

752809

5022

1021

微型计算机

A/D D/A 转换

接口技术及数据采集系统设计

王秀玲 赵雁南 刘植桢 编著

清华大学出版社

微 型 计 算 机

A/D D/A 转换接口技术 及数据采集系统设计

王秀玲 赵雁南 刘植桢 编著

清 华 大 学 出 版 社

内 容 简 介

现代微电子学的成就,不但体现在数字电路大规模集成化,而线性电路的集成化也使得 A/D、D/A (模数、数模) 转换电路能集成在单一芯片上。因此在今天,仅具有一般电学和数控基础甚至非电类的工程技术人员,只要掌握了芯片的功能和使用方法,就可以利用它设计各种实用的测量、数据采集和实时控制系统。

A/D、D/A 转换电路构成微型计算机的模拟量输入、输出通道,使得微型计算机具有更广泛的应用领域,为此,A/D、D/A 接口技术是本书讨论的一个重点。

书中第一节对采样的工程概念作了介绍,第三、四节介绍各种 A/D、D/A 转换芯片的功能、使用方法,并重点讨论了转换电路与微处理器 (CPU) 的接口技术,包括与 CPU 接口电路的设计以及 A/D、D/A 转换电路的驱动程序设计,另外还提供了调试程序框图及清单,并为读者提供两种与 Z-80 单板机直接配置使用的 A/D、D/A 转换功能板。

第五、六节介绍了组成多路采集系统的模拟电子开关和采样保持电路 (集成芯片) 的功能和使用方法。

数据的 DMA (直接存取) 传送是高速数据采集系统所必须采用的方法。第十一节中除对 Z-80 DMA 和 Intel 8257 集成芯片的功能作详细介绍外,还结合高速数据采集系统的设计举例,说明其正确使用方法及其初始化程序设计。

最后一节介绍各种类型前置放大器,虽然这已超出了本书的讨论范围,但所提供的电路对系统的设计者也会有一定的参考价值。

本书不是原理性的论著而更接近于设计参考手册,它适用于从事微型机应用的广大工程技术人员,书中提供的数据、电路和程序可供设计参考,同时可作为大专院校“计算机控制与应用”专业师生的教学参考资料。

微型计算机 A/D、D/A 转换接口技术 及数据采集系统设计

· 王秀玲 赵雁南 刘植桢 编著

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

北京印刷厂 青竹排版厂 排版

北京市海淀区印刷厂印刷

☆

开本 787×1092 1/16 印张: 8³/₄ 字数: 213 千字

1984 年 8 月第 1 版 1984 年 8 月第 1 次印刷

印数 000001~80000

统一书号: 15236·122 定价: 1.10 元

前 言

在过程控制及各种仪器仪表中,由微型计算机进行实时控制及实时数据处理,计算机所加工的信息总是数字量。被控制或测量对象的有关参量往往是一些连续变化的模拟量,如温度、压力、流量、速度等。因此必须将这些模拟量转换为数字量以便送到计算机进行加工,这一转换称为量化过程。由计算机加工处理了的数字量,往往也需要转换为模拟量,以便对被控对象进行控制,前者称为模数转换(A/D),后者称之为数模转换(D/A)。实现相应转换的设备称其为A/D、D/A转换器。

A/D、D/A转换技术是数字测量和数字控制领域中的一个专门技术分支,有很多讨论、介绍A/D、D/A转换技术与原理的专著(如王国春著《模数与数模转换技术》,1980,国防工业出版社;H.施米德《电子式模拟—数字转换》,1976,国防工业出版社,等等)如果说在若干年前电气工程师们要掌握这门技术并在各自的领域中得到应用,绝非短期内能办得到,那末,在微电子学迅速发展并取得巨大成果的今天,对那些具有明确应用目标的一般电工技术人员来说已经不再是那么困难。无需自行设计、调试复杂的转换电路和仪表,需要的只是合理地选用商品化的大规模A/D、D/A转换芯片,了解它们的功能和学会正确的使用方法。

我们编写这本小册子的目的,就是帮助那些掌握一般电工技术的工程人员了解A/D、D/A转换技术近年来的发展成果,并迅速地掌握它、应用它。数据转换(A/D和D/A)往往不是最终的目的,而是达到测量、采集处理和控制等目的的一种手段。例如将模拟信号转换为数字量并由微型计算机将它们收集起来,加以处理,提取那些有用的信息或者达到预定的控制目标。为此,介绍微型计算机与转换电路的接口技术将作为我们讨论的又一个重点,它是A/D、D/A转换电路在实际应用中的重要方面。

集成电路是组成各种应用系统的基础,掌握芯片的功能和使用方法是非常重要的。我们不可能也不打算分析各种集成电路的细节,而是着重于从应用的角度加以介绍并配以若干调试程序,供读者参考。

在本书中所分析的A/D、D/A转换芯片大部分是几个国外厂家的产品。这些芯片不但在国际市场易于买到,同时也可以在国内的一些事业单位(如计算机服务公司,一些高等院校和研究单位)买到。

只有建立在先进器件基础上的设备和系统才能保证有足够的运行可靠性和先进性。我们相信,一旦我国电子工业和研究部门的重点从单一的样品生产过渡到多品种的批量生产时,广大的电气工程人员将会得到品种齐全,优质价廉的大规模模拟和数字集成电路。

上述各点就是编写本书的出发点。由于篇幅所限,所述内容不可能十分详尽,希望本书能够有助于读者阅读各厂家(如AD公司,国家半导体器件公司,Intel公司)的十分详细的产品目录和用户手册,以及帮助读者用A/D和D/A转换芯片组成微型计算机数据采集或控制系统。

