

# MW S 型微电脑原棉水分测定仪的设计\*

吕金焕, 卢庆林, 杜 云, 高少伟

(陕西工业职业技术学院 电气工程系, 陕西 咸阳 712000)

[摘 要] 介绍了 MW S 型原棉水分测定仪的工作原理及硬件电路和控制程序的设计方法。该仪器采用 CHMOS-51 系列单片机控制, 依据电阻法测水原理, 用半导体温度传感器实现了半自动测试、温度自动补偿、液晶显示及语音提示等功能, 具有测试快捷、数据稳定准确、使用方便等特点。

[关键词] 单片机控制; 棉花水分; 水分测定仪; 自动温度补偿

[中图分类号] TH873.7<sup>+</sup>1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)10-0140-05

原棉水分测定是棉花检验的一个重要环节, 但原棉水分受环境影响大, 测试结果随机性强<sup>[1]</sup>, 因此, 选择性能稳定、环境适应性强、测量准确、使用方便的测量仪器, 对严格收购标准, 确保棉检部门的权威性和公正性具有重要意义。MW S 型微电脑原棉水分测定仪是根据 GB 6102 2-85《电测器法》的有关规定, 在保持 Y412 型电测器的压力、取样数量、极板面积和各层电压参数基本不变的条件下, 采用微机控制, 选用 CMOS 集成电路, 用数字显示代替指

针式仪表, 用半导体温度传感器代替热敏电阻, 用快速推拉式机构代替传统螺旋式压力器等, 实现了快速测试、温度自动补偿、数码显示、语音提示换挡和显示测试结果等功能, 该仪器已通过了国家纤维计量站的考核认证, 现将其设计原理及特点报道如下。

## 1 仪器工作原理和主要技术指标

### 1.1 工作原理

工作原理见图 1。

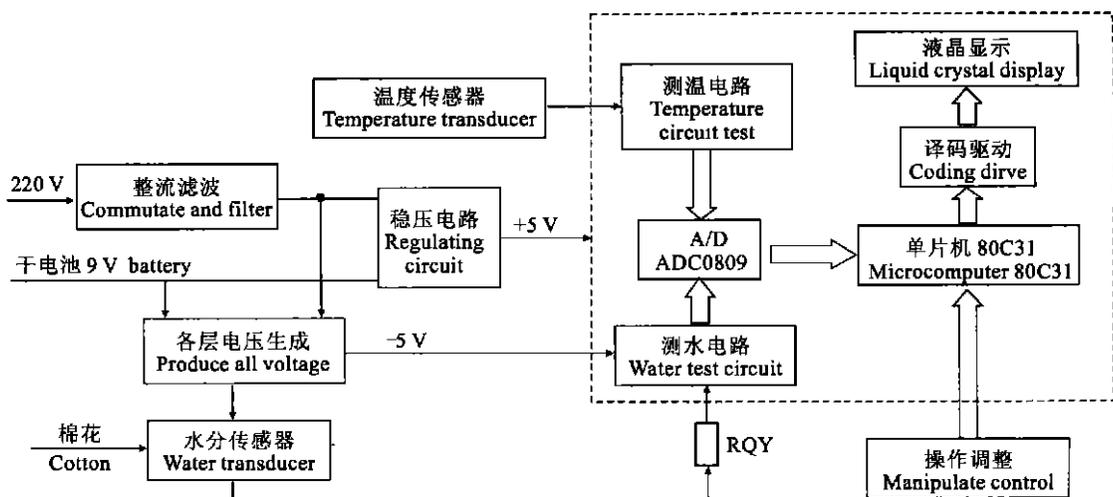


图 1 原棉水分测定工作原理框图

Fig 1 Block diagram of the principle of the equipment

该仪器采用电阻法测水原理, 即不同含水率的棉花导电性能不同, 含水率高的电阻小, 含水率低的电阻大, 且二者之间呈非线性的负相关关系, 即  $\rho_m \cdot M^n = K$  (其中  $\rho_m$  为质量比电阻, 在数值上等于试样

长 1 cm 和质量为 1 g 时的电阻值,  $M$  为含水率,  $K$  为常数,  $n=11.4$ ), 故不能用所测电阻直接求出含水率, 而要以电阻转换的数字信号作为存储器的含水率数据地址, 查表求得对应的含水率值。此外, 棉花

