

### 特性

- 宽工作电压：2.4V~5.5V
- 内部可编程增益放大器
- 内部 I<sup>2</sup>C 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
- 封装类型：8-pin SOP/16-pin NSOP

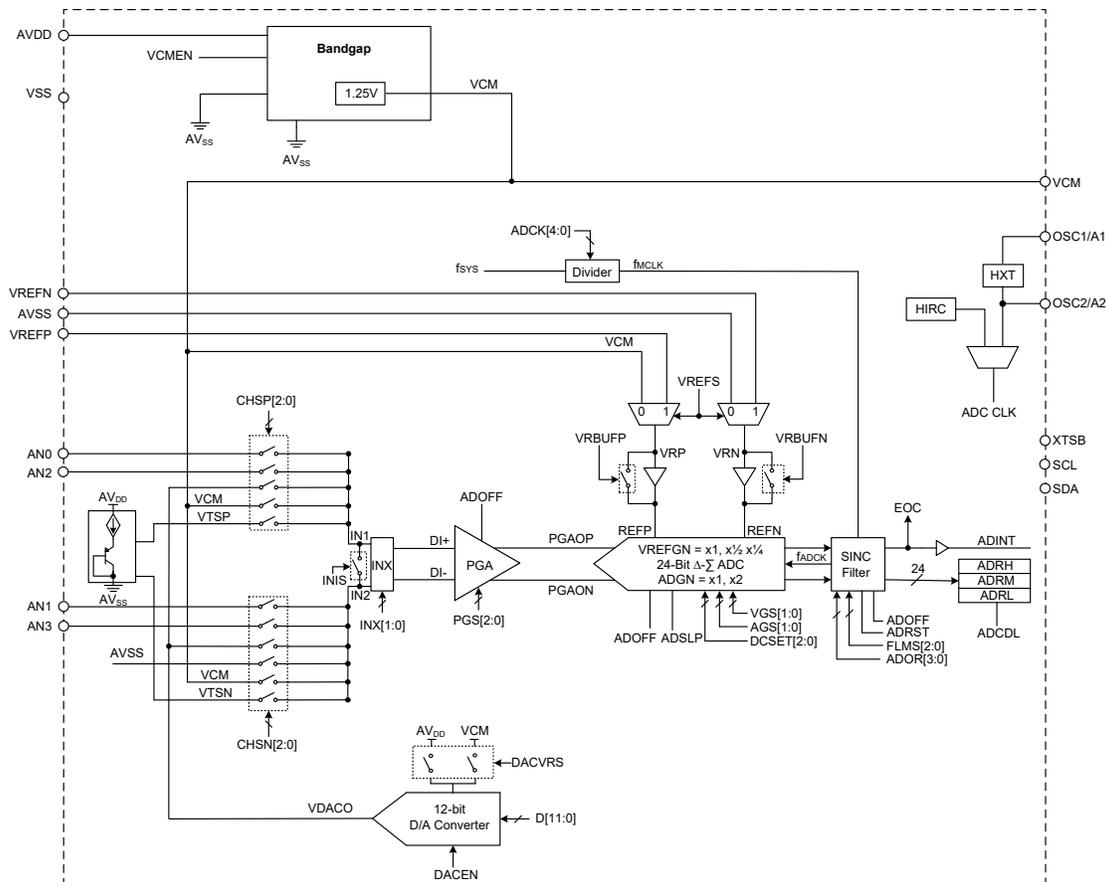
### 应用领域

- 仪器仪表
- 健康监测设备
- 精密传感器

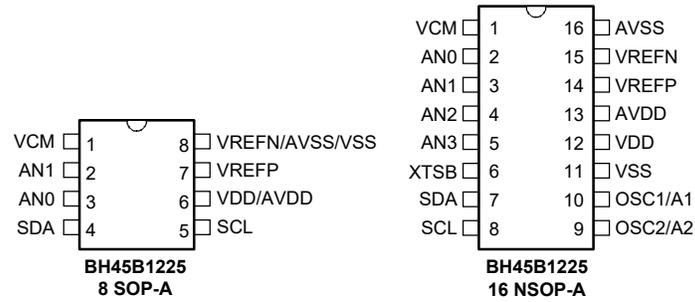
### 概述

BH45B1225 是一款内建可编程增益放大器的多通道 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 I<sup>2</sup>C 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。

### 方框图



## 引脚图



## 引脚说明

引脚名称	类型	说明
AN0	AI	ADC 输入通道 0
AN1	AI	ADC 输入通道 1
AN2	AI	ADC 输入通道 2
AN3	AI	ADC 输入通道 3
VERFP	AI	正极参考输入电压
VERFN	AI	负极参考输入电压
SCL	I	I <sup>2</sup> C 时钟线
SDA	I/O	I <sup>2</sup> C 数据线
XTSB	I	低：外部晶振，高：内部振荡器
OSC1/A1	OSC	振荡器输入
	I	I <sup>2</sup> C 从机地址选择
OSC2/A2	OSC	振荡器输出
	I	I <sup>2</sup> C 从机地址选择
VCM	AO	ADC 内部共模电压输出
VDD	PWR	数字正电源电压
AVDD	PWR	模拟正电源电压
VSS	PWR	数字负电源电压
AVSS	PWR	模拟负电源电压

