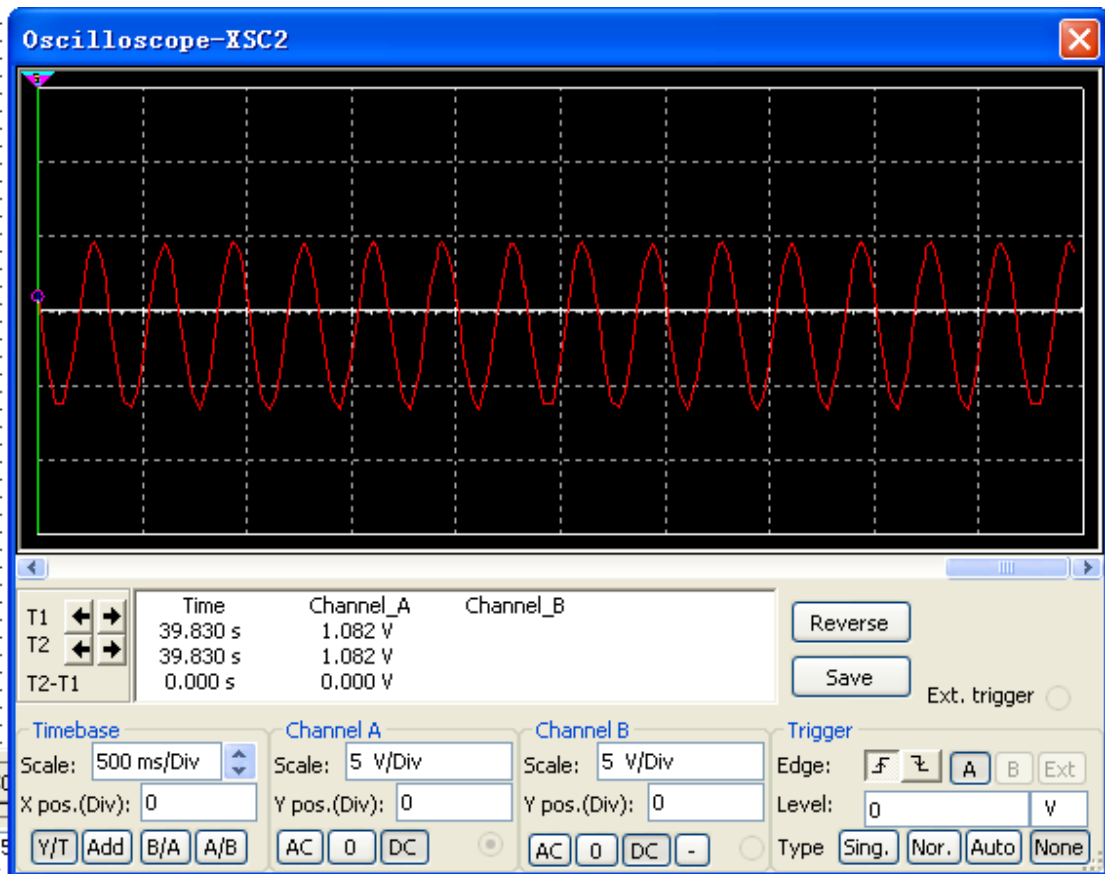


图 15 仿真波形图

从波形图可看出，输出波形峰值约为 $\pm 5V$ ，放大倍数约为 5 倍。输出信号大小基本满足比较器所需。

2_4.电压比较部分电路:

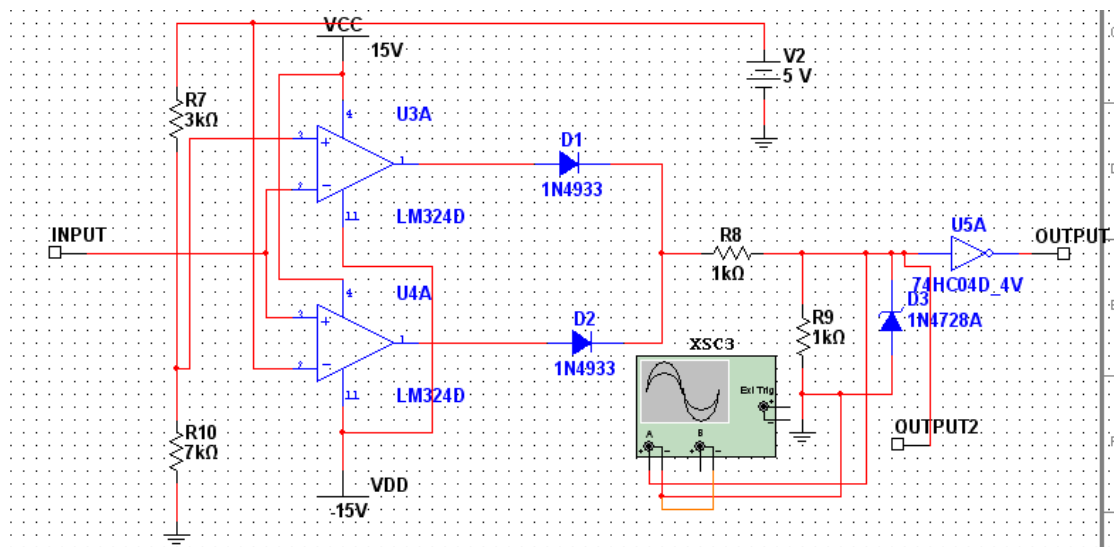


图 16 电压比较部分电路

2_5.计时电路部分电路及仿真分析:

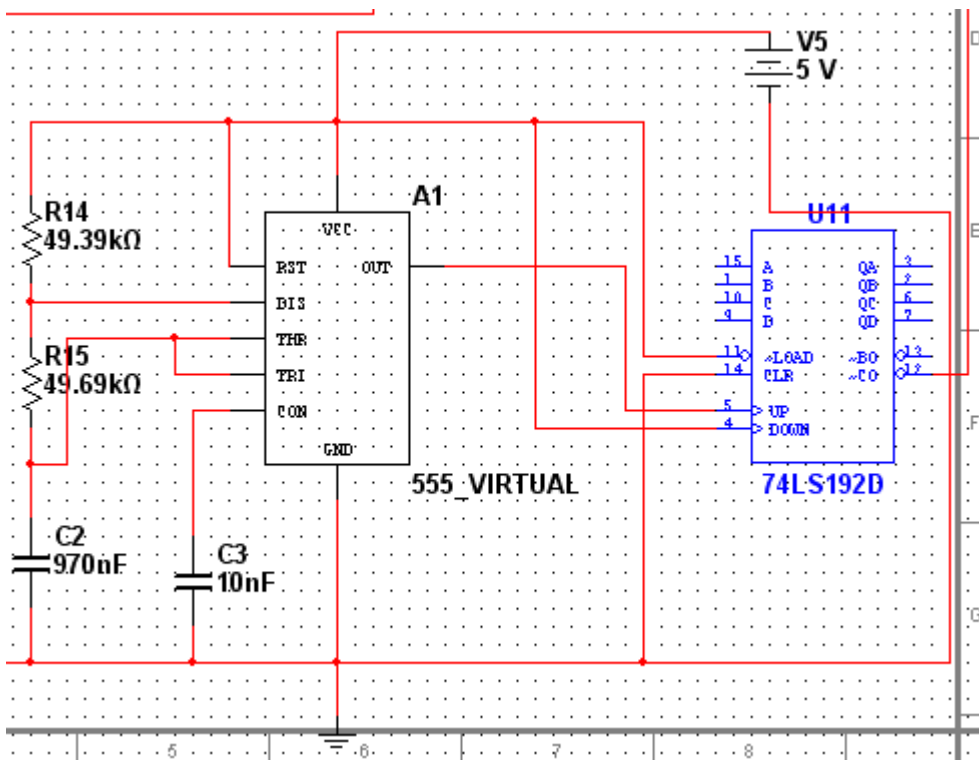


图 17 用 555 多谐振荡器及 74LS192D 组成的频率为 1HZ 脉冲时钟信号源

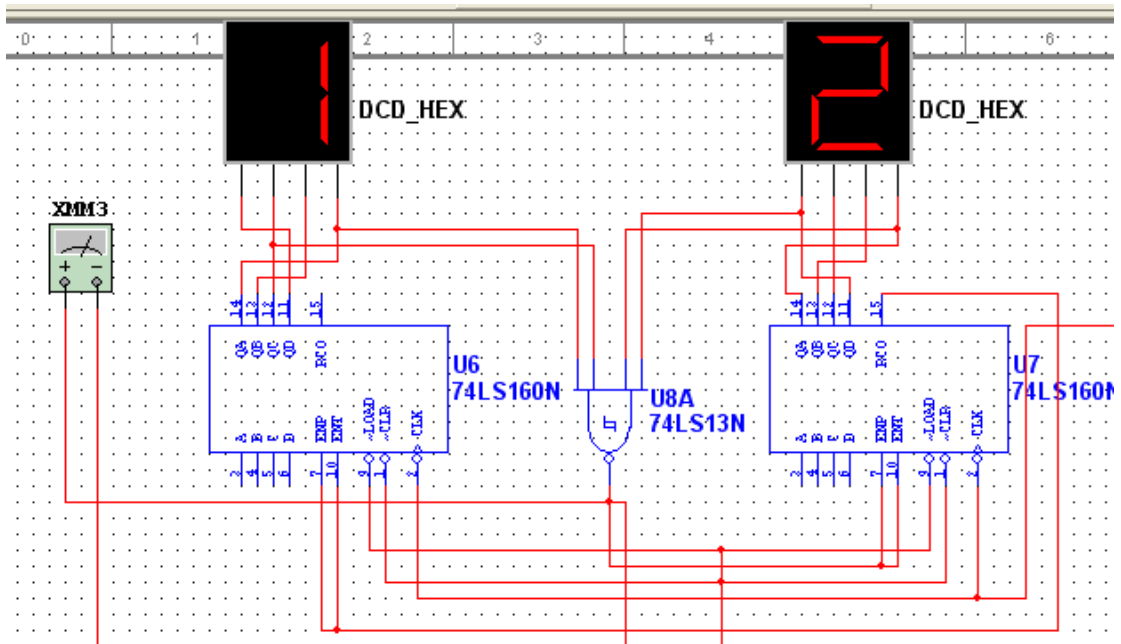


图 18 用两片 74LS160N 组成的 60 秒计时电路

图 17 中 555 产生 10HZ 的脉冲信号，74LS192D 起到分频作用，输出即可有 1HZ 的时钟信号；图 18 中，当计时到达 59 时，74LS13N 输出变为低电平（如图 19），以控制灯源。

