



测量 MSC12xx 元件的供应电压和提高其 ADC PSRR

德州仪器 (TI) 针对 MSC12xx 元件的模拟电源变动, 提出了一种简单的补偿方法, 它只需使用 Δ - Σ 模拟数字转换器 (ADC) 尚未连接的 ADC 输入之一, 即可执行。这种电源变动的测量能力可用来调整 ADC 增益, 使其拥有更高的电源抑制比 (PSRR)。本文介绍的这种方法, 可适用于 MSC12xx 和 ADS1216 系列。

执行转换动作时, ADC 会对内部电容上的输入进行采样, 采样速率相当于调制频率 (F_{MOD})。接著再用开关电容技术来比较输入电压和积分器电压, 然后产生模拟数字转换结果。问题在于下次采样动作开始时, 采样电容却仍未放电完毕, 其残留电压与模拟供应电压 AV_{DD} 成正比, 我们只要用高阻抗 ($>10\text{ M}\Omega$) 电压表或示波器就能看到这个微弱电压。让模数转换器在关掉内部缓冲器的情形下工作, 然后将示波器探针连接到内部程序所选择的 ADC 输入引脚, 就能在示波器上看到其电压范围为 0.3 V 至 0.7 V。

浮动 ADC 输入 (Flying ADC Input) 的测量

切断两只 ADC 差动输入引脚与外部电路的连线, 则其电位会完全相同, 差动电压测量值也会等于零; 但若将其中一个输入接地, 转换结果将不再是零, 且其值会保持稳定, 直到模拟电源改变为止。值得注意的是, 在测量前须先将 ADC 的输入缓冲器关掉。面对这个现象, 接下来的问题自然是: 哪些因素会在这种情形下影响 ADC 读取值?

哪些因素会影响 ADC 读取浮动输入?

我们进行了多项实验, 用来判断 ADC 结果是否会受到下列任何一项因素的影响:

- ADC 调制器频率 (F_{MOD})
- ADC 输入采样频率
(可编程增益放大器的设定值改变时, 采样频率会随之改变)
- 抽样频率 (decimation frequency)
- 所选择的 ADC 输入引脚
- 元件时钟频率
- 参考电压和参考电压共模

最新一期精彩内容

- 本篇文章的更完整内容
 - 14 位、125-MSPS ADS5500 模数转换器评估
 - 高速数据转换器的时钟控制
 - 更高性能的自举 (bootstrap) / 偏压供应电路
 - 采用 MSC12xx 控制器实施 12 位 Δ - Σ 数模转换器
- 请立即访问 TI 网站下载模拟应用导报: analog.ti.com/aaaj

- 元件温度
- 元件与时钟或其它噪声源的距离

在所有情形下, 我们发现若让一只 ADC 输入接地, 另一只输入设为浮动, 则 ADC 读取值会保持稳定, 并未出现受到前述参数影响的迹象。但若将浮动输入引脚连接某些电阻或是电容, ADC 读取值就会改变, 因为额外增加的直流和交流路径会影响浮动输入电压。稳定的 ADC 读取值不表示利用外接电压表量测的浮动输入电压为固定值, 它只表示所有这些变动在转换过程都被补偿修正, 使得 ADC 得到稳定的结果。

ADC 浮动输入读取值和模拟供应电压

深入分析 ADC 浮动输入读取值和模拟供应电压之间的关系即可发现, 所有 MSC12xx 元件的 ADC 读取值都与模拟供应电压保持如下的严格线性关系:

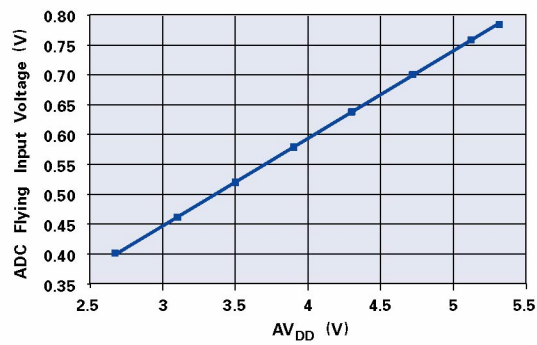
$$V = \frac{AV_{DD}}{KS} \quad (1)$$

其中 V 为 ADC 浮动输入读取值, KS 是比例系数, 其值会随元件而略有差异, 不同类型的元件和封装也稍有不同, KS 的平均值约为 6.9。图 1 是 MSC1210 的 ADC 浮动输入读取值。

我们测量了不同 MSC12xx 元件的 KS 值及其变异范围, 结果发现 KS 值会随元件类型而略有差异, 因为有些元件会采用不同的内部布局、不同的封装引脚和不同的寄生电容值。

