

### 产品特性

集成所有典型PWM控制器功能

7个PWM控制信号

数字控制环路

集成可编程环路滤波器

可编程输入线电压前馈

专用软启动环路滤波器

远程和本地电压检测

原边和副边电流检测

同步整流控制

均流

OrFET控制

I<sup>2</sup>C总线接口

丰富的故障检测和保护

丰富的编程和远程控制

快速数字校准

用户可访问的EEPROM

### 应用

AC-DC电源

隔离式DC-DC电源

冗余电源系统

服务器、存储器、网络和通信基础设施

### 概述

ADP1046A是一款灵活的副边数字控制器，可用于AC-DC和隔离式DC-DC转换器。ADP1046A与ADP1043A引脚兼容，同时具有一些性能上的改进和新的特性，包括电压前馈和改进的环路响应，以实现最高效率。

ADP1046A还为实现最少的元件数量、最大的设计灵活性和最少的设计时间进行了优化。具体特性包括本地和远程电压检测、原边和副边电流检测、数字脉宽调制(PWM)产生、均流和冗余OrFET控制。数字环路滤波器和补偿功能已集成至该器件，可通过I<sup>2</sup>C接口编程。可编程的保护功能包括过流保护(OCP)、过压保护(OVP)、欠压闭锁(UVLO)和过温保护(OTP)。

内置EEPROM为集成的环路滤波器、PWM信号时序控制、浪涌电流、软启动时序控制提供了丰富的可编程选项。内置的校验和与可编程保护电路使器件的可靠性得以增强。

该器件还提供了图形用户界面(GUI)，便于进行环路滤波器和安全特性设计。符合工业标准的I<sup>2</sup>C总线提供了丰富的系统监控和测试功能。

ADP1046A为32引脚LFCSP封装，采用3.3 V单电源供电。

### 典型应用电路

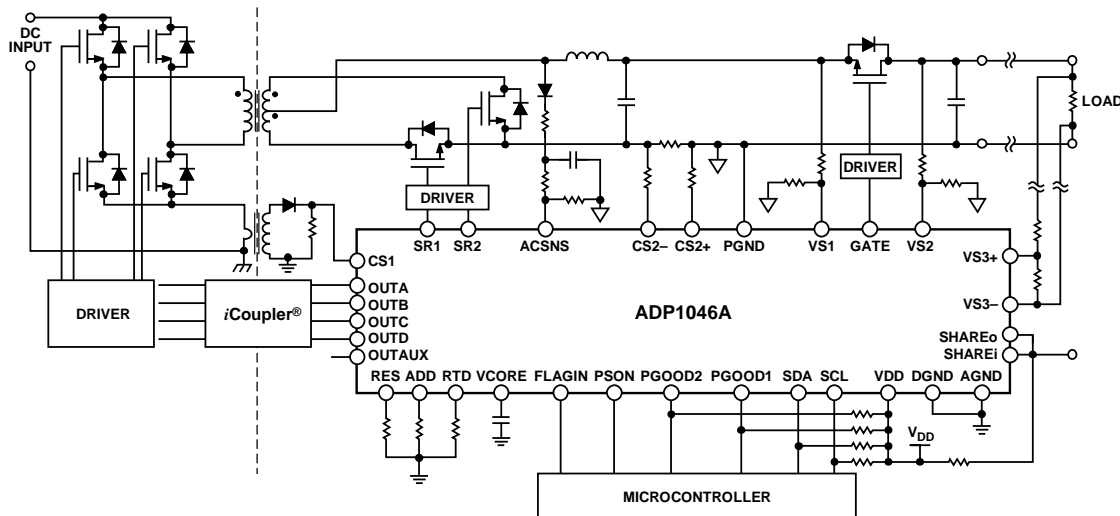


图1.

11012/001

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](http://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

特性.....	1	首次故障标识ID和数值寄存器.....	28
应用.....	1	外部标识输入(FLAGIN引脚).....	28
概述.....	1	温度读数(RTD引脚).....	28
典型应用电路.....	1	过温保护(OTP).....	29
修订历史.....	3	过流保护(OCP).....	29
技术规格.....	4	恒流模式.....	30
绝对最大额定值.....	9	过压保护(OVP).....	30
热阻.....	9	欠压保护(UVP).....	31
焊接.....	9	交流检测(ACSNS).....	31
ESD警告.....	9	伏秒平衡.....	31
引脚配置和功能描述.....	10	数字负载线和速率.....	32
典型性能参数.....	12	电源校准和调整.....	33
工作原理.....	14	CS1调整.....	33
电流检测.....	15	CS2调整.....	33
电压检测和控制环路.....	16	电压校准和调整.....	34
ADC.....	16	输出电压设置(VS3+、VS3-调整).....	34
VS1操作(VS1).....	16	VS1调整.....	34
VS2操作(VS2).....	17	VS2调整.....	34
VS3操作(VS3+、VS3-).....	17	RTD/OTP调整.....	34
电压线路前馈和ACSNS.....	17	ACSNS校准和调整.....	35
数字滤波器.....	17	布局指南.....	36
PWM和同步整流器输出(OUTA、OUTB、OUTC、		CS2+和CS2-.....	36
OUTD、OUTAUX、SR1、SR2).....	18	VS3+和VS3-.....	36
同步整流.....	19	VDD.....	36
同步整流器(SR)延迟.....	19	SDA和SCL.....	36
轻载模式.....	19	CS1.....	36
调制限值.....	19	裸露焊盘.....	36
软启动.....	20	VCORE.....	36
OrFET控制(GATE引脚).....	22	RES.....	36
VDD.....	24	RTD.....	36
VDD/VCORE OVLO.....	24	AGND、DGND和PGND.....	36
电源正常.....	24	I <sup>2</sup> C接口通信.....	37
均流.....	25	I <sup>2</sup> C概述.....	37
电源系统和故障监控.....	27	I <sup>2</sup> C地址.....	37
标识.....	27	数据传输.....	37
监控功能.....	27	广播支持.....	39
电压读数.....	27	10位寻址.....	39
电流读数.....	27	快速模式.....	39
电源读数.....	28	重复起始条件.....	39
电源监控精度.....	28	电气规格.....	39

故障条件.....	39	ID寄存器.....	62
超时条件.....	39	PWM和同步整流器时序寄存器.....	63
数据传输故障.....	39	数字滤波器编程寄存器.....	73
数据内容故障.....	39	软启动滤波器编程寄存器.....	75
EEPROM.....	41	扩展功能寄存器.....	75
EEPROM概述.....	41	EEPROM寄存器.....	79
页面擦除操作.....	41	谐振工作模式.....	82
读取操作(字节读取和块读取).....	41	谐振模式使能.....	82
写入操作(字节写入和块写入).....	42	谐振模式下的PWM时序.....	82
EEPROM密码.....	42	谐振模式下的同步整流.....	82
将EEPROM设置下载至内部寄存器.....	42	调节PWM输出时序.....	83
将寄存器设置保存至EEPROM.....	43	频率限值设置.....	83
EEPROM CRC校验和.....	43	谐振模式下的反馈控制.....	83
软件GUI.....	44	谐振模式下的软启动.....	83
寄存器列表.....	45	轻载操作(突发模式).....	83
寄存器描述.....	48	谐振模式下的OUTAUX引脚.....	83
故障寄存器.....	48	谐振模式下的保护功能.....	83
数值寄存器.....	51	谐振模式寄存器描述.....	84
电流检测和电流限值寄存器.....	54	外形尺寸.....	88
电压检测寄存器.....	59	订购指南.....	88

**修订历史**

**2013年2月—修订版0：初始版**

# ADP1046A

## 技术规格

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

表1.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
电源电压	$V_{DD}$	4.7 $\mu\text{F}$ 电容连接至AGND	3.0	3.3	3.6	V
电源电流	$I_{DD}$	正常工作(PSON高电平或低电平) EEPROM编程期间(40 ms) 关断( $V_{DD}$ 低于UVLO)		20 $I_{DD} + 8$ 100		mA mA $\mu\text{A}$
上电复位						
上电复位		$V_{DD}$ 上升			3.0	V
UVLO		$V_{DD}$ 下降	2.75	2.85	2.97	V
UVLO迟滞				40		mV
OVLO			3.8	4.0	4.1	V
OVLO去抖动		设置为2 $\mu\text{s}$ 时 设置为500 $\mu\text{s}$ 时		2.0 500		$\mu\text{s}$ $\mu\text{s}$
VCORE引脚						
输出电压		0.33 $\mu\text{F}$ 电容连接至DGND $T_A = 25^\circ\text{C}$	2.4	2.5	2.7	V
振荡器和PLL						
PLL频率		RES = 10 k $\Omega$ ( $\pm 0.1\%$ )	190	200	210	MHz
OUTA, OUTB, OUTC, OUTD, OUTAUX, SR1, SR2, GATE引脚						
输出低电压	$V_{OL}$	源电流 = 10 mA			0.4	V
输出高电压	$V_{OH}$	源电流 = 10 mA	$V_{DD} - 0.4$			V
上升时间		$C_{LOAD} = 50\text{ pF}$		3.5		ns
下降时间		$C_{LOAD} = 50\text{ pF}$		1.5		ns
VS1、VS2、VS3低速ADC						
输入电压范围	$V_{IN}$	VS1、VS2对PGND的差分电压; VS3+对VS3-引脚的差分电压。	0	1	1.6	V
可用输入电压范围			0		1.4	V
ADC时钟频率				1.56		MHz
寄存器更新速率				10		ms
电压检测测量精度		工厂调整至1.0V 可用输入电压范围: 0%至100%	-3.0 -48		+3.0 +48	% FSR mV
		可用输入电压范围: 10%至90%	-2.0 -32		+2.0 +32	% FSR mV
		900 mV至1.1 V	-1.0 -16		+1.0 +16	% FSR mV
温度系数					65	ppm/ $^\circ\text{C}$
漏电流					1.0	$\mu\text{A}$
电压检测测量分辨率				12		位
共模电压偏移			-0.25		+0.25	% FSR
VS3-至PGND电压差分			-200		+200	mV
VS1精确OVP速度		寄存器0x32[1:0] = 00; 等效分辨率为7位		80		$\mu\text{s}$
VS1 OVP阈值精度		相对于VS1的标称电压(1 V)而言	-2.0		+2.0	% FSR
VS2和VS3 OVP速度		寄存器0x33[1:0] = 00; 等效分辨率为7位		80		$\mu\text{s}$
VS2和VS3 OVP阈值精度		相对于VS2和VS3的标称电压(1 V)而言	-2.0		+2.0	% FSR

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
VS3高速ADC 等效采样频率 等效分辨率 动态范围	$f_{\text{SAMP}}$	$f_{\text{SW}} = 390.6 \text{ kHz}$		$f_{\text{SW}}$ 6 $\pm 30$		kHz 位 mV
VS1快速OVP比较器 阈值精度 传输延时		工厂调整为1.2 V时 其他阈值(0.8 V至1.6 V)时 不包括去抖动时间(寄存器0x0A[7] = 1)	-2.06	1 40	1.60 +2.06	% % ns
VS1 UVP数字比较器 VS1 UVP精度 传输延时		不包括去抖动时间(寄存器0x0B[3] = 1)	-2.0	80	+2.0	% FSR $\mu\text{s}$
交流检测比较器 输入电压阈值 传输延时 ADC时钟频率 输入电压范围 可用输入电压范围 I <sup>2</sup> C报告的采样频率 前馈采样周期 测量精度 漏电流	$V_{\text{ACSNS}}$	PWM和谐振模式 从ACSNS阈值至SRx上升沿(仅谐振模式) 等效分辨率为11位 工厂调整至1.0 V 可用输入电压范围: 0%至100% 可用输入电压范围: 10%至90% 900 mV至1.1 V	0.4 0 0 -5.0 -2.0 -1.0 -16	0.45 160 1.56 1 100 10	0.5 1.6 1.4	V ns MHz V V Hz $\mu\text{s}$ % FSR % FSR % FSR mV $\mu\text{A}$
电流检测1(CS1引脚) 输入电压范围 可用输入电压范围 ADC时钟频率 寄存器更新速率 电流检测测量精度 漏电流	$V_{\text{IN}}$	工厂调整至0.7 V; 直流输入条件下测试 可用输入电压范围: 10%至50% 可用输入电压范围: 0%至100% 可用输入电压范围: 40%至60% 可用输入电压范围: 10%至90%	0 0 -3.0 -41.4 -6.0 -84 -1.0 -2.0 -28	1 1.56 10 12 80 2.62	1.4 1.3 +3.0 +41.4 +3.0 +42 +1.0 +2.0 +28 5.24 1.0	V V MHz ms % FSR mV % FSR mV % FSR mV ms $\mu\text{A}$

# ADP1046A

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位	
电流检测2(CS2+、CS2-引脚)							
输入电压范围	V <sub>IN</sub>	CS2+至CS2-差分电压, LSB = 29.297 $\mu$ V	0		120	mV	
可用输入电压范围			0		110	mV	
ADC时钟频率				1.56			MHz
温度系数							
120 mV范围			0 mV至100 mV			78	ppm/ $^{\circ}$ C
			0 mV至50 mV			70	ppm/ $^{\circ}$ C
60 mV范围			0 mV至50 mV			156	ppm/ $^{\circ}$ C
			0 mV至25 mV			140	ppm/ $^{\circ}$ C
电流检测测量							
120 mV设置			0 mV至110 mV	-2.1		+2.1	% FSR
				-2.52		+2.52	mV
60 mV设置			0 mV至55 mV	-4.2		+4.2	% FSR
				-5.04		+5.04	mV
电流检测测量精度			采用0.01%电平转换电阻				
120 mV设置	0 mV至100 mV, V <sub>DD</sub> = 3.3 V	-0.9		+0.9	% FSR		
		-1.08		+1.08	mV		
60 mV设置	0 mV至55 mV, V <sub>DD</sub> = 3.3 V	-1.8		+1.8	% FSR		
		-2.16		+2.16	mV		
电流检测测量分辨率			12		位		
CS2精确OCP速度			2.62	5.24	ms		
反向灌电流(高端采样)			2		mA		
输出电流(低端采样)			200		$\mu$ A		
CS2+和CS2-引脚的共模电压	实现CS2测量精度	0.8	1.0	1.4	V		
OrFET保护(CS2+、CS2-)		低端和高端电流检测					
快速OrFET精度		-3 mV设置	+3.5	-3.00	-9.5	mV	
		-6 mV设置	+0.29	-6.21	-12.71	mV	
		-9 mV设置	-2.68	-9.43	-16.18	mV	
		-12 mV设置	-5.89	-12.64	-19.39	mV	
		-15 mV设置	-9.01	-15.86	-22.71	mV	
		-18 mV设置	-12.22	-19.07	-25.92	mV	
		-21 mV设置	-15.29	-22.29	-29.29	mV	
		-24 mV设置	-18.50	-25.50	-32.50	mV	
快速OrFET速度		去抖动时间 = 40 ns		110	150	ns	
RTD温度检测							
ADC时钟频率				1.56		MHz	
输入电压范围		RTD至AGND	0		1.6	V	
可用输入电压范围			0		1.3	V	
源电流		工厂调整至46 $\mu$ A(寄存器0x11设置为0xE6)	44.35	46	47.65	$\mu$ A	
		源电流设置为10 $\mu$ A	9.25	10.1	10.85	$\mu$ A	
		源电流设置为20 $\mu$ A	18.35	20.1	21.85	$\mu$ A	
		源电流设置为30 $\mu$ A	28.45	30.2	31.95	$\mu$ A	
		源电流设置为40 $\mu$ A	38.45	40.3	41.95	$\mu$ A	
源电流微调设置		参见寄存器0x11[5:0]		160		nA	
RTD ADC							
寄存器更新速率				10		ms	
分辨率				12		位	

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
测量精度		工厂调整至1V 10 mV至160 mV	-0.5 -8		+0.5 +8	% FSR mV
使用内部线性方案的温度读数		可用输入电压范围: 0%至100%  RTD源设置为46 $\mu$ A(寄存器0x11 设置为0xE6); NTC R0 = 100 k $\Omega$ , 1%; $\beta$ = 4250, 1%; REXT = 16.5 k $\Omega$ , 1% 25°C至100°C 100°C至125°C	-3.0 -42		+3.0 +42	% FSR mV
OTP					7 5	°C °C
阈值精度		T = 85°C (100 k $\Omega$   16.5 k $\Omega$ )  T = 100°C (100 k $\Omega$   16.5 k $\Omega$ )	-0.9 -14.4		+0.25 +4	% FSR mV
比较器速度				10.5		ms
OTP阈值迟滞				16		mV
PGOOD1、PGOOD2、SHAREo引脚 输出低电压	$V_{OL}$	漏极开路输出			0.4	V
PSON、SHAREi引脚 输入低电压	$V_{IL}$	数字输入			0.8	V
输入高电压	$V_{IH}$		$V_{DD} - 0.8$			V
漏电流					1.0	$\mu$ A
FLAGIN引脚 输入低电压	$V_{IL}$	数字输入			0.4	V
输入高电压	$V_{IH}$		$V_{DD} - 0.8$			V
传输延时		不包括去抖动时间(寄存器0x0A[3] = 1); 标识动作设置为关断PSU		200		ns
漏电流					1.0	$\mu$ A
GATE引脚 输出低电压	$V_{OL}$				0.4	V
输出高电压	$V_{OH}$		$V_{DD} - 0.4$			V
SDA/SCL引脚 输入低电压	$V_{IL}$	$V_{DD} = 3.3$ V			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
漏电流					1.0	$\mu$ A
串行总线时序		参见图2				
时钟工作频率			10	100	400	kHz
总线空闲时间	$t_{BUF}$	介于停止条件与起始条件之间	1.3			$\mu$ s
起始条件保持时间	$t_{HD,STA}$	(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 重复起始条件的建立时间	0.6			$\mu$ s
起始条件建立时间	$t_{SU,STA}$		0.6			$\mu$ s
停止条件建立时间	$t_{SU,STO}$		0.6			$\mu$ s
SDA建立时间	$t_{SU,DAT}$		100			ns
SDA保持时间	$t_{HD,DAT}$	用于读回 用于写入	125 300			ns ns
SCL低电平超时	$t_{TIMEOUT}$		25		35	ms
SCL低电平周期	$t_{LOW}$		1.3			$\mu$ s
SCL高电平周期	$t_{HIGH}$		0.6			$\mu$ s
时钟低电平延长时间	$t_{LO,SEXT}$				25	ms
SCL、SDA下降时间	$t_F$		20		300	ns
SCL、SDA上升时间	$t_R$		20		300	ns