## 引脚类型注释

引脚类型	说明
I	数字输入
I/O	数字输入 / 输出
OSC	振荡器
AI	模拟输入
AO	模拟输出
PWR	电源

## 极限参数

供应电压.....	$V_{SS}-0.3V \sim V_{SS}+6.0V$	储存温度.....	$-50^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
$I_{OL}$ 总电流.....	80mA	总功耗.....	500mW
输入电压.....	$V_{SS}-0.3V \sim V_{DD}+0.3V$	工作温度.....	$-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$
$I_{OH}$ 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： $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ ，典型值  $T_a=25^{\circ}C$

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		$V_{DD}$	条件				
$V_{DD}$	工作电压 (HXT)	—	$f_{SYS}=f_{HXT}=4MHz$	2.4	—	5.5	V
			$f_{SYS}=f_{HXT}=8MHz$	2.4	—	5.5	V
			$f_{SYS}=f_{HXT}=12MHz$	2.4	—	5.5	V
	工作电压 (HIRC)	—	$f_{SYS}=f_{HIRC}=4.9152MHz$	2.4	—	5.5	V
$I_{DD}$	工作电流 (HXT)	3V	无负载，所有外设关闭，	—	500	750	$\mu A$
		5V	$f_{SYS}=f_{HXT}=4MHz$	—	1	1.5	mA
	工作电流 (HIRC)	3V	无负载，所有外设关闭，	—	400	600	$\mu A$
		5V	$f_{SYS}=f_{HIRC}=4.9152MHz$	—	0.8	1.2	mA
$I_{STB}$	待机电流	3V	无负载，所有外设关闭	—	—	1	$\mu A$
		5V		—	—	2	$\mu A$
$R_{PH}$	输入口上拉电阻 (XTSB, A1, A2)	3V	—	20	60	100	k $\Omega$
		5V	—	10	30	50	k $\Omega$

## 交流电气特性

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

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		$V_{DD}$	条件				
$f_{SYS}$	系统时钟 (HXT)	2.4V~5.5V	$f_{SYS}=f_{HXT}=4MHz$	—	4	—	MHz
		2.4V~5.5V	$f_{SYS}=f_{HXT}=8MHz$	—	8	—	MHz
	系统时钟 (HIRC)	2.4V~5.5V	$f_{SYS}=f_{HIRC}=4.9152MHz$	—	4.9152	—	MHz
$f_{HIRC}$	内部高速 RC 振荡器 (HIRC)	3V	$T_a=25^{\circ}C$	-2%	4.9152	+2%	MHz
		$3V \pm 0.3V$	$T_a=0^{\circ}C \sim 70^{\circ}C$	-5%	4.9152	+5%	MHz
		$3V \pm 0.3V$	$T_a=-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$	-10%	4.9152	+10%	MHz
		2.4V~5.5V	$T_a=0^{\circ}C \sim 70^{\circ}C$	-7%	4.9152	+7%	MHz
		2.4V~5.5V	$T_a=-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$	-10%	4.9152	+10%	MHz

## I<sup>2</sup>C 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	典型	最大	单位
		V <sub>DD</sub>	条件				
f <sub>I2C</sub>	I <sup>2</sup> C 标准模式 (100kHz) f <sub>sys</sub> 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 <sup>2</sup> C 快速模式 (400kHz) f <sub>sys</sub> 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

## D/A 转换器电气特性

工作温度: -40°C~85°C, 典型值 Ta=25°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V <sub>DD</sub>	条件				
V <sub>DACO</sub>	输出电压范围	—	—	V <sub>SS</sub>	—	V <sub>REF</sub>	V
V <sub>REF</sub>	参考电压	—	—	1.25	—	V <sub>DD</sub>	V
I <sub>DAC</sub>	DAC 使能的额外电流	—	V <sub>REF</sub> =5V	—	—	450	μA
DNL	非线性微分误差	—	2.4V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5V	—	—	±6	LSB
INL	非线性积分误差	—	2.4V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5V	—	—	±12	LSB

## PGA+ADC+VCM 电气特性

 V<sub>DD</sub>=AV<sub>DD</sub>, 工作温度: -40°C~85°C, 典型值 Ta=25°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V <sub>DD</sub>	条件				
AV <sub>DD</sub>	VCM、ADC 和 PGA 电源电压	—	—	2.4	—	5.5	V
V <sub>OUT_VCM</sub>	VCM 引脚输出电压	—	AV <sub>DD</sub> =3.3V, 无负载	-5%	1.25	+5%	V
TC <sub>VCM</sub>	VCM 温度系数	—	Ta=-40°C~85°C, AV <sub>DD</sub> =3.3V, I <sub>LOAD</sub> =10μA	—	—	0.24	mV/°C
ΔV <sub>LINE_VCM</sub>	VCM 线性调整率	—	2.4V ≤ AV <sub>DD</sub> ≤ 3.3V, 无负载	—	—	0.4	%/V
t <sub>VCMs</sub>	VCM 开启稳定时间	—	AV <sub>DD</sub> =3.3V, 无负载	—	—	10	ms
I <sub>OH</sub>	VCM 引脚源电流	—	AV <sub>DD</sub> =3.3V, ΔV <sub>OUT_VCM</sub> =-2%	3	—	—	mA
I <sub>OL</sub>	VCM 引脚灌电流	—	AV <sub>DD</sub> =3.3V, ΔV <sub>OUT_VCM</sub> =+2%	3	—	—	mA