值得注意的是, 浮动输入测量值是绝对测量值, 因此, V_{REF} 精确度、ADC 偏压和增益校准都会对结果造成影响。

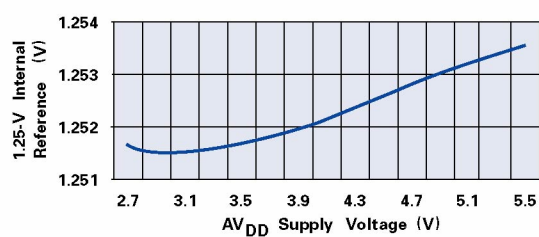
图1：MSC1200在各种AV_{DD}电压下的ADC浮动输入读取值



在同一型号的元件中，元件与元件之间的KS值差异约±2.5%，因此决定某一张用户电路板AV_{DD}电压的KS值也适用于其它类似电路板，且其精确度达±2.5%。通常并不需要以高于±5%的精确度追踪供应电压，2.5%对多数应用已经足够。若使用内部参考电压，须记住它会受到供应电源的影响，这可能转而影响KS值。

浮动输入电压还能用来侦测ADC输入是否仍连接至外部信号源。

图2：MSC1210内部参考电压与AV_{DD}的典型关系图



内部参考电压变动的补偿

MSC12xx 元件的ADC电源抑制比通常约为 85 dB，但其内部参考电压的电源抑制比却远比它低得多，大约只有 60 dB，因此若使用内部参考电压，整个系统的电源抑制比就会受其限制。内部参考电压与模拟供应电压通常会保持几乎近于线性的关系（参考图2）。利用这种线性关系，我们可从供应电压变化来估算内部参考电压的变化。由于ADC浮动输入为我们提供了一套测量供应电压变化的有用工具，我们可以计算新的ADC增益值以补偿ADC参考电压的漂移：

$$GAIN_N = GAIN_C [1 + (SPLY_N - SPLY_C) \times KR]$$
 (2)

其中：

GAIN_C 是在稳定供应电压下 (AV_{DD} = V_C)，元件执行ADC自我校准时加载ADC增益校准寄存器 (Gain Calibration Register，GCR) 的数据值；

SPLY_C 是AV_{DD} = V_C时，ADC自我校准结束后的ADC浮动输入数据值；

SPLY_N 是供应电压变为V_N时，ADC的浮动输入数据值 (此时GCR值仍为GAIN_C)；

GAIN_N 是供应电压为V_N时，GCR新设定的ADC增益值；

以及KR为比例系数，稍后将由方程式3定义。

整个过程顺序如下：执行系统重置，等到电源供应电压稳定于V_C，元件也热机后，内建程序即开始执行ADC自我校准，并将GCR值复制到变量GAIN_C，然后测量ADC浮动输入SPLY_C，最后由用户程序执行其工作。当供应电压改变至V_N时，元件内建程序会测量新的浮动输入电压SPLY_N，若它和所储存的SPLY_C值不同，程序会用方程式 2 计算新的增益值，再将计算结果加载 GCR。由于程序储存著原来的GAIN_C和SPLY_C值，因此这个程序可以重复许多次。

KR 是不受 AV_{DD} 供应电压变动影响的未知常数，我们可以利用稳定的外部控制信号测量其值。

在这些条件下，方程式 2 变为方程式 3：

$$KR = \frac{\frac{CNTR_C}{SPLY_T - SPLY_C} - 1}{CNTR_T} \tag{3}$$

其中：

CNTR_C 是AV_{DD}=V_C时，ADC校准结束后的ADC控制信号数据值；

CNTR_T 是AV_{DD}变成新电压值V_T后的控制信号数据值；

以及SPLY_T是AV_{DD} = V_T时的ADC浮动输入数据值。

这种方法轻松快速就能找出KR系数的精确值，该系数本身就包含所有的元件特性和环境变异。MSC1200 元件的典型 KR 值为 1.076 × 10⁻⁹。

表1：未经和经过增益修正的ADC电源抑制比

元件	未经增益修正的ADC电源抑制比 (dB)	经过增益修正的ADC电源抑制比 (dB)	电源抑制比相差值 (dB)
MSC1200 #1	51.83	72.76	20.93
MSC1200 #2	52.56	72.58	20.02
MSC1200 #3	23.88	81.42	27.54
MSC1210 #1	63.53	80.91	17.38
MSC1210 #2	68.63	93.97	25.34
MSC1210 #3	66.74	79.16	12.43

结论

本文提出的方法不必增加外部零件，就能测量 MSC12xx 的模拟供应电压，这对许多电池应用非常重要。只要知道元件目前的供应电压，即可利用此法调整ADC增益，进而得到更高的ADC电源抑制比，内建ADC电压参考的元件尤其如此。USupply程序让用户针对所要的电路板和设定值来验证测量方法与精确度，同时找出KS和KR值。

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/opticalnetwork
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated