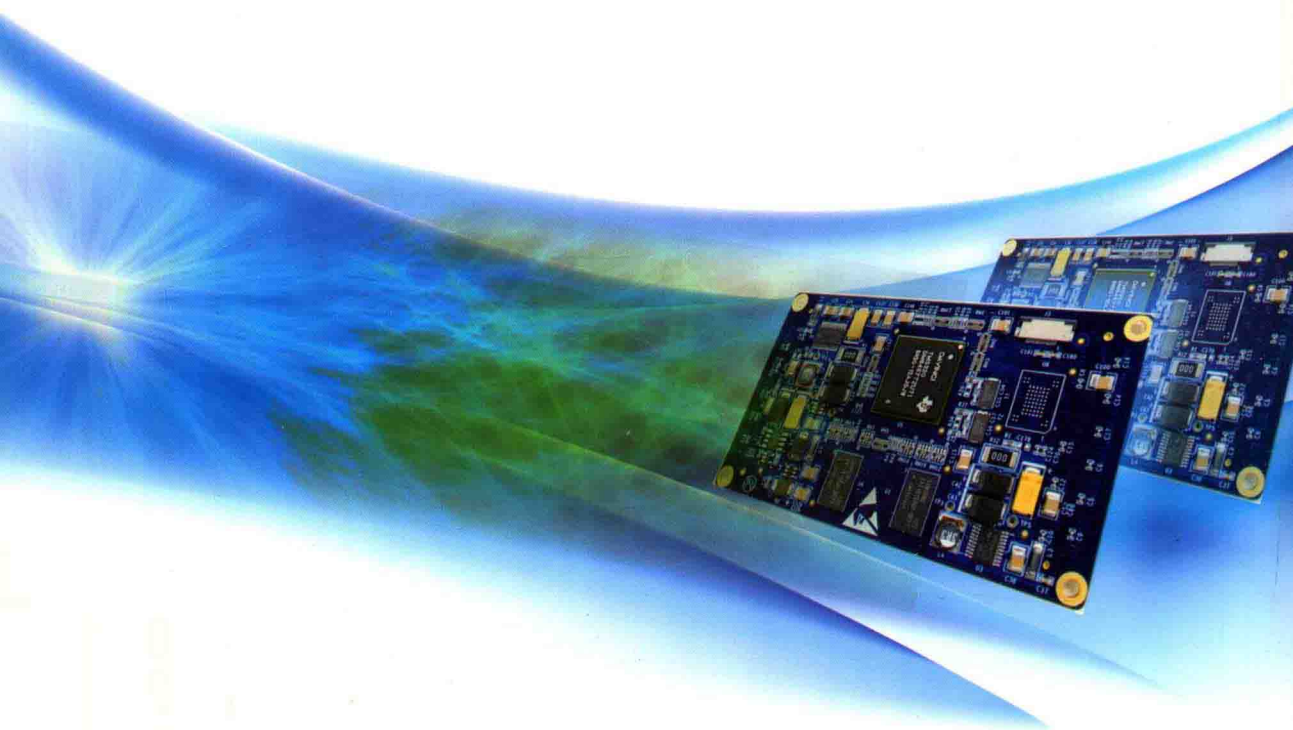




嵌入式技术与电子设计丛书

# 嵌入式音视频应用 ——基于TI DaVinci技术

■ 马汉杰 冯杰 张桦 黄爱爱 等编著



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

嵌入式技术与电子设计

# 嵌入式音视频应用 ——基于 TI DaVinci 技术

马汉杰 冯 杰 张 桦 黄爱爱 胡冬妮 编著

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以嵌入式音视频的典型应用——视频会议作为主线，基于 TI DaVinci 系列 DSP 处理器 TMS320DM6446 平台，系统地介绍了音视频编码的相关技术及其在嵌入式系统上的相关应用；依次讲述了音视频前处理和后处理技术、音视频编解码技术、DSP 处理器上的音视频输入/输出接口、基于 DSP 的音视频软件开发编译及优化，基于 TI DaVinci 平台的软件框架等内容，并给出了基于 SEED-DVS6446 的硬件测试流程及软件开发实例。

本书结合了音视频编码技术理论知识与嵌入式实际应用案例，可以作为电子、信息、通信等专业高年级本科生及研究生的教材，也可以作为从事音视频技术应用的工程技术人员的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

