

特征

- 单电源供电：5V
- 逻辑接口电压：1.8V 至 5V
- 8 通道多路选择器，输入可选择
 - 单极性单端输入
 - 差分输入（使用参考地）
 - 伪双极性输入
- 采样率：250kSPS
- INL：最大值为 2.5LSB
- 动态范围：92.5dB
- SNDR：91dB ($f_{IN} = 1\text{kHz}$)
- THD：-102dB ($f_{IN} = 1\text{kHz}$)
- 模拟输入范围：0V 至 V_{REF} (V_{REF} 可高达 VDD)
- 串行接口兼容 SPI/QSPI/MICROWIRE/DSP
- 多种基准源类型
 - 内部 4.096V 基准源
 - 外部缓冲基准源（可达 4.096V）
 - 外部基准源（可达 VDD）
- 通道序列器，可选单极点滤波器，繁忙指示器
- 无流水线延迟，SAR 结构
- 低功耗：15.5mW (250kSPS)，7 μ W (100SPS)
- QFN20 4mm × 4mm 和 WLCSP20 2.4mm × 2.4mm 封装

应用

- 仪器仪表
- 高精度数据采集系统
- 工业和过程控制
- 通信设备
- 医疗仪器

概述

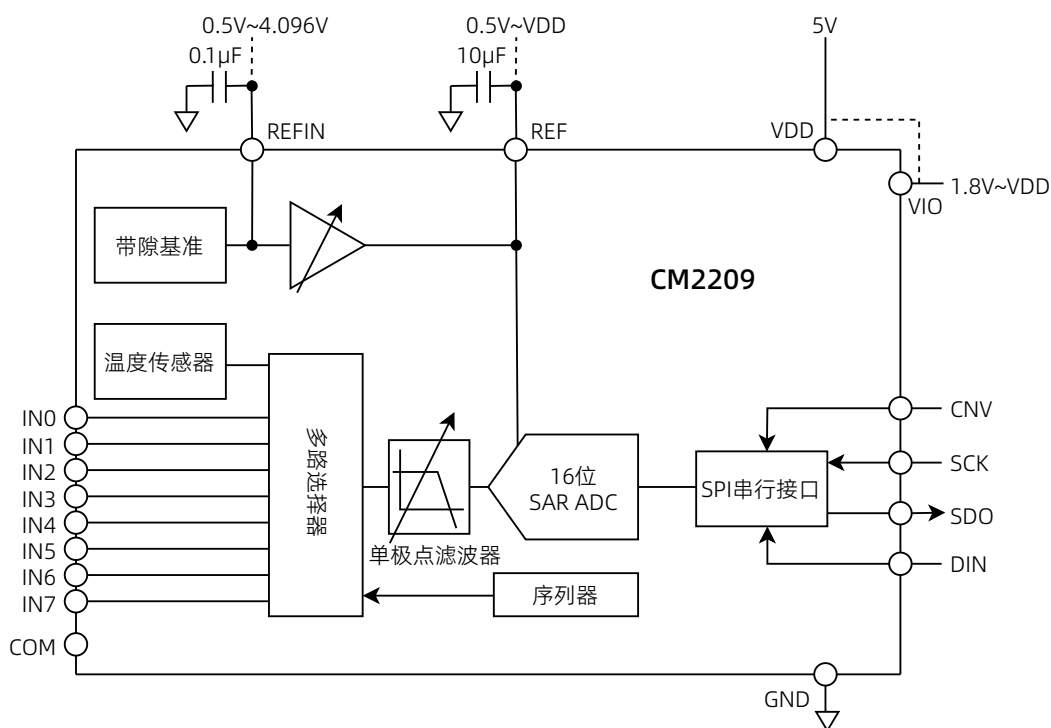
CM2209 是一款 16 位、8 通道、SAR ADC，采用单电源供电。

CM2209 内置多通道、低功耗数据采集系统所需的所有电路，包括：无失码的真 16 位 SAR ADC、8 通道低串扰多路选择器、内部 4.096V 低温漂基准电压源和缓冲器、温度传感器、可选单极点滤波器，以及多通道序列器。

CM2209 使用 SPI 接口实现配置寄存器的写入和转换结果的接收。采用独立电源 VIO 为 SPI 接口供电，其功耗与采样率成正比。

CM2209 采用 QFN20 和 WLCSP20 封装，其最佳工作温度范围为 -40°C~125°C。

架构框图



目录

封页.....	1	内部基准电压源/温度传感器.....	20
特征.....	1	外部基准电压源和内部缓冲器.....	20
应用.....	1	外部基准电压源.....	20
概述.....	1	基准电压源去耦.....	20
架构框图.....	1	传递函数.....	20
文档历史.....	3	功能与模式.....	22
管脚配置和功能.....	4	序列器.....	22
管脚配置 (QFN20).....	4	功耗.....	22
管脚功能 (QFN20).....	4	数字接口.....	23
管脚配置 (WLCSP20).....	6	无繁忙指示的接口时序.....	23
管脚功能 (WLCSP20).....	6	有繁忙指示的接口时序.....	23
绝对最大额定值.....	8	寄存器.....	24
电气规格.....	9	CONFIG.....	24
时序规格.....	11	应用.....	26
典型特征.....	16	典型连接.....	26
工作原理.....	19	单极性或伪双极性.....	26
概述.....	19	伪双极性单电源.....	26
转换器操作.....	19	封装及订购信息.....	28
模拟输入.....	19	封装方式.....	28
输入等效电路.....	19	产品外形图.....	28
可选低通滤波器.....	19	QFN20.....	28
输入配置.....	20	WLCSP20.....	30
源阻抗.....	20	订购信息.....	31
基准电压输入/输出.....	20		

文档历史

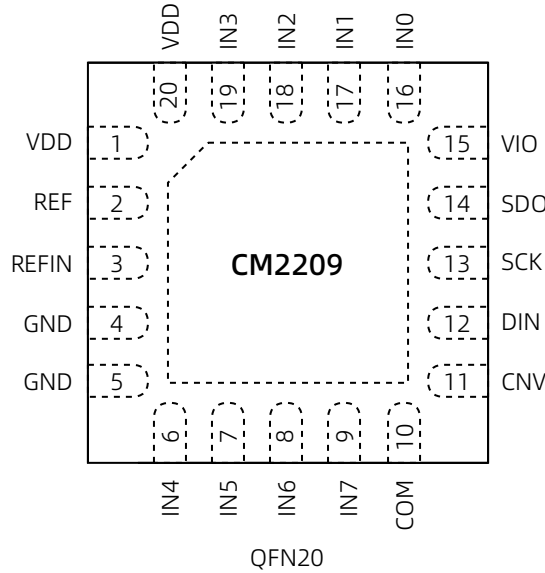
下表列举了本文档自产品发布后的所有更新。

文档版本	修订日期	内容描述
V1.0	2026-01-15	初版发布。

管脚配置和功能

管脚配置 (QFN20)

以下为 CM2209 QFN20 封装管脚示意图：



管脚功能 (QFN20)

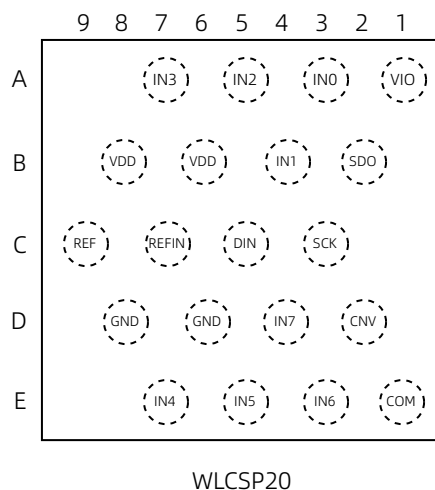
表 1 管脚功能描述

编号	名称	类型	说明
1, 20	VDD	PWR	电源。典型值为 4.5V 至 5.5V，应使用 10 μ F 和 100nF 电容去耦。
2	REF	AI/O	基准电压输入/输出。使能内部基准源时，该管脚产生 4.096V 电压。禁用内部基准源并使能缓冲时，该管脚将 REFIN 管脚上的电压（最大值为 VDD - 0.5V）进行缓冲输出。 如果需要得到更好的温漂特性，应将一个精密基准源（0.5 V 至 VDD）直接连接至 REF。 无论何种基准源，该管脚都需要通过一个 10 μ F 电容去耦，去耦电容应尽可能靠近 REF。
3	REFIN	AI/O	内部基准电压输出/外部基准电压输入。使用内部基准源时，内部存在无缓冲基准电压，并需要通过一个 0.1 μ F 电容去耦。使用外部基准源时，输入一个 0.5V 至 4.096V 的基准电压，该电压经过内部缓冲后通过 REF 管脚输出。
4, 5	GND	GND	地。
6~9	IN4~IN7	AI	模拟输入通道 4~7。
10	COM	AI	公共通道输入。所有输入通道 IN[7:0]都可以参考该输入。COM 可连接至 0V 或者 $V_{REF}/2$ 。
11	CNV	DI	转换输入。CNV 上升沿启动转换。
12	DIN	DI	SPI 接口串行数据输入。
13	SCK	DI	SPI 接口时钟。
14	SDO	DO	SPI 接口串行数据输出。

编号	名称	类型	说明
15	VIO	PWR	输入/输出接口数字电源。一般与主机接口电源相同（1.8V、2.5V、3V 或 5V）。
16~19	IN0~IN3	AI	模拟输入通道 0~3。
	EPAD	NC	底部焊盘（内部无连接）。为了确保电性能和热性能特性，建议将焊盘焊接到 GND 层。

管脚配置 (WLCSP20)

以下为 CM2209 WLCSP20 封装管脚示意图：



管脚功能 (WLCSP20)

表 2 管脚功能描述

编号	名称	类型	说明
B6, B8	VDD	PWR	电源。典型值为 4.5V 至 5.5V，应使用 10 μ F 和 100nF 电容去耦。
C9	REF	AI/O	基准电压输入/输出。使能内部基准源时，该管脚产生 4.096V 电压。禁用内部基准源并使能缓冲时，该管脚将 REFIN 管脚上的电压（最大值为 VDD-0.5V）进行缓冲输出。 如果需要得到更好的温漂特性，应将一个精密基准源（0.5 V 至 VDD）直接连到 REF。 无论何种基准源，该管脚都需要通过一个 10 μ F 电容去耦，去耦电容应尽可能靠近 REF。
C7	REFIN	AI/O	内部基准电压输出/外部基准电压输入。使用内部基准源时，内部存在无缓冲基准电压，并需要通过一个 0.1 μ F 电容去耦。使用外部基准源时，输入一个 0.5V 至 4.096V 的基准电压，该电压经过内部缓冲后通过 REF 管脚输出。
D6, D8	GND	GND	地。
A7	IN3	AI	模拟输入通道 3。
E5	IN5	AI	模拟输入通道 5。
E3	IN6	AI	模拟输入通道 6。
D4	IN7	AI	模拟输入通道 7。
E1	COM	AI	公共通道输入。所有输入通道 IN[7:0]都可以参考该输入。COM 可连接至 0V 或者 $V_{REF}/2$ 。
D2	CNV	DI	转换输入。CNV 上升沿启动转换。
C5	DIN	DI	SPI 接口串行数据输入。
C3	SCK	DI	SPI 接口时钟。
B2	SDO	DO	SPI 接口串行数据输出。

编号	名称	类型	说明
A1	VIO	PWR	输入/输出接口数字电源。一般与主机接口电源相同（1.8V、2.5V、3V 或 5V）。
A3	IN0	AI	模拟输入通道 0。
B4	IN1	AI	模拟输入通道 1。
A5	IN2	AI	模拟输入通道 2。
E7	IN4	AI	模拟输入通道 4。

绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
温度			
工作温度	-40	125	°C
存储温度	-65	150	°C
结温		150	°C
耐压			
模拟输入电压	-0.3	VDD	V
VDD 至 GND	-0.3	7	V
VDD 至 VIO		±7	V
DIN、CNV、SCK、SDO 至 GND	-0.3	VIO + 0.3	V

电气规格

默认测试条件: $V_{DD} = 4.5V \sim 5.5V$ 、 $V_{REF} = 4.096V \sim V_{DD}$ 、 $V_{IO} = 1.8V \sim V_{DD}$ 、 $T_A = -40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ 。

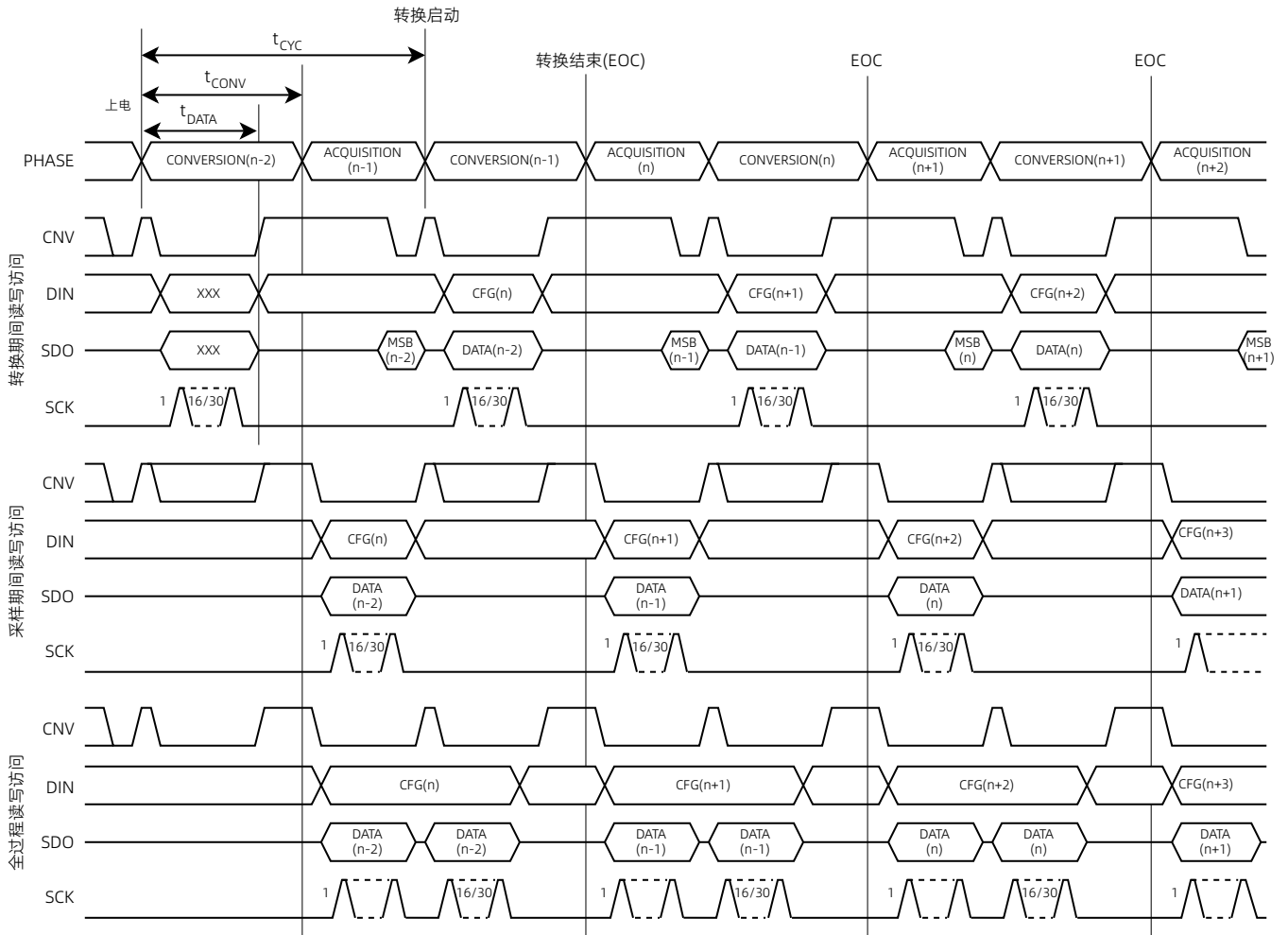
参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
直流精度					
分辨率	无失码	16			Bits
转换速率	全带宽	0		250	kSPS
	1/4 带宽	0		62.5	kSPS
INL		-2.5	± 0.6	2.5	LSB
DNL		-0.99	± 0.4	1	LSB
总 RMS 噪声	$REF = V_{DD} = 5V$		0.5		LSB
增益误差	全部模式	-4	± 0.5	4	LSB
增益误差匹配			0.8	3	LSB
增益误差温漂			± 0.5		ppm/ $^{\circ}C$
失调误差	全部模式	-8	± 1	8	LSB
失调误差匹配		-4	± 1	4	LSB
失调误差温漂			± 0.3		ppm/ $^{\circ}C$
内部基准 REF 输出电压	$T_A = 25^{\circ}C$	4.09	4.1	4.11	V
内部基准 REFIN 输出电压	$T_A = 25^{\circ}C$		2.4		V
内部基准 REF 输出电流			± 300		μA
内部基准温漂			± 10		ppm/ $^{\circ}C$
内部基准开启建立时间	$C_{REF} = 10\mu F$		5		ms
外部基准电压范围	REF 输入	0.5		$V_{DD} + 0.3$	V
	REFIN 输入 (缓冲)	0.5		$V_{DD} - 0.2$	V
外部基准耗用电流	250kSPS, $REF = 5V$		100		μA
温度传感器输出电压	$T_A = 25^{\circ}C$		2.27		V
温度传感器温度灵敏度			0.67		mV/ $^{\circ}C$
动态性能					
动态范围			93		dB
SNR	$f_{IN} = 1kHz$, $V_{REF} = 5V$	89.5	92		dB
	$f_{IN} = 1kHz$, $V_{REF} = 4.096V$, 内部基准	88.5	91		dB
SNDR	$f_{IN} = 1kHz$, $V_{REF} = 5V$	88.5	91		dB
	$f_{IN} = 1kHz$, $V_{REF} = 4.096V$, 内部基准	87.5	90		dB
THD	$f_{IN} = 1kHz$		-102		dB
SFDR	$f_{IN} = 1kHz$		103		dB
通道间串扰	$f_{IN} = 100kHz$, 邻道		-125		dB

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
-3dB 输入带宽	全带宽		10.2		MHz
	1/4 带宽		640		kHz
孔径延迟	VDD = 5V		2.5		ns
CMRR	$f_{IN} = 250\text{kHz}$		70		dB
模拟输入					
电压范围	单极性模式	0		V_{REF}	V
	伪双极性模式	$-V_{REF}/2$		$V_{REF}/2$	V
绝对输入电压	正输入, 单极性模式和伪双极性模式	-0.1		$V_{REF} + 0.1$	V
	负输入或 COM 输入, 单极性模式	-0.1		0.1	V
	负输入或 COM 输入, 伪双极性模式	$V_{REF}/2 - 0.1$	$V_{REF}/2$	$V_{REF}/2 + 0.1$	V
漏电流	采样阶段, $T_A = 25^\circ\text{C}$		1		nA
数字输入/输出					
V_{IL}		-0.3		$0.3V_{IO}$	V
V_{IH}		$0.7V_{IO}$		$V_{IO} + 0.3$	V
V_{OL}	灌电流 = $500\mu\text{A}$			0.4	V
V_{OH}	拉电流 = $-500\mu\text{A}$	$V_{IO} - 0.3$			V
I_{IL}		-1		1	μA
I_{IH}		-1		1	μA
电源					
VDD		4.5		5.5	V
VIO		1.8		$V_{DD} + 0.3$	V
待机电流	$V_{DD} = 5\text{V}$ 和 $V_{IO} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		260		nA
功耗	$V_{DD} = 5\text{V}$, 100SPS		7		μW
	$V_{DD} = 5\text{V}$, 250kSPS, $V_{REF} = 5\text{V}$, 外部基准		15.5	19	mW
	$V_{DD} = 5\text{V}$, 250kSPS, 内部基准		17.5	21	mW

时序规格

默认测试条件：VDD = 4.5V~5.5V、V_{REF} = 4.096V~VDD、VIO = 1.8V~VDD、TA = -40°C~125°C。

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
t _{CONV}	CNV 上升沿到转换结果有效的转换时间。		3		μs
t _{ACQ}	采样时间。		1		μs
t _{CYC}	转换周期。	4			μs
t _{CNVHW}	CNV 高电平脉冲宽度。	10			ns
t _{DATA}	转换期间数据读写访问时间。			2.8	μs
t _{SCK}	SCLK 周期。	t _{SDOD} + 2			ns
t _{SCKLW}	SCLK 低电平脉冲宽度。	11			ns
t _{SCKHW}	SCLK 高电平脉冲宽度。	11			ns
t _{SDOHD}	SCLK 下降沿后数据仍有效保持时间。	8	8.8		ns
t _{SDOD}	SCLK 下降沿到数据有效时间间隔。				
	VIO = 5.5V		10.5	15.4	ns
	VIO = 3.3V		15.7	18	ns
	VIO = 1.8V		20	29	ns
t _{EN}	CNV 低电平到 SDO D15 MSB 有效时间间隔。				
	VIO = 5.5V		12.9	18.4	ns
	VIO = 3.3V		14	21	ns
	VIO = 1.8V		22.2	32	ns
t _{DIS}	CNV 高电平或最后一个 SCLK 下降沿到 SDO 变为高阻态时间间隔。	11	15	33	ns
t _{CNVSKST}	CNV 低电平至 SCLK 上升沿的建立时间。	10			ns
t _{CNVSKHD}	CNV 高电平至 SCLK 下降沿的保持时间。	40			ns
t _{DINSCKST}	DIN 有效至 SCLK 上升沿的建立时间。	5			ns
t _{DINSCKHD}	SCLK 上升沿后 DIN 有效的保持时间。	6			ns



1. 无繁忙指示模式下，在转换结束前（EOC），CNV必须返回高电平状态。
2. 必须发送16个下降沿，确保SDO返回高阻态；如果使能了回读模式，则必须发送30个时钟下降沿，确保SDO返回高阻态。

图 1 无繁忙指示器的通用接口时序

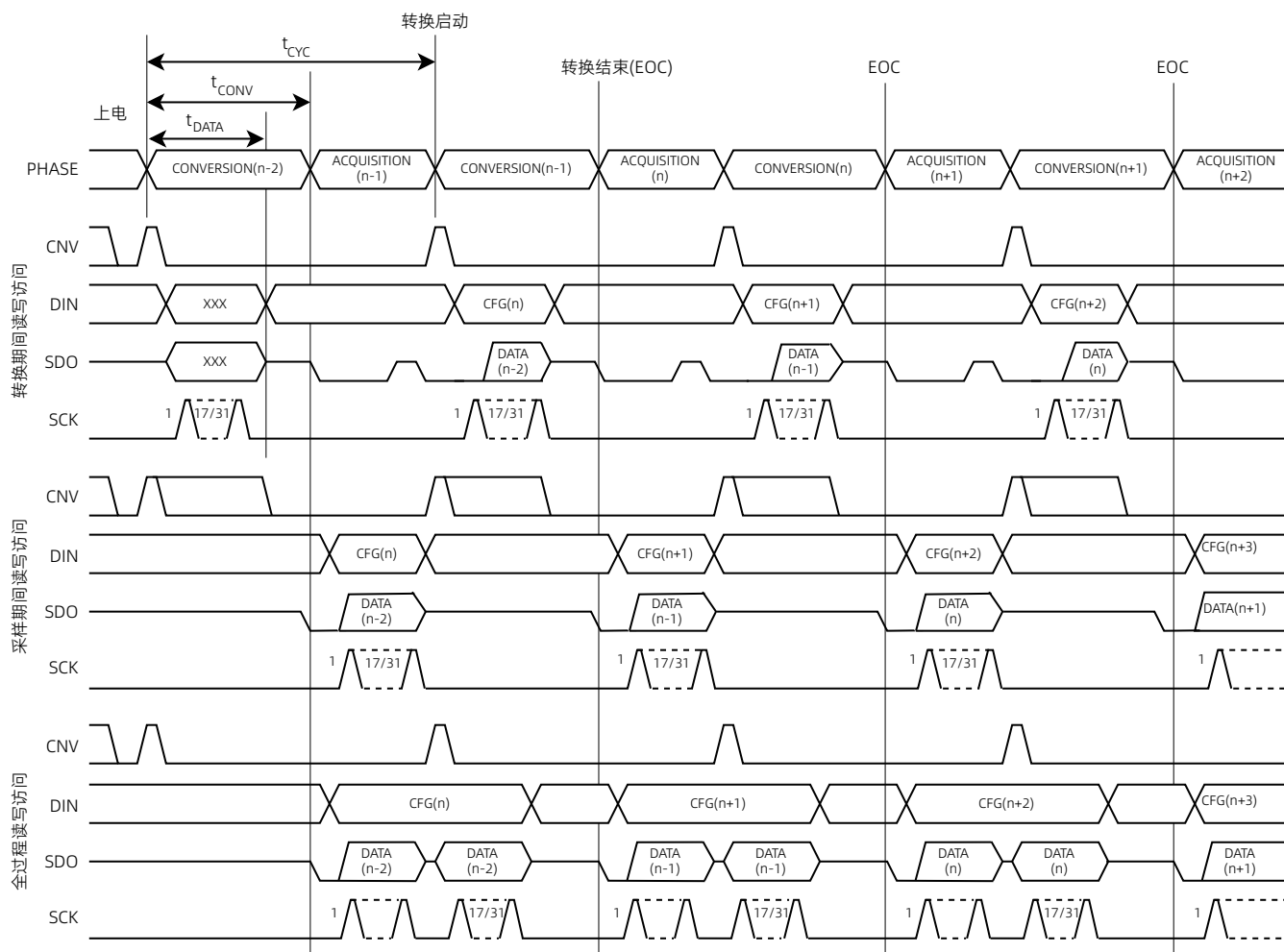


图 2 有繁忙指示器的通用接口时序

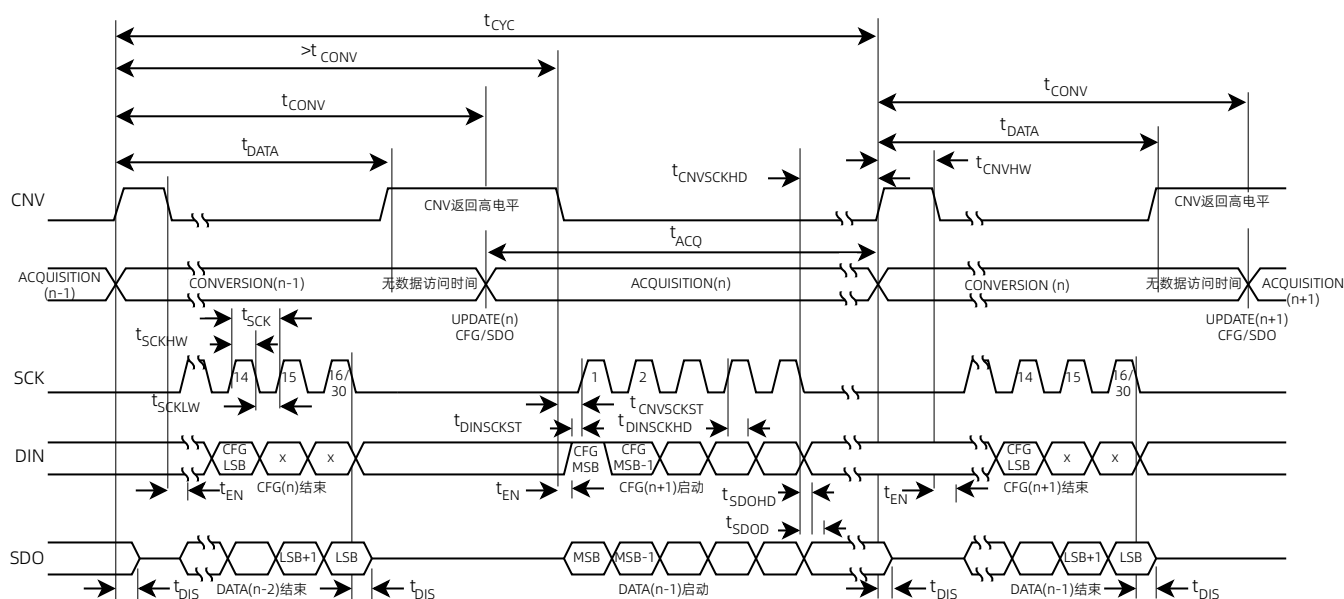
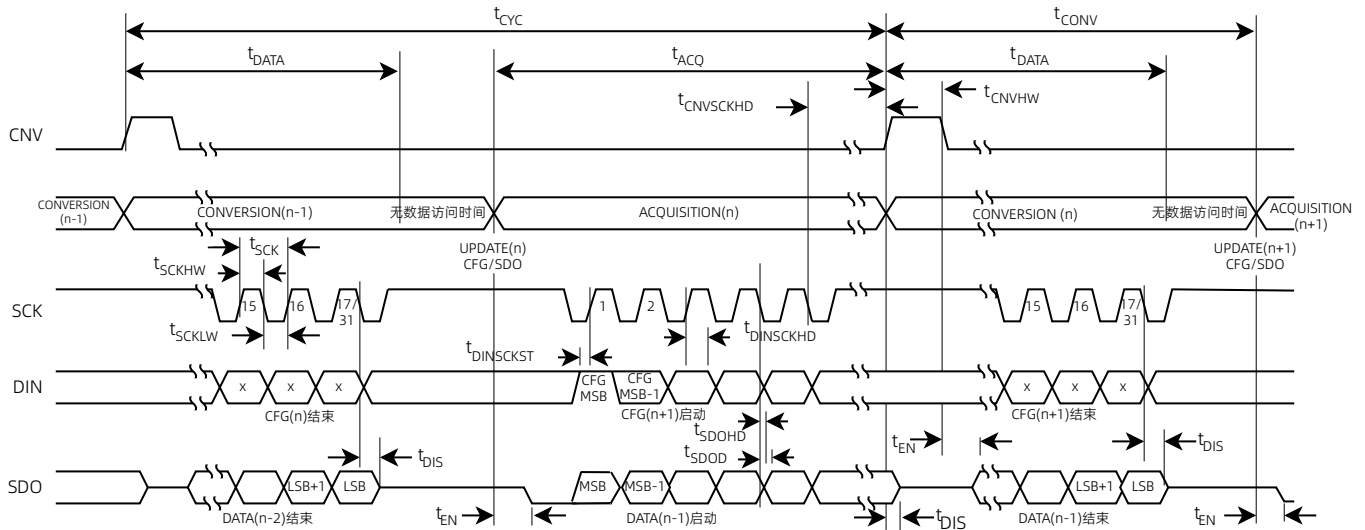
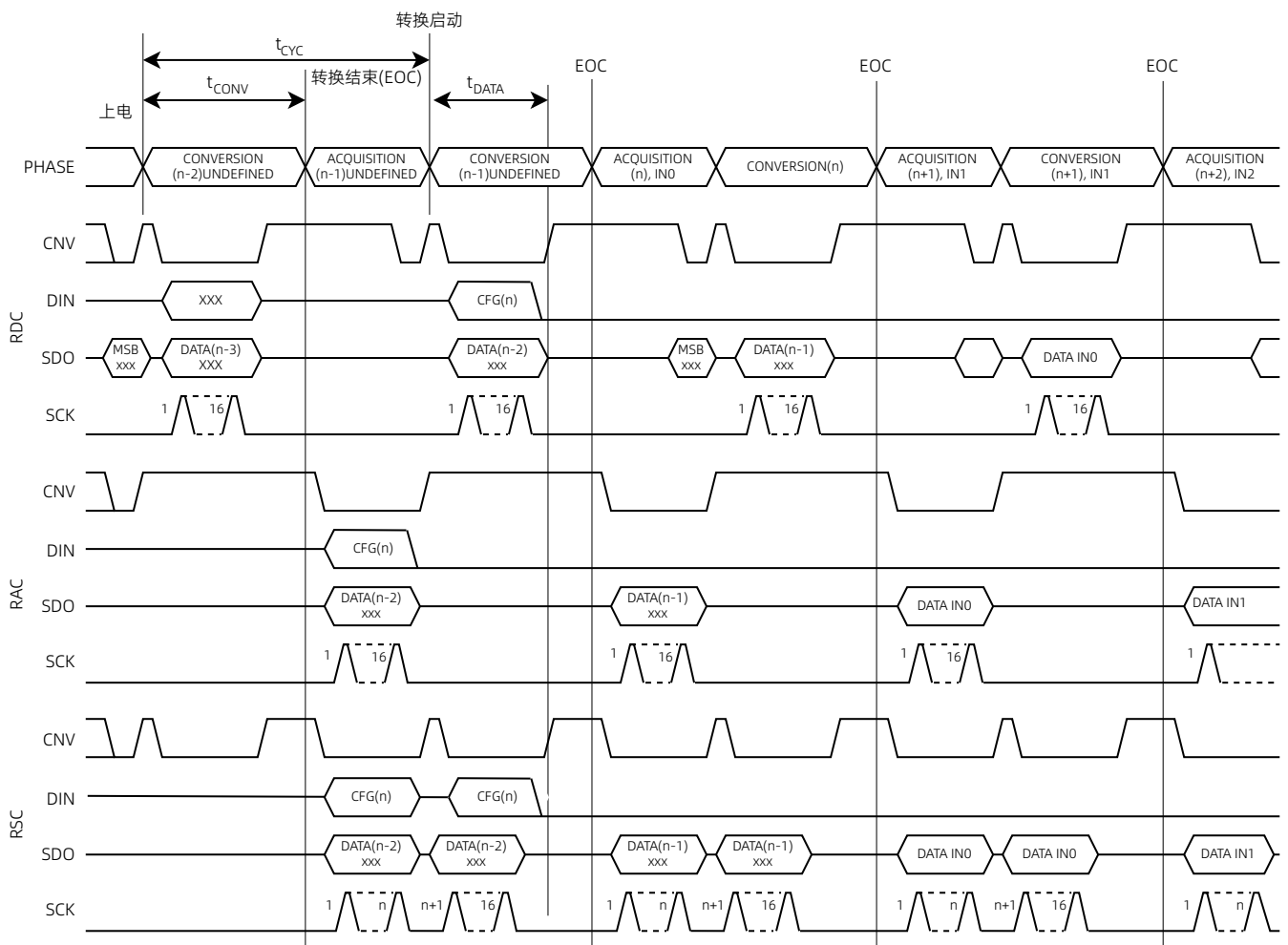


图 3 无繁忙指示器的串行接口时序



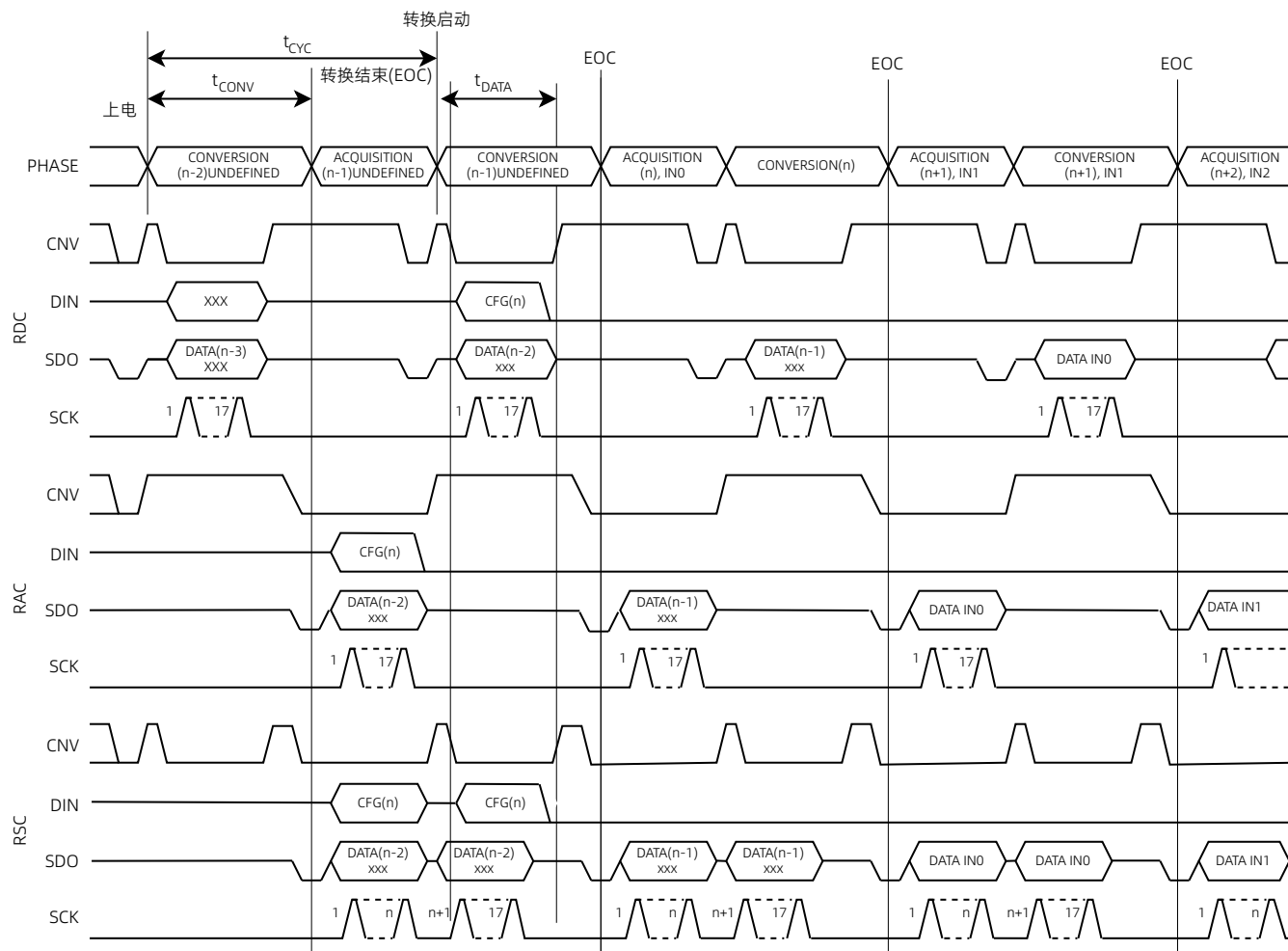
- 1.有繁忙指示模式下，在转换结束前（EOC），CNV必须返回低电平状态。
- 2.必须发送17个下降沿，确保SDO返回高阻态；如果使能了回读模式，则必须发送31个时钟下降沿，确保SDO返回高阻态。

图 4 有繁忙指示器的串行接口时序



- 1.无繁忙指示模式下，在转换结束前（EOC），CNV必须返回高电平状态。
- 2.必须发送16个下降沿，确保SDO返回高阻态；如果使能了回读模式，则必须发送30个时钟下降沿，确保SDO返回高阻态。

图 5 无繁忙指示器的通用通道序列化时序



1.有繁忙指示模式下，在转换结束前（EOC），CNV必须返回低电平状态。

2.必须发送17个下降沿，确保SDO返回高阻态；如果使能了回读模式，则必须发送31个时钟下降沿，确保SDO返回高阻态。

图 6 有繁忙指示器的通用通道序列器时序

典型特征

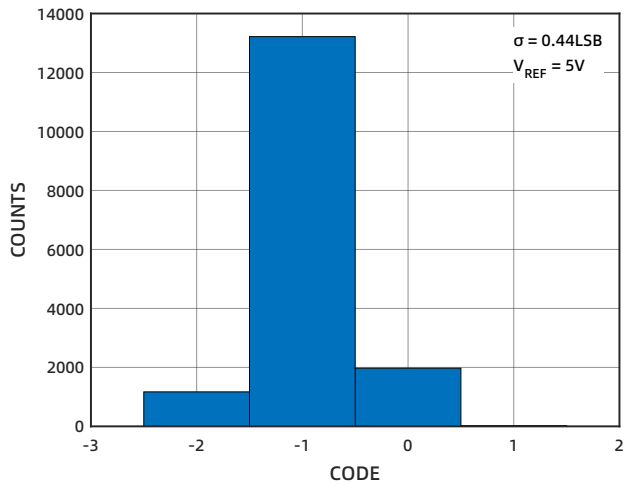


图 7 直流输入直方图（码中心，5V）

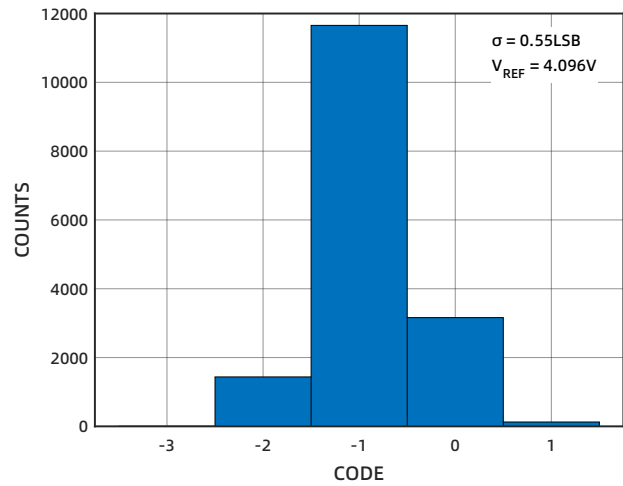


图 8 直流输入直方图（码中心，4.096V）

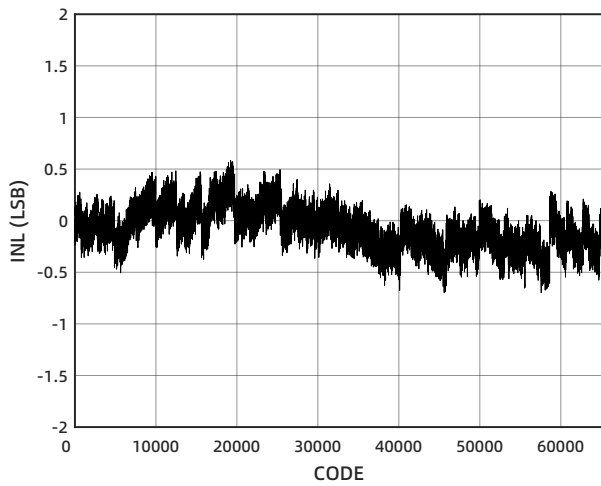


图 9 INL

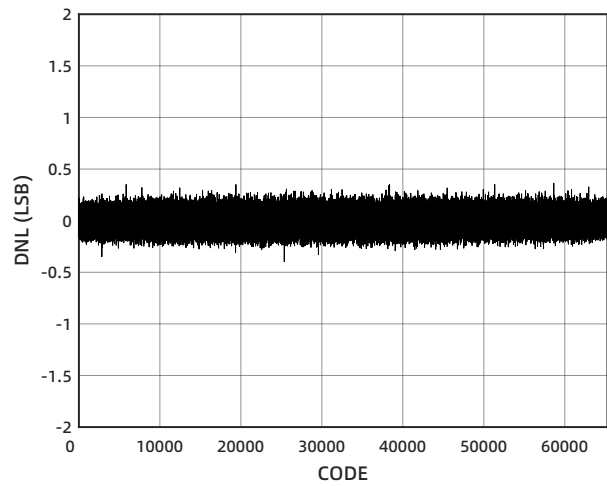


图 10 DNL

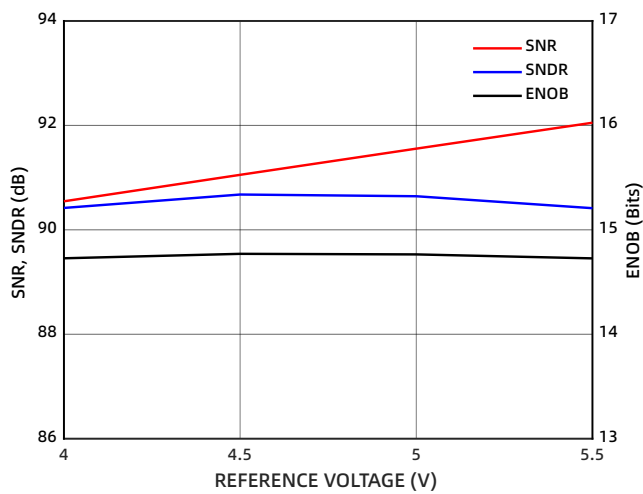


图 11 SNR、SNDR、ENOB 与基准电压的关系

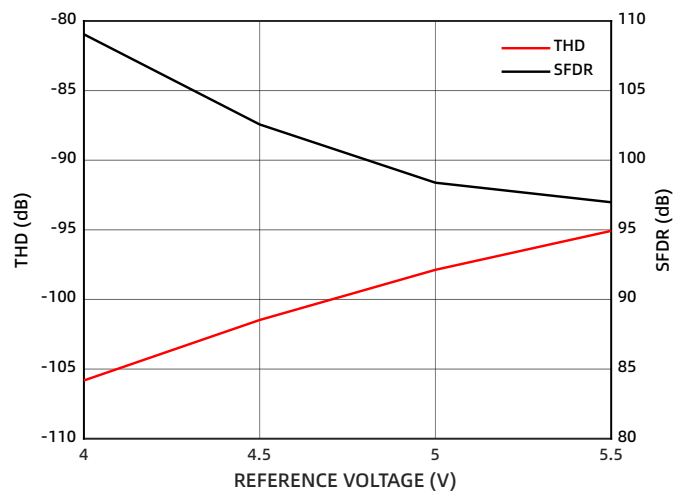


图 12 THD、SFDR 与基准电压的关系

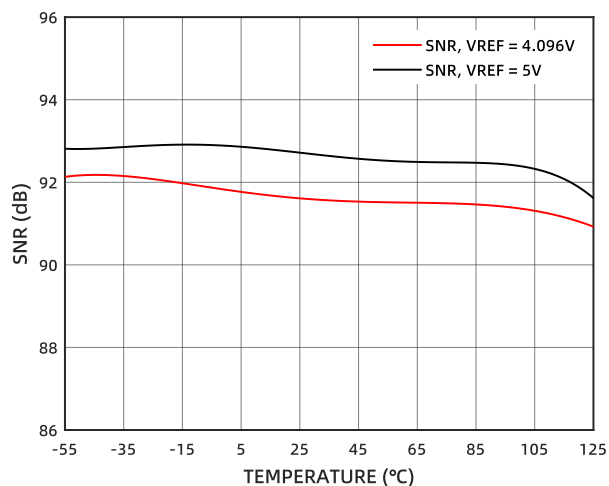


图 13 SNR 的温度特性

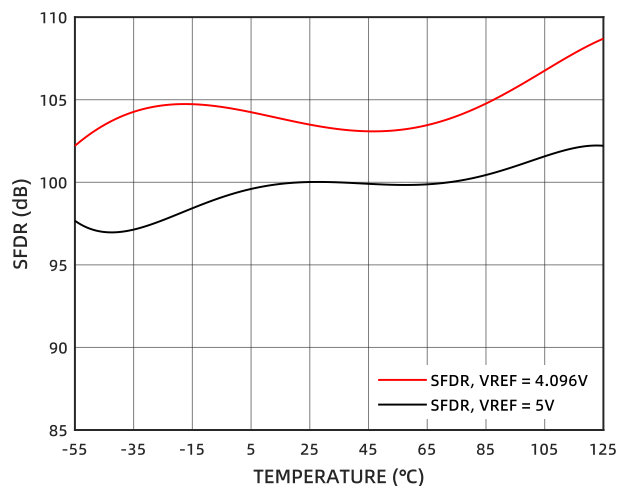


图 14 SFDR 的温度特性

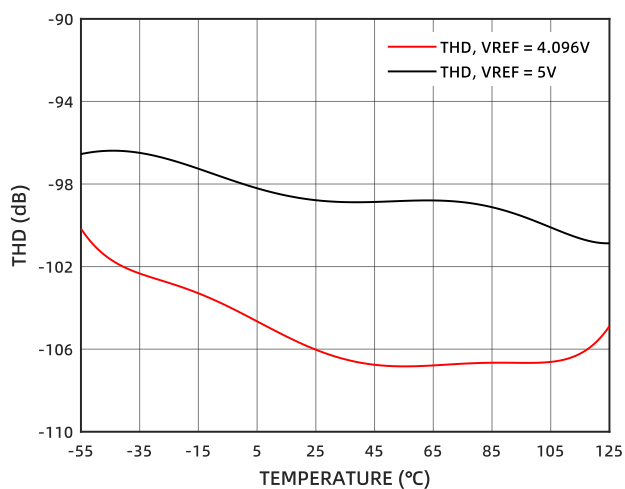


图 15 THD 的温度特性

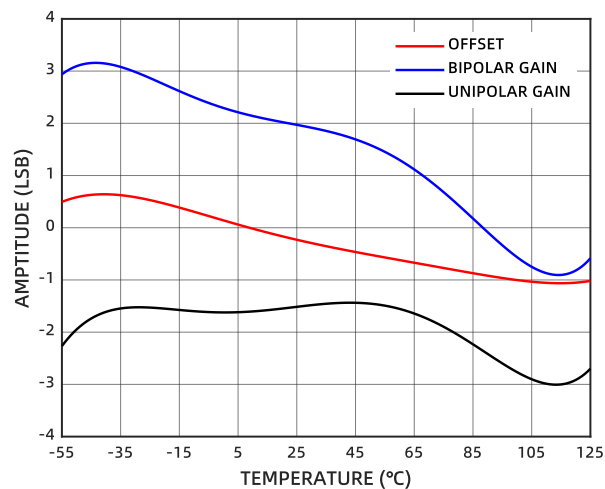


图 16 失调和增益误差的温度特性

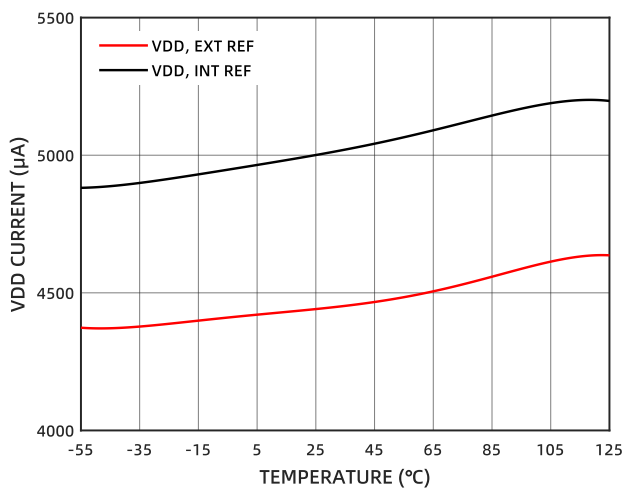


图 17 工作电流的温度特性

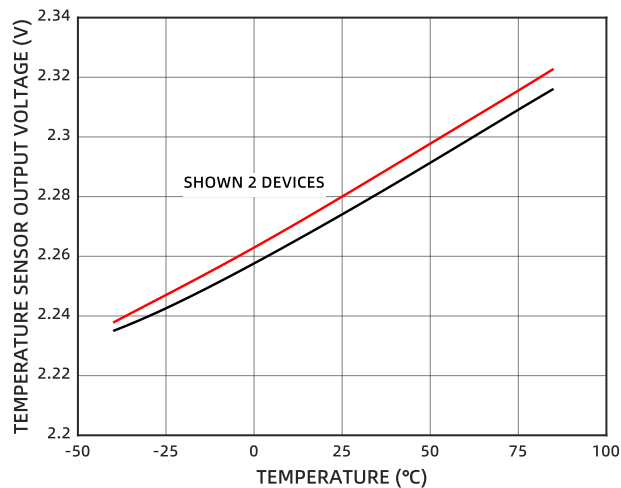


图 18 温度传感器输出电压的温度特性

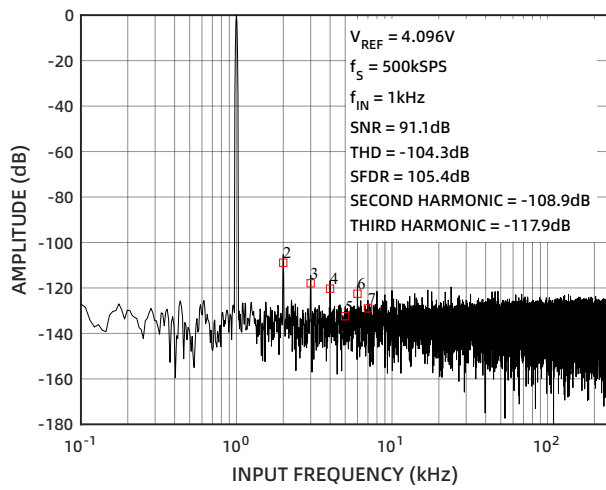


图 19 FFT (4V)

工作原理

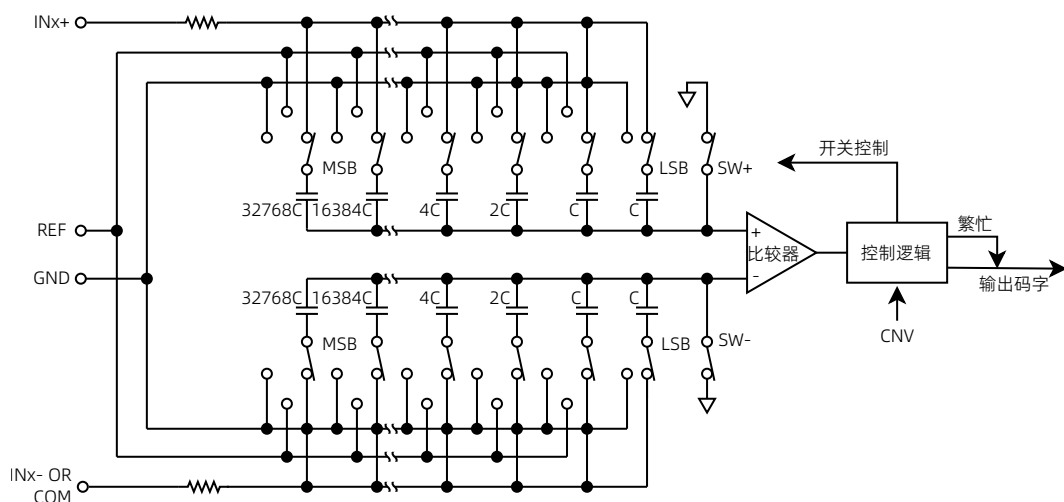


图 20 ADC 原理示意图

概述

CM2209 是 16 位、8 通道、电荷再分配 SAR ADC，最高转换速率可达 250kSPS，转换之间芯片处于关断状态。当采用外部基准源并以 100SPS 速率工作时，典型功耗为 7 μ W。

CM2209 内置多通道、低功耗数据采集系统所需的全部电路，包括：

- 16 位无失码的 SAR ADC
- 8 通道、低串扰多路选择器
- 低温漂基准电压源和缓冲器
- 温度传感器
- 可选单极点滤波器
- 通道序列器

CM2209 使用串行接口 (SPI) 实现配置寄存器的写入和转换结果的接收。采用独立电源 VIO 为 SPI 接口供电，其功耗与采样率成正比。

CM2209 为用户提供了片内采样保持电路，没有流水线延迟。

CM2209 的额定工作电压为 4.5V 至 5.5V，可以与任何 1.8V 至 5V 数字逻辑接口相连。

转换器操作

CM2209 是一款基于电荷再分配 DAC 的 SAR ADC。图 20 显示了该 ADC 的简化电路图。容性 DAC 包含两个完全相同的 16 位二进制加权电容阵列，分别连接到比较器的两个输入端。

在采样阶段，与比较器输入相连的阵列端子通过 SW+ 和 SW- 连接到 GND。所有独立开关都连接到模拟输入端。

电容阵列对输入端模拟信号进行采样。当采样阶段完成且 CNV 输入变为高电平时，转换阶段启动。当转换阶段开始时，SW+ 和 SW- 首先断开。然后两个电容阵列从输入端断开，并连接到 GND 输入端。采样阶段结束时捕捉到的 INx+ 和 INx-（或 COM）输入之间的差分电压施加于比较器输入端，将会导致比较

器不平衡。在 GND 与 REF 之间切换电容阵列的各元件，比较器输入将按照二进制加权电压步进（ $V_{REF}/2$ 、 $V_{REF}/4$... $V_{REF}/32768$ ）变化。控制逻辑从 MSB 开始切换这些开关，以使比较器重新回到平衡状态。完成此过程后，芯片返回采样阶段，控制逻辑将产生 ADC 输出码和繁忙信号指示。

模拟输入

输入等效电路

图 21 显示了 CM2209 输入等效电路。两个二极管 D1 和 D2 为模拟输入 (IN[7:0]和 COM) 提供 ESD 保护。注意，模拟输入信号不能超过供电轨 0.3V 以上，否则会造成二极管正偏，并开始传导电流。

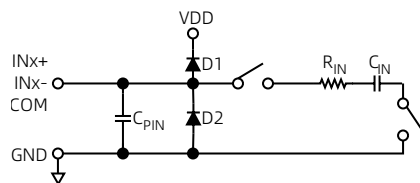


图 21 等效模拟输入电路

该模拟输入结构支持对 INx+ 与 COM 或 INx+ 与 INx- 之间的真差分信号进行采样（COM 或 INx- = GND $\pm$ 0.1V 或 $V_{REF} \pm$ 0.1V）。

在采样阶段，模拟输入的阻抗可以看成是 R_{IN} 和 C_{IN} 串联之后，整体与 C_{PIN} 并联。 C_{PIN} 主要是指管脚电容。 R_{IN} 典型值为 400 Ω （使能单极点滤波器时为 8.8k Ω ），是由串联电阻与开关的导通电阻构成。 C_{IN} 典型值为 27pF，主要为 ADC 采样电容。

可选低通滤波器

在转换阶段，开关断开，输入阻抗仅包括 C_{PIN} 。当 CM2209 进行采样时， R_{IN} 和 C_{IN} 构成一个单极点低通滤波器，可以降低混叠影响并限制来自驱动电路的噪声。该低通滤波器可以通过 CFG[6] 编程为全带宽或 1/4 带宽，如表 4 所示。如果带宽设置为

1/4 时，ADC 的最大吞吐率也降低至满带宽的 1/4，否则会导致 THD 性能变差。

输入配置

图 22 显示了利用配置寄存器 CFG[12:10]配置模拟输入的不同方法。

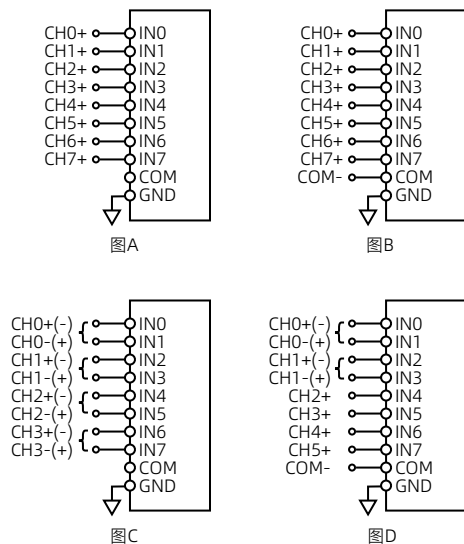


图 22 多路选择器模拟输入配置

模拟输入可以配置为：

- 图 A，单端，参考系统地，CFG[12:10] = 111。
- 图 B，伪双极性差分，具有一个公共参考点，COM = $V_{REF}/2$ ，CFG[12:10] = 010。
- 图 C，伪双极性差分对，INx-参考 $V_{REF}/2$ ，CFG[12:10] = 00X。单极性差分对，INx-参考地，CFG[12:10] = 10X。此配置中，INx+由 CFG[9:7]中的通道确定。例如，对于 IN0 = IN1+和 IN1 = IN1-，CFG[9:7] = 000；对于 IN1 = IN1+和 IN0 = IN1-，CFG[9:7] = 001。
- 图 D，输入配置为以上配置的任意组合。

源阻抗

当驱动电路的源阻抗较低时，可以直接驱动 CM2209。较大的源阻抗会显著影响交流性能，特别是 THD，而直流特性对输入阻抗的敏感度较低。

基准电压输入/输出

CM2209 内置了低温漂、高精度基准源和缓冲器，也可以选择外部基准源。

CM2209 的内部基准电压源提供出色的性能，可以用于几乎所有应用，表 4 描述了 5 个常见的基准电压方案。

内部基准电压源/温度传感器

内部基准电压源可设为 4.096V 输出。使能内部基准电压源时，REFIN 管脚上同样存在带隙电压，需要一个 0.1μF 的电容对其去耦。

使能该基准电压源也会使能内部温度传感器，测量 CM2209 的内部温度，可用于执行系统校准。对于需要使用温度传感器的应

用，内部基准电压源必须保持启用状态（内部缓冲器可以禁用）。注意，当使用温度传感器时，CM2209 工作在单端模式下，负端参考系统地 GND，且输出为无符号二进制码。

温度补偿使内部基准电压源的精度达到 15mV 以内，基准电压经过调整，典型温漂为 ±10ppm/°C。

外部基准电压源和内部缓冲器

为进一步改善温漂特性，可以选用更低温漂的外部基准源配合 ADC 内部基准缓冲器使用。将外部基准源连接至 REFIN，内部基准缓冲器将该输入缓冲后在 REF 管脚输出。外部基准电压源和内部缓冲器使用时，可以使能或禁用温度传感器。寄存器详情参见表 4。需要注意，ADC 内部基准缓冲器增益为 1，且只允许最大 4.096V 输入/输出电压。

内部基准电压缓冲器在多转换器应用中非常适用。另外，因为内部缓冲器提供了足够的驱动能力，外部可以使用一个低功耗的电压基准。

外部基准电压源

对于表 4 描述的全部 5 种基准方案，用户都可以直接将一个外部基准电压源直接连接到 ADC 的 REF 管脚。REF 管脚的输出阻抗大于 5kΩ，能够被大多数基准源直接驱动。为降低功耗，内部电压基准和缓冲器可各自独立关断，或一同关断，使功耗最低。当仅用外部基准电压源时，内部缓冲器禁用。

基准电压源去耦

无论是使用内部基准源还是外部基准源，CM2209 的基准电压输入/输出，REF 都具有动态输入阻抗，因此应利用低阻抗源驱动 REF，REF 与 GND 管脚之间应有效去耦。通常应选用低寄生电感、低 ESR 的电容，连接 REF 和 GND。当使用内部基准电压源、外部基准电压源或低阻抗缓冲器时，10μF (X5R、1206 尺寸) 的陶瓷电容较适用。

基准电压源去耦电容的位置对于 CM2209 的性能也很重要。去耦电容与 ADC 应位于 PCB 板的同一侧，并且尽量靠近 REF 管脚，以保证足够小的 PCB 走线寄生阻抗。GND 也应以最短距离连接到基准源去耦电容，并通过数个过孔连接到模拟地。

REF 与 GND 管脚之间不需要额外并联的低值陶瓷去耦电容（如 100nF）。

对于使用多个 CM2209 或其它 SAR ADC 芯片的应用，使用内部基准电压缓冲器缓冲外部基准电压会更有效，这样能降低 ADC 间的转换串扰。

基准电压源温度系数会直接影响输出码的温漂，因此，在对满量程精度有要求的应用中，必须特别注意温度系数。例如，基准电压源 ±15ppm/°C 的温度系数将使满量程以 ±1LSB/°C 的幅度改变。

传递函数

输入配置为单极性范围时（单端，COM 为参考地，或以 INx- 为参考地构成差分对），数据输出为二进制码。

输入配置为伪双极性范围时（COM = $V_{REF}/2$ 或与 INx- = $V_{REF}/2$ 构成差分对），数据输出为二进制补码。

CM2209 的理想传递函数如图 23 所示。

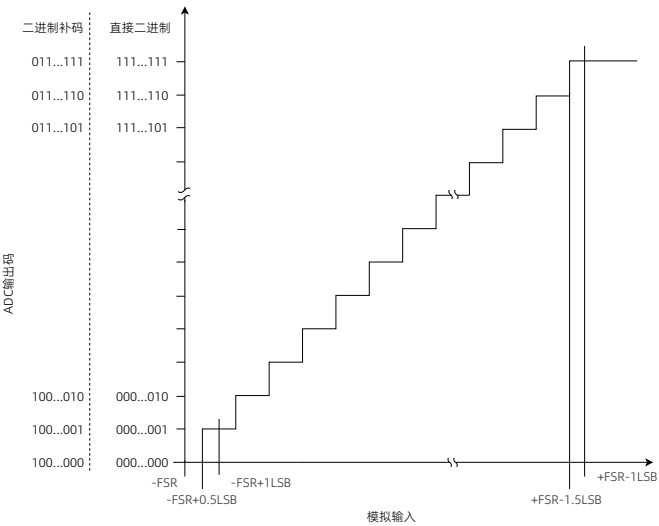


图 23 传递特性

表 3 输出码和理想输入电压

描述	单极性模拟输入 $V_{REF} = 4.096V$	数字输出码 (直接二进制, 十六进制)	伪双极性模拟输入 $V_{REF} = 4.096V$	数字输出码 (二进制补码, 十六进制)
FSR-1LSB	4.095938V	0xFFFF	2.047938V	0x7FFF
中间电平+1LSB	2.048063V	0x8001	62.5 μ V	0x0001
中间电平	2.048V	0x8000	0V	0x0000
中间电平-1LSB	2.047938V	0x7FFF	-62.5 μ V	0xFFFF
-FSR+1LSB	62.5 μ V	0x0001	-2.047938V	0x8001
-FSR	0V	0x0000	-2.048V	0x8000

功能与模式

序列器

CM2209 包括一个通道序列器，用于扫描 IN0 至 IN[7:0]通道。扫描完所有通道后，可以配置是否进行温度传感器的启动转换。

序列器从 IN0 开始，以 CFG[9:7]所设置的 IN[7:0]结束。对于成对通道，通道配对取决于 CFG[9:7]中设置的最后一个通道。请注意，通道对始终以 IN（偶数）= INx+和 IN（奇数）= INx-的方式配对，不受 CFG[7]的影响。

若要使能序列器，可写入 CFG[2:1]使其初始化。CFG[13:0]更新后，在读出数据（至少读出位 13）时 DIN 必须处于低电平，否则配置寄存器会再次开始更新。

以序列方式工作时，可通过将 01（二进制）写入 CFG[2:1]改变寄存器内容。如果更改 CFG[11]（成对或单个通道）或 CFG[9:7]（序列中的最后一个通道），序列将重新初始化，并在 CFG 更新后转换 IN0（或 IN1）。

图 5 给出了不带繁忙指示器的三种模式的时序。序列器也可以和繁忙指示器一起使用，具体参考图 6。

对于序列器的操作，需在上电后的 n-1 转换周期内将配置写入配置寄存器。然后该配置会在第 n 个转换周期生效，从通道 0 开始转换。对应的转换结果在第 n+1 个转换周期内可被主机读取。在配置寄存器 bit[9:7]位定义的最后一个通道转换完毕后，会紧接着对温度传感器进行采样（若使能了温度传感器）。然后继续回到通道 0 进行转换。

示例

位[13]、位[6:3]和位 0 配置为输入和序列器。

- 第一个示例中，使用温度传感器扫描所有参考 COM = GND 的 IN[7:0]。

配置如下：

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
C	INCC			INx			B	REF			SEQ	RB	
F							W						
G													
	1	1	0	1	1	1					1	0	

序列器按照如下顺序扫描：

IN0、IN1、IN2、IN3、IN4、IN5、IN6、IN7、TEMP、IN0、IN1、IN2...

- 第二个示例中，不使用温度传感器扫描三对通道，参考 $V_{REF}/2$ 。

配置如下：

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
C	INCC			INx			B	REF			SEQ	RB	
F							W						
G													
	0	0	X	1	0	X					1	1	

序列器按照如下顺序扫描：

IN0-IN1、IN2-IN3、IN4-IN5、IN0-IN1...

功耗

CM2209 在每个转换阶段结束时自动降低功耗，因此，工作电流和功耗与采样速率成线性比例关系。这使得该芯片非常适合低采样速率（甚至几 Hz）和电池供电的应用。

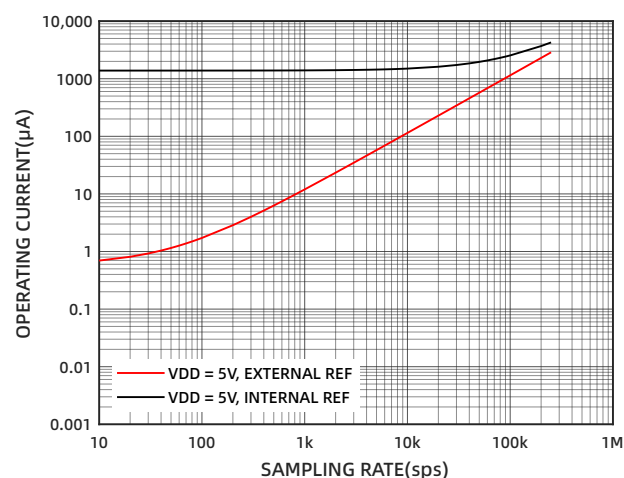


图 24 工作电流与采样率的关系

数字接口

CM2209 数字接口包含 CNV、DIN、SCK 和 SDO 4 个信号，可兼容 SPI、MICROWIRE、QSPI、数字主机和 DSP 等接口。其中，CNV 有两个作用：1. CNV 上升沿作为启动转换信号。2. CNV 低电平作为片选使能有效，CNV 为高时，SDO 强制输出高阻态。SCK 为串行时钟，SDO 为数据输出端口。DIN 作为数据输入，可用于配置芯片内部寄存器（参见 CONFIG 部分）。

芯片在 SCK 上升沿采样 DIN 数据，在下降沿将 ADC 转换结果及寄存器值（如果使能了寄存器回读）输出到 SDO。

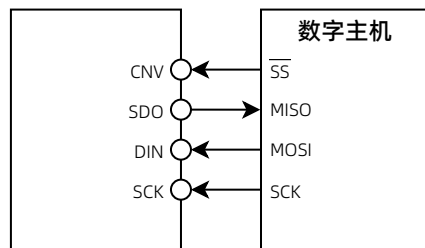
SDO 数据在上升沿和下降沿均有效，主机可以根据包含 CM2209 在内的系统延时（即主机 SCK 下降沿到主机收到有效 SDO 的延时）以及 SCK 时钟频率，来决定实际的采样时刻。

转换结果和内部寄存器配置生效（寄存器更新使能，即 CFG[13] 配置为 1）都会在每次新的转换结束 (EOC) 时刷新，因此用户必须在这个时间点以前完成上一次结果的读取，否则新的结果会覆盖上一次的转换结果，导致数据错误。对于寄存器的配置也应在转换结束之前完成，否则新的配置不会生效，仍然保持前一次的有效配置。另外，在 CNV 上升沿时，芯片会完成最终的采样，为了避免对性能的干扰，建议在 CNV 上升沿前 30ns 和后 10ns，保持数字接口静默。

基于上述数字静默要求，用户可以在以下三种场景下（如图 1 和图 2）完成转换结果的读取和寄存器的访问：1. 在转换期间访问。即在 CNV 上升沿后，转换结束之前这段时间。2. 在采样期间访问。即在转换结束后，CNV 上升沿之前这段时间。3. 在转换全程读写。即在转换结束后，CNV 上升沿前读取结果的高 bit 位。在 CNV 上升沿后，转换结束之前读取结果的低 bit 位。

无繁忙指示的接口时序

转换结束时，如果 CNV 为高电平，则芯片为无繁忙指示模式，如图 1 和图 3 所示。此模式下，当转换结束后，CNV 变为低电平时，输出端口 SDO 会由高阻态变为 MSB。当主机开始发送 SCK 时钟时，芯片会从 MSB-1 位开始，在前 15 个 SCK 下降沿依次输出剩余的 bit 位。如果使能了寄存器回读 (CFG[0] 配置为 0)，则主机需要多发 14 个 SCK 下降沿，用于输出寄存器数据。在发送完所有 bit 位后，主机需要额外多发送一个 SCK 下降沿，即总共发送 16 或 30 个下降沿来保证 SDO 返回高阻态。或者当 CNV 变高时（以最先发生时刻为准），芯片将 SDO 切回高阻态。芯片还会在主机发送的前 14 个 SCK 上升沿用于更新内部寄存器，并根据寄存器内容（参见 CONFIG 部分）决定是否更新内部功能配置。

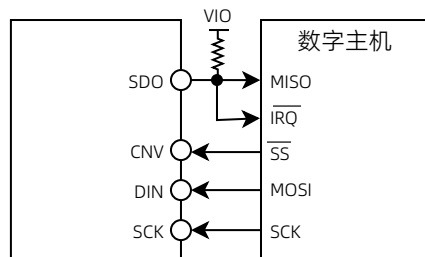


对于 SPI，主机使用 CPHA = 0 和 CPOL = 0。

图 25 无繁忙指示器的连接图

有繁忙指示的接口时序

CM2209 同时提供了带中断功能的有繁忙指示模式，供主机选择使用。如图 2 和图 4 所示。当转换结束时，如果 CNV 为低电平，则芯片进入有繁忙指示模式。在此模式下，主机和芯片的 SDO 连接需加一上拉电阻（图 26），当转换结束时，SDO 由高阻态变为低电平状态。主机的 IRQ 信号由高电平跳转为低电平，作为中断，表明 CM2209 转换完毕，可以读取转换结果。主机收到中断后，发送 SCK 时钟，芯片在 16 个 SCK 时钟下降沿，把转换结果从 MSB 依次输出。如果使能了寄存器回读 (CFG[0] 配置为 0)，则主机需要多发 14 个 SCK 下降沿，用于输出寄存器数据。在发送完所有 bit 位后，主机需要额外多发送一个 SCK 下降沿，即总共发送 17 或 31 个下降沿来保证 SDO 返回高阻态。或者当 CNV 变高时（以最先发生时刻为准），芯片将 SDO 切回高阻态。



对于 SPI，主机使用 CPHA = 1 和 CPOL = 1。

图 26 有繁忙指示器的连接图

寄存器

CONFIG

CM2209 利用一个 14 位配置寄存器配置输入、待转换通道、单极点滤波器带宽、基准电压源和通道序列器。配置寄存器通过 14 个 SCK 上升沿锁存于 DIN 上（MSB 优先）。配置寄存器更新与边沿相关，允许使用异步或同步主机。

可以在转换期间、采样期间或采样/转换全程写入寄存器，寄存器更新发生在转换 t_{CONV} （最大值）结束时。写入配置寄存器存在深度延迟。需注意，上电时配置寄存器未定义，需要两次伪转换更新寄存器。若要用工厂设置加载配置寄存器，应使 DIN 处

于高电平并保持两次转换的时间。CFG[13:0] = 0x3FFF，CM2209 的设置如下：

- IN[7:0]单极性，参考 GND，按顺序构成序列
- 单极点滤波器使用全带宽
- 禁用内部基准电压源/温度传感器，使能缓冲器
- 使能序列器
- 不回读配置寄存器

表 4 详细描述了配置寄存器各位的功能。

表 4 配置寄存器表

位	名称	访问类型	复位	描述
13	CFG	RW	0	配置更新选择。 0: 保持当前的配置。 1: 覆盖当前的配置。
12:10	INCC	RW	0	输入通道配置选择。 00X: 伪双极性差分对；INx-参考 $V_{\text{REF}}/2 \pm 0.1V$ 。 010: 伪双极性；INx-参考 $\text{COM} = V_{\text{REF}}/2 \pm 0.1V$ 。 011: 温度传感器。 10X: 单极性差分对；INx-参考 $\text{GND} \pm 0.1V$ 。 110: 单极性；IN0 至 IN7 参考 $\text{COM} = \text{GND} \pm 0.1V$ （使用参考地）。 111: 单极性；IN0 至 IN7 参考 GND。
9:7	INx	RW	0	二进制方式输入通道选择。 000: IN0 001: IN1 010: IN2 011: IN3 100: IN4 101: IN5 110: IN6 111: IN7
6	BW	RW	0	低通滤波器带宽选择。 0: 1/4 带宽。最高吞吐率也必须降至 1/4。 1: 全带宽。
5:3	REF	RW	0	基准电压源/缓冲器选择。 000: 未使用。 001: 使能内部基准电压源和温度传感器。REF = 4.096V 输出。 010: 使能外部基准电压源和温度传感器。禁用内部缓冲器。 011: 使能外部基准电压源、内部缓冲器和温度传感器。 100: 未使用。 101: 未使用。 110: 使能外部基准电压源。禁用内部基准电压源、内部缓冲器、温度传感器。 111: 使能外部基准电压源和内部缓冲器。禁用内部基准电压源、温度传感器。

位	名称	访问类型	复位	描述
2:1	SEQ	RW	0	通道序列器选择。 00: 禁用序列器。 01: 序列扫描期间更新配置。 10: 扫描 IN0 至 IN[7:0] (由 CFG[9:7]设置), 然后扫描温度。 11: 扫描 IN0 至 IN[7:0] (由 CFG[9:7]设置)。
0	RB	RW	0	寄存器配置回读选择。 0: 数据结束时, 回读当前配置。 1: 不回读配置内容。

应用

典型连接

单极性或伪双极性

图 27 所示为采用多个电源时 CM2209 的建议连接图。

伪双极性单电源

图 28 所示为一个伪双极性输入系统，它采用单电源和内部基准电压源（可选择不同的 VIO 电源）。当放大器/信号调理电路位

于远处并存在某一共模电压时，此电路很有用。请注意，对于任何输入配置，INx 输入都是单极性，并始终参考 GND。

对于此电路，可以使用轨到轨输入输出放大器，需考虑失调电压和输入共模范围的关系（ $V_{REF} = 4.096V$ 时， $1LSB = 62.5\mu V$ ）。请注意，当使用伪双极性输入配置时，转换结果为二进制补码格式。

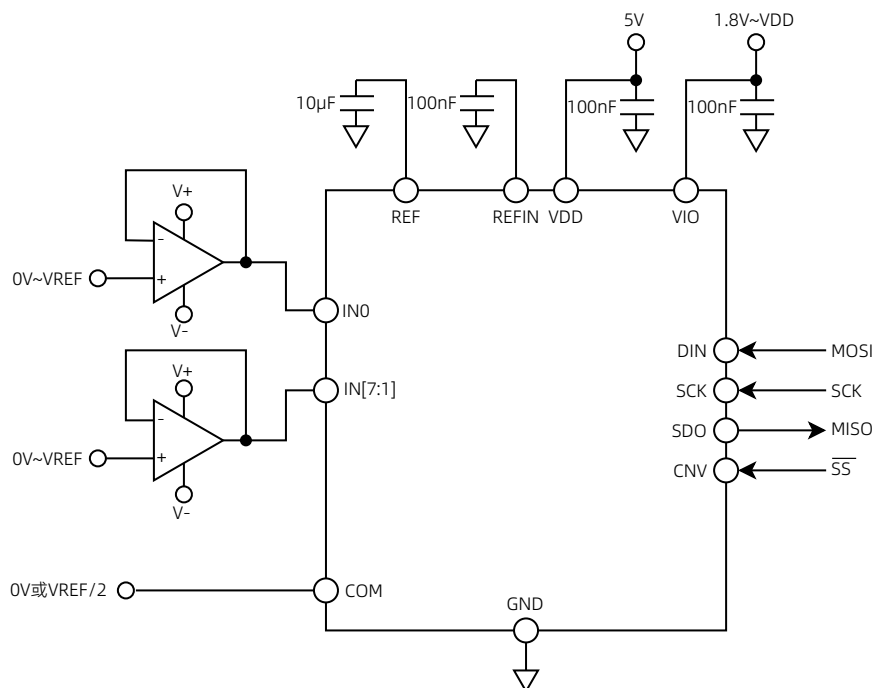


图 27 采用多个电源的应用电路

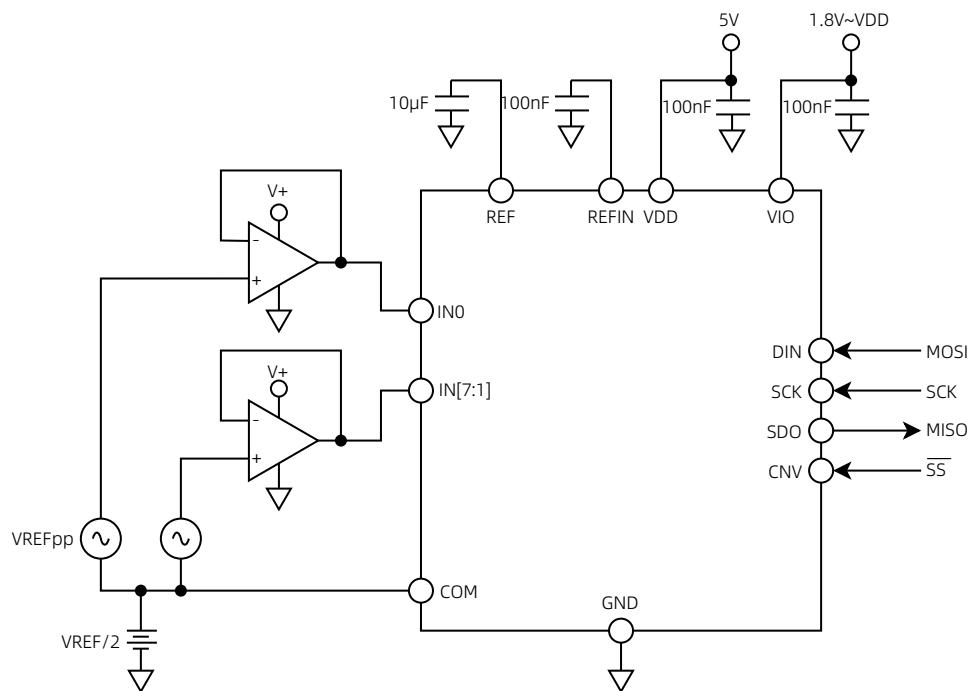


图 28 采用伪双极性输入的应用电路

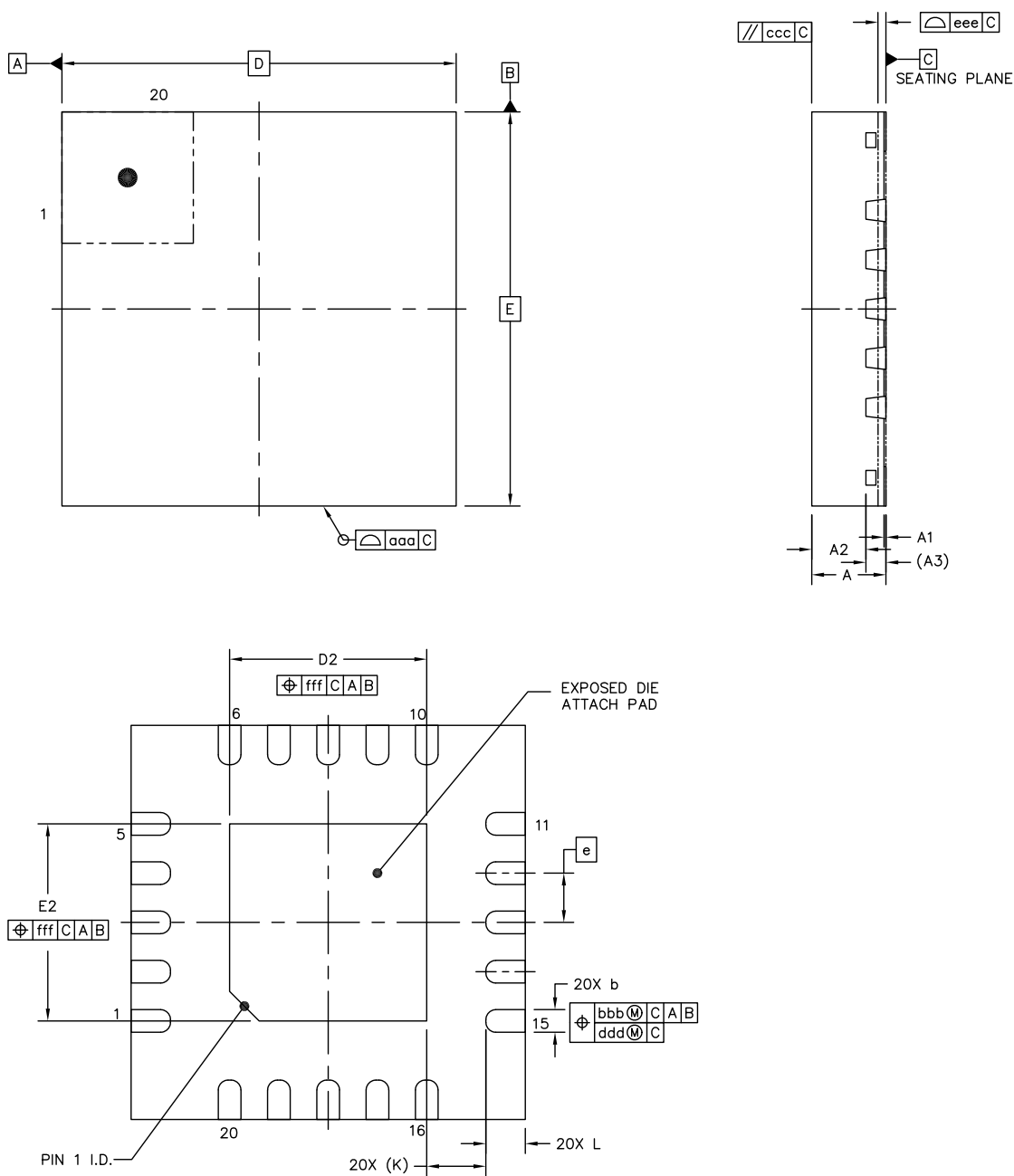
封装及订购信息

封装方式

CM2209 采用 QFN20 和 WLCSP20 封装。

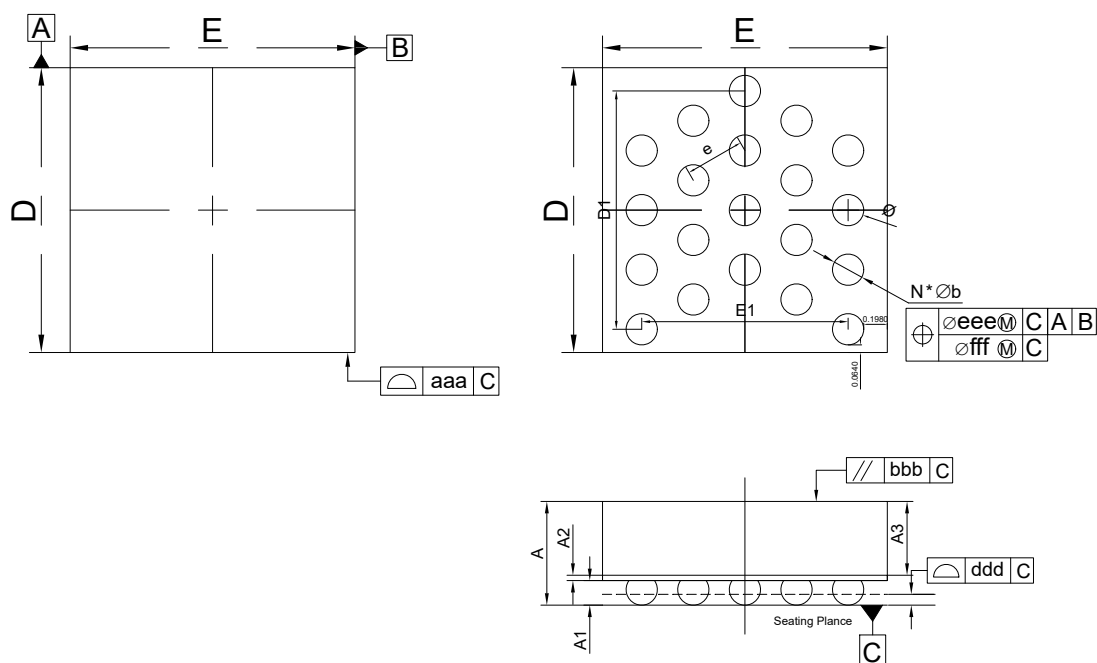
产品外形图

QFN20



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05
A2	-	0.55	-
A3	0.20 (REF)		
b	0.18	0.23	0.28
D	4.00 (BSC)		
E	4.00 (BSC)		
e	0.50 (BSC)		
D2	1.90	2.00	2.10
E2	1.90	2.00	2.10
L	0.30	0.40	0.50
K	0.60 (REF)		
aaa	0.10		
ccc	0.10		
eee	0.08		
bbb	0.10		
ddd	0.05		
fff	0.10		

WLCSP20



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.49	0.52	0.56
A1	0.18	0.20	0.22
A2	0.02	0.02	0.03
A3	0.29	0.30	0.31
D	2.34	2.39	2.44
E	2.34	2.39	2.44
Øb	0.23	0.25	0.27
Ø	0.24	0.26	0.28
e	0.50		
D1	2.00		
E1	1.73		
aaa	0.15		
bbb	0.10		
ddd	0.08		
eee	0.15		
fff	0.05		

订购信息

型号	温度范围	封装	包装	包装数量
CM2209-QFNTR	-40°C~125°C	QFN20	Tray	4900
CM2209-CSPTA	-40°C~125°C	WLCSP20	Reel	3000

免责声明

本数据手册按“现状” (AS IS) 提供，所含信息仅供设计参考，不构成任何明示或暗示的性能、适用性、可靠性或安全性的保证。我司保留随时对产品规格、技术资料及相关手册进行更正的权利。用户应独立负责产品选择、应用设计、功能验证及合规性评估，确保满足相关法规与安全要求。我司不对应用设计提供支持或承担由此产生的任何责任。

本产品及资料不适用于生命支持、植入式医疗设备、军事、航空航天及其他安全关键应用，除非另有书面协议。在此类应用中使用该产品及资料的风险由用户自行承担。