

Study of Brightness Control Based on Chaotically Modulated PWM Signal

Shijian Gao, Lanjie Shi, Haojie Yuan, Xi Huang, Tiegeng Zhou

College of Information Technical Science, Nankai University, Tianjin
Email: gsj1010400@sina.com

Received: Mar. 16th, 2013; revised: Apr. 8th, 2013; accepted: Apr. 23rd, 2013

Copyright © 2013 Shijian Gao et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: The chaotic signal is aperiodic and similar to noise. Chaotic signals can be obtained through DA converter based on Logistic map. Instead of using periodic signal, the use of chaotic signal through PWM technology to control the brightness of LED can eliminate the strobe phenomenon.

Keywords: Logistic Map; Chaotic Signal; PWM; Brightness Control

基于 PWM 调制混沌信号的亮度控制新方法研究

高诗简, 石兰洁, 原豪杰, 黄曦, 周铁戈

南开大学信息技术学院, 天津
Email: gsj1010400@sina.com

收稿日期: 2013 年 3 月 16 日; 修回日期: 2013 年 4 月 8 日; 录用日期: 2013 年 4 月 23 日

摘要: 混沌信号具有非周期、类噪声等特点。根据 logistic 映射产生混沌序列, 通过 DA 转换得到模拟的混沌信号, 利用 PWM 技术调制混沌信号来控制 LED 的亮度, 可以消除因调制周期信号控制 LED 亮度时产生的频闪现象, 达到更好地亮度控制的效果。

关键词: Logistic 映射; 混沌信号; PWM; 亮度控制

1. 引言

目前常用控制亮度的方法主要有电流控制和脉冲控制两种。电流控制原理是通过控制灯两端的电流来改变其功率, 从而改变亮度。这种方法实现起来较为复杂, 而且电流过高容易降低灯的使用时间, 造成资源的浪费。

PWM 脉宽调制是通过控制脉冲数量来控制灯的发光亮度, 这种方法调光效率高^[1], 但是实际应用中往往调制的是周期信号, 导致频闪现象, 对工业生产和生活造成危害, 例如因频闪产生错觉引发工伤事故, 造成青少年近视等^[2]。若将产生的混沌信号进行

PWM 调制, 不仅可以实现亮度控制, 而且可以达到节能环保, 消除频闪的效果。

混沌信号区别于传统的确定性信号和随机过程产生的信号, 它的波形是非常不规则的, 具有非周期、类噪声的特点, 但实际上它却是由确定性的规则所产生的, 所以对作为产生混沌信号的混沌信号发生器的研究也引起了人们的极大兴趣和注意。大量的研究表明, 利用简单电路元件能有效的产生混沌信号^[3]。传统产生混沌信号的方法往往是利用分立的模拟器件实现的, 这种方法虽然操作简单, 但是集成度低, 稳定性差。伴随着数字电路的兴起, 可以利用数字系统

产生混沌信号，利用单片机产生混沌信号则是其中一种操作简单、应用广泛的方法。现在随着高亮度发光二极管的产生。寿命长、能耗低的 LED 灯应用越来越广^[4]，因此通过 PWM 技术调制产生单片机产生的混沌信号实现对 LED 亮度的控制也具有重要的意义。

2. 方法及电路实现

Logistic 映射的动力学方程为

$$X_n = \mu X_n * (1 - X_n) \quad (1)$$

它具有随机性、规律性、遍历性，且对参数的敏感性高的特点。归一化的 X_n 取值在 0~1 之间，当满足 μ 在 3.58~4 之间，系统将进入混沌状态^[5]。

我们选用 ATMEL 公司生产的 AT89C51 的高效微控制器，它具有低电压、高性能的特点，并且与工业标准的 MCS-51 指令集和输出管脚相兼容，处理速度快，控制灵活。考虑到单片机对浮点数处理的能力较差^[6]，而 Logistic 映射中的变量 X_n 为 0~1 的小数，为了提高单片机的运算速度，利用线性映射 $X_n = X_n * 1024$ 将 X_n 映射到(0,1024]的区间上，将 Logistic 参数置为 3.9，则通过映射变换后我们得到如下的 Logistic 映射方程：

$$X_n = 3.9X_n * (1024 - X_n) / 1024 \quad (2)$$

启动定时器中断，每 1ms 产生一次中断进行迭代，将得到的值送入 DA 的数据输入端。这里选用的是 TI 公司生产的高精度的 10 位串行模数转换器 TLC5615，只需要通过 3 根串行总线就可以完成 10 位数据的串行输入，易于和所选用的单片机进行接口连接。

通过 10 位高精度的 DA 芯片 TLC5615 后，单片机产生的每个时钟的数字混沌信号经过 D/A 转换后可看作是近似连续的模拟信号。程序流程图件图 1，DA 转换代码图 2。其中，电位高低代表信号的电压大小，由此，我们得到一系列由高低电平组成，大小与混沌序列数值成正比的信号。图 3 与图 4 分别为混沌信号产生的电路原理图及产生的混沌信号在示波器上的显示图案。

由图可以看出，混沌信号似乎表现出无规律的特性，但信号的产生却有着可控制的规律性。通过单片机产生的混沌信号，利用 PWM 技术调整 LED 亮灭时间来控制其亮度。PWM 是一种对模拟信号电平进行

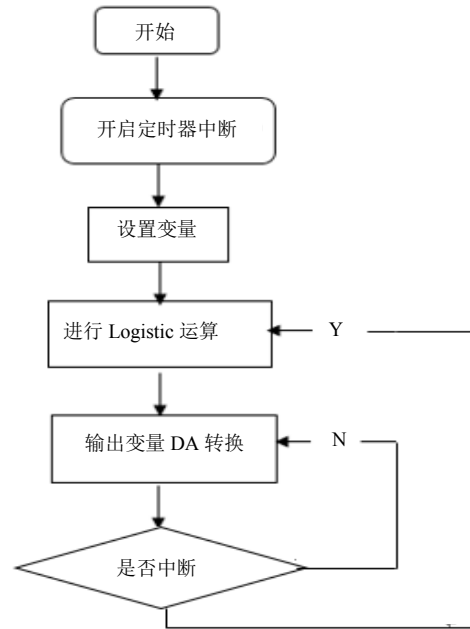


Figure 1. Main program flowchart
图 1. 主程序流程图

```

void write_5615(uint da)
{
    uchar i;
    cs=1;
    sclk=0;
    cs=0;
    da=da&0x03ff;
    for(i=0;i<12;i++)
    {
        if(bit)(da&0x0200==1)
            din=1;
        else
            din=0;
        sclk=1;
        da<<=1;
        sclk=0;
        cs=1;
        _nop_();
        _nop_();
    }
}
  
```

Figure 2. Conversion function of DA
图 2. DA 转换函数

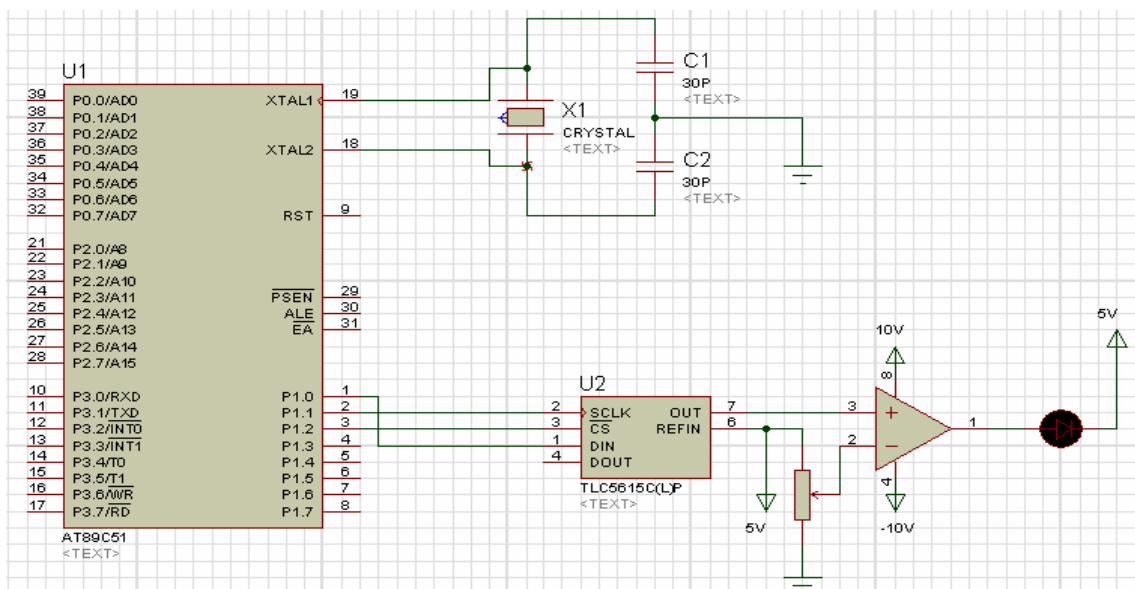


Figure 3. Simulation diagram of the circuit schematic
图 3. 电路原理仿真图

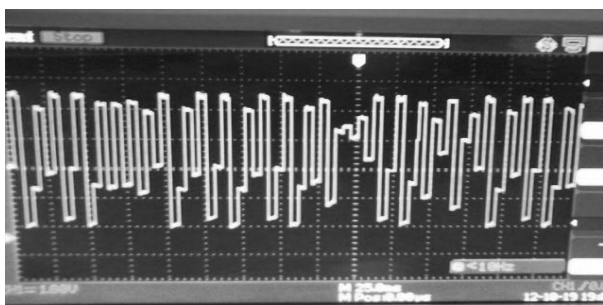


Figure 4. Chaotic signal on the oscilloscope
图 4. 混沌信号在示波器上的显示

数字编码的方法。

通过高分辨率计数器的使用，方波的占空比被调制用来对一个具体模拟信号的电平进行编码。PWM 信号仍然是数字的，因为在给定的任何时刻，满幅值的直流供电要么完全有(ON)，要么完全无(OFF)。电压或电流源是以一种通(ON)或断(OFF)的重复脉冲序列被加到模拟负载上去的。通的时候即是直流供电被加到负载上的时候，断的时候即是供电被断开的时候。只要带宽足够，任何模拟值都可以使用 PWM 进行编码。