嵌入式音视频应用：基于 TI DaVinci 技术 / 马汉杰等编著. —北京：电子工业出版社，2016.10  
ISBN 978-7-121-30096-7

I. ①嵌… II. ①马… III. ①视频编码—图形软件 IV. ①TN762

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 247032 号

策划编辑：张小乐

责任编辑：张小乐

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：13 字数：333 千字

版 次：2016 年 10 月第 1 版

印 次：2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价：45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式：(010)88254462，[zhxl@phei.com.cn](mailto:zhxl@phei.com.cn)。

# 前 言

近年来，随着网络通信及多媒体技术的蓬勃发展，音视频应用已经扩展到了人们工作与生活的各个领域。同时，嵌入式设备的低功耗及高可靠性等优势，进一步推动了包括视频会议、视频监控等在内的嵌入式音视频应用需求。这些应用均具有终端设备规模大、用户需求更新快、产品研发复杂度高等特点。因此，如何高效、快速、可靠地开发嵌入式音视频产品，一直是工业界具有挑战性的难题。

针对工业界嵌入式音视频应用领域技术的迫切需求，TI 公司推出了 DaVinci 技术。DaVinci 技术是一组专门为数字音视频而设计的基于 DSP 的系统解决方案，针对灵活的数字音视频应用而进行了精心优化，提供了一个简单易用的支持开发所有数字音视频应用的集成平台。DaVinci 技术显著缩短了设计周期，降低了开发成本和生产创新的数字音视频终端设备所需的定制工作量。

本书以视频会议这一嵌入式音视频典型应用为主线，结合音视频编码技术理论知识与嵌入式实际开发案例，基于 TI 公司 DaVinci 技术的典型 DSP 处理器——TMS320DM6446，逐章节依次展开，向读者详细介绍嵌入式音视频应用所涉及的知识。本书具有以下特点：

1. 详细介绍嵌入式音视频应用中涉及的预处理和后处理等关键技术，并将其与 DSP 处理器上的外部设备相对应起来，让读者对嵌入式音视频应用有清晰具体的认识。
2. 详细介绍嵌入式音视频应用中涉及的编解码标准及其核心模块，分析 DSP 上的音视频专用指令，阐述核心算法的数据和指令优化方法。
3. 详细介绍嵌入式音视频应用中涉及的软件模块开发案例，基于 DaVinci 技术独有的 Codec Engine 架构，结合视频会议典型应用对软件框架及模块交互流程进行具体的描述。

本书的第 1 章和第 7 章由马汉杰编写，第 2 章和第 3 章由冯杰编写，第 4 章由张桦编写，第 5 章由黄爱爱编写，第 6 章由马汉杰和胡冬妮编写。浙江理工大学林翔宇老师对本书涉及的部分实验进行了验证和整理，姚永光、李林、刘秋成、周巧丽、陈颖龙、陈涛等进行了资料收集及整理等相关工作。

本书是在德州仪器公司（中国）大学计划支持下完成的，在撰写过程中还得到了其他各种科研项目和基金的支持，其中包括：国家自然科学基金青年基金项目（NSFC 61501402, NSFC 61471150），浙江理工大学科研启动基金（1203804-Y），浙江省重中之重一级学科开放基金（2013KF14），在此表示真诚感谢。

本书是编者团队结合十余年的 DSP 和音视频应用开发经验编写的，博士期间的研究积累融入了本书的许多章节之中，感谢编者导师浙江大学陈耀武教授的指导和帮助。在本书的编写过程中，得到了浙江理工大学和杭州电子科技大学许多老师的帮助和鼓励，

感谢浙江理工大学张华熊教授、蒋明峰教授对本书编写的关心和支持。本书的出版得到了德州仪器公司（中国）沈洁女士和潘亚涛先生、艾睿合众公司梁东先生以及电子工业出版社张小乐编辑的大力支持与帮助，在此一并表示感谢。本书部分资料来自于许多知名网站、论坛及个人博客，编者对这些内容也进行了梳理和总结，在此也表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中可能存在的错误和疏漏之处，恳请同行和广大读者给予批评指正。

