

一种智能全自动紫外线消毒控制器

朱庆保

(南京师范大学数学与计算机科学学院, 210097, 南京)

[摘要] 描述了一种智能紫外线消毒控制器, 该装置可根据电压自动计算消毒时间, 自动开、关紫外灯等. 介绍了工作原理和一种串行 A/D 接口方法, 阐述了电压与紫外线强度关系的回归算法, 最后, 简要说明了试用情况.

[关键词] 紫外线, 智能控制, 消毒, 回归算法

[中图分类号] TP305, [文献标识码] B, [文章编号] 1672-1292-(2004)01-0032-03

1 问题的提出

医院病房需定时用紫外线照射消毒, 要求对病房每日进行空气消毒 1 次, 换药室、治疗室每日消毒 3 次, 还要随时对床单元进行紫外线照射消毒. 目前的方法是用紫外线灯进行消毒, 由人工拉动开关控制照射时间, 当有关护理人员工作较忙时, 会忘记开灯照射或开灯后忘记关, 前者造成不能及时消毒, 后者则因过长的照射时间引发对病员的伤害. 由于每日照射的时间均由护士自己记录在紫外线照射登记本上, 对是否已照射消毒及照射的时间无法了解. 另外, 这种方法对紫外灯已照射时间的累加十分麻烦且不准确, 较难作为紫外灯的失效参考.

另一方面, 实验研究表明, 紫外线照射强度随电压变化较大, 也就是说, 当电压降低时, 紫外灯的照射强度也降低. 参照卫生部编写的《紫外线消毒技术. 消毒技术规范》, 杀灭不同种类的微生物所需的紫外线剂量有一定的要求, 因此, 紫外线的照射强度低时, 所需的照射时间就长, 若用固定的照射时间, 当电压低时, 其照射剂量不足以杀灭有关微生物, 反之, 则造成照射浪费. 由于我国的供电电压波动较大, 且偏低的时候居多, 按常规方法很难保证消毒效果.

此外, 紫外线消毒效果还会受温度影响.

根据这一现状, 研制一种智能全自动紫外线消毒控制器是十分必要的. 这一装置必须具备如下主要功能或特点:

(1) 全自动控制, 无需人工操作, 以解决忘记开灯或关灯的问题. 即每日定时自动开启、关闭紫外灯, 并能随时进行手动控制操作, 以便随时根据需要插入消毒操作.

(2) 能自动测定紫外灯的电源电压, 根据测得的电压计算消毒时间, 自动控制消毒过程, 即照射时间随电压变化而自动改变, 以解决电压对照射效果的影响问题.

(3) 能自动测定温度, 并根据该温度值校正紫外线照射时间.

(4) 装置能自动记忆消毒日期、消毒时间及累加该紫外灯照射时间, 并可通过键盘查询, 方便的了解每天的消毒情况, 并能及时的知道该紫外灯的累积照射时间, 以作为失效参考.

(5) 体积要小, 造价要低.

2 主要技术指标与技术参数

(1) 检测电压的精度: $\pm 1\%$ FS.

(2) 检测温度的精度: $\pm 1\%$ FS.

(3) 累计时数: 最大 9 999 h.

(4) 工作电源电压: 180~265 V, 50 ± 1 Hz.

(5) 工作温度: 0~50 $^{\circ}$ C.

(6) 装置体积: 115 \times 75 \times 40 mm³.

(7) 控制紫外灯数: 1~10 盏.

3 装置的基本原理

该装置以一片单片机微作为智能核心, 外配 4 位 LED 显示器、键盘、电压检测和变换电路、温度检测电路、模数转换电路、时钟集成芯片、继电器、直流稳压电源等. 硬件原理框图如图 1 示. 其中, 存储器为扩展存储器.

该装置的工作原理是: 当设置的紫外灯开启时间到时, 220 V 电压经电压传感器转换成低的直流电压, 经 A/D 转换后送单片机, 同时, 环境温度也经铂电阻温度传感器和变送电路变换成电压信号

收稿日期: 2003-06-20.

基金项目: 南京市卫生局自然科学基金资助, 项目编号 GY9911.

