



ISL6292

数据手册 2003年12月 FN9105.3

锂离子/锂聚合物电池充电器

概述

ISL6292 是单节锂离子或锂聚合物电池充电器，可在低至 2.4V 的输入电压下工作。该充电器专为各种类型的 AC 适配器与 USB 端口而设计。

当 AC 适配器为电压电源时，ISL6292 用作线性充电器。电池则在 CC/CV（恒流/恒压）方式下充电。通过一个外部电阻可将充电电流编程为 2A。为了使热耗散最小，ISL6292 也可以与限定电流的适配器一起工作，在这种应用中，ISL6292 结合了线性充电器与脉冲充电器两者的优点。

在因热耗散而限制印刷电路板的面积时，ISL6292 的充电电流热折返保护（在器件的内部温度上升到超过 100°C 时，充电器就会自动减少充电电流，以防止温度进一步升高。）这一特点可确保操作的安全进行。其它的特点还包括对电池过度放电预处理、用于在安全温度范围内对电池充电的外部负温度系数（NTC）热电阻接口、自动再充电以及热性能增强型 QFN 或 DFN 封装。

订购信息

PART # (NOTE)	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. DWG. #
ISL6292-1CR3	-20 to 70	10 Ld 3x3 DFN	L10.3x3
ISL6292-1CR3-T	10 Ld 3x3 DFN Tape and Reel		
ISL6292-2CR3	-20 to 70	10 Ld 3x3 DFN	L10.3x3
ISL6292-2CR3-T	10 Ld 3x3 DFN Tape and Reel		
ISL6292-1CR4	-20 to 70	16 Ld 4x4 QFN	L16.4x4
ISL6292-1CR4-T	16 Ld 4x4 QFN Tape and Reel		
ISL6292-2CR4	-20 to 70	16 Ld 4x4 QFN	L16.4x4
ISL6292-2CR4-T	16 Ld 4x4 QFN Tape and Reel		
ISL6292-1CR5	-20 to 70	16 Ld 5x5 QFN	L16.5x5B
ISL6292-1CR5-T	16 Ld 5x5 QFN Tape and Reel		
ISL6292-2CR5	-20 to 70	16 Ld 5x5 QFN	L16.5x5B
ISL6292-2CR5-T	16 Ld 5x5 QFN Tape and Reel		
ISL6292EVAL1	Evaluation Board for the 3x3 DFN Package Part.		
ISL6292EVAL2	Evaluation Board for the 4x4 QFN Package Part.		

注：后缀“Z”：INTERSIL 的无铅产品采用了特殊的无铅材料、模塑料/压模附着材料与 100% 的无光泽镀锡片终端涂层，既可以进行锡铅焊接也可以进行无铅焊接。INTERSIL 的无铅产品是无铅峰值回流温度下经过 MSL 分类，达到或超越了《IPC/JEDEC J Std-020B》标准中的无铅要求。

在以上器件号（part#）末尾加上“Z”则表示无铅封装，例如，“ISL6292-1CR3Z-T”是无铅 ISL6292-1CR3-T 的器件号。

特点

- 对单节锂电进行完全充电
- **极低的热耗散**
- 集成调整元件与电流传感器
- 无需外部反向截止二极管
- 1%的电压精度
- 可编程的限定电流，最大值可达 2A
- 可编程的终止充电电流
- **充电电流热折返保护**
- 用于电池温度监控器的外部负温度系数（NTC）热电阻接口
- **适合多种类型的适配器或 USB 总线电源**
- **启动后保证在 2.65V 电压下工作**
- 周围温度范围：-20℃至 70℃
- 热性能增强型 QFN 封装
- 可提供无铅选择（后缀为“Z”）

应用

- 手提式设备，包括医疗手提设备
- PDA、便携式电话与智能电话
- 便携式仪器、MP3 播放器
- 自充电型电池组
- 独立充电器
- 由 USB 总线供电的充电器

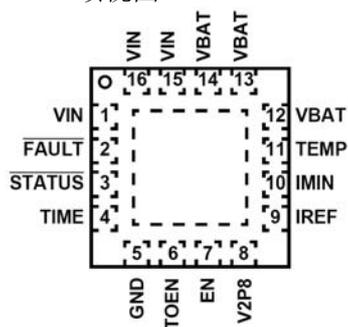
相关文献

- 技术简报 TB363 《湿度敏感型表面安装器件（SMD）的操作与处理指导》
- 技术简报 TB379 《封装半导体器件的热特性》
- 技术简报 TB389 《印刷电路板的焊盘图案设计与 QFN 封装的表面安装指导》

管脚排列图

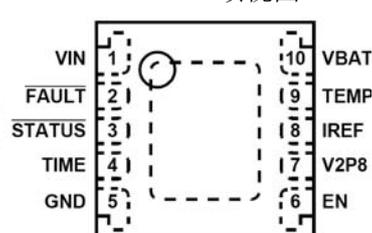
ISL6292（16 脚 QFN）

顶视图



ISL6292（16 脚 QFN）

顶视图



注意：这些器件对静电放电很敏感；请遵循正确的 IC 处理程序。

极限参数

电源电压 (VIN)	—0.3 至 7V
输出引脚电压 (BAT)	—0.3 至 5.5V
信号输入电压 (TOEN, TIME, IREF, IMIN)	—0.3 至 3.2V
输出引脚电压 (STATUS, FAULT)	—0.3 至 7V
充电电流 (4×4 或 5×5 QFN 封装)	2.1A
充电电流 (3×3 DFN 封装)	1.6A
静电放电额定值	
人体模型 (按照《MIL-STD-883 Method 3015.7》标准)	1500V
机器模型 (按照《EIAJ ED-4701 Method C-111》标准)	150V

推荐工作条件

周围温度范围	—20°C 至 70°C
电源电压, VIN	4.3V 至 6.5V

热信息

热电阻 (结点到周围环境) (注释 1)	θ_{JA} (°C/W)
5×5 QFN 封装	34
4×4 QFN 封装	41
3×3 DFN 封装	46
热电阻 (结点到外壳) (注释 2)	θ_{JC} (°C/W)
5×5 QFN 封装	4
4×4 QFN 封装	4
3×3 DFN 封装	4
最大结温 (塑料封装)	150°C
最大贮存温度范围	—65°C 至 150°C
最大引脚温度 (焊接, 10 秒)	300°C

注意：强度超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。这些仅仅是极限参数，并不意味着在极限条件下或在任何其它超出推荐工作条件所示参数的情况下器件能有效地工作。

注释：

- 1、 θ_{JA} 是用安装在高效热导测试板上的元件 (具有“直接附着”的特点) 在自然通风的条件下测得。详情见技术简报 TB379。
- 2、 θ_{JC} ，“外壳温度”区域是指封装下侧无遮蔽金属垫的中心区域。见技术简报 TB379。

电气规格

典型值在 $V_{IN}=5V$ ，周围温度为 25°C 的条件下测试，最大值与最小值在周围温度为 0°C 至 70°C，电源电压范围为 4.3V 至 6.5V 时可得以确保，除非另有说明。

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER-ON RESET						
Rising VIN Threshold			3.2	3.4	3.8	V
Falling VIN Threshold			2.3	2.4	2.65	V
STANDBY CURRENT						
VBAT Pin Sink Current	I _{STANDBY}	VIN floating or EN = LOW	-	-	3.0	μA
VIN Pin Supply Current	I _{VIN}	VBAT floating and EN pulled low	-	30	-	μA
VIN Pin Supply Current	I _{VIN}	VBAT floating and EN floating	-	1	-	mA
VOLTAGE REGULATION						
Output Voltage	V _{CH}	ISL6292-1	4.059	4.10	4.141	V
Output Voltage	V _{CH}	ISL6292-2	4.158	4.20	4.242	V
Dropout Voltage		VBAT = 3.7V, 0.5A, 4X4 or 5X5 package	-	140	-	mV
Dropout Voltage		VBAT = 3.7V, 0.5A, 3X3 package	-	175	-	mV
CHARGE CURRENT						
Constant Charge Current	I _{CHARGE}	R _{IREF} = 80kΩ, V _{BAT} = 3.7V	0.9	1.0	1.1	A
Trickle Charge Current	I _{TRICKLE}	R _{IREF} = 80kΩ, V _{BAT} = 2.0V	-	110	-	mA
Constant Charge Current	I _{CHARGE}	IREF Pin Voltage > 1.2V, V _{BAT} = 3.7V	400	450	500	mA
Trickle Charge Current	I _{TRICKLE}	IREF Pin Voltage > 1.2V, V _{BAT} = 2.0V	-	45	-	mA
Constant Charge Current	I _{CHARGE}	IREF Pin Voltage < 0.4V, V _{BAT} = 3.7V	-	-	100	mA
Trickle Charge Current	I _{TRICKLE}	IREF Pin Voltage < 0.4V, V _{BAT} = 2.0V	-	10	-	mA
End-of-Charge Threshold		R _{IMIN} = 80kΩ	85	110	135	mA
RECHARGE THRESHOLD						
Recharge Voltage Threshold	V _{RECHRG}	ISL6292-2	-	4.0	-	V
Recharge Voltage Threshold	V _{RECHRG}	ISL6292-1	-	3.90	-	V

(续表)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TRICKLE CHARGE THRESHOLD						
Trickle Charge Threshold Voltage	V _{MIN}		2.7	2.8	3.0	V
TEMPERATURE MONITORING						
Low Battery Temperature Threshold	V _{TMIN}	V2P8 = 3.0V	1.40	1.50	1.60	V
High Battery Temperature Threshold	V _{TMAX}	V2P8 = 3.0V	0.34	0.38	0.42	V
Battery Removal Threshold	V _{RMV}	V2P8 = 3.0V	-	2.25	-	V
Charge Current Foldback Threshold	T _{FOLD}		85	100	115	°C
Current Foldback Gain	G _{FOLD}		-	100	-	mA/°C
OSCILLATOR						
Oscillation Period	T _{OSC}	C _{TIME} = 15nF	2.4	3.0	3.6	ms
LOGIC INPUT AND OUTPUT						
TOEN Input High			2.0	-	-	V
TOEN and EN Input Low			-	-	0.8	V
IREF and IMIN Input High			1.2	-	-	V
IREF and IMIN Input Low			-	-	0.4	V
STATUS/FAULT Sink Current		Pin Voltage = 0.8V	5	-	-	mA

典型工作性能

典型工作性能的测试条件是： $V_{IN}=5V$ ， $T_A=25^{\circ}C$ ， $R_{REF}=R_{IMIN}=80k\Omega$ ， $V_{BAT}=3.7V$ ，除非另有说明。

