



## 目录

特性.....	1	校准 .....	38
应用.....	1	其它校准 .....	39
功能框图.....	1	系统级校准.....	39
修订历史.....	3	电路工作原理.....	40
概述.....	4	电压驱动(FV)模式 .....	40
技术规格.....	6	电流驱动(FI)模式.....	41
时序特性 .....	11	串行接口.....	42
绝对最大额定值.....	15	SPI接口 .....	42
热阻 .....	15	LVDS接口.....	42
ESD警告 .....	15	串行接口写模式 .....	42
引脚配置和功能描述.....	16	RESET功能.....	42
典型性能参数.....	22	BUSY和LOAD功能 .....	42
术语.....	29	寄存器更新速率 .....	44
工作原理.....	30	寄存器选择.....	44
输出放大器.....	30	写系统控制寄存器.....	46
比较器.....	30	写PMU寄存器.....	48
箝位.....	30	写DAC寄存器 .....	50
电流范围选择.....	31	读寄存器 .....	53
高电流范围.....	31	系统控制寄存器的回读.....	54
测量电流增益.....	32	PMU寄存器的回读.....	55
VMID电压 .....	32	比较器状态寄存器的回读 .....	56
选择电源轨.....	33	警报状态寄存器的回读.....	56
测量输出 (MEASOUTx引脚) .....	33	DAC寄存器的回读.....	57
被测器件地(DUTGND).....	33	应用信息.....	58
Guard放大器.....	34	上电默认值.....	58
补偿电容 .....	34	上电时设置设备 .....	58
系统输出和检测开关 .....	35	更改模式 .....	59
温度传感器 .....	35	需要的外部器件 .....	59
DAC电平.....	36	电源去耦 .....	60
偏置DAC.....	36	上电顺序 .....	60
增益和偏置寄存器.....	36	AD5522的典型应用 .....	60
缓存的X2寄存器.....	37	外形尺寸.....	62
基准电压(VREF).....	37	订购指南 .....	63
基准电压源选择 .....	37		

**修订历史****2018年6月—修订版E至修订版F**

更改表1.....	7
更改表2.....	11
更改图5.....	13
更改选择电源轨部分和表10注释2.....	33
移动表11.....	34
更改表11 MV传递函数和表11注释3.....	34
更改表39.....	60
更改“订购指南”.....	63

**2012年5月—修订版D至修订版E**

更改表11 MV传递函数.....	33
-------------------	----

**2011年2月—修订版C至修订版D**

更改测量电流、增益误差温度系数参数.....	6
更改电流驱动、共模误差（增益=5）和共模误差（增益=10）参数.....	7
更改图5.....	13
更改图6.....	14
更改图15.....	22
更改高电流范围部分.....	31
更改增益和偏移寄存器部分.....	36
更改表17尾注1和图56.....	43
更改寄存器更新率和图57.....	44
更改表28中关于位15到0的描述.....	50

**2010年5月—修订版B至修订版C**

更改补偿电容器部分.....	34
更改增益和偏移寄存器部分.....	36
更改表14和减少零量程误差部分.....	38
更改串行接口写模式部分和BUSYLOAD功能部分.....	42
更改表17.....	43
增加表18；重新排序.....	43
更改寄存器更新率部分.....	44
更改表23.....	46
更改表31.....	54

**2009年10月—修订版A至修订版B**

更改表1.....	6
更改表2.....	11
增加图13和图15；重新排序.....	22
增加图16.....	23
更改图21.....	23
更改箱位部分.....	30
更改表22、位21至位18说明.....	44
更改表25、位9说明.....	47
更改表28.....	49
更改图59.....	59

**2008年10月—修订版0至修订版A**

更改表1.....	6
更改表2的4 DAC X1参数.....	11
更改表3.....	12
更改表4回流焊接参数.....	15
更改图18、图19、图20和图21.....	23
更改图25.....	24
更改驱动放大器部分.....	29
更改箱位部分.....	29
更改高电流范围部分.....	30
更改选择电源轨部分.....	32
更改补偿电容器部分.....	33
增加表14，重新排序.....	36
更改基准选择示例.....	36
更改表15BUSY和LOAD功能部分.....	40
更改表17和寄存器更新率部分.....	41
增加表38.....	57
更改“订购指南”.....	60

**2008年7月—修订版0：初始版**

## 概述

AD5522是一款高性能、高集成度参数测量单元，包括四个独立的通道。每个单引脚参数测量单元(PPMU)通道包括五个16位、电压输出DAC，可设置驱动电压输入、箝位输入和比较器输入（高和低）的可编程输入电平。提供五种可编程驱动和测量电流范围，范围为 $\pm 5\mu\text{A}$ 至 $\pm 80\text{ mA}$ 。其中四个范围使用片内检测电阻；每通道还可以使用片外检测电阻提供一个高达 $\pm 80\text{ mA}$ 的高电流输出范围。超过 $\pm 80\text{ mA}$ 的电流需要外部放大器。低电容DUT连接（FOHx和EXTFOHx）能确保器件适用于无继电器测试系统。

该PMU的功能通过一个与SPI、QSPI™、MICROWIRE™和DSP接口标准兼容的简单三线式串行接口控制。50 MHz的接口时钟可工作在快速更新模式。在83 MHz时，它还支持低压差分信号(LVDS)接口协议。为每个通道提供比较器输出，用于器件通过/不通过测试和特性测定。控制寄存器允许用户轻松地更改驱动或测量条件、DAC电平和所选电流范围。SDO（串行数据输出）引脚允许用户回读诊断信息。

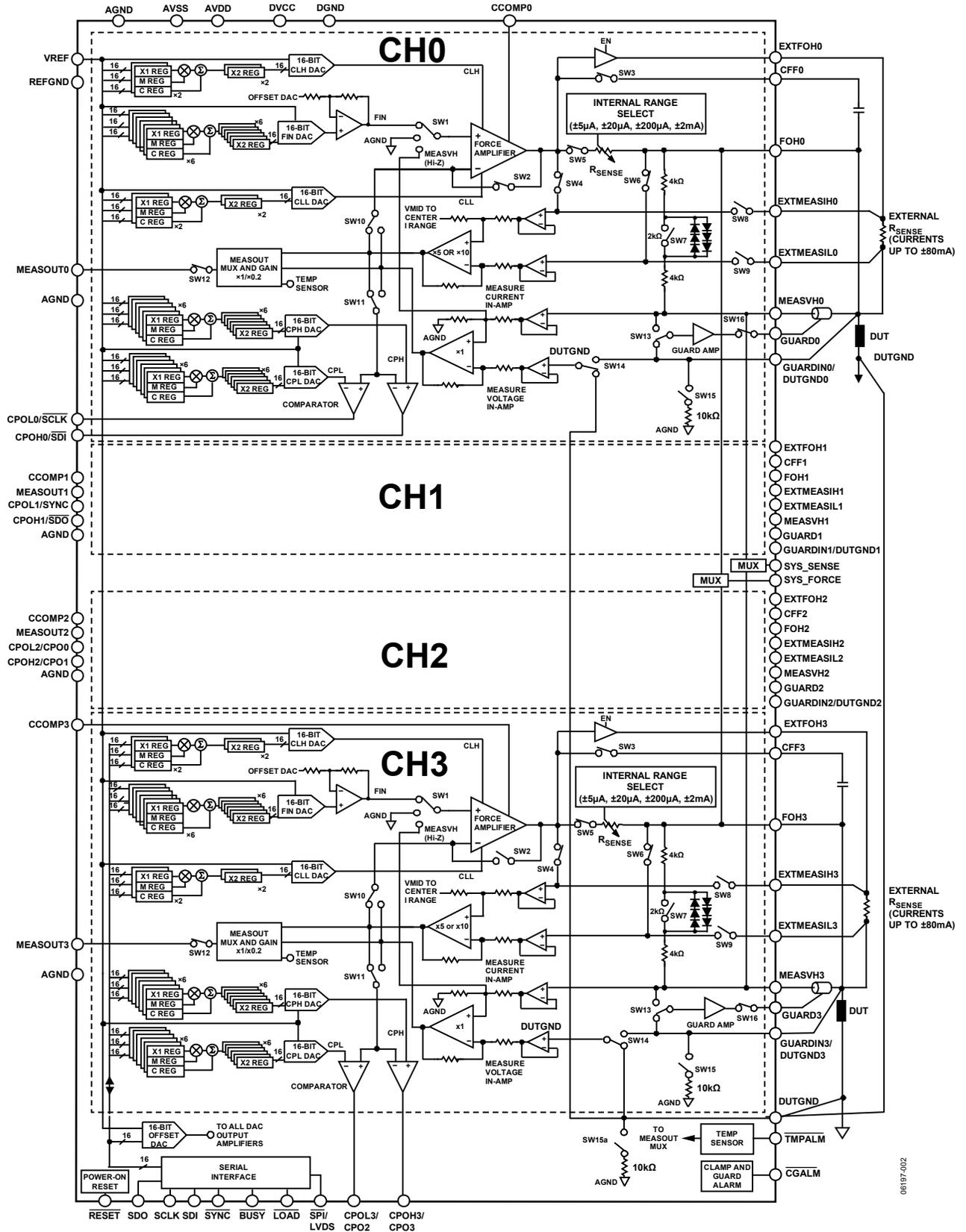


图2. 详细框图

## 技术规格

AVDD ≥ 10 V; AVSS ≤ -5 V; |AVDD - AVSS| ≥ 20 V且 ≤ 33 V; DVCC = 2.3 V至5.25 V; VREF = 5 V; REFVDD = DUTGND = AGND = 0 V; 增益(M)、偏置(C)和DAC偏置寄存器为默认值时; 除非另有说明, 否则TJ = 25°C至90°C。(FV = 电压驱动、FI = 电流驱动、MV = 测量电压、MI = 测量电流、FS = 满量程、FSR = 满量程范围、FSVR = 满量程电压范围、FSCR = 满量程电流范围。)

表1.

参数	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位	测试条件/注释
电压驱动					
FOHx输出电压范围 <sup>2</sup>	AVSS + 4		AVDD - 4	V	所有电流范围均为满量程电流下的FOHx, 包括检测电阻上的±1 V压降
EXTFOHx输出电压范围 <sup>2</sup>	AVSS + 3		AVDD - 3	V	满量程电流下的外部高电流范围, 不包括检测电阻上的±1 V压降
输出电压跨度		22.5		V	
偏置误差	-50		+50	mV	以中间位电平码测量; 校准前
偏置误差温度系数 <sup>2</sup>		-10		μV/°C	标准偏差 = 20 μV/°C
增益误差	-0.5		+0.5	% FSR	校准前
增益误差温度系数 <sup>2</sup>		0.5		ppm/°C	标准偏差 = 0.5 ppm/°C
线性误差	-0.01		+0.01	% FSR	FSR = 满量程范围(±10 V), 校准出增益和偏置误差
短路限流 <sup>2</sup>	-150		+150	mA	±80 mA范围
	-10		+10	mA	所有其他范围
噪声频谱密度(NSD) <sup>2</sup>		320		nV/√Hz	1 kHz, 在FV模式下处于FOHx
测量电流					除非另有说明, 否则测量电流 = (I <sub>DUT</sub> × R <sub>SENSE</sub> × 增益), 放大器增益 = 5或10
差分输入电压范围 <sup>2</sup>	-1.125		+1.125	V	R <sub>SENSE</sub> 两端的电压; 增益 = 5 或 10
输出电压跨度		22.5		V	用VREF = 5 V测量电流, 之后MEASOUT输出
偏置误差	-0.5		+0.5	% FSCR	V(R <sub>SENSE</sub> ) = ±1 V, 在零电流流动下测得
偏置误差温度系数 <sup>2</sup>		1		μV/°C	折合到MI输入; 标准偏差 = 4 μV/°C
增益误差	-1		+1	% FSCR	使用内部电流范围
	-0.5		+0.5	% FSCR	单独测量电流放大器
增益误差温度系数 <sup>2</sup>		-2		ppm/°C	标准偏差 = 2 ppm/°C, 单独测量电流放大器; 内部检测电阻25 ppm/°C
线性误差 (MEASOUTx增益 = 1)	-0.015		+0.015	% FSR	MI增益 = 10
	-0.01		+0.01	% FSR	MI增益 = 5
线性误差 (MEASOUTx增益 = 0.2)	-0.06		+0.06	% FSR	MI增益 = 10、AVDD = 28 V、AVSS = -5 V、偏置DAC = 0x0
	-0.11		+0.11	% FSR	MI增益 = 10、AVDD = 10 V、AVSS = -23 V、偏置DAC = 0x0EDB7
	-0.015		+0.015	% FSR	MI增益 = 10、AVDD = 15.25 V、AVSS = -15.25 V、偏置DAC = 0xA492
	-0.06		+0.06	% FSR	MI增益 = 5、AVDD = 28 V、AVSS = -5 V、偏置DAC = 0x0
	-0.01		+0.01	% FSR	MI增益 = 5、AVDD = 10 V、AVSS = -23 V、偏置DAC = 0xEDB7
	-0.01		+0.01	% FSR	MI增益 = 5、AVDD = 15.25 V、AVSS = -15.25 V、偏置DAC = 0xA492
共模电压范围 <sup>2</sup>	AVSS + 4		AVDD - 4	V	
共模误差 (增益 = 5)	-0.01		+0.01	% FSCR/V	驱动输出端DUT电压每变化1V时的满量程变化百分比
共模误差 (增益 = 10)	-0.005		+0.005	% FSCR/V	驱动输出端DUT电压每变化1V时的满量程变化百分比
检测电阻器		200		kΩ	片上检测电阻器已微调到1%以内
		50		kΩ	±5μA范围
		5		kΩ	±20μA范围
		0.5		kΩ	±200μA范围
				kΩ	±2 mA范围

参数	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位	测试条件/注释
测量电流范围 <sup>2</sup>		±5		μA	VREF = 5 V且MI增益= 10, 或VREF = 2.5 V且MI增益= 5时, 可实现指定的电流范围
		±20		μA	使用内部检测电阻设置
		±200		μA	使用内部检测电阻设置
		±2		mA	使用内部检测电阻设置
			±80	mA	使用内部检测电阻设置
					使用外部检测电阻设置; 内部放大器可以驱动高达±80 mA
噪声频谱密度(NSD) <sup>2</sup>		400		nV/√Hz	1 kHz, 仅MI放大器, 输入接地
电流驱动					
顺从电压, FOHx <sup>2</sup>	AVSS + 4		AVDD - 4	V	支持64 mA灌电流和80 mA源电流
顺从电压, EXTFOHx <sup>2</sup>	AVSS + 3		AVDD - 3	V	支持80 mA灌电流和源电流
	AVSS + 6		AVDD - 3	V	在校准前以中间位电平码0 V测量
偏置误差	-0.5		+0.5	% FSCR	标准偏差 = 5 ppm/°C
偏置误差温度系数 <sup>2</sup>		5		ppm FS/°C	校准前
增益误差	-1.5		+1.5	% FSCR	标准偏差 = 5 ppm/°C
增益误差温度系数 <sup>2</sup>		-6		ppm/°C	校准前
线性误差	-0.02		+0.02	% FSCR	
共模误差 (增益 = 5)	-0.01		+0.01	% FSCR/V	DUT电压每变化-1V时的满量程变化百分比
共模误差 (增益 = 10)	-0.006		+0.006	% FSCR/V	DUT电压每变化-1V时的满量程变化百分比
电流驱动范围					VREF = 5 V且MI增益= 10, 或VREF = 2.5 V且MI增益= 5 V时, 可实现指定的电流范围
		±5		μA	使用内部检测电阻设置, 200 kΩ
		±20		μA	使用内部检测电阻设置, 50 kΩ
		±200		μA	使用内部检测电阻设置, 5 kΩ
		±2		mA	使用内部检测电阻设置, 500 Ω
		±64	±80	mA	使用外部检测电阻设置, 内部放大器可以驱动高达±80 mA的电流, 同时提高了顺从性
测量电压					
测量电压范围 <sup>2</sup>	AVSS + 4		AVDD - 4	V	
偏置误差	-10		+10	mV	增益= 1, 在0 V下测量
	-25		+25	mV	增益= 0.2, 在0 V下测量
偏置误差温度系数 <sup>2</sup>		-1		μV/°C	标准偏差 = 6 μV/°C
增益误差	-0.25		+0.25	% FSR	MEASOUTx增益= 1
	-0.5		+0.5	% FSR	MEASOUTx增益= 0.2
增益误差温度系数 <sup>2</sup>		1		ppm/°C	标准偏差 = 4 ppm/°C
线性误差 (MEASOUTx增益 = 1)	-0.01		+0.01	% FSR	
线性误差 (MEASOUTx增益 = 0.2)	-0.01		+0.01	% FSR	AVDD = 15.25 V、AVSS = -15.25 V、偏置DAC = 0xA492
	-0.06		+0.06	% FSR	AVDD = 28 V、AVSS = -5 V、偏置DAC = 0x0
	-0.1		+0.1	% FSR	AVDD = -10 V、AVSS = -23 V、偏置DAC = 0x3640
噪声频谱密度(NSD) <sup>2</sup>		100		nV/√Hz	1 kHz; 仅测量电压放大器, 输入接地
偏置DAC					
量程误差		±30		mV	
比较器					
比较器量程		22.5		V	
偏置误差	-2	+1	+2	mV	直接在比较器端测量; 不包括测量模块误差
偏置误差温度系数 <sup>2</sup>		1		μV/°C	标准偏差 = 2 μV/°C
传播延迟 <sup>2</sup>		0.25		μs	
电压箝位					
箝位量程		22.5		V	
正箝位精度			155	mV	
负箝位精度	-155			mV	
CLL至CLH <sup>2</sup>	500			mV	CLL < CLH且间距为最小电压
恢复时间 <sup>2</sup>		0.5	1.5	μs	
激活时间 <sup>2</sup>		1.5	3	μs	

参数	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位	测试条件/注释
电流箝位					
箝位精度	编程 箝位值		编程 箝位值 ±10	% FSC	MI增益= 10, 箝位电流与选定范围成比例
	编程 箝位值		编程 箝位值 ±20	% FSC	MI增益= 5, 箝位电流与选定范围成比例
CLL至CLH <sup>2</sup>	5 10			% of I <sub>RANGE</sub> % of I <sub>RANGE</sub>	CLL < CLH且间距为最小设置值, MI增益= 10 CLL < CLH且间距为最小设置值, MI增益= 5
恢复时间 <sup>2</sup>		0.5	1.5	μs	
激活时间 <sup>2</sup>		1.5	3	μs	
FOHx、EXTFOHx、EXTMEASILx、 EXTMEASIHx、CFFx引脚					
引脚电容 <sup>2</sup>		10		pF	
漏电流	-3		+3	nA	单个引脚开关泄漏, 向引脚输出±11 V的电压时测得, 通道使能 (但为三态)
泄漏电流温度系数 <sup>2</sup>		±0.01		nA/°C	
MEASVHx引脚					
引脚电容 <sup>2</sup>		3		pF	
漏电流	-3		+3	nA	向引脚输出±11 V的电压时测得, 通道使能 (但为三态)
泄漏电流温度系数 <sup>2</sup>		±0.01		nA/°C	
SYS_SENSE引脚					
引脚电容 <sup>2</sup>		3		pF	SYS_SENSE已连接, 驱动放大器已禁止
开关阻抗		1	1.3	kΩ	
漏电流	-3		+3	nA	向引脚输出±11 V的电压时测量, 开关关闭
泄漏电流温度系数 <sup>2</sup>		±0.01		nA/°C	
SYS_FORCE引脚					
引脚电容 <sup>2</sup>		6		pF	SYS_FORCE已连接, 驱动放大器已禁止
开关阻抗		60	80	Ω	
漏电流	-3		+3	nA	向引脚输出±11 V的电压时测量, 开关关闭
泄漏电流温度系数 <sup>2</sup>		±0.01		nA/°C	
DUT端的组合泄漏					
漏电流	-15 -25		+15 +25	nA nA	包括FOHx、MEASVHx、SYS_SENSE、SYS_FORCE、 EXTMEASILx、EXTMEASIHx、EXTFOHx和CFFx, 计算所有个体泄漏贡献因素 T <sub>J</sub> = 25°C至70°C T <sub>J</sub> = 25°C至90°C
泄漏电流温度系数 <sup>2</sup>		±0.1		nA/°C	
DUTGNDx引脚					
电压范围	-500		+500	mV	
漏电流	-30		+30	nA	
MEASOUTx引脚					
输出电压跨度		22.5		V	相对于AGND 软件可编程输出范围
输出阻抗		60	80	Ω	
输出漏电流	-3		+3	nA	SW12关闭
输出电容 <sup>2</sup>			15	pF	
最大负载电容 <sup>2</sup>			0.5	μF	
输出电流驱动器 <sup>2</sup>		2		mA	
短路电流	-10		+10	mA	
压摆率 <sup>2</sup>		2		V/μs	
使能时间 <sup>2</sup>		150	320	ns	关闭SW12, 从 $\overline{\text{BUSY}}$ 上升沿测得
禁用时间 <sup>2</sup>		400	1100	ns	打开SW12, 从 $\overline{\text{BUSY}}$ 上升沿测量
MI到MV切换时间 <sup>2</sup>		200		ns	从 $\overline{\text{BUSY}}$ 上升沿测量, 不包括压摆时间和建立时间

参数	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位	测试条件/注释
GUARDx引脚					
输出电压跨度		22.5		V	
输出偏置	-10		+10	mV	
短路电流	-15		+15	mA	
最大负载电容 <sup>2</sup>			100	nF	
输出阻抗		85		$\Omega$	
三态漏电流 <sup>2</sup>	-30		+30	nA	guard放大器被禁用时
压摆率 <sup>2</sup>		5		V/ $\mu$ s	$C_{LOAD} = 10$ pF
警报激活时间 <sup>2</sup>		200		$\mu$ s	警报延迟以排除误报
驱动放大器 <sup>2</sup>					
压摆率		0.4		V/ $\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
增益带宽		1.3		MHz	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
最大稳定负载电容			10,000	pF	CCOMPx = 100 pF, 较大的 $C_{LOAD}$ 需要较大的CCOMP电容
			100	nF	CCOMPx = 1 nF, 较大的 $C_{LOAD}$ 需要较大的CCOMP比较器
FV建立时间为FS的0.05% <sup>2</sup>					中量程到满量程变化; 从SYNC上升沿测量, 箝位打开
$\pm 80$ mA范围		22	40	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 2$ mA范围		24	40	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 200$ $\mu$ A范围		40	80	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 20$ $\mu$ A范围		300		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 5$ $\mu$ A范围		1400		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
MI建立时间为FS的0.05% <sup>2</sup>					中量程到满量程变化; 在FV模式下由驱动放大器驱动, 因此包括从SYNC上升沿测量的FV稳定时间, 箝位打开
$\pm 80$ mA范围		22	40	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 2$ mA范围		24	40	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 200$ $\mu$ A范围		60	100	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 20$ $\mu$ A范围		462		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 5$ $\mu$ A范围		1902		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, CFFx = 220 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
FI建立时间为FS的0.05% <sup>2</sup>					中量程到满量程变化; 从SYNC上升沿测量, 箝位打开
$\pm 80$ mA范围		24	55	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 2$ mA范围		24	60	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 200$ $\mu$ A范围		50	120	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 20$ $\mu$ A范围		450		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 5$ $\mu$ A范围		2700		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
MV建立时间为FS的0.05% <sup>2</sup>					中量程到满量程变化; 在FV模式下由驱动放大器驱动, 因此包括从SYNC上升沿测量的FV稳定时间, 箝位打开
$\pm 80$ mA范围		24	55	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 2$ mA范围		24	60	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 200$ $\mu$ A范围		50	120	$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 20$ $\mu$ A范围		450		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
$\pm 5$ $\mu$ A范围		2700		$\mu$ s	CCOMPx = 100 pF, $C_{LOAD} = 200$ pF
DAC技术规格					
分辨率			16	Bits	
输出电压范围 <sup>2</sup>		22.5		V	VREF = 5 V, 范围为-16.25 V至+22.5 V
微分非线性 <sup>2</sup>	-1		+1	LSB	通过设计保证整个温度范围内的一致性
比较器DAC动态规格 <sup>2</sup>					
输出电压建立时间		1		$\mu$ s	500 mV变为 $\pm 1/2$ LSB
压摆率		5.5		V/ $\mu$ s	
数模转换脉冲干扰		20		nV-sec	
毛刺脉冲峰值幅度		10		mV	
基准输入					
VREF直流输入阻抗	1	100		M $\Omega$	
VREF输入电流	-10	+0.03	+10	$\mu$ A	
VREF范围 <sup>2</sup>	2		5	V	

参数	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位	测试条件/注释
片上温度传感器					
精度 <sup>2</sup>		±7		°C	
25°C时输出电压		1.5		V	
输出比例因子 <sup>2</sup>		4.6		mV/°C	
输出电压范围 <sup>2</sup>	0		3	V	
交互作用和串扰 <sup>2</sup>					
直流串扰(FOHX)		0.05	0.65	mV	器件中任何DAC的直流变化引起的直流变化, FV和FI模式, ±2 mA范围, C <sub>LOAD</sub> = 200 pF, R <sub>LOAD</sub> = 5.6kΩ
直流串扰(MEASOUTx)		0.05	0.65	mV	器件中任何DAC的直流变化引起的直流变化, MV和MI模式, ±2 mA范围, C <sub>LOAD</sub> = 200 pF, R <sub>LOAD</sub> = 5.6kΩ
通道内的直流串扰		0.05		mV	FVMI模式下的所有通道, 一个通道为中量程, 测量处于最低电流范围内的一个通道的电流, 改变该PMU的比较器或箝位DAC电平
SPI接口逻辑输入					
输入高电压, V <sub>IH</sub>	1.7/2.0			V	(2.3 V至2.7 V) / (2.7 V至5.25 V), 符合JEDEC标准的输入电平
输入低电压, V <sub>IL</sub>			0.7/0.8	V	(2.3 V至2.7 V) / (2.7 V至5.25 V), 符合JEDEC标准的输入电平
输入电流, I <sub>INH</sub> , I <sub>INL</sub>	-1		+1	μA	
输入电容, C <sub>IN</sub> <sup>2</sup>			10	pF	
CMOS逻辑输出					SDO, CPOx
输出高电压, V <sub>OH</sub>	DVCC - 0.4			V	
输出低电压, V <sub>OL</sub>			0.4	V	I <sub>OL</sub> = 500 μA
三态漏电流	-2		+2	μA	SDO, CPOH1/SDO
输出电容 <sup>2</sup>	-1		+1	μA	所有其他输出引脚
			10	pF	
漏极开路逻辑输出					BUSY、TMPALM、CGALM
输出低电压, V <sub>OL</sub>			0.4	V	I <sub>OL</sub> = 500μA, C <sub>LOAD</sub> = 50 pF, R <sub>PULLUP</sub> = 1kΩ
输出电容 <sup>2</sup>			10	pF	
LVDS接口逻辑输入					
减少范围链路 <sup>2</sup>					
输入电压范围	875		1575	mV	
输入差分阈值	-100		+100	mV	
外部端接电阻	80	100	120	Ω	
差分输入电压	100			mV	
LVDS接口逻辑输出					
减少范围链路					
输出偏置电压		1200		mV	
输出差分电压		400		mV	
电源					
AVDD	10		28	V	AVDD - AVSS  ≤ 33 V
AVSS	-23		-5	V	
DVCC	2.3		5.25	V	
A <sub>I</sub> DD			26	mA	内部范围 (±5μA至±2 mA), 不包括负载条件; 比较器和guard放大器被禁用
A <sub>I</sub> SS	-26			mA	内部范围 (±5μA至±2 mA), 不包括负载条件; 比较器和guard放大器被禁用
A <sub>I</sub> DD			28	mA	内部范围 (±5μA至±2 mA), 不包括负载条件; 比较器和guard放大器被使能
A <sub>I</sub> SS	-28			mA	内部范围 (±5μA至±2 mA), 不包括负载条件; 比较器和guard放大器被使能
A <sub>I</sub> DD			36	mA	外部范围, 不包括负载条件
A <sub>I</sub> SS	-36			mA	外部范围, 不包括负载条件
D <sub>I</sub> CC			1.5	mA	
最大功耗 <sup>2</sup>			7	W	在最差负载条件下, 该封装中消耗的最大功率; 请仔细考虑电源轨的选择和散热设计

