

## 产品特性

- 两个低噪声可编程增益放大器 (PGA)和两个高分辨率同步采样模数转换器 (ADC)
- 输入参考噪声: 1.2 uVpp(带宽为 70Hz)
- 输入偏置电流: 电流 300pA
- 数据速率: 250 ~ 16000 每秒采样率(SPS)
- 共模抑制比 CMRR: -120dB
- 可编程增益: 1, 2, 4, 6, 8, 12 或者 24
- 单极或双极电源:
  - ◇ 模拟: 4.75V 至 5.25V
  - ◇ 数字: 1.8V 至 3.6V
- 内置人体生物电信号测量的以下功能
  - ◇ 人体偏置(Bias)放大器
  - ◇ 电极掉落(Lead-Off)检测
  - ◇ 内部测试信号
- 内置振荡器可选择
- 内置基准可选择
- 灵活的省电、待机模式
- SPI 接口
- 工作温度: -40°C~+85°C

## 产品应用

- 人体生物电信号测量的医疗设备:
- 脑电图(EEG)研究
- 胎儿心电监测(ECG)
- 睡眠研究监测
- 双谱指数(BIS)
- 诱发音频电位 (EAP)

## 产品描述

CBM24AD92-2CQ 是一款 2 通道低噪声、24 位同步采样 $\Delta\Sigma$ 模数转换器 (ADC) 产品。该产品内置可编程增益放大器 (PGA)、内部基准以及时钟振荡器。

CBM24AD92-2CQ 具备颅外脑电图 (EEG) 和心电图 (ECG) 应用所需的功能。凭借其高集成度和出色性能, CBM24AD92-2CQ 能够以大幅缩小的尺寸为用户构建可穿戴的脑机接口系统。

CBM24AD92-2CQ 在每条通道中配了一个灵活的输入多路复用器。该复用器可与内部生成信号独立相连, 完成测试、温度和导联断开检测。

此外, 可选择输入通道的任一配置生成人体偏置输出信号。还提供可选的 SRB1/2 引脚, 可作为单端(P/N 端)采样的另一端 (N/P 端) 输入。在需要的情况下可把通道 1 配置为呼吸检测模式。

CBM24AD92-2CQ 以 250SPS 至 16kSPS 的数据传输速率运行。可通过激励电流源在器件内部实现导联断开检测。可在通道较多的系统中采用菊花链配置串联多个 CBM24AD92-2CQ 器件。CBM24AD92-2CQ 采用 VQFN-32 (5mm\*5mm) 和 TQFP-32 封装。

## 目录

产品特性	- 1 -
产品应用	- 1 -
产品描述	- 1 -
修订日志	- 3 -
功能框图	- 4 -
引脚配置和功能描述	- 5 -
绝对最大额定值	- 7 -
推荐工作条件	- 7 -
热性能参数	- 8 -
电气特性	- 8 -
串行通信时序	- 12 -
典型参数	- 14 -
寄存器映射	- 15 -
封装外形及尺寸	- 17 -
包装/订购信息	- 18 -

