

# UM324xF ADC 使用指南

版本：V1.0



广芯微电子（广州）股份有限公司

<http://www.unicmicro.com/>

## 条款协议

本文档的所有部分，其著作权归广芯微电子（广州）股份有限公司（以下简称广芯微电子）所有，未经广芯微电子授权许可，任何个人及组织不得复制、转载、仿制本文档的全部或部分组件。本文档没有任何形式的担保、立场表达或其他暗示，若有任何因本文档或其中提及的产品所有资讯所引起的直接或间接损失，广芯微电子及所属员工恕不为其担保任何责任。除此以外，本文档所提到的产品规格及资讯仅供参考，内容亦会随时更新，恕不另行通知。

1. 本文档中所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例。用户如在设备设计中应用本文档中的电路、软件和相关信息，请自行负责。对于用户或第三方因使用上述电路、软件或信息而遭受的任何损失，广芯微电子不承担任何责任。
2. 在准备本文档所记载的信息的过程中，广芯微电子已尽量做到合理注意，但是，广芯微电子并不保证这些信息都是准确无误的。用户因本文档中所记载的信息的错误或遗漏而遭受的任何损失，广芯微电子不承担任何责任。
3. 对于因使用本文档中的广芯微电子产品或技术信息而造成的侵权行为或因此而侵犯第三方的专利、版权或其他知识产权的行为，广芯微电子不承担任何责任。本文档所记载的内容不应视为对广芯微电子或其他人所有的专利、版权或其他知识产权作出任何明示、默示或其它方式的许可及授权。
4. 使用本文档中记载的广芯微电子产品时，应在广芯微电子指定的范围内，特别是在最大额定值、电源工作电压范围、热辐射特性、安装条件以及其他产品特性的范围内使用。对于在上述指定范围之外使用广芯微电子产品而产生的故障或损失，广芯微电子不承担任何责任。
5. 虽然广芯微电子一直致力于提高广芯微电子产品的质量和可靠性，但是，半导体产品有其自身的具体特性，如一定的故障发生率以及在某些使用条件下会发生故障等。此外，广芯微电子产品均未进行防辐射设计。所以请采取安全保护措施，以避免当广芯微电子产品在发生故障而造成火灾时导致人身事故、伤害或损害的事故。例如进行软硬件安全设计（包括但不限于冗余设计、防火控制以及故障预防等）、适当的老化处理或其他适当的措施等。

## 目录

1	摘要.....	1
2	概述.....	1
3	独立模式 .....	1
3.1	常规序列单通道单次转换模式 .....	1
3.2	常规序列多通道单次转换模式 .....	2
3.3	常规序列单通道连续转换模式 .....	2
3.4	常规序列多通道连续转换模式 .....	2
3.5	常规序列多通道断续转换模式 .....	3
3.6	注入序列转换模式 .....	3
3.7	模拟看门狗模式 .....	4
3.8	差分信号输入模式 .....	4
3.9	ADC 经 OPA 缓冲采样.....	4
4	常规序列双 ADC 协同模式.....	5
4.1	双 ADC 常规序列同步扫描模式 .....	5
4.2	双 ADC 常规序列延迟扫描模式 .....	6
5	注入序列双 ADC 模式.....	6
5.1	双 ADC 注入序列并行扫描模式 .....	6
5.2	双 ADC 注入序列轮流触发扫描模式.....	7
6	提升 ADC 采样精度.....	8
7	版本修订 .....	9

# 1 摘要

本篇应用笔记主要介绍UM324xF ADC使用指南。

本篇应用笔记主要包括：

- 概述
- 独立模式
- 常规序列双ADC协同模式
- 注入序列双ADC模式
- 提升ADC采样精度

注：具体功能及寄存器的操作等相关事项请以用户手册为准。

## 2 概述

模数转换器(ADC)对通道电压采样，然后接收模数转换结果，并将经过简单处理的结果传递给CPU 或系统中的其他模块。

本 ADC 控制器控制着一个 12 位逐次逼近模数转换器，它具有 16 个外部通道，而且相邻的两个外部通道可以组成一对差分输入信号。本 ADC 控制器支持最多 16 个位置的常规序列和最多 4 个位置的注入序列，支持双 ADC 协同扫描，具有模拟看门狗功能。本 ADC 控制器有一个 32 级深的接收器 FIFO，而且每个通道都有独立的数据寄存器。