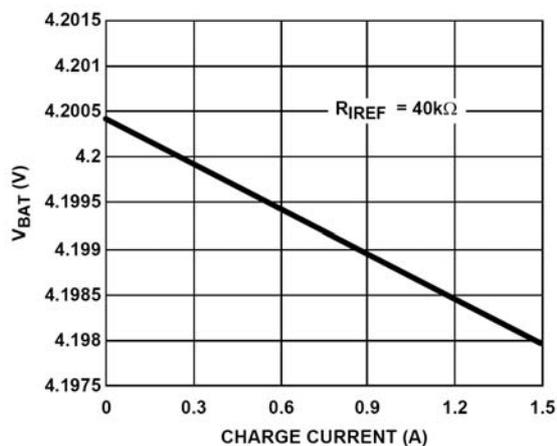


图 1 充电器输出电压与充电电流的关系

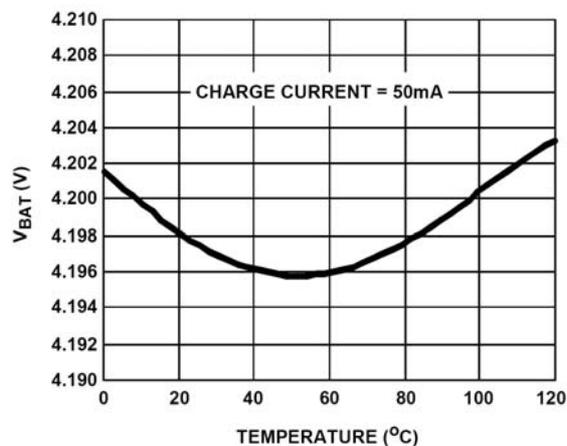


图 2 充电器输出电压与温度的关系

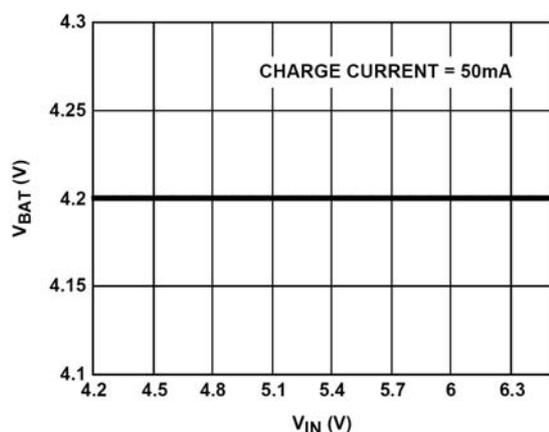


图 3 充电器输出电压与输入电压的关系
(充电电流为 50mA)

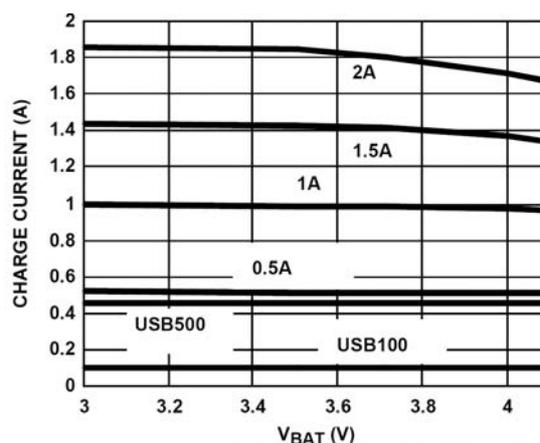


图 4 充电电流与输出电压的关系

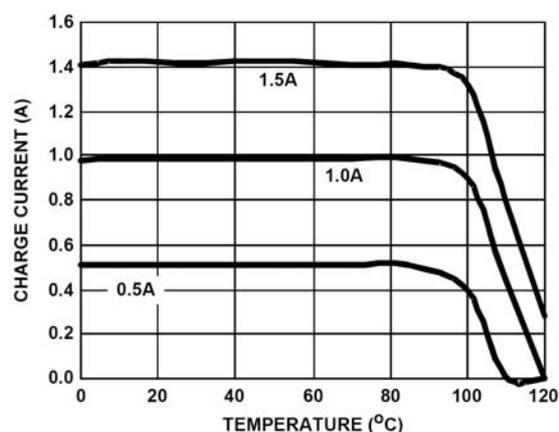


图 5 充电电流与周围温度的关系

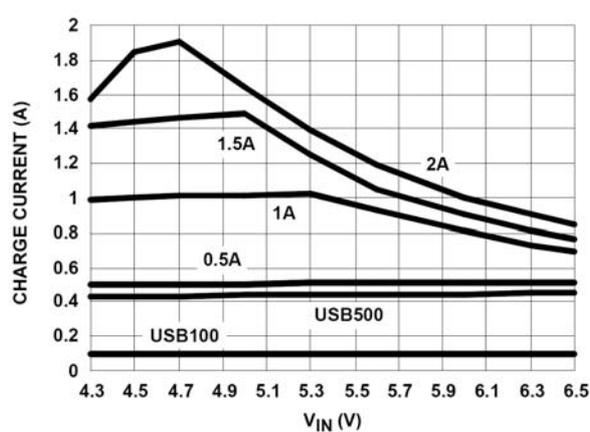


图 6 充电电流与输入电压的关系

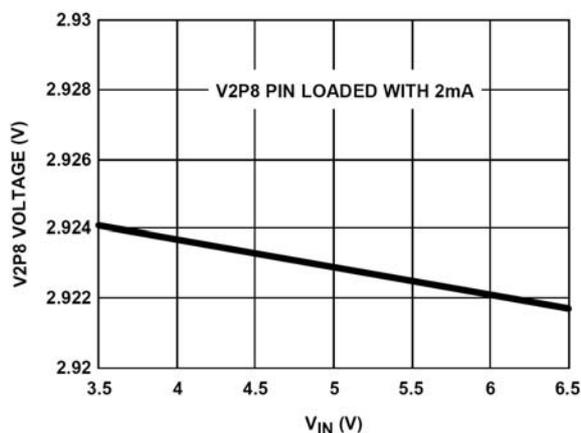


图 7 V2P8 输出与输入电压的关系

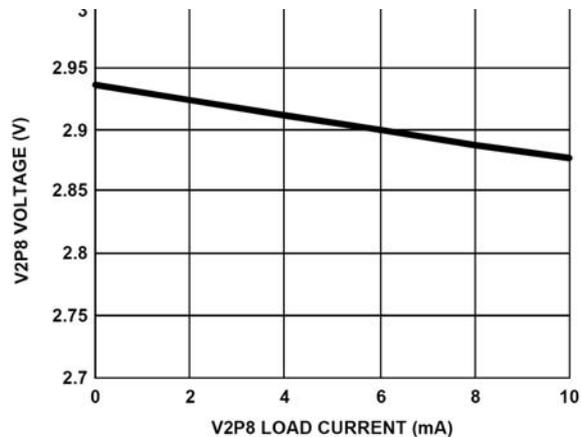


图 8 V2P8 输出与其负载电流的关系

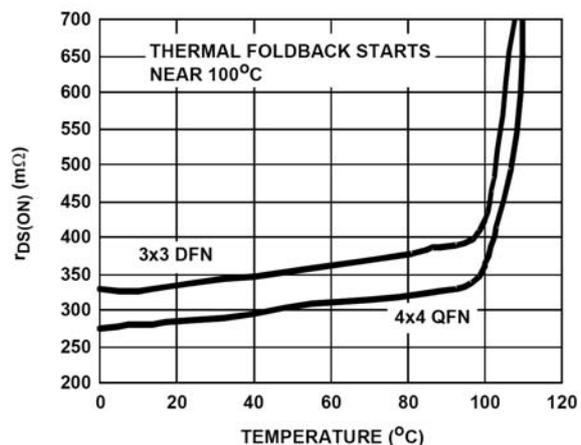


图 9 $r_{DS(ON)}$ 与温度的关系 (输出电压为 3.7V)

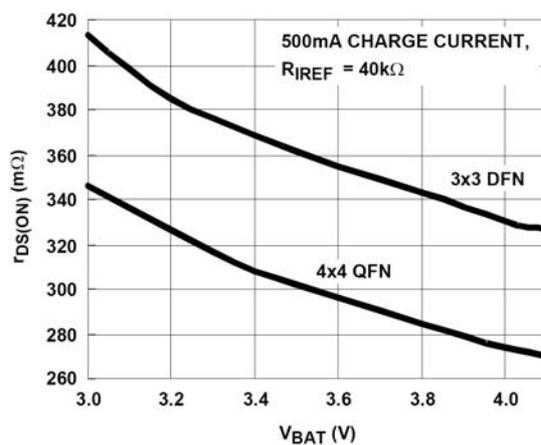


图 10 $r_{DS(ON)}$ 与输出电压的关系 (使用限定电流的适配器的时)

