

单片机系统

设计基础及应用

主编 朱丹 谢云

单片机系统设计 基础及应用

主 编 朱 丹 谢 云

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书分为3篇,共9章,内容包括电子系统概述,微控制器应用系统设计开发51单片机仿真软件Proteus、 μ Vision4的使用方法、以51单片机为核心的完整的项目设计。每篇又分为概述、原理、课程设计,由理论教学到实践教学相结合的学习方式,循序渐进地掌握知识。

本书讲解深入浅出,实例内容翔实。

本书可作为大多数高等院校电气信息类本科教材使用,也可以作为高等院校电气信息类专科教材使用,同时也可供从事单片机系统开发的广大技术人员参考阅读。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机系统设计基础及应用/朱丹,谢云主编.—北京:北京理工大学出版社,2017.5
ISBN 978-7-5682-4110-6

I. ①单… II. ①朱… ②谢… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 102472 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 $\times$ 1092 毫米 1/16

印 张 / 16.75

字 数 / 412 千字

版 次 / 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 57.00 元

责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

单片机就是“微控制器”，是嵌入式系统中重要的成员。将它嵌入应用对象中，就成为众多产品、设备的智能化核心。如今，单片机家族越来越壮大，系列产品越来越多，技术上也越来越先进。其中应用最广泛的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。

目前，单片机的应用已渗透到人们生活的各个领域。从导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制到工业自动化过程的实时控制及数据处理和传输，从民用轿车的安全保障系统到录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制及程控玩具、电子宠物等，都使用了少则一两片，多则几十片，甚至几千片的单片机。因此，单片机应用系统综合设计在电子系统综合设计中占有十分重要的地位。

学习单片机的最终目的是将其应用于实际系统设计中。目前大多数单片机书籍介绍理论知识较多，而实际开发项目的讲解较少；单片机实践类的书籍大多讲述固定模块单元电路设计实践，而从电子系统设计角度讲述单片机实际应用，并且适合本科生或研究生开展集中课程设计和书籍相对较少。鉴于上述情况，编者编写了本书。

本书以应用型人才培养为核心指导思想，结合单片机集中实践教学环节的课程特点来编写。单片机理论教学完成后，通过较大的实用项目学习以单片机为核心的电子系统综合设计是一个重要的专业基础实践环节。本书以大多数院校中电气信息类开设的专业方向为主线，通过 6 个实例来达到理论联系实际，理解电子系统综合设计的目的，使读者能够迅速开发出实际的应用系统。

1. 本书内容体系

本书按实例内容所涉及的专业知识可分为 3 篇，共 9 章。

第 1 篇为系统设计导论篇，包括第 1 章的内容。本篇主要含两个部分，第一个部分为电子系统概述，主要介绍电子系统的定义、构成，电子系统设计的基本原则、方法及步骤等；第二部分为微控制器应用系统设计，主要介绍微控制器应用系统的组成，单片机应用系统硬件设计、接口技术、软件设计，以及课程设计安排。

第 2 篇为软件应用指导篇，包括第 2~3 章的内容。本篇为开发 51 单片机的仿真开发软件的应用，重点讲解 Proteus 和 Keil μ Vision4 的基本使用方法，以及仿真系统设计时两个软件的联合调试。

第 3 篇为系统设计实战篇，包括第 4~9 章的内容。本篇中每章都为以一个以 51 单片机为

核心的项目，详细讲述了该项目的完整设计过程。按照项目设计的一般步骤，每章的内容为项目简介、项目任务及要求、基础知识、项目设计及分析、软件设计、仿真调试及实际电路的制作与调试。其中，第4章为基于单片机的简易双通道数字式温度计设计，第5章为基于单片机的简易工频参数测量仪设计，第6章为基于单片机的简易光栅信号模拟发生器设计，第7章为基于单片机的简易车载倒车雷达系统设计，第8章为简易汽车行车记录仪设计，第9章为简易智能楼宇门禁系统设计。

