

文章编号: 1004-4353(2018)03-0274-05

一种多用报警音源的设计及其实现

徐彦钦, 金雄立, 韩京慧*
(延边大学 工学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 为减少报警器种类、提高产品适用性,提出了一种利用 1T 单片机设计多种工业用报警音源的方法. 首先对目前通用的报警音源进行分析后,在此基础上提出了一种新的多用报警音源;利用 1T 高速单片机编程的方法,采用等待法、半周期法、周期法、延迟法实现了该报警音源. 实验结果表明,本文方法实现的音源具有音频变化细腻、声音保真度高、音色多样的优点,且该实现方法成本低、便于后期更新. 因此,本文提出的多用报警音源的实现方案可广泛应用在各种类型的报警器产品中,能够极大地提高市场的竞争力.

关键词: 单片机; 报警音源; 编程; 音频; 音色

中图分类号: TP311.1 **文献标识码:** A

An analysis and implementation of multi-purpose alarm source

XU Yanqin, JIN Xiongli, HAN Jinghui*
(College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: In order to narrow product category of alarm and improve the applicability of product, a method of designing multi-purpose alarm audio source by 1T single chip microcomputer was proposed. Firstly, a method to implement audio source for all types of alarms was proposed by analyzing common alarm source. Moreover, this method can use 1T high-speed single chip microcomputer programming. In this programming, the wait mode, the half cycle mode, the full cycle mode, and the delay mode are all suitably applied. Results showed that this method is low-cost and easy-to-update, and the audio source proposed by the method has the advantages of audio fineness, high fidelity, and diverse timbre. This method integrates multiple sound sources, which is suitable for various applications and has strong market competitiveness for manufacturers.

Keywords: single chip microcomputer; alarm source; programing; audio; timbre

随着报警器的广泛应用,人们对报警音源种类的需求也越来越增多. 目前,报警音源的产生方式主要有两种:利用集成电路产生报警音源的方式和利用模拟器件产生报警音源的方式^[1]. 利用集成电路产生报警音源的方式具有电路结构简单、使用方便、功耗小的优点,但其产生的报警音源种类少,因此应用范围受到一定的限制^[2];利用模拟器件构成电路产生音源的方式,其电路结构复杂、频率不稳定、调试难,且成本高,因此难以满足不同应用场合的需求^[3]. 为此,本文在对现有多

种国内外通用的报警音源进行分析的基础上,提出一种新的多用报警音源,并利用单片机编程的方法实现该报警音源,最后通过实验验证本文方法的有效性.

1 通用报警音源的分析及音源的选取

通过对目前国内外通用的工业用报警音源进行分析,本文将其分为 3 种类型:单频型报警音源、频率组合型报警音源和变频型报警音源.

1.1 单频型报警音源

单频型报警音源的频率如图 1 所示. 图 1 中 1—4 号报警音源均只采用单一频率 f_0 产生声音, 并通过不同的放音时间(T_{P1}, T_{P2}, T_{P3}) 产生不同的声音, 因此将其归纳为单频型报警音源.

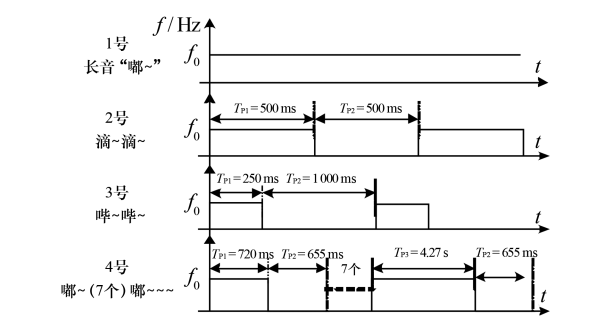


图 1 单频型报警音源的频率

表 1 为单频型报警音源可采用的音频参数, 其中 t_{0H} 和 t_{0L} 为单一频率 f_0 的高、低电平时间. 通过对各参数的设定可实现各种单频型报警音源.