# ADP1046A

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
EEPROM可靠性						
耐久性 <sup>1</sup>		$T_j = 85^\circ\text{C}$	10,000			周期
		$T_j = 125^\circ\text{C}$	1000			周期
数据保持 <sup>2</sup>		$T_j = 85^\circ\text{C}$	20			年
		$T_j = 125^\circ\text{C}$	10			年

<sup>1</sup> 耐久性是在-40°C、+25°C、+85°C和+125°C时依据JEDEC 22标准方法A117来认定的。耐久性条件可能随正在申请的EEPROM认证而改变。

<sup>2</sup> 根据JEDEC 22标准方法A117，保持期限相当于85°C结温时的寿命。125°C结温( $T_j$ )时的降额保持期限等效值为2.87年，且可能随正在申请的EEPROM认证而改变。

## 时序图

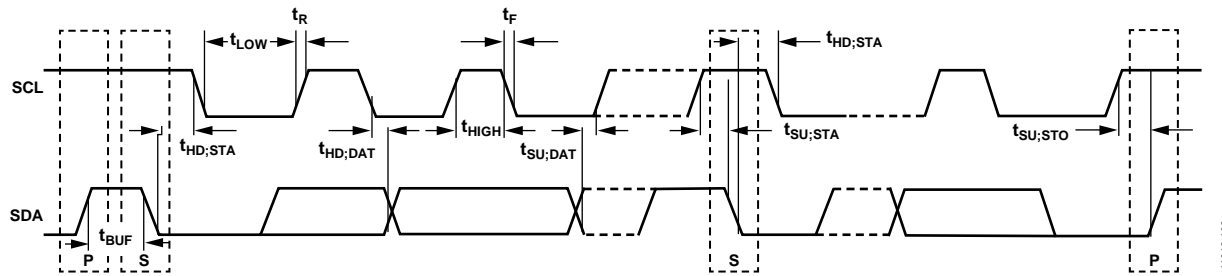


图2. 串行总线时序图

11012-103



## 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、OUTAUX、SR1、SR2、GATE、PGOOD1、PGOOD2	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
VS3-至PGND、AGND、DGND	-0.3 V至+0.3 V
VS1、VS2、VS3+、ACSNS	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
RTD、ADD	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
CS1、CS2+、CS2-	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
FLAGIN、PSON	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
SDA、SCL	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
SHAREo、SHAREi	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V
工作温度范围	-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充电装置模型	1.5 kV
ESD人体模型	3.5 kV

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值，并不能以这些条件或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

### 热阻

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

表3. 热阻

封装类型	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	单位
32引脚 LFCSP	44.4	6.4	°C/W

### 焊接

ADP1046A的PCB设计以及器件的焊接，请务必遵循正确的规范。有关这些规范的详情，请参阅AN-772应用笔记。

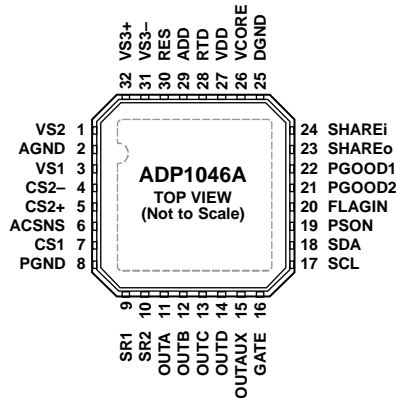
### ESD警告



#### 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



**NOTES**  
 1. THE ADP1046A HAS AN EXPOSED THERMAL PAD ON THE UNDERSIDE OF THE PACKAGE. FOR INCREASED RELIABILITY OF THE SOLDER JOINTS AND MAXIMUM THERMAL CAPABILITY, IT IS RECOMMENDED THAT THE PAD BE SOLDERED TO THE PCB AGND PLANE.

11012-003

图3. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	VS2	电源输出电压检测输入。该信号以PGND为参考，且作为低频Σ-Δ型ADC的输入。该引脚的标称电压为1 V。该输入的外部分压电阻容差规格必须为0.5%或更高，以保证精度。
2	AGND	模拟地。该引脚是模拟电路的地，同时也是ADP1046A VDD引脚的回路。
3	VS1	本地输出电压检测输入。该信号以PGND为参考。该引脚的标称电压为1 V。改输入的外部分压电阻容差规格必须为0.5%或更高，以保证精度。
4	CS2-	差分电流检测反相输入。该引脚的标称电压应为1 V，以实现最佳工作性能。当使用低端电流检测时，需在检测电阻和此引脚之间放置一个5 kΩ电阻。在12 V应用中使用高端电流检测时，需在检测电阻和此引脚之间放置一个5.5 kΩ电阻。当使用高端电流检测且电压不为12 V时，可通过以下公式计算电阻值： $R = (V_{OUT} - 1) / 2 \text{ mA}$ ，该电阻的容差规格必须为0.1%或更高。若不使用该引脚，则将其连接至PGND并将CS2±设为高端电流检测模式(设置寄存器0x27的位2)。建议将500 pF至1000 pF的电容跨接在此电阻上，或将其从该引脚连接至AGND。
5	CS2+	差分电流检测同相输入。此引脚的标称电压应为1 V，以实现最佳工作性能。当使用低端电流检测时，需在检测电阻和此引脚之间放置一个5 kΩ电阻。在12 V应用中使用高端电流检测时，需在检测电阻和此引脚之间放置一个5.5 kΩ电阻。当使用高端电流检测且电压不为12 V时，可通过以下公式计算电阻值： $R = (V_{OUT} - 1) / 2 \text{ mA}$ ，该电阻的容差规格必须为0.1%或更高。若不使用该引脚，则将其连接至PGND并将CS2±设为高端电流检测模式(设置寄存器0x27的位2)。建议将500 pF至1000 pF的电容跨接在此电阻上，或将其从该引脚连接至AGND。
6	ACSNS	交流检测输入。该输入引脚通过外置的电阻分压网络连接到输出电感的前端。该引脚的标称电压为0.45 V。在芯片内部，该引脚还连接到电压前馈ADC(标称电压为1 V)。该信号以PGND为参考。
7	CS1	原边电流检测输入。在芯片内部，该引脚连接至原边电流检测ADC和快速OCPI比较器。该信号以PGND为参考。用于原边电流检测的电阻容差规格必须为0.5%或更高，以便调整。若该引脚未使用，则将其连接至PGND。
8	PGND	电源地。该引脚为器件内部供电回路的接地连接，是除CS2±和VS3±外所有电压和电流检测的参考。该引脚需以星型连接至AGND。
9	SR1	同步整流器输出。该PWM输出连接至同步整流MOSFET的驱动器的输入。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。
10	SR2	同步整流器输出。该PWM输出连接至同步整流MOSFET的驱动器的输入。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。
11	OUTA	原边开关的PWM输出。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。
12	OUTB	原边开关的PWM输出。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。
13	OUTC	原边开关的PWM输出。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。

引脚编号	引脚名称	描述
14	OUTD	原边开关的PWM输出。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。
15	OUTAUX	辅助的PWM输出。该信号以AGND为参考。不用时可禁用该引脚。
16	GATE	OrFET栅极驱动输出。该信号以AGND为参考。不用时可浮空该引脚。
17	SCL	I <sup>2</sup> C串行总线的时钟输入。该信号以AGND为参考。
18	SDA	I <sup>2</sup> C串行总线的数字输入和输出(漏极开路)。该信号以AGND为参考。
19	PSON	电源上电控制输入。该信号以AGND为参考。该引脚提供硬件PSON控制信号。建议在PSON引脚和AGND之间并联1 nF电容, 以实现噪声屏蔽和去耦。
20	FLAGIN	标识输入。外部信号可输入此引脚, 产生标识条件。
21	PGOOD2	电源正常输出(漏极开路)。该信号以AGND为参考。该引脚由PGOOD2标识位控制。该引脚通过内部标识位的可编程组合设置。若此引脚未使用, 则将其连接AGND。
22	PGOOD1	电源正常输出(漏极开路)。该信号以AGND为参考。该引脚由PGOOD1标识位控制。该引脚通过内部标识位的可编程组合设置。若此引脚未使用, 则将其连接AGND。
23	SHAREo	均流总线输出电压引脚。通过上拉电阻(通常为2.2 k $\Omega$ )将此引脚连接至3.3 V。控制器的均流模式设置为数字均流时, 此引脚为数字输出。该信号以AGND为参考。若此引脚未使用, 则将其连接AGND。
24	SHAREi	均流总线反馈输入引脚。应将其引脚连接到SHAREo引脚。该信号以AGND为参考。若此引脚未使用, 则将其连接AGND。
25	DGND	数字地。该引脚是ADP1046A的数字电路的接地基准。需以星型连接至AGND。
26	VCORE	2.5 V调节器的输出。在此引脚与DGND之间连接一个最小330 nF(最大1 $\mu$ F)的去耦电容; 该电容应尽可能靠近IC, 以最大程度缩短PCB走线长度。建议不要将VCORE引脚作为其他线路的基准或使用阻性分压电路产生其他逻辑电平。
27	VDD	正电源输入。该信号以AGND为参考。需在该引脚与AGND之间并联4.7 $\mu$ F去耦电容, 该电容应尽可能靠近IC, 以最大程度缩短PCB走线长度。
28	RTD	热敏电阻输入。在该引脚和AGND之间并联放置一个热敏电阻(100 k $\Omega$ 、1%; $\beta = 4250$ 、1%)和一个16.5 k $\Omega$ 、1%常规电阻。该信号以AGND为参考。若此引脚未使用, 则将其连接AGND。
29	ADD	地址选择输入。该引脚和AGND之间连接一个电阻用于设置电源的I <sup>2</sup> C通讯地址。该信号以AGND为参考。
30	RES	电阻输入。该引脚用于设置ADP1046A的内部基准电压。在RES和AGND之间连接一个10 k $\Omega$ 、 $\pm 0.1\%$ 电阻。该信号以AGND为参考。
31	VS3-	远程电压检测反相输入。该引脚与AGND之间需以低阻抗方式连接。该输入端的分压电阻容差规格必须为0.5%或更高, 以保证精度。建议在VS3-和AGND之间连接一个0.1 $\mu$ F电容。
32	VS3+	远程电压检测同相输入。此信号以VS3-为基准, 其标称电压为1 V。该输入端的分压电阻容差规格必须为0.5%或更高, 以保证精度。此引脚是高频 $\Delta$ - $\Sigma$ 型ADC的输入。
	EP	裸露焊盘。ADP1046A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, 建议在PCB设计时将焊盘连接到AGND。

## 典型性能参数

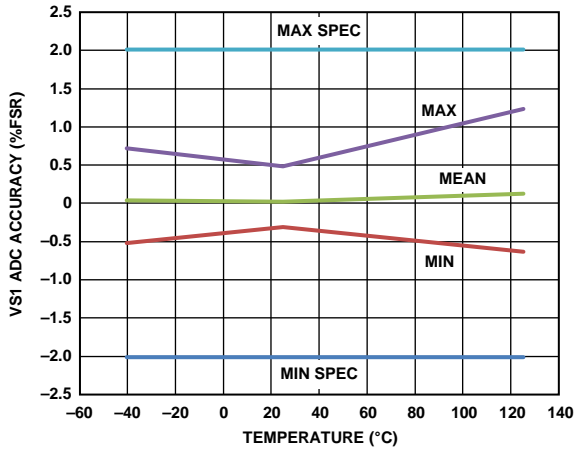


图4. VS1 ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

11012-400

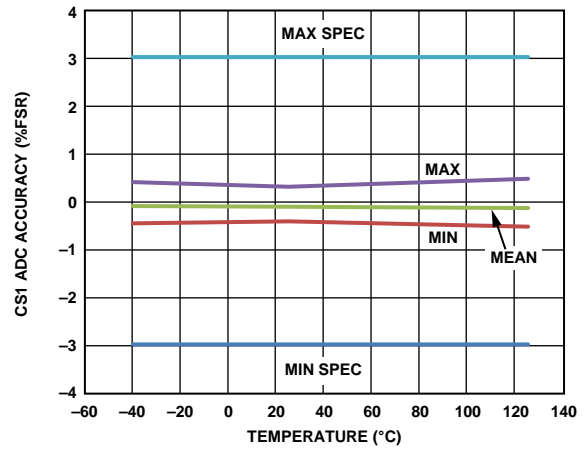


图7. CS1 ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至50%)

11012-403

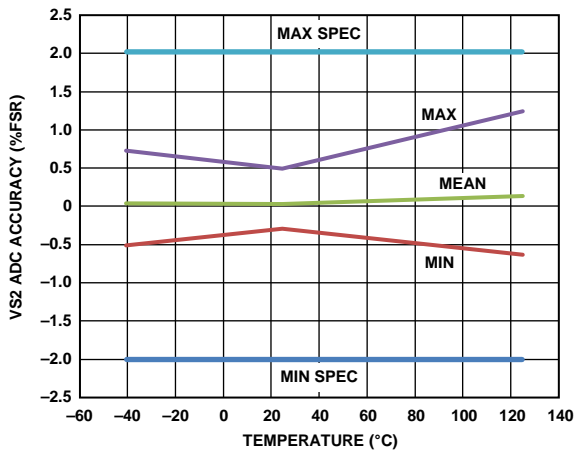


图5. VS2 ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

11012-401

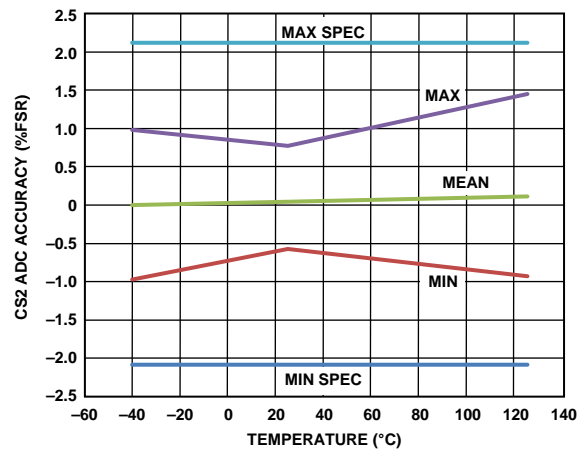


图8. CS2 ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

11012-404

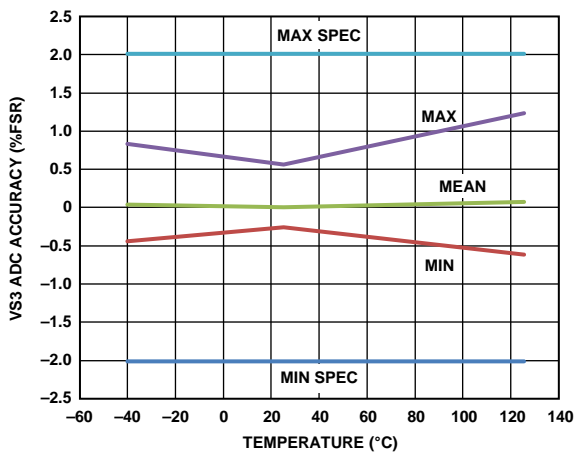


图6. VS3 ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

11012-402

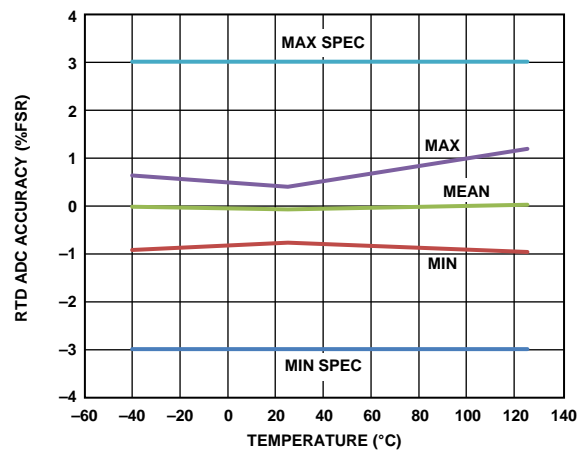


图9. RTD ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

11012-408

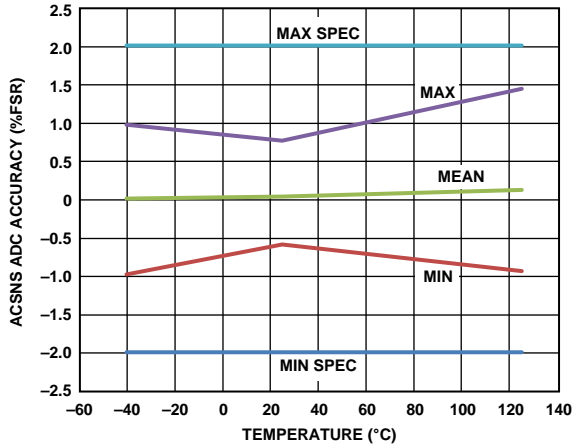


图10. ACSNS ADC精度与温度的关系(从FSR的10%至90%)

