

### 产品特性

升压调节器集成最大功率点跟踪(MPPT)功能, 动态检测或非检测两种模式

迟滞模式可实现最佳超轻负载效率

450 nA超低静态电流(CBP ≥ MINOP)

360 nA超低静态电流(CBP < MINOP)

输入电压范围: 80 mV至3.3 V

通过电荷泵实现380 mV(典型值)快速冷启动

基于输入开路电压(OCV)的MINOP引脚可编程关断点

1.5 V至3.6 V范围内的150 mA调节输出电压

可编程电压监控器(2 V至5.2 V)支持对储能元件进行充电

可选BACK\_UP电源路径管理

对RF传输友好, 可通过微控制器(MCU)通信临时关断开关压器

### 应用

光伏(PV)电池能量采集

TEG能量采集

工业监控

自供电式无线传感器设备

具有能量采集功能的便携式和可穿戴式设备

### 概述

ADP5091/92是一款智能集成式能量采集nA级管理解决方案, 可转换来自光伏电池或热电发生器(TEG)的直流电源。该器件可对储能元件(如可充电锂离子电池、薄膜电池、超级电容或传统电容)进行充电, 并对小型电子设备和无电池系统上电。

ADP5091/92能对采集的有限能量(16 μW到600 mW范围)实现高效转换, 工作损耗为亚μW级别。利用内部冷启动电路, 调节器可在低至380 mV的输入电压下启动。冷启动后, 调节器便可在80 mV至3.3 V的输入电压范围内正常工作。额外的150 mA稳压输出可通过外部电阻分压器或VID引脚编程。

通过检测输入电压, 控制环路可将输入电压纹波限定在固定范围内, 从而保持稳定的DC-DC升压转换。在OCV动态检测模式和非检测模式下, 输入电压的编程调节节点允许最

### 典型应用电路

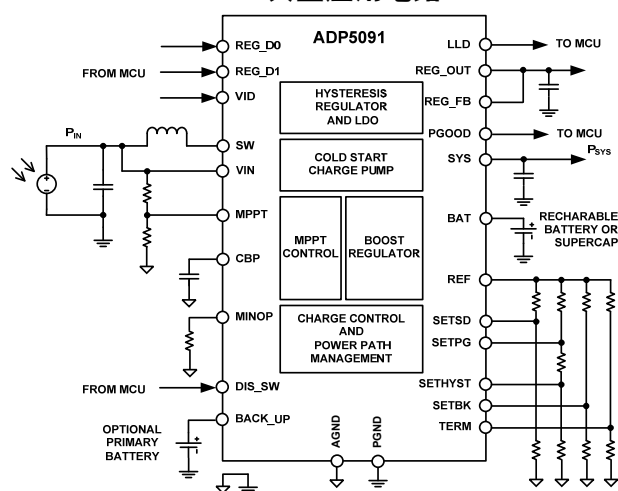


图1.

大限度地提取采集器的能量。可编程最低工作阈值(MINOP)可在低光照条件下实现升压关断。LLD是指MINOP比较器输出, 可用于微处理器的低光照指示, 此外, DIS\_SW引脚还能暂时关断升压调节器, 并且对RF传输友好。

ADP5091/92的充电控制功能保护可充电储能器, 实现方法是通过可编程充电截止电压和放电关断电压监控电池电压。此外, 内置可编程迟滞功能的可编程PGOOD标志监控SYS电压。

可选原电池可通过集成式电源路径管理控制模块连接和管理, 该模块可经过编程来实现能量采集器、可重复充电电池和原电池的电源之间的切换。

ADP5091/92采用24引脚LFCSP封装, 额定结温范围为-40°C至+125°C。

Rev. PrA

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 ©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved.  
Technical Support [www.analog.com](http://www.analog.com)

# ADP5091/ADP5092

## 目录

|                                       |   |               |    |
|---------------------------------------|---|---------------|----|
| 产品特性 .....                            | 1 | 详细功能框图 .....  | 9  |
| 应用 .....                              | 1 | 典型应用电路 .....  | 10 |
| 典型应用电路 .....                          | 1 | 工厂编程选项 .....  | 12 |
| 概述 .....                              | 1 | 外形尺寸 .....    | 13 |
| 技术规格 .....                            | 3 | 订购指南 待定 ..... | 13 |
| 调节输出规格 .....                          | 4 |               |    |
| 电气特性, $V_{SY} = \pm 5\text{ V}$ ..... | 5 |               |    |
| 绝对最大额定值 .....                         | 6 |               |    |
| 热阻 .....                              | 6 |               |    |
| ESD警告 .....                           | 6 |               |    |
| 引脚配置和功能描述 .....                       | 7 |               |    |

## 技术规格

除非另有说明,  $V_{IN} = 1.2\text{ V}$ ,  $V_{SYS} = V_{BAT} = 3\text{ V}$ , 最小值/最大值的 $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $125^\circ\text{C}$ , 典型值的 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

