

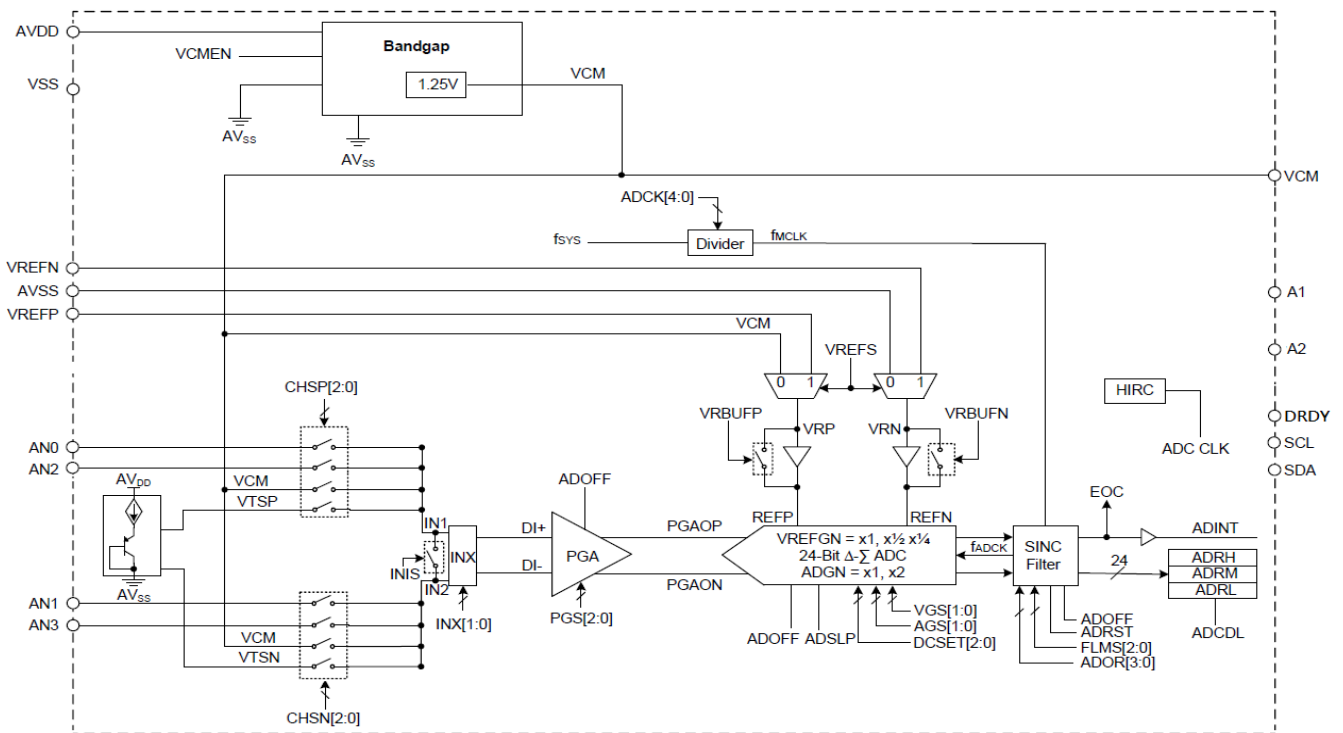
功能特性

- 宽工作电压：2.4V~5.5V
- 内部可程序设计增益放大器 1~128(256)
- 内部I2C接口用于外部通信
- 5Hz~1.6kHz ADC 输出数据传输率
- 内部温度传感器用于补偿
- INL 50ppm
- 封装类型：16-pin SSOP

应用场合

- 电子秤
- 液体/气体化学分析
- 智能变换器
- 便携式设备
- 仪器仪表
- 健康监测设备
- 精密传感器

功能方块图



概述

CS5560 是一款内建可程序设计增益放大器的单通道 24-bit 的 Delta Sigma A/D 转换器，专门为与模拟信号差分接口应用而设计。

该芯片具有低噪声和高精度的性能，并可通过内部 I2C 总线与外部硬件进行通信。

这种功能高度集成的 Delta Sigma A/D 转换器具有高精度和低功耗的规格，为与外部传感器的接口提供了卓越的解决方案，特别适用于电池供电应用。

目录 TABLE OF CONTENTS

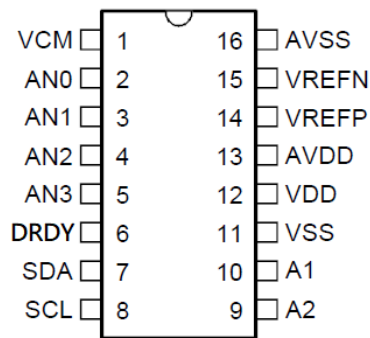
功能特性-----	1
功能方块图-----	1
概述芯片引-----	3
极限参数-----	4
直流电气特性-----	4
交流电气特性-----	4
I ² C 电气特性-----	4
PGA+ADC 电气特性-----	5
上电复位特性-----	5
功能描述-----	6
内部寄存器-----	6
参考电压-----	6
电源控制寄存器-----	7
振荡器控制寄存器-----	7
内部信号增益控制放大器 – PGA -----	7
PGA 输入通道选择-----	9
A/D 转换器操作-----	9
A/D 转换器数据传输率的定义-----	11
A/D 转换器时钟源-----	11
A/D 转换器工作模式-----	12
A/D 转换过程-----	12
A/D 转换步骤-----	13
A/D 转换功能-----	13
A/D 转换数据范围-----	14
A/D 转换数据-----	14
温度传感器-----	15
程序设计注意事项-----	15
外部接口通信-----	15
I2C 地址和寄存器写/ 读-----	15
应用电路(电桥传感器上应用) -----	18
A D C 参考设定代码-----	19
封装信息 PACKAGING 封装-----	21

修订追踪

2019/6/10 增加参考设定程序代码
 2020/3/15 增加 A1 A2 PIN 硬件地址设定
 2020/4/20 增加热电堆量测参考应用电路
 2020/6/27 增加内部温度传感器应用说明
 2020/7/06 修正驱动程序代码

芯片引脚

引脚图



SSOP16

引脚说明

引脚顺序	引脚名称	类型	说明
1	VCM	AI/AO	ADC 输入通道 COM 1.25V $\pm 5\%$ 电压输出 $<0.24 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 3mA
2	AN0	AI	ADC 输入通道 0
3	AN1	AI	ADC 输入通道 1
4	AN2	AI	ADC 输入通道 2
5	AN3	AI	ADC 输入通道 3
6	DRDY	DO	ADC 转换中断输出负沿触发
7	SDA	DI/DO	I^2C 数据线
8	SCL	DI	I^2C 时钟线
9	A2	DI	I^2C 从机地址选择线
10	A1	DI	I^2C 从机地址选择线
11	VSS	PWR	数字负电源电压
12	VDD	PWR	数字正电源电压
13	AVDD	PWR	模拟正电源电压
14	VERFP	AI	正极参考输入电压
15	VERFN	AI	负极参考输入电压
16	AVSS	PWR	模拟负电源电压

