



高等学校电子与通信工程类专业“十二五”规划教材

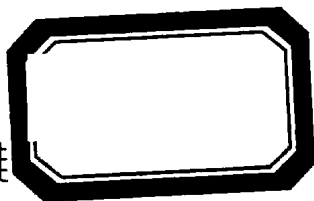
电子系统设计

王加祥 雷洪利 曹闹昌 王瑛 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电



专业“十二五”规划教材

电子系统设计

王加祥 雷洪利

曹闹昌 王 瑛

编著

西安电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

药剂设备原理与设计 / 孙怀远编著. —上海:华东理工大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5628-3346-8

I. ①药… II. ①孙… III. ①化工制药机械-制剂机械 IV. ①TQ460.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 177910 号

药剂设备原理与设计

编 著 / 孙怀远

策划编辑 / 焦婧茹

责任编辑 / 徐知今

责任校对 / 张 波

封面设计 / 裘幼华

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:(021)64250306(营销部)

(021)64252344(编辑室)

传 真:(021)64252707

网 址:press.ecust.edu.cn

印 刷 / 常熟新骅印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 15

字 数 / 373 千字

版 次 / 2012 年 9 月第 1 版

印 次 / 2012 年 9 月第 1 次

书 号 / ISBN 978-7-5628-3346-8

定 价 / 36.00 元

联系我们:电子邮箱 press@ecust.edu.cn

官方微博 e.weibo.com/ecustpress

前 言

电子系统设计的好坏直接决定了电子产品的生命周期，一个产品的好坏不仅取决于产品的品牌、外观、价格，还取决于电子系统设计的可靠性、实用性、易用性。怎样设计出性价比高的电子系统，对于缺少电子系统设计经验的学生来说，是一个重点关注的问题。为了帮助相关专业的学生尽快掌握其方法和技巧，作者根据多年从事电子系统设计和产品研发的经验，搜索整理大量的资料，编写了本书。

本书具有如下特点：

(1) 从应用领域角度出发，突出理论联系实际，面向广大工程技术人员，具有很强的工程性和实用性。书中有大量的应用实例，为读者提供了有益的借鉴。

(2) 全面系统地讲述了电子系统设计中常用的模块系列，如人机界面、信号采集、信号处理、数据通信、电机控制、数据存储、系统供电等，有助于工程设计人员全面了解和掌握电子系统的各种组成部件。

(3) 每个模块系列下有多种子模块，如人机界面有独立式按键、矩阵键盘、触摸屏、LED 显示、字符 LCD、LCM 点阵液晶等，有助于工程设计人员直接将该模块作为电子系统的子模块应用到设计之中。

(4) 程序全部由工程设计案例中分解而来，编写时按照一定的规范，有助于读者学习体会，从而进一步编写出高质量的程序代码，提高系统的软件可靠性。

(5) 介绍了常用的工程设计软件，有助于初学者分门类学习。

(6) 以 TI 公司的 MSP430FXX 系列单片机为主控器件，书中涉及的程序全跟据该单片机编写，书中所述器件绝大部分亦为 TI 公司生产，有助于参加各种电子设计竞赛特别是参加 TI 杯大学生电子设计竞赛的学生学习使用。

(7) 完整的讲解了三个系统设计实例，包含其方案论证、电路原理和程序设计，有助于电子类学生毕业设计时学习参考。

全书共分为 9 章，其中第 1 章主要介绍电子系统设计的方法步骤，并提出三个电子系统规划案例；第 2 章简要介绍电子系统设计常用的工具软件；第 3 章介绍常用人机交互系统涉及到的模块设计；第 4 章介绍各种物理量的电信号转换与采集；第 5 章介绍对采集到的信号进行处理所涉及到的各种方法；第 6 章介绍各种电子设备之间进行数据通信的模块设计；第 7 章介绍常用的输出模块、机电控制、数据存储等；第 8 章介绍电源模块设计和系统供电管理；第 9 章讲解三个系统案例的设计实现。全书的结构安排合理，由浅入深、由易到难，按模块划分，有助于读者快速掌握电子系统设计的一般方法。书末列出了大量参考文献和各公司网址，以便于读者深入学习时参考使用。

