用于电池化成和测试的4通道AFE“数字控制器”和PWM

特性

- 电压和电流的精确测量
- 4个PWM控制通道，最高16位（有效）分辨率
  - 可选同步和异步整流器操作
  - 可编程死区补偿
  - 可编程开关频率：62.5 kHz至500 kHz（步长为2的幂）
- 多相操作
  - 片间数字均流
  - 片间频率同步
- 数字控制环路
  - 可编程PID环路滤波器
  - 快速直流母线电压前馈
- 每个通道集成频谱分析
  - 测量负载阻抗
- SPI端口控制和状态接口
  - 可编程状态变化主机中断
- CC、CV、CP和CR工作模式
  - 15位设定值分辨率
  - 输入和输出浪涌电流保护
- 外部NTC热敏电阻温度检测
  - 芯片内部温度测量
- 用户校准输入电压和电流
- 工作温度范围：0°C至85°C

应用

- 电池化成和测试
- 带循环功能的高效率电池测试系统
- 电池调理（充电和放电）系统

概述

ADBT1001是一款灵活、功能丰富的数字控制器，适合大容量电池测试、化成制造和精密电池测试仪器仪表应用。ADBT1001为最少的元件数量，最大的灵活性以及最少的设计时间作了优化。具体特性包括差分远程电压检测、电流检测、脉宽调制(PWM)生成、频率同步、过压保护(OVP)和均流。可编程保护功能包括过流保护(OCP)、OVP限制和外部过温保护(OTP)。

参数可以通过串行外设接口(SPI)进行编程，从而提供对集成环路滤波器、PWM信号时序和软启动时序的全面编程。通过SPI可访问许多监控和系统测试功能。内置校验和与可编程保护电路使器件的可靠性得以增强。

提供全面的图形用户界面(GUI)，用于简单的系统和通道配置以及安全功能编程。ADBT1001采用100引脚LQFP_EP封装。

典型应用图

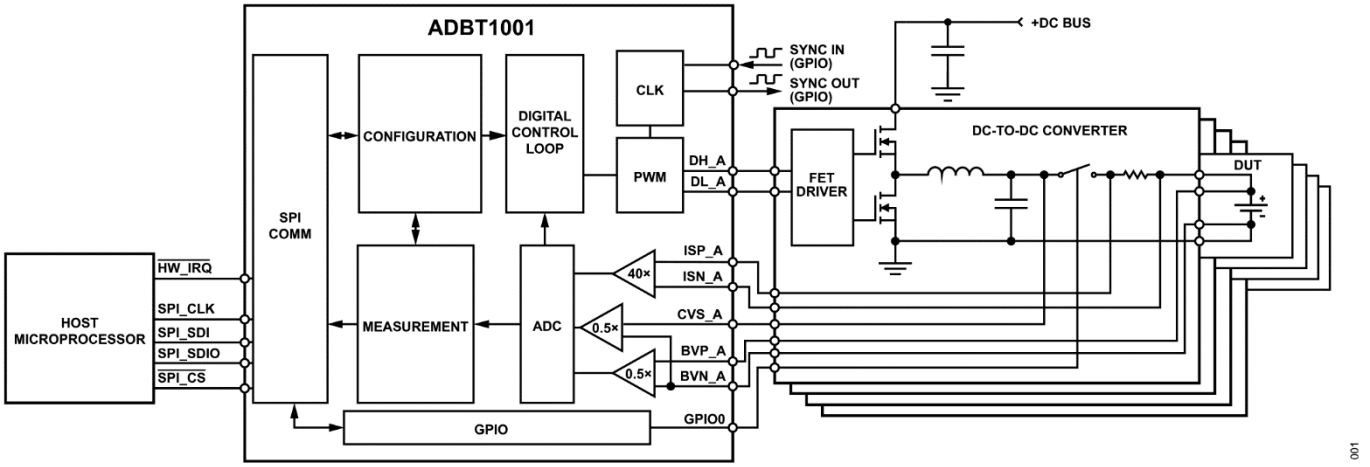


图1.

ADI公司确信其所提供的信息是准确可靠的。但是，对于其使用以及任何可能因其使用而导致的对第三方专利或其他权利的侵犯，ADI公司概不负责。规格如有变更，恕不另行通知。不含有对ADI公司专利或者专利权的暗示性或其他形式的许可。所有商标和注册商标均属各自所有人所有。

目录

特性 1
应用 1
概述 1
典型应用图 1
技术规格 3
模拟前端和控制器规格 3
绝对最大额定值 8
热阻 8
焊接 8
静电放电(ESD)额定值 8
ESD 警告 8
引脚配置和功能描述 9
典型性能参数 13
工作原理 18
概述 18
模拟前端 19
数字控制器 19
主机 SPI 19
主机中断请求 19
时钟 19
GPIOx 引脚 19
辅助 ADC 19
支持库仑效率测量 20
支持预充电操作 20
序列器 21
指令定义 21
序列化模式 21
充电和放电指令模式 23
充电和放电指令限值 23
压摆率 24
并联操作 24
标志 24
全局寄存器设置 25
通道静态设置 25
指令集架构 25
序列器操作示例 29
存储器映射寄存器 30
主机 SPI 接口详解 42
SPI 概述 42
通信协议 42
应用信息 44
校准 44
诊断 44
操作应用案例 44
外形尺寸 49
订购指南 49

修订历史

2021年6月—修订版0：初始版

ADI公司确信其所提供的信息是准确可靠的。但是，对于其使用以及任何可能因其使用而导致的对第三方专利或其他权利的侵犯，ADI公司概不负责。规格如有变更，恕不另行通知。不含有对ADI公司专利或者专利权的暗示性或其他形式的许可。所有商标和注册商标均属各自所有人所有。

技术规格

除非另有说明，AHVDD = 15 V，AHVSS = −15 V，VDDIO = AVDD = DVDD = 3.3 V，T_A = 0°C至85°C。

模拟前端和控制器规格

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
电流检测通道					V/V
增益			40		
增益误差	输出电压(V_{OUT}) =±2 V			0.2	%
增益漂移				7	ppm/°C
系统输入失调电压[1]		-10		+10	LSB
系统输入失调电压漂移	RTI			0.235	LSB/°C
输入偏置电流	V_{ICM} = 基准电压(V_{REF})/2		30	500	nA
输入差分电压范围		-62.5		+62.5	mV
输入共模电压范围		AHVSS + 5		AHVDD − 5	V
差分输入阻抗	通过设计		24		kΩ
共模输入阻抗	通过设计		246		kΩ
输入电阻	两个输入引脚		492		kΩ
共模抑制比(CMRR)		100	110		dB
CMRR漂移				0.05	ppm/°C
小信号-3 dB带宽（增益 = 40）[2]	T_A = 25°C，V_{OUT} = 100 mV p-p		600		kHz
电源电压抑制比(PSRR)	电源电压(Vs) = ±5 V至±18 V	120			dB
压摆率	V_{OUT} = ±2 V		0.6		V/µs
读出数据信噪比(SNR)	MAF[3] = 16，FIR[4]开启				
更新速率[5]					
31.25 kHz (OSR = 32)			78		dB
15.625 kHz (OSR = 64)			81		dB
7.8125 kHz (OSR = 128)			84		dB
3.90625 kHz (OSR = 256)			87		dB
满量程输入范围		-60		+60	mV
电压检测和电容电压检测通道					
增益			0.5		V/V
增益误差	V_{OUT} = ±2 V			0.2	%
增益漂移				10	ppm/°C
系统输入失调电压[1]		-10		+10	LSB
失调电压漂移				0.235	LSB/°C
输入共模电压范围		AHVSS + 5		AHVDD − 5	V
差分输入阻抗	通过设计	0.85	1		MΩ
共模输入阻抗	通过设计		375		kΩ
输入电阻	同相引脚		750		kΩ
	反相引脚		375		kΩ
小信号-3 dB带宽(G = 0.5)[6]	T_A = 25°C，V_{OUT} = 100 mV p-p		200		kHz
CMRR					
BVx_x		80	90		dB
CVS_x		78	90		dB

技术规格

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
CMRR漂移					
BVx_x				0.235	ppm/°C
CVS_x				3	ppm/°C
PSRR		100	120		dB
压摆率			0.15		V/µs
功耗			30		mW
读出数据SNR	MAF = 16，FIR开启				
更新速率					
31.25 kHz (OSR = 32)			91		dB
15.625 kHz (OSR = 64)			92		dB
7.8125 kHz (OSR = 128)			93		dB
3.90625 kHz (OSR = 256)			93		dB
满量程输入范围		-4.8		+4.8	V
电池电流和电压ADC	V_{REF} = 2.5 V				
SNR	1 kHz正弦波，80%满量程		82		dB
信纳比(SINAD)			82		dB
分辨率			16		位
差分非线性(DNL)[7, 8]		-1		+1	LSB
积分非线性(INL)	内部电压基准	-6		+6	LSB
采样速率			1		MHz/通道
基准电压（内部）					
电压范围		2.495	2.500	2.505	V
温度系数			7	11	ppm/°C
均方根噪声	REFCAP = 1 µF		7		µV rms
脉宽调制(PWM)	外部CLK = 16 MHz				
分辨率			16		位
开关频率	f_{SW}	62.5		500	kHz
可编程死区时间	最小值		0		ns
	最大值		992.2		ns
死区时间分辨率[9]			7.8125		ns
相对于外部SYNC的延迟（可编程）	最小值[10]		0		µs
	最大值，f_{SW} = 62.5 kHz[11]		16		µs
延迟分辨率			7.8125		ns
有效相移分辨率					
f_{SW} = 62.5 kHz			0.176		度
f_{SW} = 125 kHz			0.352		度
f_{SW} = 250 kHz			0.703		度
f_{SW} = 500 kHz			1.406		度
通道交流性能					
环路带宽（交越频率）			10	50	kHz
恒流(CC)至恒压(CV)转换时间	f_{SW} = 500 kHz		2		µs
	f_{SW} = 62.5 kHz		16		µs
通道间隔离			96		dB
通道内隔离			90		dB
电流和电压读出速率[12]	最小OSR[13]		31,250		样本数/秒
	最大OSR		15.26		样本数/秒
输出数据分辨率			18		位

技术规格

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
辅助ADC					
分辨率（有效）			12		位
采样速率	直流母线监视禁用		100,000		样本数/秒
	直流母线监视使能		50,000		样本数/秒
输入电压范围[14]		0.1		2.4	V
单位增益失调		-1		+1	LSB
单位增益失调漂移				0.02	LSB/°C
电流激励（4位可编程）	最小值		0		µA
	最大值		750		µA
分辨率			50		µA
逻辑输入（$\overline{SPI_CS}$、SPI_SCK, SPI_SDIO、SPI_SDO、$\overline{FAULT_x}$、GPIOx、$\overline{HW_IRQ}$）	迟滞 = 600 mV				
输入高电压(V_{IH})		VDDIO × 0.8			V
输入低电压(V_{IL})				VDDIO × 0.2	V
输入高电流(I_{IH})	V_{IN} = VDDIO	-1			µA
输入低电流(I_{IL})	V_{IN} = DVSS			1	µA
输入下拉电流（仅$\overline{HW_IRQ}$）			15	115	µA
输入电容			4		pF
逻辑开漏输出（SPI_SDIO、SPI_SDO、$\overline{HW_IRQ}$）	1 mA负载				
输出低电压(V_{OL})				0.4	V
输出高电平漏电流(I_{OH})			±0.1	±1.0	µA
逻辑输出(GPIO)	1 mA负载				
输出低电压(V_{OL})				0.4	V
输出高电平漏电流(I_{OH})			±0.1	±1.0	µA
输出高电压(V_{OH})	VDDIO = 3.0 V		3		V
	VDDIO = 3.3 V		3.3		V
	VDDIO = 3.6 V		3.6		V
压摆率[15]	默认设置				
下降沿			5.2		ns
上升沿			4		ns
内部振荡器频率			16		MHz
外部振荡器频率			16		MHz
电源					
AHVDD		4.5		30.7	V
静态电流	工作和待机		3	4.2	mA
AHVSS		-26		-4.5	V
	工作和待机		4	6	mA
高压电源范围（AHVDD至AHVSS）		10.6		36	V
AVDD		3	3.3	3.6	V
	工作		40	47	mA
	待机		3.6	4.5	mA
AVSS			0		V
VDDIO			3.3		V
	工作和待机		2	6	µA
VDDDRV			3.3		V
	工作		4.6	4.8	mA
	待机		26	30	µA

技术规格

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
DVDD			3.3		V
	工作		21	22	mA
	待机		4.8	5.2	mA
功耗					
AHVDD	AHVDD = 12 V，工作和待机		50.4		mW
AHVSS	AHVSS = -12 V，工作和待机		63.6		mW
VDDIO	工作和待机		19.8		µW
AVDD	工作		155		mW
	待机		14.9		mW
DVDD	工作		72.6		mW
	待机		17.2		mW
VDDDRV	工作		15.8		mW
PWM驱动逻辑	待机		99		µW
DLx和DHx驱动电压[16]	PWM_DRV = 0				
VOH	0 mA负载	3	3.29	3.3	V
	15 mA负载	2.6	2.8	2.9	V
VOL	0 mA负载		17	25	mV
	15 mA负载	0.6	0.8	1	V
DL_x和DH_x灌电阻	PWM_DRV = 0	10	23	40	Ω
	PWM_DRV = 15	1.8	2.6	5	Ω
DL_x和DH_x源电阻	PWM_DRV = 0	30	41	55	Ω
	PWM_DRV = 15	2.2	3.2	5.1	Ω
内部下拉电阻			1		MΩ
驱动容性负载		10		100	pF

[1] ADC之后工厂校准。

[2] 带宽仅为模拟。读出数据带宽受选定的过采样率(OSR)限制。

[3] 移动平均滤波器(MAF)是MAF_CFG寄存器中的一个3比特位域（每个通道一个）。默认值为8。

[4] 未旁路读出滤波器中的有限脉冲响应(FIR)滤波器（默认）。

[5] 读出滤波器更新速率在DSP_READOUT_FILT_CFG寄存器中的5比特位域中选择。

[6] 带宽仅为模拟。读出数据带宽受选定的OSR限制。

[7] 通过设计保证。

[8] 无失码。

[9] 仅限同步模式。

[10] PMU_CHANNEL CFG1寄存器中的CHANNEL_A_PHASE = 0x000。

[11] PMU_CHANNEL_CFG1寄存器中的11位CHANNEL_A_PHASE = 0x07FF，其他通道相同。

[12] 读出更新速率在DSP_READOUT_FILT_CFG寄存器中的5比特位域中设置。每个通道一个。

[13] 最小OSR基于所有四个通道的电流和电压数据的最大读出速率。

[14] 基于2.5 V标称V_{REF}。

[15] 输出引脚（SPI_SDIO、SPI_SDO、GPIOx、EXTCLKIO和$\overline{\text{HW_IRQ}}$）具有xxx_PAD_CFG寄存器，其中有一个3比特xxx_SLEW位域。默认值为0x7，这是最快的压摆率。

[16] PWM_DRV是PWM_CFG1通道寄存器中的4比特位域。

技术规格

表2. SPI总线时序

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
时序要求					
$\overline{\text{SPI_CS}}$建立至SPI_CLK边沿	t_S		4		ns
SPI_CLK低电平脉冲最小宽度	t_{LO}		31.25		ns
SPI_CLK高电平脉冲最小宽度	t_{HI}		31.25		ns
SPI_CLK最小周期	t_{CLK}		62.5		ns
SPI_CLK边沿之前数据输入建立时间	t_{DS}		4		ns
SPI_CLK边沿之后数据输入保持时间	t_{DH}		4		ns
SCLK保持至$\overline{\text{SPI_CS}}$无效	t_H		4		ns
开关特性					
SPI_CLK边沿之后数据输出有效时间	t_{ACCESS}		4		ns
$\overline{\text{SPI_CS}}$ 至SPI_SDIO/SPI_SDO高阻态	t_Z		4		ns

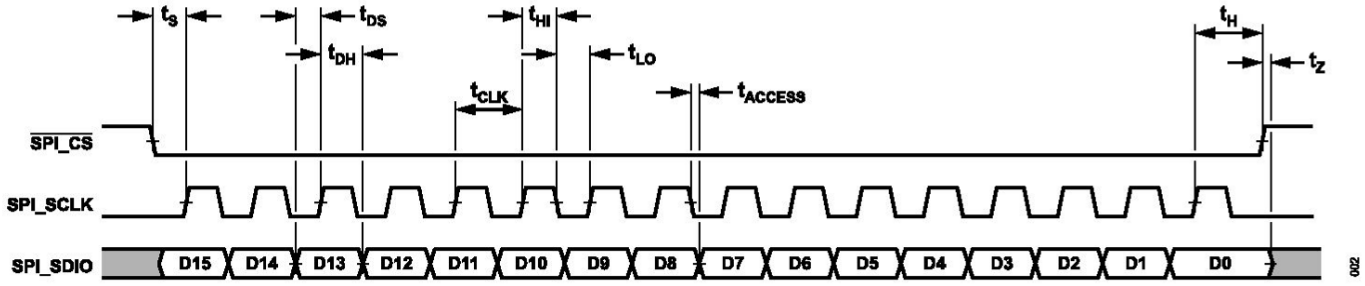


图2. 三线SPI总线时序图

绝对最大额定值

表3.