## 3 独立模式

### 3.1 常规序列单通道单次转换模式

这是最简单的 ADC 模式。在此模式下，ADC 执行单个通道 x 的单次转换（单次采样），如下图所示，并在转换完成后停止。

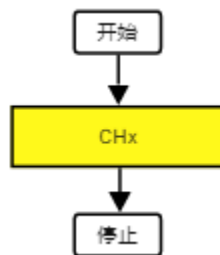


图 3-1：单通道单次转换模式

## 3.2 常规序列多通道单次转换模式

此模式用于在独立模式下对一些通道进行依次转换。通过设置 ADC 各个位置转换的通道，可以使用该 ADC 模式以不同的采样顺序对任意序列的通道（最多 16 个）依次进行配置。例如，可以执行图 3-2 所示的序列。

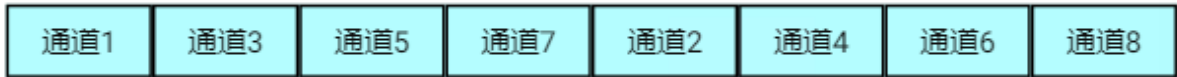


图 3-2: ADC 设定顺序转换 7 个通道

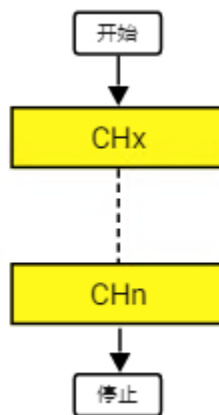


图 3-3: 多通道单次转换模式

## 3.3 常规序列单通道连续转换模式

单通道连续转换模式可在常规通道转换中对单个通道进行连续不断的转换。

此连续模式允许 ADC 在后台工作。因此，ADC 可在没有任何 CPU 干预的情况下连续转换通道。

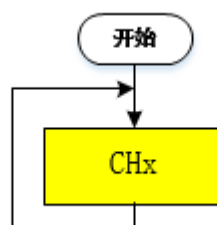


图 3-4: 单通道连续转换模式

## 3.4 常规序列多通道连续转换模式

多通道连续模式可用于在 ADC 处于独立模式时对一些通道进行依次转换。通过设置 ADC 各个

位置转换的通道，用户能以不同的顺序对任意序列的通道（最多 16 个）依次进行配置。此模式与多通道单次转换模式相似，只是在完成序列的最后一个通道后不会停止转换，而是从第一个通道重新开始转换并无限继续下去。

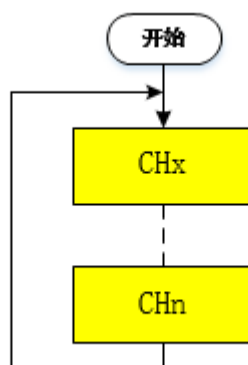


图 3-5：多通道连续转换模式

### 3.5 常规序列多通道断续转换模式

多通道断续转换模式下，出现外部触发时，将启动在常规序列通道设置寄存器中选择的接下来  $n$  个转换，直到所有常规序列通道转换位置均完成为止。

示例：

$n = 3$ ，要转换的通道 = 0、1、2、3、4、5、6、7

第 1 次触发：转换序列 0、1、2

第 2 次触发：转换序列 3、4、5

第 3 次触发：转换序列 6、7，并生成转换完成事件

第 4 次触发：转换序列 0、1、2

### 3.6 注入序列转换模式

注入序列的基础转换模式只有单次扫描模式一种。在单次扫描模式下，当注入序列转换触发以后，注入序列只转换一轮，然后回到空闲状态。注入组的优先级高于常规通道组。它会中断常规通道组中当前通道的转换。