目 录

前言

第一节 模拟信号的采样与保持	1
第二节 微型机控制的模数、数模通道	2
第三节 D/A 转换电路及其与微处理器的接口	3
3-1 D/A 转换电路原理	3
3-2 D/A 转换电路有关参数和术语	4
3-3 集成芯片	5
3-3-1 AD 1408	6
3-3-2 AD 7524	7
3-3-3 ADC 0832	9
3-3-4 串行输入的 D/A 转换芯片 AD 7543	10
3-3-5 常用 D/A 转换芯片特性	13
3-4 D/A 转换芯片与 CPU 接口电路设计及调试程序	18
3-4-1 AD 1408 与 CPU 的连接	18
3-4-2 AD 7524 与 8085 CPU 接口电路	19
3-4-3 10 位分辨率的 D/A 转换器与 8 位 CPU 接口电路	20
第四节 A/D 转换电路及其与微处理器接口	21
4-1 A/D 转换电路有关参数及术语	21
4-2 由数模转换芯片实现模数转换的电路	22
4-3 集成芯片	24
4-3-1 AD 570	24
4-3-2 ADC0804	27
4-3-3 常用 A/D 转换芯片特性	28
4-4 模数转换芯片与 CPU 的接口电路及程序设计	33
4-4-1 AD 570 与 8085 CPU 接口电路	33
4-4-2 ADC 0804 与 Z-80 CPU 接口电路	35
第五节 采样保持电路	38
5-1 概述	38
5-2 采样保持器集成芯片	39
5-3 某些系列采样保持器的特性	41
第六节 多路模拟开关	45
6-1 集成芯片	45
6-2 某些系列的多路开关的型号与参数	47
6-2-1 有关参数	47
6-2-2 常用多路开关性能	47
第七节 微型计算机系统的 A/D, D/A 通道设计	48

7-1 A/D 通道的几种结构形式	48
7-2 D/A 通道的几种结构形式	50
7-3 A/D、D/A 通道设计原则	51
7-4 芯片的选择	52
7-5 线路设计中必须考虑的一些问题	54
7-6 设计举例	55
7-7 与 Z-80 CPU 接口的 A/D、D/A 通道	59
第八节 模拟通道数据预处理	63
8-1 输入、输出是双极性时数据的预处理	64
8-2 输入是单极性、输出是双极性的数据预处理	64
8-3 数据预处理程序	65
第九节 数据采集系统集成模块——DAS1128 介绍	66
9-1 DAS 1128 的逻辑功能	67
9-2 系统功能与连接	68
9-3 DAS 1128 应用举例	73
第十节 与 Z-80 单板机直接配套的 A/D、D/A 转换插件板 ATD-8-2 和 ATD-8-2A	75
10-1 ATD-8-2 转换板	76
10-1-1 ATD-8-2 的性能指标	76
10-1-2 ATD-8-2 的工作原理	76
10-1-3 ATD-8-2 功能板的调试	80
10-1-4 ATD-8-2 的结构介绍	84
10-2 ATD-8-2A 转换板	87
10-2-1 ATD-8-2A 的性能指标	87
10-2-2 ATD-8-2A 的工作原理	87
10-2-3 ATD-8-2A 功能板的调试	88
10-2-4 ATD-8-2A 板的结构	89
10-3 Z-80 单板机的改造	90
第十一节 高速微型机数据采集系统	91
11-1 Z-80 DMA 控制器	93
11-1-1 Z-80 DMA 的功能及特性	94
11-1-2 DMA 的结构与管脚功能	95
11-1-3 DMA 对总线的请求和释放	97
11-1-4 命令格式和使用命令的若干约定	98
11-1-5 Z-80 DMA 与 CPU 的连接及 DMA 初始化程序设计	104
11-2 DMA 控制器 Intel 8257 芯片	107
11-2-1 8257 的结构与管脚功能	108
11-2-2 8257 提供有效地址的方法	110
11-2-3 8257 初始化程序设计	111

11-2-4	8257 与 8085 CPU 的连接方法	113
11-3	数据采集系统中 DMA 控制器的应用与接口电路	114
第十二节	微弱信号放大	117
12-1	调制式低漂移直流放大器	118
12-2	电荷放大器 DHF-6	119
12-3	低温度漂移运算放大器	120
12-4	测量放大器	122
12-5	隔离放大器	127

第一节 模拟信号的采样与保持

在模拟信号量化过程中,首先要对模拟信号进行采样。采样是将一个连续时间函数 $f(t)$ 用时间离散的连续函数 $f^*(t)$ 来表示。理想采样是抽取模拟信号的瞬间函数值。图 1-1(a)和(b)分别示出了模拟信号与采样信号的波形。采样信号仅对时间是离散的,而信号的值依然是连续的称为离散(对时间)的模拟信号。数字信号 $f(nT)$ 是指量化的离散模拟信号,即数字信号 $f(nT)$ 不仅在时间上是离散的,而且在数值上也是离散的,如图 1-1(c)所示。量化精度取决于最小的量化单位,称量化当量 Δ ,它是二进制数码最低有效位所对应的模拟信号数值。例如 $\Delta = 100 \text{ mV}$,即数字量的最低有效位对应 100 mV ,量化取值通常是采用最近的量化电平。例如,图 1-1(d)上的 A 点,其接近的量化电平是 5(101),显然,当量越小, A/D 转换的精度越高。

D/A 转换是 A/D 转换的逆过程——把数码转换为时间连续的模拟量。

在工程实践中, A/D 转换器对模拟量进行量化的过程中需要一定的时间 τ ,也就是在转换时间 τ 内应保持采样点的函数值不变才能保证转换的精度。这就是为什么采样后还要保持。简单的采样保持电路可由一只开关及一只电容器组成。见图 1-2 所示的电路。开关 K 闭合时,输出电压 U_{sc} 随着输入电压 U_{sr} 变化,二者相等。起动 A/D 转换电路的时刻 nT 应把开关打开,并利用电容器保持电荷的这一特性将 $U_{sr}(nT)$ 的电压值记忆在电容器 C 上,直到(经过时间 τ) A/D 转换结束,开关 K 又重新闭合。所以对开关按上述规律控制的原因是 A/D 转换过程不是瞬间完成而需要转换时间。采