外部元件 $L = 22\ \mu\text{H}$ ,  $C_{IN} = 4.7\ \mu\text{F}$ ,  $C_{SYS} = 4.7\ \mu\text{F}$ 。

表1.

| 参数  | 符号                   | 测试条件/注释  | 最小值  | 典型值                      | 最大值         | 单位                   |
|---|----------------------|--|------|--------------------------|-------------|----------------------|
| 静态电流  |                      |  |      |                          |             |                      |
| SYS引脚的工作静态电流<br>( $V_{IN} > V_{CBP} \geq V_{MINOP}$ ) | $I_{Q\_SYS}$         | REG_D0=低电平, REG_D1=低电平<br>REG_D0=高电平, REG_D1=低电平<br>REG_D0=低电平, REG_D1=高电平<br>REG_D0=高电平, REG_D1=高电平 |      | 450<br>488<br>520<br>500 |             | nA<br>nA<br>nA<br>nA |
| SYS引脚的休眠静态电流<br>( $V_{CBP} < V_{MINOP}$ )             | $I_{IQ\_SLEEP\_SYS}$ | REG_D0=低电平, REG_D1=低电平   |      | 360                      |             | nA                   |
| 冷启动电路   |                      |  |      |                          |             |                      |
| 冷启动最小输入电压   | $V_{IN\_COLD}$       | $V_{SYS} = 0\text{ V}$ , $0^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$                                  |      | 380                      | 440         | mV                   |
| 冷启动最小输入功率   | $P_{IN\_COLD}$       |  |      | 16                       |             | $\mu\text{W}$        |
| 冷启动结束工作阈值   | $V_{SYS\_TH}$        |  | 1.8  | 1.93                     | 2.03        | V                    |
| 冷启动结束工作迟滞   | $V_{SYS\_HYS}$       |  |      | 125                      |             | mV                   |
| 升压调节器   |                      |  |      |                          |             |                      |
| 输入电压工作范围  | $V_{IN}$             | 冷启动完成  | 0.1  |                          | 3.3         | V                    |
| 输入功率工作范围  | $P_{IN}$             | 冷启动完毕, $V_{IN} = 3\text{ V}$   |      |                          | 600         | mW                   |
| 开始给BAT充电的SYS阈值  | $V_{SYS\_CHG}$       |  |      | 2.1                      |             | V                    |
| 停止给BAT充电的SYS迟滞  | $V_{SYS\_CHG\_HYS}$  |  |      | 150                      |             | mV                   |
| 输入峰值电流  | $I_{IN\_PEAK}$       | 工厂调整, 1位(200 mA, 300 mA)   |      | 200<br>300               | 300<br>400  | mA<br>mA             |
| 低端开关导通电阻  | $R_{LS\_DS\_ON}$     | 引脚到引脚测量  |      | 0.5                      | 待定          | $\Omega$             |
| 高端开关导通电阻  | $R_{HS\_DS\_ON}$     | 引脚到引脚测量  |      | 1                        | 待定          | $\Omega$             |
| SYS开关导通电阻   | $R_{SYS\_DS\_ON}$    |  |      | 0.48                     | 0.70        | $\Omega$             |
| DIS_SW高电平   | $DIS\_SW^{HIGH}$     |  | 1    |                          |             | V                    |
| DIS_SW低电平   | $DIS\_SW^{LOW}$      |  |      |                          | 0.5         | V                    |
| DIS_SW延迟  | $t_{DIS\_DELAY}$     |  |      | 1                        |             | $\mu\text{s}$        |
| VIN控制和MINOP   |                      |  |      |                          |             |                      |
| VIN开路电压采样周期   | $T_{VOC\_CYCLE}$     | 工厂调整, 2位(4s, 8s, 16s, 32s)   |      | 16                       |             | s                    |
| VIN开路电压采样时间   | $T_{VOC\_SAMPL}$     |  |      | 256                      |             | ms                   |
| MINOP偏置电流   | $I_{MINOP}$          |  | 1.45 | 2                        | 2.55        | $\mu\text{A}$        |
| 动态MPPT检测模式下的MINOP<br>工作电压范围                           | $V_{MINOP\_DSM}$     |  |      |                          | 1.5         | V                    |
| MPPT非检测模式下的MINOP阈值                                    | $V_{MINOP\_NSM}$     |  |      | 1.8                      |             | V                    |
| MPPT非检测模式下的MPPT偏置电流                                   | $I_{MPPT}$           |  | 1.45 | 2                        | 2.55        | $\mu\text{A}$        |
| LLD上拉电阻(仅ADP5091/92)                                  |                      |  |      | 11.4                     |             | k $\Omega$           |
| LLD下拉电阻(仅ADP5091/92)                                  |                      |  |      | 11.4                     |             | k $\Omega$           |
| LLD高电压  | $V_{LLD\_IH}$        |  |      |                          | REG_O<br>UT |                      |
| CBP引脚漏电流  | $I_{CBP\_LEAK}$      |  |      | 10                       | 100         | pA                   |
| 储能管理  |                      |  |      |                          |             |                      |
| 给BAT充电的SYS阈值电压  | $V_{CHR}$            |  |      | 2.2                      |             | V                    |
| 内部基准电压  | $V_{REF}$            |  | 0.98 | 1                        | 1.02        | V                    |

