

12 位逐次逼近 A/D 转换器的研究与应用

牛国锋, 常晋义, 王启元

(常熟理工学院 计算机科学与工程学院, 江苏 常熟 215500)

摘要: 介绍了 12 位模/数转换器 AD1674 的结构, 着重分析了它的转换原理及工作模式以及在瑞萨微控制器系统中的应用。

关键词: 逐次逼近; A/D 转换器; 微控制器

中图分类号: TP335.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)11-0029-03

12 bit successive approximation A/D converter research and application

Niu Guofeng, Chang Jinyi, Wang Qiyuan

(School of Computer Science and Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, China)

Abstract: This paper introduces the 12 bit A/D converter AD1674's structure, analyses its conversion principle and conversion model, and applies it in the renesas micro-controller system.

Key words: successive approximation; A/D converter; MCU

随着数字电子技术的迅速发展, 各种数字设备, 特别是各类 MCU 电子产品的应用日益广泛, 已经渗透到人们生活的各个领域之中。各种微控制器在应用于生活和生产的过程中, 往往需要进行 A/D 和 D/A 转换, 处理模拟信号和数字信号, 而且所要处理的变量往往是连续变化的物理量, 如温度、电压、速度等, 这些非电子信号的模拟量要经过传感器变成电压或者电流信号, 再转换成数字量, 然后经计算机进行处理后直观地显示给人们。因此, 模/数转换的过程是人们获取有效信息的一个重要环节。

模拟信号转换成数字信号的过程被称为模/数转换^[1], 简称 A/D (Analog to Digital) 转换; 完成模/数转换的电路被称为 A/D 转换器, 简称 ADC (Analog to Digital Converter)。模拟信号由传感器转换为电信号, 经放大器放大送入 A/D 转换器转换为数字量, 由数字电路进行处理。对模数转换过程的研究有助于更好地掌握这一技术, 并将其应用到更为广泛的生活和生产领域中去。

1 AD1674 概述及性能介绍

AD1674^[2] 是美国 ADI 公司推出的一种完整的 12 位并行模/数转换单片集成电路芯片。该芯片带有内部采样保持的完全 12 位逐次逼近寄存器 (SAR), 采样频率为 100 kHz; 最大转换时间为 10 μ s, 具有 +1/2 LSB 的积

分非线性 (INL) 以及 12 位无漏码的差分非线性 (DNL), 功耗较低, 仅为 385 mW; 内部自带采样保持放大器 (SHA)、10 V 基准电压源、时钟源以及可与微处理器总线直接接口的暂存/三态输出缓冲器, 输出可与 8 bit 或 12 bit 微处理器接口连接。

与原有的系列相比, AD1674 的内部结构更加紧凑, 集成度更高, 应用电路变得简单, 工作性能更可靠, 尤其是高低温的稳定性表现最佳, 而且可以使设计板面积大大减小, 因而可降低成本并提高系统的可靠性, 非常适用于通信、图像处理和医疗等高新技术设备的电路设计。本文在对某新型国产机载武器系统的研究中采用了 AD1674, 它可实时地采集温敏传感器的模拟参数, 以进行快速精确的数据转换并传给 MCU 进行处理, 从而有效地对实时温度进行检测。

2 逐次逼近 A/D 转换器的工作原理

逐次逼近型 A/D 转换器^[3] 主要由 A/D 电压比较器、逐次逼近寄存器 SAR 和转换结果寄存器 ADCR 构成。

首先, A/D 电压比较器将从数组的电压档位产生的比较电压与模拟输入引脚电压进行比较, 得到数字逻辑部分能够识别的数字信号 1 或者 0 (1 为高电压, 0 为低电压), 通过逐次比较逻辑构成, 从最高有效位 (MSB) 开始, 顺序地将每一位的输入电压与内置 D/A 转换器的