\* [收稿日期] 2003-12-18

[作者简介] 吕金焕(1965-), 女, 陕西富平人, 讲师, 主要从事棉检仪器开发和数控技术应用研究。

的密度、温度及外加电压对其电阻影响也很大,因此测量时要有温差补偿电路,并固定棉花的密度和外加电压,消除这些因素对测试结果的影响<sup>[2]</sup>。

具体测试过程为:将一定量的被测棉花放入由 2 个极板组成的水分传感器中,推动压力器,带动活动极板移动压缩被测棉花,当极板到指示位置(即压力为 75 kg)时,电源开关自动接通,9 V 干电池经直流电压变换器生成上、中、下层测试电压,即 360、90 和 45 V;水分传感器将棉花水分转换成取样电阻  $R_{QV}$  的电压信号,经测水电路放大后输出,再经 A/D 转换后送入单片机寄存;温度传感器将温差信号转换成电信号,经测温电路放大,A/D 转换后送入单片机寄存,单片机将 2 个信号运算处理送显示器显示,同时送语音电路播报<sup>[3,4]</sup>。

### 1.2 主要技术指标

环境温度:0~41 ;相对湿度:上层、下层<85%,中层<65%;测量范围:A、C 型 7%~15%,D 型 4%~15%;测量精度:±0.1%;温补范围:0~41 ;压力器整定压力:75 kg<sup>[1]</sup>。

## 2 硬件电路设计

硬件电路按照模块化设计方法设计,其中包括直流电源电路、单片机硬件电路、测水电路、温度补偿电路、语音电路及欠电压检测电路等。

### 2.1 直流电压变换电路

因仪器用 9 V 干电池供电,且原棉的电阻很大,故不能直接用于测量电路,必须先进行电压变换。直

流电压变换器包括推挽振荡电路、升压变压器及倍压整流滤波电路三部分。其中推挽振荡器是将集成稳压器 LM 317 输出的 4.25~6.13 V 可调直流电压变成交流,再经升压变压器升压,然后经倍压整流滤波电路再次升压整流,最终输出的上、中、下层测量电压分别为 360、90 和 45 V,其原理如图 2 所示。图 2 中推挽振荡级由三极管  $T_1$ 、 $T_2$  和变压器 B 的初级线圈构成, $T_1$ 、 $T_2$  选用南韩管子 9012, $W_{C1}$ 、 $W_{C2}$  为变压器的初级线圈, $W_{B1}$ 、 $W_{B2}$  为反馈线圈, $R_3$  为反馈电阻。电源接通后,由于正反馈的存在,使其中的一个管子迅速饱和导通,另一个管子很快截止。当变压器的铁心磁通饱和时,变压器线圈上的电动势随之消失,电流减小,于是在线圈中感应出相反方向的电动势,使原来截止的管子饱和导通,原来饱和导通的管子截止, $T_1$ 、 $T_2$  的轮流导通、截止,使变压器初级线圈中通过交变的电流,为升压做好准备<sup>[2]</sup>。

升压变压器即脉冲变压器,是直流电压变换中最关键的一个元件,要求分布电容小、漏磁通小、效率高,因此铁心选用高磁导率的 E12 铁氧合金体。变压器的次级绕组  $W_s$  共有 1 620 匝,于此处输出得上层交流电压 180 V;于 203 匝处抽头输出,得下层交流电压 22.5 V;于 405 匝处抽头输出,得中层交流电压 45 V<sup>[5]</sup>。

倍压整流滤波电路由硅整流二极管  $D_1$ 、 $D_2$  和电容  $C_4$ 、 $C_5$  组成, $R_4$  为泄放电阻。经二极管整流,电容 2 倍升压后得上层电压 360 V,中层电压 90 V,下层电压 45 V,可供测量使用。