# ADP5091/ADP5092

| 参数               | 符号                        | 测试条件/注释  | 最小值                 | 典型值   | 最大值                   | 单位 |
|------------------|---------------------------|--|---------------------|-------|-----------------------|----|
| 电池停止放电阈值         | V <sub>BAT_SD</sub>       |  | 2.0                 |       | V <sub>BAT_TERM</sub> | V  |
| 电池停止放电迟滞电阻       | R <sub>BAT_SD_HYS</sub>   |  | 65                  | 103.5 | 150                   | kΩ |
| 电池端子充电阈值         | V <sub>BAT_TERM</sub>     |  | 2.2                 |       | 5.2                   | V  |
| 电池端子充电迟滞         | V <sub>BAT_TERM_HYS</sub> |  |                     | 3     | 3.7                   | %  |
| SYS引脚的PGOOD上升阈值  | V <sub>SYS_PG</sub>       |  | V <sub>BAT_SD</sub> |       | V <sub>BAT_TERM</sub> | V  |
| PGOOD上拉电阻        |                           |  |                     | 11.4  |                       | kΩ |
| PGOOD下拉电阻        |                           |  |                     | 11.4  |                       | kΩ |
| PGOOD高电压         | V <sub>PGOOD_IH</sub>     |  |                     |       | SYS                   | V  |
| 电池开关导通电阻         | R <sub>BAT_SW_ON</sub>    | 引脚到引脚测量  | 待定                  | 0.6   | 待定                    | Ω  |
| 电池源电流            | I <sub>BAT</sub>          |  |                     |       | 1                     | A  |
| BAT引脚漏电流         | I <sub>BAT_LEAK</sub>     | V <sub>BAT</sub> = 2 V, V <sub>BAT_SD</sub> = 2.2 V, V <sub>SYS</sub> = 2 V<br>V <sub>BAT</sub> = 3.3 V, V <sub>BAT_SD</sub> = 2.2 V, V <sub>SYS</sub> = 0 V |                     | 15    | 50                    | nA |
|                  |                           |  |                     | 0.5   | 20                    | nA |
| 备用电源路径           |                           |  |                     |       |                       |    |
| 关断BACK_UP开关阈值    | V <sub>BK_TF</sub>        |  | 2.0                 |       | V <sub>BAT_TERM</sub> | V  |
| 关断BACK_UP开关迟滞电阻  | R <sub>BK_TF_HYS</sub>    |  | 65                  | 103.5 | 150                   | kΩ |
| BACK_UP和BAT比较器偏移 | V <sub>BKP_OFFSET</sub>   | V <sub>SYS</sub> ≥ V <sub>SYS_TH</sub>   | 135                 | 185   | 250                   | mV |
| BACK_UP和BAT比较器迟滞 | V <sub>BAT_HYS</sub>      | V <sub>SYS</sub> ≥ V <sub>SYS_TH</sub>   | 55                  | 75    | 100                   | mV |
| BACK_UP电流能力      | I <sub>BKP</sub>          | V <sub>SYS</sub> ≥ V <sub>SYS_TH</sub>   |                     | 400   | 520                   | mA |
| BACK_UP引脚漏电流     | I <sub>BKP_LEAK</sub>     | V <sub>BACK_UP</sub> = V <sub>SYS</sub> = V <sub>BAT</sub> = 3 V   |                     | 6     | 18                    | nA |
| 热关断              |                           |  |                     |       |                       |    |
| 热关断阈值            | T <sub>SHDN</sub>         | V <sub>SYS</sub> ≥ V <sub>SYS_TH</sub>   |                     | 135   |                       | °C |
| 热关断迟滞            | T <sub>HYS</sub>          |  |                     | 15    |                       | °C |

## 调节输出规格

V<sub>IN</sub> = 1.2 V, V<sub>SYS</sub> = V<sub>BAT</sub> = 3 V, V<sub>REG\_OUT</sub> = 2 V, L = 22 μH, C<sub>IN</sub> = 4.7 μF, C<sub>SYS</sub> = 4.7 μF, C<sub>REG\_OUT</sub> = 4.7 μF; 最小值/最大值规格的T<sub>J</sub> = -40°C至125°C, 典型值规格的T<sub>A</sub> = 25°C, 除非另有说明。

表2.

