

# 零死角玩转STM32



## 模拟数字转换器

淘宝：[fire-stm32.taobao.com](http://fire-stm32.taobao.com)

野火论坛：[www.fireBBS.cn](http://www.fireBBS.cn)

# 主讲内容



01

## ADC简介

---

02

## ADC功能框图讲解

---

**参考资料: 《零死角玩转STM32》**

**“ADC—电压采集” 章节**

# ADC简介



**ADC : Analog to Digital , 模拟数字转换器**

- 1-三个独立的ADC 1 / 2 / 3**
- 2-分辨率为12位**
- 3-每个ADC具有18个通道 , 其中外部通道16个**

# ADC功能框图讲解



1-电压输入范围

2-输入通道

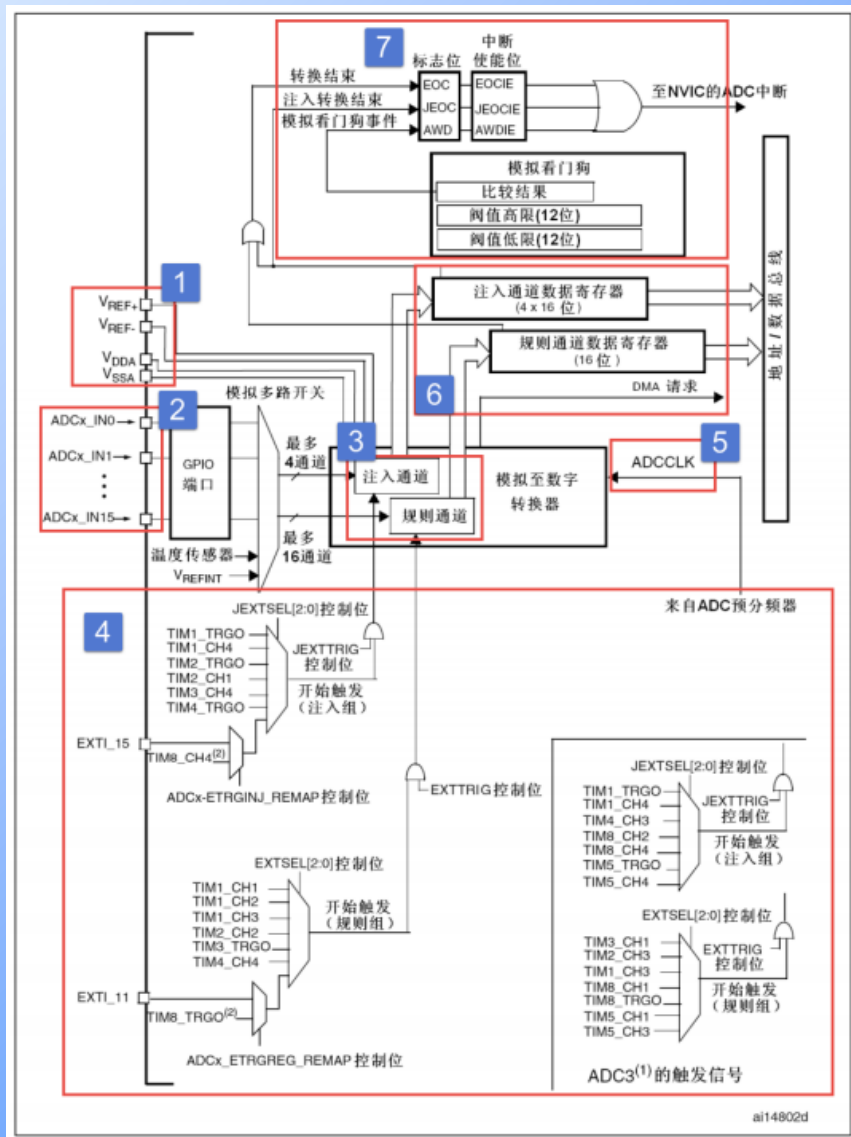
3-转换顺序

4-触发源

5-转换时间

6-数据寄存器

7-中断



# 电压输入范围



输入电压： $VREF- \leq VIN \leq VREF+$

决定输入电压的引脚： $VREF-$ 、 $VREF+$ 、 $VDDA$ 、 $VSSA$

$VSSA$  和  $VREF-$  接地，把  $VREF+$  和  $VDDA$  接 3V3，  
得到ADC 的输入电压范围为：0~3.3V。

# 电压输入范围

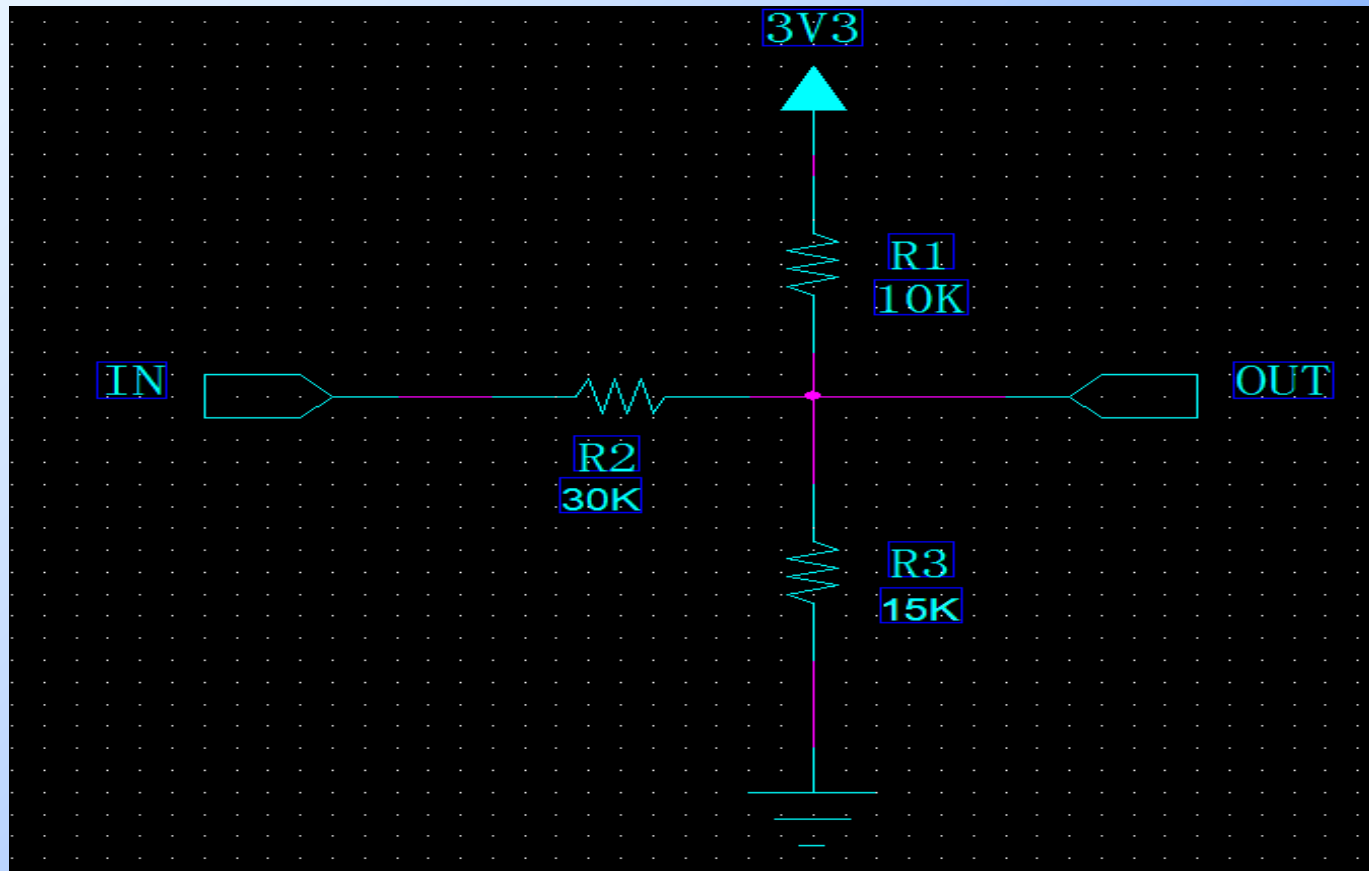


**超出0~3.3V的电压怎么测？**

# 电压输入范围



ADC可以测量:-10V~10V



# 电压输入范围



**根据基尔霍夫定律（KCL），节点流入的电流等于流出的电流**

$$(V_{int} - V_{out})/R_2 + (3V_3 - V_{out})/R_1 = V_{out} / R_3$$