参数	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位	测试条件/注释
电源灵敏度 <sup>2</sup>					从直流到1 kHz
Δ电压驱动/ΔAVDD		-80		dB	
Δ电压驱动/ΔAVSS		-80		dB	
Δ测得电流/ΔAVDD		-85		dB	
Δ测得电流/ΔAVSS		-75		dB	
Δ电流驱动/ΔAVDD		-75		dB	
Δ电流驱动/ΔAVSS		-75		dB	
Δ测得电压/ΔAVDD		-85		dB	
Δ测得电压/ΔAVSS		-80		dB	
Δ电压驱动/ΔDVCC		-90		dB	
Δ测得电流/ΔDVCC		-90		dB	
Δ电流驱动/ΔDVCC		-90		dB	
Δ测得电压/ΔDVCC		-90		dB	

<sup>1</sup> 除非另有说明，否则典型规格为25°C且采用±15.25 V额定电源。

<sup>2</sup> 通过设计和特性保证；未经生产测试。除非另有说明，否则温度系数值是平均值和标准偏差。

## 时序特性

除非另有说明，AVDD ≥ 10V，AVSS ≤ -5 V，|AVDD - AVSS| ≥ 20V且 ≤ 33V，DVCC = 2.3 V至5.25 V，VREF = 5 V，T<sub>J</sub> = 25°C至90°C。

表2. SPI接口

参数 <sup>1,2,3</sup>	DVCC, T <sub>MIN</sub> 限值, T <sub>MAX</sub>			单位	描述
	2.3 V至2.7 V	2.7 V至3.6 V	4.5 V至5.25 V		
t <sub>WRITE</sub> <sup>4</sup>	1030	735	735	ns (最小值)	单通道更新周期时间 (X1寄存器写入)
	950	655	655	ns (最小值)	单通道更新周期时间 (任何其他寄存器写入)
t <sub>1</sub>	30	20	20	ns (最小值)	SCLK周期时间
t <sub>2</sub>	8	8	8	ns (最小值)	SCLK高电平时间
t <sub>3</sub>	8	8	8	ns (最小值)	SCLK低电平时间
t <sub>4</sub>	10	10	10	ns (最小值)	SYNC下降沿到SCLK下降沿建立时间
t <sub>5</sub> <sup>4</sup>	150	150	150	ns (最小值)	X1寄存器写入后写入模式的SYNC高电平时间的最小值 (一个通道)
	70	70	70	ns (最小值)	任何其他寄存器写入后写入模式的SYNC高电平时间的最小值
t <sub>6</sub>	10	5	5	ns (最小值)	第29 SCLK下降沿到SYNC上升沿
t <sub>7</sub>	5	5	5	ns (最小值)	数据建立时间
t <sub>8</sub>	9	7	4.5	ns (最小值)	数据保持时间
t <sub>9</sub>	120	75	55	ns (最大值)	SYNC上升沿到BUSY下降沿
t <sub>10</sub>					X1和部分PMU寄存器写入的BUSY脉冲宽度低；见表17和表18
1 DAC X1	1.65	1.65	1.65	μs (最大值)	
2 DAC X1	2.3	2.3	2.3	μs (最大值)	
3 DAC X1	2.95	2.95	2.95	μs (最大值)	
4 DAC X1	3.6	3.6	3.6	μs (最大值)	
Other Registers	270	270	270	ns (最大值)	系统控制寄存器/PMU寄存器
t <sub>11</sub>	20	20	20	ns (最小值)	第29 SCLK下降沿到LOAD下降沿
t <sub>12</sub>	20	20	20	ns (最小值)	LOAD脉冲宽度低
t <sub>13</sub>	150	150	150	ns (最小值)	BUSY上升沿到FOHx输出响应时间
t <sub>14</sub>	0	0	0	ns (最小值)	BUSY上升沿到LOAD下降沿
t <sub>15</sub>	100	100	100	ns (最大值)	LOAD下降沿到FOHx输出响应时间
t <sub>16A</sub>	4.0	4.0	4.0	μs (最小值)	RESET脉冲宽度低
t <sub>16B</sub>	4.0	4.0	4.0	μs (最大值)	RESET低到BUSY低的最大值
t <sub>17</sub>	750	750	750	μs (最大值)	BUSY低电平表示的RESET时间

参数 <sup>1,2,3</sup>	DVCC, T <sub>MIN</sub> 限值, T <sub>MAX</sub>			单位	描述
	2.3 V至2.7 V	2.7 V至3.6 V	4.5 V至5.25 V		
t <sub>18</sub>	400	400	400	ns (最小值)	SYNC回读模式下的高电平时间的最小值
t <sub>19</sub> <sup>5,6</sup>	60	45	25	ns (最大值)	SCLK上升沿到SDO有效; DVCC= 5 V至5.25 V

<sup>1</sup> 通过设计和特性保证; 未经生产测试。

<sup>2</sup> 所有输入信号的额定值均为t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 2 ns (DVCC的10%至90%), 并从1.2 V的电压电平开始计时。

<sup>3</sup> 参见图5和图6。

<sup>4</sup> 写入一个以上的X1寄存器, 可延长校准引擎的工作时间, 如BUSY低电平时间T<sub>10</sub>所示。对一个或多个X1寄存器的后续写入操作要么定时, 要么等到BUSY回到高电平 (见图56)。这是确保数据不丢失、不被覆盖的必要条件。

<sup>5</sup> t<sub>19</sub>是用图4所示负载电路测量的。

<sup>6</sup> SDO输出随着DVCC电源的降低而减慢, 可能需要使用较慢的SCLK。

表3. LVDS接口

参数 <sup>1,2,3</sup>	DVCC, T <sub>MIN</sub> 限值, T <sub>MAX</sub>		单位	描述
	2.7 V至3.6 V	4.5 V至5.25 V		
t <sub>1</sub>	20	12	ns (最小值)	SCLK周期时间
t <sub>2</sub>	8	5	ns (最小值)	SCLK脉冲宽度高低时间
t <sub>3</sub>	3	3	ns (最小值)	SYNC到SCLK建立时间
t <sub>4</sub>	3	3	ns (最小值)	数据建立时间
t <sub>5</sub>	5	3	ns (最小值)	数据保持时间
t <sub>6</sub>	3	3	ns (最小值)	SCLK到SYNC保持时间
t <sub>7</sub> <sup>4</sup>	45	25	ns (最小值)	SCLK上升沿到SDO有效
t <sub>8</sub>	150	150	ns (最小值)	X1寄存器写入后写入模式的SYNC高电平时间的最小值
	70	70	ns (最小值)	任何其他寄存器写入后写入模式的SYNC高电平时间的最小值
	400	400	ns (最小值)	SYNC回读模式下的高电平时间的最小值

<sup>1</sup> 通过设计和特性保证; 未经生产测试。

<sup>2</sup> 所有输入信号的额定值均为t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 2 ns (DVCC的10%至90%), 并从1.2 V的电压电平开始计时。

<sup>3</sup> 参见图7。

<sup>4</sup> SDO输出随着DVCC电源的降低而减慢, 可能需要使用较慢的SCLK。

电路图和时序图

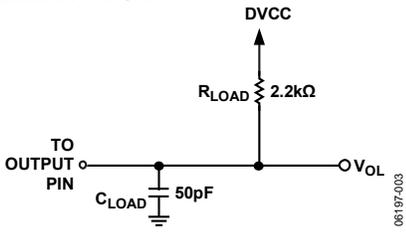


图3. CGALM、TMPALM的负载电路

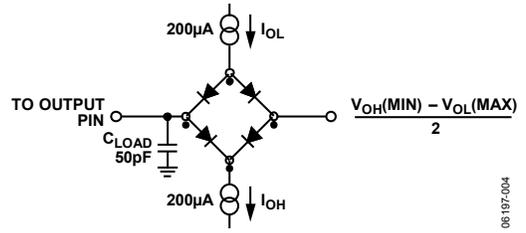
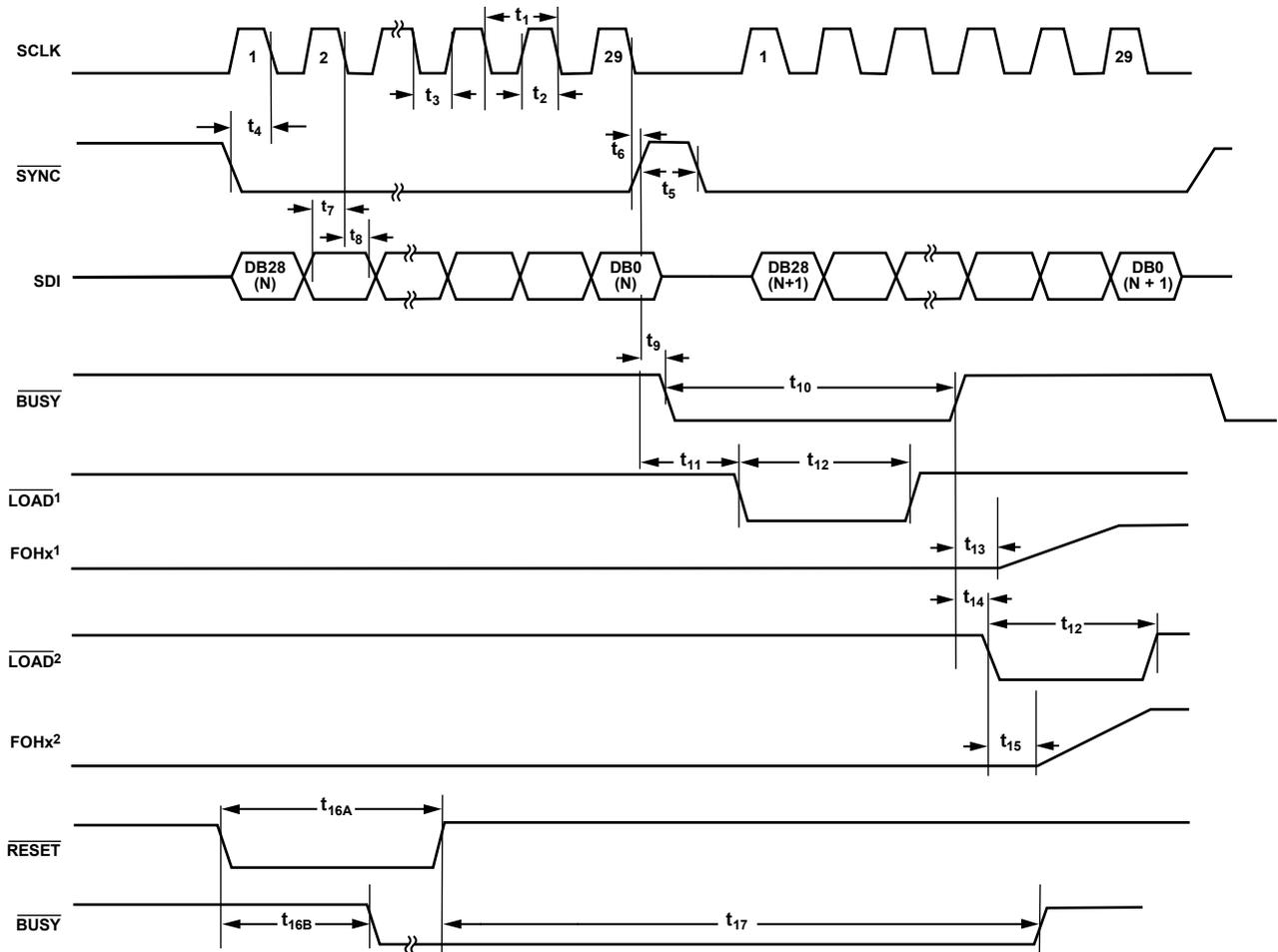


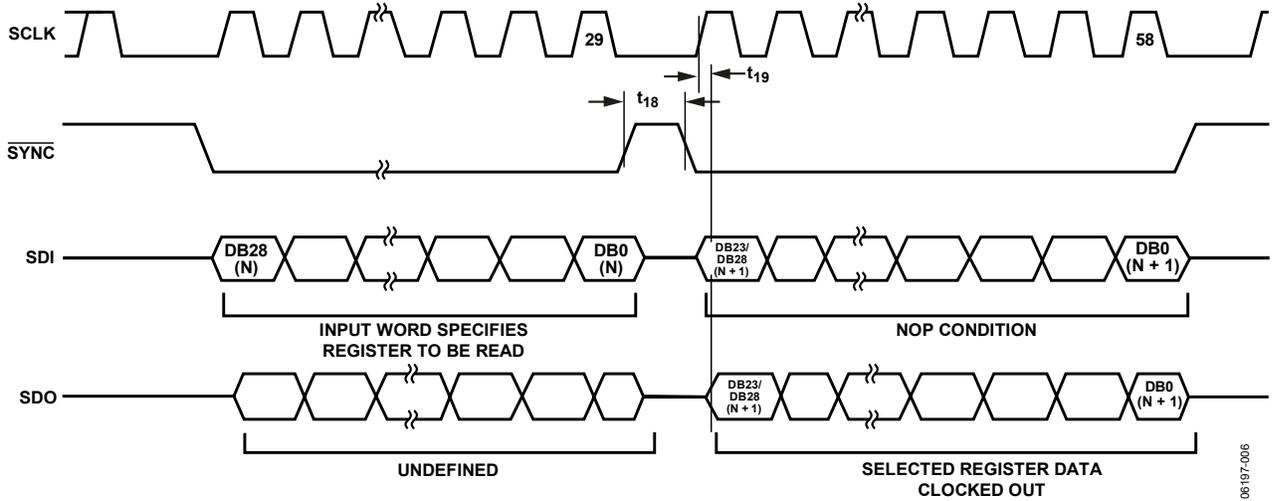
图4. SDO的负载电路, BUSY时序图



<sup>1</sup>LOAD ACTIVE DURING BUSY.  
<sup>2</sup>LOAD ACTIVE AFTER BUSY.

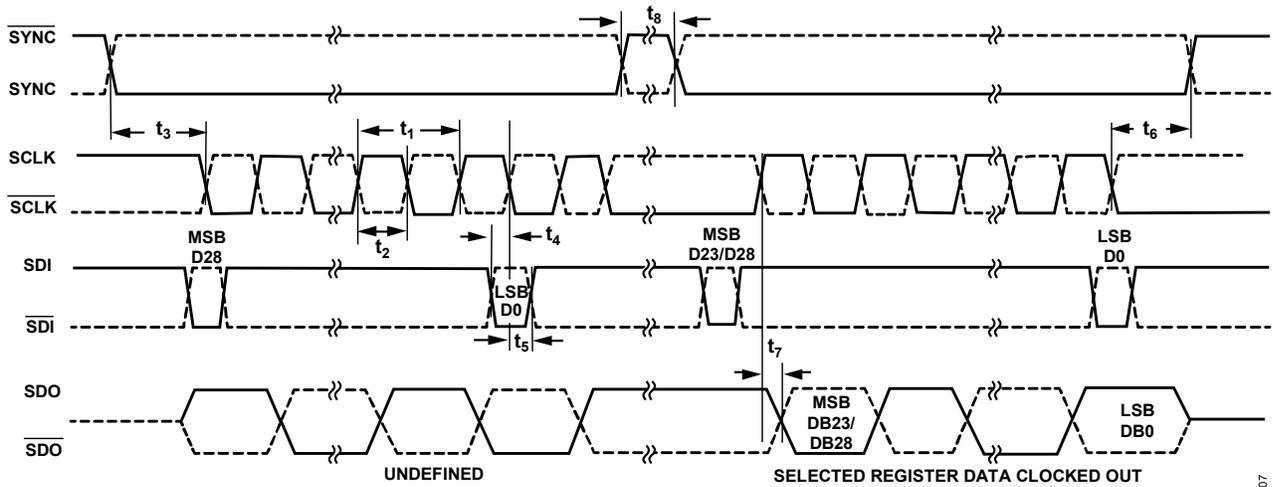
图5. SPI写时序 (写字包含29位)

06197-005



06197-006

图6. SPI读取时序 (回读字包含24位, 可以使用至少24个时钟沿输出)



06197-007

图7. LVDS读写时序 (回读字包含24位, 可以使用至少24个时钟沿输出)

## 绝对最大额定值

表4.

参数	额定值
电源电压, AVDD至AVSS	34 V
AVDD至AGND	-0.3 V至+34 V
AVSS至AGND	+0.3 V至-34 V
VREF至AGND	-0.3 V至+7 V
DUTGND至AGND	AVDD + 0.3 V至AVSS - 0.3 V
REFGND至AGND	AVDD + 0.3 V至AVSS - 0.3 V
DVCC至DGND	-0.3 V至+7 V
AGND至DGND	-0.3 V至+0.3 V
数字输入至DGND	-0.3 V至DVCC + 0.3 V
模拟输入至AGND	AVSS - 0.3 V至AVDD + 0.3 V
存储温度范围	-65°C至+125°C
工作结温范围 (J版)	25°C至90°C
回流焊	JEDEC标准(J-STD-020)
结温	150°C (最大值)

注意, 等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值, 不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下, 器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

## 热阻

热阻值是针对最差条件的额定值, 即焊接在电路板上用于表贴封装的器件。

表5. 热阻<sup>1</sup> (JEDEC 4层(1S2P)板)

封装类型	气流(LFPM)	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	单位
TQFP封装,底部有裸露焊盘 无散热器 <sup>2</sup>	0	22.3	4.8	°C/W
	200	17.2		°C/W
	500	15.1		°C/W
	N/A <sup>4</sup>	5.4	4.8	°C/W
TQFP封装,顶部有裸露焊盘 无散热器 <sup>2</sup>	0	42.4	2	°C/W
	200	37.2		°C/W
	500	35.7		°C/W
	N/A <sup>4</sup>	3.0	2	°C/W

<sup>1</sup> 本节中的信息基于仿真散热信息。

<sup>2</sup> 这些值适用于未安装散热器的封装。封装的实际散热性能取决于安装的散热器和环境条件。

<sup>3</sup> 在55°C环境温度下自然对流。假设冷却板和裸露焊盘之间的接触完美无缺。

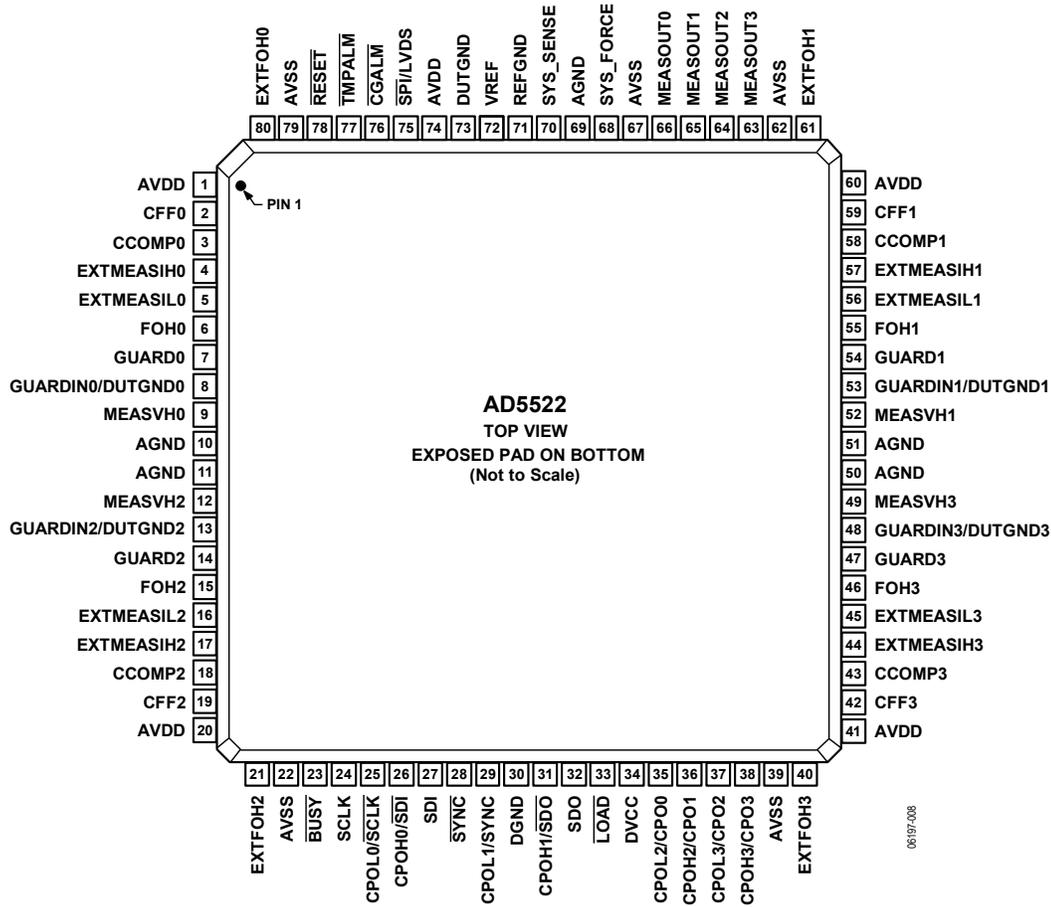
<sup>4</sup> N/A表示不适用。

## ESD警告



**ESD (静电放电) 敏感器件。** 带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路, 但在遇到高能量ESD时, 器件可能会损坏。因此, 应当采取适当的ESD防范措施, 以避免器件性能下降或功能丧失。

## 引脚配置和功能描述



NOTES  
 1. THE EXPOSED PAD IS INTERNALLY ELECTRICALLY CONNECTED TO AVSS. FOR ENHANCED THERMAL, ELECTRICAL, AND BOARD LEVEL PERFORMANCE, THE EXPOSED PADDLE ON THE BOTTOM OF THE PACKAGE SHOULD BE SOLDERED TO A CORRESPONDING THERMAL LAND PADDLE ON THE PCB.

