

1. 特性

- 吞吐速度: 250KSPS
- 16 位分辨率, 无失码
- 积分非线性: 典型值 $\pm 0.8\text{LSB}$, 最差值 $\pm 1.6\text{LSB}$
- 动态范围: 88dB
- 信噪失真比: 87dB @2KHz
- 总谐波失真: -100dB @2KH
- 内部基准: 2.5V/4.096V 可选
- 外部缓部基准: 可达 4.096V
- 外部基准: 可达 VDD
- 支持单模拟电源供电 VDD: 3.3V~5.5V
- 逻辑接口供电 VIO: 1.8V~5.5V
- 通道序列器
- 无流水线延迟
- 内部温度传感器
- 8 通道多路复用器, 可配制输入模式
 - 单端输入
 - 伪差分输入
 - 真全差分输入
 - 单极性输入
 - 双极性输入
- SPI 串行接口
- 20 引脚 4mmX4mm QFN 封装
- 功耗: 13.0mW @ 5V, 250KSPS
- 待机电流: 50nA

2. 应用

- 电池供电设备
- 多通道系统监控
- 医疗仪器
- 数据采集
- 仪器仪表
- 过程控制

3. 概述

GAD7689 是 8 通道 16 位电荷再分配逐次逼近型寄存器(SAR)型模数转换器 (ADC), 采用单电源供电。

GAD7689 拥有多通道低功耗数据采集系统所需的所有组成部分, 包括: 无失码的真 16 位 SAR ADC; 用于将输入配置为单端输入、差分输入、单极性或双极输入的 8 通道低串扰多路复用器; 内部低温漂带隙基准源(可选 2.5V 或 4.096V)及缓冲器; 温度传感器; 可选择的单极点滤波器; 以及当多通道依次连续采样时非常有用的序列器。

GAD7689 使用简单的 SPI 兼容接口实现配置寄存器的写入何转换结果的读取, 数字接口使用单独的供电电源 (VIO), 被设定为逻辑电平。功耗与采样率成正比。

GAD7689 采用小型的 20 引脚 QFN 封装, 工作温度范围为 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 。

4. 功能框图

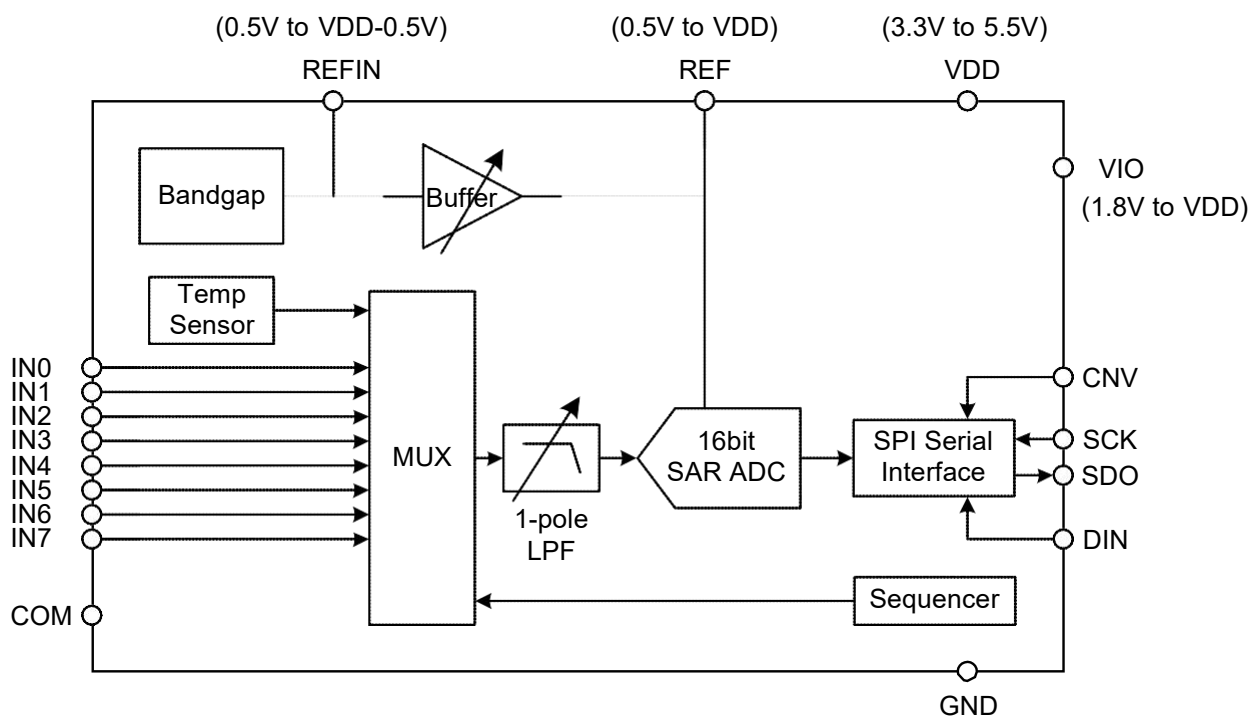


图 1 功能框图

目录

1. 特性.....	1
2. 应用.....	1
3. 概述.....	1
4. 功能框图.....	2
5. 修订记录.....	4
6. 订购信息.....	4
7. 技术规格.....	5
8. 时序规格.....	7
9. 绝对最大额定值.....	10
10. 引脚配置和功能描述.....	11
11. 工作原理.....	12
12. 输入配置.....	12
13. 输出码值和理想输入电压.....	13
14. 典型连接图.....	13
15. 配置寄存器.....	15
16. 外形尺寸.....	16

