

2008 年北京市
大学生物理实验竞赛

项目说明

参赛学校	北京邮电大学
参赛题目	运用电阻—频率转换（R-F 转换）电路测定土壤湿度及其应用
组队负责人	李腾
组队成员	高睿鹏、李阳

北京市大学生物理实验竞赛组委会制

2009 年 2 月

参赛题目	运用电阻—频率转换 (R-F 转换) 电路测定土壤湿度及其应用			
负责人姓名	性别	出生年月	专业	年级
李腾	男	1988.8.5	应用数学	大三
手机, email	13811367101, litengsonic@hotmail.com			
队员姓名	性别	出生年月	专业	年级
高睿鹏	男	1988.7.23	通信工程	大三
李阳	男	1988.5.9	应用物理	大三

设计原理与方法

湿润的土壤含有一定的水分和电解质,具有一定的导电性,其电阻率(或电导率)与湿度有关。在土壤中插入两个电极,测量其电阻的大小,就可以计算土壤的湿度。一般采用交流电桥法测量土壤的电阻,但不能实现自动测量。我们使用废弃耳机插头作为土壤电极,采用电阻—频率转换电路,将土壤中两电极间的电阻转换成振荡的电信号,振荡频率与土壤电阻的大小有关,测量信号的频率就可以得到土壤的湿度,能够连续、实时自动监测土壤的湿度。

利用此方法,我们还设计了一个自动浇灌系统,实现了花盆土壤湿度的实时监控,当湿度低于设定值后,系统自动控制水泵浇水。考虑到中午日照较强时不能浇水,因此增加硅光电池测量环境光强。由于不同温度下测量结果有一些偏差,所以采用热敏电阻测量气温以校正湿度。

1. 湿度、光强和温度的测量:

- (1) 利用不同湿度的土壤电阻值不同(即湿度越大,电阻值越小)来测量土壤湿度。由土壤电阻和电容构成 RC 振荡电路,土壤电阻改变时振荡信号的频率也随之变化,测量信号的频率就可以计算土壤的湿度。土壤电极使用常用的 3.5mm 耳机插头,成本低,不生锈,且电极间距恒定,长期置于土壤中可以稳定工作,可以避免一般探针电极因土壤干湿变化时间距改变而引起的误差。
- (2) 采用硅光电池测量环境光照强度。
- (3) 用热敏电阻测量环境温度。

2. 系统控制

用单片机采集湿度、温度和光强信号,通过光耦继电器控制水泵工作,在湿度值低于设定值且光照不强时系统自动开启浇灌设施。采用液晶显示中文菜单方式进行系统设置和采集的湿度、温度、光强信号。