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 11 期

输出进行比较,经 n 次比较而输出相应的数字值序列。其优点是速度较快,功耗低,在低分辨率(<10 位)时价格相对便宜。

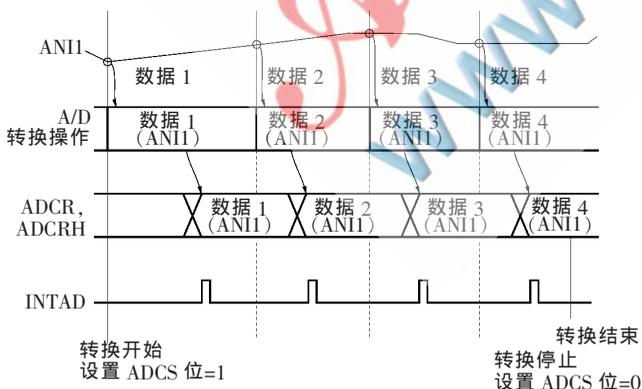
逐次逼近寄存器 SAR 为 12 bit 寄存器,用于设置档位电压数据,将数组的档位电压值与模拟输入引脚的电压值作比较,从最高有效位(MSB)开始,每次移 1 位。如果数据在 SAR 中始终设置成最低有效位(LSB)(A/D 转换结束),那么 SAR 寄存器的内容(也就是转换结果)将会被保存到 A/D 转换结果寄存器 ADCR 中。当所有指定的 A/D 转换操作都结束时,将产生 A/D 转换结束中断请求信号。转换结果寄存器是一个在选择模式存储 A/D 转换结果的 16 bit 寄存器,低 6 位固定为 0。每次 A/D 转换结束,将从逐次逼近寄存器中加载转换结果,由 16 bit 存储器处理指令读取 ADCR,产生的复位信号将该寄存器清除为 0,完成 A/D 转换。最后 SAR 中的数字量就是所求的转换结果。

3 A/D 转换器的两种操作模式

A/D1674 转换器的工作模式可分为选择模式和扫描模式两种,在这两种模式下,它的工作时序不同。选择模式主要用于具有专门输入端的系统,因而不需要有全总线的接口能力,而采用扫描工作模式则有利于与 MCU 进行总线连接。

3.1 选择模式

当 A/D 转换器模式寄存器(ADM)的 ADMD 位为 0 时,模拟输入通道指定寄存器(ADS)指定一个模拟输入通道进行 A/D 转换。A/D 转换完成时,转换结果存储在 A/D 转换结果寄存器(ADCR)中,并产生 ADCR 转换结束中断请求信号(INTAD),接着进行下一个模拟输入,连续重复 A/D 转换,除非将 ADCS 位置为 0。如果在转换期间将数据写入 ADM 或 ADS,则终止 A/D 转换。这种情况下,再次从头开始进行 A/D 转换,操作时序图如图 1 所示。



3.2 扫描模式

当 A/D 转换器模式寄存器(ADM)的 ADMD 位为 1 时,由模拟输入通道指定寄存器(ADS)指定的扫描 0~3 的 4 个模拟输入通道按次序连续执行 A/D 转换,从扫

描 0 指定的模拟输入通道开始。一个模拟输入的 A/D 转换完成时,转换结果存储在 A/D 转换结果寄存器(ADCR)中,并产生 ADCR 转换结束中断请求信号(INTAD)。所有模拟输入通道的 A/D 转换结果都存储在 ADCR 中。因此,在每路模拟输入通道转换完成后,立即把 ADCR 中的内容保存到 RAM 中。一次 A/D 转换完成后,连续重复地进行 A/D 转换,除非将 ADCS 位置为 0。如果在转换期间将数据写入 ADM 或 ADS,则终止 A/D 转换。这种情况下,从扫描 0 的模拟输入通道重新开始 A/D 转换,操作时序图如图 2 所示。



