

# DAVINCI 技术

## 原理与应用指南

赵 勇 袁誉乐 丁 锐 编著

东南大学出版社

· 南京 ·

## 内 容 提 要

本书深入浅出地介绍了 DaVinci(达芬奇)技术的原理及其应用,并以在 DaVinci 上开发一个实际的流媒体项目为线索全面地介绍了达芬奇技术的技术要点。全书共分 10 章,介绍了 DVEVM、DVSDK 等软件环境的安装和使用,视频信号采集的基本知识,并详细地分析了 V4L2 驱动程序的工作机制,简要地介绍了最新的 H. 264/AVC 编解码算法,详细地分析了 DaVinci 芯片的双核特性以及由此提出的编解码引擎和服务器的基本概念、相关 API 的使用示例,编解码引擎和服务器的的工作原理,并介绍了在 TI 系列芯片上实现算法所必须遵循的 xDAIS 和 xDM 算法标准。本书还分析了几种流媒体传输技术,基本的 UDP、TCP、RTP 协议在传输媒体净荷数据有关的特性与技术细节,并给出了实例代码。最后进行了 H. 264 码流在网络上传输的适应性分析。全书提供了很多程序示例代码以及较为翔实的分析研究。

本书适合 DSP 或 ARM 软件编程人员作为工作工具使用,也可以作为大学 DSP、ARM 相关课程的参考书使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

DAVINCI 技术原理与应用指南/赵勇,袁誉乐,丁锐  
编著. —南京:东南大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-5641-1031-4

I. D… II. ①赵…②袁…③丁… III. 数字信号—  
信号处理 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 190035 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:江 汉

全国各地新华书店经销 南京玉河印刷厂印刷

开本:700 mm×1000 mm 1/16 印张:19.5 字数:374 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5641-1031-4/TP·169

印数:1~3000 册 定价:39.00 元

(凡因印装质量问题,可直接与读者服务部联系。电话:025-83792328)

# 前 言

多媒体技术和网络与移动通信的飞速发展激发了人们进行视频信息交流的需求,同时也推动了数字视频相关的软硬件技术的进步。软件部分的视频编解码技术自上世纪 50 年代由部分学者开始系统地研究数据压缩理论,到了 80 年代后期,形成了以预测编码、变换编码和统计编码三大经典编码技术为核心的音视频压缩技术体系。视频压缩国际标准也随着技术的进步,从 H. 261、MPEG-1、MPEG-2、H. 263、MPEG4 发展到了现在最适应网络视频、无线移动视频的 H. 264。编解码算法的软件实现平台除了可采用计算机(单价机、稳定性不好、不适合嵌入式应用)和专用芯片 ASIC(周期长、费用高、难度大)以外,DSP 是一种比较灵活、廉价、开发周期短的实现平台。德州仪器公司在 1982 年推出了其第一款真正的 DSP 产品 TMS32010。1993 年,德州仪器公司推出了 TMS320C5X 系列的 DSP 芯片,由于它在蜂窝电话中得到了广泛应用,所以成为历史上销售量最大的 DSP 芯片。1997 年,德州仪器公司又推出了基于超长指令字架构的 TMS320C6X 高性能系列芯片。2006 年,德州仪器公司推出了采用 DSP 和 ARM 的双核架构的 SOC 芯片 TMS320DM6446,也就是本书将要重点讨论的 DaVinci 平台。

本书以 DaVinci 技术为基础,以开发一个实际的流媒体项目为线索,把全书分成五个部分。第一部分为 DaVinci 平台软件环境的搭建。分章系统地介绍了 DaVinci 相关的数字视频评估模块 DVEVM、数字视频软件开发套件 DVSDK 等软件的安装和使用。第二部分为视频信号采集部分。首先简要介绍了数字视频的基础知识,给出了常见图像格式之间的转换和相关代码,接着,以视频采集的流程为线索详细介绍了 V4L2 驱动程序的工作机制并给出示例代码。第三部分为编解码相关部分。介绍了最新的 H. 264/AVC 编解码算法之后,详细地分析了 DaVinci 芯片的双核(DSP 核和 ARM 核)特性以及由此提出的编解码引擎和服务器的基本概念以及相关 API 的使用示例,并分析了编解码引擎和服务器的的工作原理。本部分的最后一章介绍了在 TI 系列芯片上实现算法所必须遵循的 xDAIS 和 xDM 算法标准,并给出了部分实例。第四部分为流媒体传输技术分析部分。首先介绍了基本的 UDP、TCP、RTP 协议在传输媒体净荷数据有关的特性与技术细节,并给出了实例代码。接着分析 H. 264 在网络上的传输特性。最后一部分为附录,给出了