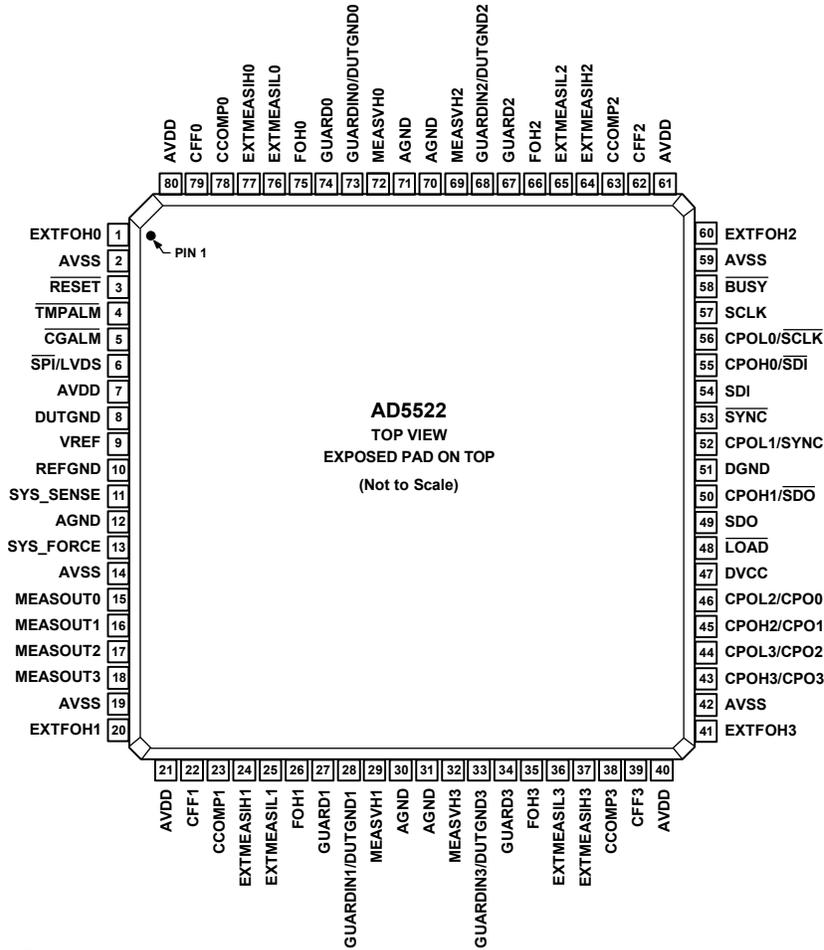
图8. 引脚配置，裸露焊盘在底部

表6. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1, 20, 41, 60, 74	AVDD	裸露焊盘 裸露焊盘内部以电气方式连接到AVSS。为了提高散热、电气和电路板性能，封装底部的裸露焊盘应焊接到PCB上相应的散热焊盘上。 正模拟电源电压。
2	CFF0	通道0的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
3	CCOMP0	通道0的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
4	EXTMEASIH0	高电流范围（通道0）的电流检测输入（采样电阻高边）。
5	EXTMEASIL0	高电流范围（通道0）的电流检测输入（采样电阻低边）。
6	FOH0	内部电流档位的驱动输出（通道0）。
7	GUARD0	通道0的guard输出驱动器。
8	GUARDIN0/DUTGND0	通道0的guard放大器输入/通道0的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN0。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH0。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
9	MEASVH0	通道0的DUT电压检测输入（高边）。
10, 11, 50, 51, 69	AGND	模拟地。这些引脚是模拟电源和测量电路的基准点。
12	MEASVH2	通道2的DUT电压检测输入（高边）。

引脚编号	引脚名称	描述
13	GUARDIN2/ DUTGND2	通道2的保护放大器输入/通道2的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN2。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH2。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
14	GUARD2	通道2的保护输出驱动器。
15	FOH2	内部电流档位的驱动输出（通道2）。
16	EXTMEASIL2	高电流范围（通道2）的电流检测输入（采样电阻低边）。
17	EXTMEASIH2	高电流范围（通道2）的电流检测输入（采样电阻高边）。
18	CCOMP2	通道2的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
19	CFF2	通道2的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
21	EXTFOH2	高电流范围的驱动输出（通道2）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达±80 mA。有关更多信息，请参见电流范围选择部分。
22, 39, 62, 67, 79	AVSS	负模拟电源电压。
23	$\overline{\text{BUSY}}$	数字输入/开漏输出。该引脚指示接口的状态。有关更多信息，请参阅 $\overline{\text{BUSY}}$ 和 $\overline{\text{LOAD}}$ 功能部分。
24	SCLK	串行时钟输入，有效下降沿。数据在SCLK的下降沿逐个输入移位寄存器。此引脚的工作时钟速率最高达50 MHz。
25	$\overline{\text{CPOL0/SCLK}}$	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道0）/用于LVDS接口的差分串行时钟输入（补码）。
26	$\overline{\text{CPOH0/SDI}}$	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道0）/用于LVDS接口的差分串行数据输入（补码）。
27	$\overline{\text{SDI}}$	SPI或LVDS接口的串行数据输入。
28	$\overline{\text{SYNC}}$	用于SPI或LVDS接口的有效低电平帧同步输入。
29	$\overline{\text{CPOL1/SYNC}}$	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道1）/用于LVDS接口的差分SYNC输入。
30	DGND	数字地参考点。
31	$\overline{\text{CPOH1/SDO}}$	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道1）/用于LVDS接口的差分串行数据输出（补码）。
32	$\overline{\text{SDO}}$	SPI或LVDS接口的串行数据输出。该引脚可用于数据回读和诊断目的。
33	$\overline{\text{LOAD}}$	逻辑输入（有效低电平）。此引脚可在一个器件内或一组器件之间同步更新。如果无需同步，可以拉低 $\overline{\text{LOAD}}$ ；在这种情况下，DAC通道和PMU模式会在 $\overline{\text{BUSY}}$ 变高之后立即更新。有关更多信息，请参见 $\overline{\text{BUSY}}$ 和 $\overline{\text{LOAD}}$ 功能部分。
34	DVCC	数字电源。
35	$\overline{\text{CPOL2/CPO0}}$	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道2）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道0）。
36	$\overline{\text{CPOH2/CPO1}}$	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道2）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道1）。
37	$\overline{\text{CPOL3/CPO2}}$	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道3）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道2）。
38	$\overline{\text{CPOH3/CPO3}}$	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道3）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道3）。
40	EXTFOH3	高电流范围的驱动输出（通道3）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达±80 mA。有关更多信息，请参见电流范围选择部分。
42	CFF3	通道3的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
43	CCOMP3	通道3的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
44	EXTMEASIH3	高电流范围（通道3）的电流检测输入（采样电阻高边）。
45	EXTMEASIL3	高电流范围（通道3）的电流检测输入（采样电阻低边）。
46	FOH3	内部电流档位的驱动输出（通道3）。
47	GUARD3	通道3的保护输出驱动器。
48	GUARDIN3/ DUTGND3	通道3的保护放大器输入/通道3的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN3。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH3。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。

引脚编号	引脚名称	描述
49	MEASVH3	通道3的DUT电压检测输入（高边）。
52	MEASVH1	通道1的DUT电压检测输入（高边）。
53	GUARDIN1/ DUTGND1	通道1的保护放大器输入/通道1的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN1。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH1。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
54	GUARD1	通道1的保护输出驱动器。
55	FOH1	内部电流档位的驱动输出（通道1）。
56	EXTMEASIL1	高电流范围（通道1）的电流检测输入（采样电阻低边）。
57	EXTMEASIH1	高电流范围（通道1）的电流检测输入（采样电阻高边）。
58	CCOMP1	通道1的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
59	CFF1	通道1的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
61	EXTFOH1	高电流范围的驱动输出（通道1）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达±80 mA。有关更多信息，请参阅电流范围选择部分。
63	MEASOUT3	通道3的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
64	MEASOUT2	通道2的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
65	MEASOUT1	通道1的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
66	MEASOUT0	通道0的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
68	SYS_FORCE	外部驱动信号输入。该引脚支持连接系统PMU。
70	SYS_SENSE	外部检测信号输出。该引脚支持连接系统PMU。
71	REFGND	精确的模拟基准输入地。
72	VREF	DAC通道的基准输入（指定性能为5 V）。
73	DUTGND	DUT电压检测输入（低检测）。默认情况下，此输入在所有四个PMU通道之间共享。如果每个通道都需要DUTGND输入，则用户可以将GUARDINx/DUTGNDx引脚配置为每个PMU通道的DUTGND输入。
75	SPI/LVDS	接口选择引脚。逻辑低电平选择SPI兼容接口模式；逻辑高电平选择LVDS接口模式。该引脚具有下拉电流源（约350μA）。在LVDS接口模式下，CPOHx和CPOLx引脚默认为差分接口引脚。
76	CGALM	保护和箝位警报的开漏极输出。该开漏引脚提供有关guard放大器和箝位电路的共享警报信息。默认情况下，此输出引脚被禁用。系统控制寄存器允许用户使能该功能并将开漏输出设为锁存输出。用户还可以选择为guard放大器、箝位电路或两者启用警报。当此引脚显示存在警报时，可以通过读回警报状态寄存器来确定警报的来源。在此字中，每个通道有两个标志（一个锁存，一个未锁存），指示哪个功能导致警报以及警报是否仍然存在。
77	TMPALM	温度警报的开漏极输出。此锁存、低电平有效开漏输出标记存在温度警报，表示结温超过默认温度设置(130°C)或用户编程设置的温度。警报状态寄存器有两个标志（一个锁存，一个未锁存），用于指示温度是否降至130°C以下或保持在130°C以上。需要用户操作才能清除此锁存的报警标志，即写入任何PMU寄存器中的清除位（位6）。
78	RESET	数字复位输入。此低电平有效的电平敏感输入将器件上的所有内部节点复位为其上电复位值。
80	EXTFOH0	高电流范围的驱动输出（通道0）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达±80 mA。有关更多信息，请参阅电流范围选择部分。



NOTES  
1. THE EXPOSED PAD IS ELECTRICALLY CONNECTED TO AVSS.

06/97-009

图9. 引脚配置，顶部裸露焊盘

表7. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	裸露焊盘 EXTFOH0	裸露焊盘以电气方式连接到AVSS。 高电流范围的驱动输出（通道0）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达±80 mA。有关更多信息，请参阅电流范围选择部分。
2, 14, 19, 42, 59	AVSS	负模拟电源电压。
3	RESET	数字复位输入。此低电平有效的电平敏感输入将器件上的所有内部节点复位为其上电复位值。
4	TMPALM	温度警报的开漏输出。此锁存、低电平有效开漏输出标记存在温度警报，表示结温超过默认温度设置(130°C)或用户编程设置的温度。警报状态寄存器有两个标志（一个锁存，一个未锁存），用于指示温度是否降至130°C以下或保持在130°C以上。需要用户操作才能清除此锁存的报警标志，即写入任何PMU寄存器中的清除位（位6）。
5	CGALM	保护和箝位警报的开漏输出。该开漏引脚提供有关保护放大器和箝位电路的共享警报信息。默认情况下，此输出引脚被禁用。系统控制寄存器允许用户使能该功能并将开漏输出设为锁存输出。用户还可以选择为保护放大器、箝位电路或两者启用警报。当此引脚显示存在警报时，可以通过读回警报状态寄存器来确定警报的来源。在此字中，每个通道有两个标志（一个锁存，一个未锁存），指示哪个功能导致警报以及警报是否仍然存在。

引脚编号	引脚名称	描述
6	SPI/LVDS	接口选择引脚。逻辑低电平选择SPI兼容接口模式；逻辑高电平选择LVDS接口模式。该引脚具有下拉电流源（约350 $\mu$ A）。在LVDS接口模式下，CPOHx和CPOLx引脚默认为差分接口引脚。
7, 21, 40, 61, 80	AVDD	正模拟电源电压。
8	DUTGND	DUT电压检测输入（低检测）。默认情况下，此输入在所有四个PMU通道之间共享。如果每个通道都需要DUTGND输入，则用户可以将GUARDINx/DUTGNDx引脚配置为每个PMU通道的DUTGND输入。
9	VREF	DAC通道的基准输入。5 V用于实现指定性能。
10	REFGND	精确的模拟基准输入地。
11	SYS_SENSE	外部检测信号输出。该引脚支持连接系统PMU。
12, 30, 31, 70, 71	AGND	模拟地。这些引脚是模拟电源和测量电路的基准点。
13	SYS_FORCE	外部驱动信号输入。该引脚支持连接系统PMU。
15	MEASOUT0	通道0的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
16	MEASOUT1	通道1的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
17	MEASOUT2	通道2的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
18	MEASOUT3	通道3的多路复用DUT电压、电流检测输出、温度传感器电压。此引脚参考AGND。
20	EXTFOH1	高电流范围的驱动输出（通道1）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达 $\pm 80$ mA。有关更多信息，请参阅电流范围选择部分。
22	CFF1	通道1的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
23	CCOMP1	通道1的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
24	EXTMEASIH1	高电流范围（通道1）的电流检测输入（采样电阻高边）。
25	EXTMEASIL1	高电流范围（通道1）的电流检测输入（采样电阻低边）。
26	FOH1	内部电流档位的驱动输出（通道1）。
27	GUARD1	通道1的保护输出驱动器。
28	GUARDIN1/ DUTGND1	通道1的保护放大器输入/通道1的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN1。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH1。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
29	MEASVH1	通道1的DUT电压检测输入（高边）。
32	MEASVH3	通道3的DUT电压检测输入（高边）。
33	GUARDIN3/ DUTGND3	通道3的保护放大器输入/通道3的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN3。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH3。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
34	GUARD3	通道3的保护输出驱动器。
35	FOH3	内部电流档位的驱动输出（通道3）。
36	EXTMEASIL3	高电流范围（通道3）的电流检测输入（采样电阻低边）。
37	EXTMEASIH3	高电流范围（通道3）的电流检测输入（采样电阻高边）。
38	CCOMP3	通道3的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
39	CFF3	通道3的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
41	EXTFOH3	高电流范围的驱动输出（通道3）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达 $\pm 80$ mA。有关更多信息，请参阅电流范围选择部分。
43	CPOH3/CPO3	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道3）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道3）。
44	CPOL3/CPO2	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道3）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道2）。
45	CPOH2/CPO1	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道2）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道1）。

引脚编号	引脚名称	描述
46	CPOL2/CPO0	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道2）/用于LVDS接口的比较器输出窗口（通道0）。
47	DVCC	数字电源。
48	LOAD	逻辑输入（有效低电平）。此引脚可在一个器件内或一组器件之间同步更新。如果无需同步，可以拉低LOAD；在这种情况下，DAC通道和PMU模式会在BUSY变高之后立即更新。有关更多信息，请参阅BUSY和LOAD功能部分。
49	SDO	SPI或LVDS接口的串行数据输出。该引脚可用于数据回读和诊断目的。
50	CPOH1/SDO	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道1）/用于LVDS接口的差分串行数据输出（补码）。
51	DGND	数字地参考点。
52	CPOL1/SYNC	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道1）/用于LVDS接口的差分SYNC输入。
53	SYNC	用于SPI或LVDS接口的有效低电平帧同步输入。
54	SDI	SPI或LVDS接口的串行数据输入。
55	CPOH0/SDI	用于SPI接口的比较器输出高电平（通道0）/用于LVDS接口的差分串行数据输入（补码）。
56	CPOL0/SCLK	用于SPI接口的比较器输出低电平（通道0）/用于LVDS接口的差分串行时钟输入（补码）。
57	SCLK	串行时钟输入，有效下降沿。数据在SCLK的下降沿逐个输入移位寄存器。此引脚的工作时钟速率最高达50 MHz。
58	BUSY	数字输入/开漏输出。该引脚指示接口的状态。有关更多信息，请参阅BUSY和LOAD功能部分。
60	EXTFOH2	高电流范围的驱动输出（通道2）。在此引脚上使用外部电阻，电流范围最高可达±80 mA。有关更多信息，请参阅电流范围选择部分。
62	CFF2	通道2的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。
63	CCOMP2	通道2的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
64	EXTMEASIH2	高电流范围（通道2）的电流检测输入（采样电阻高边）。
65	EXTMEASIL2	高电流范围（通道2）的电流检测输入（采样电阻低边）。
66	FOH2	内部电流档位的驱动输出（通道2）。
67	GUARD2	通道2的保护输出驱动器。
68	GUARDIN2/ DUTGND2	通道2的保护放大器输入/通道2的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN2。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH2。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
69	MEASVH2	通道2的DUT电压检测输入（高边）。
72	MEASVH0	通道0的DUT电压检测输入（高边）。
73	GUARDIN0/ DUTGND0	通道0的保护放大器输入/通道0的DUTGND输入。该双重功能引脚通过串行接口配置。上电时的默认功能是GUARDIN0。如果此引脚配置为该通道的DUTGND输入，则保护放大器的输入在内部连接到MEASVH0。有关更多信息，请参见被测器件地(DUTGND)部分和保护放大器部分。
74	GUARD0	通道0的保护输出驱动器。
75	FOH0	内部电流档位的驱动输出（通道0）。
76	EXTMEASIL0	高电流范围（通道0）的电流检测输入（采样电阻低边）。
77	EXTMEASIH0	高电流范围（通道0）的电流检测输入（采样电阻高边）。
78	CCOMP0	通道0的补偿电容器输入。请参阅“补偿电容器”部分。
79	CFF0	通道0的外部电容器。在电压驱动模式下，该引脚可优化驱动放大器的稳定性和建立时间性能。请参阅“补偿电容器”部分。

## 典型性能参数

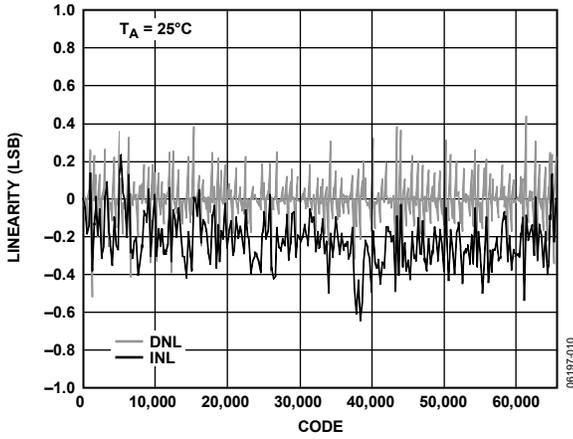


图10. 电压驱动线性度与码值, 所有范围,  
1 LSB = 0.0015% FSR (20 V FSR)

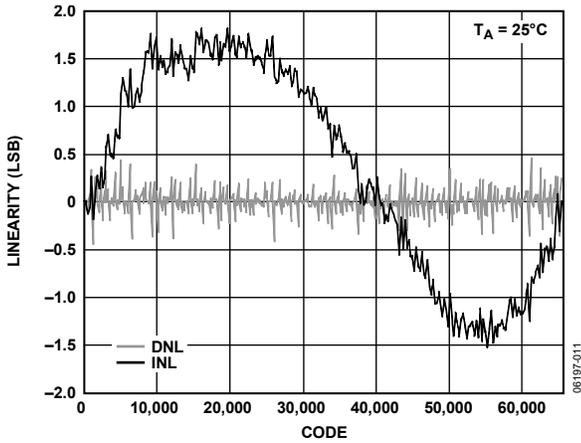


图11. 电流驱动线性度与码值, 所有范围,  
1 LSB = 0.0015% FSR (20 V FSR)

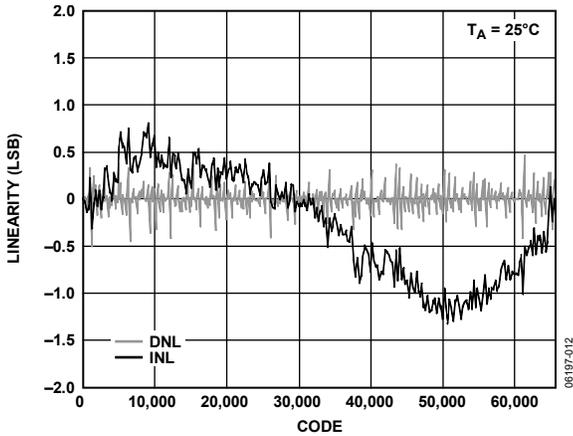


图12. 测量电压线性度与码值, 所有范围,  
1 LSB = 0.0015% FSR (20 V FSR), MEASOUTx 增益=1

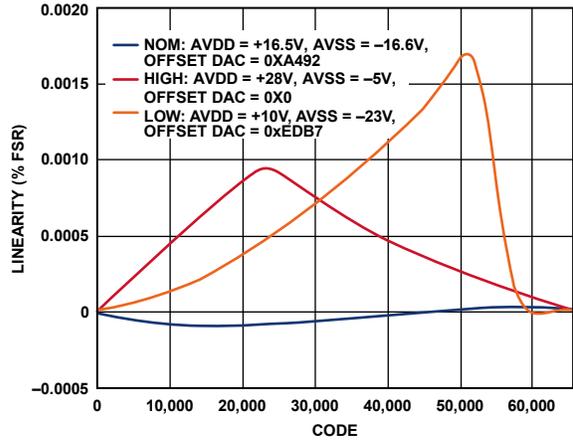


图13. 测量电压线性度与码值, 所有范围,  
MEASOUTx增益 = 0.2

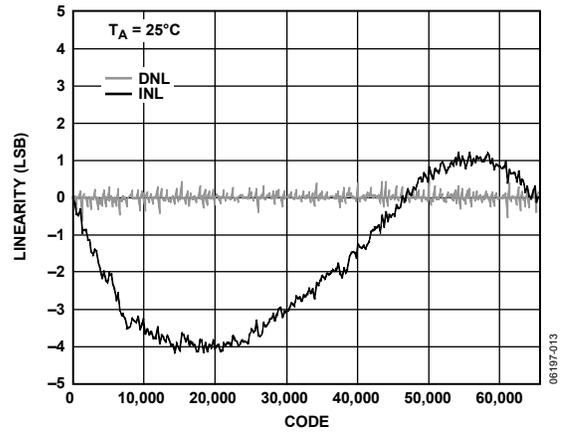


图14. 测量电流线性度与码值, 所有范围,  
1 LSB = 0.0015% FSR (20 V FSR), MI增益 = 10,  
MEASOUTx 增益=1

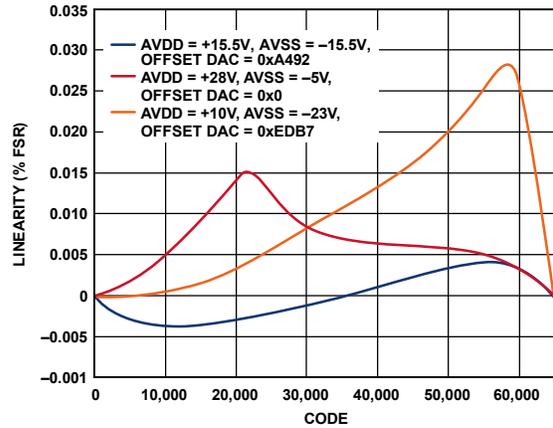


图15. 测量电流线性度与码值, 所有范围,  
MEASOUTx增益 = 0.2, MI增益 = 10

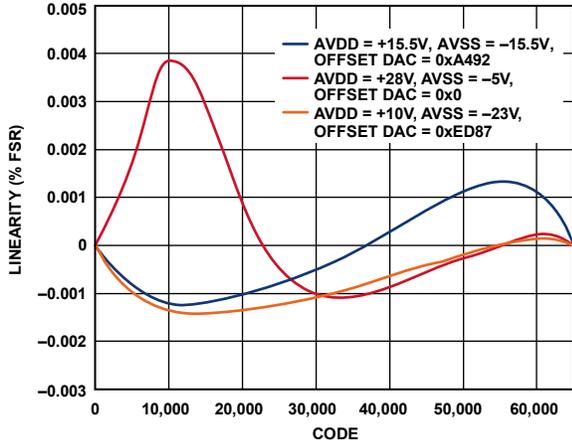


图16. 测量电流线性度与码值, 所有范围, MEASOUTx增益 = 0.2, MI增益 = 5

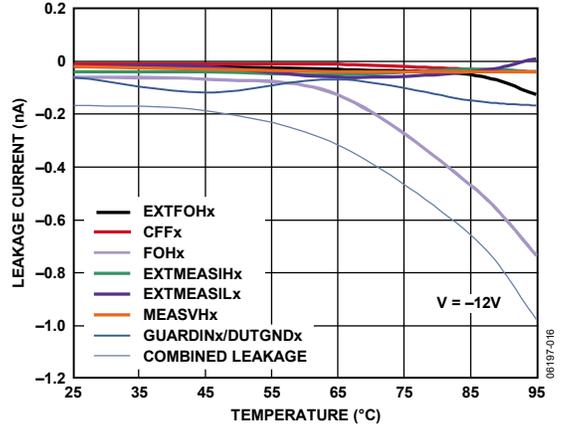


图19. 漏电流与温度的关系 (电压电压 = -12 V)

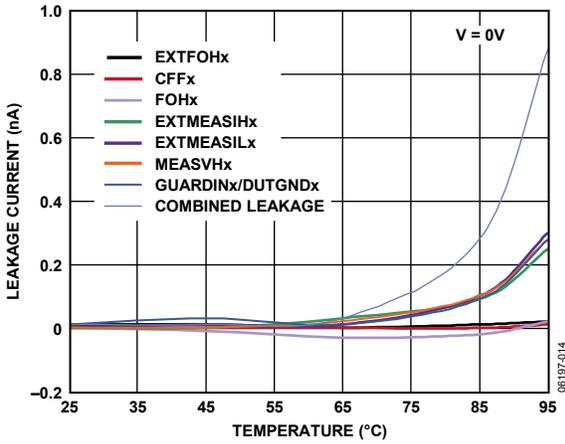


图17. 漏电流与温度的关系 (电压电压 = 0 V)

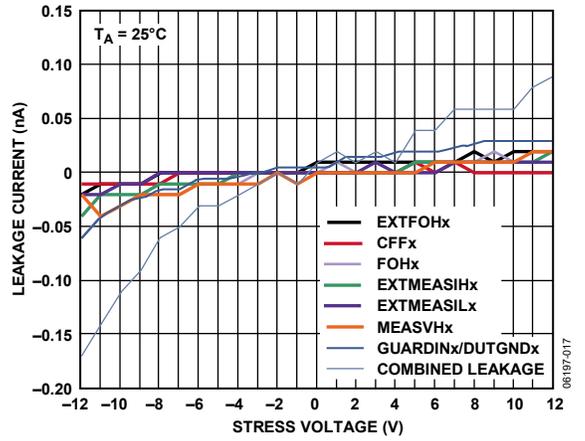


图20. 漏电流与输出电压的关系

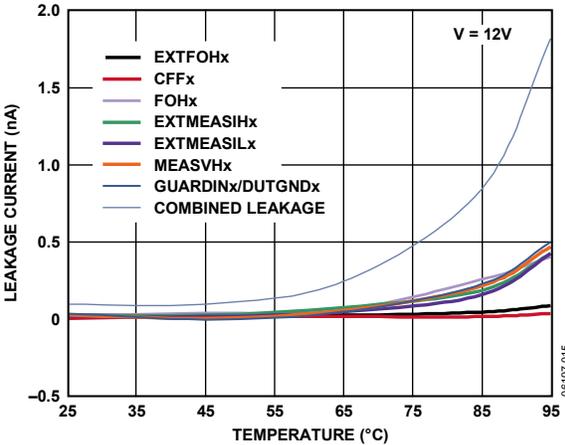


图18. 漏电流与温度的关系 (输出电压 = 12 V)

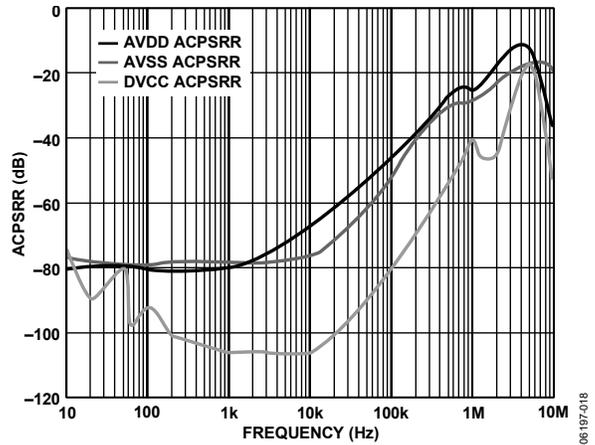


图21. 电压驱动模式和FOHx下ACPSRR与频率的关系

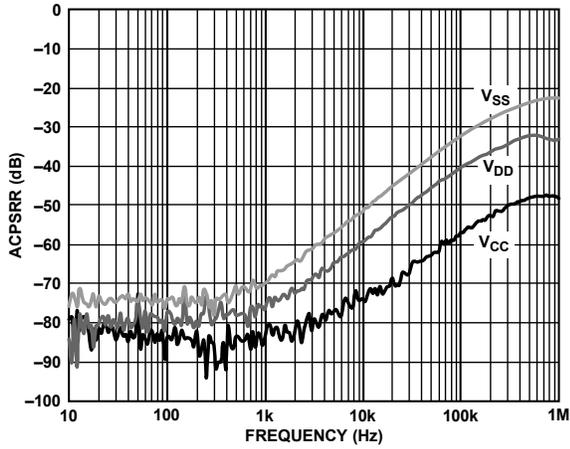


图22. 电流驱动模式和FOHx下ACPSRR与频率的关系 (MI增益=10)

06197-019

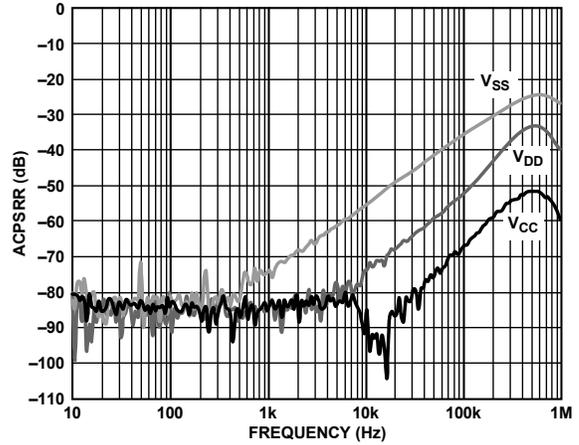


图25. 测量电压模式和MEASOUTx下ACPSRR与频率的关系 (MEASOUT增益=0.2)