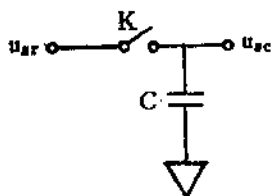


图 1-2 简单采样保持电路

样保持器的输入及输出波形的对应关系见图 1-3。图中虚线对应输入信号,实线对应输出信号。

读者应注意,这里讨论的采样与保持过程,跟理论上的采样[见图 1-1(b)]几乎是相反的过程。理想的采样过程是在采样时刻 nT 的瞬间使开关 K 闭合一下,而其它时间开关断开,并把 nT 时刻信号的数值送给 A/D 转换器进行量化(数字化)。显然,只有 A/D 转换器具有瞬间转换的能力时,才能按上述方法对开关 K 进行控制。工程的实用电路恰恰相反,在采样时刻 nT 开关 K

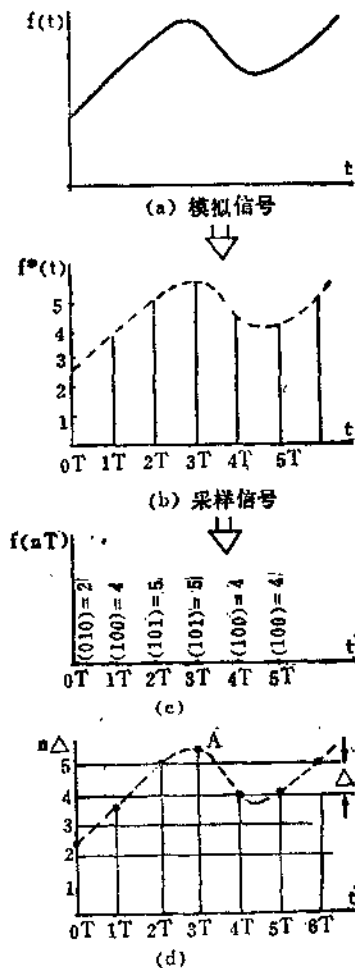


图 1-1 模拟信号的理想采样过程

断开，工程上称保持，这一保持过程应持续到 A/D 转换结束，开关才重新闭合。从图

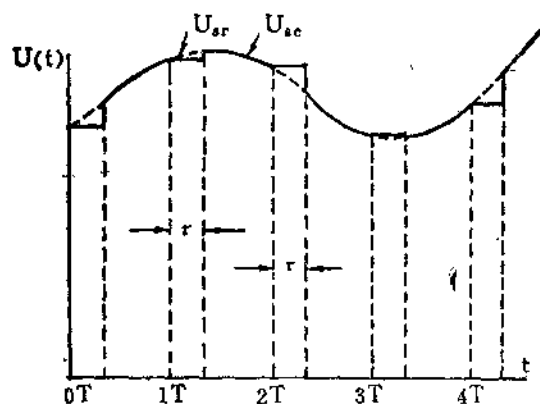


图 1-3 采样保持器输入与输出波形

论分析上。

1-3 中我们看到，在 $nT + r$ 到 $(n+1)T$ 的时间里(开关闭合)输出与输入信号相同，这段时间在工程上称跟随，甚至大家都称为采样。显然，这里的采样仅仅是为了 A/D 转换取得精确的数值做好准备。然而， $(n+1)T - (nT + r) = T - r$ 也不能过短，因为起保持作用的电容 C 要有一个充电过程，充电需要时间，否则，下次转换会带来误差。我们反复对采样和保持过程进行讨论，是为了读者能够正确使用商品化的采样保持电路(集成芯片)，而不仅仅停留在一般的理

第二节 微型机控制的模数、数模通道

在实时控制与实时数据处理系统中，被控制与被测量的对象往往是多通路的。多个通路公用一路 A/D (D/A) 转换器及一路采样保持器时，通常采用多路开关将多个通路的物理量分时地传送到采样保持器、A/D 转换器，以便 CPU 对多个通路的数据进行处理。同样，输出通道采用一个 D/A 转换时，也须用多路开关分时去控制各通路。图 2-1 示出了由微型机控制的模数、数模通道框图。

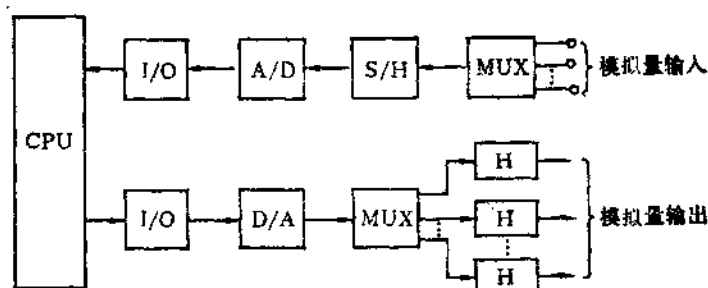


图 2-1 由微处理器控制的数模、模数通道框图

多路模拟量输入、多路模拟量输出与微处理器接口的另一种方式是采用多个 A/D 和 D/A 转换电路，如图 2-2 所示。

由多个 A/D、D/A 转换器组成的系统，读者经常会误认为它是一种完全不合理的方案。实际上，二者(图 2-1，和图 2-2)各有优缺点，工程上都时有采用，甚至采用两种方式相结合的方法。

图 2-1 框图的特点是多个通路分时共用 A/D 和 D/A 转换器，从而节省比较贵重的转换电路。但是，由于 A/D 转换过程需要的时间通常在几微秒到上百微秒之间，当模拟量

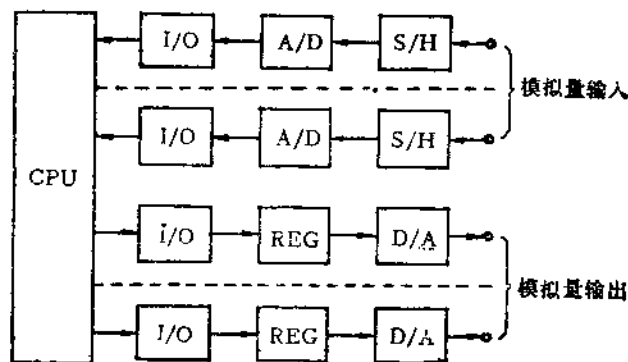


图 2-2 由微处理器控制的 A/D、D/A 通道框图

的迴路多，输入信号的频率高时，往往高速 A/D 转换电路也难以胜任。分析图 2-1 的输出迴路，可以看到输出信号是由模拟信号保持器将信号保持到下一次 D/A 转换。模拟信号保持器是基于积分放大器原理，它总有一个放电和漂移过程，为得到精确地输出，必须由 CPU 不断地发出同一个信号，使有用的信号得到更新消除漂移误差。多个输出迴路的不断的数据刷新有时会占用很多 CPU 的工作时间，甚至达到不允许的程度。采用多个 D/A 转换器（见图 2-2），由数字寄存器(REG)将 CPU 经过 I/O 通道发送的数据记忆下来，不但保证了与 D/A 转换相一致的精度（不产生附加的漂移误差），同时不再需要用软件去不断刷新数据。