4 A/D 转换结果实现

在 C 语言编程实现 A/D 转换的过程中,转换结果可通过公式进行计算,式(1)、(2)、(3)给出了输入至模拟输入引脚 ANI0~ANI11 和 PGAI 的模拟输入电压与理论上的 A/D 转换结果之间的计算公式,其中 INT() 表示结果返回原括号内值的整数部分, V_{AIN} 表示模拟输入电压, AV_{REF} 表示引脚电压, ADCR 表示 A/D 转换寄存器的值, SAR 表示逐次逼近寄存器。模拟输入电压值与 A/D 转换结果之间的关系图如图 3 所示。

$$SAR = \text{INT} \left(\frac{V_{AIN}}{AV_{REF}} \times 1024 + 0.5 \right) \quad (1)$$

$$ADCR = SAR \times 64 \quad (2)$$

或:

$$\left(\frac{ADCR}{64} - 0.5 \right) \times \frac{AV_{REF}}{1024} \leq V_{AIN} < \left(\frac{ADCR}{64} + 0.5 \right) \times \frac{AV_{REF}}{1024} \quad (3)$$

5 应用实例

A/D 模数转换器被广泛地应用于各类电子产品中,特别是高速实时数据采集系统,瑞萨 78K0R 系列微控制器^[4]上就采用 AD1674 转换器进行实时温度的采集和转换。图 4 是应用于瑞萨 MCU 中进行温度采集和模/数转换的框图。

