

文章编号:1006 - 737X(2004)01 - 0049 - 05

基于 FPGA 的小功率立体声发射机的设计

王 彦,田丹丹,曹学科

(南华大学 电气工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:介绍了基于 FPGA,利用数字频率合成技术实现的小功率立体声 FM 调频发射机的设计.采用 FPGA 完成对核心芯片 MC145152 的控制,可自动改变并测量发射频率并用液晶显示;同时实现了频率扩展、自制音源、立体声编码等功能,使该方案更加完善、实用.本设计基于超高速硬件描述语言 VHDL 在 Xilinx 公司的 Spartan 系列的 XC2S2005PQ - 208 芯片上编程实现,经测试,整机功能齐全,性能指标优良.

关键词:FPGA;FM 调制器;立体声编码;数字锁相环

中图分类号:TP332.3

文献标识码:B

The Design of Low Power Stereo FM Transmitter Based on FPGA

WANG Yan, TIAN Dan-dan, CAO Xue-ke

(School of Electrical Engineering, Nanhua University, Hengyang, Hunan, China 421001)

Abstract: This paper introduces the design of the low power stereo FM transmitter based on FPGA, realized by the digital PLL principle. The core chip MC145152 is controlled by FPGA. It can automatically change and measure the frequency and display it by LCD. In the meantime it realizes the functions of expanding the frequency, designing the homemade sound barrier, stereo coding etc, which make the design better and more practical. The design is programmed with VHDL and realized in the chip of XC2005PQ - 208 Xilinx series. It is proved to be well functioning, and the capability index is good after testing.

Key words: FPGA; FM modulator; stereo coding; digital PLL

1 工作原理及系统组成

图 1 为调频发射机的原理框图.采用数字锁相环路法实现频率合成.应用数字逻辑电路将 VCO 频率一次或多次降低至鉴相器频率上,再与参考频率在鉴相电路中进行比较,使产生的误差

信号来控制 VCO 的频率,使之锁定在参考频率的稳定度上.

由于采用了大规模集成电路块 MC145152,将图中的参考分频器、鉴频鉴相器、可编程分频器都集成在一个芯片中,不需要再单独设计.由于一般可编程分频器只能工作到几十兆赫兹,更高频率

收稿日期:2003 - 12 - 05

作者简介:王 彦(1971 -),男,湖南衡阳人,南华大学电气工程学院讲师.主要研究方向:单片机与 PLD 数字集成电路开发及应用技术研究.

时需要在 VCO 与 $\div N$ 分频器之间再加上一个前置分频器. 前置分频器和 MC145152 中的 $\div A$ 和 $\div N$ 计数器一起构成一吞脉冲程序分频器. 前置分频器选用的是集成芯片 MC12022, 分频比为 $P = 63$ 和 64 . MC12022 受控于吞脉冲计数器的分频比切换信号, 也就是模式选择信号 M . 当 M 为高电平时, 分频比为 $P + 1$, 低电平时为 P . MC145152 内的 $\div N$ 和 $\div A$ 计数器均为减计数器, 当减到零时, $\div A$ 计

数器输出由高变低, $\div N$ 计数器减到零时输出一脉冲到 FD/ PD 并同时预置的 N 和 A 重新置入 $\div A$ 和 $\div N$ 计数器. 利用这种方法可以方便地使总分频比为连续数, 总分频比为 $D = PN + A$. 低通滤波器采用运放 LM358, 压控振荡器采用 MC1648. 本文主要介绍利用 FPGA 来控制 MC145152, 确定其分频系数 A 、 N 和发射频率的对应关系. 图 2 为整个系统的组成框图.

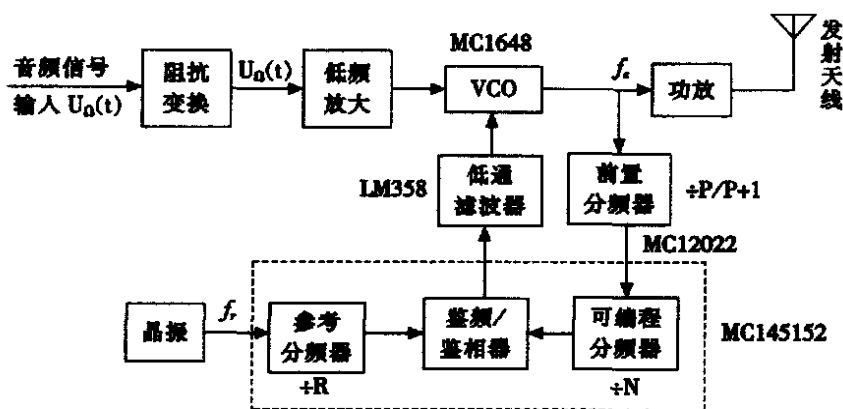


图 1 发射机工作原理框图

Fig. 1 The work principal frame of transmitter

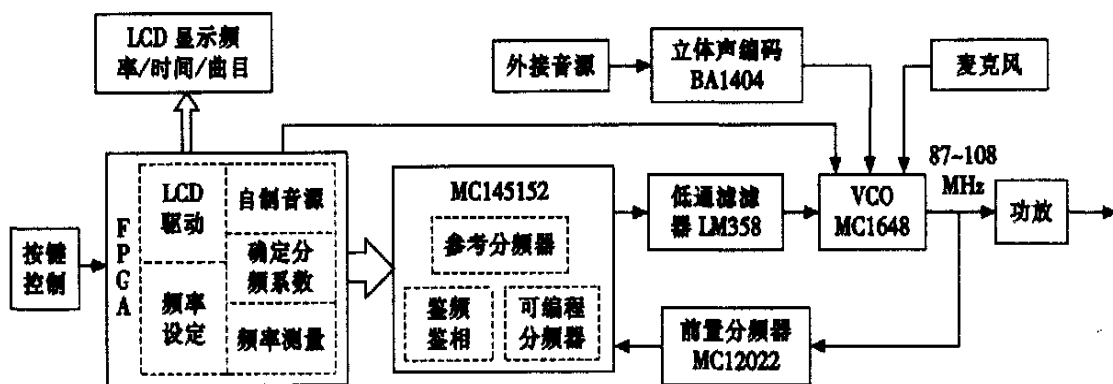


图 2 系统组成框图

Fig. 2 The composition of the system

2 MC145152 的结构图

软件设计的核心是对集成 PLL 芯片 MC145152 的控制. MC145152 是一块采用并行码输入方式置定、由 14 根并行输入数据编程的双模 CMOS-LSI 锁相环频率合成器. 图 3 为其内部组成框图. 该芯片内含参考频率振荡器、可供用户选择的参考分频器 (12 $\times$ 8ROM 参考译码器和 12bit $\div R$ 计数器)、双端输出的鉴相器、控制逻辑、10

位可编程的 10bit $\div N$ 计数器、6 位可编程的 6bit $\div A$ 计数器和锁定检测等部分. 其中, 10bit $\div N$ 计数器、6bit $\div A$ 计数器、模拟控制逻辑和外接双模前置分频器组成吞脉冲程序分频器, 吞脉冲程序分频器的总分频比为: $D = PN + A$. (A 的范围 $0 \sim 63$, N 的范围 $0 \sim 1023$).

FPGA 通过外部电路的设定, 得到预置输出频率值并根据 $D = PN + A$ 计算出 A 、 N 的值, 再将 A 、 N 的值转换为二进制数, 通过 FPGA 的 I/O 口输