表 1 单频型报警音源的音频参数

序号	f_0/Hz	$t_{0H} = t_{0L}/\mu\text{s}$	T_{P1}/ms	T_{P2}/ms	T_{P3}/ms
1	556	900			
2	500	1 000	500	500	
3	806	620	250	1 000	
4	391	1 280	720	655	4 270

1.2 频率组合型报警音源

频率组合型报警音源的频率如图 2 所示. 图 2 中 1—3 号报警音源采用低频率 f_L 和高频率 f_H 两种频率, 并通过不同的放音时间($T_{P1}, T_{P2}, T_{P3}, T_{P4}$) 组合产生不同的声音, 因此将其归纳为频率组合型报警音源.

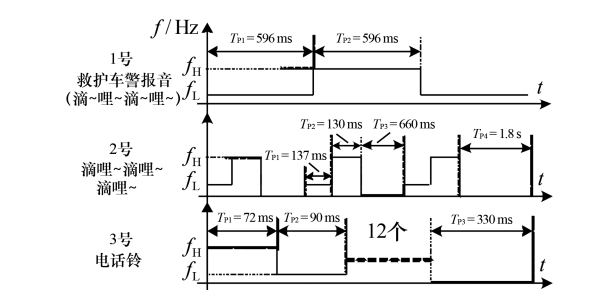


图 2 频率组合型报警音源的频率

表 2 为频率组合型报警音源可采用的音频参数, 其中 t_{LH} 和 t_{LL} 为低频率 f_L 的高、低电平时间, t_{HH} 和 t_{HL} 为高频率 f_H 的高、低电平时间. 通过对各参数的设定可实现各种频率组合型报警音源.

表 2 频率组合型报警音源的音频参数

序号	f_L/Hz	$t_{LH} = t_{LL}/\mu\text{s}$	f_H/Hz	$t_{HH} = t_{HL}/\mu\text{s}$	T_{P1}/ms	T_{P2}/ms	T_{P3}/ms	T_{P4}/ms
1	645	775	816	613	596	596		
2	690	725	855	585	137	130	660	1 800
3	746	670	939	533	72	90	330	

1.3 变频型报警音源

变频型报警音源的频率如图 3 所示. 图 3 中 1—4 号报警音源为低频率 f_L 逐渐转变为高频率 f_H , 或高频率 f_H 逐渐转变为低频率 f_L , 并通过不同的放音时间(T_{P1}, T_{P2}) 产生不同的声音, 因此将其归纳为变频型报警音源.

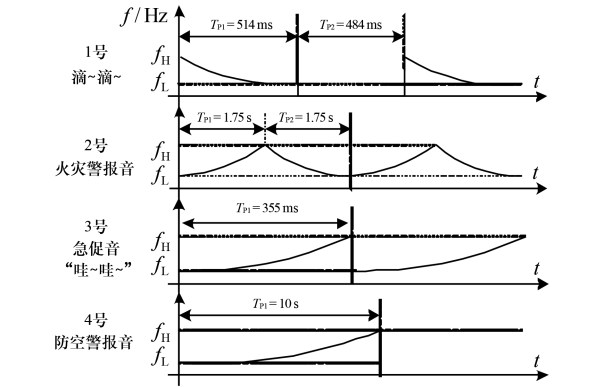


图 3 变频型报警音源的频率

表 3 为变频型报警音源可采用的音频参数, 通过对各参数的设定可实现各种变频型报警音源.

表 3 变频型报警音源的音频参数

序号	f_L/Hz	$t_{LH} = t_{LL}/\mu\text{s}$	f_H/Hz	$t_{HH} = t_{HL}/\mu\text{s}$	T_{P1}/ms	T_{P2}/ms
1	472	1 060	1 149	435	514	484
2	500	1 000	1 149	435	1 750	1 750
3	329	1 520	11 364	44	355	
4	1 000	500	1 429	350	10 000	

1.4 音源脉冲占空比对音源的影响

在声音中, 振幅大小决定音量的大小, 谐波含量决定声音的音色, 因此可通过调整音源脉冲占空比的方式来实现不同音量和不同音色的声音. 图 4 和图 5 分别是音频 f_0 的占空比为 20% 和 50% 的音频信号波形图, 图中 t_{0H} 和 t_{0L} 分别为音频 f_0 的高电平和低电平时间. 文献[4]研究表明: 当频率不变时, 随着脉宽的减少, 基波随之减少而谐波量则随之增加, 此时音源的音色发生改变, 且音量变小; 音源的脉冲占空比不为 50% 时, 音源

信号谐波较多,基波较少,声音较为柔和悦耳,但音量较小,此类音源适合于小型报警器;当脉冲占空比为 50% 时,音源信号谐波较少,基波较多,且音量达到最大,此类音源适合于大型报警器.本文为实现最大音量的报警,选取脉冲占空比为 50% 的音源.