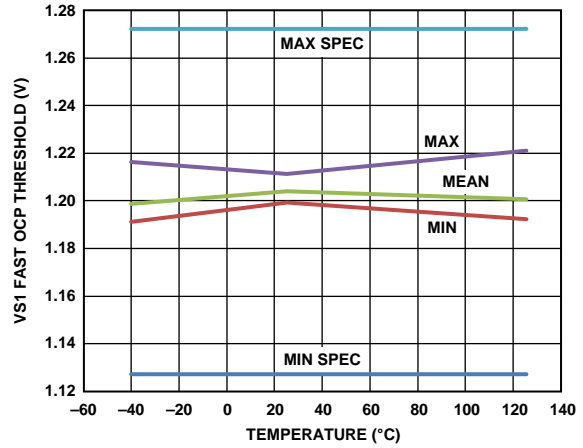


图12. VS1快速OCP阈值与温度的关系

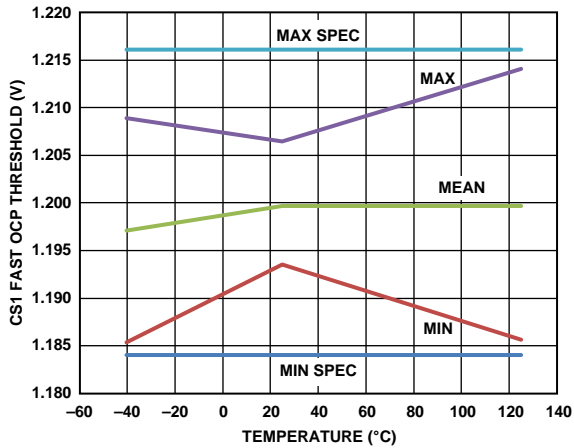


图11. CS1快速OCP阈值与温度的关系

11012-406

11012-500

11012-405

## 工作原理

ADP1046A是一款开关电源的副边控制器。它被设计用于隔离式冗余应用。ADP1046A集成了开关电源控制所需的典型功能，如：

- 输出电压检测和反馈
- 线电压前馈控制
- 数字环路滤波器
- PWM生成
- 均流
- 电流、电压和温度检测
- OrFET控制
- 一般管理和I<sup>2</sup>C接口
- 校准和调整

控制输出电压的功能是通过使用反馈ADC、数字环路滤波器和PWM生成模块来实现的。

反馈ADC采用多路径方式实现(正在申请专利)。ADP1046A集成了一个高速低分辨率(快速低精度)ADC以及一个低速高分辨率(慢速高精度)ADC。数字滤波器的功能是实现控制环路补偿。该比例-积分-微分(PID)滤波器位于数字域中，可实现滤波器特性的简易编程，这在定制设计和调试设计中有重大价值。

PWM模块最多可以产生7路可编程PWM输出，用于控制原边功率FET驱动器和副边同步整流FET驱动器。这种编程特性适用于许多传统和独特的开关拓扑。

该器件提供均流总线接口，以支持多个电源并联工作，还具有热插拔OrFET检测功能，可用于N + 1冗余控制。

该器件具有传统的电源管理特性，如远程和本地电压检测、原边和副边电流检测。器件提供丰富的保护功能，包括过压保护(OVP)、过流保护(OCP)、过温保护(OTP)、欠压保护(UVP)、接地连续性监控(电压连续性)以及交流检测。

所有功能均可通过I<sup>2</sup>C总线接口编程。该总线接口还可用于电源各项输入输出指标的校准。通过I<sup>2</sup>C总线接口，还可获得对电源监控有用的其它信息，如输入电流、输出电流和故障标识。

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GUI下载，它包含了所有用于对ADP1046A进行编程所需的软件。欲获取最新的软件 and 用户指南，请访问：<http://www.analog.com/digitalpower>。

ADP1046A采用3.3 V单电源供电，额定温度范围为-40°C至+125°C。

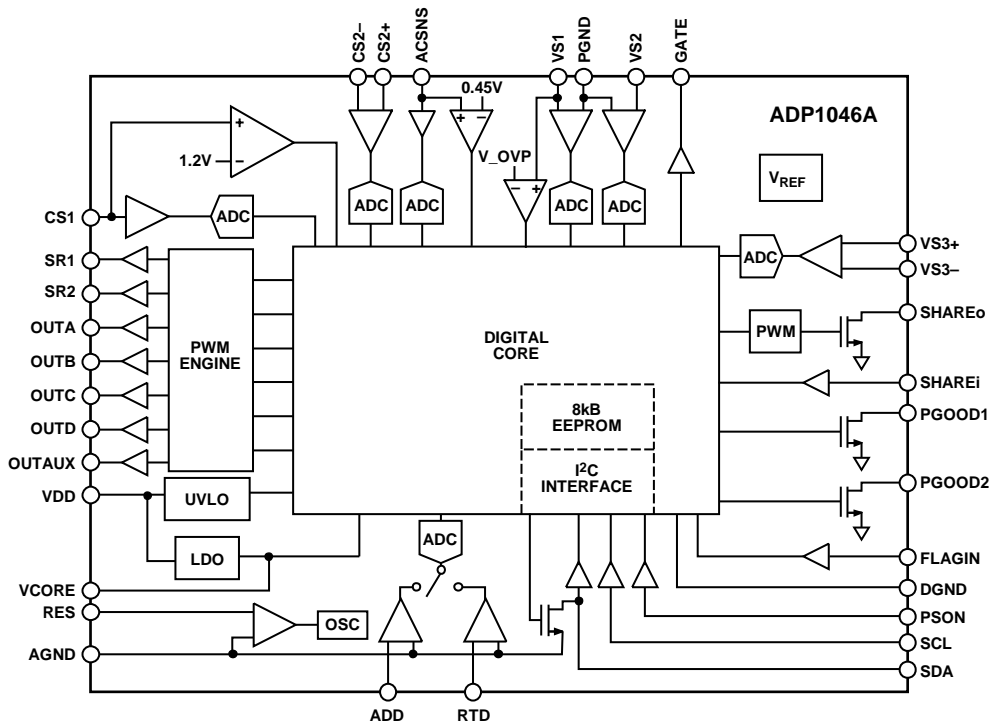


图13. 简化功能框图

11012-002

## 电流检测

ADP1046A有两个电流检测输入：CS1和CS2±。这两个输入检测、保护并控制原边输入电流、副边输出电流和均流总线的信息。可对它们进行校准，以降低外部元器件造成的误差。

### CS1操作(CS1)

CS1通常用于原边电流监控和保护，该电流一般采用电流互感器(CT)进行检测。CS1引脚上的信号进入芯片内部的ADC，采样数据用于电流监控。该ADC电压范围为0 V至1.4 V。该信号还被连接到芯片内置的一个比较器，用于实现逐周期的OCP保护。CS1电流检测的典型配置如图14所示。

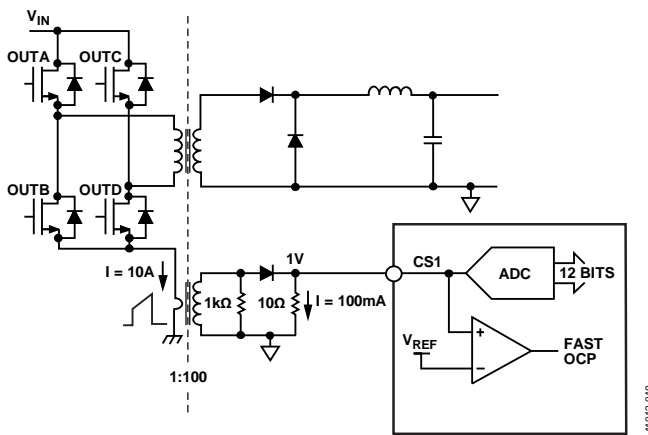


图14. 电流检测1 (CS1)操作

CS1 ADC用于测量原边电流的平均值，读数采用异步方式，每2.62 ms进行一次求平均值操作，该平均值同时被用于故障判断。ADP1046A还会每隔10 ms向寄存器0x13写入12位CS1读数。

快速OCP比较器用于限制每个开关周期内的原边瞬态电流，其标称阈值为1.2 V。

CS1可设置多个阈值和限值，详细信息见“电流检测和电流限值寄存器”部分。

### CS2操作(CS2+、CS2-)

CS2+和CS2-是一对差分输入，用于副边电流的监控和保护。CS2 ADC的满量程范围可通过编程设置为60 mV或120 mV。采样到的电流信号通过一对外部电阻连接到CS2+和CS2-引脚，该管脚内置的电流源通过这对外部电阻为采样信号提供了1 V的偏置电压。

使用低端电流检测时，该电流源为200 μA。因此，所需的外部电阻值为 $1 \text{ V}/200 \mu\text{A} = 5 \text{ k}\Omega$ 。使用高端电流检测时，电流源为2 mA；因此，所需的电阻值为 $(V_{\text{OUT}} - 1 \text{ V})/2 \text{ mA}$ 。本例中， $V_{\text{OUT}} = 12 \text{ V}$ ，因此可得所需电阻值为5.5 kΩ。

典型配置如图15和16。CS2±可设置为不同的阈值和限值，如OCP。有关这些阈值和限值的描述参见“电流检测和电流限值寄存器”部分。

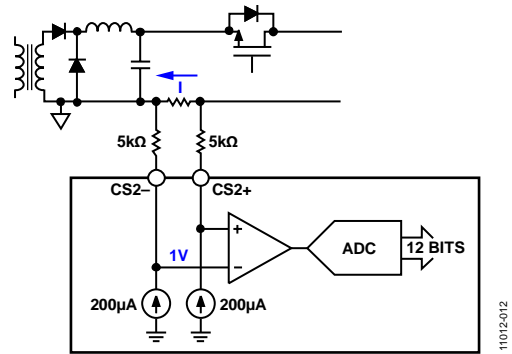


图15. 低端阻性电流检测(推荐电路)

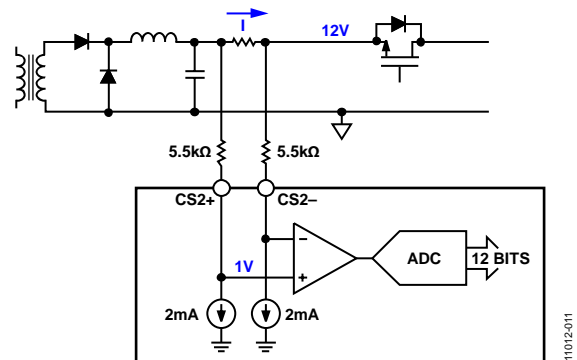


图16. 高端阻性电流检测

当CS2+和CS2-输入未使用时，可直接将它们连接PGND，并设置CS2±为高端电流检测模式(寄存器0x27[2] = 1)。

CS2 ADC用于采样CS2电流，读数以异步方式进行，每2.62 ms进行一次求平均值操作。该平均值同时用于作出故障判断，如CS2 OCP故障。ADP1046A还每隔10 ms向寄存器0x18写入12位CS2读数。

# ADP1046A

## 电压检测和控制环路

ADP1046A上有多个电压检测输入用于电源输出电压的监测、控制和保护。这些信息可通过I<sup>2</sup>C接口获取。所有电压检测点都支持数字校准，以便最大程度减少外部元器件导致的误差。校准操作可以在生产过程中完成，而且设置可保存在ADP1046A的EEPROM中(更多信息，请参见“电源校准和调整”部分)。

对于电压监控而言，VS1、VS2和VS3电压数值寄存器(分别对应寄存器0x15、寄存器0x16和寄存器0x17)每隔10 ms更新一次。ADP1046A保存每个ADC样本10 ms，然后在10 ms结束时输出平均值。因此，若这些寄存器至少每10 ms读取一次，则读取的是真正的平均值。

ADP1046A有两个独立的输出电压反馈检测点：VS1和VS3±，OrFET的状态决定哪一个检测点用于环路控制。当关断OrFET时，控制环路通过VS1调节输出电压；当开启OrFET时，控制环路通过VS3±上的差分检测调节输出电压。这种检测机制可有效地执行本地和远程电压检测和控制。

ADP1046A的控制环路采用的是专利的多路径架构。输出电压被两个ADC同时进行采样：一个高精度ADC和一个高速ADC。完整的信号在数字滤波器中被重建和处理，以提供高性能和成本具有竞争力的解决方案。

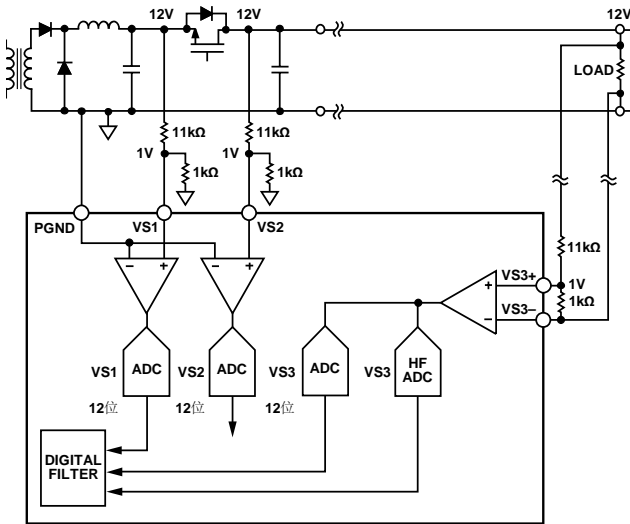


图17. 电压检测配置

## ADC

在ADP1046A的反馈环路中使用了两种Σ-Δ型ADC：工作频率为1.56 MHz的低频(LF) ADC，和工作频率为25 MHz的高频(HF) ADC。

Σ-Δ型ADC的分辨率为1位，且与传统闪存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的输出位流采样时间。

Σ-Δ型ADC与奈奎斯特采样ADC也有差别，因为其整个频谱内的量化噪声会随信号频率变化。较低频率时，噪声较低；而较高频率时噪声也较高(见图18)。

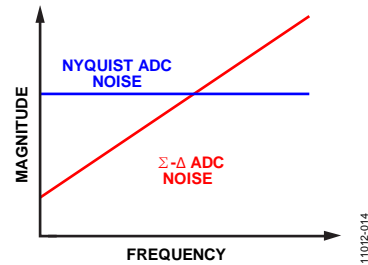


图18. 奈奎斯特速率ADC和Σ-Δ型ADC的噪声性能

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：

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

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的时钟为25 MHz。采用梳状滤波器进行处理，并以开关频率( $f_{sw}$ )输出至数字滤波器。某些频率下的等效分辨率列于表5。

表5. 各种开关频率下高频ADC的等效分辨率

$f_{sw}$ (kHz)	高频ADC分辨率
48.8	9位
97.7	8位
195.3	7位
390.6	6位

HF ADC的范围为±30 mV。若使用100 kHz(8位HF ADC分辨率)的开关频率( $f_{sw}$ )，则当 $f_{sw}$ 上升至200 kHz(7位HF ADC分辨率)时，量化噪声为0.9375 mV (1 LSB)。将 $f_{sw}$ 上升至400 kHz时，量化噪声也会升高至3.75 mV (1 LSB =  $2 \times 30 \text{ mV}/2^6 = 0.9375 \text{ mV}$ )。

## VS1操作(VS1)

VS1用于电源输出LC滤波器(OrFET的前端)输出端的电源电压监控和保护。输出电压需要经过一个外部的电阻分压网络然后连接到VS1引脚，以便使VS1引脚上的标称输入电压变为1 V(见图17)。该电阻分压网络是必须的，因为VS1 ADC的输入范围为0 V至1.6 V(12位读数)。经分压处理后的信号在内部作为低速Σ-Δ型ADC的输入。VS1 ADC输出至数字滤波器，同时每隔10 ms更新寄存器0x15。VS1信号以PGND作为参考基准。关断OrFET时，VS1检测点作为电源的环路调节输出，而非VS3±检测点。



**VS2操作(VS2)**

VS2与VS1一同用于控制OrFET栅极驱动器的开启和关断。VS2检测点同样需要经过一个外部电阻分压网络后再连接到VS2引脚，以便使VS2引脚上的标称电压变为1 V(见图17)。