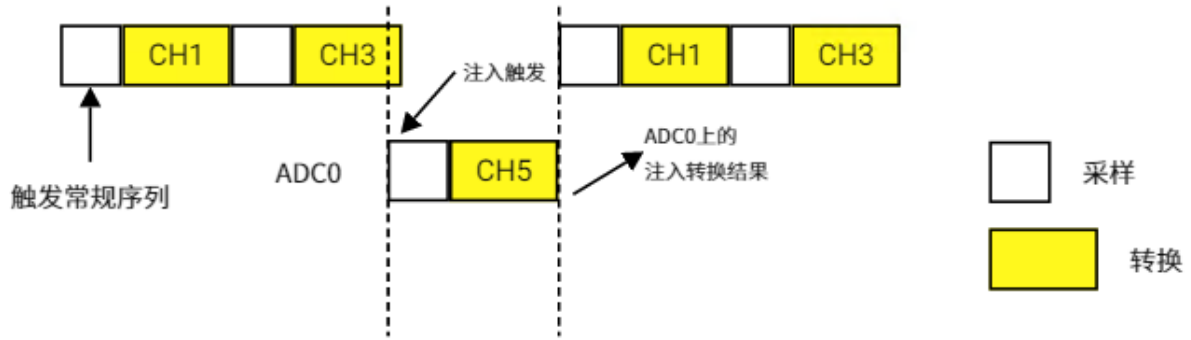


图 3-6：注入转换模式

### 3.7 模拟看门狗模式

模拟看门狗可以比较通道数据与上下阈值，如果通道数据超出由上下阈值划定的范围，看门狗就会产生中断标志。需要比较的通道可以独立使能，上下两个阈值均可以自由配置，比较条件也可以选择。中断标志有三个：通道数据看门狗报警中断标志、常规序列看门狗报警中断标志和注入序列看门狗报警中断标志，其中，通道数据看门狗报警中断标志不区分数据所属的序列。这三个中断标志都需要软件写 1 清除，硬件不会自动清除。

### 3.8 差分信号输入模式

ADC 具有 16 个外部通道，而且相邻的两个外部通道可以组成一对差分输入信号，最多可以组成 8 对差分输入信号。对于双端口差分输入，端口 0 和 1 转换完成的差分数据会保存在通道数据寄存器 0，端口 2 和 3 的差分数据会保存在通道数据寄存器 2，以此类推。

差分电压计算公式如下：（假设 ADC 参考电压为 3.3V）

1. ADC\_CHDAT 值（2048 -- 4095）对应（0V – 3.3V）

当  $V_{CH0} > V_{CH1}$  时，电压的计算为  $(3.3 * (ADC\_CHDAT0 - 2048) / 2047)$

2. ADC\_CHDAT 值（0 -- 2047）对应 -（0V – 3.3V）

当  $V_{CH0} < V_{CH1}$  时，电压的计算为  $-(3.3 * (ADC\_CHDAT0) / 2047)$

### 3.9 ADC 经 OPA 缓冲采样

ADC 通道输入的电压可以通过 OPA 放大后再进行模数转换。OPA 正通道选择信号 SELP 要选从 ADC MUX 输出连接过来，具体配置流程参考用户手册 ADC 使用流程。

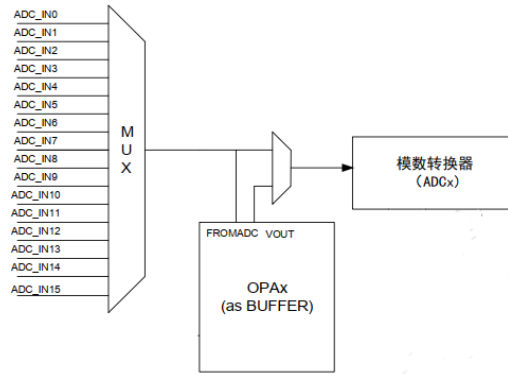


图 3-7: OPA 与 ADC 的连接框图

## 4 常规序列双 ADC 协同模式

常规序列的双 ADC 协同模式有同步扫描模式（又称为同时模式或并行模式）和延迟扫描模式（又称为交替模式或跟随模式）两种。默认情况下两个 ADC 独立工作。

当常规序列选择双 ADC 协同模式的其中一种时，两个 ADC 控制器的常规触发信号都将选用 ADC 控制器 0 的，两个 ADC 的时钟也都将选用 ADC 控制器 0 所产生的。

