

产品特性

多功能数字电压模式控制器
 快速输入电压前馈控制
 6路脉冲宽度调制(PWM)逻辑输出, 625 ps分辨率
 开关频率: 49 kHz至625 kHz
 频率同步 - 作为主机设备和从机设备
 多种节能模式
 用于优化效率的自适应死区时间补偿
 低设备功耗: 100 mW(典型值)
 电源的直接并联控制, 无需OR-ing设备
 精确下垂式均流控制
 预偏置启动
 反向电流保护
 条件过压保护
 丰富的故障检测和保护
 兼容PMBus
 易于编程的图形用户界面(GUI)
 用于编程和数据存储的片上EEPROM
 采用24引脚、4 mm x 4 mm LFCSP封装
 工作温度范围: -40°C至+125°C

应用

高密度隔离式DC-DC电源
 中间总线变换器
 高可靠性并联电源系统
 服务器、存储器、工业、网络和通信基础设施

概述

ADP1051是一款带PMBus™接口的先进数字控制器, 用于高密度、高效率DC-DC功率转换。该控制器采用电压模式控制, 通过快速的输入线电压前馈改善了瞬态响应和噪声性能。ADP1051具有6路可编程脉冲宽度调制(PWM)输出, 同步整流控制技术使ADP1051适合大多数高效率的电源拓扑。该设备具有自适应死区时间补偿功能, 可提高全负载范围内效率, 可编程轻负载工作模式配合设备的低功耗特性, 则可降低系统待机功率损耗。

ADP1051集成多种特性, 能够实现稳健的并联和冗余工作系统, 从而满足高可应用性或并行连接的客户需求。该设备提供频率同步、反向电流保护和预偏置启动功能, 可在电源之间实现精确均流, 并且采用有条件的过压技术, 能够在并行工作模式下识别并安全关断故障电源。

ADP1051基于灵活的状态机架构, 采用直观的GUI进行编程。易于使用的接口缩短了设计周期, 因此构成一个加载于内置EEPROM的稳定硬件编码系统。小型(4 mm x 4 mm) LFCSP封装让ADP1051成为超级紧凑、隔离式DC-DC功率模块或嵌入式电源设计的理想选择。

典型应用电路

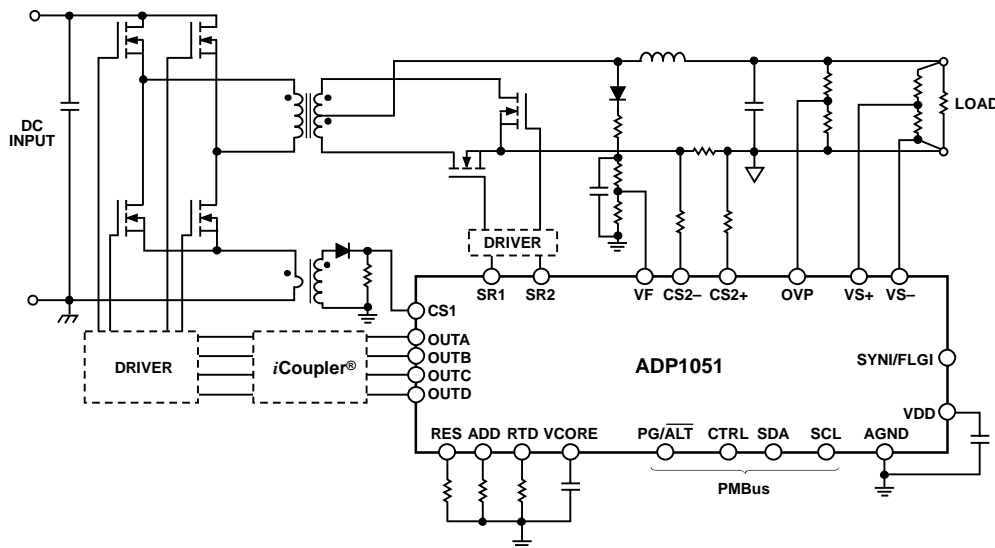


图1.

Rev. 0

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 ©2013 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
 Technical Support www.analog.com

ADI中文版数据手册是英文版数据手册的译文, 敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误, ADI不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性, 请参考ADI提供的最新英文版数据手册。

目录

| | | | |
|----------------------------|----|----------------------------------|----|
| 产品特性 | 1 | 占空比读数 | 33 |
| 应用 | 1 | 开关频率读数 | 33 |
| 概述 | 1 | 温度读数 | 33 |
| 典型应用电路 | 1 | 温度线性化特性 | 34 |
| 修订历史 | 3 | PMBus保护命令 | 34 |
| 技术规格 | 4 | 用户自定义保护命令 | 36 |
| 绝对最大额定值 | 9 | 用户自定义保护响应 | 39 |
| 热阻 | 9 | 电源校准和校准 | 40 |
| 焊接 | 9 | I _{IN} 校准(CS1校准) | 40 |
| ESD警告 | 9 | I _{OUT} 校准(CS2校准) | 40 |
| 引脚配置和功能描述 | 10 | V _{OUT} 校准(VS校准) | 40 |
| 典型性能参数 | 12 | V _{IN} 校准(VF增益校准) | 41 |
| 工作原理 | 14 | RTD和OTP校准 | 41 |
| PWM输出(OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、 | | 应用配置 | 42 |
| SR1、SR2) | 15 | 布局布线指南 | 43 |
| 同步整流 | 15 | CS1引脚 | 43 |
| PWM调制限值和180°移相 | 16 | CS2+和CS2-引脚 | 43 |
| 自适应死区补偿(ADTC) | 16 | VS+和VS-引脚 | 43 |
| 轻载模式和深度轻载模式 | 17 | OUTA至OUTD、SR1和SR2 PWM输出 | 43 |
| 频率同步 | 17 | VDD引脚 | 43 |
| 输出电压检测和校准 | 19 | VCORE引脚 | 43 |
| 数字补偿器 | 21 | RES引脚 | 43 |
| 闭环输入电压前馈控制和VF检测 | 21 | SDA和SCL引脚 | 43 |
| 开环输入电压前馈工作 | 22 | 裸露焊盘 | 43 |
| 开环工作 | 23 | RTD引脚 | 43 |
| 电流检测 | 23 | AGND引脚 | 43 |
| 软启动和关断 | 24 | PMBus/I ² C通信 | 44 |
| 伏秒平衡控制 | 26 | PMBus特性 | 44 |
| 恒流模式 | 27 | 概述 | 44 |
| 跳脉冲 | 27 | PMBus/I ² C地址 | 44 |
| 预偏置启动 | 27 | 数据传输 | 44 |
| 输出电压下降控制 | 28 | 广播支持 | 46 |
| VDD和VCORE | 28 | 10位寻址 | 46 |
| 芯片密码 | 28 | 快速模式 | 46 |
| 电源监控、标志和故障响应 | 29 | 故障条件 | 46 |
| 标志 | 29 | 超时条件 | 46 |
| 电压读数 | 32 | 数据传输故障 | 46 |
| 电流读数 | 32 | 数据内容故障 | 47 |
| 功率读数 | 32 | EEPROM | 48 |
| | | EEPROM特性 | 48 |

| | | | |
|-------------------------|----|---------------------|-----|
| EEPROM概述 | 48 | 消隐和PGOOD设置寄存器 | 80 |
| 页面擦除操作 | 48 | 开关频率和同步寄存器 | 82 |
| 读取操作(字节读取和块读取) | 48 | 电流检测和限值设置寄存器 | 83 |
| 写入操作(字节写入和块写入) | 49 | 电压检测和限值设置寄存器 | 88 |
| EEPROM密码 | 49 | 温度检测和保护设置寄存器 | 89 |
| 将EEPROM设置下载至内部寄存器 | 50 | 数字补偿器和调制设置寄存器 | 90 |
| 将寄存器设置保存至EEPROM | 50 | PWM输出时序寄存器 | 93 |
| EEPROM CRC校验和 | 50 | 伏秒平衡控制寄存器 | 95 |
| GUI软件 | 51 | 占空比读数设置寄存器 | 96 |
| PMBus命令集 | 52 | 自适应死区补偿寄存器 | 97 |
| 用户自定义扩展命令列表 | 55 | 其他寄存器设置 | 100 |
| PMBus命令描述 | 58 | 用户自定义故障标志寄存器 | 104 |
| 基本PMBus命令 | 58 | 用户自定义值读数寄存器 | 106 |
| 用户自定义扩展命令描述 | 77 | 外形尺寸 | 108 |
| 标志配置寄存器 | 77 | 订购指南 | 108 |
| 软启动和软件复位寄存器 | 79 | | |

修订历史

2013年7月—修订版0：初始版

ADP1051

技术规格

除非另有说明, $V_{DD} = 3.0\text{ V}$ 至 3.6 V , $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ 。FSR = 满量程范围。

表1.

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 测试条件/注释 |
|-------------------------------|------------|----------------|--------------|------|-----------------------|---------------------------------------|
| 电源 | | | | | | |
| 电源电压 | V_{DD} | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V | 2.2 μF 电容连接至AGND |
| 电拉电流 | I_{DD} | | 28.5 | 33 | mA | 正常工作; PWM引脚无负载 |
| | | | $I_{DD} + 6$ | | mA | EEPROM编程期间 |
| | | | 50 | 100 | μA | 关断; V_{DD} 低于欠压闭锁阈值(UVLO) |
| 开机复位 | | | | | | |
| 开机复位 | | | | 3.0 | V | V_{DD} 上升 |
| UVLO阈值 | | 2.75 | 2.85 | 2.97 | V | V_{DD} 下降 |
| UVLO磁滞 | | | 35 | | mV | |
| OVLO阈值 | | 3.7 | 3.9 | 4.1 | V | |
| OVLO去抖动 | | | 2 | | μs | V_{DD_OV} 标志去抖设置为2 μs |
| | | | 500 | | μs | V_{DD_OV} 标志去抖设置为500 μs |
| VCORE引脚 | | | | | | |
| 输出电压 | V_{CORE} | 2.45 | 2.6 | 2.75 | V | 330 nF电容连接至AGND |
| 振荡器和PLL | | | | | | |
| PLL频率 | | 190 | 200 | 210 | MHz | RES输入 = 10 k Ω ($\pm 0.1\%$) |
| 数字PWM分辨率 | | | 625 | | ps | |
| OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、SR1、SR2引脚 | | | | | | |
| 输出低电压 | V_{OL} | | | 0.4 | V | $I_{OH} = +10\text{ mA}$ |
| 输出高电压 | V_{OH} | $V_{DD} - 0.4$ | | | V | $I_{OL} = -10\text{ mA}$ |
| 上升时间 | t_R | | 3.5 | | ns | $C_{LOAD} = 50\text{ pF}$ |
| 下降时间 | t_F | | 1.5 | | ns | $C_{LOAD} = 50\text{ pF}$ |
| 输出拉电流 | I_{OL} | -10 | | | mA | |
| 输出灌电流 | I_{OH} | | | 10 | mA | |
| 同步信号输出(SYNO)正脉冲宽度 | | 600 | 640 | 680 | ns | OUTC或OUTD编程为SYNO |
| VS+、VS-电压检测引脚 | | | | | | |
| 输入电压范围 | V_{IN} | 0 | 1 | 1.6 | V | 从VS+到VS-的差分电压 |
| 漏电流 | | | | 1.0 | μA | |
| VS精确ADC | | | | | | |
| 有效输入电压范围 | | 0 | | 1.6 | V | |
| ADC时钟频率 | | | 1.56 | | MHz | |
| 寄存器更新速率 | | | 10 | | ms | |
| 测量分辨率 | | | 12 | | 位 | |
| 测量精度 | | | | | | 工厂校准至1.0V |
| | | -5 | | +5 | % FSR | 0%至100%的输入电压范围 |
| | | -80 | | +80 | mV | |
| | | -2 | | +2 | % FSR | 10%至90%的输入电压范围 |
| | | -32 | | +32 | mV | |
| | | -1.0 | | +1.0 | % FSR | 900 mV至1.1 V |
| | | -16 | | +16 | mV | |
| 温度系数 | | | | 70 | ppm/ $^\circ\text{C}$ | |
| 从VS-到AGND的电压差 | | -200 | | +200 | mV | |
| VS高速ADC | | | | | | |
| 等效采样频率 | f_{SAMP} | | f_{SW} | | kHz | |
| 等效分辨率 | | | 6 | | 位 | $f_{SW} = 390.5\text{ kHz}$ |
| 动态范围 | | | ± 25 | | mV | 调节电压 = 0 mV至1.6 V |

ADP1051

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 测试条件/注释 |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------------------|---------------------------------|
| CS2+、CS2-电流检测引脚 | | | | | | |
| 输入电压范围 | V_{IN} | 0 | | 120 | mV | CS2+至CS2-的差分电压 |
| CS2+和CS2-的共模电压 | | 0.8 | 1.15 | 1.4 | V | 实现CS2测量精度 |
| 灌电流(高端) | | 1.87 | 1.915 | 1.96 | mA | |
| 拉电流(低端) | | 195 | 225 | 255 | μ A | |
| 温度系数 | | | | 95 | ppm/ $^{\circ}$ C | |
| CS2 ADC | | | | | | |
| 有效输入电压范围 | | 0 | | 120 | mV | |
| ADC时钟频率 | | | 1.56 | | MHz | |
| 测量分辨率 | | | 12 | | 位 | |
| 低端模式电流测量检测精度 | | -1.9 | | +1.9 | % FSR | 4.99 k Ω (0.01%)电平转换电阻 |
| | | -2.28 | | +2.28 | mV | 从0 mV到110 mV |
| | | -6.1 | | +1.4 | % FSR | 从110 mV到120 mV |
| | | -7.32 | | +1.68 | mV | |
| 高端模式电流测量检测精度 | | -1.6 | | +2.3 | % FSR | 加载CS2高端工厂校准值; 4.99 k Ω |
| | | -1.92 | | +2.76 | mV | (0.01%)电平转换电阻; $V_{OUT} = 11$ V |
| | | -5.3 | | +0.7 | % FSR | 从0 mV到110 mV |
| | | -6.36 | | +0.84 | mV | 从110 mV到120 mV |
| CS2 OCP数字比较器 | | | | | | |
| 阈值精度 | | | | | | 触发IOUT_OC_FAULT标志 |
| | | | | | | 同CS2 ADC低端和高端模式电流测量 |
| | | | | | | 检测精度值 |
| 比较器更新速度 | | | 82 | | μ s | 设为7位均值速度时 |
| | | | 328 | | μ s | 设为9位均值速度时 |
| CS2反向电流比较器 | | | | | | |
| 阈值精度 | | -8.5 | -3 | +3 | mV | 触发SR_RC_FAULT标志 |
| | | -11.5 | -6 | 0 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-3 mV |
| | | -14 | -9 | -3 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-6 mV |
| | | -17 | -12 | -6 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-9 mV |
| | | -21 | -15 | -9 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-12 mV |
| | | -24 | -18 | -12 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-15 |
| | | -27 | -21 | -15 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-18 mV |
| | | -30 | -24 | -18 | mV | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-21 mV |
| 传输延时 | | | 110 | 150 | ns | SR_RC_FAULT_LIMIT设置为-24 mV |
| | | | | | | 去抖时间 = 40 ns |
| RTD温度检测引脚 | | | | | | |
| 输入电压范围 | V_{IN} | 0 | | 1.6 | V | 从RTD到AGND的电压 |
| 拉电流 | | 44.6 | 46 | 47.3 | μ A | 寄存器0xFE2D = 0xE6 |
| | | 38.6 | 40 | 42 | μ A | 寄存器0xFE2D = 0xB0 |
| | | 28.6 | 30 | 31.8 | μ A | 寄存器0xFE2D = 0x80 |
| | | 18.6 | 20 | 21.6 | μ A | 寄存器0xFE2D = 0x40 |
| | | 9.1 | 10 | 11 | μ A | 寄存器0xFE2D = 0x00 |
| RTD ADC | | | | | | |
| 有效输入电压范围 | | 0 | | 1.6 | V | |
| ADC时钟频率 | | | 1.56 | | MHz | |
| 寄存器更新速率 | | | 10 | | ms | |
| 测量分辨率 | | | 12 | | 位 | |

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 测试条件/注释 |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----|-------|-------|--|
| 测量精度 | | -0.3 | | +0.45 | % FSR | 2%至20%的输入电压范围 |
| | | -4.8 | | +7.2 | mV | |
| | | -2 | | +2 | % FSR | 0%至100%的输入电压范围 |
| | | -80 | | +80 | mV | |
| OTP数字比较器 | | | | | | 触发OT_FAULT标志 |
| 阈值精度 | | -0.9 | | +0.25 | % FSR | T = 85°C(100 kΩ 16.5 kΩ) |
| | | -14.4 | | +4 | mV | |
| | | -0.5 | | +1.1 | % FSR | T = 100°C(100 kΩ 16.5 kΩ) |
| | | -8 | | +17.6 | mV | |
| 比较器更新速度 | | | 10 | | ms | |
| 根据内部线性化处理的温度读数 | | | | | | 拉电流设置为46 μA (寄存器0xFE2D = 0xE6); NTC R25 = 100 kΩ (1%); β = 4250 (1%); REXT = 16.5 kΩ (1%) |
| | | | | 7 | °C | 25°C至100°C |
| | | | | 5 | °C | 100°C至125°C |
| PG/ALT(开漏)引脚 | | | | | | |
| 输出低电平 | V _{OL} | | | 0.4 | V | 灌电流= 10 mA |
| CTRL引脚 | | | | | | |
| 输入低电平 | V _{IL} | | | 0.4 | V | |
| 输入高电平 | V _{IH} | V _{DD} - 0.8 | | | V | |
| 漏电流 | | | | 1.0 | μA | |
| SYNI/FLGI引脚 | | | | | | |
| 输入低电平 | V _{IL} | | | 0.4 | V | |
| 输入高电平 | V _{IH} | V _{DD} - 0.8 | | | V | |
| 内部时钟周期的同步范围% | t _{SYNC} | 90 | | 110 | % | |
| SYNI正脉冲宽度 | | 360 | | | ns | 外部时钟施加于SYNI引脚 |
| SYNI负脉冲宽度 | | 360 | | | ns | 外部时钟施加于SYNI引脚 |
| SYNI周期漂移 | | | | 280 | ns | 两个连续外部时钟之间的周期漂移 |
| 漏电流 | | | | 1.0 | μA | |
| SDA、SCL引脚 | | | | | | |
| 输入低电压 | V _{IL} | | | 0.8 | V | |
| 输入高电压 | V _{IH} | V _{DD} - 0.8 | | | V | |
| 输出低电压 | V _{OL} | | | 0.4 | V | 灌电流= 3 mA |
| 漏电流 | | -5 | | +5 | μA | |
| 串行总线时序 | | | | | | 参见图2 |
| 时钟工作频率 | | 10 | 100 | 400 | kHz | |
| 干扰抑制 | | | | 50 | ns | |
| 总线空闲时间 | t _{BUF} | 1.3 | | | μs | 介于停止条件与起始条件之间 |
| 起始条件建立时间 | t _{SU,STA} | 0.6 | | | μs | 重复起始条件的建立时间 |
| 起始条件保持时间 | t _{HD,STA} | 0.6 | | | μs | (重复)起始条件之后的保持时间; 此周期结束后产生第一个时钟 |
| 停止条件建立时间 | t _{SU,STO} | 0.6 | | | μs | |
| SDA建立时间 | t _{SU,DAT} | 100 | | | ns | |
| SDA保持时间 | t _{HD,DAT} | 125 | | | ns | 用于回读 |
| | | 300 | | | ns | 用于写入 |
| SCL低电平超时 | t _{TIMEOUT} | 25 | | 35 | ms | |
| SCL低电平时间 | t _{LOW} | 0.6 | | | μs | |
| SCL高电平时间 | t _{HIGH} | 0.6 | | | μs | |
| SCL低电平延长时间 | t _{LOW;SEXT} | | | 25 | ms | |
| SCL、SDA上升时间 | t _r | 20 | | 300 | ns | |
| SCL、SDA下降时间 | t _f | 20 | | 300 | ns | |

ADP1051

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 测试条件/注释 |
|-------------------|----|--------|-----|-----|----|---------------------------|
| EEPROM | | | | | | |
| EEPROM更新时间 | | | | 40 | ms | 从更新命令到EEPROM更新完成的时间 |
| 可靠性 | | | | | | |
| 耐久性 ² | | 10,000 | | | 周期 | $T_J = 85^\circ\text{C}$ |
| | | 1000 | | | 周期 | $T_J = 125^\circ\text{C}$ |
| 数据保持 ³ | | 20 | | | 年 | $T_J = 85^\circ\text{C}$ |
| | | 15 | | | 年 | $T_J = 125^\circ\text{C}$ |

¹ CS3是由CS1读数(代表输入电流)、占空比和主变压器匝数比计算的备选输出电流读数。

² 耐久性是分别在 -40°C 、 $+25^\circ\text{C}$ 、 $+85^\circ\text{C}$ 和 $+125^\circ\text{C}$ 时依据JEDEC 22标准方法A117来认定的。

³ 对应结温环境下的等效寿命是根据JEDEC 22标准的方法A117。

时序图

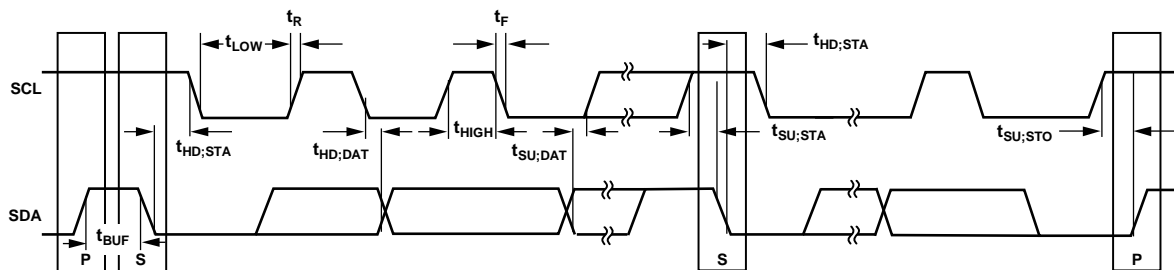


图2. 串行总线时序图

11443-002

绝对最大额定值

表2.

| 参数 | 额定值 |
|--|--------------------------|
| 电源电压(连续) V_{DD} | 4.2 V |
| 数字引脚(OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、SR1、SR2、PG/ALT、SDA、SCL) | -0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V |
| VS-至AGND | -0.3 V至+0.3 V |
| VS-、VS+、VF、OVP、RTD、ADD、CS1、CS2+、CS2- | -0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V |
| SYNI/FLGI、CTRL | -0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V |
| 工作温度范围(T_A) | -40°C至+125°C |
| 存储温度范围 | -65°C至+150°C |
| 结温 | 150°C |
| 回流焊峰值温度 | |
| 锡铅体系(10 s至30 s) | 240°C |
| RoHS体系(20 s至40 s) | 260°C |
| ESD充电设备模型 | 1.25 kV |
| ESD人体模型 | 5.0 kV |

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致设备永久性损坏。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，推断设备能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响设备的可靠性。

热阻

θ_{JA} 针对最差条件，即焊接在电路板上的设备为表贴封装。

表3. 热阻

| 封装类型 | θ_{JA} | θ_{JC} | 单位 |
|------------|---------------|---------------|------|
| 24引脚 LFCSP | 36.26 | 1.51 | °C/W |

焊接

设计ADP1051的印刷电路板(PCB)尺寸封装以及将设备焊接到PCB时，请务必遵循正确的规范。有关这些规范的详情，请参阅应用笔记AN-772“引脚架构芯片级封装(LFCSP)设计与制造指南”。

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

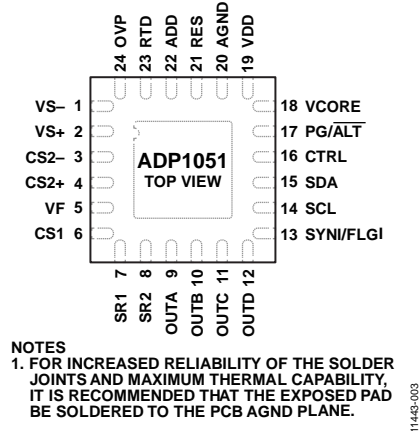


图3. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

| 引脚编号 | 引脚名称 | 说明 |
|------|-----------|--|
| 1 | VS- | 电压检测的反相输入端。这是供电轨接地线路连接。提供一个到AGND的低阻抗连接。为了进行校准，建议此输入端的电阻分压器容差规格 $\leq 0.5\%$ 。 |
| 2 | VS+ | 电压检测的同相输入端。此信号参考VS-。为了进行校准，建议此输入端的电阻分压器容差规格 $\leq 0.5\%$ 。 |
| 3 | CS2- | 差分电流检测反相输入端。为实现最佳操作，应使用1.12 V的额定电压。当使用低端电流检测时，可在检测电阻和此引脚之间放置一个4.99 k Ω 电平转换电阻。在12 V应用中使用高端电流检测时，可在检测电阻和此引脚之间放置一个5.62 k Ω 电阻。当使用高端电流检测时，应用公式 $R = (V_{OUT} - 1.12 V) / 1.915 \text{ mA}$ 。必须使用0.1%电阻连接到该电路。若不使用该引脚，则将其连接至AGND并将CS2电流检测设为高端电流检测模式(寄存器0xFE19[7] = 1)。 |
| 4 | CS2+ | 差分电流检测同相输入端。为实现最佳操作，应使用1.12 V的额定电压。当使用低端电流检测时，可在检测电阻和此引脚之间放置一个4.99 k Ω 电平转换电阻。在12 V应用中使用高端电流检测时，可在检测电阻和此引脚之间放置一个5.62 k Ω 电阻。当使用高端电流检测时，应用公式 $R = (V_{OUT} - 1.12 V) / 1.915 \text{ mA}$ 。必须使用0.1%电阻连接到该电路。若不使用该引脚，则将其连接至AGND并将CS2电流检测设为高端电流检测模式(寄存器0xFE19[7] = 1)。 |
| 5 | VF | 此引脚可实现三种可选功能：前馈、原边输入电压检测和输入电压UVLO保护。此引脚通过一个电阻分压器网络连接到输出电感的前端。此引脚的额定电压应为1 V。此信号参考AGND。 |
| 6 | CS1 | 原边电流检测输入。此引脚连接原边电流检测ADC和逐周期电流限值比较器。此信号参考AGND。此输入的电阻容差规格必须 $\leq 0.5\%$ ，以便校准。若不使用，请将此引脚连接到AGND。 |
| 7 | SR1 | PWM逻辑输出驱动。不用时可禁用该引脚。此信号参考AGND。 |
| 8 | SR2 | PWM逻辑输出驱动。不用时可禁用该引脚。此信号参考AGND。 |
| 9 | OUTA | PWM逻辑输出驱动。不用时可禁用该引脚。此信号参考AGND。 |
| 10 | OUTB | PWM逻辑输出驱动。不用时可禁用该引脚。此信号参考AGND。 |
| 11 | OUTC | PWM逻辑输出驱动。不用时可禁用该引脚。此信号参考AGND。此引脚也可编程为同步信号输出(SYNO)。 |
| 12 | OUTD | PWM逻辑输出驱动。不用时可禁用该引脚。此信号参考AGND。此引脚也可编程为同步信号输出(SYNO)。 |
| 13 | SYNI/FLGI | 同步信号输入(SYNI)/外部信号输入，产生标志条件(FLGI)。若不使用，请将此引脚连接到AGND。 |
| 14 | SCL | I ² C/PMBus串行时钟输入和输出(漏级开路)。此信号参考AGND。 |
| 15 | SDA | I ² C/PMBus串行数据输入和输出(漏级开路)。此信号参考AGND。 |
| 16 | CTRL | PMBus控制信号。建议在CTRL引脚和AGND之间连接一个1 nF电容，以实现噪声去抖和去耦。此信号参考AGND。 |

| 引脚编号 | 引脚名称 | 说明 |
|------|-----------|---|
| 17 | PG/ALT | Power Good输出(漏级开路)。通过上拉电阻(通常为2.2 kΩ)将此引脚连接至VDD。此信号参考AGND。此引脚也用作SMBus ALERT信号。(有关SMBus规范的信息, 请参阅“PMBus特性”部分。) |
| 18 | VCORE | 2.6 V调节器的输出。在此引脚与AGND之间连接一个至少为330 nF的去耦电容; 该电容应尽可能靠近ADP1051, 以最大程度缩短PCB走线长度。建议不以此引脚为基准或使用阻性分压器产生其他逻辑电平。 |
| 19 | VDD | 正电源输入。3.0 V至3.6 V的电压。此信号参考AGND。在此引脚与AGND之间连接一个2.2 μF去耦电容; 该电容应尽可能靠近ADP1051, 以最大程度缩短PCB走线长度。 |
| 20 | AGND | 通用模拟地。内部模拟电路地和数字电路地通过焊线星型连接到此引脚。 |
| 21 | RES | 电阻输入。此引脚设置内部PLL频率的内部参考。在此引脚和AGND之间连接一个10 kΩ电阻(±0.1%)。此信号参考AGND。 |
| 22 | ADD | 地址选择输入。此引脚用于编程I ² C/PMBus地址。ADD和AGND之间连接一个电阻。此信号参考AGND。 |
| 23 | RTD | 热敏电阻输入。将一个热敏电阻(R ₂₅ = 100 kΩ (1%)、β = 4250 (1%))与一个16.5 kΩ (1%)电阻和一个1 nF滤波电容并联连接。此引脚参考AGND。若不使用, 请将此引脚连接到AGND。 |
| 24 | OVP EP | 过压保护。该信号用作冗余过压保护。此信号参考VS-。 裸露焊盘。ADP1051封装底部有一个裸露焊盘。为提高焊接接头的可靠性并实现最大散热效果, 建议将裸露焊盘焊接到PCB的AGND层。 |

典型性能参数

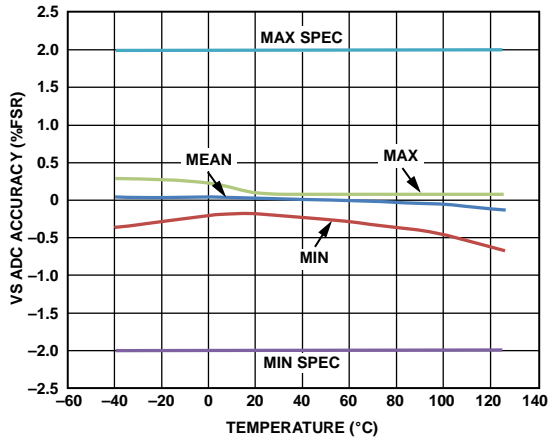


图4. VS ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

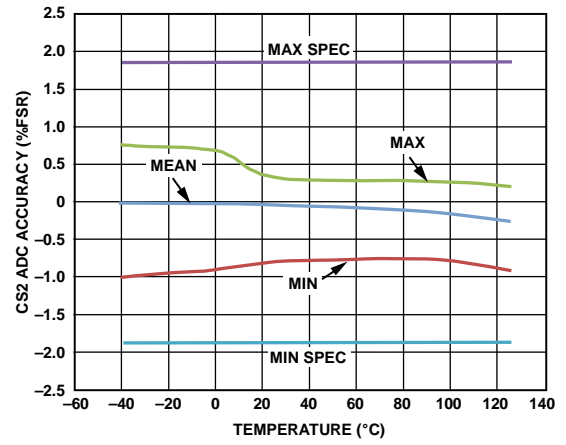


图7. CS2 ADC精度与温度的关系(从0 mV至120 mV)

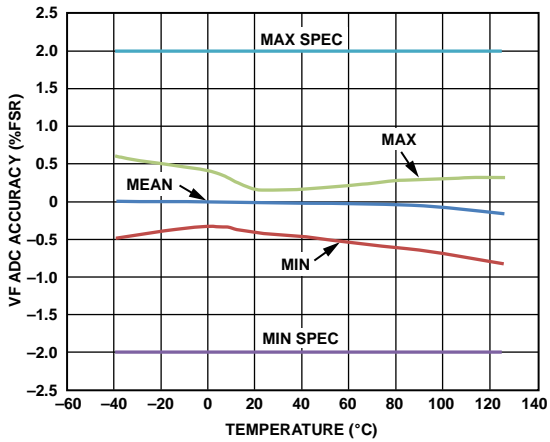


图5. VF ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

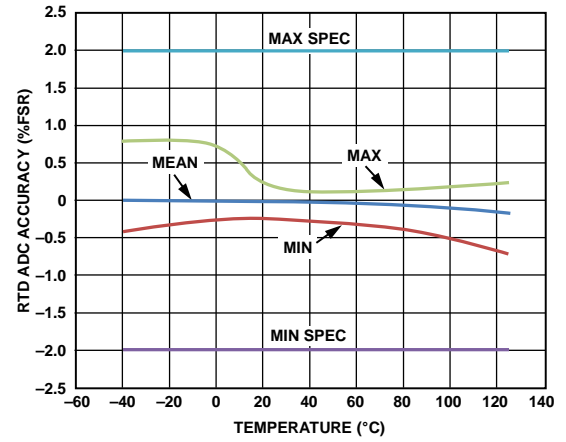


图8. RTD ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

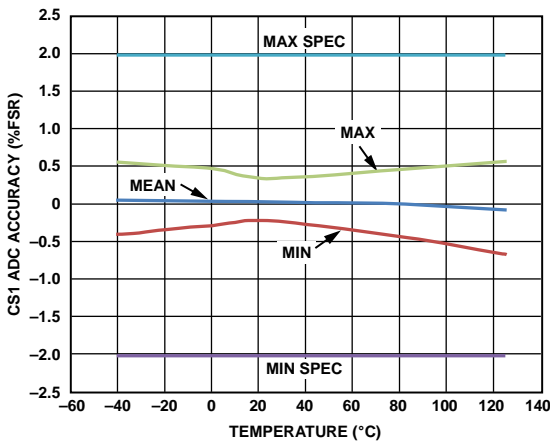


图6. CS1 ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

11443-007

11443-010

11443-008

11443-011

11443-008

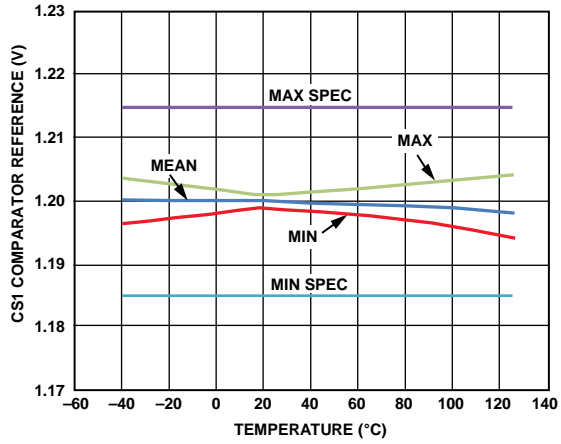


图9. CS1 OCP比较器基准与温度的关系(1.2 V基准电压)

11443-012

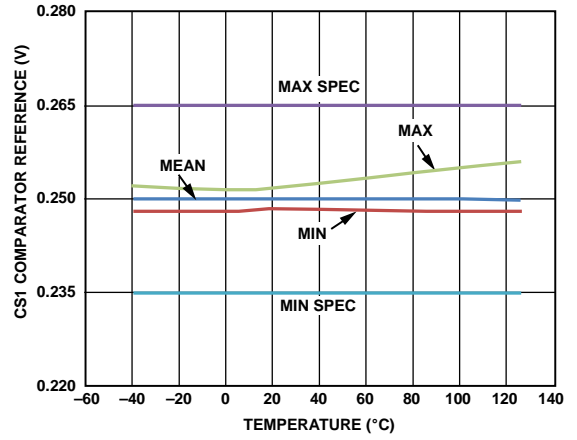


图10. CS1 OCP比较器基准与温度的关系(0.25 V基准电压)

11443-113

工作原理

ADP1051是一款灵活、易用的数字电源控制器。ADP1051集成了电源控制所需的典型功能，如：

- 输出电压检测和反馈
- 电压前馈控制
- 数字环路滤波器补偿
- PWM生成
- 电流、电压和温度检测
- 一般管理和I²C/PMBus接口
- 校准和校准

控制输出电压的主要功能通过使用反馈ADC、数字环路滤波器和数字PWM引擎来实现的。

反馈ADC采用已获专利的多路径架构，<http://www.analog.com/ADP1046A>包括一个高速低分辨率(快速低精度)ADC和一个低速高分辨率(慢速高精度)ADC。ADC输出合并形成高速、高分辨率反馈路径。环路补偿利用数字滤波器实现。该比例-积分-微分(PID)补偿器位于数字域中，可实现滤波器特性的简易编程，这在定制设计和设计调试中有很大的帮助。PWM引擎产生最多6路可编程PWM输出，用于控制原边FET驱动器和同步整流FET驱动器。这种编程特性使许多通用和特殊的开关电源拓扑得以实现。

该设备具有传统的电源管理特性，如输入电压检测、输出电压检测、原边和副边电流检测。设备提供丰富的保护功能，包括过压保护(OVP)、过流保护(OCF)、过温保护(OTP)、欠压保护(UVP)和SR反向电流保护(RCP)。

所有功能均可通过I²C/PMBus数字总线接口编程。此接口还用于校准。通过该数字总线接口，还可提供其它信息，如输入电流、输出电流和故障标志。

内部EEPROM能存储所有编程值，支持在没有微控制器的情况下实行独立控制。免费提供可供下载的GUI，它包含所有对ADP1051进行编程所需的软件。欲获取最新的GUI软件 and 用户指南，请访问：<http://www.analog.com/digitalpower>。

ADP1051采用3.3 V单电源供电，额定温度范围为-40°C至+125°C。

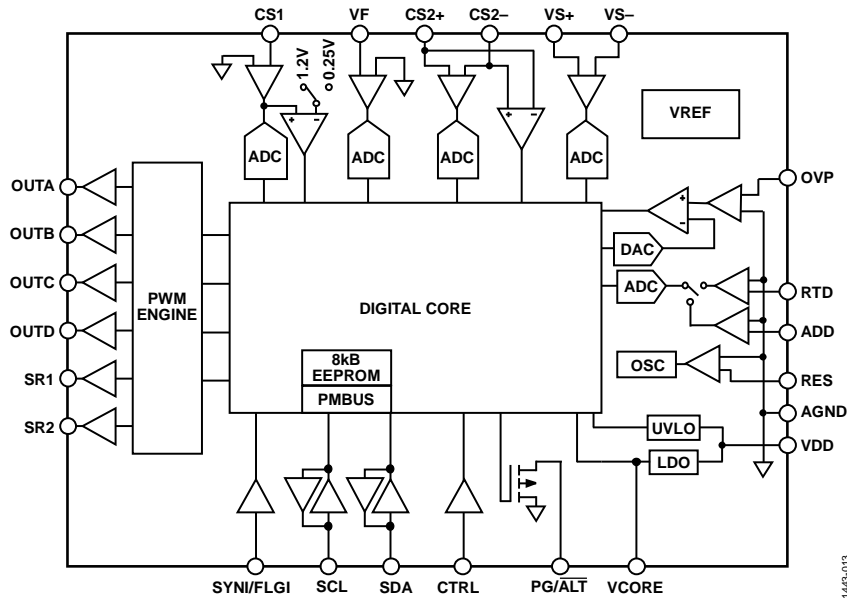


图11. 功能框图

PWM输出(OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、SR1、SR2)

PWM输出用于控制原边驱动器和同步整流器驱动器。它们可用于多种拓扑，如硬开关全桥、零电压开关全桥、移相全桥、半桥、推挽、双开关正激、有源箝位正激、交错降压等。上升沿和下降沿之间的延迟可单独编程。在设置PWM时应特别小心，避免直通和交叉共通。建议使用ADP1051 GUI软件对这些输出进行编程。图12显示采用同步整流驱动零电压切换全桥拓扑的示例配置。QA、QB、QC、QD、QSR1和QSR2开关由PWM输出(OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、SR1和SR2)分别驱动。图13显示图12所示电源级的PWM设置示例。

PWM和SRx输出相互之间完全同步。因此，重新编程多个输出时，应当首先更新所有寄存器，然后将信息一次性锁存到阴影寄存器。重新编程时，输出暂时禁用。为确保新PWM时序和开关频率设置同时编程，应通过设置寄存器0xFE61[2:1](GO命令)，将一个特殊指令发送到ADP1051。不使用PWM输出时，建议通过寄存器0xFE53[5:0]将其禁用。

有关PWM时序的更多信息，请参见“PWM输出时序寄存器”部分。

同步整流

使用同步整流时，建议将SR1和SR2用作PWM控制信号。这些PWM信号可配置为更接近于其它PWM输出。

可在同步整流器(SR) PWM输出端施加可选软启动控制。SR软启动可通过寄存器0xFE08[4:0]编程。

- SR软启动禁用时(寄存器0xFE08[1:0] = 00)，SR信号使能时的占空比即等于其PWM的调制值。
- SR软启动使能时(寄存器0xFE08[1:0] = 11)，SR1和SR2上升沿按照寄存器0xFE08[3:2]设置的步进，从 $t_{R_x} + t_{MODU_LIMIT}$ 位置左移到 $t_{R_x} + t_{MODULATION}$ 位置。 t_{R_x} 代表SR1的上升沿时序(t_{R5})和SR2的上升沿时序(t_{R6}) (参见图68)； t_{MODU_LIMIT} 代表寄存器0xFE3C定义的调制限值(参见图67)； $t_{MODULATION}$ 代表实时调制值。
- 即使SR1和SR2未被编程为需要调制，SR软启动仍可应用。SR软启动使能时，SR1和SR2上升沿按照寄存器0xFE08[3:2]设置的步进，从 $t_{R_x} + t_{MODU_LIMIT}$ 位置左移到 t_{R_x} 位置。

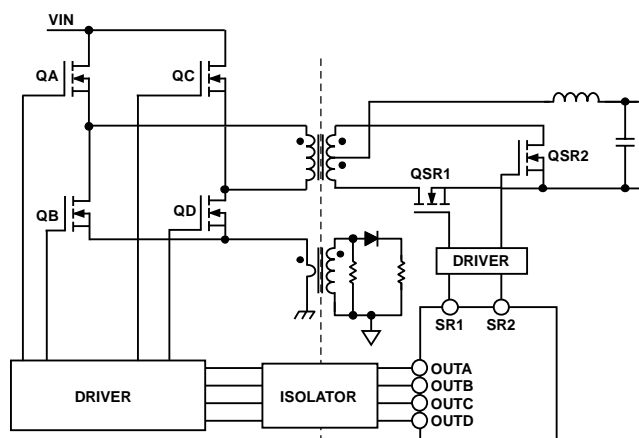


图12. 采用同步整流的零电压切换全桥拓扑的PWM分配

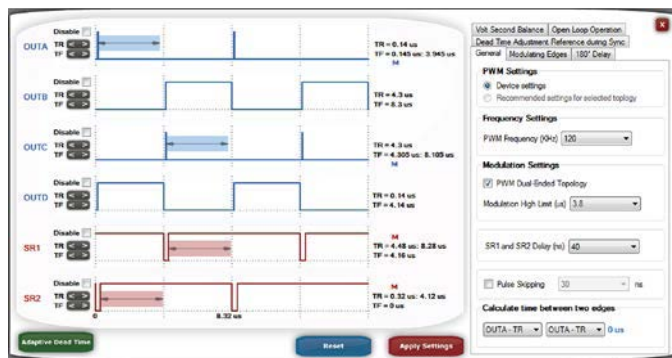


图13. 采用同步整流的零电压切换全桥拓扑的PWM设置，使用ADP1051 GUI

ADP1051

SR软启动的优势在于它能最大程度地降低无软启动情况下SR FET开机时的输出电压跌落。SRx信号立即完全开机的的好处是，它们有助于尽量降低负载跳变造成的瞬态电压。

使用寄存器0xFE08[4]，SR软启动可编程为仅发生一次(即第一次使能SRx信号的时候)，或编程为每次SRx信号使能时都发生(比如系统进入或退出深度轻载模式)。