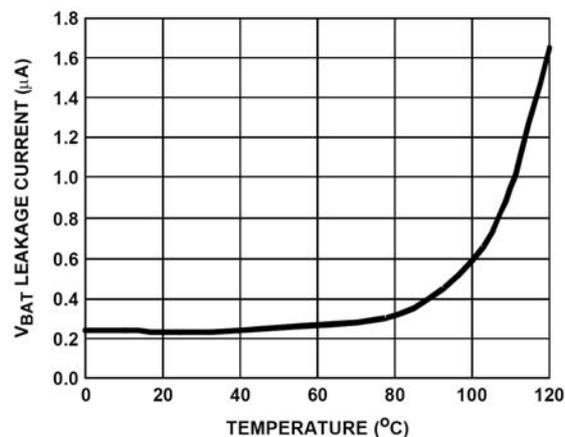


图 11 反向电流与温度的关系

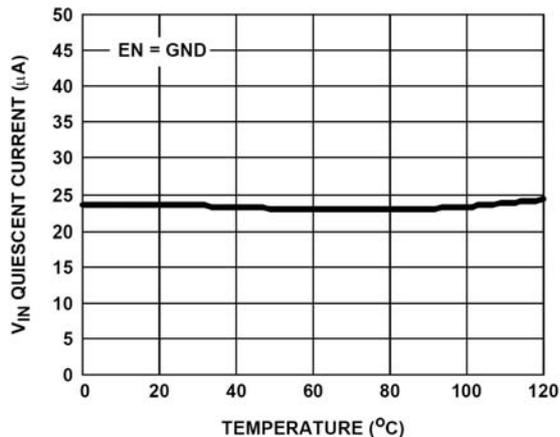


图 12 输入静态电流与温度的关系

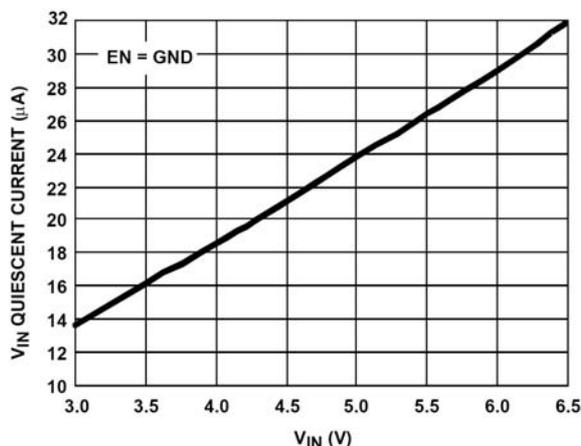


图 13 输入静态电流与输入电压的关系（关断时）

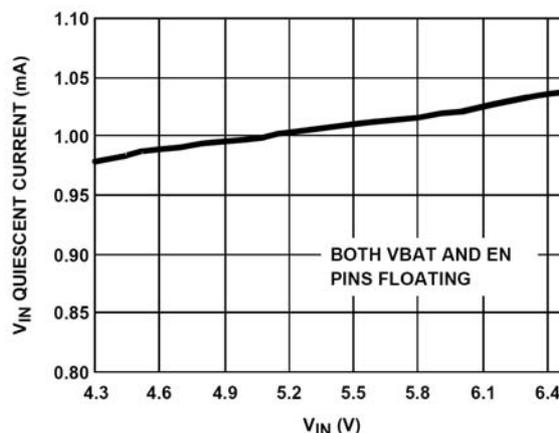


图 14 输入静态电流与输入电压的关系（不关断时）

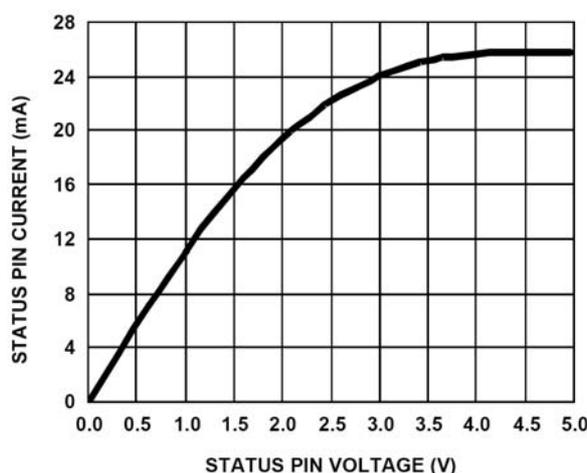


图 15 状态/故障引脚电压与电流的关系（在漏极开路 MOSFET 接通时）

引脚描述

VIN（4×4, 5×5 封装：引脚 1、15、16； 3×3 封装：引脚 1）
VIN 是输入电源，连接到电源适配器。

故障 (FAULT) (引脚 2)

FAULT 是一个漏极开路输出脚，显示故障的状态。在任意故障条件下，该引脚被拉至低电平。

状态 (STATUS) (引脚 3)

STATUS 是漏极开路输出脚，显示“正在充电”与“禁止充电”状态。当充电器正在对电池充电时，该 STATUS 脚被拉至低电平。

计时 (TIME) (引脚 4)

在该引脚与 GND 引脚之间接一个时基电容，则该 TIME 引脚就可以确定振荡周期。振荡器也可以为充电器提供时间基准。

GND (引脚 5)

GND 脚为系统接地脚。

TOEN (4×4, 5×5 封装: 引脚 6; 3×3 封装: 不适用)

TOEN 是超时使能输入脚。将该引脚拉低则禁止快充模式的超时充电限制, 使该引脚保持高电平或悬空状态则激活超时限制。

EN (4×4, 5×5 封装: 引脚 7; 3×3 封装: 引脚 6)

EN 是使能逻辑输入脚。将 EN 脚接至低电平则禁止充电器的工作; 使其处于悬空状态则使充电器可正常工作。

V2P8 (4×4, 5×5 封装: 引脚 8; 3×3 封装: 引脚 7)

这是一个 2.8V 的基准电压输出脚。在输入电压高于上电复位 (POR) 门限电压并且输出电压高于 0 时, 该引脚输出一个 2.8V 的基准电压。V2P8 脚可显示出是否使用了适配器。

IREF (4×4, 5×5 封装: 引脚 9; 3×3 封装: 引脚 8)

这是恒定充电电流的编程输入脚。

IMIN (4×4, 5×5 封装: 引脚 10; 3×3 封装: 不适用)

IMIN 是充电终止电流的可编程输入脚。

TEMP (4×4, 5×5 封装: 引脚 11; 3×3 封装: 引脚 9)

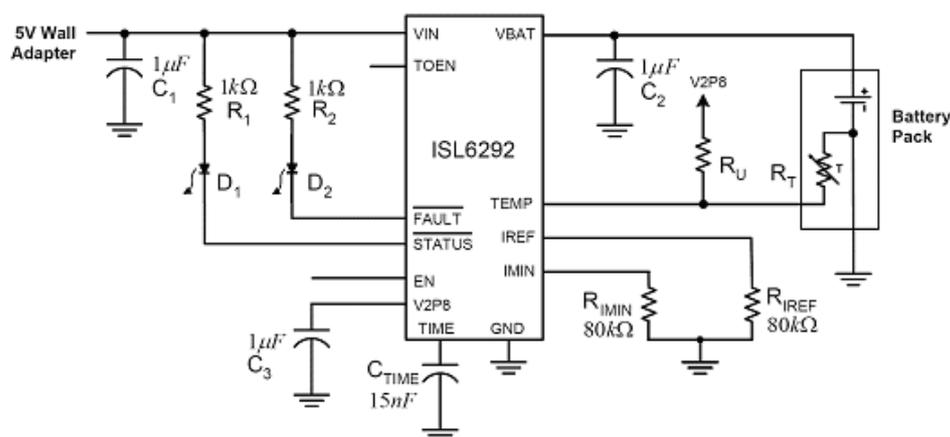
TEMP 是外部外部负温度系数 (NTC) 热敏电阻的输入脚。该引脚也可用于检测电池是否已移开。

VBAT (4×4, 5×5 封装: 引脚 12、13、14; 3×3 封装: 引脚 10)

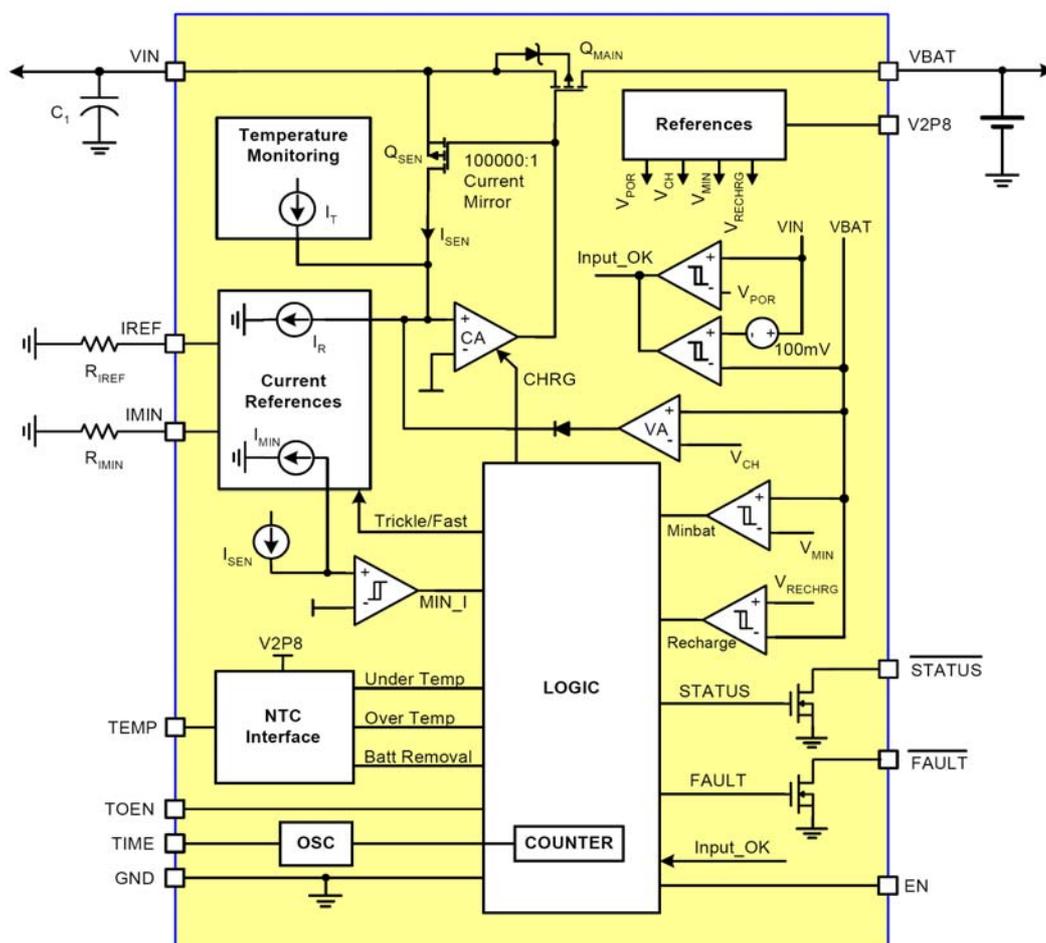
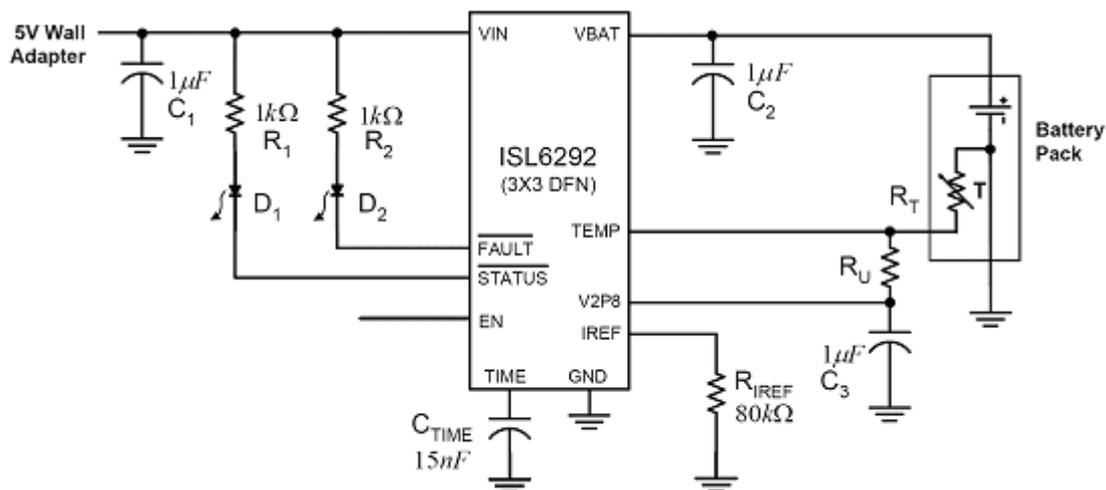
VBAT 与电池相连。在没有与电池连接时, 需要连接一个典型值为 $10\mu\text{F}$ 的钽电容以保持稳定。在有电池与之连接时, 只需要一个 $0.1\mu\text{F}$ 的陶瓷电容。

典型应用

以下是 4×4 或 5×5 QFN 封装器件的典型应用电路图。



以下是 3×3 DFN 封装器件的典型应用电路图。



注：对于 3×3 DFN 封装，TOEN 脚保持悬浮状态，并且 IMIN 脚在内部被接至 V2P8 脚。

图 16 方框图

工作原理

ISL6292 是单节锂离子或锂聚合物电池的高度集成的充电器。在由电压电源适配器供电时，ISL6292 可用作传统的线性充电器；在由电流限定的适配器供电时，该充电器可以使传统线性充电器中常见的热耗散最小化。