### 4.1 双 ADC 常规序列同步扫描模式

在常规序列同步扫描模式下，如果两个 ADC 都处于空闲状态下，那么当 ADC 控制器 0 接收到常规触发信号后，两个 ADC 将开始同步转换。

如果两个 ADC 控制器的常规序列或（断续扫描模式下）常规短序列不同时结束，那么两个 ADC 控制器会在结束当前序列时互相等待，以确保下一次常规序列或常规短序列的转换仍然同步开始。

注意：如果在 ADC 控制器 0 的常规触发信号到来时，两个 ADC 不全都处于空闲状态下，那么两个 ADC 将先后开始第一轮转换，在经过一轮等待过程之后，才能实现同步开始转换。

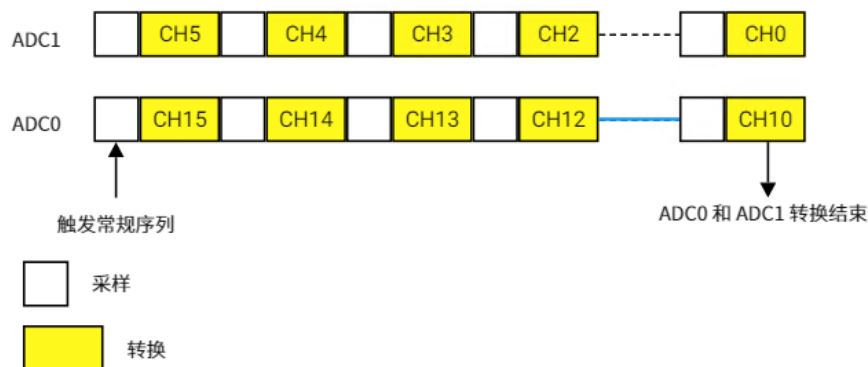


图 4-1: 双 ADC 常规序列同步扫描模式



## 4.2 双 ADC 常规序列延迟扫描模式

在常规序列延迟扫描模式下，当 ADC 控制器 0 接收到常规触发信号后，ADC0 将首先开始转换，经过 6~21 个 ADCCLK 周期的延迟后，ADC1 接着开始转换。如果延迟时间不超过 10 个 ADCCLK 周期，那么 ADC1 的转换看上去就像整体相对 ADC0 的转换延迟了。

如果延迟时间多于 10 个 ADCCLK 周期，那么除了 ADC0 的第一次转换以外，自身 ADC 的每次开始转换时刻都相对另一个 ADC 的开始转换时刻有延迟。

