

四路 5V/3A Buck，两路 300mA LDO，SSD 专用供电 PMU

1. 特性

- 宽输入电压范围：2.7V 到 5.5V
- 集成模块
 - 2 路支持 DVS 的 3A Buck
 - 2 路电压可配置的 3A Buck
 - 2 路 300mA 电压可配置的 LDO
 - 1 路 Load switch
- Buck 开关频率 2MHz 或 1MHz
- 可配置的启动、关闭顺序
- 0.6V±1%的反馈电压 V_{FB} 精度
- Power Good 指示功能 PG
- 预留多路 GPIO
- 最高 1MHz 的 I2C
- 热关断保护、输入欠压保护、输出过压/欠压保护
- 2.2mm X 3.2mm WCSP-40 Package
- 结温范围为-40°C至+125°C

2. 应用

- 固态硬盘
- 微控制器应用
- 系统电源供电

3. 描述

sd4400 是一款集成了多路供电模块的 PMU，可广泛应用于像处理器、FPGA、数据采集卡、固态硬盘等应用。同时内部集成了 I2C 通讯接口，可以与主控单元进行通讯和再配置。可配置参数包含电源模块输出电压，启动时间，模块启动顺序，动态输出电压以及变化斜率。同时 I2C 也可以配置预留的 GPIO 接口，实现不同的系统功能。

sd4400 中集成了两路输出电压动态切换的 Buck，可以在两种不同输出电压，以特定的斜率切换输出。四路 Buck 均采用电流模控制环路，内部集成补偿网络，简化了系统设计，同时优化的功率模块最大限度的降低了系统的 EMI。提供两路 300mA 电流的 LDO，输出多档可配置，也可以通过 I2C 在线配置。一路 300mA 的 Load Switch，以上模块均包含了完善的保护机制。

sd4400 实现了超低待机功耗模式，可以大幅降低休眠状态下的静态电流。

可提供 2.2mmX 3.3mm 的 WCSP 封装。

4. 采购信息

SD 4400 □□-□□□□

封装信息
DA: DFN32

Part	Package	Top Mark
sd4400	DFN32	
Y:生产年份. W:生产周 X:版本号		

历史修订记录 ^(†)