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V <sub>DD</sub>	条件				
<b>ADC &amp; ADC 内部参考电压 (Delta Sigma ADC)</b>							
I <sub>ADC</sub>	ADC 使能的额外电流	—	VCM 使能, VRBUFP=1, VRBUFN=1	—	—	1120	μA
			VCM 使能, VRBUFP=0, VRBUFN=0	—	820	970	μA
			VCM 除能, VRBUFP=0, VRBUFN=0	—	500	650	μA
I <sub>ADSTB</sub>	待机电流	—	系统 HALT, 无负载	—	—	1	μA
RS <sub>ADC</sub>	分辨率	—	—	—	—	24	bit
INL	非线性积分误差	—	AV <sub>DD</sub> =3.3V, V <sub>REF</sub> =1.25V, ΔSI=±450mV, PGA Gain=1	—	±50	—	ppm
NFB	无噪音位	—	V <sub>REF</sub> =2.5V, Gain=32, 数据传输率 = 10Hz	—	18.0	—	Bit
			V <sub>REF</sub> =2.5V, Gain=64, 数据传输率 = 10Hz	—	17.4	—	
			V <sub>REF</sub> =2.5V, Gain=128, 数据传输率 = 10Hz	—	16.7	—	
ENOB	有效位数	—	V <sub>REF</sub> =2.5V, Gain=32, 数据传输率 = 10Hz	—	20.7	—	Bit
			V <sub>REF</sub> =2.5V, Gain=64, 数据传输率 = 10Hz	—	20.1	—	
			V <sub>REF</sub> =2.5V, Gain=128, 数据传输率 = 10Hz	—	19.4	—	
f <sub>ADCK</sub>	ADC 时钟频率	—	—	40	409.6	440	kHz
f <sub>ADO</sub>	ADC 输出数据传输率	—	f <sub>MCLK</sub> =4.9152MHz, FLMS[2:0]=000B	5	—	640	Hz
			f <sub>MCLK</sub> =4.9152MHz, FLMS[2:0]=010B	12.5	—	1600	Hz
V <sub>REFP</sub>	参考输入电压	—	VREFS=1, VRBUFP=0, VRBUFN=0	V <sub>REFN</sub> +1	—	AV <sub>DD</sub>	V
V <sub>REFN</sub>		—	VRBUFP=0, VRBUFN=0	0	—	V <sub>REFP</sub> -1	V
V <sub>REF</sub>		—	V <sub>REF</sub> =(V <sub>REFP</sub> -V <sub>REFN</sub> )×VGS	1	—	AV <sub>DD</sub> /2	V
<b>PGA</b>							
V <sub>CM_PGA</sub>	共模电压范围	—	—	0.4	—	AV <sub>DD</sub> -0.95	V
ΔD <sub>I</sub>	差分输入电压范围	—	Gain=PGS×AGS, ΔD <sub>I</sub> =DI <sup>+</sup> - DI <sup>-</sup>	-V <sub>REF</sub> /Gain	—	+V <sub>REF</sub> /Gain	V

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V <sub>DD</sub>	条件				
温度传感器							
TC <sub>TS</sub>	温度传感器的温度系数	—	Ta=-40°C~85°C, V <sub>REF</sub> =1.25V, VGS[1:0]=00B (Gain=1), VRBUFP=0, VRBUFN=0	—	175	—	μV/°C

**有效位数 (ENOB)**

$V_{REF}=2.5V, f_{ADCK}=163kHz$

数据传输率 (SPS)	Gain							
	1	2	4	8	16	32	64	128
5	21.5	21.2	21.1	21.1	21.0	20.9	20.4	19.6
10	21.2	21.0	21.0	20.9	20.8	20.7	20.1	19.4
20	21.1	20.7	20.7	20.6	20.5	20.3	19.7	18.9
40	20.6	20.5	20.4	20.2	20.1	19.9	19.2	18.5
80	20.2	20.1	20.0	19.9	19.8	19.5	18.8	18.0
160	19.7	19.5	19.5	19.4	19.3	19.0	18.4	17.6
320	19.1	18.9	18.9	18.8	18.7	18.5	17.9	17.1
640	18.6	18.4	18.4	18.3	18.3	18.0	17.4	16.6

$V_{REF}=2.5V, f_{ADCK}=409kHz$

数据传输率 (SPS)	Gain							
	1	2	4	8	16	32	64	128
12.5	21.9	21.4	21.4	21.3	21.1	20.7	19.9	19.2
25	21.6	21.1	21.1	21.0	20.9	20.4	19.6	18.8
50	21.2	20.9	20.8	20.7	20.4	19.9	19.2	18.3
100	20.8	20.5	20.4	20.3	20.0	19.5	18.8	17.9
200	20.3	19.7	19.7	19.6	19.4	18.9	18.2	17.4
400	19.3	19.0	19.0	18.9	18.8	18.4	17.8	16.9
800	18.8	18.6	18.6	18.5	18.3	17.9	17.2	16.5
1600	18.4	18.2	18.2	18.1	17.9	17.4	16.8	16.1

$V_{REF}=1.65V, f_{ADCK}=163kHz$

数据传输率 (SPS)	Gain							
	1	2	4	8	16	32	64	128
5	21.5	21.2	21.2	21.1	20.9	20.5	20.0	19.2
10	21.3	21.0	20.9	20.7	20.5	20.2	19.5	18.7
20	20.9	20.6	20.5	20.4	20.2	19.8	19.1	18.3
40	20.4	20.1	20.1	20.0	19.8	19.4	18.8	18.0
80	19.8	19.5	19.5	19.4	19.2	18.8	18.2	17.5
160	19.3	19.0	19.0	18.9	18.7	18.4	17.8	17.0
320	18.8	18.5	18.5	18.4	18.3	17.9	17.3	16.5
640	18.3	18.1	18.1	18.0	17.8	17.5	16.8	16.0

$V_{REF}=1.65V, f_{ADCK}=409kHz$ 

数据传输率 (SPS)	Gain							
	1	2	4	8	16	32	64	128
12.5	21.8	21.4	21.2	21.1	20.7	20.3	19.5	18.6
25	21.4	21.1	20.9	20.7	20.3	19.7	19.0	18.2
50	20.9	20.6	20.5	20.3	19.9	19.4	18.6	17.7
100	20.4	20.2	20.0	19.8	19.4	18.9	18.1	17.3
200	19.8	19.4	19.3	19.2	18.9	18.4	17.7	16.8
400	19.0	18.8	18.7	18.6	18.4	17.8	17.2	16.3
800	18.7	18.4	18.3	18.2	17.9	17.4	16.7	15.8
1600	18.2	18.0	17.9	17.7	17.3	16.7	16.2	15.4

 $V_{REF}=1.2V, f_{ADCK}=163kHz$ 

数据传输率 (SPS)	Gain							
	1	2	4	8	16	32	64	128
5	20.6	20.4	20.4	20.3	20.3	20.1	19.6	18.9
10	20.5	20.3	20.3	20.2	20.0	19.9	19.2	18.4
20	20.3	19.9	19.9	19.8	19.7	19.4	18.8	18.0
40	19.8	19.5	19.5	19.4	19.2	18.9	18.3	17.5
80	19.3	19.1	19.1	19.0	18.8	18.5	17.8	17.0
160	19.0	18.8	18.7	18.6	18.3	18.0	17.4	16.5
320	18.5	18.2	18.2	18.1	17.8	17.5	16.9	16.1
640	17.9	17.7	17.7	17.6	17.3	17.0	16.4	15.6

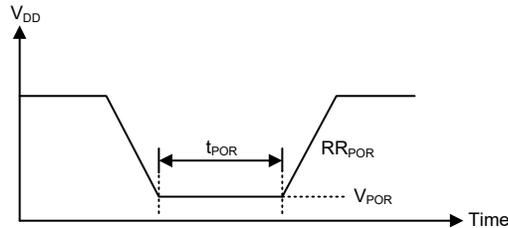
 $V_{REF}=1.2V, f_{ADCK}=409kHz$ 

数据传输率 (SPS)	Gain							
	1	2	4	8	16	32	64	128
12.5	20.9	20.7	20.5	20.3	20.1	19.8	19.1	18.2
25	20.7	20.4	20.2	20.1	19.8	19.4	18.6	17.8
50	20.3	20.1	19.8	19.7	19.4	18.8	18.1	17.4
100	19.9	19.6	19.4	19.2	18.9	18.4	17.7	16.8
200	19.5	19.2	19.0	18.8	18.5	17.9	17.2	16.4
400	18.9	18.7	18.6	18.4	18.0	17.5	16.7	15.9
800	18.5	18.2	18.0	17.8	17.5	16.9	16.2	15.4
1600	17.9	17.6	17.5	17.3	16.9	16.4	15.7	14.9

## 上电复位特性

工作温度：-40°C~85°C，典型值 Ta=25°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V <sub>DD</sub>	条件				
V <sub>POR</sub>	上电复位电压	—	—	—	—	100	mV
RR <sub>POR</sub>	上电复位电压速率	—	—	0.035	—	—	V/ms
t <sub>POR</sub>	V <sub>DD</sub> 保持为 V <sub>POR</sub> 的最小时间	—	—	1	—	—	ms



## 功能描述

BH45B1225 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编程增益放大器 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较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和参考源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 I<sup>2</sup>C 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。

## 寄存器初始值

下表即为上电复位后个别寄存器的内部值。

寄存器	上电复位值
PWRC	0000 0000
PGAC0	-000 0000
PGAC1	-000 000-
PGACS	--00 0000
ADRL	xxxx xxxx
ADRM	xxxx xxxx
ADRH	xxxx xxxx
ADCR0	0010 0000
ADCR1	0000 000-
ADCS	---0 0000
ADCTE	1110 0100
DAH	0000 0000
DAL	---- 0000
DACC	00-- ----
SIMC0	0--- 00--
SIMTOC	0000 0000
HIRCC	---- -001
HXTC	---- -000