编 者

2016.8.31

# 目 录

第 1 章 引言	1
1.1 从视频会议应用开始	1
1.2 嵌入式音视频系统	2
1.3 DaVinci 技术	3
1.4 实验平台	5
1.5 本书结构	7
本章小结	7
第 2 章 嵌入式语音与视频技术应用	8
2.1 语音技术应用	8
2.1.1 语音编码	8
2.1.2 回声抵消	9
2.1.3 其他语音技术	11
2.2 视频技术应用	12
2.2.1 视频编码	12
2.2.2 视频预处理和后处理	13
2.2.3 其他视频技术	13
本章小结	14
第 3 章 语音与视频编解码技术标准	15
3.1 语音编解码技术原理与标准	15
3.1.1 语音编码原理	15
3.1.2 语音编码标准	18
3.1.3 G.711 标准	21
3.1.4 G.729 和 G.729A 标准	22
3.1.5 G.729A 编码器 DSP 实现	24
3.2 视频编解码技术原理与标准	25
3.2.1 视频编码原理	25
3.2.2 视频编码标准	41
3.2.3 H.264 标准	44
本章小结	53

<b>第 4 章 DaVinci 处理器外围设备</b>	54
4.1 典型视频会议系统组成	54
4.2 视频输入和输出接口	55
4.2.1 视频处理子系统工作原理	55
4.2.2 基本开发思路	60
4.2.3 寄存器配置	61
4.3 音频输入和输出接口	70
4.3.1 音频串行接口工作原理	70
4.3.2 基本开发思路	71
4.3.3 寄存器配置	73
4.3.4 寄存器详解	75
4.4 以太网接口	81
4.4.1 工作原理	81
4.4.2 基本开发思路	82
4.4.3 寄存器配置	83
4.5 EDMA3	86
4.5.1 EDMA3 的工作原理	86
4.5.2 EDMA3 传输类型	88
4.5.3 基本开发思路	91
4.5.4 EDMA 传输参数	94
4.6 DDR2	97
4.6.1 工作原理	97
4.6.2 基本开发思路	98
4.6.3 配置说明	99
本章小结	101
<b>第 5 章 DSP 软件编译与优化</b>	102
5.1 DaVinci DSP CPU 简介	102
5.2 DSP 软件开发编译	103
5.2.1 编译过程简介	103
5.2.2 使用 C/C++ 编译器	104
5.3 DSP 软件优化	105
5.3.1 代码优化流程	105
5.3.2 线性汇编优化	107
5.4 音视频算法优化举例	120
5.4.1 G.729 优化流程举例	120

5.4.2	H.264 SAD 算法优化举例 .....	121
	本章小结 .....	134
<b>第 6 章</b>	<b>DaVinci 软件开发 .....</b>	<b>135</b>
6.1	DaVinci 软件平台 .....	135
6.1.1	XDM .....	136
6.1.2	Codec Engine .....	137
6.1.3	DSPLINK .....	141
6.1.4	CMEM .....	142
6.2	Codec Engine .....	143
6.2.1	核心引擎 API .....	143
6.2.2	VISA API .....	144
6.2.3	引擎配置文件 .....	145
6.3	音视频软件模块开发 .....	146
6.3.1	音频编码 .....	147
6.3.2	音频解码 .....	148
6.3.3	视频编码 .....	150
6.3.4	视频解码 .....	151
6.3.5	视频显示 .....	152
6.4	音视频软件应用开发示例 .....	153
6.4.1	主线程 .....	154
6.4.2	控制线程 .....	154
6.4.3	视频编解码线程 .....	156
6.4.4	视频线程交互 .....	157
	本章小结 .....	158
<b>第 7 章</b>	<b>实验与开发示例 .....</b>	<b>159</b>
7.1	硬件实验环境 .....	159
7.1.1	硬件平台搭建 .....	159
7.1.2	仿真器连接 .....	159
7.1.3	CCS5.5 安装 .....	162
7.1.4	开发板驱动安装 .....	164
7.2	硬件测试实验示例 .....	167
7.2.1	DDR SDRAM 测试 .....	167
7.2.2	以太网测试 .....	170
7.2.3	音频测试 .....	172
7.2.4	复合视频采集输出测试 .....	173



7.3 软件开发环境	174
7.3.1 SEED-DVS6446_SDK 安装	175
7.3.2 SEED-DVS6446 Linux 内核配置	180
7.3.3 SEED-DVS6446 Linux 内核编译	182
7.3.4 SEED-DVS6446 Linux 内核启动	182
7.4 软件测试实验示例	184
7.4.1 SEED-DVS6446 Demos 编译	184
7.4.2 SEED-DVS6446 Demos 演示	185
小结	185
附录 A	186
参考文献	197