Rev.A V0.1 25.Nov.2022

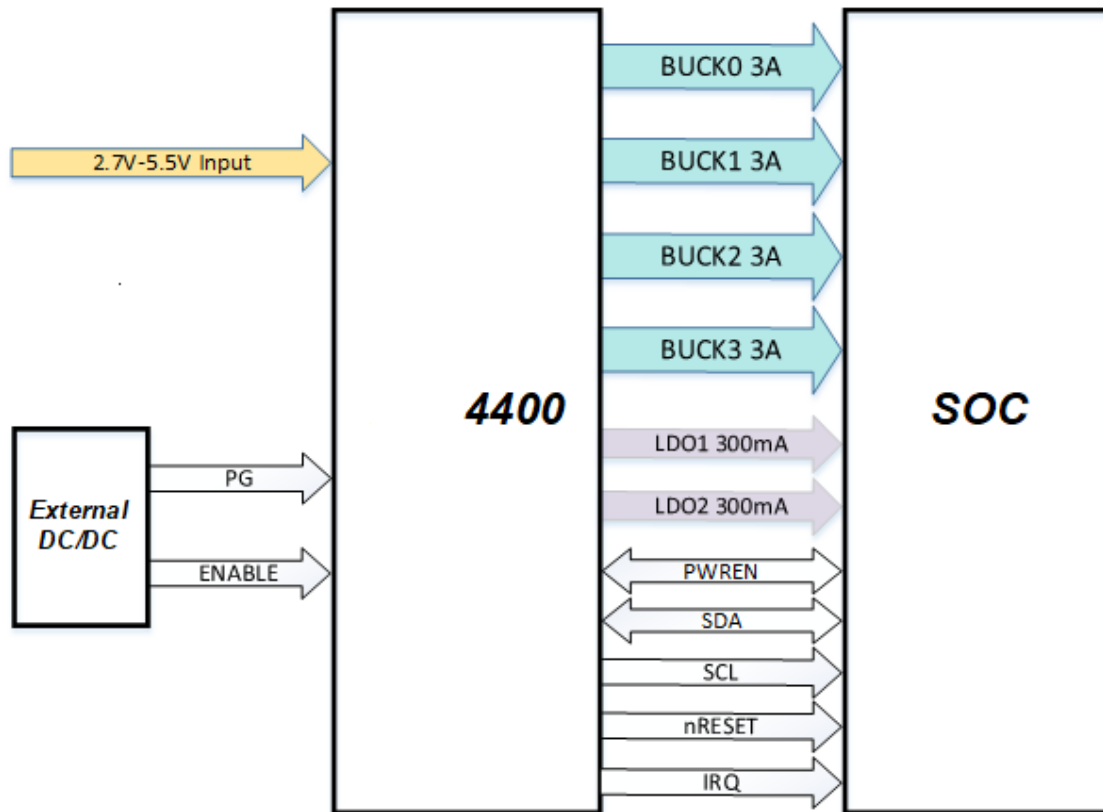
页码

※ A 版初始。本手册相关参数仅对 A 版相关指标描述和承认

ALL

[†] NOTE: 以前版本的页码可能与当前版本的页码不同。

典型应用拓扑



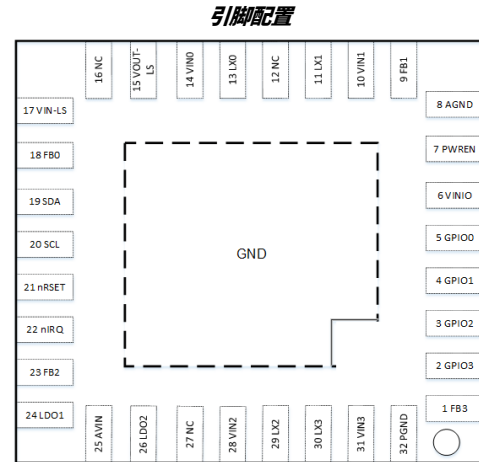
5. 绝对最大值 (†)

表 2.1

参数	范围
引脚至 GND 电压 (IO)	-0.3V~6V
引脚至 GND 电压 (AGND)	-0.7V~0.7V
引脚至 GND 电压 (Others)	-0.3V~6V
SW*开关管最大电流	4A
储存温度	-65°C to 150°C
工作温度	-40°C to 125°C
ESD 额定值 (HBM)	±2KV
ESD 额定值 (CDM)	±1000V

† 注：如果器件工作条件超过上述“绝对最大值”，可能引起器件永久性损坏。这仅是极限参数，不建议器件在极限值或超过上述极限值的条件下工作。器件长时间工作在极限条件下可能会影响其可靠性。

引脚排列



Top View

封装与引脚排列

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。

表 2.2 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
14,10,28,31	VIN0,1,2,3	Buck 供电输入引脚，外部需要至少 1uF 的滤波电容。
13,11,29,30	SW0,1,2,3	Buck 的开关节点，外接滤波电感。
32	GND	芯片功率地
18,9,23,1	FB0,1,2,3	Buck 控制反馈引脚，与各自路的输出电压直接连接。
25	AVIN	芯片模拟供电引脚，给两路 LDO 提供供电
24,26	LDO1,2	两路 LDO 输出引脚，外接至少 1uF 的滤波电容。
5,4,3,2	GPIO0,1,2,3	通用 IO 引脚，可通过内部寄存器配置功能
21	nRST	数字复位引脚
7	PWREN	芯片全局使能信号
20	SCL	I2C 通讯时钟接口
19	SDA	I2C 通讯数据接口
15	LSW_O	Load Switch 输出引脚
17	LSW_I	Load Switch 输入引脚
8	AGND	芯片模拟地
22	nIRQ	
6	VINIO	
12,16,27	NC	浮空引脚