本书内容突出了先进性、工程性、实用性，知识点全面，内容详实，案例丰富。由于编者水平所限，书中难免存在不足之处，敬请读者提出宝贵意见，以便于编者做进一步改进。

编者
2012年5月于西安

目 录

| | |
|--|--|
| 第 1 章 概述 1 | 3.2 触摸屏 42 |
| 1.1 电子系统的设计步骤..... 1 | 3.2.1 触摸屏的工作原理..... 42 |
| 1.2 电子系统设计方法..... 5 | 3.2.2 触摸屏控制的程序设计..... 44 |
| 1.3 电子系统具体开发流程..... 6 | 3.2.3 ADS7843 触摸屏控制芯片..... 49 |
| 1.3.1 项目启动..... 7 | 3.2.4 ADS7843 触摸屏控制芯片 程序设计..... 53 |
| 1.3.2 项目计划..... 7 | 3.3 LED 显示 58 |
| 1.3.3 项目研发..... 8 | 3.3.1 LED 数码管概述..... 58 |
| 1.3.4 项目结束..... 8 | 3.3.2 单个 LED 数码管驱动接口..... 60 |
| 1.4 电子系统规划案例..... 8 | 3.3.3 多个 LED 数码管驱动接口..... 63 |
| 1.4.1 车用超载限制系统..... 9 | 3.3.4 LED 点阵驱动接口..... 72 |
| 1.4.2 超声波流量计、热量计系统..... 9 | 3.4 字符 LCD 73 |
| 1.4.3 智能小车系统..... 10 | 3.4.1 LCD 概述..... 73 |
| 第 2 章 开发工具 12 | 3.4.2 单片机直接驱动 LCD 字符液晶..... 75 |
| 2.1 电路板设计软件..... 12 | 3.4.3 字符液晶驱动芯片 HT1621..... 82 |
| 2.1.1 Altium Designer..... 12 | 3.5 LCM 液晶显示 95 |
| 2.1.2 Allegro SPB..... 13 | 3.5.1 点阵 LCM..... 95 |
| 2.1.3 PowerPCB..... 15 | 3.5.2 KYDZ320240D 液晶显示器 操作程序设计..... 103 |
| 2.2 编程软件..... 18 | 第 4 章 信号采集 109 |
| 2.2.1 单片机 C 语言编程技巧..... 18 | 4.1 温度测量..... 109 |
| 2.2.2 IAR Workbench For MSP430..... 22 | 4.1.1 铂电阻温度传感器..... 109 |
| 2.3 模拟电路设计软件..... 23 | 4.1.2 单总线温度传感器 DS18S20..... 111 |
| 2.3.1 FilterPro..... 23 | 4.2 压力测量..... 121 |
| 2.3.2 Tina TI..... 23 | 4.2.1 压力测量原理..... 122 |
| 2.4 FPGA、CPLD 常用软件..... 23 | 4.2.2 压力测量示例..... 122 |
| 2.4.1 Quartus II..... 23 | 4.3 电压检测..... 123 |
| 2.4.2 ISE..... 26 | 4.3.1 压频转换法..... 123 |
| 2.4.3 ModelSim..... 27 | 4.3.2 霍尔传感器测量法..... 124 |
| 2.5 MATLAB..... 27 | 4.4 电流检测..... 125 |
| 第 3 章 人机界面 30 | 4.4.1 直接测量法..... 125 |
| 3.1 键盘..... 30 | 4.4.2 间接测量法..... 125 |
| 3.1.1 键盘概述..... 30 | 4.5 速度检测..... 127 |
| 3.1.2 独立式按键键盘..... 32 | |
| 3.1.3 矩阵键盘..... 34 | |

| | | | |
|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 4.6 霍尔集成电路的原理和应用 | 128 | 5.7.5 LRC 校验 | 194 |
| 4.6.1 霍尔传感器的分类 | 128 | 第 6 章 数据通信 | 196 |
| 4.6.2 霍尔集成电路的应用原理 | 129 | 6.1 RS-232 通信 | 196 |
| 4.6.3 霍尔集成电路的使用注意事项 | 131 | 6.1.1 RS-232 通信芯片 | 196 |
| 第 5 章 信号处理 | 134 | 6.1.2 RS-232 通信实例 | 198 |
| 5.1 运算放大器 | 134 | 6.2 RS-485 通信 | 199 |
| 5.1.1 比例放大器 | 134 | 6.2.1 RS-485 通信原理 | 200 |
| 5.1.2 加减放大器 | 135 | 6.2.2 RS-485 通信芯片 | 200 |
| 5.1.3 仪用放大器 | 136 | 6.3 红外通信 | 201 |
| 5.1.4 运放的选择 | 136 | 6.3.1 IrDA 及其通信协议 | 202 |
| 5.1.5 运放电路的最坏情况设计 | 137 | 6.3.2 HDSL7001 芯片概述 | 203 |
| 5.2 无源滤波器 | 142 | 6.3.3 HDSL3201 芯片概述 | 204 |
| 5.2.1 无源低通滤波器 | 142 | 6.3.4 红外通信实例 | 205 |
| 5.2.2 无源高通滤波器 | 145 | 6.4 无线通信 | 206 |
| 5.2.3 无源带通滤波器 | 148 | 6.4.1 无线通信概述 | 206 |
| 5.2.4 无源带阻滤波器 | 150 | 6.4.2 CC1100 无线芯片控制子程序 | 212 |
| 5.3 有源滤波器 | 153 | 第 7 章 控制输出 | 221 |
| 5.3.1 有源低通滤波器 | 153 | 7.1 DAC | 221 |
| 5.3.2 有源高通滤波器 | 157 | 7.1.1 D/A 转换概述 | 221 |
| 5.3.3 有源带通滤波器 | 159 | 7.1.2 串行 D/A 转换器 | 223 |
| 5.3.4 有源带阻滤波器 | 164 | 7.1.3 并行 D/A 转换器 | 228 |
| 5.4 ADC | 168 | 7.1.4 单片机内部 DAC | 232 |
| 5.4.1 ADC 概述 | 168 | 7.2 微型打印机 | 233 |
| 5.4.2 串行 ADC | 174 | 7.2.1 打印机概述 | 233 |
| 5.4.3 并行 ADC | 177 | 7.2.2 打印机操作子程序 | 237 |
| 5.4.4 单片机内部 ADC | 181 | 7.3 直流电机 | 239 |
| 5.5 PID | 183 | 7.3.1 直流电机概述 | 239 |
| 5.5.1 PID 算法原理 | 183 | 7.3.2 直流电机的工作原理 | 239 |
| 5.5.2 PID 算法 MATLAB 语言仿真 | 184 | 7.3.3 直流电机的驱动 | 241 |
| 5.5.3 PID 算法程序设计 | 186 | 7.3.4 直流电机的驱动实例 | 244 |
| 5.6 FIR | 187 | 7.4 步进电机 | 246 |
| 5.6.1 FIR 算法原理 | 187 | 7.4.1 步进电机概述 | 246 |
| 5.6.2 FIR 算法 MATLAB 语言仿真 | 188 | 7.4.2 步进电机的工作原理 | 246 |
| 5.6.3 FIR 算法程序设计 | 189 | 7.4.3 步进电机的驱动 | 251 |
| 5.7 常用算法 | 190 | 7.4.4 步进电机的驱动实例 | 253 |
| 5.7.1 均值滤波 | 190 | 7.5 实时时钟 | 255 |
| 5.7.2 中值滤波 | 190 | 7.5.1 实时时钟芯片 DS1302 概述 | 255 |
| 5.7.3 3σ 置信区间处理 | 192 | 7.5.2 实时时钟芯片 DS1302 命令字节 | 256 |
| 5.7.4 CRC 校验 | 193 | 7.5.3 实时时钟芯片 DS1302 数据格式 | 257 |

| | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-------------------------|--------------------|-----|
| 7.5.4 | 实时时钟芯片 DS1302 数据 传输方式 | 259 | 8.3.2 | 常用电源监控芯片 | 301 |
| 7.5.5 | 实时时钟芯片 DS1302 操作子程序 | 260 | 8.3.3 | 单片机内部电源监控模块 | 304 |
| 7.6 | EEPROM | 264 | 8.4 | 开关电源 | 305 |
| 7.6.1 | I2C 总线概述 | 264 | 8.4.1 | 开关电源概述 | 305 |
| 7.6.2 | 24CXX 系列概述 | 267 | 8.4.2 | 小功率开关电源 | 305 |
| 7.6.3 | 24CXX 系列操作子程序 | 272 | 8.4.3 | 中功率开关电源 | 311 |
| 7.7 | NAND | 277 | 8.4.4 | 变压器 | 324 |
| 7.7.1 | K9F1G08U0A 概述 | 278 | 第 9 章 系统设计 | 329 | |
| 7.7.2 | K9F1G08U0A 操作实例 | 283 | 9.1 | 车用超载限制系统 | 329 |
| 第 8 章 系统供电 | 291 | | 9.1.1 | 方案及其论证 | 329 |
| 8.1 | 稳压器 | 291 | 9.1.2 | 电路原理 | 330 |
| 8.1.1 | 线性稳压器 | 291 | 9.1.3 | 程序设计 | 335 |
| 8.1.2 | 开关模式升压降压器件 | 294 | 9.2 | 超声波流量计、热量计系统 | 336 |
| 8.2 | 锂电池充电管理 | 296 | 9.2.1 | 电路原理 | 337 |
| 8.2.1 | 锂电池及其充电概述 | 296 | 9.2.2 | 程序设计 | 347 |
| 8.2.2 | 智能充电管理芯片 BQ24025 | 297 | 9.3 | 智能小车控制系统 | 352 |
| 8.2.3 | BQ24025 的单片机控制 | 301 | 9.3.1 | 方案及其论证 | 353 |
| 8.3 | 电源监控 | 301 | 9.3.2 | 电路原理 | 354 |
| 8.3.1 | 电源监控概述 | 301 | 9.3.3 | 程序设计 | 357 |
| | | | 参考文献 | 358 | |



第1章 概 述

随着科学技术的进步,电子系统的设计变得越来越复杂。现在系统中模拟技术与数字技术的使用界限划分不再严格,但是,无论多复杂的系统总可划分为模拟型、数字型及两者兼而有之的混合型三种。无论哪一种电子系统,它们都是能够完成某种任务的电子设备。通常,把规模较小、功能单一的电子系统称为单元电路,实际应用中的电子系统由若干单元电路构成。

一般,电子系统由采集电路、输出电路、信号处理、数据通信、电源供电等五大部分组成,用来实现对信息的采集处理、变换与传输功能。图 1-1 为电子系统基本组成方框图。

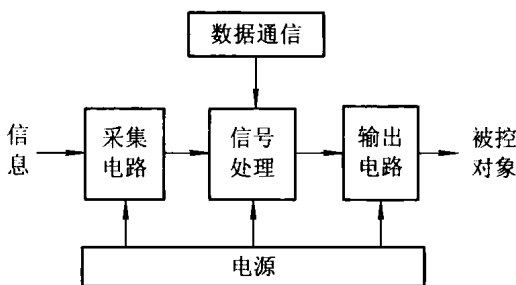


图 1-1 电子系统方框图

从系统的角度看,电子系统是能采集所需的信号,根据要求执行所设想的功能,并由一组元器件(通常是电子元器件)连成的一个整体。从单级放大器到复杂的计算机等很多设备都可以称为一个电子系统。