系统的组成框图如图 1。

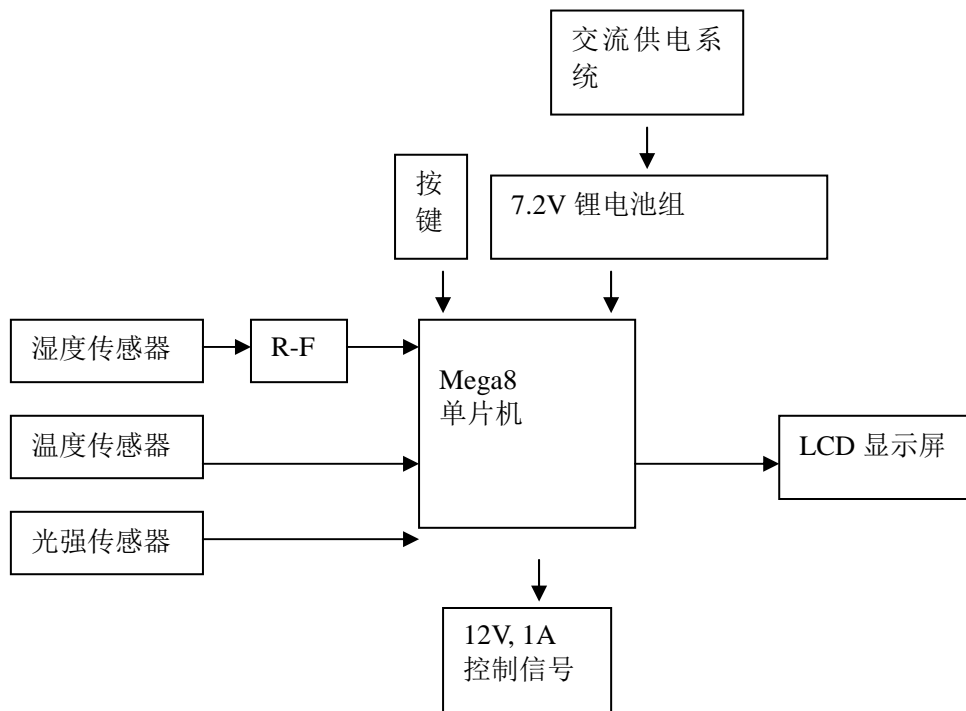


图 1 系统组成框图

实验仪器与装置

一、 系统组成

整个浇灌系统由主机、湿度传感器、温度传感器、光强传感器、水泵等组成，如下图所示。

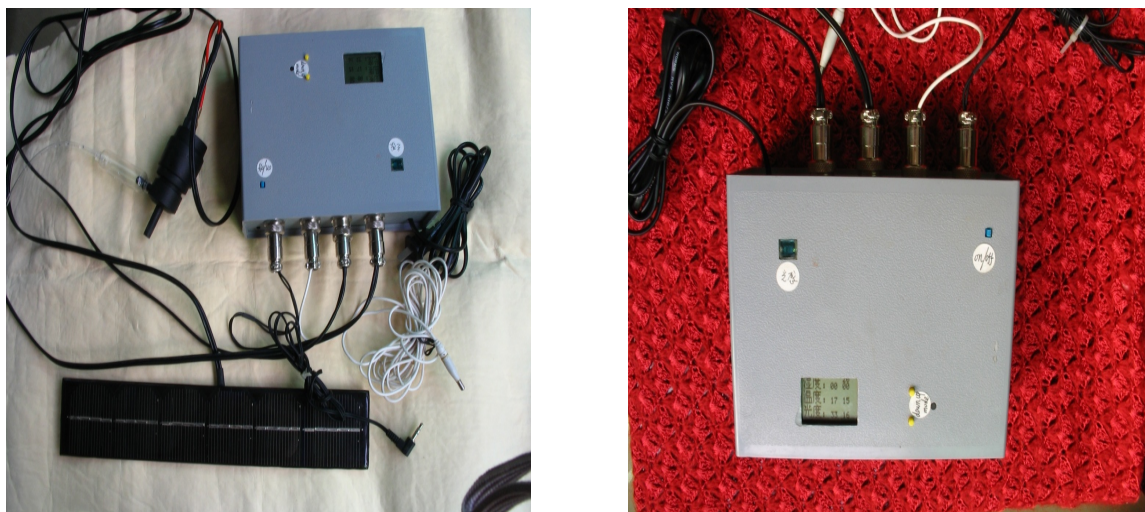


图 2 系统实物图

二、 主机

系统主机包括单片机、按键、交流供电系统、LCD 显示屏及辅助电路构成。各部

分电路图如下：

1. 湿度、温度、光强各探头的接口电路。
2. 水泵控制电路。
3. 单片机及 LCD 显示屏电路。
4. 交直流转换稳压电路。

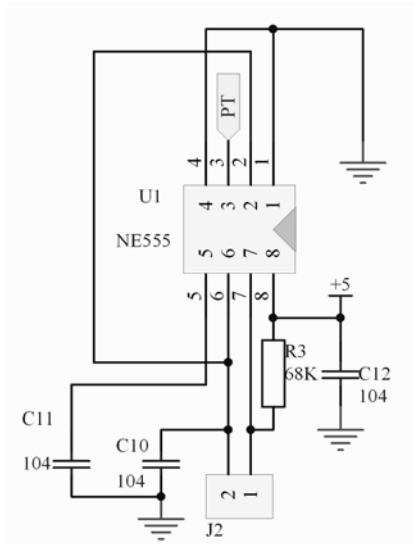


图 3 湿度测量电路

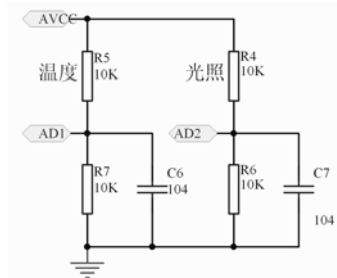


图 4 温度及光强测量电路

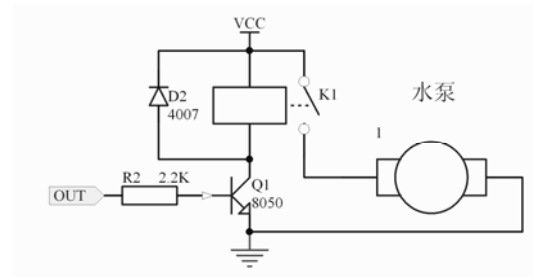


图 5 水泵控制电路

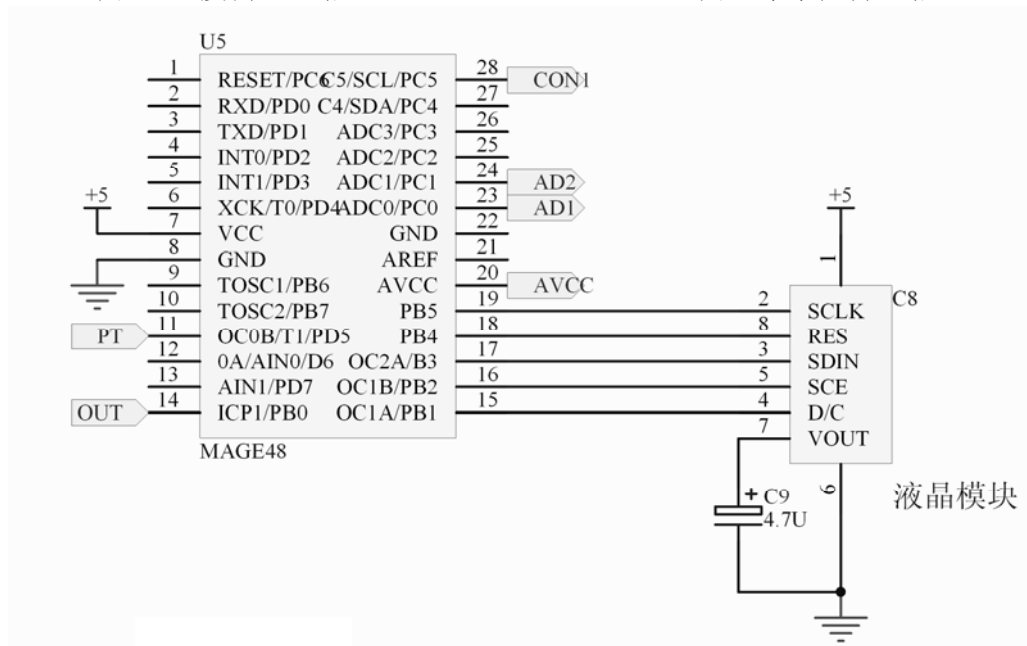


图 6 单片机及显示模块电路

