



DSP 技术实战

从入门到精通

—— 基于 TI 系列平台

◎ 邓建华 主编

高等教育出版社

DSP技术实战
从入门到精通
——基于TI系列平台

主 编 邓建华

副主编 管 庆 娄春伟

编委会 曹明生 黄 丹 陈 亚 黄 俊

范满平 易 黎 周群芳

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是以 TI 公司的系列芯片为平台,利用 CCS 软件,系统讲解 DSP 的基础知识及具体应用,从入门到精通,循序渐进。主要内容包括 CCS 的使用、Linux 系统的搭建与安装、EZSDK 的使用及应用开发、MCFW 的应用开发、视频应用及 Sobel 算子等算法实现。本书还通过具体的实验例程实现对相关知识点的精通运用,包括调用 DSP core 实现 Sobel 算子对多图像的处理,利用 DMVAL 实现智能视频分析,基于实时视频采集、H264 编码、流媒体封装及 RTSP 网络传输的综合实现,帮助读者全面深入地理解 DSP 及开发工具的使用。

本书内容结构合理,实用性强,可作为高等院校电子信息类专业本科生和研究生的教材或实验指导书,也可作为从事 DSP 开发工作的科技人员的参考书,尤其适用于参加“卓越工程师教育培养计划”的高等院校相关专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

DSP 技术实战从入门到精通:基于 TI 系列平台/邓
建华主编.--北京:高等教育出版社,2018.1

ISBN 978-7-04-048820-3

I. ①D… II. ①邓… III. ①数字信号处理-高等学校-教材 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 274878 号

策划编辑 许怀铭	责任编辑 许怀铭	封面设计 顾 斌	版式设计 于 婕
插图绘制 杜晓丹	责任校对 吕红颖	责任印制 尤 静	

出版发行 高等教育出版社	网 址 http://www.hep.edu.cn
社 址 北京市西城区德外大街 4 号	http://www.hep.com.cn
邮政编码 100120	网上订购 http://www.hepmall.com.cn
印 刷 北京市大天乐投资管理有限公司	http://www.hepmall.com
开 本 787mm×1092mm 1/16	http://www.hepmall.cn
印 张 14.75	
字 数 330 千字	版 次 2018 年 1 月第 1 版
购书热线 010-58581118	印 次 2018 年 1 月第 1 次印刷
咨询电话 400-810-0598	定 价 39.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 48820-00

DSP 技术实战从入门到精通

——基于 TI 系列平台

邓建华 主 编

- 1 计算机访问 <http://abook.hep.com.cn/1248989>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号 (20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



① 重要通知



DSP 技术实战从入门到精通

——基于 TI 系列平台

DSP 技术实战从入门到精通——基于 TI 系列平台数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖 MOOC、实验源代码、彩色图片等内容, 充分运用多种媒体资源, 丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果的同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

用户名: 密码: 验证码: 2692 忘记密码? ☐ 记住我(30天内免登录)

- 课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。
- 如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。

<http://abook.hep.com.cn/1248989>

前言



为全面落实“卓越工程师教育培养计划”，推进国家创新创业战略的实施，围绕创新创业教育目标，以培养具有创新意识和创新能力的卓越电子信息人才为抓手，电子科技大学全面创新和改革人才培养模式，全力推进创新创业普及教育，探索卓越工程师教育与创新创业教育相融合模式，把创新创业教育融入卓越工程师培养全过程，助力学生成长与成才。本教材作为卓越工程师教育与创新创业教育融合试点教材之一，贯彻“卓越工程师教育培养计划”和创新创业教育理念，推进创新创业普及教育，开展专业实践，对深化“卓越工程师教育培养计划”与创新创业教育的融合与改革起到示范作用。

本书以实践为主，重点培养读者的实践动手能力，以 TI 公司的系列芯片为平台，利用 CCS 软件，系统讲解 DSP 的基础知识及具体应用，从入门到精通，循序渐进。

第一章是基础部分，从使用 CCS 软件入手，展示了 CCS 软件与评估板的结合使用。从导入工程、链接目标板、下载程序、加载 gel 文件、保存数据到模块测试，详细说明了过程、步骤和方法，让读者能够轻松使用 CCS 软件并在评估板上运行。