作为线性充电器，ISL6292 在通用的恒流恒压方式下充电。利用外部电阻或逻辑输入端，恒定充电电流 I_{REF} 可以通过编程并达到最大值 2A（3×3 DFN 封装器件为 1.5A）。充电电压 V_{CH} 的精度为 1%，基于整个推荐工作条件范围。在每个充电周期开始时，充电器总是用 10% 的编程电流对电池进行预先调节，直至确认电池电压高于最小快充电电压， V_{MIN} 。这种低强度电流预处理充电模式被称作涓流模式。整个确认过程需要 15 个内部振荡器周期，持续时间可用时基电容器来编程设定。热折返特色设计使 ISL6292 避免了线性充电器的常见热耗散问题。在器件的内部温度上升到超过 100°C 时，充电器就会自动减少充电电流，以防止温度进一步升高。在印刷电路板的面积因热耗散而受到限制时，器件的热折返特性可确保安全操作。

TEMP 脚监控电池温度以确保安全的充电温度范围。使用一个外部负温度系数（NTC）热敏电阻可以对这一温度范围进行编程设定。TEMP 脚也可以用于检测电池是否被移开。

该充电器可提供安全定时器，用于设置快速充电时间（超时）限制，防止对已用完的电池进行过长时间的充电。若有需要，这一超时限制可以用 TOEN 脚来禁止。涓流模式仅限于超时时间的 1/8，并且不能通过 TOEN 脚禁止。

在电池电压下降到低于再充电门限电压时，充电器会自动对电池再次充电。在没有插接适配器时，ISL6292 从电池中吸收 1 μA 以下的电流。

充电器还带有三个指示引脚，以显示充电状态。在输入电压高于上电复位（POR）电平时，V2P8 脚输出一个 2.8V 的 DC 电压，并且被用作当前电压指示。该引脚可以流出 2mA 的电流，因此它也可以用于对外部电路进行偏置。STATUS 脚是一个漏极开路逻辑输出脚，在充电周期开始时它变为低电平直到满足充电终止条件。充电终止条件是：电池电压上升到高于再充电门限电压并且充电电流下降到低于用户可编程的充电终止电流门限。一旦满足充电终止条件，STATUS 输出脚上升为高电平并且被锁闭。这种锁闭状态在每个充电或再次充电周期开始时被释放。只要有故障条件产生，漏极开路的 FAULT 脚即变为低电平。故障条件包括外部电池温度故障、充电时间故障或电池被移开。

图 17 显示了由恒压适配器供电的传统线性充电器的典型充电曲线。从上往下，这些曲线分别表示恒定输入电压、电池电压、充电电流与充电器功耗。功耗 P_{CH} 可由以下公式算出：

$$P_{CH} = (V_{IN} - V_{BAT}) * I_{CHARGE} \quad (\text{公式 1})$$

其中， I_{CHARGE} 是充电电流。最大功耗发生在恒流模式开始时。该器件可消耗的最大功率取决于印刷电路板的热阻抗。图 17 以虚线表明了因为热折返的缘故充电电流受最大功耗限制的两种情况。

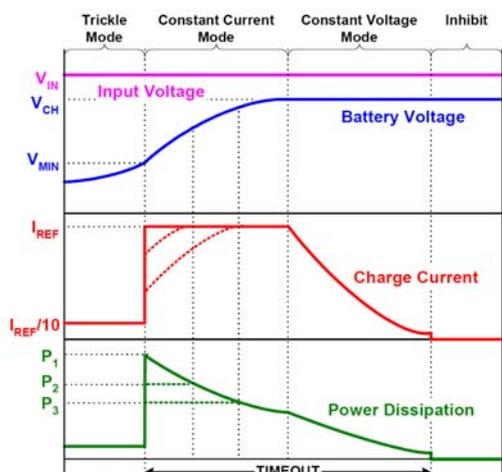


图 17 使用恒压适配器时的典型充电曲线

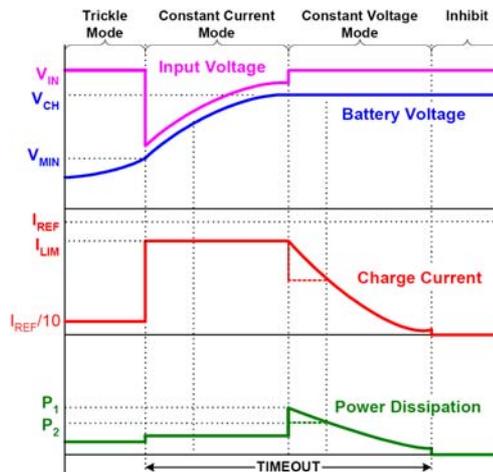


图 18 使用电流限制适配器时的典型充电曲线

在使用电流限制的适配器时，ISL6292 的热耗散问题完全正不同。图 18 是使用电流限制适配器时的典型充电曲线图。这种操作要求对 I_{REF} 进行编程使其高于适配器的限制电流 I_{LIM} ，如图 18 所示。充电器在这些条件下工作的主要不同表现在恒流模式中。

方框图 16 可以帮助理解这种操作。电流回路由电流放大器CA与感应MOSFET Q_{SEN} 组成。基准电流 I_R 由 I_{REF} 脚编程。电流放大器CA对感应MOSFET Q_{SEN} 的门栅进行调节，以使感应电流 I_{SEN} 与基准电流 I_R 相匹配。主MOSFET Q_{MAIN} 与感应MOSFET Q_{SEN} 组成一个比率为 100000: 1 的电流反射镜，也就是说，输出充电电流是 I_R 的 100000 倍。在恒流模式中，电流回路试图通过提升感应MOSFET Q_{SEN} 来增加充电电流，以使感应电流与基准电流相匹配。另一方面，适配器的电流也受到限制，实际输出电流绝不会达到基准电流的要求。因此，电流误差信号放大器CA继续提升 Q_{SEN} 与主MOSFET Q_{MAIN} ，直到它们完全被接通。这样，主MOSFET就变成了一个电源开关而不是线性调节器。恒流模式中的功耗变成：

$$P_{CH} = R_{DS(ON)} * I_{CHARGE}^2 \quad (\text{公式 2})$$

其中， $r_{DS(ON)}$ 是指主MOSFET被完全接通时的电阻。这一功耗的典型值大大少于传统线性模式中的峰值功耗。

如图 18 所示，使用电流限制适配器时的最差功耗通常出现在恒压模式开始时。公式 1 也适用于恒压模式。在使用一个面积很小但热阻抗相对较大的印刷电路板时，内部温度有可能还是可以达到热折返门限。在这种情况下，通过降低充电电流可以使器件受到热保护，如充电电流与功率曲线图中的虚线所示。对适配器进行恰当的设置可以进一步减少 ISL6292 的峰值功耗。详情见“应用信息”一节。

图 19 显示了线性充电器从上电到再次充电这一周期的典型信号波形图。详情见“应用信息”一节。

应用信息

上电复位 (POR)

如果输入电压上升到高于上电复位上升门限电压，ISL6292 就会自动复位。V2P8 脚输出一个 2.8V 的电压，内部振荡器开始振荡，内部定时器被复位，同时充电器开始对电池充电。两个指示脚STATUS与FAULT分别显示低电平与高电平逻辑信号。图 19 显示了 t_0 与 t_2 之间的充电器的启动情况。

ISL6292 上升上电复位门限电压的典型值为 3.4V，下降上电复位门限电压为 2.4V。这个 2.4V 的下降门限电压确保充电器在与电流限制适配器一起工作时，其热耗散最小。

充电周期

一个充电周期包含三种充电模式：涓流模式、恒流 (CC) 模式以有恒压 (CV) 模式。充电周期总是以涓流模式开始直到电池电压高于 V_{MIN} (典型值为 2.8V)，并保持 15 个持续的内部振荡器周期。如果电池电压在这 15 个周期内降到 V_{MIN} 以下的话，15 周期计数器则被复位，充电器则还是处于涓流状态。在对电池电压进行确认以后，充电器转入恒流模式。在电池组的端电压上升到最终的充电电压 V_{CH} 时，恒压模式随之开始。在恒压模式中在恒定的 V_{CH} 电压下调节端电压，并期望充电电流有所下降。在充电电流下降到低于 I_{MIN} (4X4 与 5X5 封装器件的 I_{MIN} 是可编程的，3X3 封装的器件可以编程为 I_{REF} 的 1/10，详情见“充电终止电流”一节) 之后，ISL6292 用STATUS脚来表明充电的终止。实际上，充电过程要到内部定时器完成其超时时长并使电池达到最大容量时才终止。充电周期期间的信号如图 19 所示 (在 t_2 与 t_5 之间)。

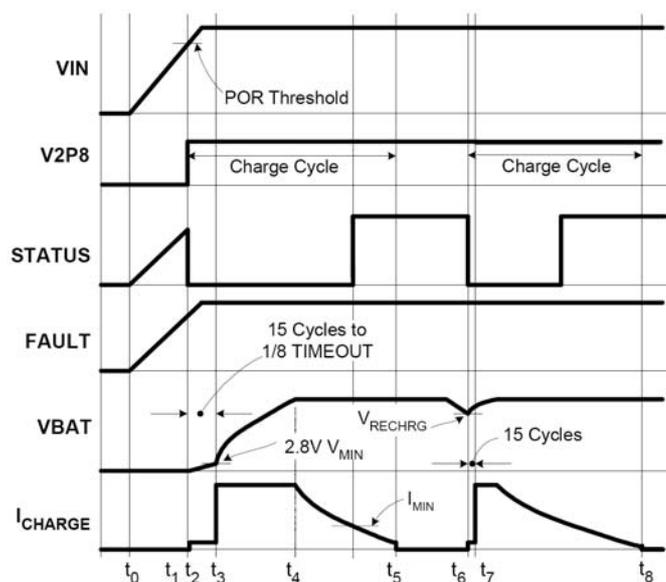


图 19 工作波形图

以下事件可启动一个新的充电周期：

- 上电复位
- 插入一块新电池（由 TEMP 脚检测）
- 在一个充电周期完成之后，电池电压下降到再充电门限电压以下
- 从一次电池过温故障中复原
- 或者，EN 脚从 GND 切换到悬空状态

这些事件的详细描述本数据手册稍后将会给出。

再次充电

在一次充电周期完成之后，对电池的充电则被禁止，直到电池电压下降到再次充电门限电压， V_{RECHRG} （见“电气规格”表）。这样，一次新的充电周期就在 t_6 点开始在 t_8 点处结束，如图 19 所示。安全定时器则在 t_6 点处复位。

内部振荡器

内部振荡器提供一个时间基准。振荡周期可通过外部时基电容 C_{TIME} 来编程，如“典型应用”图所示。在一个周期期间，振荡器对时基电容进行充电至 1.5V，然后再将其放电至 0.5V，电流均为 10 μ A。周期持续时间 T_{OSC} 为：

$$T_{OSC} = 0.2 \cdot 10^6 \cdot C_{TIME} \quad (\text{秒}) \quad (\text{公式 3})$$

一个 1nF 的电容可导致一个 0.2ms 的振荡周期。周期的精度主要取决于电容的精度与内部电流源。

总充电时间

恒流模式与恒压模式的总充电时间受超时时长的限制。一个 22 位的二进制计数器在内部振荡器的每个振荡周期后都加 1 以设置超时时间。超时时间这样算得：

$$\text{超时时间 (TIMEOUT)} = 2^{22} \cdot T_{OSC} = 14 \cdot C_{TIME} / 1\text{nF} \quad (\text{秒}) \quad (\text{公式 4})$$