5. 修订记录

版本	日期	描述
1.0	2022/1	Draft

6. 订购信息

型号	封装描述	封装	起订量
GAD7689	20-lead QFN(4mmx4mm)	QFN4x4-20	Tray: 490; Reel: 1,500

7. 技术规格

测试条件: 除非特别说明 VDD=4.5V 至 5.5V, VIO=1.8V 至 VDD, VREF=VDD, TA = -40°C to +85°C

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
分辨率		16			Bits
模拟输入					
电压范围	单极性模式	0		+V _{REF}	V
	双极性模式	-V _{REF} /2		+V _{REF} /2	V
绝对输入电压	正输入	-0.1		V _{REF} + 0.1	V
	负输入/COM 输入(单极性模式)	-0.1		0.1	V
	负输入/COM 输入(双极性模式)	V _{REF} /2 - 0.1	V _{REF} /2	V _{REF} /2 + 0.1	V
吞吐速率					
全带宽		0		250	kSPS
¼ 带宽		0		62.5	kSPS
直流精度					
无失码		16			Bits
积分非线性误差(INL)		-1.6	±0.8	+1.6	LSB
微分非线性误差(DNL)		-1	±0.7	1.5	LSB
增益误差		-8	±1	8	LSB
失调误差		-8	±1	8	LSB
交流精度					
动态范围(DR)			89.0		dB
信噪比(SNR)	f _{IN} = 2 kHz, V _{REF} = 5 V	86.0	87.0		dB
	f _{IN} = 2 kHz, V _{REF} = 4.096 V, 内部基准	85.0	86.0		dB
信噪失真比(SNDR)	f _{IN} = 2 kHz, V _{REF} = 5 V	85.5	86.5		dB
	f _{IN} = 2 kHz, V _{REF} = 4.096 V, 内部基准	84.5	85.5		dB
总谐波失真(THD)	f _{IN} = 2 kHz		-100		dB
无杂散动态范围(SFDR)	f _{IN} = 2 kHz		105		dB
采样动态性能					
-3dB 输入带宽	全带宽		27		MHz
	¼ 带宽		27		MHz
孔径延迟	VDD = 5 V		3.0		ns
内部基准源					
REF 输出电压	2.5 V @ 25°C	2.490	2.500	2.510	V
	4.096 V @ 25°C	4.086	4.096	4.106	V
REFIN 输出电压	2.5 V @ 25°C		1.2		V

	4.096 V @ 25°C		2.3		V
温度漂移			±10		ppm/° C
输入电压调整率	VDD = 5 V ±5%		±15		ppm/ V
建立时间	Cref = 10 μF		20		ms
外部基准源					
电压范围	REF 输入	0.5		VDD + 0.3	V
	REFIN 输入 (采用内部缓冲器)	0.5		VDD - 0.5	V
漏电流	250 kSPS, REF = 5 V		50		μA
温度传感器					
输出电压	@ 25°C		283		mV
温度灵敏度			2		mV/° C
数字输入					
输入电压					
Low (VIL)		-0.3		0.3 ×VIO	V
High (VIH)		0.7 ×VIO		VIO+0.3	V
输入电流					
Low (IIL)		-1		+1	μA
High (IIH)		-1		+1	μA
数字输出					
Low (VIL)					
VoL	Sink current = 500 μA			0.4	V
VoH	Source current = -500 μA	VIO - 0.3			V
电源					
VDD	芯片可支持工作的电源范围	3.3		5.5	V
VIO		1.800		VDD + 0.3	V
待机电流	VDD = VIO = 5 V @ 25°C		50.0		nA
功耗					
	VREF=5.0 V, 外部基准, 250 kSPS,		13.0	18	mW
	VREF=4.096V, 内部基准, 250 kSPS		15.5	21	mW
温度范围		-40		85	°C

表 1

8. 时序规格

测试条件：除非特别说明 VDD=4.5V 至 5.5V，VIO=1.8V 至 VDD，VREF=VDD，TA = -40°C to +85°C。

参数 ¹	符号	最小值	典型值	最大值	单位
转换时间: CNV 上升沿至数据有效	t _{CONV}		2.0	2.2	μs
采样时间	t _{ACQ}	1.8	2.0		μs
转换间隔时间	t _{CYC}	4.0			μs
转换期间数据读写时间	t _{DATA}			1.5	μs
SCK					
周期	t _{SCK}	t _{SDO} + 12			ns
低电平时间	t _{SCKL}	11			ns
高电平时间	t _{SCKH}	11			ns
下降沿到数据仍然有效	t _{HSDO}	4			ns
下降沿到数据有效延迟时间	t _{SDO}				
VIO 高于 2.7V				18	ns
VIO 高于 2.3V				23	ns
VIO 高于 1.8V				28	ns
CNV					
脉冲宽度	t _{CNVH}	10			ns
高电平或最后一个 SCK 下降沿至 SDO 高阻	t _{DIS}			32	ns
低电平至 SCK 上升沿	t _{CLSCK}	50			
DIN					
CNV 低电平至 SCK 上升沿	t _{CLSCK}	10			ns
从 SCK 上升沿开始至 DIN 有效建立时间	t _{SDIN}	5			ns
从 SCK 上升沿开始的 DIN 有效保持时间	t _{HDIN}	5			ns

¹ SDO 负载为 50pF。

表 2

无繁忙指示器的通用时序

图 2 显示了所有三种模式的时序:转换期间读取/写入(RDC)、转换后读取/写入(RAC)和转换全程读取/写入(RSC),请注意,CFG 和数据回读的选通均为转换结束(EOC)。转换结束时,如果 CNV 为高电平,则繁忙指示器禁用。数据访问的截止时间为安全的数据读取/写入时间 t_{DATA}。如果没有在 EOC 之前写入完整的 CFG 字,则 CFG 字被丢弃,当前配置仍然有效。如果没有在 EOC 之前完全读出转换结果,则转换结果丢失,ADC 以当前转换的 MSB 更新 SDO。当 CNV 在 EOC 之后变为低电平后,SDO 等待 SCK 的第一个时钟沿到来送出 MSB,之后再由 SCK 的下降沿输出从 MSB-1 开始的各个位。如果使用 SPI,则根据时钟极性(CPOL)和时钟相位(CPHA)设置的不同,SCK 空闲时可以为高电平或低电平。图 2 所示为使 SCK 空闲时为低电平,即 CPOL=CPHA=0。由于 MSB 是由 SCK 的第一个沿送出,使用 CPOL=CPHA=0 时会出现 MSB 数据即由第一个(上升)沿送出,又由第一个(上升)沿读取,存在一定的时序风险,所以建议使用 SCK 空闲时为高电平,即 CPOL=CPHA=1,这样所有数据均由 SCK 的下降沿送出,再由上升沿读取,不存在时序风险,如图 3 所示。

