

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



DSP芯片技术应用开发

陈 芬 主编
彭宗举 副主编
严迪群 王晓东 周亚训 编著



清华大学出版社

014018429

TN911.72
307

21世纪高等学校规划教材 | 电子

DSP芯片技术应用开发

陈 芬 主编

彭宗举 副主编

严迪群 王晓东 周亚训 编著



TN911.72

307

清华大学出版社

北 航



北航

C1707064

内 容 简 介

本书依据高等院校工科本科生“DSP 原理及应用”、“DSP 技术”、“DSP 设计与实践”、“DSP 应用系统设计”等课程的要求编写,以美国德州仪器(TI)公司 TMS320VC54xx 和 TMS320DM643x 系列芯片为核心,以实验项目 and 实践案例的基础理论、设计开发为主线,循序渐进、由浅入深地引导读者学习并完成一系列 DSP 应用项目的开发。

书中内容丰富,包括基础篇、提高篇和高级篇。其中,基础篇以学生易于入门的 TMS320VC54xx 芯片作为开发平台,包括 7 个基础实验和 3 个典型的 DSP 应用系统实践案例;提高篇和高级篇以 DaVinci 数字媒体处理器 TMS320DM643x 芯片作为开发平台,从 DM643x 芯片的片上资源、音视频基本处理技术着手,逐步过渡到复杂音视频处理应用系统实践案例的开发。特别是高级篇,以“视频监控中人脸检测及跟踪系统设计”综合性项目开发过程为参考实例,引导读者掌握一个实际工程应用项目的开发流程,对有效培养学生 DSP 综合应用系统开发能力和创新应用能力具有一定的实用价值。

本书适用于高等学校电子信息工程、通信工程、电子科学与技术及电气自动化等电类专业的本科生、研究生,同时也可供相关技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

DSP 芯片技术应用开发/陈芬主编.--北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校规划教材·电子信息

ISBN 978-7-302-32631-1

I. ①D… II. ①陈… III. ①数字信号—信号处理 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 122439 号

责任编辑:魏江江 赵晓宁

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:13.25

字 数:318 千字

版 次:2014 年 1 月第 1 版

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:25.00 元

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

高等教育持续发展的重点是提高人才培养质量,而提高质量的重点在于改革人才培养模式,构建适应社会发展需求的人才培养体系。当前的教育实情中,人才培养与社会需求面临着尴尬的矛盾:一方面社会急需各类专门人才;另一方面高校培养的毕业生往往因为欠缺各种能力而无法满足岗位要求。

目前高校工科专业的教育模式和教学内容过于重视理论知识体系而轻视技术能力体系,轻视人才培养的非技术因素,人才培养与行业企业结合不够紧密,人才的培养产出与行业的需求之间存在距离。

本书作者在多年的教学实践中通过借鉴美国顶级课程(Capstone Course)模式,为学生设计一个集工程设计、工程应用、工程操作、工程商务和工程沟通能力多方面融合培养的综合性工程教学环节,其目的主要有3个方面:一是支持学生的深层次学习;二是可以作为本科学习的有效评价工具;三是帮助学生从学校向职场过渡。具体的做法是基于行业人才的实际需求,在确保专业教学知识完整性的基础上,通过校企合作开展“虚拟企业”形式的项目驱动式综合实践,以综合性的真实工程项目为载体,学生在一段相对完整的时间内经历需求调研、分析设计、文档编撰、工程投标、组织实施和验收交付等完整的工程生命周期,为学生提供一个工程设计、工程应用、工程操作、工程商务和工程沟通能力融合培养的综合性工程教学环节,多年的实践证明这是提升学生工程创新与团队合作能力,提高学生社会适应能力和职业竞争能力的有效手段,也是符合CDIO工程教学理念的。

本书是多年“虚拟企业”形式的项目驱动式综合实践改革的成果之一。

随着计算机和网络应用的普及,各种应用DSP技术的电子产品随处可见。从第一片DSP芯片诞生至今,仅短短约三十年时间,其应用领域从军事、航空航天领域迅速扩展到信号处理、通信、雷达、消费等诸多领域。DSP芯片技术相关课程的教学具有其独特性,一方面微处理器更新换代迅猛,不断有新的开发方法和应用领域出现;另一方面课程的实践性很强,用人单位需要具备DSP工程应用项目开发能力的软硬件工程师。