2. 本书的特点

(1) 系统性和操作性强。本书主要分为系统设计导论、软件应用指导和系统设计实战三大部分。系统设计项目与高校中电子信息类专业方向紧密结合，介绍整个系统的开发流程及仿真和实物验证。本书既可以作为高校单片机课程设计的教材，也可以进一步指导学生进行系统开发，完成毕业设计。

(2) 紧跟现代信息技术发展，将先进的 Proteus 仿真既作为课程内容又作为教学手段融入书中，作为每一个实验或系统设计的验证。Proteus 是当今最先进的且能实现单片机应用系统设计、仿真、调试的电子设计自动化(EDA)软件。为实现“理论教学、实验教学、仿真教学的有机融合”“教、学、做、一体化”和“项目驱动教学”三结合的新型课程教学模式创造了条件。书中所有实例均有 Proteus 仿真。

(3) 将单片机应用产品研发、生产过程融入书中。从基础理论→电路、程序设计→仿真调试→实际制作的单片机开发流程和实际产品的生产流程相同。

(4) 介绍的器件使用广泛。例如，I²C 总线、液晶显示、DS1302、AT24C02 等器件都是目前开发单片机系统普遍使用的器件。

(5) 本书提供的程序都经过实践验证，便于读者进行后续功能升级和拓展。

3. 本书读者对象

(1) 学习过 51 单片机的理论知识，初步尝试系统开发单片机的人员。

(2) 需要进行单片机课程设计的学生。

(3) 电子设计竞赛人员。

(4) 利用单片机进行编程和开发的技术人员。

本书讲解深入浅出，实例内容翔实，所有项目都有设计过程及详细的硬件设计和软件设计过程，并都通过了 Proteus 仿真验证，力求既能让单片机初学者快速掌握单片机系统设计的方法，又能让中高级开发人员的基础得到进一步提升，非常适合各类高校自动控制、电气工程、电子信息、通信工程、光电信息工程、电子科学与技术及物联网专业的学生作为“电子系统综合设计”等实践类课程的教材使用，同时也可供从事单片机系统开发的广大技术人员参考阅读。

本书由朱丹、谢云担任主编。其中，本书第4~9章由朱丹编写，第1~3章及附录由谢云编写。全书由朱丹统稿。

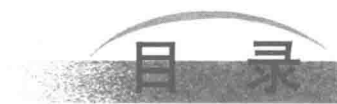
本书由孟迎军教授和张永清副研究员审稿，他们对本书提出了许多宝贵的指导意见，并

为本书的编写提供了许多素材和给予了极大的支持。在此，感谢在编写过程中曾志鹏、郦超、李鑫、李昂、马逸新等同事的帮助，感谢学院领导在本书出版过程中的大力支持和帮助！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 10 月



系统设计导论篇

第 1 章 电子系统设计基础	(3)
1.1 电子系统概述	(3)
1.1.1 电子系统的定义	(3)
1.1.2 电子系统的构成	(3)
1.1.3 电子系统设计的基本原则	(4)
1.1.4 电子系统设计的方法	(4)
1.1.5 电子系统设计的步骤	(5)
1.2 微控制器应用系统设计	(7)
1.2.1 微控制器应用系统的组成	(7)
1.2.2 单片机应用系统硬件设计	(8)
1.2.3 单片机应用系统接口技术	(9)
1.2.4 单片机应用系统软件设计	(13)
1.2.5 集中实践环节课程的内容与安排	(14)

软件应用指导篇

第 2 章 Proteus 软件应用指导	(21)
2.1 Proteus ISIS 集成环境	(21)
2.1.1 Proteus ISIS 简介	(21)
2.1.2 Proteus ISIS 的启动	(22)
2.1.3 Proteus ISIS 的工作界面	(22)
2.2 Proteus ISIS 的使用与关闭	(28)
2.2.1 元器件工具箱的使用	(28)
2.2.2 状态信息条的使用	(29)
2.2.3 对话框的使用	(29)