对于模拟电子系统,输入电路主要起到系统与信号源的阻抗匹配、信号的输入与输出、连接方式的转换、信号的综合等作用;输出电路主要解决与负载或被控对象的匹配和输出足够大的功率去驱动负载的问题。而对于数字电子系统,输入与输出电路主要解决与现场信号和控制对象的接口问题,输入电路往往由放大滤波电路和 A/D 转换电路组成,而输出电路则由脉宽调制电路或 D/A 转换电路加功率驱动电路组成。

1.1 电子系统的设计步骤

对于电子系统设计而言,不同的设计团队有不同的设计方法。它往往与团队的文化、环境、经验、兴趣、爱好密切相关,为了便于读者理解,这里把总的设计过程简要归纳为以下几个技术环节,相应的设计流程如图 1-2 所示。

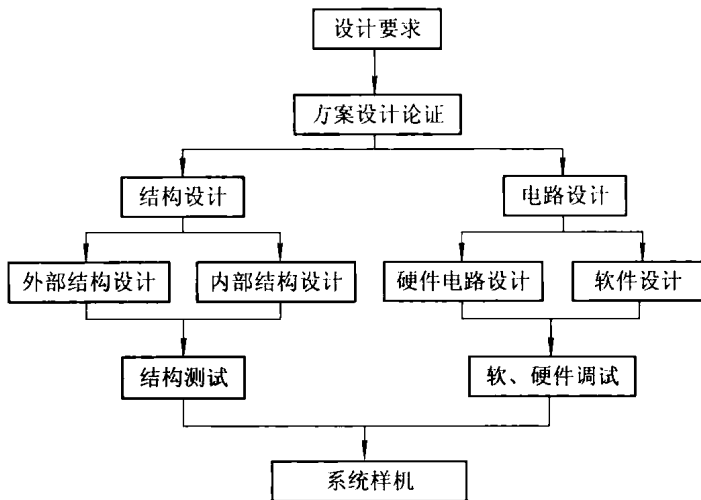


图 1-2 电子系统设计流程

1. 设计要求

依据设计任务书的要求，从全局考虑，做好充分的调查研究，弄清系统所要求的功能、性能指标以及目前该领域中类似系统所达到的水平，以及是否有能完成技术指标所要求功能的类似电路可供借鉴。如果有这样的电路，则要考虑需要经过何种改动或电路参数需要进行哪些设计计算，电路性能即可达到指标要求，从而对课题的可行性做出正确的判断。

2. 方案设计论证

按照系统的总体要求，把电路划分成若干个功能模块，从而得到系统方框图。每个方框即是一个单元电路，按照系统性能指标要求，规划出各单元电路所要完成的任务，确定输出与输入的关系，决定单元电路的结构。

为了实现总的任务要求，由系统方框图到单元电路的具体实现方法多种多样，这就需要对具体电路进行具体分析，对各种方案进行论证，在论证过程中要敢于探索、勇于创新，争取做到方案设计合理、可靠、经济、功能齐全、技术先进，并且对方案要不断进行可行性和优缺点的分析，最后设计出一个完整框图。

3. 结构设计和结构测试

无论何种电子产品，结构设计非常重要，它不单涉及到产品最终的附加值，还涉及到产品的生命周期。通常来说，结构设计主要分为外部结构设计和内部结构设计。外部结构设计主要考虑产品在市场上要与同类产品有所区别，一个好的外观可增加产品不少卖点，一个实用的设计可使产品在市场同类产品中脱颖而出。内部结构设计主要考虑电路板的安装、系统结构的稳固等。

结构设计不单要考虑到产品的实用性和外观等外部结构，还需要考虑到由于实用性设计和外观设计带来的产品内部结构设计的改变，以及内部电路板布局的变化，从而改变的系统性能。

外部结构设计和内部结构设计完成后，应进行必要的结构测试，以检测其是否满足设计要求。



4. 电路设计

1) 硬件电路设计

(1) 单元电路设计。单元电路是整机的一部分，只有把各单元电路设计好才能提高整体设计水平。

每个单元电路设计前都应明确本单元电路的任务，详细拟定出单元电路的性能指标、与前后级之间的关系，分析电路的组成形式。具体设计时，可以模仿成熟、先进的电路，也可以结合部分单元的电路实验、计算机仿真实验进行创新或改进，但都必须保证性能要求。而且不仅单元电路本身要设计合理，各单元电路之间也要相互配合，注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。

(2) 参数计算。为保证单元电路达到功能指标要求，需要对电路参数进行计算，例如放大电路中各电阻值、放大倍数，振荡器中各电阻、电容、振荡频率等参数。只有充分理解电路的工作原理，正确运用计算公式计算参数才能满足设计要求。参数计算时，同一个电路可能有几组可选的数据，注意选择一组既能完成电路设计功能又能实现性能的最优参数。在参数计算中要学会合理利于现有设计软件，通过软件计算、仿真，进一步提高设计的效率和成功率。