06197-120

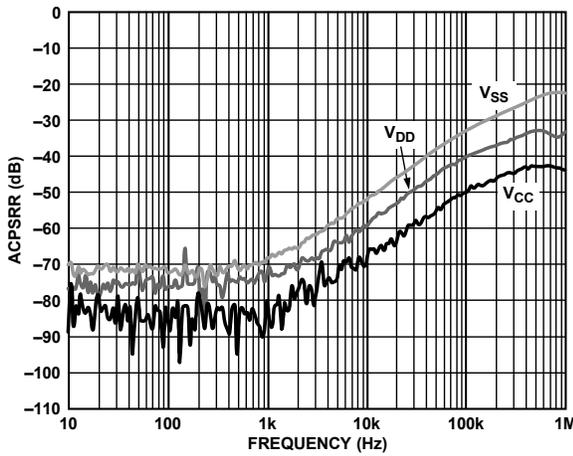


图23. 电流驱动模式和FOHx下ACPSRR与频率的关系 (MI增益=5)

06197-119

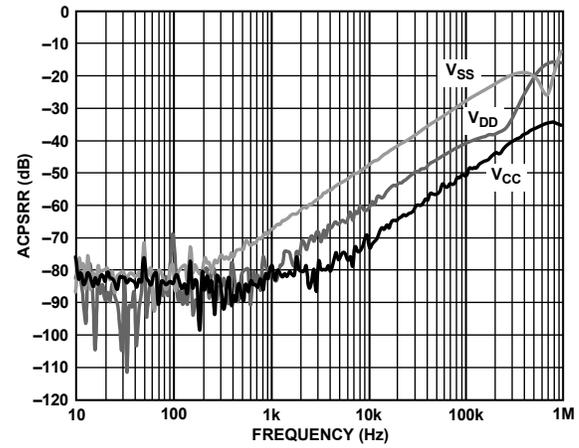


图26. 测量电流模式和MEASOUTx下ACPSRR与频率的关系 (MI增益=10, MEASOUT增益=1)

06197-021

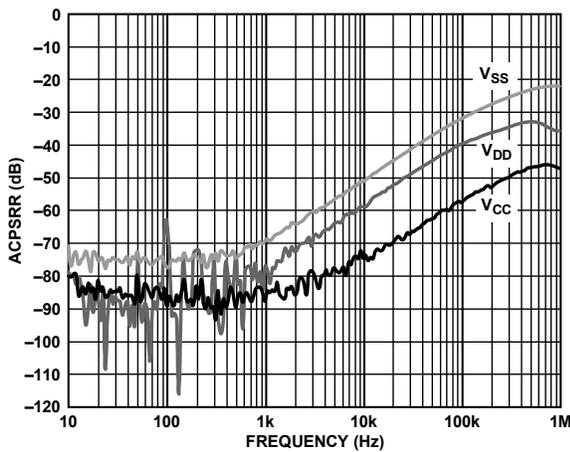


图24. 测量电压模式和MEASOUTx下ACPSRR与频率的关系 (MEASOUT增益=1)

06197-020

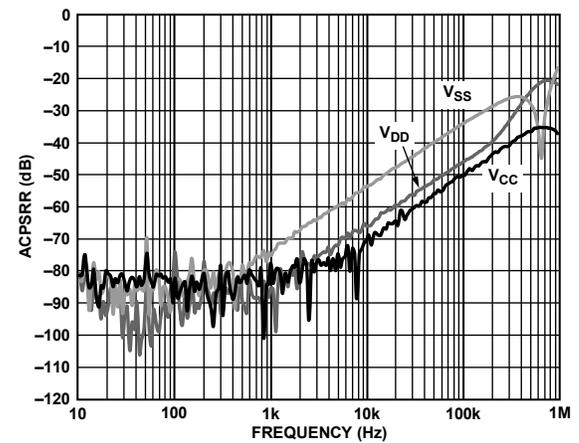


图27. 测量电流模式和MEASOUTx下ACPSRR与频率的关系 (MI增益=5, MEASOUT增益=1)

06197-121

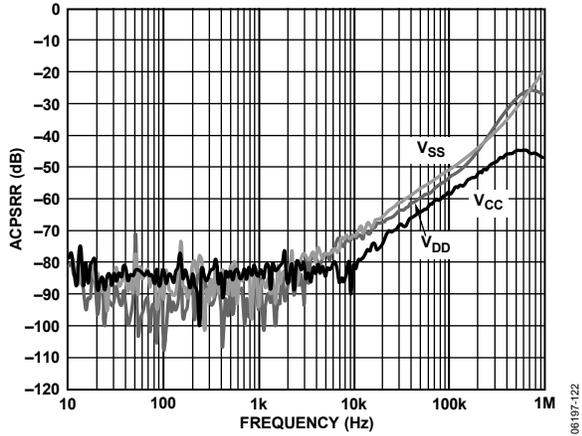


图28. 测量电流模式和MEASOUTx下ACPSRR与频率的关系 (MI增益= 10, MEASOUT增益=0.2)

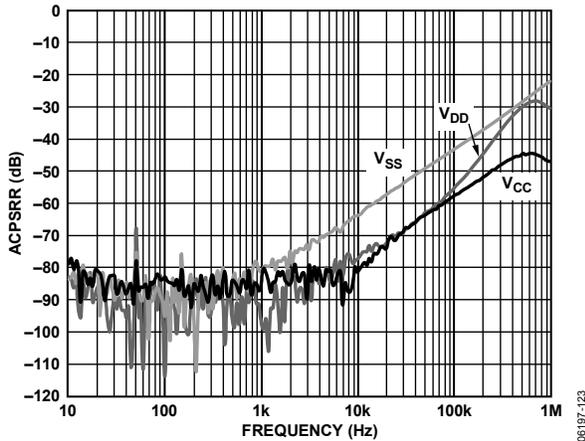


图29. 测量电流模式和MEASOUTx下ACPSRR与频率的关系 (MI增益= 5, MEASOUT增益=0.2)

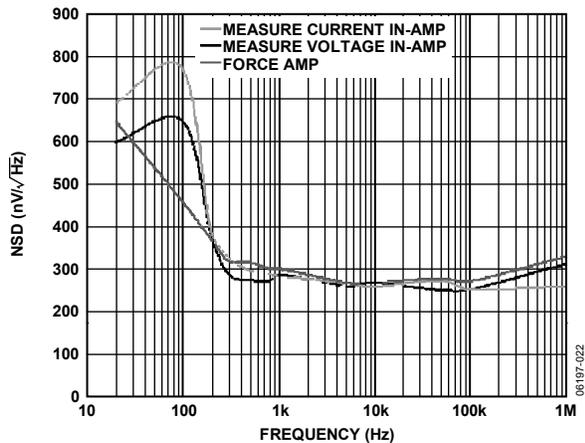


图30. NSD与频率的关系 (以FVMV和FVMI模式测量)

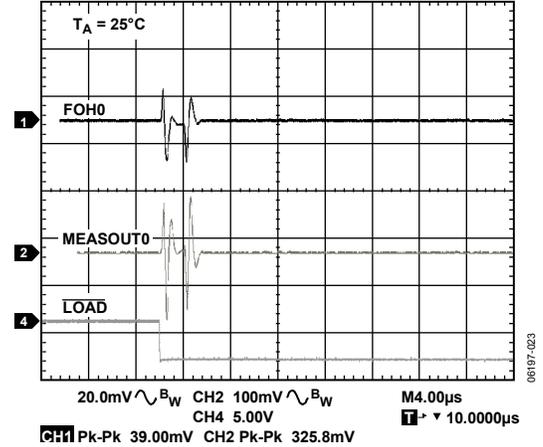


图31. 交流串扰, FVMI模式, PMU 0, 一个CPH DAC上满量程跃迁, MI增益= 10, MEASOUT增益= 1, ±2 mA范围,  $C_{LOAD} = 200$  pF

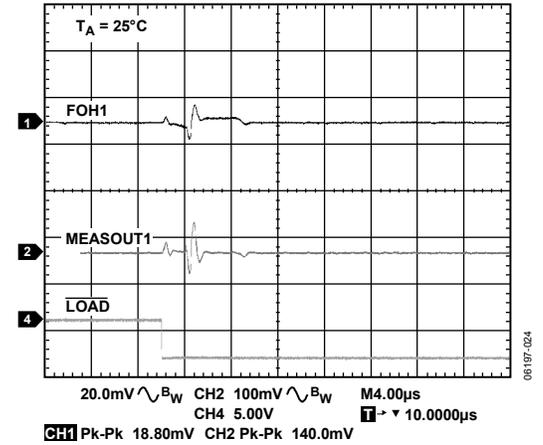


图32. 交流串扰, FVMI模式, PMU 1, 一个CPH DAC上满量程跃迁, MI增益= 10, MEASOUT增益= 1, ±2 mA范围,  $C_{LOAD} = 200$  pF

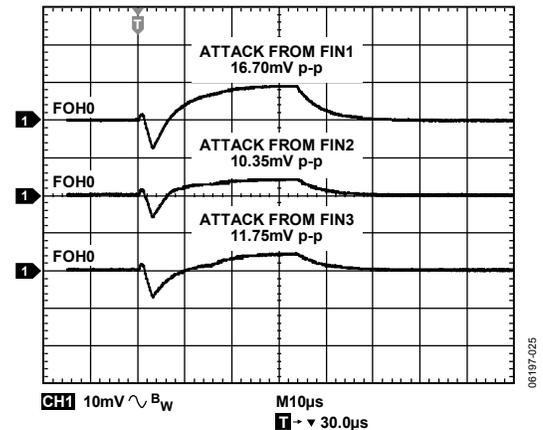


图33. FOH0端在FI模式下来自每隔一个PMU的FIN DAC的交流串扰 (满量程跃迁), MI增益= 10, MEASOUT增益= 1, ±2 mA范围,  $C_{LOAD} = 200$  pF

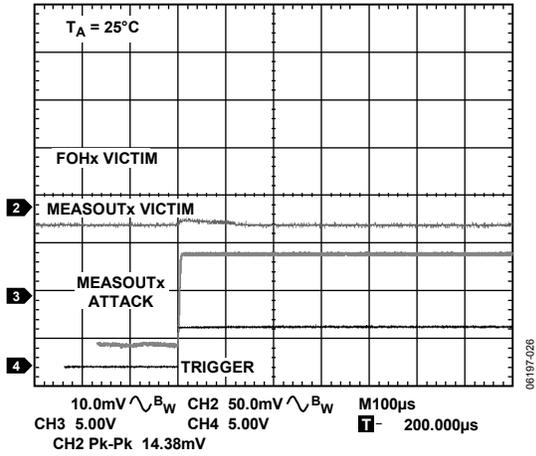


图34. 短路DUT交流串扰, FVMI模式下的受扰PMU ( $\pm 200\mu\text{A}$ 范围)

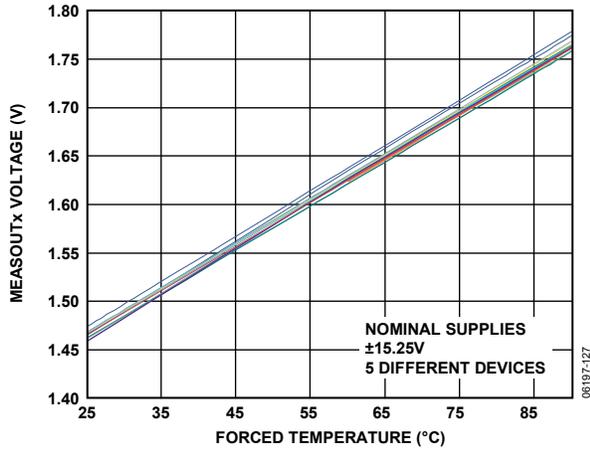


图35. MEASOUTx上的温度传感器电压与驱动温度的关系

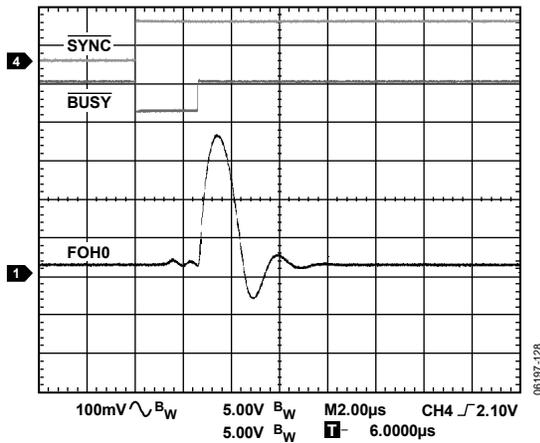


图36. 范围变化, PMU0,  $\pm 5\mu\text{A}$ 至 $\pm 2\text{mA}$ ,  $C_{\text{LOAD}} = 1\text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 620\text{ k}\Omega$ ,  $FV = 3\text{ V}$

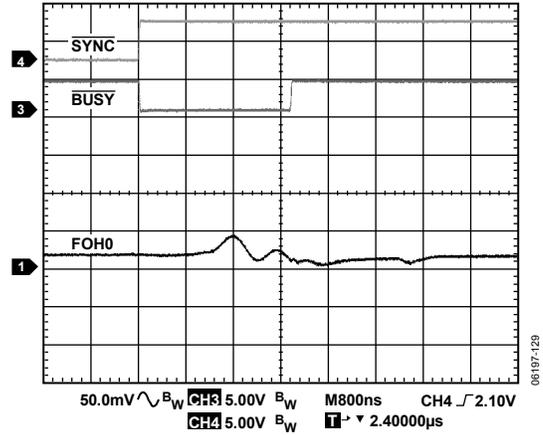


图37. 范围变化, PMU0,  $\pm 2\text{ mA}$ 至 $\pm 5\mu\text{A}$ ,  $C_{\text{LOAD}} = 1\text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 620\text{ k}\Omega$ ,  $FV = 3\text{ V}$

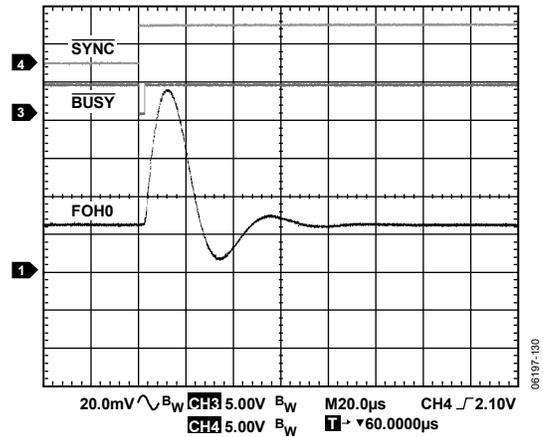


图38. 范围变化, PMU0,  $\pm 5\mu\text{A}$ 至 $\pm 2\text{ mA}$ ,  $C_{\text{LOAD}} = 100\text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 620\text{ k}\Omega$ ,  $FV = 3\text{ V}$

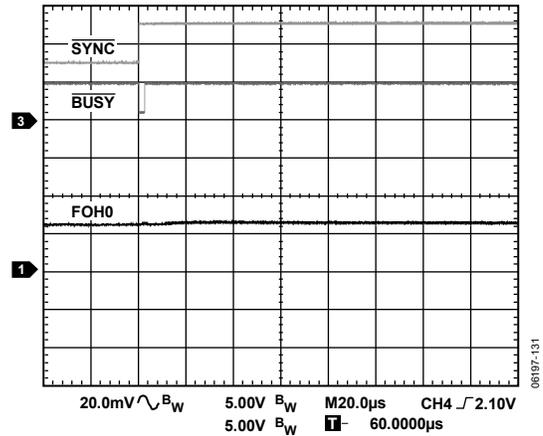


图39. 范围变化, PMU0,  $\pm 2\text{ mA}$ 至 $\pm 5\mu\text{A}$ ,  $C_{\text{LOAD}} = 100\text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 620\text{ k}\Omega$ ,  $FV = 3\text{ V}$

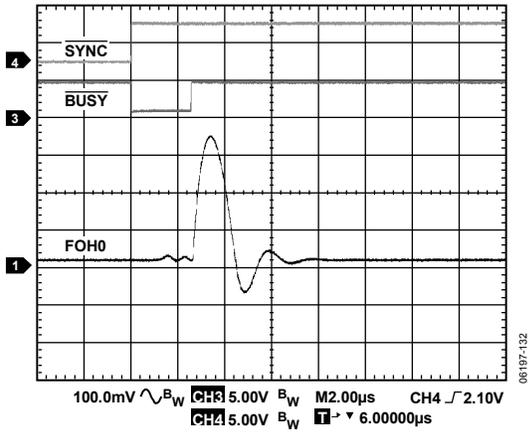


图40. 范围变化, PMU0,  $\pm 20 \mu\text{A}$ 至 $\pm 2 \text{mA}$ ,  $C_{\text{LOAD}} = 1 \text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 150 \text{ k}\Omega$ ,  $FV = 3 \text{ V}$

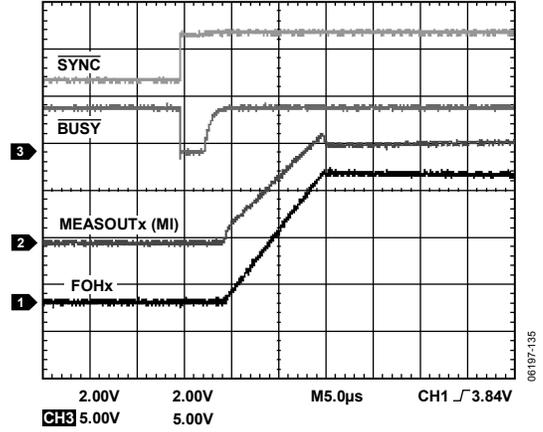


图43. FV建立, 0 V至5 V,  $\pm 2 \text{ mA}$ 范围,  $C_{\text{LOAD}} = 220 \text{ pF}$ ,  $CCOMP_x = 100 \text{ pF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 5.6 \text{ k}\Omega$

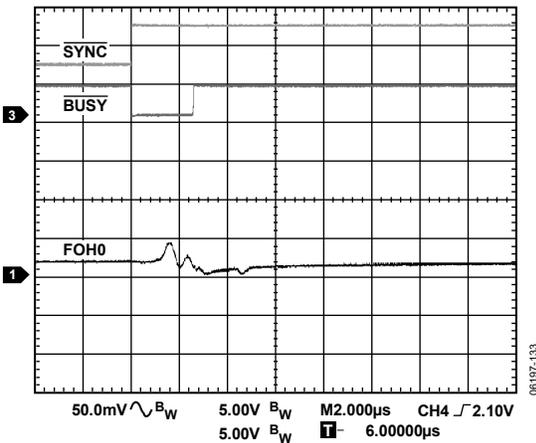


图41. 范围变化, PMU0,  $\pm 2 \text{ mA}$ 至 $\pm 20 \mu\text{A}$ ,  $C_{\text{LOAD}} = 1 \text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 150 \text{ k}\Omega$ ,  $FV = 3 \text{ V}$

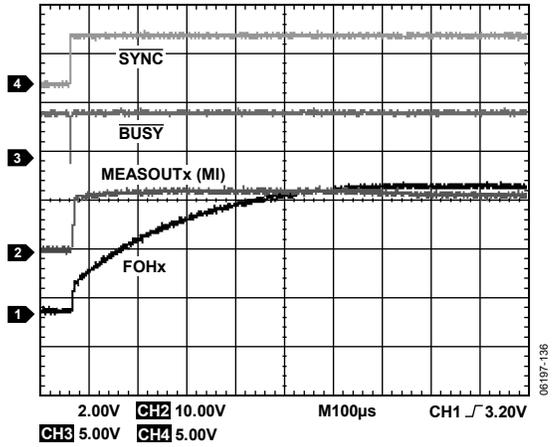


图44. FV建立, 0 V至5 V,  $\pm 5 \mu\text{A}$ 范围,  $C_{\text{LOAD}} = 220 \text{ pF}$ ,  $CCOMP_x = 100 \text{ pF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 1 \text{ M}\Omega$

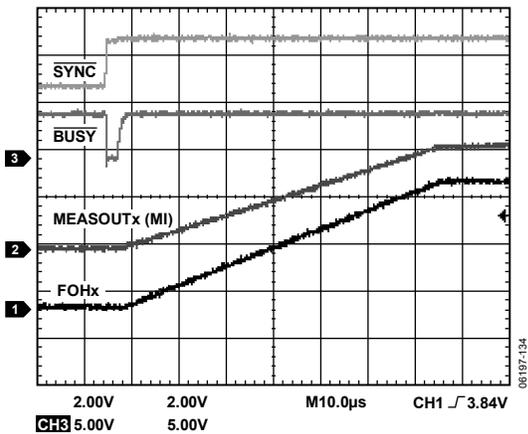


图42. FV建立, 0 V至5 V,  $\pm 2 \text{ mA}$ 范围,  $C_{\text{LOAD}} = 220 \text{ pF}$ ,  $CCOMP_x = 1 \text{ nF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 5.6 \text{ k}\Omega$

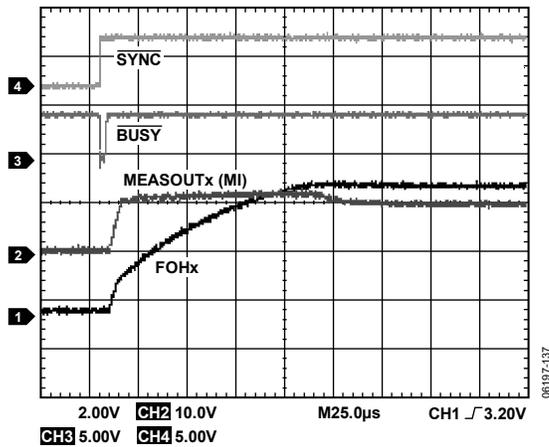


图45. FV建立, 0 V至5 V,  $\pm 20 \mu\text{A}$ 范围,  $C_{\text{LOAD}} = 220 \text{ pF}$ ,  $CCOMP_x = 100 \text{ pF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 270 \text{ k}\Omega$

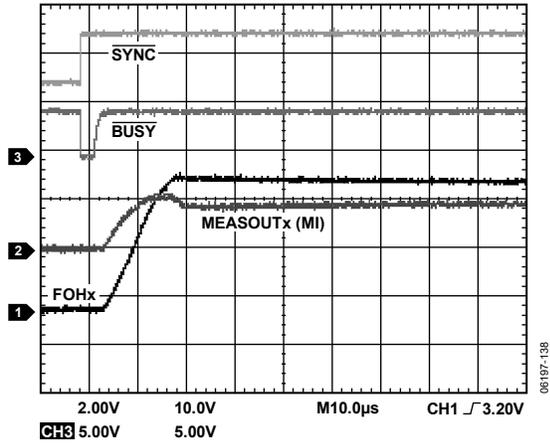


图46. FV 建立, 0 V 至 5 V,  $\pm 200 \mu\text{A}$  范围,  $C_{\text{LOAD}} = 220 \text{ pF}$ ,  
 $C_{\text{COMP}x} = 100 \text{ pF}$ ,  $R_{\text{LOAD}} = 27 \text{ k}\Omega$

## 术语

### 偏置误差

偏置误差是用于衡量中量程或零电流条件下,实际电压与理想电压之间差值的指标,以mV或%FSR为单位。

### 增益误差

增益误差指满量程误差与零电平误差之间的差异,以%FSR为单位。

$$\text{增益误差} = \text{满量程误差} - \text{零量程误差}$$

其中:

*满量程误差*是满量程条件下,实际电压与理想电压之间的差值。

*零量程误差*是在零量程条件下实际电压与理想电压之间的差值。

### 线性误差

线性误差也称相对精度,用于衡量通过满量程范围两端点的直线的最大偏差。在调整增益误差和偏置误差后进行测量,其单位为%FSR。

### 差分非线性(DNL)

差分非线性是指任意两个相邻编码之间所测得变化值与理想的1 LSB变化值之间的差异。最大±1 LSB的额定微分非线性可确保一致性。

### 共模(CM)误差

共模(CM)误差是放大器输出端因共模输入电压引起的误差,表示为FSVR/V的百分比。

### 漏电流

漏电流是在该功能关闭或处于高阻抗时在输出引脚上测得的电流。

### 引脚电容

引脚电容是在该功能关闭或处于高阻抗时在某个引脚上测得的电容。

### 压摆率

压摆率是以V/μs表示的输出电压的变化率。

### 输出电压建立时间

输出电压建立时间是指对于一个满量程输入变化,DAC输出达到指定电平所需的时间量。

### 数模转换毛刺能量

数模转换毛刺能量指主编码转换时注入模拟输出的能量,其额定值是为以nV-sec为单位的毛刺面积,通过在0x7FFF和0x8000之间切换DAC寄存器数据来测量。

### 数字串扰

数字串扰定义为一个转换器的DAC寄存器编码变化引起并传送到另一个转换器输出的毛刺脉冲,用nV-sec表示。

### 交流串扰

交流串扰定义为由于封装中任何DAC寄存器的变化而传输到一个PMU输出的毛刺脉冲。

### ACPSRR

用于衡量器件避免将电源电压引脚上的噪声和杂散信号耦合到开关输出端的能力。器件上的直流电压通过0.2 V p-p正弦波进行调制。输出端信号的幅度与调制幅度的比值称为交流电源抑制比。

## 工作原理

AD5522是一款高度集成的四通道每引脚参数测量单元(PPMU)，适用于半导体自动测试设备。它提供多种可编程模式，可以驱动引脚电压并测量相应的电流(FVMI)，还可驱动引脚电流并测量相应的电压(FIMV)。该器件还支持进行所有其他组合，包括驱动高阻和测量高阻。PPMU可以驱动或测量22.5 V的电压范围；还可以使用内部放大器驱动或测量每通道高达±80 mA的电流；使用一个外部放大器还可实现更高的电流范围。每个PMU通道所需的所有DAC电平设置都已经集成在片上。

### 驱动放大器

驱动放大器驱动模拟输出FOHx，用可编程的电流或电压输出到被测器件(DUT)。此放大器两端的上下裕量均为3 V。当最大（额定）电流流过时，检测电阻会额外降压±1 V。

此驱动放大器设计成可驱动高达10 nF的DUT电容（补偿值为100 pF时）。更大的DUT容性负载需要更大的补偿电容。

本地反馈可确保放大器在禁用时保持稳定。禁用通道可将每通道的功耗降低2.5 mA。

### 比较器

对于每个通道，DUT测量的电压或电流均由两个配置为窗口比较器的比较器进行监控。内部DAC可直接设置CPL（比较器低电平）和CPH（比较器高电平）阈值。比较器高电平和低电平的电压设置没有限制。虽然将CPL设得高于CPH并无用处，但也不会导致器件出现任何问题。CPOLx（比较器输出低电平）和CPOHx（比较器输出高电平）是根据比较器状态持续输出的。