当编程ADP1051使其使用SR软启动时，应将SR1下降沿(t_{F5})设为比SR1上升沿(t_{R5})更低的值，并将SR2下降沿(t_{F6})设为比SR2上升沿(t_{R6})更低的值，以确保该功能正常工作。在SR软启动期间，SRx的上升沿从右侧($t_{R_x} + t_{MODU_LIMIT}$ 位置)逐渐移动到左侧以提高占空比。

ADP1051非常适合用于隔离式拓扑中的DC-DC变换器。由于隔离设备的存在，每次PWM信号越过隔离栅，便会增加传输延时。使用寄存器0xFE3A[5:0]，可以设置一个可调延时(0 ns到315 ns，步长为5 ns)，使SR1和SR2均延迟一定的时间，以便补偿增加的传输延时。这样，所有PWM边沿都可以对齐(参见图68)。

PWM调制限值和180°移相

调制限值寄存器(寄存器0xFE3C)可编程为向任意PWM信号施加最大调制限值，由此限制任意PWM输出的调制范围。使能调制时，最大调制限值统一应用于所有PWM输出。此限值(t_{MODU_LIMIT})是默认时序调制边沿的最大时间变化量，遵循配置的调制方向(参见图14)。不存在最小占空比限值设置。因此，用户必须基于最小调制设定上升沿和下降沿。

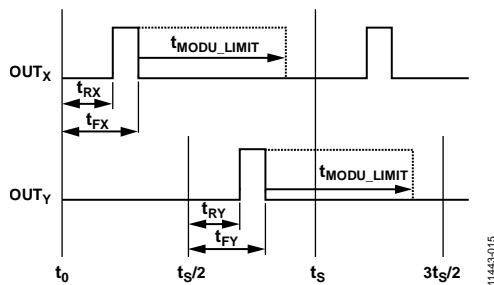


图14. 设置调制限值

寄存器0xFE3C中的每个LSB均对应不同的时间步长，数值取决于开关频率(见表152)。如果ADP1051用于控制双端拓扑(如全桥、半桥或推挽)，则应利用寄存器0xFE13[6]使能双端拓扑模式。这种情况下，每个半周期中的调制限值是寄存器0xFE3C编程的调制值的一半。

调制边沿不能超出一个开关周期。要扩展某些应用的调制范围，可以利用寄存器0xFE3B[5:0]使能180°移相。180°移相禁用时，上升沿时间和下降沿时间参考开关周期的起始时间(参见图14中的 t_{R_x} 和 t_{F_x})。180°移相使能时，上升沿时间和下降沿时间参考开关周期的一半(参见图14中的 t_{R_y} 和 t_{F_y} ，二者参考 $t_s/2$)。因此，当禁用180°移相时，边沿始终位于 t_0 和 t_s 之间。当使能180°移相时，边沿位于 $t_s/2$ 和 $3t_s/2$ 之间。

180°移相功能可用来扩展多相交错变换器的最大占空比。图15显示一个双相交错降压变换器。相对于OUTA和OUTB PWM输出，OUTC和OUTD PWM输出可以编程为180°移相。

切相功能可用于改善轻载效率。更多信息参见“轻载模式和深度轻载模式”部分。

建议使用ADP1051 GUI来评估此特性。

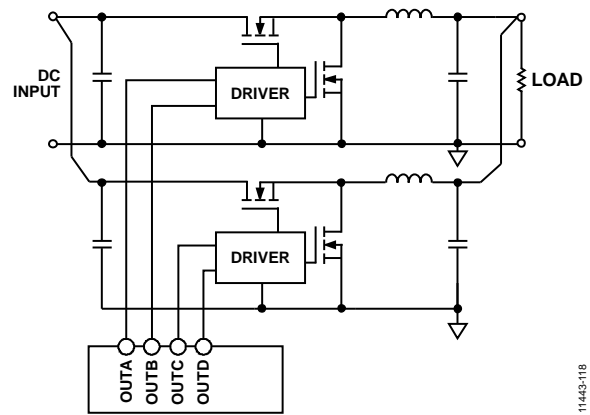


图15. ADP1051控制的双相交错降压变换器

自适应死区补偿(ADTC)

ADTC寄存器(寄存器0xFE5A至寄存器0xFE60和寄存器0xFE66)允许即时校准PWM边沿之间的死区时间。ADP1051仅在CS1电流值(代表输入电流)低于ADTC阈值(由寄存器0xFE5A设置)时使用ADTC功能。用户可以使用ADP1051 GUI轻松设置死区值，建议将GUI用于此操作。

配置ADTC之前，必须设置其阈值。每个PWM上升和下降沿(t_{R_x} 和 t_{F_x})均可编程(寄存器0xFE5B至寄存器0xFE60)为具有特定死区偏移(CS1电流为0 A时)。

此偏移可以是正值或负值，相对于额定边沿位置而言。当CS1电流位于0 A和ADTC阈值之间时，死区时间量以5 ns的步长线性校准。

CS1电流的均值周期和死区校准的速度也可在寄存器0xFE66中编程，以便适应更快或更慢的校准。

例如，如果ADTC阈值设置为0.8 A，则 t_{R1} 的额定上升沿为100 ns。如果在CS1电流为0 A时， t_{R1} 的ADTC偏移设置为100 ns，则当CS1电流为0 A时， t_{R1} 移动到200 ns；当CS1电流为0.4 A时， t_{R1} 移动到150 ns。同样，ADTC也可在负方向上应用。

轻载模式和深度轻载模式

为提高全负载范围内的效率，根据所设置的CS2电流阈值，ADP1051可以配置下列三种工作模式：

- 正常模式。在正常模式下，SR PWM输出与主PWM输出互补。
- 轻载模式。SR PWM输出仍然工作，但与主PWM同相。
- 深度轻载模式。所有PWM输出均可禁用。

图16给出了硬切换全桥变换器的工作时序。当CS2电流(输出电流)降至寄存器0xFE19[3:0]设置的轻载模式阈值以下时，SR1和SR2 PWM信号从互补模式(正常模式)切换到同相模式(轻载模式)，如图16所示。

要实现轻载模式的正常工作，注意以下事项：

- 在具有图12所示功率级的硬开关全桥拓扑中，如果QA至QD分别由OUTA至OUTD驱动，则在正常模式下，应将SR1输出设置为与OUTB和OUTC互补，将SR2输出设置为与OUTA和OUTD互补，如图16所示。这种情况下，OUTA至OUTD输出均被调制。
- 在具有图12所示功率级和图13所示PWM设置的零电压开关全桥拓扑中，正常模式下，SR1与OUTC互补，SR2与OUTA互补。轻载模式下，SR1与OUTA同相，SR2与OUTC同相。
- 如果使用硬切换全桥、半桥和推挽拓扑，且主开关仅受OUTA和OUTB控制，则在正常模式下，SR1与OUTB互补，SR2与OUTA互补。在轻载模式下，SR1与OUTA同相，SR2与OUTB同相。

当CS2电流降至寄存器0xFE1B[3:0]设置的深度轻载模式阈值以下时，所有PWM通道均可通过寄存器0xFE1C[5:0]禁用。这种情况下，ADP1051可用于交错式拓扑中，在轻载模式下可使用自动切相功能。

在轻载和深度轻载两种模式下，阈值的CS2均值速度可以

利用寄存器0xFE1E[5:4]，按照四个离散步长在41 μ s到328 μ s范围内设置。磁滞可以通过寄存器0xFE1E[3:2]设置。

轻载模式和深度轻载模式下去掉使用轻载模式数字补偿器。

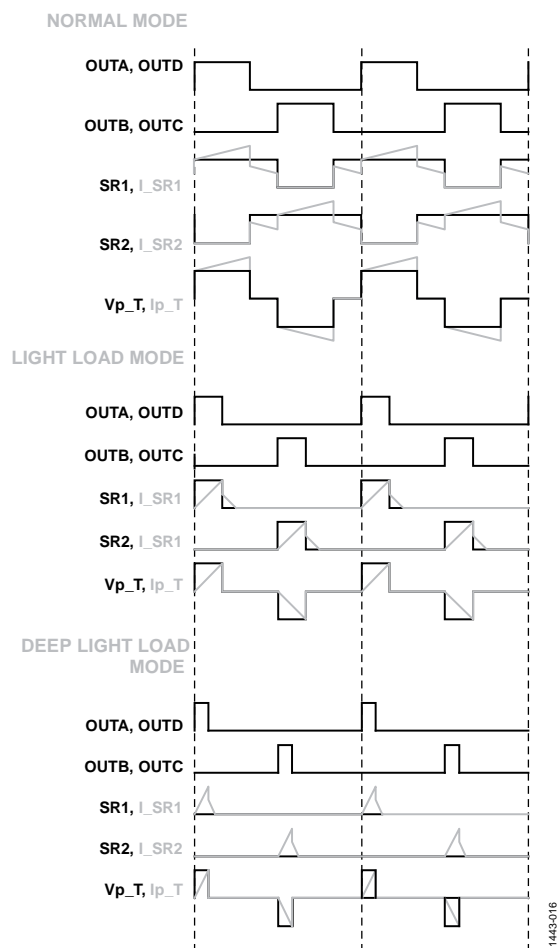


图16. 轻载模式和深度轻载模式

频率同步

ADP1051的频率同步功能包括作为从设备的同步输入(SYNI)和作为主设备的同步输出(SYNO，使用OUTC或OUTD引脚)。

作为从设备同步

ADP1051可以编程为使用SYNI/FLGI引脚信号作为参考，使内部编程的PWM时钟与一个外部时钟同步。

频率捕捉范围要求是，施加于SYNI引脚的外部时钟周期必须在内部编程的PWM时钟周期的90%到110%范围内。SYNI信号的最小脉冲宽度为360 ns。从SYNI信号的上升沿到内部时钟周期的开始有760 ns的传输延时。通过寄存器0xFE11可以设置更多延迟时间，以便利用不同的控制器实现交错控制。

ADP1051

为实现异步操作与同步操作之间的平滑过渡，寄存器0xFE12[6]中有一个针对同步的相位捕捉范围位，用于捕捉外部时钟信号的相位。同步使能时，ADP1051检测外部时钟信号与内部时钟信号之间的移相。当移相落在相位捕捉范围内时，同步开始。

ADP1051与外部时钟频率同步的方式如下：

1. 同步功能由寄存器0xFE12[3]和寄存器0xFE12[0]使能，ADP1051开始检测施加于SYNI/FLGI引脚的外部时钟信号的周期。
2. 如果外部时钟的最近64个连续周期的所有时钟周期均落在内部开关时钟周期的90%到110%范围内，则ADP1051将使用当前的最新周期作为同步参考，并确定外部时钟的周期。此间隔为 t_2 或 t_4 ，如图17所示。否则，ADP1051将放弃该周期，寻找下一个周期(频率捕捉模式)。
3. 确定外部时钟周期后，ADP1051检测外部时钟(加上寄存器0xFE11设置的延迟时间)与内部PWM信号之间的移相。如果移相在相位捕捉范围内，内部和外部时钟就会同步(相位捕捉模式)。
4. 此时，PWM时钟与外部时钟同步。逐周期同步开始。
5. 如果外部时钟信号在任何时候丢失，或者该周期超过最小限值(内部编程频率的89%)或最大限值(内部编程频率的114%)，ADP1051将把最后有效的外部时钟信号作为同步参考源。

与此同时，它还检测同步参考与内部时钟之间的移相。当移相落在相位捕捉范围内时，PWM时钟返回到内部振荡器设置的内部时钟。此间隔为 t_1 或 t_3 ，如图17所示。

这是第一个同步解锁条件，称为同步解锁模式1，其中开关频率超出范围(范围是内部编程频率的89%至大约114%)。

- 如果外部SYNI信号的周期发生显著变化(例如相连周期的时间差超过280 ns)，ADP1051将把最后有效的外部时钟信号作为同步参考源。与此同时，它还检测同步参考与内部时钟之间的移相。当移相落在相位捕捉范围内时，PWM时钟返回到内部振荡器设置的内部时钟。这是第二个同步解锁条件，称为同步解锁模式2，其中移相超过280 ns。

图17给出了同步工作图。内部频率 f_{SW_INT} 为ADP1051的内部自由振荡频率。同步锁定前，ADP1051以 f_{SW_INT} 运行。外部频率 f_{SW_EXT} 是ADP1051需要同步的外部时钟频率。同步锁定后，ADP1051以 f_{SW_EXT} 运行。

ADP1051不允许开关频率越过97.5 kHz、195.5 kHz或390.5 kHz的边界。确保外部时钟不越过这些边界。否则，内部开关频率无法在这些边界的 $\pm 10\%$ 范围内设置。

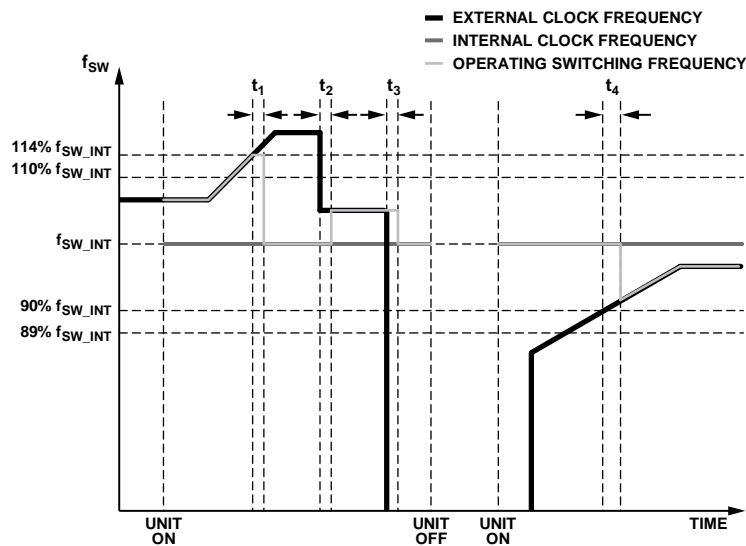


图17.同步工作

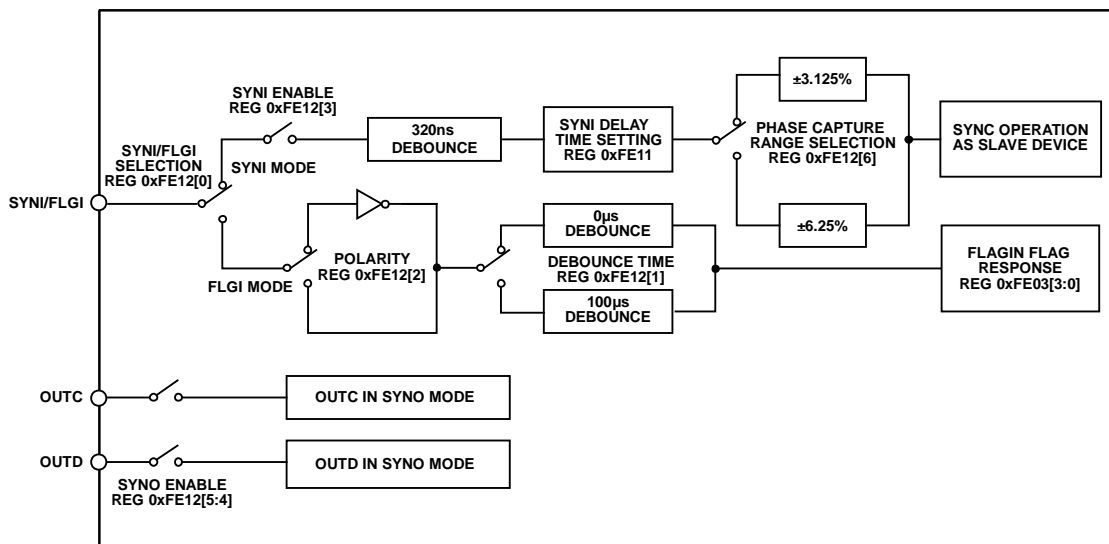


图18. 同步配置

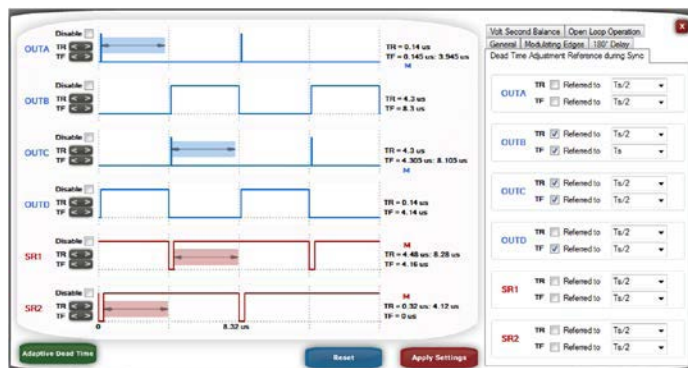


图19. 同步期间的边沿校准参考

为确保同步之前和之后的死区时间保持不变，寄存器 0xFE6D 至寄存器 0xFE6F 可以设置边沿校准参考 $t_s/2$ 或 t_s 。例如，OUTA 下降沿 (t_{F1}) 参考 $1/2 \times t_s$ 位置，意味着 t_{F1} 与 $1/2 \times t_s$ 的时间差在同步过渡期间是一个常数。图 19 显示了一个全桥拓扑中的边沿校准参考设置示例。

作为主设备同步

寄存器 0xFE12[5:4] 可用来设置同步输出 (SYNO) 功能，其中 OUTC 引脚 (引脚 11) 或 OUTD 引脚 (引脚 12) 产生同步参考时钟输出。位 4 置 1 时，OUTC 产生一个 640 ns 脉宽时钟信号，代表内部开关频率。位 5 置 1 时，OUTD 产生一个 640 ns 脉宽时钟信号，同样代表内部开关频率。

为了补偿 ADP1051 同步方案中的传输延时，同步输出信号在内部切换周期开始前有 760 ns 的前置时间。

施加 VDD 后，同步输出信号始终可用。VDD_OV 故障是唯一暂停同步输出信号的故障状况。

输出电压检测和校准

输出电压检测和校准功能用于对远程输出电压进行控制、监测和欠压保护。VS- (引脚 1) 和 VS+ (引脚 2) 是全差分输入。电压检测点可用数字方式校准，以去除外部元件引起的任何误差。此校准可在生产环境下进行，且设置可保存在 ADP1051 的 EEPROM 中 (更多信息参见“电源校准和校准”部分)。

对于电压监控，READ_VOUT 输出电压命令 (寄存器 0x8B) 每 10 ms 更新一次。ADP1051 将每个 ADC 样本存储 10 ms，然后在 10 ms 周期结束时计算平均值。因此，若寄存器 0x8B 至少每 10 ms 读取一次，则将获得真正的平均值。电压信息可通过 I²C/PMBus 接口获取。

ADP1051 的控制环路采用已获专利的多路径架构。输出电压通过两个 ADC 同时进行转换：一个高精度 ADC 和一个高速 ADC。完整的信号在数字补偿器中重建并处理，以提供高性能和成本具有竞争力的解决方案。

ADP1051

电压反馈检测(VS+、VS-引脚)

电源轨上的VS检测点需要一个外部电阻分压器(图20中的R1和R2),以便使VS+和VS-引脚之间的额定差模信号变为1V(见图20)。使用外部电阻分压器是有必要的,因为ADP1051的VS ADC输入范围是0 V至1.6 V。当R1和R2已知时,VOUT_SCALE_LOOP参数可通过下式计算:

$$VOUT_SCALE_LOOP = R2/(R1 + R2)$$

在一个电阻分压器为11 kΩ和1 kΩ的12 V系统中,VOUT_SCALE_LOOP可计算如下:

$$VOUT_SCALE_LOOP = 1 \text{ k}\Omega / (11 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega) = 0.08333$$

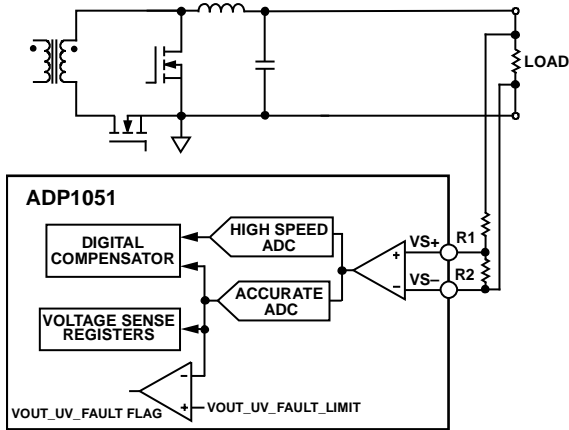


图20. 电压检测配置

电压检测ADC

ADP1051的反馈环路中使用了两种Σ-Δ型ADC:

- 低频(LF) ADC, 工作频率为1.56 MHz
- 高频(HF) ADC, 工作频率为25 MHz

Σ-Δ型ADC的分辨率为1位,且与传统Flash型ADC的工作方式不同。能够达到的等效分辨率取决于Σ-Δ型ADC的输出位流滤波时间。

Σ-Δ型ADC与奈奎斯特速率ADC也有差别,因为其整个频谱内的量化噪声不是固定的。频率较低时,噪声降低。频率较高时,噪声提高(见图21)。

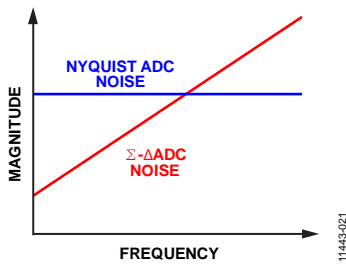


图21. ADC噪声性能

低频ADC的工作频率约为1.56 MHz。对于特定的带宽,等效分辨率可计算如下:

$$\ln(1.56 \text{ MHz}/\text{带宽})/\ln(2) = N \text{ 位}$$

例如,带宽为95 Hz时,等效分辨率/噪声为:

$$\ln(1.56 \text{ MHz}/95 \text{ Hz})/\ln(2) = 14 \text{ 位}$$

带宽为1.5 kHz时,等效分辨率/噪声为:

$$\ln(1.56 \text{ MHz}/1.5 \text{ kHz})/\ln(2) = 10 \text{ 位}$$

高频ADC有一个25 MHz时钟。采用梳状滤波器进行处理,并以开关频率输出至数字补偿器。选定采样频率时的等效分辨率参见表5。

表5. 选定开关频率下高频ADC的等效分辨率

| f _{sw} (kHz) | 高频ADC分辨率(位) |
|-----------------------|-------------|
| 49至87 | 9 |
| 97.5至184 | 8 |
| 195.5至379 | 7 |
| 390.5至625 | 6 |

高频ADC的范围是±25 mV。使用97.5 kHz的基本开关频率和8位高频ADC分辨率时,量化噪声为0.195 mV (1 LSB = 2 × 25 mV/28 = 0.195 mV)。开关频率提高到195.5 kHz且使用7位高频ADC分辨率时,量化噪声为0.391 mV (1 LSB = 2 × 25 mV/27 = 0.391 mV)。开关频率提高到390.5 kHz时,量化噪声升高至0.781 mV (1 LSB = 2 × 25 mV/26 = 0.781 mV)。

输出电压校准命令

在ADP1051中,用于控制或读取输出电压或相关参数的电压数据采用线性数据格式。线性格式指数为固定值-10(十进制,参见表21中的VOUT_MODE命令、寄存器0x20)。

下列三个基本命令用于设置输出电压:

- VOUT_COMMAND命令(寄存器0x21,表22)
- VOUT_MARGIN_HIGH命令(寄存器0x25,表26)
- VOUT_MARGIN_LOW命令(寄存器0x26,表27)

通过OPERATION命令(寄存器0x01,表13)选择这三个命令之一。

VOUT_MAX命令(寄存器0x24,表25)设置ADP1051可以控制的输出电压上限,与任何其它命令或命令组合无关。

输出电压校准期间,使用VOUT_TRANSITION_RATE命令(寄存器0x27,表28)设置VS±引脚改变电压的速率(mV/μs)。

数字补偿器

使用内部可编程数字补偿器改变电源的控制环路。此处采用Ⅲ型数字补偿器架构。该Ⅲ型补偿器由一个低频滤波器(其输入来自低频ADC)和一个高频滤波器(其输入来自高频ADC)重建。从电压检测ADC输出到数字补偿器输出,数字补偿器在z域中的传递函数为:

$$H(z) = \frac{d}{204.8 \times m} \times \frac{z}{z-1} + \frac{c}{12.8} \times \frac{z-b}{z-a}$$

其中:

a = 高频滤波器极点寄存器值/256(正常模式为寄存器0xFE32/256, 轻载模式为寄存器0xFE36/256)。

b = 高频滤波器零点寄存器值/256(正常模式为寄存器0xFE31/256, 轻载模式为寄存器0xFE35/256)。

c = 高频滤波器增益寄存器值(正常模式为寄存器0xFE33, 轻载模式为寄存器0xFE37)。

d = 低频滤波器增益寄存器值(正常模式为寄存器0xFE30, 轻载模式为寄存器0xFE34)。

m 为比例因子:

$$m = 1 \quad (49 \text{ kHz} \leq f_{sw} < 97.5 \text{ kHz})$$

$$m = 2 \quad (97.5 \text{ kHz} \leq f_{sw} < 195.5 \text{ kHz})$$

$$m = 4 \quad (195.5 \text{ kHz} \leq f_{sw} < 390.5 \text{ kHz})$$

$$m = 8 \quad (390.5 \text{ kHz} \leq f_{sw})$$

若要定制环路响应以满足特定应用的需要,则低频增益(由 d 表示)、高频滤波器的零点位置(由 b 表示)、高频滤波器的极点位置(由 a 表示)和高频增益(由 c 表示)均可单独进行设置(见“数字补偿器和调制设置寄存器”部分)。

建议使用ADP1051 GUI对补偿器进行编程。GUI以s域中的波特图显示滤波器响应,并计算电源的所有稳定性标准。

要将z域的值传递给s域,应将下列双线性变换方程代入H(z)方程中:

$$z(s) = \frac{2f_{sw} + s}{2f_{sw} - s}$$

滤波器在控制环路中引入了额外的相位延迟因素。在每个开关周期开始时,数字补偿器电路将占空比信息发送到数字PWM引擎(不像模拟控制器那样对占空比信息作持续判断)。ADC采样和抽取滤波器存在额外的延迟。对于相位裕量,该额外相位延迟(Φ)表示为:

$$\Phi = 360 \times f_c / f_{sw}$$

其中, f_c 为交越频率, f_{sw} 为开关频率。

十分之一开关频率时的相位延迟为36°。GUI将此相位延迟计算在内。请注意,ADP1051 GUI不再将其它延迟纳入计算,如栅极驱动器和传输延时。

两组寄存器可作出两个不同的补偿器响应。主补偿器称为正常模式补偿器,通过编程寄存器0xFE30至寄存器0xFE33对其进行控制。轻载模式补偿器可通过编程寄存器0xFE34至寄存器0xFE37进行控制。ADP1051仅在轻载和深度轻载工作模式下使用轻载模式补偿器。

此外,软启动期间会使用一个专用滤波器。软启动程序结束时,该滤波器禁用,随后使用电压环路数字补偿器。软启动滤波器增益可利用寄存器0xFE3D[1:0]编程为1、2、4或8的值。

闭环输入电压前馈控制和VF检测

ADP1051支持闭环输入电压前馈控制,以便改善输入瞬态性能。 V_F 值由前馈ADC检测,用于将数字补偿器的输出分压。计算结果送入数字PWM引擎。输入电压信号可在隔离变压器的次级绕组中心抽头处检测;该信号必须使用RCD电路网络滤波,以消除开关节点的电压尖峰。或者,也可以从辅助功率变压器的绕组检测输入电压信号。

当施加额定输入电压时,VF引脚电压(引脚5)必须设为1V。前馈ADC的采样周期为10 μ s。因此,基于输入电压修改PWM输出的判断是以该速率做出的。

如图22所示,前馈控制的机理是根据VF电压修改调制值。当VF输入为1V时,输入线电压前馈无效。例如,若数字补偿器输出保持不变,且VF电压变为初始值的50%(但仍高于0.5V),则OUTx边沿的调制值(配置用于调制)翻倍。

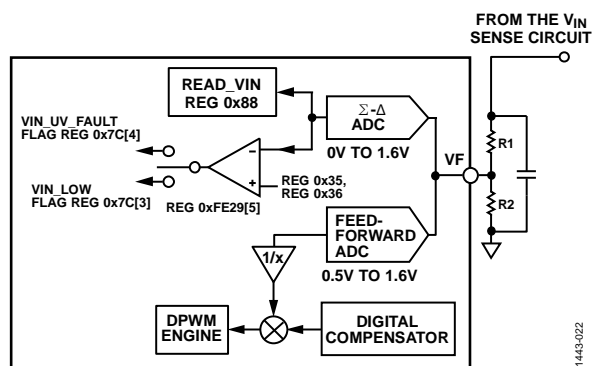


图22. 闭环输入电压前馈配置

11443-022

ADP1051

若数字补偿器输出保持不变，且VF电压变为初始值的200%（但仍低于1.6 V），则OUTx边沿的调制值（配置用于调制）减半（见图23）。寄存器0xFE3D[3:2]用于对可选输入电压前馈功能进行编程。

VF引脚也有一个低速、高分辨率Σ-Δ型ADC。此ADC的更新速率为800 Hz，分辨率为11位。ADC输出值存储在寄存器0xFEAC中，且被转换为READ_VIN命令（寄存器0x88）。此值为输入电压监控和标志功能提供信息。

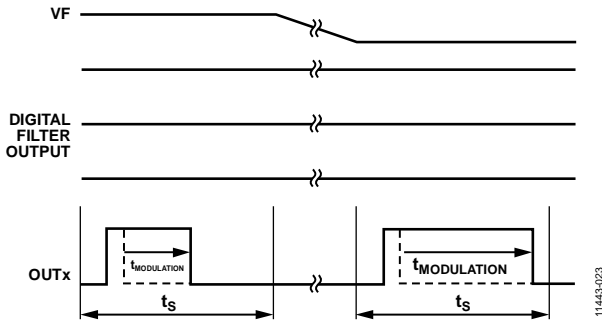


图23. 闭环输入电压前馈改变调制值

开环输入电压前馈工作

ADP1051工作在开环输入电压前馈模式下。这种模式下，输入电压被检测为前馈信号，用于产生PWM输出。

如图24所示，可编程调制参考修改数字补偿器输出。代表输入电压的VF值被送入前馈ADC，以便对调制参考进行分压。此分压的结果送入PWM引擎。占空比值与输入电压成反比。

使用以下公式：

$$D = \frac{V_{IN_NOM}}{V_{IN}} \times (t_{REF} \times f_{SW})$$

以及

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN} \times D}{n}$$

输出电压可通过下式获得：

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN_NOM} \times (t_{REF} \times f_{SW})}{n}$$

其中：

D 为占空比值。

V_{IN_NOM} 为额定输入电压。

V_{IN} 为输入电压。

t_{REF} 为调制参考，由寄存器0xFE63和寄存器0xFE64设置。

f_{SW} 为开关频率。

V_{OUT} 为输出电压。

n 为主变压器的匝数比。

在导出 V_{OUT} 的公式中，输入电压 V_{IN} 被抵消。因此，当输入电压改变时，输出电压无变化。

寄存器0xFE63和寄存器0xFE64设置调制参考，依据是目标输出电压和VF引脚电压为1 V时的额定输入电压（见图24）。

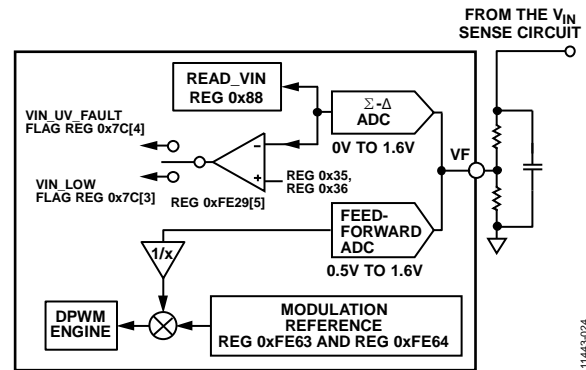


图24. 开环前馈工作模式下

开环输入电压前馈工作的PWM设置与一般闭环工作类似。下降沿时序、上升沿时序和调制的设置方式与闭环工作相同，使用寄存器0xFE3E至寄存器0xFE52。寄存器0xFE09[4:3]设置调制边沿的软启动速度。寄存器0xFE3D[6]用于使能开环前馈工作模式下。寄存器0xFE3D[7]用于使能开环前馈工作模式下的软启动程序。

开环前馈工作模式下的标志设置与一般闭环工作类似。

由于输出电压的调节方式与闭环工作不同，因此某些设置无效，如VOUT设置、数字补偿器设置和恒流模式设置等。其他设置可以按照与闭环工作类似的方式进行编程。

开环工作

ADP1051也可在开环模式工作。这种模式下，PWM输出的上升沿和下降沿在正常工作期间是固定的。因此，输出电压随着输入电压而改变。此类拓扑包括全桥、半桥和推挽变换器。

开环工作的PWM设置与一般闭环工作不同。

1. 使用寄存器0xFE3E至寄存器0xFE4F设置上升沿时序和下降沿时序。通常，建议使用约50%的占空比设置，以便简化零电压开关操作。最好使用180°的移相功能以保证PWM输出平衡。
2. 将值0x00写入寄存器0xFE3C，以便将调制限值设为0 μs 。
3. 对所有PWM输出(OUTA至OUTD，或其中的一对)的下降沿应用负调制，以便执行软启动。不建议使用SR1和SR2的软启动。
4. 将二进制111111写入寄存器0xFE67[5:0]，把所有PWM通道设置为开环工作模式。设置寄存器0xFE09[7]以使能软启动程序。软启动速度通过寄存器0xFE09[4:3]指定。
5. 始终设置寄存器0xFE09[2] = 1。软启动斜坡时间由 t_{r2} - t_{r2} 确定。

由于输出电压不经调节，因此某些设置无效，如VOUT设置、数字补偿器设置和恒流控制等。其他设置可以编程为与一般闭环工作相似的值。

电流检测

ADP1051有两路电流检测输入：CS1(引脚6)和CS2-/CS2+(分别是引脚3和引脚4)。这些输入检测、保护并控制原边输入电流和副边输出电流。可对它们进行校准，降低外部元设备造成的误差。

CS1操作(CS1引脚)

电流检测1 (CS1)通常用于监控和保护原边电流，该电流一般使用电流互感器(CT)进行检测。CS1引脚上的信号输入ADC，用于电流监控。ADC的范围是0 V到1.60 V。输入信号也被送入一个模拟比较器，以便实现逐周期限流和IIN过流快速保护；基准电压为0.25 V或1.2 V，由寄存器0xFE1B[6]设置。CS1电流检测的典型配置如图25所示。

CS1 ADC用于测量原边电流的均值。ADC以1.56 MHz的频率采样，并在READ_IIN命令(寄存器0x89)中报告CS1读数(12位)；异步均值速率为10 ms、52 ms、105 ms或210 ms，由寄存器0xFE65[1:0]设置。

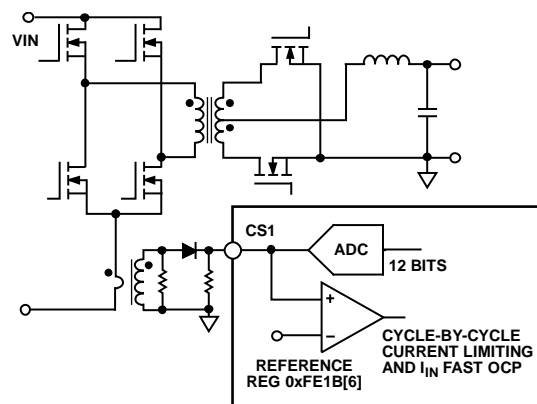


图25. 电流检测1 (CS1)操作

针对CS1可设置各种IIN过流快速故障限值和响应操作，详见“电流检测和限值设置寄存器”部分。

CS2操作(CS2-、CS2+引脚)

电流检测2 (CS2)通常用于监控和保护输出电流。CS2 ADC的满量程范围是120 mV。差分输入通过一对外部电阻输入ADC；这对外部电阻可提供所需的电平转换。设备引脚CS2+和CS2-通过内部电流源调节为大约1.12 V。

根据电流检测电阻的配置，必须使用寄存器0xFE19[7]设置ADP1051工作在低端或高端电流检测模式。典型配置如图26和27。

使用图26所示的低端电流检测时，电流源为225 μA 。因此，所需电阻值为 $1.12 \text{ V}/225 \mu\text{A} = 4.98 \text{ k}\Omega$ ，最好选用4.99 k Ω 电阻。

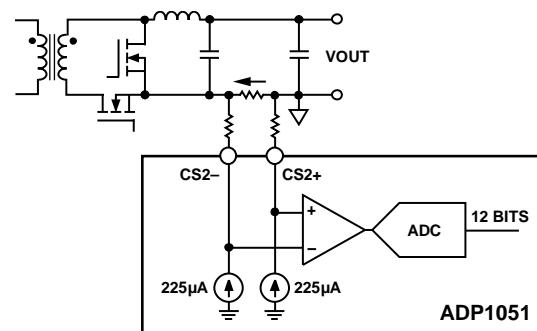


图26. CS2低端阻性电流检测

ADP1051

使用图27所示的高端电流检测时，电流源为1.915 mA。因此，所需的电阻值为 $(V_{OUT} - 1.12 \text{ V})/1.915 \text{ mA}$ 。如果 $V_{OUT} = 12 \text{ V}$ ，则需要5.62 kΩ电阻。

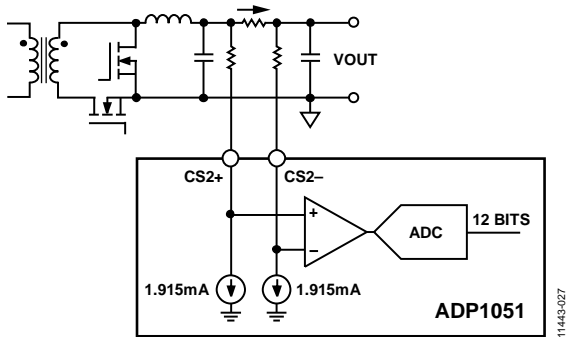


图27. CS2高端阻性电流检测

ADC以1.56 MHz的频率采样，读数以异步方式求均值。此读数用于确定故障(如IOUT_OC故障)时的操作；均值速率为82 μs(7位)或328 μs(9位)，由寄存器0xFE1B[4]设置。ADP1051还在READ_IOUT命令(寄存器0x8C)中报告输出电流读数；均值速率为10 ms、52 ms、105 ms或210 ms，由寄存器0xFE65[1:0]设置。

针对CS2可设置各种限值和响应操作，如IOUT_OC_FAULT_LIMIT命令(寄存器0x46)和IOUT_OC_FAULT_

RESPONSE命令(寄存器0x47)。这些限值和响应的描述参见“PMBus命令集”和“电流检测与限值设置寄存器”部分。

软启动和关断 开/关控制

OPERATION命令(寄存器0x01)和ON_OFF_CONFIG命令(寄存器0x02)控制ADP1051的开机和关断行为。OPERATION命令与CTRL引脚(引脚16)的输入一起控制ADP1051的开和关。开关ADP1051需要CTRL引脚输入与串行总线命令的组合是由ON_OFF_CONFIG命令配置。当要求ADP1051开启时，电源接通(PSON)信号使能，ADP1051执行软启动程序以开始电源转换。

软启动

当要求ADP1051开启时，VDD开机并初始化，随后PSON信号使能。控制器等待用户指定的开启延迟时间(TON_DELAY，寄存器0x60)，然后初始化该输出电压软启动斜坡。随后执行软启动，主动调节输出电压，并以数字方式让目标电压缓慢上升到要求的电压设定点。电压斜坡的上升时间由TON_RISE命令(寄存器0x61)设置，目的是最大程度地降低启动电压斜坡相关的浪涌电流。非零预偏置电压会延长开启延迟时间并缩短上升时间。

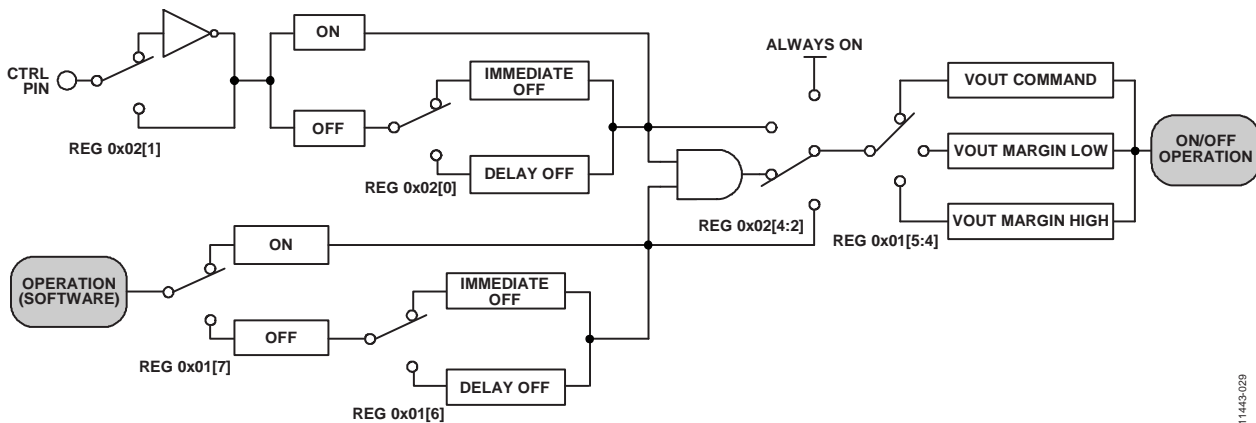


图28. 开/关控制图

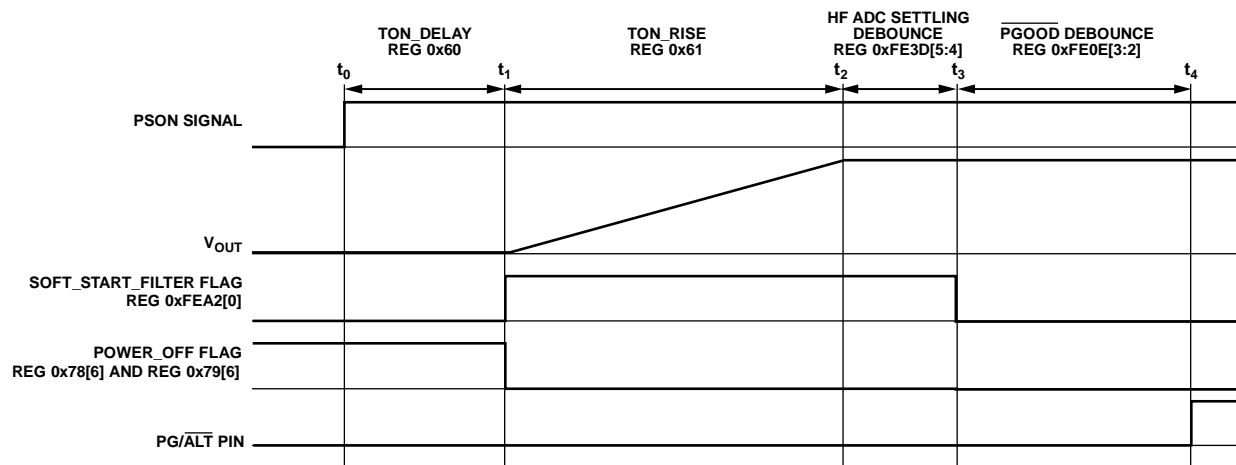


图29. 软启动时序图

11443-030

当用户开启电源时，如下软启动过程就会启动(见图29)：

1. $t = t_0$ 时，OPERATION命令、ON_OFF_CONFIG命令和/或CTRL引脚的组合使能PSON信号。ADP1051验证初始标志显示无异常。
2. ADP1051等待编程设定的TON_DELAY时间后，功率回路输出电压于 t_1 开始缓慢上升。软启动滤波器增益(由寄存器0xFE3D[1:0]设置)用于闭环控制。
3. 软启动开始让内部基准电压缓慢上升。软启动斜坡时间利用TON_RISE命令设置。
4. t_2 时，软启动斜坡达到输出电压设定点。高频ADC开始激活。
5. 利用寄存器0xFE3D[5:4]可设置额外的高频ADC建立去抖时间。如果使用去抖时间，则高频ADC在 t_3 时激活。 t_2 与 t_3 之间的时间就是高频ADC建立去抖时间。 t_3 时，控制环路从软启动滤波器切换到正常滤波器。