一个 1nF 的电容产生 14 分钟的超时。那么，如果电容为 15nF，则会将超时设置为 3.5 小时。充电器必须得在超时之前达到充电终止条件，否则，就会产生一次超时故障。超时故障会锁闭充电器。有两种方法可解除这种闭锁：将输入电源掉电后再上电，或者触发 EN 脚以禁止充电器然后再激活充电器。

涓流模式充电有时间限制，为超时时间的 1/8。如果电源电压在这段时间内没有达到 V_{MIN} ，则会产生

一次超时故障，同时充电器被锁闭。充电器处于涓流模式的时长最少为 15 个内部振荡器周期，最多为超时时间的 1/8，如图 19 所示。

禁止超时限制

对快充模式的超时限制可以被禁止，通过将 TOEN 脚拉低或将其短接到 GND。这样，充电器就变成了一个电流限制、低压差的电源，其电压由最终充电电压 V_{CH} 来调节并且其电流限制则取决于 IREF 脚。如果低压差负载电流降到终止充电电流以下的话（参考“充电终止”一节），STATUS 脚则会显示出这一状态。

但是对于涓流充电时限，即使将 TOEN 脚拉低也不能禁止。在充电周期开始时，即使禁止超时，充电器也会在涓流模式下工作。推荐使用通过保持 TOEN 脚漂浮的方法来使能超时功能，而不建议将 TOEN 脚拉到 3.0V 以上。

对充电电流进行编程

充电电流可以通过 IREF 脚进行编程。以下三种方法可对充电电流进行编程：

1. 将 IREF 脚拉到 1.3V 以上
2. 将 IREF 脚降低到 0.4V 以下
3. 或者如“典型应用”图所示，使用 R_{IREF}

IREF 的电压在没有被外部电源驱动时可被调节成一个 0.8V 的基准电压。恒流模式中的充电电流是 R_{IREF} 电阻电流的 100000 倍。因此，根据 IREF 脚的使用情况，充电电流分别为：

$$I_{REF} = \begin{cases} 500\text{mA} & V_{IREF} > 1.3\text{V} \\ \frac{0.8\text{V}}{R_{IREF}} \times 10^5 (\text{A}) & R_{IREF} \\ 100\text{mA} & V_{IREF} < 0.4\text{V} \end{cases} \quad (\text{公式 5})$$

对于高功率 USB 端口，500mA 的电流是能保证的最大值，典型值为 450mA。而对于低功率 USB 端口，100mA 的电流则是能保证的最大值。本设计提供 USB 功率规格说明。

IREF 脚的内部基准电压可输出低于 100 μ A 的电流。在使用逻辑电路拉低 IREF 脚时，该逻辑电路需吸收至少 100 μ A 的电流。

如果适配器为电流限制型，则推荐将基准电流编程为至少比适配器的电流极限（等于充电电流）高 30%。此外，充电电流至少应为 350mA，这样 VIN 与 VBAT 脚之间的电压差就大于 100mV。这个 100mV 的电压差就是方框图中所示的输入/输出比较器的偏移电压。

充电终止电流

充电终止电流 I_{MIN} 确定充电器用 STATUS 脚来开始显示充电终止的电平，如图 19 所示。实际上，如“总充电时间”一节中所述，充电过程要到超时结束后才会终止。有两种方法可对 I_{MIN} 进行设置：通过在 IMIN 脚与地线之间接一个电阻，或者通过将 IMIN 脚接至 V2P8 脚。在用电阻进行编程时， I_{MIN} 可通过以下公式得出：

$$I_{MIN} = 10000 * V_{REF} / R_{IMIN} = 0.8\text{V} / R_{IMIN} * 10^4 (\text{A}) \quad (\text{公式 6})$$

其中， R_{IMIN} 指连接在 IMIN 脚与地线之间的电阻。在被接至 V2P8 脚时， I_{MIN} 被设置为 I_{REF} 的 1/10，除非是 IREF 脚被短接到 GND。如果 IREF 脚真的被短接到 GND，则 I_{MIN} 为 5mA。对于 3X3 DFN 封装的 ISL6292 而言，IMIN 脚在内部被连接到 V2P8 脚。

充电电流热折返

过热是线性充电器常见的问题。最大功耗通常发生在充电周期开始时，此时电池电压最小但充电电流却最大。ISL6292 的充电电流热折返功能将用户从过热问题中解放出来。

图 20 显示了电流误差放大器 CA（见方框图）求和端处的电流信号。 I_R 是基准电流。 I_T 则是由温度监控模块输出的电流。 I_T 对充电电流没有影响，直到内部温度达到 100 $^{\circ}$ C 左右；此后 I_T 则以 1 μ A/ $^{\circ}$ C 的速率上

升。在 I_T 上升时，电流控制回路迫使感应电流 I_{SEN} 以相同的速率下降。作为反射电流，充电电流是感应电流的 100000 倍，同时以 $100\text{mA}/^\circ\text{C}$ 的速率下降。对于恒定充电电流设置为 1A 的充电器，在内部温度上升到 110°C 时，充电电流会降低到 0。实际充电电流在 100°C 至 110°C 之间保持稳定。

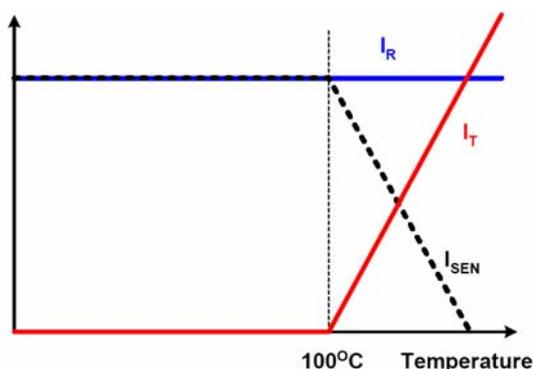


图 28 放大器 CA 输入端的电流信号

因为有热折返功能，充电电流一般不会降到 I_{MIN} 以下。这样，就某些特例而言，充电器不会显示充电终止状态，除非电池电压已超过再次充电门限电压。

2.8V 的偏置电压

ISL6292 为内部控制与逻辑电路提供一个 2.8V 的偏置电压。此电压对外部电路也有效，如负温度系数（NTC）热电阻电路。可接受的最大负载为 2mA 。

负温度系数（NTC）热敏电阻

ISL6292 用两个比较器（CP2 与 CP3）来组成一个窗口式比较器，如图 22 所示。在 TEMP 引脚的电压“超出窗口”时，取决于 V_{TMIN} 与 V_{TMAX} ，ISL6292 停止充电并指示出现一个故障条件。在温度回复到设置范围时，充电器重新启动一个充电周期。两个 MOSFET——Q1 与 Q2 对高端与低端两个门限产生滞后作用。温度窗口如图 21 所示。

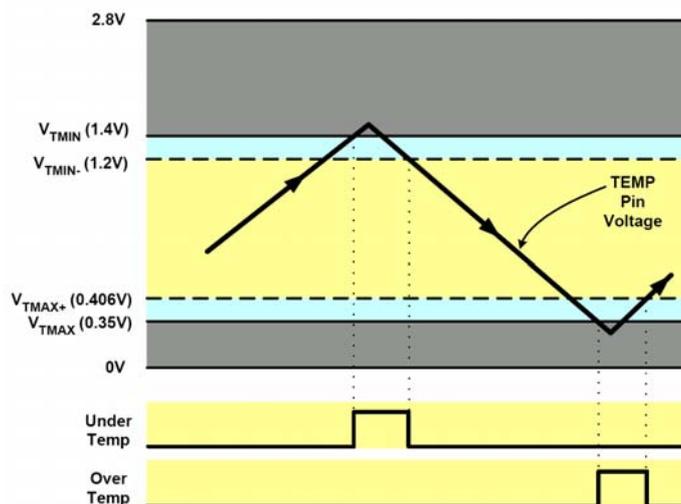


图 21 TEMP 脚的临界电压

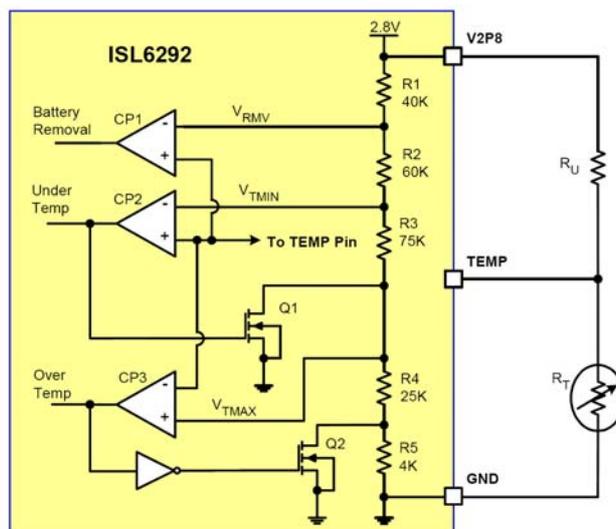


图 22 负温度系数接口的内部与外部电路

随着 TEMP 脚的电压由低到高上升并最终超过 1.4V 的门限电压，底下的温度信号也上升并且直到 TEMP 脚的电压下降到低于 1.2V 下降门限电压时才会清零。相似地，在 TEMP 脚的电压下降到低于 0.35V 门限电压时产生过温信号，此过温信号直到 TEMP 脚电压上升到高于 0.406V 时才会清零。2.8V 电压的精度并不重要，因为所有的门限电压与 TEMP 引脚电压的比率都由电阻分压器确定，如图 22 所示。

对于低温与高温极限，负温度系数热电阻需要一个 7: 1 的电阻比，即：

$$R_{\text{COLD}}/R_{\text{HOT}}=7 \quad (\text{公式 7})$$

这是因为在最低温度时，TEMP 引脚的电压为 1.4V，是 2.8V 偏压的 1/2。因此，

$$R_{\text{COLD}}=R_U \quad (\text{公式 8})$$

其中， R_U 是图 22 中所示的上拉电阻。另一方面，在最高温度时 TEMP 引脚的电压为 0.35V，是 2.8V 偏压的 1/8。因此，

$$R_{\text{HOT}}=R_U/7 \quad (\text{公式 9})$$

对这种应用有多种负温度系数热敏电阻适用。表 1 给出了电阻比以及在不同温度下 Vishay 出产的 curve-1 NTC 热敏电阻的负温度系数（网址：<http://www.wishay.com>）。3°C 时的电阻值大约是 47°C 时电阻值的 7 倍，即，

$$R_{3^\circ\text{C}}/R_{47^\circ\text{C}}=7 \quad (\text{公式 10})$$

因此，如果 3°C 是最低温度，则最高温度约为 47°C。上拉电阻 R_U 可以选择与 3°C 时相同的电阻值。

表 1 VISHAY 出产的 CURVE-1 负温度系数热电阻的电阻比

TEMPERATURE (°C)	$R_T/R_{25^\circ\text{C}}$	NTC (%/°C)
0	3.266	5.1
3	2.806	5.1
5	2.540	5.0
25	1.000	4.4
45	0.4368	4.0
47	0.4041	3.9
50	0.3602	3.9