第二章是 Linux 系统的搭建及简单应用。从系统安装入手，逐步演示了镜像文件制作、NandFlash 启动系统烧写、NFS 网络系统文件搭建与系统模块的测试。该部分主要是让读者能够对 Linux 有比较详细的了解，同时实现在目标板上烧写自己的系统并完成测试。

第三章是基于 EZSDK 的应用开发，通过翔实的例程讲解，让读者能够独立地进行 Matrix-gui、OMTB、OpenMax、Qt、SysLink、Codec Engine、GStreamer、Graphics SDK 等开发。

第四章是基于 MCFW 的应用开发，通过对示例的讲解、修改、运行与测试，让读者能够完整掌握 MCFW 的使用。

第五章是实验部分。该部分包括 14 个完整的实验，覆盖了最基础的 CCS 使用，DSP/BIOS 及旗语、信号量、邮箱的使用，到较复杂的音频处理，还包括 4 个复杂的图像处理实验。这些实验内容由简单到复杂，既相互独立又前后联系，是一个有机的整体。

本书内容结构合理，案例丰富，实用性强，适合作为高等院校电子信息类专业本科生和研究生的教材或实验指导书，也可以作为从事 DSP 开发工作的科技人员的参考书，尤其适合参加“卓越工程师教育培养计划”的高等院校相关专业学生使用。

本书由邓建华主编，管庆、娄春伟、黄俊、范满平、易黎共同完成了本书五章内容的编写，曹明

生、黄丹、陈亚共同完成了源代码、PPT 等电子资源的建设,周群芳负责校对工作。

由于时间仓促,加之作者水平有限,不当之处在所难免,恳请读者多提宝贵意见。编者联系邮箱:jianhua.deng@uestc.edu.cn。

编 者

2017 年 9 月

目 录

0 实验准备	1	2.1.4 TFTP 服务器安装	26
1 基础部分	3	2.1.5 QT embedded 安装	27
1.1 CCS 软件的基本使用	3	2.2 制作镜像文件	28
1.1.1 如何导入已有的工程	3	2.2.1 制作 uboot 镜像文件	28
1.1.2 如何编译工程	4	2.2.2 制作内核镜像文件	29
1.1.3 如何使用仿真器连接 目标板	5	2.2.3 制作 UBI 文件系统	30
1.1.4 如何下载程序至目标板	7	2.3 从 NandFlash 启动 Linux 系统	30
1.1.5 如何下载程序至给定的片 上内存地址	8	2.3.1 uboot 启动测试	30
1.1.6 如何加载 gel 文件	8	2.3.2 烧写 uboot 到 NandFlash	32
1.1.7 如何另存内存中的数据	9	2.3.3 烧写内核及文件系统镜像 到 NandFlash	33
1.2 模块测试(CCS 部分)	10	2.3.4 NAND 启动 DVRRDK 系统	34
1.2.1 测试 SPI ROM	10	2.4 SD 卡启动 EZSDK 系统	34
1.2.2 测试 NandFlash	10	2.4.1 SD 卡制作	34
1.2.3 测试 DDR	11	2.4.2 制作 SD 卡启动脚本	36
1.2.4 测试 MII、GMII	12	2.4.3 SD 卡启动 EZSDK 系统	37
1.2.5 测试 UART	13	2.5 搭建 NFS 网络文件系统	37
1.2.6 测试 VPSS Capture	13	2.5.1 搭建 EZSDK 环境网络 文件系统	37
1.2.7 测试 VPSS Display	17	2.5.2 搭建 DVRRDK 环境网络 文件系统	39
2 Linux 系统的搭建及简单应用	20	2.6 模块测试(Linux 部分)	40
2.1 系统安装	20	2.6.1 测试 HDMI 接口	40
2.1.1 ubuntu 的安装和配置	20	2.6.2 测试 USB 接口(两个)	40
2.1.2 软件开发包安装	23		
2.1.3 NFS 服务器安装	25		