$$V_{out} = (V_{int} + 10) / 6$$



# 电压输入范围



**R1 / R2 / R3 的值怎么确定？**

# 输入通道



每个ADC具有18个通道，其中外部通道16个

ADC1	I/O	ADC2	I/O	ADC3	I/O
通道0	PA0	通道0	PA0	通道0	PA0
通道1	PA1	通道1	PA1	通道1	PA1
通道2	PA2	通道2	PA2	通道2	PA2
通道3	PA3	通道3	PA3	通道3	PA3
通道4	PA4	通道4	PA4	通道4	没有通道4
通道5	PA5	通道5	PA5	通道5	没有通道5
通道6	PA6	通道6	PA6	通道6	没有通道6
通道7	PA7	通道7	PA7	通道7	没有通道7
通道8	PB0	通道8	PB0	通道8	没有通道8
通道9	PB1	通道9	PB1	通道9	连接内部VSS
通道10	PC0	通道10	PC0	通道10	PC0
通道11	PC1	通道11	PC1	通道11	PC1
通道12	PC2	通道12	PC2	通道12	PC2
通道13	PC3	通道13	PC3	通道13	PC3
通道14	PC4	通道14	PC4	通道14	连接内部VSS
通道15	PC5	通道15	PC5	通道15	连接内部VSS
通道16	连接内部温度传感器	通道16	连接内部VSS	通道16	连接内部VSS
通道17	连接内部Vrefint	通道17	连接内部VSS	通道17	连接内部VSS

# 输入通道分类



外部的 16 个通道在转换的时候又分为**规则通道**和**注入通道**，其中规则通道最多有 16 路，注入通道最多有 4 路。那这两个通道有什么区别？在什么时候使用？

# 输入通道分类



**规则通道：**顾名思义，规则通道就是很规矩的意思，我们平时一般使用的就是这个通道。

**注入通道：**注入，可以理解为插入，插队的意思，是一种不安分的通道。它是一种在规则通道转换的时候强行插入要转换的一种。这点跟中断程序很像，都是不安分的主。所以，注入通道只有在规则通道存在时才会出现。

# 通道转换顺序



规则序列寄存器 SQR <sub>x</sub> , x (1, 2, 3)			