温度滞后是可以估算的。低温时，滞后约为：

$$T_{\text{hysLOW}} = (1.4\text{V} - 1.2\text{V}) / (1.4\text{V} * 0.051) \approx 3 \quad (^\circ\text{C}) \quad (\text{公式 11})$$

其中，0.051 是 3°C 时的负温度系数。类似地，高温时，滞后为：

$$T_{\text{hysHIGH}} = (0.406\text{V} - 0.35\text{V}) / (0.35\text{V} * 0.039) \approx 4 \quad (^\circ\text{C}) \quad (\text{公式 12})$$

其中，0.039 是 47°C 时的负温度系数。

对于那些不需要监控电池温度的应用，可以用一个阻值为上拉电阻 R_U 一半的常规电阻来代替负温度系数热敏电阻。另一种选择是将 TEMP 脚连接到输出电压为 0.8V 的 IREF 脚。这样一来，IREF 脚就再不能用逻辑输入脚编程了。

电池移开检测

ISL6292 认为热电阻与电池是一起工作的并且认为它也与电池一起移开。当充电器监测到 2.1V 或更高的 TEMP 引脚电压时，它即认为电池已被移开。电池移开检测电路也如图 22 所示。在电池被移走时，充电器发出一个故障信号指示，同时充电操作被中断。在重新插入电池时，新的充电周期开始。

状态指示

ISL6292 有三种状态指示：输入电压指示、充电状态与故障指示。输入电压指示由 V2P8 脚提供而其它两种指示则由 STATUS 脚与 FAULT 脚分别给出。图 23 显示了 V2P8 引脚电压与输入电压之间的关系。表 2 则概述了其它两个引脚的情况。

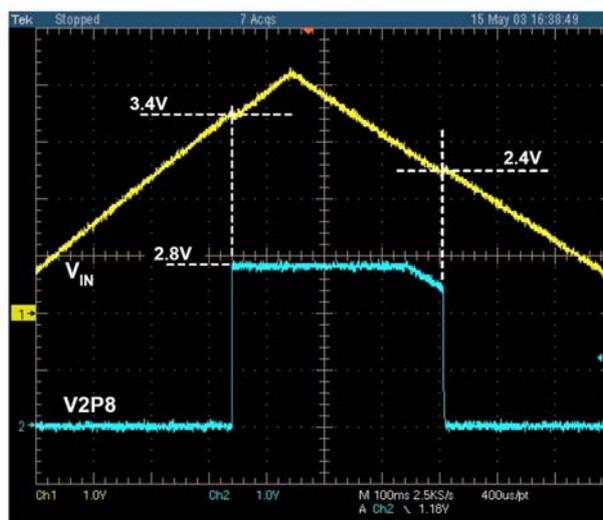


图 23 V2P8 脚的输出电压与 VIN 脚的输入电压之间的关系。垂直：1V/DIV，水平：100ms/DIV

关断

ISL6292 可以通过将 EN 脚接地来关断。关断时，充电器从输入电源处吸收少于 $30\mu\text{A}$ （典型值）的电流，同时 V2P8 脚上 2.8V 的输出电压也被关断。EN 脚需要以漏极开路或集电极开路的逻辑输出激活，因此当充电器被使能时，EN 脚处于悬空状态。

表 2 状态指示

FAULT	STATUS	状态指示
高	高	充电完成，没有故障（禁止）或无须等待
高	低	正以三种模式中的一种充电
低	高	故障

*两种输出都必须用外部上拉电阻。

输入与输出电容选择

通常任意类型的电容都可以用于输入与输出。推荐使用 $0.47 \mu\text{F}$ 或更高值的陶瓷电容用于输入。在电池附着在充电器上时，输出电容可以是高于 $0.1 \mu\text{F}$ 任意类型的陶瓷电容。但是，如果充电器被用作一个低压差的线性稳压器的话，推荐使用 $10 \mu\text{F}$ 的钽电容。

电流限制适配器

图 24 给出了电流限制适配器电流-电压的理想特性。 V_{NL} 是无负载适配器的输出电压， V_{FL} 则是处于电流极限 I_{LIM} 时的全负载电压。在输出电流达到极限 I_{LIM} 之前，适配器呈现出电压电源的特性。斜率 r_O 代表电压电源的输出电阻。对于稳定的电源，输出电阻可以非常小，但一些适配器本身就有确定大小的输出电阻。

适配器在恒流模式中工作时就等价于一个电流源。作为电流源，其输出电压取决于负载，在此例中，即为充电器与电池。在对电池充电时，适配器的输出端从电流-电压特性曲线中较低的电压如点 A 上升到较高的电压，直到达到转换点 B，如图 24 所示。

由于这一特性，适配器在恒压模式中工作时就等价于一个带有输出电阻的电压源。随着充电电流的下降，适配器的输出也从点 B 移到点 C，如图 24 所示。

电池组大体上也可以用作一节带有串联电阻的理想电池，也如图 24 所示。ISL6092 充电器处于适配器与电池之间。

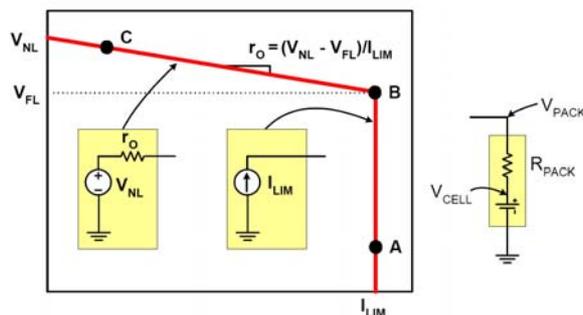
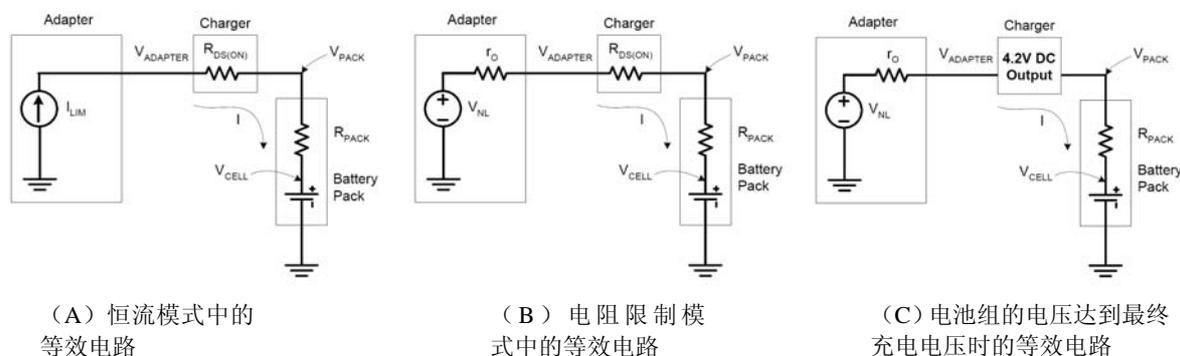


图 24 电流限制适配器的理想电流-电压特性

与电流限制适配器一起工作

如上文所述，在使用了电流限制的 AC 适配器时，ISL6292 可以最小化热耗散，见图 18。若对适配器设计得当，热耗散还可以进一步降低。下面的组图显示了在电池组电压达到最终的充电电压 (4.1V 或 4.2V) 之前，如果适配器的输出电压达到全负载的输出电压 (图 24 中的 B 点)，则可以使热耗散最小化。以下论题的假设值为：适配器的电流极限= 750mA ，电池组的等效电阻= $200\text{m}\Omega$ ，充电器的接通电阻则为 $350 \text{m}\Omega$ 。



(A) 恒流模式中的等效电路

(B) 电阻限制模式中的等效电路

(C) 电池组的电压达到最终充电电压时的等效电路

图 25 与电流限制的适配器一起工作时充电系统的等效电路

在恒流模式中充电时，充电器中的调整元件被完全接通。充电器等效于内部 P 通道 MOSFET 的接通

电阻。整个充电系统则等效于图 25 (A) 中所示的电路。充电电流是恒定的极限电流 I_{LIM} ，适配器的输出电压可以容易地得出：

$$V_{Adapter} = I_{LIM} * R_{DS(ON)} + V_{PACK} \quad (\text{公式 13})$$

其中， V_{PACK} 是电池组的电压。充电器的功耗可由公式 2 得出，其中， $I_{CHARGE} = I_{LIM}$ 。

适配器设计的临界条件是适配器的输出电压达到图 24 中的 B 点，同时，电池组的电压达到最终充电电压 (4.1V 或 4.2V)，即，

$$V_{Critical} = I_{LIM} * R_{DS(ON)} + V_{CH} \quad (\text{公式 14})$$

例如，如果最终充电电压为 4.2V， $r_{DS(ON)}$ 为 $350m\Omega$ ，并且极限电流 I_{LIM} 为 750mA，则临界适配器的全负载电压为 4.4625V。

如果以上条件为真，则在适配器退出电流限制模式的同时充电器则进入恒压模式。等效充电系统如图 25 (C) 所示。因为充电电流在恒压模式中的下降率比适配器电压的上升率高，所以功耗随充电电流的减少而减少。因此，最坏的热耗散情况发生在恒流充电模式中。图 26 (A) 给出了适配器输出的电流-电压曲线以及在充电过程中电池组的电压与单节电池电压。5.9V 的无负载电压只是一个高于全负载电压的示范值。假设电池组的电阻为 $200m\Omega$ ，则单节电池电压为 4.05V。图 27 (A) 分别给出了此时域中的适配器电压、电池组电压、充电电流与充电器的功耗。

如果在适配器达到图 24 中的 B 点之前，电池组的电压达到 4.2V (或 4.1V)，则在电池组的电压达到最终充电电压时可以预见在适配器的输出端会产生一个电压阶跃。因此，也可以预见充电器的功耗也会上升一级。这种情况如图 18 与图 27 (C) 所示。在这种情况下，若充电器进入恒压模式，其热耗散情况将会最糟糕。

如果在电池组的电压达到 4.1V (或 4.2V) 之前适配器的电压达到了全负载电压，充电器将达到电阻极限。在这种情况下，充电器的接通电阻与适配器的输出电阻串联。电阻极限情况的等效电路如图 25 (B) 所示。最终，电池组的电压会达到 4.2V (或 4.1V)，因为适配器的无负载电压高于 4.2V (或 4.1V)，这样，在充电结束以前，图 25 (C) 就成为此时的等效电路图。在这种情况下，最坏的热耗散也发生在恒流充电模式中。图 26 (B) 显示了 $V_{FL}=4V$ 时适配器输出、电池组电压与单节电池电压的电流-电压曲线图。此时，全负载电压低于最终充电电压 (4.2V)，但只要无负载电压高于 4.2V，充电器仍可以对电池完全充电。图 27 (B) 分别给出了此时域中的适配器电压、电池组电压、充电电流与充电器的功耗。