2.6.3	测试 SATA 硬盘接口	41	4.1.4	解码示例	63
2.6.4	测试 MMC 模块	41	4.2	示例编译	64
2.6.5	测试音频接口	42	4.3	示例运行	64
2.6.6	测试 5158 其他 3 个 输入视频	42	4.3.1	标清编解码示例	64
3	基于 EZSDK 的应用开发	43	4.3.2	标清编码示例	65
3.1	Matrix-gui	43	4.3.3	解码示例	65
3.1.1	运行 Matrix	43	4.3.4	标清直通示例	66
3.1.2	编译示例	44	4.4	视频直通示例加入 sobel 算法	67
3.2	OMTB	44	4.4.1	源码修改	67
3.2.1	运行 OMTB	44	4.4.2	源码编译	71
3.2.2	编译示例	45	4.4.3	运行算法 demo	71
3.3	OpenMax	45	4.5	M3_VPSS 测试源码编译	71
3.3.1	运行 OpenMax	46	4.5.1	修改配置文件	71
3.3.2	编译示例	46	4.5.2	编译 M3_VPSS 测试源码	72
3.4	Qt 示例	47	5	实验部分	74
3.4.1	运行 Qt 示例	47	5.1	实验名称:CCS 基本使用	74
3.4.2	编译示例	48	5.1.1	实验原理	74
3.5	SysLink 示例	48	5.1.2	实验目的	74
3.5.1	运行 SysLink 示例	48	5.1.3	实验内容	74
3.5.2	编译示例	49	5.1.4	实验器材(设备、元器件)	75
3.6	Codec Engine 示例	50	5.1.5	实验步骤	75
3.6.1	运行 Codec Engine 示例	50	5.1.6	实验数据与结果分析	87
3.6.2	编译示例	52	5.1.7	实验结论	87
3.7	GStreamer	53	5.1.8	总结及心得体会	88
3.7.1	运行 GStreamer	54	5.1.9	对本实验过程及方法、手段 的改进建议	88
3.7.2	编译示例	54	5.2	实验名称:定点数运算	88
3.8	Graphics SDK	54	5.2.1	实验原理	88
3.8.1	运行 Graphics SDK Demo	55	5.2.2	实验目的	89
3.8.2	编译示例	55	5.2.3	实验内容	89
4	基于 MCFW 的应用开发	57	5.2.4	实验器材(设备、元器件)	89
4.1	修改 DEMO 示例	57	5.2.5	实验步骤	89
4.1.1	标清直通示例	57	5.2.6	实验数据及结果分析	95
4.1.2	标清编解码示例	61	5.2.7	实验结论	96
4.1.3	标清编码示例	62			

5.2.8 总结及心得体会	96	5.6.6 实验数据及结果分析	138
5.2.9 对本实验过程及方法、手段 的改进建议	96	5.6.7 实验结论	139
5.3 实验名称:音频实时处理 实验	96	5.6.8 总结及心得体会	139
5.3.1 实验目的	96	5.6.9 对本实验过程及方法、手段 的改进建议	139
5.3.2 实验原理	97	5.7 实验名称:在 DSP/BIOS 中 线程的使用	139
5.3.3 实验内容	97	5.7.1 实验目的	139
5.3.4 实验器材(设备、元器件)	97	5.7.2 实验原理	139
5.3.5 实验步骤	97	5.7.3 实验内容	143
5.3.6 实验数据及结果分析	107	5.7.4 思考题	145
5.3.7 实验结论	107	5.8 实验名称:任务线程的同步	145
5.3.8 总结及心得体会	107	5.8.1 实验目的	145
5.4 实验名称:UART 串口实验	107	5.8.2 实验原理	145
5.4.1 实验目的	107	5.8.3 实验内容	146
5.4.2 实验环境	108	5.8.4 思考题	149
5.4.3 实验原理	108	5.9 实验名称:使用信号量旗语 发送信息	149
5.4.4 实验内容和步骤	111	5.9.1 实验目的	149
5.4.5 实验记录	112	5.9.2 实验原理	150
5.4.6 实验报告要求	112	5.9.3 实验内容	152
5.4.7 思考题	113	5.9.4 思考题	154
5.5 实验名称:定时器与数字 振荡器	113	5.10 实验名称:利用旗语解决 冲突	154
5.5.1 实验目的	113	5.10.1 实验目的	154
5.5.2 实验要求	113	5.10.2 实验原理	155
5.5.3 实验原理	113	5.10.3 实验内容	157
5.5.4 实验内容	118	5.10.4 思考题	158
5.5.5 思考题	120	5.11 实验名称:使用邮箱发送 消息	158
5.6 实验名称:CCS 中 DSP/BIOS 工具的使用	120	5.11.1 实验目的	158
5.6.1 实验原理	120	5.11.2 实验原理	158
5.6.2 实验目的	122	5.11.3 实验内容	161
5.6.3 实验内容	122	5.11.4 思考题	162
5.6.4 实验器材(设备、元器件)	122	5.12 实验名称:图像采集和图像	
5.6.5 实验步骤	123		