图 5、图 6 的上半部分均是通过单片机产生的混沌信号，将此混沌信号与基准电压进行比较，若高于此电压，输出数字信号 1(高电平)，若低于此电压，则输出数字信号 0(低电平)，调整基准电压的大小，既可以改变输出信号的占空比。将 LED 的 N 级接低电平，

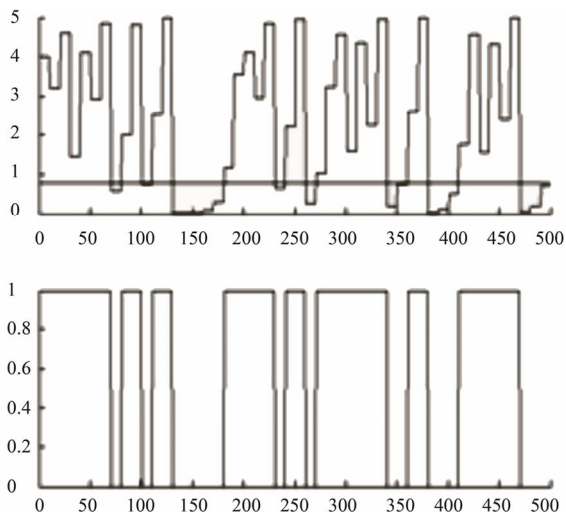


Figure 5. PWM coded map of the high reference level
图 5. 基准电压为高电平的 PWM 编码图

P 级接到比较器的输出，若占空比越大，则 LED 的亮度也就相应的越大，从而实现了对 LED 亮度的控制。图 5 所示的是基准电压较高的情形，因此输出高电平的占空比小，LED 的亮度较暗，而图 6 中德基准点压较低，输出的高电平的占空比大，因此 LED 的亮度较高，所以 LED 的通断是通过改变占空比实现^[7]。

通过调节滑动变阻器来调节参考电源的大小，进而调节高电平占空比，改变发光二极管的亮度。通过 Proteus 仿真并实际搭建焊接电路后，验证了该方法的正确性与实用性。由于是利用混沌信号来控制灯的亮

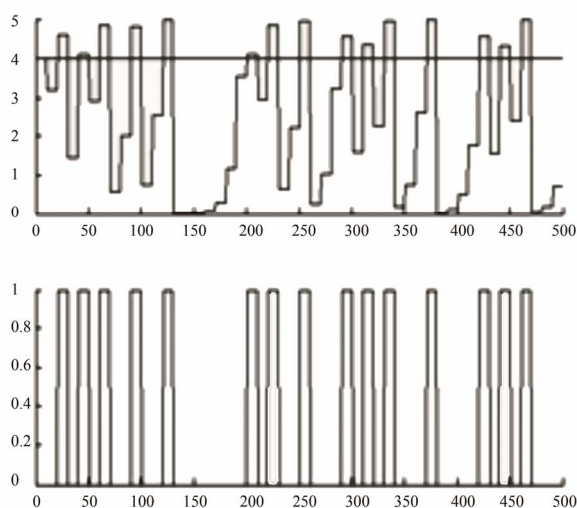


Figure 6. PWM coded map of the low reference level
图 6. 基准电压为低电平的 PWM 编图

度，因此避免了频闪现象在生活、工业中的各种负面效应。

3. 结果与讨论

利用单片机产生 Logistic 映射序列进而产生混沌信号具有操作简单易于实现的优点，但是考虑到单片

机自身的存储空间和运算速度的局限性，结果的精确性受到了影响，因此在条件允许的前提下，可以考虑使用更高精度的单片机。利用 PWM 技术调制混沌信号，实现了对 LED 的亮度控制，这种利用混沌信号控制亮度的方式在提倡建设资源节约型社会的今天，具有很强的实际意义，达到了消除频闪、节省能耗的目的，可以在进一步的深入研究并完善后进行小规模推广使用。

参考文献 (References)

- [1] U. Kopp. 高亮度 LED 调光技术[J]. 国外电子元器件, 2008, 2(5): 64-67.
- [2] 林梅芬. 电光源的频闪问题中国高新技术企业[J]. 中国高新技术企业, 2008, 10(11): 88-89.
- [3] 周平, 罗小华, 陈海燕. A new chaotic circuit and its experimental results [J]. 物理学报, 2009, 54(11): 5409-5051.
- [4] 李永, 李芙蓉. 基于 DAC0832 的 LED 亮度控制系统的设计 [J]. 华北科技学院学报, 2009, 1(15): 48-51.
- [5] 李伟, 禹思敏. Logistic Map 混沌序列的单片机实现[J]. 信息化纵横, 2009, 8(10): 31-35.
- [6] 吕盛恩. 基于 AT89SC52 单片机的混沌信号发生器设计[J]. 现代商贸工业, 2011, 21: 314-315.
- [7] 鲁维德. LED 照明亮度控制新技术特征与应用[J]. The World of Power Supply, 2009, 4: 51-53.