接口方案的选择与系统的应用密切相关，同时又与设计者所能利用的 A/D 和 D/A 转换电路有关。用于工业中的过程控制和巡回检测系统图 2-1 的结构常为人们所采用，但是在高速数据采集和数据处理系统中，则要着重研究应用的范围和环境，从而设计出更结合实际接口方案。

由于国际上大规模集成电路技术的发展，在微型机系统中，模数、数模转换器；采样保持器；多路开关等都分别集成在一个芯片上。下面将分别介绍它们的芯片及功能。

第三节 D/A 转换电路与微处理器接口

3-1 D/A 转换电路原理

D/A 转换电路形式较多，在集成电路中多是采用 T 形电阻解码网络。在 T 型解码网络中（见图 3-1）有一标准电源 $-V_{REF}$ ，二进制数的每一位对应一个电阻 $2R$ 及由该位二进制数码所控制的双向开关 K_i 。图 3-1 示出了三位二进制数的数模转换电路。数字量位数增加或减少时，电阻及开关数量相应增加或减少。我们简要说明图 3-1 电路的工作原理：由数码控制开关的规律是数码为零时，开关 K_i 接左边；数码为“1”时，开关 K_i 接通右边。下面计算 K_0-K_2 接通右边，即三位二进制数全为“1”时所对应的模拟量电流 ΣI 。

K_0 接通右边即与放大器求和点 Σ 接通， Σ 点相当于地，因此， $i_0' = i_0'' = i_0$ ， $i_1' = i_0' + i_0''$

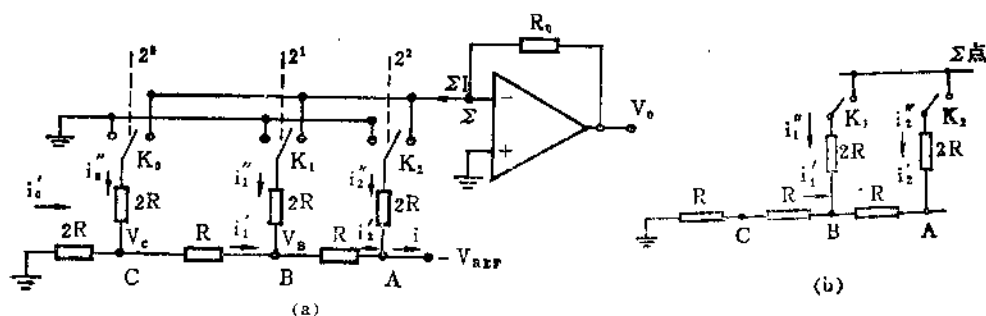


图 3-1 D/A 电路原理图

$= 2i_0$ C 点对地电阻相当两个 $2R$ 的并联即等于 R 。其等效电路如图 3-1(b)所示。同理, $i_1' = i_1'' = i_1$, $i_2' = 2i_1$, 依此类推, $i_2' = i_2'' = i_2$, $i = 2i_2$ 。

$$\Sigma I = i_0 + i_1 + i_2 = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \right) i$$

由于 A 点对地的等效电阻也是 R , ΣI 用 V_{REF} 来表示时如下式:

$$\Sigma I = \frac{-V_{REF}}{R} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \right) \quad (3-1)$$

上式括弧内各项分别是二进制数权的系数, 它们分别对应着数字量的 $2^0, 2^1, 2^2$ 。将上式推广于 n 位二进制数的转换可得到一般表达式:

$$\Sigma I = \frac{-V_{REF}}{R} \left(\frac{A_n}{2^1} + \frac{A_{n-1}}{2^2} + \dots + \frac{A_1}{2^n} \right) \quad (3-2)$$

(3-2) 式中 A_i 是“1”或“0”。与 (3-2) 式相应的输出电压表达式为 (3-3)

$$V_0 = \frac{-V_{REF}}{2R} R_0 \left(\frac{A_{n-1}}{2^0} + \frac{A_n}{2^1} + \dots + \frac{A_0}{2^{n-1}} \right) \quad (3-3)$$

式中 R_0 是反馈电阻, 由式 (3-3) 知, D/A 的输出电压不仅与二进制数码有关, 而且与运算放大器的反馈电阻 R_0 , 标准电源电压 $-V_{REF}$ (又称参考电压) 有关, 当调正 D/A 或 A/D 电路的满刻度及输出范围时, 往往要调正这两个参量。

3-2 D/A 转换电路有关参数和术语

1. 绝对精度: 指对应于给定的满刻度数字量, D/A 转换电路实际输出与理论值之间的误差。该误差是由于 D/A 的增益误差、零点误差、线性误差和噪声引起的。一般应低于 $2^{-(n+1)}$ 或 $1/2\text{LSB}$ (最低有效位)。

2. 相对精度: 指满刻度已校准的情况下, 在整个刻度范围内, 对应于任一数码的模拟量输出与它的理论值之差。对于线性的 D/A 转换器, 相对精度就是非线性度。有两种方法表示相对精度, 一种是将偏差用数字量最低有效位的位数 LSB 表示, 一种是用该偏差相对满刻度的百分比表示。

3. 分辨率：这个参数是 D/A 转换器对微小输入量变化的敏感程度的描述。用数字量的位数来表示，如 8 位、10 位等。对于一个分辨率为 n 位的转换器，它能对刻度的 2^n 输入作出反应。