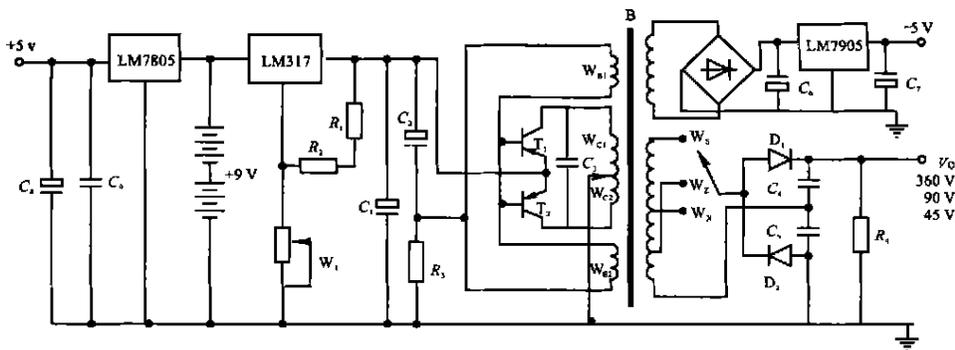


图 2 直流开关电源电路

Fig 2 DC switched power circuit

### 2.2 单片机及程序存储器扩展电路

为了适应干电池供电,单片机选用低功耗型 CHMOS-51 系列中的 80C31,程序存储器和地址锁存器也选通用低功耗型 CMOS 芯片 27C64 和 74HC373。其 I/O 端口设置为:  $P_{10}$ ~ $P_{16}$  为显示输出口,接译码驱动器 4056;  $P_{00}$ ~ $P_{07}$  为复用地址/数据

总线口,接程序存储器、地址锁存器、语音电路及 A/D 转换器,单片机与其通信都是通过总线进行的;  $P_{20}$ ~ $P_{24}$  为程序存储器的高位地址输出,  $P_{27}$  用于访问 A/D 转换器 ADC0809 时的地址;  $P_{30}$  为水分测试/校准选择输入口,  $P_{31}$  为满度控制输入口,  $P_{32}$  为下层控制输入口,  $P_{33}$  为中层控制输入口,  $P_{34}$  为温度测量

输入口, P<sub>35</sub> 为含水率/回潮率选择输入口<sup>[6]</sup>。

### 2 3 测水电路

2 3 1 上层测水电路 上层测水电路如图 3 所示。图 3 中 V<sub>H</sub> 为上、下层测量电压(上层 360 V, 下层 45 V); R 为限流电阻; JB 为水分传感器, 由两块金属板构成; R<sub>QY</sub> 为采样电阻, 阻值为 1.7 kΩ; R<sub>2</sub> 为运放输入电阻, 阻值 1 kΩ; W<sub>3</sub> 和 R<sub>5</sub> 的阻值约为 9 kΩ; W<sub>4</sub> 为运放调零电位器; OP-07 为低漂移型运算放大器。由 R<sub>2</sub>, R<sub>5</sub>, W<sub>3</sub> 构成放大器的反馈回路, 求得放大器直流电压放大倍数  $K = [(R_5 + W_3) + R_2] / R_2 = 10$ , 则输出电压 V<sub>o</sub> = 10 V。其测水原理为: 接通仪器电源, 确定测定量程, 于是在 R, JB, R<sub>QY</sub> 组成的回路中就有反映棉花水分的电流 I<sub>1</sub> 通过, 则有  $I_1 = V_H / (R + R_{JB} + R_{QY})$ , 如果在上层量程, 则 V<sub>H</sub> = 360 V, R 整定为 3.3~4.0 MΩ, R<sub>JB</sub> 为 0.188~30.85 MΩ; 如果在下层量程, 则 V<sub>H</sub> = 45 V, R 整定为 430~600 kΩ, R<sub>JB</sub> 为 0.0204~20 MΩ。计算出 I<sub>1</sub> 为 2~95 μA, 则放大器的输入电压 V<sub>i</sub> = I<sub>1</sub> · R<sub>QY</sub> = 1.7 kΩ(2~95 μA) = 3.4~161.5 mV, 输出电压 V<sub>o</sub> = 34~1 615 mV, 也就是说, 被测棉样的上层含水率为 6.1% 或下层为 8.1% 时, 输出电压为 34 mV;