(3) 元器件选择。市场上的元器件众多，根据市场流通特点可分为全新件(厂家生产的原包装未拆开的元件，批号一致)、散新件(包装已拆开的元件，批号可能不一致)、旧件(包装已拆开，批号不一致，存放时间较长的零散元件)、拆机件(从废旧电路板上拆下的元件)、翻新件(从废旧电路板上拆下的，经测试未损坏，重新安装管脚、打磨外观的元件)等。怎样选择合适的元件是工程设计人员必须考虑的问题。选择知名企业生产的全新件是批量生产必需的，而对于散新件和旧件可在设计时调试电路用，拆机件和翻新件最好不用。

除了需要考虑器件流通特点外还需要考虑器件的性能参数，如对于电容需要考虑容量、耐压、介质特性、封装形式、使用场合等；电阻需要考虑阻值、功率、精度、封装形式、使用场合等；电感需要考虑电感量、阻抗、电流、封装形式、使用场合等；二极管需要考虑电流、速度、耐压、封装形式、使用场合等；三极管和场效应管需要考虑速度、放大倍数、功率、耐压、类型、频率、封装形式、使用场合等。对于集成元件，需要根据用途具体选择。

(4) 电路图的绘制。要注意布局合理、排列均匀、图面清晰、便于看图以及有利于对图的阅读和理解。对于一个比较复杂的电路，可将其分成总图与子图结构，总图绘制各子图之间的连接关系，子图绘制各个具体模块的功能，每一个具体模块单元电路的元件应集中布置在一起，并尽可能按工作顺序排列。

注意信号的流向。一般从输入端或信号源画起，从左至右或由上至下按信号的流向依次画出各单元电路，而反馈通路的信号流向则与此相反。

图形符号要标准，图中应加适当的标注。电路图的中、大规模集成电路器件一般用方框表示，在方框中标出它的型号，在方框的边线两侧标出每根管脚的功能名称和管脚号。除中、大规模器件外，其余元器件符号应当标准化。

连接线应为直线，并且交叉和折弯应最少。通常连接线可以水平布置或垂直布置，一般不画斜线。互相连通的交叉线，应在交叉处用圆点表示。根据需要，可以在连接线上加



注信号名或其他标记，表示其功能或去向。

(5) 电子电路的仿真。对于已设计好的电路，方案的选择是否合理，电路设计是否正确，方案能否再优化，这些问题还有待研究。传统的设计方法只能通过实验来解决以上问题，这样不仅延长了设计时间，而且需要测试设备和大量元器件。实验中因为设计不当和工作失误烧坏元器件的事件时常发生，因此会增加设计成本。而利用 EDA 仿真技术，可对设计的电路进行分析、仿真、虚拟实验，不仅提高了设计效率，而且可以通过反复仿真得到一个最佳设计方案，降低设计风险和成本。

(6) 印刷电路板的设计。借助计算机对印刷电路板进行辅助设计已经取代了传统的手工设计，它不仅可以使底图更整洁、标准，而且能够解决手工布线、印刷导线不能过细和较窄的间隙不易布线等问题，同时可彻底解决多层焊盘严格的一一对应问题。

2) 软件设计

(1) 单片机程序设计。单片机程序通常用汇编语言或 C 语言编写，汇编语言与单片机的类型密切相关，不同的单片机其汇编语言大致相同但也有不同之处。因此，汇编语言几乎不可能在不同厂商生产的单片机之间移植，都需要加以修改，且汇编语言不利于阅读，即使是自己编写的汇编代码，隔一段时间后要想读懂也必须花费一定的时间，故在程序设计时通常建议使用 C 语言。

C 语言因其可阅读性、可复用性、可移植性较好，在单片机程序中得到大范围的应用，但在应用中还需要遵守一定的规范，才可进一步提高其可靠性。具体的建议和规则将在第 2 章中介绍。

汇编语言虽难，但因其多种优点而得到广泛的应用，我们建议单片机初学者先学会汇编语言的使用方法，因为汇编语言直接与底层硬件相关，有利于初学者掌握单片机的内部结构特点。在一定的场合必须使用汇编语言，如在需要高效编程时(提高代码效率)，必须使用汇编，因为 C 语言的效率无法与汇编语言相比(即使很多厂商都宣扬其 C 语言的代码效率非常高)；在一些低端单片机中，由于平台的限制，不支持 C 语言，只支持汇编语言。

(2) DSP 程序设计。DSP 程序的编写语言与单片机一样，通常也用汇编语言或 C 语言编写，当然也可用 C++ 或 VC 编写，C++ 和 VC 在此不做介绍。在程序设计时通常使用 C 语言。因为 DSP 的工作速度要比单片机快，即使 C 语言的代码效率没有汇编语言高，一般在算法处理场合还是可以满足需要的，除非用价格低的低速 DSP 实现复杂运算时才采用汇编语言。

(3) FPGA/CPLD 程序设计。通常采用硬件描述语言对 FPGA/CPLD 进行编程，在硬件描述语言中用的最广泛的是 VHDL 和 Verilog HDL 这两种语言。这两种语言都被列入 IEEE 的标准，目前，大多数的 CAD 厂商出品的 EDA 软件都兼容这两种语言。