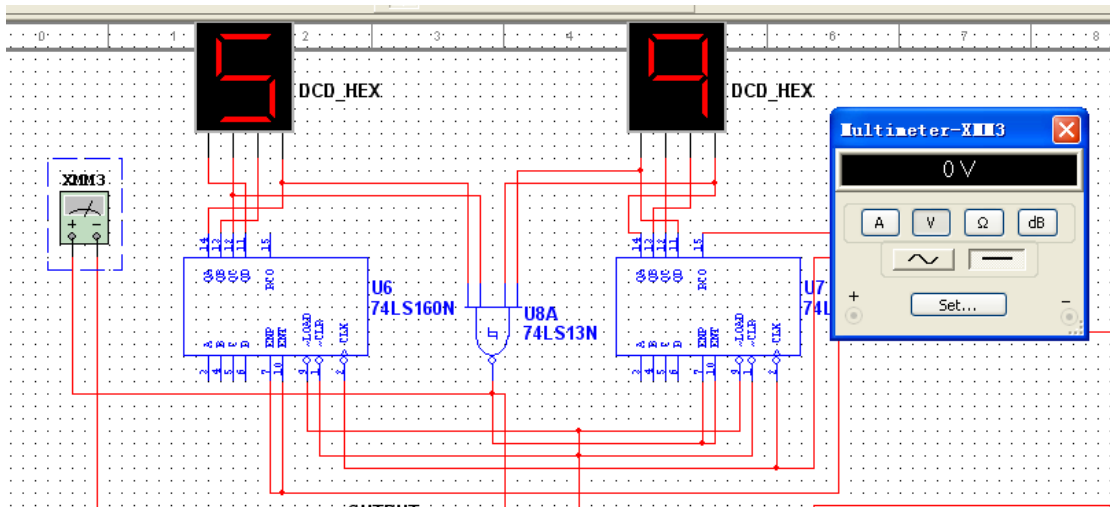


图 19 计时到达时 74LS13N 输出情况图

3. 光敏电阻电路及仿真：

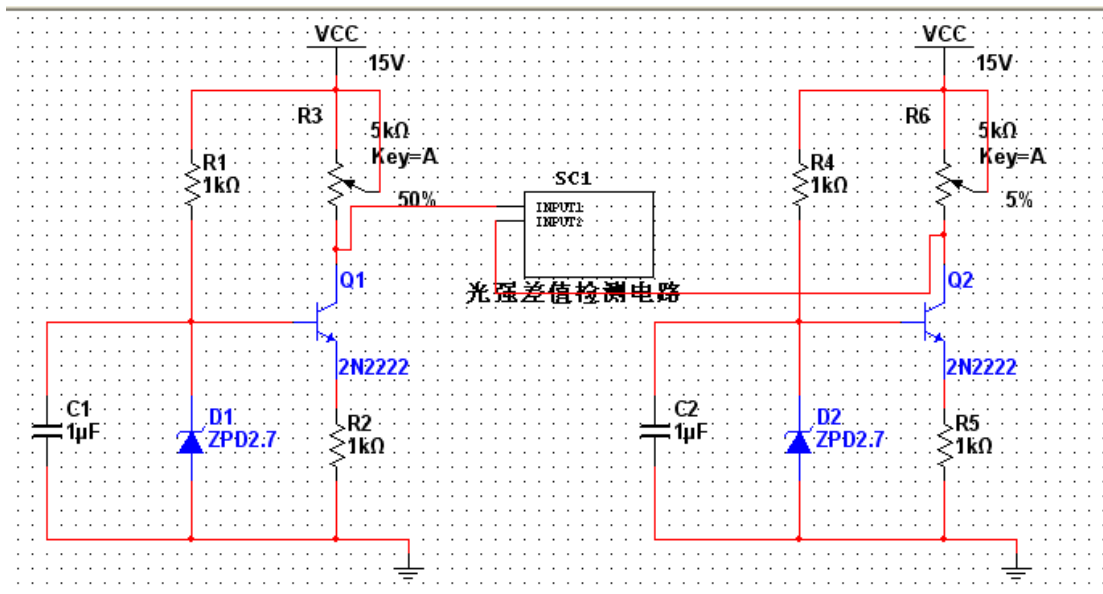


图 20 光敏电阻主电路图

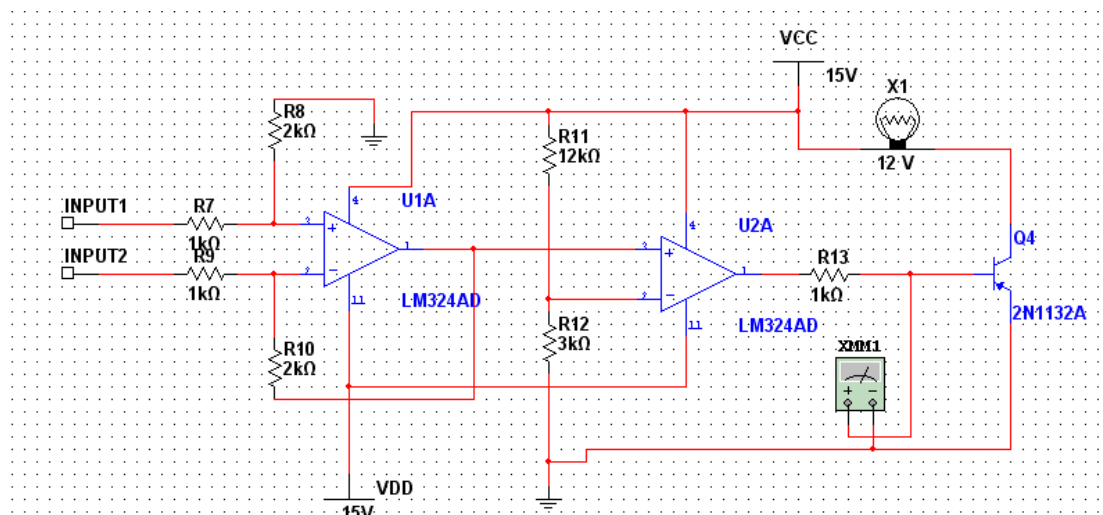


图 21 光强差值检测电路

图 20 中，用滑动变阻器代替光敏电阻，两光强转化电路一个放在暗匣中，一个放在外部。夜晚时，两光敏电阻阻值一样，假设都为 50%，而当天慢慢变亮时，在外面的光敏电阻阻值逐渐变小，即图 20 中 R6 的阻值，当低于 5% 时，光强差值电路便会检测到适当的电压差，灯源便会熄灭，这样便很好地控制了系统对光强的感应。

4. 电源电路：

最后还需要两个直流电源作为放大器的电源，我们采用变压器，将 220V 的交流市电降到一定范围，然后再经桥式电路整流，再滤波、稳压之后便得到了 $\pm 15\text{V}$ 电源（如图 22 所示）。

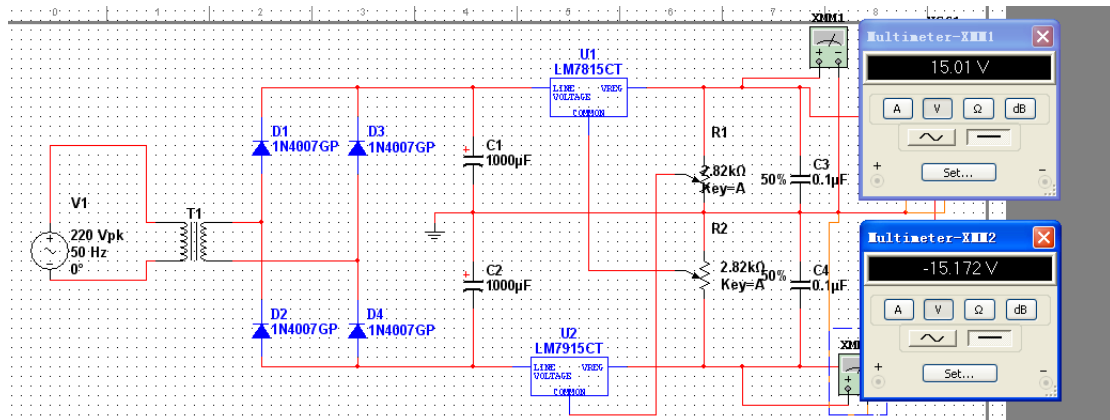


图 22 电源电路

结论