随着嵌入式处理器性能的不不断提高以及嵌入式系统功能的不断增加，嵌入式系统被越来越多地应用到网络音视频的处理上。嵌入式系统音视频应用中通常要完成多媒体数据的采集、压缩、网络传输与解压缩、系统处理等一系列任务，市场上现已成熟的应用有视频点播、视频监控、视频会议等。这些嵌入式音视频应用通常需要实时工作，这对于系统的硬件平台提出了较高的要求。随着音视频编码及处理算法的日益复杂，许多算法的运算量达到几百甚至几千 MIPS (Million Instructions Per Second)。但相应地，近 30 多年来，随着微电子行业的迅猛发展，DSP (数字信号处理器) 技术也产生了巨大的飞跃，这就为音视频编码及处理算法的使用化铺平了道路。在 DSP 领域最成功的企业是美国的德州仪器公司 (Texas Instruments, TI)，自从 1982 年推出 TMS320 系列的第一款定点 DSP TMS3210 以来，其 DSP 已经发展了若干系列，并针对嵌入式音视频系统的发展趋势要求，TI 推出了 DaVinci 技术。

## 1.1 从视频会议应用开始

视频会议是应用即时互动沟通多媒体系统，将处于不同地方的个人或群体，通过网络或线路连接，通过音视频互传，不但能听到对方的声音，并且能从显示器中看到对方的动态影像，犹如置身于面对面的会议室中。视频会议的基本功能包括音频对讲、双向视频等，实现过程包括音视频采集、处理、编码、传送、接收、解码、播放等环节。图 1-1 显示了一个典型视频会议系统的构成环节。

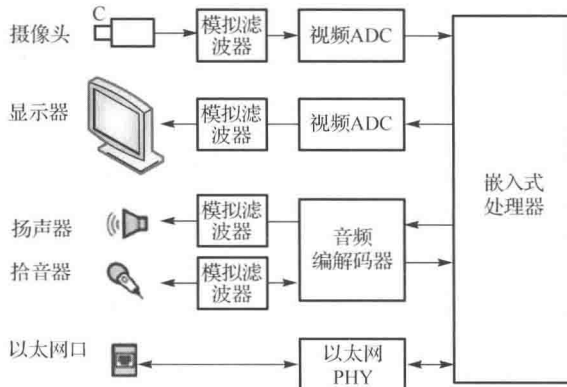


图 1-1 视频会议系统典型构成环节

音视频功能作为视频会议系统的基本功能，其技术规格也相对较高。表 1-1 为视频会议系统音视频技术典型规格。

表 1-1 视频会议系统音视频技术典型规格

规格	说明
音频编码标准	G.711, AAC-LD (22 kHz)
音频特性	动态回音消除
视频编码标准	H.264
视频特性	错误隐藏
帧率	30fps
分辨率	1280×720, 1920×1080

表 1-1 中，音视频编码标准指系统采用的压缩算法，涉及视频会议系统的互连互通特性；音视频特性指系统采用的信号处理算法，直接影响会议终端的效果；帧率与分辨率是视频特有的规格，与视频图像质量相关；同时也直接受处理器计算能力限制。

## 1.2 嵌入式音视频系统

视频会议等音视频应用需求的迅猛增长，带动了音视频编码技术和嵌入式处理器行业的快速发展。以音视频为主要应用的嵌入式系统有以下几大发展趋势：

(1) 厂商提供整套完整方案。嵌入式应用开发是一项复杂的系统工程，因此要求嵌入式系统厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身，同时还需要提供强大的硬件开发工具和软件包支持。目前很多厂商已经充分考虑到这一点，在主推系统的同时，将开发环境也作为重点进行推广。

(2) 片上系统 (SoC) 功能更强更完善。随着网络及信息技术的成熟，带宽日益提高，使得以往单一功能的设备 (如电话、手机、冰箱、微波炉等) 功能不再单一，结构更加复杂。这就要求芯片设计厂商在芯片上集成更多的功能，为了满足应用功能的升级，设计师们一方面采用更强大的嵌入式处理器，增强处理能力，同时增加功能接口 (如 USB) 和扩展总线类型 (如 CANBUS)，加强对多媒体、图形等的处理，逐步实施片上系统的概念。软件方面采用实时多任务编程技术和交叉开发工具来控制功能复杂性，简化应用程序设计，保障软件质量和缩短开发周期。