(1) 如无需此功能，请忽略此引脚。

6. 技术规格

除非有特殊说明，否则极限值适用于-40°C至+125°C的工作结温度（T_J）范围。最小和最大限值通过试验，验证和统计相关性规定。典型值代表 T_J=25°C时最可能的参数规范，仅供参考。所有电压都是相对于 GND。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
输入特性						
V _{VIN1,2,3,4}	输入电压范围	2.7		5.5	V	
V _{UVLO 1,2,3,4}	输入欠压锁定 上升沿	2.6	2.7	2.8	V	
	下降沿迟滞		200		mV	
I _{op}	空载静态功耗			100	uA	
I _s	关机电流			5	uA	
Buck 1,2,3,4						
V _{out}	Buck1 输出电压范围	0.6		3.0	V	
	Buck2 输出电压范围	0.6		3.0	V	
	Buck3 输出电压范围	0.6		2.2	V	
	Buck4 输出电压范围	0.6		2.2	V	
ICL	Buck1,2,3,4 最大输出电流	3	3.2	3.5	A	
UVT	Buck 欠压阈值	91	93	95	%	
OVT	Buck 过压阈值	108	110	112	%	
R _{hs}	上管导通电阻		VIN=5.0V 60		mΩ	
R _{ls}	下管导通电阻		VIN=5.0V 40		mΩ	
R _{dis}	Buck1 放电电阻		Buck1 4		Ω	
	Buck2 放电电阻		Buck2 8		Ω	
	Buck3 放电电阻		Buck3 4		Ω	
	Buck4 放电电阻		Buck4 8		Ω	
T _{on_min}	上管最小开启时间		120		ns	
Load Switch						
ICL	最大输出电流		300	450	mA	
SCP	短路保护电流		500	550	mA	
R _{on}	导通阻抗		100		mΩ	
I _{LEAK}	输出漏电			2.0	uA	
TSS	软启动时间		0.5		ms	
LDO 参数						
VDD	输出电压	I _{OUT} = 25mA, VSET=3.0V	2.97	3.0	3.03	V
V _{DP_VDD}	Dropout 电压	I _{VDD} = 150mA		150		mV
V _{DDCL}	VDD current limit	V _{VDD} = 4.0V		450		mA
LDO1	LDO1 配置范围	8bit DAC	0.6		3.0	V
LDO2	LDO2 配置范围	8bit DAC	0.8		3.6	V
ICL	LDO1,2 限流		400	450	500	mA

技术规格(续)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
IO 阈值					
V_{TH_fall}	下降沿阈值	$V_{IN} = 5V$	0.4		V
V_{TH_rise}	上升沿阈值	$V_{DD} = 5V$		1.2	V
I_{LEAK}	引脚漏电	$V_{EN} = 0V$		1	μA
过温保护					
T_{OTP-R}	过温保护	T_J Rising	150		$^{\circ}C$
T_{OTP-F}	过温保护解除	T_J Falling	125		$^{\circ}C$
热阻系数					
θ_{JA}	硅核到周围空气的热阻系数	0 LFPM Air Flow		TBD	$^{\circ}C/W$
θ_{JB}	硅核到 PCB 板表面的热阻系数			TBD	$^{\circ}C/W$
θ_{JcTop}	硅核到封装上表面的热阻系数			TBD	$^{\circ}C/W$
Ψ_{JB}	硅核到 PCB 板表面的热阻系数			TBD	$^{\circ}C/W$