无论何种读取/写入模式,上电之后的前三次转换结果都是无意义的,因为有效 CFG 直到第 2 个 EOC 之后才出现,因而需要 2 次哑转换。同样,如果状态机在上电状态期间写入 CFG(如 RDC 所示),则下一个阶段需要重新写入 CFG 寄存器。请注意,在阶段(n-1)写入 CFG 寄存器时,第一个有效数据出现在(n+1)阶段。

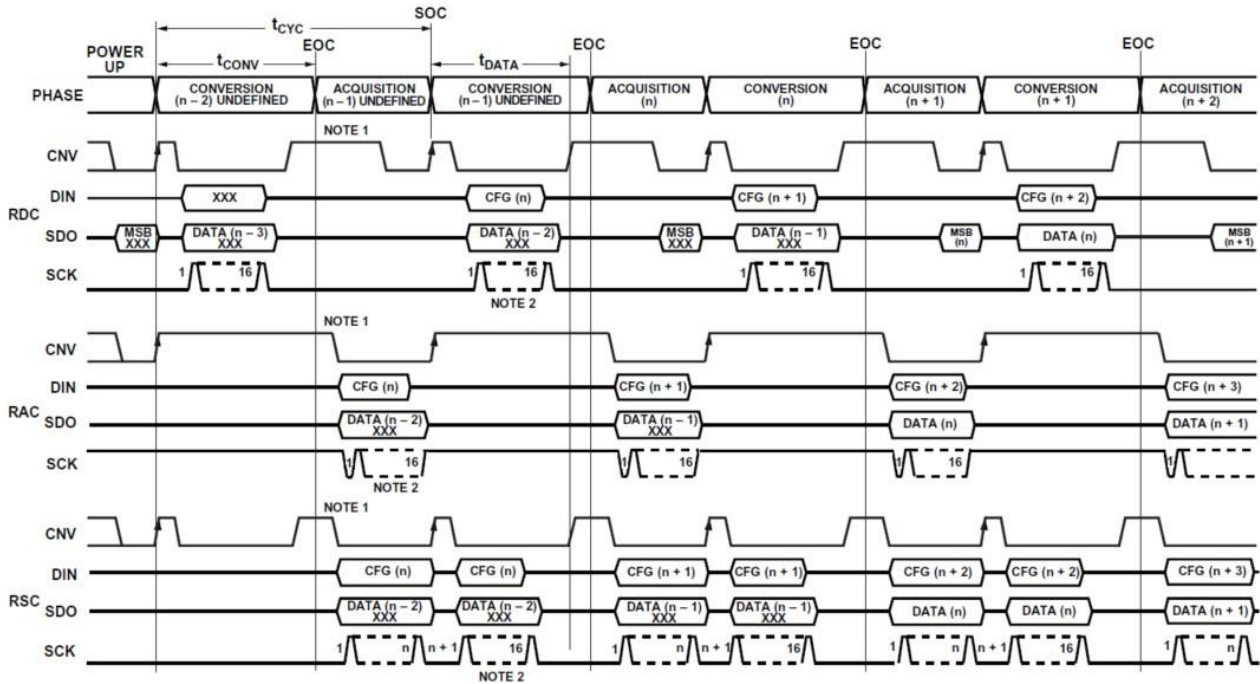


图 2 无繁忙指示器的通用接口时序图

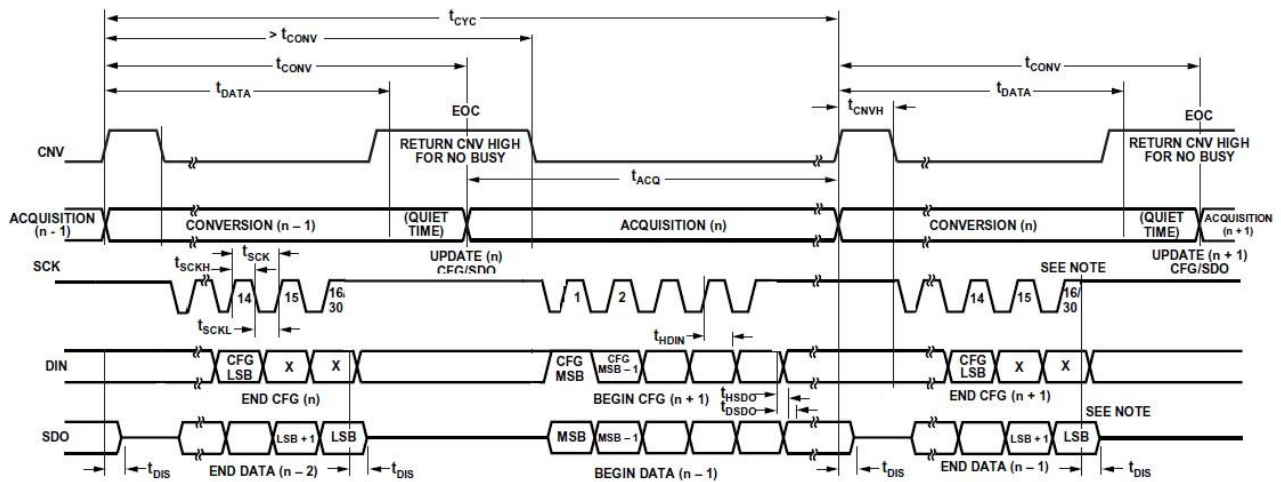


图 3 无繁忙指示器通用串行接口时序

含繁忙指示器的通用时序

图 4 显示了所有三种模式的时序:转换期间读取写入(RDC)、转换后读取/写入(RAC)和转换全程读取/写入(RSC)。请注意,CFG 和数据回读的选通均为转换结束(EOC),如前文所述,数据访问的截止时间为安全的数据读取/写入时间 tDATA,如果没有在 EOC 之前写入完整的 CFG 字,则 CFG 字被丢弃,当前配置仍然有效。转换结束时,如果 CNV 为低电平,则繁忙指示器使能。此外,为正确产生繁忙指示,主机必须至少置位 17 个 SCK 下降沿才能使 SDO 返回高阻态,因为 SDO 上的最后一位仍然有效。与“无繁忙指示器的通用时序”部分所述的情况不同,如果没有在 EOC 之前完全读出转换结果,输出的最后一位仍然存在。如果此位为低电平,则无法产生繁忙信号指示,因为繁忙信号指示的产生需要高阻态或一个高到低的位转换。GAD7689 的转换噪声为 4LSB 峰峰值(或更大),因此 LSB 在 50%的时间内为低电平状态。对于 SPI 接口, SPI 主机需要 24 个 SCK 脉冲。如果使用 SPI,则根据 CPOL 和 CPHA 设置的不同, SCK 空闲时可以为高电平或低电平。简单的解决办法是令 CPOL=CPHA=1(图中未

显示),使 SCK 空闲时为高电平。

无论何种读取/写入模式,上电之后的前三次转换结果都是无意的,因为有效 CFG 直到第 2 个 EOC 之后才出现,因而需要 2 次哑转换。同样,如果状态机在上电状态期间写入 CFG(如 RDC 所示),则下一个阶段需要重新写入 CFG 寄存器。请注意,在阶段(n-1)写入 CFG 寄存器时,第一个有效数据出现在(n+1)阶段。