(3) 多种网络互连接口。未来的嵌入式设备为了适应网络发展的要求，必然要求硬件上提供各种网络通信接口。传统的单片机对于网络支持不足，而新一代的嵌入式处理器已经开始内嵌网络接口，除了支持 TCP/IP 协议，还有的支持 IEEE1394、USB、CAN、Bluetooth 或 IRDA 通信接口中的一种或多种，同时也需要提供相应的通信组网协议软件和物理层驱动软件。软件方面系统内核支持网络模块，甚至可以在设备上嵌入 Web 浏览器，真正实现随时随地用各种设备上网。

(4) 精简系统内核、算法，降低功耗和软硬件成本。嵌入式产品是软硬件紧密结合

的设备，为了降低功耗和成本，需要设计者尽量精简系统内核，只保留和系统功能紧密相关的软硬件，利用最低的资源实现最适当的功能，这就要求设计者选用最佳的编程模型并不断改进算法，优化编译器性能。因此，既需要软件人员有丰富的硬件知识，又需要发展先进嵌入式软件技术，如 Java、Web 和 WAP 等。

(5) 提供友好的多媒体人机界面。嵌入式设备能与用户亲密接触，最重要的因素就是它能提供非常友好的用户界面。图像界面、灵活的控制方式使得人们感觉嵌入式设备就像是一个熟悉的老朋友。这方面的要求使得嵌入式软件设计者要在图形界面、多媒体技术上痛下苦功。手写文字输入、语音拨号上网、收发电子邮件以及彩色图形、图像都会使使用者获得自由的感受。

### 1.3 DaVinci 技术

基于嵌入式音视频系统的发展趋势要求，TI 推出了 DaVinci 技术。如图 1-2 所示，TI 的 DaVinci 技术是一组专门为高效和引人注目的数字视频而设计的基于 DSP 的系统解决方案，适用于数码摄像机、视频安全设备、高级医疗成像设备、便携式视频播放器、智能视频汽车安全驾驶系统、数字电视 IP 网关设计、实时图像处理系统、图像处理与识别系统或任何其他视频应用。



图1-2 TI DaVinci 技术

DaVinci 技术充分利用了 TI 几十年的数字信号处理与集成电路专业技术来提供系统级芯片，这种系统针对灵活的数字视频应用而进行了精心优化，拥有业界领先的性能并集成了可编程数字信号处理器（DSP）内核、ARM 处理器以及视频加速协处理器。凭借高效的处理能力、存储器、I/O 带宽、平衡的内部互连以及专用外设组合，基于 DaVinci 技术的 SoC 能够以最低的成本为视频应用提供理想的核心动力。

处理器自身只能用作数字视频解决方案的基础。管理数字视频系统的所有组件是极其复杂的工程难题。对于许多应用来说，数字视频只是更为庞杂的系统的众多组件之一。为了真正意义上地让开发人员克服最初的障碍并且加快产品上市进程，仅仅开发实施数字视频的基础芯片和软件已经远远不够。开发人员不仅需要处理器，还需要能够直接投入生产的理想代码。换句话说，为了满足其应用的特定需求，开发人员还需要已经集成到可配置或轻松编程的数字视频子系统的硬件和软件。

正如汇编语言向 C 语言的过渡使开发人员能够全力开发更高级的功能性那样，DaVinci 技术使开发人员能够摆脱数字视频的具体技术细节。现在，开发人员不再需要了解其视频应用中实施具体 Codec 引擎（如 MPEG-2、H.263、WMA9）的细节。利用允许开发人员无须修改上层应用代码即可以使用理想 Codec 的 API，可以显著简化视频 Codec 处理的具体低层次细节。摆脱 Codec 的困扰是数字视频广泛普及的重要一步。当开发人员可以立足于以前开发的功能性，创新就已经来到他们眼前。例如，在过去开发电子器件时，即使是最基本的功能，工程师们也需要进行栅极布局。许多年来，TI 等公司始终致力于在硅芯片中集成功能，为超越自身功能期望的器件打下了基础，同时也降低了实现预期目标所需要的工程量。例如，由于提供了显著加快信号处理任务的计算引擎，DSP 的问世已经推动了数十载的技术创新。