若不存在故障，PGOOD信号将等待编程设定的去抖时间(寄存器0xFE0E[3:2])，然后PG/ALT引脚在 t_4 时变为高电平。

若在软启动斜坡期间(TON_RISE命令设置的时间， t_1 至 t_2)发生故障，ADP1051将按照预先设定进行响应，除非该标志在软启动期间被消隐。用户可以设置哪些标志在软启动期间有效。软启动斜坡结束时(t_2)，所有标志都有效。更多信息参见“软启动期间的标志消隐”。

软启动斜坡期间还可以禁用SR1和SR2输出以及伏秒平衡功能。更多信息参见“同步整流”部分和“伏秒平衡控制”部分。

软启动期间的数字滤波器

软启动期间使用专用软启动滤波器。软启动滤波器是一个具有可编程增益的纯低频滤波器。软启动程序结束时(t_2)，该滤波器禁用，随后使用正常模式数字补偿器。软启动滤波器增益通过寄存器0xFE3D[1:0]编程。软启动滤波器用在基准电压源的爬升期间，直到VS高频ADC稳定下来。用户可以设置(使用寄存器0xFE3D[4])是否增加高频ADC去抖时间。高频ADC去抖时间是指从高频ADC建立到频率滤波器发挥作用的时间。利用寄存器0xFE3D[5]，去抖时间可设置为5 ms或10 ms。在使用软启动滤波器的时间内，SOFT_START_FILTER标志置1。若在软启动期间发生快速负载瞬变，建议不要使用高频ADC去抖时间。

软件复位

软件复位命令允许用户对ADP1051执行软件复位。将1写入寄存器0xFE06[0]时，电源立即关闭，经过重启延迟时间后，再以软启动重启。重启延迟时间可设置为0 ms、500 ms、1 s或2 s(寄存器0xFE07[1:0])。如果TON_DELAY和重启延迟时间均被设置为0 ms，则写入此位不起任何作用。

关断

命令ADP1051关闭时，PSON信号清零。根据OPERATION命令的设置，ADP1051立即关断或者等待用户指定的关闭延迟时间(TOFF_DELAY)后关断。

如果ADP1051因为发生故障而关闭，则关断操作由特定故障标志响应设置。更多信息参见“电源监控、标志和故障响应”部分。PGOOD标志设置去抖时间可在寄存器0xFE0E[1:0]中设置。此去抖时间是指从满足PGOOD设置条件到PGOOD标志置1且PG/ALT引脚变为低电平的时间。

ADP1051

Power Good信号

ADP1051有一个漏极开路的Power Good引脚PG(PG/ $\overline{\text{ALT}}$ ，引脚17)。当此引脚处于逻辑高电平时，电源正常。此外，ADP1051还有一个Power Good标志PGOOD，它是Power Good的反向形式。当该标志置1时，表示电源不正常。可编程PG/ $\overline{\text{ALT}}$ 引脚和PGOOD标志来响应下列标志：

- VIN_UV_FAULT
- IIN_OC_FAST_FAULT
- IOUT_OC_FAULT
- VOUT_OV_FAULT
- VOUT_UV_FAULT
- OT_FAULT
- OT_WARNING
- SR_RC_FAULT

寄存器0xFE0D用于设置这些标志的屏蔽，防止其设置PGOOD标志并将PG/ $\overline{\text{ALT}}$ 引脚驱动到低电平。寄存器0xFE0E[1:0]用于设置PG/ $\overline{\text{ALT}}$ 引脚变为低电平和PGOOD标志置1的去抖时间(见图30)。

触发IOUT_OC_FAULT标志后，若ADP1051配置为进入恒流模式，则PGOOD标志和PG/ $\overline{\text{ALT}}$ 引脚不响应IOUT_OC_FAULT标志。

POWER_GOOD_ON命令(寄存器0x5E)设置POWER_GOOD标志(寄存器0x79[11])可以清零前输出电压必须超过的电压限值。类似地，输出电压必须低于POWER_GOOD_OFF限值(寄存器0x5F)，POWER_GOOD标志才能置1。

当POWER_OFF、SOFT_START_FILTER、CRC_FAULT或POWER_GOOD标志之一置1时，PG/ $\overline{\text{ALT}}$ 引脚总是变为低电平，PGOOD标志总是置1。

设置和清除PGOOD标志的去抖时间可在寄存器0xFE0E[3:0]中设置为0 ms、200 ms、320 ms或600 ms。

伏秒平衡控制

ADP1051具有专用电路，在全桥拓扑中工作时可保持主变压器的伏秒平衡。该电路无需使用隔直电容。在交错式拓扑中，伏秒平衡还可用于电流平衡，确保每个交错的相位具有相同的功耗。

该电路监控流过全桥拓扑的全部两个桥臂的电流，并存储该信息。它可补偿选定的PWM信号，确保全桥拓扑的两个桥臂电流相同。CS1引脚用作该功能的输入。

电路需要几个开关周期才能有效工作。施加到所选PWM输出每个边沿的最大调制量可通过寄存器0xFE54[2]编程为 ± 80 ns或 ± 160 ns。平衡控制增益可通过寄存器0xFE54[1:0]编程。

PWM驱动信号的补偿是在两个选定输出的边沿处进行，使用寄存器0xFE55、寄存器0xFE56和寄存器0xFE57。调制的方向也可通过这些寄存器编程。

软启动期间，可利用寄存器0xFE0C[1]禁用伏秒平衡控制。

对检测的CS1信号还可以执行上升沿消隐功能，从而获得更精确的控制结果。消隐时间采用CS1逐周期限流消隐时间(参见“电流检测”部分)。

为避免轻载模式下补偿不当，寄存器0xFE38中有一个CS1阈值用于使能伏秒平衡。低于此阈值时，伏秒平衡禁用。

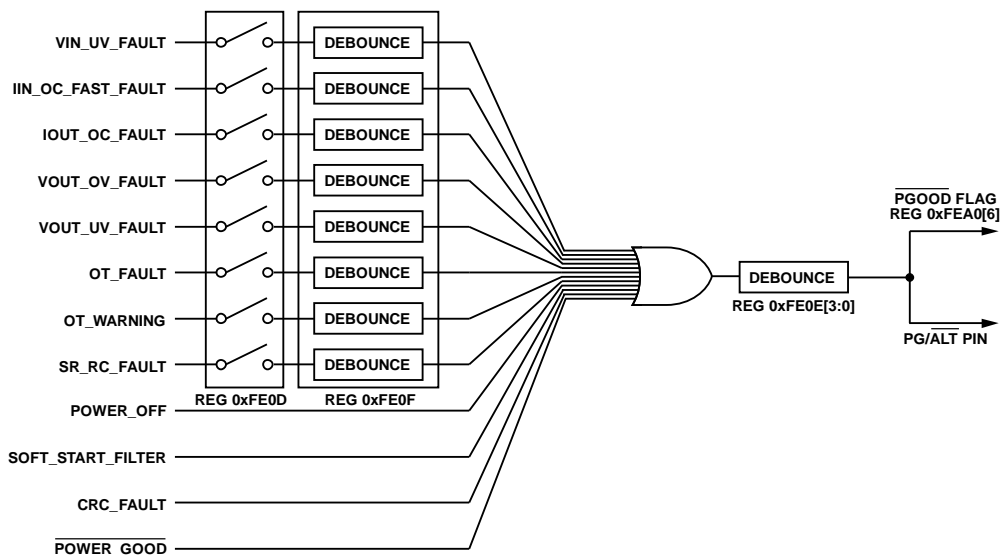


图30. PGOOD编程

恒流模式

恒流模式是PMBus输出电流故障响应功能的一部分。当输出电流达到IOUT_OC_FAULT_LIMIT值时，ADP1051可配置为以恒流模式工作，使用输出电流作为闭环工作的反馈信号(见图31)。为确保输出电流保持恒定，输出电压随负载电阻降低而线性降低。

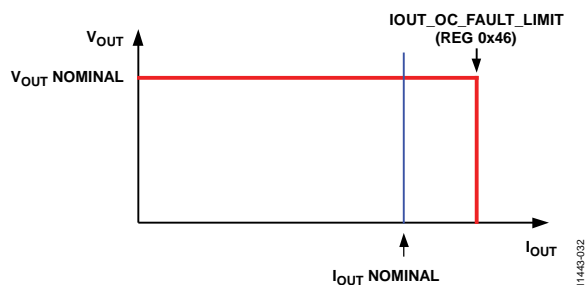


图31. 恒流模式(V_{OUT}与I_{OUT}的关系)

有两种CS2输出电流均值速度可通过寄存器0xFE1B[4]选择：9位CS2电流均值速度和7位CS2电流均值速度。9位CS2电流均值速度的VS基本电压变化率为1.18 mV/ms。

7位CS2电流均值速度的VS基本电压变化率为4.72 mV/ms。此外，输出电压变化率可通过寄存器0xFE3A[7:6]设置为VS±基本电压变化率的1倍、2倍、4倍或8倍。

跳脉冲

跳脉冲功能可以降低极轻负载电流条件下的开关损耗，同时使输出电压保持稳定。此功能可通过设置寄存器0xFE67[6]来激活。

在轻载模式或深度轻载模式使能时，随着输出电流下降，电源进入断续导通模式(DCM)。在DCM下，调制值与负载电流成函数关系。如果极轻负载电流要求的调制值(占空比)小于寄存器0xFE69设置的阈值，就会使能跳脉冲模式。在跳脉冲模式下，PWM输出间歇式出现。如果数字补偿器发出误差信号，要求的调制值小于寄存器0xFE69设置的阈值，则不会产生PWM脉冲。如果数字补偿器发出误差信号，要求的调制值大于寄存器0xFE69设置的阈值，则会产生PWM脉冲。

跳脉冲模式在软启动期间始终处于消隐状态。

预偏置启动

预偏置启动功能使设备能够在输出端存在外部电压的条件下正常启动。它保护电源在启动期间不受输出端上的现有外部电压影响，确保设备在电源达到规定值之前单调启动(见图32)。

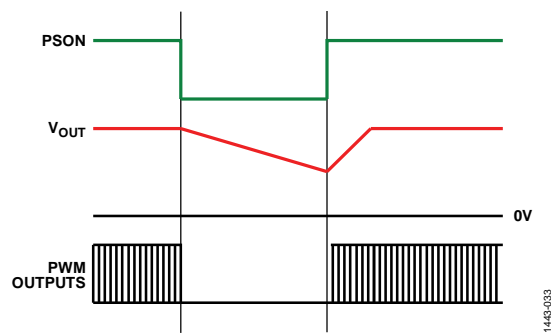


图32. 预偏置启动

预偏置功能由寄存器0xFE25[7]使能。在预偏置启动期间，ADP1051软启动斜坡从VS±引脚上检测到的现有电压值开始，软启动斜坡时间成比例减少。初始PWM调制值不是从0开始，而是从一个在输入电压与输出电压之间建立平衡关系的值开始。此平衡避免输出电容突然充电或放电，实现单调且平稳的启动。初始调制值通过下式计算：

$$t_{MODU_INI} = t_{MODU_NOM} \times \frac{V_{OUT}}{V_{OUT_NOM}} \times \frac{V_{IN_NOM}}{V_{IN}}$$

其中：

t_{MODU_INI} 是启动期间控制器开始产生PWM脉冲的初始调制值。

t_{MODU_NOM} 是寄存器0xFE39设置的调制值。它模拟输入电压和输出电压处于额定条件时的调制值。

V_{OUT} 是检测到的输出电压。

V_{OUT_NOM} 是VOUT_COMMAND(寄存器0x21)设置的额定输出电压。

V_{IN_NOM} 是VF引脚电压 = 1 V时的额定输入电压。

V_{IN} 是检测到的输入电压。

此外，设置寄存器0xFE6C[1]以确保正确工作。要在电源关闭时检测输入电压(由VF表示)，应使用额外电路，如辅助电源电路。

如果电源关闭时输入电压信号不可用， t_{MODU_INI} 值将根据 t_{MODU_NOM} 和输出电压信息计算。这种情况下，寄存器0xFE6C[1]清0。

ADP1051

初始调制值计算如下：

$$t_{MODU_INI} = t_{MODU_NOM} \times \frac{V_{OUT}}{V_{OUT_NOM}}$$

其中：

t_{MODU_INI} 是启动期间控制器开始产生PWM脉冲的初始调制值。

t_{MODU_NOM} 是寄存器0xFE39设置的调制值。它模拟输入电压和输出电压处于额定条件时的调制值。

V_{OUT} 是检测到的输出电压。

V_{OUT_NOM} 是VOUT_COMMAND(寄存器0x21)设置的额定输出电压。

如果选择闭环线路电压前馈功能，则输入电压从前馈环路引入， V_{IN} 值始终包括在初始调制值的计算中。

预偏置启动模式下可以使用SR反向电流保护。详情参见“SR反向电流保护”部分。该模式下还可以使能SR软启动，以实现平滑过渡。详情参见使用“同步整流”部分。

输出电压下垂控制

ADP1051可以使用输出电压下垂控制。此特性用于电流共享应用。基于输出电流值，通过更改数字输出基准电压值，便可以数字方式引入输出电压下垂。可独立配置两个参数：下垂电阻和输出电流均值速度。

下垂电阻须满足PMBus规定。VOUT_DROOP命令(寄存器0x28)指定0 mΩ到255 mΩ的下垂电阻。

CS2(输出电流)均值速度决定以多快的速度检测输出电流以产生数字基准电压。寄存器0xFE1E[7:6]可将输出电流更新速度设置为82 μs到656 μs。建议使用82 μs的输出电流更新速度。

VDD和VCORE

施加VDD引脚的电压(VDD)后，设备需过一段延迟时间才能调节电源。当VDD上升至超过开机复位和UVLO电平时，VCORE引脚(引脚18)大约需要20 μs才能达到2.6 V的工作电平。随后，EEPROM的内容便下载至寄存器。下载需额外的约120 μs。EEPROM内容下载完毕后，ADP1051便可工作；然而，开机复位后，ADP1051最多需要52 ms才能完成地址的初始化。因此，开机复位后，建议主设备等待至少52 ms再访问ADP1051。

若ADP1051编程为在此刻开机，则开始软启动斜坡。否则，设备按照寄存器0x01和寄存器0x02中的设置等待PSON信号。

为了最大程度缩短走线长度，必须在VDD引脚(引脚19)和AGND引脚(引脚20)之间放置适当数值的去耦电容，并尽可能靠近设备。同样的要求也适用于VCORE引脚(引脚18)。建议不以VCORE引脚作为基准或使用阻性分压器产生其他逻辑电平。

芯片密码

开机时，ADP1051中的某些寄存器会被锁定和保护起来，防止进行读或写操作。芯片锁定时，下列命令和所有只读寄存器可以使用：

- OPERATION
- ON_OFF_CONFIG
- CLEAR_FAULTS
- WRITE_PROTECT
- RESTORE_DEFAULT_ALL
- VOUT_COMMAND
- VOUT_TRIM
- VOUT_CAL_OFFSET

解锁芯片密码

要解锁芯片密码，请使用CHIP_PASSWORD命令(寄存器0xD7)，通过正确的密码(默认值 = 0xFFFF)执行两次连续写入。在这两次写操作之间，若对设备中的其它寄存器执行读或写操作，就会中断芯片密码解锁。CHIP_PASSWORD_UNLOCKED标志(寄存器0xFE0[7])置1表示芯片密码已解锁，可进行访问。

锁定芯片密码

要锁定芯片密码，请使用CHIP_PASSWORD命令(寄存器0xD7)写入任何不是正确密码的值。CHIP_PASSWORD_UNLOCKED标志(寄存器0xFE0[7])清0表示芯片密码已锁定，不能进行访问。

更改芯片密码

要更改芯片密码，首先使用CHIP_PASSWORD命令(寄存器0xD7)写入旧密码，然后使用相同命令写入新密码。这样芯片密码就变为新密码。若要永久更改芯片密码，必须在芯片密码更改后，将寄存器内容保存到EEPROM中。如果丢失了正确的芯片密码，使用RESTORE_DEFAULT_ALL命令(寄存器0x12)可恢复工厂默认设置。这种情况下，所有用户设置均复位。

电源监控、标志和故障响应

ADP1051对检测信号拥有丰富的系统和故障条件监控能力。系统监控功能包括电流、电压、功率和温度读数。故障条件包括超出电流、电压、功率和温度的限值。故障条件的限值是可编程的，超出限值时标志就会置位。

标志

ADP1051具有丰富的标志集，包括PMBus标准标志和用户自定义标志；超出某些限值、阈值或达到某些条件时，标志就会置位。设置为1时，说明已发生故障或报警事件。设置为0时，说明未发生故障或报警事件。

PMBus标准标志

图33给出了ADP1051 PMBus标准故障状态寄存器的汇总表。CLEAR_FAULTS命令(寄存器0x03)用于同时清除PMBus状态寄存器(寄存器0x78至寄存器0x7E)中的所有位。

用户自定义标志

寄存器0xFE0至寄存器0xFE2存储制造商特定的标志。这些标志包括：

- 一般管理标志，如CHIP_PASSWORD_UNLOCKED、VDD_OV、EEPROM_UNLOCKED和CRC_FAULT。
- 可针对保护响应进行编程的标志，如CS3_OC_FAULT、FLAGIN和SR_RC_FAULT。
- 状态标志，如PGOOD、CONSTANT_CURRENT、LIGHT_LOAD、SYNC_LOCKED、CHIP_ID、PULSE_SKIP-PING、ADAPTIVE_DEAD_TIME、DEEP_LIGHT_LOAD、modulation和SOFT_START_FILTER。

有关这些标志的详细说明，参见“用户自定义故障标志寄存器”部分。

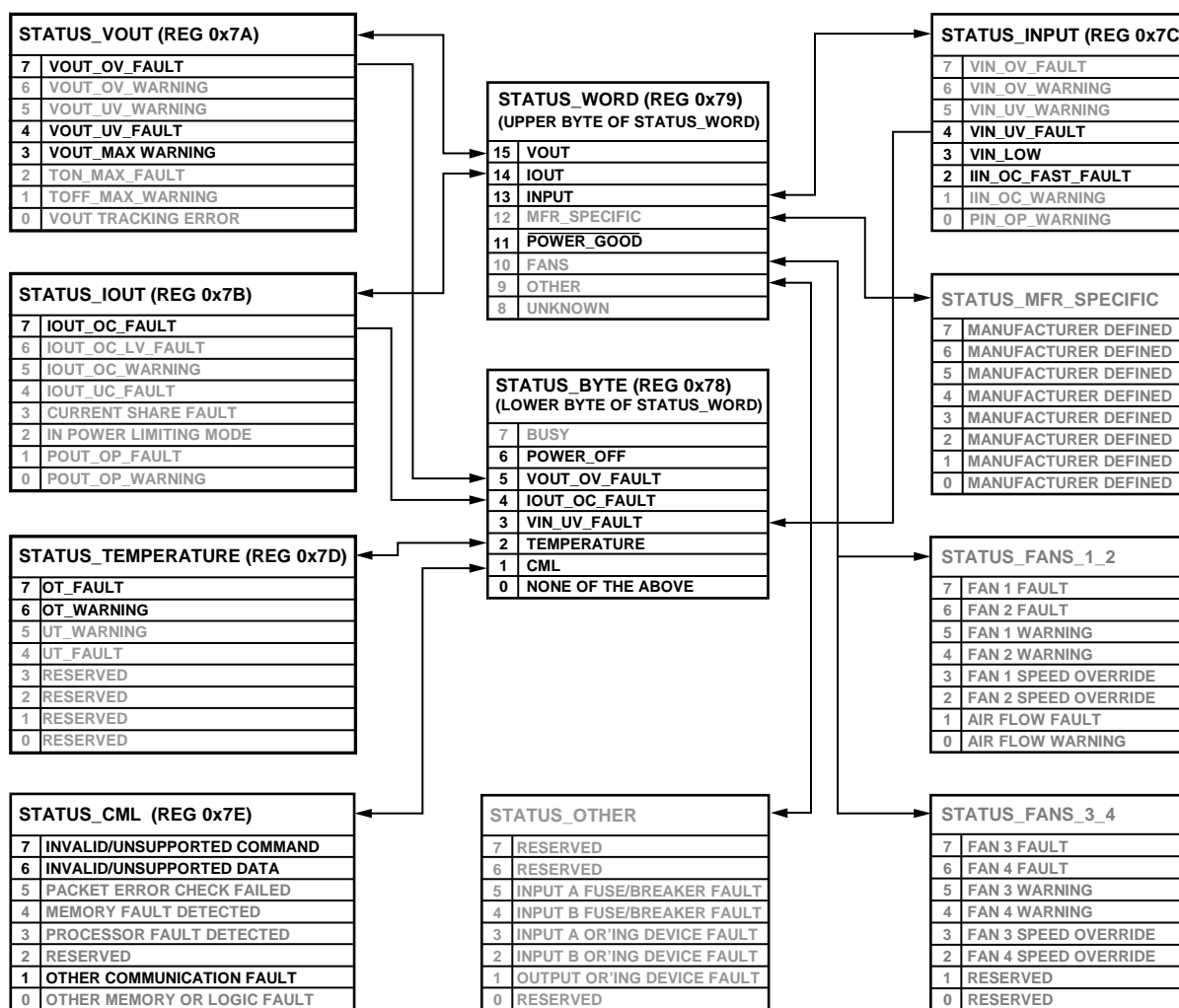


图33. 故障状态寄存器汇总(ADP1051仅支持黑色命令，不支持灰色命令)

11443-024

ADP1051

用户自定义锁存标志

ADP1051还有一组锁存标志寄存器(寄存器0xFE3至寄存器0xFE5)。锁存标志寄存器的标志与寄存器0xFE0至寄存器0xFE2相同,但锁存寄存器中的标志会保持置位以便检测间歇性故障。读取锁存标志寄存器将使该寄存器内的所有标志复位。PSON信号也可复位锁存标志。

标志去抖时间

用户自定义标志和PMBus标准标志的去抖时间是可编程的(见表6)。去抖时间是指标志置位之前,必须连续触发故障条件的时间。详情参见相应的寄存器设置。

去抖时间用于标志置位。仅 $\overline{\text{PGOOD}}$ 标志有一个用于标志清零的去抖时间。对于所有其他标志,寄存器0xFE5[7:6]指定的标志重新使能延迟时间(见表106)用作标志清零的去抖时间。详情参见“用户自定义保护响应”部分。

一般管理标志

CHIP_PASSWORD_UNLOCKED标志(寄存器0xFE0[7])表示芯片密码处于解锁状态,所有寄存器都可以访问。

当电压VDD超过VDD_OVLO阈值时,VDD_OV标志(寄存器0xFE0[0])置1。利用寄存器0xFE5[4],去抖时间可设置为2 μs 或500 μs 。该标志置1时,ADP1051关断。寄存器0xFE5[5]置1时,无论VDD电压如何,该标志都会清0。

表6. 标志去抖时间

| 标志 | 去抖时间 | 寄存器 |
|---------------------------|---|-------------|
| VOUT_OV_FAULT | 0 μs , 1 μs , 2 μs , 8 μs | 0xFE26[7:6] |
| VOUT_UV_FAULT | 0 ms, 20 ms, 40 ms, 80 ms, 160 ms, 320 ms, 640 ms, 1280 ms | 0x45[2:0] |
| IOUT_OC_FAULT | 0 ms, 20 ms, 40 ms, 80 ms, 160 ms, 320 ms, 640 ms, 1280 ms | 0x47[2:0] |
| OT_FAULT | 1 sec | 0x50[2:0] |
| OT_WARNING | 0 ms, 100 ms | 0xFE2F[2] |
| CS3_OC_FAULT | 0 ms, 10 ms, 20 ms, 200 ms | 0xFE19[6:5] |
| VIN_UV_FAULT | 0 ms, 2.5 ms, 10 ms, 100 ms | 0xFE29[1:0] |
| FLAGIN | 0 μs , 100 μs | 0xFE12[1] |
| SR_RC_FAULT | 40 ns, 200 ns | 0xFE1A[3] |
| VDD_OV | 2 μs , 500 μs | 0xFE05[4] |
| $\overline{\text{PGOOD}}$ | 0 ms, 200 ms, 320 ms, 600 ms | 0xFE0E[3:0] |

EEPROM_UNLOCKED标志(寄存器0xFE2[3])表示EEPROM处于解锁状态,可以更新。

CRC_FAULT标志(寄存器0xFE2[2])表示下载EEPROM内容到内部寄存器时出错。设备关断,需要PSON信号(在寄存器0x01和寄存器0x02中编程)和/或反转CTRL引脚(引脚16)以重新启动。

软启动期间的标志消隐

快速消隐是指符合故障条件时,相应的标志置1,但无相关操作。

下列标志在软启动期间始终处于消隐状态:

- VOUT_UV_FAULT
- OT_FAULT

下列标志可通过寄存器0xFE0B编程为在软启动期间消隐:

- VOUT_OV_FAULT(位0)
- CS3_OC_FAULT(位1)
- IOUT_OC_FAULT(位2)
- IIN_OC_FAST_FAULT(位3)
- VIN_UV_FAULT(位4)
- LIGHT_LOAD(位5)
- DEEP_LIGHT_LOAD(位5)
- FLAGIN(位6)
- SR_RC_FAULT(位7)

如果一个标志在软启动期间消隐,则在TON_DELAY时间内也会消隐。

第一个标志ID记录

当ADP1051登记一个或多个故障条件时，它将第一个标志存储在专用第一个标志ID寄存器(寄存器0xFE6)中。第一个标志ID代表第一个触发关断响应的标志。第一个标志ID寄存器不记录下列类型的标志：

- 配置为忽略的标志
- 配置的响应会导致PWM输出禁用，但在故障解决后不使用软启动来重新启动PWM输出的标志
- 配置的响应导致同步整流器禁用的标志

与简单标志相比，第一个标志ID寄存器可以为用户提供更多信息以便进行故障诊断。该寄存器还存储之前的第一个故障ID。

通过设置寄存器0xFE0C[3]，也可以将第一个标志ID寄存器的状态保存到EEPROM。为了限制EEPROM写操作的数量，只将VDD电源复位后的第一个标志保存到EEPROM。下一次VDD开机期间，第一个标志ID从EEPROM下载到第一个标志ID寄存器(寄存器0xFE6)。

图34显示了第一个标志ID记录方案的时序图。表7说明了图34所示的操作。

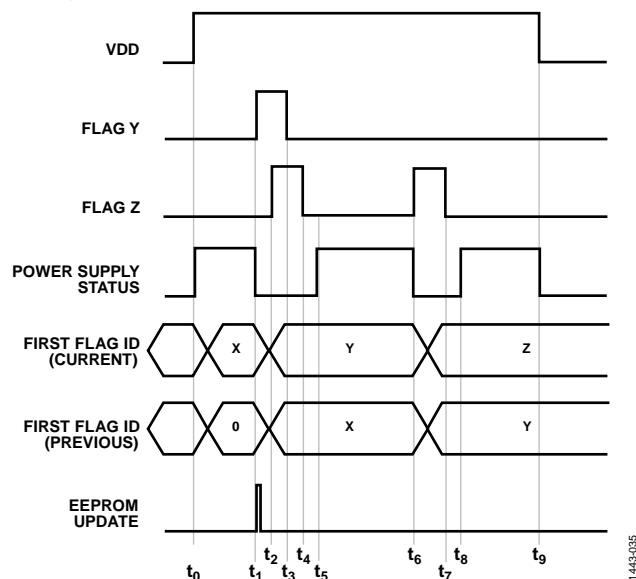


图34. 第一个标志时序

表7. 第一个标志ID时序¹

| 步骤 | 操作 | 电源 | 寄存器中的第一个标志ID | | EEPROM中的第一个标志ID | |
|----------------|--|----|--------------|------|-----------------|------|
| | | | 前一-ID | 当前ID | 前一-ID | 当前ID |
| t ₀ | 举例来说，EEPROM中的前一ID和当前ID分别为0和标志X。对ADP1051施加VDD电压时，第一个标志ID从EEPROM下载到第一个标志ID寄存器(寄存器0xFE6)。 | 开 | 0 | 标志X | 0 | 标志X |
| t ₁ | 一个故障(标志Y)关断电源。在第一个标志ID寄存器中，标志Y现在是当前标志ID，标志X是前一标志ID。第一个标志ID寄存器相应地更新。EEPROM随后更新以保存该信息。 | 关 | 标志X | 标志Y | 标志X | 标志Y |
| t ₂ | 在电源关闭时，发生另一个故障(标志Z)。由于标志Z不是第一个引起关断的标志，因此第一个标志ID寄存器和EEPROM均不会更新。 | 关 | 标志X | 标志Y | 标志X | 标志Y |
| t ₃ | 标志Y清0，但标志Z使电源保持关闭。第一个标志ID寄存器和EEPROM不更新。 | 关 | 标志X | 标志Y | 标志X | 标志Y |
| t ₄ | 标志Z清0。第一个标志ID寄存器不更新。 | 关 | 标志X | 标志Y | 标志X | 标志Y |
| t ₅ | 经过标志重新使能延迟时间后，电源再次开启。第一个标志ID寄存器不更新。 | 开 | 标志X | 标志Y | 标志X | 标志Y |
| t ₆ | 标志Z所指示的故障关断电源。标志Z现在是当前第一个标志ID，标志Y是前一标志ID。第一个标志ID寄存器相应地更新。EEPROM不会更新以保存该信息。 | 关 | 标志Y | 标志Z | 标志X | 标志Y |
| t ₇ | 标志Z清0。第一个标志ID寄存器不更新。 | 关 | 标志Y | 标志Z | 标志X | 标志 Y |
| t ₈ | 经过标志重新使能延迟时间后，电源再次开启。第一个标志ID寄存器不更新。 | 开 | 标志Y | 标志Z | 标志X | 标志 Y |
| t ₉ | V _{DD} 电压被移除，电源关闭。 | 关 | N/A | N/A | N/A | N/A |

¹ N/A表示不适用。

电压读数

输入电压读数

输入电压在READ_VIN命令(寄存器0x88)中报告, 每10 ms更新一次。VIN_SCALE_MONITOR命令(寄存器0xD8)设置用于提供正确的输入电压读数。

输入电压通过VF引脚(引脚5)检测。VF ADC的输入范围为1.6 V。原始数据存储在寄存器0xFEAC中。读数为11位, 意味着LSB大小为 $1.6 \text{ V}/2048 = 781.25 \mu\text{V}$ 。

由于输入电压信号可通过次级绕组的开关节点检测, 因此主开关、变压器绕组和铜走线中的导通电流引起的压降会增加到输入电压检测误差中。利用以下公式补偿该误差:

$$Y_{COMP} = Y_{UNCOMP} \pm (N \times X \div 2^{11})$$

其中:

Y_{COMP} 是补偿后的VF值(寄存器0xFEAC[15:5])。

Y_{UNCOMP} 是未补偿的VF值(寄存器0xFEAC[15:5])。N是寄存器0xFE59[7:0]设置的补偿系数, 极性在寄存器0xFE58[0]中设置。

X是寄存器0xFE7[15:4]中的CS1电流值。

补偿后的VF值用于转换READ_VIN值。

输出电压读数

输出电压在READ_VOUT命令(寄存器0x8B)中报告, 每10 ms更新一次。VOUT_SCALE_MONITOR命令(寄存器0x2A)设置用于提供正确的输出电压读数。

输出电压值寄存器(寄存器0xFEAA)通过VS低频ADC每10 ms更新一次。

VS低频ADC的输入范围为1.6 V。原始数据存储在寄存器0xFEAA中。读数为12位, 意味着LSB大小为 $1.6 \text{ V}/4096 = 390.625 \mu\text{V}$ 。

电流读数

默认情况下, 电流读数每10 ms更新一次; 然而, 可以利用寄存器0xFE65[1:0]将更新速率更改为52 ms、105 ms或210 ms。

输入电流读数

输入电流在READ_IIN命令(寄存器0x89)中报告。IIN_SCALE_MONITOR命令(寄存器0xD9)设置用于提供正确的输入电流读数。

输入电流读数从CS1 ADC获得, 其输入范围为1.6 V。原始数据存储在寄存器0xFE7中。读数为12位, 意味着LSB大小为 $1.6 \text{ V}/4096 = 390.625 \mu\text{V}$ 。

输出电流读数

输出电流在READ_IOUT命令(寄存器0x8C)中报告。IOUT_CAL_GAIN命令(寄存器0x38)设置用于提供正确的输出电流读数。

输出电流读数从CS2 ADC获得。CS2 ADC的输入值范围为120 mV。原始数据存储在寄存器0xFE8中。读数为12位, 意味着在120 mV范围内, LSB大小为 $120 \text{ mV}/4096 = 29.297 \mu\text{V}$ 。

CS3电流读数

CS3读数是利用CS1读数和占空比值计算的备选输出电流读数。不使用电流检测电阻(它向CS2提供输出电流信号)时, CS3读数可用作备选输出电流读数和保护。该输出电流读数可通过以下公式计算:

$$I_{OUT} = I_{CS3} \times n$$

其中, I_{CS3} 从寄存器0xFE9读取, n是主变压器的匝数比($n = N_{PRI}/N_{SEC}$)。

寄存器0xFE9中的每个LSB大小是寄存器0xFE7中CS1读数的LSB大小的4倍。例如, 如果寄存器0xFE7[15:4]中的1 LSB = 0.1 A, 则寄存器0xFE9[15:4]中的1 LSB = 0.4 A。

功率读数

输入功率读数

输入功率值(寄存器0xFEAE)是寄存器0xFEAC[15:5]中的VF电压值与寄存器0xFE7[15:4]中的CS1电流值的乘积。因此, 功率读数使用电压和电流公式的组合来计算(单位为W)。寄存器0xFEAE是一个16位字。它将两个12位数相乘, 然后舍弃8位LSB。

示例: 如果寄存器0xFEAC[15:5]中的1 LSB为0.01 V, 寄存器0xFE7[15:4]中的1 LSB为0.01 A, 则寄存器0xFEAE[15:0]中的1 LSB为 $0.01 \text{ V} \times 0.01 \text{ A} \times 2^8 = 0.0256 \text{ W}$ 。

输出功率读数

输出功率值(寄存器0xFEAF)是寄存器0xFEAA[15:4]中的VS电压值与寄存器0xFE8[15:4]中的CS2电流值的乘积。因此, 功率读数使用电压和电流公式的组合来计算(单位为W)。寄存器0xFEAF是一个16位字。它将两个12位数相乘, 然后舍弃8位LSB。

示例: 如果寄存器0xFEAA[15:4]中的1 LSB为0.01 V, 寄存器0xFE8[15:4]中的1 LSB为0.01 A, 则寄存器0xFEAF[15:0]中的1 LSB为 $0.01 \text{ V} \times 0.01 \text{ A} \times 2^8 = 0.0256 \text{ W}$ 。

占空比读数

READ_DUTY_CYCLE命令(寄存器0x94, 反映PWM输出值的占空比)每10 ms更新一次。寄存器0xFE58[5:2]设置用于正确读取一般PWM类型拓扑; 这些位选择要报告占空比值的PWM通道(OUTA至OUTD)。使用移相全桥拓扑时, 寄存器0xFE58[1]必须设置为1。占空比值根据OUTA和OUTD的时序重叠来计算。

开关频率读数

READ_FREQUENCY命令(寄存器0x95)用于报告开关频率信息(单位为kHz)。

温度读数

RTD引脚(引脚23)设置与外部负温度系数(NTC)热敏电阻一同使用。RTD引脚具有内部可编程电流源。ADC监控RTD引脚上的电压。RTD ADC的输入范围为1.6 V。原始数据存储在寄存器0xFEAB中。它是一个12位读数, 意味着LSB大小为 $1.6 \text{ V}/4096 = 390.625 \mu\text{V}$ 。

利用寄存器0xFE2D[7:6], 内部精密电流源可配置为产生 $10 \mu\text{A}$ 、 $20 \mu\text{A}$ 、 $30 \mu\text{A}$ 或 $40 \mu\text{A}$ 的电流。此电流源可通过内部DAC校准, 以补偿热敏电阻的精度。要将电流源设置为工厂默认值 $46 \mu\text{A}$, 请将0xE6写入寄存器0xFE2D。

RTD ADC的输出与RTD引脚电压成线性比例关系。然而, 热敏电阻的电阻与温度呈非线性关系。因此, 为了精确地读取温度, 需要对RTD ADC读数进行后处理。

通过并联一个外部电阻至NTC热敏电阻, 便可实现线性化。图36显示了RTD和OTP操作。使用工厂默认值 $46 \mu\text{A}$ 和线性化特性, 温度(用摄氏度 $^{\circ}\text{C}$ 表示)可直接通过READ_TEMPERATURE命令(寄存器0x8D)读取。温度读数从RTD ADC输出获得, 每10 ms更新一次。ADP1051实现的线性化特性是基于外部设备和电流选择的预定组合(参见“温度线性化特性”部分)。

作为替代方案, 用户能以查找表或多项式方程的方式处理RTD读数并执行后期处理, 以匹配所用的特定NTC热敏电阻。

这种情况下, 不需要并联外部电阻。使用 $46 \mu\text{A}$ 的内部电流源时, 以特定NTC值(R_x)计算ADC代码的公式如下所示:

$$\text{ADC CODE} = 46 \mu\text{A} \times R_x / 390.7 \mu\text{V}$$

例如, 在 60°C 时, 连接到RTD引脚的NTC热敏电阻为 $21.82 \text{ k}\Omega$ 。因此,

$$\text{RTD ADC CODE} = 46 \mu\text{A} \times 21.82 \text{ k}\Omega / 390.7 \mu\text{V} = 2570$$

对于过温功能, RTD阈值(单位为V)可通过OT_FAULT_LIMIT命令(寄存器0x4F)传送, 使用“温度线性化特性”部分所示的线性化公式。

或者, 温度读数和过温保护功能也可利用STLM20等外部模拟温度传感器来实现。更多信息参见图35。使用这种解决方案时, 温度检测范围可以低至 -40°C 。为了有利于这种方法, 应将0x00写入寄存器0xFE2D并设置寄存器0xFE2B[2]以禁用内部电流源。温度读数($^{\circ}\text{C}$)可通过下式得出:

$$T = 159.65 - \frac{\text{ADC CODE}}{29.92} \times \frac{R1 + R2}{R2}$$

其中, ADC CODE是寄存器0xFEAB[15:4]的读数。R1和R2的推荐值分别是 $20 \text{ k}\Omega$ 和 $10 \text{ k}\Omega$ 。

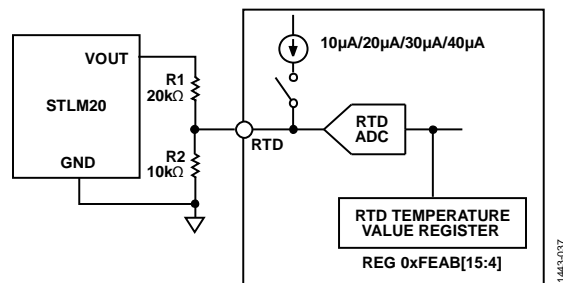


图35. 利用模拟温度传感器进行温度检测

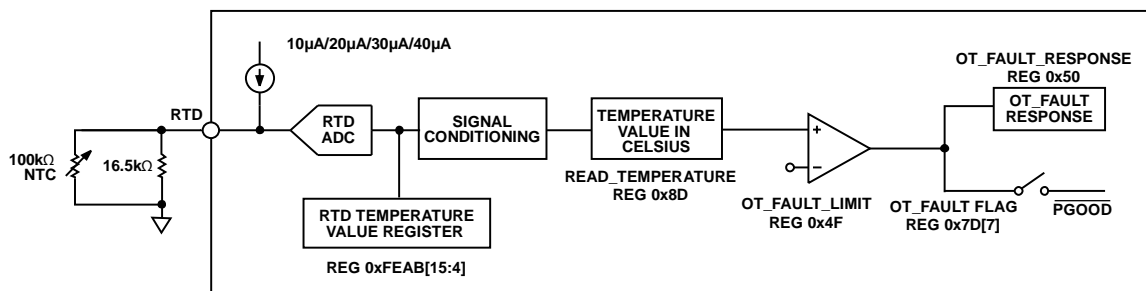


图36. RTD和OTP操作

温度线性化特性

ADP1051线性化特性基于预先选定的热敏电阻($R_{25} = 100\text{ k}\Omega$ 、1%)、外部电阻(16.5 k Ω 、1%)和46 μA 电流源组合，在工业温度范围内线性化测量温度值时具有最佳性能。

所需的NTC热敏电阻的阻值应为 $R_{25} = 100\text{ k}\Omega$ 、1%，例如NCP15WF104F03RC($\beta = 4250$ 、1%)。建议电阻值和 β 值都使用1%容差。线性化公式显示了RTD电压 V_{RTD} (单位为V)与温度读数 T (单位为摄氏度)之间的关系。

如果 $T < 104^\circ\text{C}$,

$$V_{RTD} = (130 - T) \times \frac{6}{256}$$

如果 $T \geq 104^\circ\text{C}$,

$$V_{RTD} = (156 - T) \times \frac{6}{512}$$

其中， T 代表寄存器0x8D中的温度读数。

图37显示的是温度线性化曲线。

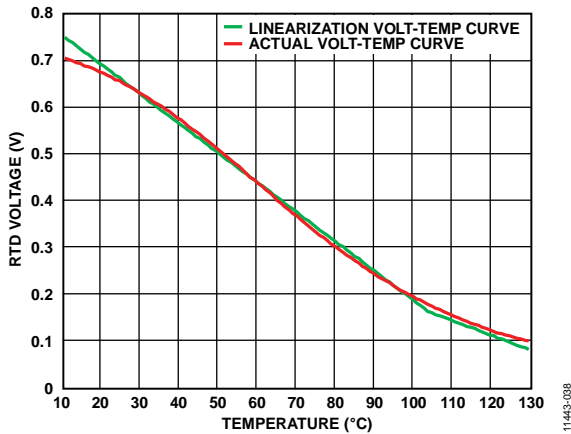


图37. 温度线性化曲线

使用内部线性化特性时，READ_TEMPERA_TURE命令(寄存器0x8D)返回当前温度(单位为摄氏度)。对于过温保护，用户可以直接设置OT_FAULT_LIMIT命令(寄存器0x4F)，单位为摄氏度。更多信息参见OT_FAULT和OT_WARNING部分。

PMBus保护命令 V_{OUT} 过压保护(OVP)

ADP1051中的 V_{OUT} 过压保护特性遵循PMBus规范。限值在 $V_{OUT_OV_FAULT_LIMIT}$ 命令(寄存器0x40)中编程，与额定输出电压的75%到150%对应。响应利用 $V_{OUT_OV_FAULT_RESPONSE}$ 命令(寄存器0x41)编程。当电压读数超过过压限值时， $V_{OUT_OV_FAULT}$ 标志(寄存器0x78[5]、寄存器0x79[5]和寄存器0x7A[7])置1。

在直接并联系统中，多个电源单元直接并联，无任何“或”运算设备。一个电源的过压状况会提高共用总线电压，导致连接到同一总线的其他电源激活过压保护。这种过压保护操作可能会令共用总线失效。ADP1051提供高度灵活的条件式过压保护功能，可用于直接并联系统的失效冗余控制。它包括一个过压检测模块、一个调制标志触发模块和一个过压响应模块(见图38)。