参数	额定值
模拟高压电源（连续），AHVDD – AHVSS	50 V
AHVDD – AVSS	50 V
AVSS – AHVSS	30 V
输入引脚电压（ISP_x、ISN_x、BVP_x、BVN_x 和 CVS_x）	–0.3 V + AHVSS 至 AHVDD + 0.3 V
数字引脚（相对于 DVSS）	–0.3 V 至 DVDD + 0.3 V
模拟输入引脚（AINx 相对于 AIN_COM）	–0.3 V 至 AVDD + 0.3 V
DVSS 和 AVSS	–0.3 V 至+0.3 V
DVDD、AVDD 和 VDDDRV	–0.3 V 至 DVDD + 0.3 V
SPI_SCK、$\overline{\text{SPI_CS}}$、SPI_SDIO 和 SPI_SDO	–0.3 V 至 DVDD + 0.3 V
REFIO	–0.3 V 至 AVDD + 0.3 V
温度	
工作范围	0°C 至+85°C
存储范围	-65°C 至+150°C
结温	125°C
回流焊峰值	
RoHS 体系（20 s 至 40 s）	260°C

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

热性能与印刷电路板(PCB)设计和工作环境直接相关。必须慎重对待PCB散热设计。

θ_{JA}是自然对流下的结至环境热阻，在1立方英尺的密封外罩中测量。θ_{JC}是结至外壳热阻。

表4. 热阻

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
SW-100-2	27.8	3.9	°C/W

焊接

当布局ADBT1001的PCB以及将器件焊接到PCB上时，请务必遵循正确的规范。有关这些规范的详细信息，请参阅工程师对话EE-352。

静电放电(ESD)额定值

以下ESD信息仅用于处理ESD保护区域内的ESD敏感器件。

人体模型(HBM)，根据ANSI/ESDA/JEDEC JS-001。

充电器件模型(CDM)，根据ANSI/ESDA/JEDEC JS-002。

ADBT1001的ESD额定值

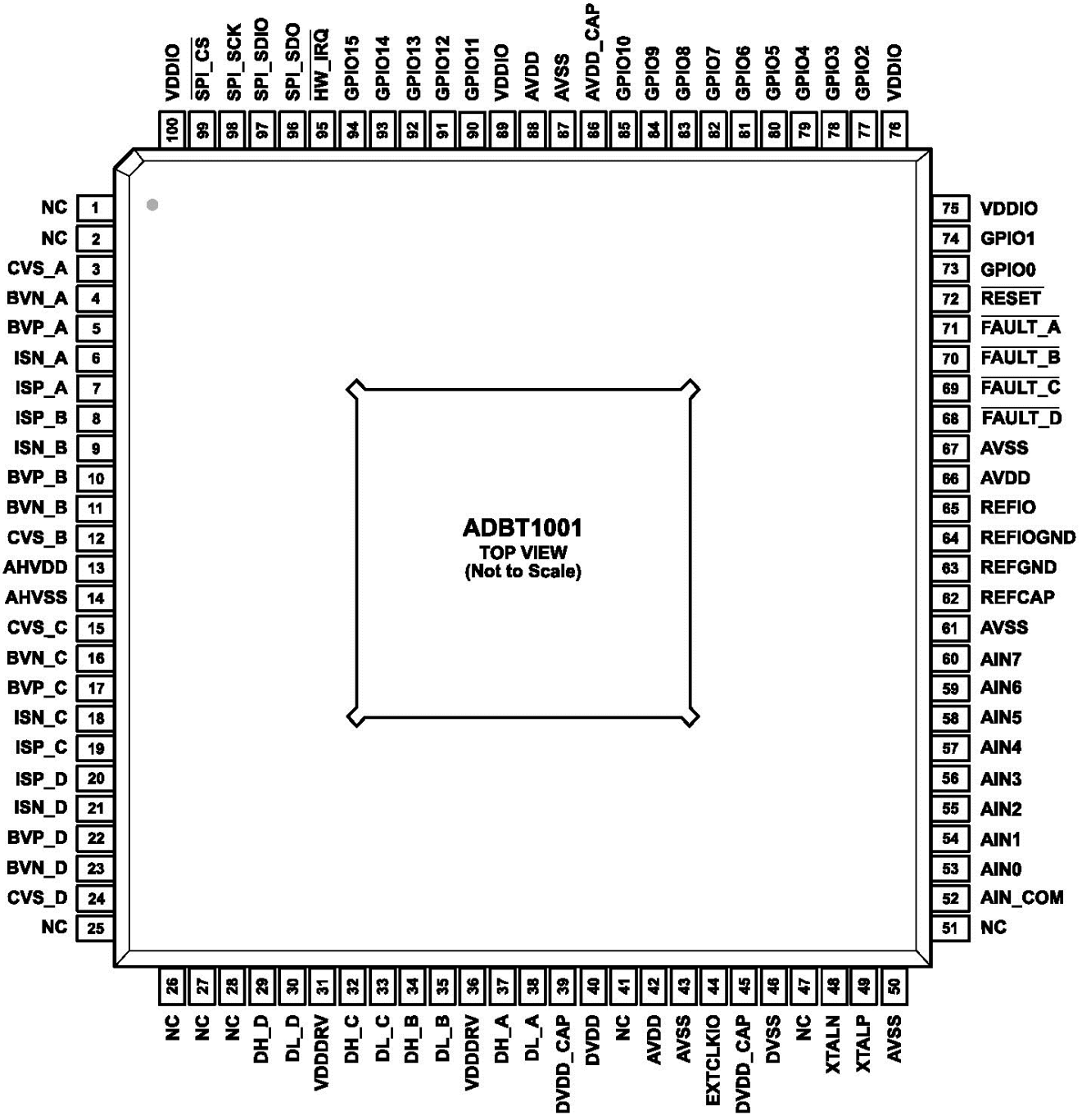
表5. ADBT1001，100引脚LQFP_EP

ESD模型	耐受阈值	级别
HBM	1.5 kV	1C
CDM	750 V	1B

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. NC MEANS NO CONNECT.
2. EXPOSED PAD. DVSS FOR DVDD, VDDIO, AND VDDDRV.

003

图3. 引脚配置

引脚配置和功能描述

表6. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	NC	不连接。
2	NC	不连接。
3	CVS_A	通道A电容电压检测输入。
4	BVN_A	通道A电压检测负输入。
5	BVP_A	通道A电压检测正输入。
6	ISN_A	通道A电流检测负输入。
7	ISP_A	通道A电流检测正输入。
8	ISP_B	通道B电流检测正输入。
9	ISN_B	通道B电流检测负输入。
10	BVP_B	通道B电压检测正输入。
11	BVN_B	通道B电压检测负输入。
12	CVS_B	通道B电容电压检测输入。
13	AHVDD	AFE正电源。
14	AHVSS	AFE负电源。施加AHVSS之前，确保已施加AVDD。
15	CVS_C	通道C电容电压检测输入。
16	BVN_C	通道C电压检测负输入。
17	BVP_C	通道C电压检测正输入。
18	ISN_C	通道C电流检测负输入。
19	ISP_C	通道C电流检测正输入。
20	ISP_D	通道D电流检测正输入。
21	ISN_D	通道D电流检测负输入。
22	BVP_D	通道D电压检测正输入。
23	BVN_D	通道D电压检测负输入。
24	CVS_D	通道D电容电压检测输入。
25	NC	不连接。
26	NC	不连接。
27	NC	不连接。
28	NC	不连接。
29	DH_D	PWM驱动高，通道D。
30	DL_D	PWM驱动低，通道D。
31	VDDDRV	PWM驱动器电源。
32	DH_C	PWM驱动高，通道C。
33	DL_C	PWM驱动低，通道C。
34	DH_B	PWM驱动高，通道B。
35	DL_B	PWM驱动低，通道B。
36	VDDDRV	PWM驱动器电源。
37	DH_A	PWM驱动高，通道A。
38	DL_A	PWM驱动低，通道A。
39	DVDD_CAP	数字电源电容。应将一个10 µF解耦电容连接在DVDD_CAP与DVSS之间。
40	DVDD	正电源，典型值3.3 V。
41	NC	不连接。
42	AVDD	模拟电源，典型值3.3 V。施加AHVSS之前，确保已施加AVDD。
43	AVSS	模拟电源返回。
44	EXTCLKIO	外部振荡器输入和时钟输出。
45	DVDD_CAP	数字电源电容。应将一个10 µF解耦电容连接在DVDD_CAP与DVSS之间。
46	DVSS	数字电源返回。
47	NC	不连接。
48	XTALP	外部晶振高边激励引脚。
49	XTALN	外部晶振低边激励引脚。

引脚配置和功能描述

表6. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
50	AVSS	模拟电源返回。
51	NC	不连接。
52	AIN_COM	模拟输入，ADC公共端。
53	AIN0	模拟输入，ADC通道0。
54	AIN1	模拟输入，ADC通道1。
55	AIN2	模拟输入，ADC通道2。
56	AIN3	模拟输入，ADC通道3。
57	AIN4	模拟输入，ADC通道4。
58	AIN5	模拟输入，ADC通道5。
59	AIN6	模拟输入，ADC通道6。
60	AIN7	模拟输入，ADC通道7。
61	AVSS	模拟电源返回。
62	REFCAP	内部基准电容。
63	REFGND	内部基准地。
64	REFIOGND	基准输入和输出接地。
65	REFIO	基准输入和输出。应将一个10 µF电容连接在REFIO与AVSS之间。
66	AVDD	模拟电源。施加AHVSS之前，确保已施加AVDD。
67	AVSS	模拟电源返回。
68	$\overline{\text{FAULT_D}}$	故障检测输入，PWM通道D关断。低电平有效。
69	$\overline{\text{FAULT_C}}$	故障检测输入，PWM通道C关断。低电平有效。
70	$\overline{\text{FAULT_B}}$	故障检测输入，PWM通道B关断。低电平有效。
71	$\overline{\text{FAULT_A}}$	故障检测输入，PWM通道A关断。低电平有效。
72	复位	芯片复位。低电平有效。
73	GPIO0	通用数字输入和输出0。
74	GPIO1	通用数字输入和输出1。
75	VDDIO	输入和输出电源。
76	VDDIO	输入和输出电源。
77	GPIO2	通用数字输入和输出2。
78	GPIO3	通用数字输入和输出3。
79	GPIO4	通用数字输入和输出4。
80	GPIO5	通用数字输入和输出5。
81	GPIO6	通用数字输入和输出6。
82	GPIO7	通用数字输入和输出7。
83	GPIO8	通用数字输入和输出8。
84	GPIO9	通用数字输入和输出9。
85	GPIO10	通用数字输入和输出10。
86	AVDD_CAP	模拟电源返回电容。应将一个10 µF解耦电容连接在AVDD_CAP与AVSS之间。
87	AVSS	模拟电源返回。
88	AVDD	模拟电源。施加AHVSS之前，确保已施加AVDD。
89	VDDIO	数字输入和输出电源。
90	GPIO11	通用数字输入和输出11。
91	GPIO12	通用数字输入和输出12。
92	GPIO13	通用数字输入和输出13。
93	GPIO14	通用数字输入和输出14。
94	GPIO15	通用数字输入和输出15。
95	$\overline{\text{HW_IRQ}}$	主机中断请求。低电平有效。
96	SPI_SDO	主控SPI主机输入、从机输出(MISO)。
97	SPI_SDIO	主控SPI主机输出、从机输入(MOSI)或双向。
98	SPI_SCK	主机SPI时钟。

引脚配置和功能描述

表6. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
99	SPI_CS	主机SPI选择。低电平有效。
100	VDDIO	输入和输出电源。
EPAD	DVSS	裸露焊盘。DVDD、VDDIO和VDDDRV的DVSS。

