

文章编号: 1004-4353(2015)03-0229-04

自适应环境噪声的声光控制 LED 照明灯

金永镐, 曲晓东

(延边大学工学院 电子信息通信学科, 吉林 延吉 133002)

摘要: 提出了一种利用信号平均值的动态特性来判断噪声和信号的方法,该方法可较准确地判断出前后一段时间信号特性的一致性和突发信号的特性.利用这种方法设计了能够自适应环境噪声的声光控制 LED 照明灯,实验表明,该灯具有高触发灵敏度、低功耗、工作稳定、成本低、电路简单等优点,可适用于工作在环境噪声较大的场合,如装有排风扇的卫生间、走廊等场所.

关键词: 分段平均; 突发信号; 环境噪声; LED 照明灯

中图分类号: TP23

文献标识码: A

Sound-and-light controlled LED lamp of adaptive ambient noise

JIN Yonggao, QU Xiaodong

(*Department of Electronics & Communication Engineering, College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China*)

Abstract: Put forward a judgment method of noise and signal which based on the dynamic characteristics of signal average. This method can accurately judge the characteristics of the burst signal and the consensus of the characteristics of the signal in two consecutive periods of time. A sound-and-light controlled LED lamp which based on adaptive ambient noise is designed by this method. Experiments show that the LED lamp has the advantages of high trigger sensitivity, high operation stability, low cost, simple circuit structure and micro-power consumption, which can be widely used in the environment of high ambient noise such as corridors, public toilets and so on.

Key words: piecewise averaged; burst signal; ambient noise; LED lamp

目前,声光控 LED 灯已被广泛应用于学校的大厅、走廊、卫生间以及居民楼的楼道等场所,但由于现有的声光控 LED 照明灯大多是采用声音信号与固定电压门限值比较的声控方式^[1],其对噪声很敏感,抗干扰能力较差,因此当环境噪声高于触发门限值时易产生误触发,不仅造成电能浪费,还会缩短产品的使用寿命.为此,部分声控灯厂商提高了声控灯的抗噪声性能,将声音触发门限提高,进而导致声控灯反应不灵敏,造成使用上的不便^[2].为了解决上述问题,本文利用具有低成本、低功耗特性的 MK7A23 单片机设计了能够自

适应环境噪声的声光控制 LED 照明灯.这种声光控制 LED 照明灯,采用先对输入声音信号进行平均值处理,后根据输入信号的平均值动态特性来区分噪声和正常信号的方法,该方法可较准确地判断出前后一段时间信号特性的一致性和突发信号的特性,因此具有很强的噪声抑制能力.

1 环境噪声对声控 LED 灯的影响分析

1.1 固定电压与声音信号比较模式分析

图 1 为现有的声光控 LED 灯在环境噪声为非周期性噪声时的误动作分析图.由图 1 可知,当

收稿日期: 2015-05-13

作者简介: 金永镐(1964—),男,博士,教授,研究方向为智能开关技术及智能变换.

噪声小于预设声音触发门限即比较电平时,LED灯能够正常工作,但当噪声高于比较电平时会产生误动作。

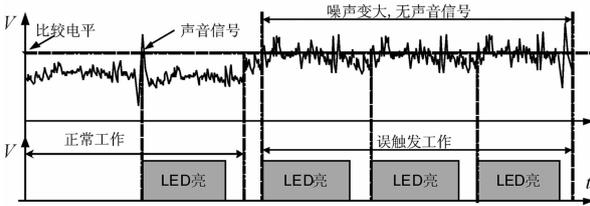


图 1 非周期性噪声时误动作分析

图 2 为现有的声光控 LED 灯在环境噪声为周期性噪声时的误动作分析图.由图 2 可知:当噪声较小时,声控 LED 灯对产生的低幅值长时间大能量声音信号无反应,即发生漏检情况;当噪声较大时,声控 LED 灯对产生的高幅值周期性噪声有反应,即发生误动作。

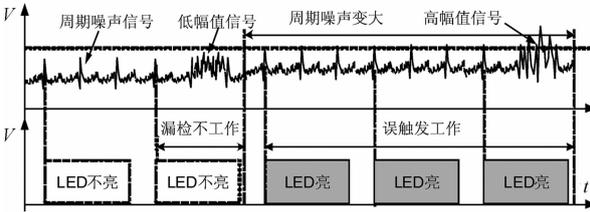


图 2 周期性噪声时误动作分析

1.2 利用信号平均值动态特性的检测方法

为了能够使用简单的方法准确区分噪声信号和正常信号,本文设计了一种利用信号平均值检测信号的方法,如图 3 所示.图 3 中 T_0 为对声音信号的采样时间.为了确保检测的可靠性,信号的采样时间 T_0 必须大于环境中周期性噪声信号的最大周期, T_0 越大则检测精度越高;声音信号的检测时间必须大于 2 倍的 T_0 ,但为了避免检测速度过慢, T_0 不宜过大。

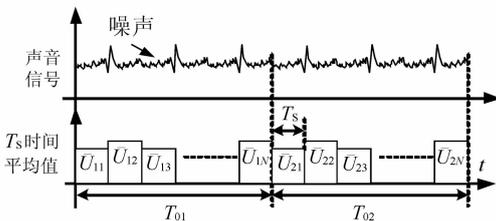


图 3 平均值检测方式

设在 T_{01} 、 T_{02} 时间内各取 N 个平均值,分别为 $\bar{U}_{11} \sim \bar{U}_{1N}$ 和 $\bar{U}_{21} \sim \bar{U}_{2N}$, 每个平均值的采样时

间为 T_s , 则 T_{01} 和 T_{02} 时间内平均值总和由式(1)决定, \bar{U}_2 和 \bar{U}_1 的差值 ΔU 由式(2)决定:

$$\begin{cases} \bar{U}_1 = \bar{U}_{11} + \bar{U}_{12} + \bar{U}_{13} + \dots + \bar{U}_{1N}, \\ \bar{U}_2 = \bar{U}_{21} + \bar{U}_{22} + \bar{U}_{23} + \dots + \bar{U}_{2N}; \end{cases} \quad (1)$$

$$\Delta U = (\bar{U}_{21} - \bar{U}_{11}) + (\bar{U}_{22} - \bar{U}_{12}) + (\bar{U}_{23} - \bar{U}_{13}) + \dots + (\bar{U}_{2N} - \bar{U}_{1N}) = K_0. \quad (2)$$

因为环境噪声的模式在 T_{01} 和 T_{02} 这两个相邻的短时间内基本相同,所以 \bar{U}_2 和 \bar{U}_1 的差值 ΔU 是一个较小的值 K_0 . 假设 \bar{U}_{23} 时刻有脚步声,虽然脚步声的持续时间很短,但其幅值很大,因此能够产生较大幅值的平均值 K , 此时 \bar{U}_{23} 时刻的平均值变为 $(\bar{U}_{23} + K)$, 将其代入式(2)后可得式(3), 差值 $\Delta U = K_0 + K$, 该值远远大于 K_0 :

$$\begin{aligned} \Delta U &= (\bar{U}_{21} - \bar{U}_{11}) + (\bar{U}_{22} - \bar{U}_{12}) + (\bar{U}_{23} + K - \bar{U}_{13}) + \dots + (\bar{U}_{2N} - \bar{U}_{1N}) = \\ &K_0 + K \gg K_0. \end{aligned} \quad (3)$$

假设 \bar{U}_{21} 、 \bar{U}_{22} 、 \bar{U}_{23} 、 \bar{U}_{24} 时间内有低声说话声,则存在较小幅值的平均值,分别为 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 , 则改变量 ΔU 由式(4)决定:

$$\begin{aligned} \Delta U &= (\bar{U}_{21} + K_1 - \bar{U}_{11}) + (\bar{U}_{22} + K_2 - \bar{U}_{12}) + \\ &(\bar{U}_{23} + K_3 - \bar{U}_{13}) + (\bar{U}_{24} + K_4 - \bar{U}_{14}) + \dots + \\ &(\bar{U}_{2N} - \bar{U}_{1N}) = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + \\ &K_4 \gg K_0. \end{aligned} \quad (4)$$

由式(4)可知,虽然低声说话时产生的声音信号平均值($K_1 \sim K_4$)的幅值较小,但其累计量较大,使得差值 ΔU 仍然远大于 K_0 。

图 4 为有脚步声和低声说话声时的检测模式图.由图 4 可知,这种方式对噪声有很强的抑制能力,同时能检测出脚步声,特别是能检测出幅值很低但持续时间较长的声音信号,因此说明本文设计的声控灯具有很好的灵敏度。