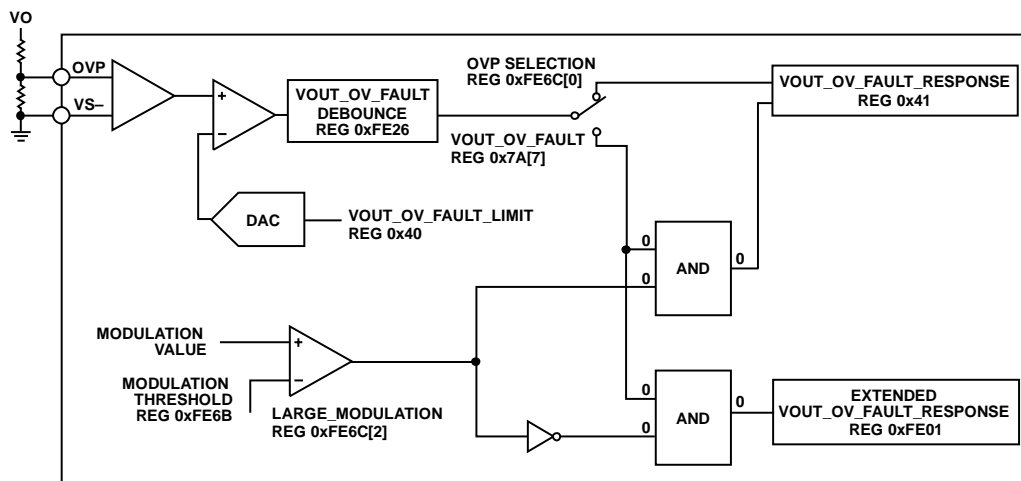


图38. V_{OUT} 过压保护电路方案

ADP1051

或者，用户也可以处理RTD读数，并使用线性化公式确定过温保护设置。这样，用户就可以设置RTD阈值以实现更高的过温保护精度。

另外，如果使用STLM20等模拟温度传感器，OT_FAULT限值仍可利用OT_FAULT_LIMIT命令(寄存器0x4F)编程，但需要一个转换公式。

以图35为例，假设R1和R2分别为20 kΩ和10 kΩ，寄存器0x4F中的值是 $T_{OT_SET_LIMIT}$ 。

如果 $T_{OT_SET_LIMIT} < 104$ (十进制)，

$$T_{OT_ACTUAL_LIMIT} = 1.6039 \times T_{OT_SET_LIMIT} - 48.8623$$

如果 $T_{OT_SET_LIMIT} \geq 104$ (十进制)，

$$T_{OT_ACTUAL_LIMIT} = 0.801967 \times T_{OT_SET_LIMIT} + 34.5423$$

表8给出了使用STLM20等模拟温度传感器时的一些典型OTP阈值设置。

表8. 使用模拟温度传感器时的典型OT故障限值设置

| $T_{OT_SET_LIMIT}$ 寄存器0x4F中设置的OT限值 (十进制) | $T_{OT_ACTUAL_LIMIT}$ 实际OT限值(°C) |
|--|---------------------------------------|
| 55 | 39.35 |
| 60 | 47.37 |
| 65 | 55.39 |
| 70 | 63.41 |
| 75 | 71.43 |
| 80 | 79.45 |
| 85 | 87.47 |
| 90 | 95.49 |
| 95 | 103.51 |
| 100 | 111.53 |
| 105 | 118.75 |
| 110 | 122.76 |
| 115 | 126.77 |
| 120 | 130.78 |
| 125 | 134.79 |
| 130 | 138.80 |

如果使用STLM20，温度磁滞可使用寄存器0xFE2F[1:0]设置，如下所示：

$$00 = 3.21^{\circ}\text{C}, 01 = 6.42^{\circ}\text{C}, 10 = 9.62^{\circ}\text{C}, 11 = 12.83^{\circ}\text{C}.$$

VIN_ON和VIN_OFF

两个PMBus命令VIN_ON(寄存器0x35)和VIN_OFF(寄存器0x36)允许用户独立设置输入电压开关限值。

寄存器0x7C[3]中的VIN_LOW标志在初始化时设置。当输入电压超过VIN_ON限值时，VIN_LOW标志清0。如果PSON信号置位，电源转换即开始。当输入电压低于VIN_OFF限值时，VIN_LOW标志置1，电源转换停止。电源转换开始和停止的延迟时间可通过寄存器0xFE29[3:2]和寄存器0xFE29[4]单独设置。

或者，如果输入电压信号在启动前不可用，则可使用寄存器0xFE29[5]设置VIN_ON和VIN_OFF命令来提供输入电压欠压保护。

如果输入电压读数低于VIN_OFF限值，寄存器0x78[3]、寄存器0x79[3]和寄存器0x7C[4]中的VIN_UV_FAULT标志就会置1。

使用寄存器0xFE29[1:0]，可将VIN_UV_FAULT标志设置的去抖时间编程为0 ms、2.5 ms、10 ms或100 ms。由于 V_{IN} 读数每1 ms平均一次，因此有额外的最多1 ms的去抖时间。

对VIN_UV_FAULT标志的响应通过VIN_UV_FAULT_RESPONSE位(寄存器0xFE02[7:4])编程。详情参见“用户自定义保护响应”部分和相关寄存器设置。

用户自定义保护命令

CS1逐周期限流

CS1逐周期限流特性利用内部模拟比较器实现(见图25)。当CS1引脚(引脚6)的电压超过寄存器0xFE1B[6]设置的阈值时，比较器输出变为高电平，并且还会触发一个内部标志(CS1_OCP，用户无法访问，因此未列于寄存器表中)。比较器存在105 ns(最大值)的传输延时。

为了忽略电流信号开始时的电流尖峰，可设置0 ns、40 ns、80 ns、120 ns、200 ns、400 ns、600 ns或800 ns的消隐时间。消隐时间在寄存器0xFE1F[6:4]中设置。

在此期间忽略比较器输出。使用寄存器0xFE1D[3:0]，CS1_OCP标志的消隐时间可以编程为OUTA、OUTB、OUTC和OUTD的上升沿。

还可以增加0 ns、40 ns、80 ns或120 ns的去抖时间，以便改善CS1_OCP比较器输出电路的抗噪能力。去抖时间在寄存器0xFE1F[1:0]中设置。这是在采取措施之前CS1信号必须保持高于阈值的最短时间。

图40显示了CS1逐周期限流时序的一个例子，OUTA的上升沿作为消隐时间基准。CS1_OCP标志置1后，要等到下一个开关周期开始才会清0。

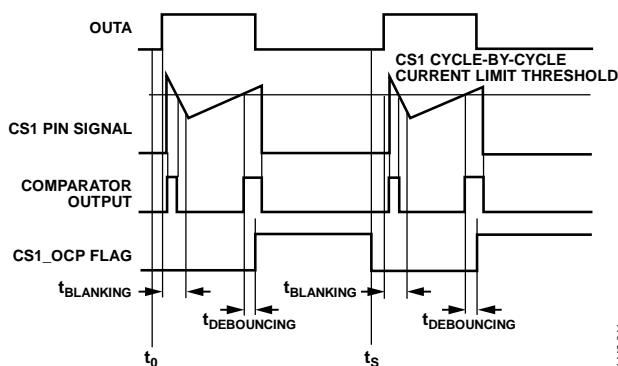


图40. CS1逐周期限流时序

当CS1_OCP标志被触发时，可使用寄存器0xFE08[6:5]和寄存器0xFE0E[7:4]来禁用开关周期剩余时间的所有PWM输出。这些输出将在下一个开关周期的起始时刻重新使能。在一个开关周期中，如果PWM输出的上升沿出现在CS1_OCP标志触发之后，则对该开关周期，PWM将保持使能。

为避免同步整流器的体二极管出现电流过应力，可通过寄存器0xFE1E[1:0]对SR1和SR2输出的逐周期限流操作进行进一步的编程。

可将其编程为与其他PWM输出相同，或者当CS1_OCP标志被触发时，SR PWM输出开启。CS1_OCP标志触发与SR PWM输出开启之间有一个145 ns到180 ns的延迟(死区时间)。下降沿继续遵循编程值。

逐周期限流始终激活，与IIN过流快速保护设置无关。通过设置寄存器0xFE1F[7]，可完全忽略比较器输出。

I_{IN}过流快速保护

有一个内部计数器N。N为正整数或0，初始值为0。计数器工作方式如下：

- 当CS1_OCP标志在一个周期中被触发时(CS1_OCP比较器变为高电平)，N计数为 $N_{CURRENT} = N_{PREVIOUS} + 2$ 。
- 如果CS1_OCP标志在一个周期中未被触发且 $N_{PREVIOUS} > 0$ ，则 $N_{CURRENT} = N_{PREVIOUS} - 1$ 。
- 如果CS1_OCP标志在一个周期中未被触发且 $N_{PREVIOUS} = 0$ ，则 $N_{CURRENT} = 0$ 。

当N值达到IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT指定的限值时，IIN_OC_FAST_FAULT标志被触发(见图41)。

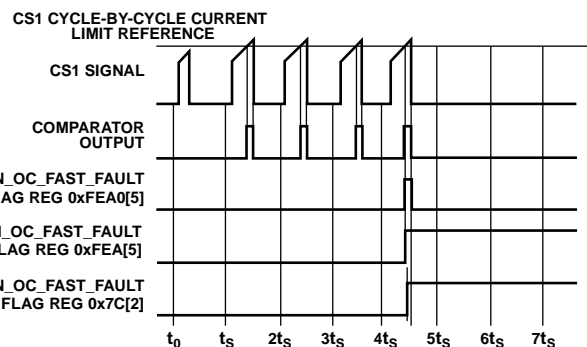


图41. I_{IN}过流快速故障触发

对于单端拓扑，如正向变换器和降压变换器等，一个开关周期由一个周期组成。对于双端拓扑，如全桥变换器、半桥变换器和推挽变换器等，一个开关周期包含两个周期。IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT位在寄存器0xFE1A[6:4]中。图41中，IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT值设为8。

对IIN_OC_FAST_FAULT标志的响应可通过IIN_OC_FAST_FAULT_RESPONSE位(寄存器0xFE00[3:0])编程。操作详情参见“用户自定义保护响应”部分和相关寄存器设置。

半桥变换器中的匹配逐周期限流

对于半桥变换器，上述逐周期限流特性无法保证一个开关周期中两个半周期的占空比平衡。

各半周期的不平衡可能导致容性分压器的中心点电压从 $V_{IN}/2$ 向地或输入电压 V_{IN} 漂移。此漂移进而可能引起输出电压调节失败、变压器饱和以及同步整流器的漏极到源极电压(V_{DS})应力倍增。

为了补偿这些不平衡，ADP1051通过强制各周期与前一周期均衡或匹配，实现了匹配逐周期限流。

匹配逐周期限流被触发时，下半周期的占空比与上半周期的实际占空比完全一致。然而，逐周期限流在终止PWM通道上始终具有最高优先级。例如，在逐周期限流情况下，如果前一周期的占空比为20%，则下一周期的占空比也应是20%。但是，如果下一周期发生逐周期限流，必须以较小的占空比终止PWM，则逐周期限流将取得较高的优先级，占空比可能是一个小于20%的值。

匹配逐周期限流通过寄存器0xFE1D[6]使能。寄存器0xFE1D[5:4]用于设置匹配逐周期限流的PWM对。

CS3过流保护

如果CS2电流检测不可用，CS3过流保护可提供备用输出过流保护。读数根据CS1和占空比读数计算。

当寄存器0xFE9中8个MSB表示的CS3电流读数超过寄存器0xFE6A中设置的CS3_OC_FAULT_LIMIT时，CS3_OC_FAULT标志(寄存器0xFE0[3])置1。使用寄存器0xFE19[6:5]，可将标志设置的去抖时间编程为0 ms、10 ms、20 ms或200 ms。对CS3_OC_FAULT标志的响应通过CS3_OC_FAULT_RESPONSE位(寄存器0xFE01[3:0])编程。具体操作信息参见“用户自定义保护响应”部分和相关寄存器设置。

SR反向电流保护

在同步整流应用中，反向电流可能会从 V_{OUT} 经过输出电感、同步整流器和电流检测电阻流到地。在反向电流很大的情况下，如果同步整流器关闭，流入输出电感的电流的 di/dt 所引起的高压应力可能会损坏同步整流器。

SR反向电流检测通过一个带可编程基准的模拟比较器实现。反向电流保护限值SR_RC_FAULT_LIMIT使用寄存器0xFE1A[2:0]编程。如果CS2-引脚(引脚3)与CS2+引脚(引脚4)之间的负差分电压低于寄存器0xFE1A[2:0]设置的值，就会触发SR_RC_FAULT标志。触发SR_RC_FAULT标志的去抖时间为40 ns或200 ns，由寄存器0xFE1A[3]设置。

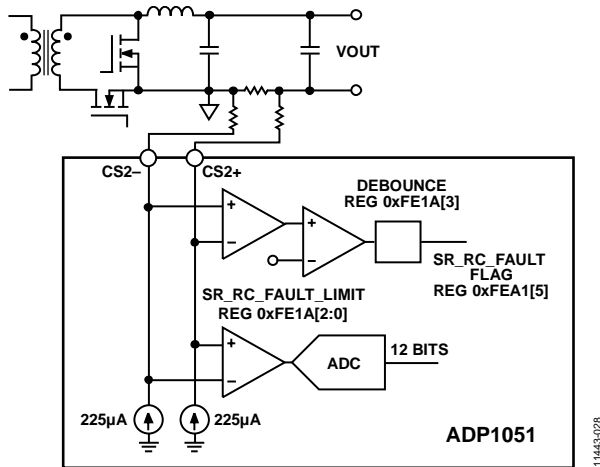


图42. SR FET反向电流保护

SR_RC_FAULT标志响应在SR_RC_FAULT_RESPONSE位(寄存器0xFE03[7:4])中设置，用以抑制反向电流。除了不中断地继续工作、禁用SR1和SR2、禁用所有PWM输出这三种响应选项之外，还有第四种故障响应模式：改变SR1和SR2的上升沿位置。

在这种保护模式下，SR1和SR2的上升沿各维持一个固定值，从下一开关周期起生效(通常将SR1和SR2设置为50%占空比以实现最佳性能)。SR1和SR2上升沿时序的固定值可通过下式确定：

$$t_{Rx} + t_{MODU_LIMIT} - t_{OFFSET}$$

其中：

t_{Rx} 为SR1和SR2的上升沿时序(见图68)。

t_{MODU_LIMIT} 为寄存器0xFE3C中定义的调制限值。

t_{OFFSET} 为寄存器0xFE68中的偏移设置。

故障标志清0后，按照寄存器0xFE03[5:4]的设置，SR1和SR2可立即返回正常状态或执行软恢复过程。为实现最佳反向电流保护性能，请使用上面定义的设置来精调SR1和SR2 PWM时序。

使用这种保护模式，将SR1和SR2信号设置为50%占空比操作，输出中的能量回流到输入，从而抑制反向电流。相应地，同步整流器的漏极到源极电压(V_{DS})应力也得到抑制。具体操作信息参见“用户自定义保护响应”部分和相关寄存器设置。

FLAGIN保护

SYNI/FLAGIN引脚(引脚13)可配置为标志输入模式(FLGI)。可将一个外部信号发送到ADP1051以触发操作。外部信号的极性由FLGI极性位(寄存器0xFE12[2])配置。当ADP1051检测到外部信号时，FLAGIN标志置1。对FLAGIN标志的响应通过FLAGIN_RESPONSE位(寄存器0xFE03[3:0])编程。有关可设置的操作的更多信息，参见“用户自定义保护响应”部分和相关寄存器设置。

V_{DD} OVLO保护

ADP1051的供电轨上内置了过压保护(OVP)。寄存器0xFE05[5:4]中的 V_{DD} 过压响应位(VDD_OV_RESPONSE)用来指定对 V_{DD} 过压状况的响应。

- 如果寄存器0xFE05[5] = 0，当 V_{DD} 电压高于OVLO阈值时，VDD_OV标志置1，ADP1051关断。当 V_{DD} 过压状况结束时，VDD_OV标志清0，ADP1051下载EEPROM内容，然后用软启动程序重启。VDD_OV标志的去抖时间可利用寄存器0xFE05[4]编程。
- 如果寄存器0xFE05[5] = 1，则无论 V_{DD} 电压状况如何，VDD_OV标志始终清0。ADP1051继续工作而不中断。

建议不要将VDD_OV标志响应设置为始终清0。

用户自定义保护响应

关于VDD_OV标志和保护操作，参见“VDD OVLO保护”部分。

可配置下列标志来触发保护响应：IIN_OC_FAST_FAULT、VOUT_OV_FAULT、CS3_OC_FAULT、VIN_UV_FAULT、FLAGIN和SR_RC_FAULT。VOUT_OV_FAULT标志触发寄存器0xFE01[7:4]中的用户自定义保护，仅用于条件式过压保护。详情参见“VOUT过压保护(OVP)”部分。

上述各标志均可独立编程以触发下列响应之一：

- 不中断地继续工作(忽略标志)
- 禁用SR1和SR2
- 禁用所有PWM输出

触发标志的状况得到解决且标志清0后，ADP1051可编程以做出如下响应：

- 经过标志重新使能延迟时间后，用软启动程序重新使能禁用的PWM输出。
- 立即重新使能禁用的PWM输出，而不使用软启动程序。
- PWM输出保持禁用。必须使用PSON复位信号和软启动程序来重新使能PWM输出。

对于SR_RC_FAULT标志，还有第四种响应选项：SR1和SR2的上升沿移动到 $t_{RX} + t_{MODU_LIMIT} - t_{OFFSET}$ 。该标志清0后，ADP1051可编程以做出如下响应：

- SR1和SR2以软启动方式恢复正常。
- SR1和SR2不以软启动方式恢复正常。

更多信息参见“SR反向电流保护”部分。

第一个导致所有PWM输出禁用(重新使能PWM输出也需要软启动)的标志被记录为第一个标志ID。有关第一个标志ID使用的更多信息，参见“第一个标志ID记录”部分。

对于所列的用户自定义标志，可以设置标志重新使能延迟时间。如果标志的配置操作是要在标志重新使能延迟时间后重新使能PWM输出，就会使用该延迟时间。使用寄存器0xFE05[7:6]，可将该延迟时间设置为250 ms、500 ms、1 s或2 s。

电源校准和校准

所有ADP1051设备均经过工厂校准。如果ADP1051未在电源生产环境下进行校准，建议对CS1、CS2±、VS±、VF和OVP引脚的输入使用容差为0.1%的元件，以满足数据手册要求(参见“技术规格”部分)。

在电源生产环境中，ADP1051能校准诸如输出电压等项目，并校准由检测电阻和电阻分压器引入的容差误差，以及它自身的内部电路。ADP1051提供用户足够的校准能力，可校准容差≤0.5%的外部元设备。

要解锁用于写入访问的校准寄存器，用户必须使用TRIM_PASSWORD命令(寄存器0xD6)，利用正确的密码(工厂默认值 = 0xFF)执行两次连续写操作。在这两次写操作之间，若对设备中的其它寄存器执行读或写操作，就会中断芯片密码解锁。

校准寄存器包括寄存器0xFE14至寄存器0xFE17、寄存器0xFE20、寄存器0xFE28和寄存器0xFE2A至寄存器0xFE2C。有关这些寄存器的详细信息，参见“用户自定义扩展命令描述”部分。

I_{IN}校准(CS1校准) 使用直流信号

将一个已知直流电压(V_x)施加于CS1引脚。IIN_SCALE_MONITOR命令(寄存器0xD9)设置为0x0001。READ_IIN输入电流读数命令(寄存器0x89)产生一个与V_x电压值相等的数字代码(代表输入电流的安培数)。校准CS1增益校准寄存器(寄存器0xFE14)，直到寄存器0x89中的输入电流读数读出正确的数字代码。

使用交流信号

将一个已知电流(I_x)施加于PSU输入。此电流流经一个电流变压器、一个二极管整流器和一个外部电阻(R_{CS1})，将电流信息转换为电压(V_x)。该电压输入CS1引脚。IIN_SCALE_MONITOR计算如下：

$$IIN_SCALE_MONITOR = (N_{PRI}/N_{SEC}) \times R_{CS1}$$

其中，N_{PRI}和N_{SEC}分别是电流互感器原边和副边绕组的匝数。

READ_IIN输入电流读数命令产生一个数字代码，代表输入电流I_x。校准CS1增益校准寄存器(寄存器0xFE14)，直到寄存器0x89中的输入电流读数读出正确的数字代码。

I_{OUT}校准(CS2校准) CS2偏置校正

失调误差由外部电平转换电阻和内部电流源的总不匹配引起。电平转换电阻的容差必须≤0.1%。偏置校正包括模拟校准和数字校准两部分。CS2±输入为0 V时，理想ADC读数为0 LSB。

执行模拟偏置校正以实现0 V的差分输入电压。执行数字偏置校正以实现0 LSB的ADC读数。偏置校正必须按照如下顺序执行：

1. 使用寄存器0xFE19[7]选择高端或低端电流检测。
2. 使用IOUT_CAL_GAIN命令(寄存器0x38)设置电流检测电阻值。必须注意，由于可能存在铜走线和焊接电阻，实际的IOUT_CAL_GAIN值应略大于该电流检测电阻值。确定的实际IOUT_CAL_GAIN值必须能够准确读出输出电流。
3. 使用寄存器0xFE16将数字偏置校正值设为0x00。
4. 校准CS2模拟偏置校正值(寄存器0xFE17)，直到寄存器0xFE18中读取的值尽可能接近100(十进制)。
5. 使用寄存器0xFE16提高CS2数字偏置校正寄存器值，直到寄存器0x8C中的值读出0 A。

偏置校正完成。CS2±输入为0 V时，ADC代码读出0，READ_IOUT读数为0 A。

CS2增益校准

完成偏置校正后，接着执行增益校准，移除电流检测电阻容差导致的失配。ADP1051可校准的电流检测电阻容差为≤1%。

1. 在检测电阻两端施加一个数值已知的电流(I_{OUT})。
2. 校准寄存器0xFE15中的CS2增益校准值，直到寄存器0x8C中的READ_IOUT值读出该值。

至此，CS2电路完成校准。完成电流检测校准后，配置IOUT_OC_FAULT_LIMIT和IOUT_OC_FAULT_RESPONSE。

V_{OUT}校准(VS校准)

VS±引脚的电压检测输入针对1 V的检测信号而优化，无法检测大于1.6 V的信号。建议将额定输出电压降至1 V，以实现最佳性能。必须校准电阻分压器引入的误差。ADP1051具有足够的校准范围来校准容差≤0.5%的电阻导致的误差。

要校准电阻分压器引起的误差，请执行以下步骤：

1. 用额定输出电压值设置VOUT_COMMAND(寄存器0x21)。根据电阻分压器信息，设置VOUT_SCALE_LOOP命令(寄存器0x29)和VOUT_SCALE_MONITOR命令(寄存器0x2A)。
2. 在空载条件使能电源。VS±引脚的电压被VS电阻分压器分压，在VS±引脚上产生1 V的目标电压。
3. 校准VOUT_CAL_OFFSET校准寄存器(寄存器0x23)，确保输出电压与目标输出电压完全一致。
4. 当寄存器0x8B中的READ_VOUT读数与输出电压读数完全相等时，校准VS增益校准寄存器(寄存器0xFE20)。

V_{IN}校准(VF增益校准)

电压检测输入针对1 V的VF引脚信号而优化，无法检测大于1.6 V的信号。需要一个电阻分压器将检测到的电压信号分压为1.6 V以下的电压。建议将VF电压信号降至1 V，以实现最佳性能。必须校准电阻分压器引入的误差。

使用以下步骤：

1. 根据电阻分压器信息(见图22)和变压器的匝数比信息，设置VIN_SCALE_MONITOR命令(寄存器0xD8)：

$$\text{IN_SCALE_MONITOR} = \frac{R2}{R1 + R2} \times \frac{N_{\text{SEC}}}{N_{\text{PRI}}}$$

其中，N_{PRI}和N_{SEC}分别是变压器原边和副边绕组的匝数。

2. 在空载条件下应用额定输入电压，使VF引脚实现大约1 V的目标电压。
3. 当寄存器0x88中的READ_VIN读数与额定电压读数完全相等时，校准VF增益校准寄存器(寄存器0xFE28)。
4. 校准输入电压补偿乘法器(寄存器0xFE59)，使READ_VIN读数与满载条件下的输入电压完全一致。

RTD和OTP校准

RTD需要两次校准，一次针对ADC，一次针对电流源。需要执行额外的校准步骤，才能使用内部线性化处理。

校准电流源

寄存器0xFE2D[7:6]可将RTD电流源的值设为10 μA、20 μA、30 μA或40 μA。寄存器0xFE2D[5:0]可用于微调电流值。通过微调内部电流源，可补偿元设备容差，并最大程度降低误差。位[5:0]的一个LSB是160 nA。

十进制值1向寄存器0xFE2D[7:6]设置的电流源增加160 nA电流；而十进制值63则向寄存器0xFE2D[7:6]设置的电流源增加63 x 160 nA = 10.08 μA电流。

若要为电流源编程某个值，可通过寄存器0xFE2D[7:6]选择最接近的可能值(10 μA、20 μA、30 μA或40 μA)，然后使用寄存器0xFE2D[5:0]获得更佳步长。

例如，若要使用46 μA作为电流源，可遵循以下步骤：

1. 在RTD引脚和AGND之间放置一个数值已知的电阻(R_x)。
2. 设置寄存器0xFE2D[7:6]为二进制11 (40 μA)。
3. 增加寄存器0xFE2D[5:0]的值，每次一个LSB，直到RTD引脚电压为： $V_{\text{RTD}} = 46 \mu\text{A} \times R_x$ 。

至此完成电流源校准，并设为出厂默认值。

校准ADC

校准ADC的第一个方法是使用46 μA RTD电流的内部线性化处理，它提供用摄氏度表示的精确读数(十进制)，通过READ_TEMPERATURE命令(寄存器0x8D)读取。

应将R25 = 100 kΩ、1%精度的NTC热敏电阻(β = 4250、1%，例如NCP15WF104F03RC)与16.5 kΩ、1%的外部电阻并联，用于ADP1051。采用这种NTC热敏电阻与电阻的组合，ADP1051默认电流源校准值设为46 μA，可在85°C至125°C的温度范围内达到可能实现的最佳精度。

若使用外部微控制器，则寄存器0xFEAB中的RTD ADC值可输入微控制器，并且可采用不同的线性化处理，以便针对所选NTC特性实现最佳拟合多项式。

应用配置

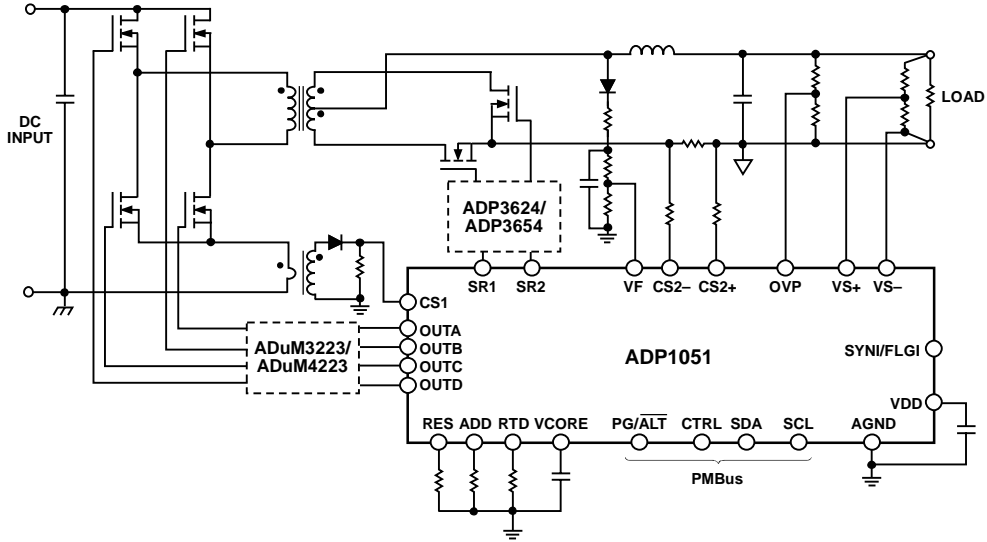


图43. 全桥变换器

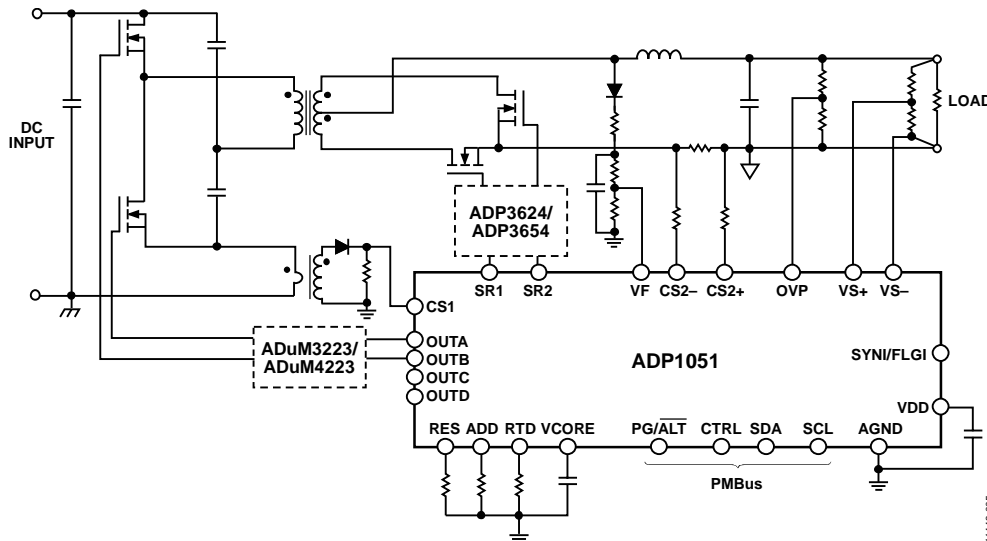


图44. 半桥变换器

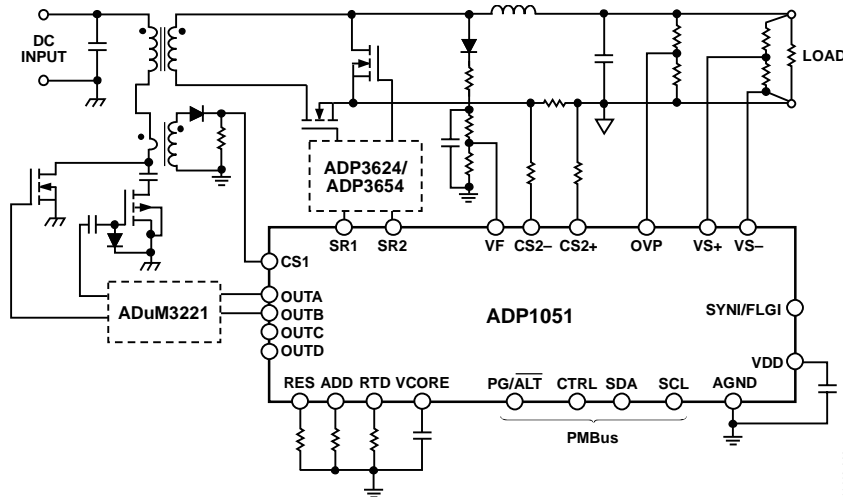


图45. 有源箝位正向变换器

布局布线指南

本部分介绍确保ADP1051性能最优所应遵循的最佳布局和布线方法。一般而言，应将ADP1051控制电路的所有元件尽可能靠近ADP1051放置。OVP和VS+信号参考VS-。所有其他信号参考AGND层。

CS1引脚

将来自电流检测变压器的走线布设到ADP1051，彼此平行。走线应互相靠近，但远离开关节点。

CS2+和CS2-引脚

将来自检测电阻的走线布设到ADP1051，彼此平行。检测电阻建议使用开尔文连接。走线应互相靠近，但远离开关节点。

VS+和VS-引脚

将来自远程电压检测点的走线布设到ADP1051，彼此平行。用低阻抗连接将VS-连接到AGND。走线应互相靠近，但远离开关节点。在VS-和AGND之间放置一个100 nF电容，以降低共模噪声。如果VS-直接连到AGND，则无需电容。

OUTA至OUTD、SR1和SR2 PWM输出

在PWM输出和隔离器/驱动器输入之间放置10 Ω 电阻，尤其是当隔离器和驱动器远离ADP1051时。走线应远离开关节点。

VDD引脚

去耦电容应尽可能靠近ADP1051放置。建议在VDD和AGND之间连接一个2.2 μ F电容。

VCORE引脚

在VCORE引脚和AGND之间放置一个330 nF去耦电容，并尽量靠近ADP1051。

RES引脚

在RES引脚和AGND之间放置一个10 k Ω 、0.1%电阻，并尽量靠近ADP1051。

SDA和SCL引脚

将走线平行布设到SDA和SCL引脚。走线应互相靠近，但远离开关节点。

裸露焊盘

将ADP1051下方的裸露焊盘焊接到PCB AGND层。

RTD引脚

在热敏电阻和ADP1051之间布设走线(包括接地回路走线)。将热敏电阻放在电源热点附近，热敏电阻和走线应远离开关节点。将一个1 nF滤波电容放在附近并与热敏电阻并联。

AGND引脚

在ADP1051的相邻层上建立一个AGND地层，并建立一个单点(星型)连接至电源的系统地。

PMBus/I²C通信

PMBus从设备允许设备与符合PMBus标准的主设备通信，如“PMBus电源系统管理协议规范”(修订版1.2, 2010年9月6日)中所规定。PMBus从机是双线式接口，可用于与其他符合PMBus标准的设备通信，并且兼容多主机、多从机总线配置。

PMBus特性

PMBus从机负责解码主设备发出的命令，并根据请求做出响应。使用I²C类双线式接口与时钟线路(SCL)和数据线路(SDA)建立通信。PMBus从机旨在从外部移动8位数据块(字节)，同时维持PMBus协议合规性。PMBus协议基于“系统管理总线(SMBus)规范”(2.0版, 2000年8月)。SMBus规范则是基于飞利浦公司的I²C总线规范(2.1版, 2000年1月)。PMBus集成了下列特性：

- 多设备系统上的从机工作模式
- 7位寻址
- 100 kB/s和400 kB/s数据速率
- 广播地址支持
- 支持低时钟扩展(时钟延展)
- 独立多字节接收和发送FIFO
- 丰富的故障监控

概述

PMBus从机模块是双线式接口，可用于与符合PMBus标准的其他设备通信。其传输协议基于飞利浦公司的I²C传输机制。**ADP1051**在整体系统中始终配置为从设备。**ADP1051**利用一个数据引脚(SDA, 引脚15)和一个时钟引脚(SCL, 引脚14)与主设备通信。由于**ADP1051**是从设备，因此它不能产生时钟信号。不过，它能延展SCL线路，以便在未准备好响应主设备请求时让主设备进入等待状态。

主设备向PMBus从设备发送命令后便开始通信。命令可以是读取或写入命令，数据以字节宽格式在设备之间传输。命令也可以是发送命令，这种情况下，从设备在接收停止位后执行命令。停止位是完整数据传输的最后位，如PMBus/I²C通信协议所定义。通信期间，主设备和从设备发送应答(A)或不应答(\bar{A})位，作为设备间的交互方法。有关通信协议的详细描述，请参见PMBus规范。

与主设备通信时，PMBus从设备可能接收到非法或毁损数据。

这种情况下，PMBus从设备必须对无效命令或数据做出响应，如PMBus规范所定义，并向主设备指示已经发生错误或故障条件。该交接方法可用作第一级防卫措施，防止对从设备进行意外编程，这种编程可能损坏芯片或系统。

PMBus规范定义了一组通用PMBus命令，建议电源管理系统使用。不过，每家PMBus设备制造商可以选择实现和支持某些适合系统的命令。此外，PMBus设备制造商可选择实现用户自定义命令，其功能不包括在通用PMBus命令集内。标准PMBus和用户自定义命令的列表请参阅“PMBus命令集”和“用户自定义扩展命令列表”部分。

PMBus/I²C地址

ADP1051的PMBus地址通过在ADD引脚(引脚22)与AGND之间连接外部电阻来设置。表9列出了推荐电阻值和相关PMBus地址。可使用八个不同地址。

表9. PMBus地址设置和电阻值

| PMBus地址 | 电阻值(k Ω) |
|---------|----------------------|
| 0x70 | 10(或将ADD引脚直接连接到AGND) |
| 0x71 | 31.6 |
| 0x72 | 51.1 |
| 0x73 | 71.5 |
| 0x74 | 90.9 |
| 0x75 | 110 |
| 0x76 | 130 |
| 0x77 | 150(或将ADD引脚直接连接到VDD) |

表9中的推荐电阻值可在 ± 2 k Ω 范围内变化。因此，建议在ADD引脚上使用容差为1%的电阻。

ADP1051对0x00的标准PMBus广播地址做出响应。然而，当有多个**ADP1051**设备连接到主设备时，建议不要使用广播地址，因为多个从设备返回的数据会被损坏。

更多信息参见“广播支持”部分。

数据传输格式概述

PMBus从机遵循SMBus规范的传输协议，该规范基于I²C总线规范的基本传输协议格式。数据传输以字节宽为单位，低位字节优先。各字节以串行方式发送，最高有效位(MSB)优先。典型传输见图46。有关传输协议的深入讨论，请参见SMBus和I²C规范。

表46至表53使用表10所列的缩写。

表10. 数据传输图使用的缩写

| 缩写 | 说明 | 设置 ¹ |
|----------------|--------|-----------------|
| S | 起始条件 | 不适用 |
| P | 停止条件 | 不适用 |
| Sr | 重复起始条件 | 不适用 |
| \overline{W} | 写入位 | 0 |
| R | 读取位 | 1 |
| A | 应答位 | 0 |
| \overline{A} | 不应答位 | 1 |

¹ N/A表示不适用。

命令概述

使用PMBus从机的数据传输通过PMBus命令来建立。PMBus规范要求所有PMBus命令以从机地址开头，其中R/W位清0，紧随其后的是命令代码。ADP1051支持的所有PMBus命令均遵循图47至图53所示的协议类型之一。

ADP1051还支持用户自定义扩展命令。这些命令遵循与标准PMBus命令一样的协议，不过，命令代码由0xFF00到0xFFAF范围内的两个字节组成。

使用用户自定义扩展命令时，PMBus设备制造商可向其PMBus命令集添加额外256个用户自定义命令。

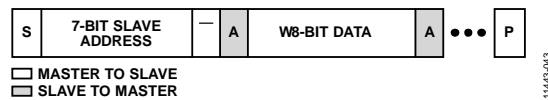


图46. 基本数据传输

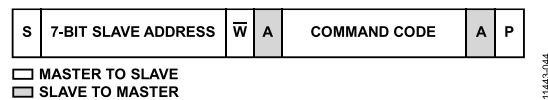


图47. 发送字节协议

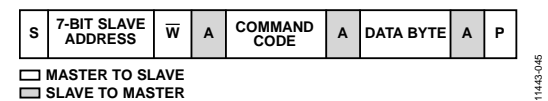


图48. 写入字节协议

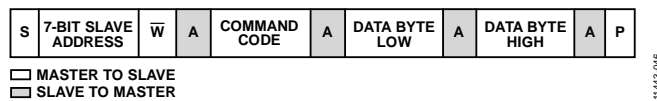


图49. 写入字协议

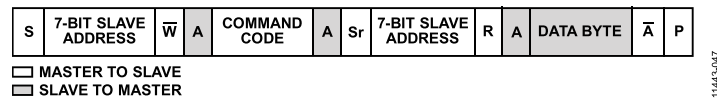


图50. 读取字节协议



图51. 读取字协议

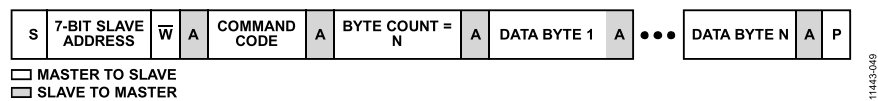


图52. 块写入协议

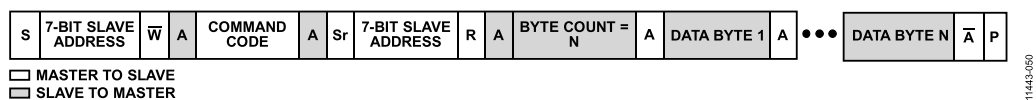


图53. 块读取协议

ADP1051

时钟产生和延展

ADP1051在整体系统中始终是PMBus从设备；因此设备从不需要产生时钟，时钟产生由系统内的主设备完成。不过，PMBus从设备能够延展时钟，从而让主机进入等待状态。通过在低电平周期中延展SCL信号，从设备通知主设备它还未准备好进行传输，主设备必须等待。

PMBus从设备延展SCL线路低电平的情况包括：

- 主设备正在以高于从设备的波特率发送。
- 从设备的接收缓冲器已满，读取后才能继续。这可以防止数据溢出情况。
- 从设备未准备好发送主机请求的数据。

请注意，PMBus从设备仅可在低电平周期中延展SCL线路。另外，虽然I²C规范允许无限延展SCL线路，PMBus规范却将SCL线路可延展或保持低电平的最大时间限制在25 ms，此后，从设备必须释放通信线路并将其状态机复位。

起始条件和停止条件

起始条件和停止条件包括串行时钟位于逻辑高电平时的几次数据转换。PMBus从设备监控SDA和SCL线路，检测起始条件和停止条件，并据此转换其内部状态机。典型起始条件和停止条件如图54所示。

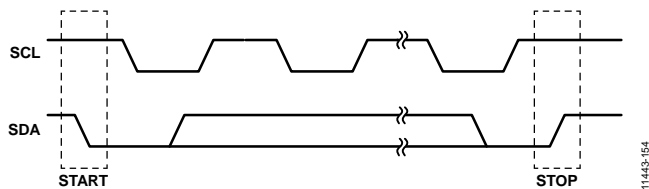


图54. 起始转换和停止转换

广播支持

PMBus从机能够解码广播地址并做出应答。PMBus从设备对自身地址和广播地址(0x00)做出响应。广播地址使PMBus上的所有设备可被同时写入。

请注意，所有PMBus命令必须以从机地址开头，其中R/ \overline{W} 位清0，紧随其后的是命令代码。使用广播地址与PMBus从设备通信时情况也一样。

10位寻址

ADP1051不支持I²C规范定义的10位寻址。

快速模式

快速模式(数据速率为400 kb/s)使用与标准工作模式基本上相同的机制；电气规格和时序受影响最多。PMBus从设备能够与快速模式或标准模式(数据速率为100 kb/s)下工作的主设备通信。

故障条件

PMBus协议提供了必须监控和报告的全部故障条件。这些故障条件可分为两大类：通信故障和监控故障。

通信故障是与PMBus协议数据传输机制相关的错误条件。监控故障是与ADP1051工作状态相关的错误条件，例如超出过压保护。“电源监控、标志和故障响应”部分描述了这些故障条件。

超时条件

SMBus规范包括三个与超时条件相关的时钟延展规范。

任何单一SCL时钟脉冲保持低电平的时间超过25 ms的最小 t_{TIMEOUT} 值，就会发生超时状况。检测到超时条件后，PMBus从设备有10 ms时间中止传输，释放总线线路，并准备接收新的起始条件。启动超时的设备必须将SCL时钟线路保持在低电平至少35 ms(最大 t_{TIMEOUT} 值)，以保证从设备有足够时间将其通信协议复位。

数据传输故障

根据PMBus规范的规定，两个通信设备违反PMBus通信协议时就会发生数据传输故障。有关各故障条件的详情，请参见PMBus规范。

数据损坏、分组差错校验(PEC)