## 表格注释

项目	说明
*	热复位
-	未定义
u	不改变
x	未知

地址	寄存器名称	位							
		7	6	5	4	3	2	1	0
00H	PWRC	VCMEN	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
01H	PGAC0	—	VGS1	VGS0	AGS1	AGS0	PGS2	PGS1	PGS0
02H	PGAC1	—	INIS	INX1	INX0	DCSET2	DCSET1	DCSET0	—
03H	PGACS	—	—	CHSN2	CHSN1	CHSN0	CHSP2	CHSP1	CHSP0
04H	ADRL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
05H	ADRM	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
06H	ADRH	D23	D22	D21	D20	D20	D19	D18	D17
07H	ADCR0	ADRST	ADSLP	ADOFF	ADOR3	ADOR2	ADOR1	ADOR0	VREFS
08H	ADCR1	FLMS2	FLMS1	FLMS0	VRBUFN	VRBUFP	ADCDL	EOC	—
09H	ADCS	—	—	—	ADCK4	ADCK3	ADCK2	ADCK1	ADCK0
0AH	ADCTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0BH	DAH	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4
0CH	DAL	—	—	—	—	D3	D2	D1	D0
0DH	DACC	DACEN	DACVRS	—	—	—	—	—	—
0EH	SIMC0	SIMS	—	—	—	SIMDEB1	SIMDEB0	—	—
10H	SIMTOC	SIMTOEN	SIMTOF	SIMTOS5	SIMTOS4	SIMTOS3	SIMTOS2	SIMTOS1	SIMTOS0
11H	HIRCC	—	—	—	—	—	HIRCO	HIRCF	HIRCEN
12H	HXTC	—	—	—	—	—	HXTM	HXTF	HXTEN

## 内部电源

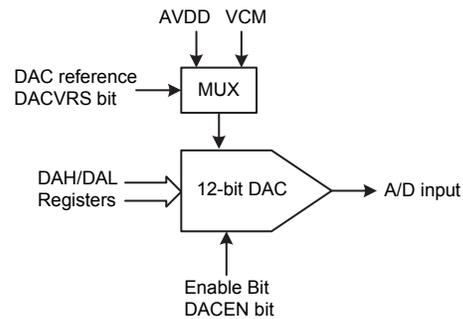
该芯片包含一个VCM模块用于稳压电源。 $V_{CM}$ 还可以作为ADC模块的参考电压。VCM功能由VCMEN位控制，可将其关闭以降低功耗。

## 参考电压

内部参考电压源 $V_{CM}$ 可用作转换器参考。 $V_{CM}$ 来源于bandgap参考发生器，从而提供温度稳定的参考，且输出电压固定在1.25V。VCM功能由VCMEN位控制，可将其关闭以降低功耗。

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 $AV_{SS}$ 到 $AV_{DD}$ 。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。

内部DAC也可作为额外的参考电压源。DAC有两个参考电压用来定义最大值，由 $AV_{DD}$ 或VCM引脚供给。DAC 12-bit值可通过两个数据寄存器DAH和DAL设置，并通过寄存器DACC中的DACVRS位选择。寄存器DACC中的DACEN位为DAC的总使能位。



### • DAH 寄存器 - 0BH

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4
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 7~0 **D11~D4**: DAC 输出控制码

**• DAL 寄存器 - 0CH**

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

Bit 7~4 未定义，读为“0”

Bit 3~0 **D3~D0**: DAC 输出控制码

注：对该寄存器写值只会写入到影子缓存器中，直到对 DAH 寄存器写值，才会将实际值写入 DAL 寄存器。

**• DACC 寄存器 - 0DH**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	DACEN	DACVRS	—	—	—	—	—	—
R/W	R/W	R/W	—	—	—	—	—	—
POR	0	0	—	—	—	—	—	—

Bit 7 **DACEN**: DAC 使能或除能控制位

0: 除能  
1: 使能

Bit 6 **DACVRS**: DAC 参考电压选择位

0: DAC 参考电压来自 AVDD  
1: DAC 参考电压来自 VCM

Bit 5~0 未定义，读为“0”

## 电源及参考控制

下表显示了电源和电压来源的整体控制。

寄存器		输出电压	
ADOFF	VCMEN	Bandgap	VCM
1	0	Off	除能
1	1	On	使能
0	0	On	除能
0	1	On	使能

电源控制表

## 电源控制寄存器

**• PWRC 寄存器 - 00H**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	VCMEN	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

如果 VCM 除能，将不产生功耗，VCM 输出脚会处于浮空状态。

Bit 6~0 **D6~D0**: 特性优化位

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

该芯片包含两种振荡器，一个完全内部振荡器和一个外部晶体振荡器。XTSB 引脚将决定该芯片使用内部振荡器还是外部晶体振荡器进行操作。

XTSB 引脚	振荡器类型
0	外部晶振
1	内部振荡器

## 振荡器控制寄存器

该芯片的振荡器由两个控制寄存器控制，一个用于内部振荡器，一个用于外部振荡器。芯片使用哪个振荡器取决于 XTSB 引脚。注意，若选择 HIRC 振荡器，则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

### • HXTC 寄存器 – 12H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	HXTM	HXTF	HXTEN
R/W	—	—	—	—	—	R/W	R	R/W
POR	—	—	—	—	—	0	0	0

Bit 7~3 未定义，读为“0”

Bit 2 **HXTM**: HXT 模式选择位  
0: HXT ≤ 10MHz – 灌电流 / 源电流小  
1: HXT > 10MHz – 灌电流 / 源电流大

注：在 HXTEN 位置高使能 HXT 振荡器后再改变此位的值将无效。

Bit 1 **HXTF**: HXT 振荡器稳定标志位  
0: 未稳定  
1: 稳定

HXTEN 位置高使能 HXT 振荡器后，HXTF 位会先被清零，在 HXT 稳定后会被置高。当 HXTEN 位置高使能 HXT 振荡器，HXT 稳定需要一些时间。