## 修订日志

版本	修订日期	变更内容	变更原因	制作	审核	备注
V1.0	2026.3.2			WW	LYL	

## 功能框图

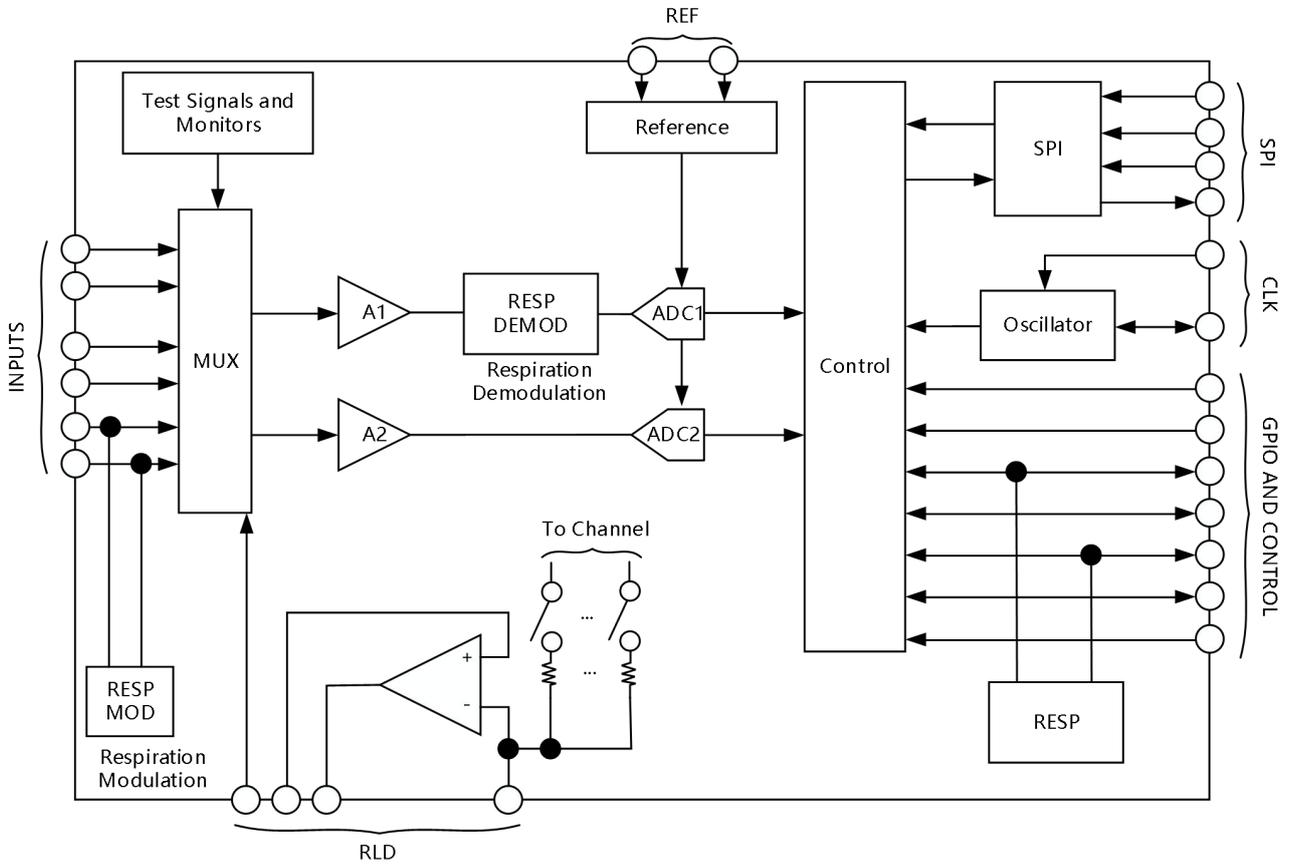


图 1. 功能框图

## 引脚配置和功能描述

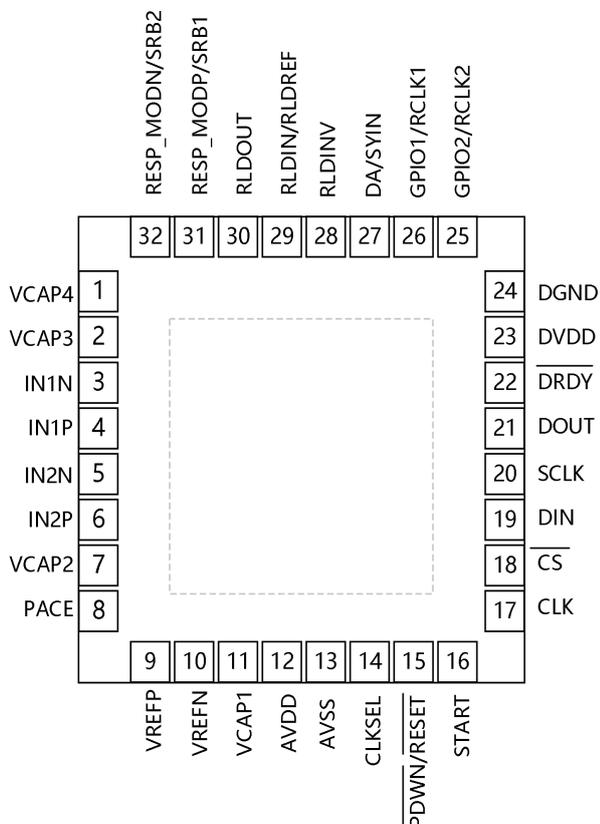


图 2. VQFN-32 引脚配置 (顶视图)

