

基于锁相环集成电路 CD4046 的红外无线耳机设计

王为庆¹, 沈 博², 覃海明³

(1. 中国地质大学 机械与电子信息学院, 武汉 430074; 2. 中国地质大学 地球物理与空间信息学院, 武汉 430074;
3. 煤炭科学研究总院 重庆研究院, 重庆 400037)

摘要: 采用锁相环技术, 通过调频方式实现一款红外无线耳机. 选用的锁相环器件 CD4046 是一种低频多功能锁相环集成电路, 具有使用简单、VCO 中心频率和捕获频率范围可调、功耗低等特点. 该调频式红外无线耳机和调幅式红外无线耳机都具有供电方式多样、方向性好、音量可调节功能. 但其比调幅式红外耳机具有较宽的带宽和较强的抗干扰性.

关键词: 锁相环 (PLL); CD4046; 红外无线耳机; 频率调制

中图分类号: TN643 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-0143(2009)02-0031-04

0 前言

信号的调制方式有三种, 即调幅、调频及调相^[1]. 其中频率调制具有比幅度调制频率高、带宽宽、抗干扰强, 同时比调相方式经济等特点. 锁相环技术 (PLL) 是一种能自动跟踪输入信号相位的闭环自动控制系统. 该技术在频率调制方面应用十分广泛, 遍及广播、电视、通信、雷达、导航、计算机及仪表等领域^[2]. 锁相环集成电路 CD4046 是一种低频多功能单片数字锁相环集成电路, 最高工作频率 1.3 MHz, 电源电压 3 ~ 18 V. 与类似的双极性单片锁相环集成电路相比, 功耗仅为其数百分之一, 因而它在频率调制与解调、频率合成、电视机彩色副波提取、FM 立体声解码、遥控系统、频率的编码和译码等诸多方面均得到了应用.

基于频率调制和锁相环技术的优点, 本文在文献 [3] 的基础上介绍一种应用锁相环和红外技术制作而成, 采用频率调制方式, 用红外线传送音频信号的调频红外无线耳机. 该耳机具有供电方式多样, 传输距离接近 10 m, 音质较好, 红外信号基本不受电磁干扰, 性价比高特点.

1 锁相环集成电路 CD4046 介绍

锁相环主要由相位比较器 (PC)、压控振荡器

(VCO) 和低通滤波器三部分组成. CD4046 的内部结构框图如图 1 所示.

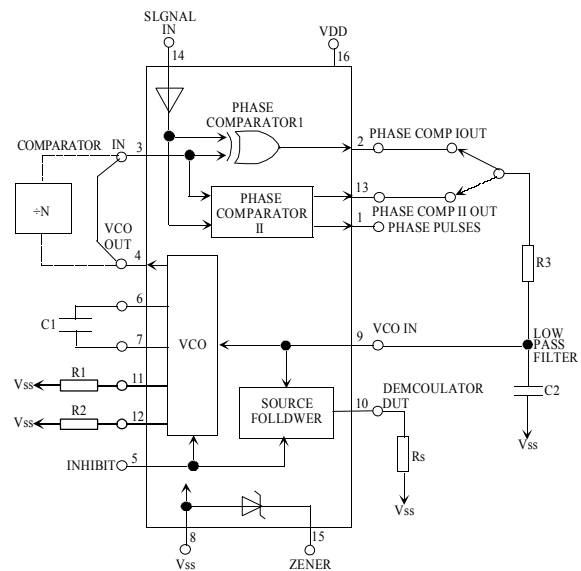


图 1 CD4046 内部结构图

CD4046 是低功耗 CMOS 型多功能数字环. 其主要参数如下:

- (1) 工作电压 3 ~ 18 V;
- (2) 静态工作电流 10 μ A;
- (3) 最高工作频率 1.3 MHz;
- (4) 稳压管稳定电压 4.45 ~ 6.15 V.