引脚类型注释

引脚类型	说明
DI	数字输入
DI/DO	数字输入/ 输出
AI	模拟输入
AO	模拟输出
DO	数字输出
PWR	电源

极限参数

供应电压..... VSS-0.3V~VSS+6.0V

储存温度..... -50°C~125°C

IOL 总电流 80mA

总功耗..... 500mW

输入电压.....VSS-0.3V~ VDD+0.3V

工作温度..... -40°C~85°C

IOH 总电流-80mA

注：这里只强调额定功率，超过极限参数所规定的范围将对芯片造成损害，无法预期芯片在上述标示范围外的工作状态，而且若长期在标示范围外的条件下工作，可能影响芯片的可靠性。

直流电气特性

工作温度：-40°C~85°C，典型值 Ta=25°C

符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
		VDD	条件				
VDD	工作电压 (HIRC)	—	f _{sys} =f _{HIRC} =4.9152MHz	2.4	—	5.5	V
IDD	工作电流 (HIRC)	3V	无负载，所有外设关闭	—	400	600	μA
		5V	f _{sys} =f _{HIRC} =4.9152MHz	—	0.8	1.2	mA
ISTB	待机电流	3V	无负载，所有外设关闭	—	—	1	μA
		5V		—	—	2	μA

交流电气特性

工作温度：-40°C~85°C，典型值 Ta=25°C

符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
		VDD	条件				
f _{sys}	系统时钟 (HIRC)	2.4~5.5V	f _{sys} =f _{HIRC} =4.9152MHz	—	4.9152	—	MHz
f _{HIRC}	内部高速RC 振荡器 (HIRC)	3V	Ta=25°C	-2%	4.9152	+2%	MHz
		3V±0.3V	Ta=0°C~70°C	-5%	4.9152	+5%	MHz
		3V±0.3V	Ta=-40°C~85°C	-10%	4.9152	+10%	MHz
		2.4V~5.5V	Ta=0°C~70°C	-7%	4.9152	+7%	MHz
		2.4V~5.5V	Ta=-40°C~85°C	-10%	4.9152	+10%	MHz

I²C 电气特性

工作温度：-40°C~85°C，典型值 Ta=25°C

符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
		VDD	条件				
f _{izc}	I ² C 标准模式 (100kHz) f _{sys} 频率	—	无时钟去抖	2	—	—	MHz
		—	2 个系统时钟去抖	4	—	—	MHz
		—	4 个系统时钟去抖	8	—	—	MHz
	I ² C 快速模式 (400kHz) f _{sys} 频率	—	无时钟去抖	5	—	—	MHz
		—	2 个系统时钟去抖	10	—	—	MHz
		—	4 个系统时钟去抖	20	—	—	MHz

PGA+ADC 电气特性

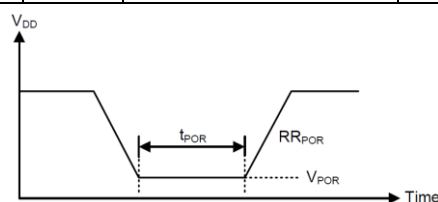
工作温度：-40°C~85°C，典型值 $T_a=25^{\circ}\text{C}$

符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
		VDD	条件				
AVDD	ADC 和PGA 电源电压	—	—	2.4	—	5.5	V
ADC (Delta Sigma ADC)							
I _{ADC}	ADC 使能的额外电流	—	VRBUF _P =1，VRBUF _N =1	—	—	800	μA
			VRBUF _P =0，VRBUF _N =0	—	500	650	μA
I _{ADSTB}	待机电流	—	系统HALT，无负载	—	—	1	μA
RS _{ADC}	分辨率	—	—	—	—	24	bit
INL	非线性积分误差	—	AVDD=3.3V，VREF=1.25V， ΔSI=±450mV，PGA Gain=1	—	±50	—	ppm
NFB	无噪音位	—	AVDD=5V，VREF=2.5V PGA Gain=128，数据传输率= 10Hz	—	16.7	—	Bit
ENOB	有效位数	—	AVDD=5V，VREF=2.5V PGA Gain=128，数据传输率= 10Hz	—	19.3	—	Bit
f _{ADCK}	ADC 时钟频率	—	—	40	409.6	440	kHz
f _{ADO}	ADC 输出数据传输率	—	f _{MCLK} =4.9152MHz，FLMS[2:0]=000B	5	—	640	Hz
			f _{MCLK} =4.9152MHz， FLMS[2:0]=010B	12.5	—	1600	Hz
VREF _P	参考输入电压	—	VREF _S =1， VRBUF _P =0，VRBUF _N =0	VREF _N +1	—	AVDD	V
VREF _N		0		—	VREF _P -1	V	
VREF		—	VREF=(VREF _P -VREF _N)×VGS	1	—	AVDD/2	V
PGA							
V _{COM}	共模电压范围	—	—	0.4	—	AVDD - 0.95	V
ΔDI	差分输入电压范围	—	Gain=PGS×AGS，ΔDI=DI+ - DI-	-VREF /Gain	—	+VREF /Gain	V
温度传感器							
TCTS	温度传感器的温度系数	—	T _a =-40°C~85°C，VREF=1.25V， VGS[1:0]=00B (Gain=1)， VRBUF _P =0，VRBUF _N =0	—	175	—	μV/°C

上电复位特性

工作温度：-40°C~85°C，典型值 $T_a=25^{\circ}\text{C}$

符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
		VDD	条件				
V _{POR}	上电复位电压	—	—	—	—	100	mV
RR _{POR}	上电复位电压速率	—	—	0.035	—	—	V/ms
t _{POR}	VDD 保持为V _{POR} 的最小时间	—	—	1	—	—	ms



功能描述

CS5560 是一款多通道的 24-bit Delta Sigma 型高精度 A/D 转换器，它们可以直接接入外部模拟信号(来自传感器或其它控制信号)并直接将这些信号转换成 24 位的数字量。除了核心 A/D 转换器 电路外，该芯片还包括内部可程序设计增益放大器 PGA。ADC 输入信号的放大增益由 PGA 增益控制、ADC 增益控制和 ADC 参考电压增益控制共同确定。设计者可以灵活选择最佳增益组合为输入信号提供所需的放大增益以实现特定的应用。A/D 转换器输入通道由 4 个单端 A/D 输入通道或 2 组差分输入通道组成。A/D 转换器将数据输出到 SINC 滤波器，然后会转换成 24-bit 的数据，并将它们存储到 3 个数据寄存器。

