

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

常用 A/D、D/A 器件手册

张志刚 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

常用 A/D、D/A 器件手册

张志刚 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书的内容主要分为两部分：第一部分是各类 A/D、D/A 转换器件的特性、应用范围、使用方法等方面进行描述，主要目的是为 A/D、D/A 转换器件的选择和使用提供理论上的参考，为主要类型的 A/D、D/A 转换器提供了部分典型应用线路；第二部分收录了业界在 A/D、D/A 转换器技术及生产方面处于领先地位的 6 家国外集成电路公司的部分 A/D、D/A 转换器产品介绍，约七百余种。对这些器件的主要特性、主要参数及封装类型的介绍较为详细，并尽可能提供每个产品的极限参数、内部逻辑、推荐工作状态等其他信息。本书涉及的 6 家公司为：ADI (Analog Device Inc.)、凌特公司 (Linear Technology)、美信集成产品公司 (Maxim Integrated Circuits)、微芯技术 (Microchip Technology)、美国国家半导体 (National Semiconductor) 和德州仪器 (Texas Instruments)。

本书旨在推广国外先进的数字转换器件在国内的应用，为读者选择应用国外 A/D、D/A 转换器提供理论参考及实用指南，是从事电子产品设计 (应用) 工程师的一本实用参考工具书。

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

常用 A/D、D/A 器件手册/张志刚主编. —北京：电子工业出版社，2008.9

ISBN 978-7-121-07198-0

I. 常… II. 张… III. 数字转换器—技术手册 IV. TP335

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 116748 号

责任编辑：张榕 (zr@phei.com.cn)

特约编辑：张荣琴

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市桃园装订有限公司

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：720×1 000 1/16 印张：45.25 字数：914.8 千字

印 次：2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：98.00 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。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

随着电子技术的高速发展,数字系统在电子产品中的比例越来越高,A/D、D/A 转换器作为数字电路与模拟电路之间的桥梁,其意义也越来越重要。近年来,各种类型的 A/D、D/A 转换器层出不穷,工程设计人员在器件的选择上常常陷入两难的境地。本书编写的目的是为工程设计人员提供一本关于 A/D 转换器与 D/A 转换器应用与选型的参考书。

A/D 转换器与 D/A 转换器的发展趋势

A/D 转换器与 D/A 转换器是随着集成电路设计技术及应用的需求而高速发展的,近年来,主要呈现以下几个趋势。

1. 按照应用领域细分。早期的 A/D 转换器与 D/A 转换器的市场规模相对较小,制造成本昂贵。不同的产品尽管在性能指标及体系结构上有差异,但市场上绝大多数器件都是针对通用领域来设计的,从用户的角度来讲,不仅价格昂贵,而且很难选择到非常适合的器件。随着集成电路制造工艺的改善及设计工具的发展,集成电路设计及制造的成本大幅度降低,而市场规模却大幅度增加,这就使得为专门应用设计特定的器件成为可能。最明显的领域如多媒体数字信号编解码器(CODEC),这是一类针对音频领域专门设计的高性能数据转换器件,这些器件一般都包括分辨率达 16 位或以上(目前大多数都是 24 位)的 Σ - Δ 型 A/D 转换器与 D/A 转换器,采用 I²S 接口传输音频数据,采用 I²C 总线作为控制总线等。有一些 A/D 转换器是针对视频信号设计的,它们甚至能够自动识别输入信号格式。还有一类针对触摸屏应用的触摸屏控制器,也是特殊的 A/D 转换器。随着技术和市场的发展,这种趋势会更加明显。