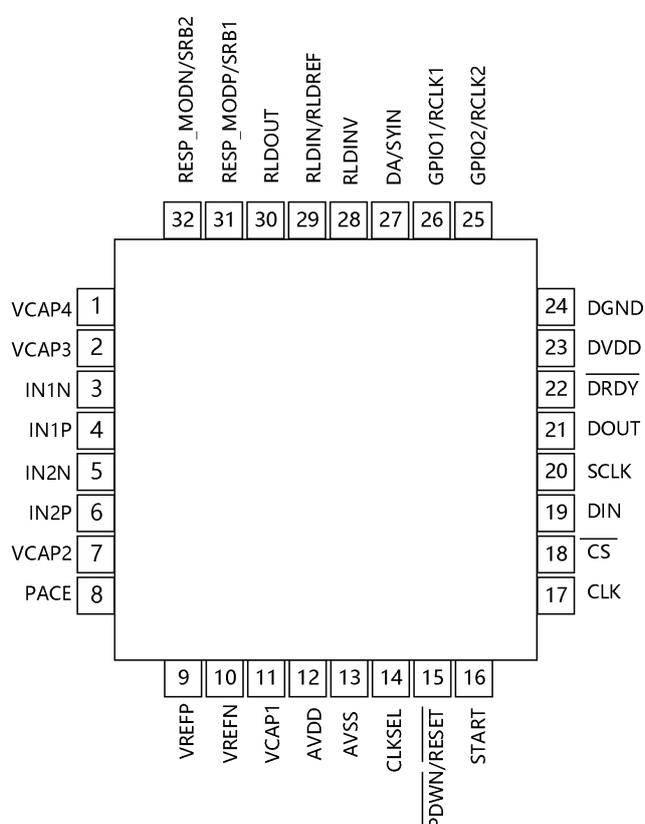


图 3. TQFP-32 引脚配置 (顶视图)

引脚编号.	类型	引脚名称 (VQFN-32/TQFP-32)	描述
1	模拟输出	VCAP4	模拟电容引脚; 将 1 $\mu$ F 电容连接到 AVSS。
2	模拟输出	VCAP3	模拟电容引脚; 将 1 $\mu$ F 和 0.1 $\mu$ F 电容的并联组合连接到 AVSS
3	模拟输入	IN1N	1通道差分模拟负输入N
4	模拟输入	IN1P	1通道差分模拟正输入P
5	模拟输入	IN2N	2通道差分模拟负输入N
6	模拟输入	IN2P	2通道差分模拟正输入P
7	模拟输出	VCAP2	模拟电容引脚; 将 1 $\mu$ F 电容连接到 AVSS。
8	模拟输出	PACE	起搏器信号检测模拟输出
9	模拟输入/输出	VREFP	正模拟参考电压; 将一个最小 10 $\mu$ F 的电容连接到 VREFN。
10	模拟输入	VREFN	负模拟参考电压。

11	模拟输出	VCAP1	模拟电容引脚；将 10 $\mu$ F 电容连接到 AVSS。
12	模拟电源	AVDD	模拟电源。将1 $\mu$ F 电容连接到 AVSS。
13	模拟地	AVSS	模拟地
14	数字输入	CLKSEL	内部或外部主时钟选择
15	数字输入	$\overline{\text{RESET/PWDN}}$ 或 RESET_/PWDN_	系统复位，低电平有效
16	数字输入	START	启动或重新启动转换的同步信号
17	数字输入	CLK	主时钟输入
18	数字输入	$\overline{\text{CS}}$ 或CS_	SPI片选，低电平有效
19	数字输入	DIN	SPI串行数据输入
20	数字输入	SCLK	SPI串行时钟输入
21	数字输出	DOUT	SPI串行数据输出
22	数字输出	$\overline{\text{DRDY}}$ 或DRDY_	数据就绪，低电平有效
23	数字电源	DVDD	数字电源。将 1 $\mu$ F 电容连接到 DGND
24	数字地	DGND	数字地
25	数字输入/输出	GPIO2	通用输入/输出引脚 2
26	数字输入/输出	GPIO1	通用输入/输出引脚 1
27	数字输入	DAISYIN	菊花链输入
28	模拟输入/输出	BIASINV或RLDINV	人体偏置或右腿驱动运放反相输入
29	模拟输入	BIASIN/BIASREF或 RLDIN/RLDRE	人体偏置或右腿驱动参考输入
30	模拟输出	BIASOUT或RLDOUT	人体偏置或右腿驱动运放输出
31	模拟输入/输出	RESP_MODEP/SRB1	参考和偏置信号1或呼吸调制信号P
32	模拟输入/输出	RESP_MODEN/SRB2	参考和偏置信号2或呼吸调制信号N