在进行系统设计时，需要考虑一个硬件系统、一块单板如何进行模块划分与任务分配，什么样的算法和功能适合放在 FPGA 里面实现，什么样的算法和功能适合放在 DSP、CPU 里面实现，以及 FPGA 的规模估算、数据接口设计等；具体到 FPGA 设计就要求对设计的全局有个宏观上的合理安排，比如时钟域、模块复用、约束、面积、速度等问题。

在具体编程设计时，采用同步时序设计是 FPGA/CPLD 设计的一个重要原则，在其设计中涉及乒乓操作、串并转换、流水线操作、数据接口的同步方法的具体设计，需要读者



自己学习体会。

5. 软、硬件调试

在完成硬件 PCB 设计制作及程序框架建立后,就需要将元器件焊接到电路板上并将程序加载入 IC,联机调试电路性能,检测是否达到设计要求。若达到要求,设计任务阶段即可结束,可以进入样机研制阶段;若未达到要求,则需要查找原因,从而决定返回以上哪个步骤重新进行设计,直到达到预期目的。

1.2 电子系统设计方法

电子系统设计常用的方法有以下几种。

1. 自顶向下设计方法

自顶向下设计方法是电子系统设计的主要方法。它由设计者按照设计要求和系统的工作方式、结构特点等对系统进行划分,分解为规模较小、功能较简单且相对独立的子系统,并确立它们之间的相互关系,形成总体系统框图。根据设计要求规划出每个子系统的技术指标和具体性能,再对每一个子系统的实现划分出更细致的部件级框图,最后对每个部件单元可以映射到具体的器件、电路和元件的物理实现。这种方法是一个不断细化分解的过程,在设计初期常常使用这种方法,完成理论框图的方案设计。

2. 自底向上的设计方法

传统的系统设计采用自底向上的设计方法。这种设计方法采用“分而治之”的思想,在系统功能划分完成后,利用所选择的元器件进行逻辑电路设计,完成系统各独立功能模块设计,然后将各功能模块按搭积木的方式连接起来构成更大的功能模块,直到构成整个系统,完成系统的硬件设计。这个过程从系统的最底层开始设计,直至完成顶层设计,因此将这种设计方法称为自底向上的设计方法。用自底向上的设计方法进行系统设计时,整个系统的功能验证要在所有底层模块设计完成之后才能进行,一旦不满足设计要求,所有底层模块都可能需要重新设计,延长了设计时间。

3. 层次式的设计方法

它的基本策略是将一个复杂系统按功能分解成可以独立设计的子系统,子系统设计完成后,将各子系统拼接在一起完成整个系统的设计。一个复杂的系统分解成子系统进行设计可大大降低设计复杂度。由于各子系统可以单独设计,因此具有局部性,即各子系统的设计与修改只影响子系统本身,而不会影响到其他子系统。利用层次性可以将一个系统划分成若干子系统,然后子系统可以再分解成更小的子系统,重复这一过程,直至子系统的复杂性达到了在细节上可以理解的适当的程度。模块化是实现层次式设计方法的重要技术途径,模块化将一个系统划分成一系列的子模块,对这些子模块的功能和物理界面明确地加以定义。模块化可以帮助设计人员阐述或明确解决问题的方法,还可以在模块建立时检查其属性的正确性,因而使系统设计更加简单明了。将一个系统的设计划分成一系列已定义的模块还有助于进行集体间共同设计,使设计工作能够并行开展,缩短设计时间。



4. 嵌入式设计方法

现代电子系统的规模越来越复杂，而产品的上市时间却要求越来越短，即使采用自顶向下的设计方法和更好的计算机辅助设计技术，对于一个百万门级规模的应用电子系统，完全从零开始自主设计是难以满足上市时间要求的。嵌入式设计方法在这种背景下应运而生。嵌入式设计方法除继续采用自顶向下设计方法和计算机综合技术外，它的最主要的特点是大量知识产权(Intellectual Property, IP)模块的复用，这种 IP 模块可以是 RAM、CPU 以及数字信号处理器等。设计者在系统设计中引入 IP 模块，可以只设计实现系统其他功能的部分以及与 IP 模块的互连部分，从而简化设计，缩短设计时间。一个复杂的系统通常既包含硬件，又包含软件，因此需要考虑哪些功能用硬件实现，哪些功能用软件实现，这就是硬件/软件协同设计的问题。硬件/软件协同设计要求硬件和软件同时进行设计，并在设计的各个阶段进行模拟验证，缩短设计时间。硬件/软件协同是将一个嵌入式系统描述划分为硬件和软件模块以满足系统的功耗、面积和速度等约束的过程。嵌入式系统的规模和复杂度逐渐增长，其发展的另一趋势是系统中软件实现功能增加，并用软件区分不同的产品，增加灵活性、快速响应标准的改变，降低升级费用和缩短产品上市时间。