出给 MC145152 , (FPGA 与 MC145152 的接口电路 改变输出频率的目的。
如图 4 所示)从而达到了对 MC145152 控制功能和

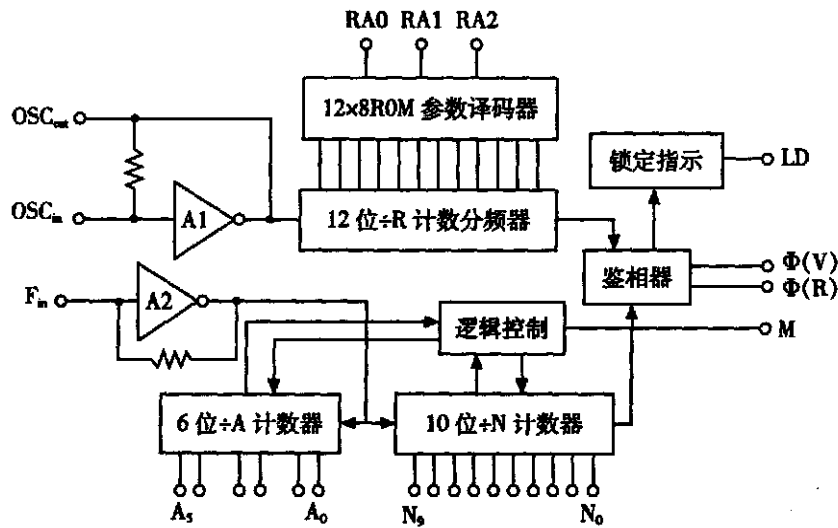


图 3 MC145152 内部结构图
Fig.3 Inside structure of MC145152

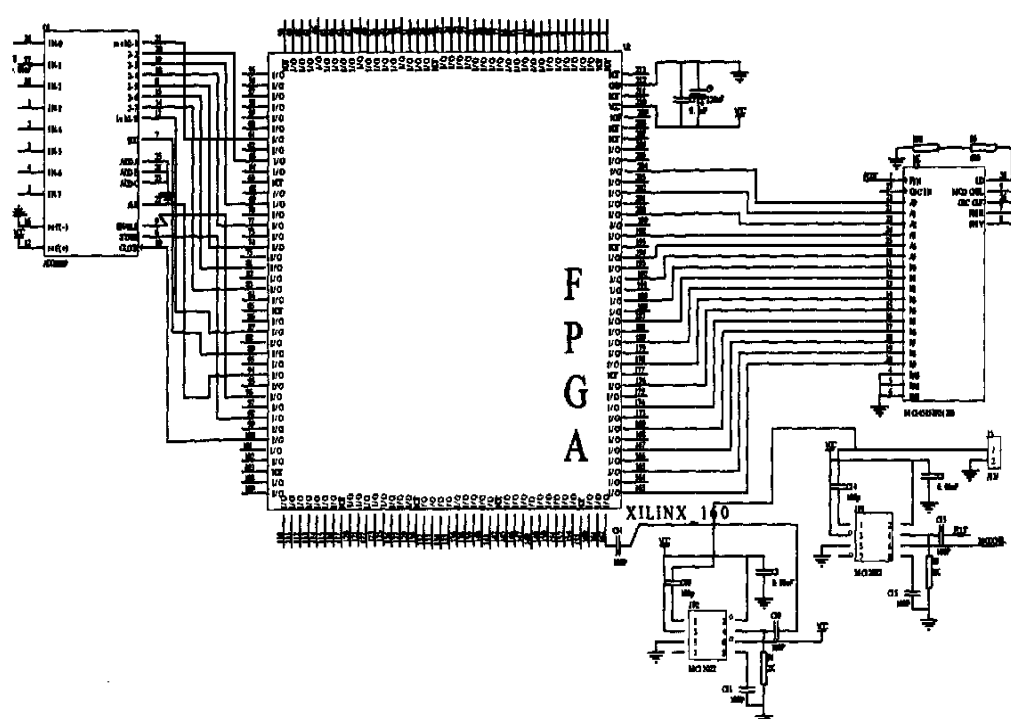


图 4 FPGA 与 MC145152 的接口电路图
Fig.4 Curcuit interface of FPGA and MC145152

3 FPGA 控制 MC145152 的软件设计

相关软件采用 VHDL 硬件描述语言编写. 图 5 为软件设计流程图. 首先确定频率间隔(分频系

数),对固定的 12.8MHz 晶振进行分频得到稳定参考晶振,若 R 的值选 1024,则在 MC145152 中可分频到 5kHz. 通过按键可选择调频步进分别为 5kHz,50kHz和500kHz. 选择的档位不同,对应