ADP1051不支持分组差错校验。

发送位过少

发送完整字节(八位)前，传输被起始或停止条件中断。不支持这种功能；忽略任何发送的数据。

读取位过少

读取完整字节(八位)前，传输被起始或停止条件中断。不支持这种功能；忽略任何接收的数据。

主机发送或读取字节过少

如果在发送/接收所需字节前主机通过停止条件结束数据包，则假设主机会停止传输。因此，PMBus不会将此情况视为错误，也不采取任何操作，只会清除发送FIFO的所有剩余字节。

主机发送字节过多

如果主机发送字节数高于对应命令的期望数字，PMBus从机将此情况视为数据传输故障，并做出如下响应：

- 对所有接收到的异常字节发送一个无应答
- 清除并忽略已接收的命令和数据
- 在STATUS_BYTE命令寄存器(寄存器0x78[1])中设置CML位

主机读取字节过多

如果主机读取字节数高于对应命令的期望数字，PMBus从机将此情况视为数据传输故障，并做出如下响应：

- 只要主机继续请求数据，全部发送1 (0xFF)
- 在STATUS_BYTE命令寄存器(寄存器0x78[1])中设置CML位

设备繁忙

PMBus从设备过于繁忙，无法对主设备请求做出响应。

ADP1051不支持此条件。

数据内容故障

当数据传输成功，但PMBus从设备无法处理从主设备接收的数据时，可能发生数据内容故障。

地址字节内的读取位设置不当

所有PMBus命令以从机地址开头，其中 $\overline{R/\overline{W}}$ 位清0，紧随其后的是命令代码。如果主机通过地址相位内设置的 $\overline{R/\overline{W}}$ 开始进行PMBus处理(等效于I²C读取)，PMBus从机将此情况视为数据内容故障，并做出如下响应：

- 对地址字节作出应答(ACK)
- 对命令和数据字节发送无应答
- 只要主机继续请求数据，全部发送1 (0xFF)
- 在STATUS_BYTE命令寄存器(寄存器0x78[1])中设置CML位

无效或不支持的命令代码

如果将无效或不支持的命令代码发送至PMBus从机，代码视为数据内容故障，PMBus从机做出如下响应：

- 对非法/不支持的命令字节和数据字节发送无应答
- 清除并忽略已接收的命令和数据
- 在STATUS_BYTE命令寄存器(寄存器0x78[1])中设置CML位

保留位

访问保留位并非故障。忽略写入保留位，从保留位读取返回未定义数据。

写入只读命令

如果主机对只读命令执行写入，PMBus从机将此情况视为数据内容故障，并做出如下响应：

- 对所有接收到的异常数据字节发送一个无应答
- 清除并忽略已接收的命令和数据
- 在STATUS_BYTE命令寄存器(寄存器0x78[1])中设置CML位

请注意，此错误与“主机发送字节过多”部分描述的错误相同。

读取只写命令

如果主机对只写命令执行读取，PMBus从机将此情况视为数据内容故障，并做出如下响应：

- 只要主机继续请求数据，全部发送1 (0xFF)
- 在STATUS_BYTE命令寄存器(寄存器0x78[1])中设置CML位

请注意，这与“主机读取字节过多”部分描述的错误响应相同。

EEPROM

ADP1051内置EEPROM控制器，用于与嵌入式8000字节EEPROM通信。EEPROM也称为Flash®/EE，分为两个主要模块：信息模块和主模块。信息模块包含128个8位字节(仅供内部使用)，主模块包含8000个8位字节。主模块又分为16个页面，每一页面包含512个字节。

EEPROM特性

EEPROM控制器的功能是解码ADP1051请求的操作，并向EEPROM接口提供必要的时序。按照解码命令的请求，数据写入或读出EEPROM。EEPROM控制器具有如下特性：

- EEPROM中每个页面的单独页面擦除功能
- 单字节和多字节(块)读取信息模块，一次最多128字节
- 单字节和多字节(块)写入/读取主模块，一次最多256字节
- 启动时自动上传，从用户设置到内部寄存器
- 单独的数据上传和下载命令，从工厂默认值或用户设置到内部寄存器

EEPROM概述

EEPROM控制器提供ADP1051内核逻辑与内置EEPROM间的接口。用户可通过此控制器接口控制对EEPROM的数据访问。EEPROM的读取、写入和擦除操作均具有不同的PMBus命令。

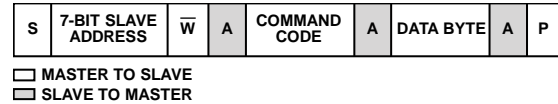
主设备发送命令至PMBus从设备，请求从EEPROM访问数据或向EEPROM发送数据，通信便开始。支持读取、写入和擦除命令。数据以字节宽格式在设备间传输。使用读取命令从EEPROM接收数据并发送至主设备。使用写入命令从主设备接收数据，并通过EEPROM控制器存储于EEPROM内。

页面擦除操作

主模块由16个相等页面组成，每一页面有512字节，编号为页面0至页面15。主模块的页面0和页面1保留，分别用于存储默认设置和用户设置。用户无法对页面0或页面1执行页面擦除操作。页面3保留用于存储GUI的电源板参数。

仅主模块的页面4至页面15才可用来存储数据。要擦除页面4至页面15中的任一页面，必须首先解锁EEPROM以允许访问。有关如何解锁EEPROM的说明，请参见解锁EEPROM部分。

主模块的每个页面(页面4至页面15)均可使用EEPROM_PAGE_ERASE命令(寄存器0xD4)单独擦除。例如，要对页面10执行页面擦除，请执行图55所示的命令：



11443-061

图55. 擦除命令示例

本例中，命令代码= 0xD4，数据字节= 0x0A。

请注意，执行下一PMBus命令前，必须等待至少35 ms，以便完成页面擦除操作。

EEPROM仅允许擦除整个页面；所以，要更改页面内任何单一字节的数据，必须首先擦除整个页面(设为逻辑高电平)，才能写入该字节。之后允许对该页面内的任何字节执行写入，只要该字节之前未被写入逻辑低电平。

读取操作(字节读取和块读取) 从主模块读取，页面0和页面1

主模块的页面0和页面1保留，分别用于存储默认设置和用户设置，此举旨在防止第三方访问该数据。要读取页面0或页面1，用户必须首先解锁EEPROM(参见解锁EEPROM部分)。EEPROM解锁后，页面0和页面1可使用EEPROM_DATA_xx命令读取，如“从主模块读取，页面2至页面15”部分所述。请注意，EEPROM锁定时，读取页面0和页面1将返回无效数据。

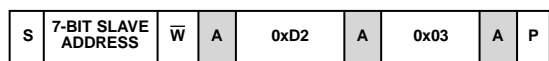
从主模块读取，页面2至页面15

主模块中页面2至页面15内的数据始终可读，即使EEPROM被锁定。EEPROM主模块内的数据每次可读取一个字节，或者可使用EEPROM_DATA_xx命令连续读取多个字节(寄存器0xB0至寄存器0xBF)。

执行该命令前，用户必须使用EEPROM_NUM_RD_BYTES命令(寄存器0xD2)对读取字节数进行编程。另外，用户可使用EEPROM_ADDR_OFFSET命令(寄存器0xD3)对返回首个读取字节的页面边界的偏移进行编程。

以下示例从EEPROM读取页面4的三个字节，从该页面的第六字节开始。

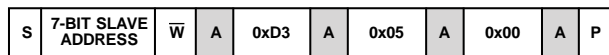
1. 设置返回字节数=3。



MASTER TO SLAVE
 SLAVE TO MASTER

图56. 设置返回字节数(=3)

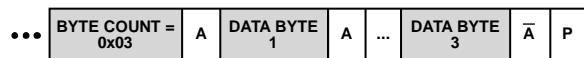
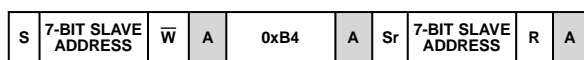
2. 设置地址偏移 = 5。



MASTER TO SLAVE
 SLAVE TO MASTER

图57. 设置地址偏移(=5)

3. 从页面4读取三个字节。



MASTER TO SLAVE
 SLAVE TO MASTER

图58. 从页面4读取三个字节

请注意，任何单一处理中，块读取命令最多只可读取256个字节。

写入操作(字节写入和块写入)

用户无法直接写入信息模块；ADP1051使用此模块存储第一个标志信息(参见“第一个标志ID记录”部分)。

向主模块写入，页面0和页面1

主模块的页面0和页面1保留，分别用于存储默认设置和用户设置。用户无法使用EEPROM_DATA_xx命令对页面0或页面1执行直接写入操作。如果用户写入页面0，页面1会返回不应答信号。要对主模块页面1的寄存器内容进行编程，建议使用STORE_USER_ALL命令(寄存器0x15)。请参见“将寄存器设置保存至用户设置”部分。

向主模块写入，页面2至页面15

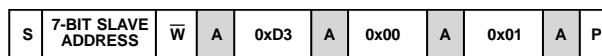
在对主模块页面2至页面15执行写入前，用户必须首先解锁EEPROM(参见解锁EEPROM部分)。

EEPROM主模块内页面2至页面15上的数据每次可编程(写入)一个字节，或者可使用EEPROM_DATA_xx命令连续读取多个字节(寄存器0xB0至寄存器0xBF)。执行此命令前，用户可使用EEPROM_ADDR_OFFSET命令(寄存器0xD3)对写入首个字节的页面边界的偏移进行编程。

如果目标页面还未擦除，则用户可擦除该页面，如“页面擦除操作”部分所述。

以下示例向页面9写入四个字节，从该页面的第257个字节开始。

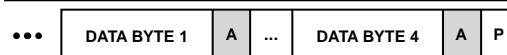
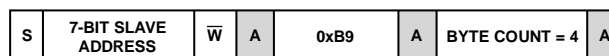
1. 设置地址偏移 = 256。



MASTER TO SLAVE
 SLAVE TO MASTER

图59. 设置地址偏移(=256)

2. 向页面9写入四个字节。



MASTER TO SLAVE
 SLAVE TO MASTER

图60. 向页面9写入四个字节

请注意，任何单一处理中，块写入命令最多只可写入256个字节。

EEPROM密码

ADP1051 VDD开机时，EEPROM是锁定的，防止意外写入或擦除。EEPROM锁定时，只允许读取页面2至页面15。向EEPROM写入(编程)任何数据前，EEPROM必须解锁以允许写入访问。解锁后，EEPROM便可进行读取、写入和擦除。

开机时，页面0和页面1也不允许进行读取访问，EEPROM必须首先解锁才能读取这些页面。

解锁EEPROM

要解锁EEPROM，请使用EEPROM_PASSWORD命令(寄存器0xD5)，利用正确的密码(默认值= 0xFF)执行两次连续写入。EEPROM_UNLOCKED标志(寄存器0xFE2[3])置1表示EEPROM已解锁，允许写入访问。

锁定EEPROM

要锁定EEPROM，请使用EEPROM_PASSWORD命令(寄存器0xD5)写入除正确密码以外的任何字节。EEPROM_UNLOCKED标志清0表示EEPROM已锁定，禁止写入访问。

更改EEPROM密码

要更改EEPROM密码，首先使用EEPROM_PASSWORD命令(寄存器0xD5)写入正确密码。然后使用相同命令直接写入新密码。这样就更改为新密码了。

将EEPROM设置下载至内部寄存器 将用户设置下载至寄存器

用户设置存储于EEPROM主模块的页面1内。下列条件下，这些设置可从EEPROM下载至寄存器内：

- 开机时。用户设置自动下载至内部寄存器内，以用户先前保存的状态为设备开机。
- 执行RESTORE_USER_ALL命令时(寄存器0x16)。此命令允许用户强行将用户设置从EEPROM主模块的页面1下载至内部寄存器内。

将工厂设置下载至寄存器

工厂默认设置存储于EEPROM主模块的页面0内。可使用RESTORE_DEFAULT_ALL命令(寄存器0x12)将出厂设置从EEPROM下载至内部寄存器内。

执行该命令时，EEPROM密码也会复位至工厂默认设置0xFF。

将寄存器设置保存至EEPROM

寄存器设置无法保存至位于EEPROM主模块页面0内的工厂暂存板。这是为了防止意外覆盖工厂校准设置和默认寄存器设置。

将寄存器设置保存至用户设置

可使用STORE_USER_ALL命令(寄存器0x15)将寄存器设置保存至位于EEPROM主模块页面1内的用户设置。执行此命令前，EEPROM必须首先解锁以允许写入(参见“解锁EEPROM”部分)。

将寄存器设置保存至用户设置后，任何后续开机周期自动将最新存储的用户信息从EEPROM下载至内部寄存器。

请注意，执行STORE_USER_ALL命令会自动对EEPROM主模块的页面1执行页面擦除，然后将寄存器存储于EEPROM内。因此，执行下一PMBus命令前，必须等待至少40 ms，以便完成操作。

EEPROM CRC校验和

要检查从EEPROM和内部寄存器下载的值是否一致，一个简单方法是采用CRC校验和。

- 将来自内部寄存器的数据保存至EEPROM(主模块的页面1)后，计算来自所有寄存器的1的总数，并作为最后的信息字节写入EEPROM。该过程称为CRC校验和。
- 将数据从EEPROM下载至内部寄存器后，保存类似的计数器，将载入寄存器的值中的所有1求和。该值与先前上传操作的CRC校验和相比较。

如果两个值匹配，则下载操作成功。如果值不同，EEPROM下载操作失败，CRC_FAULT标志置1(寄存器0xFE A2[2])。

要读取EEPROM CRC校验和值，应执行EEPROM_CRC_CHKSUM命令(寄存器0xD1)。该命令可返回下载操作期间计数器内累加的CRC校验和。

请注意，CRC校验和是8位循环累加器，达到255后便绕回至0。

PMBus命令集

表11. PMBus/SMBus命令列表概览

| 命令代码 | 命令名称 | PMBus/ SMBus 处理类型 | 数据 字节数 | 默认值 ¹ | 说明 |
|------|------------------------|-------------------------|-----------|------------------|--|
| 0x01 | OPERATION | R/W | 1 | 0x00 | 与CTRL引脚的输入一起决定设备的开启和关闭。 |
| 0x02 | ON_OFF_CONFIG | R/W | 1 | 0x00 | 通过CTRL引脚和串行总线命令的组合开启和关闭设备。 |
| 0x03 | CLEAR_FAULTS | 发送字节 | 0 | 不适用 | 同时清除PMBus状态寄存器中的所有位。 |
| 0x10 | WRITE_PROTECT | R/W | 1 | 0x00 | 防止意外写入PMBus设备。允许读取。 |
| 0x12 | RESTORE_DEFAULT_ALL | 发送字节 | 0 | 不适用 | 从EEPROM(页面0)下载工厂默认设置到寄存器。 |
| 0x15 | STORE_USER_ALL | 发送字节 | 0 | 不适用 | 将寄存器中的用户设置保存到EEPROM(页面1)。 |
| 0x16 | RESTORE_USER_ALL | 发送字节 | 0 | 不适用 | 将EEPROM(页面1)中的用户设置下载到寄存器。 |
| 0x19 | CAPABILITY | R | 1 | 0x20 | 允许主机系统确定PMBus设备的能力。 |
| 0x20 | VOUT_MODE | R | 1 | 0x16 | 设置/读取VOUT相关命令的格式。 |
| 0x21 | VOUT_COMMAND | R/W | 2 | 0x0000 | 设置VOUT为命令值。 |
| 0x22 | VOUT_TRIM | R/W | 2 | 0x0000 | 对输出电压命令值应用固定的偏移电压。 |
| 0x23 | VOUT_CAL_OFFSET | R/W | 2 | 0x0000 | 对输出电压命令值应用固定的偏移电压。 |
| 0x24 | VOUT_MAX | R/W | 2 | 0x0000 | 设置VOUT的上限。 |
| 0x25 | VOUT_MARGIN_HIGH | R/W | 2 | 0x0000 | 定义OPERATION命令设为Margin High时输出的设定电压。 |
| 0x26 | VOUT_MARGIN_LOW | R/W | 2 | 0x0000 | 定义OPERATION命令设为Margin Low时输出的设定电压。 |
| 0x27 | VOUT_TRANSITION_RATE | R/W | 2 | 0x7BFF | 设置输出电压的变化率。 |
| 0x28 | VOUT_DROOP | R/W | 2 | 0x0000 | 设置输出电压随输出电流的变化率。 |
| 0x29 | VOUT_SCALE_LOOP | R/W | 2 | 0x0001 | 设置输出电压的比例因子，它与电阻分压器相关。 |
| 0x2A | VOUT_SCALE_MONITOR | R/W | 2 | 0x0001 | READ_VOUT命令的比例因子，它一般可与VOUT_SCALE_LOOP命令相同。 |
| 0x33 | FREQUENCY_SWITCH | R/W | 2 | 0x0031 | 设置输出电压的开关频率。 |
| 0x35 | VIN_ON | R/W | 2 | 0x0000 | 设置设备开始电源转换的输入电压阈值。 |
| 0x36 | VIN_OFF | R/W | 2 | 0x0000 | 设置设备停止电源转换的输入电压阈值。 |
| 0x38 | IOUT_CAL_GAIN | R/W | 2 | 0x0000 | READ_IOUT命令的比例因子。 |
| 0x40 | VOUT_OV_FAULT_LIMIT | R/W | 2 | 0x0000 | 设置触发OV_FAULT标志的限值。 |
| 0x41 | VOUT_OV_FAULT_RESPONSE | R/W | 1 | 0x00 | OV_FAULT标志的故障响应。 |
| 0x44 | VOUT_UV_FAULT_LIMIT | R/W | 2 | 0x0000 | 设置触发VOUT_UV_FAULT标志的限值。 |
| 0x45 | VOUT_UV_FAULT_RESPONSE | R/W | 1 | 0x00 | VOUT_UV_FAULT标志的故障响应。 |
| 0x46 | IOUT_OC_FAULT_LIMIT | R/W | 2 | 0x0000 | 设置触发OC_FAULT标志的限值。 |
| 0x47 | IOUT_OC_FAULT_RESPONSE | R/W | 1 | 0x00 | OC_FAULT标志的故障响应。 |
| 0x48 | IOUT_OC_LV_FAULT_LIMIT | R/W | 2 | 0x0000 | 设置以下情况的电压阈值：对过流状况的响应是进入恒流工作模式，除非输出电压降至指定的限值以下。 |

| 命令代码 | 命令名称 | PMBus/ SMBus 处理类型 | 数据 字节数 | 默认值 ¹ | 说明 |
|------|---------------------|-------------------------|-----------|------------------|--|
| 0x4F | OT_FAULT_LIMIT | R/W | 2 | 0x0000 | 设置触发OT_FAULT标志的限值。 |
| 0x50 | OT_FAULT_RESPONSE | R/W | 1 | 0x00 | OT_FAULT标志的故障响应。 |
| 0x5E | POWER_GOOD_ON | R/W | 2 | 0x0000 | 设置可选的POWER_GOOD信号置位的输出电压。 |
| 0x5F | POWER_GOOD_OFF | R/W | 2 | 0x0000 | 设置可选的POWER_GOOD信号被反向的输出电压。 |
| 0x60 | TON_DELAY | R/W | 2 | 0x0000 | 从接收到起始条件(依据ON_OFF_CONFIG命令的编程)到输出电压开始上升的时间。 |
| 0x61 | TON_RISE | R/W | 2 | 0xC00D | 从输出开始上升到电压进入调节带的时间。 |
| 0x64 | TOFF_DELAY | R/W | 2 | 0x0000 | 从接收到停止条件(依据ON_OFF_CONFIG命令的编程)到停止传输能量到输出的时间。 |
| 0x78 | STATUS_BYTE | R | 1 | 0x00 | 返回STATUS_WORD命令的低字节。 |
| 0x79 | STATUS_WORD | R | 2 | 0x0000 | 返回STATUS_WORD命令的低字节和高字节。 |
| 0x7A | STATUS_VOUT | R | 1 | 0x00 | 返回输出电压的故障标志。 |
| 0x7B | STATUS_IOUT | R | 1 | 0x00 | 返回输出电流的故障标志。 |
| 0x7C | STATUS_INPUT | R | 1 | 0x00 | 返回输入电压和电流的故障标志。 |
| 0x7D | STATUS_TEMPERATURE | R | 1 | 0x00 | 返回OT故障和报警的故障标志。 |
| 0x7E | STATUS_CML | R | 1 | 0x00 | 返回通信存储器和逻辑的故障标志。 |
| 0x88 | READ_VIN | R | 2 | 0x0000 | 返回输入电压值。 |
| 0x89 | READ_IIN | R | 2 | 0x0000 | 返回输入电流值。 |
| 0x8B | READ_VOUT | R | 2 | 0x0000 | 返回输出电压值。 |
| 0x8C | READ_IOUT | R | 2 | 0x0000 | 返回输出电流值。 |
| 0x8D | READ_TEMPERATURE | R | 2 | 0x0000 | 返回温度读数(摄氏度)。 |
| 0x94 | READ_DUTY_CYCLE | R | 2 | 0x0000 | 返回电源变换器的占空比。 |
| 0x95 | READ_FREQUENCY | R | 2 | 0x0000 | 返回电源变换器的开关频率。 |
| 0x98 | READ_PMBUS_REVISION | R | 1 | 0x22 | 读取设备符合的PMBus版本。 |
| 0x99 | MFR_ID | R/W | 1 | 0x00 | 读取/写入制造商的ID。 |
| 0x9A | MFR_MODEL | R/W | 1 | 0x00 | 读取/写入制造商的型号。 |
| 0x9B | MFR_REVISION | R/W | 1 | 0x00 | 读取/写入制造商的版本号。 |
| 0xAD | IC_DEVICE_ID | R | 2 | 0x4151 | 读取IC设备ID。 |
| 0xAE | IC_DEVICE_REV | R | 1 | 0x20 | 读取IC设备版本。 |
| 0xB0 | EEPROM_DATA_00 | R block | 变量 | 不适用 | 块读取页面0。EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB1 | EEPROM_DATA_01 | R block | 变量 | 不适用 | 块读取页面1。EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB2 | EEPROM_DATA_02 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面2。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB3 | EEPROM_DATA_03 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面3。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB4 | EEPROM_DATA_04 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面4。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB5 | EEPROM_DATA_05 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面5。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB6 | EEPROM_DATA_06 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面6。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB7 | EEPROM_DATA_07 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面7。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xB8 | EEPROM_DATA_08 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面8。写入时EEPROM必须首先解锁。 |

ADP1051

| 命令代码 | 命令名称 | PMBus/ SMBus 处理类型 | 数据 字节数 | 默认值 ¹ | 说明 |
|------|---------------------|-------------------------|-----------|------------------|--|
| 0xB9 | EEPROM_DATA_09 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面9。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xBA | EEPROM_DATA_10 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面10。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xBB | EEPROM_DATA_11 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面11。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xBC | EEPROM_DATA_12 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面12。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xBD | EEPROM_DATA_13 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面13。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xBE | EEPROM_DATA_14 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面14。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xBF | EEPROM_DATA_15 | R/W block | 变量 | 不适用 | 块读取/写入页面15。写入时EEPROM必须首先解锁。 |
| 0xD1 | EEPROM_CRC_CHKSUM | R | 1 | 不适用 | 从EEPROM下载操作返回CRC校验和值。 |
| 0xD2 | EEPROM_NUM_RD_BYTES | R/W | 1 | 不适用 | 设置使用EEPROM_DATA_xx命令时返回的读取字节数。 |
| 0xD3 | EEPROM_ADDR_OFFSET | R/W | 2 | 不适用 | 设置当前EEPROM页面的地址偏移。 |
| 0xD4 | EEPROM_PAGE_ERASE | W | 1 | 不适用 | 在选定页面上执行页面擦除(页面3至页面15)。每个页面擦除操作须等待35 ms。EEPROM必须首先解锁。不允许擦除页面0和页面1。 |
| 0xD5 | EEPROM_PASSWORD | W | 1 | 0xFF | 将密码写入该寄存器以解锁EEPROM和/或更改EEPROM密码。 |
| 0xD6 | TRIM_PASSWORD | W | 1 | 0xFF | 将密码写入该寄存器以解锁校准寄存器，以便允许写入访问。 |
| 0xD7 | CHIP_PASSWORD | W | 2 | 0xFFFF | 将密码写入该寄存器以解锁芯片寄存器，以便允许寄存器写入。 |
| 0xD8 | VIN_SCALE_MONITOR | R/W | 2 | 0x0001 | 输入电压读数(READ_VIN)的比例因子。 |
| 0xD9 | IIN_SCALE_MONITOR | R/W | 2 | 0x0001 | 输入电流读数(READ_IIN)的比例因子。 |
| 0xF1 | EEPROM_INFO | Read block | 变量 | 不适用 | 读取第一个故障信息。 |
| 0xFA | MFR_SPECIFIC_1 | R/W | 1 | 0x00 | 存储用户自定义信息。此寄存器还存储CS2高端模式工厂模拟校准值。 |
| 0xFB | MFR_SPECIFIC_2 | R/W | 1 | 0x00 | 存储用户自定义信息测试。此寄存器还存储CS2高端模式数字偏置校正值。 |

¹ N/A表示不适用。

用户自定义扩展命令列表

表12. 用户自定义扩展命令列表概览

| 地址 | 寄存器功能 |
|----------------------|---|
| 标志配置寄存器 | |
| 0xFE00 | IIN_OC_FAST_FAULT_RESPONSE |
| 0xFE01 | CS3_OC_FAULT_RESPONSE, 扩展VOUT_OV_FAULT_RESPONSE |
| 0xFE02 | VIN_UV_FAULT_RESPONSE |
| 0xFE03 | FLAGIN_RESPONSE, SR_RC_FAULT_RESPONSE |
| 0xFE05 | 标志重新使能延迟, VDD_OV_RESPONSE |
| 软启动软件复位设置寄存器 | |
| 0xFE06 | 软件复位GO命令 |
| 0xFE07 | 软件复位设置 |
| 0xFE08 | 同步整流器(SR)软启动设置 |
| 0xFE09 | 开环工作的软启动设置 |
| 消隐和PGOOD设置寄存器 | |
| 0xFE0B | 软启动期间的标志消隐 |
| 0xFE0C | 软启动期间的伏秒平衡消隐和SR禁用 |
| 0xFE0D | PGOOD 屏蔽设置 |
| 0xFE0E | PGOOD 标志去抖 |
| 0xFE0F | 置位PGOOD的去抖时间 |
| 开关频率和同步设置寄存器 | |
| 0xFE11 | 同步延迟时间 |
| 0xFE12 | 同步通用设置 |
| 0xFE13 | 双端拓扑模式 |
| 电流检测和限值设置寄存器 | |
| 0xFE14 | CS1增益校准 |
| 0xFE15 | CS2增益校准 |
| 0xFE16 | CS2数字偏置校正 |
| 0xFE17 | CS2模拟校准 |
| 0xFE19 | CS2轻载阈值 |
| 0xFE1A | IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT和SR_RC_FAULT_LIMIT |
| 0xFE1B | CS2深度轻载模式设置 |
| 0xFE1C | 深度轻载模式时的PWM输出禁用 |
| 0xFE1D | 匹配逐周期限流设置 |
| 0xFE1E | 轻载模式和深度轻载模式设置 |
| 0xFE1F | CS1逐周期限流设置 |
| 电压检测和限值设置寄存器 | |
| 0xFE20 | VS增益校准 |
| 0xFE25 | 预偏置启动使能 |
| 0xFE26 | VOUT_OV_FAULT标志去抖 |
| 0xFE28 | VF增益校准 |
| 0xFE29 | VIN_ON和VIN_OFF延迟 |
| 温度检测和保护设置寄存器 | |
| 0xFE2A | RTD增益校准 |
| 0xFE2B | RTD偏置校正(MSB) |
| 0xFE2C | RTD偏置校正(LSB) |
| 0xFE2D | RTD电流源设置 |
| 0xFE2F | OT磁滞设置 |

ADP1051

| 地址 | 寄存器功能 |
|----------------------|--------------------|
| 数字补偿器和调制设置寄存器 | |
| 0xFE30 | 正常模式补偿器低频增益设置 |
| 0xFE31 | 正常模式补偿器零点设置 |
| 0xFE32 | 正常模式补偿器极点设置 |
| 0xFE33 | 正常模式补偿器高频增益设置 |
| 0xFE34 | 轻载模式补偿器低频增益设置 |
| 0xFE35 | 轻载模式补偿器零点设置 |
| 0xFE36 | 轻载模式补偿器极点设置 |
| 0xFE37 | 轻载模式补偿器高频增益设置 |
| 0xFE38 | 伏秒平衡的CS1阈值 |
| 0xFE39 | 预偏置启动的额定调制值 |
| 0xFE3A | 恒流速度和SR驱动器延迟 |
| 0xFE3B | PWM 180°移相设置 |
| 0xFE3C | 调制限值 |
| 0xFE3D | 前馈和软启动滤波器增益 |
| PWM输出时序寄存器 | |
| 0xFE3E | OUTA上升沿时序 |
| 0xFE3F | OUTA下降沿时序 |
| 0xFE40 | OUTA上升沿和下降沿时序(LSB) |
| 0xFE41 | OUTB上升沿时序 |
| 0xFE42 | OUTB下降沿时序 |
| 0xFE43 | OUTB上升沿和下降沿时序(LSB) |
| 0xFE44 | OUTC上升沿时序 |
| 0xFE45 | OUTC下降沿时序 |
| 0xFE46 | OUTC上升沿和下降沿时序(LSB) |
| 0xFE47 | OUTD上升沿时序 |
| 0xFE48 | OUTD下降沿时序 |
| 0xFE49 | OUTD上升沿和下降沿时序(LSB) |
| 0xFE4A | SR1上升沿时序 |
| 0xFE4B | SR1下降沿时序 |
| 0xFE4C | SR1上升沿和下降沿时序(LSB) |
| 0xFE4D | SR2上升沿时序 |
| 0xFE4E | SR2下降沿时序 |
| 0xFE4F | SR2上升沿和下降沿时序(LSB) |
| 0xFE50 | OUTA和OUTB调制设置 |
| 0xFE51 | OUTC和OUTD调制设置 |
| 0xFE52 | SR1和SR2调制设置 |
| 0xFE53 | PWM输出禁用 |
| 伏秒平衡控制寄存器 | |
| 0xFE54 | 伏秒平衡控制通用设置 |
| 0xFE55 | OUTA和OUTB的伏秒平衡控制 |
| 0xFE56 | OUTC和OUTD的伏秒平衡控制 |
| 0xFE57 | SR1和SR2的伏秒平衡控制 |
| 占空比设置寄存器 | |
| 0xFE58 | 占空比读数设置 |
| 0xFE59 | 输入电压补偿乘法器 |
| 自适应死区补偿寄存器 | |
| 0xFE5A | 自适应死区补偿阈值 |
| 0xFE5B | OUTA死区时间 |
| 0xFE5C | OUTB死区时间 |
| 0xFE5D | OUTC死区时间 |
| 0xFE5E | OUTD死区时间 |
| 0xFE5F | SR1死区时间 |
| 0xFE60 | SR2死区时间 |

| 地址 | 寄存器功能 |
|---------------------|----------------------|
| 其他设置寄存器 | |
| 0xFE61 | GO命令 |
| 0xFE62 | 自定义寄存器 |
| 0xFE63 | 开环输入电压前馈工作的调制参考MSB设置 |
| 0xFE64 | 开环输入电压前馈工作的调制参考LSB设置 |
| 0xFE65 | 电流值更新速率设置 |
| 0xFE66 | 自适应死区补偿配置 |
| 0xFE67 | 开环工作设置 |
| 0xFE68 | SR1和SR2的偏移设置 |
| 0xFE69 | 跳脉冲模式阈值 |
| 0xFE6A | CS3_OC_FAULT_LIMIT |
| 0xFE6B | OVP选择的调制阈值 |
| 0xFE6C | OVP选择的调制标志 |
| 0xFE6D | 同步期间的OUTA和OUTB校准基准 |
| 0xFE6E | 同步期间的OUTC和OUTD校准基准 |
| 0xFE6F | 同步期间的SR1和SR2校准基准 |
| 用户自定义故障标志寄存器 | |
| 0xFE A0 | 标志寄存器1 |
| 0xFE A1 | 标志寄存器2 |
| 0xFE A2 | 标志寄存器3 |
| 0xFE A3 | 锁存标志寄存器1 |
| 0xFE A4 | 锁存标志寄存器2 |
| 0xFE A5 | 锁存标志寄存器3 |
| 0xFE A6 | 第一个标志ID |
| 用户自定义值读数寄存器 | |
| 0xFE A7 | CS1值 |
| 0xFE A8 | CS2值 |
| 0xFE A9 | CS3值 |
| 0xFE AA | VS值 |
| 0xFE AB | RTD值 |
| 0xFE AC | VF值 |
| 0xFE AD | 占空比值 |
| 0xFE AE | 输入功率值 |
| 0xFE AF | 输出功率值 |

PMBus命令描述

基本PMBus命令

OPERATION

OPERATION命令与CTRL引脚的输入一起决定设备的开启和关闭。它还用于将输出电压设置为较高或较低的电压裕量。设备保持命令指示的工作模式，直到随后的OPERATION命令指示设备变更到其它工作模式。

表13. 寄存器0x01—OPERATION

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | |
|-------|--------|-----|-------------------------|----|----------------------------|
| [7:6] | 使能 | R/W | 这些位决定设备对OPERATION命令的响应。 | | |
| | | | 位7 | 位6 | 说明 |
| | | | 0 | 0 | 立即关闭(无时序) |
| | | | 0 | 1 | 软关闭(根据编程设定的TOFF_DELAY命令关断) |
| | | | 1 | 0 | 设备开启 |
| 1 | 1 | 保留 | | | |
| [5:4] | 调压控制 | R/W | 这些位设置电压调压电平。 | | |
| | | | 位5 | 位4 | 说明 |
| | | | 0 | 0 | 关 |
| | | | 0 | 1 | Margin |
| | | | 1 | 0 | Margin high |
| 1 | 1 | 保留 | | | |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 | | |

ON_OFF_CONFIG

ON_OFF_CONFIG命令配置开关设备所需的CTRL引脚输入与串行总线命令的组合，包括施加电源时设备如何响应。

表14. 寄存器0x02—ON_OFF_CONFIG

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|--|
| [7:5] | 保留 | R | 保留。 |
| 4 | 开机控制 | R/W | 控制设备对OPERATION命令如何响应。 0 = 只要有电源，设备就开机。 1 = 仅当CTRL引脚和OPERATION命令要求时(根据寄存器0x02[3:0]的设置)，设备才开机。 |
| 3 | 命令使能 | R/W | 控制设备对OPERATION命令如何响应。 0 = 忽略OPERATION命令。 1 = OPERATION命令必须设置为开启状态才能使能设备(还要设置位2)。 |
| 2 | 引脚使能 | R/W | 控制设备对CTRL引脚上的值如何响应。 0 = 忽略CTRL引脚。 1 = CTRL引脚必须置位才能使能设备(还要设置位3)。 |
| 1 | CTRL引脚极性 | R/W | 设置CTRL引脚的极性。 0 = 低电平有效。 1 = 高电平有效。 |
| 0 | 关断延迟设置 | R/W | 关断时采取的操作。 0 = 使用TOFF_DELAY值(ADP1051不支持TOFF_FALL)停止对输出的能量传输。 1 = 尽快关闭输出并停止对输出的能量传输。 |

CLEAR_FAULTS

CLEAR_FAULTS命令是一个发送字节，无数据。该命令将所有PMBus状态寄存器内的所有PMBus故障位同时清零。

表15. 寄存器0x03—CLEAR_FAULTS

| 位 | 位名称/功能 | 类型 | 说明 |
|-----|--------------|----|---------------------------------------|
| 不适用 | CLEAR_FAULTS | 发送 | 同时清除PMBus状态寄存器(寄存器0x78至寄存器0x7E)中的所有位。 |

WRITE_PROTECT

WRITE_PROTECT命令用于控制对PMBus设备的写操作。该命令的目的是防止意外更改。该命令不是用于防止对设备配置或操作的有意或恶意更改。

表16. 寄存器0x10—WRITE_PROTECT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|--|
| 7 | 写保护1 | R/W | 禁用对除WRITE_PROTECT命令以外的所有命令的写操作。 |
| 6 | 写保护2 | R/W | 禁用对除WRITE_PROTECT和OPERATION命令以外的所有命令的写操作。 |
| 5 | 写保护3 | R/W | 禁用对除WRITE_PROTECT、OPERATION、ON_OFF_CONFIG和VOUT_COMMAND命令以外的所有命令的写操作。 |
| [4:0] | 保留 | R | 保留。 |

RESTORE_DEFAULT_ALL

RESTORE_DEFAULT_ALL命令是一个发送字节，无数据。该命令将工厂默认设置(包括基本PMBus命令、用户自定义扩展命令(以0xFE开头)以及校验和、EEPROM密码、芯片密码等其它数据)从EEPROM(主模块的页面0)下载到寄存器。

表17. 寄存器0x12—RESTORE_DEFAULT_ALL

| 位 | 位名称/功能 | 类型 | 说明 |
|-----|---------------------|----|------------------------|
| 不适用 | RESTORE_DEFAULT_ALL | 发送 | 将EEPROM中的工厂默认设置恢复到寄存器。 |

STORE_USER_ALL

STORE_USER_ALL命令是一个发送字节，无数据。该命令将寄存器的全部内容复制到EEPROM内(主模块的页面1)作为用户设置。这些设置在VDD开机时自动恢复。

表18. 寄存器0x15—STORE_USER_ALL

| 位 | 位名称/功能 | 类型 | 说明 |
|-----|----------------|----|----------------------|
| 不适用 | STORE_USER_ALL | 发送 | 将寄存器中的用户设置保存到EEPROM。 |

RESTORE_USER_ALL

RESTORE_USER_ALL命令是一个发送字节，无数据。该命令将存储的用户设置(包括基本PMBus命令、用户自定义扩展命令(以0xFE开头)以及校验和、EEPROM密码、芯片密码等其它数据)从EEPROM(主模块的页面1)下载到寄存器。

表19. 寄存器0x16—RESTORE_USER_ALL

| 位 | 位名称/功能 | 类型 | 说明 |
|-----|------------------|----|----------------------|
| 不适用 | RESTORE_USER_ALL | 发送 | 将EEPROM中的用户设置恢复到寄存器。 |

CAPABILITY

该命令总结ADP1051支持的PMBus可选通信协议。此命令的读出结果应为0x20。

表20. 寄存器0x19—CAPABILITY

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|---|
| [7] | 分组差错 | R | 检查设备的分组差错能力。 0 = 不支持。 |
| [6:5] | 最高总线速度 | R | 检查设备的PMBus速度能力。 01 = 最高总线速度为400 kHz。 |
| 4 | SMBALERT | R | 检查是否支持SMBALERT引脚和SMBus报警响应协议。 0 = 不支持。 |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 |

ADP1051

VOUT_MODE

VOUT_MODE命令设置输出电压相关数据的格式。VOUT_MODE命令的数据字节由一个3位模式和5位指数参数组成。3位模式决定设备的输出电压相关命令使用线性格式还是直接格式。5位参数设置线性格式的指数值。

表21. 寄存器0x20—VOUT_MODE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|---|
| [7:5] | 模式 | R | 输出电压数据格式。值为固定的000，意味着仅支持线性格式。 |
| [4:0] | 指数 | R | 线性格式的输出电压相关命令的N值： $V = Y \times 2^N$ 。值为固定的10110(二进制补码，十进制为-10)。线性格式值的指数为-10。 |

VOUT_COMMAND

VOUT_COMMAND命令设置输出电压。在输出活动且处于稳态时，如果该命令被更改，则使用VOUT_TRANSITION_RATE命令。

表22. 寄存器0x21—VOUT_COMMAND

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置输出电压基准值(单位为V)。线性格式的16位无符号整数Y值： $V = Y \times 2^N$ 。N在VOUT_MODE命令中定义。 |

VOUT_TRIM

VOUT_TRIM命令对输出电压命令值应用固定的偏移电压。它通常由用户设置，在PMBus设备被组装到用户系统中时校准输出电压。校准范围是-32 V至+32 V，每个LSB分辨率是 $2^{-10} = 0.9765625$ mV。

表23. 寄存器0x22—VOUT_TRIM

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置输出电压校准值。线性格式的16位二进制补码Y值： $V = Y \times 2^N$ 。N在VOUT_MODE命令中定义。 |

VOUT_CAL_OFFSET

VOUT_CAL_OFFSET命令用于对输出电压命令值应用固定的偏移电压。它通常由PMBus设备制造商使用，以便在工厂校准设备。校准范围是-32 V至+32 V，每个LSB大小是 $2^{-10} = 0.9765625$ mV。

表24. 寄存器0x23—VOUT_CAL_OFFSET

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置输出电压校准值。线性格式的16位二进制补码Y值： $V = Y \times 2^N$ 。N在VOUT_MODE命令中定义。 |

VOUT_MAX

VOUT_MAX命令设置设备可以达到的输出电压上限，与任何其它命令或命令组合无关。若尝试设置高于此命令设置的限值的输出电压，设备将做出如下响应：

- 要求的输出电压设置为VOUT_MAX值。
- STATUS_BYTE命令中的NONE OF THE ABOVE位(寄存器0x78[0])置1。
- STATUS_WORD命令中的VOUT位(寄存器0x79[15])置1。
- STATUS_VOUT命令中的VOUT_MAX位(寄存器0x7A[3])置1。

表25. 寄存器0x24—VOUT_MAX

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|-----------|-----|---|
| [15:0] | [15:0] 尾数 | R/W | 设置输出电压上限。线性格式的16位无符号整数Y值： $V = Y \times 2^N$ 。N在VOUT_MODE命令中定义。 |

VOUT_MARGIN_HIGH

VOUT_MARGIN_HIGH命令设置OPERATION命令设为Margin High时输出要改变到的目标电压。在输出活动且处于稳态时，如果该命令被更改，则使用VOUT_TRANSITION_RATE命令。

表26. 寄存器0x25—VOUT_MARGIN_HIGH

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置输出电压的Margin High值(单位为V)。线性格式的16位无符号整数Y值： $V = Y \times 2^N$ 。N由VOUT_MODE命令定义。 |

VOUT_MARGIN_LOW

VOUT_MARGIN_LOW命令设置OPERATION命令设为Margin Low时输出要改变到的目标电压。在输出活动且处于稳态时，如果该命令被更改，则使用VOUT_TRANSITION_RATE命令。

表27. 寄存器0x26—VOUT_MARGIN_LOW

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置输出电压的Margin Low值(单位为V)。线性格式的16位无符号整数Y值： $V = Y \times 2^N$ 。N由VOUT_MODE命令定义。 |

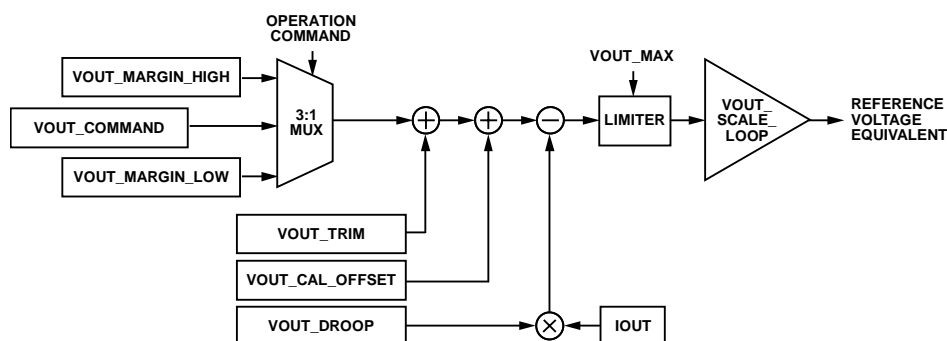


图62. 输出电压相关命令的概念视图

VOUT_TRANSITION_RATE

当设备收到导致输出电压改变的VOUT_COMMAND命令或OPERATION命令(Margin High、Margin Low)时，此命令设置VS±引脚改变电压的速率，单位为mV/μs。设备开启或关闭时，该命令指示的变化率不适用。两个数据字节的最大正值(0x7BFF)表示设备应尽可能快地完成转变。ADP1051仅支持下列有限的选项。

表28. 寄存器0x27—VOUT_TRANSITION_RATE(ADP1051支持的变化率选项)

| 寄存器设置 | 变化率(mV/μs) |
|---------------------------|------------|
| 1001100000001101 (0x980D) | 0.0015625 |
| 1010000000001101 (0xA00D) | 0.003125 |
| 1010100000001101 (0xA80D) | 0.00625 |
| 1011000000001101 (0xB00D) | 0.0125 |
| 1011100000001101 (0xB80D) | 0.025 |
| 1100000000001101 (0xC00D) | 0.050 |
| 1100100000001101 (0xC80D) | 0.1 |
| 1101000000001101 (0xD00D) | 0.2 |
| 0111101111111111 (0x7BFF) | 无限大(默认) |

表28. 寄存器0x27—VOUT_TRANSITION_RATE(ADP1051支持的变化率选项)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

ADP1051

VOUT_DROOP

VOUT_DROOP命令设置输出电压随着输出电流提高(或降低)而降低(或提高)的速率, 单位为mV/A (mΩ), 用于自适应电压定位要求和被动电流共享方案。ADP1051的VOUT_DROOP范围是0x0000到0x00FF(0 mΩ至255 mΩ)。不在此范围内的值无效。任何无效值将产生CML错误。

表30. 寄存器0x28—VOUT_DROOP

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位二进制补码N值: $X = Y \times 2^N$ 。N为固定值0。 |
| [10:8] | 尾数高位 | R | 尾数高位Y[10:8], 固定值0。 |
| [7:0] | 尾数低位 | R/W | 线性格式的尾数低位Y[7:0]: $X = Y \times 2^N$ 。 |

VOUT_SCALE_LOOP

VOUT_SCALE_LOOP命令与反馈电阻比相等。额定输出电压由电阻分压器和内部1 V基准电压设置。例如, 若额定输出电压为12 V, 则VOUT_SCALE_LOOP值 = 1 V/12 V = 0.08333, VOUT_SCALE_LOOP可设置为0xA155。

表31. 寄存器0x29—VOUT_SCALE_LOOP

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值: $K_R = Y \times 2^N$ 。N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值: $K_R = Y \times 2^N$ 。 |

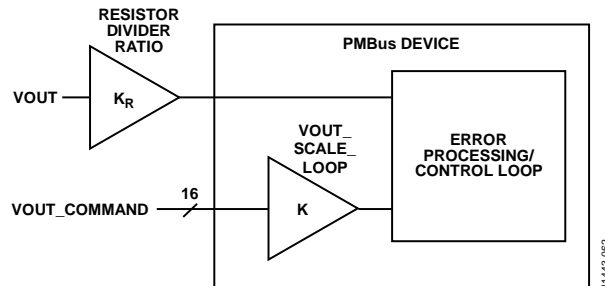


图63. VOUT_SCALE_LOOP命令的概念视图

VOUT_SCALE_MONITOR

该命令通常与VOUT_SCALE_LOOP命令相同。它配合READ_VOUT命令(寄存器0x8B)读取输出电压。

表32. 寄存器0x2A—VOUT_SCALE_MONITOR

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值: $K_R = Y \times 2^N$ 。N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值: $K_R = Y \times 2^N$ 。 |

FREQUENCY_SWITCH

FREQUENCY_SWITCH命令设置开关频率(单位为kHz), 使用线性格式。ADP1051仅支持下列有限的开关频率选项。在ADP1051中, 开关频率根据开关周期计算, 所用的开关周期值是一个精确的测量值, 而开关频率则可能不是。例如, 对于第一个开关频率选项49 kHz(见表33), 实际开关频率计算如下: $1/(20.48 \mu\text{s}) = 48.828125 \text{ kHz}$, 约等于49 kHz。

为避免开关频率设置错误, 必须使用寄存器0xFE61[2:1]中的GO命令锁定此设置和PWM设置。

表33. 寄存器0x33—FREQUENCY_SWITCH(ADP1051支持的选项)

| 寄存器设置 | 开关频率(kHz) | 精确开关周期(μs) |
|--------------------------|-----------|-------------------------|
| 000000000110001 (0x0031) | 49 | 20.48 |
| 000000000111000 (0x0038) | 56 | 17.92 |
| 000000000111100 (0x003C) | 60 | 16.64 |
| 000000000100001 (0x0041) | 65 | 15.36 |
| 000000000100011 (0x0047) | 71 | 14.08 |
| 000000000100110 (0x004E) | 78 | 12.80 |
| 000000000101011 (0x0057) | 87 | 11.52 |
| 111110001100001 (0xF8C3) | 97.5 | 10.24 |
| 000000000110100 (0x0068) | 104 | 9.60 |
| 111110001101111 (0xF8DF) | 111.5 | 8.96 |
| 000000000111100 (0x0078) | 120 | 8.32 |
| 000000000100001 (0x0082) | 130 | 7.68 |
| 000000000100010 (0x0088) | 136 | 7.36 |
| 000000000100011 (0x008E) | 142 | 7.04 |
| 000000000100101 (0x0095) | 149 | 6.72 |
| 111110010011100 (0xF939) | 156.5 | 6.40 |
| 111110010100100 (0xF949) | 164.5 | 6.08 |
| 111110010101101 (0xF95B) | 173.5 | 5.76 |
| 000000000101100 (0x00B8) | 184 | 5.44 |
| 111110011000011 (0xF987) | 195.5 | 5.12 |
| 111110011001001 (0xF993) | 201.5 | 4.96 |
| 111110011010001 (0xF9A1) | 208.5 | 4.80 |
| 111110011010111 (0xF9AF) | 215.5 | 4.64 |
| 000000000110111 (0xDF) | 223 | 4.48 |
| 111110011100111 (0xF9CF) | 231.5 | 4.32 |
| 111110011110001 (0xF9E1) | 240.5 | 4.16 |
| 000000000111101 (0x00FA) | 250 | 4.00 |
| 111110100000100 (0xFA09) | 260.5 | 3.84 |
| 111110100001111 (0xFA1F) | 271.5 | 3.68 |
| 000000010001110 (0x011C) | 284 | 3.52 |
| 111110100101001 (0xFA53) | 297.5 | 3.36 |
| 111110100111000 (0xFA71) | 312.5 | 3.20 |
| 111110101000001 (0xFA81) | 320.5 | 3.12 |
| 000000010100100 (0x0149) | 329 | 3.04 |
| 000000010101001 (0x0152) | 338 | 2.96 |
| 000000010101101 (0x15B) | 347 | 2.88 |
| 000000010110010 (0x0165) | 357 | 2.80 |
| 111110101101111 (0xFADF) | 367.5 | 2.72 |
| 000000010111011 (0x017B) | 379 | 2.64 |
| 111110110000110 (0xFB0D) | 390.5 | 2.56 |
| 000000011000110 (0x018D) | 397 | 2.52 |
| 000000011001001 (0x0193) | 403 | 2.48 |
| 000000011001101 (0x019A) | 410 | 2.44 |

ADP1051

| 寄存器设置 | 开关频率(kHz) | 精确开关周期(μ s) |
|----------------------------|-----------|------------------|
| 1111101101000001 (0xFB41) | 416.5 | 2.40 |
| 1111101101001111 (0xFB4F) | 423.5 | 2.36 |
| 0000000110101111 (0x1AF) | 431 | 2.32 |
| 1111101101101101 (0xFB6D) | 438.5 | 2.28 |
| 1111101101111101 (0xFB7D) | 446.5 | 2.24 |
| 1111101110001101 (0xFB8D) | 454.5 | 2.20 |
| 0000000111001111 (0x01CF) | 463 | 2.16 |
| 0000000111011000 (0x01D8) | 472 | 2.12 |
| 0000000111100001 (0x01E1) | 481 | 2.08 |
| 0000000111101010 (0x1EA) | 490 | 2.04 |
| 0000000111110100 (0x1F4) | 500 | 2.00 |
| 0000000111111110 (0x01FE) | 510 | 1.96 |
| 0000001000001000 (0x0208) | 520 | 1.92 |
| 0000001000010011 (0x0213) | 531 | 1.88 |
| 0000001000011111 (0x0x21F) | 543 | 1.84 |
| 0000001000101100 (0x022C) | 556 | 1.80 |
| 0000001000111000 (0x0238) | 568 | 1.76 |
| 0000001001000101 (0x0245) | 581 | 1.72 |
| 0000001001010011 (0x0253) | 595 | 1.68 |
| 0000001001100010 (0x0262) | 610 | 1.64 |
| 0000001001110001 (0x0271) | 625 | 1.60 |

表34. 寄存器0x33—FREQUENCY_SWITCH

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

VIN_ON

VIN_ON命令设置设备开始电源转换的输入电压值(单位为V)。

表35. 寄存器0x35—VIN_ON

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

VIN_OFF

VIN_OFF命令设置操作开始后设备停止电源转换的输入电压值(单位为V)。

表36. 寄存器0x36—VIN_OFF

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

IOUT_CAL_GAIN

IOUT_CAL_GAIN命令设置电流检测元件的电压与检测电流之比。对于使用固定电流检测电阻的设备，其值通常与该电阻的电阻值相同。单位为毫欧(mΩ)。该命令通常与READ_IOUT命令一起使用。

表37. 寄存器0x38—IOUT_CAL_GAIN

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

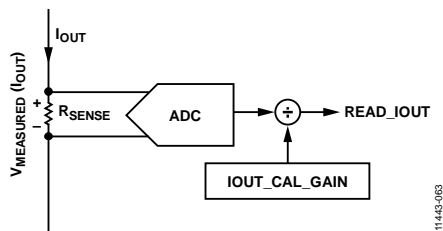


图64. 输出电流相关命令的概念视图

VOUT_OV_FAULT_LIMIT

VOUT_OV_FAULT_LIMIT命令设置输出电压过压保护的阈值。

表38. 寄存器0x40—VOUT_OV_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 线性模式格式的16位无符号整数Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 N由VOUT_MODE命令定义。 注意，可用OV保护限值必须在额定输出电压的75%到150%范围内。 |

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE**表39. 寄存器0x41—VOUT_OV_FAULT_RESPONSE**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----|---|----|----|----|------------|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|
| [7:6] | 响应 | R/W | 00 = 不中断地继续工作。 01 = 在寄存器0xFE26[7:6]指定的去抖时间(延迟时间1)内继续工作。如果故障仍然存在，按此命令的重试设置(位[5:3])指定的次数重试。 10 = 关断并根据位[5:3]中的重试设置响应。 11 = 故障存在时，输出禁用。故障条件不再存在时，操作恢复且输出使能。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:3] | 重试设置 | R/W | 000 = 不尝试重启。输出保持禁用，直到故障被清除。 001至110 = 尝试按照这些位指定的次数重启。如果在允许的重试次数后ADP1051仍然无法重启，输出将禁用并保持关闭，直至故障清除。各次重启尝试的开始时间间隔由位[2:0]中的延迟时间2值设置，还要加上针对该特定故障指定的延迟时间。 111 = 尝试无限制次数地连续重启，直到被命令停止(由CTRL引脚和/或OPERATION命令)、 V_{DD} 被移除或其它故障导致设备关断。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | 延迟时间 | R/W | 这些位设置各次重启尝试之间的延迟时间。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>延迟时间2 (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>588</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>924</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1260</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1596</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1932</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2268</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2604</td> </tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间2 (ms) | 0 | 0 | 0 | 252 | 0 | 0 | 1 | 588 | 0 | 1 | 0 | 924 | 0 | 1 | 1 | 1260 | 1 | 0 | 0 | 1596 | 1 | 0 | 1 | 1932 | 1 | 1 | 0 | 2268 | 1 | 1 | 1 | 2604 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间2 (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 252 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 588 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 924 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1596 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1932 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 2268 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 2604 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ADP1051

VOUT_UV_FAULT_LIMIT

VOUT_UV_FAULT_LIMIT命令设置输出电压欠压保护的阈值。

表40. 寄存器0x44—VOUT_UV_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 位名称/功能 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的16位无符号整数Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 N由VOUT_MODE命令定义。 |

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE

表41. 寄存器0x45—VOUT_UV_FAULT_RESPONSE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 位名称/功能 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----|---|------------|----|----|------------|------------|---|---|---|---|-----|---|---|---|----|-----|---|---|---|----|-----|---|---|---|----|------|---|---|---|-----|------|---|---|---|-----|------|---|---|---|-----|------|---|---|---|------|------|
| [7:6] | 响应 | R/W | 00 = 不中断地继续工作。 01 = 在延迟时间1(位[2:0])内继续操作。如果故障仍然存在，按重试设置(位[5:3])指定的次数重试。 10 = 关断(禁用输出)并根据位[5:3]中的重试设置响应。 11 = 故障存在时，输出禁用。故障条件不再存在时，操作恢复且输出使能。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:3] | 重试设置 | R/W | 000 = 不尝试重启。输出保持禁用，直到故障被清除。 001至110 = 尝试按照这些位指定的次数重启。如果在允许的重试次数后设备仍然无法重启，输出将禁用并保持关闭，直至故障清除。各次重启尝试的开始时间间隔由位[2:0]中的延迟时间2值设置，还要加上针对该特定故障指定的延迟时间。 111 = 尝试无限制地连续重启，直到被命令停止(由CTRL引脚和/或OPERATION命令)、 V_{DD} 被移除或其它故障导致设备关断。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | 延迟时间 | R/W | 这些位设置位[7:6]和位[5:3]所述的VOUT_UV_FAULT_RESPONSE延迟时间1和延迟时间2的延迟时间。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>延迟时间1 (ms)</th> <th>延迟时间2 (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>20</td> <td>588</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>924</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>80</td> <td>1260</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>160</td> <td>1596</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>320</td> <td>1932</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>640</td> <td>2268</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1280</td> <td>2604</td> </tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间1 (ms) | 延迟时间2 (ms) | 0 | 0 | 0 | 0 | 252 | 0 | 0 | 1 | 20 | 588 | 0 | 1 | 0 | 40 | 924 | 0 | 1 | 1 | 80 | 1260 | 1 | 0 | 0 | 160 | 1596 | 1 | 0 | 1 | 320 | 1932 | 1 | 1 | 0 | 640 | 2268 | 1 | 1 | 1 | 1280 | 2604 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间1 (ms) | 延迟时间2 (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 252 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 20 | 588 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 40 | 924 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 80 | 1260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 160 | 1596 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 320 | 1932 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 640 | 2268 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1280 | 2604 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IOUT_OC_FAULT_LIMIT

IOUT_OC_FAULT_LIMIT命令设置输出电压过流保护的阈值。

表42. 寄存器0x46—IOUT_OC_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE**表43. 寄存器0x47—IOUT_OC_FAULT_RESPONSE**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|--|------------|--|--|--|--|----|----|----|------------|------------|---|---|---|---|-----|---|---|---|----|-----|---|---|---|----|-----|---|---|---|----|------|---|---|---|-----|------|---|---|---|-----|------|---|---|---|-----|------|---|---|---|------|------|
| [7:6] | 响应 | R/W | 00 = 在限流模式下工作，输出电流维持在IOUT_OC_FAULT_LIMIT，无论输出电压为何值(称为恒流模式)。 01 = 在限流模式下工作，只要输出电压高于IOUT_OC_LV_FAULT_LIMIT，输出电流便维持在IOUT_OC_FAULT_LIMIT。如果输出电压降低至该值以下，ADP1051将关断并根据位[5:3]中的重试设置响应。 10 = 在限流模式下机组工作位[2:0]设置的延迟时间1，无论输出电压为何值。延迟时间结束时，如果ADP1051仍然工作在限流模式，它将按照位[5:3]的重试设置响应。 11 = 关断并根据位[5:3]中的重试设置响应。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:3] | 重试设置 | R/W | 000 = 不尝试重启。输出保持禁用，直到故障被清除。 001至110 = 尝试按照这些位指定的次数重启。经过允许的重试次数后，如果ADP1051未能重启(故障条件不再存在，ADP1051向输出输送能量并按照编程设置工作)，它将禁用输出并保持关闭，直至故障清除。各次重启尝试的开始时间间隔由位[2:0]中的延迟时间2值设置，还要加上针对该特定故障指定的延迟时间。 111 = 尝试无限制地连续重启，直到被命令停止(由CTRL引脚和/或OPERATION命令)、偏置电源被移除或其它故障导致设备关断。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | 延迟时间 | R/W | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">这些位设置延迟时间。</th> </tr> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>延迟时间1 (ms)</th> <th>延迟时间2 (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>252</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>20</td><td>588</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>40</td><td>924</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>80</td><td>1260</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>160</td><td>1596</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>320</td><td>1932</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>640</td><td>2268</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1280</td><td>2604</td></tr> </tbody> </table> | 这些位设置延迟时间。 | | | | | 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间1 (ms) | 延迟时间2 (ms) | 0 | 0 | 0 | 0 | 252 | 0 | 0 | 1 | 20 | 588 | 0 | 1 | 0 | 40 | 924 | 0 | 1 | 1 | 80 | 1260 | 1 | 0 | 0 | 160 | 1596 | 1 | 0 | 1 | 320 | 1932 | 1 | 1 | 0 | 640 | 2268 | 1 | 1 | 1 | 1280 | 2604 |
| 这些位设置延迟时间。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间1 (ms) | 延迟时间2 (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 252 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 20 | 588 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 40 | 924 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 80 | 1260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 160 | 1596 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 320 | 1932 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 640 | 2268 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1280 | 2604 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IOUT_OC_LV_FAULT_LIMIT

IOUT_OC_LV_FAULT_LIMIT命令设置以下情况的电压阈值：对过流状况的响应是进入恒流工作模式，除非输出电压降至指定的限值以下。

表44. 寄存器0x48—IOUT_OC_LV_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的16位无符号整数Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 N在VOUT_MODE命令中定义。 |

ADP1051

OT_FAULT_LIMIT

OT_FAULT_LIMIT命令设置过温保护的阈值(单位为°C)。范围为0°C至156°C。如果设置值超出范围,限值将是156,返回值为156。

表45. 寄存器0x4F—OT_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位二进制补码N值: $X = Y \times 2^N$ 。N为固定值0。 |
| [10:8] | 尾数高位 | R | 尾数高位Y[10:8], 固定值0。 |
| [7:0] | 尾数低位 | R/W | 线性格式的尾数低位Y[7:0]: $X = Y \times 2^N$ 。 |

OT_FAULT_RESPONSE

表46. 寄存器0x50—OT_FAULT_RESPONSE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----|--|------------|----|----|-----------|------------|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|
| [7:6] | 响应 | R/W | 00 = 不中断地继续工作。 01 = 继续工作位[2:0]指定的延迟时间1和该特定故障指定的延迟时间。延迟时间结束时, 如果故障仍然存在, 设备将按照位[5:3]的重试设置响应。 10 = 关断(禁用输出)并根据位[5:3]中的重试设置响应。 11 = 故障存在时, 输出禁用。故障条件不再存在时, 操作恢复且输出使能。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:3] | 重试设置 | R/W | 000 = 不尝试重启。输出保持禁用, 直到故障被清除。 001至110 = 尝试按照这些位指定的次数重启。如果在允许的重试次数后设备仍然无法重启, 输出将禁用并保持关闭, 直至故障清除。各次重启尝试的开始时间间隔由位[2:0]中的延迟时间2值设置, 还要加上针对该特定故障指定的延迟时间。 111 = 尝试无限制地连续重启, 直到被命令停止(由CTRL引脚和/或OPERATION命令)、 V_{DD} 被移除或其它故障导致设备关断。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | 延迟时间 | R/W | 这些位设置延迟时间。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>延迟时间1 (s)</th> <th>延迟时间2 (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>588</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>924</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1260</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1596</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1932</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2268</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2604</td> </tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间1 (s) | 延迟时间2 (ms) | 0 | 0 | 0 | 1 | 252 | 0 | 0 | 1 | 1 | 588 | 0 | 1 | 0 | 1 | 924 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1260 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1596 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1932 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2268 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2604 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 延迟时间1 (s) | 延迟时间2 (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 252 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 588 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 924 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1596 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1932 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 2268 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2604 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

POWER_GOOD_ON

POWER_GOOD_ON命令设置POWER_GOOD信号置位的输出电压(单位为V)。STATUS_WORD命令中的POWER_GOOD状态位(POWER_GOOD)始终反映 V_{OUT} 相对于POWER_GOOD_ON和POWER_GOOD_OFF限值的的关系。

表47. 寄存器0x5E—POWER_GOOD_ON

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置POWER_GOOD_ON命令的输出电压。 线性格式的16位无符号整数Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 N由VOUT_MODE命令定义。 |

POWER_GOOD_OFF

POWER_GOOD_OFF命令设置POWER_GOOD信号被反向的输出电压(单位为V)。STATUS_WORD命令中的POWER_GOOD状态位(POWER_GOOD)始终反映VOUT相对于POWER_GOOD_ON和POWER_GOOD_OFF限值的的关系。

表48. 寄存器0x5F—POWER_GOOD_OFF

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:0] | 尾数 | R/W | 设置POWER_GOOD_OFF命令的输出电压。 线性格式的16位无符号整数Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 N由VOUT_MODE命令定义。 |

TON_DELAY

TON_DELAY命令设置开启延迟时间(单位为ms)。ADP1051仅支持下列选项。

表49. 寄存器0x60—TON_DELAY(ADP1051支持的开启延迟选项)

| 寄存器设置 | 开启延迟时间(ms) |
|---------------------------|------------|
| 0000000000000000 (0x0000) | 0 |
| 0000000000001010 (0x000A) | 10 |
| 0000000000011001 (0x0019) | 25 |
| 0000000000110010 (0x0032) | 50 |
| 000000001001011 (0x004B) | 75 |
| 000000001100100 (0x0064) | 100 |
| 000000011111010 (0x00FA) | 250 |
| 000001111101000 (0x03E8) | 1000 |

表50. 寄存器0x60—TON_DELAY

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

TON_RISE

TON_RISE命令设置开启上升时间(单位为ms)。ADP1051仅支持下列值。

表51. 寄存器0x61—TON_RISE(ADP1051支持的开启上升时间选项)

| 寄存器设置 | 开启上升时间(ms) |
|--------------------------|------------|
| 110000000001101 (0xC00D) | 0.05 |
| 110100000001101 (0xD00D) | 0.2 |
| 111100000000111 (0xF007) | 1.75 |
| 111110000010101 (0xF815) | 10.5 |
| 000000000010101 (0x0015) | 21 |
| 111100010100001 (0xF0A1) | 40.25 |
| 000000000111100 (0x003C) | 60 |
| 000000001100100 (0x0064) | 100 |

表52. 寄存器0x61—TON_RISE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

ADP1051

TOFF_DELAY

TOFF_DELAY命令设置关闭延迟时间(单位为ms)。ADP1051仅支持表53列出的值。

表53. 寄存器0x64—TOFF_DELAY(ADP1051支持的关闭延迟选项)

| 寄存器设置 | 关闭延迟时间(ms) |
|---------------------------|------------|
| 0000000000000000 (0x0000) | 0 |
| 0000000000110010 (0x0032) | 50 |
| 0000000011111010 (0x00FA) | 250 |
| 0000001111101000 (0x03E8) | 1000 |

表54. 寄存器0x64—TOFF_DELAY

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

STATUS_BYTE

表55. 寄存器0x78—STATUS_BYTE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|-------------------|-----|-----------------------------------|
| 7 | 保留 | R | 保留。 |
| 6 | POWER_OFF | R | 无论何种原因，包括未使能，使得设备未向输出输送能量，此位都会置位。 |
| 5 | VOUT_OV_FAULT | R | 发生输出过压故障。 |
| 4 | IOUT_OC_FAULT | R | 发生输出过流故障。 |
| 3 | VIN_UV_FAULT | R | 发生输入欠压故障。 |
| 2 | TEMPERATURE | R | 发生温度故障或报警。 |
| 1 | CML | R | 发生通信、存储器或逻辑故障。 |
| 0 | NONE OF THE ABOVE | R | 发生位[7:1]未列出的故障或报警。 |

STATUS_WORD

表56. 寄存器0x79—STATUS_WORD

| 位 s | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|-------------------|-----|---|
| 15 | VOUT | R | STATUS_VOUT中的任何位置位都会置位该位。 |
| 14 | IOUT | R | STATUS_IOUT中的任何位置位都会置位该位。 |
| 13 | INPUT | R | STATUS_INPUT中的任何位置位都会置位该位。 |
| 12 | 保留 | R | 保留。 |
| 11 | POWER_GOOD | R | POWER_GOOD 是POWER_GOOD的反向，意味着输出电源不正常。当检测到的 V_{OUT} 低于POWER_GOOD_OFF命令设置的限值时，该位置1。当检测到的 V_{OUT} 高于POWER_GOOD_ON命令设置的限值时，该位清0。该标志也会触发寄存器0xFEAO[6]中的PGOOD标志。 |
| [10:7] | 保留 | R | 保留。 |
| 6 | POWER_OFF | R | 无论何种原因，包括未使能，使得设备未向输出输送能量，此位都会置位。 |
| 5 | VOUT_OV_FAULT | R | 发生输出过压故障。 |
| 4 | IOUT_OC_FAULT | R | 发生输出过流故障。 |
| 3 | VIN_UV_FAULT | R | 发生输入欠压故障。 |
| 2 | TEMPERATURE | R | 发生过温故障或报警。 |
| 1 | CML | R | 发生通信、存储器或逻辑故障。 |
| 0 | NONE OF THE ABOVE | R | 发生位[7:1]未列出的故障或报警。 |

STATUS_VOUT**表57. 寄存器0x7A—STATUS_VOUT**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------------|-----|-----------------------------|
| 7 | VOUT_OV_FAULT | R | 发生输出过压故障。 |
| [6:5] | 保留 | R | 保留。 |
| 4 | VOUT_UV_FAULT | R | 发生输出欠压故障。 |
| 3 | VOUT_MAX 警告 | | 尝试将输出电压设置为高于VOUT_MAX命令允许的值。 |
| [2:0] | 保留 | R | 保留。 |

STATUS_IOUT**表58. 寄存器0x7B—STATUS_IOUT**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------------|-----|-----------|
| 7 | IOUT_OC_FAULT | R | 发生输出过流故障。 |
| [6:0] | 保留 | R | 保留。 |

STATUS_INPUT**表59. 寄存器0x7C—STATUS_INPUT**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-------------------|-----|----------------|
| [7:5] | 保留 | R | 保留。 |
| 4 | VIN_UV_FAULT | R | 发生输入欠压故障。 |
| 3 | VIN_LOW | R | 设备因为输入电压不足而关闭。 |
| 2 | IIN_OC_FAST_FAULT | R | 发生输入过流快速故障。 |
| [1:0] | 保留 | R | 保留。 |

STATUS_TEMPERATURE**表60. 寄存器0x7D—STATUS_TEMPERATURE**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|------------|-----|---------|
| 7 | OT_FAULT | R | 发生过温故障。 |
| 6 | OT_WARNING | R | 发生过温报警。 |
| [5:0] | 保留 | R | 保留。 |

STATUS_CML**表61. 寄存器0x7E—STATUS_CML**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|--------------|
| 7 | CMD_ERR | R | 收到无效或不支持的命令。 |
| 6 | DATA_ERR | R | 收到无效或不支持的数据。 |
| [5:2] | 保留 | R | 保留。 |
| 1 | COMM_ERR | R | 检测到其它通信故障。 |
| 0 | 保留 | R | 保留。 |

READ_VIN

READ_VIN命令返回线性格式的输入电压值(V)。

表62. 寄存器0x88—READ_VIN

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

READ_IIN

READ_IIN命令返回线性格式的输入电流值(A)。

表63. 寄存器0x89—READ_IIN

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

ADP1051

READ_VOUT

READ_VOUT命令返回线性格式的输出电压值(V)。

表64. 寄存器0x8B—READ_VOUT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 尾数 | R | 线性格式的16位无符号整数Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 N在VOUT_MODE命令中定义。 |

READ_IOUT

READ_IOUT命令返回线性格式的输出电流值(A)。

表65. 寄存器0x8C—READ_IOUT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

READ_TEMPERATURE

READ_TEMPERATURE命令返回线性格式的温度值(°C)。

表66. 寄存器0x8D—READ_TEMPERATURE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位N值： $X = Y \times 2^N$ 。 5位二进制补码固定值00000。 |
| [10:0] | 尾数 | R | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

READ_DUTY_CYCLE

READ_DUTY_CYCLE命令返回线性格式的PWM输出值占空比。

表67. 寄存器0x94—READ_DUTY_CYCLE

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位N值： $X = Y \times 2^N$ 。 5位二进制补码固定值10110(十进制为-10)。 |
| [10:0] | 尾数 | R | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

READ_FREQUENCY

READ_FREQUENCY命令返回线性格式的开关频率值。

表68. 寄存器0x95—READ_FREQUENCY

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|---------------------------------------|
| [15:11] | 指数 | R | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 |
| [10:0] | 尾数 | R | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

READ_PMBUS_REVISION

READ_PMBUS_REVISION命令返回PMBus版本信息。[ADP1051](#)支持PMBus 1.2版。此命令的读出结果为值0x22。

表69. 寄存器0x98—READ_PMBUS_REVISION

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|----------------------------|
| [7:4] | 第一部分修订 | R | 符合PMBus规范第一部分：0010 = 1.2版。 |
| [3:0] | 第二部分修订 | R | 符合PMBus规范第二部分：0010 = 1.2版。 |

MFR_ID**表70. 寄存器0x99—MFR_ID**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|----------------------------|
| [7:0] | MFR_ID | R/W | 读取/写入制造商的ID信息，可保存在EEPROM中。 |

MFR_MODEL**表71. 寄存器0x9A—MFR_MODEL**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------|-----|----------------------------|
| [7:0] | MFR_MODEL | R/W | 读取/写入制造商的型号信息，可保存在EEPROM中。 |

MFR_REVISION**表72. 寄存器0x9B—MFR_REVISION**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------------|-----|----------------------------|
| [7:0] | MFR_REVISION | R/W | 读取/写入制造商的版本信息，可保存在EEPROM中。 |

IC_DEVICE_ID**表73. 寄存器0xAD—IC_DEVICE_ID**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------------|-----|-------------------------|
| [15:0] | IC_DEVICE_ID | R | 读取IC设备ID(默认值 = 0x4151)。 |

IC_DEVICE_REV**表74. 寄存器0xAE—IC_DEVICE_REV**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------------|-----|-----------------------|
| [7:0] | IC_DEVICE_REV | R | 读取IC版本信息。当前芯片的值为0x20。 |

EEPROM_DATA_00**表75. 寄存器0xB0—EEPROM_DATA_00**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|-----|------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_00 | 块读取 | 块读取EEPROM主模块的页面0中的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_01**表76. 寄存器0xB1—EEPROM_DATA_01**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|-----|------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_01 | 块读取 | 块读取EEPROM主模块的页面1中的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_02**表77. 寄存器0xB2—EEPROM_DATA_02**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|------------|--|
| [7:0] | EEPROM_DATA_02 | 块读取/ 写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面2的数据。EEPROM必须首先解锁。此页面不宜用于其它目的。 |

EEPROM_DATA_03**表78. 寄存器0xB3—EEPROM_DATA_03**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|------------|---|
| [7:0] | EEPROM_DATA_03 | 块读取/ 写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面3的数据。EEPROM必须首先解锁。此页面保留用于存储电源板参数数据供GUI使用。 |

EEPROM_DATA_04**表79. 寄存器0xB4—EEPROM_DATA_04**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|------------|--------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_04 | 块读取/ 写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面4的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

ADP1051

EEPROM_DATA_05

表80. 寄存器0xB5—EEPROM_DATA_05

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|--------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_05 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面5的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_06

表81. 寄存器0xB6—EEPROM_DATA_06

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|--------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_06 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面6的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_07

表82. 寄存器0xB7—EEPROM_DATA_07

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|--------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_07 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面7的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_08

表83. 寄存器0xB8—EEPROM_DATA_08

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|--------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_08 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面8的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_09

表84. 寄存器0xB9—EEPROM_DATA_09

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|--------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_09 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面9的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_10

表85. 寄存器0xBA—EEPROM_DATA_10

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|---------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_10 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面10的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_11

表86. 寄存器0xBB—EEPROM_DATA_11

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|---------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_11 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面11的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_12

表87. 寄存器0xBC—EEPROM_DATA_12

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|---------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_12 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面12的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_13

表88. 寄存器0xBD—EEPROM_DATA_13

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|---------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_13 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面13的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_14

表89. 寄存器0xBE—EEPROM_DATA_14

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|---------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_14 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面14的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_DATA_15

表90. 寄存器0xBF—EEPROM_DATA_15

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------------|--------|---------------------------------------|
| [7:0] | EEPROM_DATA_15 | 块读取/写入 | 块读取/写入EEPROM主模块的页面15的数据。EEPROM必须首先解锁。 |

EEPROM_CRC_CHKSUM**表91. 寄存器0xD1—EEPROM_CRC_CHKSUM**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|----------------------|
| [7:0] | CRC校验和 | R | 从EEPROM下载操作返回CRC校验和值 |

EEPROM_NUM_RD_BYTES**表92. 寄存器0xD2—EEPROM_NUM_RD_BYTES**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|-----------------------------------|
| [7:0] | 返回的读取字节数 | R/W | 这些位设置使用EEPROM_DATA_xx命令时返回的读取字节数。 |

EEPROM_ADDR_OFFSET**表93. 寄存器0xD3—EEPROM_ADDR_OFFSET**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|-----------------------|
| [15:0] | 地址偏移 | R/W | 这些位设置当前EEPROM页面的地址偏移。 |

EEPROM_PAGE_ERASE**表94. 寄存器0xD4—EEPROM_PAGE_ERASE**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|------------|-----|--|
| [7:0] | EEPROM页面擦除 | W | <p>在选定EEPROM页面上执行页面擦除(页面3至页面15)。每个页面擦除操作后等待35 ms。EEPROM必须首先解锁。</p> <p>页面0和页面1保留, 分别用于存储默认设置和用户设置。用户无法对页面0或页面1执行页面擦除。</p> <p>页面2保留供内部使用, 请勿擦除页面2的内容。</p> <p>页面3保留用于存储电源板参数供GUI使用, 存储板参数之前请勿擦除页面3。</p> <p>下面是用于访问各页面的寄存器设置。</p> <p>0x03 = 页面3。 0x04 = 页面4。 0x05 = 页面5。 0x06 = 页面6。 0x07 = 页面7。 0x08 = 页面8。 0x09 = 页面9。 0x0A = 页面10。 0x0B = 页面11。 0x0C = 页面12。 0x0D = 页面13。 0x0E = 页面14。 0x0F = 页面15。</p> |

EEPROM_PASSWORD**表95. 寄存器0xD5—EEPROM_PASSWORD**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|--|
| [7:0] | EEPROM密码 | W | 使用此命令写入密码以解锁EEPROM, 以便进行读写访问。连续两次写入EEPROM密码可解锁EEPROM。写入任何其它值可退出。出厂默认密码为0xFF。 |

TRIM_PASSWORD**表96. 寄存器0xD6—TRIM_PASSWORD**

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|--|
| [7:0] | 校准密码 | W | 使用此命令写入密码以解锁校准寄存器, 以便允许写入访问。连续两次写入校准密码可解锁寄存器。写入任何其它值可退出。校准密码与EEPROM密码相同。出厂默认密码为0xFF。 |

ADP1051

CHIP_PASSWORD

表97. 寄存器0xD7—CHIP_PASSWORD

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:0] | 芯片密码 | W | 连续两次写入正确的芯片密码可解锁芯片寄存器以供读写访问。写入任何其它值可退出。出厂默认密码为0xFFFF。无法读取此寄存器。对此寄存器的任何读取操作都会返回0。 |

VIN_SCALE_MONITOR

VIN_SCALE_MONITOR命令是 V_{IN} ADC值与实际输入电压之间的比例因子。它通常用于READ_VIN命令。值必须在0到1(十进制)范围内。

表98. 寄存器0xD8—VIN_SCALE_MONITOR

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

IIN_SCALE_MONITOR

IIN_SCALE_MONITOR命令是IIN ADC值与实际输入电流之间的比例因子。它通常用于READ_IIN命令。值必须在0到1(十进制)范围内。

表99. 寄存器0xD9—IIN_SCALE_MONITOR

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:11] | 指数 | R/W | 线性模式格式的5位二进制补码N值： $X = Y \times 2^N$ 。 N应在-12至0(十进制)的范围内。 |
| [10:0] | 尾数 | R/W | 线性模式格式的11位二进制补码Y值： $X = Y \times 2^N$ 。 |

EEPROM_INFO

寄存器0xF1是以供读/写块。EEPROM_INFO命令从EEPROM读取第一个标志数据。

表100. 寄存器0xF1—EEPROM_INFO

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-------------|---------|-------------------|
| [7:0] | EEPROM_INFO | R block | 块读取EEPROM信息模块的数据。 |

MFR_SPECIFIC_1

表101. 寄存器0xFA—MFR_SPECIFIC_1

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|--|
| [7:0] | 自定义寄存器 | R/W | 这些位可供用户存储自定义信息。 此寄存器还存储CS2高端模式工厂模拟校准值。将此值复制到寄存器0xFE17可恢复CS2高端模式工厂校准值。 |

MFR_SPECIFIC_2

表102. 寄存器0xFB—MFR_SPECIFIC_2

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|---|
| [7:0] | 自定义寄存器 | R/W | 这些位可供用户存储自定义信息。 此寄存器还存储CS2高端模式工厂数字偏置校正。将此值复制到寄存器0xFE16可恢复CS2高端模式工厂校准值。 |

用户自定义扩展命令描述

标志配置寄存器

寄存器0xFE00至寄存器0xFE03用于设置故障标志响应和标志清零后的分辨率。寄存器0xFE05[5:4]设置VDD_OV标志响应。寄存器0xFE05[7:6]设置全局标志重新使能延迟时间。

表103. 寄存器0xFE00至寄存器0xFE05—标志响应寄存器

| 寄存器 | 位 | 标志 | 其他设置 |
|--------|-------|----------------------------|--|
| 0xFE00 | [7:4] | 保留 | 保留 |
| 0xFE00 | [3:0] | IIN_OC_FAST_FAULT_RESPONSE | 寄存器0xFE08、寄存器0xFE0E、寄存器0xFE1A、寄存器0xFE1F、寄存器0xFEAO、寄存器0xFEAA3 |
| 0xFE01 | [7:4] | 扩展VOUT_OV_FAULT_RESPONSE | 寄存器0x40、寄存器0x41、寄存器0xFE26、寄存器0xFE6B、寄存器0xFE6C |
| 0xFE01 | [3:0] | | 寄存器0xFE6A、寄存器0xFEAO、寄存器0xFEAA3 |
| 0xFE02 | [7:4] | VIN_UV_FAULT_RESPONSE | 寄存器0x35、寄存器0x36、寄存器0xFE29、寄存器0xFEAA1、寄存器0xFEAA4 |
| 0xFE02 | [3:0] | 保留 | 保留 |
| 0xFE03 | [7:4] | SR_RC_FAULT_RESPONSE | 寄存器0xFE1A、寄存器0xFEAA1、寄存器0xFEAA4 |
| 0xFE03 | [3:0] | FLAGIN_RESPONSE | 寄存器0xFE12、寄存器0xFEAA1、寄存器0xFEAA4 |
| 0xFE05 | [5:4] | VDD_OV_RESPONSE | 寄存器0xFE05、寄存器0xFEAO、寄存器0xFEAA3 |
| 0xFE05 | [3:0] | 保留 | 保留 |

表104. 寄存器0xFE00至寄存器0xFE02—标志响应寄存器位功能描述

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | |
|-------|----------|-----|----------------|----|--|
| [7:6] | 故障响应 | R/W | 这些位指定标志置1时的操作。 | | |
| | | | 位7 | 位6 | 标志操作 |
| | | | 0 | 0 | 不中断地继续工作。 |
| | | | 0 | 1 | 禁用SR1和SR2。 |
| | | | 1 | 0 | 禁用所有PWM输出。 |
| 1 | 1 | 保留。 | | | |
| [5:4] | 标志清0后的操作 | R/W | 这些位指定标志清0时的操作。 | | |
| | | | 位5 | 位4 | 标志清0后的操作 |
| | | | 0 | 0 | 经过重新使能延迟时间后，用软启动程序重新使能PWM输出。 |
| | | | 0 | 1 | PWM输出立即重新使能，不使用软启动。 |
| | | | 1 | 0 | 重新使能PWM输出需要PSON信号(通过寄存器0x01、寄存器0x02和/或CTRL引脚提供)。 |
| 1 | 1 | 保留。 | | | |
| [3:2] | 故障响应 | R/W | 这些位指定标志置1时的操作。 | | |
| | | | 位3 | 位2 | 标志操作 |
| | | | 0 | 0 | 不中断地继续工作。 |
| | | | 0 | 1 | 禁用SR1和SR2。 |
| | | | 1 | 0 | 禁用所有PWM输出。 |
| 1 | 1 | 保留。 | | | |
| [1:0] | 标志清0后的操作 | R/W | 这些位指定标志清0时的操作。 | | |
| | | | 位1 | 位0 | 标志清0后的操作 |
| | | | 0 | 0 | 经过重新使能延迟时间后，用软启动程序重新使能PWM输出。 |
| | | | 0 | 1 | PWM输出立即重新使能，不使用软启动。 |
| | | | 1 | 0 | 重新使能PWM输出需要PSON信号(通过寄存器0x01、寄存器0x02和/或CTRL引脚提供)。 |
| 1 | 1 | 保留。 | | | |

ADP1051

表105. 寄存器0xFE03—标志响应寄存器位功能描述

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | |
|-------|------------|---|----------------|----|--|---------------------|
| [7:6] | 故障响应 | R/W | 这些位指定标志置1时的操作。 | | | |
| | | | 位7 | 位6 | 故障响应 | |
| | | | 0 | 0 | 不中断地继续工作。 | |
| | | | 0 | 1 | 禁用SR1和SR2。 | |
| | | | 1 | 0 | 禁用所有PWM输出。 | |
| 1 | 1 | SR1和SR2的上升沿移动到 $t_{RX} + t_{MODU_LIMIT} - t_{OFFSET}$ 。 更多信息参见“SR反向电流保护”部分。 | | | | |
| [5:4] | 故障标志清0后的操作 | R/W | 这些位指定标志清0时的操作。 | | | |
| | | | 位5 | 位4 | 位[7:6] = 01或10 | 位[7:6] = 11 |
| | | | 0 | 0 | 经过标志重新使能延迟时间后，用软启动程序重新使能PWM输出。 | SR1和SR2遵循软恢复程序。 |
| | | | 0 | 1 | PWM输出立即重新使能，不使用软启动。 | SR1和SR2立即恢复到正常工作状态。 |
| | | | 1 | 0 | 重新使能PWM输出需要PSON信号。 | 保留。 |
| 1 | 1 | 保留。 | 保留。 | | | |
| [3:2] | 故障响应 | R/W | 这些位指定标志置1时的操作。 | | | |
| | | | 位3 | 位2 | 故障响应 | |
| | | | 0 | 0 | 不中断地继续工作。 | |
| | | | 0 | 1 | 禁用SR1和SR2。 | |
| | | | 1 | 0 | 禁用所有PWM输出。 | |
| 1 | 1 | 保留。 | | | | |
| [1:0] | 故障标志清0后的操作 | R/W | 这些位指定标志清0时的操作。 | | | |
| | | | 位1 | 位0 | 故障标志清0后的操作 | |
| | | | 0 | 0 | 经过标志重新使能延迟时间后，用软启动程序重新使能PWM输出。 | |
| | | | 0 | 1 | PWM输出立即重新使能，不使用软启动。 | |
| | | | 1 | 0 | 重新使能PWM输出需要PSON信号(通过寄存器0x01、寄存器0x02和/或CTRL引脚编程)。 | |
| 1 | 1 | 保留。 | | | | |