| 参数            | 符号                       | 测试条件/注释   | 最小值   | 典型值      | 最大值   | 单位       |
|---------------|--------------------------|---|-------|----------|-------|----------|
| 调节输出          |                          |   |       |          |       |          |
| VID控制下的输出选项   | V <sub>REG_OUT</sub>     |   | 1.5   |          | 3.6   | V        |
| 升压模式的REG_OUT  |                          |   |       |          |       |          |
| REG_OUT唤醒阈值   | V <sub>REG_WAKE</sub>    |   | 1.005 | 1.020    | 1.036 | V        |
| REG_OUT睡眠阈值   | V <sub>REG_SLEEP</sub>   |   | 1.015 | 1.030    | 1.046 | V        |
| 高端开关导通电阻      | R <sub>BST_DS_ON</sub>   |   |       | 1        | 待定    | Ω        |
| 升压模式的限流阈值     | V <sub>REG_BST_LIM</sub> |   |       | 100      | 待定    | mA       |
| LDO模式的REG_OUT |                          |   |       |          |       |          |
| REG_OUT精度     | V <sub>REG_LDO</sub>     | I <sub>OUT</sub> = 10 mA<br>0 μA < I <sub>OUT</sub> < 150 mA, V <sub>SYS</sub> = (V <sub>REG_OUT</sub> + 0.5 V) | -1    |          | 1     | %        |
|               |                          |   | -3.5  |          | 3.5   | %        |
| 可调REG_OUT精度   | V <sub>REG_LDO_ADJ</sub> | I <sub>OUT</sub> = 10 mA<br>0 μA < I <sub>OUT</sub> < 150 mA, V <sub>SYS</sub> = (V <sub>REG_OUT</sub> + 0.5 V) | 0.99  | 1        | 1.01  | V        |
|               |                          |   | 0.97  | 1        | 1.03  | V        |
| REG_OUT压差     | V <sub>REG_DROP</sub>    | I <sub>OUT</sub> = 150 mA   |       | 100      |       | mV       |
| LDO模式的限流阈值    | I <sub>REG_LIM</sub>     | V <sub>SYS</sub> ≥ V <sub>SYS_TH</sub>  | 220   | 320      |       | mA       |
| 输出噪声          | OUT <sub>NOISE</sub>     | 10Hz至100kHz   |       | 100      |       | uV rms   |
| 电源抑制比         | PSRR                     | 100Hz<br>1kHz   |       | 65<br>50 |       | dB<br>dB |
| REG_D0和REG_D1 |                          |   |       |          |       |          |
| 输入逻辑高电平       | V <sub>REG_DX_IH</sub>   |   | 1.2   |          |       | V        |

**ADP5091/ADP5092**

| 参数                 | 符号                        | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值  | 最大值         | 单位 |
|--------------------|---------------------------|---------|-----|------|-------------|----|
| 输入逻辑低电平            | V <sub>REG_DX_IL</sub>    |         |     |      | 0.4         | V  |
| 输入漏电流              | I <sub>REG_DX_LEAK</sub>  |         | 20  |      |             | nA |
| REG_GOOD(仅ADP5092) |                           |         |     |      |             |    |
| REG_GOOD上升阈值       | V <sub>REG_GOOD</sub>     |         |     | 90   |             | %  |
| REG_GOOD迟滞         | V <sub>REG_GOOD_HYS</sub> |         |     | 5    |             | %  |
| REG_GOOD上拉电阻       |                           |         |     | 11.4 |             | kΩ |
| REG_GOOD下拉电阻       |                           |         |     | 11.4 |             | kΩ |
| REG_GOOD高电压        | V <sub>REG_GOOD_IH</sub>  |         |     |      | REG_O<br>UT |    |

# ADP5091/ADP5092

## 绝对最大额定值

表3.

| 参数  | 额定值           |
|---|---------------|
| VIN、MPPT、CBP、MINOP  | -0.3 V至+3.6 V |
| DIS_SW、TERM、SETPG、SETSD、SETBK、PGOOD、PG_HYS、REF、REG_D0、VID、REG_D1、LLD至AGND | -0.3 V至+6.0 V |
| SW、SYS、BAT、BACK_UP、REG_OUT、REG_FB至PGND                                    | -0.3 V至+0.3 V |

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

$\theta_{JA}$  针对最差条件，即器件焊接在电路板上实现表贴封装。

表4.

| 封装类型           | $\theta_{JA}$ | $\theta_{JC}$ | 单位 |
|----------------|---------------|---------------|----|
| 24 引脚 LFCSP 封装 | 待定            | 待定            |    |