寄存器	寄存器位	功能	取值
SQR3	SQ1[4:0]	设置第1个转换的通道	通道1~16
	SQ2[4:0]	设置第2个转换的通道	通道1~16
	SQ3[4:0]	设置第3个转换的通道	通道1~16
	SQ4[4:0]	设置第4个转换的通道	通道1~16
	SQ5[4:0]	设置第5个转换的通道	通道1~16
	SQ6[4:0]	设置第6个转换的通道	通道1~16
SQR2	SQ7[4:0]	设置第7个转换的通道	通道1~16
	SQ8[4:0]	设置第8个转换的通道	通道1~16
	SQ9[4:0]	设置第9个转换的通道	通道1~16
	SQ10[4:0]	设置第10个转换的通道	通道1~16
	SQ11[4:0]	设置第11个转换的通道	通道1~16
	SQ12[4:0]	设置第12个转换的通道	通道1~16
SQR1	SQ13[4:0]	设置第13个转换的通道	通道1~16
	SQ14[4:0]	设置第14个转换的通道	通道1~16
	SQ15[4:0]	设置第15个转换的通道	通道1~16
	SQ16[4:0]	设置第16个转换的通道	通道1~16
	SQL[3:0]	需要转换多少个通道	1~16

图 30-3 规则序列寄存器



# 通道转换顺序



注入序列寄存器 JSQR 只有一个，最多支持 4 个通道，具体多少个由 JSQR 的 JL[2:0] 决定。如果 JL 的值小于 4 的话，则 JSQR 跟 SQR 决定转换顺序的设置不一样，第一次转换的不是 JSQR1[4:0]，而是 JCQRx[4:0]， $x = (4 - JL)$ ，跟 SQR 刚好相反。如果 JL=00（1 个转换），那么转换的顺序是从 JSQR4[4:0]开始，而不是从 JSQR1[4:0]开始，这个要注意，编程的时候不要搞错。当 JL 等于 4 时，跟 SQR 一样。