4. 建立时间：指数据变化量是满刻度时，达到终值 $\pm 1/2\text{LSB}$ 时所需的时间。输出形式是电流的，其 D/A 转换器的建立时间是很快的；输出形式是电压的，D/A 转换器的主要建立时间是其输出运算放大器所需的时间。

5. 线性误差：相邻两个数码之间差应是 1LSB ，即理想的转换特性应是线性的，在满刻度范围内偏离理想的转换特性的最大值称非线性误差。见图 3-2。图中，理想转换特性是在零点及满刻度校准以后建立的。如果线性误差大于 1LSB 时，将引起非单值

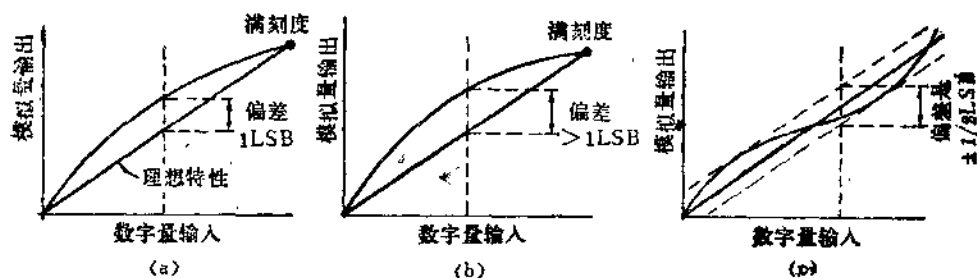


图3-2 线性误差

性 D/A 转换，对 A/D 转换器将引起漏码。

6. 温度系数：在规定的范围内，相应于每变化 1°C 时，增益、线性度、零点及偏移（对双极性 D/A）等参数的变化量。它们分别是增益温度系数、线性度温度系数、零点温度系数、偏移温度系数。温度系数直接影响着转换精度。

7. 馈送误差：非输入信号通过器件内部电路耦合到 D/A 输出端而造成的输出误差，用%，ppm（百万分之一），LSB 的几分之一或 1 伏的几分之一表示。

3—3 集成芯片

将 $R-2RT$ 形网络及二进制数码控制的开关所组成的数模转换电路集成在单一的芯片上，根据实际应用的需要，再附加一些功能电路，就形成了具有各种特性及功能的不同型号的 D/A 转换芯片。例如，为了满足过程控制及信息处理对于速度、精度、分辨率及经济性能等方面的不同要求，分别设计出通用廉价的 D/A 转换器（AD1408, AD7524, AD558），高速、高精度 D/A 转换器（AD562, AD7541），高速 D/A 转换器（AD561, DAC-08），高分辨率转换器（DAC1136, DAC1137）等。为了应用的灵活性，有可选择输出电压极性的 AD7524, AD7542，以及芯片内带有数字寄存器可与 CPU 数据总线直接相联的 AD558, AD7524 等。无论哪一种型号的芯片，由于它们的基本功能是共同的，即将数字量转换为模拟量，因此它们的功能管脚基本相同。它包括数字量的输入端和模拟量的输出端，芯片的模拟信号输出端又有单端输出与差动输出两种。D/A 转换电路中所需之参考电压 V_{ref} 一般由芯片以外的电源提供。由 CPU 输送数据到 D/A 转换器芯片输入端时，

数据在输入端保留的时间仅仅是在 CPU 输出指令写操作的瞬间内, 该写操作命令撤去时, 数据线上的数据即刻消失, 此时, 输出只能得到时间离散的模拟信号, 为此, 许多芯片内设置了输入数据寄存器, 利用它可以保存数据直到新的数据到来为止。这时便可得到时间连续的模拟信号了。对于带有寄存器的芯片, CPU 与其交换信息时是作为外部设备处理的。这种芯片就具有选片信号及写信号管脚。对于内部没有数据寄存器的芯片, CPU 必须通过并行 I/O 通道或锁存器与 D/A 转换器交换信息。

我们不可能对型号繁多的商品化电路都做详细的介绍, 下面仅介绍几种具有代表性芯片的功能及调正方法, 以便于读者在设计和使用参考。

3-3-1 AD 1408

AD1408 是廉价的 8 位单片并行 D/A 转换器, 它的使用极其方便, 只要为芯片提供 $+5V$, $-15V$ 电源, 并供以一定的参考电压, 在芯片的输入端加上 8 位二进制数字量, 芯片的输出端即可获得相应的模拟量。为了使用上更加灵活, 或为满足用户的一定要求, 例如输出可选择极性: 单极性 0 到 $+10V$, 双极性 $-5V$ 到 $+5V$, 为此就要在芯片以外增加部分电路, 以及为增大芯片负载能力还必须设置运算放大器等。AD1408 芯片完成一次转换须 $250ns$, 转换非线性度是 $\pm 0.1\%$, 功耗 $157mW$, 工作温度范围 $0\sim 75^{\circ}C$, AD1408 芯片管脚功能如图 3-3 所示。