该电阻分压网络是必须的，因为VS2 ADC的输入范围为0 V至1.6 V。经分压处理后的信号在内部作为VS2 ADC的输入。VS2 ADC输出作为VS2电压数值寄存器(寄存器0x16)的输入。VS2信号将不会被用于控制环路，但用于控制OrFET的开启和关断(见“OrFET控制(GATE引脚)”部分和电压连续性标识的相关内容)。若不使用ADP1046A的OrFET功能，则建议直接将VS2的输入与PGND相连。VS2的值每隔10 ms即在寄存器0x16中更新。

**VS3操作(VS3+、VS3-)**

VS3±用于监控和保护远程负载电压。完全差分输入VS3±是电源控制环路的主要反馈检测点。电源的VS3±检测点需要一个外部电阻分压网络，以便使VS3±引脚上的标称共模信号变为1 V(见图17)。该电阻分压网络是必须的，因为VS3 ADC的输入范围为0 V至1.6 V。经分压处理后的信号在内部作为高频(HF) ADC的输入。VS3 ADC输出至数字滤波器，同时每隔10 ms更新寄存器0x17。HF ADC的输出同时也将被用于电源的高频反馈控制环路。

**输入线电压前馈和ACSNS**

ADP1046A支持输入线电压前馈控制，以便改善输入线电压动态性能。ACSNS采样值用于调节数字滤波器的输出，其结果作为PWM引擎的输入。可在隔离变压器的次级绕组处检测输入电压信号；该信号必须使用RCD网络进行滤波，以消除开关节点的电压尖峰(见图19)。

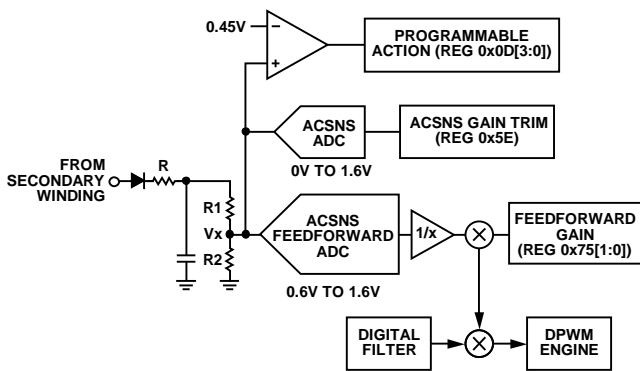


图19. 前馈配置

当输入端施加额定输入电压时，外部参数设计必须保证ACSNS引脚的电压为1 V。ACSNS ADC的采样周期为10 μs；因此，基于输入电压调节PWM输出的操作也以同样的速率进行。

前馈控制的原理是基于检测到的ACSNS电压反比例调节数字滤波器的输出。当ACSNS输入为1 V时，线路前馈无效。例如，若数字滤波器输出保持不变，且ACSNS电压改变为额定值的50%(但仍高于0.45 V)，则OUTx下降沿的调制值将被加倍，反之亦然(见图20)。电压线路前馈功能为可选功能，并且使用寄存器0x75进行编程。

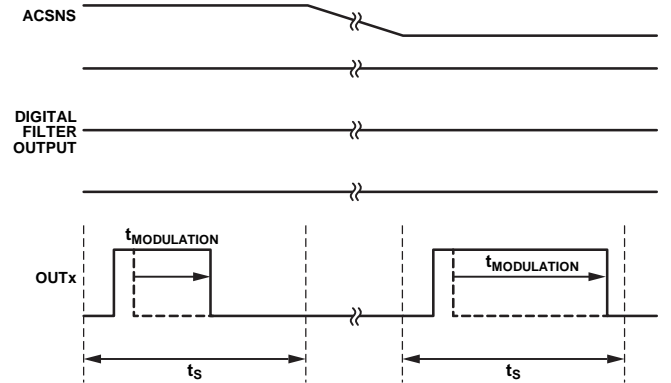


图20. 调制时的前馈控制

ACSNS引脚同时还被连接到一个内置的比较器，开关周期内当ACSNS引脚电压低于0.45 V时标识一次ACSNS故障。ACSNS电平比较器用于检测是否有开关操作在进行。

**数字滤波器**

环路响应特性可通过内部可编程的数字滤波器进行调节。此处采用Ⅲ型滤波器架构，其低频增益、零点位置、极点位置和高频增益均可单独进行设置(见“数字滤波器编程寄存器”部分)，以获得特定的环路特性。建议使用ADI公司的软件GUI对滤波器进行编程。软件GUI以波特图形式显示滤波器响应，可用于计算电源的所有稳定性判据。

滤波器在z域中的传递函数为：

$$H(z) = \left( \frac{d}{202.24 \times m} \times \frac{z}{z-1} \right) + \left( \frac{c}{7.68} \times \frac{z-b}{z-a} \right)$$

其中：

- a = 滤波器极点寄存器值/256。
- b = 滤波器零点寄存器值/256。
- c = 高频增益寄存器值。
- d = 低频增益寄存器值。
- m = 1 (48.8 kHz ≤ f<sub>sw</sub> < 97.7 kHz)。
- m = 2 (97.7 kHz ≤ f<sub>sw</sub> < 195.3 kHz)。
- m = 4 (195.3 kHz ≤ f<sub>sw</sub> < 390.6 kHz)。
- m = 8 (390.6 kHz ≤ f<sub>sw</sub>)。

f<sub>sw</sub>为开关频率。

# ADP1046A

若要将z域的值转换到s域，则需将下面得双线性逆变换方程式代入滤波器的传递函数中：

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

数字滤波器在控制环路中引入了额外的相位延迟，因为只有每个开关周期开始时，数字滤波器电路才将占空比信息发送到PWM电路(不像模拟控制器那样对占空比信息作持续判断)。因此，对于相位裕量而言，滤波器模块引入的额外相位延迟 $\Phi$ 可表示为：

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

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 $36^\circ$ 。GUI已将此相位延迟计算在内。请注意，GUI不再将其它延迟纳入计算，如栅极驱动器和传输延时。

两组寄存器可以分别作为两个独立的滤波器进行设置。主滤波器称为正常模式滤波器，通过编程寄存器0x60至寄存器0x63对其进行控制。轻载模式滤波器可通过编程寄存器0x64至寄存器0x67进行控制。ADP1046A仅在CS2±上的输出电流测量值低于负载电流阈值时才使用轻载模式滤波器(通过寄存器0x3B[2:0]编程)。

ADI公司的软件GUI允许用户以与正常模式滤波器相同的方式编程轻载模式滤波器。建议使用GUI进行该操作。

此外，在软启动过程中，软启动滤波器可搭配正常模式滤波器和轻载模式滤波器一同使用。软启动滤波器通过寄存器0x71至寄存器0x74进行编程。更多信息，请参见“软启动”部分。

## 滤波器转换

为了避免产生电压毛刺并提供滤波器之间的无缝转换，ADP1046A支持可编程滤波器转换。此特性允许在滤波器之间实现平滑的转换。使用寄存器0x7A[2:0]可对滤波器转换进行编程。

## PWM和同步整流器输出(OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、OUTAUX、SR1、SR2)

PWM和SR输出用于控制原边驱动器和同步整流器驱动器。这些输出可用于多种控制拓扑，如全桥式移相ZVS配置和交错式双开关正向转换器配置。上升沿和下降沿之间的延迟时间可单独编程设置。配置PWM输出时应特别注意避免直通和交叉导通。建议使用ADI公司的软件GUI对这些输出进行编程。图21显示采用同步整流驱动全桥式移相拓扑的示例配置。

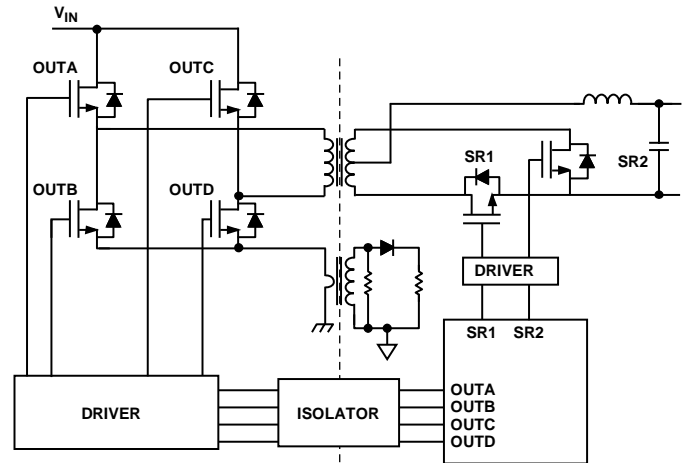


图21. 采用同步整流的全桥式移相拓扑的PWM引脚分配

PWM和SR输出相互之间是完全同步的。因此，在对多个输出进行配置时，应当首先更新所有寄存器，然后将信息同时输入ADP1046A。重新编程时，暂时禁用输出。特殊指令将被发送至ADP1046A，以确保新的时序信息同时生效。这一操作通过设置寄存器0x7F的位1实现。不使用PWM输出时，建议将其禁用。

OUTAUX是额外的PWM输出引脚。OUTAUX允许以不同于其它6个PWM输出的频率产生额外的PWM信号。此信号可用于驱动额外电源转换器，如位于全桥转换器前端的降压变换器。OUTAUX还可用做时钟参考信号。

更多有关各种可编程开关频率和PWM时序的信息，请参见“PWM和同步整流器时序寄存器”部分(寄存器0x3F至寄存器0x5C)。

## 同步整流

使用同步整流时，建议将SR1和SR2用作PWM控制信号。

同步整流器的PWM输出带有软启动功能，该功能可以通过编程使能或屏蔽。SR软启动可通过寄存器0x54[1:0]编程。

- 当禁用SR软启动时(寄存器0x54[0] = 0)，SR信号立即上电至PWM占空比数值。
- 当使能SR软启动时(寄存器0x54[0] = 1)，SR信号从零占空比缓慢展开至所需的占空比数值，步长为每个开关周期40 ns。

缓慢展开SR信号的好处在于最大程度减小SR FET非软启动上电情况下输出电压的跳变。立即完全上电SR信号的好处是，它们有助于尽量降低动态负载下的输出电压跳变。

若使用寄存器0x54[1]，则SR软启动可以被设置为仅发生一次(即第一次使能SR信号的时候)，或设置为每次SR信号使能时都发生(比如系统进入或退出轻载模式)。

当编程ADP1046A使其使用SR软启动时，应将SR1 ( $t_{10}$ )的下降沿设为比SR1 ( $t_9$ )上升沿更低的值，并将SR2 ( $t_{12}$ )的下降沿设为比SR2 ( $t_{11}$ )上升沿更低的值，以确保该功能正常工作。通过设置寄存器0x0F[7] = 1可以禁用SR软启动。

## 同步整流器(SR)延迟

ADP1046A非常适合用于隔离式拓扑中的DC-DC转换器。由于隔离元器件的存在，每次PWM信号越过隔离栅，便引入了额外的传输延迟。ADP1046A允许使用寄存器0x79[5:0]编程可调节延迟(0 ns至315 ns，步长为5 ns)。该延迟使SR1和SR2在时间上向后推移，补偿由隔离元器件导入的延迟(见图57)。通过这种方式，便可对齐所有PWM输出边沿，且SR延迟可作为恒定的死区而单独实现。

## 轻载模式

根据CS2的值，ADP1046A可配置为在轻载条件下禁用PWM输出。寄存器0x3B和寄存器0x7D用于编程SR1、SR2以及其它PWM输出在轻载模式下的关断和开启阈值。若低于寄存器0x3B配置的轻载阈值则禁止SR输出；用户还可编程禁止其它所有PWM输出。轻载模式允许将ADP1046A用于交错式拓扑中，在轻载时该模式可以使电源的各相轮流工作。

为了防止由于阈值之间的设定过于接近而导致系统在轻载模式和正常模式之间频繁切换，可通过对寄存器0x7D[5:4]编程实现去抖动。该去抖动功能可防止器件在编程时间间隔内改变状态。

使用寄存器0x7D[3:2]，SR使能速度可在37.5  $\mu$ s至300  $\mu$ s范围内有4种独立的步长可供选择。这便确保在负载动态的情况下，SR信号(以及其它暂时被禁用的任意PWM输出)的开启速度足够快，防止损坏受控的FET。

轻载模式下还可以使用轻载模式数字滤波器。

## 调制限值

调制限值寄存器(寄存器0x2E)可编程向任意PWM信号施加最大占空比调制限值，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。如图22所示，此限值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。不存在最小占空比限值设置。因此，用户必须基于设计需要选择最小占空比调制限制，进而配置PWM的上升和下降沿。

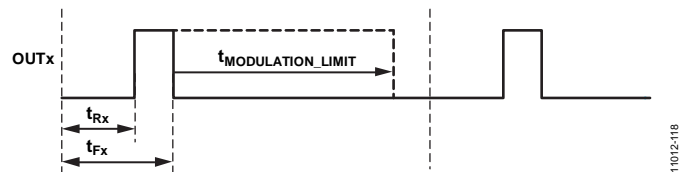


图22. 调制限值设置

寄存器0x2E中的每个LSB均对应不同的时间步长，具体的数值取决于开关频率(见表46)。调制边沿的扩展不可超出一个开关周期。

推荐使用随ADP1046A提供的GUI编程该特性(见图23)。



图23. 设置调制限值(调制范围以箭头表示)

## 软启动

ADP1046A的开启和关闭由硬件PSON引脚和/或软件PSON寄存器控制，具体取决于寄存器0x2C中的设定值。当用户开启电源时(使能PSON)，软启动过程如下(见图24)。

1. PSON信号在 $t_0$ 时使能。若器件编程为始终上电(寄存器0x2C[7:6] = 00)，则一旦V<sub>CORE</sub>超过UVLO即使能PSON。
2. ADP1046A等待经过编程的PS\_ON延迟(在寄存器0x2C[4:3]中设置)。
3. 软启动开始斜坡内部数字基准电压源。斜坡时间可通过寄存器0x5F[7:5]在5 ms至100 ms的范围内编程。
4. 如果使能了预偏置软启动功能(寄存器0x5F[4] = 1)，则软启动斜坡始于VS1或VS3±(具体取决于OrFET状态)上检测到的输出电压，并且软启动斜坡时间成比例降低。若预偏置软启动功能被禁用，则软启动斜坡时间等于寄存器0x5F[7:5]中的编程值。
5. 当输出电压超过VS1的欠压保护(UVP)限值(在寄存器0x34[6:0]中设置)时，UVP标识复位。
6. 一旦达到OrFET使能阈值，立即开启OrFET。(OrFET使能阈值可在寄存器0x30[6:5]中编程设定。)调节点从VS1切换到VS3±。
7. 若不存在其它故障条件，则PGOOD<sub>x</sub>信号在编程设定的去抖动时间(在寄存器0x2D[7:4]中设置)之后使能。软启动标识位必须在寄存器0x7B和寄存器0x7C中解除屏蔽(位7必须设为0)。
8. 若未使用OrFET，则电源必须配置为始终通过VS3调节(寄存器0x33[2] = 1)。VS2可作为辅助OVP机制使用。

## 软启动期间的故障条件

若软启动期间发生故障，则控制器根据编程设定作出响应，除非该故障标识被屏蔽。可在寄存器0x0F中对软启动期间的标识屏蔽进行编程。ACSNS标识在软启动期间始终处于被屏蔽的状态。通过设置寄存器0x0F中的对应位，可屏蔽OTP、FLAGIN、OVP和OCP故障标识。

而软启动期间，UVP故障仅在去抖动时屏蔽。因此，若软启动时间超过去抖动时间，则会触发UVP，并将其存储在第一个标识ID寄存器中(寄存器0x10)。针对锁存故障寄存器和第一个标识ID寄存器的读取操作可清空误触发的UVP故障。

## 软启动期间的数字补偿滤波器

ADP1046A集成专有软启动滤波器(SSF)，可用于微调并优化输出电压斜坡期间的动态响应。

PSON信号使能后，在内部基准电压源开始斜坡之前，ADP1046A通过比对VS1和VS2的不同之处，对是否需要开通或关断OrFET进行判断。这将决定环路的调节点为VS1还是VS3±(见图24)。

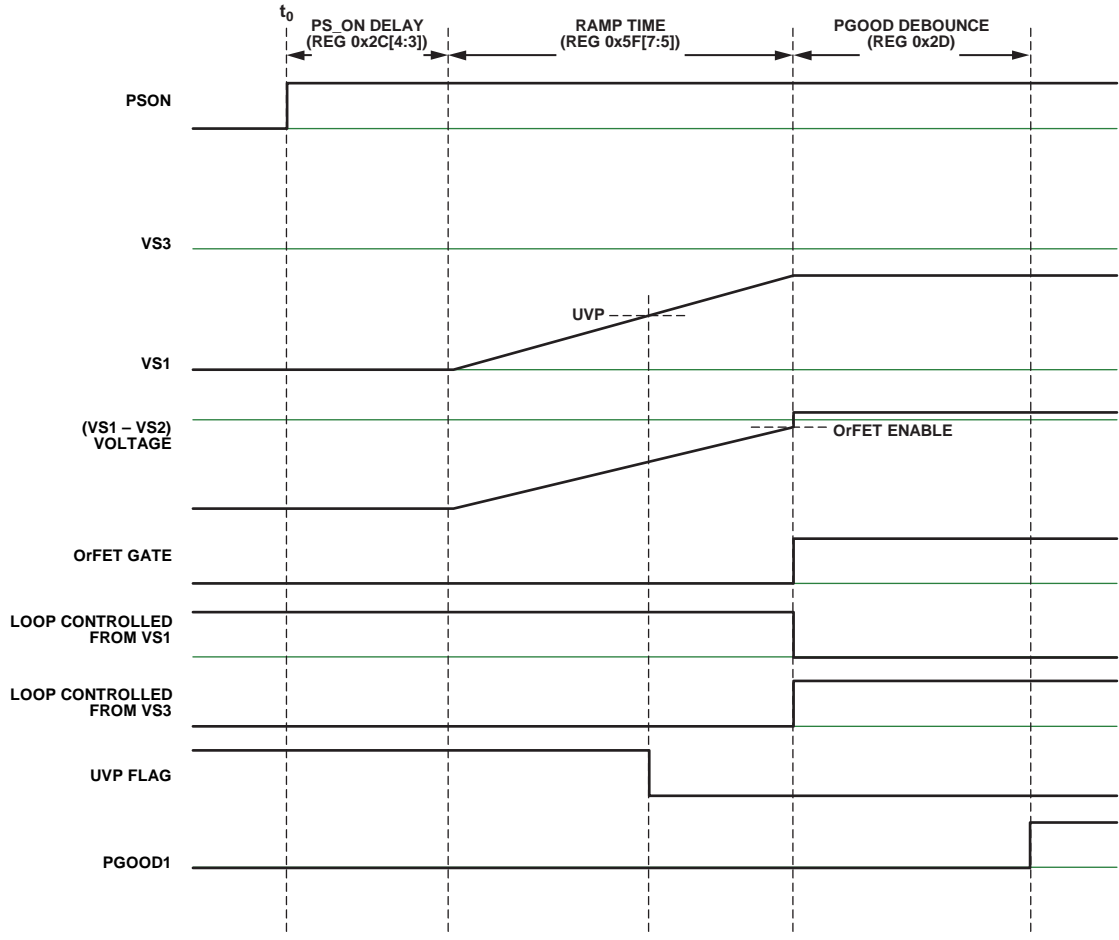
- 若调节点为VS1，则默认软启动滤波器在斜坡时使用。软启动斜坡结束后，环路滤波切换到正常模式滤波器(NMF)。
- 若调节点为VS3±，则在斜坡期间使用正常模式滤波器(NMF)。

在上述的两种情况下，当输出电压达到标称值的12.5%时，开始评估负载电流。

- 若负载电流低于轻载模式阈值，则器件切换到轻载模式滤波器(LLF)。
- 若负载电流高于轻载模式阈值，则使用正常模式滤波器，直至软启动结束；甚至系统之后基于负载电流的变化进入轻载模式亦如此。

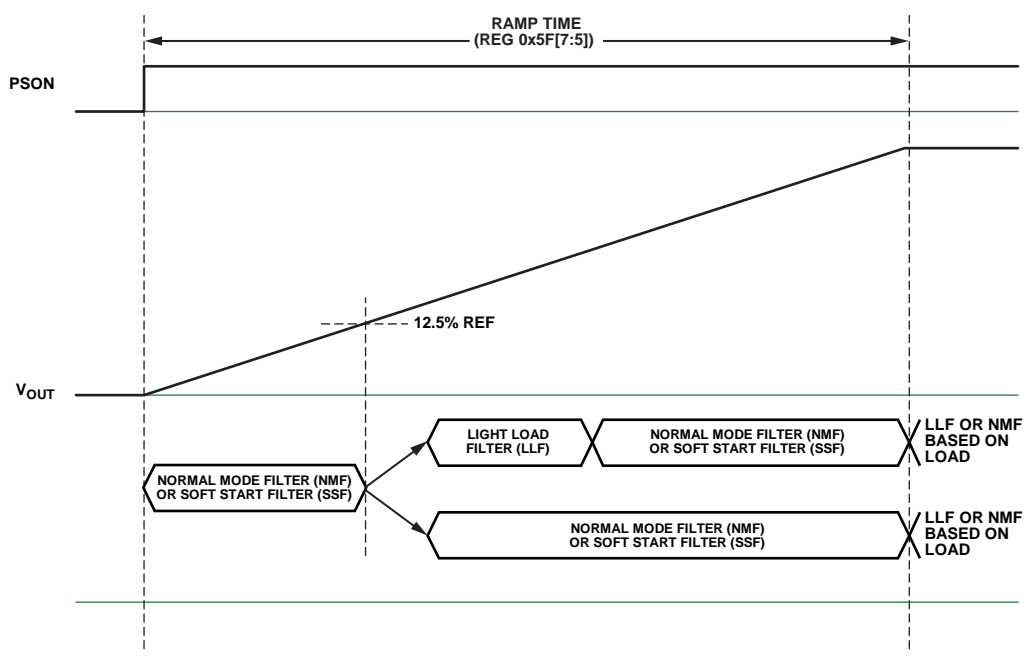
寄存器0x2C可用于编程配置在软启动期间使用不同滤波器，具体如下：

- 强迫软启动滤波器(位0)。该选项迫使器件使用软启动滤波器，甚至调节点为VS3时亦如此。某些情况下，该选项可更好地微调软启动时输出电压的斜坡波形。当未使用OrFET时，该选项亦可被选中。
- 软启动期间禁用轻载模式(位1)。该选项阻止软启动期间使用轻载模式滤波器，甚至满足轻载条件时亦如此。轻载模式滤波器可在软启动结束后使用。



11012-120

图24. 软启动时序图



11012-121

图25. 启动时的滤波器时序

## OrFET控制(GATE引脚)

GATE控制信号用于驱动外部OrFET。OrFET用于冗余系统中，防止来自另一个电源输出引脚的电流流入此电源中。这确保电流仅从电源流出，并且能够对模块进行热插拔操作。

GATE引脚的输出为图腾柱结构，不需要上拉电阻。GATE引脚极性可通过寄存器0x2D[1]编程，配置为高电平有效或低电平有效。GATE输出为CMOS电平(0 V至3.3 V)。可使用外部驱动器开启或关断OrFET。

## 开启OrFET

OrFET的开启过程由VS1和VS2上的电压差控制。由于这个原因，VS1和VS2读数必须正确校准，OrFET才能正常工作。

OrFET的开启电路检测VS1和VS2上的电压差(见图26)。当VS1至VS2的正向压降大于寄存器0x30[6:5]中设置的可编程OrFET使能阈值时，OrFET使能。OrFET使能阈值可设为标称输出电压的0%、-0.5%、-1%或-2%。

## 关断OrFET

可通过三种方法关断OrFET：

- 故障标识。故障配置寄存器(寄存器0x08至寄存器0x0D)中的任何标识都可编程为关断OrFET。只要标识存在，OrFET就保持关断。

- OrFET可编程比较器。若CS2±上的反相电压超过寄存器0x30[4:2]中设置的模拟比较器阈值时，关断OrFET。可通过寄存器0x30[0]禁用该比较器。
- 禁用GATE信号。当寄存器0x5D[0] = 1时，GATE信号被禁用，并且对VSx反馈点不产生作用。

## OrFET GATE控制和调节点

当VS1和VS2上的电压差达到寄存器0x30[6:5]中配置的阈值时，使能GATE信号。GATE信号控制着输出电压调节中的一个非常重要的环节：控制环路的检测点。

- 当禁用GATE信号时，OrFET被关断，电压调节检测点为VS1。
- 当使能GATE信号时，OrFET被开启，电压调节检测点为VS3±。

## 12 V应用的推荐设置

正常工作模式的过程如下：

- 当 $12\text{ V} < V_{\text{OUT}} < \text{OVP}$ 时，使用快速OrFET控制电路关断OrFET。
- 当 $V_{\text{OUT}} > \text{OVP}$ 时，使用负载OVP关断OrFET。

轻载模式的过程如下：

- 当 $12\text{ V} < V_{\text{OUT}} < \text{OVP}$ 时，使用ACSNS关断OrFET。
- 当 $V_{\text{OUT}} > \text{OVP}$ 时，使用负载OVP关断OrFET。

在12 V应用中，当发生内部短路时，使用CS1 OCP或VS1 UVP关断器件并重启。

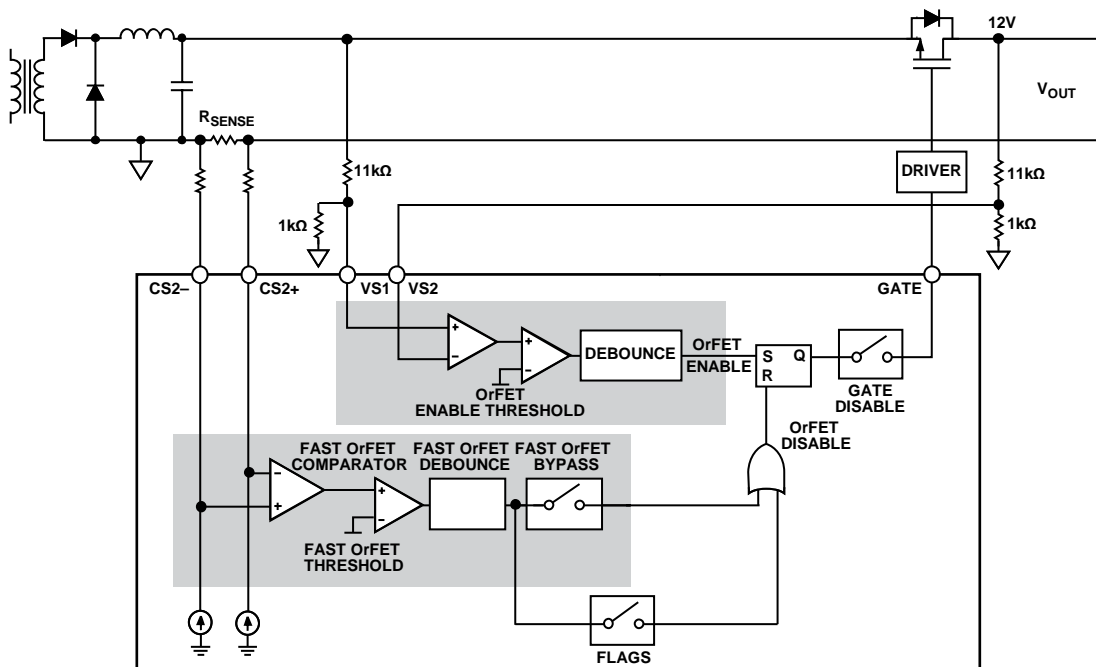


图26. OrFET控制电路的详细内部框图

11012-122

**OrFET操作示例  
现场总线热插拔**

新PSU插入12V现场总线(黄色)。内部电压VS1(红色)在OrFET开启前斜坡。OrFET开启后(绿色)，新PSU中的电流开始流过负载(蓝色)。可对新PSU和总线之间的开启电压阈值编程。

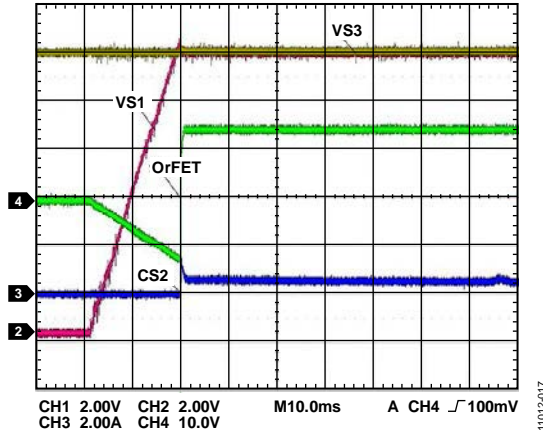


图27. 现场总线热插拔(黄色代表总线电压；红色代表VS1电压；绿色代表OrFET控制信号；蓝色代表负载电流)

**失控主机**

总线上的某个PSU(黄色)存在故障，造成总线电压上升至超过OVP阈值。正常工作的PSU会关断OrFET(绿色)，并调节其内部电压VS1(红色)。当该电源的故障被解除之后，总线电压会下降。当总线电压恢复至正常范围以内，正常工作的PSU的OrFET立即开启，并且从VS3±处恢复调节。

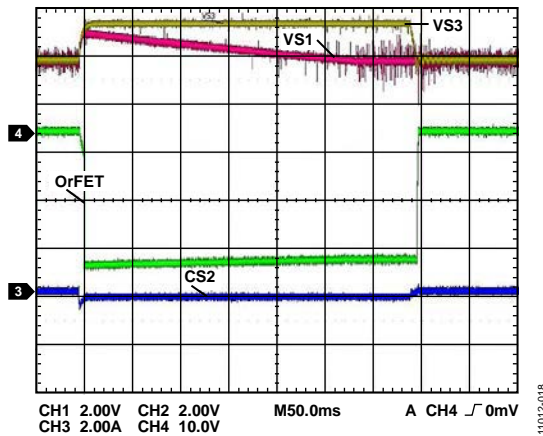


图28. 失控主机(黄色代表总线电压；红色代表VS1电压；绿色代表OrFET控制信号；蓝色代表负载电流)

**短路**

当某个输出整流器出现故障时，若OrFET未能主动关断，则总线电压将崩溃。快速OrFET比较器用于保护系统，防止出现这种故障事件。图29显示在OrFET之前的输出电容发生短路的现象。触发CS2±(蓝色)的快速OrFET阈值后，便关断OrFET(绿色)。图29还显示了短路解除后的工作情况。内部调节点VS1(红色)返回至12V，且OrFET(绿色)重新使能。PSU再次开始输出电流至负载(蓝色)。

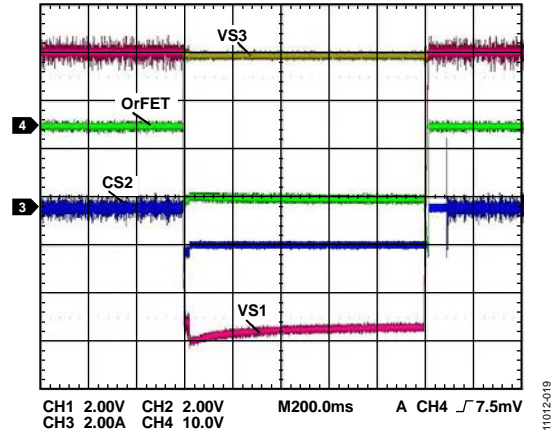


图29. 内部短路(黄色代表总线电压；红色代表VS1电压；绿色代表OrFET控制信号；蓝色代表负载电流)

**轻载模式操作**

轻载模式下，PSU 1将自身电压从12V提高到12.1V(黄色)。PSU 1和PSU 2均为CCM，因此PSU 1提供电流而PSU 2获取电流(蓝色)。在PSU 2中，OrFET控制关断OrFET，以防反向电流流过。请注意，OrFET电压(绿色)在该转换期间保持不变，因为PSU 1和PSU 2处于CCM模式下。

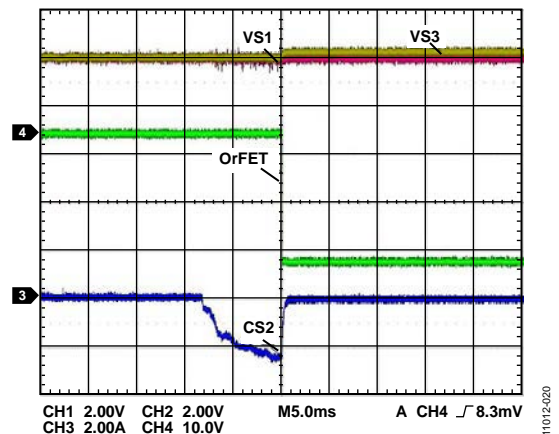


图30. 轻载模式(黄色代表总线电压；红色代表VS1电压；绿色代表OrFET控制信号；蓝色代表负载电流)

# ADP1046A

## VDD

施加VDD后，器件需过一段时间才能调节电源。当VDD上升至超过上电复位和UVLO电平时，VCORE大约需要20 μs才能达到2.5 V的工作电平。随后，EEPROM的内容便下载至寄存器。下载需要约25 μs。完成EEPROM的下载后，ADP1046A便准备就绪，可开始运行。

若ADP1046A编程为在此刻上电(PSON使能)，则开始软启动过程。否则，器件将等待PSON信号。

必须在VDD和AGND之间放置适当数值的去耦电容，并尽可能靠近器件，以最大程度缩短走线长度。建议不要用VCORE引脚作为基准或使用电阻分压网络产生其他逻辑电平。

## VDD/VCORE OVLO

ADP1046A内部的供电回路上内置了过压保护(OVP)。当VDD或VCORE电压上升至超过OVLO阈值时，可通过寄存器0x0E[7:5]编程响应。建议发生VDD/VCORE OVP故障时，将响应设为在重启器件之前下载EEPROM的内容(设置寄存器0x0E[6] = 1)。

## 电源正常

ADP1046A有两个漏极开路的PGOOD1/2引脚。当存在触发PGOOD1故障的条件时，PGOOD1引脚将被拉至低电平；当存在触发PGOOD2故障的条件时，PGOOD2引脚将被拉至低电平。

可编程PGOOD1和PGOOD2引脚与标识响应下列标识：

- 软启动
- CS1快速OCP
- CS1精确OCP
- CS2精确OCP
- UVP
- 本地OVP(快速和精确)
- 负载OVP
- OrFET(GATE引脚)