很有价值的完整的项目源代码。

本书是集体智慧的结晶,主要概括了北京大学深圳研究生院移动视频网络技术中心系统组在嵌入式系统平台进行流媒体类项目开发上积累的一些经验,感谢郭鹏同学提供的一些经验,感谢曹军彬同学、肖坚同学对相关项目的参与。此外,还要感谢德州仪器公司沈中安老师和姚日华老师以及闻亭数字系统(北京)有限公司在相关技术上给予的帮助和支持。

书中参考和引用了很多学者的研究成果和论著,作者谨对这些文献资料的著者表示诚挚的谢意。

鉴于本书涉及的知识面比较宽,相关领域发展迅猛,由于时间仓促,加之作者的水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2007年6月于南燕

# 目 录

前言	1
<b>1</b>	
概述	1
1.1 DSP 的发展历程	1
1.2 DaVinci 技术的主要特点	2
1.3 本书的结构	3
参考文献	5
<b>2</b>	
<b>数字视频评估模块 DVEVM</b>	<b>6</b>
2.1 引言	6
2.2 硬件环境的搭建	6
2.3 相关软件的安装	7
2.4 服务器的配置	9
2.4.1 概述	9
2.4.2 配置 TFTP 服务器	9
2.4.3 配置 NFS 服务器	14
2.4.4 配置 DHCP 服务器	17
2.5 Bootloader 的烧写	18
2.6 设置 DVEVM 的启动参数	19
2.7 编写自己的程序示例	22
参考文献	23
<b>3</b>	
<b>数字视频软件开发套件 DVSDK</b>	<b>24</b>
3.1 引言	24

3.2	DVSDK 的安装与配置	25
3.2.1	DVSDK 的安装	25
3.2.2	配置 DVSDK 的编译开发环境	26
3.3	DVTB	28
3.3.1	DVTB 的安装	28
3.3.2	DVTB 的使用	28
3.4	Express DSP Component(XDC)	31
3.4.1	概述	31
3.4.2	XDC 的使用规范	31
3.4.3	XDC 的使用实例	37
	参考文献	45

## 4 数字视频基础 46

---

4.1	引言	46
4.2	图像采样与颜色空间的基本概念	46
4.3	彩色电视制式	48
4.4	图像格式的几种常见的转换	50
4.4.1	YUV2RGB24	50
4.4.2	YUV2RGB16	52
4.4.3	UYVY2YUV	53
4.4.4	YUV2UYVY	55
4.5	常用视频格式	57
	参考文献	57

## 5 V4L2 驱动程序分析 58

---

5.1	引言	58
5.2	设备驱动的基础知识	58
5.3	视频采集的基本流程	60
5.4	打开/关闭一个设备	60
5.4.1	相关信息描述	60
5.4.2	相关结构体与函数	61
5.4.3	代码实现	62

5.5	初始化设备	64
5.5.1	相关信息描述	64
5.5.2	相关结构体与函数	65
5.5.3	代码实现	68
5.6	设定一个数据输入/输出的方法	70
5.6.1	相关信息描述	70
5.6.2	相关结构体与函数	75
5.6.3	代码实现	77
5.7	进入实际的输入/输出循环	79
5.7.1	相关信息描述	79
5.7.2	相关结构体和函数	79
5.7.3	代码实现	80
5.8	退出时释放相关资源	81
5.8.1	相关信息描述	81
5.8.2	相关结构体和函数	81
5.8.3	代码实现	81
	参考文献	82