## 绝对最大额定值

参数	范围
AVDD 至 AVSS	-0.3V 至 +5.5V
DVDD 至 DGND	-0.3V 至 +3.9V
AVSS 至 DGND	-3V 至 +0.2V
VREFP 至 AVSS	-0.3V 至 AVDD+0.3V
VREFN 至 AVSS	-0.3V 至 AVDD+0.3V
模拟输入	AVSS-0.3 至 AVDD+0.3V
数字输入	DGND-0.3 至 DVDD+0.3V
输入, 连续施加, 除电源引脚外的所有引脚	-10 至 10mA
结温, $T_j$	150°C
存储温度, $T_{stg}$	-65°C 至 +150°C
HBM	±2kV
CDM	±500V

## 推荐工作条件

参数		最小值	典型值	最大值	单位
<b>供电范围</b>					
模拟供电	AVDD 至 AVSS	4.75	5	5.25	V
数字供电	DVDD 至 DGND	1.8	3.3	3.6	V
模拟-数字供电电压差	AVDD - DVDD	-2.1	--	3.6	V
<b>模拟信号输入范围</b>					
满幅值差分输入电压	VINxP - VINxN	--	±VREF / 增益	--	V
输入信号共模电压范围 (VCM)	$(VINxP + VINxN) / 2$				V
<b>基准电压输入范围</b>					
基准输入电压 (VREF)	VREF = (VREFP - VREFN)	--	4.5	--	V
负端输入(VREFN)		--	AVSS	--	V
正端输入(VREFP)		--	AVSS+4.5	--	V

<b>时钟输入</b>					
外部时钟输入频率	CLKSEL pin = 0	1.5	2.048	2.25	MHz
<b>数字输入</b>					
输入电压范围		DGND - 0.1	--	DVDD + 0.1	V
<b>温度范围</b>					
工作温度范围 (TA)		-40	--	85	°C

## 热性能参数

热性能参数	单位
$R_{\theta JA}$ 结到环境热阻	46.2
$R_{\theta JC(top)}$ 结到壳（顶部）热阻	5.8
$R_{\theta JC(bot)}$ 结到壳（底部）热阻	--
$R_{\theta JB}$ 结到板热阻	19.6
$\psi_{JT}$ 结到顶部特征参数	0.2
$\psi_{JB}$ 结到板特征参数	19.2

## 电气特性

除特别说明，典型值条件为  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，最大值和最小值适用于  $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。所有电气参数的测量条件为： $A_{VDD}-A_{VSS}=5\text{V}$ ， $D_{VDD}=3.3\text{V}$ ， $V_{REF}=4.6\text{V}$ ，使用  $f_{CLK}=2.048\text{MHz}$  的外部时钟，采样率=250SPS，gain=12。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
<b>模拟输入</b>						
输入电容		--	20	--	pF	
输入偏置电流		--	--	$\pm 300$	pA	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , $I_{NXP} = I_{NXN} = 2.5\text{V}$
		--	$\pm 300$	--	pA	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ , $I_{NXP} = I_{NXN} = 2.5\text{V}$
直流输入电阻		--	1000	--	M $\Omega$	未开启 lead-off
		--	--	500		$I_{LEADOFF} = 6\text{nA}$
<b>PGA性能</b>						

增益配置		1, 2, 4, 6, 8, 12, 24				
带宽	BW	662 / 332 / 165 / 110 / 83 / 55 / 27 @Gain = 1 / 2 / 4 / 6 / 8 / 12 / 24			kHz	
<b>ADC性能</b>						
位数		--	24	--	Bits	
采样率	DR	250	--	16000	SPS	$f_{CLK} = 2.048\text{MHz}$
共模输入电压	$V_{CM}$	AVSS+ 0.3	--	AVDD- 0.3	V	设置 HDR_EN = 1
		AVSS+ 0.3	--	AVDD- 1.3	V	设置 HDR_EN = 0
<b>ADC 直流性能</b>						
等效输入噪声 (0.01Hz ~ 70 Hz)		--	1.2	--	$\mu\text{Vpp}$	1000 点, 4 秒数据, gain = 24, $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 输入短路
积分非线性度	INL	--	14	--	PPM	$V_{IN} = -3\text{dBFS}$ , gain=12
失调误差		--	14	--	$\mu\text{V}$	gain = 12, 250 SPS
失调误差温漂		--	80	--	$\text{nV}/^\circ\text{C}$	
增益误差		--	1.5	--	% of FS	gain = 12, 250 SPS
增益误差温漂		--	3	--	PPM/ $^\circ\text{C}$	
通道间增益匹配度		--	0.2	--	% of FS	
<b>ADC 交流性能</b>						
共模抑制比	CMRR	--	-120	--	dB	$f_{CM} = 50\text{Hz}$ and 60Hz
电源电压抑制比	PSRR	--	112	--	dB	$f_{PS} = 50\text{Hz}$ and 60Hz
串扰		--	-110	--	dB	$f_{IN} = 50\text{Hz}$ and 60Hz, gain=12
信噪比	SNR	--	113	--	dB	$V_{IN} = -6\text{dBFS}$ , $f_{IN} = 10\text{Hz}$ , gain=12
总谐波失真	THD	--	-98	--	dB	$V_{IN} = -6\text{dBFS}$ , $f_{IN} = 60\text{Hz}$ , gain=12
<b>人体 BIAS 放大器</b>						
噪声		--	2	--	$\mu\text{Vrms}$	BW = 150 Hz
增益带宽积	GBW	--	100	--	kHz	50-k $\Omega$    10-pF load,