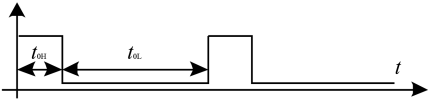


图 4 脉冲占空比为 20% 的音频信号波形图

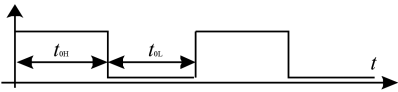


图 5 脉冲占空比为 50% 的音频信号波形图

2 单片机的选择及报警音源的实现原理

2.1 单片机的选择

STC 系列单片机(STC 公司)的运行速度比传统的 8051 单片机快 8~12 倍,且具有更强的抗干扰能力^[5]以及具有 1T 工作模式和可直接对时钟频率进行计数的优点;另外,如果使用 12 MHz 的晶振,时间分辨率可高达 1/12 μs ^[6];因此,本文选择 STC 系列的 1T 单片机来实现对高精度时间及步进方式改变时间的设定,从而实现音源的准确变频.利用单片机实现各种报警音源时,使用定时器 T0 产生报警音源的频率,使用定时器 T1 产生报警音源的放音时间 T_{PX} .

2.2 音频的实现原理

单片机中的定时器 T0、T1 为 16 位计数器,以递增的方式计数时其最大计数值为 FFFFH (即时间长度为 65 535 μs),当再加 1 时产生中断.当单片机使用 12 MHz 的晶振时,递增 1 所需要的时钟周期 $T_c = 1/12 \mu\text{s}$. 因此当定时器的时间常数为 N_x 时,设定 65 535 - N_x 的时间常数 (单位为 μs),则实际定时时间为 $N_x \times T_c$. 根据表 1—表 3 中的参数(t_{LH} 和 t_{HH}) 可得 $N_{\text{LH}} = t_{\text{LH}}/T_c$, $N_{\text{HH}} = t_{\text{HH}}/T_c$, 即在变频音源中当频率 $f_L \rightarrow f_H$ 时,定时器的时间常数 $N_{\text{LH}} \rightarrow N_{\text{HH}}$. 设递减常数为 N_D ,则设定的时间常数分别为 N_{LH} , ($N_{\text{LH}} - N_D$), ($N_{\text{LH}} - 2N_D$), ($N_{\text{LH}} - 3N_D$), ..., N_{HH} , 呈等差数列.

在变频音源中,频率的变化范围为 $f_L \sim f_H$.

当频率从 f_L 改变到频率 f_H 时,需要满足不同的放音时间 T_{PX} . 其中:有些音源的放音时间 T_{PX} 较长,音调变化速度较慢;有些音源的放音时间 T_{PX} 很短,音调变化速度较快. 为了满足各种不同的音源条件,在实现各类变频型报警音源时本文采用半周期法、周期法、延迟法 3 种方法进行设计,即:当音频的变化范围大且 T_{PX} 较短时,采用半周期法进行快速变频;当音频的变化范围较大且 T_{PX} 较长时,采用周期法进行慢速变频;当音频的变化范围非常小且 T_{PX} 特别长时,采用延迟法进行特慢速变频.

2.3 利用等待法实现单频音频

等待法是在音源频率周期没有完整输出时,定时器进行一段时间的等待,直到音源频率周期完整输出时结束等待,从而实现单频型的音源. 本文利用单片机的定时器 T0 产生报警音源频率,利用定时器 T1 产生报警音源的放音时间 T_{PX} . 定时器 T0 产生的脉冲上升沿或下降沿与定时器 T1 产生的脉冲下降沿需保持同步,否则会由于声音播放不完整而产生噪音.