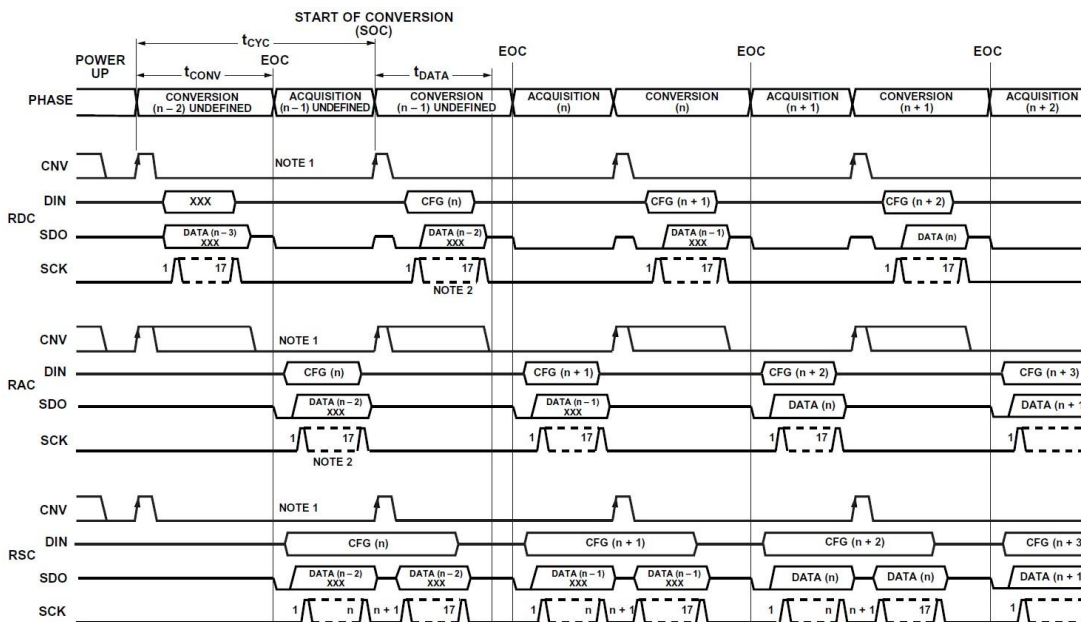


图 4 含繁忙指示器的通用接口时序图

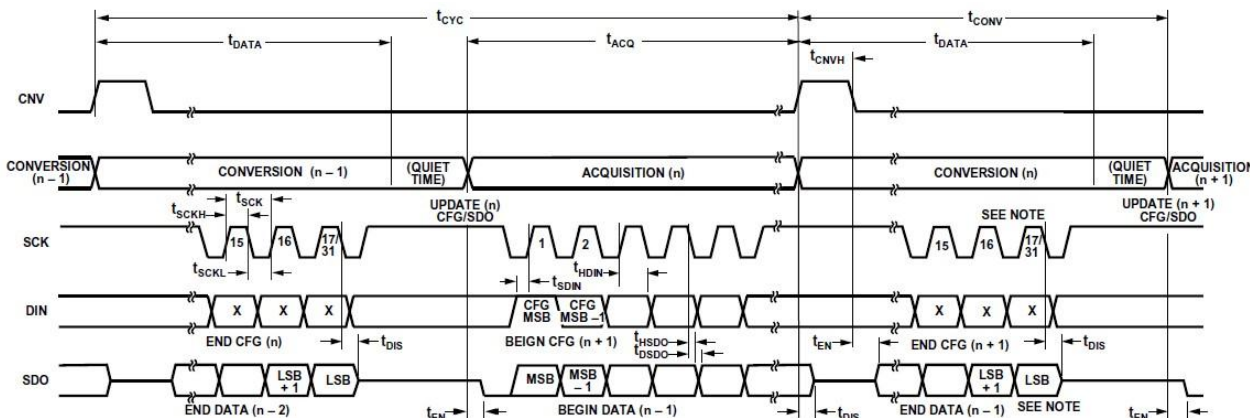


图 5 含繁忙指示器通用串行接口时序

通道序列器

GAD7689 包括了一个通道序列器,可用于重复扫描通道。确定序列器最后一个通道后,以单端或差分对的形式扫描通道,可以包括或者不包括温度传感器。

序列器从 IN0 开始,以 CFG[9:7]所设置的 IN[7:0]结束。对于差分对通道,通道配对取决于 CFG[9:7]中设置的最后一个通道。请注意,在序列器模式下,差分对通道的正输入始终为偶数通道,负输入始终为奇数通道。例如,如果 CFG[9:7]=110 或者 111,则扫描所有差分对输入时,正输入为 IN0、IN2、IN4、IN6。

CFG[2:1]用于使能序列器。CFG 寄存器更新后,在读出位 13 的数据时 DIN 必须处于低电平,否则寄存器会再次开始更新。请注意,一旦 CFG 寄存器更新,即便配置芯片工作在相同的序列器模式下,序列器功能都将初始化,并在 CFG 寄存器更新后重新转换 IN0 或 IN0/IN1 差分对。

