

### 特性

2.6 mm × 2 mm WLCSP封装

可通过I<sup>2</sup>C实现完全编程

灵活的数字控制输入

LDO模式下的交流充电器电流最高可达2.1 A

输入电压范围：4.0 V至6.7 V

可耐受的输入电压：-0.5 V至+20 V (USB VBUS)

完全兼容USB 3.0以及USB电池充电规范1.2

内置电流检测及限制功能

电池与充电器输出间的电池隔离FET低至30 mΩ

热调节防止过热

符合JEITA 1和JEITA 2锂离子电池充电温度规范

SYS\_EN标志允许系统禁用，直至电池达到需要的最低电平，  
以保证系统启动

### 应用

数码相机

数码摄像机

单个锂离子电池便携式设备

PDA、音频设备、GPS设备

便携式医疗设备

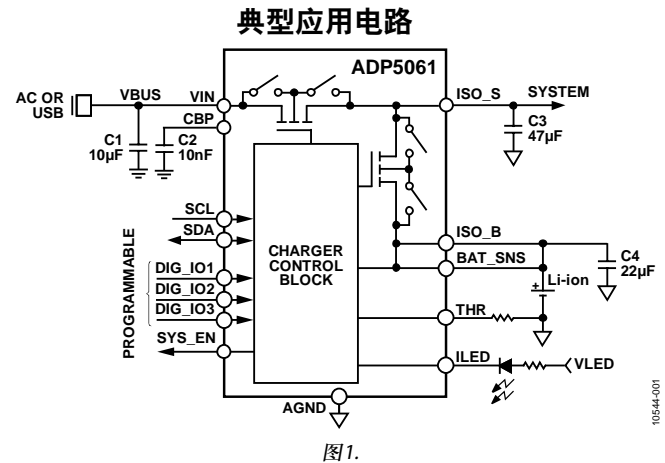
移动电话

### 概述

ADP5061充电器完全符合USB 3.0和USB电池充电规范1.2，可通过mini-USB VBUS引脚从墙壁充电器、车载充电器或USB主机端口进行充电。

ADP5061输入电压范围为4 V至6.7 V，最高可耐受20 V电压。此耐受度缓解了断开或连接时的USB总线尖峰问题。

ADP5061在线性充电器输出和电池间集成了内部FET。这一设计可提供电池隔离，使系统可在电池无电或无电池情况下供电，从而直接通过USB电源执行系统功能。



根据外部USB检测芯片检测到的USB电源类型，ADP5061可设置为应用正确的电流限值，实现最佳充电和USB合规性。

ADP5061含3个工厂可编程数字输入/输出引脚，可为不同系统提供最大的灵活性。这些数字输入/输出引脚允许一些特性的组合，如输入电流限制、充电使能/禁用、充电电流限制以及专用中断输出引脚。

Rev. C

[Document Feedback](#)

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. 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.  
Tel: 781.329.4700 ©2012–2013 Analog Devices, Inc. All rights reserved.  
[Technical Support](#) [www.analog.com](http://www.analog.com)

## 目录

特性.....	1	电池隔离FET.....	20
应用.....	1	电池检测.....	20
典型应用电路.....	1	电池组温度检测.....	21
概述.....	1	I <sup>2</sup> C接口.....	25
修订历史.....	2	I <sup>2</sup> C寄存器映射.....	26
技术规格.....	3	寄存器位功能描述.....	27
推荐输入和输出电容.....	6	应用信息.....	35
I <sup>2</sup> C兼容接口时序规格.....	6	外部器件.....	35
绝对最大额定值.....	7	PCB布局指南.....	37
热阻.....	7	功耗与散热考虑.....	38
ESD警告.....	7	充电器功耗.....	38
引脚配置和功能描述.....	8	结温.....	38
典型性能参数.....	9	工厂编程选项.....	39
温度特性.....	11	充电器选项.....	39
典型波形.....	13	I <sup>2</sup> C寄存器故障.....	40
工作原理.....	14	数字输入和输出选项.....	40
工作模式小结.....	14	封装和订购信息.....	42
简介.....	15	外形尺寸.....	42
充电器模式.....	17	订购指南.....	42
热管理.....	20		

## 修订历史

### 2013年9月—修订版B至修订版C

更改表6.....	8
更改表8.....	14
更改表22的位[6:2].....	29
更改表33的位[7:5].....	34
更改“工厂编程”部分、表39、表40和表42.....	39
更改表50.....	41
更改订购指南.....	42

### 2012年10月—修订版A至修订版B

删除表22的“位号6”行.....	29
表22的位号[5:2]更改为位号[6:2].....	29
更改表26位号[2:0]的默认值栏.....	31

更改“充电器选项”部分和表42.....	39
更改表50.....	41
更改订购指南部分.....	42

### 2012年8月—修订版0至修订版A

更改图2.....	6
更改图23至图28.....	13
更改表8.....	14
更改表21.....	28
更改表26.....	31
更改表33.....	34

### 2012年6月—修订版0：初始版

## 技术规格

除非另有说明,  $-40^{\circ}\text{C} < T_j < +125^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{\text{VIN}} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{\text{HOT}} < V_{\text{THR}} < V_{\text{COLD}}$ ,  $V_{\text{BAT\_SNS}} = 3.6\text{ V}$ ,  $V_{\text{ISO\_B}} = V_{\text{BAT\_SNS}}$ ,  $C_{\text{VIN}} = 10\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_{\text{ISO\_S}} = 22\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_{\text{ISO\_B}} = 22\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_{\text{CBP}} = 10\text{ nF}$ , 所有寄存器为默认值。

表1.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
<b>通用参数</b>						
欠压闭锁	$V_{\text{UVLO}}$	2.25	2.35	2.5	V	下降阈值, $V_{\text{VIN}}$ 和 $V_{\text{BAT\_SNS}}$ 中的较高值 <sup>1</sup>
迟滞		50	100	150	mV	迟滞, $V_{\text{VIN}}$ 和 $V_{\text{BAT\_SNS}}$ 上升中的较高值 <sup>1</sup>
总输入电流	$I_{\text{LIM}}$	74	92	100	mA	标称USB初始化电流电平 <sup>2</sup>
				150	mA	USB超高速
				300	mA	USB枚举电流电平(中国规格)
		425	470	500	mA	USB枚举电流电平
				900	mA	专用充电器输入
VINx功耗	$I_{\text{QVIN}}$		2		mA	专用壁式充电器
			280	450	$\mu\text{A}$	充电或LDO模式
电池功耗	$I_{\text{QBATT}}$		20		$\mu\text{A}$	DIS_IC1 = 高电平, $V_{\text{ISO\_B}} < V_{\text{INx}} < 5.5\text{ V}$
				5	$\mu\text{A}$	LDO模式, $V_{\text{ISO\_S}} > V_{\text{BAT\_SNS}}$
			0.5	0.9	mA	待机, 包括ISO_Sx引脚漏电流, $V_{\text{VIN}} = 0\text{ V}$ , $T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$
<b>充电器</b>						
快速充电电流CC模式	$I_{\text{CHG}}$	715	750	775	mA	$V_{\text{ISO\_B}} = 3.9\text{ V}$ ; 在 $T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至等温调节限值(典型值 $T_j = +115^{\circ}\text{C}$ )的温度范围内保证快速充电电流精度 <sup>2,3</sup>
快速充电电流精度		-40		+30	mA	$I_{\text{CHG}} = 50\text{ mA}$ 至 $550\text{ mA}$
		-50		+30	mA	$I_{\text{CHG}} = 600\text{ mA}$ 至 $950\text{ mA}$
		-65		+35	mA	$I_{\text{CHG}} = 1000\text{ mA}$ 至 $1300\text{ mA}$
涓流充电电流 <sup>2</sup>	$I_{\text{TRK\_DEAD}}$	16	20	25	mA	
弱充电电流 <sup>2,3</sup>	$I_{\text{CHG\_WEAK}}$		$I_{\text{TRK\_DEAD}} + I_{\text{CHG}}$		mA	
涓流至弱充电阈值						
电池无电	$V_{\text{TRK\_DEAD}}$	2.4	2.5	2.6	V	$V_{\text{TRK\_DEAD}} < V_{\text{BAT\_SNS}} < V_{\text{WEAK}}^{2,4}$
迟滞	$\Delta V_{\text{TRK\_DEAD}}$		100		mV	BAT_SNS上 <sup>2</sup>
弱电池阈值						
弱至快速充电阈值	$V_{\text{WEAK}}$	2.89	3.0	3.11	V	BAT_SNS上 <sup>2,4</sup>
	$\Delta V_{\text{WEAK}}$		100		mV	
电池终端电压	$V_{\text{TRM}}$		4.200		V	
终端电压精度		-0.25		+0.25	%	BAT_SNS上, $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ , $I_{\text{END}} = 52.5\text{ mA}^2$
		-0.96		+0.89	%	$T_j = 0^{\circ}\text{C}$ 至 $115^{\circ}\text{C}^2$
		-1.15		+1.20	%	$T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
电池过压阈值	$V_{\text{BATOV}}$		$V_{\text{IN}} - 0.075$		V	相对于VINx电压, BAT_SNS上升
充电完成电流	$I_{\text{END}}$	15	52.5	98	mA	$V_{\text{BAT\_SNS}} = V_{\text{TRM}}$
充电完成电流阈值精度		17		83	mA	$I_{\text{END}} = 52.5\text{ mA}$ , $T_j = 0^{\circ}\text{C}$ 至 $115^{\circ}\text{C}^2$
		59		123		$I_{\text{END}} = 92.5\text{ mA}$ , $T_j = 0^{\circ}\text{C}$ 至 $115^{\circ}\text{C}$
再充电电压差分	$V_{\text{RCH}}$	160	260	390	mV	相对于 $V_{\text{TRM}}$ , BAT_SNS下降 <sup>2</sup>
电池节点短路阈值电压 <sup>2</sup>	$V_{\text{BAT\_SHR}}$	2.2	2.4	2.5	V	
电池短路检测电流	$I_{\text{TRK\_SHORT}}$		20		mA	$I_{\text{TRK\_SHORT}} = I_{\text{TRK\_DEAD}}^2$
充电启动电压限值	$V_{\text{CHG\_VLIM}}$	3.6	3.7	3.8	V	电压限值默认无效
充电软启动电流	$I_{\text{CHG\_START}}$	185	260	365	mA	$V_{\text{BAT\_SNS}} > V_{\text{TRK\_DEAD}}$
充电软启动定时器	$t_{\text{CHG\_START}}$		3		ms	
<b>电池隔离FET</b>						
ISO_Sx与ISO_Bx之间的引脚到引脚电阻	$R_{\text{DSONISO}}$		30	49	m $\Omega$	电池补充节点上, $V_{\text{INx}} = 0\text{ V}$ , $V_{\text{ISO\_B}} = 4.2\text{ V}$ , $I_{\text{ISO\_B}} = 500\text{ mA}$
调节系统电压: $V_{\text{BAT}}$ 低电平	$V_{\text{ISO\_SFC}}$	3.6	3.8	4.0	V	VTRM[5:0]编程值 $\geq 4.00\text{ V}$
		3.3	3.5	3.7	V	VTRM[5:0]编程值 $< 4.00\text{ V}$
电池补充阈值	$V_{\text{THISO}}$	0	5	12	mV	$V_{\text{ISO\_S}} < V_{\text{ISO\_B}}$ , $V_{\text{SYS}}$ 上升

# ADP5061

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
LDO和高压阻隔 调节系统电压	V <sub>ISO_STRK</sub>	4.214	4.3	4.386	V	V <sub>SYSTEM</sub> [2:0] = 000(二进制) = 4.3 V, I <sub>ISO_S</sub> = 100 mA, LDO模式 <sup>2</sup>
负载调整率			-0.28		%/A	I <sub>ISO_S</sub> = 0 mA至1500 mA
高压阻隔FET (LDO FET) 导通电阻	R <sub>DS(ON)HV</sub>		330	485	mΩ	I <sub>VIN</sub> = 500 mA
最大输出电流			2.1		A	V <sub>ISO_S</sub> = 4.3 V, LDO模式
VINx输入电压, 良好阈值 上升	V <sub>VIN_OK_RISE</sub>	3.75	3.9	4.0	V	
VINx下降	V <sub>VIN_OK_FALL</sub>		3.6	3.7	V	
VINx输入过压阈值	V <sub>VIN_OV</sub>	6.7	6.9	7.2	V	
迟滞	ΔV <sub>VIN_OV</sub>		0.1		V	
VINx转换时序	T <sub>VIN_RISE</sub>	10			μs	VINx从5 V到20 V的最短上升时间
	T <sub>VIN_FALL</sub>	10			μs	VINx从4 V到0 V的最短下降时间
热控制						
等温充电温度	T <sub>LIM</sub>		115		°C	
热预警温度	T <sub>SDL</sub>		130		°C	
热关断温度	T <sub>SD</sub>		140		°C	T <sub>J</sub> 上升
			110		°C	T <sub>J</sub> 下降
热敏电阻控制						
热敏电阻电流						
10,000 NTC	I <sub>NTC_10k</sub>			400	μA	
100,000 NTC	I <sub>NTC_100k</sub>			40	μA	
热敏电阻电容	C <sub>NTC</sub>			100	pF	
冷温度阈值	T <sub>NTC_COLD</sub>		0		°C	未发生电池充电
电阻阈值						
凉至冷电阻	R <sub>COLD_FALL</sub>	20,500	25,600	30,720	Ω	
冷至凉电阻	R <sub>COLD_RISE</sub>		24,400		Ω	
热温度阈值	T <sub>NTC_HOT</sub>		60		°C	未发生电池充电
电阻阈值						
热至典型电阻	R <sub>HOT_FALL</sub>		3700		Ω	
典型至热电阻	R <sub>HOT_RISE</sub>	2750	3350	3950	Ω	
JEITA1锂离子电池充电规格默认值 <sup>3</sup>						
JEITA冷温度	T <sub>JEITA_COLD</sub>		0		°C	未发生电池充电
电阻阈值						
凉至冷电阻	R <sub>COLD_FALL</sub>	20,500	25,600	30,720	Ω	
冷至凉电阻	R <sub>COLD_RISE</sub>		24,400		Ω	
JEITA凉温度	T <sub>JEITA_COOL</sub>		10		°C	电池充电发生在编程值的50%
电阻阈值						
典型至凉电阻	R <sub>TYP_FALL</sub>	13,200	16,500	19,800	Ω	
凉至典型电阻	R <sub>TYP_RISE</sub>		15,900		Ω	
JEITA典型温度	T <sub>JEITA_TYP</sub>				°C	正常电池充电发生在默认值/编程值
电阻阈值						
暖至典型电阻	R <sub>WARM_FALL</sub>		5800		Ω	
典型至暖电阻	R <sub>WARM_RISE</sub>	4260	5200	6140	Ω	
JEITA暖温度	T <sub>JEITA_WARM</sub>		45		°C	电池终端电压(V <sub>TRM</sub> )降低100 mV
电阻阈值						
热至暖电阻	R <sub>HOT_FALL</sub>		3700		Ω	
暖至热电阻	R <sub>HOT_RISE</sub>	2750	3350	3950	Ω	
JEITA热温度	T <sub>JEITA_HOT</sub>		60		°C	未发生电池充电

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
JEITA2锂离子电池充电规格默认值 <sup>5</sup>						
JEITA冷温度	T <sub>JEITA_COLD</sub>		0		°C	未发生电池充电
电阻阈值						
凉至冷电阻	R <sub>COLD_FALL</sub>	20,500	25,600	30,720	Ω	
冷至凉电阻	R <sub>COLD_RISE</sub>		24,400		Ω	
JEITA凉温度	T <sub>JEITA_COOL</sub>		10		°C	电池终端电压(V <sub>TRM</sub> )降低100 mV
电阻阈值						
典型至凉电阻	R <sub>TYP_FALL</sub>	13,200	16,500	19,800	Ω	
凉至典型电阻	R <sub>TYP_RISE</sub>		15,900		Ω	
JEITA典型温度	T <sub>JEITA_TYP</sub>				°C	正常电池充电发生在默认值/编程值
电阻阈值						
暖至典型电阻	R <sub>WARM_FALL</sub>		5800		Ω	
典型至暖电阻	R <sub>WARM_RISE</sub>	4260	5200	6140	Ω	
JEITA暖温度	T <sub>JEITA_WARM</sub>		45		°C	电池终端电压(V <sub>TRM</sub> )降低100 mV
电阻阈值						
热至暖电阻	R <sub>HOT_FALL</sub>		3700		Ω	
暖至热电阻	R <sub>HOT_RISE</sub>	2750	3350	3950	Ω	
JEITA热温度	T <sub>JEITA_HOT</sub>		60		°C	未发生电池充电
电池检测						
电池检测						
吸电流	I <sub>SINK</sub>	13	20	34	mA	
源电流	I <sub>SOURCE</sub>	7	10	13	mA	
电池阈值						
低电平	V <sub>BATL</sub>	1.8	1.9	2.0	V	
高电平	V <sub>BATH</sub>		3.4		V	
电池检测定时器	t <sub>BATOK</sub>		333		ms	
定时器						
时钟振荡器频率	f <sub>CLK</sub>	2.7	3	3.3	MHz	
启动充电延迟	t <sub>START</sub>		1		sec	
涓流充电	t <sub>TRK</sub>		60		min	
快速充电	t <sub>CHG</sub>		600		min	
充电完成	t <sub>END</sub>		7.5		min	V <sub>BAT_SNS</sub> = V <sub>TRM</sub> , I <sub>CHG</sub> < I <sub>END</sub>
去毛刺	t <sub>DG</sub>		31		ms	施加于V <sub>TRK</sub> , V <sub>RCH</sub> , I <sub>END</sub> , V <sub>DEAD</sub> , V <sub>VIN_OK</sub>
看门狗 <sup>2</sup>	t <sub>WD</sub>		32		sec	
安全	t <sub>SAFE</sub>	36	40	44	min	
电池短路 <sup>2</sup>	t <sub>BAT_SHR</sub>		30		sec	
ILED输出引脚						
ILED上的压降	V <sub>ILED</sub>		200		mV	I <sub>ILED</sub> = 20 mA
ILED上的最大工作电压	V <sub>MAXILED</sub>			5.5	V	
SYS_EN输出引脚						
SYS_EN FET导通电阻	R <sub>ON_SYS_EN</sub>		10		Ω	I <sub>SYS_EN</sub> = 20 mA
逻辑输入引脚						
数字输入端最大电压	V <sub>DIN_MAX</sub>			5.5	V	施加于SCL, SDA, DIG_IO1, DIG_IO2, DIG_IO3
逻辑低电平最大输入电压	V <sub>IL</sub>			0.5	V	施加于SCL, SDA, DIG_IO1, DIG_IO2, DIG_IO3
逻辑高电平最小输入电压	V <sub>IH</sub>	1.2			V	施加于SCL, SDA, DIG_IO1, DIG_IO2, DIG_IO3
下拉电阻		215	350	610	kΩ	施加于DIG_IO1, DIG_IO2, DIG_IO3

<sup>1</sup> 欠压闭锁一般从ISO\_Sx或ISO\_Bx产生；在某些跃迁情况下，它可以来自VINx产生。

<sup>2</sup> 这些值通过I<sup>2</sup>C编程。给出的值为寄存器默认值。

<sup>3</sup> 充电期间的输出电流可以通过输入电流限值或等温充电模式进行限制。

<sup>4</sup> 在弱充电模式下，充电器通过涓流充电支线向电池提供至少20 mA的充电电流，除非禁用涓流充电。任何系统不需要的残余电流也被用于给电池充电。

<sup>5</sup> 在I<sup>2</sup>C模式下，可以选择JEITA1(默认)或JEITA2，或者同时使能/禁用JEITA功能。

# ADP5061

## 推荐输入和输出电容

表2.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
电容						
VINx	C <sub>VIN</sub>	4		10	μF	有效电容
CBP	C <sub>BP</sub>	6	10	14	nF	有效电容
ISO_Sx	C <sub>ISO_S</sub>	20	47	100	μF	有效电容
ISO_Bx	C <sub>ISO_B</sub>	10	22		μF	有效电容

## I<sup>2</sup>C兼容接口时序规格

表3.

