

全国大学生电子设计竞赛系列丛书

全国大学生电子设计竞赛 电路设计

黄智伟 编著



北京航空航天大学出版社

全国大学生电子设计竞赛系列丛书

TN702

136

2006

全国大学生电子设计竞赛 电路设计

黄智伟 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为《全国大学生电子设计竞赛系列丛书》之一。针对全国大学生电子设计竞赛的特点,为满足高等院校电子信息、通信、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的需要,在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目类型与设计要求的基础上,系统介绍了传感器应用电路设计、信号调理电路设计、放大器电路设计、信号变换电路设计、射频电路设计、电机控制电路设计、测量与显示电路设计、电源电路设计以及单片数据采集系统电路设计,并介绍了每个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容。

本书内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程实践性好。可作为高等院校电子信息、通信、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可作为各类电子制作、课程设计和毕业设计的教学参考用书,以及工程技术人员进行电子电路设计与制作、电子产品设计与制作的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生电子设计竞赛电路设计/黄智伟编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2006.12

ISBN 7-81077-906-0

I. 全… II. 黄… III. 电子电路-电路设计-竞赛-高等学校-自学参考资料 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 126314 号

© 2006,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

全国大学生电子设计竞赛电路设计

黄智伟 编著

责任编辑 冯 颖 孔祥燮

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:24.5 字数:549 千字

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷 印数:5000 册

ISBN 7-81077-906-0 定价:33.00 元

序

全国大学生电子设计竞赛是教育部倡导的四大学科竞赛之一,是面向大学生的群众性科技活动,目的在于促进信息与电子类学科课程体系和课程内容的改革,促进高等院校实施素质教育以及培养大学生的创新能力、协作精神和理论联系实际的学风,促进大学生工程实践素质的培养,提高学生针对实际问题进行电子设计制作的能力。

全国大学生电子设计竞赛既不是单纯的理论设计竞赛,也不仅仅是实验竞赛,而是在一个半封闭、相对集中的环境和限定的时间内,由一个参赛队的队员共同设计、制作完成一个具有特定工程背景的作品。作品制作成功与否是竞赛能否取得好成绩的关键。竞赛有其内在的规律和特点。

为满足高等院校电子信息工程、通信工程、自动化以及电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的需要,我们编写了这套系列丛书:《全国大学生电子设计竞赛系统设计》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计》、《全国大学生电子设计竞赛技能训练》和《全国大学生电子设计竞赛制作实训》。

《全国大学生电子设计竞赛系统设计》在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目类型与特点的基础上,通过 34 个设计实例,系统介绍了电源类、信号源类、高频无线电类、放大器类、仪器仪表类、数据采集与处理类以及控制类 7 大类作品的设计要求、系统方案、电路设计、主要芯片和程序设计等内容。通过对这些设计实例进行系统方案分析、单元电路设计、集成电路芯片选择,可使学生全面、系统地掌握电子设计竞赛作品系统设计的基本方法,培养学生系统分析、开发创新的能力。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计》在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目的设计要求及所涉及电路的基础上,精心挑选了传感器应用电路、信号调理电路、放大器电路、信号变换电路、射频电路、电机控制电路、测量与显示电路、电源电路以及单片数据采集系统 9 类共 140 多个电路设计实例,系统介绍了每个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容。通过这些电路设计实例的学习,学生可全面、系统地掌握电路设计的基本方法,培养电路分析、设计和制作的能力。由于各公司生产的集成电路芯片类型繁多,限于篇幅,本书仅精选了其中很少的部分以“抛砖引玉”。读者可根据电路设计实例举一反三,并可利用在参考文献中给出的大量的公司网址,查询到更多的电路设计应用资料。

《全国大学生电子设计竞赛技能训练》从 7 个方面系统介绍了元器件的种类、特性、选用原则和需注意的问题;印制电路板设计的基本原则、工具及其制作;元器件、导线、电缆、线扎和绝缘套管的安装工艺及焊接工艺;电阻、电容、电感和晶体管等基本元器件的检测,电压和电平的

序

测量,信号参数的测量,时间和频率的测量,电路性能参数的测量,以及噪声和接地对测量的影响;电子产品调试基本方法,故障检测的一般方法,模拟电路的调试与故障检测,数字电路的故障检测,整机的调试与故障检测;设计总结报告写作的基本格式、写作要求与示例;赛前培训、赛前题目分析和赛前准备等内容。通过上述内容的学习,学生可全面、系统地掌握在电子竞赛作品制作过程中必需的一些基本技能。

《全国大学生电子设计竞赛制作实训》从《全国大学生电子设计竞赛系统设计》和《全国大学生电子设计竞赛电路设计》中,精心挑选了模拟、数字和高频单元电路、单片机和 FPGA 最小应用系统等实例,介绍了电路组成、元器件清单、安装步骤、调试方法以及性能测试方法等内容,可使学生提高实际制作能力。