表105. 寄存器0xFE03—标志响应寄存器位功能描述

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | |
|-------|------------|-----|---|----|-----------|
| [7:6] | 标志重新使能延迟 | R/W | 这些位指定从用户自定义标志清零到软启动的全局延迟时间。 | | |
| | | | 位7 | 位6 | 典型延迟时间(s) |
| | | | 0 | 0 | 250 m |
| | | | 0 | 1 | 500 m |
| | | | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 2 | | | |
| 5 | VDD_OV标志忽略 | R/W | 此位使能或禁用VDD_OV标志。 0 = 发生VDD过压状况时，VDD_OV标志置1。当发生V _{DD} 过压状况时，标志置1，设备关断。当V _{DD} 过压状况结束时，标志清0，设备下载EEPROM内容，然后用软启动程序重启。 1 = VDD_OV标志始终清0。当发生V _{DD} 过压状况时，标志始终清0，设备不中断地继续工作。 | | |
| 4 | VDD_OV标志去抖 | R/W | 此位设置VDD_OV标志的去抖时间。 0 = 500 μs去抖时间。 1 = 2 μs去抖时间。 | | |
| [3:0] | 保留 | R/W | 保留。 | | |

软启动和软件复位寄存器

表107. 寄存器0xFE06—软件复位GO命令

| 位 | 位 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|---|
| [7:1] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 0 | 软件复位GO | W | 此位允许用户对ADP1051执行软件复位。此位置1将复位设备，从ADP1051关闭到重启有一个重启延迟时间。重启延迟时间在寄存器0xFE07[1:0]中设置。 |

表108. 寄存器0xFE07—软件复位设置

| 位 | 位 | R/W | 说明 | | |
|-------|------------|-----|---|-----------|----------------|
| [7:3] | 保留 | R/W | 保留。 | | |
| 2 | 附加标志重新使能延迟 | R/W | 此位指定用户自定义标志清0之后、ADP1051开始软启动之前，重新使能延迟时间是否增加TON_DELAY值。 0 = 重新使能延迟不增加额外延迟。 1 = 重新使能延迟增加额外延迟。该延迟时间在TON_DELAY命令(寄存器0x60)中指定。 | | |
| [1:0] | 重启延迟 | R/W | 这些位指定从PS_ON信号置1到软启动开始的延迟时间。 | | |
| | | | 位1 | 位0 | 重启延迟(s) |
| | | | 0 | 0 | 0 m |
| | | | 0 | 1 | 500 m |
| | | | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 2 | | | |

表109. 寄存器0xFE08—同步整流器(SR)软启动设置

| 位 | 位 | R/W | 说明 | | |
|-------|----------------|---------------------------|--|-----------|---------------------------|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 | | |
| 6 | CS1逐周期限流以禁用SR2 | R/W | 此位置1时，若发生CS1逐周期限流，开关周期的剩余时间将禁用SR2输出。 | | |
| 5 | CS1逐周期限流以禁用SR1 | R/W | 此位置1时，若发生CS1逐周期限流，开关周期的剩余时间将禁用SR1输出。 | | |
| 4 | SR软启动设置 | R/W | 0 = 同步整流器仅在第一次使能时执行软启动。 1 = 同步整流器每次使能时都执行软启动。 | | |
| [3:2] | SR软启动速度 | R/W | SR PWM输出配置为以软启动开启时(使用位[1:0])，输出的上升沿以40 ns的步进左移。这些位指定以40 ns的步进移动SR PWM输出所需的开关周期数。 | | |
| | | | 位3 | 位2 | SR软启动时序 |
| | | | 0 | 0 | SR PWM输出在1个开关周期中改变40 ns。 |
| | | | 0 | 1 | SR PWM输出在4个开关周期中改变40 ns。 |
| | | | 1 | 0 | SR PWM输出在16个开关周期中改变40 ns。 |
| 1 | 1 | SR PWM输出在64个开关周期中改变40 ns。 | | | |
| 1 | SR2软启动 | R/W | 此位置1将使能SR2的软启动。 | | |
| 0 | SR1软启动 | R/W | 此位置1将使能SR1的软启动。 | | |

ADP1051

表110. 寄存器0xFE09—开环工作的软启动设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | |
|-------|-----------------------|------------------------|---|----|------------------------|
| 7 | 开环工作软启动使能 | R/W | 此位置1将使能开环工作的软启动。 | | |
| 6 | OUTA、OUTB、OUTC和OUTD边沿 | R/W | 此位置1时，在开环工作的软启动期间的一个周期中，OUTA、OUTB、OUTC和OUTD的下降沿始终在上升沿之后。 | | |
| 5 | SR1和SR2边沿 | R/W | 此位仅在该寄存器的位7置1时有效。 0 = 在软启动期间的一个周期内，SR1和SR2的上升沿始终出现在下降沿之后。 1 = 在软启动期间的一个周期内，SR1和SR2的下降沿始终出现在上升沿之后。 | | |
| [4:3] | 开环工作和开环前馈工作模式下的软启动速度 | R/W | 当ADP1051配置为开环工作时，PWM输出的下降沿以40 ns的步进右移。当ADP1051配置为开环前馈工作模式下时，PWM输出的调制边沿以40 ns的步进从原始位置移走。这些位指定以40 ns的步进移动PWM输出需要多少开关周期。 | | |
| | | | 位4 | 位3 | 开环软启动时序 |
| | | | 0 | 0 | PWM输出在1个开关周期中改变40 ns。 |
| | | | 0 | 1 | PWM输出在4个开关周期中改变40 ns。 |
| | | | 1 | 0 | PWM输出在16个开关周期中改变40 ns。 |
| 1 | 1 | PWM输出在64个开关周期中改变40 ns。 | | | |
| 2 | 开环工作的软启动时间变量 | R/W | 此位置1将使能开环工作软启动期间的全局时间变量。 1 = 所有输出使用OUTB ($t_{F2} - t_{R2}$)计算得到的时间变量。 | | |
| [1:0] | 保留 | R/W | 保留。 | | |

消隐和PGOOD设置寄存器

表111. 寄存器0xFE0B—软启动期间的标志消隐

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|----------------------------------|-----|-------------------------------------|
| 7 | 消隐SR_RC_FAULT标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 6 | 消隐FLAGIN标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 5 | 消隐LIGHT_LOAD标志和DEEP_LIGHT_LOAD标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 4 | 消隐VIN_UV_FAULT标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 3 | 消隐IIN_OC_FAST_FAULT标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 2 | 消隐IOUT_OC_FAULT标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 1 | 消隐CS3_OC_FAULT标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |
| 0 | 消隐VOUT_OV_FAULT标志 | R/W | 0 = 软启动期间消隐此标志。 1 = 软启动期间不消隐此标志。 |

表112. 寄存器0xFE0C—软启动期间的伏秒平衡消隐和SR禁用

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------------------|-----|--|
| [7:5] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 4 | VIN_UV_FAULT重新使能消隐 | R/W | 0 = 标志重新使能延迟期间VIN_UV_FAULT标志不消隐。如果ADP1051能在PSU开始工作之前检测到输入电压信号，建议使用此设置。 1 = 标志重新使能延迟期间VIN_UV_FAULT标志消隐。 |
| 3 | 第一个标志ID更新 | R/W | 此位指定是否将第一个标志ID保存到EEPROM。若置1，第一个标志ID将被保存到EEPROM。在V _{DD} 开机复位期间，第一个标志ID从EEPROM下载到寄存器0xFE6。 0 = 第一个标志ID不保存到EEPROM。 1 = 第一个标志ID保存到EEPROM。 |
| 2 | 标志关断时序 | R/W | 指定用户自定义标志触发后，PWM输出何时关断。 0 = PWM输出在开关周期结束时关断。 1 = PWM输出立即关断。 |
| 1 | 伏秒平衡消隐 | R/W | 0 = 软启动期间伏秒平衡控制不消隐。 1 = 软启动期间伏秒平衡控制消隐。 |
| 0 | SR禁用 | R/W | 0 = 软启动期间SR1和SR2不禁用。 1 = 软启动期间SR1和SR2禁用。 |

表113. 寄存器0xFE0D—PGOOD屏蔽设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|---------------------|-----|---------------------------------|
| 7 | VIN_UV_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略VIN_UV_FAULT标志。 |
| 6 | IIN_OC_FAST_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略IIN_OC_FAST_FAULT标志。 |
| 5 | IOUT_OC_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略IOUT_OC_FAULT标志。 |
| 4 | VOUT_OV_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略VOUT_OV_FAULT标志。 |
| 3 | VOUT_UV_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略VOUT_UV_FAULT标志。 |
| 2 | OT_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略OT_FAULT标志。 |
| 1 | OT_WARNING标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略OT_WARNING标志。 |
| 0 | SR_RC_FAULT标志 | R/W | 1 = PGOOD忽略SR_RC_FAULT标志。 |

表114. 寄存器0xFE0E—PGOOD标志去抖

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|------------------|--|----|----|------------------|---|---|---|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|
| 7 | CS1逐周期限流以禁用OUTD | R/W | 此位置1时，若发生CS1逐周期限流，开关周期的剩余时间将禁用OUTD输出。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | CS1逐周期限流以禁用OUTC | R/W | 此位置1时，若发生CS1逐周期限流，开关周期的剩余时间将禁用OUTC输出。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | CS1逐周期限流以禁用OUTB | R/W | 此位置1时，若发生CS1逐周期限流，开关周期的剩余时间将禁用OUTB输出。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | CS1逐周期限流以禁用OUTA | R/W | 此位置1时，若发生CS1逐周期限流，开关周期的剩余时间将禁用OUTA输出。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| [3:2] | PGOOD 标志清零去抖 | R/W | 这些位指定PGOOD标志清零去抖，即从满足PGOOD清零条件到PGOOD标志清零的时间。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>PGOOD 标志置位去抖(ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>600</td> </tr> </tbody> </table> | 位3 | 位2 | PGOOD 标志置位去抖(ms) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 200 | 1 | 0 | 320 | 1 | 1 | 600 |
| 位3 | 位2 | PGOOD 标志置位去抖(ms) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 320 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1:0] | PGOOD 标志置位去抖 | R/W | 这些位指定PGOOD标志置位去抖，即从满足PGOOD置位条件到PGOOD标志置位的时间。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>PGOOD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>600</td> </tr> </tbody> </table> | 位1 | 位0 | PGOOD | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 200 | 1 | 0 | 320 | 1 | 1 | 600 |
| 位1 | 位0 | PGOOD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 320 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | |

ADP1051

表115. 寄存器0xFE0F—置位PGOOD的去抖时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | Debounce Time (ms) |
|---|--------------------------|-----|--------------------|
| 7 | VIN_UV_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 6 | IIN_OC_FAST_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 5 | IOUT_OC_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 4 | VOUT_OV_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 3 | VOUT_UV_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 2 | OT_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 1 | OT_WARNING置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |
| 0 | SR_RC_FAULT置位PGOOD | R/W | 0 = 0 1 = 1.3 |

开关频率和同步寄存器

同步使能时，ADP1051获取SYNI信号并增加 $t_{\text{SYNC_DELAY}}$ 和760 ns的传输延时，以产生内部同步参考时钟，如图65所示ADP1051利用该参考时钟产生自己的时钟。

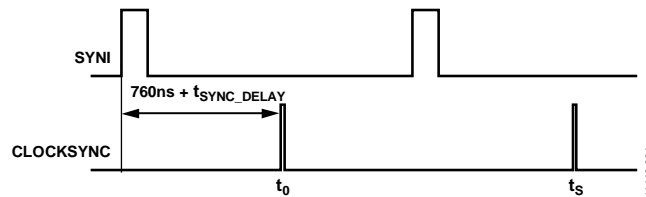


图65.同步时序

表116. 寄存器0xFE11—同步延迟时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 位 |
|-------|--------------------------|-----|--|
| [7:0] | $t_{\text{SYNC_DELAY}}$ | R/W | 设置同步参考时钟相对于SYNI引脚信号上升沿的额外延迟时间。每个LSB大小为40 ns。注意，该延迟时间不能超过一个开关周期。如果使能了PWM 180°移相，则延迟时间不能超过一个开关周期的一半。 |

表117. 寄存器0xFE12—同步一般设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 位 |
|---|------------|-----|--|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 |
| 6 | 同步的相位捕捉范围 | R/W | 设置相位捕捉范围。同步功能使能时，ADP1051检测外部与内部时钟之间的移相。当移相落在该范围内时，同步开始。 0 = 相位捕捉范围是 $\pm 3.125\%$ ($\pm 11.25^\circ$)。 1 = 相位捕捉范围是 $\pm 6.25\%$ ($\pm 22.5^\circ$)。这是推荐设置。 |
| 5 | OUTD用作SYNO | R/W | 0 = OUTD用作PWM输出。 1 = OUTD用作SYNO输出。 |
| 4 | OUTC用作SYNO | R/W | 0 = OUTC用作PWM输出。 1 = OUTC用作SYNO输出。 |
| 3 | 使能同步 | R/W | 此位置1将使能作为从设备的频率同步。ADP1051通过SYNI/FLGI引脚与外部时钟同步。若使能同步，位0 = 0。 |
| 2 | FLGI极性 | R/W | 设置SYNI/FLGI引脚编程为FLGI时的极性。 0 = FLGI引脚的逻辑高电平设置FLAGIN标志；逻辑低电平使FLAGIN标志清零。 1 = FLGI引脚的逻辑低电平设置FLAGIN标志；逻辑高电平使FLAGIN标志清零。 |

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|-----------------|-----|---|
| 1 | FLAGIN标志去抖时间 | R/W | 0 = FLAGIN引脚具有0 μs去抖时间。 1 = FLAGIN引脚具有100 μs去抖时间。 |
| 0 | SYNI/FLGI引脚功能选择 | R/W | 将SYNI/FLGI引脚配置为标志输入或同步输入。SYNI未使能时，此位必须置1。 0 = SYNI/FLGI引脚用作同步输入(SYNI)。 1 = SYNI/FLGI引脚用作标志输入(FLGI)。 |

表118. 寄存器0xFE13—双端拓扑模式

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|---|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 |
| 6 | 双端拓扑使能 | R/W | 该位置1表示使用双端拓扑。它影响调制高限值。各半周期中的调制限值是寄存器0xFE3C编程的调制限值的一半。 0 = 在单端拓扑中工作，如降压、正向、反激等。 1 = 在双端拓扑中工作，如全桥、半桥、推挽等。 |
| [5:0] | 保留 | R/W | 保留。 |

电流检测和限值设置寄存器

表119. 寄存器0xFE14—CS1增益校准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|--|
| 7 | 增益极性 | R/W | 该位置1表示引入负增益。 0 = 引入正增益。 1 = 引入负增益。 |
| [6:0] | CS1增益校准 | R/W | 该值校准CS1电流检测增益。对CS1引脚施加1V直流电压。此寄存器校准到CS1值读出十进制2560 (0xA00)为止。 |

表120. 寄存器0xFE15—CS2增益校准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|---|
| 7 | 增益极性 | R/W | 该位置1表示引入负增益。 0 = 引入正增益。 1 = 引入负增益 |
| [6:0] | CS2增益校准 | R/W | 该值校准CS2电流检测增益。 |

表121. 寄存器0xFE16—CS2数字偏置校正

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------|-----|---|
| [7:0] | CS2数字偏置校正 | R/W | 该寄存器包含CS2数字偏置校正值。该值用于校准CS2值。 默认值是CS2低端电流模式的工厂校准值。将寄存器0xFB值复制到该寄存器可恢复CS2高端电流检测模式的工厂校准值。 |

表122. 寄存器0xFE17—CS2模拟校准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|--|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 |
| 6 | 模拟校准极性 | R/W | 该位置1表示引入负校准。该位置0表示引入正校准。 默认值是CS2低端电流检测模式的工厂校准值。将寄存器0xFA[6]值复制到该寄存器可恢复CS2高端电流检测模式的工厂校准值。 |
| [5:0] | CS2模拟校准 | R/W | 该值校准CS2模拟校准。 默认值是CS2低端电流模式的工厂校准值。将寄存器0xFA[5:0]值复制到这些位可恢复CS2高端电流模式的工厂校准值。 |

ADP1051

表123. 寄存器0xFE19—CS2轻载阈值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------|----------|---|----------|--------|----------|--------|----------|---|---|---|----|----|----|----|--------|--------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|
| 7 | CS2电流检测模式 | R/W | 0 = CS2电流检测配置为低端电流检测模式。 1 = CS2电流检测配置为高端电流检测模式。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:5] | CS3_OC_FAULT标志去抖 | R/W | 这两位设置CS3_OC_FAULT标志去抖时间。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>去抖时间(ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>20</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>200</td></tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 去抖时间(ms) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 1 | 0 | 20 | 1 | 1 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 位6 | 位5 | 去抖时间(ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | CS2轻载模式使能 | R/W | 此位置1将使能轻载模式功能。当CS2电流降至CS2轻载模式阈值以下时，ADP1051以轻载模式工作。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [3:0] | CS2轻载阈值 | R/W | 这些位设置CS2 ADC进入轻载模式的电流限值。该值决定LIGHT_LOAD标志置1的点。磁滞和平均速度可在寄存器0xFE1E[5:2]中编程。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4"></th> <th colspan="4">轻载阈值(mV)</th> </tr> <tr> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>328 μs</th> <th>164 μs</th> <th>82 μs</th> <th>41 μs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0.9375</td><td>1.8750</td><td>3.7500</td><td>7.5000</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1.8750</td><td>3.7500</td><td>7.5000</td><td>15.000</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2.8125</td><td>5.6250</td><td>11.250</td><td>22.500</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>3.7500</td><td>7.5000</td><td>15.000</td><td>30.000</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>4.6875</td><td>9.3750</td><td>18.750</td><td>37.500</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>5.6250</td><td>11.250</td><td>22.500</td><td>45.000</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>6.5625</td><td>13.125</td><td>26.250</td><td>52.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>7.5000</td><td>15.000</td><td>30.000</td><td>60.000</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>8.4375</td><td>16.875</td><td>33.750</td><td>67.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>9.3750</td><td>18.750</td><td>37.500</td><td>75.000</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>10.313</td><td>20.625</td><td>41.250</td><td>82.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>11.250</td><td>22.500</td><td>45.000</td><td>90.000</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>12.188</td><td>24.375</td><td>48.750</td><td>97.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>13.125</td><td>26.250</td><td>52.500</td><td>105.00</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>14.063</td><td>28.125</td><td>56.250</td><td>112.50</td></tr> </tbody> </table> | | | | | 轻载阈值(mV) | | | | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 | 328 μs | 164 μs | 82 μs | 41 μs | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.9375 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2.8125 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4.6875 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | 0 | 1 | 1 | 1 | 6.5625 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | 60.000 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8.4375 | 16.875 | 33.750 | 67.500 | 1 | 0 | 1 | 0 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | 75.000 | 1 | 0 | 1 | 1 | 10.313 | 20.625 | 41.250 | 82.500 | 1 | 1 | 0 | 0 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | 90.000 | 1 | 1 | 0 | 1 | 12.188 | 24.375 | 48.750 | 97.500 | 1 | 1 | 1 | 0 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | 105.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14.063 | 28.125 | 56.250 | 112.50 |
| | | | | 轻载阈值(mV) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 位3 | 位2 | 位1 | 位0 | 328 μs | 164 μs | 82 μs | 41 μs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0.9375 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 2.8125 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 4.6875 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 6.5625 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | 60.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 8.4375 | 16.875 | 33.750 | 67.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | 75.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 10.313 | 20.625 | 41.250 | 82.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | 90.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 12.188 | 24.375 | 48.750 | 97.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | 105.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 14.063 | 28.125 | 56.250 | 112.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表124. 寄存器0xFE1A—IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT和SR_RC_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|-----|---|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|------|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:4] | IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT | R/W | <p>若设置了CS1逐周期限流比较器且CS1_OCP标志被触发，则此时所有开启的PWM输出都可编程为在余下的开关周期内立即禁用。PWM输出在下一个开关周期开始时恢复正常工作。</p> <p>有一个内部计数器N，其初始值为0。N计数连续开关周期中CS1_OCP标志的触发次数。如果CS1_OCP标志在一个周期中被触发，则$N_{CURRENT} = N_{PREVIOUS} + 2$。如果CS1_OCP标志在一个周期中未被触发且之前的$N > 0$，则$N_{CURRENT} = N_{PREVIOUS} - 1$。如果CS1_OCP标志未被触发且之前的$N = 0$，则$N_{CURRENT} = 0$。当N达到IIN_OC_FAST_FAULT_LIMIT值时，IIN_OC_FAST_FAULT标志置1。</p> <p>注意，单端拓扑中为一个周期，如Buck变换器和正激变换器等。双端拓扑中为两个周期，如全桥变换器、半桥变换器和推挽变换器等。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>8</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>16</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>64</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>128</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>256</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>512</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1024</td></tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 位4 | 限值 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 8 | 0 | 1 | 0 | 16 | 0 | 1 | 1 | 64 | 1 | 0 | 0 | 128 | 1 | 0 | 1 | 256 | 1 | 1 | 0 | 512 | 1 | 1 | 1 | 1024 |
| 位6 | 位5 | 位4 | 限值 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 128 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 256 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 512 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1024 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------------|-----|--|----|----|----|-------|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|
| 3 | SR_RC_FAULT标志 去抖时间 | R/W | 此位设置SR_RC_FAULT标志的去抖时间。 0 = 40 ns. 1 = 200 ns. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | SR_RC_FAULT_LIMIT | R/W | 这些位设置用于产生SR_RC_FAULT标志的CS2反向电流比较器的基准电压。CS2+与CS2-引脚的电压差与此限值相比较。该比较器是模拟比较器。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>值(mV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>-3</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>-6</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>-9</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>-12</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>-15</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>-18</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>-21</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-24</td></tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 值(mV) | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 1 | -6 | 0 | 1 | 0 | -9 | 0 | 1 | 1 | -12 | 1 | 0 | 0 | -15 | 1 | 0 | 1 | -18 | 1 | 1 | 0 | -21 | 1 | 1 | 1 | -24 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 值(mV) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | -3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | -6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | -9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | -12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | -15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | -18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | -21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | -24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表125. 寄存器0xFE1B—CS2深度轻载模式设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------|-----|---|-------------|-------------|------------|------------|------------|--|--|--|-------------|-------------|------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | CS1逐周期限流基准 | R/W | 0 = CS1逐周期限流基准为1.2 V。 1 = CS1逐周期限流基准为0.25 V。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 保留 | R/W | 保留。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 触发IOUT_OC_FAULT标志的CS2 均值速度 | R/W | 0 = 9位CS2(输出电流)均值速度用于触发IOUT_OC_FAULT标志。恒流控制的基本VS电压变化率为1.18 mV/ms。 1 = 7位CS2(输出电流)均值速度用于触发IOUT_OC_FAULT标志。恒流控制的基本VS电压变化率为4.72 mV/ms。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [3:0] | CS2深度轻载模式 阈值 | R/W | 这些位设置CS2 ADC进入深度轻载模式的电流限值。该值决定DEEP_LIGHT_LOAD标志置1和某些PWM输出禁用的点。均值速度和磁滞在寄存器0xFE1E中编程。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">位3</th> <th rowspan="2">位2</th> <th rowspan="2">位1</th> <th rowspan="2">位0</th> <th colspan="4">深度轻载阈值(mV)</th> </tr> <tr> <th>328 μs</th> <th>164 μs</th> <th>82 μs</th> <th>41 μs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0.9375</td><td>1.8750</td><td>3.7500</td><td>7.5000</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1.8750</td><td>3.7500</td><td>7.5000</td><td>15.000</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2.8125</td><td>5.6250</td><td>11.250</td><td>22.500</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>3.7500</td><td>7.5000</td><td>15.000</td><td>30.000</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>4.6875</td><td>9.3750</td><td>18.750</td><td>37.500</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>5.6250</td><td>11.250</td><td>22.500</td><td>45.000</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>6.5625</td><td>13.125</td><td>26.250</td><td>52.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>7.5000</td><td>15.000</td><td>30.000</td><td>60.000</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>8.4375</td><td>16.875</td><td>33.750</td><td>67.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>9.3750</td><td>18.750</td><td>37.500</td><td>75.000</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>10.313</td><td>20.625</td><td>41.250</td><td>82.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>11.250</td><td>22.500</td><td>45.000</td><td>90.000</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>12.188</td><td>24.375</td><td>48.750</td><td>97.500</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>13.125</td><td>26.250</td><td>52.500</td><td>105.00</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>14.063</td><td>28.125</td><td>56.250</td><td>112.50</td></tr> </tbody> </table> | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 | 深度轻载阈值(mV) | | | | 328 μ s | 164 μ s | 82 μ s | 41 μ s | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.9375 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2.8125 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4.6875 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | 0 | 1 | 1 | 1 | 6.5625 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | 60.000 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8.4375 | 16.875 | 33.750 | 67.500 | 1 | 0 | 1 | 0 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | 75.000 | 1 | 0 | 1 | 1 | 10.313 | 20.625 | 41.250 | 82.500 | 1 | 1 | 0 | 0 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | 90.000 | 1 | 1 | 0 | 1 | 12.188 | 24.375 | 48.750 | 97.500 | 1 | 1 | 1 | 0 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | 105.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14.063 | 28.125 | 56.250 | 112.50 |
| 位3 | 位2 | 位1 | 位0 | | | | | 深度轻载阈值(mV) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 328 μ s | 164 μ s | 82 μ s | 41 μ s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0.9375 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1.8750 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 2.8125 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 3.7500 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 4.6875 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 5.6250 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 6.5625 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 7.5000 | 15.000 | 30.000 | 60.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 8.4375 | 16.875 | 33.750 | 67.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 9.3750 | 18.750 | 37.500 | 75.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 10.313 | 20.625 | 41.250 | 82.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 11.250 | 22.500 | 45.000 | 90.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 12.188 | 24.375 | 48.750 | 97.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 13.125 | 26.250 | 52.500 | 105.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 14.063 | 28.125 | 56.250 | 112.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ADP1051

表126. 寄存器0xFE1C—深度轻载模式下的PWM输出禁用设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|-----------------------------|
| [7:6] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 5 | SR2禁用 | R/W | 在深度轻载模式下工作时, 该位置1将禁用SR2输出。 |
| 4 | SR1禁用 | R/W | 在深度轻载模式下工作时, 该位置1将禁用SR1输出。 |
| 3 | OUTD禁用 | R/W | 在深度轻载模式下工作时, 该位置1将禁用OUTD输出。 |
| 2 | OUTC禁用 | R/W | 在深度轻载模式下工作时, 该位置1将禁用OUTC输出。 |
| 1 | OUTB禁用 | R/W | 在深度轻载模式下工作时, 该位置1将禁用OUTB输出。 |
| 0 | OUTA禁用 | R/W | 在深度轻载模式下工作时, 该位置1将禁用OUTA输出。 |

表127. 寄存器0xFE1D—匹配逐周期限流设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------|-----------|--|----|----|------|---|---|-----------|---|---|-----------|---|---|-----------|---|---|-----------|
| 7 | 保留 | R/W | 保留。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 使能匹配逐周期限流 | R/W | 该位置1将使能匹配逐周期限流功能。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:4] | 选择匹配逐周期限流的PWM输出对 | R/W | 这些位选择匹配逐周期限流的PWM对。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>PWM对</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>OUTB和OUTD</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>OUTA和OUTC</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>OUTC和OUTD</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>OUTA和OUTB</td> </tr> </tbody> </table> | 位5 | 位4 | PWM对 | 0 | 0 | OUTB和OUTD | 0 | 1 | OUTA和OUTC | 1 | 0 | OUTC和OUTD | 1 | 1 | OUTA和OUTB |
| 位5 | 位4 | PWM对 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | OUTB和OUTD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | OUTA和OUTC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | OUTC和OUTD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | OUTA和OUTB | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | OUTD上升沿消隐 | R/W | 该位指定CS1逐周期限流比较器的消隐时间是否以OUTD的上升沿为基准。 0 = OUTD上升沿时不消隐。 1 = 消隐时间以OUTD上升沿为基准。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | OUTC上升沿消隐 | R/W | 该位指定CS1逐周期限流比较器的消隐时间是否以OUTC的上升沿为基准。 0 = OUTC上升沿时不消隐。 1 = 消隐时间以OUTC上升沿为基准。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | OUTB上升沿消隐 | R/W | 该位指定CS1逐周期限流比较器的消隐时间是否以OUTB的上升沿为基准。 0 = OUTB上升沿时不消隐。 1 = 消隐时间以OUTB上升沿为基准。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | OUTA上升沿消隐 | R/W | 该位指定CS1逐周期限流比较器的消隐时间是否以OUTA的上升沿为基准。 0 = OUTA上升沿时不消隐。 1 = 消隐时间以OUTA上升沿为基准。 | | | | | | | | | | | | | | | |

表128. 寄存器0xFE1E—轻载模式和深度轻载模式设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|--------|--|----|----|--------|--------|---|---|----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|----|
| [7:6] | 用于下垂控制的CS2均值速度 | R/W | 这些位设置用于下垂控制的CS2(输出电流)均值速度和分辨率。速度越快, 分辨率越低, 因此下降线精度也越低。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>速度(μs)</th> <th>分辨率(位)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>82</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>164</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>328</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>656</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> | 位7 | 位6 | 速度(μs) | 分辨率(位) | 0 | 0 | 82 | 7 | 0 | 1 | 164 | 8 | 1 | 0 | 328 | 9 | 1 | 1 | 656 | 10 |
| 位7 | 位6 | 速度(μs) | 分辨率(位) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 82 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 164 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 328 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 656 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:4] | 轻载模式和深度轻载模式均值速度 | R/W | 这些位设置用于轻载模式阈值和深度轻载模式阈值的均值速度和分辨率。更快的速度表示更低的分辨率, 因此阈值精度也更低。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>速度(μs)</th> <th>分辨率(位)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>41</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>82</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>164</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>328</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table> | 位5 | 位4 | 速度(μs) | 分辨率(位) | 0 | 0 | 41 | 6 | 0 | 1 | 82 | 7 | 1 | 0 | 164 | 8 | 1 | 1 | 328 | 9 |
| 位5 | 位4 | 速度(μs) | 分辨率(位) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 41 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 82 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 164 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 328 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------|---------|---|----|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|
| [3:2] | 轻载模式和深度轻载模式磁滞 | R/W | 这些位设置施加于轻载模式阈值和深度轻载模式阈值的磁滞量。LSB大小受位[5:4]中选定的速度和分辨率影响。若使用120 mV ADC范围和8位分辨率，则LSB大小为 $120\text{ mV}/2^8 = 469\text{ }\mu\text{V}$ 。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>磁滞(LSB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table> | 位3 | 位2 | 磁滞(LSB) | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 8 | 1 | 0 | 12 | 1 | 1 | 16 |
| 位3 | 位2 | 磁滞(LSB) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SR2对逐周期限流的响应 | R/W | 该位仅在SR2输出编程为与OUTA输出互补时适用。该位置1且存在逐周期限流时，如果逐周期限流禁用OUTA，则SR2上升沿开启。其下降沿仍然遵循编程值。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | SR1对逐周期限流的响应 | R/W | 该位仅在SR1输出编程为与OUTB输出互补时适用。该位置1且存在逐周期限流时，如果逐周期限流禁用OUTB，则SR1上升沿开启。其下降沿仍然遵循编程值。 | | | | | | | | | | | | | | | |

表129. 寄存器0xFE1F—CS1逐周期限流设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------|----------|--|----|----|----------|------------|---|---|---|---|----|---|---|----|---|---|-----|----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|
| 7 | 忽略CS1逐周期限流比较器 | R/W | 该位置1将导致忽略CS1 OCP比较器输出。CS1_OCP内部标志始终清0。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:4] | 前沿消隐 | R/W | 这些位决定前沿消隐时间。在此期间忽略CS1 OCP比较器输出。此时间从OUTA、OUTB、OUTC和OUTD的上升沿算起(可在寄存器0xFE1D[3:0]中编程)。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>前沿消隐时间(ns)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>800</td> </tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 位4 | 前沿消隐时间(ns) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40 | 0 | 1 | 0 | 80 | 0 | 1 | 1 | 120 | 1 | 0 | 0 | 200 | 1 | 0 | 1 | 400 | 1 | 1 | 0 | 600 | 1 | 1 | 1 | 800 |
| 位6 | 位5 | 位4 | 前沿消隐时间(ns) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [3:2] | 保留 | R/W | 保留。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1:0] | CS1逐周期限流去抖时间 | R/W | 这些位设置CS1逐周期限流的去抖时间。这是CS1信号在PWM输出关断之前必须始终保持高于CS1逐周期限流基准的最小时间。发生这种情况时，选定PWM输出在开关周期的剩余时间内可以禁用。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>去抖时间(ns)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table> | 位1 | 位0 | 去抖时间(ns) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40 | 1 | 0 | 80 | 1 | 1 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 位1 | 位0 | 去抖时间(ns) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ADP1051

电压检测和限值设置寄存器

表130. 寄存器0xFE20—VS增益校准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|---|
| 7 | 校准极性 | R/W | 0 = 引入正增益。 1 = 引入负增益。 |
| [6:0] | VS增益校准 | R/W | 这些位设置应用于VS ADC读数的增益校准量。VOUT_CAL_OFFSET校准完成后，该寄存器校准READ_VOUT命令中的电压读数。该寄存器校准到寄存器中的READ_VOUT读数与输出电压测量结果完全一致为止。 |

表131. 寄存器0xFE25—预偏置启动使能

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|--|
| 7 | 预偏置启动使能 | R/W | 此位置1将使能预偏置启动功能。若使能该功能，软启动斜坡将从当前输出电压开始。初始PWM调制值基于以下值产生：寄存器0xFE39设置、检测到的VOUT值和检测到的VIN值。为引入 V_{IN} 值进行初始调制计算，寄存器0xFE6C[1] = 1，除非正在使用闭环输入电压前馈工作模式。 |
| [6:0] | 保留 | R/W | 保留。 |

表132. 寄存器0xFE26—VOUT_OV_FAULT标志去抖

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------|------------|--|----|----|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [7:6] | VOUT_OV_FAULT标志去抖 | R/W | 这些位设置VOUT_OV_FAULT标志去抖时间。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>典型去抖时间(μs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> | 位7 | 位6 | 典型去抖时间(μs) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 8 |
| 位7 | 位6 | 典型去抖时间(μs) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:0] | 保留 | R/W | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | |

表133. 寄存器0xFE28—VF增益校准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|---|
| 7 | 校准极性 | R/W | 0 = 引入正增益。 1 = 引入负增益。 |
| [6:0] | VF校准 | R/W | 这些位设置应用于VF ADC读数的增益校准量。该寄存器校准VF引脚电压，使之处于外部电阻容差范围内。当VF引脚电压为1 V时，校准该寄存器，直到VF值寄存器读数为十进制1280 (0x500)。 |

表134. 寄存器0xFE29—VIN_ON和VIN_OFF延迟

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------|------------|--|----|----|------------|---|---|---|---|---|-----|---|---|----|---|---|-----|
| [7:6] | 保留 | R/W | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | VIN_UV_FAULT使能 | R/W | 该位置1将使能用于产生VIN_UV_FAULT标志的VIN_ON值和VIN_OFF值。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 电源转换停止延迟 | R/W | 设置从VIN_LOW标志置1到电源转换停止的延迟时间。 0 = 0 ms. 1 = 1 ms. | | | | | | | | | | | | | | | |
| [3:2] | 电源转换开始延迟 | R/W | 设置从VIN_LOW标志清0到电源转换开始的延迟时间。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>延迟时间(ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table> | 位3 | 位2 | 延迟时间(ms) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 1 | 0 | 40 | 1 | 1 | 80 |
| 位3 | 位2 | 延迟时间(ms) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1:0] | VIN_UV_FAULT标志去抖 | R/W | 位5置1时，设置VIN_UV_FAULT标志的去抖时间。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>典型去抖时间(ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> | 位1 | 位0 | 典型去抖时间(ms) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 1 | 0 | 10 | 1 | 1 | 100 |
| 位1 | 位0 | 典型去抖时间(ms) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | |

温度检测和保护设置寄存器

表135. 寄存器0xFE2A—RTD增益校准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|--------------------------|
| 7 | 增益极性 | R/W | 该位置1表示引入负增益。该位置0表示引入正增益。 |
| [6:0] | RTD增益校准 | R/W | 该值校准RTD检测增益。 |

表136. 寄存器0xFE2B—RTD偏置校正(MSB)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------------|-----|---|
| [7:3] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 2 | RTD电流源禁用 | R/W | 此位置1并且将值0x00写入寄存器0xFE2D, 则禁用RTD电流源。 |
| 1 | 校准极性 | R/W | 设置该位为1表示引入负失调。设置该位为0表示引入正失调。 |
| 0 | RTD偏置校正(MSB) | R/W | 此位与寄存器0xFE2C(即LSB)一同设置施加于RTD ADC读数的偏置校正量。 |

表137. 寄存器0xFE2C—RTD偏置校正(LSB)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------------|-----|---|
| [7:0] | RTD偏置校正(LSB) | R/W | 这8位与寄存器0xFE2B[0](即MSB)一同设置施加于RTD ADC读数的偏置校正量。 |

表138. 寄存器0xFE2D—RTD电流源设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------|---------------|---|----|----|---------------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|
| [7:6] | RTD电流设置 | R/W | 这些位设置RTD引脚上的电流源大小。 <table border="1" data-bbox="535 856 860 1024"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>电流源(μA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table> | 位7 | 位6 | 电流源(μ A) | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 20 | 1 | 0 | 30 | 1 | 1 | 40 |
| 位7 | 位6 | 电流源(μ A) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:0] | RTD电流校准 | R/W | 这6位用于校准RTD引脚上的电流源。每个LSB对应160 nA, 与位[7:6]中选择的RTD电流设置无关。 | | | | | | | | | | | | | | | |

表139. 寄存器0xFE2F—OT磁滞设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-------------------------|--|-----|-----|------|---|---|------------------------|---|---|----------------------|---|---|-------------------------|---|---|-----------------------|
| [7:3] | 保留 | R/W | 保留。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | OT_WARNING标志去抖 | R/W | 该位设置OT_WARNING标志去抖时间。 0 = 标志操作去抖时间设为100 ms。 1 = 标志操作去抖时间设为0 ms。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1:0] | OT磁滞 | R/W | 这些位设置OT磁滞。由于NTC热敏电阻或模拟温度传感器的温度系数为负值, 因此OT_FAULT标志清0电压阈值大于OT_FAULT标志置1电压阈值。 <table border="1" data-bbox="535 1360 860 1522"> <thead> <tr> <th>位 1</th> <th>位 0</th> <th>OT磁滞</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>OT磁滞 = 12.5 mV (4 LSB)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>OT磁滞 = 25 mV (8 LSB)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>OT磁滞 = 37.5 mV (12 LSB)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>OT磁滞 = 50 mV (16 LSB)</td> </tr> </tbody> </table> | 位 1 | 位 0 | OT磁滞 | 0 | 0 | OT磁滞 = 12.5 mV (4 LSB) | 0 | 1 | OT磁滞 = 25 mV (8 LSB) | 1 | 0 | OT磁滞 = 37.5 mV (12 LSB) | 1 | 1 | OT磁滞 = 50 mV (16 LSB) |
| 位 1 | 位 0 | OT磁滞 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | OT磁滞 = 12.5 mV (4 LSB) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | OT磁滞 = 25 mV (8 LSB) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | OT磁滞 = 37.5 mV (12 LSB) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | OT磁滞 = 50 mV (16 LSB) | | | | | | | | | | | | | | | | |

数字补偿器和调制设置寄存器

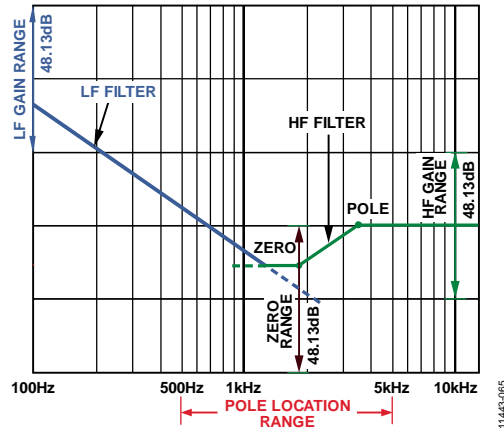


图66. 数字补偿器可编程性

表140. 寄存器0xFE30—正常模式补偿器低频增益设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|---|
| [7:0] | 正常模式低频增益 | R/W | 该寄存器决定正常模式下数字补偿器的低频增益。它可在48.13 dB范围内编程。参见图66。 |

表141. 寄存器0xFE31—正常模式补偿器零点设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|------------------------------|
| [7:0] | 正常模式零点设置 | R/W | 该寄存器决定正常模式下数字补偿器的零点位置。参见图66。 |

表142. 寄存器0xFE32—正常模式补偿器极点设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|------------------------------|
| [7:0] | 正常模式极点设置 | R/W | 该寄存器决定正常模式下数字补偿器的极点位置。参见图66。 |

表143. 寄存器0xFE33—正常模式补偿器高频增益设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|---|
| [7:0] | 正常模式高频增益 | R/W | 该寄存器决定正常模式下数字补偿器的高频增益。它可在48.13 dB范围内编程。参见图66。 |

表144. 寄存器0xFE34—轻载模式补偿器低频增益设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|--|
| [7:0] | 轻载模式低频增益 | R/W | 该寄存器决定轻载模式和深度轻载模式下数字补偿器的低频增益。它可在48.13 dB范围内编程。参见图66。 |

表145. 寄存器0xFE35—轻载模式补偿器零点设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|-------------------------------------|
| [7:0] | 轻载模式零点设置 | R/W | 该寄存器决定轻载模式和深度轻载模式下数字补偿器的零点位置。参见图66。 |

表146. 寄存器0xFE36—轻载模式补偿器极点设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|-------------------------------------|
| [7:0] | 轻载模式极点设置 | R/W | 该寄存器决定轻载模式和深度轻载模式下数字补偿器的极点位置。参见图66。 |

表147. 寄存器0xFE37—轻载模式补偿器高频增益设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|----------|-----|--|
| [7:0] | 轻载模式高频增益 | R/W | 该寄存器决定轻载模式和深度轻载模式下数字补偿器的高频增益。它可在48.13 dB范围内编程。参见图66。 |

表148. 寄存器0xFE38—伏秒平衡的CS1阈值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|------------|-----|---|
| [7:0] | 伏秒平衡的CS1阈值 | R/W | 该寄存器设置使能伏秒平衡控制的CS1阈值。伏秒平衡控制功能仅在此CS1值大于此阈值时激活。每个LSB为6.25 mV。 |

表149. 寄存器0xFE39—预偏置启动的额定调制值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------|-----|--|-------------|----------------|-------|----|----------|----|-----------|----|-----------|----|
| [7:0] | 预偏置启动功能的额定调制值 | R/W | 这些位设置输入电压和输出电压处于额定条件时的额定调制值。它用于根据检测到的 V_{OUT} 值和 V_{IN} 值，计算预偏置启动的初始调制值。如果寄存器0xFE6C[1]清0，则输入电压始终被视为额定输入条件，除非正在使用闭环前馈工作模式。 | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>开关频率范围(kHz)</th> <th>与LSB对应的分辨率(ns)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>49至87</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>97.5至184</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>195.5至379</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>390.5至625</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> | 开关频率范围(kHz) | 与LSB对应的分辨率(ns) | 49至87 | 80 | 97.5至184 | 40 | 195.5至379 | 20 | 390.5至625 | 10 |
| 开关频率范围(kHz) | 与LSB对应的分辨率(ns) | | | | | | | | | | | | |
| 49至87 | 80 | | | | | | | | | | | | |
| 97.5至184 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 195.5至379 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| 390.5至625 | 10 | | | | | | | | | | | | |