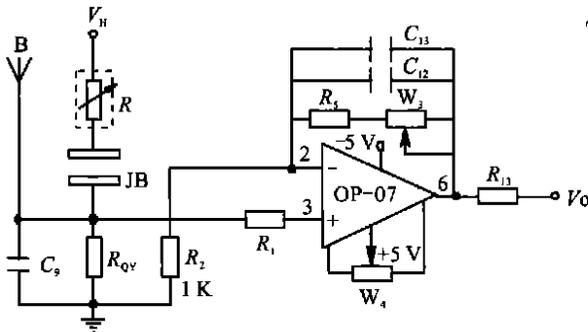


图 3 仪器上下层测水电路

Fig. 3 Upper and bottom layer test circuit

### 2 4 温差补偿电路

图 5 为温差补偿电路, 其中放大器选四通用型单电源运放 LM324, D<sub>t</sub> 为 HHPN 结型半导体温度传感器, 当温度升高 1 时, 其正向电压降低 4 mV, 因此, 根据管压降的变化量可以确定温度补偿值。选择后级放大器合适参数, 使其直流放大倍数约为 20 倍, 即可满足 0~41 的温度要求。但仪器在使用前必须校准, 即将温度传感器放于 0 水中, 调电位器 W<sub>1</sub> 使 LM324 的“7”端输出 V<sub>o</sub> 为 0 V; 固定电位器 W<sub>1</sub>, 再将温度传感器放于 41 水中, 调电位器 W<sub>2</sub> 使其输出电压 V<sub>o</sub> 为 820 mV。由于 D<sub>t</sub> 是线性元件, 故当温度在 0~41 变化时, 温度电路的输出

当上层含水率为 12% 或下层为 15% 时, 输出电压为 1 615 mV<sup>[2,7,8]</sup>。

2 3 2 中层测水电路 由于中层属于低含水(4%~7%)测量区, 棉样的电阻为 115~43 kΩ, 信号非常微弱, 故必须增设一级前置放大电路。图 4 是中层测水前的放大电路, 该电路的输出端子接图 3 的“B”点, B 点以后的测水电路部分由上、中、下层共用。图 4 中 R<sub>7H</sub> 为中层满度校验电阻, 阻值为 100 MΩ, K<sub>Z</sub> 为中层校准/测试开关, 当开关 K<sub>Z</sub> 闭合时, R<sub>7H</sub> 接入电路, 约等于棉花含水率为 7% 时的电阻, 借以进行中层满度校验。当 K<sub>Z</sub> 断开时可进行棉样测定, R<sub>8H</sub> 为中层取样电阻, 运算放大器 OP-07 接成电压跟随器组态, 在电路中起电流放大作用, 由于含水率与电阻之间的非线性关系, 愈是低水阻值变化愈大, 分辨率越低, 因此中层输出电压应取高一些, 取 V<sub>o</sub> 为 0~3 332 mV。其实现过程为: 在图 4 中, R<sub>8H</sub> 上电压近似为放大器的输入电压, 输出点“6”的电压也等于 R<sub>8H</sub> 上的电压, 由于满度调整电位器 W<sub>5H</sub> 与图 3 中的 R<sub>QY</sub> 是串联关系, 因此, 通过调 W<sub>5H</sub> 使 R<sub>QY</sub> 上电压为 0~333.2 mV。则放大器的输出电压 V<sub>o</sub> 为 0~3 332 mV<sup>[2,7,8]</sup>。

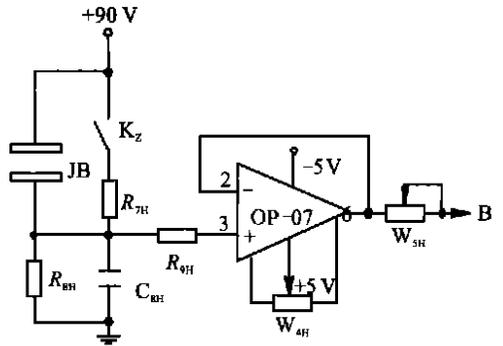


图 4 仪器中层测水电路

Fig. 4 Middle layer test circuit

也是线性的, 即按 20 mV / 的速率变化<sup>[2,7,8]</sup>。

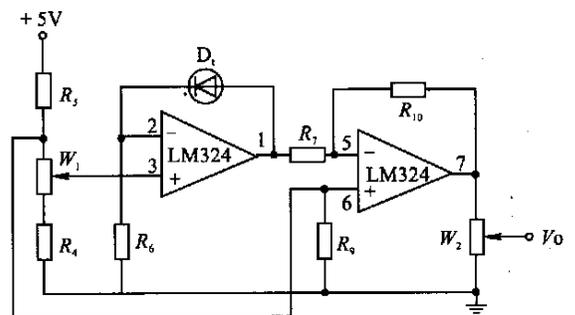


图 5 仪器温差补偿电路

Fig. 5 Temperature compensation circuit

### 3 控制程序设计

仪器控制程序设计是按照结构化的程序设计方法设计的, 将整个程序细分为若干子程序, 以方便调试与检查。其中包括满度调整程序、温度测量程序、水分校准程序、含水率(或回潮率)测试程序、超量程程序及温度补偿程序等。