此外，该芯片还提供了一个内部稳压器以及一个温度传感器来补偿温度引起的偏差。

内部寄存器

该芯片可通过一系列内部寄存器进行设置及操作。设备命令和数据可通过其内部 I2C 总线写入设备并从设备中读取。该列表总结了所有内部寄存器，其操作详见功能描述中的相关章节。

地址	寄存器名称	上电复位值	位							
			7	6	5	4	3	2	1	0
00H	PWRC	0000 0000	VCMEN	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
01H	PGAC0	-000 0000	—	VGS1	VGS0	AGS1	AGS0	PGS2	PGS1	PGS0
02H	PGAC1	-000 000-	—	INIS	INX1	INX0	DCSET2	DCSET1	DCSET0	—
03H	PGACS	--00 0000	—	—	CHSN2	CHSN1	CHSN0	CHSP2	CHSP1	CHSP0
04H	ADRL	xxxx xxxx	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
05H	ADRM	xxxx xxxx	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
06H	ADRH	xxxx xxxx	D23	D22	D21	D20	D20	D19	D18	D17
07H	ADCR0	0010 0000	ADRST	ADSLP	ADOFF	ADOR3	ADOR2	ADOR1	ADOR0	VREFS
08H	ADCR1	0000 000-	FLMS2	FLMS1	FLMS0	VRBUFN	VRBUFP	ADCDL	EOC	—
09H	ADCS	---0 0000	—	—	—	ADCK4	ADCK3	ADCK2	ADCK1	ADCK0
0AH	ADCTE	1110 0100	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0EH	SIMC0	0---00--	SIMS	—	—	—	SIMDEB1	SIMDEB0	—	—
10H	SIMTOC	0000 0000	SIMTOEN	SIMTOF	SIMTOS5	SIMTOS4	SIMTOS3	SIMTOS2	SIMTOS1	SIMTOS0
11H	HIRCC	-----001	—	—	—	—	—	HIRCO	HIRCF	HIRCEN

*热复位 -未定义 u 不改变 x 未知

参考电压

ADC 转换器参考电压范围由两个外部参考引脚 VREFP 和 VREFN 提供。这两个引脚提供了完整的参考电压范围 AVSS 到 AVDD。该外部提供的参考电压可通过寄存器 PGAC0 中的 VREFGN 位衰减 0.5 或 0.25。

电源控制寄存器

PWRC 寄存器 – 00H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 **VCMEN** : VCM 功能使能控制位

0 : 除能

1 : 使能

Bit 6~0 **010_1000B** : ADCR1[FLMS2~0]=000B ($f_{ADCK}=f_{MCLK}/30$)

010_1100B : ADCR1[FLMS2~0]=010B ($f_{ADCK}=f_{MCLK}/12$)

其它值 : 保留位

振荡器控制寄存器

该芯片的振荡器由控制寄存器控制，内部振荡器 HIRC，使用 HIRC 振荡器需要一个完整的 16 个时钟周期才能稳定。

HIRCC 寄存器 – 11H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	HIRCO	HIRCF	HIRCEN
R/W	—	—	—	—	—	R/W	R	R/W
POR	—	—	—	—	—	0	0	1

Bit 7~3 未定义，读为 "0"

Bit 2 **HIRCO** : HIRC 时钟输出该位必须保留为 "0"

Bit 1 **HIRCF** : HIRC 振荡器稳定标志位

0 : 未稳定

1 : 稳定

若 HIRCEN 置高使能 HIRC 振荡器，则 HIRC 振荡器稳定需要 16 个系统时钟。

Bit 0 **HIRCEN** : HIRC 振荡器使能控制位

0 : 除能

1 : 使能

内部信号增益控制放大器 – PGA

内部可程序设计增益放大器用于转换前差分输入信号的放大。A/D 转换器的所有输入信号必须通过 PGA。输入信号的预处理可使一个最优的信号范围以最优分辨率获得转换值。

PGA 寄存器

通过一系列寄存器设置 PGA 增益以及选择输入源来实现 PGA 的控制。

PGAC0 寄存器 – 01H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	VGS1	VGS0	AGS1	AGS0	PGS2	PGS1	PGS0
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6~5 **VGS1~VGS0**：REFP/REFN 差分参考电压增益选择位

00：VREFGN=1

01：VREFGN=1/2

10：VREFGN=1/4

Bit 4~3 **AGS1~AGS0**：ADC PGAOP/PGAON 差分输入信号增益选择位

00：ADGN=1

01：ADGN=2 (用于Gain=128=PGAGN×ADGN=64×2)

Bit 2~0 **PGS2~PGS0**：PGA DI+/DI- 差分通道输入增益选择位

000：PGAGN=1

001：PGAGN=2

010：PGAGN=4

011：PGAGN=8

100：PGAGN=16

101：PGAGN=32

110：PGAGN=64

PGAC1 寄存器 – 02H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	INIS	INX1	INX0	DCSET2	DCSET1	DCSET0	—
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	—	0	0	0	0	0	0	—

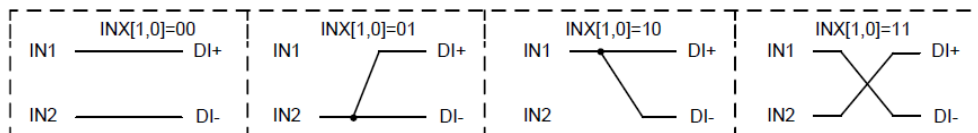
Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6 **INIS**：选择输入端 IN1/IN2 内部连接控制位

0：不连接

1：连接

Bit 5~4 **INX1~INX0**：选择输入端 IN1/IN2 以及 PGA 差分输入端 DI+/DI- 连接控制位



Bit 3~1 **DCSET2~DCSET0**：差分输入信号PGAOP/PGAON 偏置选择位

000：DCSET=+0V

001：DCSET=+0.25×ΔVR_I

010：DCSET=+0.5×ΔVR_I

011：DCSET=+0.75×ΔVR_I

100：DCSET=+0V

101：DCSET=-0.25×ΔVR_I

110：DCSET=-0.5×ΔVR_I

111：DCSET=-0.75×ΔVR_I

ΔVR_I 为差分参考电压，可在输入信号的基础上选择一定的增益放大。

Bit 0 未定义，读为“0”

PGA 输入通道选择

除了转换器测量的外部模拟输入外，还有几个可以连接到转换器的内部模拟电压线路。类似温度传感器的一系列不同来源，通常用于校准目的。

PGACS 寄存器 – 03H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	CHSN2	CHSN1	CHSN0	CHSP2	CHSP1	CHSP0
R/W	—	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 未定义，读为“0”

