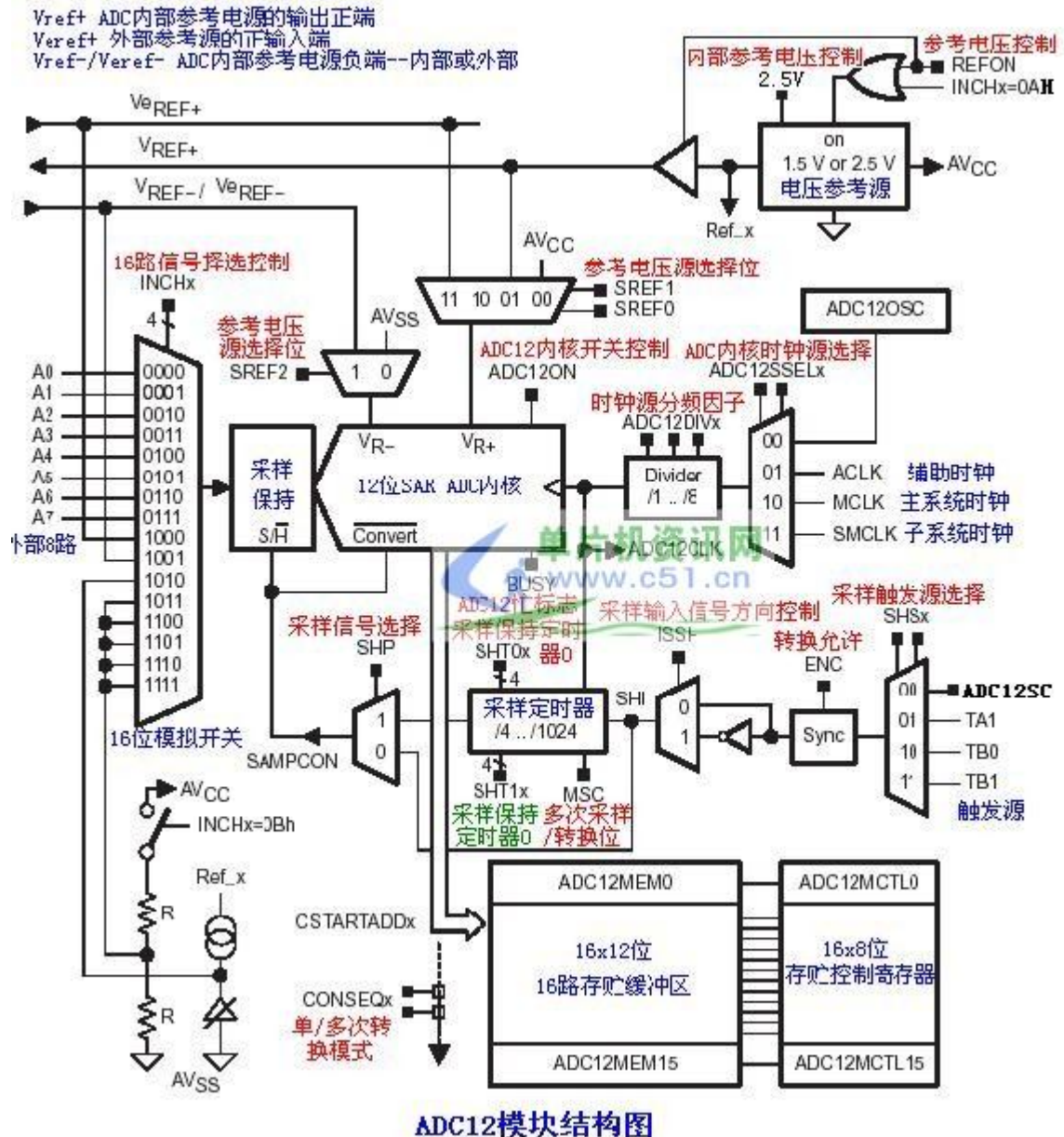


MSP430 模块情况介绍

对于 MSP430ADC 模块，其有 8 通道、12 通道、16 通道等主要类别，在精度上有 10 位、12 位、16 位等精度，对于这些不同类的 ADC 模块，其大致结构功能我们以 MSP430ADC12 为例作具体说明如下：