						gain = 1
压摆率	SR	--	0.07	--	V/ $\mu$ s	50-k $\Omega$    10-pF load, gain = 1
总谐波失真	THD	--	-80	--	dB	$f_{IN} = 10\text{Hz}$ , gain = 1
输出短路电流	ISC	--	1.1	--	mA	
静态功耗		--	20	--	$\mu$ A	
<b>电极掉落检测</b>						
AC 检测可选频率		--	$f_{DR}/4$	--	Hz	连续检测
		--	$DR/4$ , 7.8 , 31.2	--		周期检测
恒流源电流		--	10	--	nA	I <sub>LEAD_OFF</sub> [1:0] = 00
		--	40	--		I <sub>LEAD_OFF</sub> [1:0] = 01
		--	8.5	--	$\mu$ A	I <sub>LEAD_OFF</sub> [1:0] = 10
		--	34	--		I <sub>LEAD_OFF</sub> [1:0] = 11
恒流源精度		--	20%	--		
比较器门限精度		--	$\pm 30$	--	mV	
<b>外部基准</b>						
输入电阻		--	6.9	--	k $\Omega$	
<b>内部基准</b>						
内部基准电压	$V_{REF}$	--	4.6	--	V	
$V_{REF}$ 精度		--	$\pm 0.4\%$	--		
$V_{REF}$ 温漂		--	35	--	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	
$V_{REF}$ 启动时间		--	25	--	ms	
<b>系统监测</b>						
模拟供电测量误差		--	2%	--		
数字供电测量		--	2%	--		
器件唤醒		--	150	--	ms	从上电到 DRDY 变为低电平
		--	31.25	--	$\mu$ s	待机模式
<b>温度测量</b>						

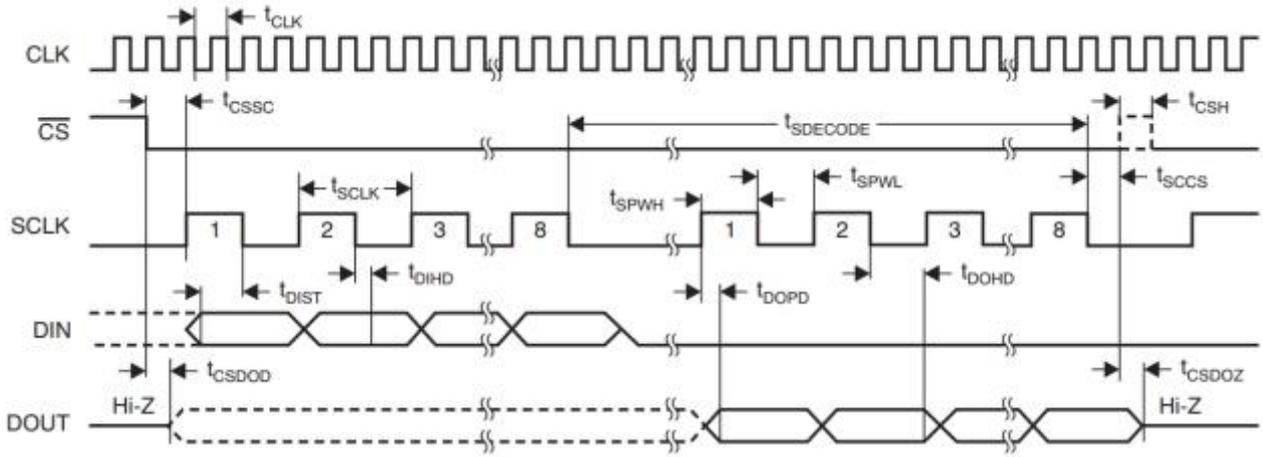
电压		--	145	--	mV	$T_A = 25^\circ\text{C}$
转换系数		--	490	--	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
<b>测试信号</b>						
频率			$f_{\text{CLK}} / 2^{21}, f_{\text{CLK}} / 2^{20}$		Hz	
电压			$1 * V_{\text{REF}} / 2400, 2 * V_{\text{REF}} / 2400$		V	
电压精度			$\pm 2\%$			
<b>时钟</b>						
内部时钟频率		--	2.048	--	MHz	
内部时钟精度		--	--	0.5%		$T_A = 25^\circ\text{C}$
		--	--	2.5%		$T_A = -40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$
内部时钟启动时间		--	20	--	$\mu\text{s}$	
内部时钟功耗		--	120	--	$\mu\text{W}$	
<b>数字信号电平(DVDD=1.8V to 3.3V)</b>						
高电平输入	$V_{\text{IH}}$	$0.8 * DV_{\text{DD}}$	--	DVDD +0.1	V	
低电平输入	$V_{\text{IL}}$	-0.1	--	$0.2 * DV_{\text{DD}}$		
高电平输出	$V_{\text{OH}}$	$0.9 * DV_{\text{DD}}$	--	--	V	
低电平输出	$V_{\text{OL}}$	--	--	$0.1 * DV_{\text{DD}}$	V	
输入电流		-10	--	10	$\mu\text{A}$	
<b>功耗 (AVDD-AVSS=5V, DVDD=3.3V)</b>						
AVDD 电流	$I_{\text{AVDD}}$	--	2.3	--	mA	内部基准开启, 5V, HDR_EN=0
AVDD 电流	$I_{\text{AVDD}}$	--	3.0	--	mA	内部基准开启, 5V, HDR_EN=1
DVDD 电流	$I_{\text{DVDD}}$	--	0.7	--	mA	Normal Mode, DVDD=3.3V
功耗		--	13.8	--	mW	Normal Mode (设置 HDR_EN=0)
		--	17.3	--	mW	Normal Mode (设置