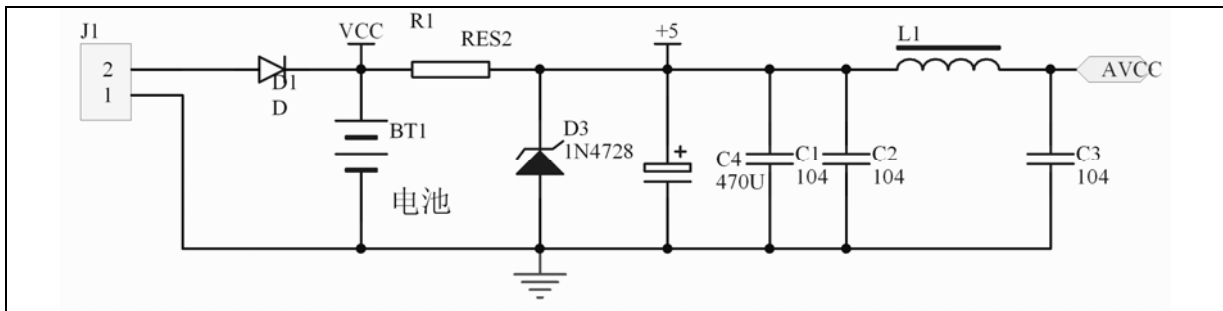


图 7 交直流转换稳压电路

三、 参数设置

- 1、 湿度设定：根据植物种类、土壤种类来设置湿度值的上、下限。当土壤的湿度值 \geq 湿度上限值时,不论温度、光强如何,系统停止浇灌(此时土壤湿度已到饱和状态)。当土壤的湿度值 $<$ 湿度下限值时(此时土壤干燥、植物缺水),系统再根据温度与光强的设定值决定是否浇灌。
- 2、 温、光设定：当土壤的湿度值 $<$ 湿度下限值时(湿度满足浇灌条件),此时,若土壤的温度值 $<$ 温度下限值,系统启动浇灌设施开始浇灌。夏季时,土壤温度过高(温度值 \geq 温度下限值),实施浇灌容易烧伤植物,故此时系统再根据光强的设定值,决定是否浇灌,当光强值 \geq 光强下限值(如白天),系统不进行浇灌。当光强值 $<$ 光强下限值(如夜晚),启动浇灌水泵开始浇灌。
- 3、 开、停设定：浇灌时,为了让土壤有一个渐缓吸收水分的过程,系统可设定浇灌时间长度与停止时间长度。这样浇、停交替进行,同时湿度传感器实时对土壤湿度进行测定以决定浇灌过程是否继续进行,以免土壤的湿度过大,不利于植物生长。
- 4、 控制设定：系统可将浇灌方式设定为根据湿度的上限值终止浇灌,也可设定为根据时间长度来终止浇灌。