# 6

	<b>H. 264/AVC 技术分析</b>	<b>83</b>
6.1	引言	83
6.2	结构框架	84
6.3	视频编码层(VCL)概述	84
6.4	档次和级别	85
6.5	编解码技术及算法分析	87
6.5.1	编解码技术概要	87
6.5.2	帧内预测编码	87
6.5.3	帧间预测及运动补偿	89
6.5.4	整数变换及量化	89
6.5.5	扫描与重排序	91
6.5.6	自适应熵编码	91
6.5.7	环路块滤波	92
	参考文献	92

# 7

<b>编解码引擎与服务器</b>	<b>93</b>
7.1 引言	93
7.2 编解码引擎(Codec Engine)	93
7.2.1 概述	93
7.2.2 CE API 的使用	94
7.2.3 VISA API 的使用	96
7.2.4 编译一个编解码引擎	99
7.3 编解码服务器(Codec Server)	101
7.3.1 概述	101
7.3.2 编译一个编解码服务器	101
7.3.3 定制编解码器的内存映射	114
7.4 引擎与服务器的的工作原理	117
7.4.1 概述	117
7.4.2 远过程调用的工作原理	117
7.4.3 引擎与服务器的通讯框架	119
7.4.4 引擎与服务器的通讯细节	120
<b>参考文献</b>	<b>121</b>

# 8

<b>xDAIS 和 xDM 算法接口标准</b>	<b>122</b>
8.1 引言	122
8.2 xDAIS 标准	122
8.2.1 概述	122
8.2.2 算法实例接口(IALG)	122
8.2.3 算法 DMA 接口(IDMA)	133
8.3 xDM 标准	140
8.3.1 概述	140
8.3.2 xDM 接口	141
8.3.3 扩展一个算法	142
<b>参考文献</b>	<b>143</b>

# 9

## 视频传输相关技术分析的实现 144

---

9.1 引言	144
9.2 OSI 模型与 TCP/IP 模型	144
9.3 进程到进程间的通讯	146
9.4 传输控制协议(TCP)	148
9.4.1 TCP 的基本概念	148
9.4.2 TCP 连接的建立	150
9.4.3 TCP 的拥塞控制机制	151
9.4.4 TCP 的会话吞吐率分析	154
9.4.5 TCP 连接的关闭	154
9.4.6 TCP 相关代码实现	155
9.5 用户数据报协议(UDP)	158
9.5.1 UDP 的基本概念	158
9.5.2 UDP 的流量和差错控制	159
9.5.3 UDP 报文的封装和拆装	159
9.5.4 UDP 的队列管理	160
9.5.5 UDP 与 TCP 的区别	161
9.5.6 UDP 相关代码实现	161
9.6 实时传输协议(RTP)	164
9.6.1 RTP 的基本概念	164
9.6.2 RTP 的分组格式	165
9.6.3 RTCP 的分组格式	166
9.6.4 JRTPLIB 库	171
9.6.5 RTP 相关代码实现	181
参考文献	186

# 10

## 基于 H.264 的视频传输特性分析 187

---

10.1 引言	187
10.2 联合信源信道编码的基本原理	187
10.3 H.264 的应用场合	188
10.4 H.264 的 NAL 层	189

10.4.1	NAL 的单元划分	189
10.4.2	NAL 层基于流式传输	190
10.4.3	NAL 基于数据包的传输	190
	参考文献	192

## 附录A

	用 Eclipse 构建集成开发环境	193
--	--------------------	-----

A.1	在 Linux 环境下安装与配置 Eclipse	193
A.1.1	Eclipse 简介	193
A.1.2	Eclipse 的安装	193
A.2	用 Eclipse 构建 DaVinci 的开发环境	194
A.2.1	用 Eclipse 开发一般 C/C++ 程序	194
A.2.2	用 Eclipse 开发基于 DaVinci 的程序	195