7. 功能框图

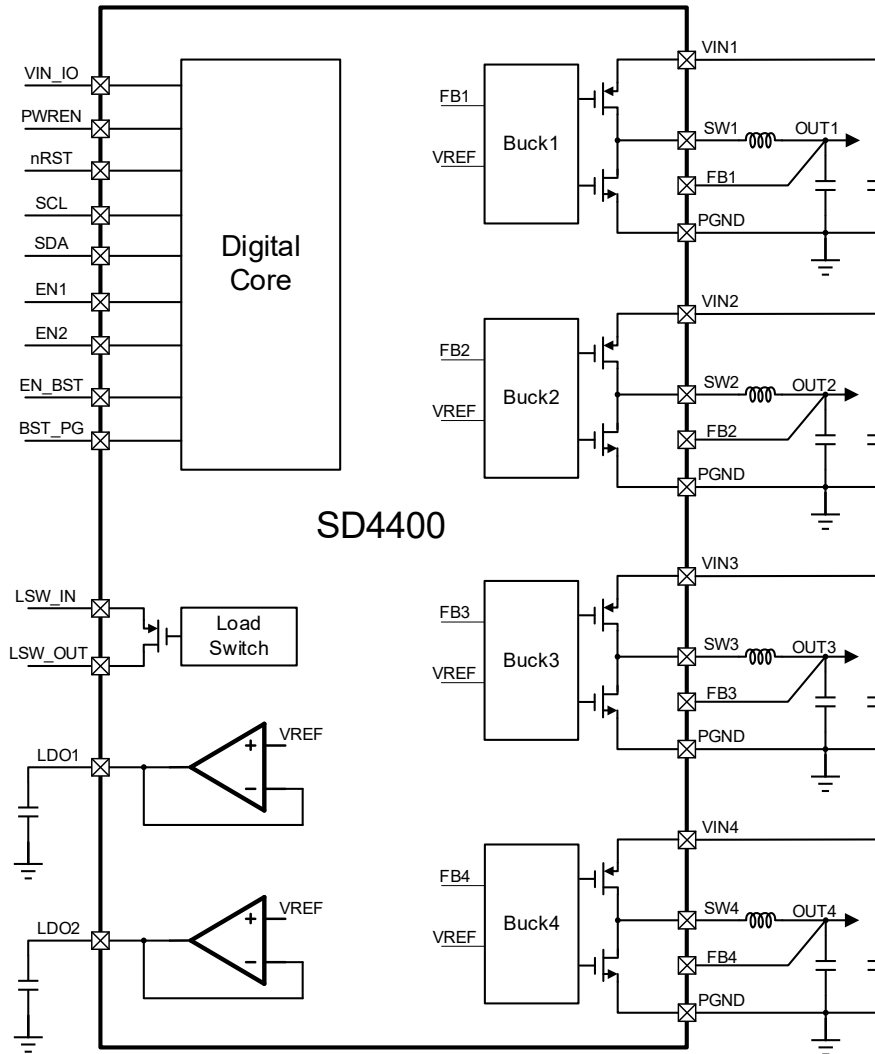


图 8 内部功能框图

应用信息：系统控制信息（概述）

概述

sd4400 是一款单芯片集成电源管理解决方案，旨在为多个处理器供电。它集成了四路高效降压调节器、两个 LDO 和一个集成负载旁路开关。它的高集成度和高开关频率导致了非常小的占地面积和低成本的电源解决方案。它包含一个主控制器，用于管理启动顺序、定时、电压、转换速率、休眠状态和故障条件。I2C 可配置性允许系统级更改，而不需要昂贵的 PCB 更改。内置负载旁路开关可在 3.3V 系统中实现全序列配置。sd4400 的许多引脚和功能都是可配置的。IC 的默认功能由默认 CMI（代码矩阵索引）定义，但大部分功能可以通过 I2C 更改。

I2C 串行接口

为了确保与广泛的系统兼容，sd4400 使用标准 I2C 命令。sd4400 作为从设备运行，可以在工厂配置为四个 7 位从地址之一。7 位从地址后面跟着第八位，指是读操作还是写操作。有关 IC 的从属地址，请参阅每个特定 CMI。

I2C 数据包处理状态机中没有超时功能，但是，每当 I2C 状态机收到启动位命令时，它会立即重置数据包处理，即使它处于有效数据包的中间。I2C 功能可在除复位外的所有状态下运行。

I2C 命令使用 SCL 和 SDA 引脚进行通信。SCL 是 I2C 串行时钟输入。SDA 是数据输入和输出。SDA 为漏极开路，必须具有上拉电阻器。这些引脚上的信号必须满足电气特性表中的时序要求。

I2C 寄存器

sd4400 包含一系列内部寄存器，其中包含 IC 的基本指令，用于设置 IC 配置、输出电压、排序、故障阈值、故障屏蔽等。这些寄存器为 IC 提供了操作灵活性。下面介绍两种类型的寄存器。