本系列丛书的特点:以全国大学生电子设计竞赛所需要的知识点和技能为基础,内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程性强,突出了设计制作竞赛作品的方法与技巧。《全国大学生电子设计竞赛系统设计》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计》、《全国大学生电子设计竞赛技能训练》和《全国大学生电子设计竞赛制作实训》这 4 本书互为补充,构成了一个完整的训练体系。

《全国大学生电子设计竞赛系统设计》通过对历年的竞赛设计实例进行系统方案分析、单元电路设计和集成电路芯片选择,全面、系统地介绍电子设计竞赛作品的基本设计方法,目的是使学生建立一个“系统概念”,在电子设计竞赛中能够尽快提出系统设计方案。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计》通过对 9 类共 140 多个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容进行介绍,目的是使学生全面、系统地掌握电路设计的基本方法,以便在电子设计竞赛中尽快“找到”和“设计”出适用的电路。

《全国大学生电子设计竞赛技能训练》和《全国大学生电子设计竞赛制作实训》通过对元器件选用、印制电路板设计与制作、参数测量、装配工艺、故障排查、设计报告写作,以及模拟、数字和高频单元电路、单片机和 FPGA 最小应用系统实例制作的训练,培养学生制作、装配、调试与检测等实际动手能力,使其能够顺利地完成电子设计竞赛作品的制作。

本系列丛书可作为电子设计竞赛参赛学生的训练教材,也可作为高等院校电子信息、通信、自动化、电气控制类专业学生参加各类电子制作、课程设计和毕业设计的教学参考书,以及电子工程技术人员和电子爱好者进行电子电路设计与制作的参考用书。

作者在本系列丛书的编写过程中,参考了国内外的大量资料,得到了许多专家和学者的大力支持。其中,国防科技大学、中南大学、湖南大学、南华大学等院校的指导老师和电子竞赛参赛队员提出了一些宝贵意见和建议,并为本系列丛书的编写做了大量工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本系列丛书中的错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

黄智伟

2006. 1. 8

于南华大学

前言

本书是《全国大学生电子设计竞赛系统设计》、《全国大学生电子设计竞赛技能训练》和《全国大学生电子设计竞赛制作实例》的姊妹篇。这4本书互为补充,构成了一个完整的训练体系。

本书根据全国大学生电子设计竞赛的要求与特点,为满足高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的需要,在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目类型与特点的基础上,针对电源类、信号源类、高频无线电类、放大器类、仪器仪表类、数据采集与处理类和控制类共7大类竞赛作品的设计要求,精心挑选了9类共140多个电路设计实例,系统介绍了每个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理及应用电路等内容。

本书内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程实践性好。通过这些电路设计实例,学生可以全面、系统地掌握电路基本设计方法,培养综合分析、开发创新和竞赛设计制作的能力。本书可作为高等院校电子信息、通信、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可以作为参加各类电子制作、课程设计和毕业设计的教学参考书,以及工程技术人员进行电子电路和电子产品设计与制作的参考用书。

全书共分9章。

第1章介绍传感器应用电路设计,包括温度传感器应用电路设计、湿度传感器应用电路设计、压力传感器应用电路设计、磁场传感器应用电路设计、液位传感器应用电路设计、超声波传感器应用电路设计、转速传感器应用电路设计、加速度传感器应用电路设计、光电传感器应用电路设计、电流传感器应用电路设计、电容传感器应用电路设计、角度传感器应用电路设计和霍尔元件应用电路设计。

第2章介绍信号调理电路设计,包括桥式传感器信号调理电路设计、温度传感器信号调理电路设计、可编程的信号调理电路设计和压力传感器信号调理电路设计。

第3章介绍放大器电路设计,包括仪表放大器电路设计、FET输入仪表放大器电路设计、差分放大器电路设计、隔离放大器电路设计、可编程增益放大器电路设计、采样/保持放大器电路设计、宽带放大器电路设计和音频功率放大器电路设计。

第4章介绍信号变换电路设计,包括乘法器应用电路设计、 V/F (电压/频率)和 F/V (频率/电压)变换电路设计、数字电位器电路设计和信号发生器电路设计。

第5章介绍射频电路设计,包括低噪声放大器(LNA)电路设计、射频功率放大器(RFPA)电路设计、混频器电路设计、调制与解调电路设计、锁相环(PLL)电路设计、直接数字频率合成

前 言

器(DDS)电路设计和单片发射与接收电路设计。

第6章介绍电动机控制电路设计,包括直流电动机控制电路设计、无刷直流电动机控制电路设计、步进电动机驱动电路设计、异步电动机控制专用电路设计、单相交流通用电动机控制专用电路设计和MOSFET/IGBT开关器件驱动电路设计。