当传感器检测到人体辐射出的红外线时，传感器便会产生微弱的信号，即 1mv，小于或等于 7.1HZ 时，计时器不会计时，输出一直是高电平，灯源一直亮着；当人离开后，即检测不到信号，即 0mv，计时器便会开始计时，当到达 59 时，计时部分输出便会变为低电平，灯源便会熄灭。当有频率高于 7.1HZ 干扰信号时，计时器同样会计时到 59 后灯源熄灭。

总体来看，整个系统还是能正常工作的，基本达到了预期要求，但是控制灯源的电源尚有很大的改进之处，比如还应加上光敏电阻控制部分电路，怎样更精确的控制灯源，怎样控制设置时间区段来控制灯源等等，这都涉及到较为复杂的数字电路，在这里不做深入研究。

致谢

感谢郑海永老师对我们的督促和支持，感谢父母，感谢 Internet 传递给我们信息。

参考文献

- [1]黄培根 mutisim10 虚拟仿真和业余制版实用技术
- [2]张佳一 热释电红外传感器放大电路的设计及其应用 广西通信技术 2010 年第 3 期
- [3]王煜东 传感器及应用第二版
- [4]王永贵 热释电红外报警系统设计
- [5]华成英 童诗白 模拟电子技术基础（第四版）

附录

1. 本项目采用 WINDOWS XP 系统及 multisim11 仿真软件进行实验仿真的。
2. 分工情况
耿猛：想法的提出，论文的撰写及电路仿真；
程宇凡：ppt 的制作，相关资料查询及部分电路仿真；
李颖：相关资料查询及部分电路仿真。