Bit 5~3 **CHSN2~CHSN0**：PGA 反相输入端 IN2 选择位

000：AN1

001：AN3

110：VCM

111：VTSN – 温度传感器负极输出，为便于操作更合理，若选择VTSN 信号作为反相端输入，建议选择VTSP 为正相端输入。

Bit 2~0 **CHSP2~CHSP0**：正相输入端 IN1 选择位

000：AN0

001：AN2

110：VCM

111：VTSP – 温度传感器正极输出，若选择VTSP 信号作为正相端输入，建议选择VTSN 为反相端输入。

A/D 转换器操作

A/D 转换器接收了来自 PGA 输出的差分模拟信号，并通过 Delta Sigma 转换器将其转换成一个 24-bit 的数字值。A/D 转换器的整体操作由一系列控制寄存器控制。

ADCR0 寄存器 – 07H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADRST	ADSLP	ADOFF	ADOR3	ADOR2	ADOR1	ADOR0	VREFS
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	1	0	0	0	0	0

Bit 7 **ADRST**：A/D 转换器软件复位控制位

0：除能

1：使能

此位可用来复位A/D 转换器内部数字SINC 滤波器。此位为低，A/D 转换正常工作，若将此位从低设为高，将复位内部数字SINC 滤波器同时当前A/D 转换的数据失效。再清零此位，将开始一次新的A/D 转换。

Bit 6 **ADSLP**：A/D 转换器休眠模式控制位元

0：正常模式

1：休眠模式

此位用于控制当通过设置ADOFF 位为低开启A/D 转换器后，A/D 转换器是否进入休眠模式。当A/D 转换器开启后且此位为低时，A/D 转换器正常工作，反之若开启后此位为高则进入休眠模式。在休眠模式下，除PGA 和内部Bandgap 电路外的其它A/D 转换电路都将关闭以减少功耗。

Bit 5 **ADOFF** : A/D 转换器模块电源开/ 关控制位

0 : 电源开

1 : 电源关

此位控制A/D 内部功能的电源。该位被清零将使能A/D 转换器。如果该位设为高将关闭A/D 转换器以降低功耗。由于A/D 转换器在不执行转换动作时都会产生一定的功耗，所以这在电源敏感的电池应用中需要多加注意。

建议在进入空闲/ 休眠模式前，设置ADOFF=1 以减少功耗。无论ADSLP 和ADRST 位如何设置，ADOFF=1 将关闭A/D 转换器模块的电源。

Bit 4~1 **ADOR3~ADOR0** : A/D 转换器过采样率选择位

0000 : 过采样率OSR=32768

0001 : 过采样率OSR=16384

0010 : 过采样率OSR=8192

0011 : 过采样率OSR=4096

0100 : 过采样率OSR=2048

0101 : 过采样率OSR=1024

0110 : 过采样率OSR=512

0111 : 过采样率OSR=256

1000 : 过采样率OSR=128

Bit 0 **VREFS** : A/D 转换器参考电压对选择位

0 : 外部参考电压对- VCM & AVSS

1 : 外部参考电压对- VREFP & VREFN

ADCR1 寄存器 – 08H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	FLMS2	FLMS1	FLMS0	VRBUFN	VRBUFP	ADCDL	EOC	—
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	0	0	0	0	0	0	0	—

Bit 7~5 **FLMS2~FLMS0** : A/D 转换器时钟分频比选择

000 : $f_{ADCK} = f_{MCLK}/30 \cdot N = 30$

010 : $f_{ADCK} = f_{MCLK}/12 \cdot N = 12$

Bit 4 **VRBUFN** : A/D 转换器反相参考电压输入(VRN) 缓存控制位

0 : 除能输入缓存，使能旁路功能

1 : 使能输入缓存，除能旁路功能

Bit 3 **VRBUFP** : A/D 转换器正相参考电压输入 (VRP) 缓存控制位

0 : 除能输入缓存，使能旁路功能

1 : 使能输入缓存，除能旁路功能

Bit 2 **ADCDL** : A/D 转换器数据锁存功能控制位

0 : A/D 转换数据更新

1 : A/D 转换数据不更新

若使能A/D 转换数据锁存功能，最新转换的数据将被锁存，且不会更新后面的转换结果直到该功能被除能。虽然转换后的数据被锁存到数据寄存器，A/D 转换电路仍正常运行，但并不产生中断，EOC 也不改变。建议在读取ADRL、ADRM 和ADRH 寄存器中的转换数据之前先将该位置高。读取后该位会被清零以除能A/D 数据锁存功能，以便下一笔转换结果的存储。这样可以防止在A/D 转换过程中得到不需要的数据。

Bit 1 **EOC** : A/D 转换结束标志

0 : A/D 转换中

1 : A/D 转换结束

当A/D 转换过程完成时，该标志将由硬件自动置高，但必须由应用程序软件清除。

Bit 0 未定义，读为“0”

A/D 转换器数据传输率的定义

Delta Sigma A/D 转换器的数据传输率可以通过下面的公式计算。

$$\begin{aligned}\text{数据传输率} &= f_{\text{ADCK}}/\text{OSR} \\ &= (f_{\text{MCLK}}/N)/\text{OSR} \\ &= f_{\text{MCLK}}/(N \times \text{OSR})\end{aligned}$$

$f_{\text{ADCK}} : f_{\text{MCLK}}/N$

$f_{\text{MCLK}} : f_{\text{SYS}}$ 或 $f_{\text{SYS}}/2/(ADCK+1)$ ，通过 $ADCK[4:0]$ 位选择。

$N : 30$ 或 12 ，通过 $FLMS[2:0]$ 位选择。

OSR ：过采样率，通过 $ADOR[2:0]$ 位选择。

例如，若需要一个 10Hz 的数据传输率，可以选择 A/D 时钟源 f_{MCLK} 为 4.9152MHz ，然后设置 $FLMS[2:0]=000b$ ，即获得 A/D 转换时钟为 A/D 时钟源的 30 分频，最后设置 $ADOR[3:0]=0001b$ ，选择过采样率为 16384 。因此，可以得到一个数据传输率 $= 4.9152\text{MHz}/(30 \times 16384) = 10\text{Hz}$ 。

需注意的是当数据传输率为 10Hz ，A/D 转换器对于频率为 50Hz 或 60Hz 交流电源有陷波抑制功能。

A/D 转换器时钟源

A/D 转换器的时钟源通常固定在 4.9152MHz ，可来自系统时钟 f_{SYS} 或其分频，分频系数由 $ADCS$ 寄存器中的 $ADCK4 \sim ADCK0$ 位决定，以获得固定 4.9152MHz 的 ADC 时钟源。