作者简介: 朱庆保, 1955-, 教授, 主要从事人工智能与智能控制等方面的研究. E-mail: qb.zhu@jlonline.com.

后,经 A/D 转换后送单片机.单片机根据测得的电压、温度值和照射消毒标准规定的紫外线照射剂量,算出应照射消毒时间后开启紫外灯.在照射期间,单片机不断地测取电压和温度值,根据这些测量值,不断地修正照射时间,当最佳照射时间达到时,自动关闭紫外灯.

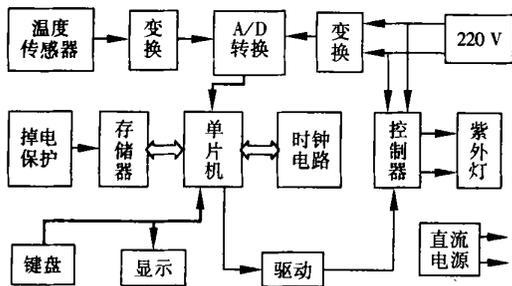


图1 控制装置框图

手动方式时,单片机检测到有键按下并判为启动键时,启动控制部件开启紫外灯,同时根据测得的电压、温度决定并修正照射时间,照射时间到后,自动关闭紫外灯.

照射完成后,将存储器中存储的上一次的照射时间、日期等前移,将本次照射日期、时间及照射时间存储在存储器的当前位置,以供查询了解消毒情况,并自动累加该紫外灯的照射时间.

实验表明,电压、温度对紫外线照射强度的影响是互不相关的,且均为没有明确函数式的非线性关系,为此用回归算法得到这两个关系式,根据该关系式和照射剂量要求分别得到电压和照射时间关系表、温度和照射时间修正系数表,将这两个表存于存储器,即可根据测得的电压和温度得到较佳的消毒时间.由于回归算法是通过学习样本进行的,可有效克服器件离散性的影响.

4 8位串行 A/D 与单片机的接口设计

为了减小体积、降低成本,采用了美国德州仪器公司的8位串行 A/D 转换器 TLC549,该芯片内含采样保持器,宽电源电压范围 3~6V.引脚如图2所示,其中,REF+和REF-可外接差分输入基准电压,其范围为1V~V_{cc}.CS为片选端,I/O CLOCK为串行时钟端,DATA OUT为转换数据输出.与单片机的接口如图3所示.

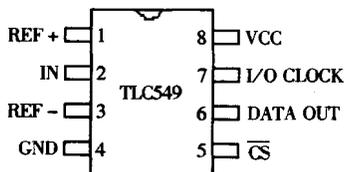


图2 TLC549 引脚

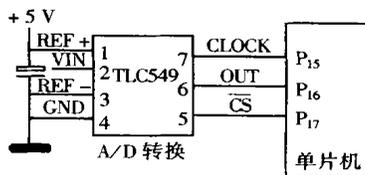


图3 串行 A/D 与单片机接口

图3中,VIN为信号输入端,来自电压传感器的输出.为了使系统简单紧凑,将REF+直接接在+5V上.CLOCK为串行时钟端,用单片机的P₁₅指令产生,OUT为TLC549数据输出端,用单片机的P₁₆串行接收.接口程序流程图如图4所示.

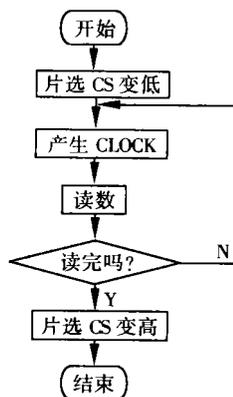


图4 接口程序框图

5 紫外线强度与电压关系的回归算法

紫外线强度与电压呈正相关关系,但不是线性关系,由于没有明确的函数关系,因此,只能用拟合方法求出其关系曲线.由于拟合复杂曲线算法较为复杂,在满足设计要求的前提下,方法之一是采用分段直线拟合.

