



## ADUCM360 常见问题解答

编写	CAC(XS)
时间	2014/06/07
版本	V2.0

### 声明

Analog Devices 公司拥有本文档及本文档中描述内容的完整知识产权 (IP)。Analog Devices 公司有权在不通知读者的情况下更改本文档中的任何描述。如果读者需要任何技术帮助, 请通过 [china.support@analog.com](mailto:china.support@analog.com) 或免费热线电话 4006-100-006 联系亚洲技术支持中心团队。其他技术支持资料以及相关活动请访问以下技术支持中心网页 [http://www.analog.com/zh/content/ADI\\_CIC\\_index/fca.html](http://www.analog.com/zh/content/ADI_CIC_index/fca.html)

Analog Devices, Inc.

## 版本历史

版本	日期	作者	描述
1.0	2013/9/7	CAC(XS)	文档新建
2.0	2014/6/7	CAC(XS)	增加章节 3.21~3.30

## 目录

版本历史 .....	II
目录 .....	III
第 1 章 简介 .....	5
1.1 产品简介 .....	5
1.2 参考资料 .....	5
第 2 章 ADUCM360/ADUCM361 基础 .....	7
第 3 章 常见应用问题解答 .....	8
3.1 ADUCM360 和 ADUCM361 有什么不同? .....	8
3.2 ADUCM360/ADUCM361 支持什么样的开发工具 .....	8
3.3 ADUCM360/ADUCM361 支持什么样的下载方式以及仿真方式? .....	8
3.4 使用串口下载 ADUCM360 /ADUCM361 时, 需要进行什么操作? .....	9
3.5 ADUCM360 /ADUCM361 提供哪些数据文档以及实验室参考设计? .....	10
3.6 ADUCM360/ADUCM361 的每个外设有两个时钟, 他们有什么不同吗? .....	10
3.7 裸露焊盘应该如何处置? .....	11
3.8 ADUCM360 /ADUCM361 怎样设置复位引脚? .....	11
3.9 ADUCM360/ADUCM361 的 ADC 测量范围是多少, 如果需要测量负电压应该怎么办? ....	11
3.10 如何准确的计算 ADUCM360/ADUCM361 的数据更新率以及滤波器特性? .....	12
3.11 如何使用 ADUCM360/ADUCM361 的内部温度传感器? .....	13
3.12 ADUCM360/ADUCM361 的数据寄存器格式是怎样的? .....	13
3.13 可以检测到 ADC 输入或外部基准电压源输入的开路/短路吗? 我需要确保我的应用能够检测接线问题。 .....	14
3.14 我的设计不使用某些 ADC 输入和 GPIO 引脚。我应当如何配置这些引脚以便将功耗降至最低? .....	14
3.15 您能就 SINC3 和 SINC4 数字滤波器性能与不同 ADC 采样速率之间的关系提供更多信息吗? .....	15
3.16 在基于 ARM7 的 ADuC 器件上, 通过 JTAG 调试和下载到 Flash。在 AduCM360 上, JTAG 被串行线调试取代。串行线调试与 JTAG 有何区别? 我是否需要新的工具和新的仿真器? .....	15
3.17 在 ADuCM360/361 数据手册中, 如何根据噪声表计算 ADC 有效位数? .....	15
3.18 ADuCM360 和 ADuCM361 是否支持存储器到存储器 DMA 传输? .....	16
3.19 我有一个要求时序非常精确的应用。可以将一个 16.0000 MHz 晶体连接到 XTALO/XTALI 引脚, 并利用它来为 Cortex M3 内核提供时钟吗? 如果行, 您能推荐振荡器通常需要的外围元件值 (电阻 R 接在晶体两端, 电容 C 从晶体的一侧连接到地) 吗? .....	16
3.20 哪里可以获得关于 AduCM360 寄存器的信息? .....	16
3.21 我在使用 ADuCM360 评估套件时, 尝试使用外部 32kHz 晶振作为定时器的时钟源, 但无法发出中断, 因此我检查了 ADuCM360 的 XTAL1 和 XTAL0 引脚, 发现他们都是低电平信号。是否需要发出某些命令才能使能此时钟电路? .....	17
3.22 当我根据定时器示例进行以下配置时, 我以为能获得 2048 中断速率, 但实际上我得到的是 1638.4 (就像使用 20 作为计数器一样), 这是为什么? 32768/16=2048; GptLd(pADI_TM0,16); GptCfg(pADI_TM0,TCON_CLK_LFXTAL,TCON_PRE_DIV1,TCON_MOD TCON_RLD TCON_ENABLE); .....	17
3.23 如何实现采样率 2000 SPS? 滤波器设置不允许获得精确的 2000 SPS。 .....	17

---

3.24 如何在 P1.0 上使用外部时钟? .....	18
3.25 能否在不增加外部时钟的情况下获得 2000 Hz 或 2048 Hz 中断源? .....	18
3.26 模拟部分采用 1.8 V 电源还是 3.3 V 电源? (我认为是 1.8 V, 因为 VBias 通常等于 0.9V) .....	18
3.27 我注意到增益为 1 时, 信号在供电轨附近失去了线性度, 而其他增益则没有这种情况。这种现象正常吗? .....	18
3.28 如果将采样速率设为 2000 Hz, 那么第一个样本是否会在启动 ADC 之后 0.5 ms 出现? 18	
3.29 我在寻找闪存写入期间的功耗规格。我特别感兴趣的是, 如果从一个运行中的程序开始, 而非从 JTAG 开始, 会不会有所不同。哪里可以找到这些规格? .....	19
3.30 我想要将测量数据记录在闪存中。向闪存写入时, 电源电压和温度范围有什么限制吗? 是否可以在电源电压范围和温度范围的所有条件以及所有组合下向闪存写入? .....	19