ANI0~ANI11 引脚为 12 通道 A/D 转换器模拟输入引脚^[5],模拟信号通过选择器选择一个或多个通道输

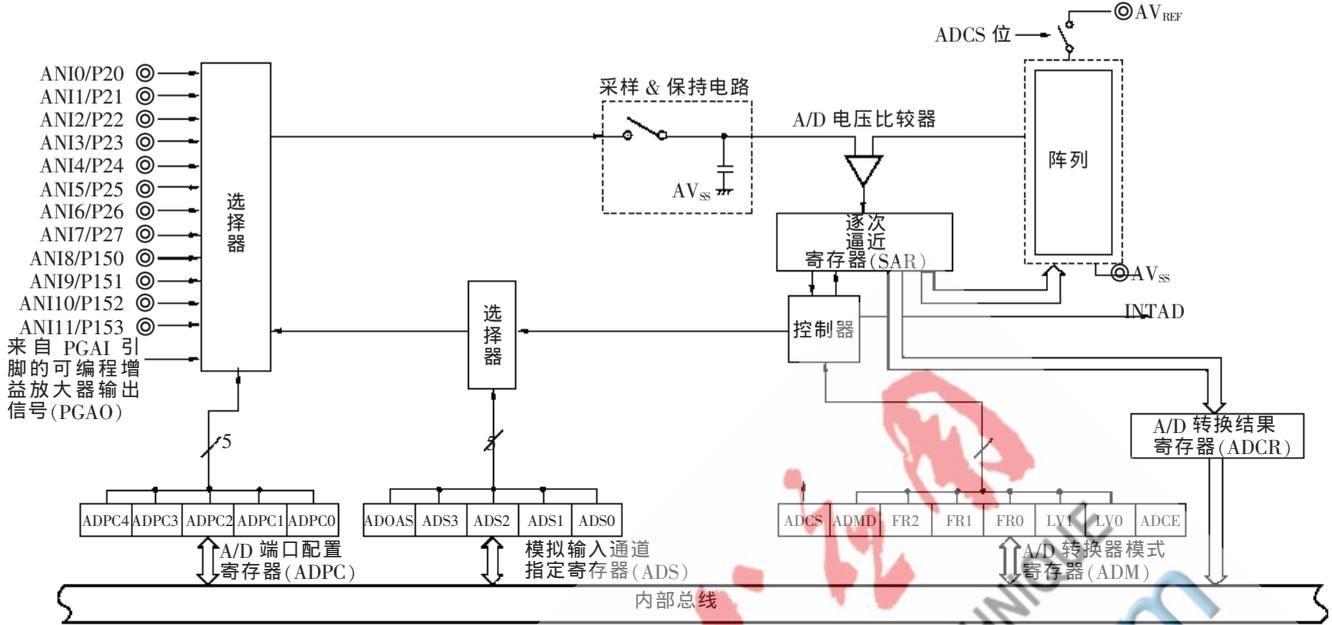


图4 A/D 模数转换器的结构框图

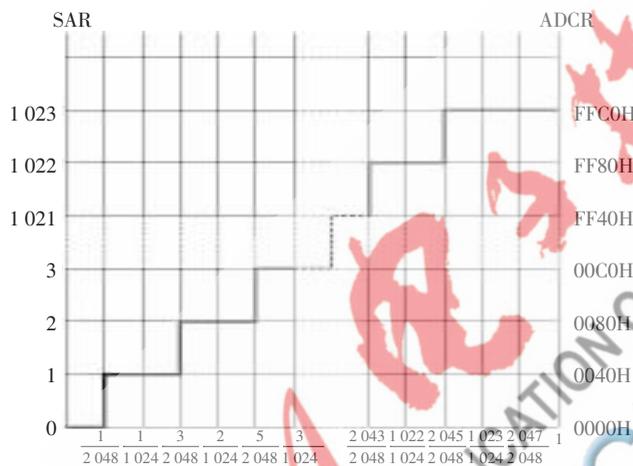


图3 模拟输入电压与 A/D 转换结果之间的关系图

入,经采样保持电路采集每个从输入电路连续发出的模拟输入电压,并发送采样数据到 A/D 电压比较器,A/D 电压比较器将从数组的电压档位产生的比较电压与模拟输入引脚电压进行比较。如果发现模拟输入电压大于参考电压 ($1/2 AV_{REF}$),则将会设置逐次逼近寄存器 (SAR) 的最高有效位 (MSB);如果模拟输入电压小于参考电压 ($1/2 AV_{REF}$),那么逐次逼近寄存器 (SAR) 的最高有效位 (MSB) 复位。接着自动设置 SAR 寄存器的位 10,并启动下一次比较。由位 11 的值来选择数组的电压档位,其结果已经设定如下:

位 11=0: ($1/4AV_{REF}$)

位 11=1: ($3/4AV_{REF}$)

将数组的档位电压与模拟输入电压进行比较,而 SAR 寄存器的位 10 则根据比较结果来执行操作:

模拟输入电压 \geq 数组档位电压: 位 10=1

模拟输入电压 \leq 数组档位电压: 位 10=0

这样的比较会持续至 SAR 寄存器的位 0。

每次 A/D 转换完成,A/D 转换结果将从逐次逼近寄存器加载到 A/D 转换结果寄存器,ADCR 寄存器将 A/D 转换结果在高位逐次保存,最后 SAR 中的数字量就是所求的转换结果。

本文主要针对目前市场上单片机及其 ADC 在电子产品中的广泛应用,给出了一种实用的逐次逼近型模/数转换器 AD1674,着重介绍了该芯片的性能特点、工作模式时序以及在瑞萨微处理器系统中的应用。瑞萨嵌入式 MCU 具有性能可靠、灵活方便、简洁实用、节能等优势,再将高性能的 A/D 转换器与其结合使用,可降低成本并提高系统的可靠性,因此具有很大的实用价值。

参考文献

- [1] 徐江涛,姚素英,李树荣,等.高分辨率流水线 A/D 转换器采样电容优化研究[J].微电子学,2004(4):435-438.
- [2] 郁春兰.A/D1674 的特点及其与 PC 机接口的应用研究[J].广东交通职业技术学院学报,2002(1):74-77.
- [3] 孙彤,李冬梅.逐次逼近 A/D 转换器综述[J].微电子学,2007(4):523-531.
- [4] 瑞萨科技公司.瑞萨 16 位 R8C/TINY 系列 MCU[J].世界电子元器件,2005(4):91-94.
- [5] 李言武.多通道 A/D 转换控制模块的设计与实现[J].电子科技,2011(8):75-77.

(收稿日期:2012-12-14)

作者简介:

牛国锋,男,1980 年生,硕士研究生,助理工程师,主要研究方向:计算机技术及嵌入式系统应用。

常晋义,男,1955 年生,教授,主要研究方向:人工智能与空间决策模型的理论和应用。