另外，常规序列延迟连续扫描模式是唯一没有常规序列结束等待过程的协同模式，常规序列延迟单次或断续扫描模式仍有结束等待的过程。

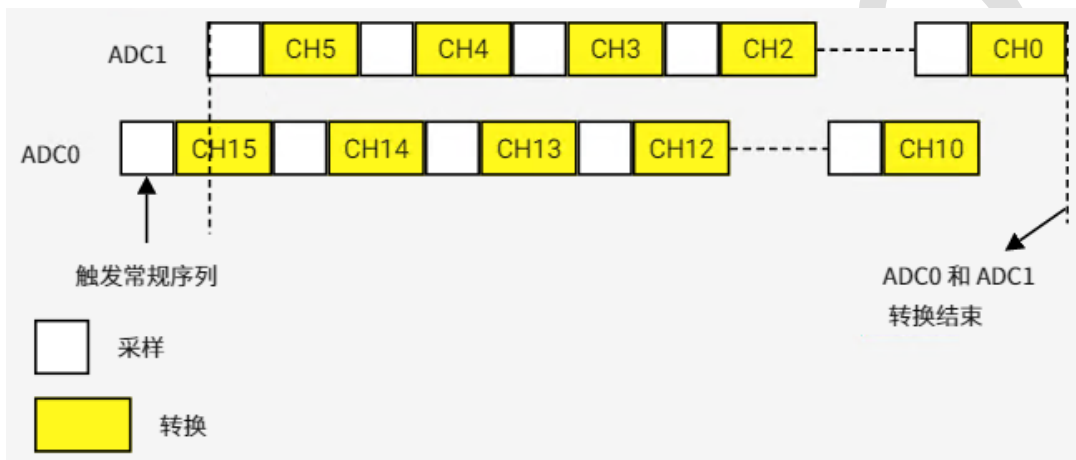


图 4-2：双 ADC 常规序列延迟扫描模式

## 5 注入序列双 ADC 模式

注入序列的双 ADC 协同模式有并行扫描模式和轮流触发扫描模式（又称为交替触发模式）两种。默认情况下两个 ADC 独立工作。

当注入序列选择双 ADC 协同模式的其中一种时，两个 ADC 控制器的注入触发信号都将选用 ADC 控制器 0 的，两个 ADC 的时钟也都将选用 ADC 控制器 0 所产生的。

### 5.1 双 ADC 注入序列并行扫描模式

在注入序列并行扫描模式下，当 ADC 控制器 0 接收到注入触发信号时，如果两个 ADC 正在进行常规转换，那么它们将各自在完成最近一次常规转换后开始注入并行转换；如果两个 ADC 处于空闲状态，那么它们将直接进入注入状态，开始注入并行转换。

假设在常规序列独立连续转换、注入序列并行转换的部分过程，其中因为两个 ADC 的常规序列转换独立，所以它们的 ADCCLK 计数器的有可能步伐不同，开始注入序列并行转换的时刻也不同，

不过它们在结束注入序列转换时仍然有一个等待的过程。常规序列延迟连续转换、注入序列并行转换的情况也类似。然而，如果常规序列同步连续转换、注入序列并行转换，那么因为两个 ADC 的 ADCCLK 计数器的步伐一致，所以开始注入序列并行转换的时刻也相同。

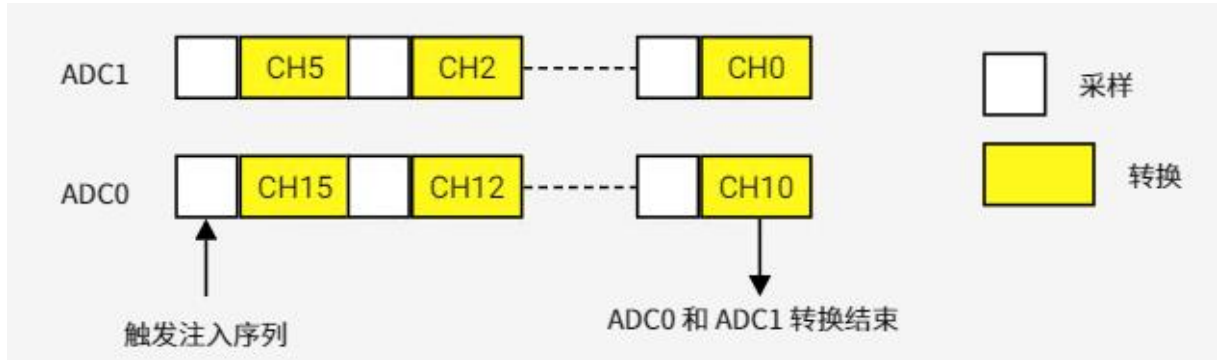


图 5-1: 双 ADC 注入序列并行扫描模式

## 5.2 双 ADC 注入序列轮流触发扫描模式

在注入序列轮流触发扫描模式下，当 ADC 控制器 0 接收到注入触发信号时，两个 ADC 中只有一个开始转换注入序列，而另一个则进入注入状态等待，然后两个 ADC 同时恢复之前的状态。第 1, 3, 5, ...（奇数）次注入触发信号将使 ADC0 转换注入序列；第 2, 4, 6, ...（偶数）次注入触发信号将使 ADC1 转换注入序列。

注意：在轮流触发模式下，只允许在前一个 ADC 完成注入转换后，才触发后一个 ADC 的注入转换。若前一个 ADC 注入转换未完成时有新的触发信号到来，新来的触发信号将被忽略。