第7章介绍测量与显示电路设计,包括数字电压表电路设计、真有效值测量电路设计、电能计量电路设计、射频功率测量电路设计、相位差测量电路设计和显示器驱动电路设计。

第8章介绍电源电路设计,包括开关电源电路设计、DC/DC变换电路设计和恒流源电路设计。

第9章介绍单片数据采集系统ADuC8xx系列芯片的原理与应用。

由于各公司生产的集成电路芯片类型繁多,限于篇幅,本书仅精选了其中很少一部分以“抛砖引玉”。读者可根据本书提供的电路设计实例举一反三,并可利用参考文献中给出的公司网址,查询到更多的电路设计应用资料。

在本书的编写过程中,作者参考了大量的国内外著作和资料,得到了许多专家和学者的大力支持,并听取了多方面的宝贵意见和建议。李富英高级工程师对本书进行了审阅。南华大学电气工程学院通信工程、电子信息工程、自动化、电气工程及自动化、电工电子和实验中心等教研室的老师,南华大学的王彦副教授、朱卫华副教授和陈文光副教授,湖南科技大学的刘辉副教授,长沙学院的王新辉教授,湖南师范大学的邓月明老师,以及南华大学电气工程学院2000/2002级电子竞技参赛队员林杰文、田丹丹、方艾、余丽、张清明、申政琴、潘礼、田世颖、王凤玲、俞沛宙、裴霄光、熊卓、陈国强、贺康政、王亮、陈琼、曹学科、黄松、钟犹洪、王怀涛、张海军、刘宏、蒋成军、胡乡城、童雪林等人为本书的编写做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评斧正。

黄智伟

2006.4.8

于南华大学

目 录

第 1 章 传感器应用电路设计

1.1 温度传感器应用电路设计	1
1.1.1 基于 AD592 的 $-25 \sim +105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度测量电路	2
1.1.2 基于 MAX6566/6577 的温度测量电路(T/F 输出)	6
1.1.3 基于 HT7500 的医用数字体温测量电路	8
1.1.4 基于 MAX6625/6626 的温度测量电路(12 位 1°C 数字输出)	12
1.1.5 基于 DS1624 的数字温度测量电路	14
1.2 湿度传感器应用电路设计	17
1.2.1 基于 SHT1x/SHT7x 单片智能湿度传感器的湿度测量电路	18
1.2.2 基于 HS1100LF/HS1101LF 电容湿度传感器的湿度测量电路	21
1.3 压力传感器应用电路设计	24
1.3.1 基于 MPX - xxxx 系列集成硅压力传感器的压力测量电路	25
1.3.2 基于 24PCSM T/26PCSM T 系列压力传感器的压力测量电路	27
1.4 磁场传感器应用电路设计	29
1.4.1 基于 AD22151 磁场传感器的磁场测量电路	29
1.4.2 基于 HMC 系列磁场传感器的磁场测量电路	32
1.5 液位传感器应用电路设计	38
1.5.1 基于 LLE 系列光电液位传感器的液位测量电路	38
1.5.2 基于 LM1042/LM1830 液位传感器的液位测量电路	39
1.6 超声波传感器应用电路设计	44
1.6.1 超声波发射/接收传感器	44
1.6.2 基于 LM1812 超声波收发器的超声波遥控电路	48
1.7 转速传感器应用电路设计	52
1.7.1 基于 KMI15/16 转速传感器的转速测量电路	52
1.7.2 基于 LM2907/2917 F/V 转换器的转速测量电路	55

目 录

1.8 加速度传感器应用电路设计	58
1.8.1 基于 ADXL05 加速度传感器的加速度测量电路	58
1.8.2 基于 MMA1220D 加速度传感器的加速度测量电路	63
1.9 光电传感器应用电路设计	66
1.9.1 基于红外光电传感器的检测电路	66
1.9.2 基于 AM336 光电检测集成电路的光电检测电路	70
1.10 电流传感器应用电路设计	75
1.10.1 基于 ACS750 电流传感器的电流检测电路	75
1.10.2 基于 MAX471/472 电流传感器的电流检测电路	76
1.11 电容传感器应用电路设计	79
1.11.1 基于 CAV414 电容/电压转换器的电容测量电路	79
1.11.2 基于 CAV424 电容/电压转换器的电容测量电路	81
1.12 角度传感器应用电路设计	83
1.12.1 基于 UZZ9000 和 KMZ41 的角度检测电路	83
1.12.2 基于 UZZ9001 和 KMZ41 的角度测量电路	87
1.13 霍尔元件应用电路设计	89
1.13.1 基于 UGN3132/3133 的霍尔开关电路	89
1.13.2 基于 UGN3503 的线性霍尔传感器电路	89
1.13.3 基于 TLE4941/4941C 的霍尔传感器电路	91

第 2 章 信号调理电路设计

2.1 桥式传感器信号调理电路设计	92
2.1.1 基于 AD22055 的桥式传感器信号调理电路	92
2.1.2 基于 1B32 的桥式传感器信号调理电路	93
2.2 温度传感器信号调理电路设计	97
2.2.1 基于 ADT70 的铂热电阻信号调理电路	97
2.2.2 基于 AD594/595/596/597 的热电偶冷端温度补偿电路	99
2.3 可编程的信号调理电路设计	104
2.3.1 基于 MAX1459 的二线式传感器信号调理电路	104
2.3.2 基于 AD7714 的三线串行接口传感器信号调理电路	107
2.4 压力传感器信号调理电路设计	113
2.4.1 基于 MAX1450 的压阻式压力传感器信号调理电路	113
2.4.2 基于 MAX1458 的压阻式压力传感器信号调理电路	115

第 3 章 放大器电路设计

3.1 仪表放大器电路设计	119
---------------	-----

3.1.1 基于 AD624 的仪表放大器电路	119
3.1.2 基于 INA114 的仪表放大器电路	121
3.1.3 基于 PGA206/207 的可编程增益仪表放大器电路	124
3.2 FET 输入仪表放大器电路	125
3.2.1 基于 INA121 FET 输入仪表放大器的放大电路	125
3.2.2 基于 LT1102 JFET 输入仪表放大器的宽带放大电路	127
3.3 差分放大器电路	129
3.3.1 基于 AD8132 的 350 MHz 差分放大器电路	129
3.3.2 基于 AD8351 的 RF/IF 2.2 GHz 差分放大器电路	131
3.4 隔离放大器电路	133
3.4.1 基于 ISO120/121 的隔离放大器电路	133
3.4.2 基于 AD215 的 120 kHz 隔离放大器电路	138
3.5 可编程增益放大器电路	141
3.5.1 基于 AD603 的 90 MHz 低噪声可编程放大器电路	141
3.5.2 基于 VCA2612 的可编程 80 MHz 低噪声前置放大器电路	143
3.6 采样/保持电路	145
3.6.1 基于 AD783 的采样/保持电路	145
3.6.2 基于 SHC5320 的采样/保持电路	146
3.6.3 基于 MAX5165 的 32 通道采样/保持电路	148
3.7 宽带放大器电路	150
3.7.1 基于 RF3377 的 DC~6 GHz 宽带放大器电路	150
3.7.2 基于 ABA52563 的 DC~3.5 GHz 的宽带放大器电路	151
3.8 音频功率放大器电路	152
3.8.1 基于 LM4766 的音频功率放大器电路	152
3.8.2 基于 TAS5000 和 TAS5100 的数字音频功率放大器电路	153

第 4 章 信号变换电路设计

4.1 乘法器电路设计	160
4.1.1 基于 AD835 的 250 MHz 电压输出四象限乘法器电路	160
4.1.2 基于 MC1495 的宽带线性四象限乘法器电路	162
4.2 V/F 和 F/V 变换电路	165
4.2.1 基于 VFC121 的精密单电源 V/F 变换电路	165
4.2.2 基于 AD650 的 V/F 和 F/V 变换电路	167
4.3 数字电位器电路设计	170
4.3.1 基于 X9541 的数字电位器电路	170
4.3.2 基于 MAX5494~MAX5499 的 10 位双通道线性数字电位器电路	174

目 录

4.4 信号发生器电路	177
4.4.1 基于 MAX038 的函数信号发生器电路	177
4.4.2 基于 HT1380 的串行时钟电路	184

第 5 章 射频电路设计

5.1 低噪声放大器(LNA)电路设计	186
5.1.1 基于 MBC13720 的 0.4~2.4 GHz 低噪声放大器(LNA)电路	186
5.1.2 基于 MGA72543 的 0.1~6 GHz 低噪声放大器(LNA)电路	187
5.2 射频功率放大器电路设计	192
5.2.1 基于 AD8353 的 0.1~2.7 GHz 射频功率放大器电路	192
5.2.2 基于 SGA5263 的 DC~4.5 GHz 的射频功率放大器电路	193
5.3 混频器电路设计	195
5.3.1 基于 MC13143 的 DC~2.4 GHz 线性混频器电路	195
5.3.2 基于 LT5512 的 DC~3 GHz 下变频器电路	197
5.3.3 基于 LT5511 的 400~3000 MHz 上变频器电路	199
5.4 调制与解调电路设计	202
5.4.1 基于 U2793B 的 300 MHz 调制器电路	202
5.4.2 基于 RF2721 的 0.1~500 MHz 解调器电路	203
5.5 锁相环(PLL)电路设计	205
5.5.1 基于 MC145106 的 4 MHz PLL 电路	205
5.5.2 基于 SP5748 的 2.4 GHz PLL 电路	208
5.6 直接数字频率合成器(DDS)电路设计	211
5.6.1 基于 AD9834 的 50 MHz DDS 电路	211
5.6.2 基于 AD9858 的 1 GSPS DDS 电路	218
5.7 单片发射与接收电路设计	235
5.7.1 基于 MC2833 的调频发射电路	235
5.7.2 基于 MC3371/3372 的窄带调频接收电路	237
5.7.3 基于 ET13X220 的 FM/FSK 27 MHz 发射器电路	241
5.7.4 基于 ET13X210 的 FSK 27 MHz 接收器电路	244