基本 Volatile—这些是 R/W（读写）和 RO（只读）。IC 通电后，用户可以修改 R/W 寄存器值以更改 IC 功能。功能的变化包括掩盖某些错误。RO 寄存器传达 IC 状态，如故障状况。当电源关闭时，对这些寄存器的任何更改都会丢失。默认值是固定的，最终用户无法更改。

基本 Volatile—这些是 R/W 和 RO。IC 通电后，用户可以修改 R/W 寄存器值以更改 IC 功能。功能的变化包括输出电压设置、启动延迟时间和电流限制阈值。当电源被回收时，对这些寄存器的任何更改都会丢失。可以在工厂修改默认值，以优化特定应用的 IC 功能。

当只修改寄存器中的某些位时，注意不要无意中更改其他位。无意中更改寄存器内容可能会导致意外的设备行为。

DVS

BUCK0、2 支持动态电压缩放（DVS）。在大多数 CMI 选项的正常操作中，每个输出调节到其 VSET0 I2C 寄存器编程的电压。在 DVS 期间，每个输出可编程为调节至其 VSET1 电压。

在 VSET0 到 VSET1 和 VSET1 到 VSET0 之间的电压转换期间，I2C 位 FORCEPWM 被设置为 1，以迫使降压转换器进入 PWM 模式。这确保了输出尽快过渡到新的电压电平。注意：VSET0 必须设置为高于 VSET1。违反此要求将导致 DVS 期间出现 OV 故障。

对于无故障操作，用户必须确保输出负载条件加上在 DVS 上升电压条件下为输出电容充电所需的电流不超过调节器的电流限制设置。与任何电源一样，过快地改变输出电压可能需要高于电流限制设置的电流。用户必须确保电压阶跃、转换速率和负载电流条件不会导致超过电流限制条件的瞬时负载。有关进入和退出 DVS 的选项，请参阅“”。

应用信息：系统控制信息（概述）

输出时序设置

六路输出中的每一路都有四个基本的顺序设置：输入触发、开启延迟、关闭延迟和输出电压。这些参数中的每一个都通过 IC 内部寄存器进行控制。

输入触发：每个输出可以有一个单独的输入触发。输入触发可以是来自其他调节器之一的内部电源 ok (POK) 信号、内部 VIN POK 信号或施加到输入引脚（例如 EXT_PG 或 GPIO）的外部信号。这种灵活性允许多种排序可能性，包括使用外部电源或来自主机的控制信号对某些输出进行排序。例如，如果 LDO1 输入触发器为 Buck1，则 LDO1 将不会开启，直到 Buck1 处于调节状态。输入触发在工厂定义，只能通过自定义 CMI 配置进行更改。

开启延迟：开启延迟是输入触发激活和输出开始开启之间的时间。每个输出的开启延迟通过其 I2C 位“开启延迟”进行配置。开启延迟可以在 IC 通电后更改，但它们是不稳定的，在电源关闭重置为出厂默认值。

关闭延迟：关闭延迟是输入触发器变为非活动状态和输出开始关闭之间的时间。每个输出的关闭延迟通过其 I2C 位“关闭延迟”进行配置。但它们是不稳定的，在电源关闭重置为出厂默认值。

输出电压：输出电压是每个调节器的期望电压。每路降压的输出电压通过其 I2C 位 VSEt0 and VSEt1 进行编程。输出在激活模式下调节为 VSET0。它们可以编程为在 DVS、SLEEP 和 DSPSLP 模式下调节至 VSET1。每个 LDO 都有一个寄存器 VSET 来设置其输出电压。IC 通电后，每个输出的电压都可以改变，但新的设置是不稳定的，在电源回收关闭时会重置为出厂默认值。输出电压可以随时改变。如果需要较大的输出电压变化，最好进行多次较小的变化。这防止了 IC 检测到瞬时过电压或欠电压状态，因为故障阈值会立即改变，但输出需要时间来响应。