5.1 直线拟合

设一组实验值为 $(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n; n > 2, x_i \in [\zeta_1, \zeta_2]$.其中, x_i 为实测 n 个灯管样本点的平均电压值, y_i 为对应的平均紫外线强度值.设测量误差可忽略,则可用直线拟合和回归方法求出其方程.设

$$\begin{aligned} y_1 &= \beta_0 + \beta x_1 + v_1 \\ y_2 &= \beta_0 + \beta x_2 + v_2 \\ &\dots \\ y_n &= \beta_0 + \beta x_n + v_n \end{aligned}$$

可用最小二乘估计 β_0, β 的值,得到一元线性回归方程:

$$\hat{y} = a + bx, x \in [\zeta_1, \zeta_2] \quad (1)$$

式中: $a - \beta_0$ 的最小二乘估计值; $b - \beta$ 的最小二乘估计值.易写出其残差方程:

$$v_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (a + bx_i) \quad (2)$$

式中: $i = 1, 2, \dots, n$; y 与 \hat{y} 之差称残差. 设全部测量值与回归直线的偏差平方和为 Q , 则有:

$$Q = \sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2.$$

最小二乘法是一种最佳值法, 即使 V_i 的平方和为最小时定出的直线参数 a 和 b . 按此定义有

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)] = 0;$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]x_i = 0$$

由此式即可解出 a 和 b 得:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{y} \sum_{i=1}^n x_i}{n} = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{y} \sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i}$$

式中: $\sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{y} \sum_{i=1}^n x_i =$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{y} \sum_{i=1}^n x_i - n\bar{x}\bar{y} + n\bar{x}\bar{y} =$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n \bar{x} y_i - \sum_{i=1}^n \bar{y} x_i + \sum_{i=1}^n \bar{x} \bar{y} =$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

同理: $\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$

5.2 分段直线拟合

为了得到最大的线性区间, 进行上述直线拟合时, 令区间初值 $\zeta_1 = \zeta_0$, $\zeta_2 = \zeta_h$, 且取 ζ_i 为整型值, 设允许的最大拟合误差为 ε , 根据式(2) 求取最

大残差 V_{\max} , 若 $V_{\max} > \varepsilon$, 则令 $\zeta_1 = \zeta_1 + h$, 在新的区间内重新拟合, 若仍有 $V_{\max} > \varepsilon$, 再令 $\zeta_2 = \zeta_2 - h$ (h 为样本间隔), 在新的区间内再重新拟合, 如此循环反复, 直到 $V_{\max} \leq \varepsilon$ 为止. 此时, 记忆式(1) 及 ζ_1 和 ζ_2 . 在这一区间, 微机根据测得的 x 用式(1) 计算出 y .

温度与紫外线强度的拟合算法与此类似.

5.3 实验结果

用调压器、电压表、紫外线强度仪等进行实测与理论计算相比较, 结果如表1所示. 表中数据表明, 精度满足实用要求.

表1 实验比较

实测电压值 / V	实测紫外线强度 $\mu/(w/cm^2)$	计算出的强度 $\mu/(w/cm^2)$	误差
220	88	88	0
215	83	85	2
205	70	72	2
195	60	59	-1
185	43	41	-2
180	36	35	-1

根据测得的电压, 算出紫外线强度, 即可方便的换算出照射时间.

6 结语

本项目为南京市卫生局自然界自然科学基金资助项目, 并已获得一项专利. 实验和试用表明, 本装置具有智能化程度高, 功能强, 体积小, 操作方便, 可靠性高等特点. 可以做到完全无人值守, 无需任何操作, 这就解决了忘记开灯或关灯的问题. 该装置根据测得的电压和温度计算消毒时间, 自动控制消毒过程, 这就解决了电压对照射效果的影响. 该装置还可随时通过键盘查询消毒日期、消毒时间及该紫外灯累计的照射时间, 具有很强的应用推广价值.

Intelligent Controller for Ultraviolet Ray Disinfection

Zhu Qingbao

(College of Mathematics and Computer Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, PRC)

Abstract: In this paper, an intelligent controller for ultraviolet ray disinfection is described, which can automatically compute disinfection time according to the power source voltage of the ultraviolet lamp and automatically turn on or off the ultraviolet lamp etc. Its principle and the method of the serial A/D interface are introduced; the regression algorithms of the relationship between the voltage and the ultraviolet intensity are expounded. Finally, the application and the experiment are presented.

Key words: ultraviolet ray, intelligent control, disinfection, regression algorithms

[责任编辑: 刘健]