MSP430 单片机的 ADC12 模块是一个 12 位精度的 A/D 转换模块，它具有高速度、通用性等特点。其模块结构图如下：



从以上 ADC12 结构图中可以看出，ADC12 模块中是由以下部分组成：输入的 16 路模拟开关，ADC 内部电压参考源，ADC12 内核，ADC 时钟源部分，采集与保持/触发源部分，ADC 数据输出部分，ADC 控制寄存器等组成。

输入的 16 路模拟开关：

16 路模拟开关分别是由 IC 外部的 8 路模拟信号输入和内部 4 路参考电源输入及 1 路内

部温度传感器源及 AVCC-AVSS/2 电压源输入。外部 8 路从 A0-A7 输入，主要是外部测量时的模拟变量信号。内部 4 路分别是 Vref+ ADC 内部参考电源的输出正端，Vref-/Vref- ADC 内部参考电源负端(内部/外部)。1 路 AVCC-AVSS/2 电压源和 1 路内部温度传感器源。片内温度传感器可以用于测量芯片上的温度，可以在设计时做一些有用的控制；在实际应用时用得较多。而其他电源参考源输入可以用作 ADC12 的校验之用，在设计时可作自身校准。

ADC 内部电压参考源：

ADC 电压参考源是用于给 ADC12 内核作为一个基准信号之用的，这是 ADC 必不可少的一部分。在 ADC12 模块中基准电压源可以通过软件来设置 6 种不同的组合。AVCC(Vr+)，Vref+,Vref+,AVSS(Vr-),Vref-/Vref-。

ADC12 内核：

ADC12 的模块内核是共用的，通过前端的模拟开关来分别来完成采集输入。ADC12 是一个精度为 12 位的 ADC 内核，1 位非线性微分误差，1 位非线性积分误差。内核在转换时会参用到两个参考基准电压，一个是参考相对的最大输入最大值，当模拟开关输出的模拟变量大于或等于最大值时 ADC 内核的输出数字量为满量程，也就是 0xffff；另一个则是最小值，当模拟开关输出的模拟变量大小或等于最大值时 ADC 内核的输出数字量为最低量程，也就是 0x00。而这两个参考电压是可以通过软件来编程设置的。

ADC 时钟源部分：

ADC12 的时钟源分有 ADC12OSC，ACLK，MCLK，SMCLK。通过编程可以选择其中之一时钟源，同时还可以适当的分频。

采集与保持,触发源部分：

ADC12 模块中有着较好的采集与保持电路，采用不同的设置有着灵活的应用。关于这方面的详情请参考手册上的寄存器说明，此部分我们日后再作补上。

ADC 数据输出部分：

ADC 内核在每次完成转换时都会将相应通道上的输出结果存贮到相应通道缓冲区单元中，共有 16 个通道缓冲单元。同时 16 个通道的缓冲单元有着相对应的控制寄存器，以实现更灵活的控制。

ADC 控制寄存器：

ADC12CTL0 转换控制寄存器
0ADC12CTL1 转换控制寄存器
1ADC12IE 中断使能寄存器
ADC12IFG 中断标志寄存器
ADC12IV 中断向量寄存器
ADC12MEM0-15 存储控制寄存器
0-15ADC12MCTL0-15 存储控制寄存器 0-15

以下则是 MSPG2XXX、MSPF2XXX、MSPF5XXX 系列里具体单片机所用到具体 ADC 模块的相关情况（其中 ch 指通道，ADC 后面数字表示精度）。

对于 **MSPG2XXX** 系列 其中用到 **MSP430ADC** 模块的具体情况如下：

其中用到 8ch ADC10 有：

MSP-430G2131	MSP-430G2352	MSP-430G2153
MSP-430G2231	MSP-430G2452	MSP-430G2253
MSP-430G2132	MSP-430G2133	MSP-430G2353
MSP-430G2232	MSP-430G2233	MSP-430G2453
MSP-430G2332	MSP-430G2333	MSP-430G2553
MSP-430G2152	MSP-430G2433	
MSP-430G2252	MSP-430G2533	