注入序列寄存器 JSQR			
寄存器	寄存器位	功能	取值
JSQR	JSQ1[4:0]	设置第1个转换的通道	通道1~4
	JSQ2[4:0]	设置第2个转换的通道	通道1~4
	JSQ3[4:0]	设置第3个转换的通道	通道1~4
	JSQ4[4:0]	设置第4个转换的通道	通道1~4
	JL[1:0]	需要转换多少个通道	1~4

图 30-4 注入序列寄存器



**1、软件触发：**ADC\_CR2 :ADON/SWSTART/JSWSTART

**2、外部事件触发：**内部定时器/外部IO

选择：ADC\_CR2 :EXTSEL[2:0]和 JEXTSEL[2:0]

激活：ADC\_CR2 :EXTEN 和 JEXTEN

# 转换时间



**转换时间** :  $T_{conv} = \text{采样时间} + 12.5 \text{ 个固定的周期}$

**ADC\_CLK** : ADC模拟电路时钟，最大值为14M，由PCLK2提供，还可分频，2/4/6/8，RCC\_CFGR 的ADCPRE[1:0]设置。PCLK2=72M。

**数字时钟** : RCC\_APB2ENR，用于访问寄存器



# 转换时间



**采样时间**：ADC 需要若干个 ADC\_CLK 周期完成对输入的模拟量进行采样，采样的周期数可通过ADC 采样时间寄存器 ADC\_SMPR1 和 ADC\_SMPR2 中的 SMPx[2:0]位设置，ADC\_SMPR2控制的是通道 0~9，ADC\_SMPR1 控制的是通道 10~17。每个通道可以分别用不同的时间采样。其中采样周期最小是 1.5 个，即如果我们要达到最快的采样，那么应该设置采样周期为 1.5个周期，这里说的周期就是  $1/\text{ADC\_CLK}$ 。

# 转换时间



**最短的转换时间** :  $T_{conv} = \text{采样时间} + 12.5 \text{ 个周期}$

$$PCLK2 = 72M, ADC\_CLK = 72/6 = 12M$$

$$T_{conv} = 1.5 + 12.5 = 14 \text{ 周期} = 14/12\mu s = 1.17\mu s$$

# 数据寄存器



一切准备就绪后，ADC 转换后的数据根据转换组的不同，规则组的数据放在**ADC\_DR** 寄存器，注入组的数据放在 **JDRx**。

# 数据寄存器



## 11.12.14 ADC规则数据寄存器(ADC\_DR)

地址偏移: 0x4C

复位值: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
ADC2DATA[15:0]															
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DATA[15:0]															
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
位31:16	<b>ADC2DATA[15:0]:</b> ADC2转换的数据 (ADC2 data) - 在ADC1中: 双模式下, 这些位包含了ADC2转换的规则通道数据。见11.9: 双ADC模式 - 在ADC2和ADC3中: 不使用这些位。														
位15:0	<b>DATA[15:0]:</b> 规则转换的数据 (Regular data) 这些位为只读, 包含了规则通道的转换结果。数据是左对齐或右对齐, 如图29和图30所示。														