#### 3.1 满度调整程序

当仪器工作方式处于满度测量状态时, 测水传感器被硬件电路短接(即  $R_{JB} = 0$ ), 开机上电后, 程序将自动进入满度调整入口, 启动 A/D 转换器, 将测水电路中表满度量值的模拟电压转换成数字量(根据设计标准, 满度的标准值为 1.7V), 并查询该量是否等于 1.7V。如果是, 显示 PPP, 说明满度合

适; 否则, 再判断是否大于 1.7V。如还是, 显示 PPH, 说明满度偏高; 否则, 显示 PPL, 说明满度偏低。满度调整程序设计成动态查询方式, 即只要工作方式不变, 单片机将周而复始地重复上述过程检查满度情况, 以使用电位器随时调整。

#### 3.2 温度测量程序

当仪器工作方式处于温度测量状态时, 开机上电后, 程序将自动进入测温度入口, 启动 A/D 转换器, 将测量温度转换成数字量送入计算机逐次求和并寄存, 然后判断采样次数是否够 10 次, 如果够, 求 10 次平均值显示; 如不够, 继续采样直到够 10 次。在温度测量程序中采用了数字滤波技术, 即用 10 次测试的平均值作为测试结果, 可以提高测试精度, 减少采样和电路转换中出现的异常误差的影响。

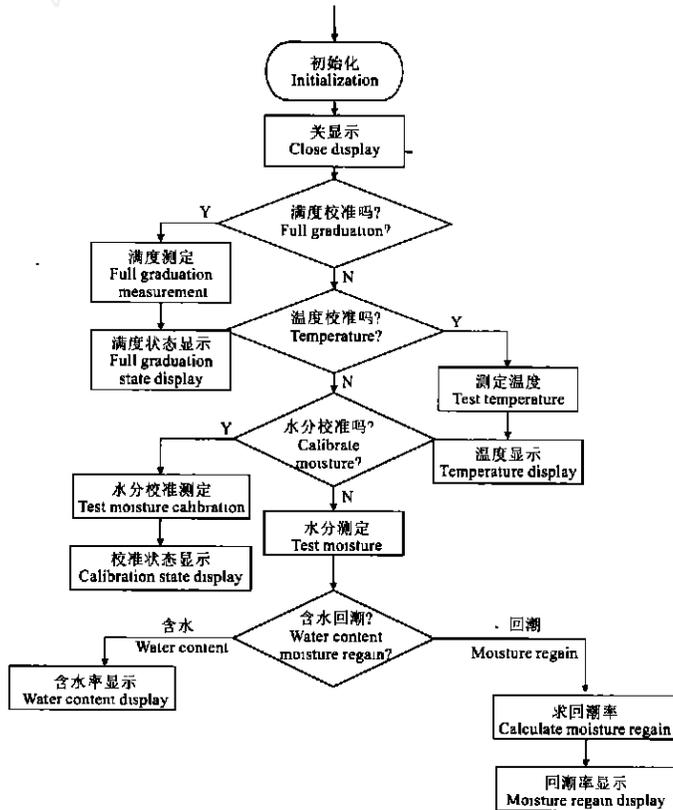


图 6 控制程序框图

Fig 6 Control program diagram (flow chart)

#### 3.3 水分校准程序

在水分测量的任一量程(上、中、下), 开机上电后, 单片机查询是否进入校准工作状态, 是则启动 A/D 转换器, 将水分校准模拟信号(用电阻箱电阻代替棉花的电阻)转换为数字信号送入计算机, 于是就可以得到程序存储器中含水率的数据表格的地址, 而后进行量程查询。若是下层, 从下层表格中读取含水率值, 否则, 再进行一次查询; 若是中层, 从中

层表格中读取含水率值, 否则从上层表格中读取含水率值。水分校准值的调整用电位器来实现。

#### 3.4 含水率(或回潮率)测试程序

水分测试程序是仪器中最主要、最复杂的程序, 其中包括上、中、下 3 个量程的判断、测试、超量程确定、温差补偿值确定及回潮率的求取等子程序。

3.4.1 超量程程序 由于下层的水分测量范围是 8.0% ~ 15.0%, 所以小于 8.0% 或大于 15.0% 时

(即测量电压不在 30~ 1 615 mV 范围内),均以提示符通知操作者更换量程;中层的测量范围是 4.0%~ 7.0%,所以小于 4.0% 或大于 7.0% 时(即测量电压不在 20~ 2 300 mV 范围内),均以提示符通知操作者更换量程;上层的测量范围是 6.0%~ 12.0%,所以小于 6.0% 或大于 12.0% 时(即测量电压不在 30~ 1 615 mV 范围内),均以提示符通知操作者更换量程<sup>[2]</sup>。