典型性能参数

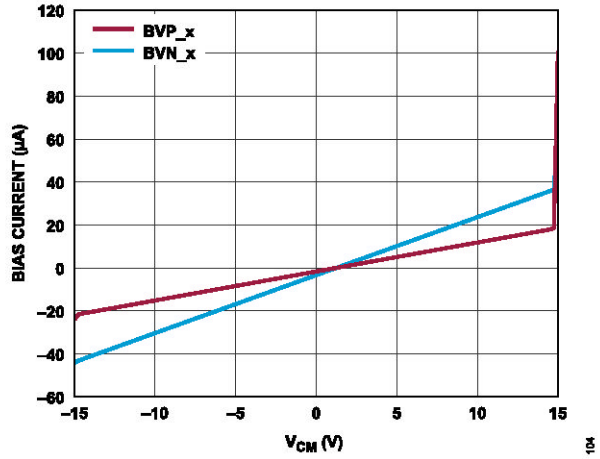


图4. BVx_x偏置电流与共模电压(V_{CM})的关系

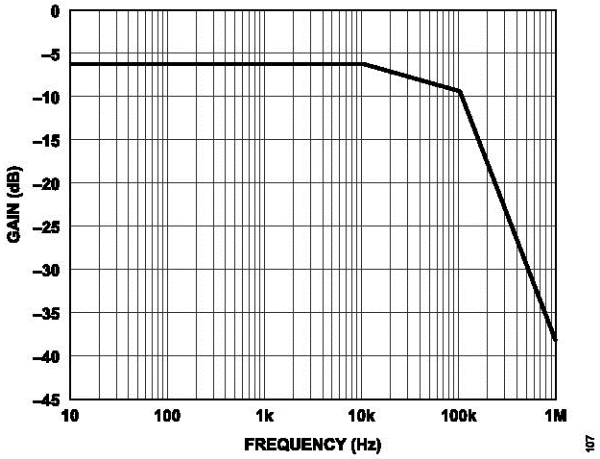


图7. CVS_x增益与频率的关系

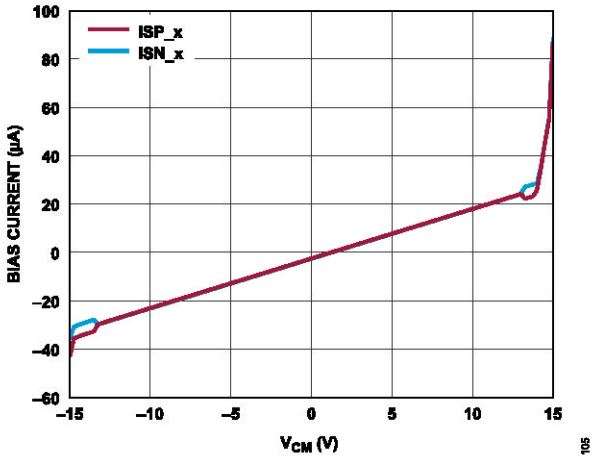


图5. ISx_x偏置电流与V_{CM}的关系

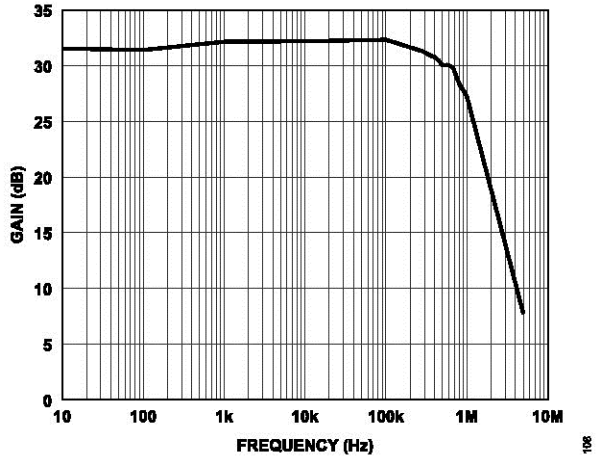


图8. ISx_x增益与频率的关系

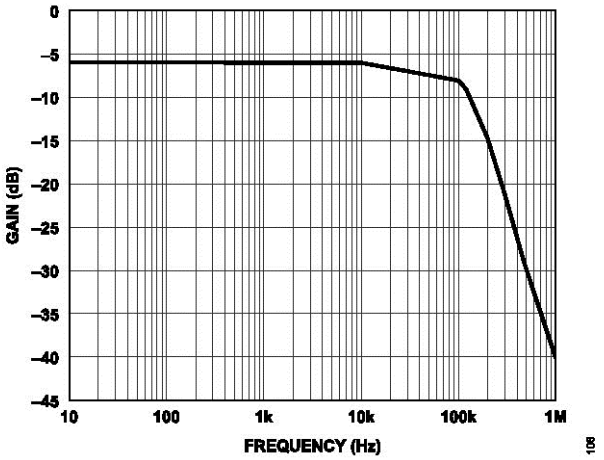


图6. BVx_x增益与频率的关系

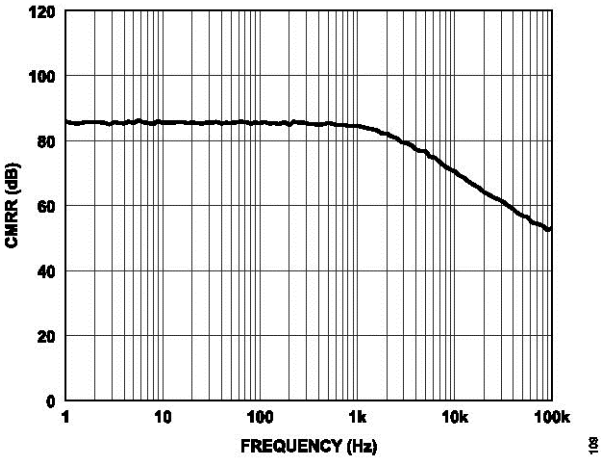


图9. BVx_x CMRR与频率的关系

典型性能参数

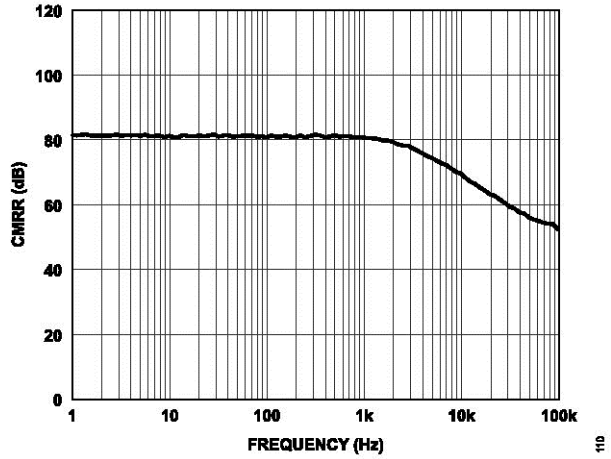


图10. CVS_x CMRR与频率的关系

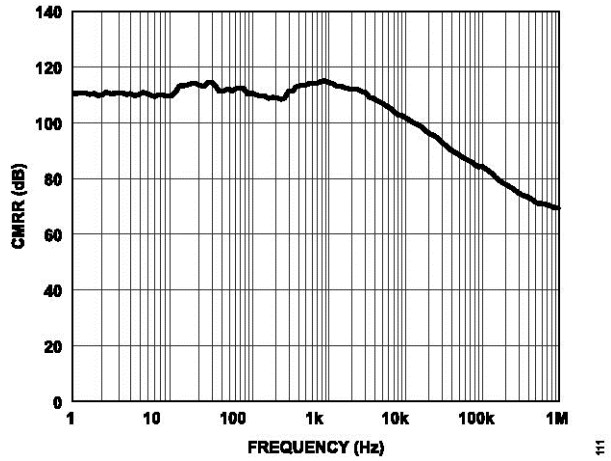


图11. ISx_x CMRR与频率的关系

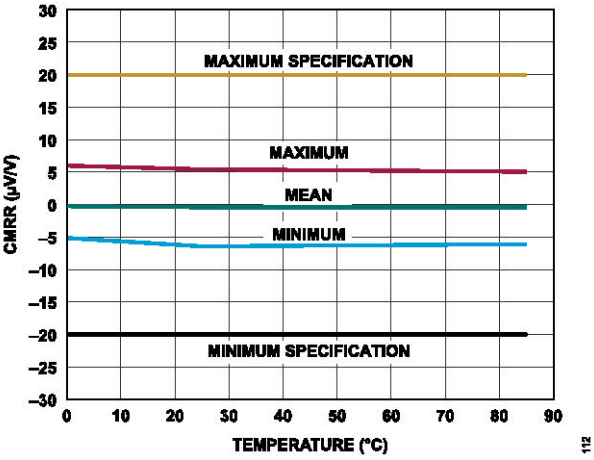


图12. BVx_x CMRR与温度的关系

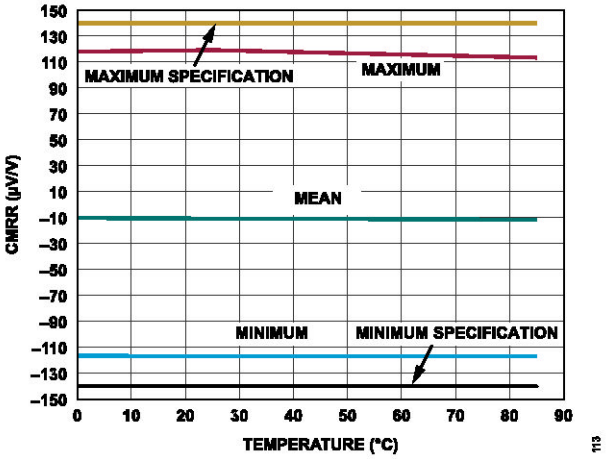


图13. CVS_x CMRR与温度的关系

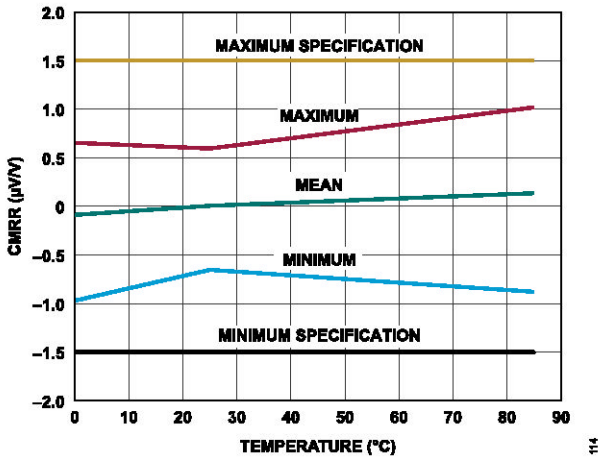


图14. ISx_x CMRR与温度的关系

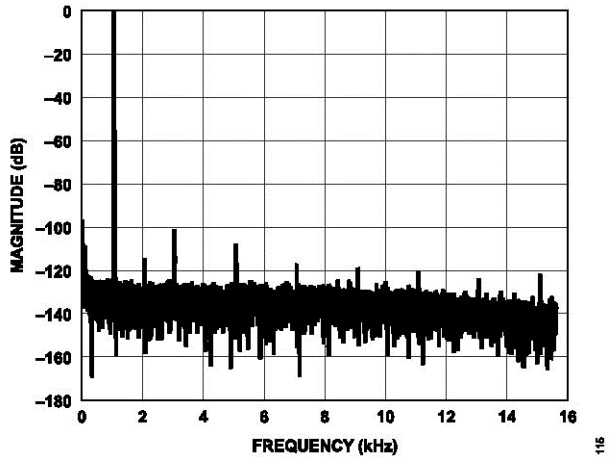


图15. BVx_x放大器快速傅立叶变换(FFT)