Bit 0 **HXTEN**: HXT 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

内部可编程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较优的信号范围以较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						
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
- 11: 保留位

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)
- 10: 保留位
- 11: 保留位

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
- 111: 保留位

### • PGAC1 寄存器 – 02H

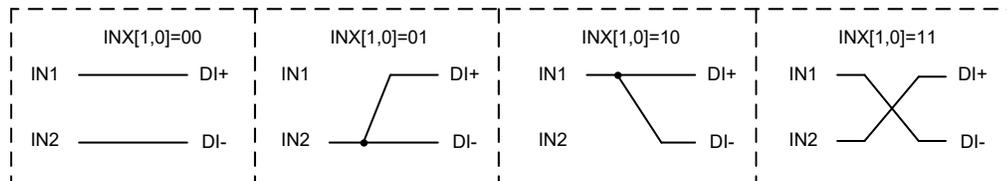
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	INIS	INX1	INX0	DCSET2	DCSET1	DCSET0	—
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	—	0	0	0	0	0	0	—

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<sub>I</sub>
- 010: DCSET=+0.5×ΔVR<sub>I</sub>
- 011: DCSET=+0.75×ΔVR<sub>I</sub>
- 100: DCSET=+0V
- 101: DCSET=-0.25×ΔVR<sub>I</sub>
- 110: DCSET=-0.5×ΔVR<sub>I</sub>
- 111: DCSET=-0.75×ΔVR<sub>I</sub>

ΔVR<sub>I</sub> 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
- 010: 保留位
- 011: 保留位
- 100: VDACO
- 101: AVSS
- 110: VCM
- 111: VTSN – 温度传感器负极输出

这些位用于选择反相端 IN2 输入信号。对于单端输入应用，若 IN2 被选作单端输入，则 IN1 端应选择 VCM 电压作为正相输入。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
- 010: 保留位
- 011: 保留位
- 100: VDACO
- 101: 保留位
- 110: VCM
- 111: VTSP – 温度传感器正极输出

这些位用于选择正相端 IN1 输入信号。对于单端输入应用，若 IN1 被选作单端输入，则 IN2 端应选择 VCM 电压作为反相输入。为便于操作更合理，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

- 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并缩短 VCM 启动稳定时间。

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
- 其它值: 保留位

Bit 0 **VREFS**: A/D 转换器参考电压对选择位

- 0: 内部参考电压对 -  $V_{CM}$  &  $AV_{SS}$
- 1: 外部参考电压对 -  $V_{REFP}$  &  $V_{REFN}$

**• 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:  $f_{ADCK}=f_{MCLK}/30$ ,  $N=30$

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

其它值: 保留位

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。

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

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

$f_{MCLK}$ :  $f_{SYS}$  或  $f_{SYS}/2/(ADCK+1)$ , 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 =  $4.9152\text{MHz}/(30 \times 16384) = 10\text{Hz}$ 。

需要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~ADCK0 位决定, 以获得固定 4.9152MHz 的 ADC 时钟源。

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

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

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

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

0000~11110:  $f_{MCLK}=f_{SYS}/2/(ADCK[4:0] + 1)$

11111:  $f_{MCLK}=f_{SYS}$

- 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、掉电模式、休眠模式和复位模式, 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。

ADOFF	ADSLP	ADRST	工作模式	说明
1	x	x	掉电模式	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 滤波器复位

“x”：未知

### A/D 工作模式概要

- 注: 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 VRBUFP 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 转换器的掉电模式和休眠模式，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内部电源电压引脚 VCM 和 AVSS 或外部参考源引脚 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  
使能 VCM，以提供电源给 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，VCM 电压电平和缓存器选项。
- 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，关闭掉电模式和休眠模式。
- 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  $\Delta V_{R\_I}$ ，因此每一位可表示  $\Delta V_{R\_I}/8388608$  的模拟输入值。

$$1 \text{ LSB} = \Delta V_{R\_I} / 8388608$$

通过下面的等式可估算 A/D 转换器输入电压值：

$$\Delta SI\_I = (\text{PGAGN} \times \text{ADGN} \times \Delta DI_{\pm}) + \text{DCSET}$$

$$\Delta V_{R\_I} = \text{VREFGN} \times \Delta V_{R_{\pm}}$$

$$\text{ADC 转换数据} = (\Delta SI\_I / \Delta V_{R\_I}) \times K$$

其中， $K=2^{23}$ 。

注：

1. PGAGN、ADGN 和 VREFGN 的值由 PGS、AGS、VGS 控制位决定。
2.  $\Delta SI\_I$ ：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，来自外部通道或内部信号