## 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

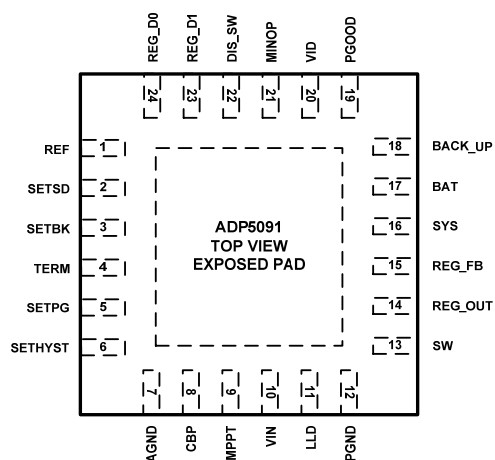


图2. ADP5091 LFCSP封装引脚配置

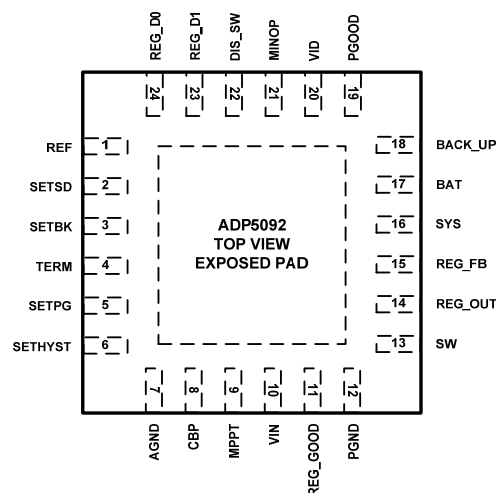


图3. ADP5092 LFCSP封装引脚配置

### 表5. 引脚功能描述

| 引脚编号 | 引脚名称     | 描述  |
|------|----------|---|
| 1    | REF      | 为SETSD、SETPG、SETBK和TERM引脚提供基准电压。  |
| 2    | SETSD    | 关断设置。此引脚根据BAT节点电压电平设置放电关断电压。  |
| 3    | SETBK    | 设置监控BAT电压的BACK_UP禁用阈值。无BACK_UP储能元件时，此引脚连接到AGND。   |
| 4    | TERM     | 充电截止电压。此引脚根据BAT节点电压电平设置充电截止电压。  |
| 5    | SETPG    | 根据SYS节点电压电平设置电源良好电压。  |
| 6    | SETHYST  | 设置PGOOD下降迟滞。PGOOD下降迟滞的电阻分压器输入。  |
| 7    | AGND     | 模拟地。  |
| 8    | CBP      | 电容旁路。采样并保持最大功率点电平。应将一个10 nF电容连接在此引脚与AGND之间。MPPT禁用时，将CBP与低于VIN的外部基准电压源相连。模拟地。  |
| 9    | MPPT     | 最大功率点跟踪。此引脚设置不同能量采集器的最大功率点跟踪电平。放置一个连接到AGND的电阻，当MINOP电压高于MPPT非检测模式的阈值时，该电阻设置MPPT电压。                                    |
| 10   | VIN      | 来自能量采集器的输入电源。在此引脚和PGND之间至少连接一个4.7 μF电容，并尽可能靠近放置。  |
| 11   | LLD      | MCU的低光照指示器。当MINOP电压高于CBP电压时，LLD拉高。仅限ADP5091。  |
| 12   | REG_GOOD | 调节输出电源良好。仅限ADP5092。   |
| 13   | PGND     | 电源地   |
| 14   | SW       | 感性升压调节器的开关节点，与外部电感相连。应将一个22 μH电感连接在此引脚与VIN之间。   |
| 15   | BAT      | 将可充电电池或超级电容用作SYS输出电源的储能器。   |
| 16   | REG_FB   | 调节输出反馈电压检测输入。连接到REG_OUT的电阻分压器。  |
| 17   | SYS      | 向系统负载提供的输出电源。在此引脚和PGND之间至少连接一个4.7 μF电容，并尽可能靠近放置。  |
| 18   | REG_OUT  | 调节输出。在此引脚和PGND之间至少连接一个1 μF电容，并尽可能靠近放置。  |
| 19   | BACK_UP  | 备用原电池的可选输入电源。   |
| 20   | PGOOD    | MCU的输出电压。当SYS电压高于SETPG阈值时，保持一个拉高信号。   |
| 21   | VID      | REG_OUT的电压配置引脚。最多可设置8个不同REG_OUT，通过一个接AGND的下拉电阻。   |
| 21   | MINOP    | 最小工作电源。在此引脚上放置一个电阻来设置最小工作输入电压电平。当CBP电压超过MINOP电压时，升压调节器开始工作。当MINOP电压高于MPPT非检测模式的阈值时，IC以固定MPPT比值工作。此引脚连接AGND可禁用MINOP功能。 |

## ADP5091/ADP5092

| 引脚编号 | 引脚名称   | 描述                            |
|------|--------|-------------------------------|
| 22   | DIS_SW | 来自MCU或RF收发器的控制信号，用以停止开关升压充电器。 |
| 23   | REG_D1 | 调节输出工作模式设置。                   |
| 24   | REG_D0 | 调节输出工作模式设置。                   |
|      | EPAD   | 裸露焊盘。exposed pad必须连接到AGND。    |