测量数据与分析

首先,由于湿度定标难度很到,在一般实验室条件下难以做到,因此我们的实验数据都是相对,无量纲,也没有验证是否满足线性关系。但是,从实际测量的数据来看,其精度足够满足日常使用和长时间工作的需要。

图 8 是我们连续测量一个刚浇完水的花盆中土壤中湿度的变化规律,每 6 个小时记录一次数据。从图中可以看出,湿度的衰减基本满足负指数规律。

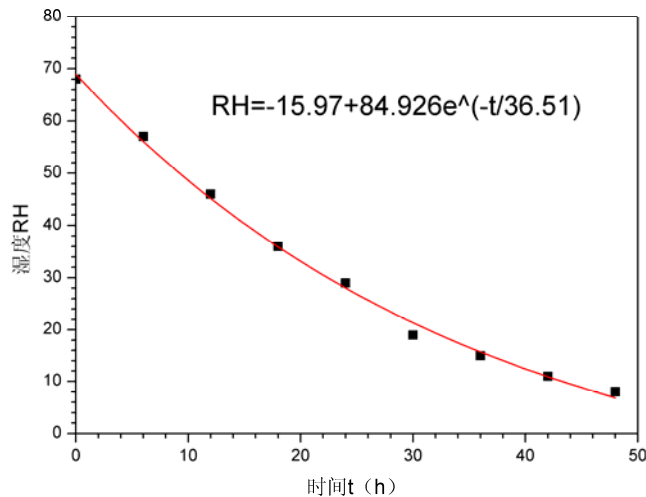


图 8 花盆中土壤湿度的变化规律

实际使用时，由于不同植物的生态习性不同，需要的湿度也不一样，因此需根据种植的植物及实际经验设定湿度的上下限，湿度低于下限且光照也低于下限时，开始浇灌。湿度达到上限时，停止浇灌。表一所列为实际使用时的几组数据，一般喜阳、耐旱植物湿度下限值可设为 :10-20 之间，喜荫、喜湿润植物湿度下限值可设为 :25-35 之间。

表 1 实际使用时的几组数据

植物种类	土壤湿度			光强度		系统状态
	下限	上限	实测值	下限值	实测值	
三角梅	10	40	16	10	40	待机
三角梅	10	40	15	10	5	浇灌
菊花	15	50	12	10	40	待机
菊花	15	50	9	10	5	浇灌
石榴	20	45	19	10	40	待机
石榴	20	45	40	10	5	待机
发财树	25	50	24	30	25	浇灌
杜鹃	30	60	12	30	25	浇灌
万年青	35	65	35	30	25	待机

结果分析

虽然，本系统由于没有定标，所测数据没有量纲，但从实际出发，系统测量方法简单实用，能够实现实时监控并长时间稳定工作，测量精度完全能够满足实际需要。

本系统集参考文献[2]、[4]、[6]的优点于一体，有着独到的创新之处。归结如下：

1. 电阻—频率转换法测量土壤湿度原理清楚，设备简单，实现自动测量，工作稳定，精度足够一般日常生活使用。
2. 用常见的耳机作为土壤电极，即克服了一般电极在土壤中距离会改变的缺点，又

不易腐蚀，可靠耐用。

3. 可根据植物的种类，设定不同的湿度值。

制作成本（明细）

器件名称	价格（元）
3.5mm 耳机	10
水泵	100
AVR 单片机 ATmega8	10
时基 NE555（RC 用于湿度测量）	0.5
光耦继电器 2N25	40
三极管	0.5
热敏电阻	1
硅光电池	35
充电电池	50
变压器	30
整流桥	15
三端集成稳压 7805	1
电路板	10
液晶显示模块	300
接插件	80
主机盒及加工费	120
导线、电阻、电容、电源连接线等	30
总计	833

结论

我们利用一个耳机为电极，测量了电极间的土壤电阻并由此计算出土壤的湿度。结合硅光电池和热敏电阻，成功地完成对土壤湿度、光强、温度的采集，用单片机综合上述三个指标实现对盆花的自动浇灌，达到了预期的目标。

参考文献

- 1、马潮、詹卫前等编著. Atmega8 原理及应用手册[M].北京：清华大学出版社,2003.3
- 2、肖成定.光控自动浇灌器[J].电子制作，2004（2）：12-13
- 3、王敏.自动浇花装置[J].园林，2004（10）：42-43
- 4、雨林.太阳能作物浇灌系统[J].实用电子文摘，1997（3）：35-39
- 5、顾平.浇花提示器[J].现代通信,1993(9):21

- 6、王峰.家用智能型浇灌系统[J].家庭电子, 2005 (9): 27
- 7、彭东辉.居家养花快易通[M].福州:福建科学技术出版社, 2005.3