内部 $\text{OSC}=4.9152\text{MHz}$ ， $f_{\text{ADCK}}=f_{\text{MCLK}}/30$

数据传输率(Hz)	ADCK4~0	ADOR3~0	FLMS2~0
10	11111	0001	000

内部 $\text{OSC}=4.9152\text{MHz}$ ， $f_{\text{ADCK}}=f_{\text{MCLK}}/12$

数据传输率(Hz)	ADCK4~0	ADOR3~0	FLMS2~0
25	11111	0001	010

ADCS 寄存器 – 09H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	ADCK4	ADCK3	ADCK2	ADCK1	ADCK0
R/W	—	—	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	0	0	0	0	0

Bit 7~5 未定义，读为“0”

Bit 4~0 **ADCK4~ADCK0**：A/D 转换器时钟源 f_{MCLK} 分频率选择位
 00000~11110： $f_{\text{MCLK}}=f_{\text{SYS}}/2/(ADCK[4:0] + 1)$
 11111： $f_{\text{MCLK}}=f_{\text{SYS}}$

ADCTE 寄存器 – 0AH

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	1	1	1	0	0	1	0	0

Bit 7~0 保留位，需固定为 1110_0111B。

A/D 转换器工作模式

该 A/D 转换器提供了四种工作模式，正常模式、暂停模式、休眠模式和复位状态，分别由 ADCR0 寄存器中的 ADOFF、ADSLP 和 ADRST 位控制。下表列出了工作模式的选择。ADOFF 控制整体的开关状态，如果高功率将降低 A/D 转换器的功率。当 ADOFF 位为高时，转换器将被供电，ADSLP 位将决定转换器是否处于正常的运行模式或睡眠模式。

A/D 工作模式概要

ADOFF	ADSLP	ADRST	工作模式	说明
1	x	x	暂停模式	Bandgap off · PGA off · ADC off · 温度传感器off · VRN/VRP 缓存器off · SINC 滤波器 off
0	1	x	休眠模式	Bandgap on · PGA on · ADC off · 温度传感器off · VRN/VRP 缓存器off · SINC 滤波器on
0	0	0	正常模式	Bandgap on · PGA on · ADC on · 温度传感器on/off · VRN/VRP 缓存器on/off · SINC 滤波器on
0	0	1	复位状态	Bandgap on · PGA on · ADC on · 温度传感器on/off · VRN/VRP 缓存器on/off · SINC 滤波器复位

注：

“x”：未知

1. 可以通过设置VCMEN 位控制VCM 发生器 on/off；
2. 可以通过设置CHSN[2:0] 或CHSP[2:0] 位控制温度传感器on/off；
3. 可以通过相应设置 VRBUFN 或 VRBUPF 位控制 VRN 或 VRP 缓存 on/off。

A/D 转换过程

要打开A/D转换器，首先应将ADOFF和ADSLP位清零，除能A/D转换器的暂停和休眠模式，以确保A/D转换器可以通电。ADCR0 寄存器中的ADRST位，用于上电后打开和复位A/D转换器。当芯片设定此位从逻辑低到逻辑高，然后再到逻辑低，一个模数转换后的数据就会开始在SINC滤波器中进行转换。设置完成后，A/D转换器可以开始工作。这三位于用于控制内部模数转换器的开启动作。

ADCR1寄存器中的EOC 位用于表明模数转换过程的完成。在转换周期结束后，EOC 位会被芯片自动地置为1。A/D 转换数据将不断更新，如果A/D转换数据锁存功能使能，最新的转换数据会被锁存，这样后面再转换的数据不会被保存，直到该功能被关闭。

A/D 转换器参考电压来自外部参考源引脚 VREFP 和 VREFN，可通过 ADCR0 寄存器的 VREFS 位来选择。

A/D 转换步骤

- 步骤 1 : 提供电源给PGA 和ADC。
- 步骤 2 : 通过PGAC0 寄存器，选择PGA、ADC 和参考电压的增益。
- 步骤 3 : 通过PGAC1 寄存器，选择PGA 的输入引脚连接。
- 步骤 4 : 通过ADCS 寄存器中的ADCK4~ADCK0 位，选择所需的A/D 转换时钟源4.9152MHz。
- 步骤 5 : 通过ADCR0 寄存器中的ADOR[2:0] 位及ADCR1 寄存器中的FLMS[2:0] 位，选择输出数据传输率。
- 步骤 6 : 通过PGACS 寄存器中的CHSP2~CHSP0 和CHSN2~CHSN0 位，选择连接至内部PGA 的通道。
- 步骤 7 : 通过ADCR0 寄存器中的ADOFF 和ADSLP 位，关闭暂停和休眠模式。
- 步骤 8 : 通过置高ADCR0 寄存器中的ADRST 位来复位A/D 转换器，清除该位来释放复位状态。
- 步骤 9 : 可以轮询ADCR1 寄存器中的EOC 位，检查模数转换过程是否完成。当此位成为逻辑高时，表示转换过程已经完成。转换完成后，可读取A/D 数据寄存器ADRL、ADRM和ADRH获得转换后的值。

A/D 转换功能

由于被转换的值是24 位，所以它的转换范围为-8388608~8388607 (十进制)。转换后的数据以二进制补码的形式表示，最高位是转换数据的符号位。由于模拟输入最大值等于VCM 或差分参考输入电压(由ADCR0 寄存器的VREFS 位选择) 放大后的电压值 ΔVR_I ，因此每一位可表示 $\Delta VR_I/8388608$ 的模拟输入值。

$$1 \text{ LSB} = \Delta VR_I / 8388608$$

通过下面的等式可估算A/D 转换器输入电压值：

$$\Delta SI_I = (PGAGN \times ADGN \times \Delta DI_{\pm}) + DCSET \quad \Delta VR_I = VREFGN \times \Delta VR_{\pm}$$

$$\text{ADC 转换数据} = (\Delta SI_I / \Delta VR_I) \times K \quad \text{其中，} K = 2 \text{ 的 } 23 \text{ 次方。}$$