典型性能参数

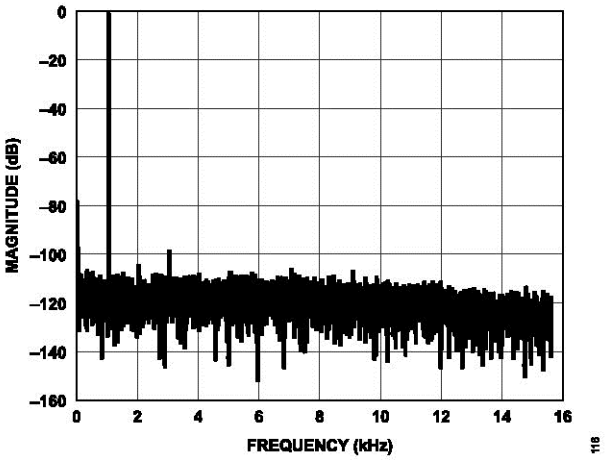


图16. ISx_x放大器FFT

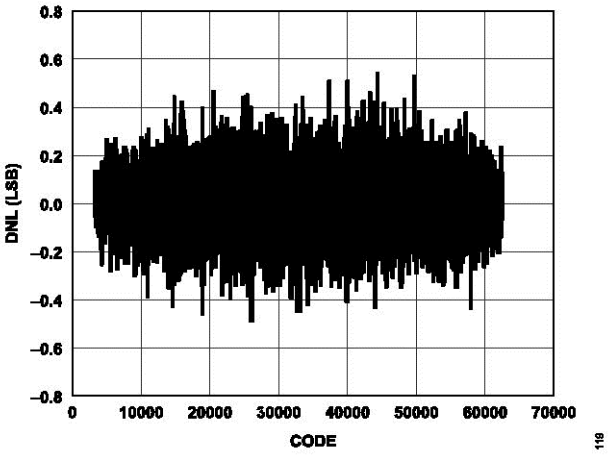


图19. BVx_x放大器全系统DNL

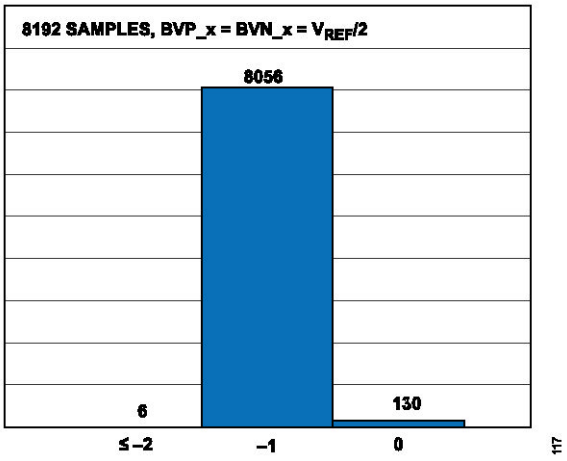


图17. 码中心处的BVx_x通道码直方图

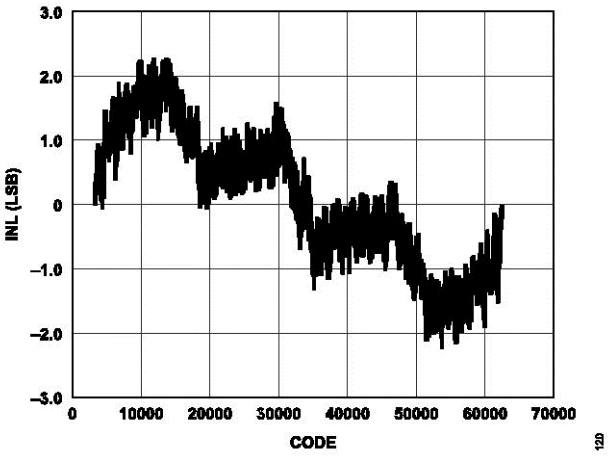


图20. BVx_x放大器全系统INL

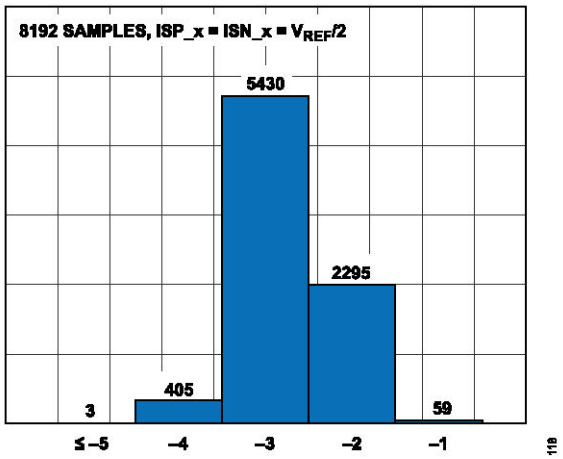


图18. 码中心处的ISx_x通道码直方图

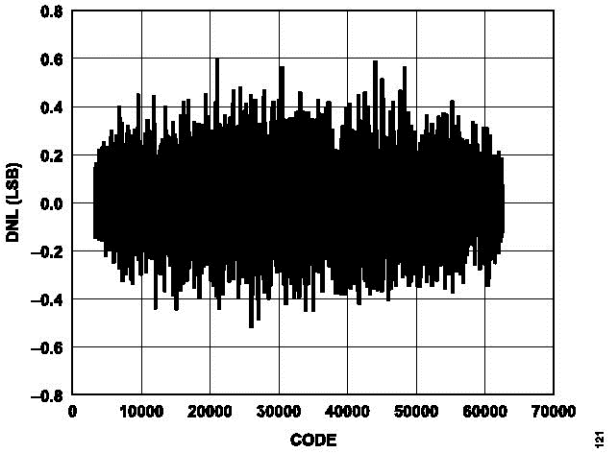


图21. ISx_x放大器全系统DNL

典型性能参数

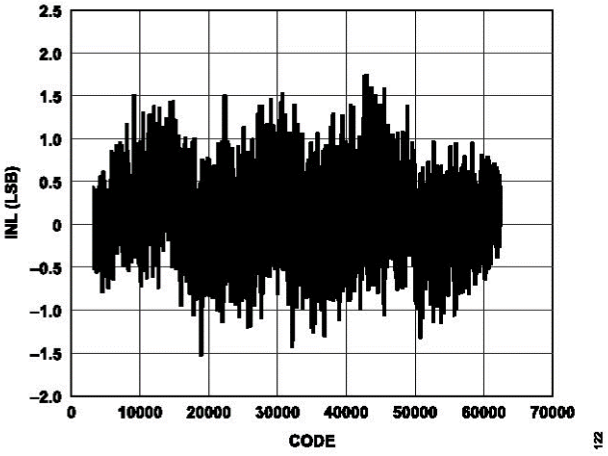


图22. ISx_x放大器全系统INL

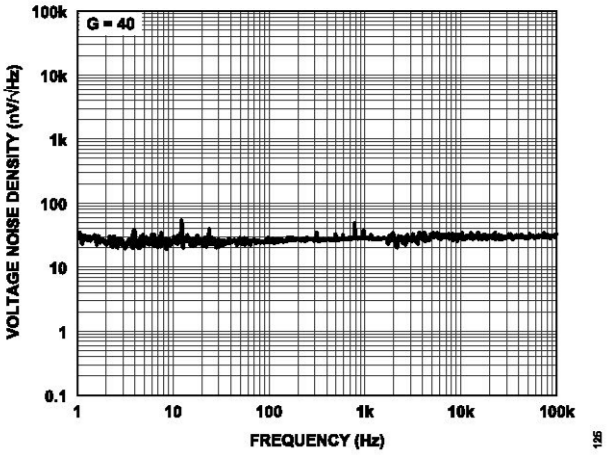


图25. ISx_x电压噪声密度与频率的关系，G = 40

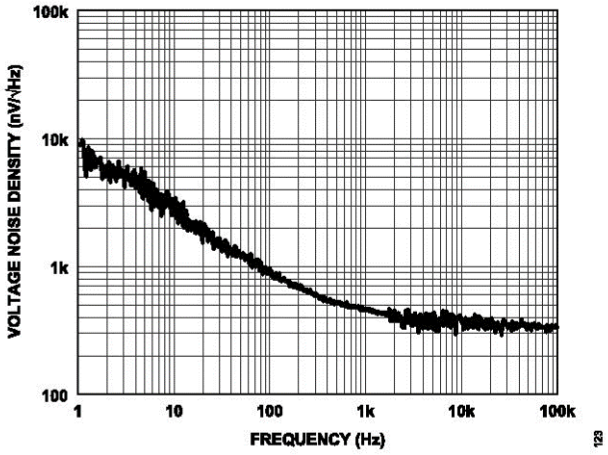


图23. BVx_x电压噪声密度与频率的关系，G = 0.5

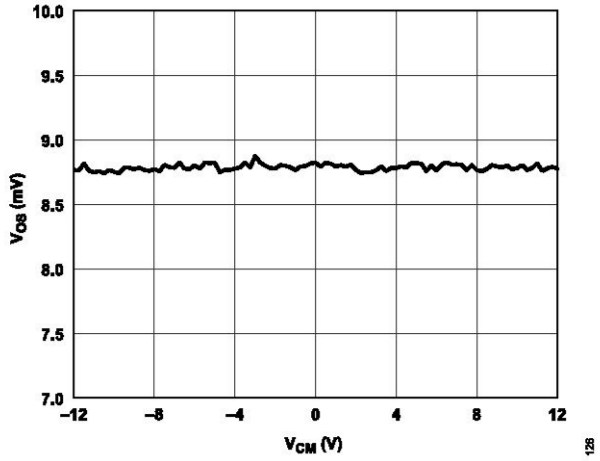


图26. BVx_x放大器V_{OS}与V_{CM}的关系

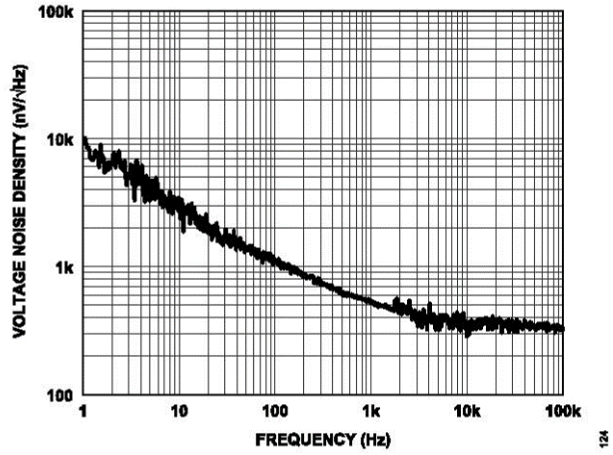


图24. CVS_x电压噪声密度与频率的关系，G = 0.5

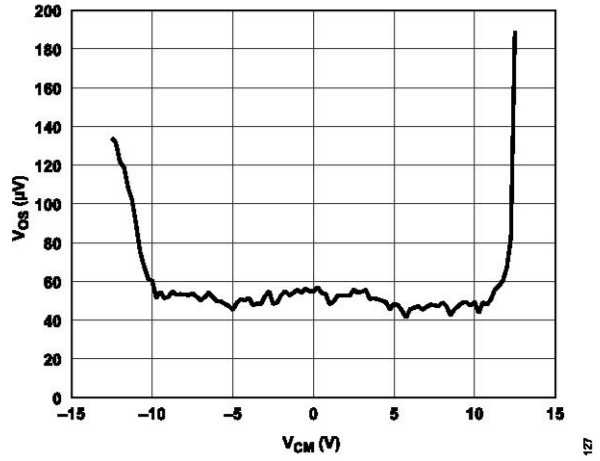


图27. ISx_x放大器失调电压(V_{OS})与V_{CM}的关系

典型性能参数

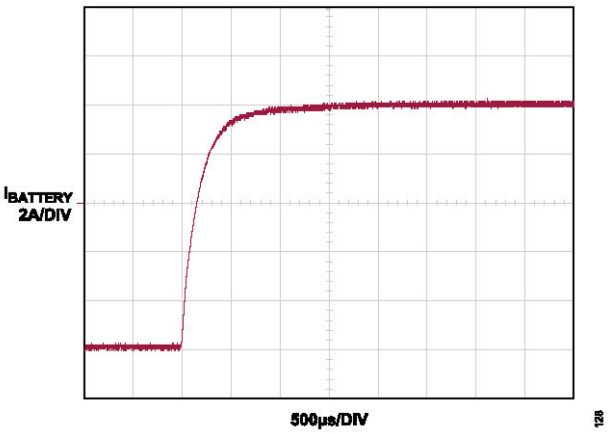


图28. 同步模式下的10 A阶跃充电，10 A系统演示，采用10 AH LiFePO4（IBATTERY为电池电流）

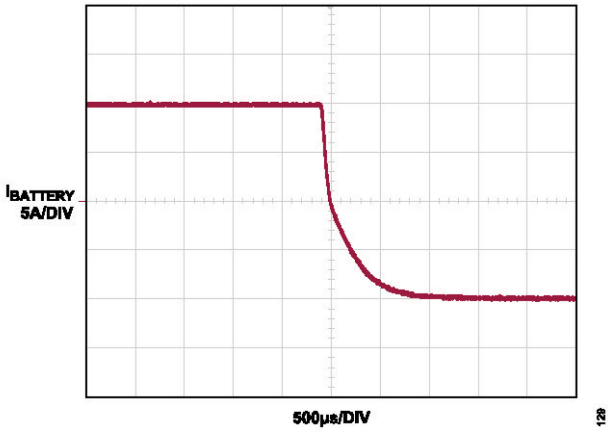


图29. 同步模式下充电至放电转换示例，10 A系统演示，采用10 AH LiFePO4

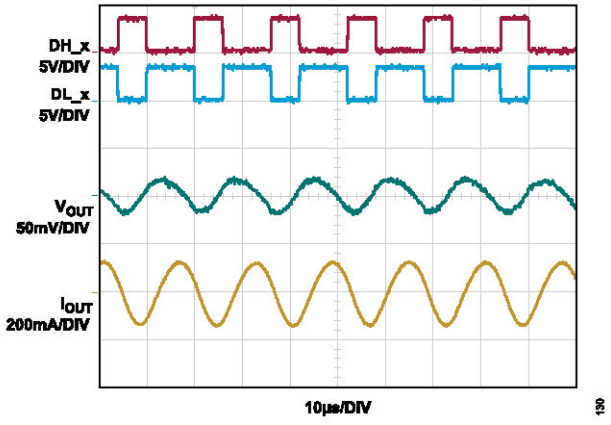


图30. 62.5 kHz时的典型10 A CC纹波，10 A系统演示，采用10 AH LiFePO4（IOUT为输出电流）

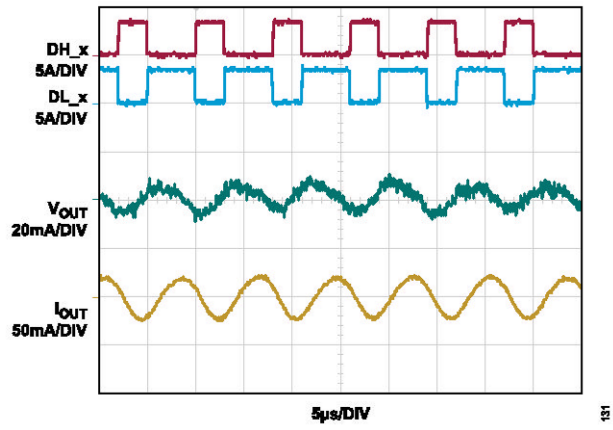


图31. 125 kHz时的典型10 A CC纹波，10 A系统演示，采用10 AH LiFePO4

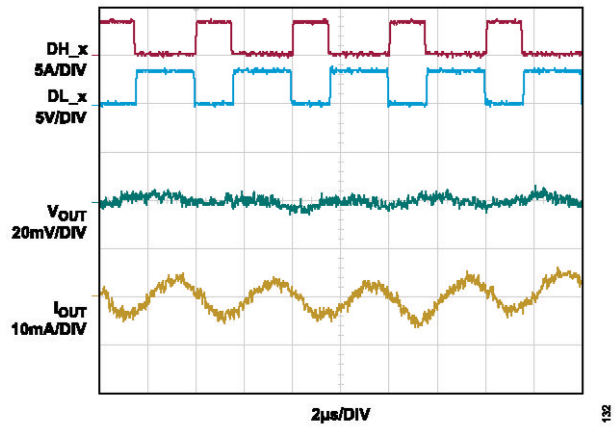


图32. 250 kHz时的典型10 A CC纹波，10 A系统演示，采用10 AH LiFePO4

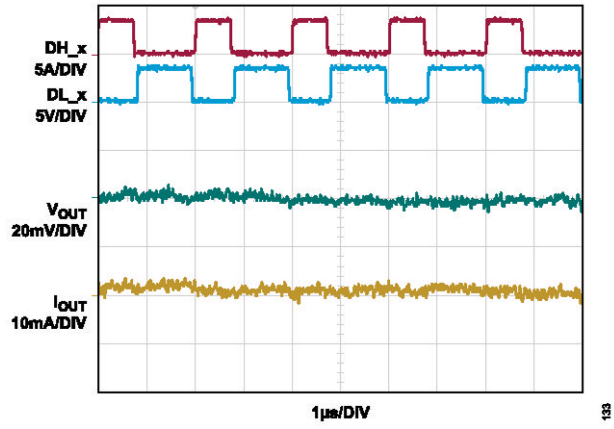


图33. 500 kHz时的典型10 A CC纹波，10 A系统演示，采用10 AH LiFePO4

工作原理

概述

ADBT1001是一款高集成度数字控制器，提供四个充电和放电控制通道，聚焦于电池化成和测试应用。每个通道由精密模拟前端(AFE)，其使用高精度ADC测量电池电流和电压、用户可编程数字补偿器和精密PWM组成。此外还有8个辅助ADC通道和16个GPIOx引脚。

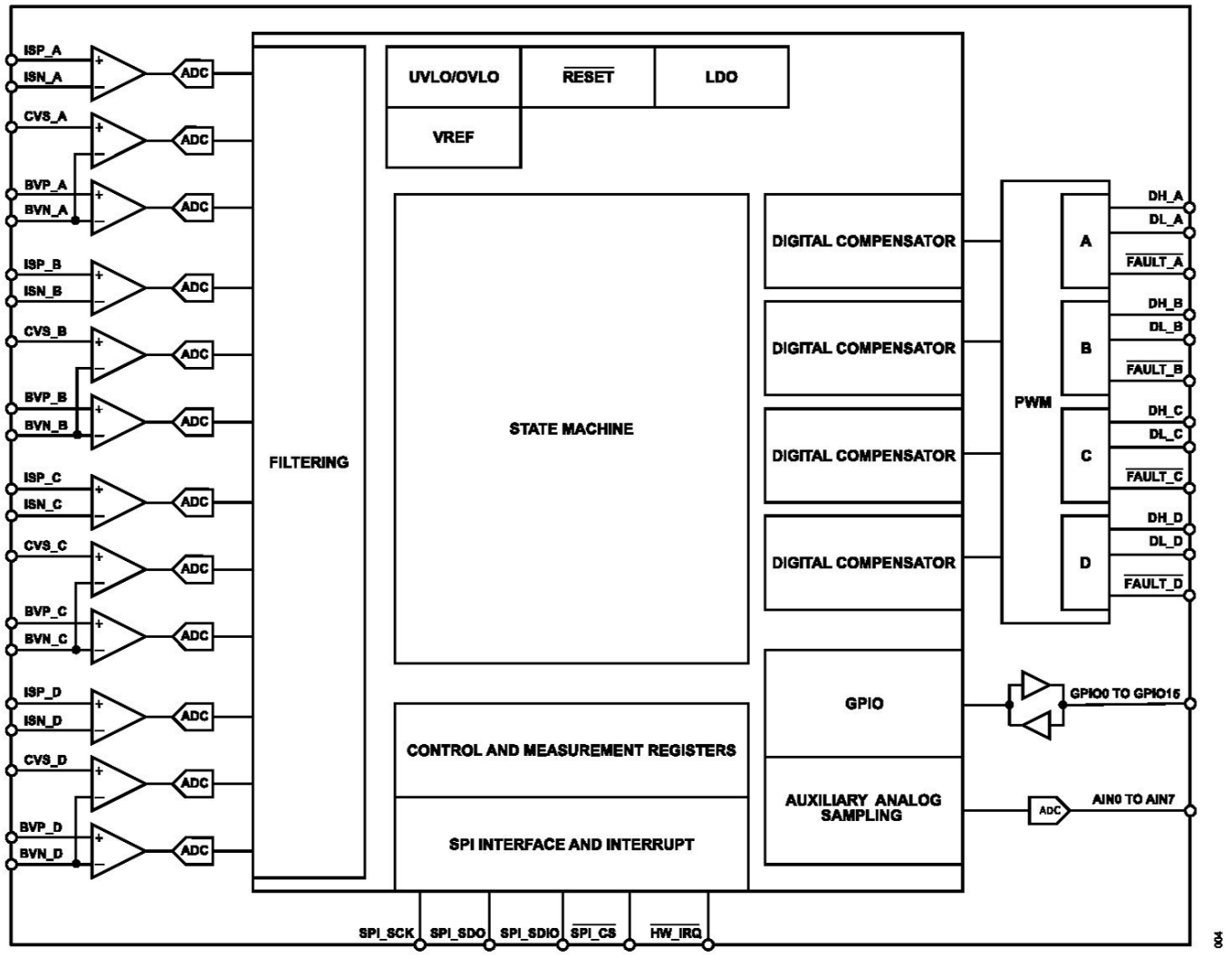


图34. 功能框图

工作原理

模拟前端

每个通道具有一个固定增益为40的精密电流检测差分放大器和一个固定增益为0.5的精密电压检测差分放大器。一对同步采样ADC将经调理的电流和电压信号转换为12位数字表示，再将信号传输至数字控制器。

数字控制器

基于有限状态机(FSM)的比例积分微分(PID)控制器提供数字环路控制。控制器具有用户可编程的滤波器系数，用于补偿控制环路。电流和电压设定值基于寄存器，并由用户通过主机SPI配置。还有功率和电阻设定值可用。单独的电流和电压控制环路支持CC和CV以及恒定功率(CP)和恒定电阻(CR)工作模式。控制器输出用于控制16位数字PWM的占空比。控制器的操作在序列器操作示例部分中讨论。

主机SPI

控制由外部主机通过3线或4线SPI提供。3线SPI使用$\overline{\text{SPI_CS}}$、SPI_SCK和SPI_SDIO引脚，4线SPI使用$\overline{\text{SPI_CS}}$、SPI_SCK、SPI_SDIO和SPI_SDO引脚。此接口用于通过存储器映射寄存器配置控制器。这些寄存器在表11中介绍。

主机中断请求

使用HW_IRQ信号$\overline{\text{HW_IRQ}}$向主机提供中断请求。利用SPI端口可访问的一组寄存器选择产生主机中断请求的内部事件。事件选项包括系统错误、通道数据就绪、通道电压和电流超限检测、通道操作完成、辅助ADC高低阈值检测。

时钟

ADBT1001从内部振荡器、外部16 MHz晶振或外部16 MHz振荡器获得所有内部时钟。当通道并联以提供更大电流容量时，可以配置相位交错以帮助最小化输入纹波和输出纹波。另外，多个器件可以同步，实现4的倍数的并行通道操作。主器件在EXTCLKIO引脚上提供16 MHz时钟，该时钟信号是从器件上的EXTCLKIO引脚的输入。

GPIOX引脚

ADBT1001有16个GPIOx引脚。GPIOx引脚的典型用途包括控制直流母线和电池隔离开关，或从数字源获取数字输入。GPIOx引脚可由用户通过下面的一组存储器映射寄存器进行编程。用于电池隔离开关的GPIOx引脚可以在控制序列器的全局寄存器中分配。此分配有利于启动时的预充电操作，防止连接电池时电流反向。另外，当并行使用多个ADBT1001器件时，可以配置GPIOx引脚来提供器件间数字均流通信。

GPIO_PAD_CFG寄存器用于配置GPIOx引脚参数，包括压摆率、迟滞和驱动强度。默认位域GPIO_SLEW、GPIO_HYST和GPIO_DRV分别具有5 ns、600 mV和10Ω的默认设置。对于大多数应用，这些默认值通常是可接受的。

通过使用16位GPIO_IEN_CFG和GPIO_OEN_CFG寄存器，可以将各GPIOx引脚配置为输入或输出。每个寄存器中的位[15:0]对应于GPIO0至GPIO15。

配置为标准 GPIOx 引脚时，有五个 16 位寄存器可以与这些引脚交互。在每种情况下，位 0 对应于 GPIO0，位 15 对应于 GPIO15。可以读取 GPIO_READ 寄存器以查看每个 GPIOx 引脚的状态，可以写入 GPIO_WRITE 寄存器以将输出引脚设置为 1 或 0。GPIO_SET、GPIO_CLEAR、GPIO_TOGGLE 寄存器分别设置、清除或切换设置为标准 GPIOx 引脚输出的 GPIOx 引脚。

除基本的用户控制 GPIO 操作外，GPIOx 引脚还可以配置为特定工作模式。此配置通过 GPIO_MODE_CFG0（用于 GPIO0 至 GPIO7 引脚）和 GPIO_MODE_CFG1（用于 GPIO8 至 GPIO15 引脚）寄存器完成。所有 GPIOx 引脚都可以配置为标准 GPIO 输入和输出功能，或者为由序列器控制。后者用于控制电池隔离开关，该开关用作预充电操作的一部分。当多个器件并联使用时，GPIO0 至 GPIO7 的其他选项是用于器件间通信的独特功能。

在特定通道中，当GPIOx引脚由序列器控制时，通道GPIO_CFG寄存器的4个LSB用于选择由该通道的序列器控制的GPIOx引脚。

辅助ADC

一个8通道12位ADC可用于专用（例如内部温度）或通用外部测量。请注意，4个通道具有可选的电流源，用于外部热敏电阻温度测量。直流母线电压也可以在ADC通道上检测，并用于前馈控制机制以降低直流母线瞬变的影响。所有辅助ADC操作都是用户可配置的。

工作原理

支持库仑效率测量

库仑效率指放电期间容量与充电期间容量之比。该器件通过电流对时间积分来支持这种测量。积分结果可通过一组寄存器访问。

支持预充电操作

在新的化成或测试周期之前连接到一个电池单元时，从电池到放电输出级可能会有一个较大的浪涌电流。该器件允许用户在连接到电池单元之前将输出级预充电，更多信息参见预充电操作部分。

序列器

指令定义

ADBT1001的工作方式是在四个通道中的每个通道上执行指令。每个指令管理控制环路。ADBT1001有CC、CV、CP和CR四种工作模式。

序列化模式

从用户角度看，执行指令存在三种可能的序列化模式：手动、半自动和自动。

手动模式

在手动序列化模式下，主机中央处理单元(CPU)负责将指令馈送到器件。用户将完整指令写入通道寄存器映射的下一指令区域（即前缀为SEQ_NEXT_xxx的寄存器）。然后，用户写入自清零起始位，启动此指令的执行。指令会提供一个限值或超时，当超限或超时时产生一个标志并触发中断控制器。用户必须处理该中断，写入下一个指令，并设置起始位。器件继续执行最后一个指令，直到主机CPU处理中断为止。

通道内的寄存器映射为指令提供固定布局。这种布局的后果是所有可能的位域都可以独立使用，无论指令是否使用该信息。主机CPU负责写入所有必需的位域，以使指令按预期执行。