**表8. 使用SPI接口的比较器输出功能**

测试条件	CPOLx	CPOHx
$V_{DUT}$ 或 $I_{DUT} > CPH$		0
$V_{DUT}$ 或 $I_{DUT} < CPH$		1
$V_{DUT}$ 或 $I_{DUT} > CPL$	1	
$V_{DUT}$ 或 $I_{DUT} < CPL$	0	
$CPH > V_{DUT}$ 或 $I_{DUT} > CPL$	1	1

使用SPI接口时，可以使用全部的比较器功能。使用LVDS接口时，由于LVDS接口需要大量的引脚，因此，比较器功能限制为每个比较器一个输出。

使用LVDS接口时，比较器输出可用引脚CPO0至CPO3会提供有关信息，标明所测量的电压或电流处于设置的CPH和CPL窗口以内还是以外。关于测量值的高低的信息可通过串行接口（比较器状态寄存器）获得。

**表9. 使用LVDS接口的比较器输出功能**

测试条件	CPOx输出
$(CPL < (V_{DUT} \text{ 或 } I_{DUT})) \text{ 且 } ((V_{DUT} \text{ 或 } I_{DUT}) < CPH)$	1
$(CPL > (V_{DUT} \text{ 或 } I_{DUT})) \text{ 或 } ((V_{DUT} \text{ 或 } I_{DUT}) > CPH)$	0

### 箝位

芯片上包含电流和电压箝位功能，每个PMU通道都有一个箝位。在发生开路或短路情况时，箝位可以保护DUT。内部DAC可直接设置CLL（箝位低电平）和CLH（箝位高电平）电平。如果DUT上的电压或电流超过设定电平，则箝位会开始工作以限制驱动放大器。如果在更改为不同的工作模式或将器件编程到不同的电流范围时发生瞬态电压或电流尖峰，则箝位还可以保护DUT。

在驱动输出电流时可以使用电压箝位，在驱动输出电压时可以使用电流箝位。用户可以使用串行接口（系统控制寄存器或PMU寄存器）设置电压或电流箝位状态（使能或禁用）。

每个箝位在正常（未箝位）操作与最终箝位电平之间有着平滑的有限跃迁区域，并且会在该跃迁区域内激活一个内部标记。开漏CGALM引脚指示一个或多个PMU通道是否已箝位。可以通过使用SPI或LVDS接口轮询警报状态寄存器来确定单个PMU的箝位状态。

CLL绝对不能大于CLH。对于电压箝位，CLL和CLH电平之间应相距500 mV，确保在二者均关闭时，箝位中间有一个区域存在。同样，将电流箝位设为与0 A相距±250 mV。

FI模式下电压箝位的传递函数为

$$V_{CLL} \text{ 或 } V_{CLH} = 4.5 \times V_{REF} \times (DAC\_CODE/2^{16}) - (3.5 \times V_{REF} \times (OFFSET\_DAC\_CODE/2^{16})) + DUTGND$$

更多信息请参见DAC电平部分。

FV模式下电流箝位的传递函数为

$$I_{CLL} \text{ 或 } I_{CLH} = 4.5 \times V_{REF} \times ((DAC\_CODE - 32,768)/2^{16}) / (R_{SENSE} \times MI_{\text{放大器增益}})$$

其中：

$R_{SENSE}$  是所选电流范围的检测电阻。

$MI_{\text{放大器增益}}$  是测量电流仪表放大器的增益，为5或10。

在通道处于驱动模式时，请勿更改箝位电平，否则会影响输出到DUT的电压或电流。同样，在驱动操作期间不要使能或禁用箝位操作。

当AD5522处于高阻模式时，箝位电路始终配置为监控测量电流信号（无论选择哪种高阻模式，是高阻V还是高阻I）。此时，箝位电路也与电压箝位电平进行比较。由于器件处于高阻模式，测量电流信号为零，但测量电流为零始终为偏置DAC设置的VMID电压。对于默认偏置DAC条件，这不会引起任何问题。但对于偏置DAC的其他设置，零点跟随VMID，并且由于箝位电路将电压箝位电平与测量电流信号进行比较，所以在高阻模式下可能存在电压箝位导致警报的情况。为避免出现这种情况，进入高阻模式时可以禁用箝位。

## 电流范围选择

内部集成的薄膜电阻可最大限度地减少对外部元件的需求，并可轻松选择下列任何电流范围： $\pm 5 \mu\text{A}$  (200 k $\Omega$ )、 $\pm 20 \mu\text{A}$  (50 k $\Omega$ )、 $\pm 200 \mu\text{A}$  (5 k $\Omega$ )和 $\pm 2 \text{ mA}$  (500  $\Omega$ )。通过连接外部检测电阻，每个通道可以支持一个高达 $\pm 80 \text{ mA}$ 的电流范围。对于超过 $\pm 80 \text{ mA}$ 的电流范围，有必要使用一个外部放大器。对于建议的电流范围，检测电阻上的最大电压降为 $\pm 1 \text{ V}$ 。然而，为了进行误差校正，电流范围内存在一定的超量程（ $R_{\text{SENSE}}$ 上为 $\pm 12.5\%$ 或 $\pm 0.125 \text{ V}$ ）。可加载到FIN DAC的满量程电压范围为 $\pm 11.5 \text{ V}$ ；电流驱动可通过下式计算：

$$FI = 4.5 \times VREF \times ((DAC\_CODE - 32,768)/2^{16}) / (R_{\text{SENSE}} \times MI\_放大器增益)$$

其中：

$FI$ 为电流驱动。

$R_{\text{SENSE}}$ 为选定的检测电阻。

$MI$ 放大器增益是测量电流仪表放大器的增益。该增益可以通过串行接口设为5或10。

在 $\pm 200 \mu\text{A}$ 范围内，在5k $\Omega$ 检测电阻和10倍 $I_{\text{SENSE}}$ 增益条件下，可能实现的最大电流范围为 $\pm 225 \mu\text{A}$ 。类似地，对于其他电流范围，存在12.5%的超量程用以支持纠错。

此外，当使用5 V或2.5 V（ $I_{\text{SENSE}}$ 放大器增益=5）基准电压时，电流驱动范围是额定的满量程范围。 $I_{\text{SENSE}}$ 放大器由VMID DAC电压偏置，使得测量电流输出居中，与所使用的电压量程无关。

当将EXTFOHx输出用于高达 $\pm 80 \text{ mA}$ 的电流范围时，EXTFOHx线路没有开关串联，确保驱动放大器输出端的电容最小。使用引脚驱动器提供高电流范围时，此功能至关重要。

## 高电流范围

通过使用外部大电流放大器，可以实现超过 $\pm 80 \text{ mA}$ 的大电流范围。大电流放大器缓冲驱动输出并提供所需电流。

为了消除在内部范围和外部大电流范围之间切换时的任何时序问题，有一种模式可以始终使能内部 $\pm 80 \text{ mA}$ 电路功能。更多信息参见表26。

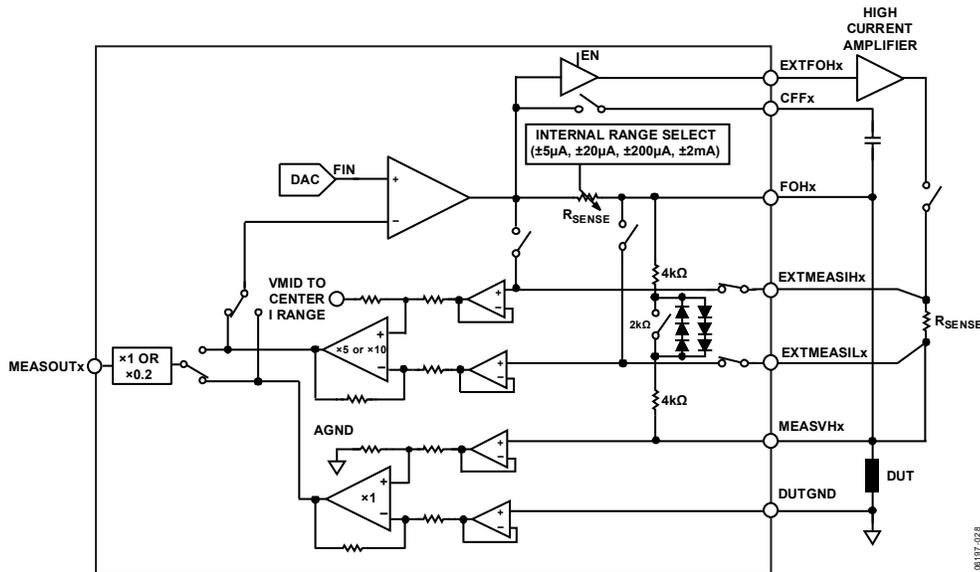


图47. 添加大电流放大器，实现更宽的电流范围(> $\pm 80 \text{ mA}$ )

## 测量电流增益

测量电流放大器有两个增益设置，5和10。这两个增益设置允许用户通过大或小的电压摆幅实现额定电流范围。基准电压为5 V时，使用值为10的增益设置，基准电压为2.5 V时，使用值为5的增益设置。两种组合都可确保实现额定电流范围。使用其他VREF/增益设置组合只能实现较小的电流范围。实现比额定范围更大的电流范围会超出AD5522的预期工作范围。R<sub>SENSE</sub>上的最大保证电压 = ±1.125 V。

以下是VREF/增益设置组合的示例。在这些示例中，偏置DAC为默认值0xA492。

VREF = 5 V时，范围为±11.25 V。使用值为10的增益设置，R<sub>SENSE</sub>上的最大值为±1.125 V，结果电流范围为±5.625μA、±22.5μA等（包括±12.5%的超量程以支持纠错）。

VREF = 2.5 V时，范围为±5.625 V。使用值为5的增益设置，结果电流范围为±5.625μA、±22.5μA等（包括±12.5%的超量程以支持纠错）。

VREF = 3.5 V时，范围为±7.87 V。使用值为10的增益设置，R<sub>SENSE</sub>上的最大值为±0.785 V，结果电流范围为±3.92μA、±15.74μA等（包括±12.5%的超量程以支持纠错）。

## VMID电压

测量电流放大器模块中使用中间码电压(VMID)，使电流范围的中心为0 A。在使用默认值以外的偏置DAC设置时，这是确保实现额定电流范围的必备条件。VMID对应于0x8000或DAC中间码值，即偏置DAC设置所设定的电压范围的中间值（参见表13）。请参见图48中的框图。

$$VMID = 4.5 \times VREF \times (32,768/2^{16}) - (3.5 \times VREF \times (OFFSET\_DAC\_CODE/2^{16}))$$

或

$$VMID = 3.5 \times VREF \times ((42,130 - OFFSET\_DAC\_CODE)/2^{16})$$

$$VMIN = -3.5 \times VREF \times (OFFSET\_DAC\_CODE/2^{16})$$

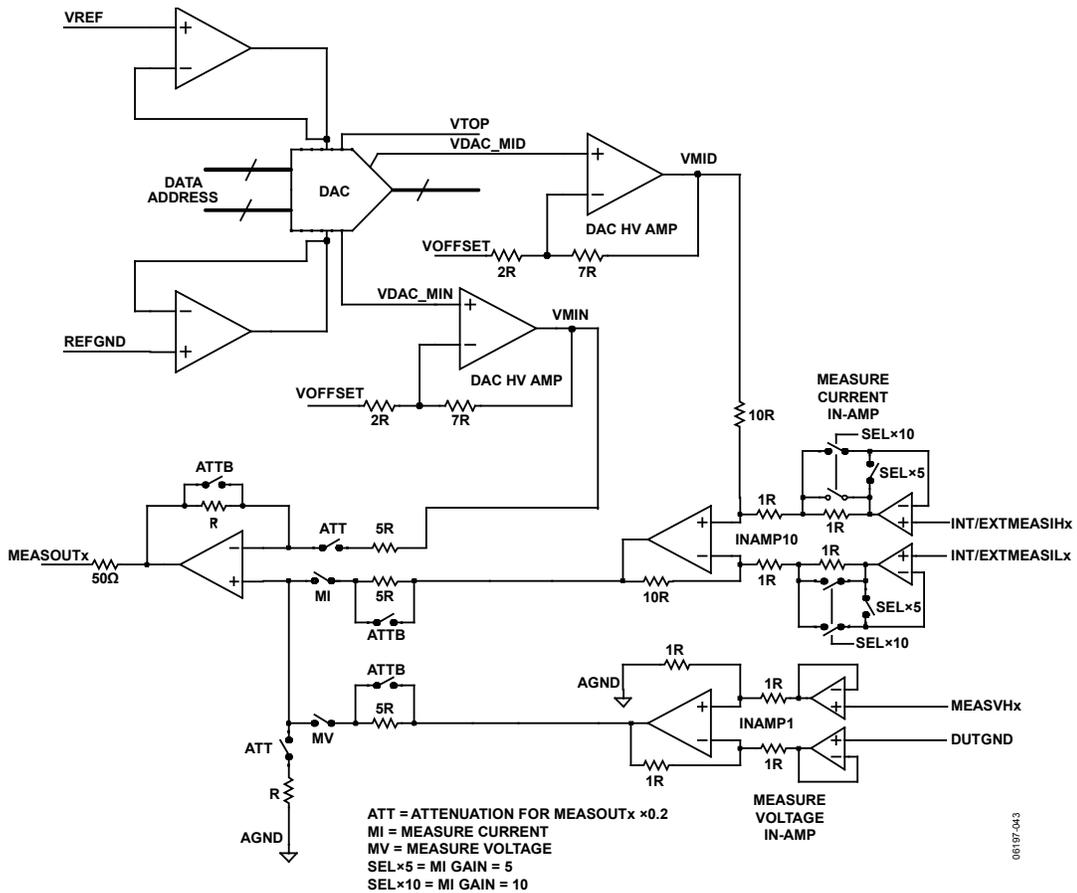


图48. 测量模块和VMID的影响

## 选择电源轨

如技术规格部分所述，器件的最小电源变化 $|AVDD - AVSS| \geq 20V$ 。为使AD5522电路正常工作，电源轨不仅要考虑电压驱动范围，还要考虑内部DAC最小电压电平以及裕量等。DAC放大器使VREF提高4.5倍，而偏置DAC则使该范围的中心维持在选定的某个点上。

电源需要满足DAC输出电压范围的要求，以免影响电路的其他部分（例如，如果额定电流范围内的测量电流模块的增益为10/5，则电源需要提供足够的上下裕量，以便在需要满量程电流范围时，不至于削波测量电流电路）。

此外，MEASOUT增益=0.2设置使用VMIN电平来实现调整；如果此VMIN电平没有足够的下裕量，则MV和MI输出电压范围会受到影响。

对于MEASOUT增益=0.2设置，必须根据以下内容选择AVSS：

$$AVSS \leq -3.5 \times (VREF \times (OFFSET\_DAC\_CODE/2^{16})) - AVSS\_下裕量 - V_{DUTGND} - (R_{CABLE} \times I_{LOAD})$$

其中：

$$AVSS\_下裕量 = 4V。$$

$V_{DUTGND}$ 为DUTGND的预期电压范围。

$R_{CABLE}$ 为电缆/路径电阻。

$I_{LOAD}$ 为最大负载电流。

要在内部和外部电流范围内实现全输出电流，请考虑电源上下裕量（参见表1）。例如，要完全实现80 mA的灌电流，下裕量需要从AVSS + 3 V增至AVSS + 6 V。

**表10. MEASOUTx GAIN1的输出范围=0，MEASOUT增益=1**

MEASOUT功能	测量电流增益	传递函数	VREF的输出电压范围 = 5 V <sup>1</sup>		
			偏置DAC = 0x0	偏置DAC = 0xA492	偏置DAC = 0xED67
MV	5或10	$\pm V_{DUT}$	0 V至22.5 V	$\pm 11.25 V$	-16.26 V至+6.25 V
MI					
GAIN0 = 0	10	$(I_{DUT} \times R_{SENSE} \times 10) + VMID^2$	0 V至22.5 V	$\pm 11.25 V$	-16.26 V至+6.25 V
GAIN0 = 1	5	$(I_{DUT} \times R_{SENSE} \times 5) + VMID$	0 V至11.25 V, (VREF = 2.5 V)	$\pm 5.625 V$ , (VREF = 2.5 V)	-8.13 V至+3.12 V, (VREF = 2.5 V)

<sup>1</sup> 除非另有说明，否则VREF = 5 V。

<sup>2</sup>  $VMID = 3.5 \times VREF \times ((42,130 - OFFSET\_DAC\_CODE)/2^{16})$ ，有关详细信息，请参阅VMID电压部分。

## 测量输出 (MEASOUTx引脚)

MEASOUTx引脚上有相对于AGND的实测DUT电压或电流（DUT电流的电压表示）可用。默认的MEASOUTx范围是电压测量和电流测量的电压驱动范围（额定值为 $\pm 11.25 V$ ，取决于基准电压和偏置DAC），包括一定的超量程以支持偏置校准。

串行接口允许用户选择另一个 $0.9 \times VREF$ 至AGND的MEASOUTx范围，支持使用输入范围为5 V的ADC。每个PMU通道的MEASOUTx线路可通过串行接口实现高阻抗。

偏置DAC直接抵消测得的输出电压电平，但仅限于GAIN1 = 0时。当MEASOUT增益为0.2时，使用来自DAC的最小码值，使MEASOUTx电压居中，并确保电压在0至 $0.9 \times VREF$ 的范围以内（见图48）。

使用低电源电压时，请确保DAC输出范围有足够的上下裕量（由VREF和偏置DAC设置设定）。

## 被测器件地(DUTGND)

默认情况下，所有四个PMU通道都有一个DUTGND输入。但是，在某些PMU应用中，每个通道必须有自己的DUTGND电平才能正常工作。双功能引脚GUARDINx/DUTGNDx可配置为GUARD放大器(GUARDIN)的输入或每个通道的DUTGND输入。

引脚功能可以在上电时通过串行接口进行配置，以进行所需的操作。默认连接是SW13b (GUARDIN)和SW14b（共享DUTGND）。

**表11. MEASOUTx GAIN1的输出范围 = 1, MEASOUT增益 = 0.2**

MEASOUT功能	测量电流增益	传递函数	VREF的输出电压范围 = 5 V <sup>1,2</sup>
MV	5或10	$0.2 \times (V_{DUT} - DUTGND - VMIN^3)$	0 V至4.5 V (±2.25 V, 以2.25 V为中心)
MI			
GAIN0 = 0	10	$(I_{DUT} \times R_{SENSE} \times 10 \times 0.2) + (0.45 \times VREF)$	0 V至4.5 V (±2.25 V, 以2.25 V为中心)
GAIN0 = 1	5	$(I_{DUT} \times R_{SENSE} \times 5 \times 0.2) + (0.45 \times VREF)$	1.125 V至3.375 V (±1.125 V, 以2.25 V为中心), 0 V至2.25 V (±1.125 V, 以1.125 V为中心), (VREF = 2.5 V)

<sup>1</sup> 除非另有说明, 否则VREF = 5V。

<sup>2</sup> 偏置DAC设置不影响输出电压范围。

<sup>3</sup>  $VMIN = 3.5 \times VREF \times (OFFSET\_DAC\_CODE/2^{16})$ , 有关详细信息, 请参阅VMID电压部分。

根据通道配置为DUTGND时, 此双功能引脚不再连接到保护放大器的输入。相反, 要连接到仪表放大器(SW14a)的低电平端, 并且GUARD放大器的输入内部连接到MEASVHx (SW13a)。

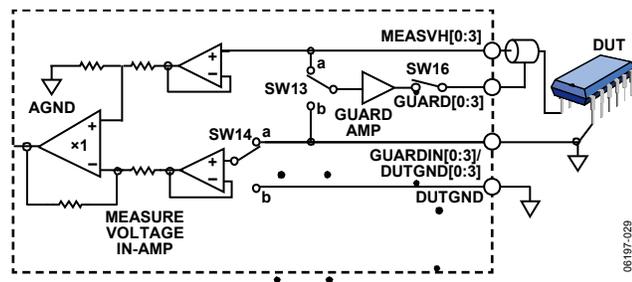


图49. 运用按通道配置DUTGND的特性

## GUARD放大器

Guard放大器允许用户将电缆屏蔽层自举到输出到DUT的电压, 确保电缆上的电压降最小。这对需要高精度漏电流测试的测量尤为重要。

如果不需要, 可以通过串行接口 (系统控制寄存器) 禁用所有四个Guard放大器。禁用Guard放大器可将每通道的功耗降低400µA。

如被测器件地(DUTGND)部分所述, GUARDINx/DUTGNDx是双功能引脚。每个引脚既可以作为一个通道的Guard放大器输入, 也可以作为一个通道的DUTGND输入, 具体取决于最终应用的要求 (见图49)。

当Guard输出与Guard输入电压超过100 mV并且时间超过200µs时, 会发生Guard告警。在这种情况下, 该告警通过开漏输出激活CGALM。由于Guard警报功能和箝位警报功能共享相同的警报输出CGALM, 所以可通过串行接口查询警报状态寄存器中的警报信息 (警报触发和警报通道)。

另外, 串行接口允许用户设置CGALM输出, 使其标记箝位状态或Guard状态。默认情况下, 此开漏警报引脚是未锁存输出, 但可通过串行接口 (系统控制寄存器) 配置为锁存输出。

## 补偿电容器

每个通道都需要一个外部补偿电容器(CCOMP), 以确保最大负载电容的稳定性, 同时确保优化稳定时间。此外, 每个通道有一个CFF引脚, 以进一步优化在电压驱动(FV)模式下的稳定性和建立时间性能。当从电流驱动(FI)模式切换到FV模式时, 连接CFF电容器的内部开关会自动闭合。

虽然驱动放大器设计用于驱动高达10 nF的负载电容 (CCOMP电容器 = 100 pF), 但有可能使用更大的补偿电容值来驱动更大的负载, 但其代价是建立时间会增加。如果必须驱动各种负载电容, 可以使用外部多路开关连接到CCOMPx引脚, 用来优化建立时间与稳定性。放置在CCOMPx上的开关串联电阻通常应小于50Ω。

适用的多路开关为ADG1404、ADG1408或ADG4xx系列多路模拟开关之一, 这些器件的导通电阻通常小于50Ω。

类似地, 将CFF节点连接到外部多路开关可在FV模式下适应各种C<sub>DUT</sub>。ADG1204或ADG1209系列多路模拟开关可以满足这些要求。所用多路模拟开关的串联电阻应为

$$1/(2\pi \times R_{ON} \times C_{DUT}) > 100 \text{ kHz}$$

CFFx和CCOMPx引脚的电压范围与FOHx引脚上的预期电压范围相同; 因此, 电容器的选择必须考虑到这一点。

**表12. 建议的补偿电容选择**

C <sub>LOAD</sub>	CCOMP电容器	CFF电容器
≤1 nF	100 pF	220 pF
≤10 nF	100 pF	1 nF
≤100 nF	C <sub>LOAD</sub> /100	C <sub>LOAD</sub> /10

## 系统驱动和检测开关

每个通道都有开关，用来将驱动(FOHx)和检测(MEASVHx)线路连接到中央PMU以进行校准。每个器件都有一组SYS\_FORCE和SYS\_SENSE引脚。建议针对每个PMU通道，单独进行连接。

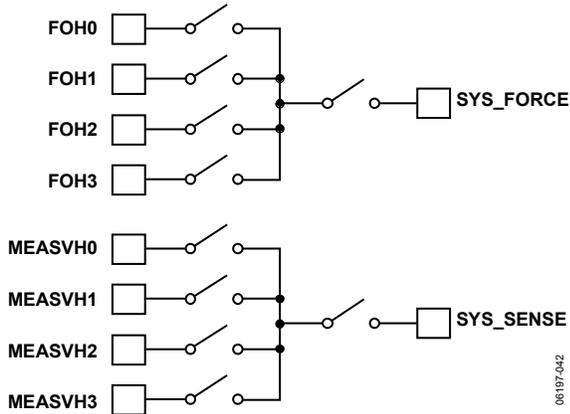


图50. SYS\_FORCE和SYS\_SENSE与FOHx和MEASVHx引脚的连接

## 温度传感器

片上有温度传感器用来监控芯片核心温度。温度传感器位于芯片的中心。如果温度超过手册规定值(130°C)或用户可编程值，器件就会通过锁存开漏引脚关闭所有通道并报警TMPALM，从而实现自我保护。警报状态可以从警报状态寄存器或PMU寄存器中读回，其中，锁存位和未锁存位指示是否发生了警报，以及温度是否已降至设定的警报温度以下。过温关断功能通过系统控制寄存器进行设置。

## DAC电平

每个通道都包含五个专用DAC电平：一个用于驱动放大器，箝位高电平和箝位低电平各一个，比较器高电平和比较器低电平各一个。

单个DAC通道的架构由一16位电阻串DAC和一个输出缓冲放大器构成。这种电阻串结构保证了DAC的一致性。加载到DAC寄存器的16位二进制数字码值决定在串上的哪个节点，在馈入输出放大器之前将电压分接出去。

DAC输出的传递函数如下：

$$V_{OUT} = 4.5 \times V_{REF} \times (X2/2^{16}) - (3.5 \times V_{REF} \times (OFFSET\_DAC\_CODE/2^{16})) + DUTGND$$

其中：

$V_{REF}$ 是基准电压，范围为2 V至5 V。 $X2$ 为计算出的DAC码值，范围为0至65,535（参见增益和偏置寄存器部分）。 $OFFSET\_DAC\_CODE$ 是加载到偏置DAC的码值，在传递函数中乘以3.5。上电时，加载到偏置DAC的默认码值为0xA492；使用5 V基准电压时，其范围为±11.25 V。

### 偏置DAC

AD5522能够驱动实现22.5 V( $4.5 \times V_{REF}$ )的电压范围。芯片内部包含一个16位偏置DAC（四个通道各一个），可调节电压范围。

可用范围为-16.25 V至+22.5 V。加载到偏置DAC的零量程可提供0 V至22.5 V的满量程范围，中量程为±11.25 V，最有用的负值范围为-16.25 V至+6.25 V。加载到偏置DAC的满量程不能提供有用的输出电压范围，因为受到输出放大器可用裕量的限制。表13展示了偏置DAC对器件中其他DAC的影响。

**表13. 偏置DAC与其他DAC的关系( $V_{REF} = 5 V$ )**

偏置DAC码值	DAC码值	DAC输出电压(V)
0	0	0
	32,768	+11.25
	65,535	+22.50
32,768	0	-8.75
	32,768	+2.50
	65,535	+13.75
42,130	0	-11.25
	32,768	0
	65,535	+11.25
60,855	0	-16.25
	32,768	-5.00
	65,535	+6.25
65,535		下裕量限制