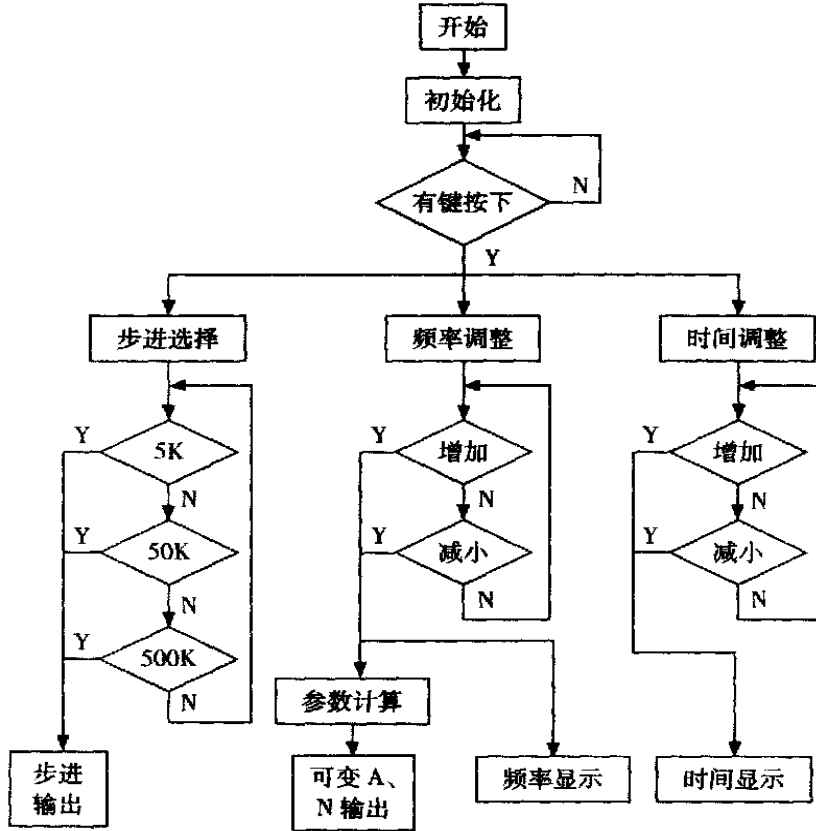


图 5 软件设计流程图

Fig.5 Flow chart of the software designing

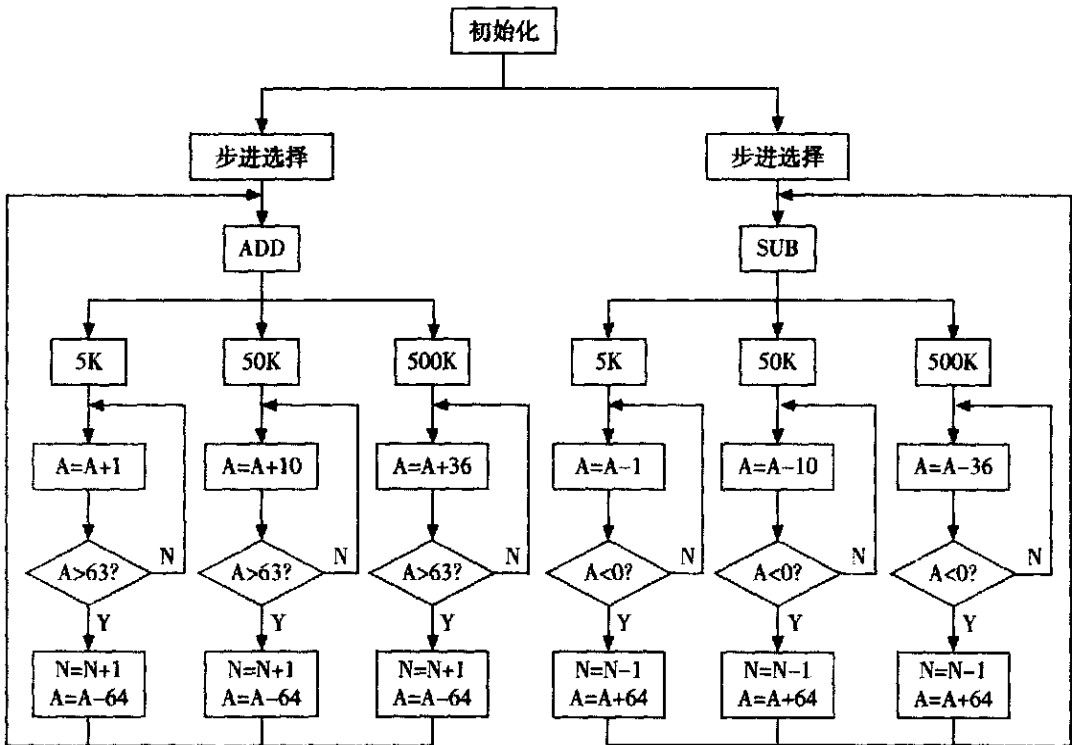


图 6 参数计算流程图

Fig.6 The calculation of parameters

的 A、N 值的计算方法也不同,但其变化有一定规律. 输出频率的范围是 87 ~ 108MHz,当频率为 87MHz 时,A、N 的初始值为 48 和 108. 图 6 为参数计算的流程图. 从图中可以看出每个对应频率不同时对应的 A、N 值的算法. 这样计算准确且简单,当步进分别为 5kHz、50kHz、500kHz 时,A 的值分别增加 1、10 和 36,由于 A 值的范围是 0 ~ 63,当 A 值大于 63 时,则 A 值变为 A - 64. 在程序设计中,使用一个变量 fa,其值分别对应不同的步进取值为 1、10 或 36.

软件设计还包括了自制音源的产生,音乐的存储和液晶显示器的驱动程序. 通过按键可以选择发射自制音源里存储的歌曲、外接音源播放的

歌曲或者通过麦克风输入的音源. 选择自制音源还可以显示歌名,所有功能都用 FPGA 实现.

4 立体声编码器及其余硬件电路的设计

立体声发射芯片 BA1404 是该设计的核心部分. 它主要由前置音频放大器 (AMP),立体声调制器 (MPX),FM 调制器及射频放大器组成. 左右声道各通过一个时间系数为 50 μ s 的预加重电路把音频信号输入到 BA1404 内部. 利用内部参考电压改变变容二极管的电容值,从而实现频率调整. 其中 6、7 脚之间接一个 38kHz 的晶振,图 7 为其工作电路图.