当前,数字视频技术正在带来一场革命,使人们的视频体验、传输以及交互方式发生深刻的变化,开始进入汽车、计算机、移动电话及网络等领域。随着基于视频应用的迅速增加,开发者面临着更大的压力,因为数字视频的实现是极其复杂、费时和昂贵的过程。但随着达芬奇(DaVinci)技术的出现和发展,这一切都在发生改变,DaVinci技术是一种专门针对数字视频应用和基于信号处理的解决方案。

本书分为基础篇、提高篇和高级篇3部分。

基础篇以易于入门的美国德州仪器(TI)公司TMS320C54x系列DSP芯片为平台,共包括3章内容。第1章介绍CCS集成开发环境,特别是DSP/BIOS操作系统的入门知识;第2章通过7个基础实验,循序渐进、由浅入深地引导读者理解DSP芯片的硬件结构、存储配置,掌握TMS320C54x的指令系统、应用程序设计方法,理解TMS320C54x的片内外设、

接口及中断系统等；第3章以3个典型案例的开发实践为例，每个案例都从设计角度进行软硬件剖析，让读者建立系统设计基本构架，初步具备DSP应用系统软硬件设计与开发的能力。

提高篇和高级篇以TI公司的DaVinci数字媒体处理器TMS320DM643x芯片作为开发平台。其中，提高篇包括第4~第8章。第4和第5章通过5个基础性实验让读者熟悉TMS320DM643x的片上资源、SEED-DEC643x板卡的应用等；第6章包括10个基础性图像处理实验；第7章为6个音视频处理简单应用系统实例；第8章过渡到两个复杂音视频应用系统的实践案例开发，一个是音频信号采集与分析系统；另一个是视频图像边缘检测系统，它们在第7章简单应用系统的基础上，构建基于单元基体组合子功能的复杂智能系统，并给出了基于TMS320DM643x的应用系统评估及优化设计方法。

高级篇包括第9~第11章，以第11章“视频监控中人脸检测及跟踪系统设计”工程实际应用项目的开发流程作为参考实例，引导读者完成“基于DSP的视频图像处理系统设计”和“基于DSP的音频信号处理系统设计”综合应用项目的开发，让读者掌握一个实际工程应用项目的开发流程：组建团队和角色分工、客户需求分析、撰写设计方案和投标书、项目竞标、项目实施、系统测试、撰写项目验收报告和产品使用手册、项目验收等。建议选用本教材的高校以项目驱动、团队合作的模式让学生开展项目实践，对有效培养学生的工程素养、DSP综合应用系统开发能力和创新应用能力具有一定的实用价值。

本书由陈芬主编。其中，基础篇由严迪群编写，提高篇由陈芬、彭宗举、严迪群、周亚训共同编写，高级篇由陈芬、王晓东共同编写，参与本书编写及相关实验工作的研究生有朱天之、杨小祥、崔力、郑迪、徐谦等，在此表示衷心感谢。

本书得到了“宁波大学创新服务型电子信息专业群”宁波市服务型重点专业建设项目和宁波市IT产业应用型人才培养基地建设项目的支持，以及“宁波大学电子信息科学与技术专业”浙江省优势专业、浙江省重点专业、宁波市重点专业建设项目的支持，以及“宁波大学通信工程专业”宁波市特色专业、宁波大学重点专业建设项目的支持，以及宁波大学教材建设项目的支持。此外，还得到了德州仪器公司(中国)大学计划部、北京艾睿合众科技有限公司和北京瑞泰创新科技有限责任公司的大力支持和帮助，在此对他们表示深深的谢意。

本书涉及的参考程序代码可到清华大学出版社的网站(<http://www.tup.com.cn>)下载。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年4月于宁波大学

目 录

基 础 篇

第 1 章 CCS 集成开发环境	3
1.1 CCS 概述	3
1.2 代码生成工具	4
1.2.1 编译器	4
1.2.2 汇编器	4
1.2.3 连接器	5
1.2.4 汇编语言开发工具	5
1.2.5 C 或 C++ 开发工具	6
1.3 可用的基础软件	6
1.3.1 芯片支持库	6
1.3.2 板支持库	7
1.3.3 DSP 库	7
1.3.4 图像及视频处理库 IMGLIB	8
1.3.5 TMS320 DSP 算法标准组件	8
1.4 DSP/BIOS 操作系统	10
1.4.1 DSP/BIOS 简介	10
1.4.2 DSP/BIOS 配置	12
1.4.3 DSP/BIOS 分析工具	20
第 2 章 基础实验	23
2.1 CCS 入门	23
2.1.1 理论基础	23
2.1.2 开发实例	23
2.2 链接命令文件应用	27
2.2.1 理论基础	27
2.2.2 开发实例	30
2.3 数据寻址方式	32
2.3.1 理论基础	32
2.3.2 开发实例	33
2.4 数字滤波器的 DSP 实现	34
2.4.1 理论基础	34