2.2.4	计算器工具的使用	(29)
2.2.5	仿真信息窗口的使用	(29)
2.2.6	Proteus ISIS 的关闭	(29)
2.3	单片机应用电路绘制实例	(30)
第 3 章	Keil μ Vision4 软件应用指导	(41)
3.1	Keil μ Vision4 开发环境简介	(41)
3.1.1	Keil C51 简介	(41)
3.1.2	Keil μ Vision4 开发环境的特点	(41)
3.1.3	Keil μ Vision4 的工作界面	(42)
3.2	Keil μ Vision4 的使用	(43)
3.2.1	Keil μ Vision4 的基本操作过程	(43)
3.2.2	Keil μ Vision4 中的工程管理示例	(44)
3.3	Keil μ Vision4 与 Proteus 的联合仿真	(56)
3.3.1	直接运行 HEX 文件	(56)
3.3.2	Keil μ Vision4 与 Proteus 联合调试	(58)

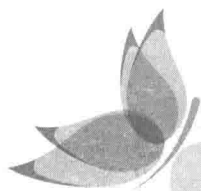
系统设计实战篇

第 4 章	基于单片机的简易双通道数字式温度计设计	(63)
4.1	项目简介	(63)
4.2	项目任务及要求	(63)
4.3	基础知识	(64)
4.3.1	热电阻传感器 Pt100	(64)
4.3.2	数字温度传感器 DS18B20	(65)
4.3.3	ADC0809 介绍	(69)
4.4	项目设计及分析	(70)
4.4.1	系统框图	(70)
4.4.2	电路设计	(71)
4.5	软件设计	(76)
4.5.1	软件流程图	(76)
4.5.2	C 语言参考程序	(78)
4.6	仿真调试	(87)
4.6.1	准备工作	(87)
4.6.2	仿真运行	(87)
4.7	实际电路的制作与调试	(89)
4.7.1	实际电路的制作	(89)

4.7.2 实际电路的调试	(90)
第 5 章 基于单片机的简易工频参数测量仪设计	(91)
5.1 项目简介	(91)
5.2 项目任务及要求	(91)
5.3 基础知识	(92)
5.3.1 工频信号参数及功率因数	(92)
5.3.2 测量交流电流的方法	(92)
5.3.3 A/D 芯片 TLC1543	(94)
5.4 项目设计及分析	(95)
5.4.1 系统框图	(95)
5.4.2 电路设计	(96)
5.5 软件设计	(101)
5.5.1 系统流程图	(101)
5.5.2 C 语言参考程序	(103)
5.6 仿真调试	(116)
5.6.1 准备工作	(116)
5.6.2 仿真运行	(116)
5.7 实际电路的制作与调试	(121)
5.7.1 实际电路的制作	(121)
5.7.2 实际电路的调试	(121)
第 6 章 基于单片机的简易光栅信号模拟发生器设计	(122)
6.1 项目简介	(122)
6.2 项目任务及要求	(122)
6.3 基础知识	(123)
6.3.1 光栅位移测量系统	(123)
6.3.2 直接数字频率合成技术	(125)
6.3.3 基于 DDS 的低通滤波器设计	(127)
6.4 项目设计及分析	(128)
6.4.1 系统框图	(128)
6.4.2 电路设计	(129)
6.5 软件设计	(135)
6.5.1 系统流程图	(135)
6.5.2 正弦波数据的产生	(137)
6.5.3 C 语言参考程序	(137)
6.6 仿真调试	(141)

6.6.1 准备工作	(141)
6.6.2 仿真运行	(142)
6.7 实际电路的制作调试	(149)
6.7.1 实际电路的制作	(149)
6.7.2 实际电路的调试	(150)
第7章 基于单片机的简易车载倒车雷达系统的设计	(151)
7.1 项目简介	(151)
7.2 项目任务及要求	(151)
7.3 基础知识	(152)
7.3.1 超声波概述	(152)
7.3.2 超声波传感器概述	(153)
7.3.3 CD4052 芯片	(155)
7.4 项目设计及分析	(155)
7.4.1 系统框图	(155)
7.4.2 电路设计	(156)
7.5 软件设计	(162)
7.5.1 系统流程图	(162)
7.5.2 C 语言参考程序	(164)
7.6 仿真调试	(171)
7.6.1 准备工作	(171)
7.6.2 仿真运行	(172)
7.7 实际电路调试	(176)
7.7.1 实际电路制作	(176)
7.7.2 实际电路调试	(176)
第8章 基于单片机的简易汽车行车记录仪的设计	(177)
8.1 项目简介	(177)
8.2 项目任务及要求	(177)
8.3 基础知识	(178)
8.3.1 速度传感器选型及信号采集电路	(178)
8.3.2 DS1302 时钟芯片	(181)
8.3.3 AT24C02 存储芯片	(183)
8.4 设计及分析	(187)
8.4.1 系统框图	(187)
8.4.2 电路设计	(187)
8.5 软件设计	(193)