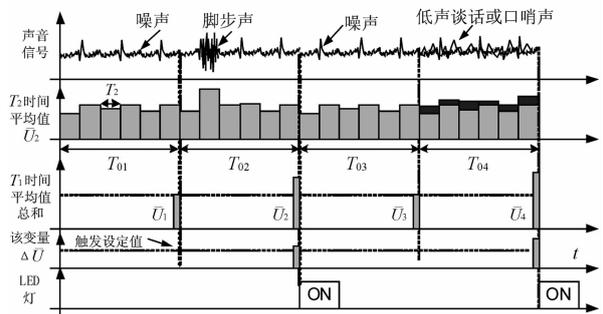


图 4 有脚步声和低声说话声时的检测模式

为了进一步提高声控灯对声音信号检测的准确性,本文设计的声光控 LED 灯采用了平均值动态包络检测方法.通常人发出的声音持续时间大于 0.1 s,而声控灯工作环境引起的干扰信号持续时间较短,如交流电、开关变换器等引起的干扰通常小于 20 ms^[4].根据这一特性,比较 $\bar{U}_{11} \sim \bar{U}_{1N}$ 后得到平均值的包络特性,如图 5 所示.由图 5 可知,在 T_{01} 时间内 $\bar{U}_3 \sim \bar{U}_7$ 有明显连续的变化,而在 T_{02} 时间内只有 \bar{U}_4 有明显的变化.因此,本文设计的声控灯在工作时首先采用 T_{01} 、 T_{02} 时间内平均值累加后做差值的方法检测,当差值大于设定值时,分析平均值的包络特性,如果包络的持续时间大于 0.1 s 则点亮声控灯.

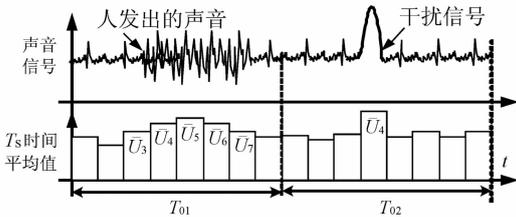


图 5 平均值的包络特性检测模式

2 整体电路设计

2.1 整体电路框图

声光控制 LED 照明灯的整体电路框图如图 6 所示.图 6 中麦克风信号经过放大后进行绝对值处理,把交流声音信号转换为单极性脉动直流信号后用积分器处理.积分器在单片机控制下工作,当声音信号满足点亮声控灯的条件时,判断环境亮度条件,如果两者都符合条件则控制开关电源点亮声控灯.整体电路是由一片低功耗运放 TL062 完成信号放大和绝对值处理功能,如图 7 所示.

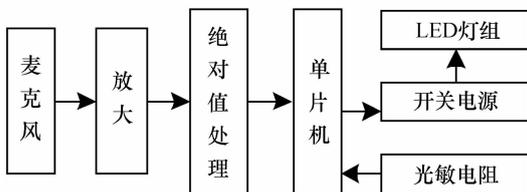


图 6 整体电路框图

2.2 信号放大及绝对值处理电路的实验分析

在图 7 中:由 U_{1A} 、 U_{1B} 、 D_1 、 D_2 、 $R_1 \sim R_4$ 等组

成绝对值处理电路,该电路可同时完成对麦克风信号的绝对值处理和放大; R_7 、 R_8 对电源电压 U_{CC} 分压并提供运放的“中点”电压 $U_{REF} = U_{CC} R_7 / (R_7 + R_8)$.当麦克风输入信号为负时, D_1 截止, D_2 导通, U_{1B} 的 5 脚、6 脚电压值近似相同,因此 U_{1A} 的反馈电阻由 R_4 和 $(R_1 + R_2)$ 并联组成.设 $R_1 \sim R_4 = R$,则并联后的反馈电阻 $R_F = 2R/3$,B 点的输出电压由式(5)决定:

$$u_C = \frac{R_F}{R_6} u_i + U_{REF} = \frac{2R}{3R_6} u_i + U_{REF}. \quad (5)$$

由 U_{1B} 组成的放大器的同相端有信号输入,输出电压由式(6)决定:

$$u_C = u_B \left(1 + \frac{R_3}{R_1 + R_2}\right) + U_{REF} = \frac{R}{R_6} u_i + U_{REF}. \quad (6)$$

当麦克风输入信号为正时, D_1 导通, D_2 截止, U_{1B} 的 5 脚、6 脚电压为 U_{REF} , U_{1A} 的反馈电阻只有 R_1 ,A 点的输出电压由式(7)决定:

$$u_A = -\frac{R_1}{R_6} u_i + U_{REF} = -\frac{R}{R_6} u_i + U_{REF}. \quad (7)$$

由 U_{1B} 组成的放大器的反相端有信号输入,输出电压由式(8)决定:

$$u_C = -u_A + 2U_{REF} = \frac{R}{R_6} u_i + U_{REF}. \quad (8)$$

由此可知,不管输入电压是正是负,输出电压的表达式是一样的,以中点电压 U_{REF} 为基准电压总是增加,且电路对输入信号有放大的作用.如果在公式(5)~(8)中取 $R = 470 \text{ k}\Omega$, $R_6 = 5 \text{ k}\Omega$,则放大倍数为 94.