# 第1章 简介

## 1.1 产品简介

ADUCM360/ ADUCM 361 是 ADI 公司推出的集成化数据采集解决方案。ADUCM360 是 32-bit ARM Cortex-M3® 处理器，内部集成高性能双核 sigma-delta ( $\Sigma\text{-}\Delta$ )结构的 ADC (ADUCM361 只有一个内核)，并且片上集成 Flash/EE 存储器。在有线和电池供电应用中，ADUCM360/ ADCUM 361 可以为与外部精密传感器直接连接。

ADUCM360/ADUCM361 自带一个片内 32 kHz 振荡器和一个 16 MHz 高频振荡器。高频振荡器通过一个可编程时钟分频器进行分频，产生处理器内核工作所需频率。

微控制器内核为低功耗 ARM Cortex-M3 处理器，采用 32 位精简指令集，最高速度可达 20 MIPS。Cortex-M3 处理器集成了灵活的 11 通道 DMA 控制器，支持全部通信外设(SPI、UART 和 I2C)。片内还集成 128 KB 非易失性 Flash/EE 存储器和 8 KB SRAM。

模拟子系统由双核 ADC 组成，每个 ADC 均连接到一个灵活的多路输入复用器。两个 ADC 都可在全差分 and 单端模式下工作。其他的片内 ADC 功能还包括：双通道可编程激励电流源、诊断电流源和偏置电压产生器 AVDD\_REG/2(900 mV)，可用于设置输入通道的共模电压。内部接地开关可在两次转换之间关断外部电路(例如桥电路)。

ADC 包含两个并联的滤波器：一个 Sinc3 或 Sinc4 滤波器与 Sinc2 滤波器并联。Sinc3 或 Sinc4 滤波器用于精密测量。Sinc2 滤波器用于快速测量和输入信号的阶跃变化检测。该器件集成一个低噪声、低漂移内部基准电压源，但在采用比例式测量配置时可配置成接受一或两个外部基准电压源。片内集成了可缓存外部基准电压输入的选项。片内集成一个单通道带缓冲的电压输出 DAC。

ADUCM360/ADUCM361 集成了一系列片内外设，可以根据应用需要通过微控制器软件控制进行配置。这些外设包括：UART、I2C 和双路 SPI 串行通信器、19 引脚 GPIO 端口；两个通用定时器；唤醒定时器及系统看门狗定时器。同时提供了一个带 6 个输出通道的 16 位 PWM 控制器。

ADUCM360/ADUCM361 专为要求低功耗工作的电池供电应用而设计。微控制器内核可配置为正常工作模式，功耗 290  $\mu\text{A}/\text{MHz}$ (包括 Flash/SRAM IDD)。在两个 ADC 均打开(输入缓冲器关闭)、PGA 增益为 4、一个 SPI 端口打开和所有定时器均打开时，系统总电流消耗为 1 mA。

## 1.2 参考资料

[ADuCM360/ADuCM361: Low Power, Precision Analog Microcontroller with Dual Sigma-Delta ADCs, ARM Cortex-M3 Data Sheet \(Rev B, 07/2013\)](#)

[ADuCM360/ADuCM361: Low Power Precision Analog Microcontroller, ARM Cortex-M3, with Dual Sigma-Delta ADCs Silicon Anomaly \(Rev 0, 09/2012\)](#)

[AN-1250: Interfacing an ADT7310/ADT7410 to a Cortex-M3 Based Precision Analog Microcontroller \(ADuCM360\)](#) (pdf, 265 kB)

[AN-1111: Options for Minimizing Power Consumption When Using the ADuCM360/ADuCM361](#) (pdf, 244 kB)

[AN-1160: Cortex-M3 Based ADuCxxx Serial Download Protocol](#) (pdf, 144 kB)

[AN-1159: I<sup>2</sup>C-Compatible Interface on Cortex-M3 Based Precision Analog Microcontroller \(ADuCxxx Family\)](#) (pdf, 227 kB)

[AN-1159 Companion Code](#) (zip, 11 kB)

[CN0319: 14-Bit, 4-20 mA, Loop Powered, Thermocouple Temperature Measurement System Using ARM Cortex-M3](#) (pdf, 427 kB)

[CN-0300: 12-Bit, 4-20mA Loop-Powered Thermocouple Measurement System Using ARM Cortex-M3](#) (pdf, 411 kB)

[Complete 4 mA to 20 mA Loop Powered Field Instrument with HART Interface](#) (pdf, 259 kB)

[CN-0221: USB-Based Temperature Monitor Using the ADuCM360 Precision Analog Microcontroller and an External Thermocouple](#) (pdf, 366 kB)

[UG-367: Using the ADuCM360/ADuCM361 Low Power, Precision Analog Microcontroller with Dual Sigma-Delta ADCs, ARM Cortex-M3](#) (pdf, 1642 kB)

[UG-457: ADuCM360 Development Systems Getting Started Tutorial](#) (pdf, 995 kB)

[Analog Devices' Analog Microcontroller with ARM Cortex M3 and Dual 24-Bit Sigma-delta A/D Converters Offers Highest Accuracy, Lowest Power](#) (04 Jun 2012)

[ADuCM360/ADuCM361 Digital Filter Response Model](#) (xlsx, 509 kB)