详细功能框图

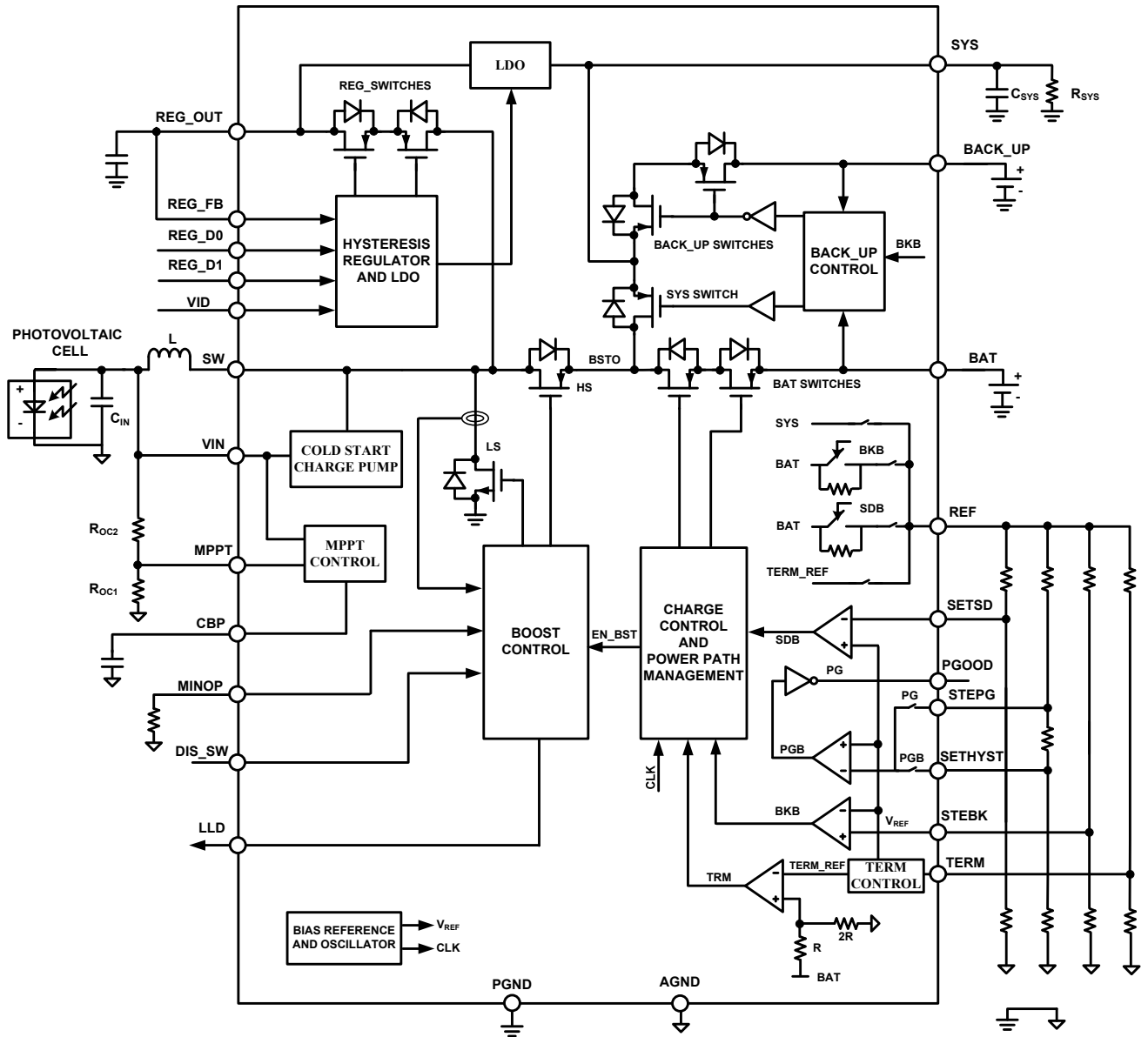


图4. 详细功能框图

# ADP5091/ADP5092

## 典型应用电路

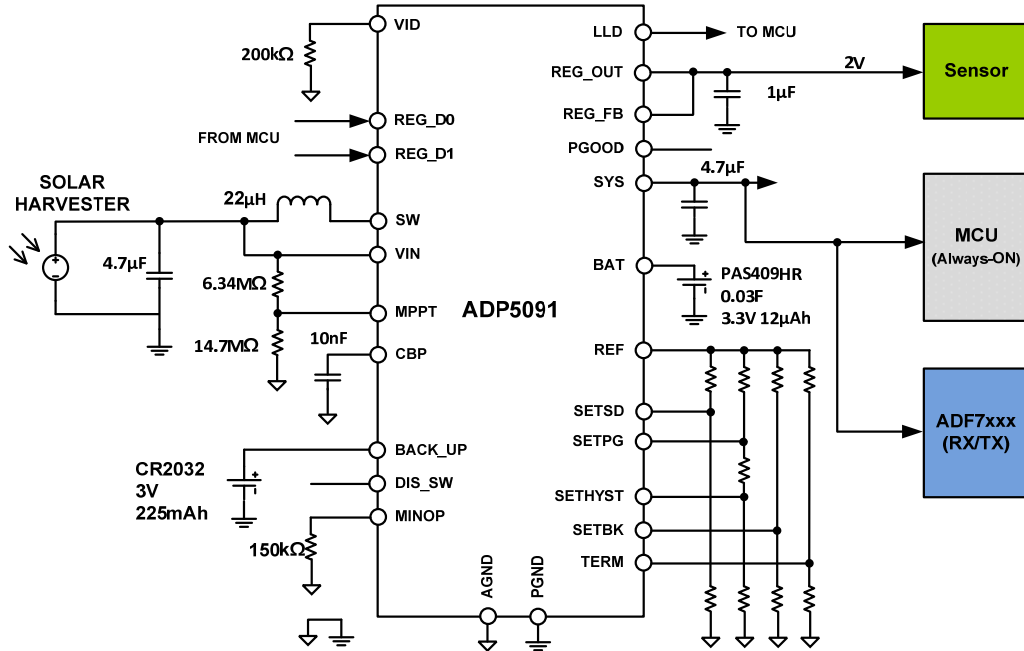


图5. 基于ADP5091/92的能量采集器无线传感器应用, Solarprint 0.5 V 450 μA光伏电池用作采集能量来源, Shoel Electronics多并苯组扣电容PAS409HR用作采集储能器, Panasonic锂离子纽扣原电池CR2032用作备用电池。