1-16位有效, 用于存放独立模式转换完成数据

2- ADC\_CR2 : ALIGN

3-只有一个, 多通道采集的是最好使用DMA

# 数据寄存器



## 11.12.13 ADC 注入数据寄存器x (ADC\_JDRx) (x= 1..4)

地址偏移: 0x3C – 0x48

复位值: 0x0000 0000



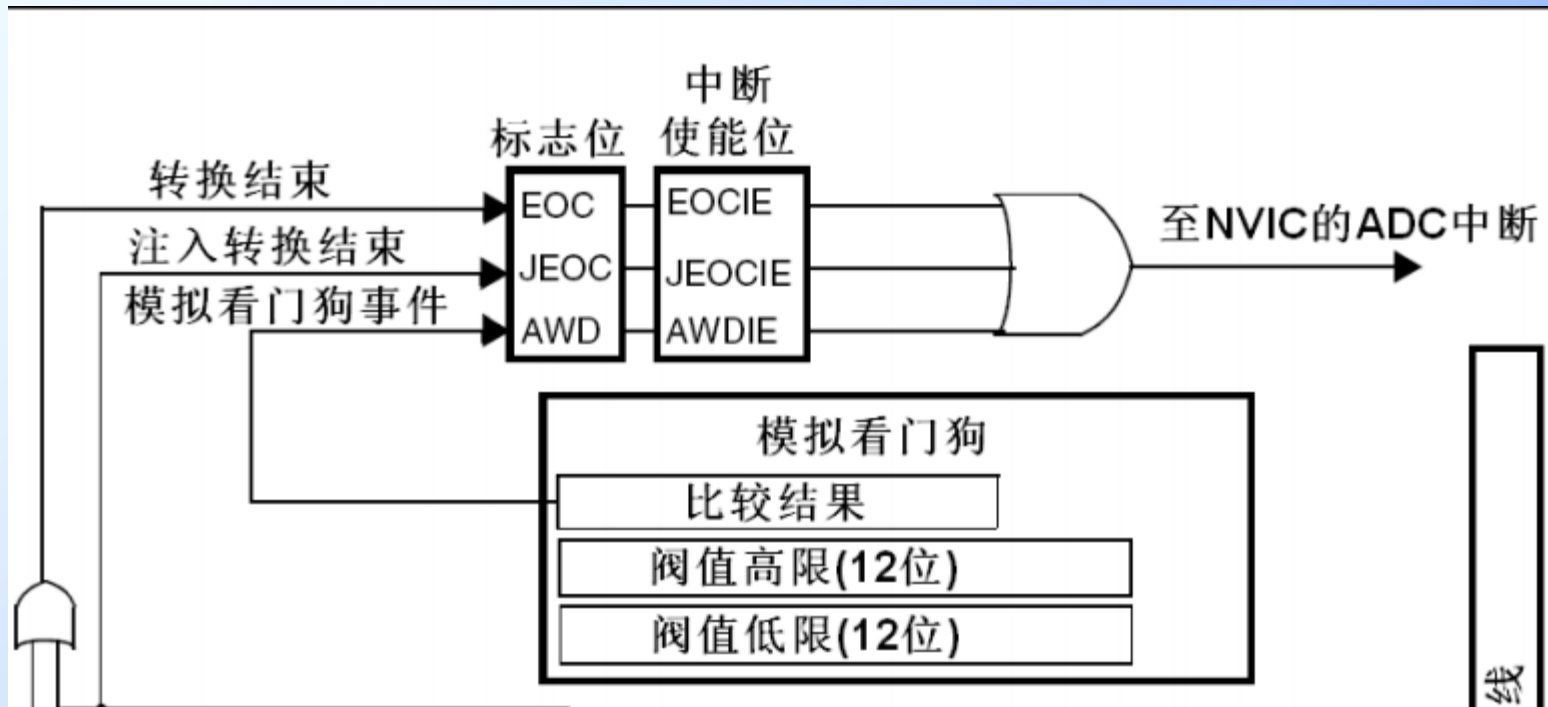
位31:16	保留。必须保持为0。
位21:20	<b>JDATA[15:0]</b> : 注入转换的数据 (Injected data) 这些位为只读，包含了注入通道的转换结果。数据是左对齐或右对齐，如图29和图30所示。

1-16位有效，用于存放注入通道转换完成数据

2- ADC\_CR2 : ALIGN

3-有4个这样的寄存器

# 中断



1-ADC\_SR , ADC\_CR1

2- ADC\_HTR , ADC\_LTR

## 怎么根据数据量算出模拟量

1-电压输入范围为：0~3.3V

2-分辨率为12位

3-最小精度为： $3.3/2^{12}=0.0008056640625$

4-设数字量为X，则有模拟量  $Y = (3.3 / 2^{12}) * X$



# 零死角玩转STM32



**THANKS**

野火论坛 : [www.fireBBS.cn](http://www.fireBBS.cn)

淘宝 : [firestm32.taobao.com](http://firestm32.taobao.com)