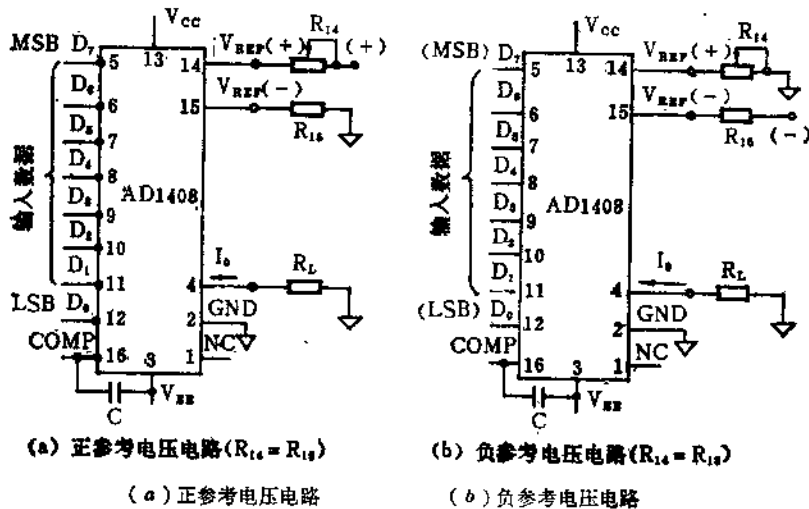


图 3-3 AD1408 管脚功能

D_1-D_8 是 8 位数字量输入端, I_0 是输出端, NC 端接地或悬空, V_{CC} 接 $+5V$, V_{EE} 为负电源, V_{REF} 是内部 T 形电阻网络所需的参考电压。AD1408 的输出形式是电流, 这输出电流一般可达 $2mA$ 。当负载的输入阻抗比较高时, 可以直接将负载接到 AD1408 的输出端, 见图 3-3 中的 R_L , 在 R_L 上得到负向输出电压。 V_{REF} 及 R_{14} 的取值决定了参考电流的大小, 从而影响输出电流的范围。当参考电流是 $2mA$ 时, 输出电流范围是 $0-1.992mA$, 在确定 V_{EE} 后, 调节 R_{14} 可以改变输出电流范围。改变 V_{EE} 也将影响输出电流值, 如果 V_{EE} 比 $-7V$ 还低, 输出电流可增加到 $4.2mA$ 。输出电流增加, 转换速度可提高, 但有可能降低线性度, 同时功耗将增加。当 $V_{EE} = -5V$ 时, 输出端电压给不出来,

被限制在 $+0.5\text{ V}$ 到 -0.6 V 范围内。当 V_{EE} 低于 -10 V 时, 输出电压将扩大到 $+0.5\text{ V}$ 到 -5.0 V 。参考电压 V_{REF} 的极性选择视获取哪种电压极性更为方便而定。参考电压对地接一旁路电容以降低噪声。补偿电容器 C 是为内部参考控制放大器提供适当的相角储备。当 R_{14} 增加时, 电容 C 必须增加, 对应于 $R_{14} = 1\text{ k}\Omega, 2.5\text{ k}\Omega$ 及 $5\text{ k}\Omega$ 时, 电容 C 分别为 $15\text{ pF}, 37\text{ pF}, 75\text{ pF}$ 。补偿电容器可以接地或接 V_{EE} , 接 V_{EE} 时将增加对负电源的噪声抑制能力。选择 R_{15} 大致等于 R_{14} 的值, 以补偿内部参考控制放大器的温度漂移。为了增加 AD 1408 的负载能力, 往往在输出端接一个运算放大器, 见图 3-4。AD 1408 的输出端

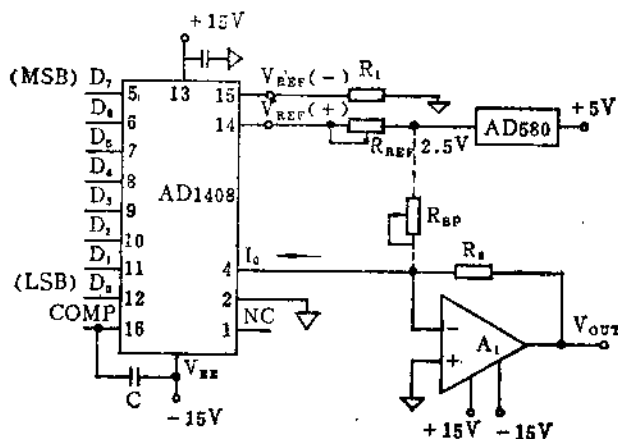


图 3-4 AD1408 接线图

可与任意型号的运算放大器的求和点相连接, 在运算放大器的输出端便可得到正向电压, 并可根据对输出电压峰值大小的要求来选择 R_0 , 输出电压表达式如下:

$$V_{OUT} = \frac{V_{REF}}{R_{REF}} R_0 \left(\frac{D_7}{2^1} + \frac{D_6}{2^2} + \frac{D_5}{2^3} + \frac{D_4}{2^4} + \frac{D_3}{2^5} + \frac{D_2}{2^6} + \frac{D_1}{2^7} + \frac{D_0}{2^8} \right)$$

式中 D_7-D_0 是二进制数“1”或“0”。

D/A 转换器输出电压需要双极性时, 可接入 R_{BP} 电阻, 如图 3-4 虚线所示。 R_{BP} 的作用是引入一个与 I_0 方向相反的电流注入到运算放大器的求和点, 使得输出特性向负方向平移。

D/A 转换器零点及满刻度调整方法如下: (1) 当选择单极性输出时, 数字量输入为 00_H , 输出电压为零; 数字量输入是 FF_H , 输出应为 $F \cdot S = (1 - 2^{-n})$, $F \cdot S$ 是满刻度电压值。对于 $0-5\text{ V}$ 输出电压范围, $F \cdot S$ 为 5 V 。(2) 当选择双极性输出时, 数字量输入为 00_H , 对应输出电压为 $-F \cdot S$; 数字量输入为 FF_H 时, 输出电压应为 $+F \cdot S(1 - 2^{-(n-1)})$ 。按上述原则, 图 3-4 电路调整步骤如下: 设取 $V_{REF} = +2.5\text{ V}$, $R_{BP} = 2.5\text{ k}\Omega$, $R_1 = R_{REF} = 1.25\text{ k}\Omega$, $R_0 = 5\text{ k}\Omega$, $C = 15\text{ pF}$ 。(1) 单向输出使数字量输入为 FF_H , 调整 R_{REF} , 使输出电压 $V_{OUT} = +9.961\text{ V}$, 数字量输入为 00_H , $V_{OUT} = 0\text{ V}$, (2) 对双极性输出, 当数字量输入为 00_H 时调 R_{BP} 使输出电压 $V_{OUT} = -5\text{ V}$, 输入为 80_H , 调 R_{REF} 使 $V_{OUT} = 0\text{ V}$, 输入为 FF_H 时, 输出电压 $V_{OUT} = 4.961\text{ V}$ 。

3-3-2 AD7524

AD 7524 是 CMOS 单片廉价低功耗 8 位并行 D/A 转换器, 功耗 20 mW , 非线性度

$\pm 0.05\%$, 供电电压可在 $+5\text{V}$ 到 $+15\text{V}$ 范围内。它的最大特点是参考电压可由正电源或负电源供电, 从而输出电压相应地改变极性 (而 AD 1408 输出只能是负电压)。另一特点是在芯片内有直接可与 CPU 数据总线相连接的输入数据寄存器, 在与 CPU 交换信息时, 可省去并行通道接口电路。AD 7524 是 CMOS 芯片, 功耗小, 封装密度较高, 适于在携带式系统中应用。下面介绍两种 AD 7524 的实用电路。

图 3-5 电路中, 当选片信号 $\overline{\text{CS}}$ 和写信号 $\overline{\text{WR}}$ 是低电平时 AD 7524 处于写模式, 并

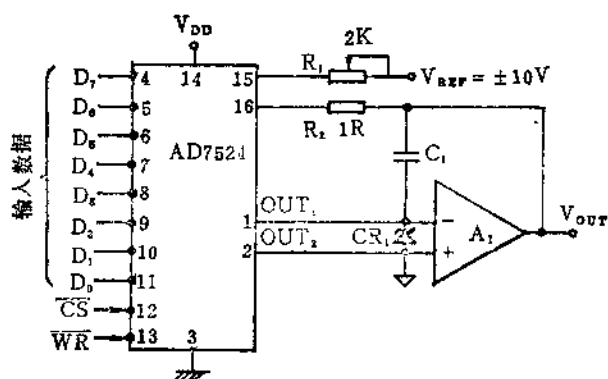


图 3-5 AD 7524 典型应用电路 (一)

将数据总线 D_0 — D_7 上的数据写入芯片的输入寄存器, 此时的模拟输出对应着 8 位数据输入值。在这种模式下, AD 7524 与没有输入寄存器一样, 当 $\overline{\text{CS}}$ 或 $\overline{\text{WR}}$ 二者有一个为高电平时, AD 7524 处于保持模式, 此时模拟量输出保持在 $\overline{\text{WR}}$ 或 $\overline{\text{CS}}$ 变高时刻前输入的数字

表 3-1

数字量 MSB	LSB	模拟量
1 1 1 1 1 1 1 1		$\pm V_{REF} \left(\frac{255}{256} \right)$
1 0 0 0 0 0 0 1		$\pm V_{REF} \left(\frac{129}{256} \right)$
1 0 0 0 0 0 0 0		$\pm V_{REF} \left(\frac{128}{256} \right)$
0 1 1 1 1 1 1 1		$\pm V_{REF} \left(\frac{127}{256} \right)$
0 0 0 0 0 0 0 1		$\pm V_{REF} \left(\frac{1}{256} \right)$
0 0 0 0 0 0 0 0		$\pm V_{REF} \left(\frac{0}{256} \right)$

量所对应的模拟量值。数字量输入的更新, 将引起模拟量输出的变化。表 3-1 列出了输入数字量与输出模拟量的对应值。输出电压的符号视参考电压 V_{REF} 极性而定, 当参考电压 V_{REF} 取负值时, 输出电压为正; 参考电压取正值时, 输出电压取负值。

R_1 , R_2 可以调整放大器的增益。对于高速的运算放大器需要接补偿电容 C_1 , 其数值取 10 — 15PF , 它的作用是对 A_1 运算放大器做相位补偿以消除振荡。对于频带较宽的运算放大器, 在接通或断开电源期间, 对负电压呈现低阻, 为防止 OUT_1 或 OUT_2 端电压低于 -300mV , 在 OUT_1 (OUT_2) 对地间接一个保护二极管 CR_1 。

图 3-6 是 AD 7524 另一实用电路, 与图 3-5 电路比较, 增加了一个运算放大器 A_2 , 在图 3-5 电路中对应输入数字量 00H — FFH , 其输出电压只能是单向的, 即 0 — $+V_{REF}$ 或 0 — $-V_{REF}$, 在实际应用中往往需要双极性输出。图 3-6 电路中的运算放大器 A_2 可以将单向输出转变为双向输出。通过 R_3 将 A_2 运算放大器求和点 Σ_2 与参考电压 V_{REF} 相连接, 由参考电源 V_{REF} 为 A_2 运算放大器提供一偏移电流, 该电流方向与 A_1 输出电流方向相反, 由 R_3 与 R_4 比值决定的偏移电流为 A_1 输出

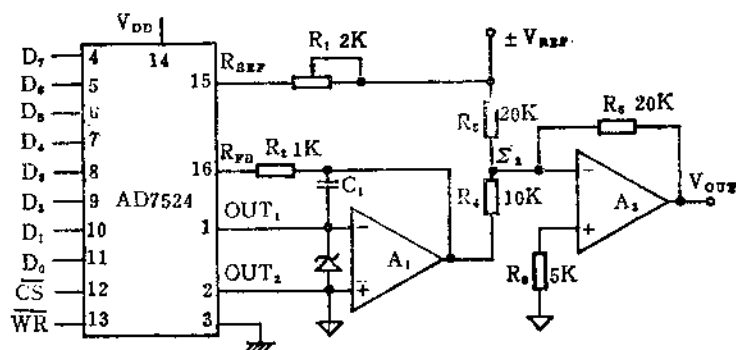


图 3-6 AD7524 典型实用电路 (二)

电流的 $1/2$ ，这样，恰恰将 A_2 的输出特性在 A_1 输出的基础上位移了二分之一。表 3-2 列出了图 3-6 电路的数字量与模拟量对应关系。值得注意的是，在 3-1 表中

$$1\text{LSB} = (2^{-8})(V_{\text{REF}}) = \frac{1}{256}(V_{\text{REF}}) \quad \text{表 3-2 中 } 1\text{LSB} =$$

$$(2)^{-7}(V_{\text{REF}}) = \frac{1}{128}(V_{\text{REF}})。显然，后者较前者灵敏度$$

要低，即双极性输出较单极性输出灵敏度降低一倍。

表 3-2

数字量 MSB	LSB	模拟量
1	1 1 1 1 1 1 1	$+V_{\text{REF}} \left(\frac{127}{128} \right)$
1	0 0 0 0 0 0 1	$+V_{\text{REF}} \left(\frac{1}{128} \right)$
1	0 0 0 0 0 0 0	0
0	1 1 1 1 1 1 1	$-V_{\text{REF}} \left(\frac{1}{128} \right)$
0	0 0 0 0 0 0 1	$-V_{\text{REF}} \left(\frac{127}{128} \right)$
0	0 0 0 0 0 0 0	$-V_{\text{REF}} \left(\frac{128}{128} \right)$