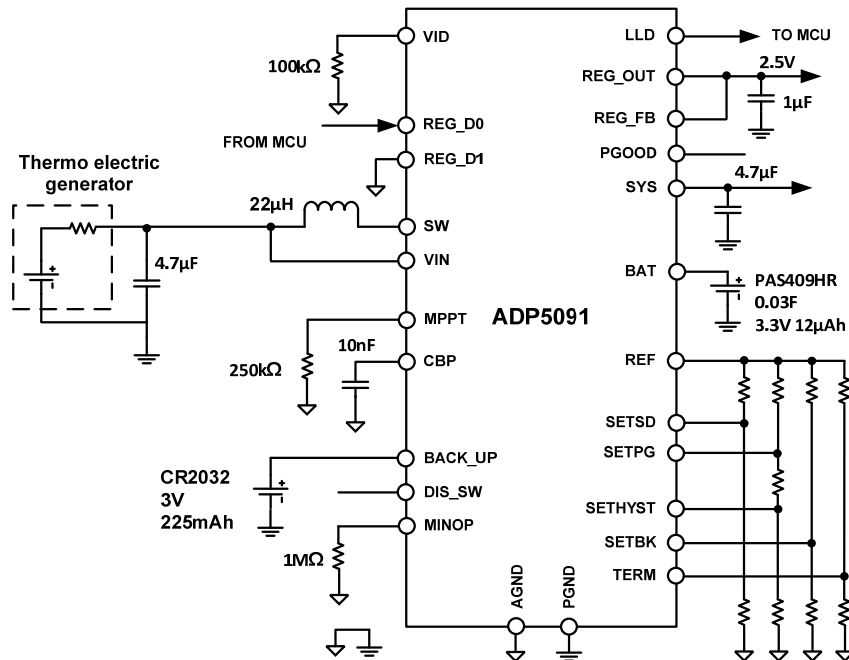


图6. 基于ADP5091/92的能量采集器电路, 热电发生器用作采集能量来源, Shoel Electronics多并苯组扣电容PAS409HR用作采集储能器, Panasonic锂离子纽扣原电池CR2032用作备用电池。

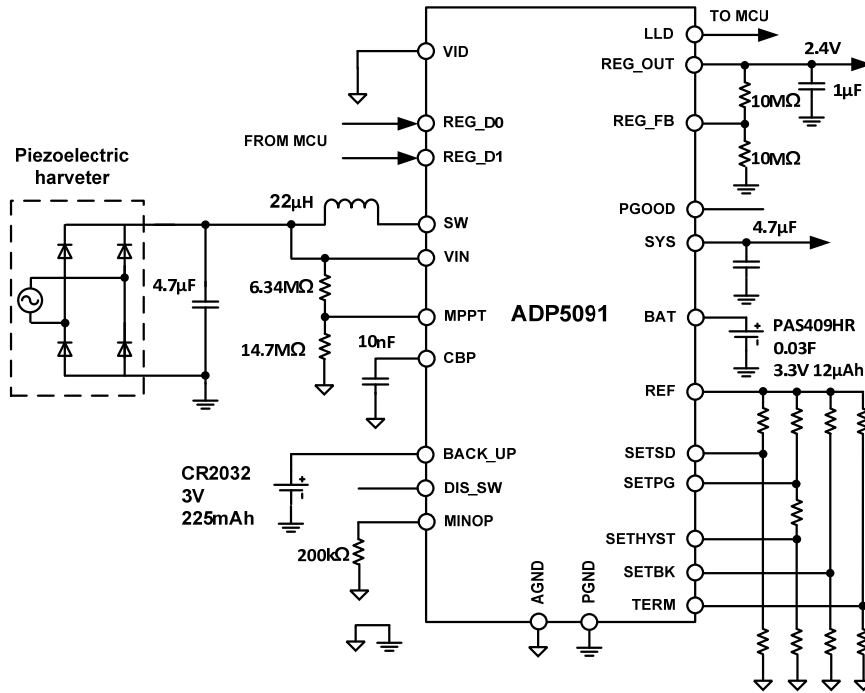


图7. 基于ADP5091/92的能量采集器电路，压电发生器用作采集能量来源，Shoei Electronics多并莱组扣电容PAS409HR用作采集储能器，Panasonic锂离子纽扣原电池CR2032用作备用电池。