2.4.2	开发实例	36
2.5	快速傅里叶变换(FFT)的 DSP 实现	37
2.5.1	理论基础	37
2.5.2	开发实例	39
2.6	基于定时器的交通灯控制系统设计	41
2.6.1	理论基础	41
2.6.2	开发实例	43
2.7	电机转速转向控制	44
2.7.1	理论基础	44
2.7.2	开发实例	48
第 3 章	基础篇实践案例	50
3.1	基于 DSP 的语音录放系统设计	50
3.1.1	目的和任务	50
3.1.2	总体方案设计	50
3.1.3	系统的 DSP 实现	52
3.1.4	实验要求	55
3.2	基于 DSP 的门禁管理系统设计	56
3.2.1	目的和任务	56
3.2.2	总体方案设计	56
3.2.3	系统的 DSP 实现	58
3.2.4	实验要求	61
3.3	基于 DSP 的音乐播放系统设计	62
3.3.1	目的和任务	62
3.3.2	总体方案设计	62
3.3.3	系统的 DSP 实现	64
3.3.4	实验要求	66
提 高 篇		
第 4 章	片上资源应用	69
4.1	存储空间配置实验	69
4.1.1	理论基础	69
4.1.2	开发实例	69
4.2	同步动态存储器的访问与控制实验	71
4.2.1	理论基础	71
4.2.2	开发实例	72
4.3	片上外设 EDMA 读写实验	73
4.3.1	理论基础	73

4.3.2 开发实例	74
第 5 章 通信显示控制模块	76
5.1 同步串口通信实验	76
5.1.1 理论基础	76
5.1.2 开发实例	78
5.2 用户菜单建立	80
5.2.1 理论基础	80
5.2.2 开发实例	81
第 6 章 图像处理	83
6.1 图像阈值分割	83
6.1.1 理论基础	83
6.1.2 开发实例	84
6.2 灰度图的线性变换	85
6.2.1 理论基础	85
6.2.2 开发实例	85
6.3 灰度均衡	86
6.3.1 理论基础	86
6.3.2 开发实例	88
6.4 图像平移	88
6.4.1 理论基础	88
6.4.2 开发实例	89
6.5 图像镜像变换	90
6.5.1 理论基础	90
6.5.2 开发实例	90
6.6 图像缩放	91
6.6.1 理论基础	91
6.6.2 开发实例	91
6.7 图像旋转	92
6.7.1 理论基础	92
6.7.2 开发实例	94
6.8 图像平滑	94
6.8.1 理论基础	94
6.8.2 开发实例	96
6.9 图像滤波	97
6.9.1 理论基础	97
6.9.2 开发实例	100
6.10 图像锐化	101



6.10.1	理论基础	101
6.10.2	开发实例	102
第7章 音视频信号处理		104
7.1	音频信号的采集及录放	104
7.1.1	理论基础	104
7.1.2	开发实例	106
7.2	视频图像的采集及回放	107
7.2.1	理论基础	107
7.2.2	开发实例	109
7.3	视频图像肤色检测	111
7.3.1	理论基础	111
7.3.2	开发实例	113
7.4	视频图像运动检测	115
7.4.1	理论基础	115
7.4.2	开发实例	117
7.5	MPEG-4 编解码	120
7.5.1	理论基础	120
7.5.2	开发实例	123
7.6	H.264 编解码	125
7.6.1	理论基础	125
7.6.2	开发实例	129
第8章 提高篇实践案例		132
8.1	音频信号采集与分析系统	132
8.1.1	目的和任务	132
8.1.2	总体方案设计	132
8.1.3	系统的 DSP 实现	136
8.1.4	要求及结果分析	138
8.2	视频图像边缘检测系统	140
8.2.1	目的和任务	140
8.2.2	总体方案设计	140
8.2.3	系统的 DSP 实现	145
8.2.4	要求及结果分析	151
高级篇		
第9章 基于 DSP 的视频图像处理系统设计		155
9.1	项目简介	155

9.2	项目需求	155
9.3	项目实施流程	156
第 10 章	基于 DSP 的音频信号处理系统设计	157
10.1	项目简介	157
10.2	项目需求	157
第 11 章	高级篇实践案例：视频监控中人脸检测及跟踪系统设计	159
11.1	项目概述	159
11.2	项目准备阶段	160
11.3	项目设计阶段	162
11.4	项目实施阶段	172
11.5	项目测试阶段	177
附录 A	常见问题处理	180
附录 B	CCS 安装与配置	181
参考文献		199

基础篇

本篇所介绍的内容适合 DSP 芯片技术的初学者,以易于入门的 TMS320C54xx 系列 DSP 芯片为平台,共包括三章内容。第 1 章介绍了 CCS 集成开发环境,第 2 章包括 7 个基础性实验,第 3 章以三个典型案例的开发实践为例,建立 DSP 系统设计基本构架,让读者初步具备 DSP 应用系统软硬件设计与开发的能力。本篇的所有实践例程皆在 ICETEK-VC5416-A 评估板上完成,但是所介绍的方法是通用的,读者可以自行选择合适的开发板。

第 1 章

CCS集成开发环境

1.1 CCS 概述

CCS(code composer studio)集成开发环境是由德州仪器(Texas Instruments, TI)公司专门针对于 DSP 应用开发而设计的软件,可以提高开发者的工作效率。CCS 具有可视化的代码编辑界面,提供了环境配置、源文件编辑、程序调试、跟踪和分析等工具,可以帮助用户在一个软件环境下完成编辑、编译链接、调试和数据分析等工作。

CCS 目前已有 CCS1.1、1.2、2.0、3.3、4.0、5.x 等多个不同时期的版本,又有 CC2000、CCS5000 和 CCS6000 三个不同的型号。本书所使用的是 CCS3.3 的版本。CCS 集成环境(integrated development environment, IDE)不仅仅是代码生成工具,具备基本调试功能,还具备实时分析的能力,支持整个软件开发过程:设计、代码生成、调试、实时分析。图 1-1 展示了其开发周期所包含的各个阶段。

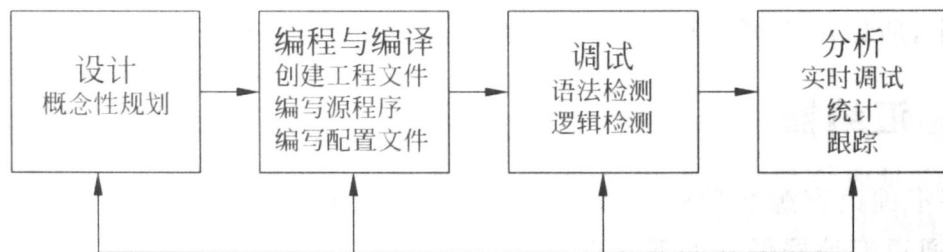


图 1-1 CCS 开发周期

CCS 包括代码生成工具、DSP/BIOS 插件程序、RTDX 插件、主机接口和 API,其构成及接口如图 1-2 所示。

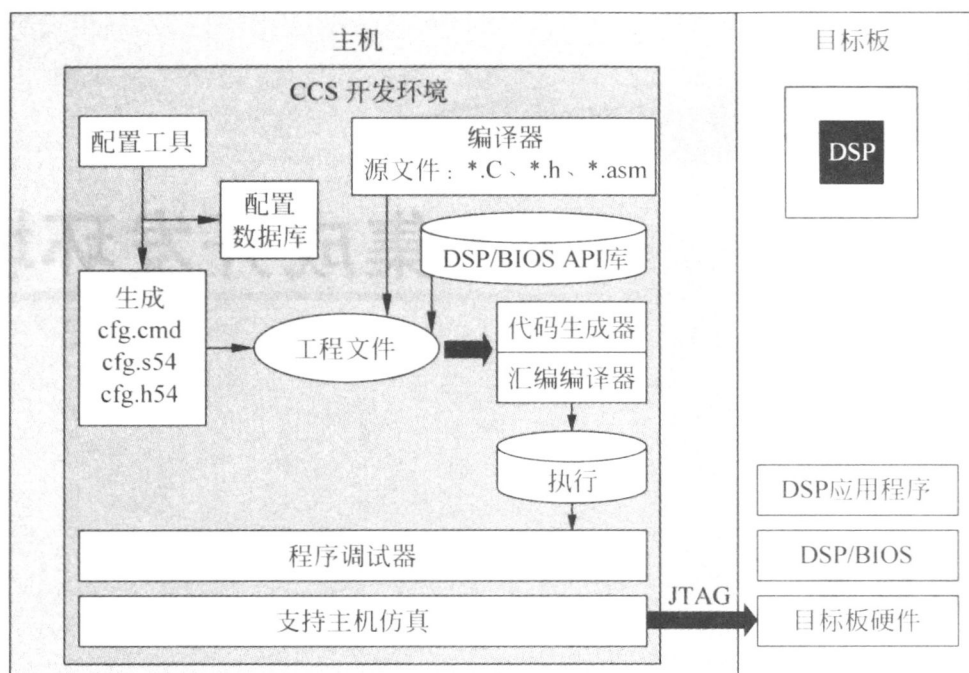


图 1-2 CCS 构成及接口

1.2 代码生成工具

1.2.1 编译器

C 和 C++ 编译器(用于 C5000 和 C6000)是全功能的优化编译器,能将标准的 ANSI C 程序转变为汇编语言。下面描述编译器的主要特征。

- 编译器外壳程序(compiler shell program)。编译器工具包含一个外壳程序,可以用来编译、汇编优化、汇编,而且连接程序只需单步。
- 灵活的汇编语言界面(flexible assembly language interface)。编译器具有直接的调用规定,所以用户可以直接输入汇编语言或 C 语言来相互调用。

1.2.2 汇编器

汇编器将汇编语言源文件转换成机器语言目标文件。这些文件是通用目标文件格式(COFF)。双通道汇编器做到如下几点:

- 处理文本文件中的源程序语句,生成可重定位的目标文件;
- 根据需要生成源文件列表,使用户可以控制该列表;
- 允许用户将代码分成几段,并为每个目标代码段提供段程序计数器(SPC);
- 定义并引用全局标识符,并可根据需要将交叉参照列表附加到源列表;
- 汇集条件块(assembles conditional blocks);
- 支持宏,允许用户内联或在库内定义宏。

1.2.3 连接器

连接器允许用户通过有效地分配输出段到内存映射来配置系统内存,当连接器连接目标文件,它执行以下任务:

- 分配段到目标系统的配置内存;
- 重新定位符号和段,并为其分配最终的地址;
- 解决输入文件之间未定义的外部引用。

连接器指令语言控制内存配置,输出片断定义和地址连接。该语言支持表达式的指定和评估,用户可以通过定义和创建一个内存模块来配置系统内存。指定的内存和段允许用户做以下几点:

- 分配段到明确的内存区;
- 组合目标文件段;
- 在连接时间定义或再定义全局标识符。

文本连接器连接目标文件到一个单一的可执行的目标模块。在连接器命令文件里的连接指令允许用户结合目标文件片断,连接片断或符号到地址或内部内存范围,并且定义或再定义通用符号。

1.2.4 汇编语言开发工具

汇编语言开发工具列表如下:

- 汇编程序: 汇编程序将汇编语言源文件转换成机器语言目标文件。机器语言是建立在通用目标文件格式(COFF)的基础上的。
- 记录(archiver): 记录允许用户收集一组文件变成单个的记录文件,称作一个库。另外,记录允许用户通过删除、替代、提取或增加成员来修改库。记录的其中一条最有用的应用是建立目标模块的库。
- 连接器(linker): 连接器将目标文件转变成单个的可执行的目标模块,当它创建了可执行模块,就执行再定位并解决了外部引用。连接器允许(relocatable)COFF目标文件和目标库作为输入。
- 绝对列表器(absolute lister): 绝对列表器允许连接的目标文件作为输入并建立 abs 文件作为输出。用户可以安装这些 abs 文件来生成包含绝对地址而不是相对地址的列表。如果没有绝对列表器,生成这样一个列表需要很多手工操作。
- 相互参照列表器(cross-reference lister): 相互参照列表器使用目标文件来创建一个相互参照清单,在连接的源文件中显示它们的标志、定义和索引。
- 十六进制转换实用程序(Hex-conversion utility): 十六进制转换实用程序将 COFF 目标文件转换成 TI-Tagged、ASCII-hex、Intel、Motorola-S 或 Tektronix 目标格式。用户可以下载转换文件到 EPROM 程序器里。
- 记忆-算术转换器实用工具(mnemonic-to-algebraic translator utility): 仅限于 TMS320C54x 设备,这个工具用来转换汇编语言源文件。该实用程序接受包含助记指令的汇编语言源文件。它将助记指令转换成代数指令,生成一个包含代数指令的