2. 高速度。这是一种非常明显的发展趋势。A/D 转换器与 D/A 转换器作为模拟世界与数字世界之间的接口,其发展必然受处理器技术发展的影响。高速的处理器能够完成更多的工作,由于许多原本由模拟电路完成的工作逐渐转向数字信号处理,因此近年来数字信号处理器产业的发展速度与其他半导体器件相比其速度要更快一些,这就要求与之相配的 A/D 转换器与 D/A 转换器具有更高的速度。这种趋势在两个领域的应用中十分明显:一个是软件无线电;另一个是示波器及信号分析设备。所谓软件无线电,就是采用数字信号处理技术,在可编程控制的通用硬件平台上,利用软件来定义实现无线电台的各部分功能:包括前端接收、中频处理以及信号的基带处理等。即整个无线电台从高频、中频、基带直到控制协议部分全部由软件编程来完成。其核心思想是在尽可能靠近天线的地方使用宽带的“数字-模拟”转换器,尽早地完成信号的数字化,从而使无线电台的功能尽可能地用软件来定义和实现。高速 A/D 转换器与 D/A 转换器的出现使软件无线电的实现成为可能,软件无线电的发展为 A/D 转换器与

D/A 转换器的发展指明了方向。在示波器及信号分析领域里,现在已经有转换速率达到数 GSPS 的 A/D 转换器出现。

3. 高精度。有相当一部分 A/D 转换器是用于测量的,在这些应用场合中的 A/D 转换器,往往对速度要求并不是很高,但对精度要求较高。目前精度最高的 A/D 转换器是 $\Sigma\Delta$ 型 A/D 转换器,最高分辨率为 24 位,也有个别产品超过 24 位,但仍然不能满足要求。人们正致力于研制更高精度的 A/D 转换器。值得注意的是,高精度 A/D 转换所面临的问题不只是转换器本身的精度,在这些应用中基准源的精度及稳定性、信号本身的噪声、信号调理电路引入的噪声以及外围电路设计等各方面对系统设计的成败都至关重要。

4. SoC 技术的应用及智能转换器。片上系统 (SoC) 已经成为集成电路发展的趋势。大部分传感器需要进行信号调整以消除潜在的测量误差源。这些误差源包括增益和偏移误差、环境或固有噪声以及传感器自身传递函数的非线性。许多现代应用还需要按数字格式调节的传感器数据。对于有多个传感器的系统而言,在各个传感器节点的独立调节和转换电路会增加一定开销,并可能成为问题,因为这增加了最终应用的维护、校准和成本负担。不管是热电偶、电阻测温器、称重传感器还是磁场传感器,所有类型的传感器一般都需要一个用于信号生成和调节电路的激励(偏置)源,以补偿各种测量误差。这些要求使 A/D 转换器本身所要做的事情不仅是从模拟信号到数字信号的转换,可能还要完成信号调理、补偿、误差修正、数据格式转换、提供激励源或偏置,甚至在片上集成一个控制器。这些器件功能强大,单片完成信号调理、采集、处理甚至整个应用,使系统设计的成本大大降低,而可靠性却大幅度提高,从应用的角度看,它们是带有 A/D 转换器及 D/A 转换器的处理器,但从数据转换角度看,它们是基于 SoC 技术的集成了处理器的 A/D 转换器,可以把它们称为“智能 A/D 转换器”。

5. 封装小、功耗小、成本低。封装小、功耗小、成本低是电子系统设计追求的重要目标,这种趋势在转换器领域中也十分明显。转换器件的封装由曾经的 DIP 封装转向目前占主流的 TQFP、SO 封装再转到发展趋势明显的 BGA 及 QFN 封装,体积越来越小。随着设计技术及制造工艺的改进,从功耗数百毫瓦的通用转换器到现在仅消耗 μA 级电流的新型转换器,其功耗在逐渐降低,相当一部分转换器设有不同等级的关断模式,在器件不工作或其部分功能不使用时,关断相应的电路以降低功耗。伴随着工艺改进及市场增大,必然导致转换器件的成本降低。尤其是用于消费电子领域的转换器件,在过去的 10 年中,其价格甚至已经降到了原来同等性能指标的产品价格的 1/10 以下。

内容概览

全书分两大部分,第一部分介绍关于 A/D 转换器、D/A 转换器的基础知识,第二部分为常用 A/D 转换器与 D/A 转换器的选型参考。鉴于 A/D 转换器与 D/A 转换器相