基于以上论述，如果适配器的全负载电压低于公式 14 中的临界电压，最坏的功耗情况将发生在恒流充电模式中。即使情况不是如此，ISL6292 的功耗也比传统线性充电器的功耗低得多。图 28 与 29 是示波器攫取的波形图，显示了与电流限制适配器一起工作的情况。

图 28 中的波形分别表示适配器的输出电压 (1V/div)，电池电压 (1V/div) 以及充电电流 (200mA/div)。时间比例为 1ks/div。适配器的电流被限制在 600mA 以内，充电电流则编程为 1A。注意电压差仅为 200mV 左右，而且适配器电压在恒流模式中追踪电池电压。图 28 还显示出了在进入恒压模式之前的电阻限制模式。

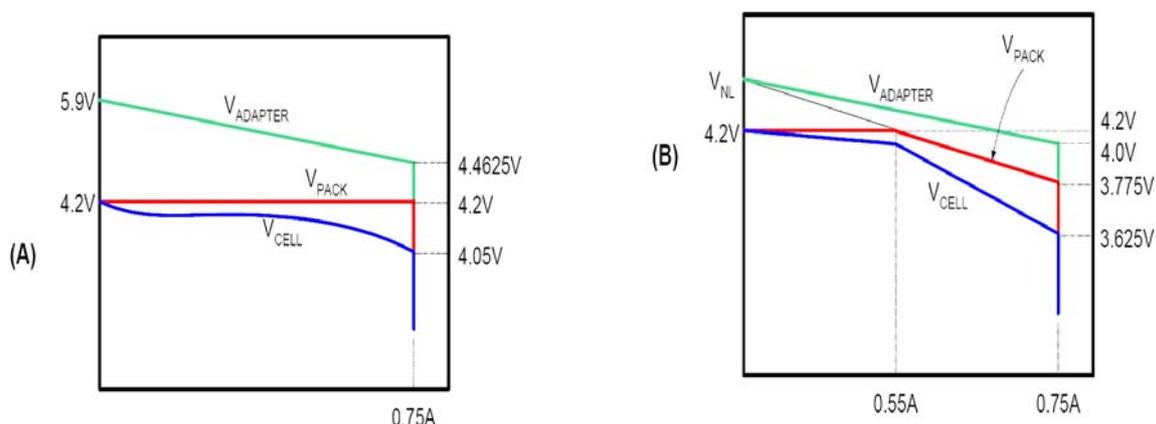


图 26 与不同电流限制的适配器一起工作时充电器的电流-电压特性

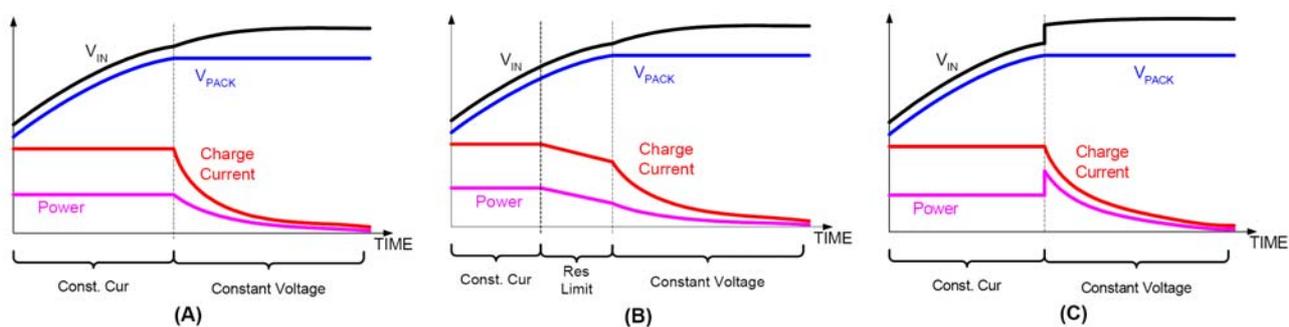


图 27 与三种不同的电池限制适配器一起工作时的操作曲线图

图 29 是图 27 (C) 的实物攫取波形图。恒定充电电流为 750mA。该图还显示了在从恒流模式过渡到恒压模式期间适配器电压的一次阶跃。

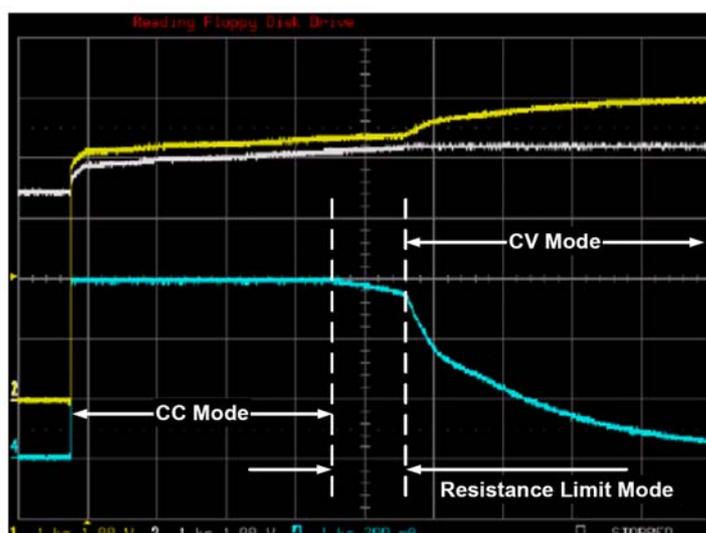


图 28 示波器攫取的波形图（显示三种模式）

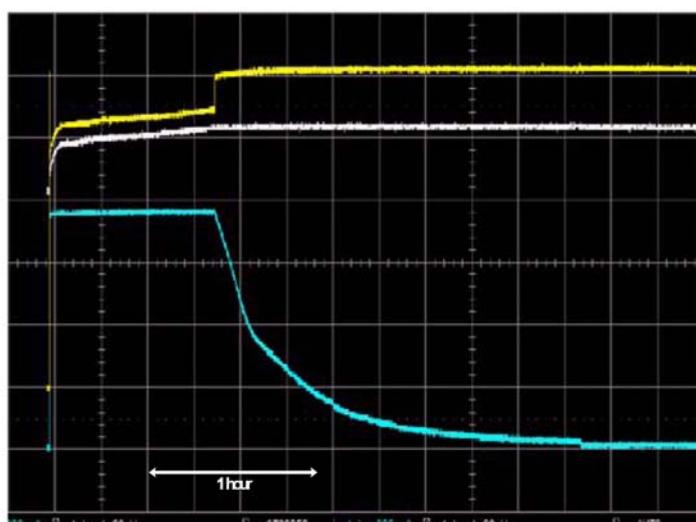
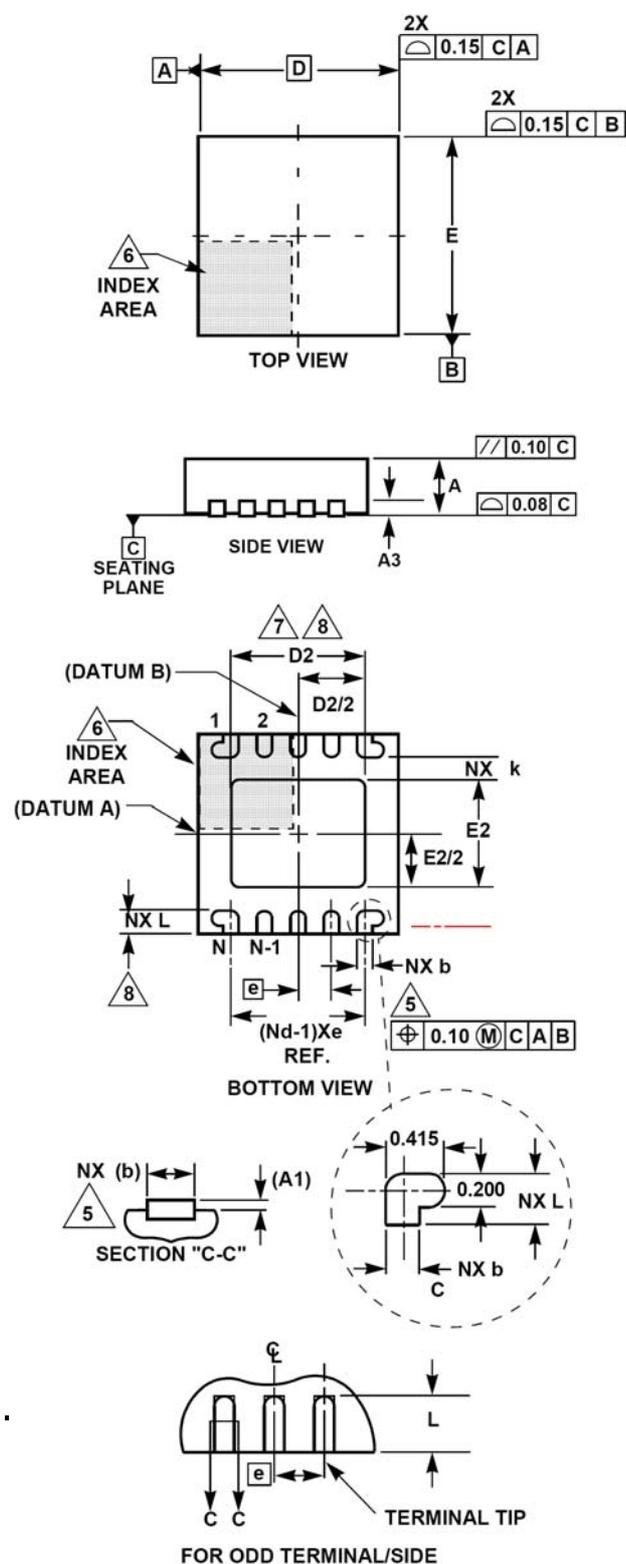


图 29 示波器攫取的波形图（显示全负载适配器电压高于临界电压时的情况）
用电流限制的适配器进行 IREF 编程

ISL6292 的充电电流容限为 10%。通常电流限制适配器的容限也为 10%。为了确保正确地工作，推荐对额定充电电流进行编程使之高出适配器的额定电流极限至少 30%。

电路板的布线建议

在内部温度达到 100°C 左右时，ISL6292 的内部热折返功能将限制充电电流。为了使电流容量最大化，将封装底下裸露在外面的焊垫正确地焊接到电路板上并且通过热通孔将其连接到其它层是很重要的。通常焊垫上的热通孔与覆铜越多，热性能就越好。另一方面，通孔的数量受焊垫大小的限制。5X5 与 4X4 QFN 封装的无遮蔽焊垫分别可有 9 个或 5 个通孔。3X3 DFN 封装则可有 8 个排成两排的通孔。因为 3X3 DFN 封装的管脚只在两侧，则要将顶层的覆铜尽可能多地连接到无遮蔽焊垫以使热阻抗最小化。布线示例请参考 ISL6292 的评估板。



双扁平无铅塑料封装 (DFN)