图 6 详细显示了无繁忙指示器的所有三种模式的时序。对于序列器操作,CNV 会有三次哑转换,应在上电后 (n-3) 阶

段设置 CFG 寄存器，在阶段 (n-2) 序列器设置生效并采集 IN0，第一个有效的转换结果在阶段 (n) 可用。对 CFG[9:7]所设置的最后一个通道执行转换后，输出内部温度传感器数据（如果使能），然后再次采集 IN0。

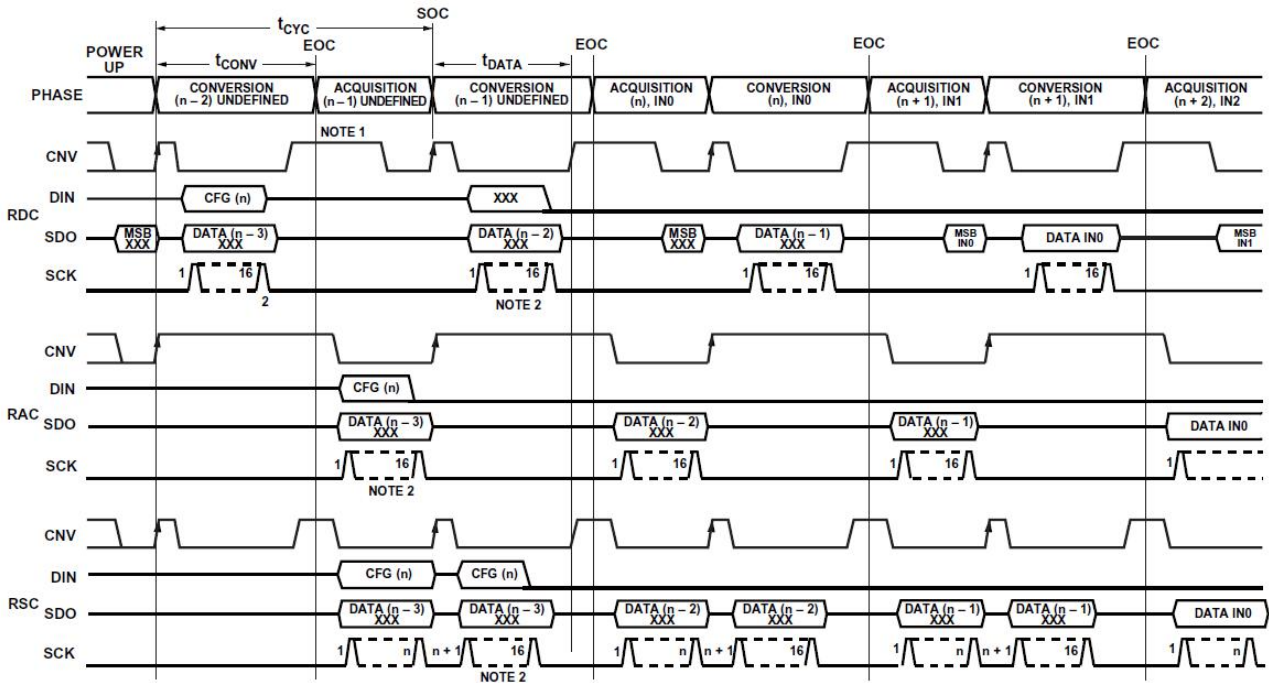


图 6 无繁忙指示器的通道序列器时序

9. 绝对最大额定值

参数	额定值
模拟输入	
IN _x , COM ₁	GND -0.3 V to VDD + 0.3 V 或 VDD ±130mA
REF, REFIN	GND -0.3 V to VDD + 0.3 V
电源电压	
VDD, VIO to GND	-0.3 V to +7 V
VIO to VDD	-0.3 V to VDD + 0.3 V
DIN, CNV, SCK to GND	-0.3 V to VIO + 0.3 V
SDO to GND	-0.3 V to VIO + 0.3 V
存储温度	-65°C to +150°C
结温	150°C
θ _{JA} 热阻	48°C/W
θ _{Jc} 热阻	4.4°C/W