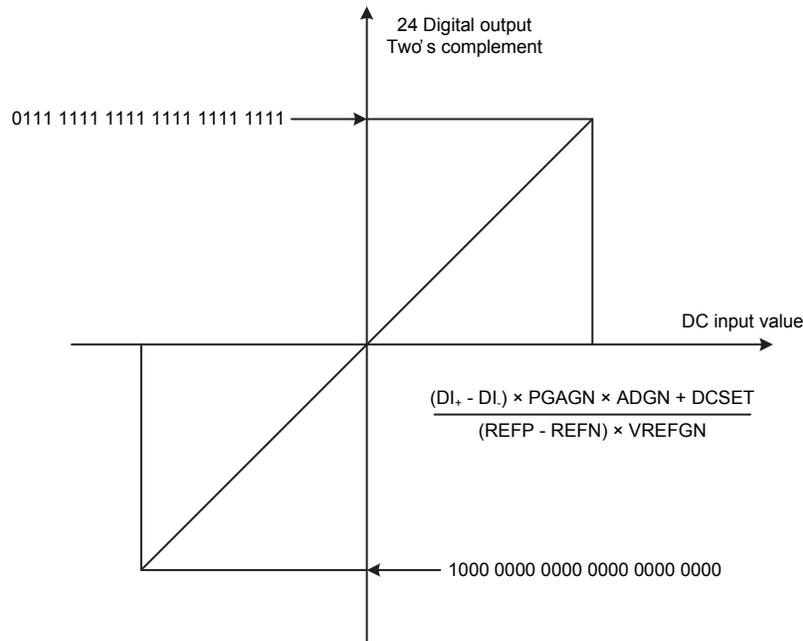
- 7. DCSET: 偏置电压
- 8. ΔVR±: 差分参考电压
- 9. ΔVR\_I: 放大后的差分参考输入电压

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 (二进制补码, 十六进制值)	十进制值
0x7FFFFFFF	8388607
0x800000	-8388608

A/D 转换数据范围

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

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
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

**• ADRM 寄存器 – 05H**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
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

**• ADRH 寄存器 – 06H**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
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。

**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。

**编程注意事项**

在编程时, 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。

需注意的是, 将数据写入 DAC 寄存器 DAH 和 DAL 必须以特定的顺序进行。这是因为当数据写入到 DAL 寄存器时, 数据只能写入影子缓冲寄存器。只有当数据写

入到 DAH 寄存器时, 阴影缓冲区中的数据才会被传输到 DAL 寄存器。因此, 当将数据写入 DAC 寄存器时, 首先将数据写入 DAL 寄存器, 然后写入 DAH 寄存器。

**外部接口通信**

该芯片可通过内部 I<sup>2</sup>C 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。I<sup>2</sup>C 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, 使之在很多的应用场合中大受欢迎。

**I<sup>2</sup>C 接口操作**

I<sup>2</sup>C 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。因此应在这些输出上都加上拉电阻。应注意的是, I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 通信。

如果有两个设备通过双向的 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 总线接口的整体操作。

### I<sup>2</sup>C 地址和寄存器写 / 读

#### • I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 总线上相互连接，因此它将需要一个特定的地址，以

便于外部主机传输。设备的地址可通过 A1 和 A2 引脚进行设置，允许 4 个不同的地址值。

若引脚 XTSB 为 0，引脚 OSC1/A1 功能为 OSC1，OSC2/A2 功能为 OSC2，I<sup>2</sup>C 地址为 0xA0。

若引脚 XTSB 为 1，引脚 OSC1/A1 功能为 A1，OSC2/A2 功能为 A2，I<sup>2</sup>C 地址取决于 [A2:A1] 值，

00 → 0xA0, 01 → 0xB0

10 → 0xC0, 11 → 0xD0

注：对于 8-pin 封装，I<sup>2</sup>C 地址固定为 0xD0。

XTSB 引脚	OSC2/A2	OSC1/A1	I <sup>2</sup> C 地址
0	OSC2	OSC1	0xA0
1	A2	A1	00 → 0xA0 01 → 0xB0 10 → 0xC0 11 → 0xD0

#### • 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: I<sup>2</sup>C 去抖时间选择位

00: 无去抖时间

01: 2 个系统时钟去抖时间

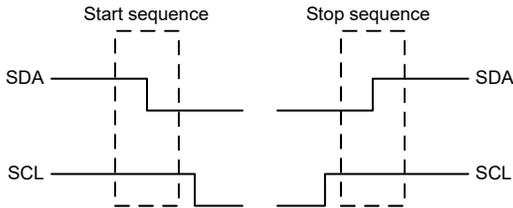
10: 4 个系统时钟去抖时间

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。



### I<sup>2</sup>C 总线数据传输

I<sup>2</sup>C 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 线上设置数据时，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。

### • I<sup>2</sup>C 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		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

### I<sup>2</sup>C 总线起始信号

起始信号只能由连接 I<sup>2</sup>C 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 线上发生从高到低的电平变化。

### 从机地址

I<sup>2</sup>C 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）。

### I<sup>2</sup>C 总线从机地址应答信号

主机发送呼叫地址后，当 I<sup>2</sup>C 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。

### I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 总线。

### I<sup>2</sup>C 超时功能

I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 总线是否超时。当 I<sup>2</sup>C 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**: I<sup>2</sup>C 超时控制位