## 附录B

	云台控制协议 PELCO 协议	199
--	-----------------	-----

B.1	引言	199
B.2	PELCO-P 协议	199
B.3	PELCO-D 协议	200

## 附录C

	视频案例代码	203
--	--------	-----

C.1	encode.h	203
C.2	main.c	211
C.3	video.c	220
C.4	ui.h	245
C.4.1	ui.h	245
C.4.2	ui.c	246
C.5	cradlehead	269
C.5.1	cradlehead.h	269
C.5.2	cradlehead.c	269
C.6	nettools	274
C.6.1	nettools.h	274
C.6.2	nettools.c	275
C.7	crtl.c	280

## 1.1 DSP 的发展历程

DSP 既可以代表数字信号处理技术(Digital Signal Processing),也可以指数字信号处理器(Digital Signal Processor),前者的理论要通过后者来实现。我们首先看看什么是信号。在信号处理理论中信号是指携带信息的一元函数或者多元函数,在实际中指用来传递消息或命令的光、电波、声音、图像、动作等。数字信号处理就是对这些信号的处理变换。信号处理可分为两类,即模拟信号处理和数字信号处理。从信号处理理论发展的历程来看,直到 1965 年,Cooly 和 Tukey 发表了快速傅里叶变换算法(FFT),信号处理才得以极大地发展。而数字信号处理器是一类具有专门为数字信号处理任务而设计的体系结构和指令系统的通用处理器件。

我们知道计算机采用传统的冯·诺伊曼结构,其程序和数据共用一个存储空间和单一的地址和数据总线,处理器要执行任何指令时,都要从存储器中取出指令解码,再取操作数执行运算,因此,即使单条指令也要耗费几个甚至几十个时钟周期,对于如图像处理这样的大数据量工作来说就会出现性能瓶颈。

DSP 则都是采用的哈佛结构。哈佛结构是一种并行体系结构,它的主要特点是将程序和数据存储在不同的存储空间中,也就是说,指令存储器和数据存储器是两个相互独立的单元。每个存储器独立编址、独立访问。与其存储器相对,有其独立的程序总线 and 数据总线,这样由于指令和存取数据分别经由不同的存储空间和不同的总线,使得各条指令可以重叠执行,因此也就克服了数据流传输的瓶颈,提高了运算速度。

1982 年,德州仪器公司(TI)推出了其第一款真正的 DSP 产品 TMS32010,这款芯片每秒可以处理 500 万条指令。1993 年,德州仪器公司推出了 TMS320C5X 系列的 DSP 芯片,由于它在蜂窝电话中得到了广泛应用,所以成为历史上销售量最大的 DSP 芯片。1997 年,德州仪器公司又推出了基于超长指令字架构的 TMS320C6X 高性能系列芯片。尽管 C6X 系列没有达到 C5X 系列的销量,但它对超长指令字架构的运用则为 TI 的竞争对手模拟器件公司和英特尔公司带来了技术上的启发,它们也推出了基于超长指令字架构的 DSP 产品。但 TI 仍然占有市场的领导地位。

在与上面的单核 DSP 相对的是, TI 公司还开发了一类 MPU + DSP 组合的 SOC 芯片, 就是 OMAP 系列和本书要讨论的 DaVinci 系列。它们都采用了 DSP 和 ARM 的双核架构。对 DaVinci 的特点和性能在下面的章节进行详细描述。

## 1.2 DaVinci 技术的主要特点

DaVinci 平台是一个基于 DSP 系统的高效和拥有竞争力的数字视频/音频组件集合。DaVinci 技术包含如下几个方面:

### 1) 处理器

基于 DSP 的 SOC 处理芯片, 它剪裁集成了 DSP 核、ARM 核。因而, 既拥有 DSP 对数据信号的高速处理能力, 又具有 ARM 对外设强大的管理能力。