要仔细选择电源以支持所需范围，要考虑放大器上裕量和下裕量以及检测电阻器压降(±4 V)。

因此，根据可用的上裕量，驱动放大器的输入可以是单极性正或双极性，可以是以DUTGND为中心的对称或非对称电源，但其电压跨度必须在22.5 V以内。

偏置DAC会偏置所有DAC功能。它还会使电流范围居中，无论偏置DAC设置如何，都希望中间位电平码下电流也为零。

重新排列DAC输出的传递函数可得出以下公式，以确定给定基准电压和输出电压范围所需要的偏置DAC码值。

$$OFFSET\_DAC\_CODE = (2^{16} \times (V_{OUT} - DUTGND)) / (3.5 \times V_{REF}) - ((4.5 \times DAC\_CODE) / 3.5)$$

当通过改变偏置DAC的默认值来调整输出范围时，偏置DAC通道的增益误差会带来额外的偏置。偏置量取决于基准电压的幅度以及偏置DAC通道偏离其默认值的程度。关于该偏置，请参阅技术规格部分。当偏置DAC通道处于正或负满量程时，会发生最差偏置。可以将此值增加到主DAC通道中存在的偏置中，以反映该通道的总偏置状况。在大多数情况下，可以将适当的值写入该通道的C寄存器，从而消除该偏置。只有当偏置DAC变为非默认值时，才需要考虑偏置DAC所引起的额外偏置。

### 增益和偏置寄存器

每个DAC电平都有一个独立的增益(M)寄存器和一个独立的偏置(C)寄存器，可以调整整个信号链（包括DAC）的增益和偏置误差。AD5522中的所有寄存器都是易失性寄存器，因此，在校准周期中，必须在上电时加载它们。来自X1寄存器的数据通过由M和C寄存器控制的数字乘法器和加法器进行操作。在此基础上，将校准后的DAC数据存储在X2寄存器中。

每个DAC的数字输入传递函数可表示如下：

$$X2 = [(M + 1)/2^n \times X1] + (C - 2^{n-1})$$

其中：

$X2$ 是加载到电阻串DAC的数据字。

$X1$ 是写入DAC输入寄存器的16位数据字。

$M$ 是增益寄存器中的码值（默认码值 =  $2^{16} - 1$ ）。 $M$ 寄存器是15位（D15到D1，LSB无关紧要）。

$C$ 是偏置寄存器中的码值（默认码值 =  $2^{15}$ ）。

$n$ 是DAC的分辨率（ $n = 16$ ）。

仅当数据被写入X1寄存器时，校准引擎才会启用，对于某些PMU也是如此（参见表18）。将数据写入M或C寄存器时，校准引擎不会启用。这种机制的优势在于，可以最大限度减少初始设置时间。要计算包含新M或C数据的结果，需要写入X1。

### 缓存的X2寄存器

每个DAC都有一些缓存型X2寄存器。这些寄存器在模式改变之前事先存储好增益和偏置校准值。这样，用户就能预加载寄存器，使校准引擎能计算适当的X2值并将其存储起来，直到模式发生改变。由于数据已经就绪并保存在适当的寄存器中，因此模式更改在时间上非常高效。如果对处于工作PMU模式的DAC寄存器组进行更新，则DAC输出会立即更新（取决于LOAD条件）。

### FIN DAC的增益和偏置寄存器

驱动放大器输入(FIN) DAC电平包含独立的增益和偏置控制寄存器，允许用户以数字方式调整增益和偏置。有六组X1、M和C寄存器：电压驱动范围一组，每个电流驱动范围各一组（四个内部电流范围和一个外部电流范围）。六个X2寄存器存储计算出的DAC值，可以在PMU模式改变时加载到DAC寄存器。

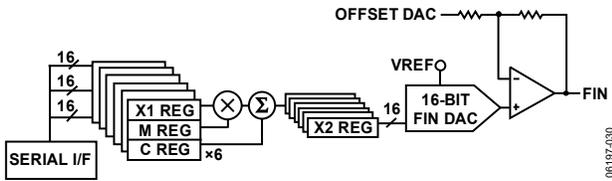


图51. FIN DAC寄存器

### 比较器DAC的增益和偏置寄存器

比较器DAC电平包含独立的增益和偏置控制寄存器，允许用户以数字方式调整增益和偏置。有六组X1、M和C寄存器：电压驱动模式一组，每个电流驱动范围各一组（四个内部电流范围和一个外部电流范围）。通过这种方式，可以对X2进行预编程，从而高效地切换到所需的比较模式。六个X2寄存器存储计算出的DAC值，可以在PMU模式改变时加载到DAC寄存器。

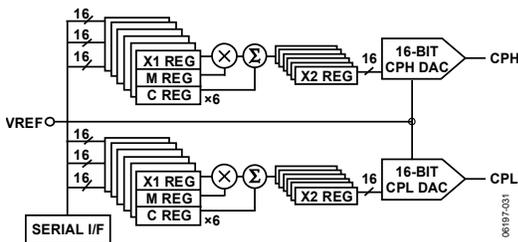


图52. 比较器寄存器

### 箝位DAC的增益和偏置寄存器

箝位DAC电平包含独立的增益和偏置控制寄存器，允许用户以数字方式调整增益和偏置。有两组X1、M和C寄存器：一组用于电压驱动模式，另一组用于所有五个电流范围。两个X2寄存器存储计算出的DAC值，可以在PMU模式改变时加载到DAC寄存器。

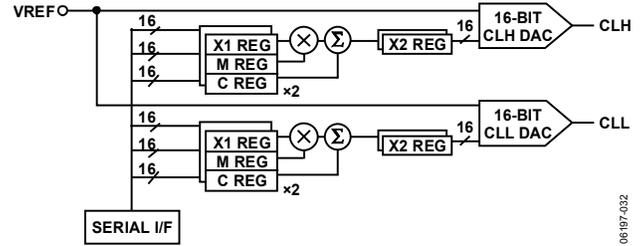


图53. 箝位寄存器

### 基准电压(VREF)

一个缓冲模拟输入VREF为所有21个DAC提供必要的基准电压，以产生所需的直流电平。

### 基准电压源选择

供给VREF引脚的电压决定输出在驱动放大器、箝位和比较器输入端的输出电压范围和量程。AD5522可以使用2 V至5 V的基准输入；但对于大多数应用而言，5 V或2.5 V的基准输入足以满足所有电压范围要求。DAC放大器增益为4.5，使得DAC输出量程为22.5 V。DAC具有增益和偏移寄存器，可用于消除系统误差。

此外，增益寄存器可用于将DAC输出范围降低到所需的电压驱动范围。即使使用四分之一量程(0x4000)的增益寄存器设置，FIN DAC仍能保持16位分辨率。因此，从单个5 V基准电压源，可以获得高达22.5 V或低至5.625 V的电压范围。

使用增益和偏置寄存器时，所选输出范围应考虑需要消除的系统增益和偏置误差。因此，所选输出范围应大于实际需要的范围。

使用低电源电压时，要确保在所需的电压驱动范围内有足够的上下裕量。

此外，当提供5 V ( $I_{SENSE}$ 放大器增益 = 10) 或2.5 V ( $I_{SENSE}$ 放大器增益 = 5) 的基准电压时，电流驱动范围才是额定的满量程范围。

表14. 建议与AD5522配合使用的基准电压<sup>1</sup>

产品型号	电压(V)	初始精度%	基准输出温度系数 (ppm/°C)	REF输出电流(mA)	电源电压范围(V)	封装
ADR435	5	±0.04	1	30	+7至+18	MSOP, SOIC
ADR445	5	±0.04	1	10	+5.5至+18	MSOP, SOIC
ADR431	2.5	±0.04	1	30	+4.5至+18	MSOP, SOIC
ADR441	2.5	±0.04	1	10	+3至+18	MSOP, SOIC

<sup>1</sup> 适用于AD5522的可能基准电压。访问[www.analog.com](http://www.analog.com)，了解更多选择。

对于其他电压和电流范围，可按如下方式计算所需的基准电平：

1. 确定所需额定范围。
2. 确定满量程输出信号所需的最大偏置范围和最大增益。
3. 计算新的最大输出范围，包括预期的最大增益和偏置误差。
4. 选择新的所需 $V_{OUT\_MAX}$ 和 $V_{OUT\_MIN}$ ，使 $V_{OUT}$ 限值以额定值为中心。注意，AVDD和AVSS必须提供足够的裕量。
5. 通过下式计算VREF的值：

$$V_{REF} = (V_{OUT\_MAX} - V_{OUT\_MIN})/4.5$$

### 基准电压选择示例

在以下条件下，若：

额定输出范围 = 10 V (-2 V至+8 V)

偏置误差 = ±100 mV

增益误差 = ±0.5%

REFGND = AGND = 0 V

则，当增益误差 = ±0.5%时，最大正增益误差 = +0.5%，输出范围（包括增益误差）= 10 V + 0.005 (10 V) = 10.05 V。

当偏置误差 = ±100 mV时，最大偏置误差范围 = 2(100 mV) = 0.2 V，输出范围（包括增益误差和偏置误差）= 10.05 V + 0.2 V = 10.25 V。

要在实际输出范围 = 10.25 V的条件下计算VREF，即-2.125 V至+8.125 V（居中），

$$V_{REF} = (8.125 \text{ V} + 2.125 \text{ V})/4.5 = 2.28 \text{ V}$$

如果由此得出的基准电平不便于获得，用户可以采用下述方法之一：

- 利用电阻分压器将一个便于获得的较高基准电平降为所需的电平。
- 选择一个高于VREF的便于获得的基准电平，然后修改增益和偏置寄存器，以数字方式降低基准电平。这样，用户就可以使用几乎任何方便的基准电平。
- 综合运用上述两种方法。

在这种情况下，最佳基准电压为2.5 V基准电压；用户可以使用M和C寄存器以及偏置DAC来实现所需的-2 V至+8 V范围。将 $I_{SENSE}$ 放大器增益更改为5，确保额定值的满量程电流范围（参见电流范围选择部分）。此增益还允许优化电源并最大限度地降低器件内的功耗。

在选择基准值时，务必牢记5 V (MI增益 = 10) 和2.5 V (MI增益 = 5) 以外的值会产生非额定值的电流范围。有关详细信息，参见测量电流增益部分。

### 校准

校准涉及确定每种模式下每个通道的增益和偏置，并覆盖各个DAC的M和C寄存器中的默认值。在某些情况下（如FI模式），校准常数（尤其是增益的校准常数）可能与范围有关。

### 降低零电平误差

零电平误差可以通过下述方法来降低：

1. 将输出尽可能设为最低值。
2. 测量实际输出电压，将其与所需值进行比较，由此便得到零电平误差。
3. 计算等于零量程误差的LSB数，并将该数加到C寄存器的默认值或者从C寄存器的默认值减去该数。

### 减少增益误差

可以通过以下方式减少增益误差：

1. 测量零电平误差。
2. 将输出尽可能设为最高值。
3. 测量实际输出电压，将其与所需值进行比较，此为增益误差。
4. 计算等于增益误差的LSB数，并从M寄存器的默认值减去该数。注意，只能减少正增益误差。

**校准示例**

额定偏置系数 = 32,768

额定增益系数 = 65,535

例如，增益误差 = 0.5%，偏置误差 = 100 mV。

增益误差(0.5%)校准：

$$65,535 \times 0.995 = 65,207$$

因此，将码值1111 1110 1011 0111加载到M寄存器。

偏置误差(100 mV)校准：

$$\text{LSB大小} = 10.25/65,535 = 156 \mu\text{V}$$

100 mV偏置下的偏置系数 =  $100 / 0.156 = 641 \text{ LSB}$

因此，将码值0111 1101 0111 1111加载到C寄存器。

**其它校准**

校准部分中描述的技术通常足以减少零量程误差和增益误差。但是，这些技术存在一些限制，可能导致无法充分降低误差。例如，偏置(C)寄存器只能用于减少由负零量程误差引起的偏置，而不能降低正偏置。同样，如果最大电压低于理想值，即增益误差为负，则增益(M)寄存器不能用于增加增益以补偿误差。通过提高基准电压值可以克服这些限制。

**系统级校准**

有许多方法可以在上电时校准器件。以下示例展示了如何在未连接DUT或DUT板的情况下校准器件的FIN DAC。

驱动和测量电路的校准程序如下：

1. 校准驱动电压（2点）。  
在FV模式下，将零量程写入FIN DAC。将SYS\_FORCE连接到FOHx，将SYS\_SENSE连接到MEASVHx，然后闭合内部驱动/检测开关(SW7)。  
使用系统PMU，测量FOHx/MEASVHx电压与所需值之间的误差。  
类似地，将满量程加载到FIN DAC并测量FOHx/MEASVHx电压与所需值之间的误差。计算M和C值。将这些值加载到FIN DAC的相应M和C寄存器中。
2. 校准测量电压（2点）。  
将SYS\_FORCE连接到FOHx，将SYS\_SENSE连接到MEASVHx，然后闭合内部驱动/检测开关(SW7)。通过SYS\_FORCE对FOHx驱动输出电压，测量MEASOUTx电压。差值为实际电压驱动与MEASOUTx电压之间的误差。
3. 校准电流驱动（2点）。  
在FI模式下，将零量程写入FIN DAC。将SYS\_FORCE连接到外部电流表和FOHx引脚。测量电流表读数与MEASOUTx读数之间的误差。重复此步骤，将满量程加载到FIN DAC。计算M和C值。
4. 校准测量电流（2点）。  
在FI模式下，将零量程写入FIN DAC。将SYS\_FORCE连接到外部电流表和FOHx引脚。测量电流表读数与MEASOUTx读数之间的误差。重复此步骤，将满量程加载到FIN DAC。
5. 对所有四个通道重复此过程。

同样，校准比较器和箝位DAC，并加载适当的增益和偏置寄存器。校准这些DAC需要进行若干逐次逼近计算，以找到比较器跳变或箝位啮合的位置。





## 串行接口

AD5522提供两个高速串行接口：一个工作频率高达50 MHz的SPI兼容接口，以及一个符合EIA-644标准的LVDS接口。为了最大限度地降低器件功耗和片上数字噪声，串行接口仅在向器件写入时（即在SYNC的下降沿）全速运行。

### SPI接口

串行接口采用2.3 V至5.25 V DVCC电源供电。当SPI/LVDS引脚保持低电平时，SPI接口被选定。它由四个引脚控制，如表15所述。

**表15. 控制SPI接口的引脚**

引脚	描述
SYNC	帧同步输入
SDI	串行数据输入引脚
SCLK	时钟，将数据输入和输出
SDO	用于数据回读的串行数据输出引脚（弱SDO输出驱动器，可能需要降低SCLK频率才能正确读回，见表2）

### LVDS接口

LVDS接口使用与SPI接口相同的输入引脚，其名称相同。此外，还为差分工作所需的补码信号提供了四个其他引脚，如表16所述。

**表16. 控制LVDS接口的引脚**

引脚	描述
SYNC	差分帧同步信号
$\overline{\text{SYNC}}$	差分帧同步信号（差分负端）
SDI	差分串行数据输入
$\overline{\text{SDI}}$	差分串行数据输入（差分负端）
SCLK	差分串行时钟输入
$\overline{\text{SCLK}}$	差分串行时钟输入（差分负端）
SDO	用于数据回读的差分串行数据输出
$\overline{\text{SDO}}$	用于数据回读的差分串行数据输出（差分负端）

### 串行接口写模式

AD5522允许通过串行接口将数据写入，也可直接访问每个寄存器，即除DAC寄存器外的所有寄存器。

串行字长29位。串行接口可以采用连续式和突发式（gated）串行时钟工作。应用于SDI的串行数据通过输出于SCLK的时钟脉冲输入AD5522。SYNC的第一个下降沿启动写周期。SCLK必须经过至少29个时钟下降沿以输入29位数据之后，才能再次将SYNC重新拉高。

被寻址的输入寄存器在SYNC的上升沿更新。若需进行其他串行传输，必须将SYNC再次拉低。

移位寄存器可以接受更长的字（例如，32位字），按SYNC帧同步，但数据应始终位于第29个LSB位。

### RESET功能

将电平敏感RESET引脚拉低会将所有内部寄存器的内容重置为其上电复位状态（参见上电默认值部分）。该序列操作大约耗时600  $\mu\text{s}$ 。BUSY脚在此期间持续拉低，在RESET再次拉高且初始化完成时返回高电平。当BUSY为低电平时，所有接口均被禁用。当BUSY返回高电平时，恢复正常工作，RESET引脚的状态被忽略，直到其再次变成低电平为止。在上电复位或RESET期间，SDO输出为高阻抗。上电复位在功能上与RESET相同。

### BUSY 和LOAD功能

BUSY引脚是开漏输出，用于指示AD5522接口的状态。写入任何寄存器时，BUSY变为低电平并保持低电平直到命令执行完毕。

对DAC X1寄存器和一些PMU寄存器位（见表18）的写操作会驱动BUSY信号保持低电平的时间长于对M、C或系统控制寄存器的写操作时间。对于DAC，每当用户将新数据写入相应的X1寄存器时，都会计算并存储内部缓存(X2)数据的值。在对X2进行计算和写入期间，BUSY输出被驱动为低电平。当BUSY为低电平时，用户可以继续将新数据写入任何寄存器，但在SYNC变高时可能无法完成写入操作，直到BUSY返回高电平为止（见图56和图57）。

X2的值会被存储起来和保持下去，直到写入调用相应缓存X2寄存器的PMU字为止。只有这时才会更新DAC输出。

DAC输出和PMU模式通过拉低LOAD输入实现更新。如果LOAD在BUSY有效时变成低电平，LOAD事件会被存储起来，DAC输出或PMU模式会在BUSY变成高电平之后立即更新。用户也可以使LOAD输入永久维持低电平状态。在这种情况下，DAC输出或PMU模式会在BUSY变高之后立即更新。

BUSY引脚为双向引脚，具有50k $\Omega$ 内部上拉电阻。在一个系统中使用多个AD5522器件时，BUSY引脚可以绑在一起。当要求在所有其他器件都做好更新准备之前不得更新任何器件中的DAC或PMU时，这一功能非常有用。当每个器件完成更新其X2寄存器时，就会释放BUSY引脚。如果另一个器件尚未完成更新其X2寄存器，则会使BUSY保持低电平，从而延缓LOAD变低的影响。

由于在四个通道之间只共享一个校准引擎，所以计算X2值的任务必须按顺序完成，这样才能使BUSY脉冲的长度根据更新的通道数而变化。在任何寄存器更新（包括多个通道更新）之后，后续写入都应定时或者应该等到BUSY返回高电平为止（见图56）。如果在校准引擎完成最后一次通道X2计算的第一阶段之前执行后续写入操作，则数据可能丢失。

表17. BUSY脉冲宽度

操作	BUSY脉冲宽度 <sup>1</sup>
将数据加载到系统控制寄存器或回读 <sup>2</sup>	0.27 μs (最大值)
将X1加载到1个PMU DAC通道	1.65 μs (最大值)
将X1加载到2个PMU DAC通道	2.3 μs (最大值)
将X1加载到3个PMU DAC通道	2.95 μs (最大值)
将X1加载到4个PMU DAC通道	3.6 μs (最大值)

<sup>1</sup> BUSY脉冲宽度 = (通道数 + 1) × 650 ns + 350 ns。  
<sup>2</sup> 有关PMU寄存器对BUSY脉冲宽度的影响，详见表18。

BUSY 在上电复位期间以及在RESET时检测到下降沿时，也会变为低电平。

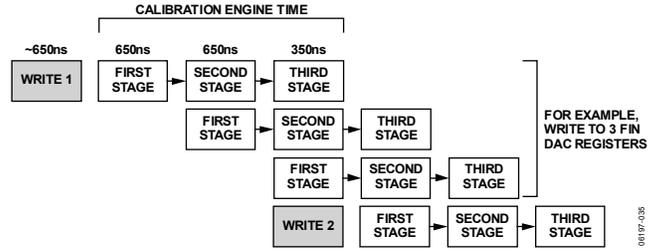


图56. 多次写入DAC X1寄存器

将数据写入系统控制寄存器、部分PMU控制位（见表18）、M寄存器和C寄存器，这些操作不涉及数字校准引擎，因此能加快在上电时配置器件的速度。但是，如前所述，注意不要在BUSY为低电平时发出这些命令。

表18. 面向PMU寄存器更新的BUSY脉冲宽度

PMU寄存器更新（见表26）		各通道更新的BUSY低电平时间的最大值				
位	位名称	一个通道	两个通道	三个通道	四个通道	
21	CH EN	270 ns				
20, 19	FORCE1, FORCE0（取决于模式变化）					
	跃迁源于		跃迁目标			
		高阻FOHx电流(11)	电流驱动(01)			
		高阻FOHx电流(11)	电压驱动(00)			
		高阻FOHx电流(11)	1.65 μs	2.3 μs	2.95 μs	3.6 μs
		高阻FOHx电流(11)	高阻FOHx电压(10)		2.95 us	3.6 μs
		电流驱动(01)	高阻FOHx电流(11)			
		电流驱动(01)	高阻FOHx电压(10)		2.95 μs	3.6 μs
		电流驱动(01)	电压驱动(00)		2.95 μs	3.6 μs
		高阻FOHx电压(10)	电压驱动(00)			
		高阻FOHx电压(10)	电流驱动(01)		2.95 μs	3.6 μs
		高阻FOHx电压(10)	高阻FOHx电流(11)		2.95 μs	3.6 μs
		电压驱动(00)	高阻FOHx电压(10)			
		电压驱动(00)	高阻FOHx电流(11)		2.95 μs	3.6 μs
	电压驱动(00)	电流驱动(01)		2.95 μs	3.6 μs	
17, 16, 15	C2至C0；电流范围选择（任何范围变化）	1.65 μs	2.3 μs	2.95 μs	3.6 μs	
14, 13	MEASx（测量模式选择）	270 ns				
12	FIN	270 ns				
11	SFO	270 ns				
10	SS0	270 ns				
9	CL	270 ns				
8	CPOLH	270 ns				
7	比较V/I	1.65 μs	2.3 μs	2.95 μs	3.6 μs	
6	清零	270 ns				

## 寄存器更新速率

每当用户将新数据写入相应的X1寄存器和某些PMU寄存器更新时，都会计算X2寄存器的值。计算分三个阶段进行。前两个阶段各需大约650 ns，最后一个阶段需要大约350 ns。当对X1寄存器的写入完成时，计算过程开始。如果写操作涉及更新单个DAC通道，则用户可以自由写入另一个X1寄存器，前提是写操作在第一段计算完成之前（即第一次写入操作完成后650 ns）未完成（SYNC返回高电平）。

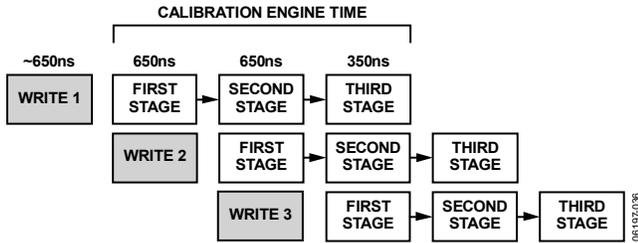


图57. 使用校准引擎的多次单通道写入

## 寄存器选择

串行字赋值由29位组成。无论是写入器件还是从器件读取，位28到位22对所有寄存器都是通用的。PMU3至PMU0数据位（位27至位24）用于寻址每个PMU通道（或相关的DAC寄存器）。当PMU3至PMU0位全为0时，系统控制寄存器被寻址。

模式位MODE0和MODE1用于寻址不同的DAC寄存器组和PMU寄存器。

表19. 模式位

B23 MODE1	B22 MODE0	操作
0	0	写入系统控制寄存器或PMU寄存器
0	1	写入DAC增益(M)寄存器
1	0	写入DAC偏置(C)寄存器
1	1	写入DAC输入数据(X1)寄存器

## 回读控制, $\overline{RD}/\overline{WR}$

将 $\overline{RD}/\overline{WR}$ 位（位28）设为高电平，启动PMU的回读序列、警报状态、比较器状态、系统控制或DAC寄存器，具体由地址位决定。

## PMU地址位: PMU3、PMU2、PMU1、PMU0

PMU3至PMU0数据位（位27至位24）用于寻址片上的每个PMU通道。除了多通道编程之外，这些位还允许单独控制每个PMU通道或任何通道组合。除了从所有寄存器读取外，PMU位还允许访问写寄存器，如系统控制寄存器和DAC寄存器（见表20）。

## NOP (无操作)

如果加载了NOP（无操作）命令，则不会对DAC或PMU寄存器进行任何更改。当在器件内执行寄存器回读（通过SDO引脚）时，此码值非常有用，因为此时可能不需要更改DAC码值或PMU功能。

## 保留命令

PMU、DAC和系统控制寄存器的寄存器地址表中未描述的任何位组合均表示保留命令。这些命令未分配，保留用于工厂用途。为确保器件正常运行，请勿使用保留命令。

此表中未明确引用的所有码值均为保留码值，不得使用（参见表29）。

表20. AD5522的读写功能

B28	B27	B26	B25	B24	B23	B22	B21至B0	选定通道											
RD/WR	PMU3	PMU2	PMU1	PMU0	MODE1	MODE0	数据位	CH3	CH2	CH1	CH0								
<b>写功能</b>																			
0	0	0	0	0	0	0	数据位	写入系统控制寄存器（见表23）											
0	0	0	0	0	0	1	数据位	保留											
0	0	0	0	0	1	0	数据位	保留											
0	0	0	0	0	1	1	全1	NOP（无操作）											
0	0	0	0	0	1	1	除全1之外的数据位	保留											
<b>写寻址DAC或PMU寄存器</b>																			
0	0	0	0	1	选择DAC或PMU寄存器 (见表19)		地址和数据位			CH1	CH0								
0	0	0	1	0							CH1	CH0							
0	0	0	1	1															
0	0	1	0	0												CH2	CH0		
0	0	1	0	1												CH2	CH0		
0	0	1	1	0												CH2	CH1	CH0	
0	0	1	1	1												CH2	CH1	CH0	
0	1	0	0	0												CH3	CH0		
0	1	0	0	1												CH3	CH0		
0	1	0	1	0												CH3	CH1	CH0	
0	1	0	1	1												CH3	CH1	CH0	
0	1	1	0	0												CH3	CH2	CH0	
0	1	1	0	1												CH3	CH2	CH0	
0	1	1	1	0												CH3	CH2	CH1	CH0
0	1	1	1	1												CH3	CH2	CH1	CH0
<b>读功能</b>																			
1	0	0	0	0	0	0	全0	从系统控制寄存器读取											
1	0	0	0	0	0	1	全0	从比较器状态寄存器读取											
1	0	0	0	0	1	0	X（无用）	保留											
1	0	0	0	0	1	1	全0	从警报状态寄存器读取											
<b>读寻址DAC或PMU寄存器（一次只能读取一个PMU或DAC寄存器）</b>																			
1	0	0	0	1	选择PMU或DAC寄存器 (见表19)		如果读取PMU寄存器，则全0；如果读取DAC寄存器DAC地址，则为DAC地址加全0（见表29）	CH3	CH2	CH1	CH0								
1	0	0	1	0							CH0								
1	0	1	0	0							CH0								
1	1	0	0	0							CH0								