针对指令写入有一个双缓冲机制。只有写入起始位后，才会将指令副本转送到状态机并执行。该技术允许预先写入下一个指令。作为一项调试特性，可以访问有关指令执行的寄存器。

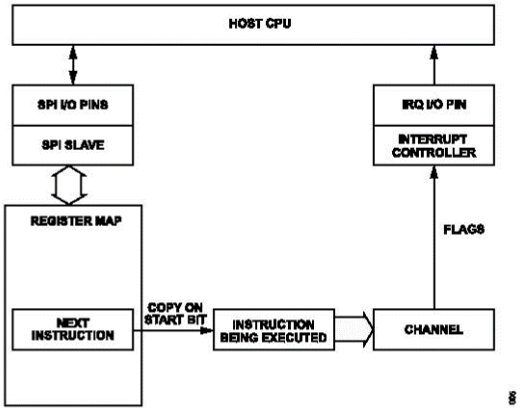


图35. 手动序列化模式

序列器

半自动模式

在半自动模式下，当满足以下条件时，执行下一指令的副本：

- 当前指令达到限值（电压、电流或时间），这也是手动模式下可以抛出中断的原因。
- 一个新指令已完全写入寄存器映射中。

为避免顺序执行相同的指令，有一个位域指示下一指令是否完全写入，如下所述：

- 用户通过寄存器映射中的自清零 NEXT_INSTR_READY 位设置标志。
- 只要从寄存器映射复制指令，就会清除标志。

无论前一指令的状态如何，起始位都会复制指令。这样的操作会清除内部寄存器。然后出于调试目的，通过寄存器映射回读内部标志。

自动模式

在自动序列化模式下，在设置起始位之前，必须将所有指令写入指令存储器。起始位将指令指针复位为通道存储器的开始。每个指令都提供一个限值或超时，达到限值或超时时即终止当前指令，并让指令指针指向下一个指令。当所有指令都完成执行时，通道向中断控制器发出标志。一旦指令序列终止，器件便会禁止DH和DL信号上的任何活动。

通道存储器中存储的指令使用16位字，具有可变长度有效载荷。固定的标头是一个字长。有效载荷取决于标头中声明的指令。指令指针根据预期的有效载荷前进。可以使用GUI来帮助用户编写指令存储器。

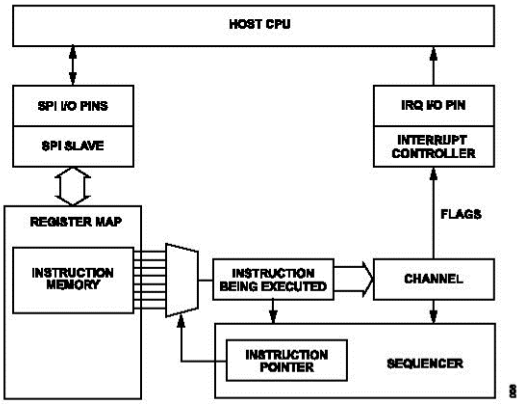


图36. 自动序列化模式

序列器

充电和放电指令模式

器件为每个通道提供两个PID控制环路：电流环路和电压环路。在任何给定时间，只有一个PID控制环路处于控制状态。处于控制状态的PID控制环路是经滤波的ADC样本与目标设定值之间的误差最小的控制环路。请注意，VMEAS是V通道上的测量结果。

有四个独立的位来配置控制环路的行为：

- CC，I通道处于控制状态，环路目标设置为电流设定值(ISET)。
- CV，V通道处于控制状态，环路目标设置为电压设定值(VSET)。
- CP，I通道处于控制状态，环路目标设置为功率设定值(PSET/VMEAS)。
- CR，I通道处于控制状态，环路目标设置为电阻设定值(VMEAS × GSET)。

有16种可能的模式组合；若考虑环路是在给电池充电还是放电，则有32种模式组合。

VSET位（寄存器SEQ_NEXT_VSET中的15个LSB）可以指绝对值或基于VMEAS的变化值，具体取决于VSET_DELTA位（寄存器SEQ_NEXT_VSET的MSB）。变化值的主要目的是允许以相对于最后一个VMEAS值的偏移量来写入VSET值。启动（即预充电）程序使用零偏移量的VSET_DELTA位来达到当前电池电压值。预充电操作在预充电操作部分中讨论。

充电和放电指令限值

有三个16位可编程位域表示指令限值。VLIMIT与CC工作模式相关联，可用于指示CC充电或放电的终点。ILIMIT与CV工作模式相关联，通常用于指示CV充电或放电操作的终点。TLIMIT可用于设置指令的持续时间，或设置超限错误，表示指令应更早完成。

VLIMIT

下面详细说明VLIMIT位的操作（寄存器SEQ_VLIMIT）：

- VLIMIT阈值用于判断CC模式充电或放电指令是否结束。
- 在CV和CC模式的指令中，VLIMIT不允许在越过VLIMIT之前越过ILIMIT（位[14:0]，寄存器SEQ_ILIMIT）以结束指令，从而避免指令过早终止。此外，在达到此阈值之前，不允许V通道PID接管控制。
- 如果VLIMIT_DELTA（MSB)位清0，则VLIMIT位[14:0]表示绝对正电压。
- 如果VLIMIT_DELTA位置1，则限值被理解为相对于执行指令期间读取的第一个VMEAS值的增量（充电）或减量（放电）。该位的主要作用是动态设置此限值，而无需在写入本指令之前读取ADC值。该位与VSET_DELTA位（寄存器SEQ_VSET）相关。
- 当测量的电压高于或等于充电指令的VLIMIT阈值时，即达到VLIMIT。
- 当测量的电压低于或等于放电指令的VLIMIT阈值时，即达到VLIMIT。

ILIMIT

下面详细说明ILIMIT位的操作（寄存器SEQ_ILIMIT）：

- ILIMIT阈值用于判断CV模式有效时充电或放电指令是否结束。
- ILIMIT位[14:0]始终表示绝对电流幅度。
- 当测量的电流低于或等于充电指令的ILIMIT阈值时，即达到ILIMIT。充电时反向电流触发该限值。
- 当测量的电流高于或等于电池放电指令的ILIMIT阈值的负值时，即达到ILIMIT。放电时反向电流触发该限值。

TLIMIT

下面详细说明NEXT_TLIMIT_SCALE和NEXT_TLIMIT_VAL位域（寄存器SEQ_NEXT_TLIMIT）的用途：

- TLIMIT是超时触发事件的目标。当经过的时间等于或大于TLIMIT时，触发器置为有效。
  - 超时触发事件可用于错误（如果一个指令必须通过另一限值终止），或用于指令的定时执行（无错误）。
- SEQ_NEXT_TLIMIT位[15:0]编码如下：
  - NEXT_TLIMIT_SCALE位[15:14]为时间单位，3 = 分钟，2 = 分钟，1 = 毫秒，0 = 微秒。
  - NEXT_TLIMIT_VAL位[13:0]是整数值。
- 时间单位设置分辨率和最大时间值。在分钟的尺度上，分辨率是分钟，最长时间为11.3天。在微秒的尺寸上，分辨率是微秒，最大时间约为16.5 ms。

序列器

零值限值的含义

以下限值具有特殊含义：

- TLIMIT_VAL = 0意味着禁用超时，不产生标志。
- ILIMIT = 0或任何低值意味着CV操作可能需要很长时间才能完成。
- VLIMIT = 0会导致CC操作立即终止。

摆率

该器件提供设定目标的摆率功能，以平滑指令之间的过渡。禁用此功能时，控制环路的误差信号呈现为阶跃波形。使能此功能时，阶跃波形变成斜坡波形。

如果使能目标值摆率功能，则作为指令的一部分，目标值将从其测量值斜坡变化到设定的目标值。寄存器映射提供ISET和VSET位的摆率。摆率用两个位域描述：代码和时间。代码单位在ADC代码中，时间在PID和PWM更新率范围之内。

斜坡的起点是在以下限制下测量的第一个值：

- 在充电指令中，ISET不能是负值。如果有逆电流，则ISET从0开始，斜坡上升到设定的目标值。
- 在放电指令中，ISET不能是正值。如果有正电流，则ISET从0开始，斜坡下降到设定的目标值。
- VSET总是为正。

使用CC的充电和放电指令会使ISET呈斜坡变化。使用CV的充电和放电指令会使VSET呈斜坡变化。

并联操作

多个通道可以并联工作以提高工作电流。当多个通道并联工作时，一个通道被声明为主通道，并将I通道的测量结果(IMEAS)传输到其他通道。关于主通道的工作方式，请参阅两个并联、两个独立通道应用案例部分和四通道并联应用案例部分。其他通道以CC模式工作，并以主通道的原始IMEAS为目标。请注意，IMEAS值补偿增益和失调。

并联工作的通道组可以跨越多个器件。

在单个器件的通道之间传输IMEAS发生在一个PID周期内。在不同器件的通道之间传输IMEAS取决于芯片间SPI通信速率(8 MHz)。每传输16位IMEAS，主器件和从器件之间的通信需要2µs。

标志

标志模块生成标志并告知中断控制器模块。然后，用户根据需要取消屏蔽个别标志（在INT_EN_CH_x寄存器中）以生成中断。当读取包含该标志的通道中断状态寄存器时，标志清零。

当指令达到最后限值时，或者当达到超时时指令为REST指令，则设置INSTR_DONE标志。出于调试目的，此标志与SEQ_DONE标志单独分开。当加载新的指令时，INSTR_DONE标志在自动模式下复位。起始位只能在手动模式下复位INSTR_DONE标志。

如果在自动模式下，当最后一个指令完成时，SEQ_DONE标志置1。在手动模式下，此标志永远不会设置，起始位会复位SEQ_DONE标志。

当达到超时时，如果标志不是另一个限值终止或HALT指令，则产生INSTR_TIMEOUT标志。

当输入数据（ADC 原始数据，以便获得更好的延迟）达到用户指定的 VMEAS 和 IMEAS 低值/高值时，具体而言分别是 VMEAS_OVER_LIMITS_LOW_THLD、VMEAS_ OVER_LIMITS_HIGH_THLD、IMEAS_OVER_LIMITS_LOW_THLD 和 IMEAS_OVER_LIMITS_HIGH_THLD，即产生 VMEAS_OVER_LMT 和 IMEAS_OVER_LMT 标志。用户还可以指定连续超限采样数以供检测。

当序列器读取下一指令（通道SEQ_NEXT_INST寄存器中的NEXT_USER_IRQ位置1）并完成该指令的执行时，INSTR_USER_IRQ标志置1。

在不属于指令部分的各种事件期间，INSTR_ERR标志置1。指令错误会在通道寄存器映射中写入调试错误代码，以便可以主机读取。错误代码包括格式错误的指令和除零。

检测到模式转换时，诸如CC变为CV，INSTR_MODE_TRANS标志置1。

表7. 序列器标志

标志	说明
指令完成，INSTR_DONE	指令已经结束。如果在手动序列化模式下，则器件期望新的指令。
序列完成，SEQ_DONE	执行了 Halt 指令或指令指针指向指令存储器之外。
超时，INSTR_TIMEOUT	如果指令设置为产生超时标志，则达到了 TLIMIT。
测量电流($I_{MEASUREMENT}$)超限，IMEAS_OVER_LMT	IMEAS 在全局编程的阈值之外。

序列器

表7. 序列器标志

标志	说明
测量电压(VMEASUREMENTS)超限，VMEAS_OVER_LMT	VMEAS 在全局编程的阈值之外。
用户中断，INSTR_USER_IRQ	执行了具有 NEXT_USER_IRQ 位的指令。
指令错误，INSTR_ERR	各种动机。此标志是读取指令错误代码。
指令模式转换，INSTR_MODE_TRANS	指令从一个模式转换到另一模式，例如在 CC 至 CV 操作中从 CC 变为 CV 模式。

全局寄存器设置

以下全局寄存器设置列表位于通道寄存器映射之外，这些设置会影响所有四个通道：

- PWM和环路更新速率，这对于所有变化都相同，速率可配置为500 kHz、250 kHz、125 kHz和62.5 kHz。
- 并联操作的通道配置。
- 中断控制器设置。
- 辅助ADC配置和读数。

通道静态设置

下面的通道静态设置是驻留在每个通道寄存器映射中的寄存器，但这些设置不是每个指令都能控制的。

- 摆率设置（使能位在指令中）
- 测量超限阈值（自动关闭通道的硬性限值）
- PWM自动异步模式转换阈值
- 下面是数字信号处理器(DSP)数据路径设置：
  - 读出滤波器抽取率
  - 数控振荡器(NCO)
  - 频率响应分析(FRA)解调器

指令集架构

下面是可以写入通道序列器中的指令。存储器中的字大小为16位宽。每个指令都有一个字作为标头，有零个或多个字作为有效载荷。

为了简化寄存器图，16位字分为两行，第一行为低8位，第二行为高8位。

手动序列化模式提供一组有限的指令。

标有X的位意味着这些位的内容无关紧要。建议将0写入这些位。

标头的位[1:0]定义指令INST_TYPE。指令包括休息、停止、充电或放电。

CC、CV、CP和CR是标头中的位，表示电池的充电或放电工作模式。

DISABLE_VI_LIMITS禁止使用用于确定指令结束条件的VLIMIT或ILIMIT。该位还禁止为任何电压或电流测量超限情况产生标志。

PWM_AUTO_ASYNC_ENABLE使能或禁用基于电流测量结果的自动PWM异步模式转换。

TLIMIT_MODE指示时间限值是否为正常结束条件，如果此位是超时错误，则达到超时时产生一个标志。

SLEW_EN用于在充电或放电过程中使能一个以斜坡方式达到ISET或VSET目标值的程序。

GPIO_VAL设置与GPIOx相关的通道值。在标准应用中，相关的GPIOx控制一个将电池与稳压器连接或断开的开关。通道寄存器映射内的静态寄存器确定该GPIO_VAL位控制哪个GPIOx。

LOOP_START置1时，表示作为循环一部分的第一个指令。硬件存储地址指针。设置时，有效载荷中的第一个字必须是循环的迭代次数。如果内部循环计数器为0，则指令将循环计数器设置为此值。

LOOP_END置1时，表示作为循环一部分的最后指令。循环计数器递减。如果新的循环计数器值不是0，则程序跳转到循环的第一个指令。

V_SEL位表示以下两个将数据馈送到V通道的选项：

- 电池电压测量 = 1'b0表示测量在BVP_x和BVN_x引脚上进行。
- 电容电压测量 = 1'b1表示测量在CVS_x和BVN_x引脚上进行。

PID_COEF_SET表示PID系数的不同选项。当电池未连接时，最好保留一组供启动程序使用，另一组用于充电或放电指令。

USER_IRQ让指令在完成执行时产生一个用户自定义的中断。

序列器

表8. 指令头

标头	7	6	5	4	3	2	1	0
标头LSB位	PWM_AUTO_ASYNC_ENABLE	DISABLE_VI_LIMITS	CR	CP	CC	CV	INST_TYPE[1:0]	
标头MSB位	TLIMIT_MODE	USER_IRQ	PID_COEF_SET	V_SEL	LOOP_END	LOOP_START	GPIO_VAL	SLEW_EN

序列器

Halt

Halt编码为INST_TYPE = 2'b00。

此指令暂停程序，从而在自动模式下产生通道SEQ_DONE标志。程序指针不前进。PWM (DH_x/DL_x)输出用逻辑低电平覆盖。

没有与Halt指令相关联的有效载荷。

Rest

Rest编码为INST_TYPE = 2'b01。

在Rest指令期间，PID输出在TLIMIT期间保持不变，以便为下一指令做好准备。PWM输出用逻辑低电平覆盖。GPIO_VAL可用于断开电池。通道也可以用作数据采集系统，用于在此指令期间进行电压和电流测量。

Rest指令有效载荷如表9所示。请注意，TLIMIT是必需参数。如果LOOP_START置1，则需要LOOP_CNT值。仅限自动模式下，若指令中LOOP_START位置1，则必须包括LOOP_CNT（8位计数）。稍后的LOOP_END位置1的指令决定循环中重复的指令列表的结束。

表9. Rest指令有效载荷

有效载荷	7	6	5	4	3	2	1	0
有效载荷0 LSB位	TLIMIT，位[7:0]							
有效载荷0 MSB位	TLIMIT，位[15:8]							
有效载荷1 LSB位	LOOP_CNT，位[7:0]（仅当LOOP_START设置时）							
有效载荷1 MSB位	x（无关）							

序列器

充电和放电操作

这些指令是ADBT1001的主要用途所在，控制电池的充电或放电。

有效载荷取决于标头中使能了哪些位域。

DH_x和DL_x输出处于活动状态，并基于控制环路。

VLIMIT_DELTA和VSET_DELTA位告知VLIMIT或VSET是否基于最后的V通道测量结果。

表10. 充电和放电指令有效载荷

标头或有效载荷	7	6	5	4	3	2	1	0
标头LSB[1]								
标头MSB[1]								
有效载荷0 LSB位	ISET，位[7:0]（仅当CC设置时）							
有效载荷0 MSB位	x（无关）	ISET，位[14:8]（仅当CC设置时）						
有效载荷1 LSB位	VSET，位[7:0]（仅当CV设置时）							
有效载荷1 MSB位	VSET_DELTA	VSET[14:8]（仅当CV设置时）						
有效载荷2 LSB位	PSET[7:0]（仅当CP设置时）							
有效载荷2 MSB位	PSET[15:8]（仅当CP设置时）							
有效载荷3 LSB位	GSET[7:0]（仅当CR设置时）							
有效载荷3 MSB位	GSET[15:8]（仅当CR设置时）							
有效载荷4 LSB位	ILIMIT，位[7:0]（仅当CV设置时）							
有效载荷4 MSB位	x（无关）	ILIMIT，位[14:8]（仅当CV设置时）						
有效载荷5 LSB位	VLIMIT，位[7:0]（仅当CC设置时）							
有效载荷5 MSB位	VLIMIT_DELTA	VLIMIT，位[14:8]（仅当CC设置时）						
有效载荷6 LSB位	TLIMIT，位[7:0]							
有效载荷6 MSB位	TLIMIT，位[15:8]							
有效载荷7 LSB位	LOOP_CNT[2]，位[7:0]（仅当LOOP_START设置时）							
有效载荷7 MSB位	x（无关）							