处理实验	164	5.13.5 扩展研究内容	208
5.12.1 实验目的	164	5.13.6 实验结论	208
5.12.2 实验原理	164	5.13.7 总结及心得体会	208
5.12.3 实验内容	165	5.13.8 对本实验过程及方法、 手段的改进建议	208
5.12.4 实验器材(设备、元器件)	165	5.14 实验名称:嵌入系统图像 传输实验	209
5.12.5 实验步骤、实验编程与 运行结果	165	5.14.1 实验目的	209
5.12.6 扩展研究内容	189	5.14.2 实验原理	209
5.12.7 实验结论	189	5.14.3 实验内容	209
5.12.8 总结及心得体会	190	5.14.4 实验器材(设备、元器件)	210
5.12.9 对本实验过程及方法、手段 的改进建议	190	5.14.5 实验步骤、实验编程与 运行结果	210
5.13 实验名称:异常图像处理算法 实验	190	5.14.6 扩展研究内容	220
5.13.1 实验目的	190	5.14.7 实验结论	220
5.13.2 实验内容	191	5.14.8 总结及心得体会	221
5.13.3 实验器材(设备、元器件)	191	5.14.9 对本实验过程及方法、手段 的改进建议	221
5.13.4 实验步骤、实验编程与 运行结果	191	参考文献	222

0 实验准备

实验所需的软件、工具等都位于 experiment 文件目录下,各个文件夹中的内容如表 0-1 所示。

表 0-1 文件目录及表述

目录	文件表述
DVRRDK4.0	DVRRDK 软件开发包安装文件,安装在 ubuntu10.04 系统下
EZSDK5.05	EZSDK 软件开发包安装文件,安装在 ubuntu10.04 系统下
Flashburn	CCS 烧写 nandflash 使用的可执行文件、uboot、内核及文件系统镜像文件
GNU	EZSDK 和 DVRRDK 环境下用于编译内核和 uboot 使用的交叉编译工具
NFS	搭建网络文件系统使用到的 uboot 和两种环境使用到的内核镜像文件
RawPlayer	原始视频播放器安装文件,安装在 Windows 系统下
Sobel	在视频直通程序中添加 Sobel 算法修改的源文件参考文件和算法库文件
ubuntu	虚拟机中安装 ubuntu10.04 使用的光盘镜像文件
Vm_Tools	虚拟机中 Linux 系统和当前 Windows 系统之间的文件直接备份工具
VMware_Workstation_wmb	虚拟机安装文件及注册密钥文件,安装在 Windows 系统下
evm816x	CCS 软件中使用到的 gel 文件和测试工程文件(包括头文件和库文件)
SevureCRT	串口终端安装文件压缩包
Capture_Display_test_pacage	TVP5158 捕获测试可执行性文件和源码、标清显示测试可执行性文件和源码
Video	H264 源码视频文件和 ini 配置文件,用于 DVRRDK 下解码示例演示
ubi_fs_tool	编译生成 ubi 文件系统使用到的可执行程序,用于 ubuntu_32bit
Prebuilt	定制的 EZSDK 和 DVRRDK 环境下的 uboot、内核和 UBI 文件系统等