图 6 为等待法实现单频音源的原理图. 在图 6 中,当放音时间 T_{Pl} 结束时,为了保证音源周期 T_0 能够完整输出,定时器进行时长为 T_w 的等待,则结束音源的完整输出时,实际输出时长为 $T_{\text{Pl}} + T_w$. 由于 T_w 为微秒量级,而 T_{Pl} 为几百毫秒,所以 T_w 对整体音源的输出效果几乎没有影响.

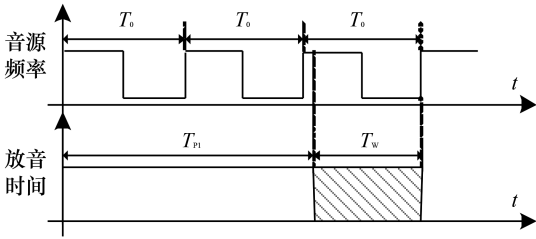


图 6 等待法实现单频音源的原理图

2.4 利用半周期法实现快速变频

半周期法是每当定时器 T0 产生中断时,输出信号将取反并在上一个数据中通过减去 N_D 来改变时间常数,从而实现快速变频. 当 $f_L \rightarrow f_H$ 时,设定时间常数分别为 N_{LH} , ($N_{\text{LH}} - N_D$), ($N_{\text{LH}} - 2N_D$), ($N_{\text{LH}} - 3N_D$), ..., N_{HH} , 该常数为一组公差为 N_D 的等差数列,其变化规律如图 7 所示,图中 $t_1 \sim t_5$ 为过渡音频的脉宽时间.

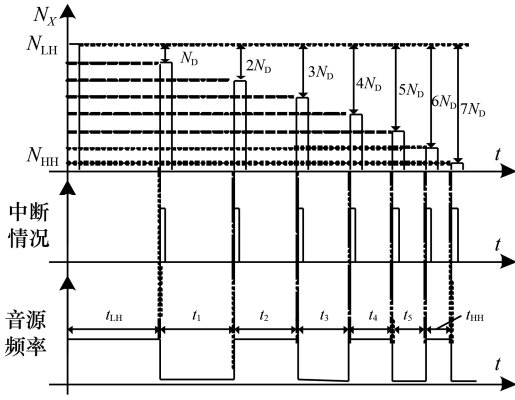


图 7 半周期法实现快速变频的原理图

由于报警音源要在规定的放音时间 T_{PX} 内完成,因此在时钟周期 T_C 内,公差 N_D 可采用如下式(1)~(4)的方法进行计算:当 $f_L \rightarrow f_H$ 时,公差为 N_D 的等差数列的首项和末项应满足式(1),数列的总和应满足式(2),式中 n 为等差数列的项数:

$$N_{LH} = N_{HH} + (n - 1)N_D, \quad (1)$$

$$\frac{T_{PX}}{T_C} = nN_H + \frac{n(n-1)}{2}N_D. \quad (2)$$

由于公差 N_D 应为大于 1 的整数,因此根据式(1)和式(2)可得

$$N_D = \frac{N_{LH}^2 - N_{HH}^2}{2T_{PX}/T_C - N_{LH} - N_{HH}} \geq 1. \quad (3)$$

将 $N_{LH} = t_{LH}/T_C$, $N_{HH} = t_{HH}/T_C$ 代入式(3),可得

$$N_D = \frac{t_{LH}^2 - t_{HH}^2}{(2T_{PX} - t_{LH}^2 - t_{HH})T_C} \geq 1. \quad (4)$$

将表 3 中所有变频型号报警音源的参数代入式(4),可得 N_D 分别为 10.9、0.7、39.1、0.1. 由该结果可以看出,只有 1 号和 3 号报警音源满足式(4)的要求;因此,在实际操作中 N_D 分别取 11 和 39 即可,此时 T_{PX} 分别为 510.4 ms 和 355.9 ms,十分接近于设定的音源参数. 由于 2 号和 4 号变频型报警音源的音频变化范围较小且 T_{PX} 较大,因此不能采用半周期法进行快速变频.

2.5 利用周期法实现慢速变频

周期法是每当定时器 T0 中断 2 次产生一个周期音频信号后,在上一个数据中通过减去 N_D 的方法来改变时间常数,从而实现慢速变频. 周期法的变化规律如图 8 所示,图中 t_{1H} 、 t_{1L} 、 t_{2H} 、 t_{2L} 为过渡音源的脉宽时间.