[1] 有关此行的其他信息，请参阅指令集架构部分和表8。

[2] 仅限自动模式下，若指令中LOOP_START位置1，则必须包括LOOP_CNT（8位计数）。稍后的LOOP_END位置1的指令决定循环中重复的指令列表的结束。

序列器

序列器操作示例

为了说明限值和设定值如何交互，下面举一个CC至CV充电例子。

CC至CV充电操作

图37演示了ISET、VSET、ILIMIT和VLIMIT在CC至CV充电操作中的用途。ISET和VSET分别是目标CC和CV值。ILIMIT是表示充电周期的CV部分结束的电池电流电平。VLIMIT是CV环路可以与CC环路争夺控制权的最小电池电压电平。

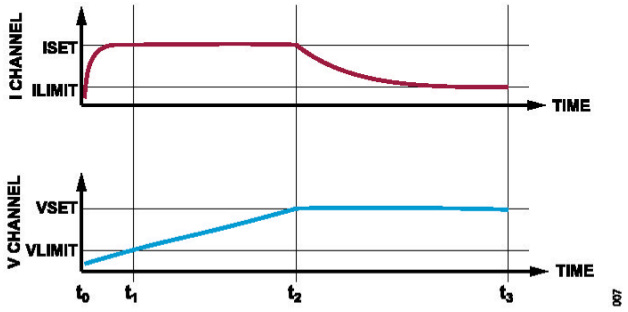


图37. CC至CV操作

充电操作在t_0开始。充电电流为0，电池电压在开始时为开路电压。从t_0到t_1，只有CC环路处于控制状态。t_1是电池电压超过VLIMIT的时刻。没有VLIMIT，充电可能过早地停止，因为开始时的初始电池电流为0，小于ILIMIT。从t_1到t_2，CC和CV环路竞争控制权。误差最低的环路处于控制状态。在t_2时，控制权从CC转移到CV环路。请注意，电池电压和VSET之间的误差为0。从t_2到t_3，CV环路处于控制状态，充电电流降低。在t_3时，充电电流达到ILIMIT。在手动序列化模式下，产生INSTR_DONE标志，进而产生中断请求。主机必须处理中断请求，并停止指令或开始新的指令。否则，在手动模式下，当前指令会持续执行。在半自动模式下，如果预加载了另一个指令，则其在达到当前指令限值时开始执行。否则，若没有预加载下一指令，则像手动模式一样，相同的操作继续执行。无论何种情况，INSTR_DONE标志都会设置，可使用它来生成主机中断。在自动模式下，执行序列中的下一个指令。

存储器映射寄存器

表11. 寄存器模块汇总

名称	模块	地址
SPI_SLV_CTRL	SPI_SLV_CTRL	0x0000
SYSTEM_CTRL	MISC_CTRL_DIG	0x1000
ADC_CTRL	ADC_COMMON_SETTINGS	0x2800
CHANNEL_CTRLA	CHANNEL_REGMAP	0x3000
CHANNEL_CTRLB	CHANNEL_REGMAP	0x3200
CHANNEL_CTRLC	CHANNEL_REGMAP	0x3400
CHANNEL_CTRLD	CHANNEL_REGMAP	0x3600
CHANNEL_MEM0	SEQ_MEMORY	0x3800
CHANNEL_MEM1	SEQ_MEMORY	0x3A00
CHANNEL_MEM2	SEQ_MEMORY	0x3C00
CHANNEL_MEM3	SEQ_MEMORY	0x3E00

表11显示各种ADBT1001寄存器块及其起始地址。SPI_SLV_CTRL块包含一组用于配置SPI端口和通信协议的寄存器。

SYSTEM_CTRL块包含一组全局寄存器，用于系统配置、辅助ADC配置、辅助ADC数据回读、多通道配置和中断管理。

ADC_CTRL块包含几个用于使能辅助ADC通道以及使能电流激励以进行外部温度测量的寄存器。

4个CHANNEL_CTRLx块各包含相同的一组寄存器，通道间地址偏移0x0200。各通道块配置通道序列器操作、诊断配置和数据回读。

CHANNEL_MEMx块不包含任何寄存器，这些块各包含128个16位位置，当选择自动工作模式时，这些位置存储序列器配置参数。

表12. SPI_SLV_CTRL (SPI_SLV_CTRL)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x0	INTERFACE_CONFIG	接口配置	0x06	R/W
0x1	STREAM_MODE	配置循环计数	0x00	R/W
0x2	INTERFACE_STATUS	接口状态	0x00	R/W

表13. SYSTEM_CTRL (MISC_CTRL_DIG)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x1000	RST_CTRL	软件复位控制寄存器	0x0000	R/W
0x1001	PMU_CLOCK_SEL	电源管理单元(PMU)时钟选择寄存器	0x0001	R/W
0x1002	PMU_CHANNEL_CFG0	通道使能选择寄存器	0x0010	R/W
0x1003	PMU_CHANNEL_CFG1	通道A PWM信号相位调整寄存器	0x0000	R/W
0x1004	PMU_CHANNEL_CFG2	通道B PWM信号相位调整寄存器	0x0200	R/W
0x1005	PMU_CHANNEL_CFG3	通道C PWM信号相位调整寄存器	0x0400	R/W
0x1006	PMU_CHANNEL_CFG4	通道D PWM信号相位调整寄存器	0x0600	R/W
0x1010	RST_STA	复位状态寄存器	0x0000	R/W
0x1012	PMU_CLOCK_STATUS	PMU时钟状态寄存器	0x0000	R
0x1013	PMU_OTP_STATUS	PMU OTP状态寄存器	0x0000	R
0x1014	PMU_CHANNEL_STATUS	PWM锁定状态寄存器	0x0000	R
0x101F	REV_ID_INFO	版本ID寄存器	0x00B2	R
0x1020	SPI_SLV_PAD_CFG	SPI从机块配置寄存器	0x0E2A	R/W
0x1021	FAULT_PAD_CFG	故障块盘配置寄存器	0x0002	R/W
0x1022	GPIO_PAD_CFG	GPIO0至GPOI1块配置寄存器	0x0035	R/W
0x1023	EXTCLKIO_PAD_CFG	外部输入和输出时钟块配置寄存器	0x0035	R/W
0x1024	HW_IRQ_PAD_CFG	硬件中断块配置寄存器	0x003D	R/W

存储器映射寄存器

表13. SYSTEM_CTRL (MISC_CTRL_DIG)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x1025	GPIO_IEN_CFG	GPIO输入使能配置寄存器	0x0000	R/W
0x1026	GPIO_OEN_CFG	GPIO输出使能配置寄存器	0x0000	R/W
0x1027	GPIO_MODE_CFG0	GPIO0至GPIO7模式配置寄存器	0x0000	R/W
0x1028	GPIO_MODE_CFG1	GPIO8至GPIO15模式配置寄存器	0x0000	R/W
0x1029	GPIO_READ	GPIO数据读取寄存器	0x0000	R
0x102A	GPIO_WRITE	GPIO数据写入寄存器	0x0000	R/W
0x102B	GPIO_SET	GPIO数据设置寄存器	0x0000	W
0x102C	GPIO_CLEAR	GPIO数据清零注册	0x0000	W
0x102D	GPIO_TOGGLE	GPIO数据切换寄存器	0x0000	W
0x1040	AIN0_FILT_CFG0	应用于AIN0的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1041	AIN0_FILT_CFG1	应用于AIN0的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1042	AIN0_FILT_CFG2	应用于AIN0的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x1043	AIN1_FILT_CFG0	应用于AIN1的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1044	AIN1_FILT_CFG1	应用于AIN1的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1045	AIN1_FILT_CFG2	应用于AIN1的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x1046	AIN2_FILT_CFG0	应用于AIN2的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1047	AIN2_FILT_CFG1	应用于AIN2的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1048	AIN2_FILT_CFG2	应用于AIN2的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x1049	AIN3_FILT_CFG0	应用于AIN3的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x104A	AIN3_FILT_CFG1	应用于AIN3的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x104B	AIN3_FILT_CFG2	应用于AIN3的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x104C	AIN4_FILT_CFG0	应用于AIN4的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x104D	AIN4_FILT_CFG1	应用于AIN4的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x104E	AIN4_FILT_CFG2	应用于AIN4的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x104F	AIN5_FILT_CFG0	应用于AIN5的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1050	AIN5_FILT_CFG1	应用于AIN5的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1051	AIN5_FILT_CFG2	应用于AIN5的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x1052	AIN6_FILT_CFG0	应用于AIN6的滤波配置寄存器	0x0000	R/W

存储器映射寄存器

表13. SYSTEM_CTRL (MISC_CTRL_DIG)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x1053	AIN6_FILT_CFG1	应用于AIN6的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1054	AIN6_FILT_CFG2	应用于AIN6的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x1055	AIN7_FILT_CFG0	应用于AIN7的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1056	AIN7_FILT_CFG1	应用于AIN7的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1057	AIN7_FILT_CFG2	应用于AIN7的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x1058	TEMP_AFE_FILT_CFG0	应用于温度AFE的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1059	TEMP_AFE_FILT_CFG1	应用于温度AFE的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x105A	TEMP_AFE_FILT_CFG2	应用于温度AFE的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x105B	TEMP_DSP_FILT_CFG0	应用于温度DSP的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x105C	TEMP_DSP_FILT_CFG1	应用于温度DSP的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x105D	TEMP_DSP_FILT_CFG2	应用于温度DSP的滤波配置寄存器	0x0010	R/W
0x105E	DC_BUS_FILT_CFG0	应用于直流母线的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x105F	DC_BUS_FILT_CFG1	应用于直流母线的滤波配置寄存器	0x0000	R/W
0x1060	DC_BUS_FILT_CFG2	应用于直流母线的滤波配置寄存器	0x0001	R/W
0x1061	DC_BUS_FILT_CFG3	直流母线滤波器初始延迟（32µs倍数）寄存器	0x0000	R/W
0x1062	TEMP_INT_CAL_CFG	温度增益和失调内部校准配置寄存器	0x0000	R/W
0x1063	TEMP_CAL_0	校准点0温度值寄存器	0x0000	R/W
0x1064	TEMP_CAL_1	校准点1温度值寄存器	0x0000	R/W
0x1065	TEMP_CAL_2	校准点2温度值寄存器	0x0000	R/W
0x1066	TEMP_CAL_3	校准点3温度值寄存器	0x0000	R/W
0x106B	TEMP_CAL_INV_MSB_0	温度0和温度1之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x106C	TEMP_CAL_INV_LSB_0	温度0和温度1之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W

存储器映射寄存器

表13. SYSTEM_CTRL (MISC_CTRL_DIG)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x106D	TEMP_CAL_INV_MSB_1	温度1和温度2之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x106E	TEMP_CAL_INV_LSB_1	温度1和温度2之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W
0x106F	TEMP_CAL_INV_MSB_2	温度2和温度3之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x1070	TEMP_CAL_INV_LSB_2	温度2和温度3之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W
0x1071	TEMP_EXT_CAL_CFG0	温度I增益外部校准配置寄存器	0x0000	R/W
0x1072	TEMP_EXT_CAL_CFG1	温度I增益外部校准配置寄存器	0x0000	R/W
0x1080	AIN0_READOUT	外部引脚AIN0测量结果寄存器	0x0000	R
0x1081	AIN1_READOUT	外部引脚AIN1测量结果寄存器	0x0000	R
0x1082	AIN2_READOUT	外部引脚AIN2测量结果寄存器	0x0000	R
0x1083	AIN3_READOUT	外部引脚AIN3测量结果寄存器	0x0000	R
0x1084	AIN4_READOUT	外部引脚AIN4测量结果寄存器	0x0000	R
0x1085	AIN5_READOUT	外部引脚AIN5测量结果寄存器	0x0000	R
0x1086	AIN6_READOUT	外部引脚AIN6测量结果寄存器	0x0000	R
0x1087	AIN7_READOUT	外部引脚AIN7测量结果寄存器	0x0000	R
0x1088	TEMP_AFE_READOUT	AFE域温度测量结果寄存器	0x0000	R
0x1089	TEMP_DSP_READOUT	DSP域温度测量结果寄存器	0x0000	R
0x1090	DC_BUS_READOUT	用于所有PID校正的直流母线滤波器结果寄存器	0x0000	R
0x1091	DC_BUS_CORR_FACTOR_READOUT	所有通道的直流母线校正系数寄存器	0x8000	R
0x10A0	MC_CTRL	多通道全局控制寄存器	0x0000	R/W
0x10A1	MC_CFG0	多通道模式，从机通道配置寄存器	0x0000	R/W
0x10A2	MC_CFG1	多通道模式，外部通信配置寄存器	0x0020	R/W

存储器映射寄存器

表13. SYSTEM_CTRL (MISC_CTRL_DIG)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x10A3	MC_PAD_CFG0	多通道模式，从机SPI块配置寄存器	0x002A	R/W
0x10A4	MC_PAD_CFG1	多通道模式，主机SPI块配置寄存器	0x0DDD	R/W
0x10C0	SYSTEM_INT_EN	系统中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10C1	INT_EN_CH_A	通道A中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10C2	INT_EN_CH_B	通道B中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10C3	INT_EN_CH_C	通道C中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10C4	INT_EN_CH_D	通道D中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10C5	INT_EN_AUX_ADC0	辅助测量中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10C6	INT_EN_AUX_ADC1	辅助测量中断使能寄存器	0x0000	R/W
0x10D0	SYSTEM_INT_ST	系统中断状态寄存器	0x0000	R/W
0x10D1	INT_ST_CH_A	通道A中断状态寄存器	0x0000	R/W
0x10D2	INT_ST_CH_B	通道B中断状态寄存器	0x0000	R/W
0x10D3	INT_ST_CH_C	通道C中断状态寄存器	0x0000	R/W
0x10D4	INT_ST_CH_D	通道D中断状态寄存器	0x0000	R/W
0x10D5	INT_ST_AUX_ADC0	辅助测量中断状态寄存器	0x0000	R/W
0x10D6	INT_ST_AUX_ADC1	辅助测量中断状态寄存器	0x0000	R/W

表14. ADC_CTRL (ADC_COMMON_SETTINGS)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x2800	AUX_ADC_CFG0	应用于AIN0至AIN3引脚的外部热敏电阻的电流值寄存器	0x0000	R/W
0x2801	AUX_ADC_CFG1	被测辅助输入和温度传感器控制寄存器	0x4000	R/W
0x2803	ADC_COMMON_REG	AFE斩波和内部基准电压源放大器设置寄存器	0x00DA	R/W