CD4046 含有两个相位比较器 PCI 与 PCII. 相位比较器 PCI 要求输入信号为方波, 并且要求方

波信号的占空比为 50 %。而相位比较器 PCII 对输入的方波信号占空比无此要求。在两个相位比较器的输入端有一个前置放大器, 可把 100 mA 的微弱信号变为满电平的方波脉冲。CD4046 采用 16 线双列直插式封装, 各管脚功能如表 1 所示:

表 1 CD4046 管脚功能表

管脚号	功 能
1	PCII 的锁定指示输出, 锁定时为“1”, 失锁时为“0”
2	PCI 的输出端
3	相位比较器比较输入端
4	VCO 的输出端
5	VCO 的禁止端, 设置“1”时, VCO 停止工作, 设置“0”时, VCO 工作
6	外接电容端
7	外接电容端
8	电源地端
9	VCO 控制输入端
10	低通滤波器经缓冲放大后的输出端
11	外接电阻 R1 端, R1、R2、C1 和 VDD 决定 VCO 的振荡频率
12	接 R2, R2 确定 VCO 的最低振荡频率 f_{min} 。
13	PCII 的输出端, 它与 2 脚通过外接低通滤波器后送入 9 脚
14	信号输入端
15	为内部稳压二极管的负电压引出端, 使用时需要外接限流电阻
16	电源 VDD

VCO 的中心频率 f_0 由图 1 中的 VDD、R1、R2 和 C1 的关系曲线图决定。当 CD4046 的供电电压为 5 V, R2 为 ∞ 时, f_0 与 R1、C1 的曲线关系如图 2 所示。 f_{min} 表示输入信号的最小频率, f_{max} 表示输入信号的最大频率。当 R2 为 ∞ 时, 锁定频率范围 $2f_c$ 由如下公式决定:

$$2f_c = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{2\pi |f_{max} - f_{min}|}{R_1 C_1}} \quad (1)$$

由式 (1) 可知允许的频率偏移值 f_c 。

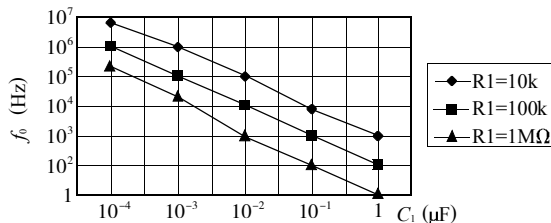


图 2 f_0 与 R1, C1 的曲线关系图

2 调频红外无线耳机设计原理

调频红外无线耳机由发射机和接收机两部分组成。图 3 为原理设计框图。图 4 为发射机电路图, 图 5 为接收机电路图。为了求得供电方式多样, 发射机和接收机均采用图 6 的供电方式。