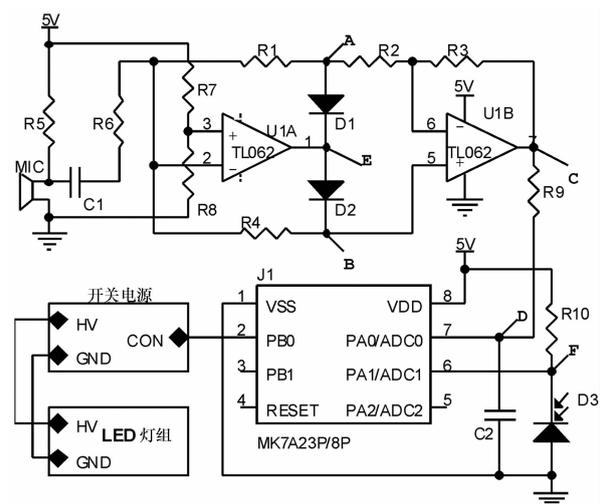


图 7 整体电路

2.3 对信号的滤波处理

为了不丢失高频信号的变化量,本文设计的声控灯采取了对信号绝对值处理及放大电路的输出信号先进行滤波处理以获得信号的包络后再使用单片机自带的 ADC 进行采样的方法.本文使用的 MK7A23 单片机内部具有准 14 位的 ADC,其采样时间约为 $260\ \mu\text{s}$ 时,频率为 $3.8\ \text{kHz}$,若提高采样频率则精度变低.如图 7 所示,信号放大及绝对值处理电路的输出信号经过 R_9 、 C_2 低通滤波后提供给单片机的 ADC 进行采样.图 8 为使用信号发生器输入正弦波信号后所得的各点的工作波形,图 9 为输入实际声音信号后各点的工作波形.对比图 9 和图 8 可知,输入为真实信号时,D 点对应的波形为 C 点波形的包络.

3 结束语

本文设计的声光控制 LED 灯采用将声音信号进行平均值处理后提取其包络部分交由单片机采样的方法,解决了因低功耗单片机采样频率不高所引起的失真.实验证明,采用平均值总量差值法和包络检测方法并用的方法,可使声控制 LED 灯具备自适应环境噪声的能力,且具有低功耗、高灵敏度、线路简单、成本低等特点,因而本文方法所设计的 LED 声控灯,可广泛地使用在环境噪声较大的各种场合,且可有效避免现有声控灯因环境噪声误触发而引起的电能浪费.本文在设计过程中,仅考虑了声光控制 LED 灯因环境噪声误触发引起的电能损耗,对降低待机功耗方面还有所不足,有待于今后进一步地研究.

参考文献:

- [1] 金永镐,金杰.低功耗高灵敏度声光控制型 LED 照明灯的设计[J]. 电子科技,2012,25(3):66-68.
- [2] 郭维,杨幸,朱大中.精密比例采样模式 LED 驱动电路设计和研究[J]. 半导体学报,2010,31(4):94-98.
- [3] 金永镐,金银实.基于 NCP1200 的高功率因数恒流型 LED 驱动电源的设计[J]. 延边大学学报(自然科学版),2013,39(1):59-62.
- [4] Wang S J, Lee M R, Chen D. A High-efficiency integrated circuit for LED driving [C]//Computer Communication Control and Automation (3CA), 2010 International Symposium, Taiwan, 2010:385-388.
- [5] Moo C S, Chen Y J, Yang W C. An efficient driver for dimmable LED lighting[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2012,27(11):4613-4618.

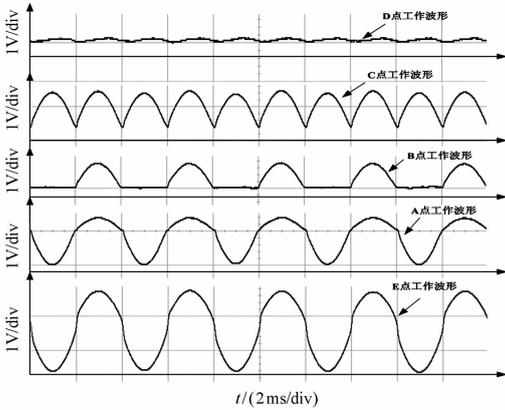


图 8 输入正弦波时 A、B、C、E 点的工作波形

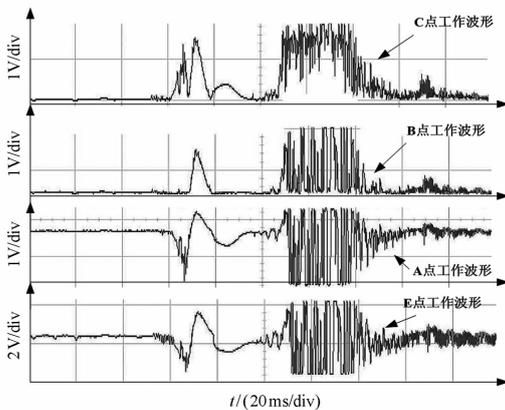


图 9 输入音频信号时 A、B、C、E 点的工作波形