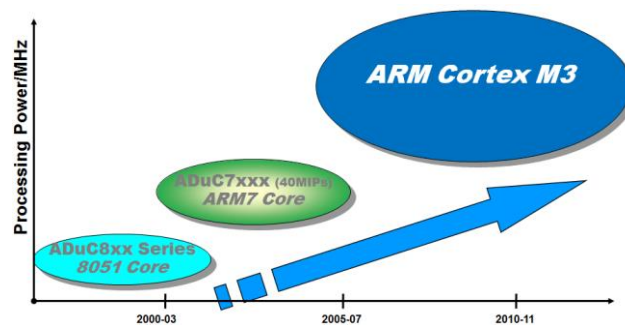
[ADuCM360/361 code examples and function libraries](#) (zip, 1143 kB)

## 第2章 ADUCM360/ADUCM361 基础

ADUCM360/ADUCM361 是基于 ARM Cortex M3 内核的模拟微控制器，其关键指标如下所示：

### ◆ ARM Cortex-M3 MCU Core:

- ◆ 16 MHz 主频 (Flash & SRAM), 128 kB Flash, 8 kB SRAM
- ◆ 模拟 I/O
- ◆ 双核 24-bit Sigma-Delta ADCs. 最大 4 KHz 数据更新率，内置双路 PGA，增益设置从 1 到 128。
- ◆ 单路 DAC, 可以直接驱动 4-20mA 环路。
- ◆ 两路可编程输出电流源。
- ◆ 精密片上参考源 – 15 ppm max Tempco
- ◆ 可选的参考源输入缓冲电路
- ◆ 灵活的输入复用器
- ◆ 内置偏执电压发生器，方便热电偶应用
- ◆ 脉冲检查功能 – SINC2 滤波器输出。
- ◆ 50Hz 抑制功能– 比 AD7794 (16.6 Hz)更加出色



### ◆ 功耗:

- ◆ Cortex-M3/SRAM/FLASH = 290  $\mu$ A/MHz
- ◆ ADC – 70 $\mu$ A per ADC
  - ◆ PGA G=4/8/16 = 130  $\mu$ A
  - ◆ PGA G=32/64/128 = 180  $\mu$ A
  - ◆ DAC = 50  $\mu$ A
- ◆ CPU = 500 kHz, Both ADCs active, both PGAs=16, Idd = 1 mA(max)

### ◆ ADC 性能:

- ◆ ADC ENOB > 21 RMS bits, fADC = 4 Hz
- ◆ ADC ENOB > 19 RMS bits, fADC = 50 Hz
- ◆ 同步 50/60 hz rejection at fADC=50 SPS, 80 dB
- ◆ 内置 1.2V 参考源, TempCo = 4 ppm typ. /15 ppm max
- ◆ DAC 12-bit 单调

## 第3章 常见应用问题解答

### 3.1 ADUCM360 和 ADUCM361 有什么不同？

ADUCM360 和 ADUCM361 完全端口兼容，唯一不同之处在于 ADUCM360 内部集成两个 ADC 内核，ADUCM361 只有一个。

### 3.2 ADUCM360/ADUCM361 支持什么样的开发工具

ADUCM360 和 ADUCM361 的开发方法是非常简便的。ADUCM36X 系列提供了一整套评估板套件 EVAL-ADUCM360QSPZ，以帮助用户熟悉 ADUCM36X 的开发方法和开发环境。它包括一块评估板，USB 数据线，ADI J-Link 在线仿真器。评估版套件中的光盘包含了开发中用到的所有的软件，数据手册，应用笔记，评估板原理图、例子代码等信息。如果没有购买评估板的用户想要得到此光盘，可以联系 4006-100-006 或者发 email 至 china.support@analog.com 索取。下面根据光盘中提供的各种开发软件对开发方法做一介绍。

#### 1. IAR EWARM

IAR Embedded Workbench 是一套开发工具，用于对汇编、C 或 C++ 编写的嵌入式应用程序进行编译和调试，它是一套高度精密且使用方便的嵌入式应用编程开发工具。该集成开发环境包含了 IAR 的 C/C++ 编译器、汇编器、链接器、文件管理器、文本编辑器、工程管理和 C-SPY 调试器。通过其内置的针对不同芯片的代码优化器，IAR Embedded Workbench 可以为 ARM 芯片生成非常高效和可靠的代码。（光盘中所提供的版本有 32K 代码量的限制）

#### 2. Keil MDKARM

它是一个集成开发环境。它支持编辑、编译、软件仿真。用户可在 Keil 的网站 [www.keil.com](http://www.keil.com) 下载最新版本的 Keil MDKARM 来实现对 ADUCM36X 系列单片机的编程。（光盘中所提供的版本有 16K 代码量的限制）

#### 3. CM3WSD

它是下载程序的工具。当用 IAR 或 Keil 编译生成 \*.hex 文件后，可以用此软件把程序从 PC 上下载到芯片中。PC 与芯片之间的连接是通过串口实现的。在评估板套件中，包含了 USB 转串口下载线。如果没有购买评估板套件，您也可以自己在市场上买一根串口线。但是需要在您的电路板上加入一颗 RS232 电平转换芯片。

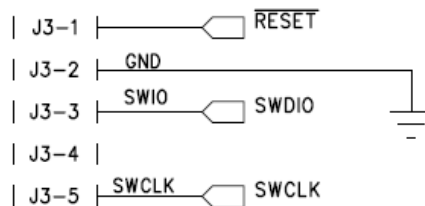
### 3.3 ADUCM360/ADUCM361 支持什么样的下载方式以及仿真方式？

ADUCM360 可以支持 J-Link 下载以及在线仿真，同时支持串口下载功能。其详细设置步骤可以参照以下链接：

[http://www.analog.com/static/imported-files/user\\_guides/UG-457.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/user_guides/UG-457.pdf)