注意：优秀的电路实现方案应该是简洁、可靠的，要以最少的社会劳动消耗获得最大的劳动成果。这里所说的社会劳动，包括在产品的设计、产品生产、产品维护以及元器件的生产中所付出的劳动。为了控制产品成本，常常采用目标价格反算法，也就是先根据市场调查对相应的技术指标制定目标价格，然后在设计实施中找出影响产品经济指标的关键因素，并采取针对性较强的措施。

1.3 电子系统具体开发流程

一个项目一般由几个大的部分组成。以电机控制系统为例，一般由电气控制平台、机械设计、外围控制模块等组成，其中电气控制平台为核心模块。在项目开发前期需要根据项目的组成模块规划项目人员、时间、资源等，可以将项目具体分成几个组，如电气平台研发组、机械设计研发组、传感器研发组、产品开发组等，同时给不同的工作组分配不同的工作任务，并指定相应的负责人；然后由各个项目组提交项目初期计划、项目时间表、项目开发经费、所需器材等；再进行讨论验证，由项目总监或公司上层领导决定项目的启动，项目研发人员根据项目计划中指定的项目任务以及项目时间节点进行工作；完成最后的研发后，测试人员对项目产品进行测试(如 ISO 9001 标准等)，产品测试通过后，向外部发布产品，这时项目研发就成功完成。

作为一个项目，只有高素质的研发人员是不够的，还需要有管理能力强的项目管理人员。项目如果缺乏好的管理，整个项目的开发就会产生很多问题(如资源分配、时间节点制定、人员协调等方面)，所以项目管理对于项目开发来说至关重要。纵观国内外 IT 企业，最不能缺少的就是项目经理。下面详细地介绍嵌入式项目如何管理、如何规划。

项目流程是指一个项目开发过程中每个阶段所必须做的工作，项目流程管理是指每个阶段所需的时间合理管理、资源合理分配、人员合理配备等。一般项目流程可以分为项目启动、项目计划、项目开发、项目结束四个阶段。



1.3.1 项目启动

某个开发项目的提出往往源自市场需求调查、用户反馈、客户要求，或对招标进行的投标。在项目启动阶段，项目负责人需要归纳总结对项目的要求，然后对整个项目进行考察。具体的考察内容包括以下几个方面。

- (1) 项目的市场需求；
- (2) 项目的具体实现目标；
- (3) 项目需要完成的相关任务；
- (4) 项目需要解决的问题；
- (5) 目前的项目经费；
- (6) 项目组的人员配备。

在考察完成后、召开相关人员讨论项目目标能否实现，项目中可能遇到的问题，项目目标是否需要修改等问题。项目负责人将相关意见分类汇总，并反馈给用户及上级部门，最终，确定新的项目目标。项目目标的制定至关重要，它是指导整个项目的指挥棒，所以在制定项目目标时一定要谨慎、细心。既要满足用户或市场的要求，又能很好地利用现有的资源。最终项目负责人要提交项目启动总结书，宣布项目正式启动。

具体的项目启动总结书的内容包括以下部分：

- (1) 项目的总体目标；
- (2) 项目的要求，以及市场上竞争者的情况和各种资源分析等；
- (3) 项目时间的估算、风险的估计等。

1.3.2 项目计划

项目启动之后，需要为整个项目制定详细、周密的计划。

项目计划的制定可以采用中国传统的“分而治之”方式。首先将整个项目划分为几个大块，每个大块再分解成小一点的工作范围，然后在现有的基础上再进行下一步分解，直至每个工作变成不能再分解的具体的任务。项目分解可以将复杂的大型项目分解成具体的可以由单个人执行和完成的具体工作，这样可以有效地帮助制定项目时间计划表。在制定项目时间计划表之前需要先将项目分解，尽量分解到以天或小时计算的工作量，从而保证项目按时完成。

项目时间表对项目的整体进度有很大影响，如果对时间的预算可以做比较，那么整个项目的进度就会处在掌控之中。项目管理自然变得容易多了。但是这偏偏也是项目管理中最难做到的，在项目开发中往往有许多意想不到的情况出现，从而导致项目计划不能顺利实施。这要求项目负责人能够对项目现状有充分的认识，能够及时处理现状，并作出相应的计划变更，以达到预期的效果。

在制定项目时间表时，一定要将预期的困难考虑进去，留出相应的时间。

在完成项目任务分解和时间表的制定后，项目负责人需要完成项目开发书(草案)，将整个项目的计划详尽地描述出来，然后提交主管领导审核，需要变更的部分也要作出相应的工作记录。



1.3.3 项目研发

项目研发阶段是整个项目的核心和重要环节，也是项目中占用时间最多的。项目研发既包括技术难关的攻克，也包括完善的运作流程和良好的项目管理，只有按照项目计划中制定的流程及流程时间进行，才能保证项目的整体进度，才能实现最终的项目目标。所以，项目流程管理是项目开发环节中至关重要的部分。

以嵌入式开发项目为例，技术上主要可以分为硬件和软件两部分。研发人员分为底层研发工程师和顶层系统软件工程师，底层研发工程师主要负责硬件以及相应的调试程序的开发，顶层系统软件工程师主要负责实现系统的功能而开发相关顶层软件。

在研发过程中需要重点考虑以下几个方面的问题：

(1) 资源的分配。主要包括研发人员的调配、软件硬件资源的准备情况等。在项目开发过程中，应根据项目的整体进度、每个模块的开发难度以及研发人员的特点，合理配备研发人员。