参数 <sup>1</sup>	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
I <sup>2</sup> C兼容接口 <sup>2</sup>						
各条总线的容性负载	C <sub>S</sub>			400	pF	
SCL时钟频率	f <sub>SCL</sub>			400	kHz	
SCL高电平时间	t <sub>HIGH</sub>	0.6			μs	
SCL低电平时间	t <sub>LOW</sub>	1.3			μs	
数据建立时间	t <sub>SU, DAT</sub>	100			ns	
数据保持时间	t <sub>HD, DAT</sub>	0		0.9	μs	
重复起始建立时间	t <sub>SU, STA</sub>	0.6			μs	
起始/重复起始保持时间	t <sub>HD, STA</sub>	0.6			μs	
停止条件和起始条件之间的总线空闲时间	t <sub>BUF</sub>	1.3			μs	
停止条件的建立时间	t <sub>SU, STO</sub>	0.6			μs	
SCL和SDA的上升时间	t <sub>R</sub>	20		300	ns	
SCL和SDA的下降时间	t <sub>F</sub>	20		300	ns	
尖峰抑制脉冲宽度	t <sub>SP</sub>	0		50	ns	

<sup>1</sup> 通过设计保证。

<sup>2</sup> 为使SDA信号跨过SCL下降沿的未定义区域，主器件必须提供至少300 ns的保持时间(见图2)。

## 时序图

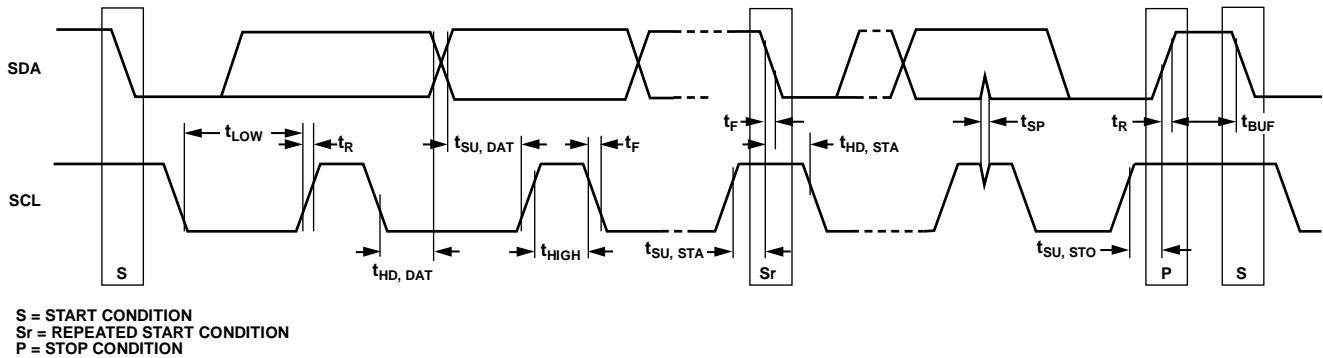


图2. I<sup>2</sup>C时序图

10944-002

## 绝对最大额定值

表4. 绝对最大额定值

参数	额定值
VIN1、VIN2、VIN3至AGND	-0.5 V至+20 V
所有其它引脚至AGND	-0.3 V至+6 V
连续漏极电流, 电池补充模式, 从ISO_Bx到ISO_Sx	2.1 A
存储温度范围	-65°C至+150°C
工作结温范围	-40°C至+125°C
焊接条件	JEDEC J-STD-020

注意, 超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值, 并不能以这些条件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, 推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

## 热阻

$\theta_{JA}$  针对最差条件, 即器件以表贴封装焊接在电路板上。

表5. 热阻

封装类型	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	$\theta_{JB}$	单位
20引脚 WLCSP <sup>1</sup>	46.8	0.7	9.2	°C/W

<sup>1</sup> 5 × 4阵列, 0.5 mm间距(2.6 mm × 2.0 mm); 基于JEDEC 2S2P 4层板, 0 m/sec气流。

## 最大功耗

ADP5061封装内的最大安全功耗受限于相应的芯片结温( $T_J$ )升高情况。芯片温度达到150°C(玻璃化转变温度)左右时, 塑料的特性会发生改变。即使只是暂时超过这一温度限值也有可能改变封装对芯片作用的应力, 从而永久性地转变ADP5061的参数性能。长时间超过175°C的结温会导致芯片器件出现变化, 因而可能造成故障。

## 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

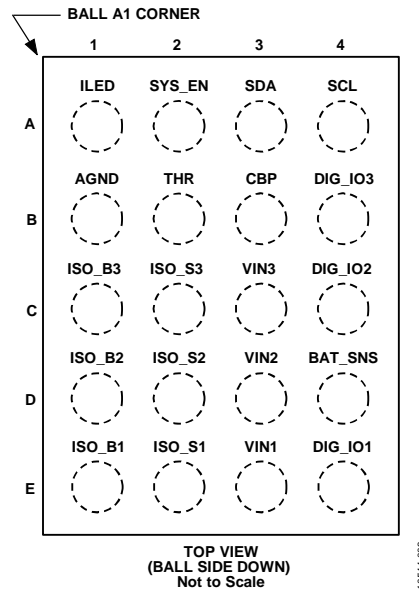


图3. 引脚配置

表6. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	类型 <sup>1</sup>	描述
E2, D2, C2	ISO_S1, ISO_S2, ISO_S3	I/O	内部隔离FET/电池电流调节FET的线性充电器电源侧输入。高电流输入/输出。
E3, D3, C3	VIN1, VIN2, VIN3	I/O	USB VBUS的电源连接。在充电模式下，这些引脚是高电流输入。
B1	AGND	G	模拟地。
E1, D1, C1	ISO_B1, ISO_B2, ISO_B3	I/O	内部隔离FET/电池电流调节FET的电池电源侧输入。
A4	SCL	I	I <sup>2</sup> C兼容接口串行时钟。
A3	SDA	I/O	I <sup>2</sup> C兼容接口串行数据。
E4	DIG_IO1	GPIO	设置输入电流限值。此引脚可直接设置输入电流限值。当DIG_IO1 = 低电平或高阻态时，输入限值为100 mA。当DIG_IO1 = 高电平时，输入限值为500 mA。 <sup>2,3</sup>
C4	DIG_IO2	GPIO	型号ADP5061ACBZ-2-R7和ADP5061ACBZ-4-R7：禁用IC1。此引脚可将充电器设为低电流模式。当DIG_IO2 = 低电平或高阻态时，充电器以正常模式工作。当DIG_IO2 = 高电平时，LDO和充电器禁用，VINx功耗为280 μA(典型值)。20 V VINx输入保护禁用，VINx电平必须等于或低于5.5 V。 <sup>2,3</sup> 型号ADP5061ACBZ-5-R7：使能充电。当DIG_IO3 = 低电平或高阻态时，充电禁用。当DIG_IO3 = 高电平时，充电使能。 <sup>2,3</sup>
B4	DIG_IO3	GPIO	型号ADP5061ACBZ-2-R7和ADP5061ACBZ-4-R7：使能充电。当DIG_IO3 = 低电平或高阻态时，充电禁用。当DIG_IO3 = 高电平时，充电使能。 <sup>2,3</sup> 型号ADP5061ACBZ-5-R7：中断输出。这是中断标志/开漏下拉FET引脚，当任何可通过I <sup>2</sup> C寄存器地址0x09使能的中断发生时发出指示。
B2	THR	I	电池组热敏电阻连接。如果不使用此引脚，应将一个10 kΩ伪电阻连接在THR与GND之间。
D4	BAT_SNS	I	电池电压检测引脚。
A1	ILED	O	指示器LED的开漏输出。
A2	SYS_EN	O	系统使能。这是电池良好标志/开漏下拉FET引脚，用以在电池电平达到V <sub>WEAK</sub> 电平时使能系统。
B3	CBP	I/O	旁路电容输入。

<sup>1</sup> I为输入，O为输出，I/O为输入/输出，G为地，GPIO为工程可编程的通用输入/输出。

<sup>2</sup> 详情参见数字输入和输出选项。

<sup>3</sup> DIG\_IOx设置定义ADP5061的初始状态。更改各DIG\_IOx引脚设置相关的参数或模式(通过设置I<sup>2</sup>C寄存器等效位)时，I<sup>2</sup>C寄存器设置优先于DIG\_IOx引脚设置。VINx连接或断开会复位DIG\_IOx引脚的控制。



## 典型性能参数

除非另有说明,  $V_{VIN} = 5.0\text{ V}$ ,  $C_{VIN} = 10\ \mu\text{F}$ ,  $C_{ISO\_S} = 44\ \mu\text{F}$ ,  $C_{ISO\_B} = 22\ \mu\text{F}$ ,  $C_{BP} = 10\ \text{nF}$ , 所有寄存器为默认值。

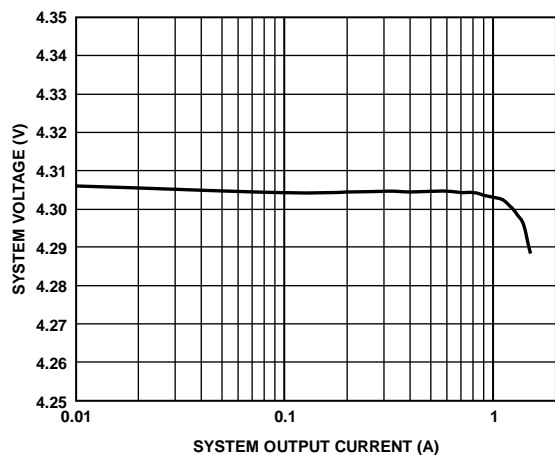


图4. 系统电压与系统输出电流的关系, LDO模式,  $V_{SYSTEM}[2:0] = 000$ (二进制)= 4.3 V

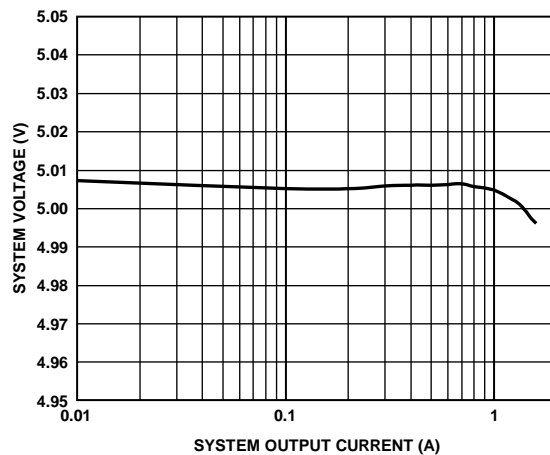


图7. 系统电压与系统输出电流的关系, LDO模式,  $V_{VIN} = 6.0\text{ V}$ ,  $V_{SYSTEM}[2:0] = 111$ (二进制)= 5.0 V

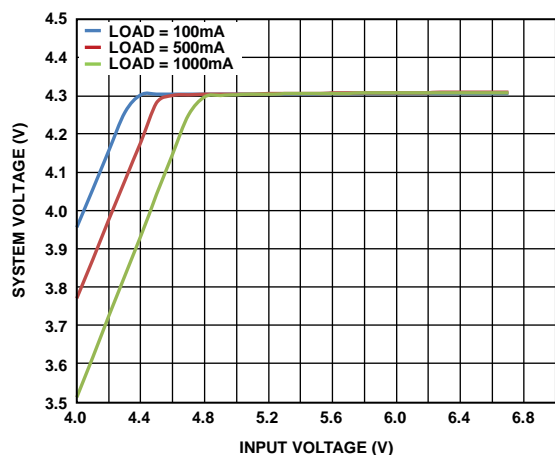


图5. 输出电压与输入电压的关系(压差), LDO模式,  $V_{SYSTEM}[2:0] = 000$ (二进制)= 4.3 V

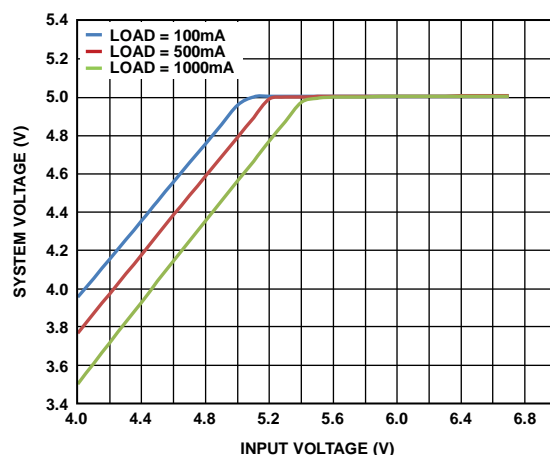


图8. 输出电压与输入电压的关系(压差), LDO模式,  $V_{SYSTEM}[2:0] = 111$ (二进制)= 5.0 V

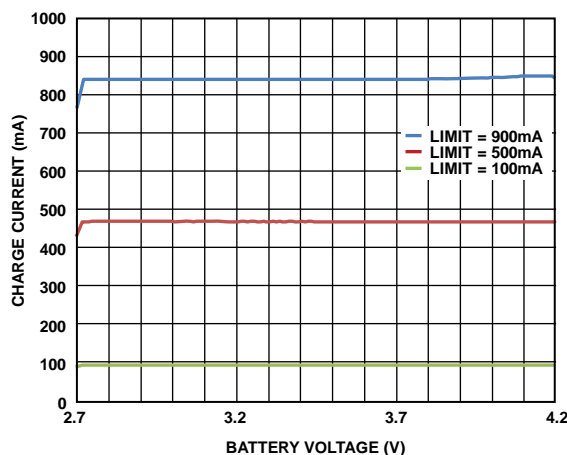


图6. 输入限流充电电流与电池电压的关系

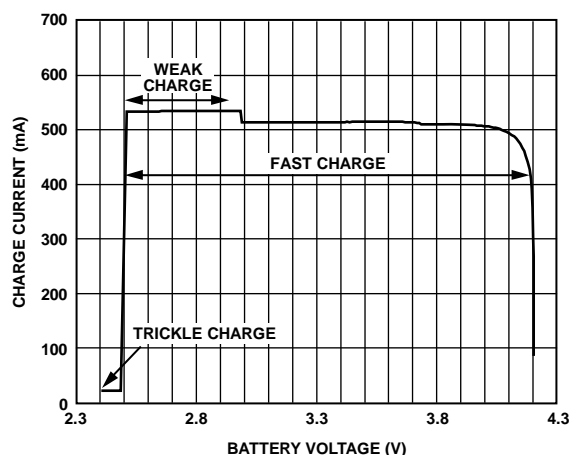


图9. 电池充电电流与电池电压的关系,  $ICHG[4:0] = 01001$  (二进制)= 500 mA,  $ILIM[3:0] = 1111$ (二进制)= 2100 mA