可通过寄存器0x7B (PGOOD1)和寄存器0x7C (PGOOD2)编程屏蔽这些标识。当标识被屏蔽时，它将不会设置PGOOD1或PGOOD2。

编程寄存器0x2D[3]后，下列额外的标识亦可无条件或基于标识响应设置PGOOD2引脚(见图31和表45)。

- 电压连续性
- 禁用OrFET
- ACSNS
- 外部标识(FLAGIN引脚)
- OTP

这些额外的标识可通过寄存器0x2D[3]编程，以便始终设置PGOOD2，或仅在标识动作未能在故障配置寄存器中为该标识设为“忽略”时设置PGOOD2(见表12和表13)。

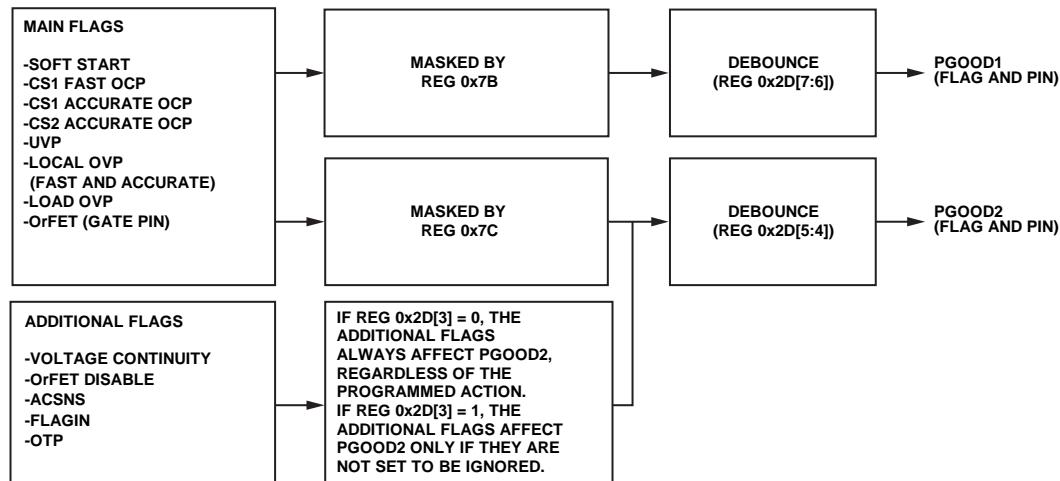


图31. PGOOD1、PGOOD2编程

11032-127



**均流**

ADP1046A同时支持模拟均流和数字均流。ADP1046A的均流操作将采用CS2的电流信息(可在寄存器0x29[3]中编程该设置)。

**模拟均流**

模拟均流使用内部电流检测电路,为外部电流误差放大器提供电流读数。因此不需要使用额外的差分电流放大器。

CS2的电流读数能够以数字位流的形式输出至SHAREo引脚,该数字位流是电流检测ADC的输出(见图33)。来自Σ-Δ型ADC的数字位流与该电源输出至负载的电流成比例。使用外部RC滤波器过滤该数字位流,则电流信息被转换成模拟电压,并与电源输出至负载的电流成比例。此电压能够与均流总线电压作比较。若器件未提供足够的电流,则可在VS3±反馈点施加一个误差信号。此信号使器件的输出电压上升,为负载提供更多的电流。

**数字均流总线**

数字均流总线方案原理上与传统的模拟均流总线方案类似。不同的是,数字均流总线不使用均流总线上的电压来表示电流,而是采用数字字。

ADP1046A输出数字字到均流总线。数字字与电源提供的电流成函数关系(电流越高,数字字越大)。

电流值最大的电源(主机)控制总线。输出较少电流的电源(从机)认为另一个电源供给负载的功率较多。在下一个周

期中,从机通过提高输出电压,增加其输出电流。这样的操作会重复进行,直到从机的电流输出与主机相同,即主机从机输出电流的差别在可编程容差范围内。图32显示数字均流总线的配置。

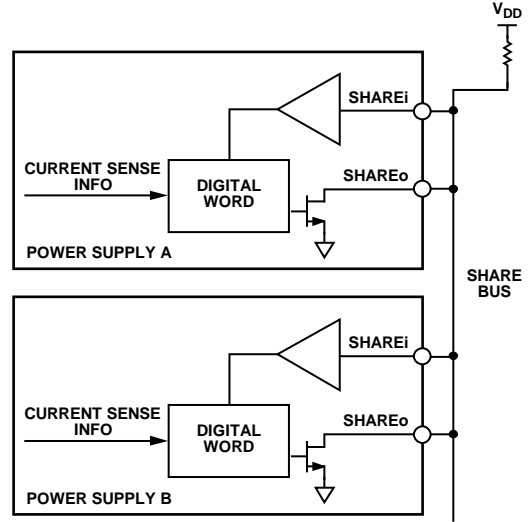


图32. 数字均流配置

数字均流总线基于单线式通信总线原理;也就是说,时钟和数据信号是包含在一起的。

当连接了两个或多个ADP1046A器件,它们会同步它们的均流总线时序。该同步由起始位从通信帧的头部开始执行。若一个新的ADP1046A热插拔至一个现有的数字均流总线,则器件将等到下一帧才开始均流。新加入的ADP1046A将监控均流总线,直到遇到停止位;停止位表示帧结束。然后它便在下一个开始位同步其它的ADP1046A器件。数字均流总线帧参见图34。

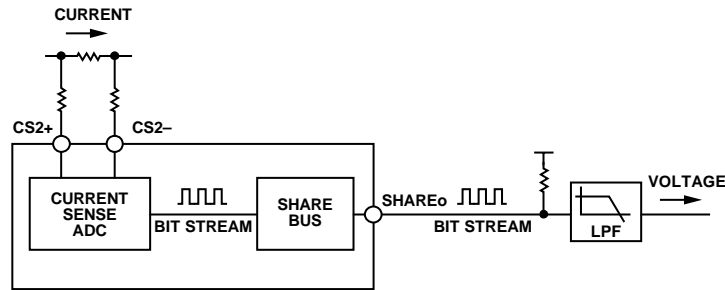


图33. 模拟均流配置

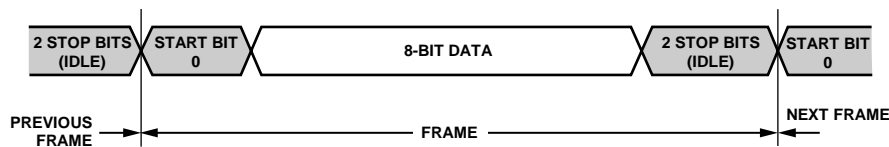


图34. 数字均流帧时序框图

# ADP1046A

图35显示均流总线上可能存在的信号。

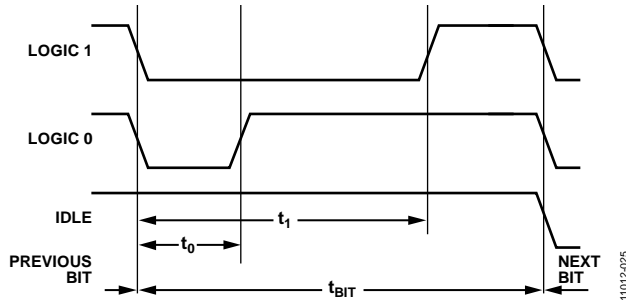


图35. 均流总线高电平位、低电平位和空闲位

位( $t_{\text{BIT}}$ )长度固定为10  $\mu\text{s}$ 。逻辑1定义为位起始时的高电平至低电平转换,以及75%  $t_{\text{BIT}}$ 时的低电平至高电平转换。逻辑0定义为位起始时的高电平至低电平转换,以及25%  $t_{\text{BIT}}$ 时的低电平至高电平转换。

在 $t_{\text{BIT}}$ 的整个周期中,总线在高电平时空闲。总线上的其它所有活动均无效。最长持续 $t_{\text{GLITCH}}$  (200 ns)的毛刺被忽略。

表示电流信息的数字字长度为8位。ADP1046A获取CS2读数的8个MSB,并将此读数用作数字字(见图36)。

## 数字均流总线方案

每个电源都将自身输出的数据字与总线上所有其它电源的数据字进行比较。

## 第1轮

在第1轮中,每个电源都首先在总线上放置其数字字的MSB。如果一个电源检测到其MSB与总线上的值一致,则进入第2轮。如果一个电源检测到其MSB低于总线上的值,则表示该电源为从机。

电源变成从机时,它停止在均流总线上进行通信,因为它知道自己不是主机。随后电源便增加输出电压,试图分担更多电流。

如果两个器件具有相同的MSB,则它们都进入第2轮,因为每一个都有可能是主机。

## 第2轮

在第2轮中,所有仍在总线上通信的电源均在均流总线上放置第二个MSB。如果某个电源检测到其MSB低于总线上的值,就表示该电源是从机,于是它便停止在均流总线上通信。

## 第3轮至第8轮

相同的算法最多将重复8轮,以便电源比较各自的数字字,从而判断主机和从机。

## 数字均流总线配置

数字均流总线有多种配置方法。均流总线环路带宽可在寄存器0x29[2:0]中编程。从机匹配主机电流的企图可通过寄存器0x2A[3:0]进行编程。通过将寄存器0x29[3]设为1,可启用数字均流总线。

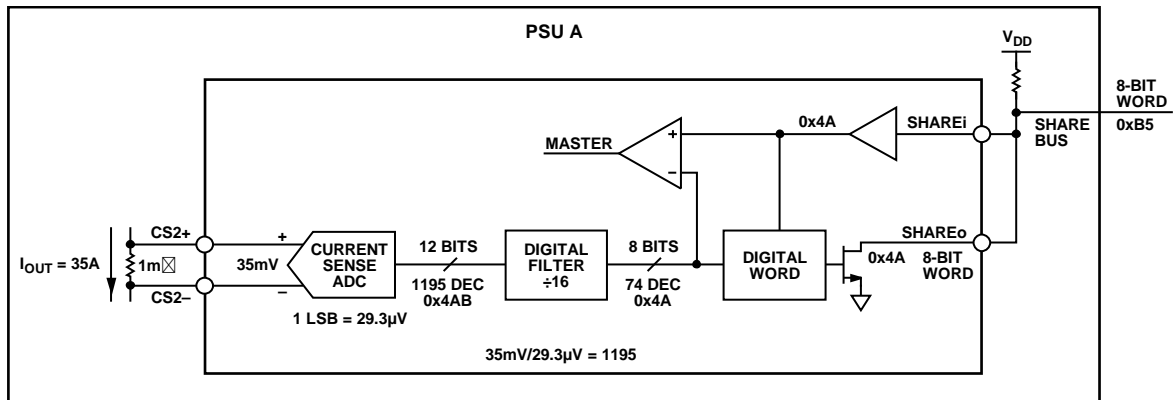


图36. 均流总线如何生成数字字并放置在数字均流总线上

## 电源系统和故障监控

ADP1046A拥有丰富的系统和故障监控能力。系统监控功能包括电压、电流、功率和温度读数。故障包括超出电流、电压、功率和温度的限值。故障限值可进行编程。ADP1046A超出特定的编程阈值或限值时，有丰富的标识组可供编程设置。有关这些阈值和限值的描述参见“故障寄存器”部分。

### 标识

ADP1046A超出特定限值、条件和阈值时，有丰富的标识组可供编程设置。这些标识的实时状态可从寄存器0x00至寄存器0x03中读取。这些标识的响应可单独编程。标识可忽略，或用于触发动作，如关断某些PWM输出或OrFET栅极。标识还可用于关断电源。可编程ADP1046A，使其响应这些标识的复位。更多信息，请参见“故障寄存器”部分。

ADP1046A另外还有一组锁存故障寄存器(寄存器0x04至寄存器0x07)。锁存故障寄存器的标识与寄存器0x00至寄存器0x03相同，但锁存寄存器标识会保持置位以便检测间歇性故障。读取锁存故障寄存器将使该寄存器内的所有标识复位。

### 监控功能

ADP1046A可监控并报告某些信号，包括电压、电流、功率和温度。所有这些值都保存在单独寄存器内，可通过I<sup>2</sup>C接口读取。更多信息，请参见“数值寄存器”部分。

### 电压读数

VS1、VS2和VS3 ADC的输入范围为1.6 V。ADC的输出为12位数值，这表示LSB尺寸为1.6 V/4096 = 390.625 μV。用户受限的输入范围为1.4 V，这表示ADC输出代码限值为1.4 V/390.6 μV = 3584。

计算特定引脚电压(V<sub>x</sub>)下ADC代码的公式如下：

$$ADC代码 = V_x / 1.6 \times 4096$$

例如，当ADC输入为1 V时，

$$ADC代码 = 1 \text{ V} / 1.6 \times 4096$$

$$ADC代码 = 2560$$

在12 V应用中，12 V的输出电压通过电阻分压网络降低到1 V，并输出至检测引脚。因此，如需将寄存器值转换为真实电压值，可使用下列公式：

$$V_{OUT} = (LSB \times 2560) \times ((R1 + R2) / R2)$$

在12 V系统中，计算可得：

$$V_{OUT} = (390.625 \mu\text{V} \times 2560) \times (11 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega) / 1 \text{ k}\Omega$$

### 电流读数

#### CS1引脚

CS1输入范围为1.4 V。ADC的输出为12位数值，这表示LSB尺寸为1.4 V/4096 = 341.8 μV。

当CS1引脚上电压确实为1 V时，CS1数值寄存器(寄存器0x13 [15:4])的值读取为2926。

计算特定CS1输入电压(V<sub>x</sub>)下ADC代码的公式如下：

$$ADC代码 = V_x / 1.4 \times 4096$$

例如，当CS1输入引脚为1 V时，

$$ADC代码 = 1 \text{ V} / 1.4 \times 4096$$

$$ADC代码 = 2926$$

#### CS2+、CS2-引脚

使用寄存器0x27[5]，CS2 ADC的满量程(FS)范围可设为60 mV或120 mV。

CS2 ADC的输入范围为120 mV。分辨率为12位，这表示LSB尺寸为120 mV/4096 = 29.30 μV。用户受限的输入范围为110 mV。

计算特定CS2输入电压(V<sub>x</sub>)下ADC代码的公式如下：

$$ADC代码 = V_x / (120 \text{ mV}) \times 4096$$

例如，当ADC输入为50 mV时，

$$ADC代码 = 50 \text{ mV} / 120 \text{ mV} \times 4096$$

$$ADC代码 = 1707$$

因此，如需将CS2寄存器值转换为真实电流值，可使用下列公式：

$$I_{OUT} = (CS2\_ADC\_CODE / 4096) \times (FS / R_{SENSE})$$

其中：

CS2\_ADC\_CODE表示寄存器0x18[15:4]中的值。

FS表示满量程电压降(60 mV或120 mV)。

R<sub>SENSE</sub>表示检测电阻值。

例如，如果CS2\_ADC\_CODE = 1520，R<sub>SENSE</sub> = 10 mΩ，并且FS = 120 mV，则真实电流值计算如下：

$$I_{OUT} = (1520 / 4096) \times (120 \text{ mV} / 10 \text{ m}\Omega)$$

$$I_{OUT} = 4.453 \text{ A}$$

# ADP1046A

## 功率读数

输出功率数值寄存器(寄存器0x19)值为VS3电压值与CS2电流值的乘积。因此,结合“电压读数”部分的公式以及“CS2+、CS2-引脚”部分的公式,便可计算电源读数(单位:W)。此寄存器是一个16位字。它将两个12位数相乘,然后舍弃8位LSB。

$$P_{OUT} = V_{OUT} \times I_{OUT}$$

例如:

$$P_{OUT} = 12 \text{ V} \times 4.453 \text{ A} = 53.436 \text{ W}$$

## 电源监控精度

ADP1046A电源监控精度可根据测量信号的满量程范围确定。

## 首次故障标识ID和数值寄存器

当ADP1046A寄存多个故障条件时,它会将首次故障的数值保存在专用寄存器中。例如,如果过温(OTP)故障在OVP故障之后被寄存,则OTP标识保存在第一个标识ID寄存器(寄存器0x10)中。与简单标识相比,该寄存器可以为用户提供更多信息以便进行故障诊断。该寄存器的内容会被锁存,意味着会被保存到用户对其进行读取为止。内容也可以通过切换PS0N来清零。若标识设置为忽略,则它将不会出现在第一个标识寄存器中。

## 外部标识输入(FLAGIN引脚)

FLAGIN可用于向ADP1046A发送一个外部故障信号。寄存器0x0A[3:0]可用于编程FLAGIN标识响应,触发某个动作。

## 温度读数(RTD引脚)

RTD引脚被设计用于和外部的负温度系数(NTC)热敏电阻一同使用来实现温度检测(见图38)。RTD引脚具有内部可编程电流源。ADC监控RTD引脚上的电压。

RTD温度数值寄存器(寄存器0x1A)每隔10 ms更新一次。ADP1046A保存每个ADC样本10 ms,然后在10 ms周期结束时输出平均值。

RTD ADC输入范围为1.6 V,分辨率为12位,这表示LSB尺寸为 $1.6 \text{ V} / 4096 = 390.625 \mu\text{V}$ 。用户受限的输入范围为1.3 V,这表示ADC最大输出代码限值为 $1.3 \text{ V} / 390.6 \mu\text{V} = 3328$ 。