对于 **MSPF2XXX** 系列 其中用到 **MSP430ADC** 模块的具体情况如下：

其中用到 8ch ADC10 有

MSP-430F2011	MSP-430F2012	MSP-430F2122
MSP-430F2002	MSP-430F2112	MSP-430F2132

其中用到 12ch ADC10 有

MSP-430F2232	MSP-430F2272	MSP-430F2254
MSP-430F2252	MSP-430F2234	MSP-430F2274

其中用到 8ch ADC12 有

MSP-430F2410	MSP-430F2418	MSP-430F2617
MSP-430F2416	MSP-430F2419	MSP-430F2618
MSP-430F2417	MSP-430F2616	MSP-430F2619

其中用到 4ch SD16_A 有

MSP-430F2003	MSP-430F2013	
--------------	--------------	--

对于 **MSPF5XXX** 系列 其中用到 **MSP430ADC** 模块的具体情况如下：

其中用到 8ch ADC10 有

MSP-430F5304

其中用到 12ch ADC10 有

MSP-430F5308	MSP-430F5309	MSP-430F5310
--------------	--------------	--------------

其中用到 16ch ADC12A 有

MSP-430F5324	MSP-430F5333	MSP-430F5418A
MSP-430F5325	MSP-430F5334	MSP-430F5419A
MSP-430F5326	MSP-430F5335	MSP-430F5435A
MSP-430F5327	MSP-430F5336	MSP-430F5436A
MSP-430F5328	MSP-430F5337	MSP-430F5437A
MSP-430F5329	MSP-430F5338	MSP-430F5438A

MSP430ADC 模块配置与相关寄存器描述

模块特性：

- 8 个输入通道
- 4 个模拟输入端
- 可作比例测量或绝对值测量

- 内置采样/保持电路
- 具有转换结束的中断标志 EOC
- ADAT 寄存器可将转换结果保存到下一次转换的开始
- 低功耗
- 独立完成转换，不需要 CPU 额外的处理开销
- 快速的转换时间
- 大的供电电压范围
- 可覆盖整个 A/D 转换范围

量程:

可选择 4 个测量范围之一，以在一个指定范围内产生 12 位精度的结果，测量范围如下：

- $0.00 \cdot V_{ref} \sim 0.25 \cdot V_{ref}$ 范围 A
- $0.25 \cdot V_{ref} \sim 0.50 \cdot V_{ref}$ 范围 B
- $0.50 \cdot V_{ref} \sim 0.75 \cdot V_{ref}$ 范围 C
- $0.75 \cdot V_{ref} \sim 1.00 \cdot V_{ref}$ 范围 D

直流源:

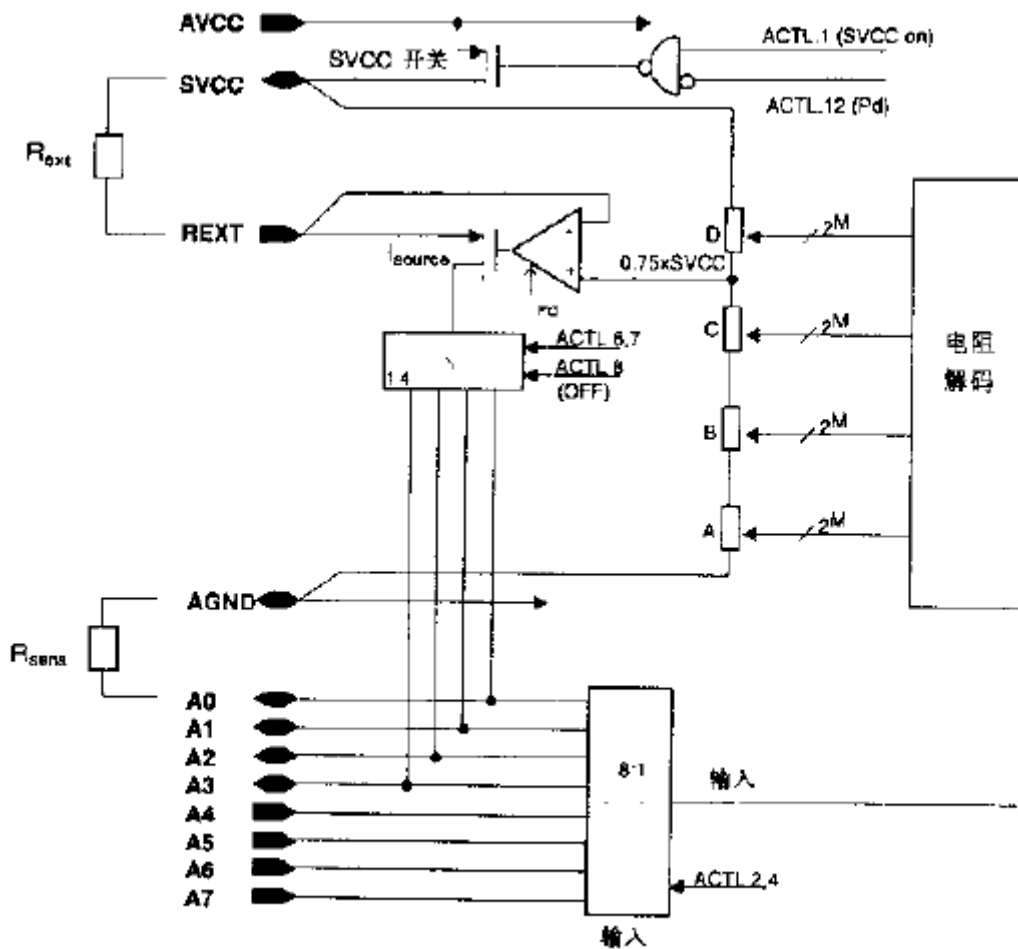


图 15.6 A/D 电流源

有四个模拟 I/O 端可以作为电流源输出。电流源输出 I_{source} 可以经外部电阻 R_{ext} 设定在

引脚 A0、A1、A2、A3 上提供，其值为：

$$I_{\text{source}} = (0.25 \times V_{\text{ref}}) / R_{\text{ext}}$$

式中 V_{ref} 为 SVCC 端电压， R_{ext} 为 SVCC 与 REXT 间的外接电阻值。

在作比例测量时，输入通道上经阻抗元件产生的电压 V_{in} 为：

$$V_{\text{in}} = (0.25 \times \text{SVCC}) \times (R_{\text{sens}} / R_{\text{ext}})$$

式中 R_{sens} 外界阻抗元件的电阻。

当 A/D 转换器在传感器应用中与外接电阻元件相连时，需要精密的恒流源，这样输入信号能以同样方式参照作为恒流源的供电电压或参考电压，从而在进行比例测量时，只要参考电压稳定，将不受其他精度的影响。

模拟输入：

模拟输入信号采样后加在内部电容上，并且在转换期间保持。电容上的电荷由信号源提供。充电时间规定为 12 个 ADCLK 周期的采样时间。因此，外部信号源的电阻和动态阻抗须受限制，以保证 RC 时间常数要足够短，从而保证 12 位精度要在分配好的采样时间内完成输入信号的建立。时间常数的典型值为 $0.8/f_{\text{ADCLK}}$ 。高信号源阻抗对转换器精度有不利影响，这不仅因为 RC 建立稳定的时间特性，也由于漏电流或 DC 输入平均电流引起的输入端电压降。对于 12 位转换器，因漏电流引起的以 LSB 表示的误差为：