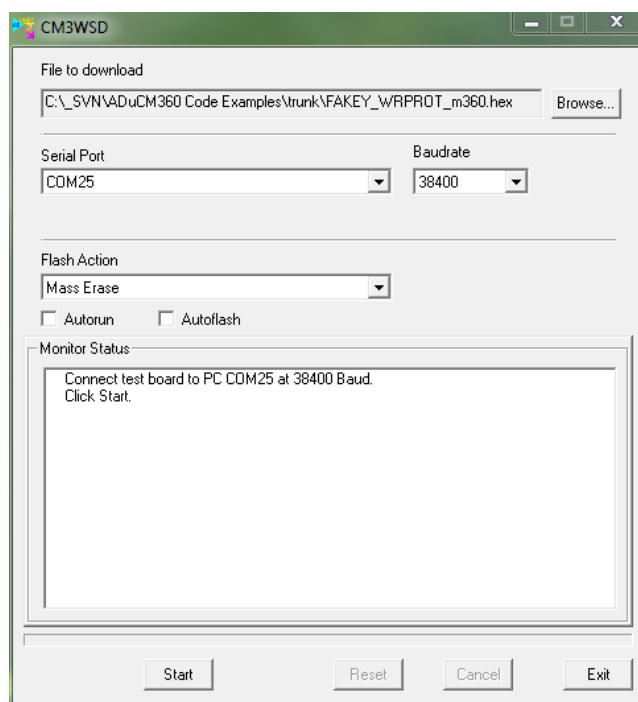
使用 J-Link 仿真时只需要连接 RESET，SWCLK，SWDIO 和 GND 引脚。





### 3.4 使用串口下载 ADUCM360 /ADUCM361 时，需要进行什么操作？

1. 将 ADUCM360/ADUCM361 开发板连接至 USB-SWD/UART 转接板，同时将 USB-SWD/UART 转接板通过 USB 电缆连接至电脑。
2. 使 ADUCM360 进入到下载模式：1. 将 P2.2 口置为低电平 2. 将 RESET 引脚拉低然后再拉高（或者悬空）3. P2.2 口悬空且 RESET 引脚为高。
3. 运行 CM3WSD 软件，在 Browse 中加载 hex 文件  
C:\\_SVN\ADuCM360 Code Examples\trunk\FAKEY\_WRPROT\_m360.hex



4. 在 Serial Port 选中相应的串口，Baudrate 栏中选择合适的波特率（一般 9600 比较合适），Flash Action 栏中选择合适的操作，其中包括擦除操作，编程操作，校验操作以及编程和校验操作，最后点击 Start 按钮。
5. 下载完成后，对 ADUCM360/ADUCM361 重新复位即可工作。

### 3.5 ADUCM360 /ADUCM361 提供哪些数据文档以及实验室参考设计?

关于 ADUCM360/ADUCM361 的中文开发资料,您可以通过以下链接查看:

<http://www.analog.com/zh/processors-dsp/analog-microcontrollers/aducm360/products/product.html>

我们会陆续翻译更多英文资料,从而方便中国客户开发设计。同时我们有以下中文版的实验室参考设计,这些参考实验室电路都可以免费下载原理图,物料清单, Gerber 文件, PADS 文件, 以及装配图。参考代码可以通过以下链接下载:

[www.analog.com/static/imported-files/design\\_tools/ADuCM360\\_361\\_Code\\_Examples\\_Function\\_Libraries.zip](http://www.analog.com/static/imported-files/design_tools/ADuCM360_361_Code_Examples_Function_Libraries.zip)

基于 ADUCM360 的 14 位、4-20mA 环路供电型热电偶温度测量系统

<http://www.analog.com/zh/circuits-from-the-lab/CN0319/vc.html>

具有 HART 接口的完整 4 mA 至 20 mA 环路供电现场仪器

<http://www.analog.com/zh/circuits-from-the-lab/CN0267/vc.html>

采用 ADUCM360 的 12 位、4-20mA 环路供电型热电偶测量系统

<http://www.analog.com/zh/circuits-from-the-lab/CN0300/vc.html>

采用 ADUCM360 的 USB 热电偶温度测量系统

<http://www.analog.com/zh/circuits-from-the-lab/CN0221/vc.html>

### 3.6 ADUCM360/ADUCM361 的每个外设都有两个时钟,他们有什么不同吗?

以 UART 为例, CLKDIS 时钟指的是总线时钟,指的是内核操控外设时所用的时钟信号。UARTCLK 指的是串口外设的工作时钟,串口通信速率就是由 UARTCLK 时钟决定。同样道理,定时器的定时时钟由 TIMER0/1CLK 决定, SPI,I2C 的通信速率由 SPI0/1CLK,I2CCLK 决定。

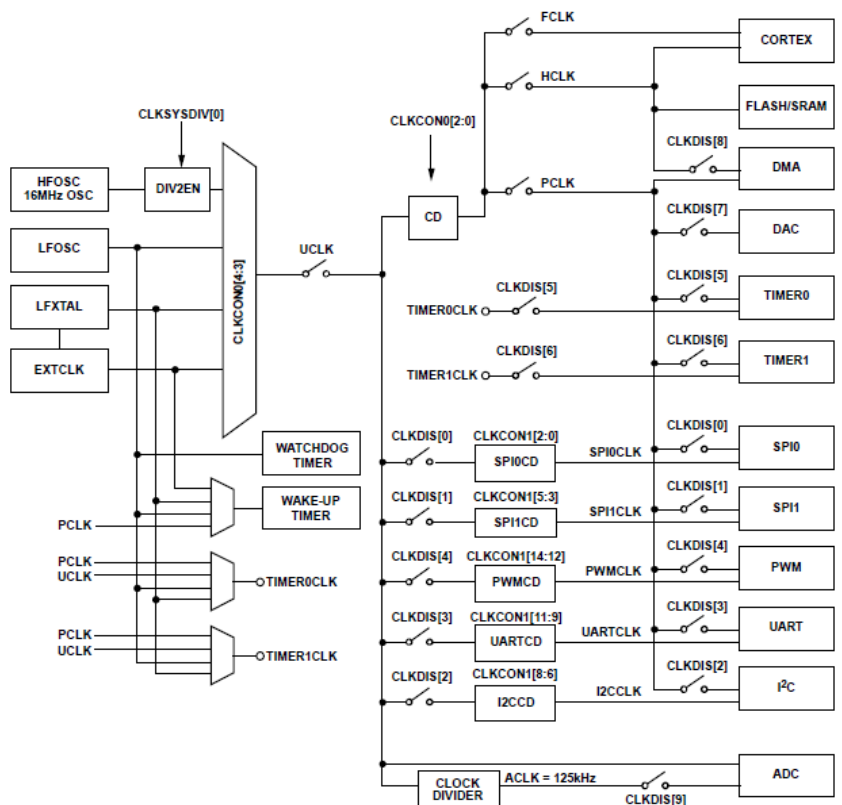


Figure 3. Clocking Architecture Block Diagram

### 3.7 裸露焊盘应该如何处置？

为了保证其机械性能，裸露焊盘应该连接至铺铜区域，同时直接接至 DGND。

### 3.8 ADUCM360 /ADUCM361 怎样设置复位引脚？

ADUCM360 在正常工作状态下，reset 引脚因内置上拉电阻，所以保持悬空即可，复位时需要一个低电平，注意此引脚不能外接电容，否则会导致延时复位。

### 3.9 ADUCM360/ADUCM361 的 ADC 测量范围是多少，如果需要测量负电压应该怎么办？

ADUCM360/ADUCM361 的输入范围分为绝对输入范围和差分输入范围。在没有使能内部缓冲器的情况下，其绝对输入范围是从 AGND 到 AVDD；使能内部缓冲器的话其输入范围缩小至 AGND + 0.1V 到 AVDD-0.1V。差分电压的范围会随着增益的不同而不同，对于增益大于 32 的情况下，其差分电压的范围您可以查看数据手册的表 3 和表 7。

Gain = 1	$\pm V_{REF}$	V
Gain = 2	$\pm 500$	mV
Gain = 4	$\pm 250$	mV
Gain = 8	$\pm 125$	mV
Gain = 16	$\pm 62.5$	mV

Table 7. RMS Noise vs. Gain and Output Update Rate, External Reference (2.5 V), Gain = 32, 64, and 128

Update Rate (Hz)	Chop/Sinc	ADCFLT Register Value	RMS Noise ( $\mu$ V)					
			Gain = 32, <sup>1</sup> $\pm 62.5$ mV, ADCxMDE = 0x49	Gain = 32, <sup>1,2</sup> $\pm 22.18$ mV, ADCxMDE = 0x51	Gain = 64, <sup>3</sup> $\pm 15.625$ mV, ADCxMDE = 0x59	Gain = 64, <sup>3,4</sup> $\pm 10.3125$ mV, ADCxMDE = 0x61	Gain = 128, <sup>5</sup> $\pm 7.8125$ mV, ADCxMDE = 0x69	Gain = 128, <sup>5,6</sup> $\pm 3.98$ mV, ADCxMDE = 0x71
3.53	On/Sinc3	0x8D7C	0.076	0.07	0.088	0.06	0.068	0.58
30	Off/Sinc3	0x007E	0.21	0.22	0.21	0.19	0.175	0.17
50	Off/Sinc3	0x007D	0.265	0.21	0.27	0.2	0.225	0.19
100	Off/Sinc3	0x004D	0.37	0.32	0.366	0.28	0.32	0.26
488	Off/Sinc4	0x100F	0.73	0.7	0.73	0.57	0.64	0.5
976	Off/Sinc4	0x1007	1.1	0.83	1.01	0.77	0.89	0.75
1953	Off/Sinc4	0x1003	2.05	1.3	1.6	1.24	1.3	1.1
3906	Off/Sinc4	0x1001	9.4	4.8	5.1	2.65	3.2	1.88

<sup>1</sup> ADCxMDE = 0x49 sets the PGA for a gain of 16 with a modulator gain of 2. The modulator gain of 2 is implemented by adjusting the sampling capacitors into the modulator. ADCxMDE = 0x51 sets the PGA for a gain of 32 with the modulator gain off. ADCxMDE = 0x49 has slightly higher noise but supports a wider input range.

<sup>2</sup> If AVDD < 2.0 V and ADCxMDE = 0x51, the input range is  $\pm 17.5$  mV.

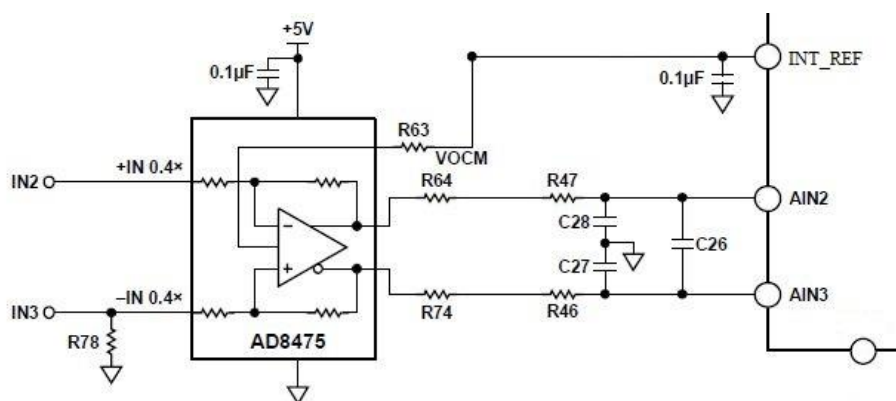
<sup>3</sup> ADCxMDE = 0x59 sets the PGA for a gain of 32 with a modulator gain of 2. The modulator gain of 2 is implemented by adjusting the sampling capacitors into the modulator. ADCxMDE = 0x61 sets the PGA for a gain of 64 with the modulator gain off. ADCxMDE = 0x59 has slightly higher noise but supports a wider input range.