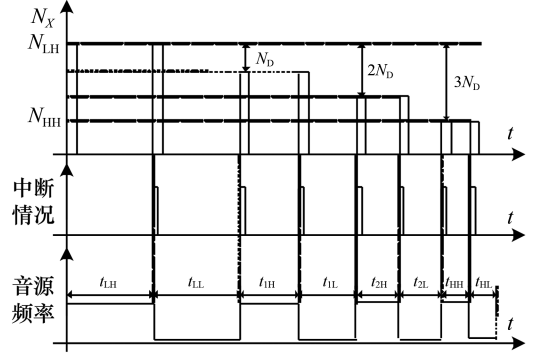


图 8 周期法实现慢速变频的原理图

当 $f_L \rightarrow f_H$ 时,设定时间常数分别为 N_{LH} , N_{LH} , $(N_{LH} - N_D)$, $(N_{LH} - N_D)$, $(N_{LH} - 2N_D)$, $(N_{LH} - 2N_D)$, ..., N_{HH} , N_{HH} . 由此可得一组公差为 $2N_D$ 的等差数列 $2N_{LH}$, $2(N_{LH} - N_D)$, $2(N_{LH} - 2N_D)$, ..., $2N_{HH}$, 则采用周期法时 N_D 的表达式为

$$N_D = \frac{t_{LH}^2 - t_{HH}^2}{(T_{PX} - t_{LH}^2 - t_{HH})T_C} \geq 1. \quad (5)$$

将表 3 中 2 号和 4 号变频型报警音源的参数代入式(5),可得 N_D 分别为 5.6 和 0.2. 从该结果可看出,仅有 2 号报警音源能够满足式(5),所以 N_D 可取 5 或 6. 当 N_D 分别取 5 和 6 时,放音时间 T_{PX} 分别为 1.94 s 和 1.62 s. 由于 N_D 取 5 时误差较大,因此在实际操作中 N_D 取 6 即可.

2.6 利用延迟法实现特慢速变频

延迟法是定时器 T0 中断 4 次产生两个周期音频信号后,在上一个数据中通过减去 N_D 来改变时间常数,从而实现特慢速变频. 延迟法的变化规律如图 9 所示,图中 t_{1H} 、 t_{1L} 、 t_{2H} 、 t_{2L} 为过渡音源频率的高、低电平时长. 当 $f_L \rightarrow f_H$ 时,设定时间常数分别为 N_{LH} , N_{LH} , N_{LH} , N_{LH} , $N_{LH} - N_D$, $N_{LH} - N_D$, $N_{LH} - N_D$, $N_{LH} - N_D$, $N_{LH} - 2N_D$, $N_{LH} - 2N_D$, $N_{LH} - 2N_D$, ..., N_{HH} , N_{HH} , N_{HH} , N_{HH} , 由此可得一组公差为 $2kN_D$ 的等差数列 $2kN_{LH}$, $2k(N_{LH} - N_D)$, $2k(N_{LH} - 2N_D)$, $2k(N_{LH} - 3N_D)$, ..., $2kN_{HH}$, 其中 $k \geq 2$.

由以上可得采用延迟法时 N_D 的表达式为

$$N_D = \frac{t_{LH}^2 - t_{HH}^2}{(T_{PX}/k - t_{LH} - t_{HH})T_C} \geq 1. \quad (6)$$

在满足式(6)的条件下,由于延迟时间越长频率改变量越大,因此为了实现音频呈圆滑曲线变化,应使 k 的取值尽可能小.

将表 3 中 4 号变频型报警音源的参数代入式 (6), 在 $k=7$ 时, 可得 N_D 为 1.1. 由于 N_D 为整数, 所以实际操作中 N_D 取 1. 因此当音频的变化范围较小且 T_{PX} 特别长时, 可采用延迟法进行特慢速变频.