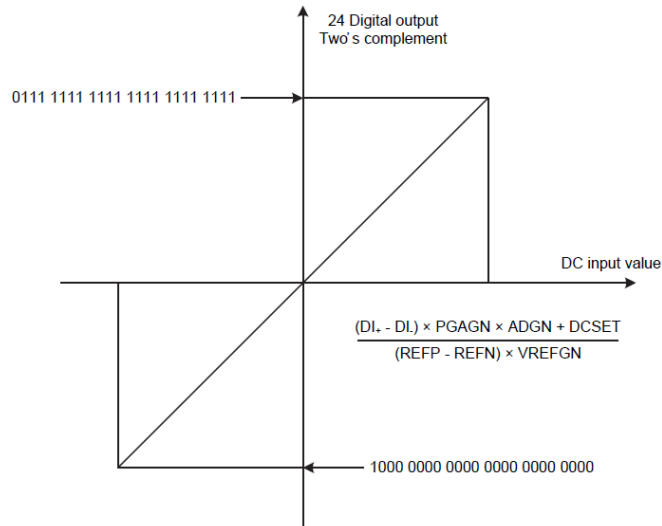
注：

1. PGAGN、ADGN 和VREFGN 的值由PGS、AGS、VGS 控制位决定。
2. ΔSI_I ：经过放大和偏置校准后的差分输入信号
3. PGAGN：PGA 增益
4. ADGN：A/D 转换器增益
5. VREFGN：参考电压增益
6. $\Delta DI_{\pm}$ ：差分输入信号，来自外部信道或内部信号
7. DCSET：偏置电压
8. $\Delta VR_{\pm}$ ：差分参考电压
9. ΔVR_I ：放大后的差分参考输入电压由于Delta Sigma A/D 转换器的数字系统设计，其转换的最大值为8388607，最小值为-8388608，因此有一个中间值0。A/D 转换数据公式说明了转换值的变化范围。

A/D 转换数据范围

A/D 转换数据(二进制补码 · 十六进制值)	十进制值
0x7FFFFFFF	8388607
0x800000	-8388608

下图显示直流输入电压值和 A/D 转换数据(以二进制补码形式表示) 之间的关系。



A/D 转换数据

A/D 转换器的数据储存在寄存器 ADRL、ADRM 和 ADRH 中。A/D 转换数据与输入电压和 PGA 的设置有关。A/D 转换输出数据以二进制补码的形式表示，代码的长度为 24 位，最高位为符号位。最高位“0”表示输出为正数，最高位“1”表示输出为负数。最大值是 8388607，最小值是-8388608。如果输入信号大于最大值，转换后的数据最大不超过 8388607；如果输入信号小于最小值，转换后的数据最小不低于-8388608。

ADRL 寄存器 – 04H

Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit 7~0 A/D 转换器数据寄存器 bit 7~bit 0

ADRL 寄存器 – 05H

Name	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit 7~0 A/D 转换器数据寄存器 bit 15~bit 8

ADRL 寄存器 – 06H

Name	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit 7~0 A/D 转换器数据寄存器 bit 23~bit 16

A/D 转换数据转为电压值

模拟电压值可通过下面的公式推导出电压值。

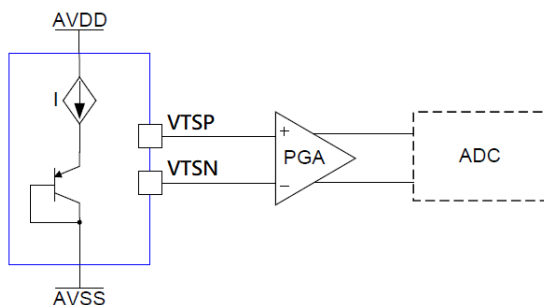
如果MSB = 0 (转换数据为正数)：输入电压 = (转换数据 × LSB-DCSET)/(PGA × ADGN)

如果MSB = 1 (转换数据为负数)：输入电压 = (转换数据的补码 × LSB-DCSET)/(PGA × ADGN)

注：补码 = 反码 + 1

温度传感器

该芯片提供了一个内部温度传感器以补偿温度所产生的影响。PGA 输入通道通过选择连接到 VTSP 或 VTSN，A/D 转换器可以获得温度信息，然后针对结果对 A/D 转换数据做一些调整，以尽量减少温度的影响，下图说明了温度传感器的功能操作。



芯片内部温度传感器，规格175uV/°C，以25°C环境温度Tcal做校准，采集出当前ADC结果，如ADcal，计算出斜率Gts = ADcal/(286.06+Tcal)，校准以后，假设待测目标温度 To，读出来的AD结果ADo，

$To = Tcal + (Ado - ADcal)/Gts$ ，以上仅供参考

有效位数 – ENOB

虽然模数转换器是 24 位的，PGA 增益和数据传输率等各种因素仍会影响实际转换位的有效位数。

程序设计注意事项

在程序设计时，如果 A/D 转换器未使用，通过设置 ADCR0 寄存器中的 ADOFF 为高，关闭 A/D 内部电路以减少电源功耗。此时，不考虑输入脚的模拟电压，内部 A/D 转换器电路不产生功耗。

外部接口通信

该芯片可通过内部 I2C 接口和外部硬件进行通信。最初是由飞利浦公司研制，是适用于同步串行数据传输的双线式低速串行接口。I2C 接口具有两线通信，非常简单的通信协议和在同一总线上和多个设备进行通信的能力的优点，使之在很多的场合中大受欢迎。

I2C 接口操作

I2C 串行接口是一个双线的接口，有一条串行数据线 SDA 和一条串行时钟线 SCL。由于可能有多个设备在同一条总线上相互连接，所以这些设备的输出都是开漏型输出。因此应在这些输出口上都加上拉电阻。应注意的是，I2C 总线上的每个设备都没有选择线，但分别与唯一的地址一一对应，用于 I2C 通信。

如果有两个设备通过双向的I2C 总线进行通信，那么就存在一个主机和一个从机。主机和从机都可以用于传输和接收数据，但只有主机才可以控制总线动作，也只有主机才可以驱动时钟线SCL。那些处于从机模式的设备，将只能对主机作出响应，要在I2C 总线上传输数据只有两种方式，一是从机发送模式，二是从机接收模式一些寄存器用来控制I2C 总线接口的整体操作。

I2C 地址和寄存器写/ 读

I2C地址选择

当该芯片仅作为从机工作时，由于可能有多个设备在同一条I2C 总线上相互连接，因此它将需要一个特定的地址。

A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1
1	1	1	0	0	1	0	0
0xD0		0xC0		0xB0		0xA0	

SIMC0 寄存器 – 0EH

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SIMS	—	—	—	SIMDEB1	SIMDEB0	—	—
R/W	R/W	—	—	—	R/W	R/W	—	—
POR	0	—	—	—	0	0	—	—

Bit 7 SIMS :

0 : 正常工作

1 : 导致不可预测的反应 对于正常的操作，该位必须保持为零。

Bit 6~4 未定义，读为"0"

Bit 3~2 SIMDEB1~SIMDEB0 : I2C 去抖时间选择位

00 : 无去抖时间

01 : 2 个系统时钟去抖时间

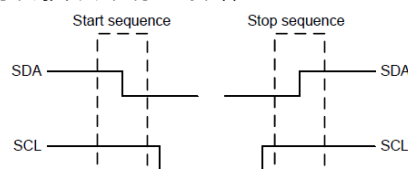
10 : 4 个系统时钟去抖时间

11 : 4 个系统时钟去抖时间

Bit 1~0 未定义，读为"0"