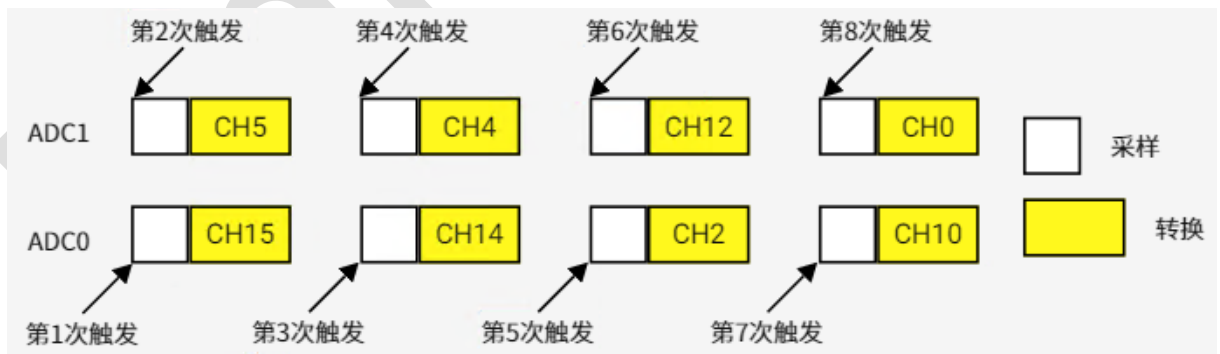


图 5-2: 双 ADC 注入序列轮流触发扫描模式

## 6 提升 ADC 采样精度

1. 就噪声而言，线性稳压器的输出质量更佳。电源必须经过降压、整流和滤波，然后馈送到线性稳压器。强烈建议将滤波电容连接到整流器输出。如果使用切换电源，建议使用线性稳压器供应模拟级。建议在电源线和地线之间连接具有优良高频特性的电容。也就是说，应在靠近电源的位置安装一个  $0.1 \mu\text{F}$  和一个  $1$  至  $10 \mu\text{F}$  的电容。
2. 电源应具有正常线和负载调节，因为 ADC 使用  $V_{\text{REF+}}$  或  $V_{\text{DDA}}$  作为模拟参考，并且数字值是模拟输入信号与该电压参考值之比。因此， $V_{\text{REF+}}$  在不同负载时必须保持稳定。每当通过开启电路的某部分增加负载时，电流的增大不得导致电压下降。如果电压在较大电流范围内保持稳定，表明电源具有良好的负载调节能力。
3. 温度影响补偿：一种方法是完整描述偏移和增益漂移特性，并在存储器中提供查询表，以便根据温度变化修正测量值。此校准方法需要额外的成本和时间。第二种方法包括使用内部温度传感器和 ADC 看门狗，以在温度变化达到给定值时重新校准 ADC。
4. 注入电流最小化：检查应用，确认是否有任何数字或模拟输入电压可能小于  $V_{\text{SS}}$  或  $V_{\text{SSA}}$ 。如果是这样，将从该引脚注入反向电流。如果数字输入接近正在转换的模拟输入，对精度的影响将更大。应避免在任何标准（非稳健）的模拟输入引脚上注入反向电流，这样做会显著降低另一个模拟输入上正在进行的转换作业的精度。建议在  $V_{\text{SSA}}$  和 I/O 引脚之间连接肖特基二极管，它可以使能反向注入电流。
5. I/O 引脚串扰最小化：通过让接地走线与之交叉来屏蔽模拟信号，可以减少串扰产生的噪声。
6. 减少 EMI 所致噪声：您可以使用适当的屏蔽和布局技巧来减少 EMI 噪声。必须在可能的发射源和接收器之间提供物理隔离。可通过适当的接地和屏蔽措施对它们进行电气隔离。
7. 本 ADC 的内阻只有几百欧，ADC 通道输入电压的电阻不宜过大，并适当添加电容。
8. 在进行数据处理时，可以使用平均值滤波、中值滤波、卡尔曼滤波等算法来消除高频噪声和抖动，从而得到更加精确的结果。

## 7 版本修订

版本	日期	描述
V1.0	2023.05.29	初始版