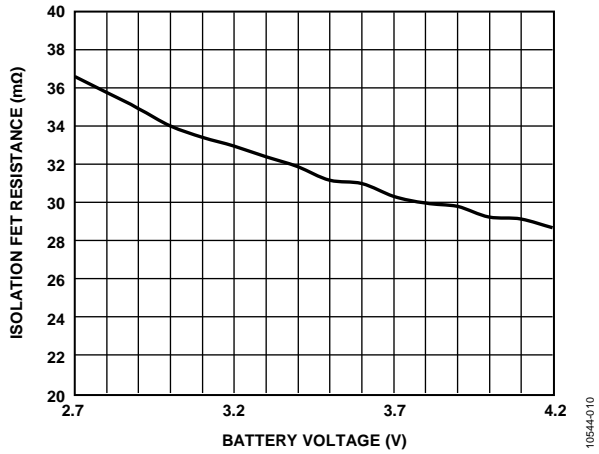


图10. 理想二极管 $R_{ON}$ 与电池电压的关系,  $I_{ISO,S} = 500\text{ mA}$ ,  $VINx$ 开路

10544-010

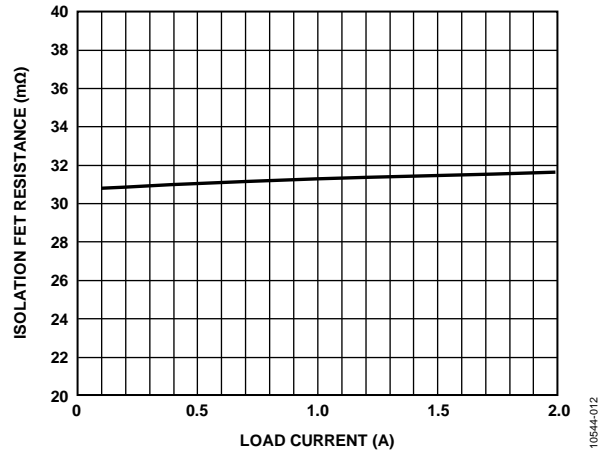


图12. 理想二极管 $R_{ON}$ 与负载电流的关系,  $V_{ISO,B} = 3.6\text{ V}$

10544-012

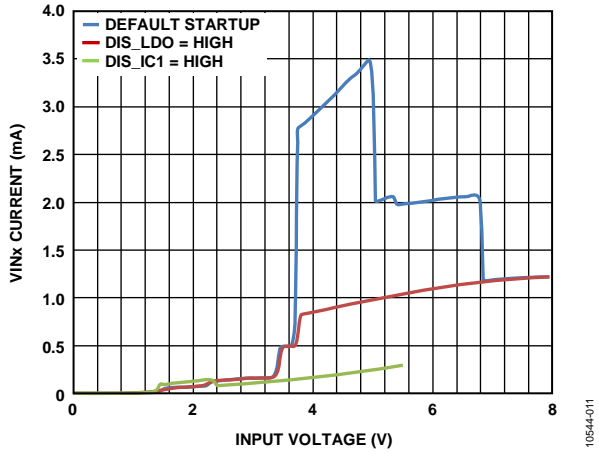


图11.  $VINx$ 电流与 $VINx$ 电压的关系

10544-011

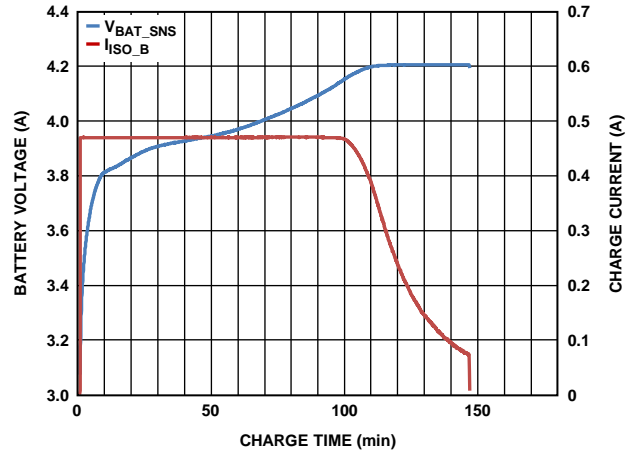


图13. 充电曲线,  $ILIM[3:0] = 0110$ (二进制) = 500 mA, 电池容量 = 925 mAh

10544-013

温度特性

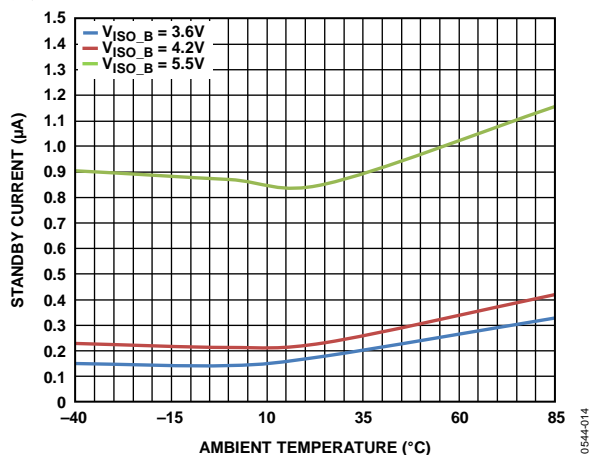


图14. 电池漏电流与环境温度的关系

10544-014

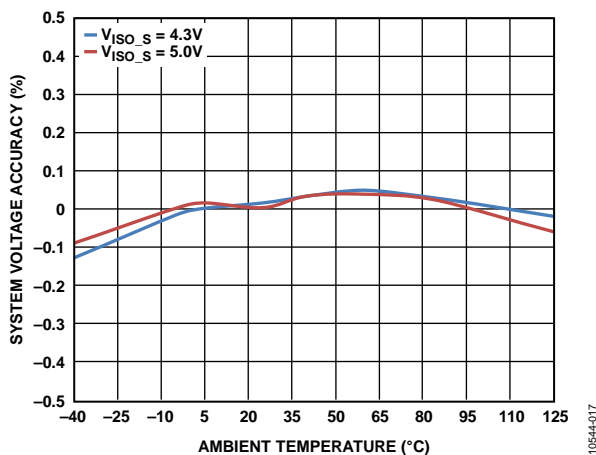


图17. 系统电压与温度的关系, 涓流充电模式, V<sub>ISO\_S</sub> = 4.3 V且V<sub>INx</sub> = 5.0 V, 或者V<sub>ISO\_S</sub> = 5.0 V且V<sub>INx</sub> = 6.0 V

10544-017

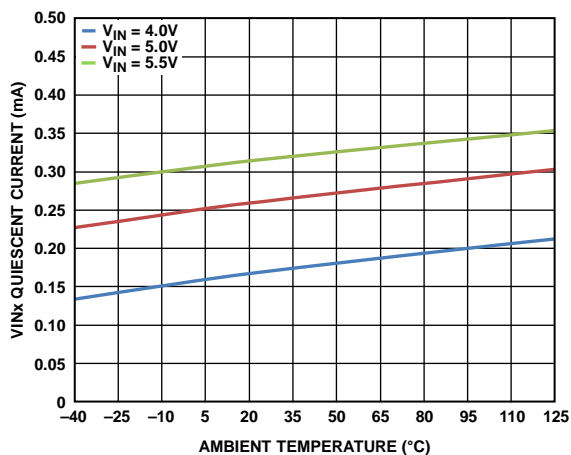


图15. VINx静态电流与环境温度的关系, DIS\_IC1 = 高电平

10544-015

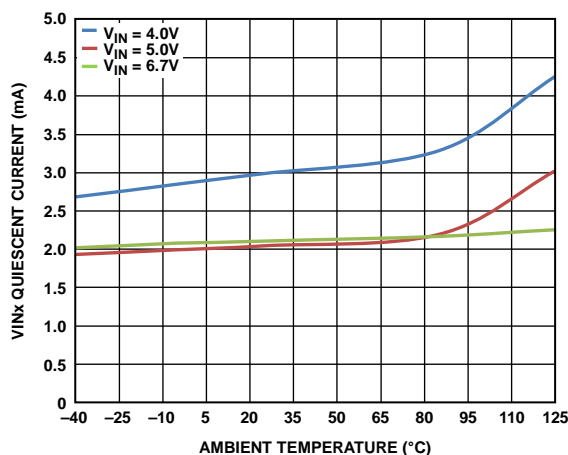


图18. VINx静态电流与环境温度的关系, LDO模式

10544-018

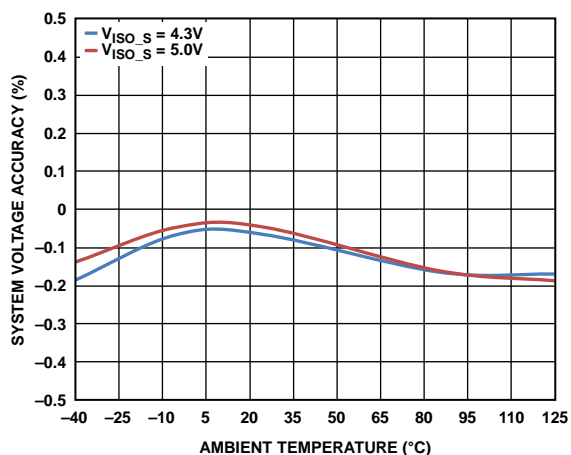


图16. LDO模式电压与环境温度的关系, 负载 = 100 mA, V<sub>VIN</sub> = 5.5 V

10544-016

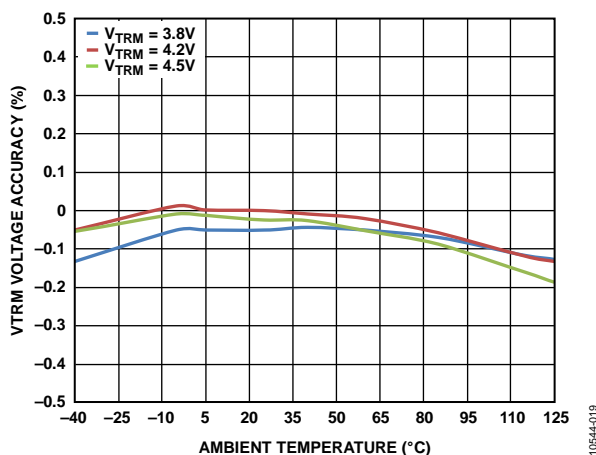


图19. 终端电压与环境温度的关系

10544-019

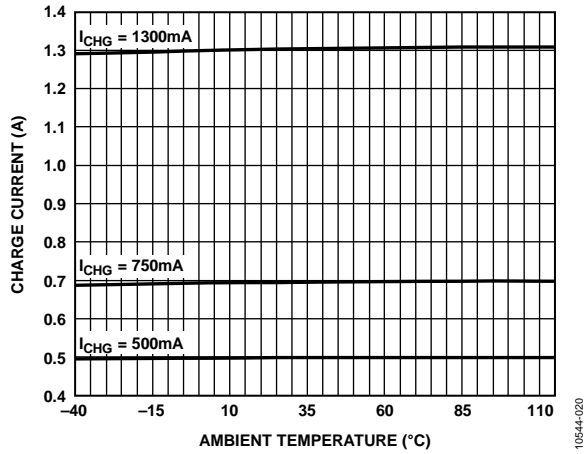


图20. 快速充电CC模式电流与环境温度的关系

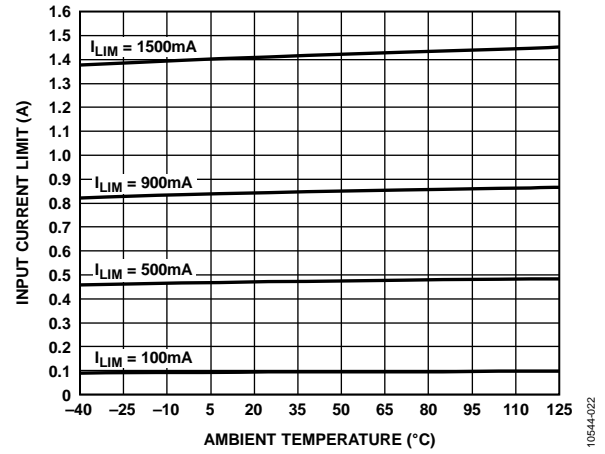


图22. 输入电流限值与环境温度的关系

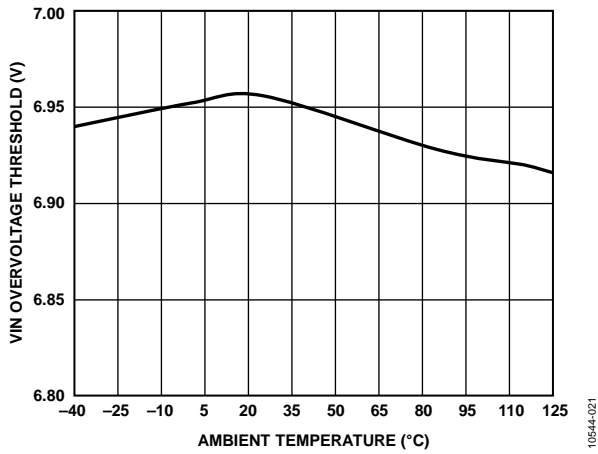


图21. VINx过压阈值与环境温度的关系

典型波形

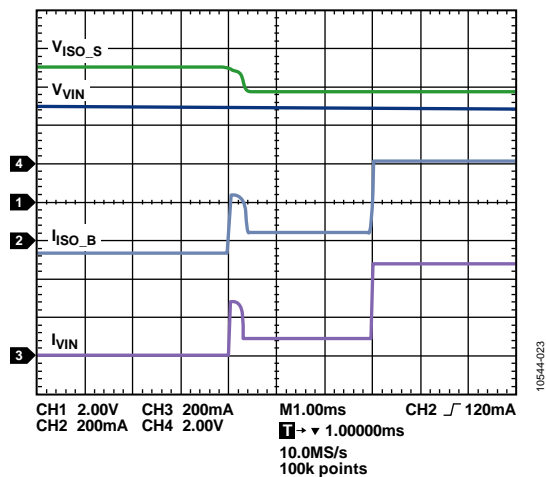


图23. 充电启动,  $V_{VIN} = 5.0V$ ,  $I_{LIM}[3:0] = 0110$ (二进制) = 500 mA,  $I_{CHG}[4:0] = 01110$ (二进制) = 750 mA

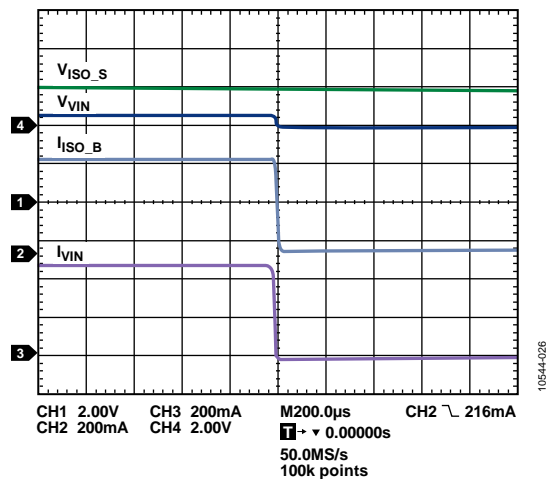


图26. VBUS断开

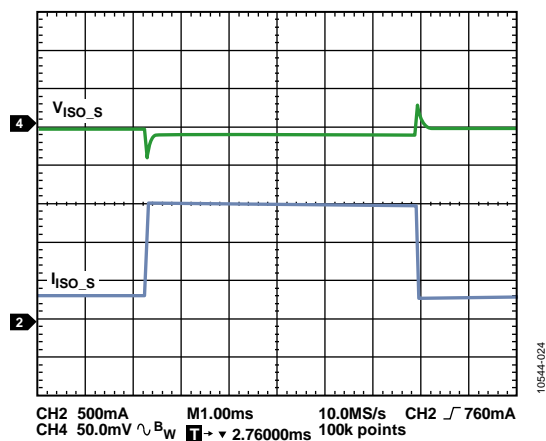


图24. 负载瞬态响应,  $I_{ISO_Sx}$  负载 = 300 mA 至 1500 mA 至 300 mA

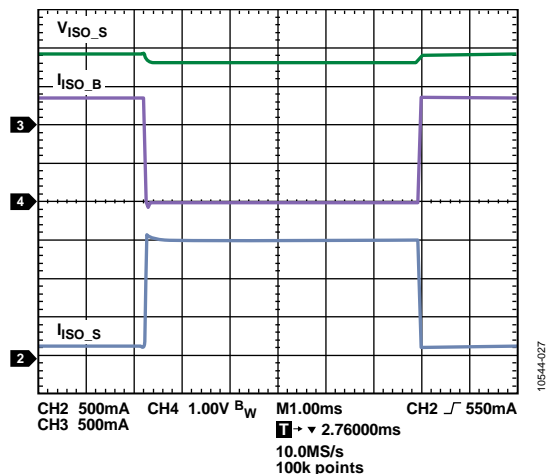


图27. 负载瞬态响应,  $I_{ISO_Sx}$  负载 = 300 mA 至 1500 mA 至 300 mA,  $EN\_CHG =$  高电平,  $I_{LIM}[3:0] = 0110$ (二进制) = 500 mA