利用 DaVinci 技术，TI 可以再度实现全新的创新水平。正是 DSP 的问世带来了计算加速，因此 DaVinci 技术会以 TI 的 DSP 为基础来提供应用加速。开发人员不再需要了解各种音频、视频、影像以及语音 Codec 背后的机制。

如图 1-3 所示，DaVinci 技术包含以下内容：

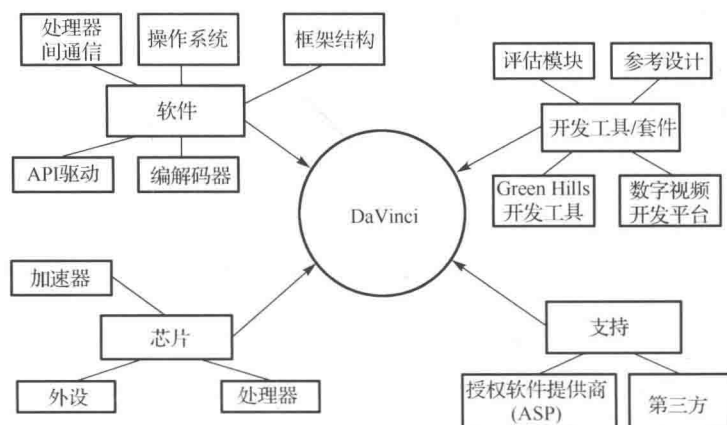


图 1-3 DaVinci 技术构成

- DaVinci 开发工具/套件：完整的开发系统、参考设计和全面的 ARM/DSP 系统级集成开发环境以加速所有数字视频应用的设计和开发。
- DaVinci 处理器：可扩展、可编程的 DSP 和基于 DSP 的 SoC（片上系统）处理器，

定制内核、加速器、外设、ARM 处理器，经优化后可满足数字视频终端设备的各种价格、性能和功能要求。

- DaVinci 软件：可互操作、优化、随时可投入生产的视频和音频“标准”编解码器，这些编解码器沿用 DSP 和集成加速器的功能，内建在可配置的框架中，并通过大受欢迎的操作系统（Linux）中已发布的 API 来呈现，从而获得快速的软件实现。
- DaVinci 支持：系统集成商、TI 第三方合作伙伴网络中具有 DaVinci 技术知识的硬件和软件解决方案提供商以及视频系统专家将帮助你产品快速推向市场。

DaVinci 技术为 OEM 提供了一个简单易用的集成数字视频平台，这个平台实际上支持开发所有数字视频应用。DaVinci 技术显著缩短了设计周期，降低了开发成本和生产创新的数字视频终端设备所需的定制量。标准化编解码器和 API 使 OEM 能更轻松的开发可用于其他基于 DaVinci 的应用的可复用操作代码，从而简化将来的开发工作。DaVinci 支持还包括专用开发工具，如开发平台和参考设计，以缩短 OEM 的产品上市时间。集成 DaVinci 处理器还可显著降低终端产品的成本。

DaVinci 技术的灵活性可使消费者在多方面受益，包括不必在口袋中放置过多独立的电子产品，增强设备的互操作性并延长其使用寿命，提供具有价格优势和功能选择且使用简便的产品和易于升级、电池寿命更长的产品。除了目前包含在我们能想象到的许多消费产品中，在不久的将来，DaVinci 技术还将对消费者生活方式产生巨大影响。现在，通过在机器视觉等应用中使用 DaVinci 技术，消费者能将产品看得更真，这有助于生产诸如高级安防系统、新型汽车控件和更加精密的医疗诊断工具等产品。

## 1.4 实验平台

德州仪器（TI）的 DaVinci 系列处理器专门针对高端视频系统的需求而设计，该系列的典型处理器之一就是功能强大的 DM6446。DM6446 的双内核架构兼具 DSP 和 RISC 的技术优势，集成了时钟频率达 594MHz 的 c64x+DSP 内核与 ARM926EJ-S 内核。新一代 c64x+DSP 是 TMS320C6000 DSP 平台中性能最好的定点 DSP，并建立在 TI 开发的第二代高性能高级 VLIW 架构的增强版之上。c64x+与前一代 C6000 DSP 平台代码兼容。DM644x 等可编程数字媒体处理器可以支持所有的现有业界标准以及采用单个可编程数字媒体处理器的专有视频格式。图 1-4 给出了 DM6446 处理器的组成框图。DM6446 还具有片上内存，包括一个 2 级高速缓存和众多具有视频专用功能的外设。DM6446 还包含一种视频/影像协处理器（VICP），用于减轻相关算法（如 JPEG、H.264、MPEG4 与 VC-1）的 DSP 内核中繁重的视频与影像处理负担，从而使更多的 DSP MIPS 能够用于视频后处理或者其他并行运行等功能。以上这些都为实现视频会议系统提供了良好的资源保证。