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x3000	SEQ_CTRL	通道序列器控制寄存器	0x0000	R/W
0x3001	SEQ_STATUS	通道序列器状态寄存器	0x0000	R
0x3002	SEQ_MEM_PTR	通道序列器存储器地址指针寄存器	0x0000	R
0x3003	SEQ_INST	通道序列器指令寄存器	0x0000	R/W
0x3004	SEQ_ISET	通道序列器电流设定值寄存器	0x0000	R/W
0x3005	SEQ_VSET	通道序列器电压设定值寄存器	0x0000	R/W
0x3006	SEQ_PSET	通道序列器功率设定值寄存器	0x0000	R/W
0x3007	SEQ_GSET	通道序列器电导设定值寄存器	0x0000	R/W
0x3008	SEQ_ILIMIT	通道序列器电流限值寄存器	0x0000	R/W
0x3009	SEQ_VLIMIT	通道序列器电压限值寄存器	0x0000	R/W
0x300A	SEQ_TLIMIT	通道序列器时间限值寄存器	0x0000	R/W
0x300B	SEQ_NEXT_INST	通道序列器下一指令寄存器	0x0000	R/W
0x300C	SEQ_NEXT_ISET	通道序列器下一电流设定值寄存器	0x0000	R/W
0x300D	SEQ_NEXT_VSET	通道序列器下一电压设定值寄存器	0x0000	R/W
0x300E	SEQ_NEXT_PSET	通道序列器下一功率设定值寄存器	0x0000	R/W
0x300F	SEQ_NEXT_GSET	通道序列器下一电导设定值寄存器	0x0000	R/W
0x3010	SEQ_NEXT_ILIMIT	通道序列器电流限值寄存器	0x0000	R/W
0x3011	SEQ_NEXT_VLIMIT	通道序列器电压限值寄存器	0x0000	R/W
0x3012	SEQ_NEXT_TLIMIT	通道序列器下一时间限值寄存器	0x0000	R/W
0x3013	SLEW_RATE_CFG	设定值摆率配置寄存器	0x0000	R/W
0x3014	GPIO_CFG	通道相关GPIO配置寄存器	0x0000	R/W
0x3015	OPEN_LOOP_CFG	开环配置寄存器	0x0000	R/W
0x3016	OPEN_LOOP_DC_VAL_MSB	开环直流值(MSB)寄存器	0x0000	R/W
0x3017	OPEN_LOOP_DC_VAL_LSB	开环直流值(LSB)寄存器	0x0000	R/W
0x3018	SLAVE_CFG	从机配置寄存器	0x0008	R/W
0x3040	I_PID_KP_SET1_LSB	电流PID比例系数(LSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x3041	I_PID_KP_SET1_MSB	电流PID比例系数(MSB)寄存器，设置1	0x0010	R/W
0x3042	I_PID_KI_SET1_LSB	电流PID积分系数(LSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x3043	I_PID_KI_SET1_MSB	电流PID积分系数(MSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x3044	I_PID_KD_SET1_LSB	电流PID微分系数(LSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x3045	I_PID_KD_SET1_MSB	电流PID微分系数(MSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x3046	V_PID_KP_SET1_LSB	电压PID比例系数(LSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x3047	V_PID_KP_SET1_MSB	电压PID比例系数(MSB)寄存器，设置1	0x0010	R/W
0x3048	V_PID_KI_SET1_LSB	电压PID积分系数(LSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x3049	V_PID_KI_SET1_MSB	电压PID积分系数(MSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x304A	V_PID_KD_SET1_LSB	电压PID微分系数(LSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x304B	V_PID_KD_SET1_MSB	电压PID微分系数(MSB)寄存器，设置1	0x0000	R/W
0x304C	I_PID_KP_SET2_LSB	电流PID比例系数(LSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x304D	I_PID_KP_SET2_MSB	电流PID比例系数(MSB)寄存器，设置2	0x0010	R/W
0x304E	I_PID_KI_SET2_LSB	电流PID积分系数(LSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x304F	I_PID_KI_SET2_MSB	电流PID积分系数(MSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3050	I_PID_KD_SET2_LSB	电流PID微分系数(LSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3051	I_PID_KD_SET2_MSB	电流PID微分系数(MSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3052	V_PID_KP_SET2_LSB	电压PID比例系数(LSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3053	V_PID_KP_SET2_MSB	电压PID比例系数(MSB)寄存器，设置2	0x0010	R/W
0x3054	V_PID_KI_SET2_LSB	电压PID积分系数(LSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x3055	V_PID_KI_SET2_MSB	电压PID积分系数(MSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3056	V_PID_KD_SET2_LSB	电压PID微分系数(LSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3057	V_PID_KD_SET2_MSB	电压PID微分系数(MSB)寄存器，设置2	0x0000	R/W
0x3058	PID_CCCV_KTRANS_SET1	PID CC至CV转换系数，设置1	0x0000	R/W
0x3059	PID_CCCV_KTRANS_SET2	PID CC至CV转换系数，设置2	0x0000	R/W
0x305A	TEMP_EXT_CAL_0	外部校准点0温度值寄存器	0x0000	R/W
0x305B	TEMP_EXT_CAL_1	外部校准点1温度值寄存器	0x0000	R/W
0x305C	TEMP_EXT_CAL_2	外部校准点2温度值寄存器	0x0000	R/W
0x305D	TEMP_EXT_CAL_3	外部校准点3温度值寄存器	0x0000	R/W
0x305E	TEMP_EXT_CAL_4	外部校准点4温度值寄存器	0x0000	R/W
0x305F	TEMP_EXT_CAL_5	外部校准点5温度值寄存器	0x0000	R/W
0x3060	TEMP_EXT_CAL_INV_MSB_0	外部温度0和温度1之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x3061	TEMP_EXT_CAL_INV_LSB_0	外部温度0和温度1之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W
0x3062	TEMP_EXT_CAL_INV_MSB_1	外部温度1和温度2之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x3063	TEMP_EXT_CAL_INV_LSB_1	外部温度1和温度2之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W
0x3064	TEMP_EXT_CAL_INV_MSB_2	外部温度2和温度3之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x3065	TEMP_EXT_CAL_INV_LSB_2	外部温度2和温度3之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W
0x3066	TEMP_EXT_CAL_INV_MSB_3	外部温度3和温度4之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x3067	TEMP_EXT_CAL_INV_LSB_3	外部温度3和温度4之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x3068	TEMP_EXT_CAL_INV_MSB_4	外部温度4和温度5之间斜率MSB寄存器	0x0000	R/W
0x3069	TEMP_EXT_CAL_INV_LSB_4	外部温度4和温度5之间斜率LSB寄存器	0x0000	R/W
0x306A	I_GAIN_EXT_CAL_T0	温度0的电流增益外部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x306B	I_GAIN_EXT_CAL_T1	温度1的电流增益外部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x306C	I_GAIN_EXT_CAL_T2	温度2的电流增益外部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x306D	I_GAIN_EXT_CAL_T3	温度3的电流增益外部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x306E	I_GAIN_EXT_CAL_T4	温度4的电流增益外部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x306F	I_GAIN_EXT_CAL_T5	温度5的电流增益外部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3070	V_GAIN_INT_CAL_T0	温度0的电压增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3071	V_GAIN_INT_CAL_T1	温度1的电压增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3072	V_GAIN_INT_CAL_T2	温度2的电压增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3073	V_GAIN_INT_CAL_T3	温度3的电压增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3074	I_GAIN_INT_CAL_T0	温度0的电流增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3075	I_GAIN_INT_CAL_T1	温度1的电流增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3076	I_GAIN_INT_CAL_T2	温度2的电流增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3077	I_GAIN_INT_CAL_T3	温度3的电流增益内部校准、带符号2.14寄存器	0x4000	R/W
0x3078	V_OFFSET_INT_CAL_T0	温度0的电压失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x3079	V_OFFSET_INT_CAL_T1	温度1的电压失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x307A	V_OFFSET_INT_CAL_T2	温度2的电压失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x307B	V_OFFSET_INT_CAL_T3	温度3的电压失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x307C	I_OFFSET_INT_CAL_T0	温度0的电流失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x307D	I_OFFSET_INT_CAL_T1	温度1的电流失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x307E	I_OFFSET_INT_CAL_T2	温度2的电流失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x307F	I_OFFSET_INT_CAL_T3	温度3的电流失调内部校准、带符号1.15寄存器	0x0000	R/W
0x3080	DSP_READOUT_FILT_CFG	读出滤波器配置寄存器	0x0003	R/W
0x3081	MAF_CFG	移动平均滤波器配置寄存器	0x0003	R/W
0x3082	SDM_CFG	SDM配置寄存器	0x0002	R/W
0x3083	DC_BUS_CORRECTION_CFG	直流母线校正配置寄存器	0x0000	R/W
0x3084	PWM_CFG0	PWM 0配置寄存器	0x050A	R/W
0x3085	PWM_CFG1	PWM 1配置寄存器	0x0000	R/W
0x3086	PWM_CFG2	PWM 2配置寄存器	0x0000	R/W
0x3087	PWM_CFG3	PWM 3配置寄存器	0x0000	R/W
0x3088	NCO_CFG0	NCO 0配置寄存器	0x0002	R/W
0x3089	NCO_CFG1	NCO 1配置寄存器	0x8000	R/W
0x308A	NCO_PHASE_INCR_LSB	NCO相位增量LSB寄存器	0x0000	R/W
0x308B	NCO_PHASE_INCR_MSB	NCO相位增量MSB寄存器	0x0000	R/W
0x308C	NCO_PHASE_INIT_LSB	NCO初始相位LSB寄存器	0x0000	R/W
0x308D	NCO_PHASE_INIT_MSB	NCO初始相位MSB寄存器	0x0000	R/W
0x308E	DEMOD_CFG	FRA解调器配置寄存器	0x0000	R/W
0x308F	DEMOD_ACCUM_COUNT_LSB	解调器积分计数LSB寄存器	0x0000	R/W
0x3090	DEMOD_ACCUM_COUNT_MSB	解调器积分计数MSB寄存器	0x0000	R/W
0x3091	FAULT_CFG	故障配置寄存器	0x0001	R/W

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x3092	MEAS_OVER_LIMITS_CFG	电压和电流测量ADC原始数据超限配置寄存器	0x0000	R/W
0x3093	VMEAS_OVER_LIMITS_HIGH_THLD	电压测量ADC原始数据超限高阈值寄存器	0x0000	R/W
0x3094	VMEAS_OVER_LIMITS_LOW_THLD	电压测量ADC原始数据超限低阈值寄存器	0x0000	R/W
0x3095	IMEAS_OVER_LIMITS_HIGH_THLD	电流测量ADC原始数据超限高阈值寄存器	0x0000	R/W
0x3096	IMEAS_OVER_LIMITS_LOW_THLD	电流测量ADC原始数据超限低阈值寄存器	0x0000	R/W
0x3100	DSP_READOUT_DATA_0	读出数据，电压数据MSB寄存器（只要读取此寄存器，就会对其余读出数据寄存器进行采样）	0x0000	R
0x3101	DSP_READOUT_DATA_1	读出数据，电流数据MSB寄存器	0x0000	R
0x3102	DSP_READOUT_DATA_2	读出数据，电压和电流数据LSB及标签编号寄存器	0x0000	R
0x3104	COULOMB_COUNT_0	正在执行的指令0的库仑积分结果寄存器（只要读取此寄存器，就会对COULOMB_COUNT_1至COULOMB_COUNT_3中的其余寄存器进行采样）	0x0000	R
0x3105	COULOMB_COUNT_1	正在执行的指令1的库仑积分结果寄存器	0x0000	R
0x3106	COULOMB_COUNT_2	正在执行的指令2的库仑积分结果寄存器	0x0000	R
0x3107	COULOMB_COUNT_3	正在执行的指令3的库仑积分结果寄存器	0x0000	R
0x3108	COULOMB_COUNT_PREV_0	上一指令0的库仑积分结果寄存器	0x0000	R
0x3109	COULOMB_COUNT_PREV_1	上一指令1的库仑积分结果寄存器	0x0000	R
0x310A	COULOMB_COUNT_PREV_2	上一指令2的库仑积分结果寄存器	0x0000	R
0x310B	COULOMB_COUNT_PREV_3	上一指令3的库仑积分结果寄存器	0x0000	R

存储器映射寄存器

表15. CHANNEL_CTRLA (CHANNEL_REGMAP)寄存器汇总

地址	名称	描述	复位	访问类型
0x310C	DEMOD_XV_I_RESULT_0	FRA PID输出 + NCO解调器同向结果0寄存器	0x0000	R
0x310D	DEMOD_XV_I_RESULT_1	FRA PID输出 + NCO解调器同向结果1寄存器	0x0000	R
0x310E	DEMOD_XV_I_RESULT_2	FRA PID输出 + NCO解调器同向结果2寄存器	0x0000	R
0x310F	DEMOD_XV_I_RESULT_3	FRA PID输出 + NCO解调器同向结果3寄存器	0x0000	R
0x3110	DEMOD_XV_Q_RESULT_0	FRA PID输出 + NCO解调器正交结果0寄存器	0x0000	R
0x3111	DEMOD_XV_Q_RESULT_1	FRA PID输出 + NCO解调器正交结果1寄存器	0x0000	R
0x3112	DEMOD_XV_Q_RESULT_2	FRA PID输出 + NCO解调器正交结果2寄存器	0x0000	R
0x3113	DEMOD_XV_Q_RESULT_3	FRA PID输出 + NCO解调器正交结果3寄存器	0x0000	R
0x3114	DEMOD_YI_I_RESULT_0	FRA PID输出解调器同向结果0寄存器	0x0000	R
0x3115	DEMOD_YI_I_RESULT_1	FRA PID输出解调器同向结果1寄存器	0x0000	R
0x3116	DEMOD_YI_I_RESULT_2	FRA PID输出解调器同向结果2寄存器	0x0000	R
0x3117	DEMOD_YI_I_RESULT_3	FRA PID输出解调器同向结果3寄存器	0x0000	R
0x3118	DEMOD_YI_Q_RESULT_0	FRA PID输出解调器正交结果0寄存器	0x0000	R
0x3119	DEMOD_YI_Q_RESULT_1	FRA PID输出解调器正交结果1寄存器	0x0000	R
0x311A	DEMOD_YI_Q_RESULT_2	FRA PID输出解调器正交结果2寄存器	0x0000	R
0x311B	DEMOD_YI_Q_RESULT_3	FRA PID输出解调器正交结果3寄存器	0x0000	R

主机SPI接口详解

SPI概述

主机通过SPI端口与器件通信。SPI端口支持3线（单个双向数据信号）和传统的4线接口（默认）。这些接口可通过INTERFACE_CONFIG寄存器的配置来选择。

SPI_SCK用作串行移位时钟，由主机生成。默认时钟极性(CPOL)和时钟相位(CPHA)均为0。SPI_SCK的上升沿用于锁存来自主机的数据，而下降沿锁存传输到主机的数据。最大时钟速率为16 MHz。

SPI_SDIO在4线模式下为数据输入引脚，在3线模式下为双向数据引脚。

SPI_SDO用于4线模式，仅为数据输出引脚。请注意，MSB优先是默认模式，但也可以配置LSB优先。

$\overline{\text{SPI_CS}}$是低电平有效SPI片选信号。趋低置位启动读操作或写操作。数据流传输也支持寄存器地址自动递增（默认）或递减。

SPI端口的其他特性包括循环冗余校验(CRC)和地址循环，后者允许在有限范围的连续寄存器地址中进行流传输。

通信协议

所有传输都以16位字进行。每个事务的第一个16位字（指令阶段）由15位寄存器地址和一个R/W位组成。MSB R/W位为0表示写操作，为1表示读操作。

基本读操作

指令阶段在第一个16位字传输中执行。R/W位（在指令阶段它是MSB，如图38所示）设置为1以指定读操作。其他15位指定寄存器地址。来自主机的下一个16位传输指定要执行的连续16位读操作的数量。对于单个16位寄存器读操作，该位域设置为0或1。从第33个SPI_SCLK开始读出数据。如果读操作的数量为2或更多，则在三个基本单字16位传输之后至请求的总数为止，$\overline{\text{SPI_CS}}$必须置为有效。

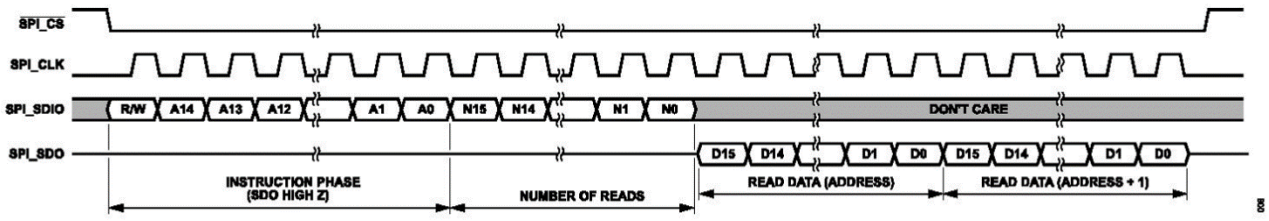


图38. 基本4线读操作

主机SPI接口详解

基本写操作

基本写操作的时序如图39所示。对于写操作，指令阶段中的R/W位为0。要写入的16位数据紧随16位指令阶段之后。让$\overline{\text{SPI_CS}}$保持置位，同时输入更多16位字，可以写入更多数据。数据传输到顺序寄存器地址。

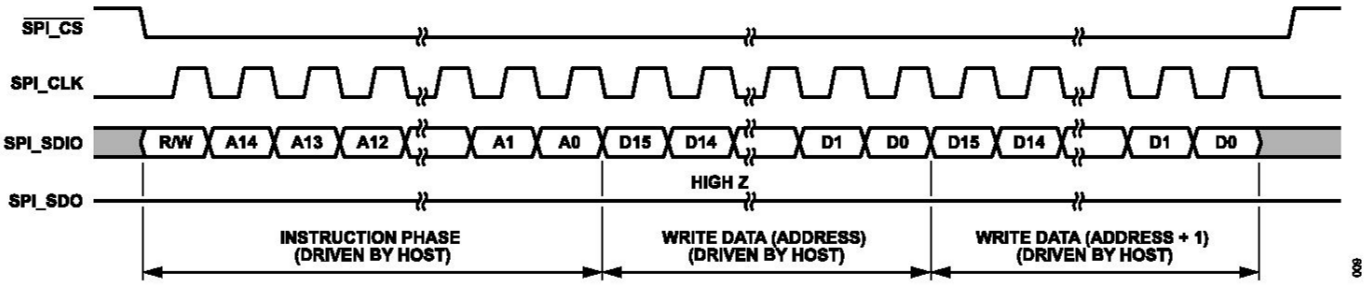


图39. 基本4线写操作

应用信息

校准

便利系统校准

该器件提供了便利系统校准的手段，各ADC通道都有寄存器来存储失调和增益比例校准数据。用户可以提供外部激励，测量结果，并计算多个温度点的必要失调和增益比例值。然后，用户可将这些值写入ADC校准寄存器。这些值便可用来补偿特定温度范围内的系统误差。