EVM 板接口示意图如图 0-1 所示。

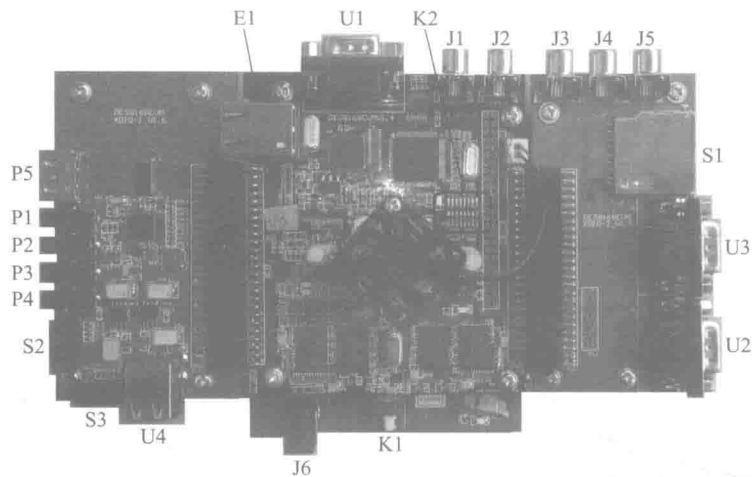


图 0-1 EVM 板接口示意图

EVM 板接口名称如表 0-2 所示。

表 0-2 接口名称

接口	名称	接口	名称
J1	标清视频输出 1	S2	SATA 接口
J2	标清视频输入 1	S3	SATA 接口
J3	标清视频输入 4	K1	电源开关
J4	标清视频输入 3	K2	拨码开关
J5	标清视频输入 2	P1	Line IN
J6	5 V 直流电源输入	P2	麦克风输入
U1	串口 2	P3	耳机输出
U2	串口 1	P4	Line Out
U3	串口 0	P5	HDMI 输出接口
U4	USB 接口 0、1	E1	以太网接口
S1	SD 卡插槽		

1 基础部分

1.1 CCS 软件的基本使用

CCS 软件操作演示是在 CCSv5.2 版本下进行的,其余版本与此类似。CCS 测试工程源码位于 evm816x 文件夹目录下。

1.1.1 如何导入已有的工程.....

在 CCS 软件中导入现有工程,具体步骤如下。

① 启动 CCSv5.2 软件,等待初始化完成。

② 将 experiment 文件夹中的 evm816x 文件夹复制到 CCS 的 Workspace 目录下。该文件夹包含各个工程的源文件、头文件、库文件和初始化使用的 gel 文件。现使用 D:\DSPresearch 为当前 CCS 软件的 Workspace 目录。

③ 选择工具栏中的 Project→Import Existing CCS Eclipse Project 命令,如图 1-1-1 所示。

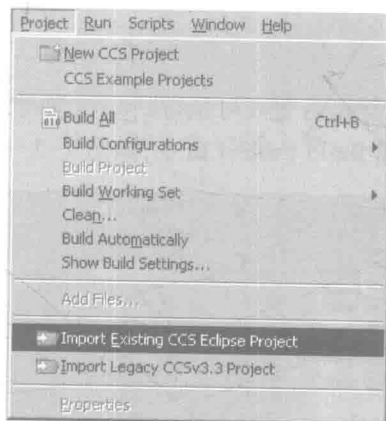


图 1-1-1 导入已有工程

④ 选择 Import Existing CCS Eclipse Project 命令后,单击 Browse 按钮浏览文件夹,选择源码目录 D:\DSPresearch\evm816x\tests,单击 Select All 按钮选择所有工程,如图 1-1-2 所示。

⑤ 最后单击 Finish 按钮,等待软件导入工程完成。至此工程成功导入 CCS 软件中,可在 Project Explorer 窗口中看到导入的工程目录,如图 1-1-3 所示。