表 3

10. 引脚配置和功能描述

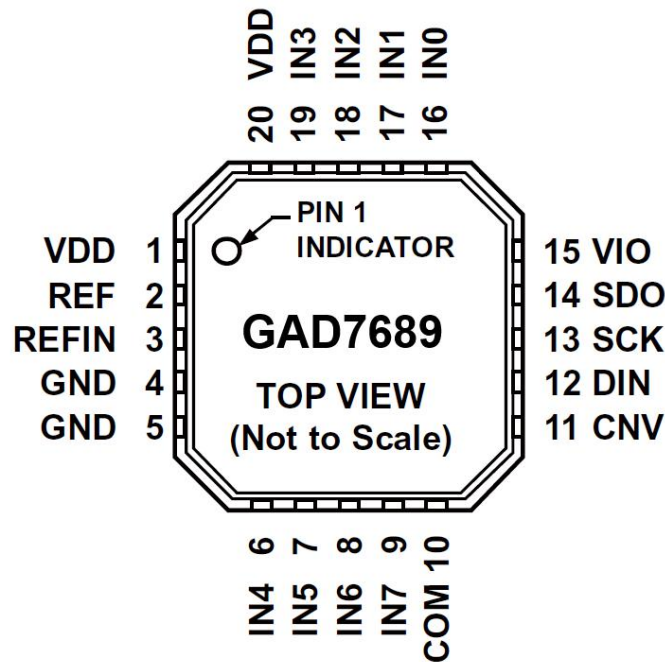


图 7 引脚配置示意图

管脚编号	管脚名称	类型	描述
1,20	VDD	电源	模拟电源，VDD 标称的工作电压范围为 3.3V 至 5.5V。
2	REF	模拟输入/输出	基准输入/输出 需要外接 10uF 去耦电容 使能内部基准时，输出 2.5V 或者 4.096V 禁用内部基准,并使能缓冲器时，输出缓冲过的 REFIN 值
3	REFIN	模拟输入/输出	内部基准输出/基准缓冲输入 使用内部基准时，需要 0.1uF 的去耦电容 使用内部缓冲器时，作为基准输入端提供给 REF 基准电压
4, 5	GND	电源	电源地
6	IN4	模拟输入	模拟输入通道 4
7	IN5	模拟输入	模拟输入通道 5
8	IN6	模拟输入	模拟输入通道 6
9	IN7	模拟输入	模拟输入通道 7
10	COM	模拟输入	共模输入通道，所有输入通道可以参考一个 0-VREF/2 V 的共模点
11	CNV	数字输入	转换输入，上升沿启动转换，转换期间如果保持低电平，则繁忙指示器使能
12	DIN	数字输入	数据输入，用于写入 14 位配置寄存器，可以转换期间和转换完成时写入
13	SCK	数字输入	串行数据时钟输入，用于给 SDO 以及 DIN 提时钟，MSB 优先
14	SDO	数字输出	串行数据输出，输出转换结果，单极性模式，转换结果为直接二进制，双极性模式，转换结果为二进制补码

15	VIO	电源	输入/输出接口数字电源
16	IN0	模拟输入	模拟输入通道 0
17	IN1	模拟输入	模拟输入通道 1
18	IN2	模拟输入	模拟输入通道 2
19	IN3	模拟输入	模拟输入通道 3
21	EPAD	NC	裸露焊盘不在内部连接。

表 4

11. 工作原理

GAD7689 是 8 通道 16 位电荷再分配逐次逼近寄存器(SAR)型模数转换器(ADC)。该 ADC 最高 250k 采样率，每次转换由 CNV 引脚的上升沿触发，转换完成后 ADC 进入跟踪输入信号模式，两次转换之间器件关断，处于低功耗状态，所以该产品特别适合采样率低且对功耗很敏感的应用场景，比如电池供电的应用。GAD7689 具有片上转换时钟，转换过程不需要外部时钟。

12. 输入配置

图 8 显示了利用配置寄存器 CFG[12:10]配置模拟输入的不同方法。详情请参考“配置寄存器，CFG 部分”。模拟输入有多种配置方式：

1. 图 8-A, 单端单极性方式，以系统地或者 COM=GND 作为参考，CFG[12:10]=111 或者 110，所有模拟输入电压的范围为 0-VREF；
2. 图 8-B, 单极性差分，具有一个共模参考点 COM=VREF/2，CFG[12:10]=010，所有输入范围为 0-VREF；
3. 图 8-C, 双极性差分对，负输入通道以 GND(CFG[12:10]=00X)或者 VREF/2(CFG[12:10]=10X)作为参考，正输入通道通过 CFG[9:7]进行配置，如果使用序列器，则正输入通道始终为 IN0,IN2,IN4,IN6；
4. 图 8-D, 输入为以上配置的组合，可以动态配置。