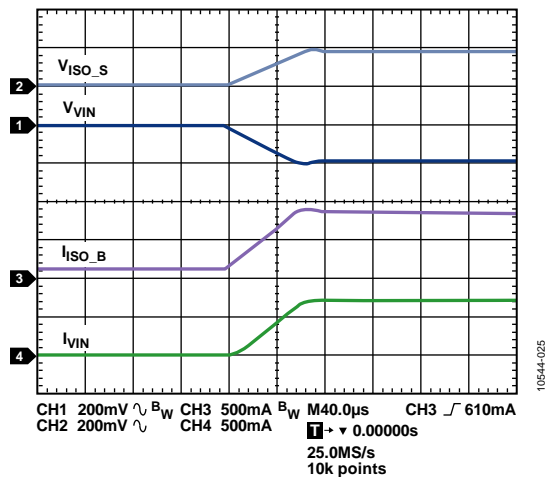


图25. 输入限流跃迁从 100 mA 到 900 mA,  $I_{ISO_Sx}$  负载 = 66 Ω, 充电 = 750 mA

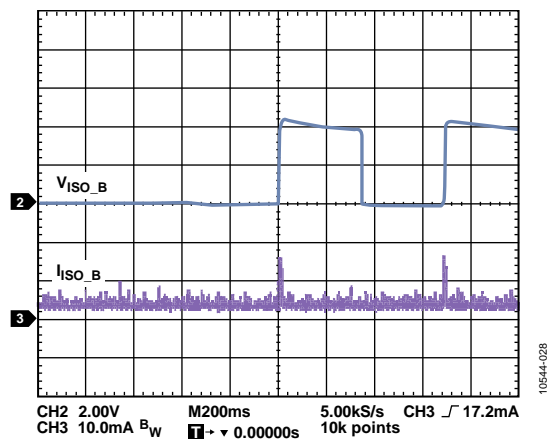


图28. 电池检测波形,  $VS_{SYSTEM}[2:0] = 000$ (二进制) = 4.3 V, 无电池

# ADP5061

## 工作原理

### 工作模式小结

表7. ADP5061工作模式小结

模式名称	VINx 条件	电池条件	涓流 充电	LDO FET 状态	电池隔离 FET	系统电压 ISO_Sx	附加条件 <sup>1</sup>
IC关闭, 待机	0V	任何电池条件	关	关	开/关	电池电压或0V	禁用IC1
IC关闭, 挂起	5V	任何电池条件	关	关	开	电池电压	禁用IC1
LDO模式关闭, 隔离FET导通	5V	任何电池条件	关	关	开	电池电压	禁用LDO、 使能隔离FET
LDO模式关闭, 隔离FET断开(系统关闭)	5V	任何电池条件	关	关	关	0V	使能电池充电
LDO模式, 充电器关闭	5V	任何电池条件	关	LDO	关	5.0V	使能电池充电
涓流充电模式	5V	电池 < V <sub>TRK_DEAD</sub>	开	LDO	关	5.0V	使能电池充电
弱充电模式	5V	V <sub>TRK_DEAD</sub> ≤ 电池 < V <sub>WEAK</sub>	开	CHG	CHG	3.8V	使能电池充电
快速充电模式	5V	电池 ≥ V <sub>WEAK</sub>	关	CHG	CHG	3.8V (最小值)	使能电池充电
充电模式, 无电池	5V	开路	关	LDO	关	5.0V	使能电池充电
充电模式, 电池(ISO_Bx)短路	5V	短路	开	LDO	关	5.0V	使能电池充电

<sup>1</sup> 详情参见表8。

表8. 工作模式控制

引脚配置	等效I <sup>2</sup> C地址、 数据	描述			
使能电池充电	0x07, D0	低电平 = 禁用所有充电模式(快速、弱、涓流)。 高电平 = 使能所有充电模式(快速、弱、涓流)。			
禁用IC1	0x07, D6	<b>禁用IC1</b>	<b>VINx<sup>1</sup> 电源连接</b>	<b>LDO_FET</b>	<b>ISO_FET</b>
		低电平	否	关	开
		高电平	是	CHG	CHG
禁用LDO、使能隔离FET	0x07, D3, D0	低电平 = LDO使能。 高电平 = LDO禁用。此外, 当EN_CHG = 低电平时, 电池隔离FET导通; 当EN_CHG = 高电平时, 电池隔离FET断开。			

<sup>1</sup> 当禁用IC1模式有效且VINx电源已连接时, 电源电压必须满足以下条件: V<sub>ISO\_Bx</sub> < V<sub>VINx</sub> < 5.5V。

<sup>2</sup> 当禁用IC1模式有效时, LDO FET的后门不受控制。如果VINx引脚未连接, 则VINx电压等于V<sub>ISO\_Bx</sub> - V<sub>f</sub> (V<sub>f</sub> = LDO FET体二极管的正向电压)。

## 简介

ADP5061是一款完全可编程的I<sup>2</sup>C充电器，用于给单单元锂离子或锂聚合物电池充电，适合广泛的便携式应用。

该线性充电器架构采用系统电源时，可提供最高2.1 A输出电流和4.3 V至5.0 V(I<sup>2</sup>C可编程)输出电压；采用专用充电器时，可向电池提供最高1.3 A充电电流。

ADP5061输入电压范围为4 V至6.7 V，最高可耐受20 V电压。此耐受度缓解了断开或连接时的USB总线尖峰问题。

ADP5061在线性充电器输出和电池间集成了内部FET。这一特性可提供电池隔离，使系统可在电池无电或无电池情况下供电，从而直接通过USB电源执行系统功能。

ADP5061完全兼容USB 3.0以及USB电池充电规范1.2。ADP5061可通过壁式充电器、汽车充电器或USB主机端口的mini USB VBUS引脚充电。根据外部USB检测器件检测到的USB电源类型，ADP5061可设置为应用正确的电流限值，实现

最佳充电和USB合规性。USB充电器可在所有USB兼容电源下正常工作，例如壁式充电器、主机充电器、集线器充电器、标准主机和集线器。

处理器可以控制该USB充电器，利用I<sup>2</sup>C接口设置充电电流和多种其它参数，包括：

- 涓流充电电流水平
- 涓流充电电压阈值
- 弱充电(恒流)电流水平
- 快速充电(恒流)电流水平
- 快速充电(恒压)电压水平(1%精度)
- 快速充电安全定时器周期
- 看门狗安全定时器参数
- 弱电池阈值检测
- 充电完成阈值
- 再充电阈值
- 充电使能/禁用
- 电池组温度检测和充电器自动关断

# ADP5061

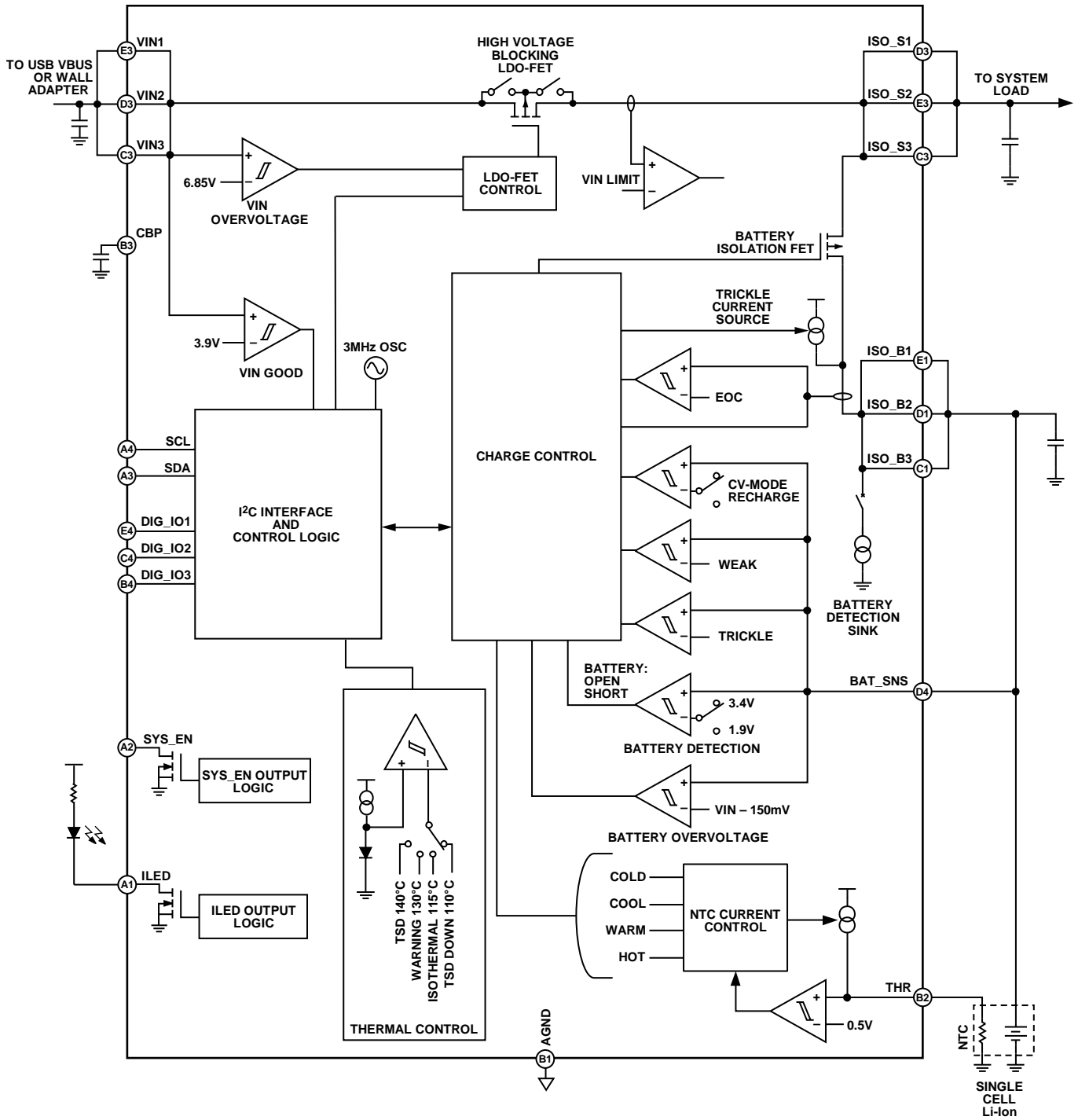


图29. 功能框图

10844-029



ADP5061具有多项用来优化充电和功能的重要特性，包括：

- 通过热调节实现最高性能
- USB主机限流精度：±5%。
- 终端电压精度：±1%。
- 电池热敏电阻输入；当电池温度超过限值时，充电器自动关断(符合JEITA锂离子电池充电温度规范)。
- 三个外部引脚(DIG\_IO1、DIG\_IO2和DIG\_IO3)直接控制多种参数。这些引脚支持工厂编程以提供最大的灵活性。它们可以在工厂设置以下等功能：
- 使能/禁用充电
- 100 mA或500 mA输入电流限值控制
- 1500 mA输入电流限值控制
- 电池充电电流控制
- 中断输出引脚

详情参见“数字输入和输出选项”部分。

## 充电器模式

### 输入电流限值

VINx输入电流限值通过内部I<sup>2</sup>C ILIM位控制。输入电流限值也可以通过DIG\_IO1引脚控制(如果工厂设置如此)，如表9所示。I<sup>2</sup>C默认值(100 mA)的任何改变都优先于引脚设置。

**表9. DIG\_IO1操作**

DIG_IO1	功能
0	100 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值
1	500 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值 (或重新编程的非100 mA的I <sup>2</sup> C值)

### USB兼容性

ADP5061具有一个I<sup>2</sup>C可编程输入电流限值，用以确保符合表10所列要求。限流默认值为100 mA，以便兼容未配置的USB主机或集线器。

I<sup>2</sup>C寄存器默认值为100 mA。对ILIM位执行I<sup>2</sup>C写命令会覆盖DIG\_IOx引脚，I<sup>2</sup>C寄存器默认值可根据其它要求重新编程。

使用输入限流特性时，可用输入电流可能太低而不能满足所设置的充电电流要求(I<sub>CHG</sub>)，导致充电速率降低且VIN\_ILIM标志置1。

将电压连接到VINx而电池侧没有适当的电平时，高压阻隔机制将处于如下状态：仅吸取不到1 mA的电流，直至VIN达到VIN\_OK电平。

ADP5061充电器通过单一连接器VINx引脚支持下列连接(见表10)。

**表10. 输入电流与标准USB限值的兼容性**

模式	标准USB限值	ADP5061 功能
USB (仅限中国)	100 mA限值：标准USB主机或集线器 300 mA限值：中国USB规范	100 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值 300 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值
USB 2.0	100 mA限值：标准USB主机或集线器 500 mA限值：标准USB主机或集线器	100 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值 500 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值
USB 3.0	150 mA限值：超高速USB 3.0主机或集线器 900 mA限值：超高速、高速USB主机或集线器充电器	150 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值 900 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值
专用充电器	1500 mA限值：专用充电器或低速/全速USB主机或集线器充电器	1500 mA输入电流限值或I <sup>2</sup> C编程值

## 涓流充电模式

深度放电的锂离子电池电压可能非常低，以高电流速率对其充电是不安全的。ADP5061充电器利用涓流充电模式复位电池组保护电路，将电池电压提升到支持快速充电的安全水平。电压低于 $V_{TRK\_DEAD}$ 的单元利用涓流模式电流 $I_{TRK\_DEAD}$ 充电。在涓流充电模式下，CHARGER\_STATUS位设置。

涓流充电期间，ISO\_Sx节点通过LDO调节到 $V_{ISO\_STRK}$ ，电池隔离FET断开，电池与系统电源隔离。

## 涓流充电模式定时器

涓流充电模式的持续时间会受到监控，确保电池从深度放电状态恢复。如果涓流充电模式持续时间超过60分钟，而电池电压仍未达到 $V_{TRK\_DEAD}$ ，则认为存在故障，充电停止。CHARGER\_STATUS位会设置故障状况，用户可以启动“故障恢复”部分说明的故障恢复程序。

## 弱充电模式(恒流)

当电池电压超过 $V_{TRK\_DEAD}$ 但低于 $V_{WEAK}$ 时，充电器切换到中间充电模式。

在弱充电模式下，电池电压非常低，无法使整个系统上电。由于电池电量低，USB收发器无法上电，因而不能枚举以从USB主机获得更多电流。所以，USB限值仍然是100 mA。

系统微控制器可以通过充电器输出电压( $V_{ISO\_SFC}$ )供电，也可以不通过它供电，具体取决于微控制器和/或系统架构需要的电流量。当ISO\_Sx引脚为微控制器供电时，电池充电电流( $I_{CHG\_WEAK}$ )不能提高到20 mA以上以确保微控制器工作(如果这样做)， $I_{CHG\_WEAK}$ 也不能提高到100 mA USB限值以上。因此，电池充电电流应按照如下规则设置：

- 通过线性涓流充电器支线设置默认值20 mA(以确保微处理器仍然活动，如果微处理器由主充电器输出ISO\_Sx供电)。主充电器输出ISO\_Sx的任何残余电流都用于给电池充电。
- 在弱电流模式下，其它特性可能会阻止弱充电电流达到所编程的全值。某些工作条件下，等温充电模式或USB兼容性要求的输入电流限值可能会影响所编程的弱充电电流值。弱充电期间，ISO\_Sx节点由电池隔离FET调节为 $V_{ISO\_SFC}$ 。

## 快速充电模式(恒流)

当电池电压超过 $V_{TRK\_DEAD}$ 和 $V_{WEAK}$ 时，充电器切换到快速充电模式，利用恒定电流 $I_{CHG}$ 给电池充电。在快速充电模式(恒流)下，CHARGER\_STATUS位设为010。

在恒流模式下，其它特性可能会阻止电流 $I_{CHG}$ 达到所编程的全值。某些工作条件下，等温充电模式或USB兼容性要求的输入电流限值可能会影响 $I_{CHG}$ 的值。当 $V_{ISO\_B} < V_{ISO\_SFC}$ 时，电池隔离FET调节ISO\_Sx电压，使其保持 $V_{ISO\_SFC}$ 。

## 快速充电模式(恒压)

随着电池充电，电压逐渐上升并接近终端电压 $V_{TRM}$ 。ADP5061充电器监控BAT\_SNS引脚电压，决定何时应结束充电。然而，电池组的内部ESR，以及印刷电路板(PCB)和其它寄生串联电阻，会在BAT\_SNS引脚的检测点与电池终端之间产生一个压降。为补偿此压降并确保电池充电完全，当在BAT\_SNS引脚上检测到终端电压时，ADP5061进入恒压充电模式。电池继续充电，ADP5061逐渐降低充电电流，使BAT\_SNS引脚保持 $V_{TRM}$ 的电压。在快速充电模式(恒压)下，CHARGER\_STATUS寄存器设置。

## 快速充电模式定时器

快速充电模式的持续时间会受到监控，确保电池正确充电。如果快速充电模式持续时间超过 $t_{CHG}$ ，而BAT\_SNS引脚电压仍未达到 $V_{TRM}$ ，则认为存在故障，充电停止。CHARGER\_STATUS位会设置故障状况，用户可以启动“故障恢复”部分说明的故障恢复程序。

如果快速充电模式持续时间超过 $t_{CHG}$ ，并且BAT\_SNS引脚电压已达到 $V_{TRM}$ ，但充电电流尚未降到 $I_{END}$ 以下，充电也会停止。这种情况下不会设置故障状况，如果再充电阈值被突破，充电会正常恢复。

## 看门狗定时器

ADP5061充电器具有可编程看门狗定时器功能，确保充电在控制器的控制之下进行。当ADP5061充电器判断处理器应当工作时，也就是当处理器首次将RESET\_WD位设为1或电池电压大于弱电池阈值 $V_{WEAK}$ 时，看门狗定时器开始运行。看门狗定时器触发后，它必须在看门狗定时器周期 $t_{WD}$ 内定期复位。

在充电器模式下，如果看门狗定时器超期未复位，ADP5061充电器将认为存在软件问题，并触发安全定时器 $t_{SAFE}$ 。更多信息参见“安全定时器”部分。

## 安全定时器

在充电器模式下，如果看门狗定时器超期，ADP5061充电器会启动安全定时器 $t_{SAFE}$ （参见“看门狗定时器”部分）。在充电器启动安全定时器之前，如果处理器已经设置充电参数，则 $I_{LIM}$ 被设为默认值。充电继续一定的时间 $t_{SAFE}$ ，然后充电器关闭并设置CHARGER\_STATUS位。

## 充电完成

在恒压快速充电模式下，ADP5061充电器会监控充电电流。如果该电流降至 $I_{END}$ 以下并持续 $t_{END}$ 时间，充电将停止，CHDONE标志置1。如果充电电流降至 $I_{END}$ 以下的持续时间少于 $t_{END}$ ，然后再次升至 $I_{END}$ 以上，则 $t_{END}$ 定时器复位。

## 再充电

检测到充电完成且充电停止后，电池随着正常使用而放电，ADP5061充电器会监控BAT\_SNS引脚。如果BAT\_SNS引脚电压降至 $V_{RCH}$ ，充电器将再次开始充电。多数情况下，触发再充电阈值会导致充电器直接进入快速充电恒压模式。