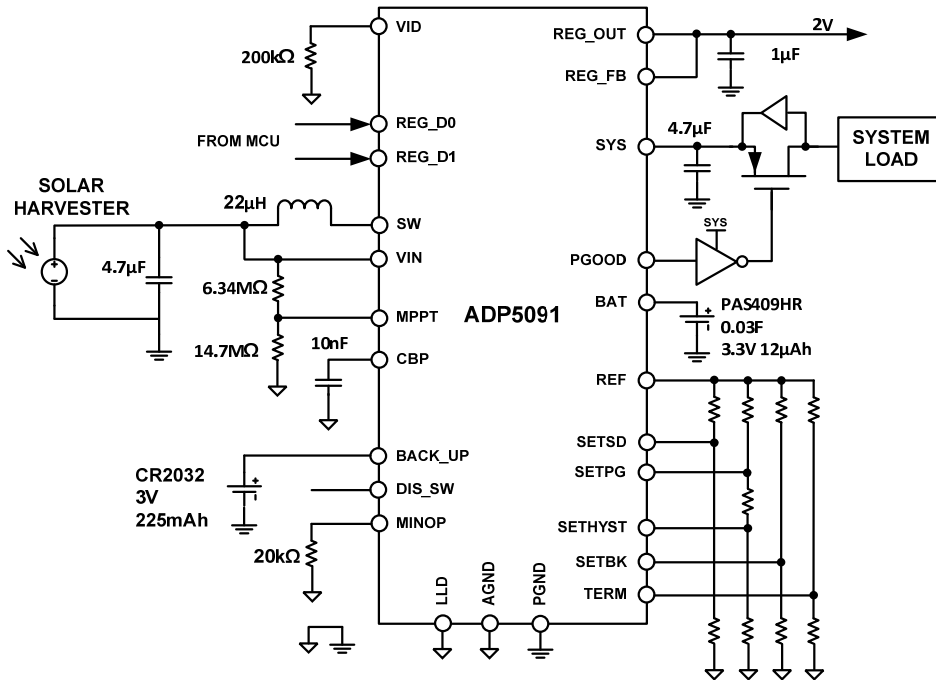


图8. PGOOD功能决定使能系统负载的时间

# ADP5091/ADP5092

## 工厂编程选项

要订购非默认选项的器件，请联系当地的ADI公司办事处或代理商。

**表6. 输入限流选项**

| 选项  | 描述           |
|-----|--------------|
| 方案0 | 200 mA (默认值) |
| 方案1 | 300 mA       |

**表7. VIN开路电压采样周期选项**

| 选项  | 描述        |
|-----|-----------|
| 方案0 | 4 s (默认值) |
| 方案1 | 8 s       |
| 方案2 | 16 s      |
| 方案3 | 32 s      |

## 外形尺寸

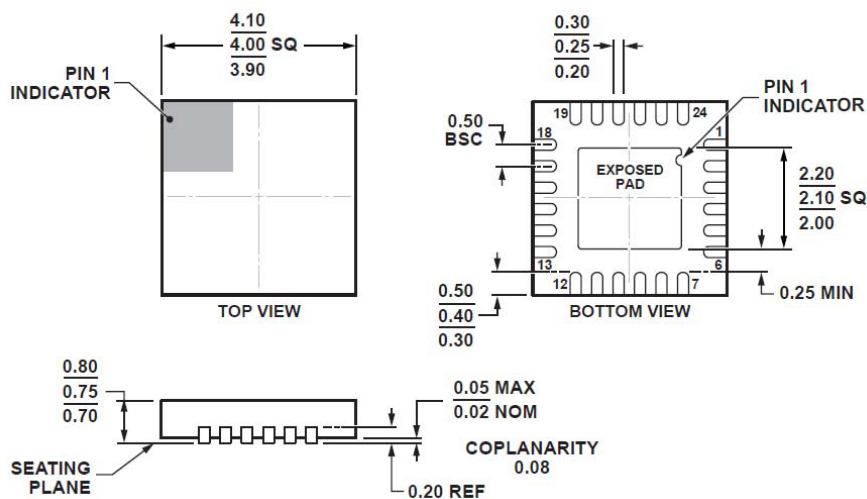


图9. 24引脚引线框芯片级封装[LFCSP-WQ]  
4 mm × 4 mm超薄体四通道  
(CP-24-10)  
图示尺寸单位: mm

## 订购指南 待定

| 型号 <sup>1</sup> | 温度范围          | 封装描述           | 封装选项     |
|-----------------|---------------|----------------|----------|
| ADP5091ACPZ-R7  | -40°C至+ 125°C | 24 引脚 LFCSP_WQ | CP-24-10 |
| ADP5092ACPZ-R7  | -40°C至+ 125°C | 24 引脚 LFCSP_WQ | CP-24-10 |
| ADP5091-EVALZ   |               | 评估板            |          |
| ADP5092-EVALZ   |               | 评估板            |          |

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。