8.5.1 系统流程图	(193)
8.5.2 C 语言参考程序	(194)
8.6 仿真调试	(208)
8.6.1 准备工作	(208)
8.6.2 仿真运行	(209)
8.7 实际电路的制作与调试	(212)
8.7.1 实际电路的制作	(212)
8.7.2 实际电路的调试	(212)
第 9 章 基于单片机的简易智能楼宇门禁系统	(213)
9.1 项目简介	(213)
9.2 项目任务及要求	(213)
9.3 基础知识	(214)
9.3.1 AT89C2051 单片机	(214)
9.3.2 矩阵式键盘	(214)
9.4 项目设计及分析	(216)
9.4.1 系统框图	(216)
9.4.2 电路设计	(217)
9.5 软件设计	(223)
9.5.1 系统流程图	(223)
9.5.2 C 语言参考程序	(226)
9.6 仿真调试	(234)
9.6.1 准备工作	(234)
9.6.2 仿真运行	(235)
9.7 实际电路的制作与调试	(238)
9.7.1 实际电路的制作	(238)
9.7.2 实际电路的调试	(238)
附录 1 电子系统设计报告要求及格式	(239)
附录 2 Proteus ISIS 的菜单栏	(242)
附录 3 Keil μVision4 的菜单栏	(248)
参考文献	(253)



系统设计导论篇

对于设计开发整机电子产品的工程师来说,新产品的开发总是从系统设计入手。系统设计的主体是将设计任务要求转换为明确的、可以实现的功能和技术指标要求,确定可行的技术方案,在系统级描述功能和技术指标要求;然后通过系统功能的模块划分来落实系统功能和技术指标的分配,同时确定各功能模块之间的接口关系,并结合框图与层次的方法自顶向下进行设计。系统设计通常把系统功能逐步细分,从器件、电路和工艺等方面确定技术方案。

本篇首先讲述电子系统的结构以便从系统的角度帮助读者认知电子系统,接着讲述电子系统设计的原则、方法及电子系统设计的一般步骤。

然后以通用的 MCS-51 系列单片机为代表,讲述微控制器应用系统设计涉及的主要问题,重点介绍以 MCS-51 系列单片机为核心的应用系统的硬件设计、接口设计及软件设计,其中接口设计介绍了前向通道接口技术、后向通道接口技术、人机交互接口技术和总线接口技术,软件设计介绍了编程语言的选择和 C51 语言的编程技巧。

最后集中介绍实践课程——“电子系统综合设计”的课程特点、培养目标及课时安排等内容。

通过本篇内容的学习,读者将了解电子系统设计的基础知识,对完整的系统设计过程有所认知,熟悉微控制器尤其是以 MCS-51 单片机为控制核心的应用系统设计的一般过程和方法。



电子系统设计基础

1.1 电子系统概述

1.1.1 电子系统的定义

系统是指由两个以上各不相同且互相联系、互相制约的单元组成的，并在给定环境下能够完成一定功能的综合体。这里所说的单元，可以是元件、部件或子系统。一个系统又可能是另一个更大系统的子系统。

电子系统是指由电子元器件或部件组成的能够产生、传输或处理电信号及信息的客观实体，如计算机系统、电子测量系统、自动控制系统、通信系统、雷达系统等。这些系统在功能与结构上具有高度的综合性、层次性和复杂性。目前电子系统已达到相当大的规模与复杂度，掌握系统设计与系统分析方法应是当代应用型大学生的目标之一。