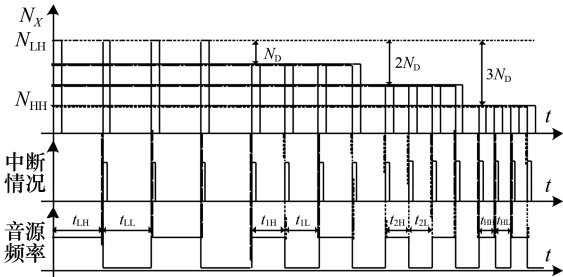


图 9 延迟法实现特慢速变频的原理图

理论上所有变频型报警音源均可使用延迟法实现, 但当音频的变化范围较大时, 如果采用延迟法变频则频率改变量会过大, 从而导致音频不呈圆滑曲线变化, 即导致声音失真. 因此, 为使变频型报警音源听起来更加自然, 应首先选择使用半周期法实现变频, 若不符合条件则依次选择周期法、延迟法.

3 实验结果及分析

图 10 和图 11 分别为两种频率组合的频率组合型报警音源和变频型报警音源的实际输出波形.

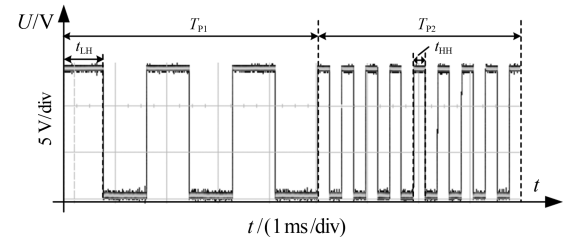


图 10 频率组合型报警音源的波形

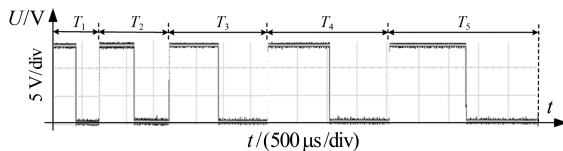


图 11 变频型报警音源的波形

图 10 中 T_{P1} 和 T_{P2} 分别为低频率 f_L 和高频率 f_H 的放音时间, 图 11 中 T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 表示变频过程中音频的过渡周期. 由图 10 可看出,

本文设计的频率组合型报警音源方案能够在两种频率之间准确切换. 由图 11 可知, 在设定好报警音源的各个参数后, 本文提出的方案具有音频稳定的特点, 能够有效避免声音突变失真.

4 结论

本文通过分析及归纳现有音源, 提出了一种通过设定不同的音频脉冲占空比来改变音量、音色的新型多种报警音源, 并利用 1T 高速单片机编程的方式, 采用等待法、半周期法、周期法和延迟法等 4 种方法实现了该报警音源. 实验结果表明, 本文提出的方案具有音频变化细腻、声音保真度高、音色多样的特点, 且该实现方法成本低、便于后期的更新. 因此, 本文提出的多种报警音源实现方案适合于各种警报器的生产厂家使用, 可大大减少警报器产品的种类, 提高市场竞争力. 在今后的设计及研发中, 如将报警音源的设计通过 WIFI 和手机进行连接, 可实现在手机端对报警音源的控制, 会更加便于客户的维护和使用.

参考文献:

[1] 陈影, 李良洪, 刘卜源. 软件编程实现多种音源报警[J]. 现代电子技术, 2011, 34(18): 29-30.

[2] 金永镐, 林君. 利用 PIC16C54 设计多种报警音源[J]. 延边大学学报(自然科学版), 2003, 29(1): 53-56.

[3] Mandal S, Turicchia L, Sarpeshkar R. A low-power, battery-free tag for body sensor networks[J]. IEEE Pervasive Computing, 2010, 9(1): 71-77.

[4] 金永镐, 姜欣欣. 基于 MK7A23P 混合脉宽方式调节音量的警报器设计[J]. 电子科技, 2010, 23(11): 47-50.

[5] 唐洪富, 张兴波. 基于 STC 系列单片机的智能温度控制器设计[J]. 电子技术应用, 2013, 39(5): 86-88.

[6] ZHOU H, ZHOU W. Study of linear CCD spectrometer data acquisition system based on android [C]//2015 International Conference on Management, Information and Communication. Singapore: World Scientific, 2016: 307-314.

[7] LEE Y S, RIE D H. A study on sound level of the fire alarm system in the factory[J]. Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, 2012, 12(6): 179-184.