SEED-DVS6446 是一款专为嵌入式音视频应用而开发的模块，其上包含了一个专用于数字多媒体处理的高性能 32 位的双核架构处理器 TMS320DM6446，可实时实现数字音视频的编解码运算。开发模块上音视频应用的相关外设设有双路视频采集接口、CVBS

和 VGA 双路输出、立体声音频输入输出接口、10M/100M 以太网接口等。本书采用 SEED-DVS6446 作为实验平台，图 1-5 所示为实验平台实物图。

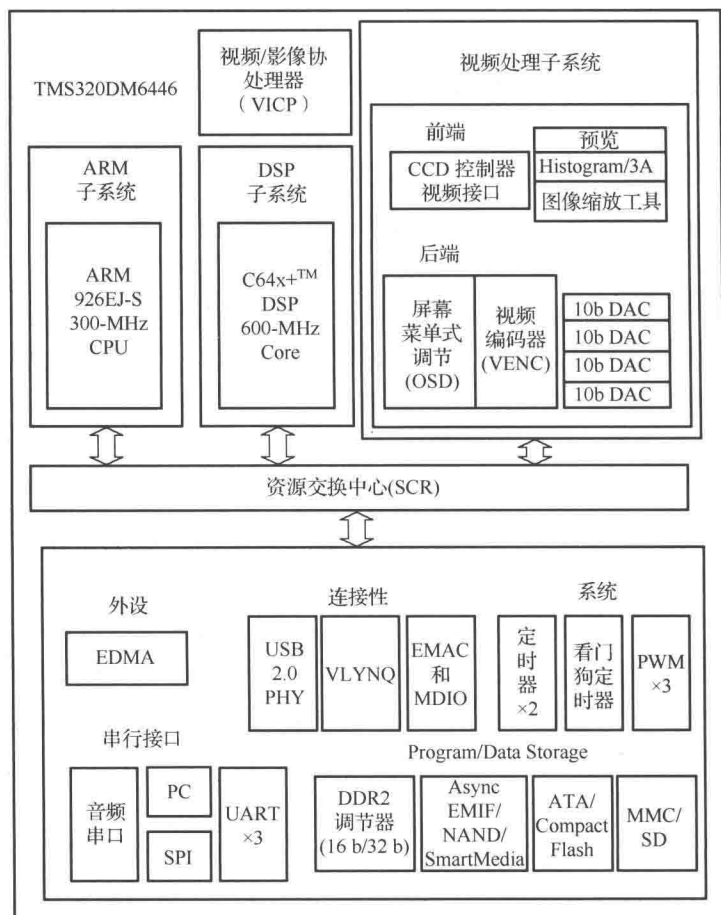


图 1-4 DM6446 处理器组成框图

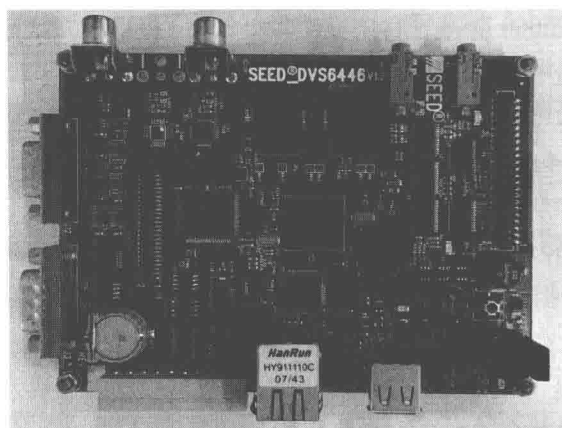


图 1-5 SEED-DVS6446 开发板

## 1.5 本书结构

本书框架如图 1-6 所示。各章内容概述如下：

- 第 1 章从典型音视频应用——视频会议系统开始，概述了嵌入式音视频系统及 DaVinci 技术。
- 第 2 章以视频会议系统为例，介绍了嵌入式系统中典型的音视频技术。
- 第 3 章详细介绍了视频会议系统中应用的音视频编解码技术。
- 第 4 章介绍了与典型音视频技术相关的 DaVinci 处理器外围设备。
- 第 5 章介绍了与音视频编解码相关的 TI C64X+指令集。
- 第 6 章以前面第 2~5 章为基础，系统介绍了基于音视频应用的 DaVinci 软件开发。
- 第 7 章为具体的各部分实验和嵌入式音视频软件开发示例。

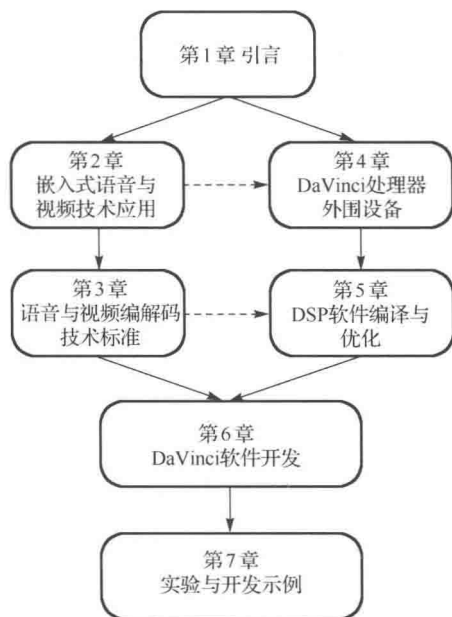


图 1-6 本书框架图

## 本章小结

本章概述了嵌入式音视频技术的发展趋势，以及 TI 相对应地推出的 DaVinci 技术的特点，并对整书的框架进行了描述，后续各章将一一展开。