第 6 章 电动机控制电路设计

6.1 直流电动机控制电路设计	248
6.1.1 基于 TPIC2101 的直流电动机速度控制电路	251
6.1.2 基于 M51660L 的直流电动机伺服控制器电路	255
6.2 无刷直流电动机控制电路设计	258
6.2.1 基于 UCC2626/3626 的三相无刷直流电动机控制电路	258

6.2.2 基于 L6235 的三相无刷直流电动机驱动电路	265
6.2.3 基于 ECN3067 的高压三相无刷直流电动机驱动电路	267
6.3 步进电动机驱动电路设计	270
6.3.1 基于 MC3479 的两相步进电动机驱动电路	270
6.3.2 基于 STK673-010 的三相步进电动机正弦波驱动电路	272
6.3.3 基于 L6258 的 PWM 控制双全桥步进电动机驱动电路	274
6.4 异步电动机控制专用电路设计	278
6.4.1 基于 SA866 的三相 PWM 波形发生器电路	278
6.4.2 基于 MC3PHAC 的交流电机控制电路	280
6.5 单相交流通用电动机控制专用电路设计	286
6.5.1 基于 MLX90804 的单相交流电动机控制电路	286
6.5.2 基于 MLX90805 的三端双向可控硅单相交流电动机控制电路	288
6.6 MOSFET/IGBT 开关器件驱动电路设计	291
6.6.1 基于 IR2136/21363/21365 的三相桥栅极驱动电路	291
6.6.2 基于 MC33395 的三相桥栅极驱动电路	293

第 7 章 测量与显示电路设计

7.1 数字电压表电路设计	295
7.1.1 基于 ADD3501/3701 的单片数字电压表电路	295
7.1.2 基于 MAX1492/1494 的单片数字电压表电路	298
7.2 真有效值测量电路设计	302
7.2.1 基于 AD737 单片真有效值转换器的真有效值检测电路	302
7.2.2 基于 LTC1966/1967/1968 的单片真有效值检测电路	307
7.3 电能计量电路设计	309
7.3.1 基于 ADE7751 的单相电能计量检测电路	309
7.3.2 基于 ADE7752 的三相电能计量检测电路	314
7.4 射频功率测量电路设计	321
7.4.1 基于 AD8362 的 50 Hz~2.7 GHz 射频功率测量电路	321
7.4.2 基于 LT5504 的 0.8~2.7 GHz 射频功率测量电路	323
7.4.3 基于 LTC5507 的 100 kHz~1 GHz 射频功率测量电路	325
7.5 相位差测量电路设计	326
7.6 显示器驱动电路设计	331
7.6.1 基于 LM3914/3915/3916 的 LED 条形显示驱动电路	331
7.6.2 基于 TC826 的 LCD 条形显示驱动电路	332
7.6.3 基于 MAX6952/6953 的 LED 点阵显示驱动电路	335

目 录

第 8 章 电源电路设计

8.1 开关电源电路设计	340
8.1.1 基于 TOPSwitch - GX 的六端单片开关电源电路	340
8.1.2 基于 TEA152x 的开关电源电路	344
8.2 DC/DC 变换电路设计	346
8.2.1 基于 MC34063 的升压/降压 DC/DC 电路	346
8.2.2 基于 TL497A 的升压/降压 DC/DC 电路	348
8.2.3 基于 MAX756/MAX757 的 3.3 V/5 V/可调输出、升压 DC/DC 电路	350
8.2.4 基于 MAX649/MAX651/MAX652 的 5 V/3.3 V/3 V/可调输出降压 DC/DC 电路	353
8.3 恒流源电路设计	355