再充电功能可通过I<sup>2</sup>C禁用，但一个状态位（寄存器0x0C的位D3）会告知系统需要一个再充电周期。

## IC使能/禁用

ADP5061 IC可通过DIG\_IO2数字输入引脚（如果工厂编程如此）或I<sup>2</sup>C寄存器禁用。IC禁用时，所有内部控制电路均禁用。禁用IC1选项还可以控制LDO FET和电池隔离FET的状态。

必须注意，在禁用IC1模式下，VINx上的高压会通过内部电源电压，因为所有内部控制电路都已禁用。VINx电源电压必须满足以下条件：

$$V_{ISO\_B} < VINx < 5.5 V$$

## 电池充电使能/禁用

将I<sup>2</sup>C EN\_CHG位设为低电平，可以禁用ADP5061充电功能。这种情况下，系统的LDO仍然工作，并且可以在I<sup>2</sup>C中设置为默认值或I<sup>2</sup>C编程的系统电压（4.3 V至5.0 V，详情参见相关I<sup>2</sup>C寄存器描述）。

ADP5061充电功能也可以通过一个外部DIG\_IOx引脚控制（如果工厂编程如此）。I<sup>2</sup>C EN\_CHG的任何改变都优先于引脚设置。

## 防止充电的电池电压限值

ADP5061充电器的电池监控器可用于监控电池电压，并且在充电启动期间（通过EN\_CHG或DIG\_IO3使能），当电池电压高于 $V_{CHG\_VLIM}$ （典型值3.7 V）时，防止充电。此功能可防止半放电电池不必要地充电，从而延长锂离子电池的寿命。当电池电压降至 $V_{CHG\_VLIM}$ 以下时，充电自动开始，并继续走完整个充电周期，直至电池电压达到 $V_{TRM}$ （典型值4.2 V）。

默认情况下，充电电压限值禁用，可以通过I<sup>2</sup>C寄存器0x08的位EN\_CHG\_VLIM使能。

## SYS\_EN输出

ADP5061通过SYS\_EN开漏FET使能系统，直到电池处于保证系统启动所需的最低电平为止。如果有最低电池电压和/或最低电池充电电平要求，SYS\_EN的操作可以通过I<sup>2</sup>C编程设置。SYS\_EN操作可以通过工厂设置为表11所示的四种不同工作条件。

表11. SYS\_EN模式描述

SYS_EN 模式选择	描述
00	当LDO使能且系统电压可用时，SYS_EN激活。
01	SYS_EN由ISO_Bx电压激活，电池充电模式。
10	当电池降至 $V_{WEAK}$ 以下时，SYS_EN激活且隔离FET禁用。当VINx = 0 V且电池监控器通过寄存器0x07的位D5 (EN_BMON)激活时，此选项有效。
11	在LDO模式下，充电器禁用时，SYS_EN激活。在充电模式下，当ISO_Bx ≥ $V_{WEAK}$ 时，SYS_EN激活。

## 指示器LED输出 (ILED)

ILED是指示器LED连接的开漏输出。或者，ILED输出也可以用作微控制器的状态输出。指示器LED模式如表12所示。

表12. 指示器LED工作模式

ADP5061模式	ILED模式	开/关时间
IC关闭	关	
LDO模式关闭	关	
LDO模式开启	关	
充电模式	连续开启	
定时器错误( $t_{TRK}$ 、 $t_{CHG}$ 、 $t_{SAFE}$ )	闪烁	167 ms/833 ms
过温( $T_{SD}$ )	闪烁	1 sec/1 sec

## 热管理

### 等温充电

ADP5061内置一个热反馈环路，当芯片温度超过 $T_{LIM}$ （典型值115°C）时，它会限制充电电流。当片内功耗和芯片温度提高时，充电电流自动降低，以将芯片温度保持在推荐范围以内。当芯片温度因为片内功耗或环境温度降低而降低时，充电电流回到编程水平。等温充电期间，THERM\_LIM I<sup>2</sup>C标志设为高电平。

此热反馈控制环路允许用户根据典型情况（而非最差情况）设置充电电流。

ADP5061不含用来限制LDO模式下ISO\_Sx负载电流的热反馈环路。如果LDO模式下的片内功耗导致芯片温度超过130°C，就会产生一个中断。如果芯片温度继续提高到140°C以上，器件即进入热关断状态。

### 热关断和热预警

ADP5061充电器具有一个热关断阈值检测器。如果芯片温度超过 $T_{SD}$ ，ADP5061充电器就会禁用，TSD 140°C位设为1。当芯片温度降至 $T_{SD}$ 下降限值以下时，ADP5061充电器可以重新使能，TSD 140°C位复位。要复位TSD 140°C位，应写入I<sup>2</sup>C故障寄存器0x0D或进行周期供电。

芯片温度达到 $T_{SD}$ 之前，如果超过 $T_{SDL}$ ，预警位就会置1。这样，系统可以在热关断发生前调整功耗。

### 故障恢复

执行以下操作之前，必须确保故障的原因已被消除。

要使充电器从故障(CHARGER\_STATUS = 110)中恢复，应对VINx周期供电，或者写入高电平以复位故障寄存器中的I<sup>2</sup>C故障位。

## 电池隔离FET

ADP5061充电器集成了一个电池隔离FET，用于电源路径控制。在涓流和快速充电模式下，电池隔离FET会将深度放电的锂离子电池与系统电源隔离，以便系统在所有时候都能上电。

当VINx低于 $V_{VIN\_OK}$ 时，电池隔离FET处于完全导通模式。

在涓流充电模式下，电池隔离FET断开。当电池电压超过 $V_{TRK}$ 时，电池隔离FET切换到系统电压调节模式。在系统电压调节模式下，电池隔离FET维持ISO\_Sx引脚上的 $V_{ISO\_SFC}$ 电压。当电池电压超过 $V_{ISO\_SFC}$ 时，电池隔离FET处于完全导通模式。

电池隔离FET辅助电池来支持系统电源的高电流功能。当ISO\_Sx上的电压降至ISO\_Bx以下时，电池隔离FET进入完全导通模式。当ISO\_Sx上的电压升至ISO\_Bx以上时，隔离FET进入调节模式或完全导通模式，具体取决于锂离子电池电压和线性充电器模式。

## 电池检测

### 电池电压电平检测

ADP5061充电器具有电池检测机制，可以检测电池是否存在。充电器主动吸入和流出电流到ISO\_Bx/BAT\_SNS节点，并检测电压与时间的关系。吸电流阶段用于检测充电电池，源电流阶段用于检测放电电池。

吸电流阶段（见图30）从ISO\_Bx/BAT\_SNS引脚吸入 $I_{SINK}$ 电流，持续时间为 $t_{BATOK}$ 。当 $t_{BATOK}$ 定时器到期时，如果BAT\_SNS引脚低于 $V_{BATL}$ ，则充电器认为电池不存在，并开始源电流阶段。当 $t_{BATOK}$ 定时器到期时，如果BAT\_SNS超过 $V_{BATL}$ 电压，则充电器认为电池存在，并开始新的充电周期。

源电流阶段将 $I_{SOURCE}$ 电流提供给ISO\_Bx和BAT\_SNS引脚，持续时间为 $t_{BATOK}$ 。在 $t_{BATOK}$ 定时器到期前，如果BAT\_SNS引脚超过 $V_{BATH}$ ，则充电器认为电池不存在。当 $t_{BATOK}$ 定时器到期时，如果BAT\_SNS未超过 $V_{BATH}$ 电压，则充电器认为电池存在，并开始新的充电周期。

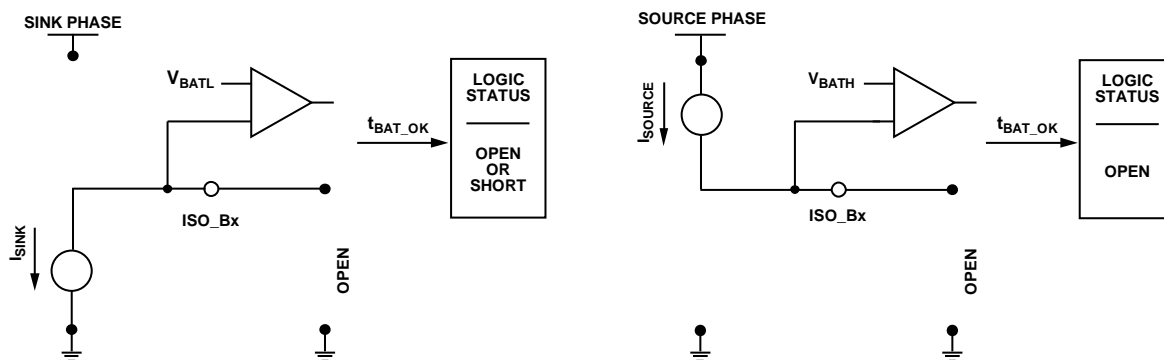


图30. 吸电流阶段

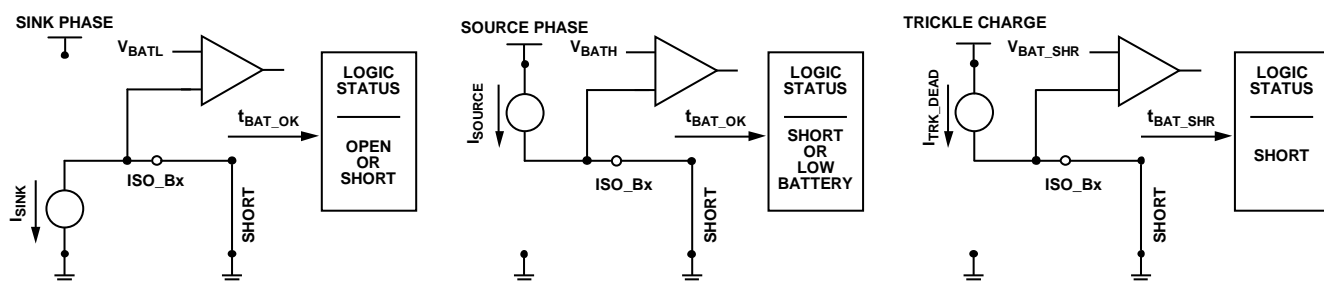


图31. 涓流充电

### 电池(ISO\_Bx)短路检测

电池短路发生在电池受损或电池保护电路使能时。

开始涓流充电时，ADP5061充电器监控电池电压。在规定的超时期 $t_{BAT\_SHR}$ 内，如果此电池电压未超过 $V_{BAT\_SHR}$ ，则说明发生故障，电池隔离FET断开，充电器停止，但系统电压仍由线性调节器维持在 $V_{ISO\_STRK}$ 。

经过源电流阶段之后，如果ISO\_Bx或BAT\_SNS电平仍然低于 $V_{BATH}$ ，则说明电池电压很低或电池节点可能短路。由于电池电压很低，因此启动涓流充电模式(见图31)。经过 $t_{BAT\_SHR}$ 时间后，如果BAT\_SNS电平仍然低于 $V_{BAT\_SHR}$ ，则ADP5061认为电池节点短路。

在电池短路情况下，涓流充电支线有效，涓流充电电流会被提供给电池，直到60分钟后涓流充电模式定时器到期为止。

### 电池组温度检测

#### 电池热敏电阻输入

ADP5061充电器具有电池组温度检测功能，当电池组温度超过额定范围时，它会阻止充电。THR引脚提供一个开关电流源，应将其直接连接到电池组热敏电阻端子。THR电流源的激活间隔时间为167 ms。

使用表13所示的条件，电池组温度检测可以通过I<sup>2</sup>C控制。注意，EN\_THR(寄存器0x07)的I<sup>2</sup>C寄存器默认设置为0，即温度检测关闭。

表13. THR输入功能

条件		THR功能
VINx	V <sub>ISO_B</sub>	
开路或V <sub>in</sub> =0V至4.0V	<2.5V	关闭
开路或V <sub>in</sub> =0V至4.0V	>2.5V	关闭，由I <sup>2</sup> C控制
4.0V至6.7V	无关	始终开启

如果电池组热敏电阻未直接连接到THR引脚，则必须在THR输入与GND之间连接一个10 kΩ(容差±20%)的电阻。THR引脚保持开路会导致误检测电池温度低于0°C，并且禁用充电。

ADP5061充电器监控THR引脚的电压，如果电流超出0°C以下或60°C以上的范围，则暂停充电。

ADP5061充电器配合电池组中标称室温值为10 kΩ或100 kΩ(25°C时)的NTC热敏电阻使用，该值由工厂编程选择。

ADP5061充电器配合电池组中具有温度系数曲线(β)的NTC热敏电阻使用。工厂编程支持8种β曲线，涵盖3150至4400的范围(见表44)。

# ADP5061

## JEITA锂离子电池充电规格

ADP5061符合表14和表16所列的JEITA1和JEITA2锂离子电池充电温度规格。

JEITA功能可通过I<sup>2</sup>C接口使能，JEITA1或JEITA2功能可在

I<sup>2</sup>C中选择。或者，JEITA1或JEITA2也可以由工厂编程设置为默认使能。

当ADP5061发现热或冷电池状况时，它会采取如下措施：

- 停止给电池充电。
- 连接或使能电池隔离FET，使得ADP5061继续在LDO模式下工作。

**表14. JEITA1规格**

参数	符号	条件	最小值	最大值	单位
JEITA1冷温度限值	I <sub>JEITA_COLD</sub>	未发生电池充电		0	°C
JEITA1凉温度限值	I <sub>JEITA_COOL</sub>	电池充电发生在编程值的大约50%；具体充电电流降幅参见表15	0	10	°C
JEITA1典型温度限值	I <sub>JEITA_TYP</sub>	正常电池充电发生在默认值/编程值	10	45	°C
JEITA1暖温度限值	I <sub>JEITA_WARM</sub>	电池终端电压(V <sub>TRM</sub> )降低到编程值以下100 mV	45	60	°C
JEITA1热温度限值	I <sub>JEITA_HOT</sub>	未发生电池充电	60		°C

**表15. JEITA1降低充电电流电平，电池冷温度**

ICHG[4:0] (默认值)	ICHG JEITA1	ICHG[4:0] (默认值)	ICHG JEITA1
00000 = 50 mA	50 mA	01100 = 650 mA	300 mA
00001 = 100 mA	50 mA	01101 = 700 mA	350 mA
00010 = 150 mA	50 mA	01110 = 750 mA	350 mA
00011 = 200 mA	100 mA	01111 = 800 mA	400 mA
00100 = 250 mA	100 mA	10000 = 850 mA	400 mA
00101 = 300 mA	150 mA	10001 = 900 mA	450 mA
00110 = 350 mA	150 mA	10010 = 950 mA	450 mA
00111 = 400 mA	200 mA	10011 = 1000 mA	500 mA
01000 = 450 mA	200 mA	10100 = 1050 mA	500 mA
01001 = 500 mA	250 mA	10101 = 1100 mA	550 mA
01010 = 550 mA	250 mA	10110 = 1200 mA	600 mA
01011 = 600 mA	300 mA	10111 = 1300 mA	650 mA

**表16. JEITA2规格**

参数	符号	条件	最小值	最大值	单位
JEITA2冷温度限值	I <sub>JEITA_COLD</sub>	未发生电池充电		0	°C
JEITA2凉温度限值	I <sub>JEITA_COOL</sub>	电池终端电压(V <sub>TRM</sub> )降低到编程值以下100 mV	0	10	°C
JEITA2典型温度限值	I <sub>JEITA_TYP</sub>	正常电池充电发生在默认值/编程值	10	45	°C
JEITA2暖温度限值	I <sub>JEITA_WARM</sub>	电池终端电压(V <sub>TRM</sub> )降低到编程值以下100 mV	45	60	°C
JEITA2热温度限值	I <sub>JEITA_HOT</sub>	未发生电池充电	60		°C