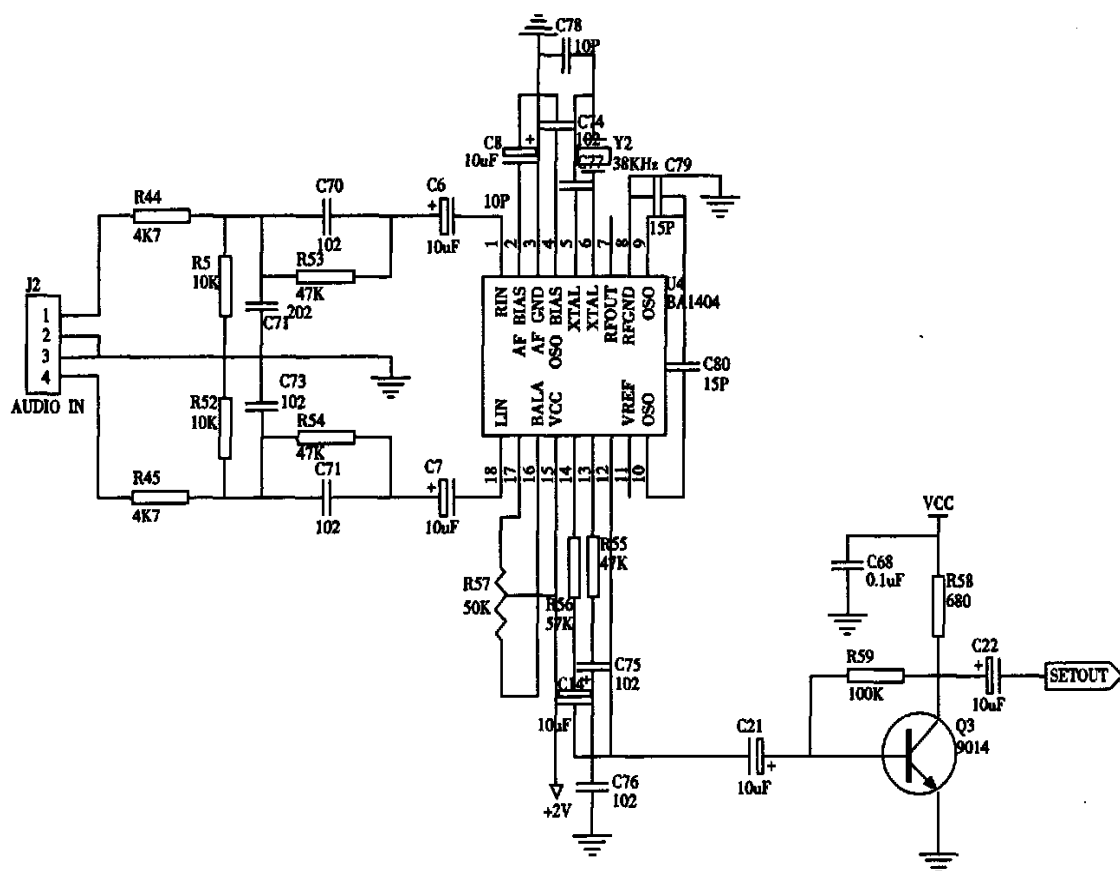


图 7 立体声编码电路图

Fig. 7 The circuit of stereo coding

除了立体声编码器,硬件电路还包括了低通滤波器、压控振荡器、音频处理和放大电路以及电源电路的设计. 低通滤波器选用运放 LM358 构成;压控振荡器选用集成芯片 MC1648 及外围电路构成;电源电路采用稳压芯片 LM7812 和 LM7805 构成,得到 +12V 和 +5V 的电压作为电源

电压;音频处理和放大电路采用分离元件组成. 限于篇幅,本文只给出立体声编码电路图.

5 结束语

本系统利用数字频率合成技术,并采用 FPGA (下转第 57 页)

虽然以上数据较少,但从以上可以看出,在温度较高时,应用这一理论与实际测量符合得较好;而在相同的条件下,大气温度较低时,测量置于理论模型计算的结果有较大的误差.但总体变化趋势是一致的.

4 结论

根据的压力驱动理论提出的减压降氡措施不仅成本太大,而且在实践上也不可行.而热扩散理论有可能成为降低居室氡浓度措施的更好的理论依据.

参考文献:

- [1] Berkvens P, Kerkhove E, Vanmarcke H. Three - dimensional Treatment Of Steady - state ^{222}Rn Diffusion In Building Materials: Introducing a practical Modified One - dimensional Approach[J]. Health physics, 1988, 55(5): 793 ~ 799.
- [2] Celso O, Loureiro, Linda M. Abriola Three - dimensional Simulation of Radon Transport into Houses with Basements

under Constant Negative Pressure[J]. Environ. Sci. Tech., 1990, 24(9): 1339.

- [3] Minkin L. Is Diffusion, Thermodiffusion, or Advection a Primary Mechanism of Indoor Entry? [J]. Radiation Protection Dosimetry, 2002, 11(102): 153 ~ 162.