						HDR_EN=1)
		--	3.63	--	mW	Standby Mode, 内部基准开启
		--	14	--	μW	PWDN_=0 Mode

## 串行通信时序

除非特别说明,  $T_A=25^{\circ}\text{C}$

参数		2.7V ≤ DVDD ≤ 3.6V		1.65V ≤ DVDD ≤ 2V		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
t <sub>CLK</sub>	主时钟周期	414	514	414	514	ns
t <sub>CSSC</sub>	CS低电平至第一个SCLK, 设置时间	6	--	17	--	ns
t <sub>SCLK</sub>	SCLK周期	50	--	66.6	--	ns
t <sub>SPWH,L</sub>	SCLK脉冲宽度, 高电平和低电平	15	--	25	--	ns
t <sub>DIST</sub>	DIN有效至SCLK下降沿: 设置时间	10	--	10	--	ns
t <sub>DIHD</sub>	SCLK下降沿之后的有效DIN: 保持时间	10	--	11	--	ns
t <sub>CSH</sub>	CS高电平脉冲	2	--	2	--	t <sub>CLK</sub>
t <sub>SCCS</sub>	第8个SCLK下降沿至CS高电平	4	--	4	--	t <sub>CLK</sub>
t <sub>SDECODE</sub>	命令解码时间	4	--	4	--	t <sub>CLK</sub>
t <sub>DISCK2ST</sub>	DAISY_IN有效至SCLK上升沿: 设置时间	10	--	10	--	ns
T <sub>DISCK2HT</sub>	SCLK上升沿之后DAISY_IN有效: 保持时间	10	--	10	--	ns
t <sub>DOHD</sub>	SCLK下降沿至无效DOUT: 保持时间	10	--	10	--	ns
t <sub>DOPD</sub>	SCLK上升沿至DOUT有效: 设置时间	--	17	--	32	ns
t <sub>CSDOD</sub>	CS低电平至DOUT驱动	10	--	20	--	ns
t <sub>CSDOZ</sub>	CS高电平至DOUT至Hi-Z	--	17	--	20	ns