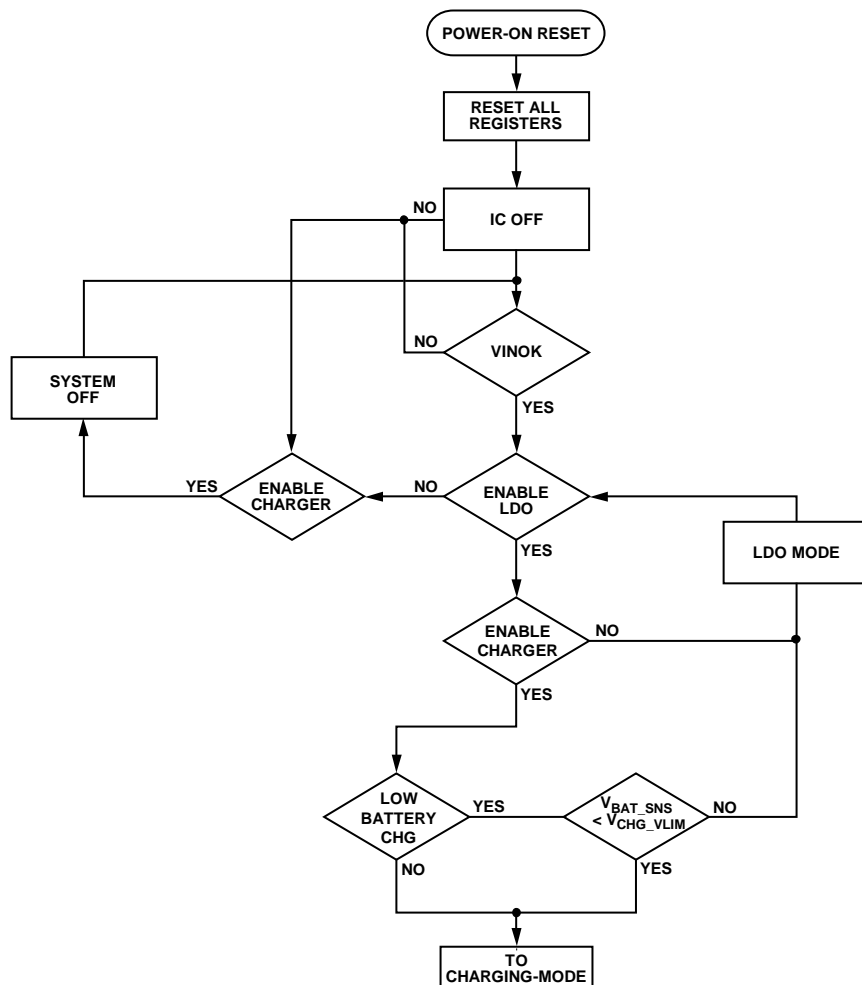


图32. 电池和VIN连接简化流程图

10544-032

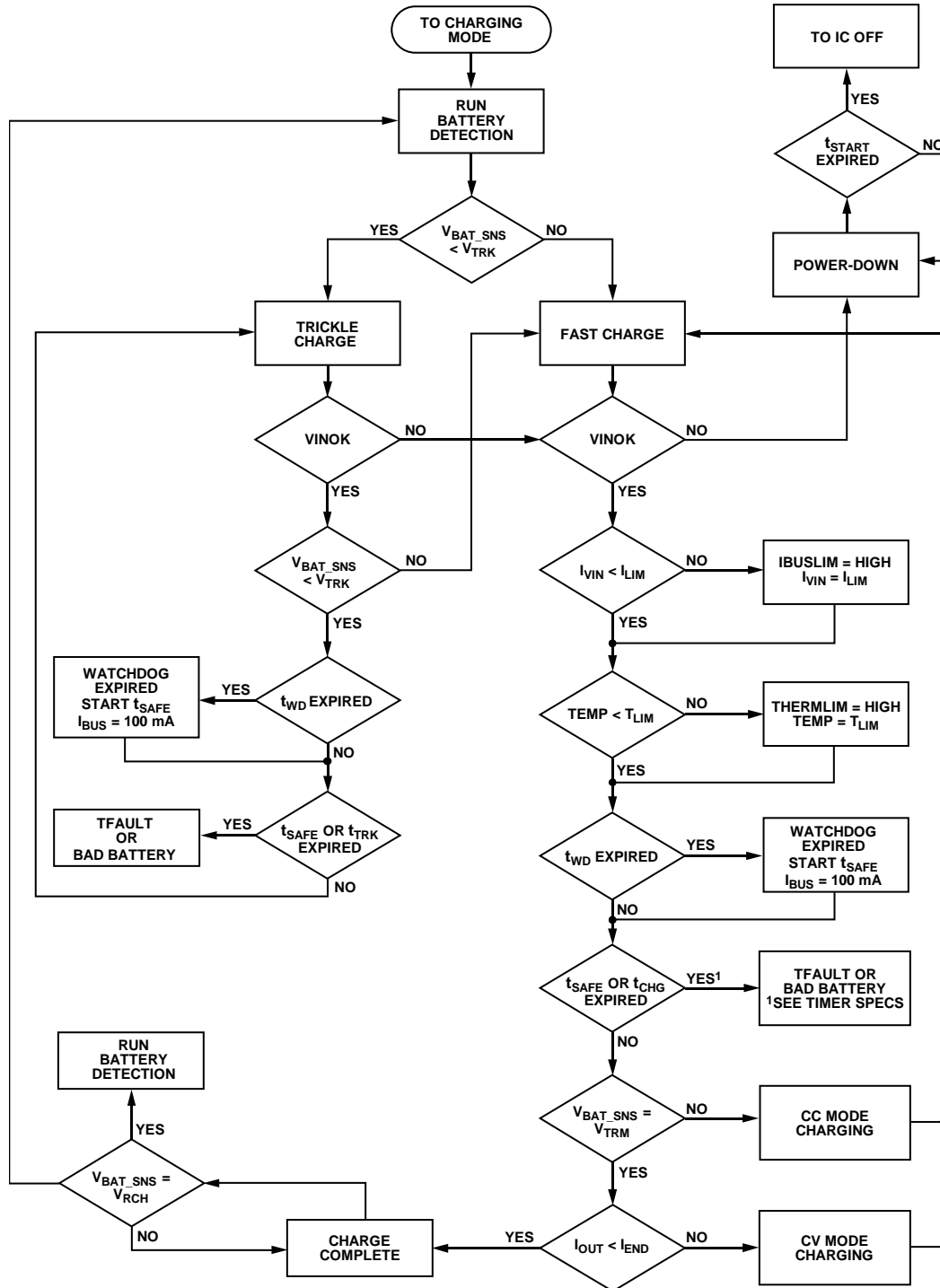


图33. 充电模式简化流程图

10644-033



## I<sup>2</sup>C接口

ADP5061具有一个I<sup>2</sup>C兼容串行接口，用于控制充电和LDO功能，以及回读系统状态寄存器。I<sup>2</sup>C芯片地址是0x28(写模式)和0x29(读模式)。

当VIN<sub>x</sub>电源降至V<sub>VIN\_OK</sub>下降电压阈值以下时，寄存器值复位到默认值。电池断开且V<sub>IN</sub>为0 V时，I<sup>2</sup>C寄存器也会复位。

子地址部分选择首先要写入ADP5061的哪一个寄存器。写入8位数据字节后，ADP5061向主机发送应答(对单个寄存

器的I<sup>2</sup>C写序列示例参见图34)。ADP5061自动递增子地址，并在下一个寄存器开始接收数据字节，直到主机发送I<sup>2</sup>C停止命令，如图35所示。

图36显示了对单个寄存器的I<sup>2</sup>C读序列。ADP5061从子地址表示的寄存器发送数据，然后自动递增子地址，发送下一个寄存器的数据，直到主机发送I<sup>2</sup>C停止命令，如图37所示。

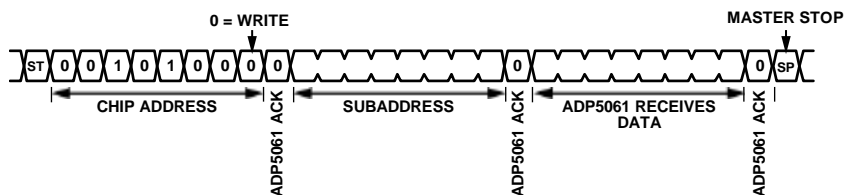


图34. 单个寄存器的I<sup>2</sup>C写序列

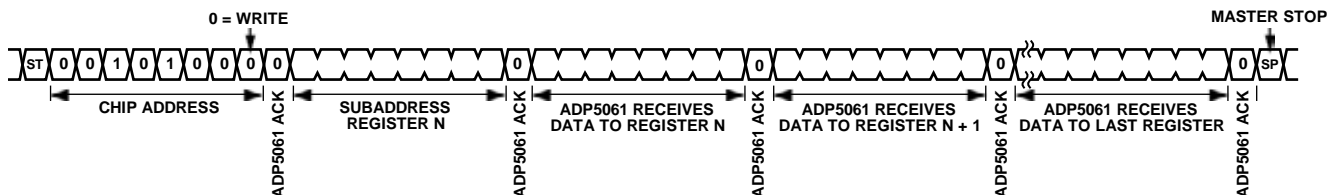


图35. 多个寄存器的I<sup>2</sup>C写序列

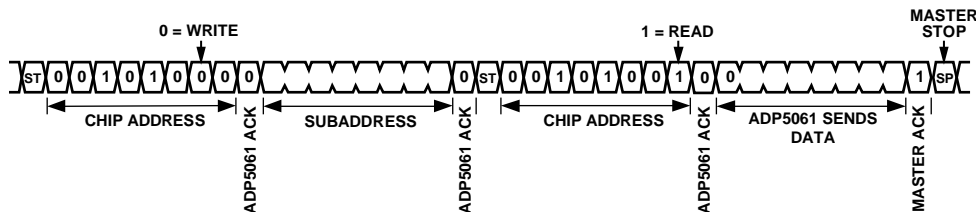


图36. 单个寄存器的I<sup>2</sup>C读序列

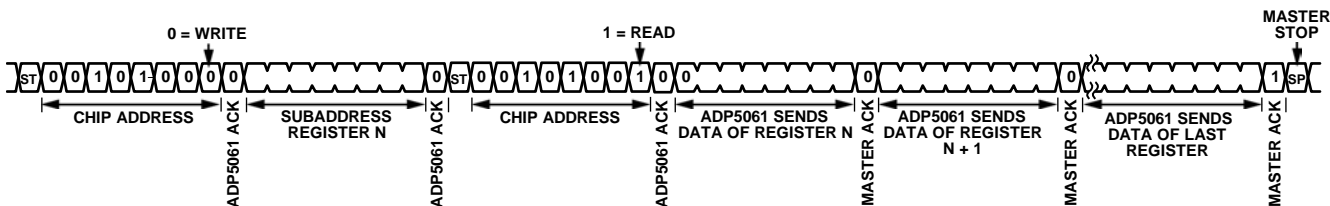


图37. 多个寄存器的I<sup>2</sup>C读序列

# ADP5061

## I<sup>2</sup>C寄存器映射

编程选项详情参见“工厂可编程选项”部分。注意，空白单元表示不使用的位。

表 17. I<sup>2</sup>C寄存器映射

寄存器		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
地址	名称								
0x00	制造商和型号ID	MANUF				Model			
0x01	芯片版本					REV			
0x02	VINx引脚设置					ILIM <sup>1</sup>			
0x03	终端设置	VTRM <sup>1,2</sup>						CHG_VLIM[1:0] <sup>1,2</sup>	
0x04	充电电流		ICHG <sup>1,2</sup>				ITRK_DEAD <sup>1</sup>		
0x05	电压阈值	DIS_RCH <sup>1,3</sup>	VRCH <sup>1</sup>		VTRK_DEAD <sup>1,3</sup>		VWEAK <sup>1</sup>		
0x06	定时器设置			EN_TEND <sup>1</sup>	EN_CHG_TIMER <sup>1</sup>	CHG_TMR_PERIOD <sup>1</sup>	EN_WD <sup>1,3</sup>	WD_PERIOD <sup>1</sup>	RESET_WD
0x07	功能设置1		DIS_IC1 <sup>1</sup>	EN_BMON <sup>1</sup>	EN_THR <sup>1</sup>	DIS_LDO <sup>1</sup>	EN_EOC <sup>1</sup>		EN_CHG <sup>1</sup>
0x08	功能设置2	EN_JEITA <sup>1,3</sup>	JEITA_SELECT <sup>1,3</sup>	EN_CHG_VLIM <sup>1,3</sup>	IDEAL_DIODE[1:0] <sup>1,3</sup>		VSYSTEM[2:0] <sup>1,3</sup>		
0x09	中断使能		EN_THERM_LIM_INT	EN_WD_INT	EN_TSD_INT	EN_THR_INT	EN_BAT_INT	EN_CHG_INT	EN_VIN_INT
0x0A	中断激活		THERM_LIM_INT	WD_INT	TSD_INT	THR_INT	BAT_INT	CHG_INT	VIN_INT
0x0B	充电器状态1	VIN_OV	VIN_OK	VIN_ILIM	THERM_LIM	CHDONE	CHARGER_STATUS		
0x0C	充电器状态2	THR_STATUS				RCH_LIM_INFO	BATTERY_STATUS		
0x0D	故障寄存器					BAT_SHR <sup>1</sup>		TSD 130°C <sup>1</sup>	TSD 140°C <sup>1</sup>
0x10	电池短路	TBAT_SHR <sup>1</sup>					VBAT_SHR <sup>1</sup>		
0x11	IEND	IEND <sup>1,3</sup>			C/20 EOC <sup>1</sup>	C/10 EOC <sup>1</sup>	C/5 EOC <sup>1</sup>	SYS_EN_SET <sup>1,3</sup>	

<sup>1</sup> 当VINx连接或断开时，这些位复位到默认I<sup>2</sup>C值。

<sup>2</sup> 这些位的默认I<sup>2</sup>C值可部分通过工厂编程。

<sup>3</sup> 这些位的默认I<sup>2</sup>C值可全部通过工厂编程。

## 寄存器位功能描述

表18至表33使用到以下缩写：R表示只读，W表示只写，R/W表示读/写，N/A表示不适用。

**表18. 制造商和型号ID(寄存器地址0x00)**

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
[7:4]	MANUF[3:0]	R	0001	4位制造商标识总线
[3:0]	MODEL[3:0]	R	1001	4位型号标识总线

**表19. 芯片版本寄存器(寄存器地址0x01)**

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
[7:4]	不用	R		
[3:0]	REV[3:0]	R	0100	4位芯片版本标识总线

**表20. VINx设置寄存器(寄存器地址0x02)**

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
[7:5]	不用	R		
4	RFU	R/W	0	保留供未来使用
[3:0]	ILIM[3:0]	R/W	0000 = 100 mA	VINx输入限流编程总线。 VINx的输入电流限值可以设置为如下选项： 0000 = 100 mA. 0001 = 150 mA. 0010 = 200 mA. 0011 = 250 mA. 0100 = 300 mA. 0101 = 400 mA. 0110 = 500 mA. 0111 = 600 mA. 1000 = 700 mA. 1001 = 800 mA. 1010 = 900 mA. 1011 = 1000 mA. 1100 = 1200 mA. 1101 = 1500 mA. 1110 = 1800 mA. 1111 = 2100 mA.

# ADP5061

表21. 终端设置(寄存器地址0x03)

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
[7:2]	VTRM[5:0]	R/W	100011 = 4.20 V	终端电压编程总线。 悬空电压的值可以设置为如下选项： 001111 = 3.80 V. 010000 = 3.82 V. 010001 = 3.84 V. 010010 = 3.86 V. 010011 = 3.88 V. 010100 = 3.90 V. 010101 = 3.92 V. 010110 = 3.94 V. 010111 = 3.96 V. 011000 = 3.98 V. 011001 = 4.00 V. 011010 = 4.02 V. 011011 = 4.04 V. 011100 = 4.06 V. 011101 = 4.08 V. 011110 = 4.10 V. 011111 = 4.12 V. 100000 = 4.14 V. 100001 = 4.16 V. 100010 = 4.18 V. 100011 = 4.20 V. 100100 = 4.22 V. 100101 = 4.24 V. 100110 = 4.26 V. 100111 = 4.28 V. 101000 = 4.30 V. 101001 = 4.32 V. 101010 = 4.34 V. 101011 = 4.36 V. 101100 = 4.38 V. 101101 = 4.40 V. 101110 = 4.42 V. 101111 = 4.44 V. 110000 = 4.44 V. 110001 = 4.46 V. 110010 = 4.48 V. 110011 to 111111 = 4.50 V.
[1:0]	CHG_VLIM[1:0]	R/W	00 = 3.2 V	充电电压限值编程总线。 充电电压的限值可以设置为如下选项： 00 = 3.2 V. 01 = 3.4 V. 10 = 3.7 V. 11 = 3.8 V.

表22. 充电电流设置(寄存器地址0x04)

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
7	不用	R		
[6:2]	ICHG[4:0]	R/W	特定型号的默认值参见表39	快速充电电流编程总线。 恒流充电的值可以设置为如下选项： 00000 = 50 mA. 00001 = 100 mA. 00010 = 150 mA. 00011 = 200 mA. 00100 = 250 mA. 00101 = 300 mA. 00110 = 350 mA. 00111 = 400 mA. 01000 = 450 mA. 01001 = 500 mA. 01010 = 550 mA. 01011 = 600 mA. 01100 = 650 mA. 01101 = 700 mA. 01110 = 750 mA. 01111 = 800 mA. 10000 = 850 mA. 10001 = 900 mA. 10010 = 950 mA. 10011 = 1000 mA. 10100 = 1050 mA. 10101 = 1100 mA. 10110 = 1200 mA. 10111 to 11111 = 1300 mA.
[1:0]	ITRK_DEAD[1:0]	R/W	10 = 20 mA	涓流和弱充电电流编程总线。 涓流和弱充电电流的值可以设置为如下选项： 00 = 5 mA. 01 = 10 mA. 10 = 20 mA. 11 = 80 mA.

表23. 电压阈值(地址0x05)

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
7	DIS_RCH	R/W	0 = 再充电使能	0 = 再充电使能。 1 = 再充电禁用。
[6:5]	VRCH[1:0]	R/W	11 = 260 mV	再充电电压编程总线。 再充电阈值可以设置为如下选项 (注意, 再充电周期可以在I <sup>2</sup> C中通过DIS_RCH位禁用): 00 = 80 mV. 01 = 140 mV. 10 = 200 mV. 11 = 260 mV.

# ADP5061

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
[4:3]	VTRK_DEAD[1:0]	R/W	01 = 2.5 V	无电电池涓流至快速充电电压编程总线。 涓流至快速充电阈值可以设置为如下选项：  00 = 2.0 V. 01 = 2.5 V. 10 = 2.6 V. 11 = 2.9 V.
[2:0]	VWEAK[2:0]	R/W	011 = 3.0 V	弱电池电压上升阈值。  000 = 2.7 V. 001 = 2.8 V. 010 = 2.9 V. 011 = 3.0 V. 100 = 3.1 V. 101 = 3.2 V. 110 = 3.3 V. 111 = 3.4 V.

