

TI 大学计划推荐用书

OMAP-L138

DSP 原理与应用实例

*Digital Signal Processing and Applications
with the OMAP-L138 eXperimenter*

[英] Donald Reay 著

林征宇 邓颖 译



科学出版社

OMAP-L138

DSP 原理与应用实例

〔英〕Donald Reay 著

林征宇 译
邓颖

科学出版社

北 京

图字: 01-2012-8843 号

内 容 简 介

OMAP-L138 是德州仪器(TI)公司新近推出的低功耗双核数字信号处理器,得到了“TI 大学计划”的力荐。OMAP-L138 处理器包含 ARM 和 DSP 双内核,适用于各种便携移动式多媒体应用。本书着重演示用其 C6748 DSP 内核实现实时数字信号处理的算法。

本书提供一套广泛而全面的例程,用于帮助师生在实验室通过大量的动手实验教学数字信号处理。主要内容包括基于轮询、中断和直接内存访问的 I/O 方法,以及如何用板级支持库(BSL)、DSP/BIOS 实时操作系统、DSP/BIOS 平台支持包运行实时应用程序。

本书可以作为高等院校的“数字信号处理”教材。

图书在版编目(CIP)数据

OMAP-L138 DSP 原理与应用实例/(英) Donald Reay 著;林征宇,邓颖译. —北京:科学出版社,2014.8

书名原文: Digital signal processing and applications with the OMAP-L138 eXperimenter

ISBN 978-7-03-040682-8

I. O… II. ①D… ②林… ③邓… III. 数字信号处理 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 103553 号

责任编辑:叶 秋 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:魏 谨 / 封面设计:付永杰

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京画中画印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 8 月第 一 版 开本:787×960 1/16

2014 年 8 月第一次印刷 印张:22

印数:1—3000 字数:490 000

定 价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled Digital Signal Processing and Applications with the OMAP-L138 eXperimenter, ISBN 978-0-470-93686-3, by Donald Reay, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

Copies of this book sold without a Wiley sticker on the cover are unauthorized and illegal.

中文版序

在1999年我第一次给浙江大学学生上数字信号处理动手实验课的时候,用的教材是Rulph Chassaing编写的《数字信号处理:基于C语言和TMS320C31 DSK的实验室实验》(*Digital Signal Processing: Laboratory Experiments Using C and the TMS320C31 DSK*)。自那以后,我又多次访问浙江大学,进行基于动手实验的数字信号处理教学,使用了许多不同的德州仪器(TI)公司的数字信号处理器硬件平台,包括C31、C6711和C6713等DSP初学者套件(DSK)。在教学中,利用学校已有的实验设备(计算机、示波器和信号发生器)和我带来的几套DSP评估板(EVM),就可以建立一个小小的DSP教学实验室,用于演示本系列丛书讲述的材料,并让学生进行动手实验。

我相信,我的数字信号处理动手实验课在浙江大学深受学生欢迎。希望通过本书中文版的出版,把基于动手实验的DSP教学方法传播到更多的教育机构。

Donald Reay

译者序

本书作者 Donald Reay 博士是我在英国爱丁堡 Heriot-Watt 大学求学时的博士生导师。Reay 博士于 1989 年毕业于英国剑桥大学,取得博士学位,随后一直在 Heriot-Watt 大学从事教学科研工作,到现在已经有二十多年了。他一直提倡通过动手实验学习数字信号处理的基本理论,本书是他多年教学经验的结晶。

第一次遇见 Reay 博士是我在 1999 年参加 Reay 博士在浙江大学举办的 DSP 动手实验讲座,那时我还是浙江大学电气工程学院的硕士研究生。当时国内德州仪器(TI)公司的数字信号处理器开发评估板还很少见,Reay 博士从英国带了几套 TI 公司的 DSP 评估板及其他一些相关设备过来,并利用周末时间为讲座建立了一个临时的 DSP 教学实验室。在参加讲座之前我已经学习过了数字信号处理的一些相关知识,可是基本上是一知半解,很难和实际应用或现象联系起来。基于动手实验的学习效果是明显的,在那时学到的 DSP 理论甚至当时的一些教学过程,我现在还记忆犹新,好像就发生在昨天。