比,其产品数量大很多,应用更广泛,结构也更复杂,全书关于 A/D 转换器器件的内容要比 D/A 转换器器件的内容多。

第一部分共分为 4 章。主要介绍 A/D、D/A 转换器器件的基本知识,包括常用术语、原理、外围电路及应用等。

第 1 章介绍 A/D 转换器基本原理。首先介绍了 A/D 转换器的用途、编码以及各种常用编码之间的转换,然后介绍了 A/D 转换器相关的常用术语、指标及基本概念。只有了解了这些基本概念,才能够选择合适的 A/D 转换器,这也是使用 A/D 转换器的基础。最后介绍了 A/D 转换器的误差及其对数据采集系统性能的影响和如何处理相关问题的方法。

第 2 章介绍 A/D 转换器的种类及架构。主要介绍了逐次逼近型 A/D 转换器、流水线型 A/D 转换器、 Σ - Δ 型 A/D 转换器、闪速 A/D 转换器、积分型 A/D 转换器以及压频转换器等的工作原理、特点及应用场合。最后还介绍了智能 A/D 转换器的概念并介绍了一个智能 A/D 转换器的例子。

第 3 章介绍 A/D 转换器外围电路。其内容主要分为两部分:一部分为 A/D 转换器的信号调理电路,介绍了电桥、模拟信号的放大与衰减、信号隔离以及滤波等相关内容;另一部分介绍了电压基准,无论对 A/D 转换器还是 D/A 转换器,基准都是至关重要的,基准的好坏往往会决定系统设计的成败,而电压基准是绝大多数 A/D 转换器与 D/A 转换器使用的基准。首先介绍了电压基准的主要参数,然后介绍了各种电压基准的工作原理,最后介绍了电压基准选用的一般原则。

第 4 章介绍 D/A 转换器基本原理及分类。首先介绍了 D/A 转换器的用途及常用术语,接下来对 D/A 转换器的误差及失真做了介绍。最后介绍了 Kelvin 分压器、全解码型 D/A 转换器、二进制加权型 D/A 转换器、倒 T 形 D/A 转换器、分段型 D/A 转换器及过采样内插型 D/A 转换器等各种 D/A 转换器的工作原理、特点及应用场合。

本书的第二部分是 A/D 转换器与 D/A 转换器的选型及使用手册,收录了业界在 A/D、D/A 转换器技术及生产方面处于领先地位的 6 家国外集成电路公司的部分 A/D、D/A 转换器产品介绍,约七百余种。对这些器件的主要特性、主要参数及封装类型的介绍较为详细,同时并尽可能提供每个产品的极限参数、内部逻辑、推荐工作状态等其他信息。

对使用本书的建议

编写本书的目的是作为一本选型与使用的手册。本书内容分两部分,对于不熟悉 A/D 转换器与 D/A 转换器的读者,请先阅读第一部分的相关内容,掌握关于 A/D、D/A 转换器的基础知识。

本书第 2 部分的内容为选型与使用手册。这部分内容中包括了七百余种 A/D 转换器与 D/A 转换器,为了使用方便,在这部分内容前面设置了 A/D 转换器选型表和 D/A 转换器选型表。A/D 转换器选型表列出了器件编号、分辨率、转换速率、通道数、最

大功耗、电源类型、INL、DNL、SNR、接口形式等主要的选型参数和依据，通过该表，可以直观地选出所需的 A/D 转换器，然后再根据页码在手册中查找具体的器件。D/A 转换器选型表列出了器件型号、分辨率、更新速率、建立时间、通道数、输出类型、I/O 接口、供电电压、最大功耗、INL、DNL、SNR 等主要的选型参数和依据，通过该表，可以直观地选出所需的 D/A 转换器，然后再根据页码在手册中查找具体的器件。