(2) 各个模块时间表的制定。在项目计划阶段对项目的整体进度有了一个简单的阐述，在研发阶段，需要根据项目的整体进度，制定每个模块的具体时间表。这个时间表至关重要，关系到整个项目的进度，只有每个项目做到合理的衔接。才能保证整个项目顺利的进行，在时间表的制定过程中要充分考虑外部客观因素，尽量留有一定的时间，防止意外风险的发生。

1.3.4 项目结束

项目结束阶段主要要完成的是对产品的测试验收，根据产品要达到的标准，由专门的测试人员进行相关测试。如电磁兼容性测试、高温、高压环境测试等。具体的测试方案以及测试仪器、场所需要由测试人员提交，并将结果反馈给项目研发人员。研发人员根据测试结果进行相关修改，以达到预期的标准。可以使用 PC-LINT 软件进行软件性能测试，在 PC-LINT 软件中可以设置测试的标准，如汽车工业软件可靠性协会(MISRA)制定的协议等。软件测试主要是测试软件的健壮性、安全性、可更新性、稳定性等方面。在开发过程中，研发人员也可以根据 PC-LINT 软件提示的信息进行相关的修改，为了提高程序的可读性，应在必要的程序段处添加相关的解释说明。

产品测试完成即标志产品相关研发完成，剩下的工作就是文档总结和相关文件归档等。

如上所述，项目研发的整体流程包括项目启动、项目计划、项目研发、项目结束等阶段，每个阶段都至关重要，项目管理人员需要统筹规划、合理管理，提高项目的开发效率。

1.4 电子系统规划案例

任何一个电子系统，在设计之前都必须对设计目标提出要求。通常如果市场上有同类产品，则依据该产品提出相应要求，并在此基础上提出改进的要求。如果市场上没有同类产品，则需要通过市场调研，用户群分析，问卷调查等提出设计要求，并在设计过程中适当加以完善。下面以三个完整案例介绍电子系统的设计步骤及方法。



1.4.1 车用超载限制系统

近年来,随着公路运输需求的迅速增长,各种载重货车、大平板车、带挂汽车和集装箱车的数量和比重急剧上升,因超载超限运输引发的交通事故也日益增多,威胁着人民的生命安全,严重影响了公路的正常运行。

车用超载限制系统就是针对于载重货车、大平板车、带挂汽车和集装箱车的载重进行检测的,在货车进行装载作业时实时检测汽车载重,当达到载重要求时该系统告警,同时该系统还有超载时自动切断油路,强行停车功能。该系统设计要求如下:

- (1) 起重量达到额定值(起重机额定最大载重量)的 90%~95%时,会发出声、光预警信号。预警灯为黄色。
- (2) 起重量达到动作点(起重机额定值的 105%~110%)时,起重机要立即停止上升动作,下降动作可以正常进行。同时,发出声、光报警信号。
- (3) 声、光预警和报警信号应在各种环境下清晰可辨,不刺目,不干扰司机视线。
- (4) 要有开机自检程序,对报警、显示功能进行自检。
- (5) 要有故障报警功能,如产品发生故障时,要立即发出报警信号。
- (6) 能自动检测车内外温度,并显示,误差 $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- (7) 如电源突然断电,产品要保留其设置参数。
- (8) 要有起重量的设置,以便对作业量及作业时间进行统计,并有与计算机或 PLC 通信的接口,支持数据传输及下载。
- (9) 应有手动自检装置,在起重机不加载时,能确定产品的有效性。手动自检装置应能自动复位。
- (10) 要有能区分实际超载和正常作业时,上升、下降、运行、晃动、制动等产生的动载变化,要求在运动过程中不产生误报警。

1.4.2 超声波流量计、热量计系统

超声波流量计、热量计是计量各种流体流量、热量的系统,它可应用于各种需要测量流体流量、热量的场合,其系统设计要求如下:

- (1) 系统应具有高采样率,以保证测量结果稳定,满足绝大多数清水和污水以及多种化学液体的流量测量需求,甚至含有大量悬浮物的纸浆也可以测量。
- (2) 系统应具有市电和 24 V 供电功能,对于现场无电源的情况,可以选用 15 W 的太阳能电池板配接 12 V/30 AH 铅酸电池组实现持续一周阴天条件下的连续供电。
- (3) 系统应具有标准的隔离 RS-485 接口,能够同时支持 MODBUS、M-BUS 两种标准协议,并完全兼容海峰以及汇中公司等生产的多种流量计水表的协议。
- (4) 系统应具有一个串行扩展总线接口,用户可以选用具有各种扩展功能的模块进行功能扩展。可扩展功能有 4 mA~20 mA 电流环输出、频率信号输出、大容量数据记录、热敏打印机等。
- (5) 系统可以使用不同接口的键盘显示器进行操作及设参。例如:插接在主板并口上的并行键盘显示器或挂接在 RS-485 上的串口键盘显示器。当使用挂接在 RS-485 接口的键盘显示器时,测量主机可以安装或者放置在测量现场。而 RS-485 上的串口的键盘显示器可