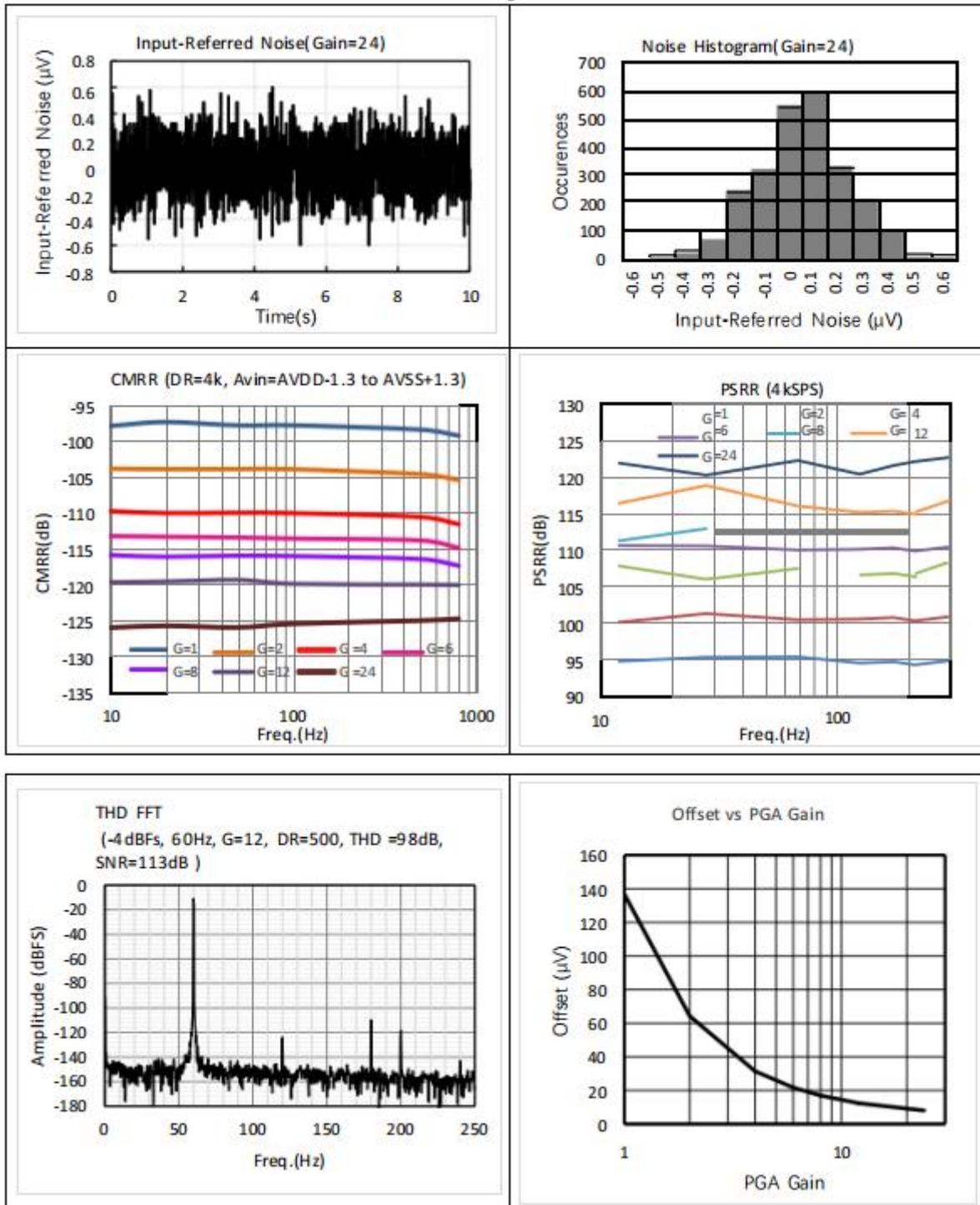


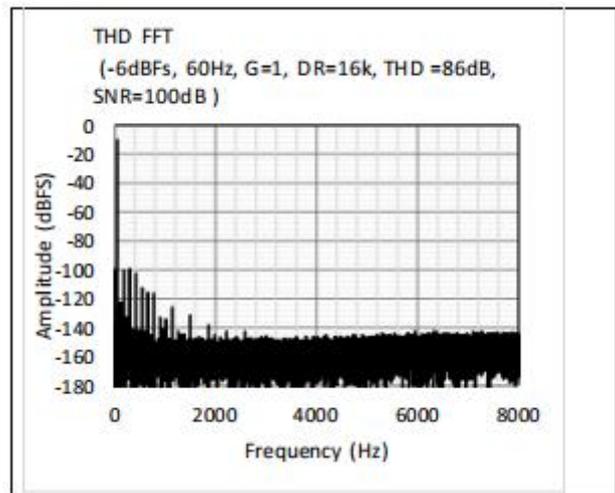
串口通信时序图

注意：SPI 设置为 CPOL=0 且 CPHA=1。

## 典型参数

除特别说明，所有电气参数的测量条件为： $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $A_{VDD}-A_{VSS}=5\text{V}$ ， $D_{VDD}=3.3\text{V}$ ， $V_{REF}=4.63\text{V}$ ，使用  $f_{CLK}=2.048\text{MHz}$  的外部时钟，采样率=250SPS，gain=12。