关于资料来源

本书编写中用到的所有资料都来自于相关公司在网站或纸质材料上公开发布的资料，所有涉及的资料的知识产权、商标等归相应的公司所有。

致谢

电子工业出版社的张榕编辑在本书的编写及出版过程中提供了很多良好的建议。正是在她的鼓励 and 大力支持下，这本书才能完稿。在本书的编写过程中，程节顺、李少光、马卓凡、邵诗逸、乌云翔、王丽娜参与了大量的资料整理与校对工作，在此表示感谢。最重要的，我要深深地感谢我的家人，在编写本书的日子里，他们一直给我鼓励、支持和照顾，感谢我可爱的儿子，在这段日子里给了我最大的快乐和动力。

张志刚

目 录

第一部分 A/D、D/A 转换器基本知识

第 1 章 A/D 转换器基本原理	3
1.1 A/D 转换器概述	3
1.1.1 A/D 转换器的作用	3
1.1.2 A/D 转换器的编码	4
1.2 A/D 转换器的常用术语及性能指标	6
1.3 A/D 转换器误差及其对系统性能的影响	13
1.3.1 数据采集系统的误差分配	13
1.3.2 A/D 转换器自身的误差	13
1.3.3 数据采集系统的噪声	18
第 2 章 A/D 转换器的种类及结构	23
2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	23
2.2 流水线型 A/D 转换器	26
2.3 Σ - Δ 型 A/D 转换器	29
2.4 闪速 A/D 转换器	31
2.5 积分型 A/D 转换器	33
2.6 压频转换器	36
2.7 智能 A/D 转换器	38
2.7.1 智能 A/D 转换器还是带 A/D 转换器的控制器	38
2.7.2 作为智能 A/D 转换器的 MSC1210	39
第 3 章 A/D 转换器外围电路	42
3.1 信号调理电路	42
3.1.1 电桥	42
3.1.2 信号放大或衰减	44
3.1.3 信号隔离	45
3.1.4 滤波	47
3.2 电压基准的特性及选用	49
3.2.1 电压基准的主要参数	49
3.2.2 常用电压基准的类型	51
3.2.3 电压基准的选用	53

第 4 章 D/A 转换器基本原理及分类	55
4.1 D/A 转换器基本概念及常用术语	55
4.1.1 D/A 转换器的用途	55
4.1.2 D/A 转换器的常用术语	55
4.2 D/A 转换器的误差及失真	58
4.3 D/A 转换器的种类及结构	60
4.3.1 D/A 转换器结构简介	60
4.3.2 Kelvin 分压器 (Kelvin Divider)	60
4.3.3 全解码型 D/A 转换器	62
4.3.4 二进制加权型 D/A 转换器 (Binary-Weighted DAC)	63
4.3.5 倒 T 形 D/A 转换器	64
4.3.6 分段型 D/A 转换器	66
4.3.7 过采样/内插 D/A 转换器	68

第二部分 A/D、D/A 转换器手册

A/D 转换器选型表	73
D/A 转换器选型表	98
A/D、D/A 转换器手册	104
ICL7126	104
MAX138/MAX139/MAX140	105
MAX1492/MAX1494	106
TC14433/TC14433A	107
ICL7135	109
ICL7135C/TLC7135C	109
TC7135	109
AD570/AD571	110
AD7466/AD7467/AD7468	112
AD7476/AD7477/AD7478	113
AD7476A/AD7477A/AD7478A	113
ADCS7476/ADCS7477/ADCS7478	113
AD7813	114
ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805	115
ADC0820	116
TLC0820AC/TLC0820AI	116
AD7820	116
ADC08031/ADC08032/ADC08034/ADC08038	118
ADC08060	120