1.1.2 电子系统的构成

一般来说，一个复杂的电子系统可以分解成若干个子系统，其中每个子系统又由若干个功能模块组成，而功能模块由若干电子元器件组成，如图 1-1 所示。

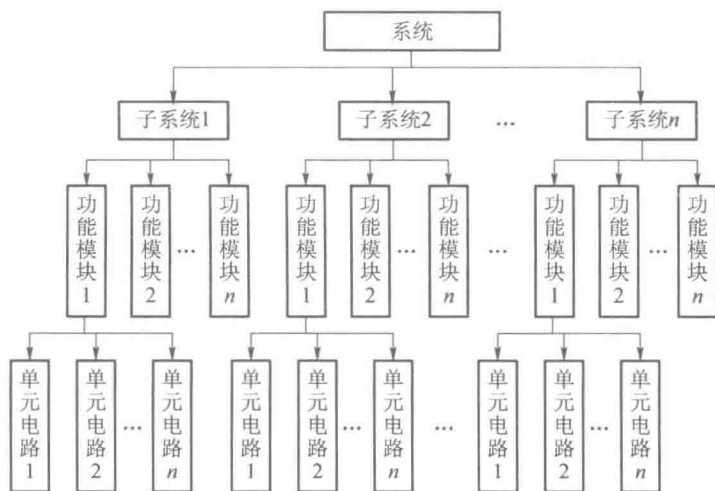


图 1-1 电子系统的构成

从信息处理的角度,电子系统功能结构通常包含信息输入、信息处理、信息输出三大部分,用来实现对信息的采集处理、变换与传输及对象控制,如图 1-2 所示。



图 1-2 电子系统功能框图

1.1.3 电子系统设计的基本原则

进行电子系统设计时需要遵循一定的原则、标准或规范,具体如下。

1. 满足系统功能和性能指标要求

系统设计必须能完全满足系统所要求的功能特性和技术指标,这是电子系统设计必须满足的基本条件。

2. 安全性、可靠性和容错性

电子产品的安全性是必须首要考虑的。采用成熟的技术、成熟的元器件和部件,可以在一定程度上保证系统的可靠、稳定和安全。同时,系统应具有较强的容错性,以防因人为操作不当引起系统无法工作或某个功能模块发生故障致使整个系统瘫痪。

3. 实用、简单和经济性

在满足系统功能和性能要求的前提下,电路设计应尽量实用、简单,提升性价比。采用系统集成化技术是简化系统电路的最好方法。

4. 集成度高,抗干扰性好

一个电子系统只有具备良好的抗干扰性,才能确保系统正常工作。系统设计中最大限度地提高系统的集成度,可以带来一系列的优势,如抗干扰性好、可靠性高、制造工艺简单及性能价格比高等。

5. 开放性和可扩展性

系统能够支持不同厂商的产品,支持多种协议,并且符合国际标准及相关协议。系统的开放性应包括子系统之间、子系统对主系统的开放及系统对外部的开放,以便在对系统进行升级改造时不仅可以保护原有资源,还可以降低系统维护、升级的复杂性,提高效率。

6. 易维护性

系统的部件(包括元器件)应尽可能采用通用、成熟的产品,以便于系统后期的维护。

1.1.4 电子系统设计的方法

根据电子系统功能和结构上的层次性,通常有如下几种设计方法。

1. 自顶向下的设计方法

该方法是设计者从系统设计的技术指标或需求出发,先规划整个系统的功能和性能,然后将系统划分为单一功能的子系统并确立它们之间的相互关系,再根据子系统的功能任务进一步划分各个部件,完成部件设计,最后将系统划分至元件级。

2. 自底向上的设计方法

该方法是设计者根据系统的各个具体功能要求,首先从现有的元器件或模块中选出最合适的,设计出各部件,由各部件有效组合设计出满足功能要求的各子系统,最后将各子系统有效组合,完成整个系统的设计。