### 2) 软件

可操作的、优化了的视频/音频编解码器, 它可以通过提供的 API 接口方便地在应用程序中调用。

### 3) 开发工具与组件

提供了一些优秀的开发套件, 比如 DVTB, XDC, DevRocket IDE 等软件产品来加快应用程序的开发流程。

### 4) 服务支持

有些系统集成服务, 软件和硬件平台是由 TI 的第三方提供的, 如图 1-1 所示, 这些不同领域的第三方保证了用户系统的差异性与专业性。

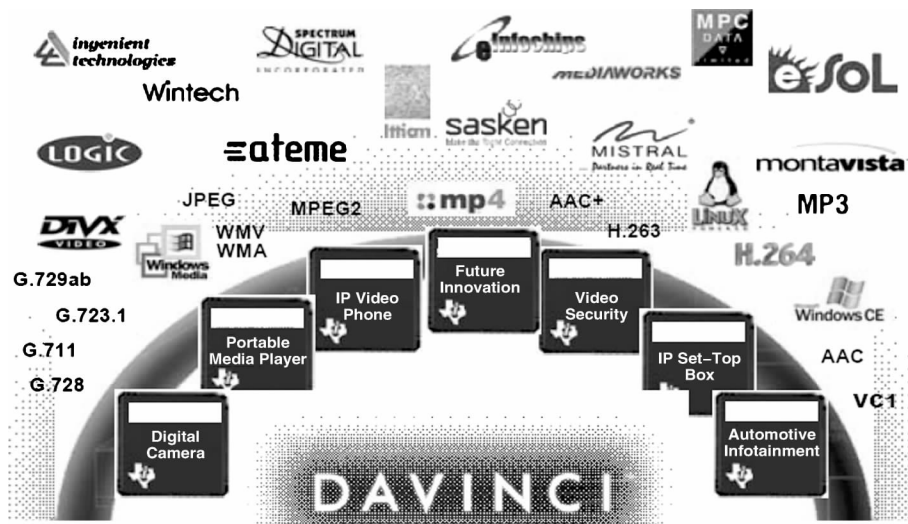


图 1-1 TI 的合作伙伴与所支持的相关平台和相关 codec

DaVinci 平台最大的特点就是基于 DSP 与 ARM 的 SOC 芯片,和与之相关的相关软件,如图 1-2 所示。

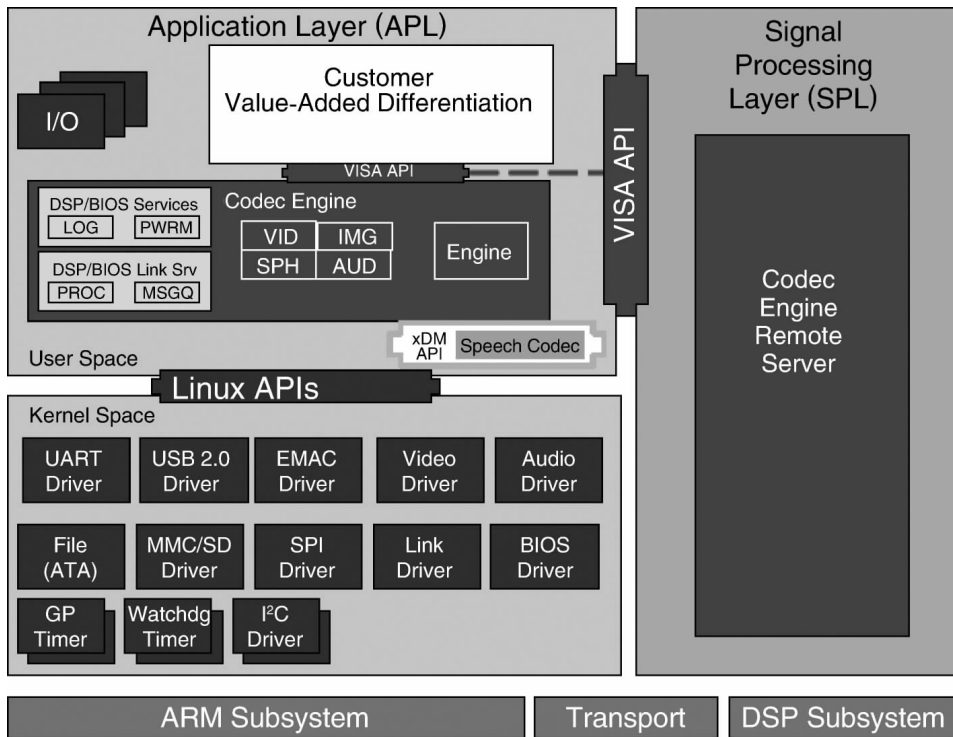


图 1-2 DaVinci 相关软件组件示意图

对 DaVinci 平台, TI 公司在硬件上给予双核架构强有力的支撑,在 DSP 端用 DSP/BIOS 来支持音/视频算法的运行,在 ARM 端用 Monta Vista Linux(MV)来支持其对外设的管理。对于 ARM 与 DSP 之间的数据交互,则用 Codec Engine 和 Codec Server 来加以管理。DaVinci 平台的先进性,对高端音/视频系统来说,无异于是开发平台的最好选择。