如今,我也在英国大学中从事教学科研工作。英国的高等教育非常重视学生有效的学习。根据一些参考资料,传统的课堂教学和课后的阅读,只能让学生记得学过的 10%~20% 的内容,而如果有实验演示、课堂讨论等教育环节,会提高学习效率;如果有动手实验环节,那么学习效率可以达到 70% 以上。在英国的很多知名大学中,都大力提倡研究型学习(Research-Led Learning),或者动手型学习(Activity-Led Learning)。本书正是这种教育方法的体现,每章都提供了许多生动的动手实验例程,通过动手实验对数字信号处理的一些重要概念进行了讲述。

本书讲述的程序基于软件 CCSv4 和开发工具 OMAP-L138 eXperimenter Kit。如果读者使用的是 CCS 的最新版本 CCSv5,或者 TI 公司为 OMAP-L138 处理器开发的另一款开发工具 OMAP-L138 Development Kit (LCDK),相应的程序都可以在 Wiley 出版社的 ftp 网站下载:

ftp://ftp.wiley.com/public/sci_tech_med/signal_processing/

所有程序都已经经过测试。

感谢科学出版社给我提供这个机会,让我能为传播动手型 DSP 教学方法做出贡献。科技书籍的翻译工作是漫长而枯燥的,在这个过程中,本书作者 Donald Reay 博士,浙江大学的何湘宁教授,还有 TI 大学计划的中外相关工作人员给了我很多鼓励和帮助。在此即将完

稿之际,向他们表示衷心的感谢。

这是我第一次从事科技书籍的翻译工作。限于水平,译文中难免有错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正。

林征宇

2014年4月于英国伯明翰

前言

本书是数字信号处理系列丛书的一本。该系列丛书始于 1990 年 Rulph Chassaing 和 Darrell Horning 编写的《基于 TMS320C25 的数字信号处理》，体现了 TI(德州仪器)公司开发的一代又一代数字信号处理器。该系列丛书的每一本都介绍了一种以 TI 大学计划为教学目的而推出的低成本数字信号处理(DSP)开发工具。该系列丛书的一贯宗旨就是提供大量简单的例程，在实验室环境下演示实时数字信号处理的概念。

Rulph Chassaing 和我都提倡利用 DSP 硬件开发工具和实验室测试设备来处理模拟音频信号的动手实验的教学，因为这是一种非常有效的强化课堂理论学习的方法。

该系列丛书中牵涉到数字信号处理的基本概念的内容基本一样，包括模数和数模转换、FIR 和 IIR 滤波、傅立叶变换、自适应滤波。在大学里，每年都有一批新的学生要学习这些内容。但是该系列丛书中的每一本都讲述了一种不同的硬件开发工具。TI 大学计划推出的最新硬件开发工具是 OMAP-L138 eXperimenter。

本书适合有一定 C 语言和线性系统理论基础的电气工程专业高年级本科生和研究生使用。

TI 公司的 DSP 器件的结构已经达到了一定的复杂程度，而且使用汇编语言编写程序的难度非常大，大大超出了学生的能力范围。此外，我发现，汇编语言编程并不在 DSP 教学大纲之内，而且课堂上也没有足够的时间来讲述这部分内容。而且一些 TI 公司提供的优化 DSP 的程序库也都是用 C 语言来编程，而不是汇编语言。

为此，本书不再讲述数字信号处理器的结构和汇编语言编程。

OMAP-L138 是一款双核处理器，其拥有的性能远远超出了一本书所能讲述的范围。本书是专门为 DSP 提供的教材，所以只介绍了该处理器的部分 DSP 相关性能。

希望本书能够为想要教授或学习数字信号处理的师生们提供有用的学习材料，并能成为想进一步学习 DSP 技术的技术人员的入门书籍。

感谢 TI 大学计划的 Robert Owen 和 Cathy Wicks 的支持和鼓励，Wiley 出版社 George Telecki 的耐心帮助。感谢 Heriot Watt 大学 Keith Brown 的建议，并帮助测试了书中的一些例程。感谢浙江大学的何湘宁教授给我提供了良好的教学环境和优秀的学生，让我有机会试讲一些本书中的例程。但我最想感谢的是 Rulph Chassaing，是他启发和激励着我从事 DSP 的动手实验课程的教学。