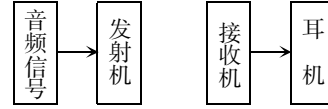


图 3 调频红外无线耳机设计原理框图

2.1 发射机电路

发射机电路 (图 4) 包括: (1) 锁相环集成电路 CD4046 构成的频率调制电路; (2) 红外发射二极管 D1~D3 构成的红外发射电路。

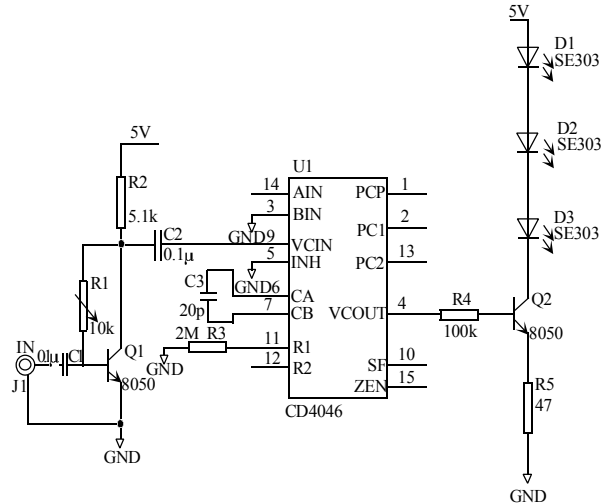


图 4 发射机电路图

音频信号在“IN”端输入发射机电路。调节 R1, 使 Q1 的 Vce 接近 1 V, 提高三极管的静态工作点, 对音频信号不失真地放大。放大后的信号被送入由 CD4046 构成的频率调制电路。如图 4 所示, VDD 为 5 V, R3 为 2 MΩ, CD4046 的第 12 脚悬空即其接入电阻阻值为 ∞ , C3 为 20 pF。根据 f_0 与 R1, C1 的特性曲线图可知 VCO 的中心频率 f_0 约为 60 kHz。因为人耳听到的音频信号在 20~20 000 Hz 之间, 所以选择的调制频率 $f_0 > 40$ kHz 即可。音频信号经频率调制后, 进入由红外发射二极管 D1~D3 构成的红外发射电路。这 3 个红外发光二极管, 选用 NEC 公司的 SE303C。因为 SE303C 具有比较大的红外发射角度, 用 3 个指向不同方向, 可以达到接近 360° 的辐射角。

2.2 接收机电路

接收机电路 (图 5) 包括: (1) 红外光电二极

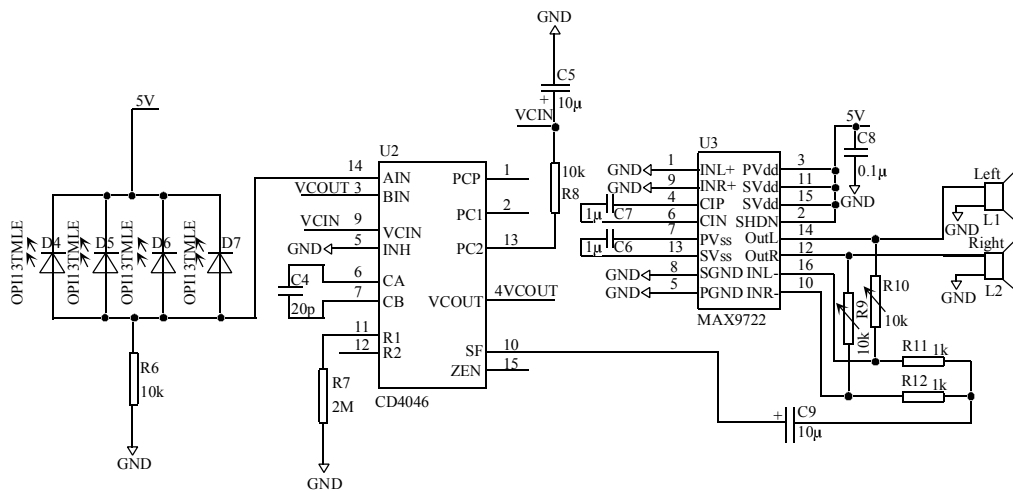


图5 接收机电路图

管D4~D7构成的红外接收电路；(2)锁相环集成电路CD4046组成的频率解调电路；(3)集成电路MAX9722^[4]构成音频功放电路。

接收机的4个红外光电二极管选用上海欧光电子有限公司的OPI13TMLE，应分别朝向4个不同的方向。这样接收范围大，有利于将红外信号转化为电信号，然后进入由CD4046组成的解调电路。接收机CD4046的VCO中心频率和发射机CD4046的VCO中心频率一样。输入接收机的载频信号频率为20~60kHz，则最大最小信号频率相差40kHz。当VDD为5V，R8为10k，C5为10μF，PLL的捕捉范围由式(2)决定。

$$2f_c = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{2\pi |f_{\max} - f_{\min}|}{R_8 C_5}}, \quad (2)$$

由上式可得 $f_c \approx 250$ Hz，允许的频率偏移为±250Hz。解调出来的信号进入由集成电路MAX9722构成音频功放电路。通过调节R9和R10，耳机的音量具有从大到小的调节功能。