第 9 章 单片数据采集系统 ADuC8xx 系列芯片原理与应用

9.1 单片数据采集系统 ADuC8xx 系列芯片简介	357
9.1.1 8 通道 12 位 ADC/2 个 12 位 DAC 单片数据采集系统 ADuC812	357
9.1.2 6 通道 12 位 ADC/2 个 12 位 DAC 单片数据采集系统 ADuC814	358
9.1.3 双通道 16 位 ADC/ 12 位 DAC 单片数据采集系统 ADuC816	359
9.1.4 双通道 16 位/24 位 ADC/ 12 位 DAC 单片数据采集系统 ADuC824	359
9.1.5 双通道 16 位/24 位 ADC/12 位 DAC 单片数据采集系统 ADuC834/836	360
9.1.6 10 通道 24 位/16 位 ADC/12 位 DAC 单片数据采集系统 ADuC845/847/848	360
9.2 8 通道 12 位 ADC/2 个 DAC 单片数据采集系统 ADuC831/832	361
9.2.1 ADuC831/ ADuC832 的主要技术性能与特点	361
9.2.2 ADuC831/ADuC832 的内部结构	361
9.2.3 ADuC831/ADuC832 的引脚功能和封装形式	362
9.2.4 ADuC831/ADuC832 的应用电路	365
9.3 单片数据采集系统 ADuC8xx 系列芯片外围扩展电路	367
9.3.1 ADuC8xx 的电源电路	367
9.3.2 ADuC8xx 的外部存储器扩展电路	367
9.3.3 ADuC8xx 的单主设多从设连接形式	368
9.3.4 ADuC8xx 的四线 UART 到 PC 机的接口电路	368
9.3.5 ADuC8xx 的 XY 矩阵键盘电路	369
9.3.6 ADuC8xx 与 HD44780 字符 LCD 显示器接口电路	369

参考文献	371
------------	-----

第 1 章

传感器应用电路设计

在历届全国大学生电子设计竞赛中,悬挂运动控制系统(第七届,2005)、简易智能电动车(第六届,2003 年)、液体点滴速度监控装置(第六届,2003 年)、自动往返电动小汽车(第五届,2001 年)和水温控制系统(第三届,1997 年)等作品中使用了各种传感器。传感器电路的设计往往是竞赛作品成功的关键问题之一。本章分 13 部分,分别介绍温度传感器、湿度传感器、压力传感器、磁场传感器、液位传感器、超声波传感器、转速传感器、加速度传感器、光电传感器、电流传感器、电容传感器、角度传感器和霍尔传感器等传感器集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路设计。

1.1 温度传感器应用电路设计

在历届全国大学生电子设计竞赛作品中,温度传感器多采用集成温度传感器电路。集成温度传感器电路可分为模拟温度传感器集成电路、模拟温度控制器集成电路、单线智能温度传感器集成电路、标准总线式智能温度传感器集成电路和多通道智能温度传感器集成电路等多种形式。

模拟温度传感器集成电路是一种简单的温度测量电路,性能好,价格低,外围电路简单,是应用最为广泛的温度传感器电路。模拟温度传感器集成电路温度测量范围为 $-50 \sim +150^{\circ}\text{C}$,测量误差为 $\pm 0.5 \sim \pm 3^{\circ}\text{C}$,其输出有电流输出、电压输出、频率输出、周期式输出和比率式输出等形式。典型产品有 AD590/592(电流输出)、LM134/234/334(电压输出)、LM135/235/335(电压输出)、TMP35/36/37(电压输出)、MAX6676(周期输出)/6677(频率输出)和 AD22100/22103(比率式输出)等。

模拟温度控制器集成电路内部包含集成的温度传感器,采用可编程或者脉宽调制方式来实现温度控制,温度测量范围为 $-40 \sim +125^{\circ}\text{C}$,测量误差为 $\pm 1 \sim \pm 4.7^{\circ}\text{C}$,可以用最简单的电路形式构成一个高精度的温度控制系统,对被测温度进行监控或越限报警。典型产品有可编程温度控制器集成电路 LM56B/C、TMP01/12、AD22105 和 MAX6509/6510,远程温度控制器集成电路 MAX6511/6512/6513,以及风扇控制器集成电路 TC652/653 等。上限和下限温度的设定可分为两种形式:一种是利用外部精密电阻分压器或一只精密金属膜电阻来设定上/下限温度;另一种是在芯片的内部包含有 A/D 转换器以及固化好的程序,能将温度传感器

第1章 传感器应用电路设计

输出的模拟量转换成数字量,以便于进行数据处理。它与智能化数字温度传感器类似,但不需要利用外部电阻编程,也不受微控制器的控制(例如 TC652/653)。有的芯片还具有电压输出,兼有测温 and 控温两项功能(例如 LM56B/C)。