<sup>4</sup> If AVDD < 2.0 V and ADCxMDE = 0x61, the input range is  $\pm 8.715$  mV.

<sup>5</sup> ADCxMDE = 0x69 sets the PGA for a gain of 64 with a modulator gain of 2. The modulator gain of 2 is implemented by adjusting the sampling capacitors into the modulator. ADCxMDE = 0x71 sets the PGA for a gain of 128 with the modulator gain off. ADCxMDE = 0x69 has slightly higher noise but supports a wider input range.

<sup>6</sup> If AVDD < 2.0 V and ADCxMDE = 0x71, the input range is  $\pm 3.828$  mV.

如果需要测量负电压，需要使用电压抬升电路或者是带共模电压设置功能的差动运放，如下图所示的连接方式



### 3.10 如何准确的计算 ADUCM360/ADUCM361 的数据更新率以及滤波器特性？

ADUCM360/ADUCM361 的数据更新率取决于斩波功能是否使能，平均系数以及滤波器系数，详细您可以查看以下表格 fADC 表示的是数据更新率，tSETTING 表示的是建立时间。您也可以下载仿真工具，便于快速计算数据更新率和滤波器特性：  
[www.analog.com/static/imported-files/design\\_tools/ADuCM360\\_361\\_Digital\\_Filter\\_Response\\_Model.xlsx](http://www.analog.com/static/imported-files/design_tools/ADuCM360_361_Digital_Filter_Response_Model.xlsx)

Table 16. ADC Conversion Rates and Settling Times

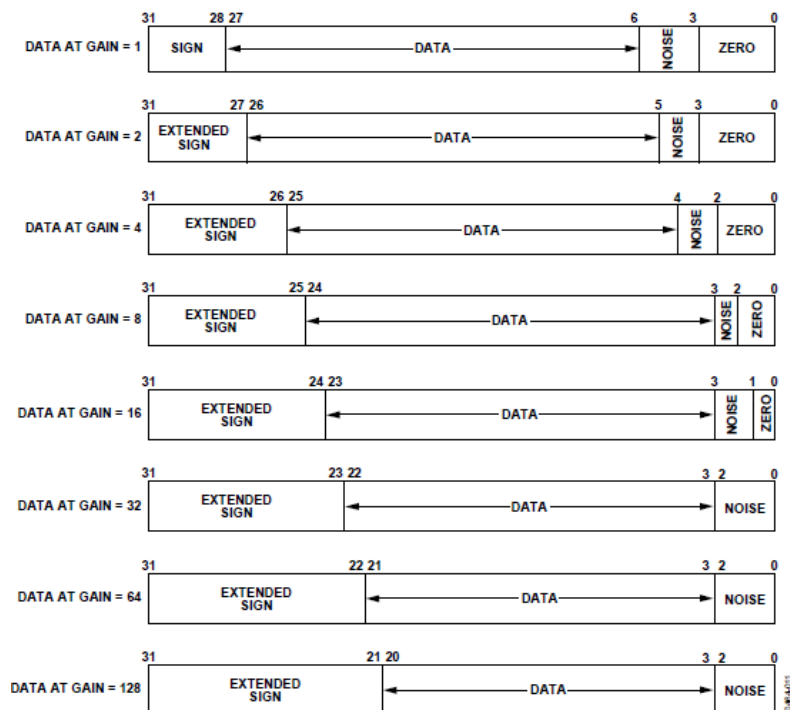
Chop Enabled	Averaging Factor (AF)	Running Average	$f_{ADC}$ Normal Mode	$t_{SETTLING}^1$
No	No	No	$\frac{125,000}{[SF + 1] \times 16}$	$\frac{3}{f_{ADC}}$
No	No	Yes	$\frac{125,000}{[SF + 1] \times 16}$	$\frac{4}{f_{ADC}}$
No	Yes	No	$\frac{125,000}{[SF + 1] \times 16 \times [3 + AF]}$	$\frac{1}{f_{ADC}}$
No	Yes	Yes	$\frac{125,000}{[SF + 1] \times 16 \times [3 + AF]}$	$\frac{2}{f_{ADC}}$
Yes	N/A	N/A	$\frac{125,000}{[SF + 1] \times 16 \times [3 + AF] + 3}$	$\frac{2}{f_{ADC}}$

### 3.11 如何使用 ADUCM360/ADUCM361 的内部温度传感器?

ADUCM360/ADUCM361 自带温度传感器，测量精度正负 6°C，但是在使用时需要注意，其测量的温度值只是相对值，而不是绝对值。其温度计算方法可以通过公式  $T - T_{REF} = (V_{ADC} - V_{TREF}) \times K$  计算， $T_{REF}$  表示的是参考温度，通常是 25°C， $V_{TREF}$  表示的是参考温度下测量的电压值， $K$  表示的是温度系数  $K = 4 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{mV}$ 。当然在使用时也可以使用默认值  $T - 25^\circ\text{C} = (V_{ADC} - 82.1) \times 4$ 。如果需要更加准确的值，推荐针对不同芯片，重新进行校准。