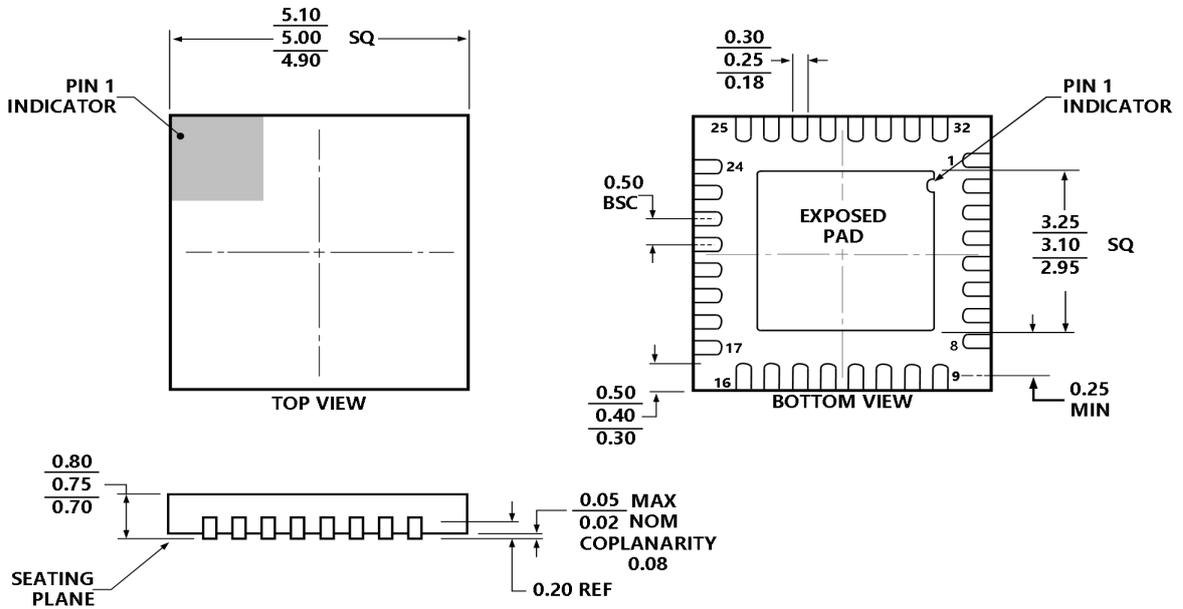
## 寄存器映射

地址	寄存器名称	默认设置	寄存器位							
			7	6	5	4	3	2	1	0
<b>只读ID寄存器</b>										
00h	ID	xxh	REV_ID[2:0]							
<b>跨渠道的全局设置</b>										
01h	CONFIG 1	96h	1	DAISY_EN_	CLK_EN	1	HDR_EN	DR[2:0]		
02h	CONFIG 2	00h	1	1	0	INT_CAL	0	CAL_A MPO	CAL_FREQ[1:0]	
03h	CONFIG 3	60h	PD_REF BUF_	1	VREF_4 V	BIAS_M EAS	BIASRE F_INT	PD_BIA S_	BIAS_L OFF_SE NS	BIAS_ST AT
04h	LOFF	00h	COMP_TH[2:0]							
<b>通道特定设置</b>										
05h	CH1SET	61h	PD1	GAIN1[2:0]			SRB2	MUX1[2:0]		
06h	CH2SET	61h	PD2	GAIN2[2:0]			SRB2	MUX2[2:0]		
0Dh	BIAS_SE NSP	00h								
0Eh	BIAS_SE NSN	00h								
0Fh	LOFF_S	00h								

	ENSP									
10h	LOFF_S ENSN	00h								
11h	LOFF_FL IP	00h								
<b>引线断开状态寄存器 (只读寄存器)</b>										
12h	LOFF_S TATP	00h							IN2P_O FF	IN1P_O FF
13h	LOFF_S TATN	00h							IN2N_O FF	IN1N_O FF
<b>GPIO 和其他寄存器</b>										
14h	GPIO	0Fh	GPIOD[4:1]				GPIOC[4:1]			
15h	PACE	00h	0	0	SRB1	0	0	PACE_SEL	PD_PAC E_b	
16h	RESP	00h	RESP_D EMOD_ EN	RESP_M OD_EN	0	RES_PH			RESP_CTRL	
17h	CONFIG 4	00h	0	0	0	0	SINGLE _SHOT	0	PD_LOF F_COM P_	0

## 封装外形及尺寸

### VQFN-32



VQFN-32 封装尺寸图