ADC08L060	120
ADC08100	120
ADC08200	120
ADC1173	121
ADC1175	121
ADC1175-5	121
ADC08061/ADC08062	123
ADC08161	124
ADC08131/ADC08134/ADC08138	126
ADC08351	127
ADC08831/ADC08832	129
ADCV0831	131
ADS830/ADS831	132
ADS930/ADS931	133
ADS7826/ADS7827/ADS7829	135
MAX100	136
MAX101A	137
MAX104	138
MAX106	138
MAX108	138
MAX152	140
MAX165/MAX166	141
TLC5510/TLC5510A/TLC5540	143
TLC548/TLC549	144
AD876	145
AD578/AD579	146
AD7451/AD7441	147
AD7470/AD7472	149
AD7910/AD7920	150
AD9060	151
AD7810	152
ADC1005	153
ADC1001	153
ADC1061	154
ADC10030	155
ADC10040	157
ADC10065	157
ADC10080	157
ADC10061/ADC10062/ADC10064	159
ADC10461/ADC10462/ADC10464	159

ADC10321	160
ADC10221	160
ADC10731/ADC10732/ADC10734/ADC10738	162
ADS820/ADS821	164
ADS822/ADS823/ADS825/ADS826/ADS828	165
ADS5102/ADS5103	166
LTC1091/LTC1092/LTC1093/LTC1094	167
LTC1197/LTC1197L/LTC1199/LTC1199L	169
LTC1392	170
TLV1572	171
MAX151	171
MAX1444	173
MAX1446	173
MAX1448	173
MAX1449	173
MAX1426	174
MAX1425	174
MCP3001	176
THS1030/THS1031	177
THS1040/THS1041	178
TLC1549C/TLC1549I/TLC1549M	179
TLV1549C/TLC1549I/TLC1549M	179
AD572	180
AD574A	181
AD674B	181
AD1674	181
AD774B	181
AD678	182
AD871	183
AD1671	184
AD1672	185
AD7450/AD7450A/AD7440	186
AD7452/AD7453	187
AD7457	188
AD7475/AD7495	189
AD7482	189
AD7490	191
AD7492/AD7492-5	192
AD7572	193
AD7572A	193

AD7853/AD7853L	194
AD7854/AD7854L	195
AD7870/AD7875/AD7876	196
AD7870A	196
AD7878	198
AD7893	199
AD7895	199
AD7896	200
AD7898	201
AD9221/AD9223/AD9220	201
ADC912A	202
ADC12L066	203
ADC12L063	203
ADC1241	205
ADC1251	206
ADC12010	207
ADC12020	207
ADC12040	207
ADC12H030/ADC12H032/ADC12H034/ADC12H038	208
ADC12030/ADC12032/ADC12034/ADC12038	208
ADC12041	210
ADC12081	211
ADC12181/ADC12191	211
ADC12281	212
ADC12441	214
ADC12451	215
ADS807	217
ADS1286	217
ADS5410	218
ADS7804	219
ADS800/ADS801/ADS802	220
ADS803/ADS804/ADS805	221
ADS808/ADS809	222
ADS1286	222
ADS5220/ADS5221	223
ADS5410	223
ADS7804	224
ADS7806	225
ADS7808	226
ADS7810	228

ADS7812	229
ADS7816	230
ADS7817	230
ADS7818	230
ADS7822	230
ADS7823	231
ADS7834	231
ADS7835	231
ADS7881	232
CLC5957	233
ICL7109	234
TC7109/TC7109A	234
LTC1272	236
LTC1273/LTC75/LTC76	237
LTC1274/LTC1277	238
LTC1278	239
LTC1279	240
LTC1282	242
LTC1285/LTC1288	243
LTC1286/LTC1298	244
ADS1286	244
LTC1287	246
LTC1292/LTC1297	247
LTC1400	248
LTC1401	249
LTC1402	250
LTC1404	252
LTC1405	253
LTC1409	255
LTC1410	256
LTC1412	258
LTC1415	259
LTC1420	260
LTC1741	262
LTC1860/LTC1861	263
LTC1860L/LTC1861L	265
MAX162/MX7572	266
MAX170	267
MAX1211	269
MCP3201	271