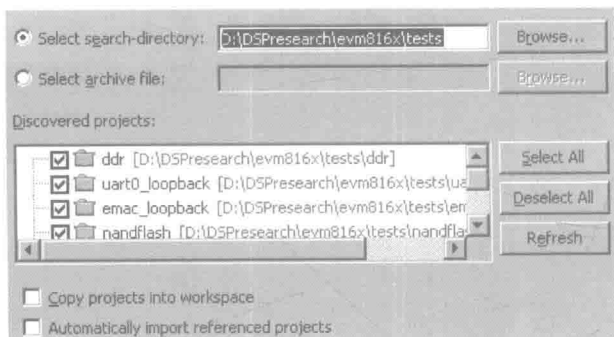


图 1-1-2 选择所有工程

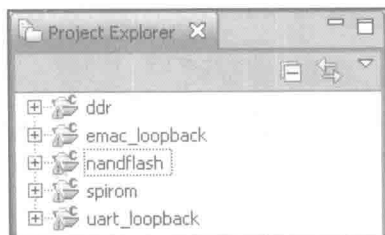


图 1-1-3 导入的工程目录

1.1.2 如何编译工程

导入工程后,源码需要编译、链接后生成可执行 .out 文件才能被 DSP 执行,编译步骤如下。

① 右击待编译的工程后选择 Build Project 命令,如图 1-1-4 所示。

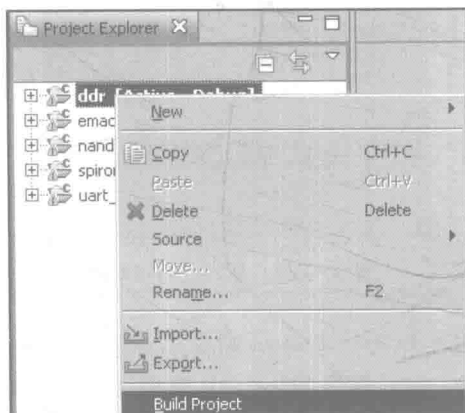


图 1-1-4 编译工程

② 编译完成后可在 Console 和 Problem 窗口中看见反馈信息,如图 1-1-5 所示。

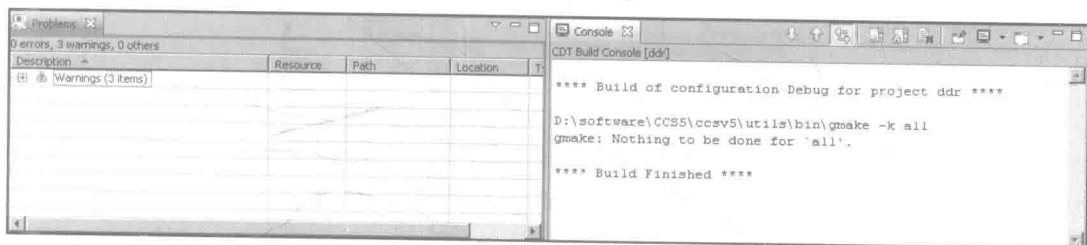


图 1-1-5 查看反馈信息

注:对应工程的 Properties 中的 Compile version 为 TI v5.0.1。

③ 如需编译所有工程,也可以使用菜单栏中的 Project→Build All 命令编译所有工程,如图 1-1-6 所示。

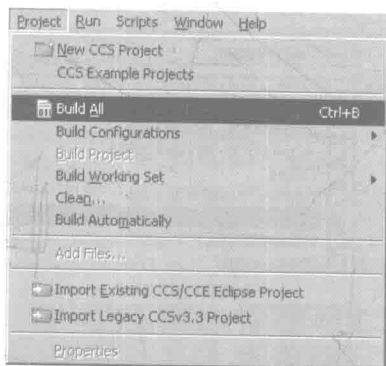


图 1-1-6 编译所有工程

1.1.3 如何使用仿真器连接目标板

工程编译生成 .out 可执行文件后,就可以通过仿真器载入到芯片上运行,在此之前需要通过仿真器与芯片连接。现以仿真器 XDS560 为例,其余仿真器使用与此类似,连接目标板步骤如下。

① 打开 CCSv5.2 软件并等待启动完成后,选择工具栏中的 View→Target Configurations 命令,弹出 Target Configurations 窗口,如图 1-1-7 所示。

② 在 Target Configurations 窗口中右击鼠标,选择 New Target Configuration 命令,创建新的配置文件,并命名为 xds560,如图 1-1-8 所示。

注:命名可根据自己需求修改。

③ 设置配置文件名称后,单击 Finish 按钮进入参数设置界面。Connection 选项选择 TI XDS560 Emulator, Board or Device 选项选择 TI816x,并保存设置。配置完成后,如图 1-1-9 所示。