表24. 定时器设置(寄存器地址0x06)

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
[7:6]	不用			
5	EN_TEND	R/W	1	0 = 充电完成定时器 $t_{END}$ 禁用。 31 ms去毛刺定时器仍然开启。 1 = 充电完成定时器使能。
4	EN_CHG_TIMER	R/W	1	0 = 涓流/快速充电定时器禁用。 1 = 涓流/快速充电定时器使能。
3	CHG_TMR_PERIOD	R/W	1	涓流和快速充电定时器周期。 0 = 30秒涓流充电定时器和300分钟快速充电定时器。 1 = 60秒涓流充电定时器和600分钟快速充电定时器。
2	EN_WD	R/W	0	0 = 看门狗定时器禁用，即使BAT_SNS超过 $V_{DEAD}$ 。 1 = 看门狗定时器安全定时器使能。
1	WD_PERIOD	R/W	0	看门狗安全定时器周期。 0 = 32秒看门狗定时器和40分钟安全定时器。 1 = 64秒看门狗定时器和40分钟安全定时器。
0	RESET_WD	W	0	当RESET_WD被PC设为逻辑高电平时， 看门狗安全定时器复位。

表25. 功能设置1(寄存器地址0x07)

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
7	不用			
6	DIS_IC1	R/W	0	0 = 正常工作。 1 = ADP5061禁用， $V_{VIN}$ 必须满足以下条件： $V_{ISO\_B} < V_{VIN} < 5.5 V$ 。
5	EN_BMON	R/W	0	0 = 当 $V_{VIN} < V_{VIN\_OK}$ 时，电池监控器禁用。 当 $V_{VIN} = 4.0 V$ 至 $6.7 V$ ，无论EN_BMON状态如何， 电池监控器均使能。 1 = 电池监控器使能，即使VINx引脚的电压低于 $V_{VIN\_OK}$ 。
4	EN_THR	R/W	0	0 = 当 $V_{VIN} < V_{VIN\_OK}$ 时，THR电流源禁用。 当 $V_{VIN} = 4.0 V$ 至 $6.7 V$ ，无论EN_THR状态如何， THR电流源均使能。 1 = THR电流源使能，即使VINx引脚的电压低于 $V_{VIN\_OK}$ 。
3	DIS_LDO	R/W	0	0 = LDO使能。 1 = LDO禁用。此外，如果EN_CHG = 低电平，则电池隔离 FET导通。如果EN_CHG = 高电平，则电池隔离FET断开。

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
2	EN_EOC	R/W	1	0 = 不允许充电结束 1 = 允许充电结束
1	不用			
0	EN_CHG	R/W	0	0 = 电池充电禁用 1 = 电池充电使能

表26. 功能设置2(寄存器地址0x08)

位号	位的名称	访问类型	默认值	描述
7	EN_JEITA	R/W	0 = JEITA禁用	0 = JEITA锂离子温度电池充电合规性禁用 1 = JEITA合规性使能
6	JEITA_SELECT	R/W	0 = JEITA1	0 = 选择JEITA1 1 = 选择JEITA2
5	EN_CHG_VLIM	R/W	0	0 = 充电电压限值禁用 1 = 电压限值使能。充电器阻止充电，直到电池电压降至 $V_{CHG\_VLIM}$ 阈值以下。
[4:3]	IDEAL_DIODE[1:0]	R/W	00	00 = 当 $V_{ISO\_S} < V_{ISO\_B}$ 时，理想二极管始终工作。 01 = 当 $V_{ISO\_S} < V_{ISO\_B}$ 且 $V_{BAT\_SNS} > V_{WEAK}$ 时，理想二极管工作。 10 = 理想二极管禁用。 11 = 理想二极管禁用。
[2:0]	VSYSTEM[2:0]	R/W	特定模式的默认值参见表42	系统电压编程总线。 系统电压的值可以设置为如下选项： 000 = 4.3 V. 001 = 4.4 V. 010 = 4.5 V. 011 = 4.6 V. 100 = 4.7 V. 101 = 4.8 V. 110 = 4.9 V. 111 = 5.0 V.

表27. 中断使能寄存器(寄存器地址0x09)

位号	引脚名称	访问类型	默认值	描述
7	不用			
6	EN_THERM_LIM_INT	R/W	0	0 = 等温充电中断禁用 1 = 等温充电中断使能
5	EN_WD_INT	R/W	0	0 = 看门狗报警中断禁用 1 = 看门狗报警中断使能
4	EN_TSD_INT	R/W	0	0 = 过温中断禁用 1 = 过温中断使能
3	EN_THR_INT	R/W	0	0 = THR温度阈值中断禁用 1 = THR温度阈值中断使能
2	EN_BAT_INT	R/W	0	0 = 电池电压阈值中断禁用 1 = 电池电压阈值中断使能
1	EN_CHG_INT	R/W	0	0 = 充电器模式改变中断禁用 1 = 充电器模式改变中断使能
0	EN_VIN_INT	R/W	0	0 = VINx引脚电压阈值中断禁用 1 = VINx引脚电压阈值中断使能

# ADP5061

表28. 中断有效寄存器(寄存器地址0x0A)

位号	引脚名称	访问类型	默认值	描述
7	不用			
6	THERM_LIM_INT	R	0	1 = 表示等温充电引起的中断。
5	WD_INT	R	0	1 = 表示看门狗报警引起的中断。 看门狗定时器超时时间为2秒或4秒， 取决于看门狗定时器设置是32秒还是64秒。
4	TSD_INT	R	0	1 = 表示过温故障引起的中断。
3	THR_INT	R	0	1 = 表示THR温度阈值引起的中断。
2	BAT_INT	R	0	1 = 表示电池电压阈值引起的中断。
1	CHG_INT	R	0	1 = 表示充电器模式改变引起的中断。
0	VIN_INT	R	0	1 = 表示VIN电压阈值引起的中断。

表29. 充电器状态寄存器1(寄存器地址0x0B)

位号	名称	访问类型	默认值	描述
7	VIN_OV	R	N/A	1 = 表示VINx引脚的电压超过 $V_{VIN\_OV}$ 。
6	VIN_OK	R	N/A	1 = 表示VINx引脚的电压超过 $V_{VIN\_OK}$ 。
5	VIN_ILIM	R	N/A	1 = 表示VINx引脚的输入电流受高压阻隔FET的限制， 充电器不是以所编程的全 $I_{CHG}$ 值工作。
4	THERM_LIM	R	N/A	1 = 表示充电器不是以所编程的全 $I_{CHG}$ 值工作， 而是受芯片温度的限制。
3	CHDONE	R	N/A	1 = 表示已达到充电周期末尾。此位锁存在高电平， 因为当 $V_{RCH}$ 阈值被突破时，它不会复位到低电平。
[2:0]	CHARGER_STATUS[2:0]	R	N/A	充电器状态总线。 000 = 关闭 001 = 涓流充电 010 = 快速充电(CC模式) 011 = 快速充电(CV模式) 100 = 充电完成 101 = LDO模式 110 = 涓流或快速充电定时器到期 111 = 电池检测



表30. 充电器状态寄存器2(寄存器地址0x0C)

位号	名称	访问类型	默认值	描述
[7:5]	THR_STATUS[2:0]	R	N/A	THR引脚状态 000 = 关闭 001 = 电池冷 010 = 电池凉 011 = 电池暖 100 = 电池热 111 = 热敏电阻正常
4	不用	R	N/A	
3	RCH_LIM_INFO	R	N/A	当DIS_RCH为逻辑高电平且CHARGER_STATUS[2:0] = 100 (二进制)时, 再充电限制信息功能激活。该状态位告知系统需要一个再充电周期。 0 = $V_{BAT\_SNS} > V_{RCH}$ . 1 = $V_{BAT\_SNS} < V_{RCH}$ .
2:0	BATTERY_STATUS[2:0]	R		电池状态总线。 000 = 电池监控器关闭 001 = 无电池 010 = $V_{BAT\_SNS} < V_{TRK}$ . 011 = $V_{TRK} \leq V_{BAT\_SNS} < V_{WEAK}$ . 100 = $V_{BAT\_SNS} \geq V_{WEAK}$ .

表31. 故障寄存器<sup>1</sup>(寄存器地址0x0D)

位号	名称	访问类型	默认值	描述
[7:4]	不用			
3	BAT_SHR	R/W	0	1 = 表示检测到电池短路
2	不用	R/W		
1	TSD 130°C	R/W	0	1 = 表示过温(较低)故障
0	TSD 140°C	R/W	0	1 = 表示过温故障

<sup>1</sup>要复位故障寄存器中的故障位, 应对VINx周期供电或写入高电平到相应的I<sup>2</sup>C位。

表32. 电池短路(寄存器地址0x10)

位号	名称	访问类型	默认值	描述
[7:5]	TBAT_SHR[2:0]	R/W	100 = 30 sec	电池短路超时定时器。 000 = 1 sec. 001 = 2 sec. 010 = 4 sec. 011 = 10 sec. 100 = 30 sec. 101 = 60 sec. 110 = 120 sec. 111 = 180 sec.
[4:3]	不用	R/W		
[2:0]	VBAT_SHR[2:0]	R/W	100 = 2.4 V	电池短路电压阈值。 000 = 2.0 V. 001 = 2.1 V. 010 = 2.2 V. 011 = 2.3 V. 100 = 2.4 V. 101 = 2.5 V. 110 = 2.6 V. 111 = 2.7 V.

# ADP5061

表33. IEND寄存器(寄存器地址0x11)

位号	名称	访问类型	默认值	描述
[7:5]	IEND[2:0]	R/W	特定型号的默认值参见表40	终端输出编程总线。 终端电流的值可以设置为如下选项： 000 = 12.5 mA. 001 = 32.5 mA. 010 = 52.5 mA. 011 = 72.5 mA. 100 = 92.5 mA. 101 = 117.5 mA. 110 = 142.5 mA. 111 = 170.0 mA.
4	C/20 EOC	R/W	0	C/20 EOC位优先于其它设置(C/10 EOC、C/5 EOC和IEND)。 1 = 终端电流为ICHG/20，但具有以下限制： 最小值 = 12.5 mA 最大值 = 170 mA
3	C/10 EOC	R/W	0	C/10 EOC位优先于其它终端电流设置(IEND)，但不优先于C/20 EOC设置。 1 = 终端电流为ICHG/10，除非C/20 EOC为高电平。终端电流具有以下限值： 最小值 = 12.5 mA 最大值 = 170 mA
2	C/5 EOC	R/W	0	C/5位优先于其它终端电流设置(IEND)，但不优先于C/20 EOC设置和C/10 EOC设置。1 = 终端电流为ICHG/5，除非C/20或C/10 EOC为高电平。终端电流具有以下限值： 最小值 = 12.5 mA 最大值 = 170 mA
1:0	SYS_EN_SET[1:0]	R/W	00	选择系统使能引脚(SYS_EN)的工作模式。 00 = 当LDO使能且系统电压可用时，SYS_EN激活。 01 = SYS_EN由ISO_Bx电压激活，电池充电模式。 10 = 当电池降至 $V_{WEAK}$ 以下时，SYS_EN激活且隔离FET禁用。 <sup>1</sup> 11 = 在LDO模式下，充电器禁用时，SYS_EN激活。在充电模式下，当 $V_{ISO\_B} \geq V_{WEAK}$ 时，SYS_EN激活。

<sup>1</sup> 当VINx = 0 V且电池监控器通过寄存器0x07的位D5 (EN\_BMON)激活时，此选项有效。

## 应用信息

### 外部器件

#### ISO\_Sx (V<sub>OUT</sub>) 电容选择

为使ADP5061安全稳定地工作，任何时候ISO\_Sx电容和系统电容的总有效容值不得低于20 μF，且不得超过100 μF。

选择电容值时，考虑由输出电压直流偏置所引起的电容损耗也非常重要。陶瓷电容由各种电介质制成，温度和所施加的电压不同，其特性也不相同。电容必须具有足以在必要的温度范围和直流偏置条件下确保最小电容的电介质。建议使用电压额定值为6.3 V或更高的X5R或X7R电介质，以实现最佳性能。建议不要将Y5V和Z5U电介质与任何DC-DC转换器一起使用，因为这类电介质的温度和直流偏置性能较差。

考虑电容随温度变化、元件容差和电压时，最差条件电容可通过以下公式计算：

$$C_{EFF} = C_{OUT} \times (1 - TEMPCO) \times (1 - TOL)$$

其中：

$C_{EFF}$  是工作电压下的有效电容量。

TEMPCO为最差的电容温度系数。

TOL为最差的元件容差。

本例中，假定X7R电介质在-40°C至+85°C温度范围内的最差条件温度系数(TEMPCO)为15%。假定电容容差(TOL)为20%， $C_{OUT}$ 在5.0 V下为30.4 μF，如图38所示。

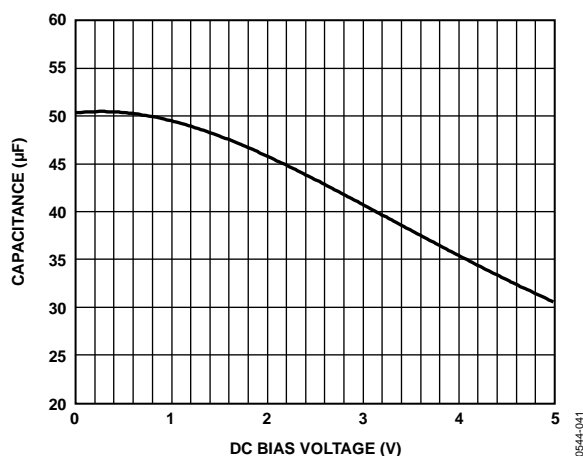


图38. Murata GRM32ER61A476ME20C电容与偏置电压的关系

将这些值代入公式得出

$$C_{EFF} = 34.3 \mu\text{F} \times (1 - 0.15) \times (1 - 0.2) \approx 20.7 \mu\text{F}$$

为了保证充电器在各种工作模式(包括涓流充电、恒流充电和恒压充电)下的性能，必须针对每一种应用来评估直流偏置、温度和容差对电容性能的影响。

#### ISO\_Sx电容拆分

许多应用中，ISO\_Sx总容值由多个电容构成。系统电压节点(ISO\_Sx)通常为单个调节器或多个IC及调节器供电，每个器件均要求在输入附近放置一个电容(见图39)。

靠近ADP5061 ISO\_Sx输出端的电容至少应为10 μF，同时任何时候的总有效电容至少应为20 μF。

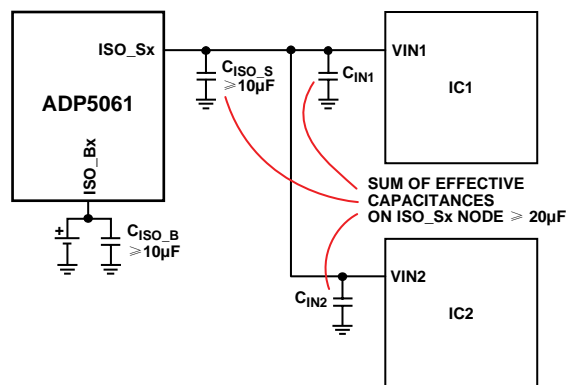


图39. ISO\_Sx电容拆分

#### ISO\_Bx电容选择

工作过程中的任何时候，ISO\_Bx有效电容(包括温度和直流偏置效应)不得低于10 μF。通常，为满足所有工作条件的要求，标称电容需为22 μF。关于ISO\_Bx电容的建议参见表35。

#### CBP电容选择

ADP5061的内部电源电压在CBP端配有一个噪声抑制电容。工作过程中的任何时候，CBP电容不得超过14 nF。勿将任何外部电压源、阻性负载或其它电流负载连接到CBP端。关于CBP电容的建议参见表36。

# ADP5061

## VINx电容选择

根据USB 2.0规范，当USB外设连接到USB端口时，可以在VBUS上检测到电容变化。外设VBUS旁路电容不得低于1  $\mu\text{F}$ 且不得高于10  $\mu\text{F}$ 。

ADP5061的VINx输入能够耐受高达20 V的电压，但是，如果应用要求将VINx输入暴露于最高20 V电压下，则电容的电压范围也必须高于20 V。关于VINx电容的建议参见表37。

使用陶瓷电容时，较高电压范围一般是通过选择物理尺寸较大的元件来实现的。在保证VINx输入电压低于20 V的应用中，可以使用较小的输出电容。

**表34. ISO\_Sx电容建议**

供应商	产品型号	值	电压	尺寸
Murata	GRM32ER61A476ME20	47 $\mu\text{F}$	10 V	1210
TDK	C3225X5R1A476M	47 $\mu\text{F}$	10 V	1210

**表35. ISO\_Bx电容建议**

供应商	产品型号	值	电压	尺寸
Murata	GRM31CR61A226KE19	22 $\mu\text{F}$	10 V	1206
Murata	GRM31CR60J226ME19	22 $\mu\text{F}$	6.3 V	1206
TDK	C3216X5R0J226M	22 $\mu\text{F}$	6.3 V	1206
Taiyo-Yuden	JMK316ABJ226KL	22 $\mu\text{F}$	6.3 V	1206

**表36. CBP电容建议**

供应商	产品型号	值	电压	尺寸
Murata	GRM15XR71C103KA86	10 nF	16 V	0402
TDK	C1005X7R1C103K	10 nF	16 V	0402

**表37. VINx电容建议**

供应商	产品型号	值	电压	尺寸
Murata	GRM21BR61E106MA73	10 $\mu\text{F}$	25 V	0805
TDK	C2012X5R1E106K	10 $\mu\text{F}$	25 V	0805