- 0: 除能
- 1: 使能

Bit 6 **SIMTOF**: I<sup>2</sup>C 超时标志位

- 0: 未发生
- 1: 发生

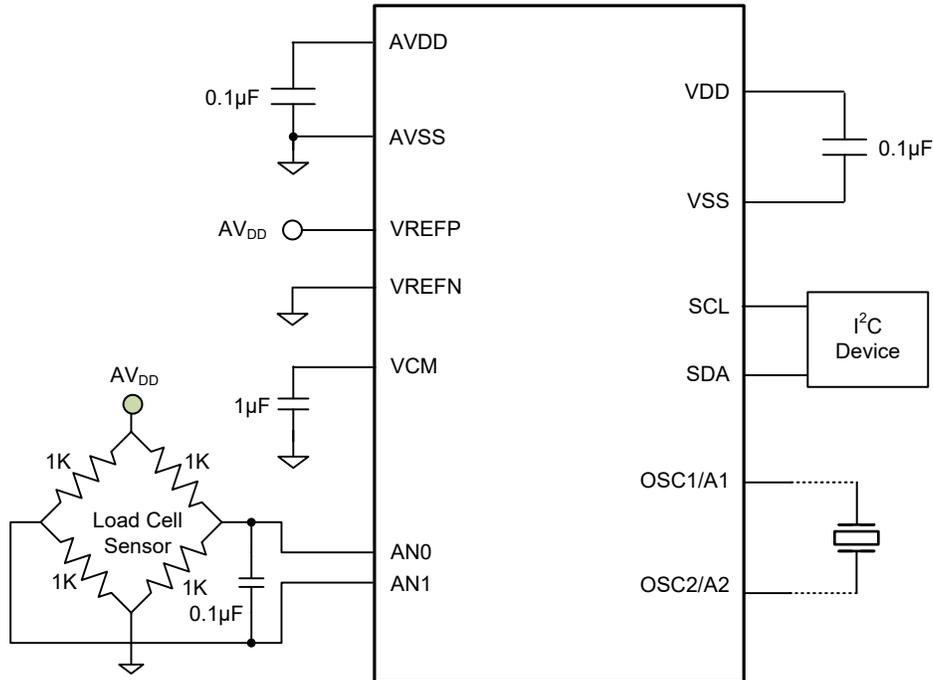
该位置高时，超时功能发生，需由应用程序清除。

Bit 5~0 **SIMTOS5~SIMTOS0**: I<sup>2</sup>C 超时时间选择位

I<sup>2</sup>C 超时时钟源是  $f_{SUB}/32$ ，其中  $f_{SUB}=f_{SYS}/128$ 。

I<sup>2</sup>C 超时时间计算方法： $([SIMTOS5:SIMTOS0]+1) \times (32/f_{SUB})$

应用电路



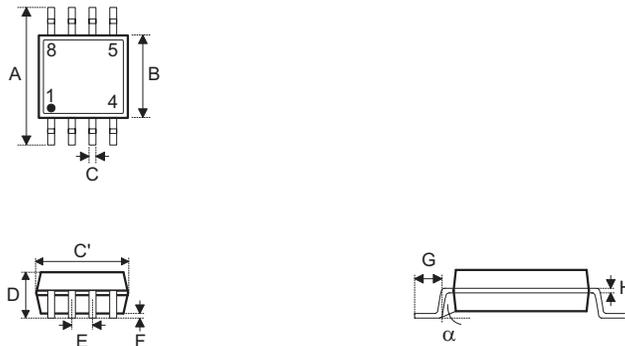
## 封装信息

请注意，这里提供的封装信息仅作为参考。由于这个信息经常更新，提醒用户咨询 [Holtek 网站](#) 以获取最新版本的 [封装信息](#)。

封装信息的相关内容如下所示，点击可链接至 Holtek 网站相关信息页面。

- 封装信息 (包括外形尺寸、包装带和卷轴规格)
- 封装材料信息
- 纸箱信息

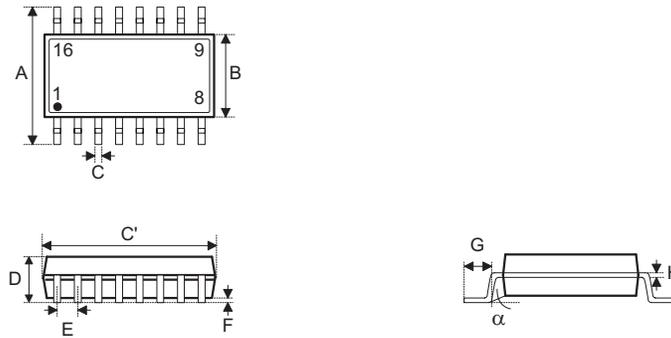
8-pin SOP (150mil) 外形尺寸



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	0.012	—	0.020
C'	—	0.193 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
$\alpha$	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	0.31	—	0.51
C'	—	4.90 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.40	—	1.27
H	0.10	—	0.25
$\alpha$	0°	—	8°

16-pin NSOP (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	0.012	—	0.020
C'	—	0.390 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
$\alpha$	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	0.31	—	0.51
C'	—	9.90 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.40	—	1.27
H	0.10	—	0.25
$\alpha$	0°	—	8°

Copyright® 2020 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC.

使用指南中所出现的信息在出版当时相信是正确的，然而 **Holtek** 对于说明书的使用不负任何责任。文中提到的应用目的仅仅是用来做说明，**Holtek** 不保证或表示这些没有进一步修改的应用将是适当的，也不推荐它的产品使用在会由于故障或其它原因可能会对人身造成危害的地方。**Holtek** 产品不授权用于救生、维生从机或系统中做为关键从机。**Holtek** 拥有不事先通知而修改产品的权利，对于最新的信息，请参考我们的网址 <http://www.holtek.com/zh/>.