起始和停止操作

正常情况下，SCL 线为低时，SDA 线才会发生变化。然而，有两个例外情况，即起始和停止操作，即 SCL 线将被主机强制拉高，而 SDA 线的状态将会改变。如图所示，当 SCL 线高时，SDA 线高到低的转换表示开始操作，SDA 线低到高的转换表示停止操作。



I2C 总线数据传输

I2C 总线上会进行 8 位宽度的数据传输，这个数据传输顺序是最高有效位，即高位在前，最低有效位，即低位在后。当在 SDA 在线设置数据时，SCL 线将产生一个高脉冲来锁存数据。当 SCL 线为高时，SDA 线将不允许改变状态。若 8 位数据已传输完成，设备将发送第 9 位，即应答信号。因此，总共传输了 9 个位，接着 9 个 SCL 时钟脉冲传输每一笔 8 位数据或字节。当接收方发送回一个 ACK 低位时，表示接收方接收了 8 位数据，并准备接收下一个字节。如果发送回来的是 ACK 高位，表示接收方无法进一步接收到任何数据，并且主机应该发送一个停止序列。

I2C寄存器写/读

写过程

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0			
Start	Device Address								Write	ACK	Register Address								ACK	Register Data								ACK	Stop

读过程

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0			7	6	5	4	3	2	1	0													
Start	Device Address								Write	ACK	Register Address								ACK	Start	Device Address								Read	ACK	Register Data								ACK	Stop

I2C 总线起始信号

起始信号只能由连接I2C总线的主机产生，而不是由从机产生。总线上的所有从机都可以侦测到起始信号。起始信号是指在SCL 为高电平时，SDA 在线发生从高到低的电平变化。

从机地址

I2C 总线上的所有从机都会侦测由主机发出的起始信号。发送起始信号后，紧接着主机会发送从机地址以选择要进行数据传输的从机。从机随后发出一个低电平应答信号(即第9 位)。

I2C 总线从机地址应答信号

主机发送呼叫地址后，当 I2C 总线上的任何从机内部地址与其匹配时，会发送一个应答信号。此应答信号会通知主机有从机已经接收到了呼叫地址。如果主机没有收到应答信号，则主机必须发送停止 (STOP) 信号以结束通信。

I2C 总线数据和应答信号

在从机确认接收到从地址后，会进行8 位宽度的数据传输。这个数据传输顺序是的高位在前，低位在后。接收方在接收到8 位数据后必须发出一个应答信号(“0”)以继续接收下一个数据。如果从机发送方没接收到来自主机接收方的应答信号，发送方将释放SDA 线，此时主机方可发出STOP 信号以释放I2C 总线。

I2C 超时功能

I2C 接口包括超时功能，由单个寄存器控制。该寄存器设置了系统时钟单元总体功能的使能/ 除能以及超时时间。通过读取 SIMTOF 位来决定 I2C 总线是否超时。当 I2C 总线超时，该位将自动置高，但需要通过应用程序手动清除。

SIMTOC寄存器 – 10H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SIMTOEN	SIMTOF	SIMTOS5	SIMTOS4	SIMTOS3	SIMTOS2	SIMTOS1	SIMTOS0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 **SIMTOEN** : I2C 超时控制位