诊断

支持直流内阻(DCIR)测量

通过精确测量电池电压来间接支持DCIR测量。外部控制器必须存储数据样本，监视电流阶跃变化，确定RC时间常数是否完成，并估算电压差。

$$DCIR = \Delta V / \Delta I \quad (1)$$

在此测量期间，可以提高输出数据速率以捕获瞬态响应。

操作应用案例

四通道独立应用案例

对于四通道独立应用案例，每个通道单独测量电池电压和电流，并能对电压和电流进行独立控制。此外，每个通道都有独立可编程的电压和电流设定值。

应用信息

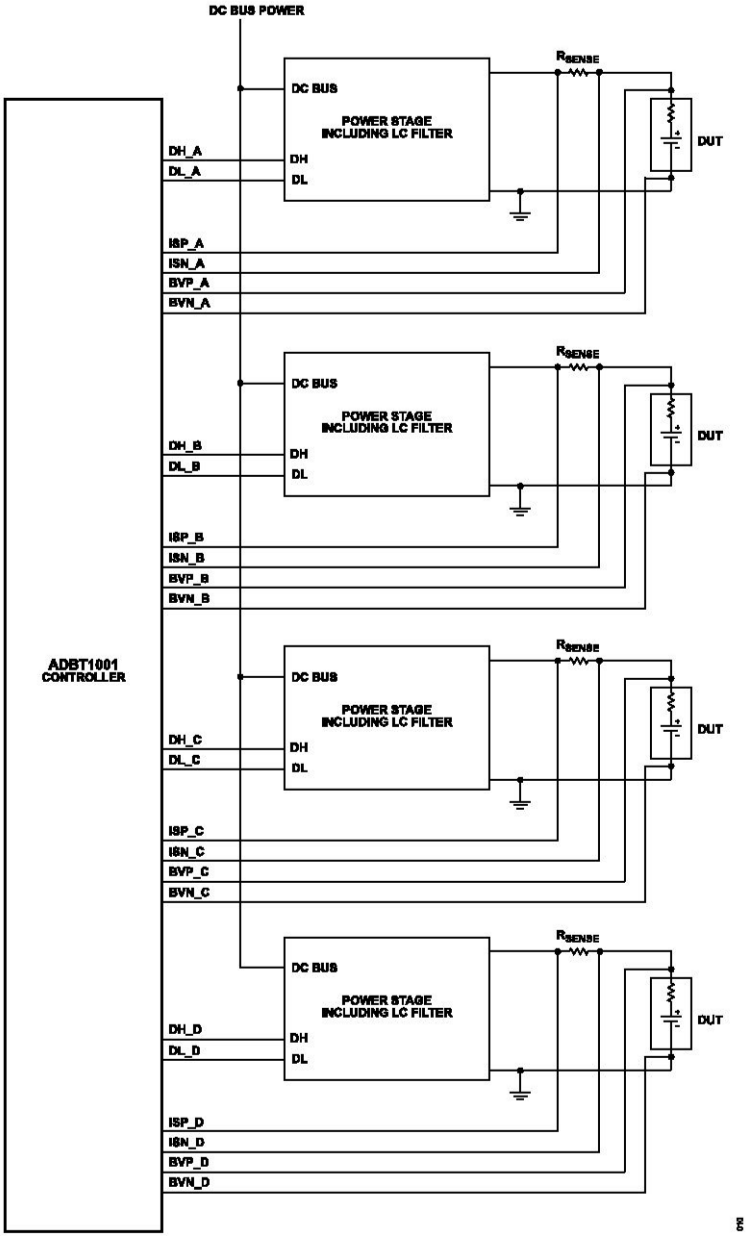


图40. 四通道独立应用案例

应用信息

两个并联、两个独立通道应用案例

在此应用案例中，四个通道的两个并联运行以提高电流容量，另两个通道配置为独立通道。每个通道单独测量电池电压和电流，并能对电压和电流进行独立控制。两个独立通道中的每一个都有独立可编程的电压和电流设定值。然而，对于两个并行通道，主通道（通道A）使用电压和电流设定值，而从通道仅使用电流设定值。电流设定值自动从主通道电流测量结果提供，以便其正确跟踪。主机必须将主通道电流设定值设为总需求电流的一半。

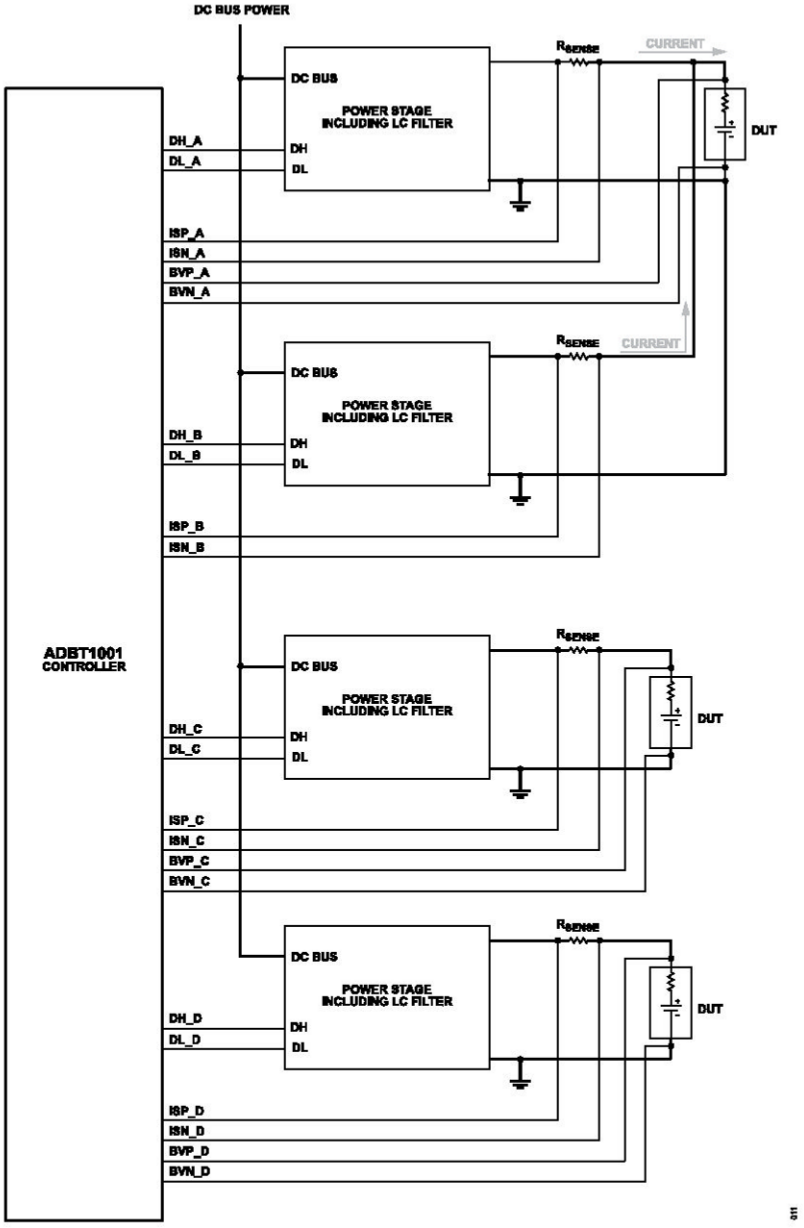


图41. 两个并行、两个独立通道应用案例

应用信息

四通道并联应用案例

此应用案例的所有四个通道都并联运行以提高电流容量。每个通道单独测量电池电压和电流，并能对电压和电流进行独立控制。主通道（通道A）使用电压和电流设定值，而从通道仅使用电流设定值。电流设定值自动从主通道电流测量结果提供，以便其正确跟踪。主机必须将主通道电流设定值设为总需求电流的1/4。

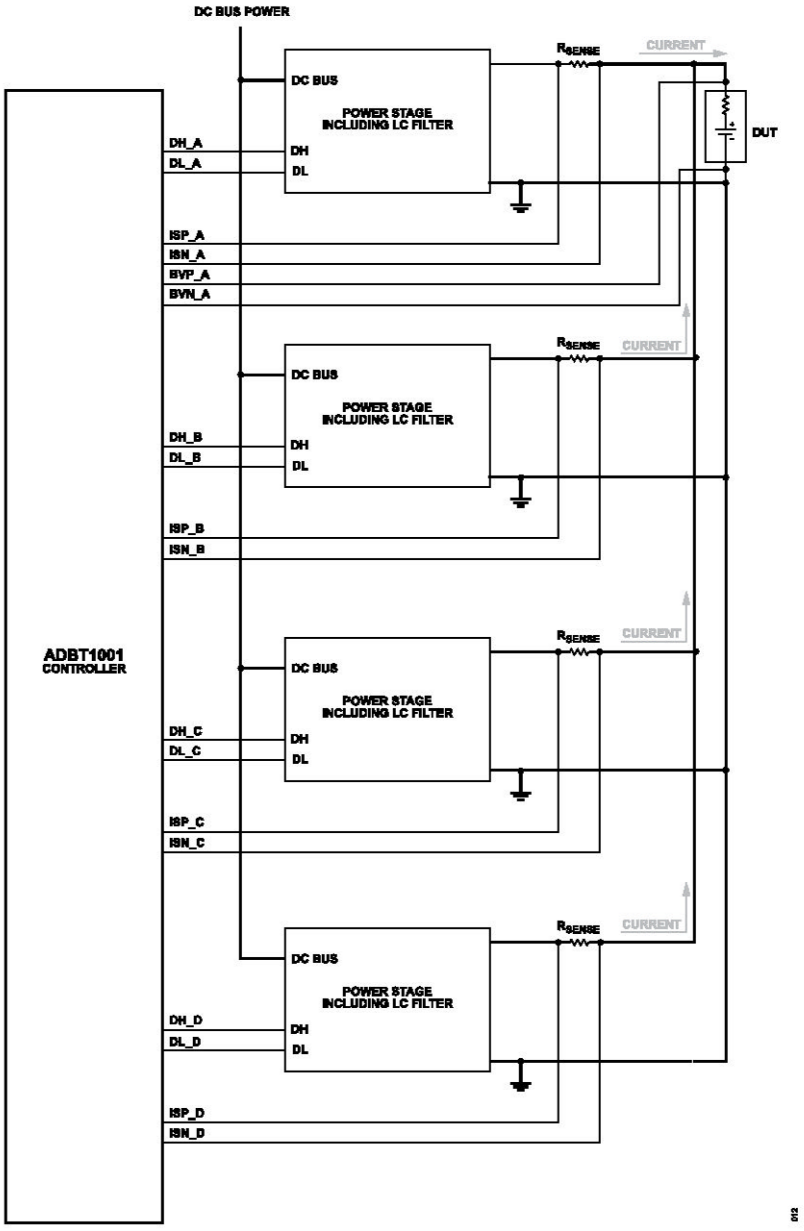


图42. 四通道并行应用案例

应用信息

预充电操作

将电池连接到功率级时，当电荷从电池流到未充电的输出电容（图43中的C1）时，存在大电流浪涌的可能性。该器件支持测量电池电压（BVN_x和BVP_x）及功率级输出电容电压（CVS_x）。利用这些测量结果，用户可以将C1预充电到电池电位，再闭合隔离开关（Q3和Q4）。这样，当将电池连接到功率级时，几乎没有电流流过。

可以配置GPIOx引脚来控制隔离开关。

电池和输出电容电压的测量结果可通过SPI端口和一组存储器映射寄存器获得。使用VSET位控制输出电容电压。

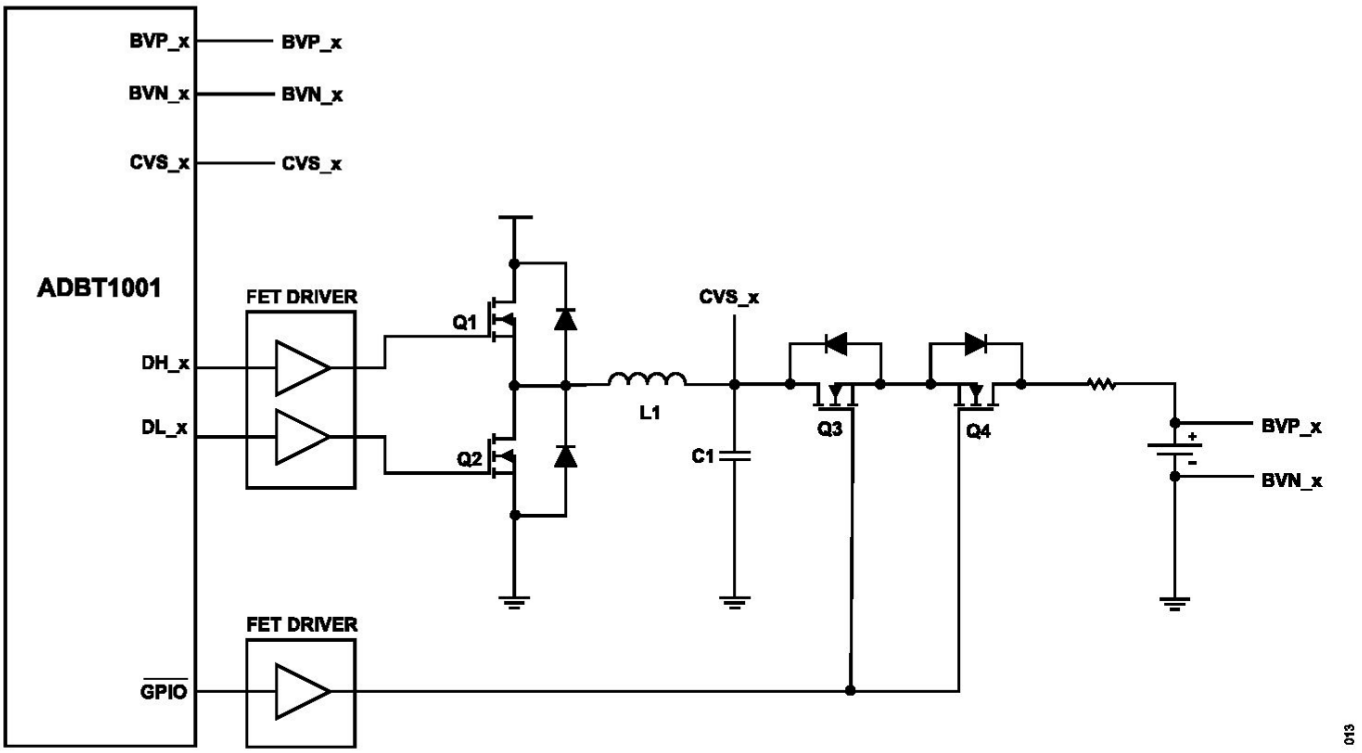


图43. 预充电功能框图

外形尺寸

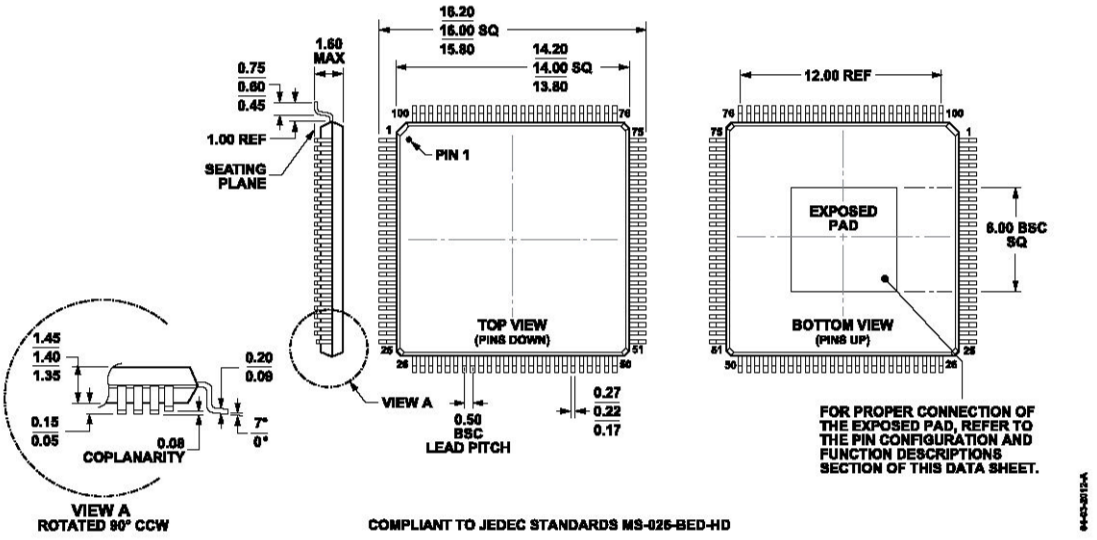


图44. 100引脚薄型四方扁平封装[LQFP]，裸露焊盘
主体14 mm × 14 mm
(SW-100-2)
尺寸单位：mm

订购指南

型号[1]	温度范围	封装描述	封装选项
ADBT1001BSWZ	0°C至85°C	100引脚薄型四方扁平封装[LQFP]，裸露焊盘	(SW-100-2)
ADBT1001BSWZ-RL	0°C至85°C	100引脚薄型四方扁平封装[LQFP]，裸露焊盘	(SW-100-2)

[1] Z = 符合RoHS标准的器件。

©2021 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.