### 1.3 本书的结构

我们知道一个通常的与视频处理有关的应用程序的大致框架如图 1-3 所示。

本书以 DaVinci 技术为基础,以开发一个实际的流媒体项目为线索,把全书分成五个部分。第一部分为软件环境的搭建。分章系统地介绍了 DaVinci 相关的数

字视频评估模块 DVEVM、数字视频软件开发套件 DVSDK 等软件的安装和使用。第二部分为视频信号采集部分。首先简要介绍了数字视频的基础知识,给出了常见图像格式之间的转换和相关代码,接着,以视频采集的流程为线索详细介绍了 V4L2 驱动程序的工作机制并给出示例代码。第三部分为编解码相关部分。介绍了最新的 H.264/AVC 编解码算法之后,详细的分析了 DaVinci 芯片的双核(DSP 核和 ARM 核)特性以及由此提出的编解码引擎和服务器的基本概念以及相关 API 的使用示例,并分析了编解码引擎和服务器的的工作原理。本部分的最后一章介绍了在 TI 系列芯片上实现算法所必须遵循的 xDAIS 和 xDM 算法标准,并给出了部分实例。第四部分为流媒体传输技术分析部分。首先介绍了基本的 UDP、TCP 协议在传输媒体净荷数据有关的特性与技术细节,并给出了实例代码。接着分析 H.264 在网络上的传输特性。最后一部分为附录部分,给出了很有价值的、完整的项目源代码以及相关开发本项目的相关资料。如图 1-4。