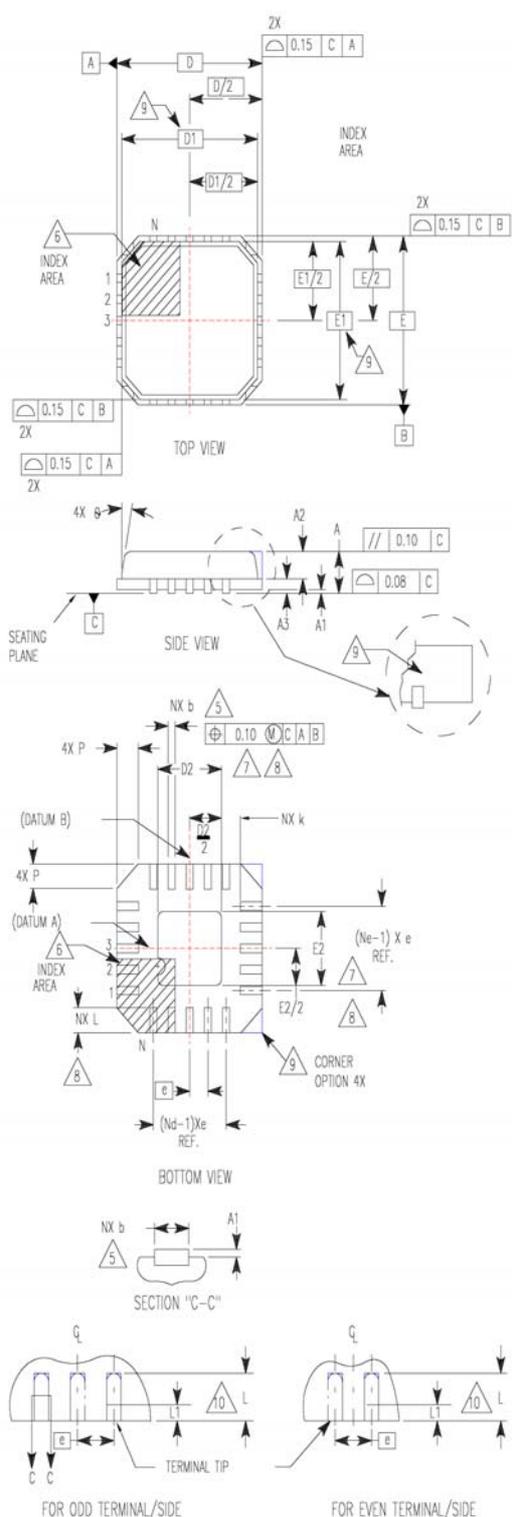
L10.3x3

10 脚双扁平无铅塑料封装

SYMBOL	MILLIMETERS			NOTES
	MIN	NOMINAL	MAX	
A	0.80	0.90	1.00	-
A1	-	-	0.05	-
A3	0.20 REF			-
b	0.18	0.23	0.28	5,8
D	3.00 BSC			-
D2	1.95	2.00	2.05	7,8
E	3.00 BSC			-
E2	1.55	1.60	1.65	7,8
e	0.50 BSC			-
k	0.25	-	-	-
L	0.30	0.35	0.40	-
N	10			2
Nd	5			3

注:

1. 尺寸与容限遵循 ASME Y14.5-1994。
2. N 是端点的个数。
3. Nd 表示 D 处的端点数。
4. 所有的尺寸均以毫米为单位。角则以度为单位。
5. 尺寸 b 适用于金属端，并且在距端点 0.15mm 至 0.30mm 处测量。
6. 可以选择对引脚 1 的标识符进行配置，但是必须在指示区内。引脚 1 的标识符既可以是模型部件也可以是标记部件。
7. 尺寸 D2 与 E2 适用于无遮蔽焊垫，该焊垫可提供改良型电气与热性能。
8. 额定尺寸用以辅助印刷电路板焊盘图案的设计，见 Intersil 的技术简报 TB389。



四扁平无铅塑料封装 (QFN)
微型引脚框架塑料封装 (MLFP)

L16.4x4

16 脚四扁平无铅塑料封装

(遵循 JEDEC MO-220-VGGC ISSUE C)

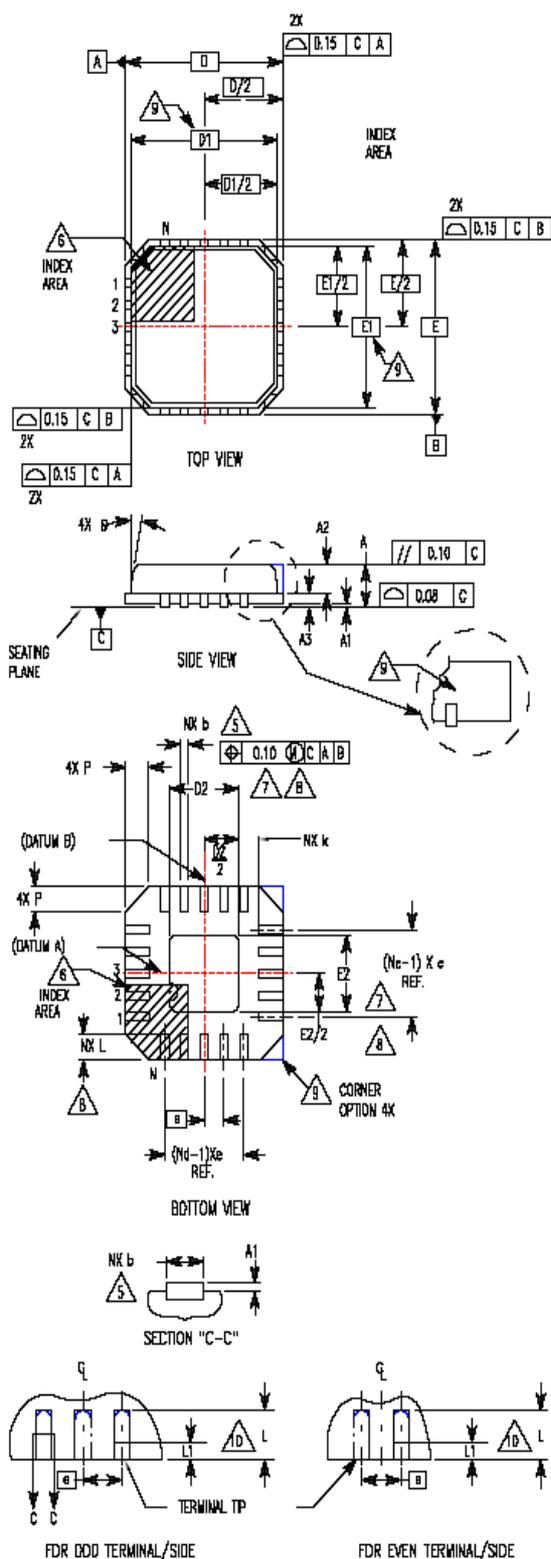
SYMBOL	MILLIMETERS			NOTES
	MIN	NOMINAL	MAX	
A	0.80	0.90	1.00	-
A1	-	-	0.05	-
A2	-	-	1.00	9
A3	0.20 REF			9
b	0.23	0.28	0.38	5, 8
D	4.00 BSC			-
D1	3.75 BSC			9
D2	1.95	2.10	2.25	7, 8
E	4.00 BSC			-
E1	3.75 BSC			9
E2	1.95	2.10	2.25	7, 8
e	0.65 BSC			-
k	0.25	-	-	-
L	0.35	0.60	0.75	8
L1	-	-	0.15	10
N	16			2
Nd	4			3
Ne	4			3
P	-	-	0.60	9
θ	-	-	12	9

Rev. 4 10/02

注:

1. 尺寸与容限遵循 ASME Y14.5-1994。
2. N 是端点的个数。
3. Nd 与 Ne 表示 D 处与 E 处的端点数。
4. 所有的尺寸均以毫米为单位。角则以度为单位。
5. 尺寸 b 适用于金属端，并且在距端点 0.15mm 至 0.30mm 处测量。
6. 可以选择对引脚 1 的标识符进行配置，但是必须在指示区内。引脚 1 的标识符既可以是模型部件也可以是标记部件。
7. 尺寸 D2 与 E2 适用于无遮蔽焊垫，该焊垫可提供改良型电气与热性能。
8. 额定尺寸用以辅助印刷电路板焊盘图案的设计，见 Intersil 的技术简报 TB389。
9. 部件与尺寸 A2、A3、D1、E1、P 及 θ 在采用电钻切割法时存在。若采用锯齿切割法则不存在。

10. 依据封装边沿的引脚端接方式，有可能出现最大 0.15mm 的后移(L1)。L 减去 L1 等于或大于 0.3mm。



四扁平无铅塑料封装 (QFN)
微型引脚框架塑料封装 (MLFP)

L16.5x5B
16 脚四扁平无铅塑料封装
(遵循 JEDEC MO-220-VHBB ISSUE C)

SYMBOL	MILLIMETERS			NOTES
	MIN	NOMINAL	MAX	
A	0.80	0.90	1.00	-
A1	-	-	0.05	-
A2	-	-	1.00	9
A3	0.20 REF			9
b	0.28	0.33	0.40	5, 8
D	5.00 BSC			-
D1	4.75 BSC			9
D2	2.95	3.10	3.25	7, 8
E	5.00 BSC			-
E1	4.75 BSC			9
E2	2.95	3.10	3.25	7, 8
e	0.80 BSC			-
k	0.25	-	-	-
L	0.35	0.60	0.75	8
L1	-	-	0.15	10
N	16			2
Nd	4			3
Ne	4			3
P	-	-	0.60	9
θ	-	-	12	9

Rev. 1 10/02

注:

1. 尺寸与容限遵循 ASME Y14.5-1994。
2. N 是端点的个数。
3. Nd 与 Ne 表示 D 处与 E 处的端点数。
4. 所有的尺寸均以毫米为单位。角则以度为单位。
5. 尺寸 b 适用于金属端，并且在距端点 0.15mm 至 0.30mm 处测量。

6. 可以选择对引脚 1 的标识符进行配置，但是必须在指示区内。引脚 1 的标识符既可以是模型部件也可以是标记部件。
7. 尺寸 D2 与 E2 适用于无遮蔽焊垫，该焊垫可提供改良型电气与热性能。
8. 额定尺寸用以辅助印刷电路板焊盘图案的设计，见 Intersil 的技术简报 TB389。
9. 部件与尺寸 A2、A3、D1、E1、P 及 θ 在采用电钻切割法时存在。若采用锯齿切割法则不存在。
10. 依据封装边沿的引脚端接方式，有可能出现最大 0.15mm 的后移 (L1)。L 减去 L1 等于或大于 0.3mm。

Intersil 所有产品均按照 ISO9000 质量系统制造、装配与测试。Intersil 公司的质量证书可以在 www.intersil.com/design/quality 站点查看。

Intersil 的产品只按厂家描述的情况出售。Intersil 公司保留对电路设计与/或规格说明在任何时候进行修改的权利，并且不另行通知。相应地，读者在订购前也应留意确认所阅读的数据手册是否为最新版本。由 Intersil 提供的信息可确认为准确可靠。但 Intersil 及其子公司对这些信息的使用以及由于第三方的使用而造成的侵犯专利与其它侵权行为不负任何责任。Intersil 及其子公司并未授予任何许可证或专利与专利权。

Intersil 公司及其产品的相关信息见网站 www.intersil.com