本书的 ftp 站点(ftp://ftp.wiley.com/public/sci_tech_med/signal_processing)包含了书中所有例程的源程序。

Donald Reay

目 录

第 1 章 OMAP-L138 开发系统

1.1 引 言	1
1.2 硬件和软件工具	3
1.2.1 Zoom OMAP-L138 eXperimenter 实验板	5
1.2.2 C6748 处理器	5
1.2.3 CCS IDE	6
1.2.4 安装 CCSv4 软件和相关的支持文件	6
1.3 使用书中提供的代码对 eXperimenter 实验板进行初步测试	7
1.4 测试实验板的例程	11
例 1.1 产生由 48 个点组成的正弦信号,并在数据缓存区存储输出数据 用于 CCS 软件和 MATLAB 绘图(L138_sine48_buf_intr)	12
例 1.2 两个数组的点积运算(L138_dotp4)	23
1.5 支持文件	28
1.5.1 初始化配置文件(L138_aic3106_init.c)	28
1.5.2 头文件(L138_aic3106_init.h)	28
1.5.3 向量文件(vectors_intr.asm和vector_poll.asm)	28
1.5.4 链接命令文件(linker_dsp.cmd)	32
练 习	33
参考文献	33

第 2 章 使用 OMAP-L138 实验板的模拟输入和模拟输出

2.1 引 言	35
2.2 用于模拟输入和输出的板载立体声编解码器 TLV320AIC-3106(AIC3106)	36
2.3 C 语言的编程实例	37
2.3.1 基于轮询、中断和直接存储器访问的实时 I/O 方法	38
例 2.1 基于轮询的基本输入/输出(L138_loop_poll)	38
例 2.2 基于中断的基本输入/输出(L138_loop_intr)	43
例 2.3 基于 DMA 的基本输入/输出(L138_loop_edma)	46

例 2.4	修改程序 L138_loop_intr.c 产生延时效果 (L138_delay_intr)	50
例 2.5	修改程序 L138_loop_intr.c 产生回声 (L138_echo_intr)	52
例 2.6	修改程序 L138_loop_intr.c 产生翻边效应 (L138_flanger_intr) ...	53
例 2.7	输入数据保存在缓存器中的循环程序 (L138_loop_buf_intr) ...	57
2.3.2	实时的正弦波发生器	61
例 2.8	基于查表方法的正弦波发生器 (L138_sine48_intr)	62
例 2.9	基于调用函数 sin() 的正弦波发生器 (L138_sine_intr)	63
例 2.10	用 DIP 开关控制正弦信号发生器输出的幅度和频率 (L138_sine_DIP_intr)	66
例 2.11	用含有 8000 个采样点数据的查找表产生正弦扫频效果 (L138_sweep_poll)	68
例 2.12	使用查表方法产生双音多频 (DTMF) 音调 (L138_sineDTMF_intr)	70
例 2.13	信号重构、混叠及编解码器 AIC3106 的属性 (L138_sine_intr.c)	72
例 2.14	基于查表的方波发生器 (L138_squarewave_intr)	73
例 2.15	AIC3106 DAC 重构滤波器的脉冲响应 (L138_dimpulse_intr) ...	74
例 2.16	输入为伪随机二进制序列的 DAC 重构滤波器的频率响应 (L138_prbs_intr)	74
例 2.17	输入为伪随机噪声的 DAC 重构滤波器的频率响应 (L138_prandom_intr)	83
例 2.18	编解码器 AIC3106 中抗混叠滤波器的阶跃响应 (L138_loop_buf_intr)	83
例 2.19	编解码器 AIC3106 抗混叠滤波器的演示 (L138_sine48_loop_intr)	85
例 2.20	混叠的演示 (L138_aliasing_intr)	87
例 2.21	使用自适应滤波器识别编解码器 AIC3106 的带宽 (L138_sysid_intr)	87
例 2.22	用两块 eXperimenter 实验板辨识 AIC3106 编解码器的带宽	91
例 2.23	斜坡发生器 (L138_ramp_intr)	94
例 2.24	调幅 (L138_am_poll)	95
例 2.25	使用外部存储器记录音乐 (L138_record_poll)	97
参考文献		99