$$\text{Error(LSB)} = 4 \times \text{漏电流} \times \text{信号源阻抗} / V_{\text{ref}}$$

模拟多路开关：

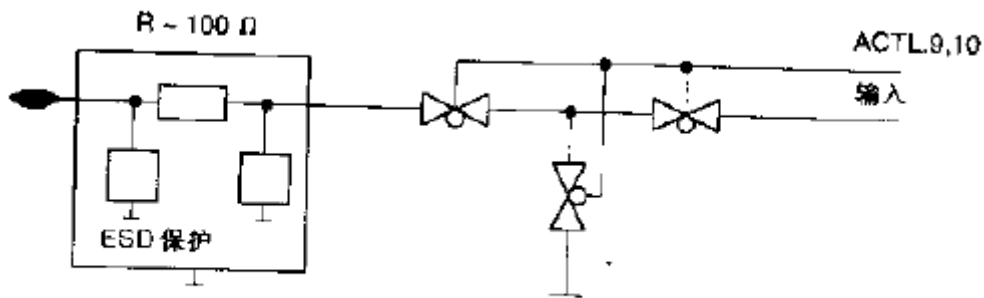


图 15.7 模拟多路开关

模拟多路开关用 ACTL 中的控制位确定选择 8 个单端如数通道之一。它用 T 型开关是通道间的耦合减至最小，以避免对输入模拟信号的影响。工作时将未选中的通道与 A/D 绝缘，并将中间节点接地 AGND，而分布电容的接地消除了交互干扰。

A/D 接地与降噪：

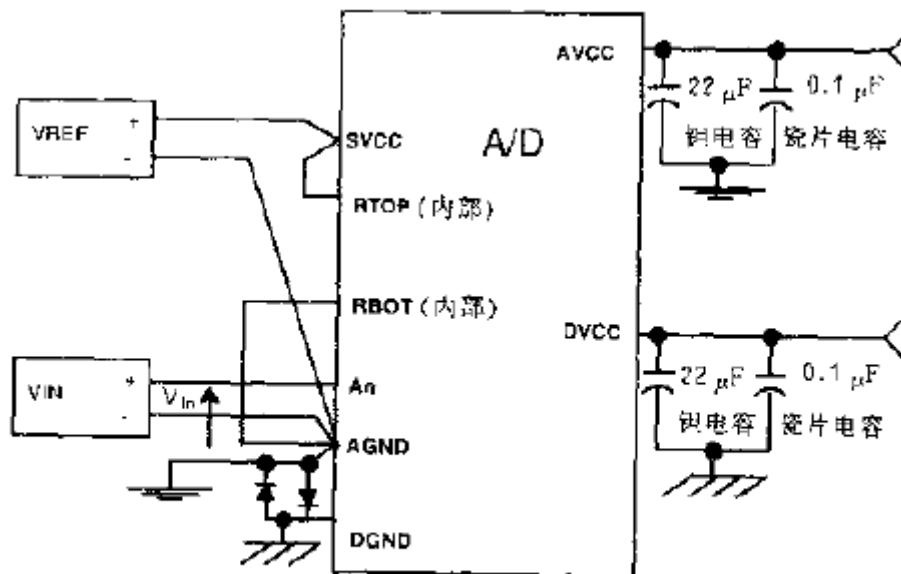


图 15.8 A/D 的接地和消除噪声原理图

为了避免地电流回路，对 AGND 采用星形连接方案。在这种方案中，地电流或参考电流不会流过公共的输入回路，从而消除了引起误差的电压。

数字地 DGND 与模拟地 AGND 可以采用星形方案连接在一起，但如果采用分离的供电方案，则用两个反向连接的二极管可以限制低于 700mV 的电压差。

仔细安排旁路电容，建立回到各自的地回路，对稳定供电电流和降低噪声是有帮助的。

输入输出引脚：

- 输入引脚：从通道 A0~A7 输入的信号，可以作为 A/D 转换器处理的模拟信号，也可以作为读入到处理单元的数字信号；REXT 和 SVCC 见的外界电阻界定了被激活的电流源工作室的总电流。SVCC 端可以作为输入或输出。当内部 SVCC 开关关断时，SVCC 作为输入，电压 Vref 由外部提供，否则 SVCC 作为输出。
- 输出引脚：当选择电流源功能时，模拟端 A0、A1、A2、A3 之一可以输出电流。当 SVCC 开关开通时，SVCC 端有比 AVCC 端略低一点的电压
- 电源引脚：有 4 额供电引脚，分成数字和模拟电流通道，即 AVCC、DVCC、AGND、DGND