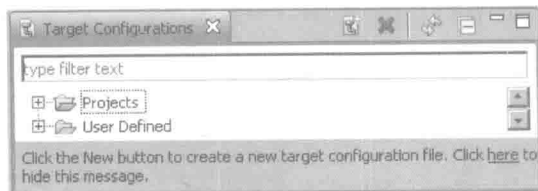


图 1-1-7 Target Configurations 窗口



图 1-1-8 新建配置文件

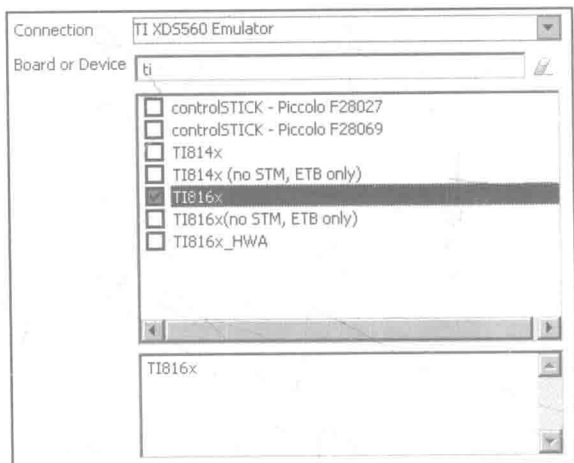


图 1-1-9 设置配置文件参数

注: Connection 选项中的类型根据实际使用的仿真器型号选择。

④ 连接目标板的串口和仿真器到 PC,并打开 PC 的 SecureCRT. exe 串口通信软件,设置波特率为 115 200。

⑤ 开启 DM8168-EVM 板电源,观察 SecureCRT 软件中是否有打印信息,若出现读秒提示时,立即按“回车”键停止目标板继续启动。随后在新建的配置文件 xds560. ccxml 上右键选择 Launch Selected Configuration 命令,按照配置启动仿真器,如图 1-1-10 所示。

⑥ 等待仿真器配置完成后,就可以看到目标板的各个核。在需要连接的核上右键选择 Connect Target 命令连接到对应的核。例如,连接 Cortex-A8 核后如图 1-1-11 所示。

注:其中,TI XDS560 Emulator_0/C674X_0 为 DSP 核;

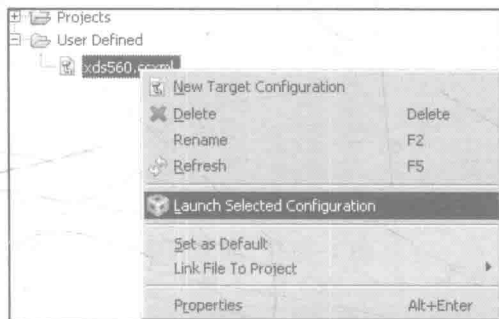


图 1-1-10 启动仿真器

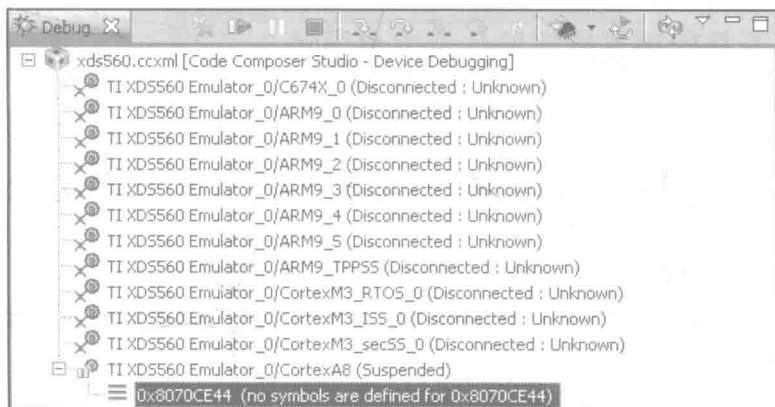


图 1-1-11 选择核进行连接

TI XDS560 Emulator_0/CortexA8 为 ARM 核；

TI XDS560 Emulator_0/CortexM3_ISS_0 为 M3_VPSS 核；

TI XDS560 Emulator_0/CortexM3_RTOS_0 为 M3_VIDEO 核。

1.1.4 如何下载程序至目标板.....

仿真器连接到目标板指定的核之后,就可以下载程序到指定核的片上运行。以 Cortex-A8 核上运行程序为例,步骤如下。

① 开启 CCS 软件后,使用仿真器连接到目标板的 Cortex-A8 核,单击列表中已连接的 Cortex-A8 核。

② 单击工具栏中 Run→Load→Load Program 命令,然后在新窗口中选择 .out 可执行文件,如图 1-1-12 所示。

③ 单击 OK 按钮后,等待下载完成,按 F8 键就可以运行载入的程序。更多操作按钮在 Debug 窗口标题处,如图 1-1-13 所示。