第3章 有限脉冲响应滤波器

3.1 数字滤波器概述	101
3.1.1 FIR 滤波器	101
3.1.2 z 变换介绍	103
例 3.1 指数函数 $x(n)=e^{nk}$ 的 z 变换	103
例 3.2 阶跃函数 $x(n)=1$ 的 z 变换	103
例 3.3 正弦函数 $x(n)=\sin(n\omega T)$ 的 z 变换	104
3.1.3 z 变换的基本性质	104
3.1.4 z 传递函数	106
3.1.5 从 s 平面到 z 平面的映射	106
3.1.6 差分方程	107
3.1.7 频率响应和 z 变换	108
3.1.8 理想滤波器响应的分类:LP、HP、BP 和 BS	108
3.1.9 滤波器设计的窗函数方法	108
3.1.10 窗函数	109
例 3.4 用窗函数的方法设计理想低通 FIR 滤波器	110
3.1.11 用频移的方法设计带通和高通滤波器	114
3.2 C 语言和汇编语言的编程实例	117
例 3.5 滑动平均滤波器 (L138_average_intr)	117
例 3.6 输入为内部产生的伪随机噪声的滑动平均滤波器 (L138_average_prn_intr)	119
例 3.7 用两块 eXperimenter 实验板识别滑动平均滤波器的 频率响应 (L138_sysid_intr)	121
例 3.8 用一块 eXperimenter 实验板识别滑动平均滤波器的 频率响应 (L138_sysid_average_intr)	123
例 3.9 具有滑动平均、低通、带阻和带通特性的 FIR 滤波器的 滤波系数文件 (L138_fir_intr)	127
例 3.10 输入为伪随机噪声序列的 FIR 滤波器 (L138_firprn_intr)	131
例 3.11 输入为内部产生的伪随机噪声并把输出存在存储器上的 FIR 滤波器 (L138_firprn_intr)	134
例 3.12 3 个 FIR 低通滤波器对声音信号的影响 (L138_fir3lp_intr)	138
例 3.13 实现 4 种不同的滤波器:低通、高通、带通和带阻滤波器 (L138_fir4types_intr)	139

例 3.14	用两个陷波滤波器恢复损坏的语音记录 (L138_notch2_intr)	141
例 3.15	使用滤波和调制实现语音扰频	143
例 3.16	用基于 DMA 的 I/O 实现 FIR 滤波器 (L138_fir_edma)	145
例 3.17	用 DSPLIB 库函数实现 FIR 滤波器 (L138_fir_dsplib_edma)	147
例 3.18	在 C 语言程序中调用 ASM 函数实现 (L138_FIRcasm_intr.c)	150
例 3.19	C 语言程序调用一个更快的 ASM 函数实现 FIR (FIRcasmfast)	152
参考文献		153

第 4 章 无限脉冲响应滤波器

4.1	引 言	155
4.2	IIR 滤波器的结构	156
4.2.1	直接 I 型	156
4.2.2	直接 II 型	157
4.2.3	转置直接 II 型	158
4.2.4	级联型	159
4.2.5	并联型	160
4.3	脉冲响应不变法	160
4.4	双线性变换法	161
4.5	C 语言和汇编语言的编程实例	163
4.5.1	简单 IIR 低通滤波器的设计	163
例 4.1	实现一个用级联直接 II 型二阶滤波器组成的 IIR 滤波器 (L138_iirsos_intr)	165
例 4.2	实现一个用级联转置直接 II 型 2 阶滤波器组成的 IIR 滤波器 (L138_iirsostr_intr)	168
例 4.3	用伪随机噪声作为输入来分析 IIR 滤波器的频率响应 (L138_iirsosprn_intr)	169
例 4.4	用一个脉冲序列作为输入来分析 IIR 滤波器的频率响应 (L138_iirsosdelta_intr)	169
例 4.5	用 MATLAB 工具 fdatool 设计 4 阶椭圆低通 IIR 滤波器	178
例 4.6	用 fdatool 设计带通滤波器	182