RTD ADC的输出与RTD引脚电压成线性比例关系。然而,热敏电阻具有非线性的电阻与温度函数关系,因此,用户必须对RTD ADC读数进行后期处理,以便精确读取温度。通过并联连接一个外部电阻(REXT)至NTC热敏电阻(TH),便可使用恒定电流对其线性化(见图37)。

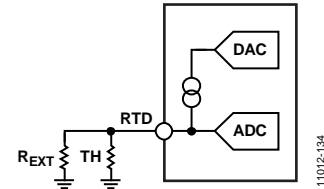


图37. 使用热敏电阻测量温度

可在寄存器0x11中选择10  $\mu\text{A}$ 、20  $\mu\text{A}$ 、30  $\mu\text{A}$ 或40  $\mu\text{A}$ 的内部精密电流源。此电流源可通过内部ADC调整,以补偿热敏电阻的精度(见“RTD/OTP调整”部分)。用户可通过寄存器0x11中的位[7:6]选择输出电流源的大小。

在工业温度范围内测量线性温度(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )时,ADP1046A采用了线性化方案,该方案基于预先选择的外部元器件组合以及针对最佳性能作出的当前选择而定。

更多有关所需的热敏电阻以及选择和调整精密电流源的信息,请参见“温度线性方案”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。如果内部电流源设为46  $\mu\text{A}$ ,以特定NTC热敏电阻值( $R_x$ )计算ADC代码的公式如下所示:

$$\text{ADC代码} = 46 \mu\text{A} \times R_x / 1.6 \times 4096$$

例如,在 $60^{\circ}\text{C}$ 时,RTD引脚上的NTC热敏电阻为21.82 k $\Omega$ 。

$$\text{RTD\_ADC\_CODE} = 46 \mu\text{A} \times 21.82 \text{ k}\Omega / 1.6 \times 4096 = 2570$$

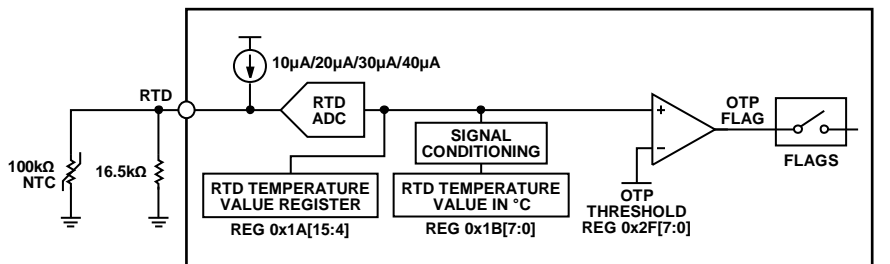


图38. RTD引脚内部详解

## 温度线性化方案

ADP1046A基于预先选定的热敏电阻(100 k $\Omega$ , 1%)、外部电阻(16.5 k $\Omega$ , 1%)和46  $\mu$ A电流源组合实现线性化方案, 在工业温度范围内线性化温度测量值时可获得最佳性能。

所需的NTC热敏电阻的阻值应为100 k $\Omega$ 、1%, 例如NCP15WF104F03RC( $\beta = 4250$ , 1%)。建议电阻值和 $\beta$ 值使用1%容差。

## 读取线性化温度值

读取寄存器0x1B(每隔10 ms更新一次)将根据内部线性方案返回当前温度值。这些测量值的指定精度见表1。温度读数的结果以8位十进制格式表示(单位:  $^{\circ}$ C); 因此, 此读数的温度范围为0 $^{\circ}$ C至255 $^{\circ}$ C。

## 过温保护(OTP)

若RTD引脚上检测到的温度超过寄存器0x2F中的编程阈值, 则置位OTP标识。对OTP标识的响应可通过寄存器0x0B[7:4]编程设置。

考虑到NTC热敏电阻和外部电阻的容差, 需进行RTD调整, 以便在RTD ADC范围的低端精确读取温度。该调整可获得更精确的测量值, 以便确定OTP的阈值(参见“RTD/OTP调整”部分)。

## 过流保护(OCP)

ADP1046A有数个OCP功能。CS1和CS2 $\pm$ 具有独立的OCP电路, 可同时提供原边和副边保护。

### CS1 OCP

CS1具有两个保护电路: CS1快速OCP和CS1精确OCP(见图39)。

### CS1快速OCP

CS1快速OCP是一个模拟比较器。当CS1引脚上的电压超过(固定)1.2 V阈值时, 置位CS1快速OCP标识。可编程屏蔽时间可被用来过滤电流信号起始时刻的电流尖峰(前沿屏蔽)。

可编程去抖动时间, 改进OCP电路的抗噪能力。设置CS1快速OCP比较器后, OUTA、OUTB、OUTC和OUTD PWM输出便立即被禁用, 并且在余下的开关周期内亦禁用。这些输出将在下一个开关周期的起始时刻重新使能。此功能无法旁路。

### CS1精确OCP

CS1精确OCP可更加精确地进行过流保护。采用CS1精确OCP, 则CS1 ADC(寄存器0x13)的输出读数将与可编程OCP阈值进行比较。CS1精确OCP阈值可通过寄存器0x22[4:0]在0至31的十进制范围内编程。若CS1读数超过CS1精确OCP阈值, 则置位CS1精确OCP标识。CS1 ADC以异步方式采样, 并且读数每2.62 ms求一次平均值, 以判断故障条件。标识响应可通过寄存器0x08编程设置。

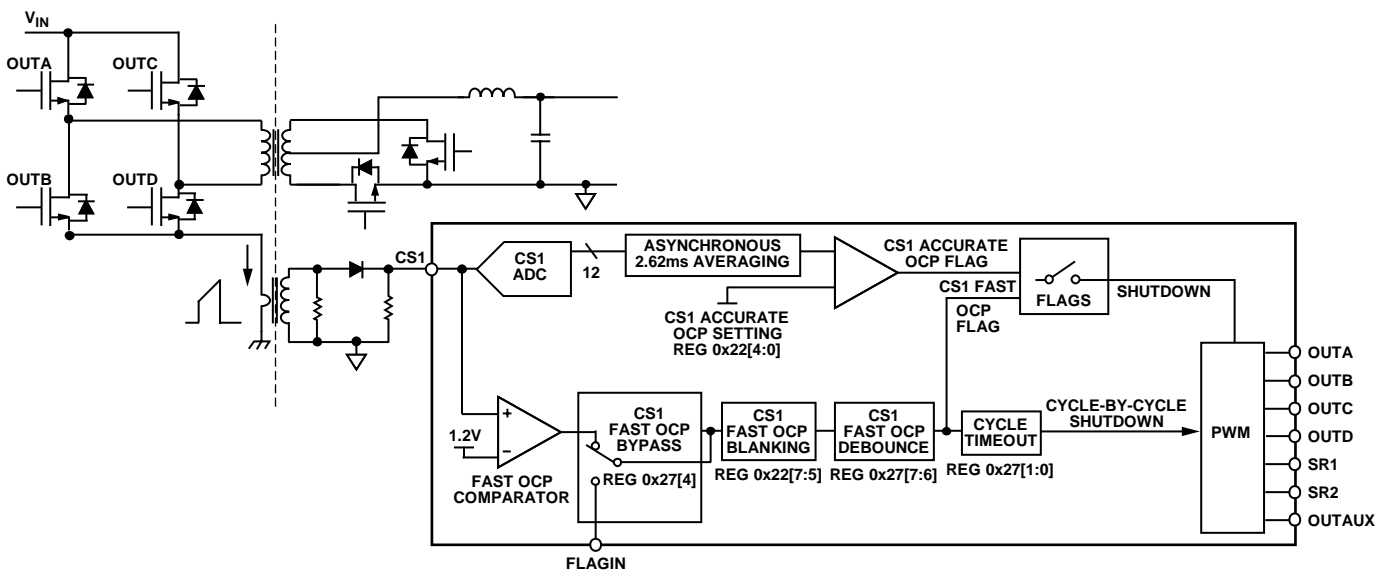


图39. CS1 OCP详细内部原理图

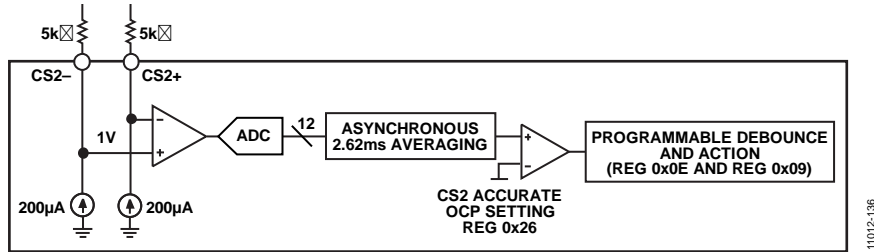


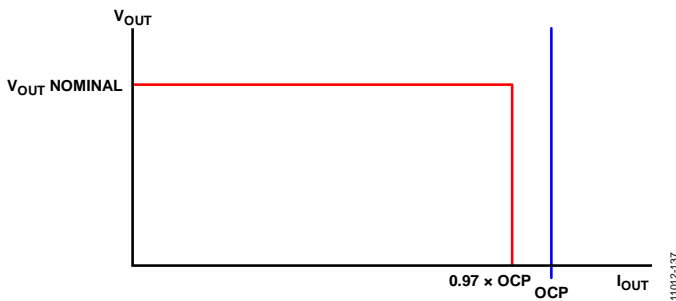
图40. CS2 OCP详细内部原理图

## CS2 OCP

CS2具有一个OCP保护电路：CS2精确OCP(见图40)。CS2 ADC(寄存器0x18)的输出读数与可编程OCP阈值相比较。CS2 OCP阈值可通过寄存器0x26[7:0]进行编程。若CS2读数超过CS2 OCP阈值，则置位CS2精确OCP标识。CS2 ADC以异步方式采样，并且读数每2.62 ms求一次平均值，以判断故障条件。标识响应可通过寄存器0x09编程设置。

## 恒流模式

ADP1046A可配置为恒流工作模式。进入恒流工作模式的阈值比CS2精确OCP设置值低3%(见图41)。低于该电流值，则器件在恒压模式下工作，并使用输出电压作为闭环工作的反馈信号。

图41. 恒流模式( $V_{OUT}$ 与 $I_{OUT}$ 的关系)

当ADP1046A到达恒流模式阈值时，标识在寄存器0x02[4]和寄存器0x06[4]中置位(分别为实时标识寄存器和锁存标识寄存器)。标识置位时，使用CS2电流读数控制输出电压调节点。输出电压随负载增加而线性斜降，确保电流保持恒定。

由于电流值是在328  $\mu$ s周期内取平均值，恒流控制环路带宽相对较低。VS3 $\pm$ 引脚上的输出电压以最大1.18 V/s的速率变化；因此，电流瞬时值可在极短时间内超过恒流限值，具体视瞬态情况而定。

随着输出电压的下降，UVP标识(寄存器0x0B[3:0])便可用于编程触发一个关断动作。

## 过压保护(OVP)

ADP1046A有三个独立的OVP电路。如果VS1引脚、VS2引脚或VS3 $\pm$ 引脚上的输出电压超过该引脚的可编程阈值，则置位相应的OVP标识。VS2和VS3 OVP标识响应可在寄存器0x09[3:0]中编程；VS1 OVP标识响应可在寄存器0x0A[7:4]中编程。

VS1有两个OVP电路：一个是快速模拟比较器(快速OVP)，另一个是基于ADC的比较器(精确OVP)。VS2和VS3共享同一个精确OVP电路。

OVP电路可编程为不同的OVP阈值。更多信息参见寄存器0x32和寄存器0x33。

基于ADC的比较器采样时间为80  $\mu$ s。通过寄存器0x32和寄存器0x33的位[1:0]，可加入额外80  $\mu$ s步进的去抖动时间。

快速OVP比较器还具有可编程阈值和去抖动时间。可在寄存器0x37中对这些值编程。

**欠压保护(UVP)**

如果VS1引脚的检测电压下降到低于可编程UVP阈值，则置位UVP标识位。UVP阈值可在寄存器0x34中编程；同时还可使用GUI，如图42所示。

对UVP标识位的响应可通过寄存器0x0B[3:0]编程设置。软启动时禁用欠压保护和UVP标识位。

**交流检测(ACSNS)**

ACSNS电路具有多种监测和控制功能。有两个ADC和一个快速比较器连接到该引脚。

- 快速ADC用于电压前馈功能(参见“电压线路前馈和ACSNS”部分)，此ADC的等效分辨率为11位，采样速率为10 μs。
- 慢速ADC用于报告输入电压。此ADC的分辨率为12位，采样速率10 ms。
- 快速比较器用于监控同步整流器级(或整流器二极管)的输出端是否存在开关波形。

输出电感的靠近整流器的一端通过外部RCD分压网络连接到ACSNS引脚。

ACSNS低速ADC的输出是一个12位数值，存储在寄存器0x14中。可通过寄存器0x5E[6:0]调节该ADC的增益，以补偿分压器误差和电压尖峰。

ADC代码的计算公式如下：

$$ADC代码 = Vx/1.6 \times 4096$$

其中，V<sub>x</sub>是ACSNS引脚上的电压。

例如，当ADC输入为1 V时，

$$ADC代码 = 1 V/1.6 \times 4096$$

$$ADC代码 = 2560$$

$$V_{SENSE} = (Vx) \times (R1 + R2)/R2$$

其中，V<sub>SENSE</sub>是滤波后的副边电压。

原边输入电压可通过将V<sub>SENSE</sub>乘以匝数比(N1/N2)得到，如下所示：

$$V_{PRIMARY} = Vx \times (R1 + R2)/R2 \times (N1/N2)$$

ACSNS比较器阈值设为0.45 V。如果ACSNS引脚上的平均电压低于该阈值，则在寄存器0x03[2]和寄存器0x07[2](分别为实时标识寄存器和锁存标识寄存器)中置位ACSNS标识位，并执行针对该标识的响应。

工作在谐振模式时，ACSNS比较器用于同步整流器的时序，因此不能使用ADC的额外特性。详见“谐振工作模式”部分。

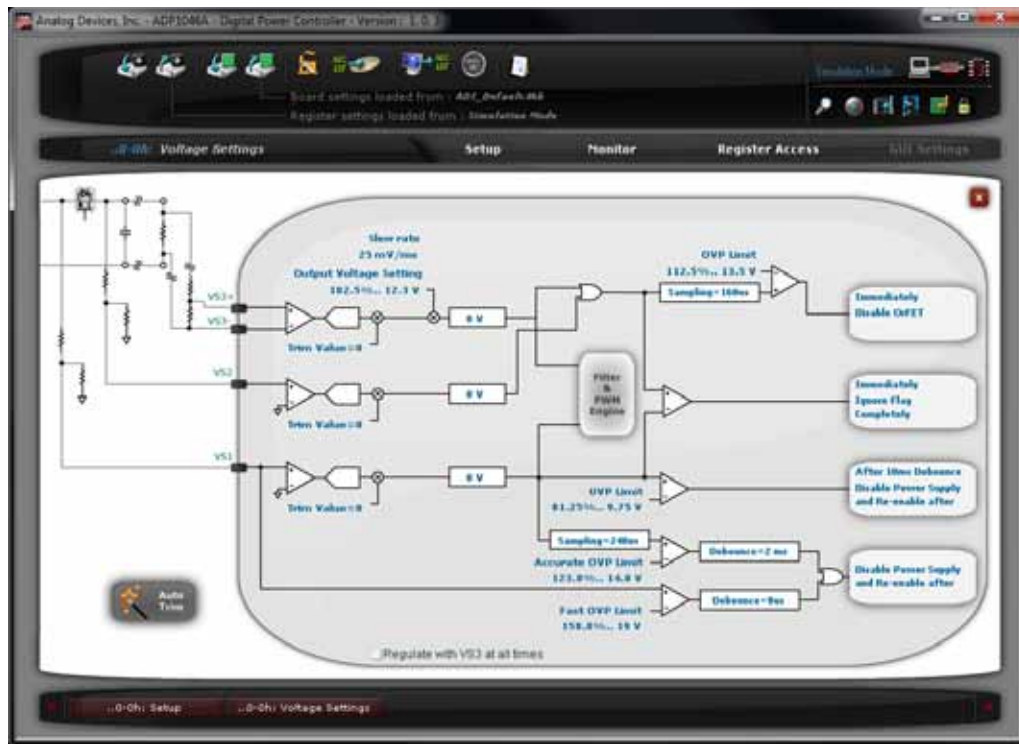


图42. 仿真模式下的电压检测窗口(ADP1046A GUI)

# ADP1046A

## 伏秒平衡

ADP1046A具有专用电路，在全桥拓扑下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。

该电路粉笔监控流过全桥拓扑的两个桥臂的电流，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引脚电流相同。此信号通过CS1引脚输入。