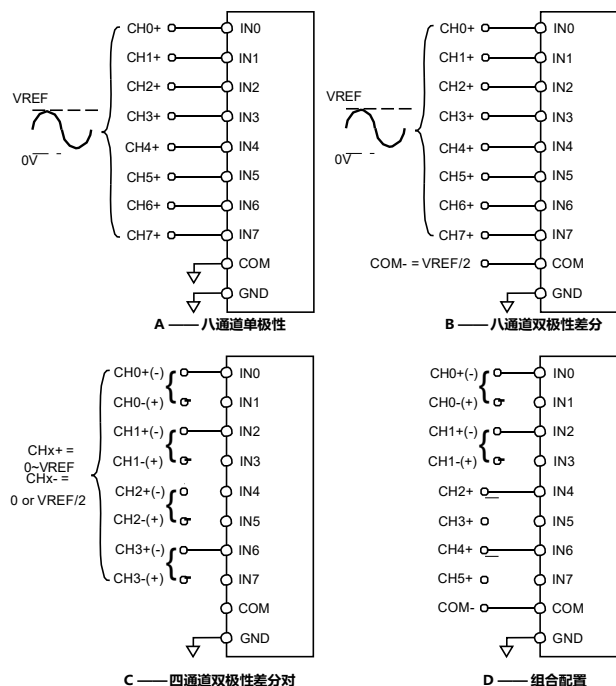


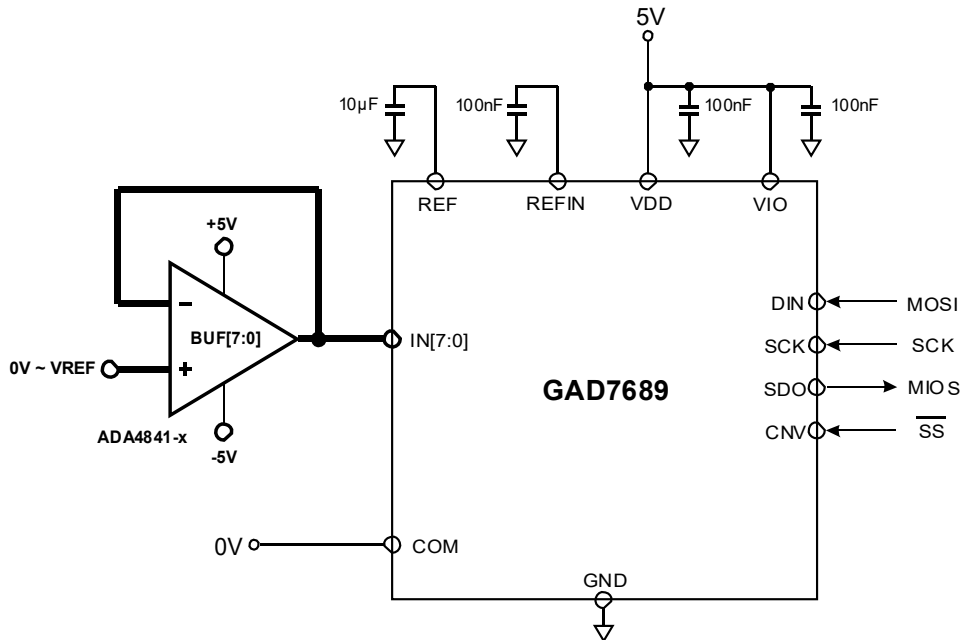
图 8 多路复用模拟输入配置

13. 输出码值和理想输入电压

描述	单极性输入 VREF= 4.096 V	输出码值	双极性输入 VREF= 4.096 V	输出码值 (补码)
FSR -1 LSB	4.095938 V	0xFFFF	2.047938 V	0x7FFF
Midscale + 1 LSB	2.048063 V	0x8001	62.5 μ V	0x0001
Midscale	2.048 V	0x8000	0 V	0x0000
Midscale -1 LSB	2.047938 V	0x7FFF	-62.5 μ V	0xFFFF
-FSR + 1 LSB	62.5 μ V	0x0001	-2.047938 V	0x8001
-FSR	0 V	0x0000	-2.048 V	0x8000

表 5

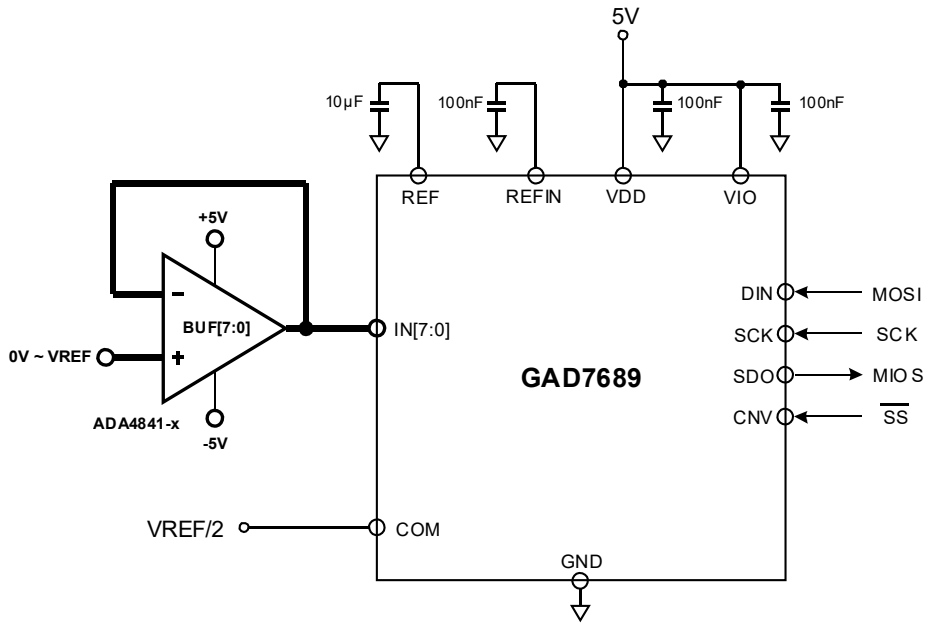
14. 典型连接图



注释:

1. 该图为单极性典型连接示意图，即输入通道配置寄存器 CFG[12:10]=110 或者 111 模式，IN0 至 IN7 参考 COM = 0V 或者直接参考 GND。
2. C_{REF} 通常使用 1 个 10 微法的陶瓷电容 (X5R)。
3. SPI 时序 注意参考文档时序章节。

图 9 单极性输入



注释:

1. 该图为双极性典型连接示意图，即输入通道配置寄存器 CFG[12:10]=010 模式，IN0 至 IN7 参考 COM = VREF/2。
2. C_{REF} 通常使用 1 个 10 微法的陶瓷电容 (X5R)。
3. SPI 时序注意参考文档时序章节。