负载开关概述

sd4400 具有负载开关栅极驱动器 LSW，为外部 n-ch FET 供电。负载开关允许打开/关闭公共电源轨，为系统负载创建电源“孤岛”。当不需要这些负载时，可以关闭此“孤岛”以将功耗降至最低。负载开关也可以通过可编程的开启和关闭延迟时间纳入 IC 启动顺序。它也可以编程为在 SLEEP 和 DSPSLP 状态下打开或关闭。LSW 具有一个有效的 75 欧姆下拉电阻器，当禁用时，可快速关闭外部 FET。

因为 SD4400 只连接到外部 FET 栅极，所以负载开关没有电流限制功能。负载开关的输入应来自 SD4400 Buck、LDO 或其他限流源。

应用信息：LDO 转换器概述

sd4400 包含两路完全集成的 300mA 低压差线性稳压器 (LDO)。LDO 只需要两个小型外部组件 (Cin、Cout) 即可运行。它们附带默认输出电压，可通过 I2C 对需要高级电源管理功能的系统进行修改。

输出电压设置

LDO 调节到其 I2C 寄存器 LDO1_VSET 和 LDO2_VSET 定义的电压。LDO 不像 BUCK 那样具有第二 VSET 寄存器。LDO 可以配置两种不同的输出电压范围设置。I2C 寄存器位 TRIG1/2 分别控制着这两 VSET 寄存器，且该寄存器位由工厂设置不支持用户配置。

当 TRIG1/2=1 时，以下等式确定 LDO 输出电压：

$$VLDOx = 0.8V + LDOx_VSET, \text{ 范围为 } 0.8V \sim 3V.$$

建议 LDO 的输出电压保持在默认输出电压的 +/-25% 以内，以保持精度。大于 +/-25% 的电压变化可能需要不同的工厂微调设置 (新的 CMI) 以保持精度。

启用/禁用控制

在正常操作期间，通过向寄存器的开启位写入，可以通过 I2C 接口启用或禁用每个 LDO。注意，根据特定 CMI 设置，禁用用作另一个调节器输入触发的 LDO 可能会禁用或可能不会禁用其后的其他调节器。每个 LDO 都有一个负载放电功能，用于在 LDO 禁用时快速将输出电压拉至地。当 LDO 被禁用时，该电路将输出端的内部电阻器 (50 欧姆) 连接到 AGND。

输入电容器选择

AVIN 引脚为两个 LDO 提供输入电源。AVIN 需要高质量、低 ESR 的陶瓷输入电容器。1uF 通常是合适的，但该值可以无限制地增加。输入电容器应为 X5R、X7R 或类似电介质。

输出电容器选择

每个 LDO 都需要高质量、低 ESR 的陶瓷输出电容器。1uF 通常是合适的，但该值可以无限制地增加。输入电容器应为 X5R、X7R 或类似电介质。LDO 有效输出电容必须大于 0.7uF。

应用信息：参考布局举例

概述

sd4400 的高集成度使 PCB 板布局非常简单和容易。较差的布局会影响 sd4400 的性能，造成电磁干扰(EMI)、电磁兼容性(EMC)差、地跳以及电压损耗，进而影响稳压调节和稳定性。为了优化其电气和热性能，应运用下列规则来实现良好的 PCB 布局布线，确保最佳性能：

- 必须将高频陶瓷输入电容 CIN.C 尽量近距离放在 VIN、GND 引脚旁边，以尽量降低高频噪声。
- 对高电流路径应使用较大 PCB 覆铜区域，包括 GND 引脚(PIN2)。这有助于最大限度地减少 PCB 传导损耗和热应力。
- 为使过孔传导损耗最小并降低模块热应力，应使用多个过孔来实现顶层和其他电源层或地层之间的互连。
- 应考虑电感所产生的 ACR 和 DCR 损耗，所造成的热量传导给芯片。可酌情将电感放置稍远或合理设计热岛。
- FB 引脚阻抗较高，引线轨迹应尽量短并且远离高噪声 SW 节点或屏蔽起来

封装外形描述(QFN32)

具备底部 PAD 的 32 引脚塑封 SOIC