## PCB布局指南

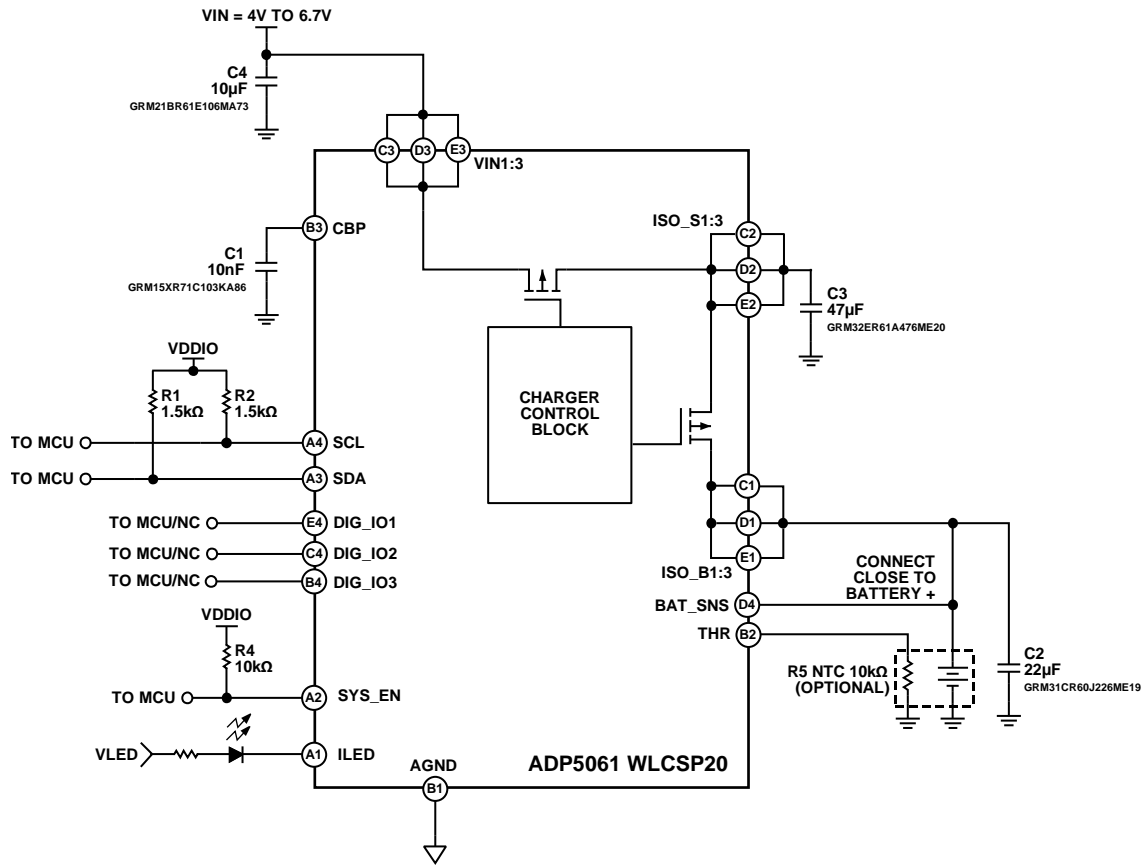


图40. 参考电路图

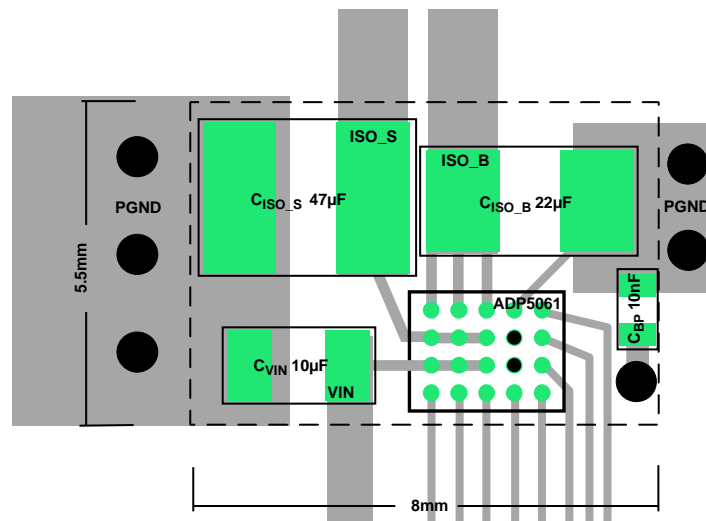


图41. 参考PCB物理规划

## 功耗与散热考虑

### 充电器功耗

当ADP5061充电器在高环境温度以及最大充电和负载电流条件下工作时，结温可能达到允许的最大工作限值(125°C)。

当结温超过140°C，ADP5061关闭，以便让器件冷却下来。当芯片温度降至110°C以下且寄存器0x0D的TSD\_140°C故障位由I<sup>2</sup>C写操作清0时，ADP5061恢复正常工作。

本部分提供关于器件功耗计算的指南，确保ADP5061在允许的最大结温以下工作。

为了确定不同工作模式中各种工作条件下的可用输出电流，用户可使用以下公式：

$$P_D = P_{LDOFET} + P_{ISOSET} \quad (1)$$

其中：

$P_{LDOFET}$ 为输入LDO FET的功耗。

$P_{ISOSET}$ 为电池隔离FET的功耗。

使用公式2和公式3计算LDO FET和电池隔离FET的功耗。

$$P_{LDOFET} = (V_{IN} - V_{ISO_S}) \times (I_{CHG} + I_{LOAD}) \quad (2)$$

$$P_{ISOSET} = (V_{ISO_S} - V_{ISO_B}) \times I_{CHG} \quad (3)$$

其中：

$V_{IN}$ 为VINx引脚的输入电压。

$V_{ISO_S}$ 为ISO\_Sx引脚的系统电压。

$V_{ISO_B}$ 为ISO\_Bx引脚的电池电压。

$I_{CHG}$ 为电池充电电流。

$I_{LOAD}$ 为来自ISO\_Sx引脚的系统负载电流。

### LDO模式

系统调节电压可由用户在4.3 V至5.0 V范围内设置。在LDO模式下(充电禁用，EN\_CHG = 低电平)，总功耗的计算简化为下式，假定所有电流均从VINx引脚获得且电池不与ISO\_Sx共享。

$$P_D = (V_{IN} - V_{ISO_S}) \times I_{LOAD}$$

### 充电模式

在充电模式下，ISO\_Sx引脚电压取决于电池电平。当电池电压低于 $V_{ISO_SFC}$ (典型值3.8 V)时，电池隔离FET上的压降较高，功耗必须利用公式3计算。当电池电压达到 $V_{ISO_SFC}$ 时，功耗可以利用公式4计算。

$$P_{ISOSET} = R_{DSON\_ISO} \times I_{CHG} \quad (4)$$

其中：

$R_{DSON\_ISO}$ 是电池隔离FET的导通电阻(充电期间典型值为110 mΩ)。

ADP5061的热控制环路会自动限制充电电流，使芯片温度始终低于 $T_{LIM}$ (典型值115°C)。

计算ADP5061器件功耗的最直观且实用的方法是测量输入端和所有输出端的功耗。在最差情况(电压、电流和温度)下执行测量。输入与输出功耗之差就是器件的功耗。

### 结温

如果知道电路板温度 $T_A$ ，可以使用热阻参数 $\theta_{JA}$ 来估计结温升高幅度。 $T_J$ 由 $T_A$ 和 $P_D$ 计算得出，公式如下：

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA}) \quad (5)$$

20引脚WLCSP的典型 $\theta_{JA}$ 值为46.8°C/W(见表5)。一个非常重要的考虑因素是 $\theta_{JA}$ 基于4层4 in × 3 in、2.5 oz铜电路板(符合JEDEC标准)，而实际应用使用的尺寸和层数可能不同。必须尽可能多地使用铜，以利于器件散热。暴露于空气中的铜的散热效果优于内层中使用的铜。

如果可以测量壳温，则结温可以通过下式计算：

$$T_J = T_C + (P_D \times \theta_{JC}) \quad (6)$$

其中， $T_C$ 为壳温， $\theta_{JC}$ 为表5所示的结至壳热阻。

对于WLCSP器件，只要可能，就应消除所有载流引脚(VINx、ISO\_Sx和ISO\_Bx)的热量。例如，可以将电路板电源层的热过孔(如有)放置在这些引脚附近。

只有根据公式5估算出的ADP5061芯片结温低于125°C时，才能保证充电器可靠工作。结温提高会严重影响可靠性和平均故障间隔时间(MTBF)。有关产品可靠性的更多信息，请参阅“ADI公司可靠性手册”(www.analog.com/reliability\_handbook)。

## 工厂编程选项

### 充电器选项

表38至表50列出了ADP5061的工厂编程选项。以下每张表中，“选择”栏表示型号ADP5061ACBZ-2-R7、ADP5061ACBZ-4-R7和ADP5061ACBZ-5-R7的默认设置。这两个型号的不同之处参见表39、表40、表42和表50。各型号的所有其他默认设置相同。

**表38. 默认终端电压**

选项	选择
000 = 4.20 V	000 = 4.20 V
010 = 3.70 V	
011 = 3.80 V	
100 = 3.90 V	
101 = 4.00 V	
110 = 4.10 V	
111 = 4.40 V	

**表39. 默认快速充电电流**

选项	选择
000 = 500 mA	
001 = 300 mA	001 = 300 mA/ADP5061ACBZ-5-R7
010 = 550 mA	
011 = 600 mA	
100 = 750 mA	100 = 750 mA/ ADP5061ACBZ-2-R7, ADP5061ACBZ-4-R7
101 = 900 mA	
110 = 1300 mA	
111 = 1300 mA	

**表40. 默认充电结束电流**

选项	选择
000 = 52.5 mA	000 = 52.5 mA/ ADP5061ACBZ-2-R7, ADP5061ACBZ-4-R77
001 = 72.5 mA	
010 = 12.5 mA	010 = 12.5 mA/ADP5061ACBZ-5-R7
011 = 32.5 mA	
100 = 142.5 mA	
101 = 167.5 mA	
110 = 92.5 mA	
111 = 117.5 mA	

**表41. 默认涓流至快速充电阈值**

选项	选择
00 = 2.5 V	00 = 2.5 V
01 = 2.0 V	
10 = 2.9 V	
11 = 2.6 V	

**表42. 默认系统电压**

选项	选择
000 = 4.3 V	000 = 4.3 V/ADP5061ACBZ-4-R7
001 = 4.4 V	
010 = 4.5 V	010 = 4.5 V/ADP5061ACBZ-5-R7
011 = 4.6 V	
100 = 4.7 V	
101 = 4.8 V	
110 = 4.9 V	
111 = 5.0 V	111 = 5.0 V/ADP5061ACBZ-2-R7

**表43. 热敏电阻阻值**

选项	选择
0 = 10 k $\Omega$	0 = 10 k $\Omega$
1 = 100 k $\Omega$	

**表44. 热敏电阻 $\beta$ 值**

选项	选择
0100 = 3150	0100 = 3150
0101 = 3350	
0110 = 3500	
0111 = 3650	
1000 = 3850	
1001 = 4000	
1010 = 4200	
1011 = 4400	

**表45. DIS\_IC1模式选择**

选项	选择
0 = DIC_IC1模式选择, VINx电流 = 280 $\mu$ A, ISO_B可以悬空, 不泄漏到ISO_Bx 1 = DIC_IC1模式选择, VINx电流 = 110 $\mu$ A, 电源开关从VINx泄漏到ISO_Bx	0

**表46. 涓流或快速充电定时器故障操作**

选项	选择
0 = 超时后LDO关闭, 充电停止 1 = 超时后LDO模式有效, 充电停止	1 = LDO模式有效

# ADP5061

## I<sup>2</sup>C寄存器故障

表47. I<sup>2</sup>C寄存器故障设置

位的名称	I <sup>2</sup> C寄存器地址, 位的位置	选项	选择
CHG_VLIM	地址0x03, 位[D1:D0]	0 = 限值3.2 V, 1 = 限值3.7 V	0 = 限值3.2 V
DIS_RCH	地址0x05, 位D7	0 = 再充电使能, 1 = 再充电禁用	0 = 再充电使能
EN_WD	地址0x06, 位D2	0 = 看门狗禁用, 1 = 看门狗使能	0 = 禁用
DIS_IC1	地址0x07, 位D6	0 = 未激活, 1 = 激活	0 = 未激活
EN_CHG	地址0x07, 位D0	0 = 充电禁用, 1 = 充电使能	0 = 充电禁用
EN_JEITA	地址0x08, 位D7	0 = JEITA禁用, 1 = JEITA使能	0 = JEITA禁用
JEITA_SELECT	地址0x08, 位D6	0 = JEITA1充电, 1 = JEITA2充电	0 = JEITA1充电
EN_CHG_VLIM	地址0x08, 位D5	0 = 限值禁用, 1 = 限值使能	0 = 限值禁用
IDEAL_DIODE[1:0]	地址0x08, 位[D4:D3]	00 = 当 $V_{ISO\_S} < V_{ISO\_B}$ 时, 理想二极管工作 01 = 当 $V_{ISO\_S} < V_{ISO\_B}$ 且 $V_{BAT\_SNS} > V_{WEAK}^1$ 时, 理想二极管工作 10 = 理想二极管禁用 11 = 理想二极管禁用	00

## 数字输入和输出选项

表48. I<sup>2</sup>C地址0x11的位[D1:D0] SYS\_EN输出默认值

选项	选择
00 = 当LDO使能且系统电压可用时, SYS_EN激活 01 = SYS_EN由ISO_Bx电压激活, 电池充电模式 10 = 当电池降至 $V_{WEAK}$ 以下时, SYS_EN激活且隔离FET禁用 <sup>1</sup> 11 = 在LDO模式下, 充电器禁用时, SYS_EN激活。在充电模式下, 当 $V_{ISO\_B} \geq V_{WEAK}^1$ 时, SYS_EN激活	00

<sup>1</sup> 当VINx = 0 V且电池监控器通过寄存器0x07的位D5 (EN\_BMON)激活时, 此选项有效。



## DIG\_IO1、DIG\_IO2和DIG\_IO3选项

表49. DIG\_IO1极性

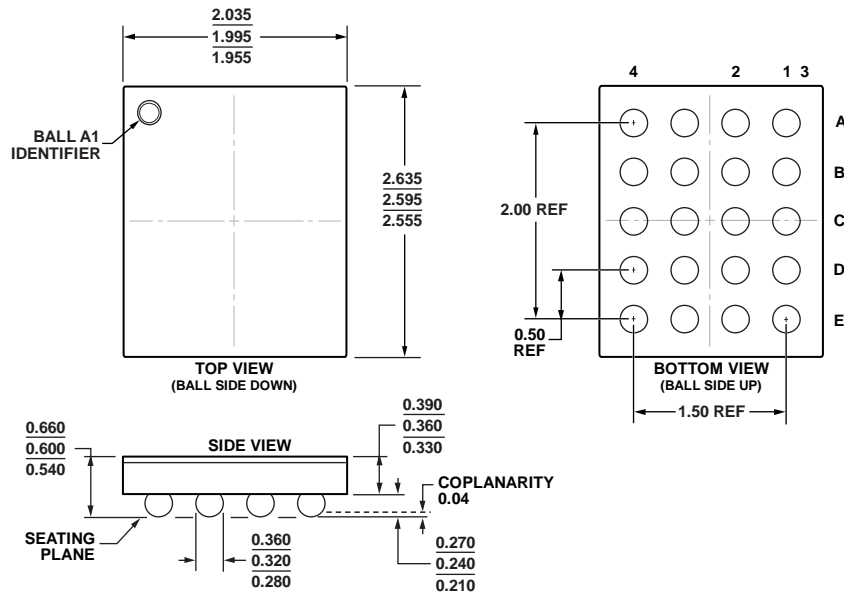
选项	选择
0 = DIG_IO1极性, 高电平有效	0 = 高电平有效
1 = DIG_IO1极性, 低电平有效	

表50. DIG\_IOx选项

选项	DIG_IO1功能	DIG_IO2功能	DIG_IO3功能	选择
0000	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	禁用IC1 低电平 = 未激活 高电平 = 已激活	充电禁用/使能 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	0000 ADP5061ACBZ-2-R7 ADP5061ACBZ-4-R7
0010	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	I <sub>VINx</sub> 限值 不适用 高电平 = I <sub>VINx</sub> 限值 1500 mA	禁用IC1 低电平 = 未激活 高电平 = 已激活	
0011	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	I <sub>VINx</sub> 限值 不适用 高电平 = I <sub>VINx</sub> 限值 1500 mA	快速充电电流 低电平 = ICHG[4:0] 高电平 = ICHG[4:0] ÷ 2	
0100	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	I <sub>VINx</sub> 限值 不适用 高电平 = I <sub>VINx</sub> 限值 1500 mA	LDO 低电平 = LDO有效 高电平 = LDO禁用	
0101	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	I <sub>VINx</sub> 限值 不适用 高电平 = I <sub>VINx</sub> 限值 1500 mA	充电 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	
0110	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	再充电 不适用 高电平 = 禁用再充电	充电 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	
0111	充电 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	禁用IC1 低电平 = 未激活 高电平 = 已激活	再充电 不适用 高电平 = 禁用再充电	
1000	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	I <sub>VINx</sub> 限值 不适用 高电平 = I <sub>VINx</sub> 限值 1500 mA	中断输出 不适用 不适用	
1001	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	充电 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	中断输出 不适用 不适用	1001 ADP5061ACBZ-5-R7
1010	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	禁用IC1 低电平 = 未激活 高电平 = 已激活	中断输出 不适用 不适用	
1011	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	再充电 不适用 高电平 = 禁用再充电	中断输出 不适用 不适用	
1100	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	快速充电电流 低电平 = ICHG 高电平 = ICHG[4:0] ÷ 2	中断输出 不适用 不适用	
1101	I <sub>VINx</sub> 限值 低电平 = 100 mA 高电平 = 500 mA	LDO 低电平 = LDO有效 高电平 = LDO禁用	中断输出 不适用 不适用	
1110	I <sub>VINx</sub> 限值 不适用 高电平 = I <sub>VINx</sub> 限值 1500 mA	充电 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	中断输出 不适用 不适用	
1111	禁用IC1 低电平 = 未激活 高电平 = 已激活	充电 低电平 = 充电禁用 高电平 = 充电使能	中断输出 不适用 不适用	

## 封装和订购信息

### 外形尺寸



04-18-2012-A

图42. 20引脚晶圆级芯片规模封装[WLCSP]  
(CB-20-9)

尺寸单位: mm

### 订购指南

型号 <sup>1,2</sup>	温度范围	封装描述	封装选项
ADP5061ACBZ-2-R7	-40°C至+125°C	20引脚 WLCSP封装	CB-20-9
ADP5061ACBZ-4-R7	-40°C至+125°C	20引脚 WLCSP封装	CB-20-9
ADP5061ACBZ-5-R7	-40°C至+125°C	20引脚 WLCSP封装	CB-20-9
ADP5061CB-EVALZ		评估板	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

<sup>2</sup> 关于其它工厂编程选项，请联系当地的ADI公司办事处或代理商。

注释

**注释**