## 第 2 章

# 嵌入式语音与视频技术应用

本章以视频会议系统为例,介绍音视频技术在嵌入式系统中,特别是 TI DSP 上的应用。许多重要的音视频技术都能在视频会议系统中得以体现。国际电信联盟 (ITU) 对于在视频会议中应用的音视频通信技术及其兼容性的技术进行了规范,在这些基本的协议中,同时对语音、视频、数字信号的编码格式以及用户控制模式等要件进行了相关的规定。ITU-T 制定的适用于视频会议的标准有: H.320 协议 (用于 ISDN 上的群视频会议)、H.323 协议 (用于局域网上的桌面视频会议)、H.324 协议 (用于电话网上的视频会议)、H.310 协议 (用于 ATM 和 B-ISDN 网络上的视频会议) 和 H.264 协议 (高度压缩数字视频编解码器标准)。其中 H.323 协议成为目前应用最广、最通用的协议标准,而 H.264 协议是目前最先进的网络音视频编解码技术。

## 2.1 语音技术应用

语音是人类交流信息最自然、最有效、最方便的手段。因此大多数通信系统都要包含语音传输的功能。随着科学技术的发展,虽然图像、数据等非语音信息在信息传递中所占的比例越来越大,但是有效地传递语音信息仍然是众多通信系统必备的功能之一。

### 2.1.1 语音编码

语音编码、语音通信最早可以追溯到 1876 年贝尔发明电话机,该装置首次利用声电、电声转换技术实现了远距离的语音信号传输。早期的语音通信装置采用的是模拟语音通信,但它在可靠性、抗干扰能力、快速交换等方面存在很多问题。自从 20 世纪 60 年代集成电路出现以后,通信信道和通信终端开始从模拟系统演变为全数字系统。与模拟通信相比数字通信在可靠性和抗干扰能力等方面具有很大优势,但不足之处是占用的频带较宽。为了节省数字语音信号传输所需要的带宽,语音编码技术开始得到深入研究。

语音编码属于信源编码范畴,自从 20 世纪 30 年代末提出脉冲编码调制 (PCM) 和声码器 (Vocoder) 理念后,一直沿着这两个方向发展,它们也可以称为语音信号的波形编码与声码化编码,或称为非参数编码与参数编码,参数编码有时也称为模型编码。

随着计算机技术的发展以及大规模、超大规模集成电路的出现,语音编码技术取得