表150. 寄存器0xFE3A—恒流速度和SR驱动器延迟

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|------------|---|----|----|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [7:6] | 恒流模式期间的VS电压变化率 | R/W | <p>这些位设置恒流工作模式下的VS电压变化率。9位CS2均值速度的基本变化率为1.18 mV/ms。7位CS2均值速度的基本变化率为4.72 mV/ms。这两位设置恒流工作模式下的输出电压变化率。例如，在一个12 V输出系统中，如果寄存器0xFE1B[4] = 1且寄存器0xFE3A[7:6] = 11，则输出电压变化率为：</p> $4.72 \text{ mV/ms} \times 8 \times 12 = 453 \text{ mV/ms}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>变化率(mV/ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> | 位7 | 位6 | 变化率(mV/ms) | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 | 1 | 1 | 8 |
| 位7 | 位6 | 变化率(mV/ms) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5:0] | SR栅极驱动延迟 | R/W | 这些位以5 ns的步进设置SR栅极驱动延迟。最大延迟为315 ns。 | | | | | | | | | | | | | | | |

表151. 寄存器0xFE3B—PWM 180°移相设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|-----------------|-----|---|
| 7 | 伏秒平衡前沿消隐 | R/W | 此位置1表示伏秒平衡计算时，CS1在选定用于伏秒平衡的那些PWM输出的上升沿消隐。消隐时间与CS1逐周期限流设置相同。 |
| 6 | 每个相位进行伏秒平衡50%消隐 | R/W | 此位置1可将CS1上的电流采样周期限制为低于50%的半周期。 |
| 5 | SR2 180°移相 | R/W | 此位置1时，SR2边沿的时序增加180°移相。 |
| 4 | SR1 180°移相 | R/W | 此位置1时，SR1边沿的时序增加180°移相。 |
| 3 | OUTD 180°移相 | R/W | 此位置1时，OUTD边沿的时序增加180°移相。 |
| 2 | OUTC 180°移相 | R/W | 此位置1时，OUTC边沿的时序增加180°移相。 |
| 1 | OUTB 180°移相 | R/W | 此位置1时，OUTB边沿的时序增加180°移相。 |
| 0 | OUTA 180°移相 | R/W | 此位置1时，OUTA边沿的时序增加180°移相。 |

ADP1051

图67和寄存器0xFE3C说明调制限值设置。

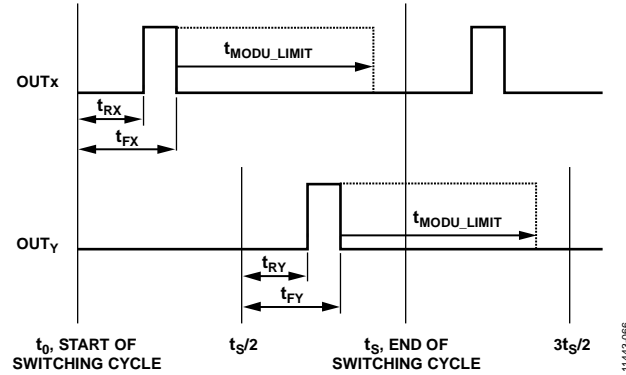


图67. 设置调制限值

表152. 寄存器0xFE3C—调制限值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | |
|-------|-----------|-----|---|-----------|
| [7:0] | 调制限值 | R/W | 该寄存器设置调制限值 t_{MODU_LIMIT} (最大占空比)。调制限值是调制边沿相对于默认时序的最大时间变化量(参见图67)。一个LSB的步长取决于开关频率。 | |
| | | | 开关频率范围(kHz) | LSB步长(ns) |
| | | | 49至87 | 80 |
| | | | 97.5至184 | 40 |
| | 195.5至379 | 20 | | |
| | 390.5至625 | 10 | | |

表153. 寄存器0xFE3D—前馈和软启动滤波器增益

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | |
|-------|------------------|-----|---|----|----------|
| 7 | 开环输入电压前馈工作的软启动使能 | R/W | 此位置1将使能开环输入电压前馈工作的软启动程序。使用该功能时，位6置1。 | | |
| 6 | 开环输入电压前馈工作使能 | R/W | 0 = 开环输入电压前馈工作禁用。 1 = 开环输入电压前馈工作使能。 | | |
| 5 | 高频ADC去抖时间 | R/W | 此位设置用于检测VS高频ADC设置的去抖时间。必须将位4置1才能使能该功能。 0 = 5 ms去抖时间。 1 = 10 ms去抖时间。 | | |
| 4 | 高频ADC去抖使能 | R/W | 此位置1将使能软启动结束时用于检测VS高频ADC设置的去抖时间。去抖时间使用位5设置。 | | |
| 3 | 前馈ADC选择 | R/W | 此位始终置1以选择11位VF ADC(工厂默认设置)。 | | |
| 2 | 前馈使能 | R/W | 此位使能或禁用闭环工作期间的前馈控制。 0 = 闭环输入电压前馈控制禁用。 1 = 闭环输入电压前馈控制使能。 | | |
| [1:0] | 软启动滤波器增益 | R/W | 这些位设置软启动滤波器的软启动增益。 | | |
| | | | 位1 | 位0 | 软启动滤波器增益 |
| | | | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 2 |
| | | | 1 | 0 | 4 |
| 1 | 1 | 8 | | | |

PWM输出时序寄存器

图68以及寄存器0xFE3E至寄存器0xFE53描述了ADP1051产生的6个PWM信号的实现与编程。

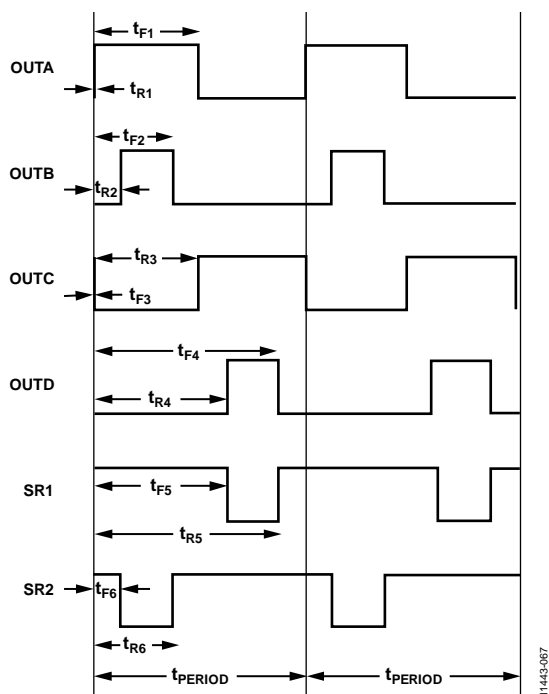


图68. PWM时序图

表154. 寄存器0xFE3E/41/44/47/4A/4D—OUTA/OUTB/OUTC/OUTD/SR1/SR2上升沿时序

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------------------|-----|--|
| [7:0] | 上升沿时序 t_{R_x} (MSB) | R/W | 该寄存器包含12位 t_{R_x} 时间的八个MSB。该值始终与寄存器0xFE40、寄存器0xFE43、寄存器0xFE46、寄存器0xFE49、寄存器0xFE4C和寄存器0xFE4F的前四位一起使用，这些寄存器包含位 t_{R_x} 时间的四个LSB。 t_{R_x} 代表 t_{R1} 、 t_{R2} 、 t_{R3} 、 t_{R4} 、 t_{R5} 和 t_{R6} 。每个LSB对应于5 ns分辨率。 |

表155. 寄存器0xFE3F/42/45/48/4B/4E—OUTA/OUTB/OUTC/OUTD/SR1/SR2下降沿时序

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------------------|-----|--|
| [7:0] | 下降沿时序 t_{F_x} (MSB) | R/W | 该寄存器包含12位 t_{F_x} 时间的八个MSB。该值始终与寄存器0xFE40、寄存器0xFE43、寄存器0xFE46、寄存器0xFE49、寄存器0xFE4C和寄存器0xFE4F的后四位一起使用，这些寄存器包含位 t_{F_x} 时间的四个LSB。 t_{F_x} 代表 t_{F1} 、 t_{F2} 、 t_{F3} 、 t_{F4} 、 t_{F5} 和 t_{F6} 。每个LSB对应于5 ns分辨率。 |

表156. 寄存器0xFE40/43/46/49/4C/4F—OUTA/OUTB/OUTC/OUTD/SR1/SR2上升沿和下降沿时序(LSB)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------------------|-----|--|
| [7:4] | 上升沿时序 t_{R_x} (LSB) | R/W | 这些位包含12位 t_{R_x} 时间的四个LSB。该值始终与寄存器0xFE3E、寄存器0xFE41、寄存器0xFE44、寄存器0xFE47、寄存器0xFE4A和寄存器0xFE4D的八位一起使用，这些寄存器包含位 t_{R_x} 时间的八个MSB。 t_{R_x} 代表 t_{R1} 、 t_{R2} 、 t_{R3} 、 t_{R4} 、 t_{R5} 和 t_{R6} 。每个LSB对应于5 ns分辨率。 |
| [3:0] | 下降沿时序 t_{F_x} (LSB) | R/W | 这些位包含12位 t_{F_x} 时间的四个LSB。该值始终与寄存器0xFE3F、寄存器0xFE42、寄存器0xFE45、寄存器0xFE48、寄存器0xFE4B和寄存器0xFE4E的八位一起使用，这些寄存器包含位 t_{F_x} 时间的八个MSB。 t_{F_x} 代表 t_{F1} 、 t_{F2} 、 t_{F3} 、 t_{F4} 、 t_{F5} 和 t_{F6} 。每个LSB对应于5 ns分辨率。 |

ADP1051

表157. 寄存器0xFE50—OUTA和OUTB调制设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|--------------------|-----|--|
| 7 | OUTB t_{R2} 调制使能 | R/W | 0 = t_{R2} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{R2} 边沿。 |
| 6 | OUTB t_{R2} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{R2} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{R2} 左移。 |
| 5 | OUTB t_{F2} 调制使能 | R/W | 0 = t_{F2} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{F2} 边沿。 |
| 4 | OUTB t_{F2} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{F2} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{F2} 左移。 |
| 3 | OUTA t_{R1} 调制使能 | R/W | 0 = t_{R1} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{R1} 边沿。 |
| 2 | OUTA t_{R1} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{R1} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{R1} 左移。 |
| 1 | OUTA t_{F1} 调制使能 | R/W | 0 = t_{F1} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{F1} 边沿。 |
| 0 | OUTA t_{F1} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{F1} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{F1} 左移。 |

表158. 寄存器0xFE51—OUTC和OUTD调制设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|--------------------|-----|--|
| 7 | OUTD t_{R4} 调制使能 | R/W | 0 = t_{R4} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{R4} 边沿。 |
| 6 | OUTD t_{R4} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{R4} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{R4} 左移。 |
| 5 | OUTD t_{F4} 调制使能 | R/W | 0 = t_{F4} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{F4} 边沿。 |
| 4 | OUTD t_{F4} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{F4} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{F4} 左移。 |
| 3 | OUTC t_{R3} 调制使能 | R/W | 0 = t_{R3} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{R3} 边沿。 |
| 2 | OUTC t_{R3} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{R3} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{R3} 左移。 |
| 1 | OUTC t_{F3} 调制使能 | R/W | 0 = t_{F3} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{F3} 边沿。 |
| 0 | OUTC t_{F3} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{F3} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{F3} 左移。 |

表159. 寄存器0xFE52—SR1和SR2调制设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|-------------------|-----|--|
| 7 | SR2 t_{R6} 调制使能 | R/W | 0 = t_{R6} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{R6} 边沿。 |
| 6 | SR2 t_{R6} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{R6} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{R6} 左移。 |
| 5 | SR2 t_{F6} 调制使能 | R/W | 0 = t_{F6} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{F6} 边沿。 |
| 4 | SR2 t_{F6} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{F6} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{F6} 左移。 |
| 3 | SR1 t_{R5} 调制使能 | R/W | 0 = t_{R5} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{R5} 边沿。 |
| 2 | SR1 t_{R5} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{R5} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{R5} 左移。 |
| 1 | SR1 t_{F5} 调制使能 | R/W | 0 = t_{F5} 边沿无PWM调制。 1 = PWM调制作用于 t_{F5} 边沿。 |
| 0 | SR1 t_{F5} 调制符号 | R/W | 0 = 正号。增加PWM调制使 t_{F5} 右移。 1 = 负号。增加PWM调制使 t_{F5} 左移。 |

表160. 寄存器0xFE53—PWM输出禁用

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|----------------|
| [7:6] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 5 | SR2禁用 | R/W | 设置该位将禁用SR2输出。 |
| 4 | SR1禁用 | R/W | 设置该位将禁用SR1输出。 |
| 3 | OUTD禁用 | R/W | 设置该位将禁用OUTD输出。 |
| 2 | OUTC禁用 | R/W | 设置该位将禁用OUTC输出。 |
| 1 | OUTB禁用 | R/W | 设置该位将禁用OUTB输出。 |
| 0 | OUTA禁用 | R/W | 设置该位将禁用OUTA输出。 |

伏秒平衡控制寄存器

表161. 寄存器0xFE54—伏秒平衡控制一般设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|----------|--|----|----|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|
| 7 | 伏秒平衡使能控制 | R/W | 此位置1将使能伏秒平衡控制。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 伏秒平衡控制源选择, OUTD | R/W | 若该位置1, 则OUTD上升沿选中作为伏秒平衡控制的积分周期起点。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 伏秒平衡控制源选择, OUTC | R/W | 若该位置1, 则OUTC上升沿选中作为伏秒平衡控制的积分周期起点。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 伏秒平衡控制源选择, OUTB | R/W | 若该位置1, 则OUTB上升沿选中作为伏秒平衡控制的积分周期起点。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 伏秒平衡控制源选择, OUTA | R/W | 若该位置1, 则OUTA上升沿选中作为伏秒平衡控制的积分周期起点。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 伏秒平衡控制限值 | R/W | 该位设置伏秒控制电路的最大调制量。 0 = ±160 ns。 1 = ±80 ns。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1:0] | 伏秒平衡控制增益 | R/W | 这些位设置伏秒平衡控制的增益。增益能够以系数64发生变化。当这些位设为00时, 大约需要700 ms达到伏秒平衡。当这些位设为11时, 大约需要10 ms达到伏秒平衡。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>伏秒平衡环路增益</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table> | 位1 | 位0 | 伏秒平衡环路增益 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 16 | 1 | 1 | 64 |
| 位1 | 位0 | 伏秒平衡环路增益 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | |

表162. 寄存器0xFE55—OUTA和OUTB上的伏秒平衡控制

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|---------------|-----|--|
| 7 | t_{R2} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTB上升沿(t_{R2})上的平衡控制调制。 |
| 6 | t_{R2} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使 t_{R2} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使 t_{R2} 左移。 |
| 5 | t_{F2} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTB下降沿(t_{F2})上的平衡控制调制。 |
| 4 | t_{F2} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使 t_{F2} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使 t_{F2} 左移。 |
| 3 | t_{R1} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTA上升沿(t_{R1})上的平衡控制调制。 |
| 2 | t_{R1} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使 t_{R1} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使 t_{R1} 左移。 |
| 1 | t_{F1} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTA下降沿(t_{F1})上的平衡控制调制。 |
| 0 | t_{F1} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使 t_{F1} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使 t_{F1} 左移。 |

ADP1051

表163. 寄存器0xFE56—OUTC和OUTD上的伏秒平衡控制

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|----------------------|-----|--|
| 7 | t _{R4} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTD上升沿(t _{R4})上的平衡控制调制。 |
| 6 | t _{R4} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{R4} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{R4} 左移。 |
| 5 | t _{F4} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTD下降沿(t _{F4})上的平衡控制调制。 |
| 4 | t _{F4} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{F4} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{F4} 左移。 |
| 3 | t _{R3} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTC上升沿(t _{R3})上的平衡控制调制。 |
| 2 | t _{R3} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{R3} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{R3} 左移。 |
| 1 | t _{F3} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能OUTC下降沿(t _{F3})上的平衡控制调制。 |
| 0 | t _{F3} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{F3} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{F3} 左移。 |

表164. 寄存器0xFE57—SR1和SR2上的伏秒平衡控制

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|----------------------|-----|--|
| 7 | t _{R6} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能SR2上升沿(t _{R6})上的平衡控制调制。 |
| 6 | t _{R6} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{R6} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{R6} 左移。 |
| 5 | t _{F6} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能SR2下降沿(t _{F6})上的平衡控制调制。 |
| 4 | t _{F6} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{F6} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{F6} 左移。 |
| 3 | t _{R5} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能SR1上升沿(t _{R5})上的平衡控制调制。 |
| 2 | t _{R5} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{R5} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{R5} 左移。 |
| 1 | t _{F5} 平衡设置 | R/W | 该位置1将使能SR1下降沿(t _{F5})上的平衡控制调制。 |
| 0 | t _{F5} 平衡方向 | R/W | 0 = 正号。增加平衡控制调制使t _{F5} 右移。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t _{F5} 左移。 |

占空比读数设置寄存器

表165. 寄存器0xFE58—占空比读数设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-------------|-----|---|
| [7:6] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 5 | OUTD占空比报告 | R/W | 1 = READ_DUTY_CYCLE报告OUTD占空比值。 |
| 4 | OUTC占空比报告 | R/W | 1 = READ_DUTY_CYCLE报告OUTC占空比值。 |
| 3 | OUTB占空比报告 | R/W | 1 = READ_DUTY_CYCLE报告OUTB占空比值。 |
| 2 | OUTA占空比报告 | R/W | 1 = READ_DUTY_CYCLE报告OUTA占空比值。 |
| 1 | 移相拓扑的占空比报告 | R/W | 此位置1将使能移相全桥拓扑的占空比报告。占空比值代表移相全桥拓扑中OUTA和OUTD的重叠部分。 |
| 0 | 输入电压补偿的极性设置 | R/W | 此位置1将根据输入电流读数READ_IIN对输入电压读数READ_VIN应用一个偏移。补偿乘法器在寄存器0xFE59中设置。它用于补偿电流导通引起的压降。 0 = 正极性补偿。 1 = 负极性补偿。 |

表166. 寄存器0xFE59—输入电压补偿乘法器

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------|-----|--|
| [7:0] | 输入电压补偿乘法器 | R/W | 这些位指定输入电压补偿系数的乘法器N。补偿公式为 $N \times (\text{寄存器0xFE58}[15:4] \text{值}) \div 2^{11}$ ，结果增加到寄存器0xFE58[15:5]。补偿极性由寄存器0xFE58[0]设置。 |

自适应死区补偿寄存器

表167. 寄存器0xFE5A—自适应死区补偿阈值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-----------|-----|---|
| [7:0] | 自适应死区补偿阈值 | R/W | 该寄存器设置自适应死区补偿阈值。此8位数与CS1值寄存器（寄存器0xFE7）的8个MSB进行比较。当CS1电流低于此阈值时，与CS1电流成线性函数关系的PWM信号的边沿受影响，具体影响取决于寄存器0xFE5B到寄存器0xFE60的设置。该寄存器编程为0x00时，自适应死区补偿功能禁用。 |

表168. 寄存器0xFE5B—OUTA死区时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | t_{R1} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:4] | t_{R1} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{R1} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | t_{F1} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | t_{F1} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{F1} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表169. 寄存器0xFE5C—OUTB死区时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | t_{R2} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:4] | t_{R2} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{R2} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | t_{F2} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ADP1051

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|-----|
| [2:0] | t_{F2} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{F2} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | |
| | | | 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 6 |
| | | | 1 | 1 | 1 | 7 |

表170. 寄存器0xFE5D—OUTC死区时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|-----|
| 7 | t_{R3} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | |
| [6:4] | t_{R3} 偏移乘法器 | | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{R3} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | |
| | | | 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 6 |
| | | | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 3 | t_{F3} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | |
| [2:0] | t_{F3} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{F3} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | |
| | | | 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 6 |
| | | | 1 | 1 | 1 | 7 |

表171. 寄存器0xFE5E—OUTD死区时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|-----|
| 7 | t_{R4} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | |
| [6:4] | t_{R4} 偏移乘法器 | | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{R4} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | |
| | | | 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 6 |
| | | | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 3 | t_{F4} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | |

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [2:0] | t_{F4} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{F4} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表172. 寄存器0xFE5F—SR1死区时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | t_{RS} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:4] | t_{RS} 偏移乘法器 | | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{RS} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | t_{FS} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2:0] | t_{FS} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{FS} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表173. 寄存器0xFE60—SR2死区时间

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | t_{R6} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [6:4] | t_{R6} 偏移乘法器 | | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{R6} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位6 | 位5 | 位4 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | t_{F6} 极性 | R/W | 0 = 正极性；1 = 负极性。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ADP1051

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-----|---|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [2:0] | t_{r6} 偏移乘法器 | R/W | 此值与寄存器0xFE66[2:0]指定的步长相乘以确定 t_{r6} 相对于0 A输入电流时的额定时序的偏移。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>乘法器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> | 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 位2 | 位1 | 位0 | 乘法器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

其他寄存器设置

表174. 寄存器0xFE61—GO命令

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|--|
| [7:3] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 2 | 频率GO | R/W | 此位将寄存器0x33的内容同步锁存到用于计算开关频率的阴影寄存器。读取此位始终返回1。 |
| 1 | PWM设置GO | R/W | 此位将寄存器0xFE3E至寄存器0xFE53的内容同步锁存到用于计算PWM边沿时序的阴影寄存器。读取此位始终返回1。 |
| 0 | 保留 | R/W | 保留。 |

表175. 寄存器0xFE62—自定义寄存器

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------|-----|-----------------|
| [7:0] | 自定义寄存器 | R/W | 这些位可供用户存储自定义信息。 |

表176. 寄存器0xFE63—开环输入电压前馈工作的调制基准MSB

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|---|-------------|-----------|-------|----|----------|----|-----------|----|-----------|----|
| [7:0] | 调制基准设置MSB | R/W | 该寄存器设置开环前馈工作模式下模式下调制基准的8个MSB。一个LSB的步长取决于开关频率。 | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>开关频率范围(kHz)</th> <th>LSB步长(ns)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>49至87</td><td>80</td></tr> <tr><td>97.5至184</td><td>40</td></tr> <tr><td>195.5至379</td><td>20</td></tr> <tr><td>390.5至625</td><td>10</td></tr> </tbody> </table> | 开关频率范围(kHz) | LSB步长(ns) | 49至87 | 80 | 97.5至184 | 40 | 195.5至379 | 20 | 390.5至625 | 10 |
| 开关频率范围(kHz) | LSB步长(ns) | | | | | | | | | | | | |
| 49至87 | 80 | | | | | | | | | | | | |
| 97.5至184 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 195.5至379 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| 390.5至625 | 10 | | | | | | | | | | | | |

表177. 寄存器0xFE64—开环输入电压前馈工作的调制基准LSB

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|---|-------------|-----------|-------|-------|----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|
| [7:0] | 调制基准设置LSB | R/W | 该寄存器设置开环前馈工作模式下模式下调制基准的8个LSB。一个LSB的步长取决于开关频率。 | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>开关频率范围(kHz)</th> <th>LSB步长(ps)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>49至87</td><td>312.5</td></tr> <tr><td>97.5至184</td><td>156.25</td></tr> <tr><td>195.5至379</td><td>78.125</td></tr> <tr><td>390.5至625</td><td>39.0625</td></tr> </tbody> </table> | 开关频率范围(kHz) | LSB步长(ps) | 49至87 | 312.5 | 97.5至184 | 156.25 | 195.5至379 | 78.125 | 390.5至625 | 39.0625 |
| 开关频率范围(kHz) | LSB步长(ps) | | | | | | | | | | | | |
| 49至87 | 312.5 | | | | | | | | | | | | |
| 97.5至184 | 156.25 | | | | | | | | | | | | |
| 195.5至379 | 78.125 | | | | | | | | | | | | |
| 390.5至625 | 39.0625 | | | | | | | | | | | | |

表178. 寄存器0xFE65—电流值更新速率设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | |
|-------|---------|-----|---|----|------------------|
| [7:2] | 保留 | R/W | 保留。 | | |
| [1:0] | 电流值更新速率 | R/W | 这些位指定CS1(READ_IIN命令、寄存器0x89)和CS2(READ_IOUT命令、寄存器0x8C)的电流值更新速率。默认情况下, 电流值每10 ms更新一次。 | | |
| | | | 位1 | 位0 | CS1、CS2值更新速率(ms) |
| | | | 0 | 0 | 10(默认值) |
| | | | 0 | 1 | 52 |
| | | | 1 | 0 | 105 |
| 1 | 1 | 210 | | | |

表179. 寄存器0xFE66—自适应死区补偿配置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | |
|-------|--------|-----|---|----|----------|-----------|
| [7:6] | 均值周期 | R/W | 这些位指定用于设置自适应死区时间的CS1电流均值周期。建议将均值时间设置为远大于任何瞬变状况的值。 | | | |
| | | | 位7 | 位6 | 均值周期(ms) | |
| | | | 0 | 0 | 2.5 | |
| | | | 0 | 1 | 1.2 | |
| | | | 1 | 0 | 0.6 | |
| 1 | 1 | 0.3 | | | | |
| [5:3] | 更新速率 | R/W | 自适应死区补偿算法以5 ns的步长校准死区时间。这些位用于设置各步之间的PWM开关周期数。数值计算公式为 $2^N + 1$, 其中N是这些位指定的3位值。例如, 若N = 6(二进制110), 则每 $2^6 + 1 = 65$ 个开关周期, 各PWM边沿校准5 ns。 | | | |
| [2:0] | 偏移步长 | R/W | 这些位指定寄存器0xFE5B至寄存器0xFE60、位[6:4]和位[2:0]的编程步长。 | | | |
| | | | 位2 | 位1 | 位0 | LSB步长(ns) |
| | | | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | | | 0 | 0 | 1 | 10 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 15 |
| | | | 0 | 1 | 1 | 20 |
| | | | 1 | 0 | 0 | 25 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 30 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 35 |
| 1 | 1 | 1 | 40 | | | |

表180. 寄存器0xFE67—开环工作设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|------------|-----|--|
| 7 | 保留 | R | 保留。 |
| 6 | 跳脉冲模式使能 | R/W | 1 = 使能跳脉冲模式。如果ADP1051要求的调制值小于寄存器0xFE69设置的阈值, 则正在使用跳脉冲。 |
| 5 | SR2开环工作使能 | R/W | 开环工作模式下使用SR2时, 此位置1。 |
| 4 | SR1开环工作使能 | R/W | 开环工作模式下使用SR1时, 此位置1。 |
| 3 | OUTD开环工作使能 | R/W | 开环工作模式下使用OUTD时, 此位置1。 |
| 2 | OUTC开环工作使能 | R/W | 开环工作模式下使用OUTC时, 此位置1。 |
| 1 | OUTB开环工作使能 | R/W | 开环工作模式下使用OUTB时, 此位置1。 |
| 0 | OUTA开环工作使能 | R/W | 开环工作模式下使用OUTA时, 此位置1。 |

表181. 寄存器0xFE68—SR1和SR2的偏移设置

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------------|-----|--|
| [7:0] | SR1/SR2的偏移设置 | R/W | 如果SR_RC_FAULT标志被触发且寄存器0xFE03[7:6] = 11, 则这些位设置SR1和SR2上升沿的偏移值(t_{OFFSET})。上升沿从 $t_{\text{rx}} + t_{\text{MODU_LIMIT}}$ 左移 t_{OFFSET} 。每步对应于5 ns。 |

ADP1051

表182. 寄存器0xFE69—跳脉冲模式阈值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|---------|-----|-------------------------------|
| [7:0] | 跳脉冲模式阈值 | R/W | 这些位设置跳脉冲的调制脉冲宽度阈值。每个LSB为5 ns。 |

表183. 寄存器0xFE6A—CS3_OC_FAULT_LIMIT

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|--------------------|-----|--|
| [7:0] | CS3_OC_FAULT_LIMIT | R/W | CS3值寄存器0xFE6A中的8个MSB与该8位数进行比较。如果8个MSB值较大, 则CS3_OC_FAULT标志置1。 |

表184. 寄存器0xFE6B—OVP选择的调制阈值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------|-----|--|-------------|----------------|-------|----|----------|----|-----------|----|-----------|----|
| [7:0] | 条件式OVP响应的调制阈值 | R/W | 此值设置条件式OVP响应的调制阈值。实时调制值高于此阈值时, 寄存器0xFE6C[2]中的LARGE_MODULATION标志置1。 | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>开关频率范围(kHz)</th> <th>与LSB对应的分辨率(ns)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>49至87</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>97.5至184</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>195.5至379</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>390.5至625</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> | 开关频率范围(kHz) | 与LSB对应的分辨率(ns) | 49至87 | 80 | 97.5至184 | 40 | 195.5至379 | 20 | 390.5至625 | 10 |
| 开关频率范围(kHz) | 与LSB对应的分辨率(ns) | | | | | | | | | | | | |
| 49至87 | 80 | | | | | | | | | | | | |
| 97.5至184 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 195.5至379 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| 390.5至625 | 10 | | | | | | | | | | | | |

表185. 寄存器0xFE6C—OVP选择的调制标志

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|-------|-------------------------|-----|---|
| [7:3] | 保留 | R/W | 保留。 |
| 2 | LARGE_MODULATION | R | 当调制值高于寄存器0xFE6B中设置的阈值时, 此位置1。 |
| 1 | V _{IN} 前馈预偏置启动 | R/W | 此位仅在闭环前馈工作模式禁用(寄存器0xFE3D[2] = 0)时适用。如果闭环前馈工作模式使能, 则初始PWM调制值的计算始终包括V _{IN} 。 1 = 初始PWM调制值根据额定调制值(寄存器0xFE39)、检测到的V _{IN} 电压和检测到的V _{OUT} 电压计算。 0 = 初始PWM调制值根据额定调制值(寄存器0xFE39)和检测到的V _{OUT} 电压计算。忽略V _{IN} 电压。 |
| 0 | 条件式OVP使能 | R/W | 此位设置VOUT_OV_FAULT标志触发时的OVP操作。 0 = 条件式OVP禁用。OVP操作遵循PMBus VOUT_OV_FAULT_RESPONSE命令(寄存器0x41)。 1 = 条件式OVP使能。如果位2 = 1, 则OVP操作遵循PMBus VOUT_OV_FAULT_RESPONSE(寄存器0x41)。如果位2 = 0, 则OVP操作遵循扩展VOUT_OV_FAULT_RESPONSE操作(寄存器0xFE01[7:4])。 |

表186. 寄存器0xFE6D—同步期间的OUTA和OUTB校准基准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|---|-----|--|
| 7 | t _{R2} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTB上升沿(t _{R2})上的边沿校准。 |
| 6 | t _{R2} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 5 | t _{F2} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTB下降沿(t _{F2})上的边沿校准。 |
| 4 | t _{F2} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 3 | t _{R1} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTA上升沿(t _{R1})上的边沿校准。 |
| 2 | t _{R1} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 1 | t _{F1} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTA下降沿(t _{F1})上的边沿校准。 |
| 0 | t _{F1} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |

表187. 寄存器0xFE6E—同步期间的OUTC和OUTD校准基准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|---|-----|--|
| 7 | t _{R4} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTD上升沿(t _{R4})上的边沿校准。 |
| 6 | t _{R4} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 5 | t _{F4} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTD下降沿(t _{F4})上的边沿校准。 |
| 4 | t _{F4} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 3 | t _{R3} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTC上升沿(t _{R3})上的边沿校准。 |
| 2 | t _{R3} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 1 | t _{F3} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能OUTC下降沿(t _{F3})上的边沿校准。 |
| 0 | t _{F3} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |

表188. 寄存器0xFE6F—同步期间的SR1和SR2校准基准

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---|---|-----|--|
| 7 | t _{R6} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能SR2上升沿(t _{R6})上的边沿校准。 |
| 6 | t _{R6} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 5 | t _{F6} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能SR2下降沿(t _{F6})上的边沿校准。 |
| 4 | t _{F6} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 3 | t _{R5} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能SR1上升沿(t _{R5})上的边沿校准。 |
| 2 | t _{R5} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |
| 1 | t _{F5} 校准基准 | R/W | 该位置1将使能SR1下降沿(t _{F5})上的边沿校准。 |
| 0 | t _{F5} 以t _S 或t _S /2为基准 | R/W | 0 = 校准以t _S /2为基准。 1 = 校准以t _S 为基准。 |

寄存器0xFE70至寄存器0xFE9F—保留

ADP1051

用户自定义故障标志寄存器

表189. 寄存器0xFE00—标志寄存器1和寄存器0xFE03—锁存标志寄存器1(1 = 故障, 0 = 正常工作)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | 寄存器 | 操作 |
|---|------------------------|-----|---|---------------|---------------|
| 7 | CHIP_PASSWORD_UNLOCKED | R | 芯片密码解锁。 | | 无 |
| 6 | PGOOD | R | 至少设置下列标志之一: VOUT_OV_FAULT、VOUT_UV_FAULT、IOUT_OC_FAULT、OT_FAULT、OT_WARNING、VIN_UV_FAULT、IIN_OC_FAST_FAULT、SR_RC_FAULT、POWER_OFF、CRC_FAULT、SOFT_START_FILTER或POWER_GOOD。根据寄存器0xFE0D, 某些标志可屏蔽。 | 0xFE0D和0xFE0E | PG/ALT引脚设为低电平 |
| 5 | IIN_OC_FAST_FAULT | R | 发生输入过流快速故障。 | 0xFE1F | 可编程 |
| 4 | 保留 | R | 保留。 | | |
| 3 | CS3_OC_FAULT | R | 发生CS3过流故障。 | 0xFE6A | 可编程 |
| 2 | 保留 | R | 保留。 | | |
| 1 | 保留 | R | 保留。 | | |
| 0 | VDD_OV | R | V _{DD} 超出OVLO限值。I ² C/PMBus接口仍然工作, 但电源转换停止。 | 0xFE05 | 可编程 |

表190. 寄存器0xFE01—标志寄存器2和寄存器0xFE04—锁存标志寄存器2(1 = 故障, 0 = 正常工作)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | 寄存器 ¹ | 操作 ¹ |
|---|------------------|-----|--------------------------------|------------------|-----------------|
| 7 | 保留 | R | 保留。 | 不适用 | 不适用 |
| 6 | 保留 | R | 保留。 | 不适用 | 不适用 |
| 5 | SR_RC_FAULT | R | CS2反向电流降至SR_RC_FAULT_LIMIT以下。 | 0xFE1A | 可编程 |
| 4 | CONSTANT_CURRENT | R | 恒流模式正在使用。 | 0xFE1A, 0xFE1B | 可编程 |
| 3 | LIGHT_LOAD | R | 轻载模式(CS2电流低于轻载阈值) | 0xFE19 | 可编程 |
| 2 | VIN_UV_FAULT | R | V _{IN} 读数低于VIN_OFF限值。 | 0xFE29 | 可编程 |
| 1 | SYNC_LOCKED | R | 逐周期同步开始。 | N/A | 可编程 |
| 0 | FLAGIN | R | FLAGIN标志(SYNI/FLGI引脚)置1。 | 0xFE12 | 可编程 |

¹ N/A表示不适用。

表191. 寄存器0xFE02—标志寄存器3和寄存器0xFE05—锁存标志寄存器3(1 = 故障, 0 = 正常工作)

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | 寄存器 ¹ | 操作 ¹ |
|---|--------------------|-----|------------------------|------------------|-----------------|
| 7 | CHIP_ID | R | ADP1051中此位为1。 | 不适用 | 不适用 |
| 6 | PULSE_SKIPPING | R | 跳脉冲模式正在使用。 | 0xFE69 | 可编程 |
| 5 | ADAPTIVE_DEAD_TIME | R | 自适应死区补偿正在使用。 | 0xFE66 | 可编程 |
| 4 | DEEP_LIGHT_LOAD | R | 深度轻载模式(CS2电流低于深度轻载阈值)。 | 0xFE1B | 可编程 |
| 3 | EEPROM_UNLOCKED | R | EEPROM未锁定。 | 不适用 | 无 |
| 2 | CRC_FAULT | R | 下载的EEPROM内容不正确。 | 不适用 | 立即关断 |
| 1 | Modulation | R | 数字补偿器输出处于其最大或最小限值。 | 不适用 | 无 |
| 0 | SOFT_START_FILTER | R | 软启动滤波器正在使用。 | 不适用 | 无 |

¹ N/A表示不适用。

表192. 寄存器0xFE6—第一个标志ID

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 | | | | |
|-------|-----------|-----|---|----|----|----|-------------------|
| [7:4] | 之前第一个标志ID | R | 这些位返回造成电源上一次关断的标的的标志故障ID。之前的关断发生在位[3:0]确定的故障所引起的关断之前。 | | | | |
| | | | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 | 第一个标志 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 无标志 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 1 | IIN_OC_FAST_FAULT |
| | | | 0 | 0 | 1 | 0 | IOUT_OC_FAULT |
| | | | 0 | 0 | 1 | 1 | CS3_OC_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | VOUT_OV_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 0 | 1 | VOUT_UV_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 1 | 0 | VIN_UV_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 1 | 1 | FLAGIN |
| | | | 1 | 0 | 0 | 0 | SR_RC_FAULT |
| | | | 1 | 0 | 0 | 1 | OT_FAULT |
| | | | 1 | 0 | 1 | 0 | 保留 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 保留 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 保留 |
| [3:0] | 当前第一个标志ID | R | 这些位返回造成电源关断的故障的标志故障ID。 | | | | |
| | | | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 | 第一个标志 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 无标志 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 1 | IIN_OC_FAST_FAULT |
| | | | 0 | 0 | 1 | 0 | IOUT_OC_FAULT |
| | | | 0 | 0 | 1 | 1 | CS3_OC_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | VOUT_OV_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 0 | 1 | VOUT_UV_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 1 | 0 | VIN_UV_FAULT |
| | | | 0 | 1 | 1 | 1 | FLAGIN |
| | | | 1 | 0 | 0 | 0 | SR_RC_FAULT |
| | | | 1 | 0 | 0 | 1 | OT_FAULT |
| | | | 1 | 0 | 1 | 0 | 保留 |
| | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 保留 |
| | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 保留 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 保留 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 保留 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 保留 | | | |

ADP1051

用户自定义值读数寄存器

表193. 寄存器0xFE A7—CS1值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:4] | CS1电流值 | R | 此寄存器包含12位CS1电流信息。CS1输入引脚的范围是0V到1.6V。每个LSB对应390.625 μ V。0V输入时，此寄存器的值为0(十进制)。此引脚的额定电压为1V。1V输入时，这些位的值为0xA00(十进制2560)。该读数与READ_IIN命令相同。 |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 |

表194. 寄存器0xFE A8—CS2值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:4] | CS2电压值 | R | 此寄存器包含12位CS2输出电流信息。CS2 \pm 输入引脚的范围是0 mV到120 mV。每个LSB对应29.297 μ V。0V输入时，此寄存器的值为0。该读数与READ_IOUT命令相同。 |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 |

表195. 寄存器0xFE A9—CS3值

| 位 | 位名称/功能 | 类型 | 说明 |
|--------|--------|----|--|
| [15:4] | CS3电压值 | R | 此寄存器包含利用CS1读数和占空比信息计算的12位CS3电流信息。每个LSB对应于4 x 寄存器0xFE A7中的CS1 LSB，再乘以主变压器的匝数比n ($n = N_{PRI}/N_{SEC}$)。 |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 |

表196. 寄存器0xFE AA—VS值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:4] | VS电压值 | R | 此寄存器包含12位VS \pm 输出电压信息。VS \pm 输入引脚的范围是0V到1.6V。每个LSB对应390.625 μ V。0V输入时，此寄存器的值为0。VS+和VS-引脚的额定电压为1V。1V输入时，此寄存器的这些位的值为0xA00(十进制2560)。该读数与READ_VOUT命令相同。 |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 |

表197. 寄存器0xFE AB—RTD值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:4] | RTD温度值 | R | 这些位包含12位RTD温度信息，数值由RTD引脚决定。RTD输入引脚的范围是0V到1.6V。每个LSB对应390.625 μ V。0V输入时，此寄存器的值为0。RTD引脚的额定电压为1V。1V输入时，这些位的值为0xA00(十进制2560)。 |
| [3:0] | 保留 | R | 保留。 |

表198. 寄存器0xFE AC—VF值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|--|
| [15:5] | VF电压值 | R | 此寄存器包含11位VF电压信息。VF输入引脚的范围是0V到1.6V。每个LSB对应781.25 μ V。0V输入时，此寄存器的值为0。VF引脚的额定电压为1V。1V输入时，这些位的值为0x500(十进制1280)。该读数与READ_VIN命令相同。 |
| [4:0] | 保留 | R | 保留。 |

表199. 寄存器0xFE AD—占空比值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|---------|--------|-----|--|
| [15:12] | 保留 | R | 保留。 |
| [11:0] | 占空比值 | R | 此寄存器包含12位占空比信息。每个LSB对应0.0244%占空比。100%占空比时，这些位的值为0xFFFF(十进制4095)。 |

表200. 寄存器0xFEAE—输入功率值

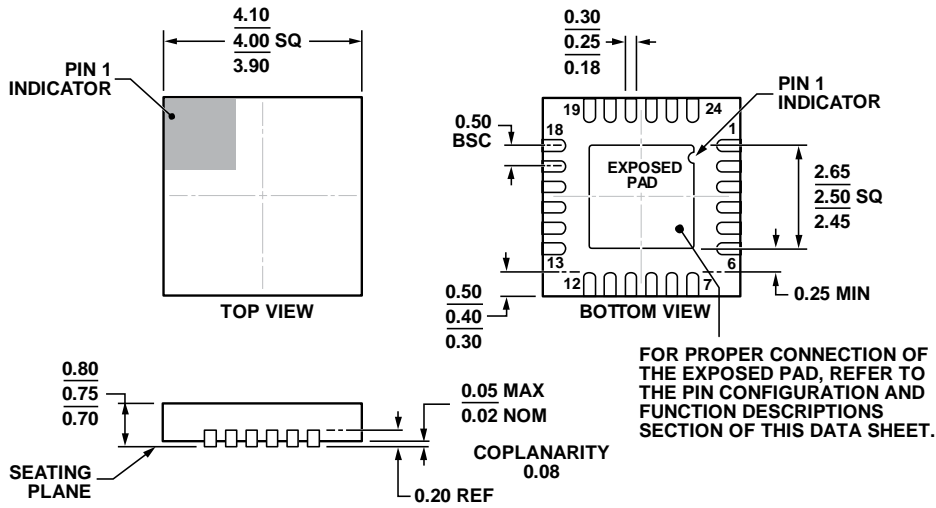
| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:0] | 输入功率值 | R | 此寄存器包含16位输入功率信息。该值是输入电压值(VF)与输入电流读数(CS1)的乘积。两个12位值的乘积是一个24位值，舍弃8个LSB。 |

表201. 寄存器0xFEAF—输出功率值

| 位 | 位名称/功能 | R/W | 说明 |
|--------|--------|-----|---|
| [15:0] | 输出功率值 | R | 此寄存器包含16位输出功率信息。该值是输出电压值(VS)与输出电流读数(CS2)的乘积。两个12位值的乘积是一个24位值，舍弃8个LSB。 |

ADP1051

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-WGGD.

图69. 24引脚引线框芯片级封装[LFCSP_WQ]
4 mm x 4 mm, 超薄体
(CP-24-7)
图示尺寸单位: mm

04-12-2012-A

订购指南

| 型号 ¹ | 温度范围 | 封装描述 | 封装选项 |
|-------------------|--------------|-------------------------|---------|
| ADP1051ACPZ-RL | -40°C至+125°C | 24引脚引线框芯片级封装[LFCSP_WQ] | CP-24-7 |
| ADP1051ACPZ-R7 | -40°C至+125°C | 24引脚引线框芯片级封装[LFCSP_WQ] | CP-24-7 |
| ADP1051-240-EVALZ | | ADP1051 240 W评估板 | |
| ADP1051DC1-EVALZ | | ADP1051子板 | |
| ADP-I2C-USB-Z | | USB至I ² C适配器 | |

¹ Z = 符合RoHS标准的设备。

I²C指最初由Philips Semiconductors(现为NXP Semiconductors)开发的一种通信协议。