- [4] Strand E, Kolstad A K, Lind B. The influence of Moisture and Temperature on Radon Exhalation[J]. Radiation Protection Dosimetry, 1992, 7(1 - 4): 55 ~ 58.
- [5] Rogers V C, Nielson K K. Correlations for Predicting Air Permeabilities and ^{222}Rn Diffusion Coefficients of Soils[J]. Health Physics, 1991, 61(8): 2.
- [6] Yamasaki K, Suzuki K. Activity Size Distribution of Radon Progeny in Indoor Air Comparison of Model to Data [J]. Health Physics, 1992, 63(10): 4.
- [7] Rogers V C, Nielson K K. Multiphase Radon Generation and Transport in Porous Materials [J]. Health Physics, 1994, 66(44): 4.
- [8] 张智慧. 空气中氡及其子体的测量方法[M]. 北京: 原子能出版社, 1999.
- [9] 张 哲. 氡的析出与排氡通风[M]. 北京: 原子能出版社, 2000.

(上接第 53 页)

实现小型立体声 FM 调频发射机的设计. 整个系统的核心是对大规模 PLL 芯片 MC145152 进行控制. 立体声编码采用立体声发射芯片 BA14044. 利用该方法改变输出频率容易, 软件开发周期短. 调频步进可达到 5 KHz. 在发射频率为 19 ~ 35 MHz 时, 失真度 $\leq 2\%$, 将设计中的模拟部分屏蔽, 和数字部分隔开, 可使得系统的信杂比 $\geq 60\text{dB}$. 在功能方面, 系统实现了立体式编码、语音处理、自制音源设计并可以测试和利用液晶显示器显示发射频率和时间.

参考文献:

- [1] 高吉祥. 高频电子线路[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] 赵俊超. 集成电路设计 VHDL 教程[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002.
- [3] 甘 历. VHDL 应用与开发实践[M]. 北京: 科技出版社, 2003.
- [4] 吴运昌. 模拟集成电路原理与应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.