智能温度传感器集成电路采用数字化技术,以数字形式直接输出被测温度值,具有测温误差小,分辨力高,抗干扰能力强,测量数据能够远程传输,带串行总线接口(1-Wire、SPI、I²C)等优点,可以与各种微控制器配合使用,从而构成高性价比的温度测量系统。智能温度传感器集成电路温度测量范围为 $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量误差为 $\pm 0.5\sim\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。典型产品有 AD7314/7414/7415/7416/7418(I²C 总线)、AD7814/7816/7818(SPI 总线)、LM74(SPI 总线)、LM75/76(I²C 总线)、MAX6625/6626(I²C 总线)和 DS1624(I²C 总线)等。DALLAS 公司的单线总线(1-Wire)智能温度传感器集成电路温度测量范围为 $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量误差为 $\pm 0.5\sim\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,分辨力一般可达 $0.0625\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,通过串行通信接口(I/O)直接输出被测温度值。输出为 9~12 位的二进制数据的典型产品有 DS18S20/18B20/1821/1822、MAX6675/6676 等。

多通道智能温度传感器集成电路温度测量范围为 $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量误差为 $\pm 1\sim\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。典型产品按传感器通道数目来划分,可分为 2 通道智能温度传感器(例如 MAX6654)、3 通道智能温度传感器(例如 MAX1805)、4 通道智能温度传感器(例如 MAX1805、LM83)、5 通道智能温度传感器(例如 MAX1668、AD7417 和 AD7817)和 7 通道智能温度传感器(例如 MAX6697/6698)。按总线形式的不同来划分,可分为采用 I²C 总线接口的芯片(例如 AD7417),采用 SMBus 总线接口的芯片(例如 MAX1668、MAX1805、LM83、MAX6697 和 MAX6698)和采用 SPI 总线接口的芯片(例如 AD7817)。允许在总线上接 9 片(或 8 片)同种型号的芯片,这样可将通道数目扩展到几十路。主机通过发送地址码或者片选信号,即可分别对每个芯片进行读、写操作。还可以与各种微控制器配合使用,从而构成高性价比的多通道温度测量系统。

1.1.1 基于 AD592 的 $-25\sim+105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度测量电路

1. AD592 的主要技术性能和特点

AD592 是 AD 公司推出的温度传感器集成电路,利用硅 PN 结的基本特性来实现温度/电流转换,芯片内部两只结构相同的晶体管在恒定的集电极电流密度比条件下工作时,其发射结电压变化量 ΔU_{BE} 与 $(kT/q)(\ln r)$ 成正比。 r 表示这两只晶体管的发射结等效面积之比。因为 k 、 q 、 r 均为常量,故 ΔU_{BE} 与热力学温度 T 成正比。 ΔU_{BE} 与热力学温度 T 成正比这一特性被称为 PTAT(Proportional To Absolute Temperature)。 ΔU_{BE} 利用内部的低温度系数薄膜电阻转化成 PTAT 电流。这样,PTAT 电流也与 T 成正比,比例系数为 $1\text{ }\mu\text{A/K}$ 。温度刻度转换关系如图 1.1.1 所示。

AD592 采用 TO-92 封装:第 1 脚为正极,接电源正端;第 3 脚为负极,接电源负端,并且作为公共地;第 2 脚为空脚(NC)。

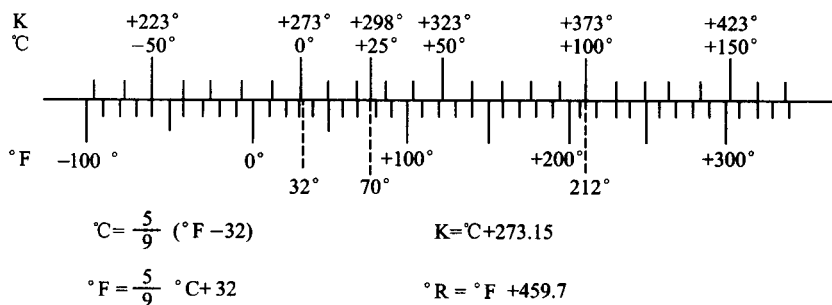


图 1.1.1 温度刻度转换关系

AD592 测温精度高, 电流温度系数为 $1 \mu\text{A}/\text{K}$, 单电源供电情况下的测量精度最高可达 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (典型值), 测量范围为 $-25 \sim +105^{\circ}\text{C}$; 非线性误差小, 例如 AD592C 在 $0 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 范围内的非线性误差仅为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ (典型值); 工作电压范围为 $+4 \sim +30 \text{ V}$ 。注意: AD592 的尾标不同, 其性能参数有差异。

2. AD592 的典型应用电路

(1) 精密温度测量电路

由 AD592、运算放大器 AD741 和带隙基准电压源 AD1403 构成的测温电路如图 1.1.2 所示。图中, AD1403 提供 2.5 V 的基准电压。 R_1 和 R_2 采用可调电阻, 其中, R_1 用来校准 0°C , 当环境温度 $T_A = 0^{\circ}\text{C}$ 时, 调整 R_1 可使 $V_{\text{OUT}} = 0 \text{ V}$; R_2 用来校准满度值 (例如 100°C), 也就是对刻度因数进行校准。经校准后, $V_{\text{OUT}} = 100 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, 误差不超过 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