3.4.2 上下层温差补偿程序 上下层温差补偿规律为:以 26 为基准,即 26 时补偿值为零;低于 26 时,每降 1 含水率增加 0.1%;26~ 41,每升高 1,含水率降低 0.1%。因此,上下层含水率的关系为  $W_a = W_a + K(26 - T)$ ,其中  $K(26 - T)$  为温补偿值,  $K$  为温补系数(0.1),  $W_a$  为未补偿的含水率,  $T$  为测量时温度<sup>[2]</sup>。

3.4.3 中层温差补偿程序 中层含水率值仍可用公式  $W_a = W_a + K(26 - T)$  确定,  $K$  为分段性常数,如含水率为 6.6%~ 7.0% 时,  $K$  为 0.08;含水率为 5.9%~ 6.6% 时,  $K$  为 0.07;含水率为 5.2%~ 5.9% 时,  $K$  为 0.06 等<sup>[4]</sup>。

3.4.4 求含水率或回潮率程序 在求含水率或回

潮率时先要判断量程是否下层,若是,再判断是否超量程,若还是,超量程显示;否则,查下层表格,下层温补偿值。如果不是下层,是中层,再判断是否超量程,若是,超量程显示;否则,查中层表格,中层温补偿值。如不是中层,必为上层,再判断是否超量程,若是,超量程显示;否则,查上层表格,上层温补偿值。量程和温补查询完后,判断是否求含水率,若是,按  $W_a = W_a + K(26 - T)$  计算含水率值并显示,否则,按公式  $W = - 1.84 + 1.19W_a$  计算和显示回潮率。

## 4 结 论

MWS 型微电脑原棉水分测定仪是在 Y412 型原棉水分电测器的基础上开发设计的,其保留了 Y412 仪器的测试条件和采样数量,并从 5 个方面进行了改进和完善,使仪器的结构和硬件电路更加合理,控制程序精炼灵活,同时又采用软件数字滤波技术,提高了系统的抗干扰能力。该仪器性能稳定,功能齐全,测试快捷准确,适用于棉花收购、加工、纺织、专职纤检等有关部门对原棉含水率(或回潮率)的快速测定,已在新疆、湖南、河南等地使用,并被国家纤检局定为 XJ101 型标准化仪器。

## [参考文献]

- [1] 国家标准局纤维检验局 棉花纤维检验学[M]. 北京: 中国标准出版社, 1984
- [2] 韩 刚 Y412-W SX 型微电脑原棉水分电测器[J]. 纤维标准与检验, 1991, (8): 19- 22
- [3] 黄发明, 丁建忠 采用激光仪测羊绒纤维直径的研究[J]. 中国纤检, 2003, 266(10): 14- 18
- [4] 韩 刚 原棉水分电测器的原理及应用[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1994
- [5] 于小新 大容量快速测试仪应用手册[J]. 中国纤检, 2003, 266(7): 21- 24
- [6] 张振荣, 晋明武 MCS-51 单片机原理及实用技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000
- [7] 周 仲 国产集成电路应用 100 例[M]. 北京: 电子工业出版社, 1988
- [8] 马西秦 自动检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999

## Designing of the MWS electronic equipment to test the moisture content in raw cotton using microcomputer

LU Jin-huan, LU Qing-lin, DU Yun, GAO Shao-wei

(Department of Electric Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xi'an, Shaanxi 71200, China)

**Abstract:** The thesis introduces the principle of the MWS and the designing methods of hardware circuits and control program. According to the principle of the electric resistance method to test the water, a series of the microcomputer CHMOS-51 are adopted to control in the equipment. Using the semiconductor temperature transducer, it realized the functions of semi-automatic test, auto-temperature compensation, liquid crystal display and speech hint. It has typical features, such as rapid test, steady data with high accuracy and easy to use etc.

**Key words:** microcomputer control; cotton moisture content; moisture measuring apparatus; auto-temperature compensation