图 10 双极性输入

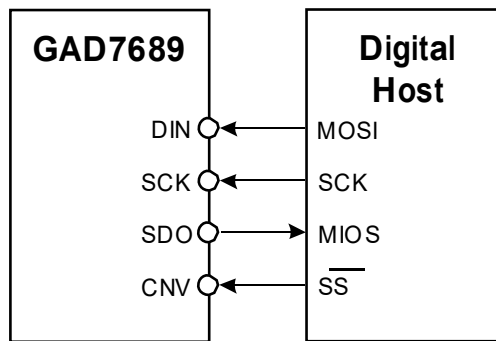


图 11 无繁忙指示器的 GAD7689 与主机连接关系

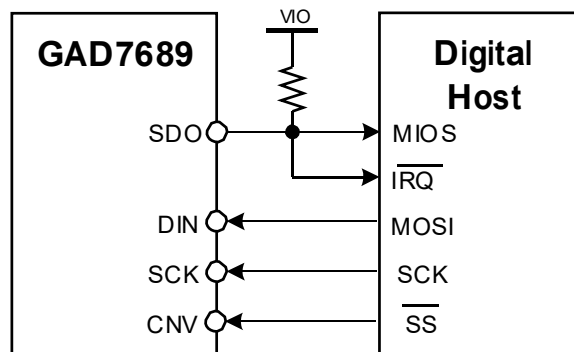


图 12 含繁忙指示器的 GAD7689 与主机连接关系

15. 配置寄存器

GAD7689 利用一个 14 位寄存器 (CFG[13:0]) 配置输入, 待转通道, 单极点滤波器带宽, 基准电压源以及通道序列器。CFG 寄存器通过 14 个 SCK 上升沿锁存于 DIN (MSB 优先), CFG 更新与边沿相关, 允许使用异步或同步主机通讯。可以在转换期间, 采集器件或者全程, 写入 CFG 寄存器, 寄存器的更新发生在转换结束时, 写入 CFG 寄存器总是存在一个深度延迟。注意, 使用通用 SPI 的 16bit 写入 CFG[13:0]时, DIN 要低位补 0, 而非高位补 0。

CFG 寄存器													
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CFG	INCC	INCC	INCC	INx	INx	INx	BW	REF	REF	REF	SEQ	SEQ	RB

表 6

位数	名称	描述			
[13]	CFG	配置更新 0: 保持当前配置 1: 覆盖寄存器内容			
[12:10]	INCC	输入通道配置			
		Bit 12	Bit 11	Bit 10	功能
		0	0	X	双极性差分对 INx-以 VREF/2 为参考
		0	1	0	双极性 INx 以 COM=VREF/2 为参考
		0	1	1	温度传感器
		1	0	X	单极性差分对 INx-以 GND 为参考
		1	1	0	单极性 INx 以 COM=GND 为参考
[9:7]	INx	输入通道选择			
		Bit 9	Bit 8	Bit 7	通道
		0	0	0	IN0
		0	0	1	IN1
	
		1	1	1	IN7
[6]	BW	选择低通滤波器带宽 0: 1/4 带宽 1: 全带宽			
[5:3]	REF	基准电压源/缓冲器/温度传感器设置			
		Bit 5	Bit 4	Bit 3	功能
		0	0	0	内部基准, REF=2.5V
		0	0	1	内部基准, REF=4.096V
		0	1	0	外部基准, 温度传感器使能
0	1	1	外部基准, 内部缓冲器, 温度传感器使能		

		1	1	0	外部基准, 温度传感器禁用
		1	1	1	外部基准, 内部缓冲器, 温度传感器禁用
[2:1]	SEQ	通道序列器			
		Bit 2	Bit 1		功能
		0	0		禁用序列器
		0	1		序列器工作器件更新配置
		1	0		扫描 IN0 至 IN[7:0], 然后温度传感器
		1	1		扫描 IN0 至 IN[7:0]
[0]	RB	回读 CFG 寄存器 0: 数据结束时回读当前配置 1: 不回读			

表 7

16. 外形尺寸

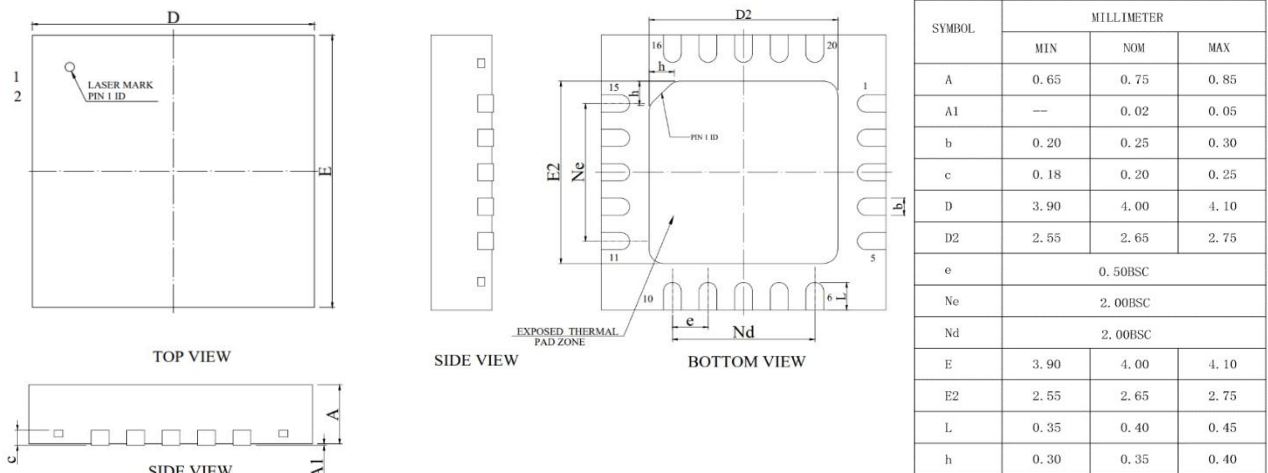


图 13 QFN4x4-20L 封装 单位:mm



杭州地芯科技有限公司

国芯思辰（深圳）科技有限公司

深圳公司：深圳市福田区石厦街新天世纪商务中心 A 座 1513 室

公司网址：www.zhongke-ic.com

联系电话：0755-82565229