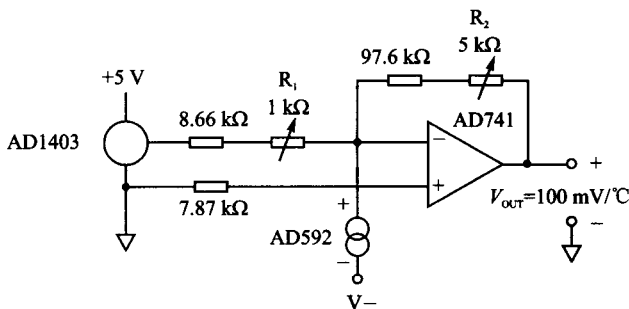


图 1.1.2 AD592 和运算放大器 AD741 构成的测温电路

(2) 温差测量电路

一个由两个 AD592 和 AD741 构成的温差测量电路如图 1.1.3 所示。图中, R_1 用来微调两个 AD592 的内在偏移, $V_{\text{OUT}} = (T_1 - T_2) \times 10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 热电偶冷端补偿电路

一个采用 AD592 的热电偶冷端补偿电路如图 1.1.4 所示。图中, R 的阻值与热电偶类型有关。

第1章 传感器应用电路设计

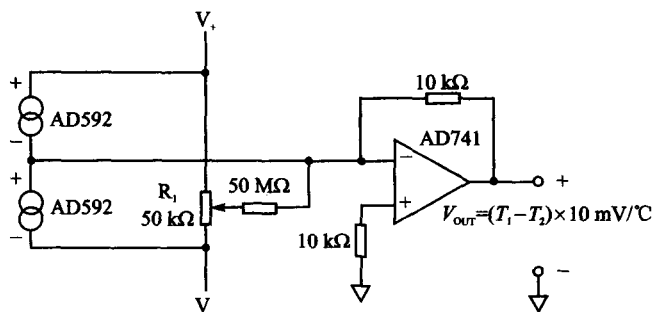


图 1.1.3 AD592 和 AD741 构成的温差测量电路

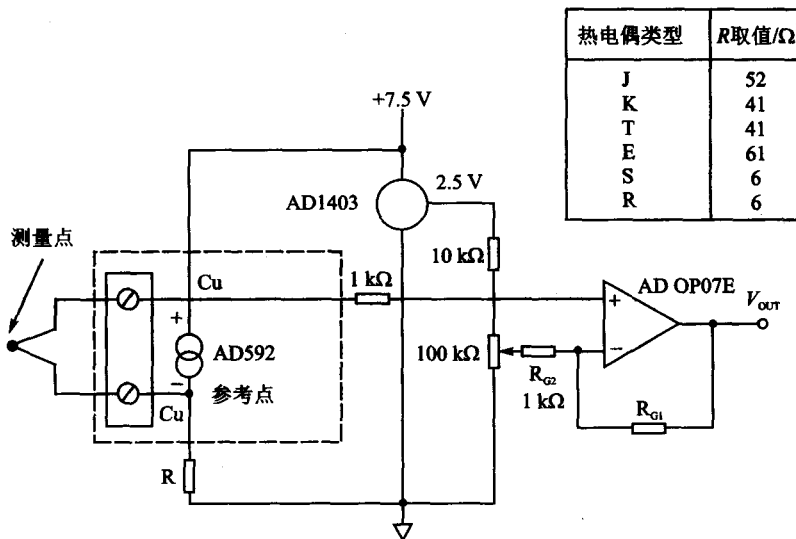


图 1.1.4 采用 AD592 的热电偶冷端补偿电路

(4) 多路远距离温度测量电路

一个采用 8 片 AD592 和 8 路 CMOS 模拟开关芯片 AD7501 组成的多路远距离温度测量电路如图 1.1.5 所示。AD7501 与微控制器连接,由微控制器发出的控制信号依次接通各路模拟开关,即可对 8 路进行远距离温度测量。当 AD592 远距离传输信号时,建议采用双绞线形式,以降低外界电磁干扰。

(5) 多点温度测量矩阵电路

当需要测量几十点乃至上千点的温度值时,可采用 AD592 构成的多点温度测量矩阵电路。一个由 80 片 AD592(按 8×10 的矩阵方式进行排列,总引出线只有 18 根)、1 片 BCD—十进制译码器芯片 CD4028 和 1 片 8 路 CMOS 模拟开关 AD7501 组成的多点温度测量矩阵电路