### 3.12 ADUCM360/ADUCM361 的数据寄存器格式是怎样的?

ADUCM360/ADUCM361 的数据寄存器总共有 32 位，有 24 位的转换结果，但是有效位会随着增益的不同而不同，如图所示。当增益为 1 时，28 到 31 位是符号位，6 到 27 位是数据位，3 到 6 位是噪声位，0 到 3 位是零。当设置 PGA 增益为 2 时，数据自动右移一位，符号扩展位增加一位，噪声减小一位。这样的设计方便了工程师使用内部 PGA 时，不需要再对数据进行乘除运算。无论设置怎样的增益都可以通过公式  $(V_{REF}/228) \times \text{ADCxDAT}$  (带符号转换结果) 或者  $(V_{REF}/228) \times \text{ADCxDAT}$  (不带符号转换结果, 只有正值)



### 3.13 可以检测到 ADC 输入或外部基准电压源输入的开路/短路吗？我需要确保我的应用能够检测接线问题。

ADuCM360/361 提供了 2 个 50uA 诊断电流源。开启时，可以选择这些电流源以通过任何 ADC 输入端输出电流。

若要检测短路：

使能电流源并将其连接到输入之一。（例如，ADC1CON[11:10] = [01]）正常情况下，ADC 结果应为  $50\mu\text{A} \cdot R1$ 。如果存在短路，ADC 结果将是 0V 左右。

若要检测 ADC 输入开路：

使能与两个模拟输入引脚相连的电流源。（例如，ADC1CON[11:10] = [11]）正常情况下，ADC 结果应为  $50\mu\text{A} \cdot (R1.-R2)$ 。如果 ADC 结果比 R1 和 R2 的最差情形匹配还要大，则检测到开路。

利用 DETSTA[4] 状态位检测外部基准电压源输入错误：

如果连接到 VRFE+/VREF- 的外部基准电压源  $\leq 400\text{mV}$ ，则此位置 1。注意，此位对 EXTREF2IN+/EXTREF2IN- 输入无效。

### 3.14 我的设计不使用某些 ADC 输入和 GPIO 引脚。我应当如何配置这些引脚以便将功耗降至最低？

ADC 输入——直接将其接地。模拟引脚上的漏电流很低，典型值为 1nA。数字引脚有一个连接到 IOVDD 的内部上拉电阻，其典型值为 50 kΩ。由于存在上拉电阻，这些引脚可以不连接。另一种方案是从外部将其连接到 IOVDD，以将流经上拉电阻的电

流降至最低。

### 3.15 您能就 SINC3 和 SINC4 数字滤波器性能与不同 ADC 采样速率之间的关系提供更多信息吗？

我们提供一个工作表，输入 Sinc 滤波器和均值滤波器值后，您就能获得相应的滤波器响应曲线。它还能根据所选的滤波器设置给出 ADC 更新速率和建立时间。



Microsoft Office  
Excel 97-2003 Works!

### 3.16 在基于 ARM7 的 ADuC 器件上，通过 JTAG 调试和下载到 Flash。在 AduCM360 上，JTAG 被串行线调试取代。串行线调试与 JTAG 有何区别？我是否需要新的工具和新的仿真器？

串行线调试(SWD)是 JTAG 的替代调试方案。之所以使用 SWD 而不使用 JTAG，是因为前者需要的引脚数更少(2)。目前用于 ARM7 系列的工具同样支持串行线调试，无需购买新的仿真器。在通信速度方面，SWD 与 JTAG 一样快。速度限制取决于片内 Flash 存取时间，而不是调试端口。

### 3.17 在 ADuCM360/361 数据手册中，如何根据噪声表计算 ADC 有效位数？

RMS 噪声是通过如下方式获得的：选择内部短路作为 ADC 输入，然后取得 200 次 ADC 转换的结果（选择同一 Ain 通道作为 ADC 的正输入和负输入）。

RMS 有效位数如下计算：

$$\text{RMS ENOB} = \frac{\log_{10}(\text{电压范围}/\text{RMS 噪声})}{\log_{10}(2)}$$

通过 ADCxCON[18]选择二进制补码形式的 ADC 输出结果时，电压范围为 2x VREF。（双极性 ADC 读数）

峰峰值 ENOB =  $\log_{10}(\text{电压范围}/\text{峰峰值噪声})$ ，其中峰峰值噪声 = RMS 噪声 x 6.6

### 3.18 ADuCM360 和 ADuCM361 是否支持存储器到存储器 DMA 传输？

是的，ADuCM360 和 ADuCM361 支持存储器到存储器传输。任何专用 DMA 通道都可以用于此类传输，也就是说，存储器到存储器传输并没有特定通道。

下面的示例使用通道 0（SPI1TX DMA 通道）。

#### 1) Flash 到 SRAM

设置 DMA 基地址指针

来源端指针指向 Flash 中的某个位置

目标端指针指向 SRAM 中的某个位置

自动请求 DMA 传输类型

使能 DMA 通道 0

使能 uDMA

在通道 0 上发起软件请求

#### 2) SRAM 到 Flash

开始传输之前：

必须擦除 Flash 目标页。

必须使能 Flash 写操作。

然后就可以按照示例 1)所述的步骤操作，不过来源指针和目标指针应调换。

### 3.19 我有一个要求时序非常精确的应用。可以将一个 16.0000 MHz 晶体连接到 XTALO/XTALI 引脚, 并利用它来为 Cortex M3 内核提供时钟吗? 如果行, 您能推荐振荡器通常需要的外围元件值 (电阻 R 接在晶体两端, 电容 C 从晶体的一侧连接到地) 吗?