3-3-3 DAC 0832

DAC 0832 是一个具有两个输入数据缓冲器的 8 位 D/A 芯片，见图 3-7。这种芯片适用于要求那些代表系统参数性能的模拟量需同时输出的系统。这时对应于每一种参数就要有

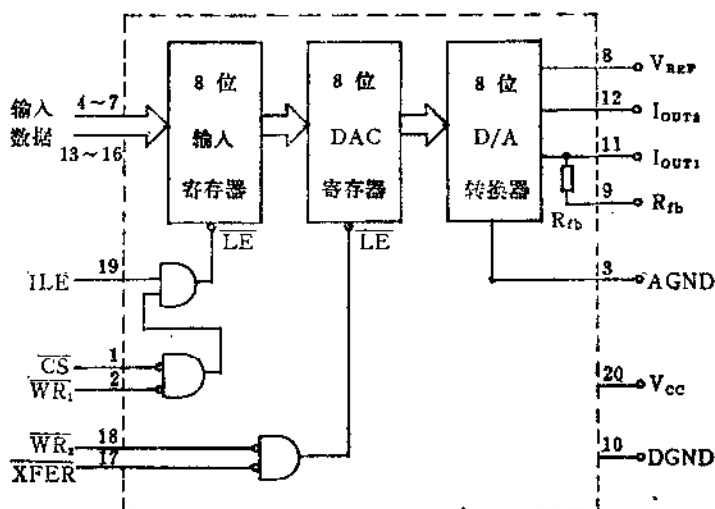


图 3-7 DAC 0832 框图

一个DAC 0832, 形成多个DAC 0832系统。图3-7中 $\overline{LE}$ 是寄存命令, 当 $\overline{LE} = 1$ 时寄存器的输出随输入变化。当 $\overline{LE} = 0$ 时, 数据锁存在寄存器中, 而不再随数据总线上的数据变化而变化。当 $\overline{ILE}$ 端为高电平, $\overline{CS}$ 与 $\overline{WR_1}$ 同时为低电平时, 使得 $\overline{LE} = 1$, 当 $\overline{WR_1}$ 变高电平时, 8位输入寄存器便将输入数据锁存, 当 $\overline{XFER}$ 与 $\overline{WR_2}$ 同时为低电平时, 使得 $\overline{LE} = 1$, 8位DAC寄存器的输出随寄存器的输入而变化, $\overline{WR_2}$ 上升沿将输入寄存器的信息锁存在DAC寄存器中。

对要求多片DAC 0832同时进行转换的系统, 各芯片的选片信号不同, 这样可由选片信号 $\overline{CS}$ 与 $\overline{WR_1}$ 分时地将数据分别输入到每片的输入寄存器中。各片的 $\overline{XFER}$ 与 $\overline{WR_2}$ 分别接在一起, 公用一组信号, 在 $\overline{XFER}$ 与 $\overline{WR_2}$ 同时为低电平时, 数据将在同一时刻由8位输入寄存器传送到对应的8位DAC寄存器, 并靠 $\overline{WR_2}$ 上升沿将信号锁存在DAC寄存器中, 与此同时, 多个DAC 0832芯片开始转换, 其时间关系如图3-8所示。

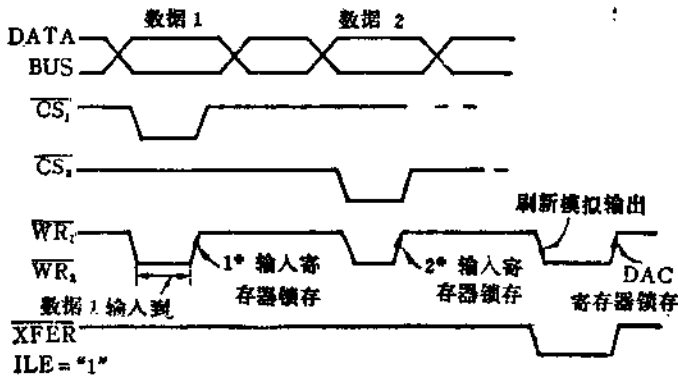


图 3-8 DAC 0832 时序图

图3-7中的 R_{f0} 是内部电阻, 是为外部运算放大器提供的反馈电阻, 用以提供适当的输出电压, V_{REF} 端是由外电路为芯片提供一个 $+10V$ 到 $-10V$ 的参考电源, I_{OUT1} 与 I_{OUT2} 是两个电流输出端, 这里 $I_{OUT1} + I_{OUT2} = \text{常数}$ 。

3-3-4 串行输入的D/A转换芯片AD 7543

AD7543是分辨率为12位的CMOS单片串行输入的D/A转换电路。它的数字量输入端仅有一条引线, 12位数字量由高位到低位逐次一位位输入。它的非线性度是 $\pm 1/2 \text{ LSB}$, 具有较低的增益, 温度系数 $2 \text{ ppm}/^\circ\text{C} - 5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 。供电电源是 $\pm 5V$ 。AD 7543是由一个12位D/A转换电路, 12位输入寄存器B及12位串行输入、并行输出的移位寄存器A组成, 其结构如图3-9所示。

数字量由 $SRI(7)$ 端输入, 由选通信号 $STB_1(4)$, $STB_2(8)$, $\overline{STB}_3(10)$, $STB_4(11)$ [它们的状态详见表3-3] 将串行数据逐位移入移位寄存器A中, 当A寄存器装满时, 用 $\overline{LD}_1(5)$ 和 $\overline{LD}_2(9)$ 信号将移位寄存器A中的内容输入到B寄存器中, $\overline{CLR}$ 用来复位B寄存器使其内容为 000_H 。

从表3-3中可以看到串行输入的数据是靠选通信号的上升沿或下降沿输入到A寄存