2.3 电源电路

美信公司的一款电源线性稳压芯片MAX1726^[5]具有过温、短路、正负反接保护，输出电压稳定功能。它的供电电压范围宽，为2.5~12V。工

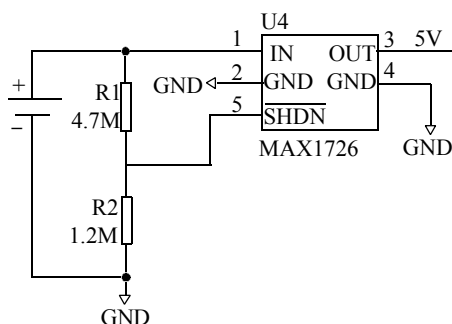


图6 电源电路图

作时，只需要2μA的供电电流，能提供20mA的电流输出。采用SOT23-5封装，节约PCB板面积。红外无线耳机工作电压为5V，图6为耳机系统供电电路图。耳机供电方式多样，可以采用两节3号电池、锂电池和蓄电池中任何一种。

3 结语

本文给出了基于锁相环集成电路CD4046的调频红外无线耳机系统的设计原理以及在硬件方面的具体实现。这款红外无线耳机具有如下特点：(1)耳机供电方式多样，可以采用两节3号电池、锂电池和蓄电池中任何一种。(2)一个发射机可以配若干个接收机，供多人同时收听。(3)音量的高低既可以通过调节音源的音量，也可以通过调节接收机（耳机）的音量按钮来实现。(4)接收方向范围大，收听者无论是否朝向发射机都能满意收听。(5)采用调频方式，具有比调幅方式更高的抗干扰特性。制作成本低，性价比高。

参考文献：

- [1] OPPENHEIM A V, WILLSKY A S, NAWAB S H. 信号与系统[M]. 刘树棠,译. 2版. 西安:西安交通大学出版社,1998.
- [2] 罗伟雄. 锁相技术及其应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,1990.
- [3] 王为庆,沈博,吴鹏. 一种调幅红外无线耳机的设计[J]. 江汉大学学报:自然科学版,2008(3):32-34.
- [4] MAXIM. MAX9722_MAX9722B.pdf [EB/OL]. <http://www.maxim-ic.com>, 2007.
- [5] MAXIM. MAX1725_26.pdf [EB/OL]. <http://www.maxim-ic.com>, 2003.

Design of Infrared Wireless Headphone Based on Phase-locked Loop Integrated Circuit CD4046

WANG Wei-qing¹, SHEN Bo², QIN Hai-ming³

(1. School of Machine and Electric Information, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. Chongqing Branch, Coal Science Research Institute, Chongqing 400037)

Abstract: Phase-locked loop (PLL) technology is applied to design a kind of FM infrared wireless headphone. CD4046 is a multifunctional PLL integrated circuit in low frequency and has the characters of simple application, adjustable VCO center frequency and adjustable frequency-locked range, low power loss and etc.. The FM infrared wireless headphone has the same function with the AM infrared wireless headphone such as various power supply, good orientation and adjustable volume. But it has wider frequency width and stronger anti-interference than the AM infrared wireless headphone.

Key words: Phase-locked loop (PLL); CD4046; infrared wireless headphone; FM

(责任编辑: 曾 婷)

(上接第30页)

Efficiency Change of Surfactant in Microfluidic System

YANG Min

(College of Physics and Technology, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Utilizes the microfluidic chip made of polydimethylsiloxane (PDMS), to research the difference of effects of surfactant between microscale channel and ordinary condition. The result shows that the Critical Micelle Concentration (CMC) will increase corresponded to the rise of the ratio of interface area to volume, which means the efficiency of the surfactant will change with the ratio of interface area to volume. The reason is that the surfactant efficiency depends on the surfactant action on the interface, and if the liquid volume is the same, the increase of liquid surface will reduce the surfactant on unit surface area, thus has the slight effect on reducing the interfacial tension.

Key words: surfactant; interfacial tension; microfluidic; Critical Micelle Concentration (CMC); polydimethylsiloxane (PDMS)

(责任编辑: 陈 旷)