例 4.7	用 DSPLIB 库函数 DSPF_sp_biquad() 实现 IIR 滤波器 (L138_iirsos_DSPLIB_edma)	184
例 4.8	用定点运算实现 IIR 滤波器 (L138_iir_intr)	188
例 4.9	用编解码器 AIC3106 的数字滤波器实现 4 阶 IIR 滤波器 (L138_sysid_biquad_intr)	189
例 4.10	用差分方程产生一个正弦波 (L138_sinegenDE_intr)	197
例 4.11	用差分方程实现一个双音多频 (DTFM) 信号 (L138_sinegenDTMF_intr)	199
例 4.12	用差分方程实现正弦扫频信号 (L138_sweepDE_intr)	202
例 4.13	在 C 语言程序中调用汇编函数实现的基于差分方程的 正弦波发生器 (L138_sinegencasm_intr)	203

第 5 章 快速傅里叶变换

5.1	引 言	207
5.2	基 2 的 FFT 算法的推导	208
5.3	按频率抽取的基 2 的 FFT 算法	209
5.4	按时间抽取的基 2 的 FFT 算法	211
5.5	按频率抽取的基 4 的 FFT 算法	214
5.6	快速傅里叶逆变换	215
5.7	C 语言的编程实例	216
例 5.1	一个实数序列的离散傅里叶变换, 用 CCS 软件的 图形显示窗口 MATLAB 观察输出 (L138_dft)	216
例 5.2	估计 DFT 和 FFT 函数的执行时间 (L138_dft、L138_dftw、 L138_fft、L138_fft_dsplibr2)	225
5.7.1	基于帧的数据处理	229
例 5.3	基于 EDMA3 的内存移动 (L138_mem_edma)	235
例 5.4	用 DFT 函数和预先计算的旋转因子进行 实时 DFT 信号处理 (L138_dft128_edma)	242
例 5.5	用 C 语言编写的 FFT 函数实现实时输入信号的 FFT (L138_fft128_edma.c)	249
例 5.6	用 TI 可被 C 程序调用的优化基 2 的 FFT 函数实现实时 输入信号的 FFT (L138_fft128_dsplibr2_edma)	253
例 5.7	用 TI 可被 C 程序调用的优化 DSPLIB FFT 函数实现一个 正弦输入信号的 FFT (L138_fft_sinetable_edma)	253
5.7.2	快速卷积运算	256

例 5.8	快速卷积的演示 (L138_fastconv_demo)	257
例 5.9	实时快速卷积 (L138_fastconv_edma)	265
例 5.10	图形均衡器 (L138_graphicEQ_DSPLIB_edma)	268
参考文献		275

第 6 章 自适应滤波器

6.1	引 言	277
6.2	自适应滤波器的配置结构	278
6.2.1	自适应预测	278
6.2.2	系统辨识或直接建模	278
6.2.3	噪声消除	279
6.2.4	均 衡	280
6.3	性能函数	280
6.4	寻找最小值	282
6.5	最小均方算法	283
6.6	C 语言的编程实例	284
例 6.1	用 C 语言编写的自适应滤波器 (L138_adaptc)	284
例 6.2	用于正弦噪声消除的自适应滤波器 (L138_adaptnoise_intr)	287
例 6.3	用外部输入测试用于噪声消除的自适应 FIR 滤波器 (L138_adaptnoise_2IN_iir_intr)	289
例 6.4	用于系统辨识的自适应 FIR 滤波器, 用已知 FIR 滤波器 当作未知系统进行测试 (L138_adaptIDFIR_intr)	292
例 6.5	用于系统辨识的自适应 FIR 滤波器, 未知系统为一个 FIR 滤波器, 自适应 FIR 滤波器被初始化为一个 FIR 带通 滤波器 (L138_adaptIDFIR_init_intr)	296
例 6.6	用于系统辨识的自适应 FIR 滤波器, 未知系统为一个 IIR 滤波器 (L138_iirsosadapt_intr)	298
例 6.7	用于系统辨识的自适应 FIR 滤波器, 未知系统为 eXperimenter 板外系统 (L138_sysid_intr)	299
例 6.8	用于系统辨识的自适应 FIR 滤波器, 未知系统为 eXperimenter 板外系统, 自适应滤波器为 DSPLIB 函数 DSPF_sp_fir_gen() (L138_sysid_DSPLIB_edma)	302

第 7 章 DSP/BIOS 和平台支持包

7.1	引 言	305
-----	-----------	-----

7.1.1	DSP/BIOS 线程	305
7.1.2	DSP/BIOS 配置工具	306
7.1.3	DSP/BIOS 的启动顺序	307
7.1.4	硬件中断	307
例 7.1	用 DSP/BIOS 硬件中断实现的正弦波发生器 (L138_bios_sine48_intr_HWI)	307
7.1.5	软件中断	316
例 7.2	用 DSP/BIOS 硬件中断 HWI 和软件中断 SWI 实现的 FIR 滤波器 (L138_bios_firprn_intr_SWI)	317
7.1.6	任务和空闲函数	319
例 7.3	基于 DMA 的 I/O 的系统辨识,用信号量机制给出 传输完成信号 (L138_bios_sysid_edma_TSK.c)	319
例 7.4	基于 DMA 的 I/O 的系统辨识,用信号量机制给出 传输完成信号 (L138_bios_sysid_edma_IDL)	324
7.1.7	周期性函数	325
例 7.5	用 DSP/BIOS 的 PRD 控制 LED 以不同的速率闪烁 (L138_bios_LED_PRD)	325
7.1.8	DSP/BIOS 实时分析	327
7.2	DSP/BIOS 平台支持包	328
例 7.6	基本的输入和输出 (L138_psp_loop.c)	329
例 7.7	生成随机噪声 (L138_psp_prbs.c)	330
例 7.8	用随机噪声作为输入的 FIR 滤波器 (L138_psp_firprn_DSPLIB)	330
参考文献		332

第 1 章

OMAP-L138 开发系统

- OMAP-L138 处理器
- CCSv4 IDE
- 使用 OMAP-L138 eXperimenter 实验板
- 编程实例

本章概述 OMAP-L138 处理器和 Logic PD 公司的 OMAP-L138 eXperimenter 开发系统,并讲述如何安装和开始使用 TI (Texas Instruments,德州仪器) 公司的代码调试器软件 CCSv4(Code Composer StudioTM Version 4,即 CCS 版本 4)的 IDE (Integrated Development Environment, 集成开发环境)。本章使用两个例程来演示 OMAP-L138 eXperimenter 实验板的硬件特性和 CCS IDE 的软件特性。在学习本书后面的章节之前,作者强烈建议大家先阅读本章的这两个基本例程。

1.1 引言

Logic PD 公司的 OMAP-L138 eXperimenter 实验板是一款基于 TI 公司 OMAP-L138 处理器的低成本开发平台。OMAP-L138 处理器是一款双核芯片,内部包含一个 ARM926EJ-S 通用处理器(General-Purpose Processor, GPP)和一个 TMS320C6748 数字信号处理器。此外,如图 1.1 所示,它还集成了各种外设和接口。

eXperimenter 实验板让用户可以方便地用到大部分 OMAP-L138 处理器的接口,如图 1.2 所示。本书主要讲述关于实时数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)应用的开发,因此仅用到了 OMAP-L138 处理器的 DSP(C6748)部分和与该处理器的多通道语音串行端口 (Multichannel Audio Serial Port, McASP) 相连的编解码器 TLC320AIC3106 (AIC3106)的模拟信号接口电路。本书中的例程没有用到 OMAP-L138 处理器的 ARM 部分。通过实验板上自带的 XDS100v1 JTAG 仿真调试工具,可以把实验板连接到运行 CCS IDE 软件的计算机上。在 CCS IDE 软件中,用户可以使用 C 语言或汇编语言进行代码的编写,并在 CCS IDE 中进行代码的编译、链接并下载目标代码到 C6748 内核中。关于 OMAP-L138 处理器、TMS320C6748、TLC320AIC3106、eXperimenter 和软件 CCS IDE 的资料可以

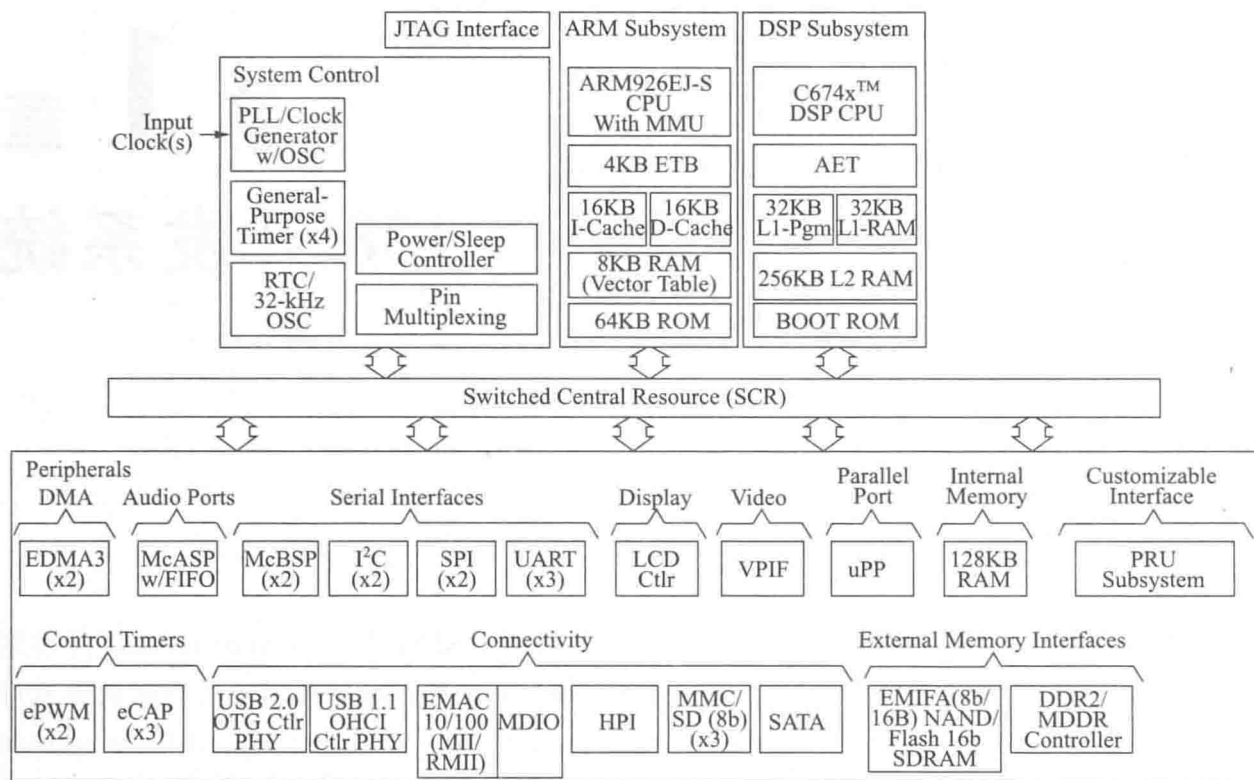


图 1.1 OMAP-L138 处理器的功能框图

在它们的技术手册^[1~5]和 TI 的 Wiki^[6]页面中查到。本章的主要目的是在介绍 DSP 的动手实验之前介绍如何安装和使用 eXperimenter 实验板。

数字信号处理器

数字信号处理器是一种特殊的微处理器。它的结构和指令集被优化用于实时数字信号处理。典型的优化包括硬件乘法累加 MAC、硬件位取反寻址能力(用于高效实现数据缓存和快速 FFT 运算)和哈佛架构(独立的程序和数据存储器系统)。在许多方面,数字信号处理器和微处理器非常相像。通常情况下,数字信号处理器可以提供单芯片的解决方案,集成了易失性/非易失性存储器和一定的外设接口,占用空间小,是嵌入式应用的理想选择。此外,数字信号处理器更符合低功耗的要求,这个特性在手机的应用中特别重要。数字信号处理器和通用微处理器的区别并不明显。数字信号处理器目前还没有严格的定义,许多半导体厂家只是根据应用的需要将部分而不是全部的上述特性加到其数字信号处理器产品中去。

数字信号处理器的用途非常广泛,包括通信、语音控制、视频处理应用等,在手机、硬盘驱动、无线射频、打印机、MP3 播放器、HDTV、数字相机等应用中都可以找到它们的身影。还有一些专门的 DSP(集成了一些专门的外设)可用于电机驱动控制,以及相关的汽车和工业应用领域。总体来讲,数字信号处理器主要用于实时信号的处理。实时处理意味着处理