## 写系统控制寄存器

当PMU通道地址位（PMU3至PMU0）和模式位（MODE1和MODE0）均为0时，访问系统控制寄存器。该寄存器允许

快速设置器件中的各种功能。系统控制寄存器的运行方式因器件而异。

**表21. 系统控制寄存器位——位B28至位B15**

B28	B27	B26	B25	B24	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15
RD/WR	PMU3	PMU2	PMU1	PMU0	MODE1	MODE0	CL3	CL2	CL1	CL0	CPOLH3	CPOLH2	CPOLH1

**表22. 系统控制寄存器位——位B14至位B0**

B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1 <sup>1</sup>	B0 <sup>1</sup>
CPOLH0	CPBIASEN	DUTGND/CH	Guard ALM	Clamp ALM	INT10K	Guard EN	GAIN1	GAIN0	TMP enable	TMP1	TMP0	Latched	0	0

<sup>1</sup> 位B1和位B0是未使用的数据位。

**表23. 系统控制寄存器功能**

位	位名称	描述
28 (MSB)	RD/WR	低电平时，写入功能发生在所选寄存器中；将RD/WR位设为高电平，启动PMU的回读序列、警报状态、比较器状态、系统控制或DAC寄存器，具体由地址位决定。
27	PMU3	将位PMU3至位PMU0设为0，以寻址系统控制寄存器。
26	PMU2	
25	PMU1	
24	PMU0	
23	MODE1	将MODE1和MODE0位设为0，以寻址系统控制寄存器。
22	MODE0	

### 系统控制寄存器特有的位

21	CL3	电流或电压箝位使能。位CL3至位CL0使能和禁止每个通道的电流或电压箝位功能（0 = 禁用；1 = 使能）。箝位使能功能也可在每个通道的PMU寄存器中使用。借助这种双重功能，可以灵活地使能或禁用此功能。当回读有关箝位使能功能状态的信息时，最近写入箝位寄存器的数据可从PMU寄存器或系统控制寄存器的回读字中获得。
20	CL2	
19	CL1	
18	CL0	
17	CPOLH3	比较器输出使能。默认情况下，比较器输出在上电时为高阻。每个位若为1，结果会使能所选通道的比较器输出。必须使能位13 (CPBIASEN)才能开启比较器功能。比较器使能功能也可在每个通道的PMU寄存器中使用。借助这种双重功能，可以灵活地使能或禁用此功能。当回读有关比较器使能功能状态的信息时，最近写入比较器状态寄存器的数据可从PMU寄存器或系统控制寄存器的回读字中获得。
16	CPOLH2	
15	CPOLH1	
14	CPOLH0	
13	CPBIASEN	比较器使能。默认情况下，比较器在器件上电时关断。要为所有通道使能比较器功能，请将1写入该位。0会禁用比较器并将其关闭。比较器输出使能位（CPOLHx，位17至位14）允许用户单独打开每个比较器输出，从而启用比较器输出的总线。
12	DUTGND/CH	每通道DUTGND使能。GUARDINx/DUTGNDx引脚是共用引脚，可配置成为每个PMU通道使能一个DUTGND，或者为每个PMU通道使能一个guard输入。将此位设为1，可以为每个通道使能DUTGND。在此模式下，该充当每个通道的DUTGND引脚。guard输入不连接此引脚，而是通过内部连接直接连接到MEASVHx线路。默认上电状态为GUARDINx。
11	GUARD ALM	箝位和guard警报功能共用一个开漏警报引脚(CGALM)。默认情况下，CGALM引脚被禁用。Guard ALM和箝位ALM位允许用户选择是否由CGALM引脚来标志箝位警报信息、guard警报信息或两组警报信息。将其设为高电平可使能任一警报功能。
10	CLAMP ALM	
9	INT10K	内部检测短路。将该位设置成高电平，用户即可在FOHx和MEASVHx线路之间连接一个10 kΩ（4kΩ+2kΩ开关+4kΩ）的内部检测短路电阻（SW7闭合）。将该位设置成高电平，同时还会闭合SW15，允许用户在DUTGNDx和AGND之间连接另一个10kΩ电阻。
8	Guard EN	Guard使能。Guard放大器在上电时被禁用；要使能Guard放大器，请将此位设为1。如果未使用Guard功能，则禁用它可以节省功耗（通常为每通道400μA）。

位	位名称	描述	
7	GAIN1	MEASOUTx输出范围。MEASOUTx范围默认为电压和电流测量的电压驱动范围，其中包括一定的超范围裕量以支持偏置校正。默认偏置DAC设置下，额定输出电压范围为±11.25 V；当GAIN1 = 0时，在其他偏置DAC设置下，则会发生变化。因此，MEASOUTx范围可能是非对称双极性电压范围。使GAIN1 = 1，即可实现单极性输出电压范围，允许使用非对称电源或输入范围更小的ADC。有关详细信息，请参阅表10和表11。	
6	GAIN0		
			<b>VREF = 5 V、偏置DAC = 0xA492时的输出电压范围</b>
			<b>MEASOUT功能      测量电流增益      GAIN1 = 0, MEASOUT增益 = 1      GAIN1 = 1, MEASOUT增益 = 0.2</b>
			MV      5或10      ±V <sub>DUT</sub> (最高±11.25 V)      0 V至4.5 V
		MI (GAIN0 = 0)      10      ±I <sub>DUT</sub> × R <sub>RESENSE</sub> × 10 + VMID (最高±11.25 V)      0 V至4.5 V	
		MI (GAIN0 = 1)      5      ±I <sub>DUT</sub> × R <sub>RESENSE</sub> × 5 + VMID (最高±5.625 V)      0 V至2.25 V	
5	TMP ENABLE	热关断功能。要禁用热关断功能，将TMP ENABLE位设为0（默认情况下，热关断功能处于使能状态）。	
4	TMP1	TMP1和TMP0位允许用户对触发热关断的温度进行编程。	
3	TMP0		
		<b>TMP ENABLE      TMP1      TMP0      操作</b>	
		0      X      X      热关断已禁用。	
		1      X      X      热关断已使能。	
		1      0      0      结温为130°C时关断（上电时的默认值）。	
		1      0      1      结温为120°C时关断。	
		1      1      0      结温为110°C时关断。	
		1      1      1      结温为100°C时关断。	
2	锁存	配置开漏引脚(CGALM)作为锁存或未锁存输出引脚。当处于高电平时，该位可将CGALM警报输出配置为锁存输出，允许其驱动控制器I/O，无需持续轮询线路。此引脚的上电默认值为未锁存。	
1	0	未使用的位。设为0。	
0 (LSB)	0		

## 写PMU寄存器

要寻址PMU功能，请将MODE1和MODE0位设为0。此设置选择PMU寄存器（见表19和表20）。AD5522具有非常灵活的寻址功能，允许将数据写入单个PMU通道、PMU通道的

任意组合或所有PMU通道。此功能可实现向DUT上类似引脚的多路广播。位27到位24选择被寻址的PMU或PMU组。

**表24. PMU寄存器位——位B28至位B15**

B28	B27	B26	B25	B24	B23	B22	B21	B20	B19	B18 <sup>1</sup>	B17	B16	B15
RD/WR	PMU3	PMU2	PMU1	PMU0	MODE1	MODE0	CH EN	FORCE1	FORCE0	0	C2	C1	C0

<sup>1</sup> 位B18为保留位。

**表25. PMU寄存器位——位B14至位B0**

B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5 <sup>1</sup>	B4 <sup>1</sup>	B3 <sup>1</sup>	B2 <sup>1</sup>	B1 <sup>1</sup>	B0 <sup>1</sup>
MEAS1	MEAS0	FIN	SF0	SS0	CL	CPOLH	比较V/I	清零	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> 位B5至位B0是未使用的数据位。

**表26. PMU寄存器功能**

位	位名称	描述
28 (MSB)	RD/WR	为低电平时，会对所选寄存器进行写操作；将RD/WR位设为高电平，启动PMU的回读序列、警报状态、比较器状态、系统控制或DAC寄存器，具体由地址位决定。
27 26 25 24	PMU3 PMU2 PMU1 PMU0	位PMU3到位PMU0对器件中的每个PMU通道进行寻址。除了多通道编程之外，这些位还允许控制单个PMU通道或任何通道组合（见表20）。
23 22	MODE1 MODE0	将MODE1和MODE0位设为0，以访问由PMU3至PMU0位（位27至位24）选择的PMU寄存器。

**PMU寄存器特有的位**

21	CH EN	通道使能。设为高电平可启用所选通道或通道组；设为低电平可禁用所选通道。禁用时，SW2闭合，SW5断开（输出为高阻）。测量模式始终由MEAS1和MEAS0位决定，不受CH EN位的影响。Guard放大器和比较器不受此位的影响。																																				
20	FORCE1	FORCE1和FORCE0位（与PMUx位联合）设置每个PMU通道的驱动功能。驱动和测量的所有组合（使用MEAS1和MEAS0位）均可用。高阻（电压和电流）模式允许用户在模式改变期间优化毛刺响应。在高阻电压或电流模式下，当PMU为高阻时，加载到FIN DAC寄存器和加载到箝位DAC寄存器的新X1码值将被校准，存储在X2寄存器中，并直接加载到DAC输出。																																				
19	FORCE0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>FORCE1</th> <th>FORCE0</th> <th>操作</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>FV和电流箝位（若箝位已使能）。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>FI和电压箝位（若箝位已使能）。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>高阻 FOHx电压（预加载FIN DAC和箝位DAC）。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>高阻 FOHx电流（预加载FIN DAC和箝位DAC）。</td> </tr> </tbody> </table>	FORCE1	FORCE0	操作	0	0	FV和电流箝位（若箝位已使能）。	0	1	FI和电压箝位（若箝位已使能）。	1	0	高阻 FOHx电压（预加载FIN DAC和箝位DAC）。	1	1	高阻 FOHx电流（预加载FIN DAC和箝位DAC）。																					
FORCE1	FORCE0	操作																																				
0	0	FV和电流箝位（若箝位已使能）。																																				
0	1	FI和电压箝位（若箝位已使能）。																																				
1	0	高阻 FOHx电压（预加载FIN DAC和箝位DAC）。																																				
1	1	高阻 FOHx电流（预加载FIN DAC和箝位DAC）。																																				
18	保留	0																																				
17 16 15	C2 C1 C0	<p>位C2至位C0指定所需的电流范围。高阻 FV/FI命令忽略电流范围地址位（C2、C1和C0）；因此，这些位组合不能用于使能或禁用PMU通道的驱动功能。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>C2</th> <th>C1</th> <th>C0</th> <th>选定的电流范围</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>±5 μA电流范围。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>±20 μA电流范围。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>±200 μA电流范围。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>±2 mA电流范围（默认）。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>±外部电流范围。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>禁用外部电流范围缓冲器<sup>1</sup>的常开模式。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>使能外部电流范围缓冲器<sup>2</sup>的常开模式。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>保留。</td> </tr> </tbody> </table>	C2	C1	C0	选定的电流范围	0	0	0	±5 μA电流范围。	0	0	1	±20 μA电流范围。	0	1	0	±200 μA电流范围。	0	1	1	±2 mA电流范围（默认）。	1	0	0	±外部电流范围。	1	0	1	禁用外部电流范围缓冲器 <sup>1</sup> 的常开模式。	1	1	0	使能外部电流范围缓冲器 <sup>2</sup> 的常开模式。	1	1	1	保留。
C2	C1	C0	选定的电流范围																																			
0	0	0	±5 μA电流范围。																																			
0	0	1	±20 μA电流范围。																																			
0	1	0	±200 μA电流范围。																																			
0	1	1	±2 mA电流范围（默认）。																																			
1	0	0	±外部电流范围。																																			
1	0	1	禁用外部电流范围缓冲器 <sup>1</sup> 的常开模式。																																			
1	1	0	使能外部电流范围缓冲器 <sup>2</sup> 的常开模式。																																			
1	1	1	保留。																																			

位	位名称	描述															
14	MEAS1	MEAS1和MEAS0位指定所需的测量模式，允许禁用MEASOUTx线路，连接到温度传感器，或使能电流或电压测量。															
13	MEAS0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MEAS1</th> <th>MEAS0</th> <th>操作</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>MEASOUTx连接到I<sub>SENSE</sub></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>MEASOUTx连接到V<sub>SENSE</sub></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>MEASOUTx连接到温度传感器</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>MEASOUTx为高阻（SW12断开）</td> </tr> </tbody> </table>	MEAS1	MEAS0	操作	0	0	MEASOUTx连接到I <sub>SENSE</sub>	0	1	MEASOUTx连接到V <sub>SENSE</sub>	1	0	MEASOUTx连接到温度传感器	1	1	MEASOUTx为高阻（SW12断开）
MEAS1	MEAS0	操作															
0	0	MEASOUTx连接到I <sub>SENSE</sub>															
0	1	MEASOUTx连接到V <sub>SENSE</sub>															
1	0	MEASOUTx连接到温度传感器															
1	1	MEASOUTx为高阻（SW12断开）															
12	FIN	该位设置驱动输入(FIN)放大器的状态。 0 = 驱动放大器的输入切换到GND。 1 = 驱动放大器的输入连接到FIN DAC输出。															
11 10	SF0 SS0	SF0和SS0位指定系统驱动和检测线路在DUT下切换到驱动路径和检测路径。系统驱动和系统检测线路连接的通道由PMU3至PMU0位设置。为了确保操作正确无误，任何时候只能将一个PMU通道连接到SYS_FORCE和SYS_SENSE路径。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>SF0</th> <th>SS0</th> <th>操作</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>所选通道的SYS_FORCE和SYS_SENSE为高阻</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>对于所选通道，SYS_FORCE为高阻，SYS_SENSE连接到MEASVHx</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>对于所选通道，SYS_FORCE连接到FOHx，SYS_SENSE为高阻</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>对于所选通道，SYS_FORCE连接到FOHx，SYS_SENSE连接到MEASVHx</td> </tr> </tbody> </table>	SF0	SS0	操作	0	0	所选通道的SYS_FORCE和SYS_SENSE为高阻	0	1	对于所选通道，SYS_FORCE为高阻，SYS_SENSE连接到MEASVHx	1	0	对于所选通道，SYS_FORCE连接到FOHx，SYS_SENSE为高阻	1	1	对于所选通道，SYS_FORCE连接到FOHx，SYS_SENSE连接到MEASVHx
SF0	SS0	操作															
0	0	所选通道的SYS_FORCE和SYS_SENSE为高阻															
0	1	对于所选通道，SYS_FORCE为高阻，SYS_SENSE连接到MEASVHx															
1	0	对于所选通道，SYS_FORCE连接到FOHx，SYS_SENSE为高阻															
1	1	对于所选通道，SYS_FORCE连接到FOHx，SYS_SENSE连接到MEASVHx															
9	CL	各PMU的电流或电压箝位使能位。逻辑高电平使能所选PMU的箝位功能。箝位使能功能也可在系统控制寄存器中使用。借助这种双重功能，可以灵活地使能或禁用此功能。当按通道回读有关箝位使能功能状态的信息时，最近写入箝位寄存器的数据可从PMU寄存器或系统控制寄存器的回读字中获得。															
8	CPOLH	比较器输出使能位。默认情况下，比较器输出在上电时为高阻。逻辑高电平使能所选PMU的比较器输出。必须使能比较器功能CPBIASEN（系统控制寄存器中的位13）。比较器输出使能功能也可在系统控制寄存器中使用。借助这种双重功能，可以灵活地使能或禁用此功能。当回读有关比较器使能功能状态的信息时，最近写入比较器状态寄存器的数据可从PMU寄存器或系统控制寄存器的回读字中获得。															
7	比较V/I	逻辑高电平选择比较电压功能；逻辑低电平选择比较电流功能。															
6	清零	要清除或复位锁存的警报位和引脚（温度、Guard或箝位），将1写入该位。该位适用于所有四个PMU通道上的锁存警报条件（箝位和Guard）。															
5 4 3 2 1 0 (LSB)	未用	未使用的位。设为0。															

<sup>1</sup> 将101写入位17至位15，禁用外部电流范围缓冲器的常开模式。仅用于FV模式(FORCE1 = FORCE0 = 0)。要完成禁用常开模式，PMU通道会被置于高阻模式，外部电流范围缓冲器则返回其默认操作（关闭）。

<sup>2</sup> 将110写入位17至位15，会将外部电流范围缓冲器置于常开模式。在此模式下，缓冲器始终处于活动状态，与所选的电流范围无关。常开模式适用于外部高电流级用于驱动电流超过±80 mA的情况；内部级常开应该有助于消除在此电流范围和其他范围之间跃迁时的时序问题。首次使能常开模式时，将其与FV模式结合使用(FORCE1 = FORCE0 = 0)；该器件现在可以使能外部电流范围缓冲器。110码值还会将器件置于高阻模式（完成使能功能的必备条件）。要返回FV或FI操作模式，请选择适当的模式和电流范围。仅当选择外部电流范围地址（C2至C0设为100）时，外部范围检测电阻才连接到MI电路。上电时的默认操作是禁用（或关闭）。

## 写DAC寄存器

DAC输入、增益和偏置寄存器通过PMU位（位27至位24）和模式位（位23和位22）的组合进行寻址。位A5至位A0寻址芯片上的各个DAC电平。位D15至位D0是写入这些寄存器

时使用的DAC数据位。PMU地址位允许针对PMU通道的任何组合寻址特定DAC。

**表27. DAC寄存器位**

B28	B27	B26	B25	B24	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15至B0
RD/WR	PMU3	PMU2	PMU1	PMU0	MODE1	MODE0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	数据位[D15 (MSB):D0 (LSB)]

**表28. DAC寄存器功能**

位	位名称	描述															
28 (MSB)	RD/WR	该位为低电平时，写入功能发生在所选寄存器中；将RD/WR位设为高电平，启动PMU的回读序列、警报状态、比较器状态、系统控制或DAC寄存器，具体由地址位决定。															
27 26 25 24	PMU3 PMU2 PMU1 PMU0	位PMU3至位PMU0对器件中的每个PMU和DAC通道进行寻址。除了多通道编程之外，这些位还允许控制单个DAC通道或任何通道组合。															
23 22	MODE1 MODE0	MODE1和MODE0位允许寻址DAC增益(M)、偏置(C)或输入(X1)寄存器。															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>MODE1</th> <th>MODE0</th> <th>操作</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>写入系统控制寄存器或PMU寄存器</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>写入DAC增益(M)寄存器</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>写入DAC偏置(C)寄存器</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>写入DAC输入数据(X1)寄存器</td> </tr> </tbody> </table>	MODE1	MODE0	操作	0	0	写入系统控制寄存器或PMU寄存器	0	1	写入DAC增益(M)寄存器	1	0	写入DAC偏置(C)寄存器	1	1	写入DAC输入数据(X1)寄存器
MODE1	MODE0	操作															
0	0	写入系统控制寄存器或PMU寄存器															
0	1	写入DAC增益(M)寄存器															
1	0	写入DAC偏置(C)寄存器															
1	1	写入DAC输入数据(X1)寄存器															
DAC寄存器特有的位																	
21 20 19	A5 A4 A3	DAC地址位：A5至A3位选择被寻址的寄存器组。参见DAC寻址部分。															
18 17 16	A2 A1 A0	DAC地址位：A2至A0位选择被寻址的DAC。参见DAC寻址部分。															
15至0	D15 (MSB)至D0 (LSB)	X1和C寄存器的16个DAC数据位。M寄存器为15位宽，D15至D1。															

**DAC寻址**

对于FIN和比较器（CPH和CPL）DAC，每个电流范围都有一组X1、M和C寄存器，电压范围也有一组；对于箝位DAC（CLL和CLH），只有两组X1、M和C寄存器。

校准器件时，M和C寄存器允许对增益和偏置系数进行易失性存储。只有在加载X1数据时才会计算相应的DAC X2寄存器（在M或C更新时不进行内部计算）。

在使用PMU<sub>x</sub>位进行寻址的器件中，所有四个通道都有一个偏置DAC。偏置DAC只有一个与之相关的输入寄存器；没有M或C寄存器与此DAC相关联。写入偏置DAC时，将MODE1和MODE0位设置为高电平，以寻址DAC输入寄存器（X1）。

相同地址表也用于回读特定的DAC地址。

注意，CLL为低箝位电平，CLH为高箝位电平。

- 驱动输出电压时，电流箝位启用；因此，CLL电流范围寄存器组和CLH电流范围寄存器组都会被加载到箝位DAC。
- 驱动输出电流时，电压箝位启用；因此，CLL电压范围寄存器组和CLH电压范围寄存器组都会被加载到箝位DAC。

表29中未明确引用的所有码值均为保留码值，不得使用。

**表29. DAC寄存器寻址**

A5	A4	A3	A2	A1	A0	MODE1	MODE0	寄存器组	寻址的寄存器
0	0	0	0	0	0	1	1	不适用	偏置DAC X
0	0	1	0	0	0	0 1 1	1 0 1	±5 μA电流范围	FIN M FIN C FIN X1
0	0	1	0	0	1	0 1 1	1 0 1	±20 μA电流范围	FIN M FIN C FIN X1
0	0	1	0	1	0	0 1 1	1 0 1	±200 μA电流范围	FIN M FIN C FIN X1
0	0	1	0	1	1	0 1 1	1 0 1	电流范围：±2 mA	FIN M FIN C FIN X1
0	0	1	1	0	0	0 1 1	1 0 1	±外部电流范围	FIN M FIN C FIN X1
0	0	1	1	0	1	0 1 1	1 0 1	电压范围	FIN M FIN C FIN X1
0	1	0	1	0	0	0 1 1	1 0 1	电流范围	CLL M CLL C CLL X1 <sup>1</sup>
0	1	0	1	0	1	0 1 1	1 0 1	电压范围	CLL M CLL C CLL X1
0	1	1	1	0	0	0 1 1	1 0 1	电流范围	CLH M CLH C CLH X1 <sup>2</sup>
0	1	1	1	0	1	0 1 1	1 0 1	电压范围	CLH M CLH C CLH X1
1	0	0	0	0	0	0 1 1	1 0 1	±5 μA电流范围	CPL M CPL C CPL X1

# AD5522

A5	A4	A3	A2	A1	A0	MODE1	MODE0	寄存器组	寻址的寄存器
1	0	0	0	0	1	0 1 1	1 0 1	±20 μA电流范围	CPL M CPL C CPL X1
1	0	0	0	1	0	0 1 1	1 0 1	±200 μA电流范围	CPL M CPL C CPL X1
1	0	0	0	1	1	0 1 1	1 0 1	电流范围: ±2 mA	CPL M CPL C CPL X1
1	0	0	1	0	0	0 1 1	1 0 1	±外部电流范围	CPL M CPL C CPL X1
1	0	0	1	0	1	0 1 1	1 0 1	电压范围	CPL M CPL C CPL X1
1	0	1	0	0	0	0 1 1	1 0 1	±5 μA电流范围	CPH M CPH C CPH X1
1	0	1	0	0	1	0 1 1	1 0 1	±20 μA电流范围	CPH M CPH C CPH X1
1	0	1	0	1	0	0 1 1	1 0 1	±200 μA电流范围	CPH M CPH C CPH X1
1	0	1	0	1	1	0 1 1	1 0 1	电流范围: ±2 mA	CPH M CPH C CPH X1
1	0	1	1	0	0	0 1 1	1 0 1	±外部电流范围	CPH M CPH C CPH X1
1	0	1	1	0	1	0 1 1	1 0 1	电压范围	CPH M CPH C CPH X1

<sup>1</sup> CLL应该在0x0000到0x7FFF的范围内。

<sup>2</sup> CLH应该在0x8000到0xFFFF的范围内。

## 读寄存器

可通过SPI和LVDS接口回读器件中的所有寄存器。要从寄存器读取数据，首先必须写一个回读命令，告诉器件需要回读哪个寄存器。请参阅表30，了解相应通道的寻址方式。

当寻址所需通道时，器件将24位回读数据加载到29位串行移位寄存器的MSB位（5个LSB填充0）。SCLK上升沿将此回读数据输出到SDO上（由SYNC信号帧同步）。

至少需要24个时钟上升沿才能将回读数据移出移位寄存器。

如果写入24位字以将数据移出器件，则用户必须确保该24位写操作实际上是NOP（无操作）命令。移位寄存器中的最后5位始终为00000：加载24位写时，这5位成为移位寄存器的MSB。为确保器件如表20所述接收到NOP命令，建议使用的清空命令为0xFFFFF；因此，不会对器件中的任何寄存器进行任何更改。

通过写入另一个29位写或读命令，也可以移出回读数据。如果写入29位命令，则回读数据为SDO上可用的MSB数据，后跟00000。

**表30. AD5522的读取功能**

B28	B27	B26	B25	B24	B23	B22	B21至B0	选定通道			
RD/WR	PMU3	PMU2	PMU1	PMU0	MODE1	MODE0	数据位	CH3	CH2	CH1	CH0
读功能											
1	0	0	0	0	0	0	全0	从系统控制寄存器读取			
1	0	0	0	0	0	1	全0	从比较器状态寄存器读取			
1	0	0	0	0	1	0	X（无用）	保留			
1	0	0	0	0	1	1	全0	从警报状态寄存器读取			
读取寻址PMU寄存器（一次只能读取一个PMU寄存器）											
1	0	0	0	1	0	0	全0			CH1	CH0
1	0	0	1	0	0	0			CH2	CH1	
1	0	1	0	0	0	0		CH3	CH2	CH1	
1	1	0	0	0	0	0		CH3	CH2	CH1	
读寻址DAC M寄存器（一次只能读取一个DAC寄存器）											
1	0	0	0	1	0	1	DAC地址 （见表29）			CH1	CH0
1	0	0	1	0	0	1			CH2	CH1	
1	0	1	0	0	0	1		CH3	CH2	CH1	
1	1	0	0	0	0	1		CH3	CH2	CH1	
读寻址DAC C寄存器（一次只能读取一个DAC寄存器）											
1	0	0	0	1	1	0	DAC地址 （见表29）			CH1	CH0
1	0	0	1	0	1	0			CH2	CH1	
1	0	1	0	0	1	0		CH3	CH2	CH1	
1	1	0	0	0	1	0		CH3	CH2	CH1	
读寻址DAC X1寄存器（一次只能读取一个DAC寄存器）											
1	0	0	0	1	1	1	DAC地址 （见表29）			CH1	CH0
1	0	0	1	0	1	1			CH2	CH1	
1	0	1	0	0	1	1		CH3	CH2	CH1	
1	1	0	0	0	1	1		CH3	CH2	CH1	