控制寄存器：

- 输入寄存器 AIN：A0~A7 上的信号可以作为模拟信号或数字信号，数字值可以通过访问输入寄存器读出，作为数字信号读入由输入允许寄存器选择。输入寄存器 AIN 作为制度寄存器连接于 16 位的 MDB，寄存器低字节有效，高字节读出总是 00h。

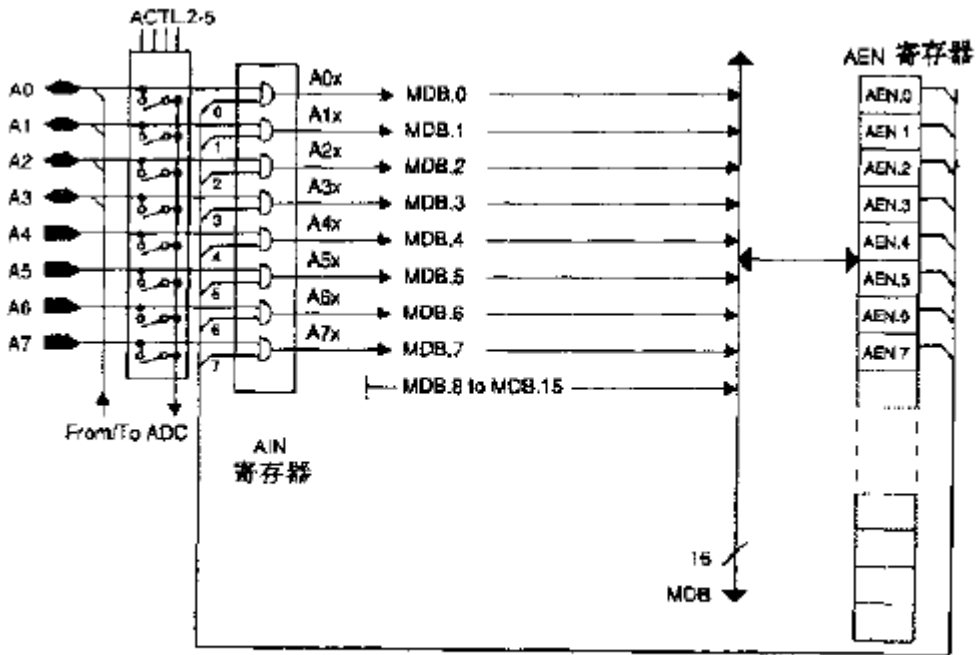


图 15.9 ADC 输入寄存器, 输入允许寄存器

- 输入允许寄存器 AEN: 作为读写寄存器连接于 16 位的 MDB, 低字节有效, 按位控制, 初始状态各位为“0”。

MDB.15							MDB.8	MDB.7	MDB.0						
0	0	0	0	0	0	0	0	AIN.7	AIN.6	AIN.5	AIN.4	AIN.3	AIN.2	AIN.1	AIN.0
r0	r0	r0	r0	r0	r0	r0	r0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

- 数据寄存器 ADAT: 保持 A/D 转换结果, 转换数据在转换结束时进入寄存器, 并保持到有对 SOC 位置位启动的下一转换。

ADAT (118h)					ACTL.11 = 0																		
MDB.15				MSB												LSB							
0	0	0	0	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r

ADAT (118h)					ACTL.11 = 1																		
MDB.15				MSB												LSB							
0	0	RA1	RA0	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r

- 控制寄存器 ACTL: 位 0: 启动转换; 位 1: Vref 来源; 位 2~5: AD 输入选择; 位 6~8: AD 电流源输出控制; 位 9~11: 测量范围选择; 位 11: 测量范围选择模式; 位 12: 省电模式; 位 13~14: ADCLK 选择; 位 15: 保留