TC7109/TC7109A	272
THS1215/THS1230	274
ADC14061	275
ADC14071	276
ADC14161	278
MAX194	280
MAX1156/MAX1158/MAX1174	282
MAX1157/MAX1159/MAX1175	284
ADS850	286
AD679	287
AD7484	289
AD7485	291
AD7871/AD7872	293
AD7894	295
AD7940	296
AD9241	297
AD9243	298
AD7851	300
TLC3541/TLC3545	301
ADS850	303
ADS5421	304
ADS8324	306
THS1401/THS1403/THS1408	307
THS14F01/THS14F03	309
THS1401-EP/03-EP/08-EP	311
AD676	313
AD1376/AD1377	314
AD9260	316
AD7701	317
AD7715	319
AD7720	320
AD7722	321
AD7723	323
AD7725	325
ADC16061	326
ADS1202	328
ADS7805	329
TLC4541/TLC4545	331
ADS1100/ADS1110	332
ADS1605/ADS1606	333

ADS7807	335
ADS7809	337
ADS7811/ADS7815	338
ADS7813	339
ADS8320/ADS8321	341
ADS8322/ADS8323	342
ADS8325	344
ADS8371	345
ADS8401/ADS8402	346
ADS8411/ADS8412	348
LTC1603	350
LTC1608	351
LTC1864/LTC1865	352
LTC2433-1	353
MAX195	354
MAX1162	356
MAX1165/MAX1166	358
MAX1169	360
MAX1178/MAX1188	361
MAX1179/1187/1189	363
MAX1460	365
MAX1462	367
TC3400	368
TC500/TC500A/TC510/TC514	370
AD7703	371
LTC2421/LTC2422	372
AD1555/AD1556	374
LTC2401/LTC2402	376
MAX105	377
MAX107	379
MAX1197	381
MAX1198	382
THS0842	384
ADC10D020	385
ADC10D040	387
ADS5203/ADS5204	389
AD7866	391
ADC10D040	393
MAX133/MAX134	395
AD7904/AD7914/AD7924	396

AD7908/AD7918/AD7928	397
ADC0808/ADC0809	398
ADC0816/ADC0817	399
ADC0844/ADC0848	401
MAX1191	403
MAX1193	405
MAX1195	407
MAX1196	408
TLC0834/TLC0838	410
LTC0831/LTC0832	412
TLC540/TLC541/TLC542	414
AD7911/AD7921	415
AD7912/AD7922	416
AD7934/AD7933	417
AD7936/AD7935	418
AD7938/AD7939	419
AD7994/AD7993	421
AD7998/AD7997	421
AD7776/AD7777/AD7778	422
AD7811/AD7812	424
AD7816/AD7817/AD7818	425
ADC10154/ADC10158	427
ADC10662/ADC10664	429
ADS5120/ADS5121/ADS5122	430
LTC1090	432
LTC1283	433
LTC1852/LTC1853	435
MAX1090/MAX1092	436
MAX1091/MAX1093	438
MCP3002	440
MCP3004/MCP3008	442
THS1007/THS1009	443
THS10064/THS10082	445
TLC1550I/TLC1550M/TLC1551I	446
TLC1541/TLC1542/TLC1543	448
TLC1514/TLC1518	450
TLV1571/TLV1578	451
TLV1570	452
TLV1562	454
TLV1543C/TLV1543I/TLV1543M	455

TLV1504/TLV1508	456
AD7858/AD7858L	457
AD7859/AD7859L	459
AD7862	460
AD7864	462
AD7873	464
AD7874	465
AD7880	467
AD7886	468
AD7887	470
AD7888	471
AD7890	471
AD7891	472
AD7892	474
AD7923	476
AD7927	476
AD7992	477
ADC12L030/ADC12L032/ADC12L034/ADC12L038	478
ADC78H89	480
ADC12048	481
ADC12062	483
ADC12130/ADC12132/ADC12138	485
ADC12662	487
ADS2806/ADS2807	489
ADS7800	490
ADS7824	492
ADS7828	493
ADS7841	494
ADS7842	495
ADS7844	496
ADS7852	497
ADS7861	498
ADS7862	499
ADS7864	500
ADS7870	502
LM12L458	503
LM12454/LM12458/LM12H458	505
LTC1289	508
LTC1290	509
LTC1291	510