## 系统控制寄存器的回读

系统控制寄存器回读功能是一个24位字。模式和系统控制寄存器数据位如表31所示。

**表31. 系统控制寄存器回读**

位	位名称	描述														
23 (MSB)	MODE1	将MODE1和MODE0位设为0，以寻址系统控制寄存器。														
22	MODE0															
系统控制寄存器特有的回读位																
21	CL3	回读各个电流箝位使能位的状态。														
20	CL2	0 = 箝位被禁用。														
19	CL1	1 = 箝位已使能。														
18	CL0	当回读有关箝位使能功能的状态信息时，可在回读字中找到最近从系统控制寄存器或PMU寄存器写入电流箝位寄存器的数据。														
17	CPOLH3	回读有关比较器输出使能位状态的信息。														
16	CPOLH2	1 = PMU比较器输出已使能。														
15	CPOLH1	0 = PMU比较器输出已禁用。														
14	CPOLH0	当回读有关比较器输出使能功能的状态信息时，可在回读字中找到最近从系统控制寄存器或PMU寄存器写入比较器状态寄存器的数据。														
13	CPBIASEN	该回读位指示比较器使能功能的状态。 1 = 比较器功能已使能。 0 = 比较器功能已禁用。														
12	DUTGND/CH	每通道DUTGND使能。 1 = 每通道DUTGND已使能。 0 = 每通道都可使用单独的保护输入。														
11	GUARD ALM	这些位提供有关这些警报位中哪一位触发CGALM引脚的信息。 1 = Guard/箝位警报已使能。 0 = Guard/箝位警报已禁用。														
10	CLAMP ALM															
9	INT10K	如果该位为高电平，则内部10kΩ电阻(SW7)连接于FOHx和MEASVHx之间，以及DUTGND和AGND之间。如果该位为低电平，则SW7断开。														
8	Guard EN	回读Guard放大器的状态。如果该位为高电平，则放大器已使能。														
7	GAIN1	所选MEASOUTx输出范围的状态。参见表10和表11。														
6	GAIN0															
5	TMP ENABLE	回读热关断功能的状态。														
4	TMP1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>位[5:3]</th> <th>操作</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0XX</td> <td>热关断已禁用。</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>结温为130°C时使能热关断（上电时的默认值）。</td> </tr> <tr> <td>101</td> <td>结温为120°C时使能热关断。</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>结温为110°C时使能热关断。</td> </tr> <tr> <td>111</td> <td>结温为100°C时使能热关断。</td> </tr> <tr> <td>1XX</td> <td>热关断已使能。</td> </tr> </tbody> </table>	位[5:3]	操作	0XX	热关断已禁用。	100	结温为130°C时使能热关断（上电时的默认值）。	101	结温为120°C时使能热关断。	110	结温为110°C时使能热关断。	111	结温为100°C时使能热关断。	1XX	热关断已使能。
位[5:3]	操作															
0XX	热关断已禁用。															
100	结温为130°C时使能热关断（上电时的默认值）。															
101	结温为120°C时使能热关断。															
110	结温为110°C时使能热关断。															
111	结温为100°C时使能热关断。															
1XX	热关断已使能。															
3	TMP0															
2	锁存	此位指示开漏警报输出TMPALM和CGALM的状态。 1 = 开漏警报输出被锁存。 0 = 开漏警报输出未锁存。														
1	未使用的回读位	加载0。														
0 (LSB)																

## PMU寄存器的回读

PMU寄存器回读功能是一个24位字，包括模式和PMU数据位。一次只能回读一个PMU寄存器。

**表32. PMU寄存器回读**

位	位名称	描述	
23 (MSB)	MODE1	将MODE1和MODE0位设为0，以访问选定PMU寄存器。	
22	MODE0		
PMU寄存器特有的位			
21	CH EN	通道使能。如果该位为高电平，则所选通道已使能；如果此位为低电平，则该通道已禁用。	
20	FORCE1	这些位指示所选通道所处的驱动模式。 00 = FV和电流箝位（若箝位已使能）。 01 = FI和电压箝位（若箝位已使能）。 10 = 高阻 FOHx电压。 11 = 高阻 FOHx电流	
19	FORCE0		
18	保留		0.
17	C2		这三位指示为所选通道设置的驱动或测量电流范围（见表26）。
16	C1		
15	C0		
14	MEAS1	这些位指示选择的测量模式：电压、电流、温度传感器或高阻。 00 = MEASOUTx连接到 $I_{SENSE}$ 01 = MEASOUTx连接到 $V_{SENSE}$ 10 = MEASOUTx连接到温度传感器。 11 = MEASOUTx为高阻（SW12断开）。	
13	MEAS0		
12	FIN		该位展示驱动输入(FIN)放大器的状态。 0 = 驱动放大器的输入切换到GND 1 = 驱动放大器的输入连接到FIN DAC输出。
11	SF0		系统驱动和检测线路可以连接到四个PMU通道中的任何一个。这些位指示系统驱动和检测线路是否已接通（见表26）。
10	SS0		
9	CL	回读各个电流箝位使能位的状态。 1 = 此通道已使能箝位。 0 = 此通道已禁用箝位。 当回读有关电流箝位使能功能的状态信息时，可在回读字中找到最近从系统控制寄存器或PMU寄存器写入电流箝位寄存器的数据。	
8	CPOLH	回读比较器输出使能位的状态。 1 = PMU比较器输出已使能。 0 = PMU比较器输出已禁用。 当回读有关比较器输出使能功能的状态信息时，可在回读字中找到最近从系统控制寄存器或PMU寄存器写入比较器寄存器的数据。	
7	比较V/I	1 = 所选通道上已使能比较电压功能。 0 = 所选通道上已使能比较电流功能。	
6	LTMPALM	TMPALM对应于开漏TMPALM输出引脚，用于标记超过默认值或用户编程电平的温度事件。温度警报因器件而异；锁存(LTMPALM)和未锁存(TMPALM)位指示是否发生了温度事件以及警报是否仍然存在（即结温是否仍超过编程的警报水平）。要复位警报事件，用户必须向PMU寄存器中的清零位（位6）写入1。	
5	TMPALM		
4至0 (LSB)	未使用的回读位	加载0。	

### 比较器状态寄存器的回读

比较器状态寄存器是只读寄存器,用于访问芯片上每个比较器引脚的输出状态。表33显示了比较器寄存器回读字的格式。

**表33. 比较器状态寄存器（只读）**

位	位名称	描述
23 (MSB)	MODE1	0
22	MODE0	1
比较器状态寄存器特有的位		
21	CPOL0	每个通道对应于比较器输出引脚的比较器输出条件。 1 = PMU比较器输出为高电平。 0 = PMU比较器输出为低电平。
20	CPOH0	
19	CPOL1	
18	CPOH1	
17	CPOL2	
16	CPOH2	
15	CPOL3	
14	CPOH3	
13至0 (LSB)	未使用的回读位	加载零。

**表34. 警报状态寄存器回读**

位	位名称	描述
23 (MSB)	MODE1	1
22	MODE0	1
警报状态寄存器特有的位		
21	LTMPALM	TMPALM对应于开漏TMPALM输出引脚,用于标记超过默认值或用户编程电平的温度事件。温度警报因器件而异;锁存(LTMPALM)和未锁存(TMPALM)位指示是否发生了温度事件以及警报是否仍然存在(即结温是否仍超过编程的警报水平)。要复位警报事件,用户必须向PMU寄存器中的清零位(位6)写入1。
20	TMPALM	
19	LG0	LGx为每个通道的锁存保护警报位, Gx为未锁存保护警报位。这些位指示哪个通道标记了开漏警报引脚CGALM上的警报,以及警报条件是否仍然存在。
18	G0	
17	LG1	
16	G1	
15	LG2	
14	G2	
13	LG3	
12	G3	
11	LC0	LCx是每个通道的锁存箝位警报位, Cx是未锁存箝位警报位。这些位指示哪个通道标记了开漏警报引脚CGALM上的警报,以及警报条件是否仍然存在。
10	C0	
9	LC1	
8	C1	
7	LC2	
6	C2	
5	LC3	
4	C3	
3至0 (LSB)	未使用的回读位	加载0。

### 警报状态寄存器的回读

警报状态寄存器是一个只读寄存器,提供有关温度、箝位和Guard警报事件的信息(见表34)。四个PMU回读寄存器中的任何一个都可以使用温度警报状态。

## DAC寄存器的回读

DAC寄存器回读功能是一个24位字，包括模式、地址和DAC数据位。

**表35. DAC寄存器回读**

位	位名称	描述
23 (MSB)	MODE1	MODE1和MODE0位指示读取的DAC寄存器 (X1、M或C) 的类型。 01 = DAC增益(M)寄存器。 10 = DAC偏置(C)寄存器。 11 = DAC输入数据(X1)寄存器。
22	MODE0	
DAC寄存器特有的位		
21至16	A5至A0	指示读取的DAC寄存器的地址位 (见表29)。
15至0 (LSB)	D15至D0	被寻址的DAC寄存器 (X1、M或C) 的内容。

## 应用信息

### 上电默认值

所有DAC通道的上电默认值为,每个M寄存器的内容设为满量程(0xFFFF),每个C寄存器的内容设为中量程(0x8000)。表36列出了DAC X1寄存器在上电时的内容。

警报状态寄存器的上电默认值为0xFFFFF0,比较器状态寄存器的上电默认值为0x400000。表37和表38显示了PMU寄存器和系统控制寄存器的上电默认值。

### 上电时设置设备

上电时,从上电复位寄存器恢复默认条件,确保每个PMU和DAC通道均在已知条件下上电。要操作器件,用户必须执行以下步骤:

1. 通过写入系统控制寄存器来配置器件,根据需要设置不同的功能。
2. 校准器件以消除误差,并将所需校准值加载到增益(M)和偏置(C)寄存器。将码值加载到每个DAC输入(X1)寄存器。当X1值被加载到各个DAC时,校准引擎会计算出相应的X2值并将其存储起来,以便PMU地址对其进行调用。
3. 将所需的驱动模式、电流范围等载入所需的PMU通道。将此等信息载入PMU通道,即可围绕开关、测量功能、箝位和比较器配置驱动放大器,并且相当于DAC的加载信号,即将存储起来的相应X2值载入DAC寄存器。
4. 由于电压和电流范围具有与之相关的单独DAC寄存器,因此PMU寄存器的每个工作模式都会调用特定的X2寄存器。因此,只有与所选工作模式相关的DAC更新(即对X1寄存器的更改)才会反映在PMU的输出当中。如果与不同PMU工作模式相关的X1值发生变化,则该X1值及其M和C系数会被用于计算相应的X2值,后者存储在正确的X2寄存器中,但该值不会载入DAC。

表36. DAC寄存器上电时的默认内容

DAC寄存器	默认值
Offset DAC	0xA492
FIN DAC	0x8000
CLL DAC	0x0000
CLH DAC	0xFFFF
CPL DAC	0x0000
CPH DAC	0xFFFF

表37. 系统控制寄存器的上电默认值

位	位名称	默认值
21 (MSB)	CL3	0
20	CL2	0
19	CL1	0
18	CL0	0
17	CPOLH3	0
16	CPOLH2	0
15	CPOLH1	0
14	CPOLH0	0
13	CPBIASEN	0
12	DUTGND/CH	0
11	Guard ALM	0
10	Clamp ALM	0
9	INT10K	0
8	Guard EN	0
7	GAIN1	0
6	GAIN0	0
5	TMP ENABLE	1
4	TMP1	0
3	TMP0	0
2	锁存	0
1	未使用的数据位	0
0 (LSB)	未使用的数据位	0

表38. PMU寄存器上电时的默认值

位	位名称	默认值
21 (MSB)	CH EN	0
20	FORCE1	0
19	FORCE0	0
18	保留	0
17	C2	0
16	C1	1
15	C0	1
14	MEAS1	1
13	MEAS0	1
12	FIN	0
11	SF0	0
10	SS0	0
9	CL	0
8	CPOLH	0
7	比较V/I	0
6	LTMPALM	1
5	TMPALM	1
4	未使用的数据位	0
3	未使用的数据位	0
2	未使用的数据位	0
1	未使用的数据位	0
0 (LSB)	未使用的数据位	0

## 更改模式

模式更改有不同的处理方法。

1. 加载需要更改的任何DAC X1值。记住，对于驱动放大器和比较器DAC，每个电压范围和电流范围都有X1寄存器可用，因此用户可以预加载新的DAC值，提前进行DAC更新；校准引擎计算X2值并将它们存储起来。
2. 切换到新的PMU模式（FI或FV）。此操作将新的开关条件加载到PMU电路，并用存储的X2数据加载DAC寄存器。

以下步骤描述了更改模式的另一种方法：

1. 在PMU寄存器（位20和位19）中，使能高阻电压或高阻电流模式，使放大器为高阻抗（SW5断开）。
2. 加载需要更改的任何DAC X1值。记住，对于驱动放大器和比较器DAC，每个电压范围和电流范围都有X1寄存器可用，因此用户可以预加载新的DAC值，提前进行DAC更新；校准引擎计算X2值并将它们存储起来。

3. 使用高阻（电压或电流）模式时，相关的DAC输出会自动更新（FIN、CLL和CLH DAC）。例如，在高阻电压模式下，当发生新的X1写入时，FIN电压X2结果会被计算、缓存并载入FIN DAC。当驱动输出电压时，电流箝位啮合，因此可以加载CLL电流寄存器，并且校正增益和偏置并将其载入DAC寄存器。（CLH电流寄存器的工作方式相同。）
4. 切换到新的PMU模式（FI或FV）。此操作会将新的开关条件加载到PMU电路当中。由于DAC输出已经加载，因此在改变电流或电压模式时可以最大限度地减少瞬态。

## 必需的外部组件

图58展示了与AD5522配合使用的必备外部组件。去耦在很大程度上取决于所用电源的类型、电路板上的其他去耦以及系统中的噪声。可能或多或少都需要去耦。

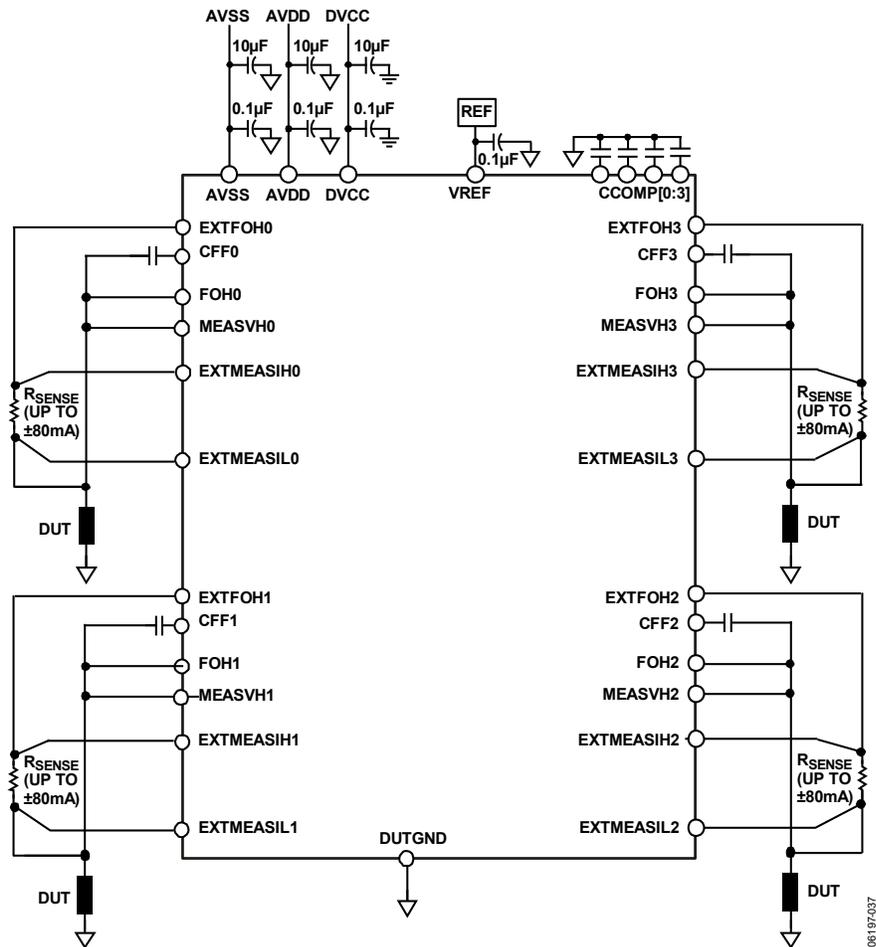


图58. 与AD5522配合使用的必要外部组件

表39. 建议与AD5522搭配使用的ADC和ADC驱动器<sup>1</sup>

产品型号	分辨率	采样速率	通道数	AIN范围	接口	ADC驱动器	多路复用器 <sup>2</sup>	封装
AD7685	16	250 kSPS	1	0 V至VREF	串行、SPI	ADA4841-1, ADA4841-2	ADG704, ADG708	MSOP, LFCSP
AD7686	16	500 kSPS	1	0 V至VREF	串行、SPI	ADA4841-1, ADA4841-2	ADG704, ADG708	MSOP, LFCSP
AD7693 <sup>3</sup>	16	500 kSPS	1	-VREF至+VREF	串行、SPI	ADA4841-1, ADA4841-2, ADA4941-1	ADG1404, ADG1408, ADG1204	MSOP, LFCSP
AD7610	16	250 kSPS	1	双极性10V、双极性5V、单极性10V、单极性5V	串行/并行	AD8021	ADG1404, ADG1408, ADG1204	LFCSP, LQFP
AD7655	16	1 MSPS	4	0 V至5 V	串行/并行	ADA4841-1, ADA4841-2, AD8021		

<sup>1</sup> 适用于AD5522的可能ADC。访问www.analog.com，了解更多选择。

<sup>2</sup> 用于在多个PMU通道之间共享ADC。请注意，多路复用器并非绝对必要，因为AD5522 MEASOUTx路径为每个通道都准备了三态模式。

<sup>3</sup> 不要让MEASOUTx输出范围超出ADC的模拟输入(AIN)范围。

## 电源去耦

精心考虑电源和接地回路布局有助于确保达到额定性能。安装AD5522所用的印刷电路板(PCB)应采用模拟部分与数字部分分离设计，并限制在电路板的一定区域内。如果AD5522所在的系统中有多个器件需要AGND至DGND的连接，则应只在一个点进行连接。星形接地点尽可能靠近该器件。

对于具有多个引脚（AVSS和AVDD）的电源，建议将这些引脚连在一起，并且每个电源仅去耦一次。

AD5522应具有足够大的10 μF电源去耦电容，与每个电源上的0.1 μF电容并联，并且尽可能靠近封装，最好是正对着该器件。10 μF电容最好为钽电容。0.1 μF电容器应具有低等效串联电阻(ESR)和低等效串联电感(ESL)——高频时提供低阻抗接地路径的普通陶瓷型电容的典型情况——以便处理内部逻辑开关所引起的瞬态电流。

应避免在该器件下方布设数字线路，否则会将噪声耦合至该器件。但要允许模拟地平面在AD5522下方运行，以避免噪声耦合（仅适用于焊盘向上的封装）。AD5522的电源线路应采用尽可能宽的走线，以提供低阻抗路径，并减小电源线路上的毛刺效应。快速开关数字信号应利用数字地屏蔽起来，以免向电路板上的其它器件辐射噪声，并且绝不应靠近参考输入。必须将所有VREF线路上的噪声降至最低。

避免数字信号与模拟信号交叠。电路板相反两侧上的走线应彼此垂直，以减小电路板的馈通效应。像所有薄型封装一样，必须避免弯曲封装，并且在组装过程中必须避免封装表面上出现点负载。

另外请注意，AD5522的裸露焊盘与负电源AVSS相连。

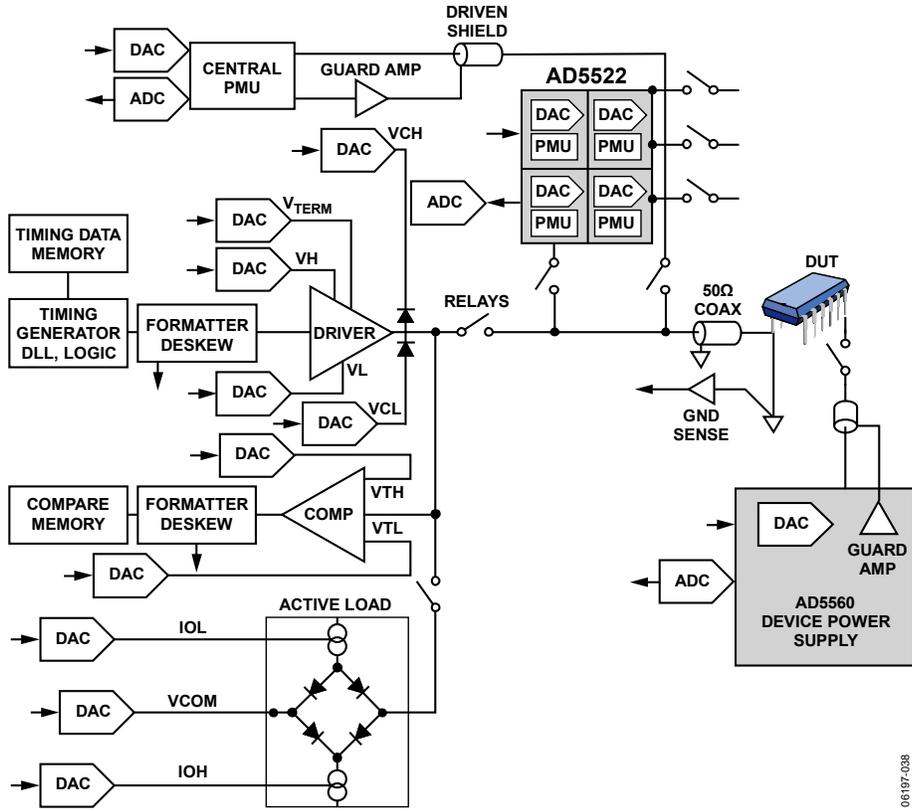
## 上电顺序

当电源连接到AD5522时，在输出正或负电源之前，必须将AGND和DGND引脚连接到相关的接地层。这是该器件唯一的上电顺序要求。

## AD5522的典型应用

图59显示了AD5522在ATE系统中的应用。该器件可用作因引脚而异的参数单元，以加快测试速度。

中央PMU（如框图所示）通常是高度精确的PMU，并在测试仪的多个引脚之间共享。通常，ATE系统需要许多分立电平，以用于引脚驱动器、比较器、箝位和有源负载。DAC器件（如AD537x系列）为许多这些电平提供高度集成的解决方案。



06197-038

图59. 使用AD5522作为每引脚参数单元的典型应用电路

外形尺寸

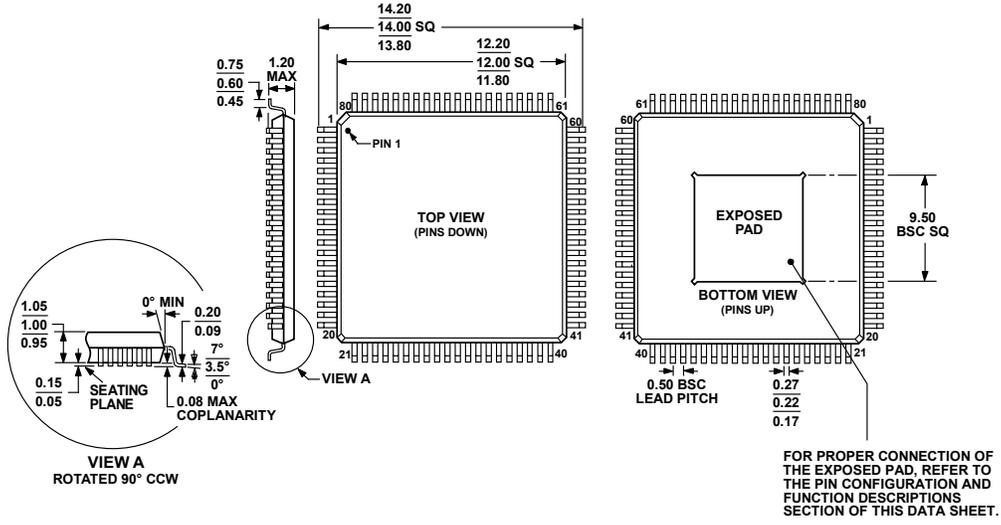


图60. 裸露焊盘型80引脚超薄四方扁平封装[TQFP\_EP]

SV-80-3

尺寸单位: mm

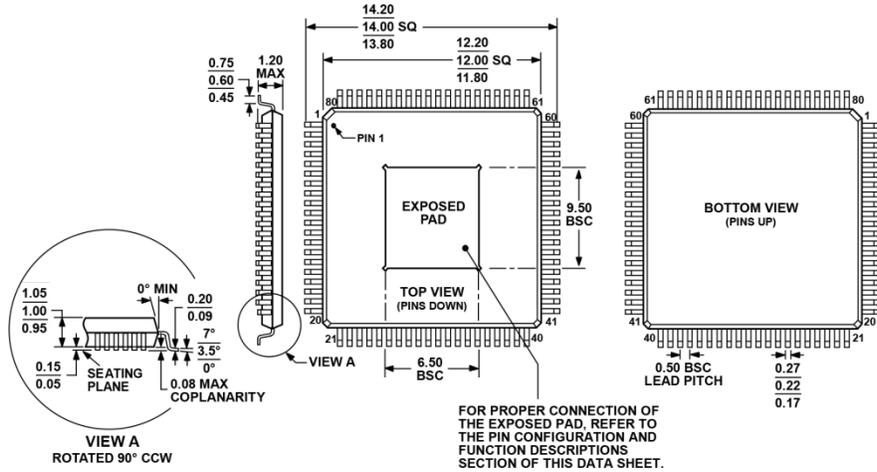


图61. 裸露焊盘型80引脚超薄四方扁平封装[TQFP\_EP]

SV-80-2

尺寸单位: mm

## 订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围(T <sub>j</sub> )	封装描述	封装选项
AD5522JSVDZ	25°C至90°C	80引脚TQFP_EP, 底部带有裸露焊盘	SV-80-3
AD5522JSVUZ	25°C至90°C	80引脚TQFP_EP, 顶部带有裸露焊盘	SV-80-2
AD5522JSVUZ-RL	0°C至70°C	80引脚TQFP_EP, 顶部带有裸露焊盘	SV-80-2
EVAL-AD5522EBDZ		底部有裸露焊盘的评估板	
EVAL-AD5522EBUZ		顶部有裸露焊盘的评估板	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的兼容器件。

**注释**