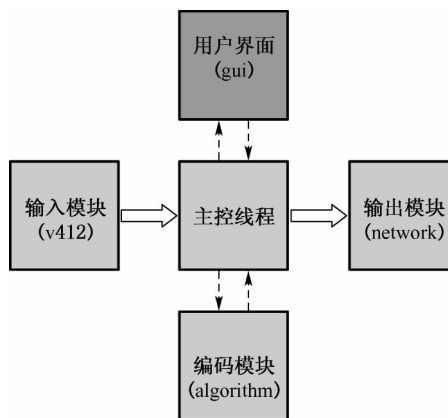


图 1-3 视频处理系统框架示意图

如图 1-4。

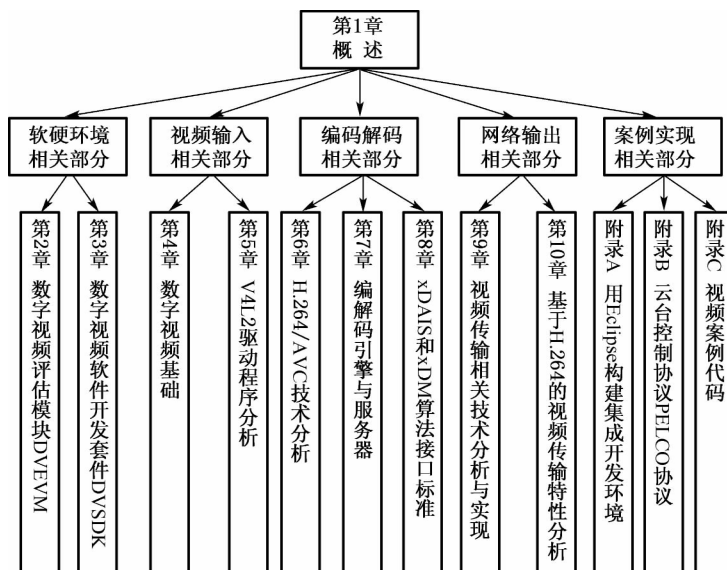


图 1-4 本书各章之间的关系

## 参 考 文 献

- 1 Richard. Understanding Digital Signal Processing, Second Edition. 机械工业出版社, 2005. 2
- 2 程乾生. 数字信号处理. 北京大学出版社, 2005. 2
- 3 Texas Instruments. DVEVM Getting Started Guide. 2006. 3
- 4 Texas Instruments. DVSDK Getting Started Guide. 2006. 8

## 2.1 引言

数字视频评估模块 DVEVM(Digital Video Evaluation Module)是 TI 提供的用来评估 DaVinci 技术和 DM644x 体系架构的评估模块:它包括硬件部分和软件部分。

1) 硬件部分包括如下设备:

■ DVEVM 开发板:包含了 TMS320DM6446 的 DSP 和 ARM9 的双核芯片和丰富的外设接口。

■ CCD 摄像头:用于采集图像。

■ LCD 显示器:调试视频类程序时需要一个显示器。

■ 硬盘:如果不用 NFS 来映射文件系统,则可通过本地的硬盘上的文件系统。

■ 串口线:用来连接开发板和通讯用的超级终端。

2) 软件部分主要包括:

■ DaVinci 数字视频评估包。

■ 评估版的 MontaVista Linux Pro v4.0 target。

■ 评估版的 MontaVista Linux Pro v4.0 tools。

■ 一些 DVDP(Digital Video Development Platform)的软件和相关软件。

本章主要介绍软件部分的开发环境的建立,对硬件的设计方面不做介绍,有兴趣的读者可以到 TI 的网站上查阅相关资料。接下来的几节,我们将一步步的介绍 DaVinci 的整个软件开发环境的搭建。

## 2.2 硬件环境的搭建

首先我们需要有一台 Linux 主机,一台装有 Windows 的计算机(主要用作通过串口连接 DVEVM 的控制台 Console),一个集线器,还有我们的 DaVinci DVEVM 开发板。相关硬件连接如图 2-1 所示。

如果只有一台计算机,也可以把串口线连接到 Linux host 上,使用 mincom 或者 Linux 虚拟机。直连网线这里不做介绍。DaVinci DVEVM 开发板上摄像机、显示器、串口线等相关硬件设施连接如图 2-2 所示。

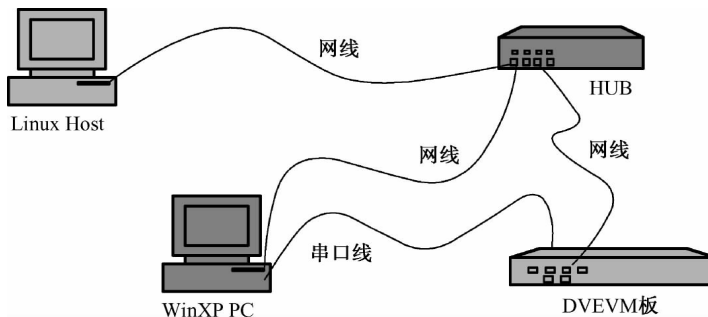


图 2-1 DaVinci 开发环境硬件连接示意图



图 2-2 闻亭 DaVinci 开发板硬件连接图

### 2.3 相关软件的安装

在开始开发应用程序之前，需要安装 DVEVM 的软件开发环境。在 DaVinci 上开发程序分为 codec 部分和应用程序部分，本节主要为 ARM 端搭建相关的软件开发环境。在与 DVEVM 开发板一起附带的光盘中应该有如下软件：

```
mvl_setuplinux_1_00_00_30.bin  
mvl_target_setuplinux_1_00_30.bin
```