0 : 除能 1 : 使能

Bit 6 **SIMTOF** : I2C 超时标志位

0 : 未发生

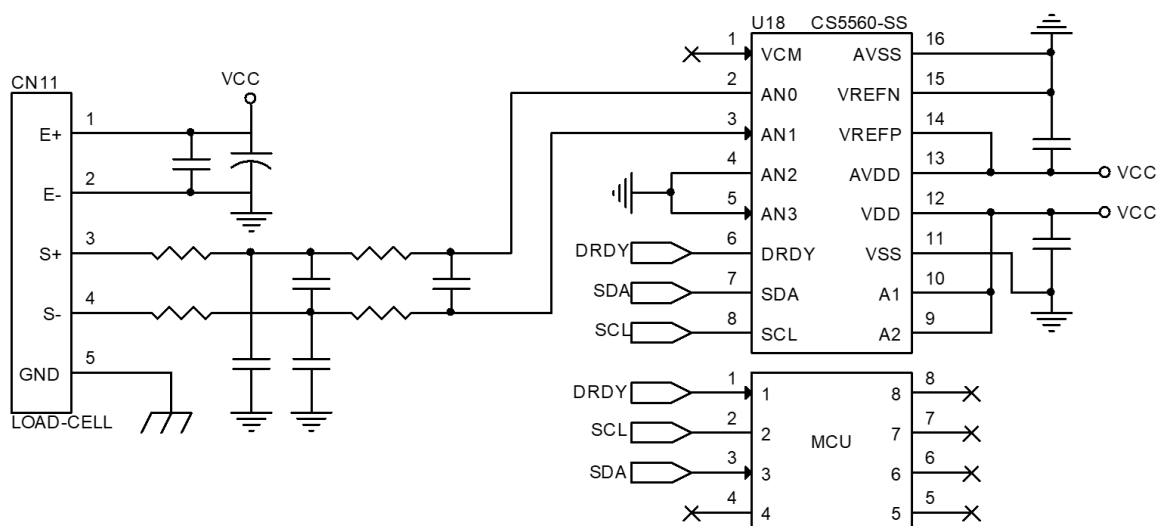
1 : 发生 该位置高时，超时功能发生，需由应用程序清除。

Bit 5~0 **SIMTOS5~SIMTOS0** : I2C 超时时间选择位

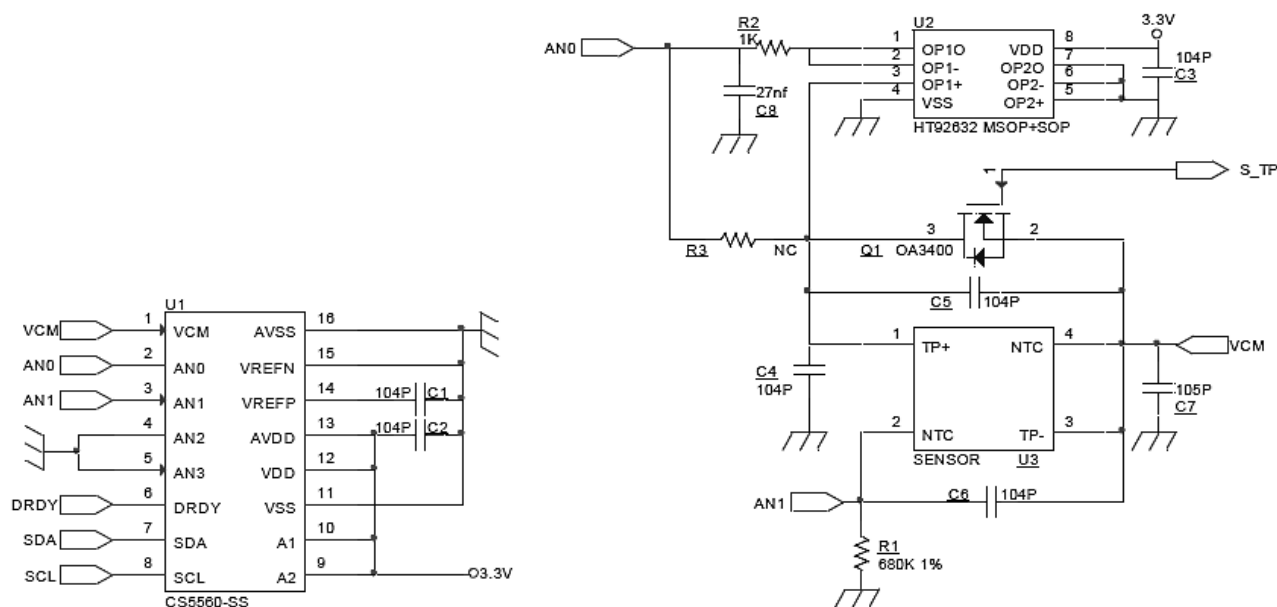
I2C 超时时钟源是 $f_{SUB}/32$ ，其中 $f_{SUB}=f_{SYS}/128$ 。

I2C 超时时间计算方法： $[(SIMTOS5:SIMTOS0)+1] \times (32/f_{SUB})$

应用电路(电桥传感器上应用)



应用电路(热电堆传感器上应用)



A D C 参考设定代码

```

/*****/
unsigned long value;
unsigned char Rdata;
unsigned char AD_H,AD_M,AD_L;
bit DO_FILTER;
/***** CS5560 I2C start *****/
void I2C_Start(void)
{ ADC_SDA=1; ADC_SCL=1; delay(4);
  ADC_SDA=0; delay(4);
  ADC_SCL=0; delay(4); }
/***** CS5560 I2C stop *****/
void I2C_Stop(void)
{ ADC_SCL=0; ADC_SDA=0; delay(4);
  ADC_SCL=1; delay(4);
  ADC_SDA=1; delay(4); }
/***** CS5560 I2C stop *****/
void I2C_ACK(void)
{ADC_SCL=1; delay(1);
 ADC_SCL=0; delay(1);} //SET PD3=OUT
/***** CS5560 write *****/
void ByteTo_I2C(unsigned char DData)
{unsigned char m,Pos;
 m=0x80;
 for(Pos=0; Pos<8; Pos++)
   {if((m&DData)>=1){ADC_SDA=1; delay(0); ADC_SCL=0; delay(1); ADC_SCL=1; delay(2); ADC_SCL=0; delay(1);}
   else {ADC_SDA=0; delay(0); ADC_SCL=0; delay(1); ADC_SCL=1; delay(2); ADC_SCL=0; delay(1);}
 m=m>>1; }
 delay(1);}
/***** CS5560 I2C Byte Write *****/
void I2C_Write(unsigned char DAddr,unsigned char RAddr,unsigned char WData)
{I2C_Start();
 ByteTo_I2C(DAddr); I2C_ACK();
 ByteTo_I2C(RAddr); I2C_ACK();
 ByteTo_I2C(WData); I2C_ACK();
 I2C_Stop();}
/***** CS5560 Read *****/
void ByteFrom_I2C(void)
{Rdata=0;
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x80;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x40;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x20;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x10;}
}

```

```

ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x08;}
ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x04;}
ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x02;}
ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x01;}}
/***** CS5560 I2C Byte Read *****/
void I2C_Read(unsigned char DAddr,unsigned char RAddr)
{I2C_Start();
ByteTo_I2C(DAddr); I2C_ACK();
ByteTo_I2C(RAddr); I2C_ACK();
I2C_Start();
ByteTo_I2C(DAddr+1); I2C_ACK();
ByteFrom_I2C(); I2C_ACK();
I2C_Stop();}

```

CS5560

若使用 DRDY PIN 作为转换完成中断提醒可不需使用此代码

```

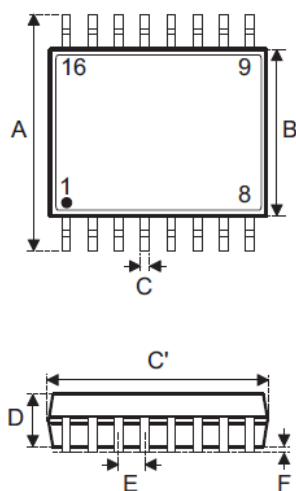
/***** CS5560 CHECK DATA READY *****/
void Read_AD_check(void)
{I2C_Read(0xd0,0x08);
if((Rdata&0x02)==2){DO_FILTER=1;}else{DO_FILTER=0;}}
/***** CS5560 READ ADC DATA *****/
void Read_AD_Value(void)
{I2C_Read(0xd0,0x04); AD_L=Rdata;
I2C_Read(0xd0,0x05); AD_M=Rdata;
I2C_Read(0xd0,0x06); AD_H=Rdata;
I2C_Write(0xd0,0x08,0x00);
value=AD_H;
value=value<<8;
value=value+AD_M;
value=value<<8;
value=value+AD_L;}
/***** CS5560 READ SETUP *****/
void INIT_CS5560(void) // CS5560 初始化
{I2C_Write(0xd0,0x0a,0xE7);
I2C_Write(0xd0,0x11,0x01); // HIRCC
I2C_Write(0xd0,0x00,0x28); // PWRC
I2C_Write(0xd0,0x01,0x2e); // PGAC0
I2C_Write(0xd0,0x02,0x00); // PGAC1
I2C_Write(0xd0,0x03,0x00); // PGACS
if(ADC_SPEED==1){I2C_Write(0xd0,0x07,0x05);} //ADCR0 20HZ
else {I2C_Write(0xd0,0x07,0x03);} //ADCR0 10HZ
I2C_Write(0xd0,0x09,0x1F); // ADCS
I2C_Write(0xd0,0x08,0x00);} // ADCR1

```

CS5560

封装信息 PACKAGING 封装

16-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.008	—	0.012
C'	—	0.193 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.025 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
α	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C'	—	4.90 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	0.635 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.41	—	1.27
H	0.10	—	0.25
α	0°	—	8°