如果整个温度范围内 1%的精度还不够, 您可以在 P1.0 上使用外部时钟, 不要使用晶体。

### 3.20 哪里可以获得关于 AduCM360 寄存器的信息?

电气规格请参阅数据手册。有关帮助设置 ADuCM360 寄存器的信息, 请参阅以下产品页面上的用户指南 UG367:

<http://www.analog.com/en/processors-dsp/analog-microcontrollers/aducm360/products/technical-documentation/index.html>



### 3.21 我在使用 ADuCM360 评估套件时，尝试使用外部 32kHz 晶振作为定时器的时钟源，但无法发出中断，因此我检查了 ADuCM360 的 XTAL1 和 XTAL0 引脚，发现他们都是低电平信号。是否需要发出某些命令才能使能此时钟电路？

需配置外部晶振控制寄存器，请参考用户指南第 12 页：  
[http://www.analog.com/static/imported-files/user\\_guides/UG-367.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/user_guides/UG-367.pdf)

通过配置 XOSCCON 寄存器的 ENABLE 位来使能外部晶振，对应的参考代码如下：  
XOSCCfg(CLK\_XON); 外部晶振电源

### 3.22 当我根据定时器示例进行以下配置时，我以为能获得 2048 中断速率，但实际上我得到的是 1638.4（就像使用 20 作为计数器一样），这是为什么？ $32768/16=2048$ ； GptLd(pADI\_TM0,16); GptCfg(pADI\_TM0,TCON\_CLK\_LFXTAL,TCON\_PRE\_D IV1,TCON\_MOD|TCON\_RLD|TCON\_ENABLE);

通用定时器可采用外部 32.768 kHz 晶振作为时钟源，这个时钟源是与内核时钟异步的。定时器计满后，需在定时器寄存器中清除中断，而且需要额外的时钟操作。这个清除中断的操作是在 32.768 kHz 频率下完成，比内核时钟频率低得多。具体详情用户可以参见用户指南的第 145 页。外部的 32.768 kHz 频率会限制定时器能够生成的最小间隔。另一种办法是使用内核时钟（最高 16MHz）产生 2000 Hz 间隔。

### 3.23 如何实现采样率 2000 SPS？滤波器设置不允许获得精确的 2000 SPS。

在 2000 SPS 下生成 ADC 采样的一种方法是在 P1.0 上使用外部时钟。ADC 调制器频率默认为 125000 Hz，由内部振荡器的 16 MHz 经 128 分频后产生。如果需要 2000 SPS 的采样率，需要将调制器的频率设置成 128000。具体方法是将时钟模式配置成为 2，在 P1.0 上使用外部 16.384 MHz 时钟。

注意：外部时钟 P1.0 上的频率不应超过 16MHz +/-3%

### 3.24 如何在 P1.0 上使用外部时钟？

若要在 P1.0 上使用外部时钟：

将 GP1CON 寄存器配置为 EXT CLK IN 模式，即 GP1CON |= 0x2。参见用户指南的第 100 页。

然后在 CLKCON0 寄存器中选择 EXTCLKIN 作为 CLKMUX 选项，参见第 10 页。

DioCfgPin(pADI\_GP1,PIN0,2); 将 P1.0 配置为 EXT CLK IN

iClkSrc = CLK\_P4 调用 ClkCfg()

执行这些指令前，P1.0 上必须存在外部时钟。

### 3.25 能否在不增加外部时钟的情况下获得 2000 Hz 或 2048 Hz 中断源？

如需从定时器中获取其他断源，可使用 UCLK 作为时钟源。UCLK 是调用 ClkCfg() 函数时，在 iClkSrc 中选择的时钟。

如需计算正确的定时器值，请使用第 145 页中的公式。例如，假设定时器设为向下计数模式，则对于 0.5 ms 间隔而言：UCLK = 16MHz，预分频器 = 16，TxLD = 500（以十进制表示）。

如果使用 16.384 MHz 外部时钟作为系统时钟，则需要调节此 TxLD 值。

### 3.26 模拟部分采用 1.8 V 电源还是 3.3 V 电源？（我认为是 1.8 V，因为 VBias 通常等于 0.9V）

ADC 和其他内部模拟外设采用 1.8 V LDO 输出供电。

### 3.27 我注意到增益为 1 时，信号在供电轨附近失去了线性度，而其他增益则没有这种情况。这种现象正常吗？

输入通道可以设置为缓冲或无缓冲。此选项可在 ADCxCON[17:14]中设置。在增益为 1 的情况下测量时，应当旁路缓冲器。

### 3.28 如果将采样速率设为 2000 Hz，那么第一个样本是否会在启动 ADC 之后 0.5 ms 出现？

"ADC 转换速率和建立时间可参考用户指南第 27 页中的表 16。建立时间取决于滤波器选项（斩波使能，平均系数和移动平均）。

在数字滤波器响应时间电子表格中更改这些选项时，可以看到建立时间的效果。

[http://www.analog.com/static/imported-files/design\\_tools/ADuCM360\\_361\\_Digital\\_Fil](http://www.analog.com/static/imported-files/design_tools/ADuCM360_361_Digital_Fil)

[ter Response Model.xls"](#)

**3.29 我在寻找闪存写入期间的功耗规格。我特别感兴趣的是，如果从一个运行中的程序开始，而非从 JTAG 开始，会不会有所不同。哪里可以找到这些规格？**

该问题的答案可在数据手册第 8 页的尾注 14 上找到：

在 Flash/EE 存储器编程和擦除周期期间的典型额外电源功耗为 7mA。

**3.30 我想要将测量数据记录在闪存中。向闪存写入时，电源电压和温度范围有什么限制吗？是否可以在电源电压范围和温度范围的所有条件以及所有组合下向闪存写入？**

可在整个工作电源范围以及温度范围内使用闪存。