3. 组合法

随着单芯片系统(System on Chip, SOC)的出现,为了实现设计重用及对系统进行模块化测试,现代的系统设计通常以自顶向下的设计方法为主导,结合自底向上的设计方法。该方法对于以知识产权(Intellectual Property, IP)核为基础的超大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)上系统的设计特别重要,因此得到了普遍应用。

4. 层次性设计方法

该方法的基本思路是将一个复杂系统按功能分解为独立设计的子系统,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为多个子系统进行设计可大大降低设计的复杂程度。由于各子系统可以单独设计,因此具有局限性,即各子系统的设计与修改只影响子系统本身,不会影响其他子系统。

5. 嵌入式设计方法

该方法除继续采用自顶向下的设计方法和计算综合技术外,其最主要的特点是具有大量IP模块的复用。IP模块可以是中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)及数字信号处理器等,在系统设计中引入IP模块,设计者可以只设计实现系统其他功能的部分及与IP模块的互连部分,从而简化设计,缩短设计时间。

随着现代电子系统的规模越来越大,嵌入式系统的规模和复杂度也逐渐增长,为了缩短成品上市时间,目前系统实现通常被划分成硬件和软件两大模块,在硬件模块相对稳定的情况下通过系统软件设计实现功能增加,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,降低设计费用,缩短产品上市时间。

1.1.5 电子系统设计的步骤

电子系统设计的基本步骤如下(以自顶向下法为例)。

1. 调查研究

通过调查研究明确设计任务和要求,确定系统功能指标,了解设计关键,完成系统功能结构框图。

2. 总体方案的设计与选择

根据设计任务、指标要求分析系统应完成的功能，并将系统按功能分解成若干子系统，分清主次和相互关系，形成由若干单元功能模块组成的总体方案。

设计出多个总体方案后，应将多个方案用框图的形式表示出来，再通过实际调查研究、查阅相关资料等途径，对几个方案进行比较和论证，选取出一个能满足设计指标要求，结构较为简单，可行性较高，经济性较强的方案。

对于方案确定，还要注意以下问题：

(1) 深入分析比较不同方案的关键部分，如提出各种具体实现电路，并结合设计要求进行分析比较，直到找出最优方案。

(2) 综合考虑设计方案的性能及可行性、可靠性、成本、功耗等实际问题。

3. 单元电路的设计与选择

确定系统的总体方案后，绘出子系统中各部件的详细功能框图，即可进行单元电路设计了。任何复杂的电子电路，都是由若干简单功能的单元电路组成的。在明确每个单元电路的技术指标后，进一步分析单元电路的工作原理，设计出各单元的电路结构形式。

单元电路的实现上应尽量采用学过的或熟悉的单元电路，也可通过查阅资料分析研究一些新型电路，开发利用新型元器件。

4. 元器件的选择

电子系统的元器件通常优先选择集成电路，这样不仅可以减少电子设备的体积、成本，而且便于提高系统可靠性，使系统安装、调试、维护变得更加简单。选择集成电路时先根据主体方案确定应选用什么功能的集成电路，再进一步考虑它的具体性能，然后综合考虑功耗、电压、温度、价格等方面的因素，最后确定出具体型号。对于阻容元件、分立元件的选择也要根据电路的设计要求选择性能和参数合适的元件。

5. 元器件的参数计算

确定好单元电路的结构、形式后，有必要对影响技术指标和参数的元器件进行计算，且选用的元器件参数必须采用标称值。计算电路参数时各元器件的工作电流、工作电压、频率和功耗应在允许的范围內。

6. 系统的组装与调试

各个子系统设计并制作完成后，应根据系统整体功能要求组装成整机。设计是否正确需要测试与验证，一般采用专业仪器进行测试，如发现问题，应及时修改直到功能和性能指标完全符合要求。

7. 编写设计文档与总结报告

一个完整的设计过程除了系统的实现以外，还需要编写符合标准形式的设计文件。设计文件的类型要求、内容与格式可参考中华人民共和国信息产业部制定的行业标准 SJ/T 207.2—