电路需要几个开关周期才能有效工作。施加到每个所选PWM输出边沿的最大调制数量可通过寄存器0x28[2]编程至±80 ns或±160 ns。

可在寄存器0x28以及寄存器0x76至寄存器0x78内编程伏秒平衡设置。建议使用ADI公司的软件GUI对这些设置进行编程。

PWM驱动信号补偿于两个所选输出的边沿处进行。SR1和SR2边沿也可单独设置为针对伏秒平衡电路调制，以保持与原边信号的时序关系。

## 数字式负载线和速率

ADP1046A可选择性地在电源中引入数字负载功能。该选项可在负载线阻抗寄存器(寄存器0x36)中编程。可独立配置两个参数：速率和负载线值。

速率(寄存器0x36[6:4])决定输出电压调节响应数字基准电压变化的速度。提供八种不同的设置。

负载线值(寄存器0x36[2:0])控制负载线的斜率。引入的输出电阻值可通过下式计算：

$$R_{OUT} = 0.1 \times V_{OUT\_NOM} \times CS2 R_{SENSE} / (CS2 Range \times 2^{LOAD\_SET[2:0]})$$

其中：

$V_{OUT\_NOM}$ 是VS3 = 1 V时的标称输出电压。

$CS2 R_{SENSE}$ 是电阻检测值。

CS2范围为120 mV或60 mV。

$LOAD\_SET[2:0]$ 是寄存器0x36中位[2:0]的值(十进制0至7)。

例如，若 $V_{OUT\_NOM} = 12\text{ V}$ 、 $CS2 R_{SENSE} = 10\text{ m}\Omega$ 、 $CS2 Range = 120\text{ mV}$ 且 $LOAD\_SET[2:0] = 3$ ，

则有： $R_{OUT} = 0.1 \times 12\text{ V} \times 10\text{ m}\Omega / (120\text{ mV} \times 2^3) = 12.5\text{ m}\Omega$

此特性可用于高级均流技术中。默认条件下，负载线功能被禁用。基于CS2读数，通过更改数字基准电压值，便可以数字方式引入负载线功能。

图43和44中的负载线表示 $V_{OUT}$ 的百分比与 $R_{SENSE}$ 电压降的关系。

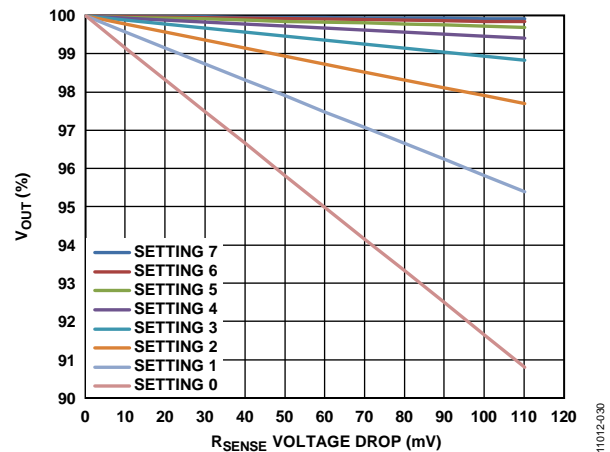


图43. 以120 mV CS2范围设置负载线

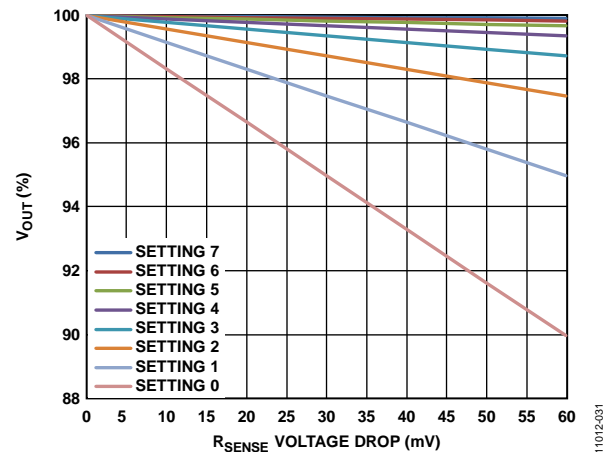


图44. 以60 mV CS2范围设置负载线



## 电源校准和调整

ADP1046A 允许在量产环境下以数字方式校准并调整整个电源。它能校准诸如输出电压等项目，并调整由检测电阻和电阻分压网络引入的容差误差，以及它自身的内部电路。此器件经工厂调整，用户也可自行再调整，以便补偿外部元器件导致的误差。ADP1046A GUI 允许用户自动将调整设置恢复为出厂默认值。

要获取写的权限，首先要通过向 TRIM\_PASSWORD 寄存器（寄存器 0x89）写入调整密码来解锁调整寄存器。要连续写入两次调整密码（出厂默认密码为 0xFF）。

ADP1046A 提供用户足够的调整能力，可调整容差为 0.5%（或更优）的外部元器件。如果量产环境下未调整 ADP1046A，建议使用容差为 0.1%（或更佳）的元器件作为 CS1、CS2、VS1、VS2 和 VS3 的输入，以满足数据手册规格。

### CS1 调整

#### 使用直流信号

已知电压 ( $V_x$ ) 施加于 CS1 引脚。CS1 ADC 应输出数值为  $V_x / 1.4 \times 4096$  的数字代码。CS1 增益调整寄存器（寄存器 0x21）被调整，直至寄存器 0x13[15:4] 中的 CS1 ADC 值读取正确的数字代码。

#### 使用交流信号

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。电压 ( $V_x$ ) 计算如下：

$$V_x = I_x \times (N1/N2) \times R_{CS1}$$

其中， $N1/N2$  是电流变压器的匝数比。

CS1 ADC 应输出数值为  $V_x / 1.4 \times 4096$  的数字代码。CS1 增益调整寄存器（寄存器 0x21）被调整，直至寄存器 0x13[15:4] 中的 CS1 ADC 值读取正确的数字代码。

### CS2 调整

CS2 调整必须补偿偏移误差和增益误差。偏移误差需经模拟调整和数字调整。此误差包括电流检测元件的容差和 CS2± 输入电平转换电阻之间的不匹配。

#### CS2 偏移调整

外部电平转换电阻和内部电流源可导致偏移误差。最好能使用两个 0.1% 匹配电阻，或者使用同一个封装内的两个电阻。

重要的是以下述步骤进行 CS2 偏移调整：

1. 使用寄存器 0x27[2] 设置高端或低端电流检测。
2. 在寄存器 0x27[5] 中，将标称满量程检测电阻压降设为 1（范围为 120 mV），或者设为 0（范围为 60 mV）。
3. 在检测电阻两端施加空载电流。
4. 将 CS2 增益调整值设为 0（寄存器 0x23 = 0）。
5. 将 CS2 数字偏移调整值设为 0（寄存器 0x25 = 0）。
6. 在寄存器 0x24[6:0] 中调节 CS2 模拟偏移调整值。对于 120 mV 范围而言，调节寄存器 0x24 直至寄存器 0x18[15:4] 中 CS2 值的读数尽可能接近十进制 100 (0x64)；此数值必须高于 50 (0x32)。对于 60 mV 范围而言，调节寄存器 0x24 直至寄存器 0x18[15:4] 中 CS2 值的读数尽可能接近十进制 200 (0xC8)；此数值必须高于 100 (0x64)。
7. 在寄存器 0x25 中调节 CS2 数字偏移调整值，直到寄存器 0x18[15:4] 中的 CS2 值读取 0。

至此完成偏移调整，且当检测电阻两端无空载电流时，ADC 代码读取 0。

### CS2 增益调整

执行偏移调整后，接着执行增益调整，消除检测电阻容差导致的失配。ADP1046A 可调整的检测电阻容差为 1% 或更佳。

1. 在检测电阻两端施加一个数值已知的负载电流 ( $I_{OUT}$ )。
2. 在寄存器 0x23[5:0] 中调节 CS2 增益调整值，直到寄存器 0x18[15:4] 中的 CS2 值读取下列公式计算所得数值：

$$CS2\text{值} = I_{OUT} \times R_{SENSE} / FS \times 4096$$

其中：

$FS$  表示满量程电压降 (120 mV 或 60 mV)。

$R_{SENSE}$  表示检测电阻值。

若 CS2 编程设定为 120 mV 范围，并且  $I_{OUT} = 10\text{ A}$ ，

$R_{SENSE} = 10\text{ m}\Omega$ ， $FS = 120\text{ mV}$ ，则有：

$$CS2\text{值} = (10\text{ A} \times 10\text{ m}\Omega) / 120\text{ mV} \times 4096$$

$$CS2\text{值} = \text{十进制} 3413$$

若 CS2 编程设定为 60 mV 范围，并且  $I_{OUT} = 5\text{ A}$ ， $R_{SENSE} = 5\text{ m}\Omega$ ， $FS = 60\text{ mV}$ ，则有：

$$CS2\text{值} = (5\text{ A} \times 5\text{ m}\Omega) / 60\text{ mV} \times 4096$$

$$CS2\text{值} = \text{十进制} 1707$$

至此，CS2 电路完成调整。完成电流检测调整后，应当配置 OCP 限值和设置。

# ADP1046A

## 电压校准和调整

电压检测输入针对1 V的检测信号优化(可用输入范围为1.4 V)。在一个12 V系统中, 要求使用12:1电阻分压器降低12 V信号直至低于1.4 V。建议此引脚上的电源输出电压降低至1 V, 以获得最佳性能。需要调整电阻分压器容差导致的误差。[ADP1046A](#)可提供足够的调整范围, 调整容差为0.5%或更佳电阻导致的误差。

VS1、VS2和VS3 ADC产生的数字代码等于 $VS_x/1.6 \times 4096$ 。当输入确实为1 V时, ADC可在寄存器0x15、寄存器0x16和寄存器0x17的位[15:4]中输出十进制的2560(0xA00)。

## 输出电压设置(VS3+、VS3-调整)

VS3±输入需要进行增益调整。将输出调节点设置为标称值(寄存器0x31 = 0xA0)的100%。使能空载电流的电源输入。通过VS3电阻分压器对电源输出电压进行分压, 以便为VS3+和VS3-差分输入引脚提供1 V电压。调节VS3调整寄存器(寄存器0x3A), 直到输出电压达到期望值。此步骤应在其它任何调整程序之前执行。寄存器0x17[15:4]中的VS3电压值读数为十进制2560(0xA00)。

## VS1调整

VS1输入需要进行增益调整。使能空载电流的电源输入。建议使用VS1电阻分压器对VS1分压, 为VS1引脚提供1 V电压。调节VS1调整寄存器(寄存器0x38), 直到寄存器0x15[15:4]中的VS1值读数为十进制2560(0xA00)。

## VS2调整

VS2输入需要进行增益调整。使能空载电流的电源输入。建议使用VS2电阻分压器对VS2分压, 为VS2引脚提供1 V电压。调节VS2调整寄存器(寄存器0x39), 直到寄存器0x16[15:4]中的VS2值读数为十进制的2560(0xA00)。

## RTD/OTP调整

RTD输入需要经过两次调整: 一次针对电流源, 一次针对ADC。需要执行额外的调整步骤, 才能使用内部线性方案。

## 调整电流源

寄存器0x11的位[7:6]可将电流源的值设为10  $\mu$ A、20  $\mu$ A、30  $\mu$ A或40  $\mu$ A。寄存器0x11的位[5:0]可用于微调电流值。通过微调内部电流源, 可补偿元器件容差, 并最大程度降低误差。位[5:0]的一个LSB是160 nA。十进制值1向位[7:6]设置的电流源中添加160 nA电流; 而十进制值63向位[7:6]设置的电流源中添加 $63 \times 160 \text{ nA} = 10.08 \mu\text{A}$ 电流。

若要将电流源设置为某个值, 可先通过寄存器0x11[7:6]选择最接近的值(10  $\mu$ A、20  $\mu$ A、30  $\mu$ A或40  $\mu$ A), 然后使用寄存器0x11[5:0]获得更佳步长。

例如, 若要使用46  $\mu$ A作为电流源, 可遵循以下步骤:

1. 在RTD和AGND之间放置一个数值已知的电阻( $R_x$ )。
2. 设置寄存器0x11[7:6]为11 (40  $\mu$ A)。
3. 增加寄存器0x11[5:0]的值, 每次一个LSB, 直到RTD引脚电压为:  $V_{RTD} = 46 \mu\text{A} \times R_x$ 。

至此完成电流源校准, 并设为出厂默认值。

## 调整ADC

由于热敏电阻存在非线性本质, 因此可使用两个调整选项。

### 使用内部线性方案

第一个选项使用46  $\mu$ A RTD电流的内部线性方案, 通过以十进制格式对寄存器0x1B进行读取, 可提供单位为 $^{\circ}\text{C}$ 的精确读数。

应将100 k $\Omega$ 、1% NTC热敏电阻( $\beta = 4250$ 、1%, 例如NCP15WF104F03RC)与16.5 k $\Omega$ 、1%的外部电阻并联, 用于[ADP1046A](#)。采用这种NTC热敏电阻与电阻的组合, 则[ADP1046A](#)默认电流源调整值设为46  $\mu$ A, 可在85 $^{\circ}\text{C}$ 至125 $^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内获得最佳的精度。

若使用外部微控制器, 则寄存器0x1A中的RTD ADC代码可输入微控制器, 并且可采用不同的线性方案, 以便针对所选NTC特性实现最佳的多项式拟合。

### 使用OTP值

第二个选项不使用线性方案，而是让用户编程RTD电流，并以mV为单位设置OTP阈值。由于热敏电阻存在非线性本质，最好将电阻与NTC热敏电阻并联使用，这样有助于RTD引脚电压的线性化。

此过程可消除NTC热敏电阻和外部电阻的误差/容差。通过获得不同温度下的NTC电阻特性，可计算并联电阻。

若要使用此步骤，NTC热敏电阻和并联电阻组合的温度和等效电阻值必须为已知值。

在图45中，T2为设置OTP标识位时的OTP阈值，T1为OTP标识清零时的温度。

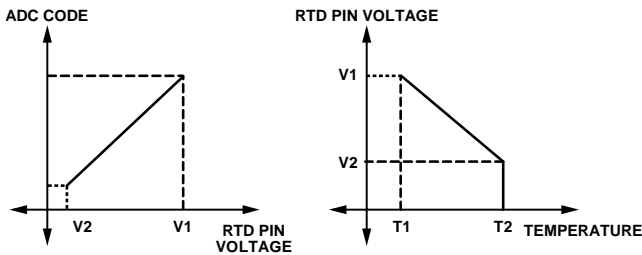


图45. RTD引脚电压、ADC代码和温度

应执行下述步骤：

1. 调节所需RTD电流源 $I_{RTD}$ ，如“调整电流源”部分所述。
2. 将温度设为OTP阈值。
3. 调节偏移调整寄存器(寄存器0x1C和寄存器0x20)，直到寄存器0x1A中的读数与V2(单位：mV)相等。
4. 将OTP阈值(寄存器0x2F)设为V2值。
5. 将温度设为迟滞点的值，达到该温度则清零OTP标识。
6. 调节温度增益调整寄存器(寄存器0x2B)，直到寄存器0x1A中显示正确的电压读数。

至此完成ADC调整，且ADC在关注的两个温度之间为线性变化。

该过程可获得最精确的OTP，因为它把ADP1046A器件间的变化以及使用的热敏电阻容差也计算在内。

### ACSNS校准和调整

ACSNS前馈ADC(见图19)用于电压线路前馈，用户不可对其进行调整。

ACSNS慢速ADC需要进行增益调整。使能标称输入电压时，满载电流的电源。输出整流器上的副边峰值反向电压可通过外部RCD电路过滤(见图19)。

若要调整ACSNS ADC，用户可通过下式计算原边电压：

$$V_{PRIMARY} = V_x \times (R1 + R2) / R2 \times (N1/N2)$$

其中：

$V_x$ 是ACSNS引脚上的电压。

$N1/N2$ 是匝数比。

调节ACSNS增益调整寄存器(寄存器0x5E)直到此计算电压等于所需的原边输入电压。

另一个调整ACSNS ADC的方法是使用平均副边电压。由于标称输入电压、变压器匝数比和ACSNS引脚上的电阻分压器值已知，ACSNS增益调整寄存器(寄存器0x5E)会被调节为输出代码十进制2560(0xA00)。

$$ADC代码 = V_x / 1.6 \times 4096$$

其中， $V_x$ 是ACSNS引脚上的电压。

图19中的电阻采用能使第一个时间常数RC足够长的值，防止电容过冲(典型应用中通常为200 ns左右)，而第二个时间常数 $(R1 + R2) \times C$ 足够长，能够在整流器关断时保持平均电压恒定。

## 布局布线指南

本节介绍若在保证ADP1046A性能最优所应当遵循的最佳元器件布局布线。总体而言，将所有元器件尽可能靠近ADP1046A放置。所有信号均参照各自的地。

### CS2+和CS2-

连接检测电阻和ADP1046A的走线应当平行布线。走线应尽可能的相互靠近，并尽量远离开关节点。

### VS3+和VS3-

连接远程电压检测点和ADP1046A的走线应当平行布线。走线应尽可能的相互靠近，并尽量远离开关节点。在VS3-和AGND之间放置一个100 nF电容，以降低共模噪声。

### VDD

将去耦电容放置在尽量靠近器件的地方。建议在VDD和AGND之间连接一个4.7  $\mu$ F电容。

### SDA和SCL

这些引脚的走线应相互平行。走线应尽可能的相互靠近，并尽量远离开关节点。

### CS1

连接电流检测变压器和ADP1046A的走线应当平行布线。走线应尽可能的相互靠近，并尽量远离开关节点。

### 裸露焊盘

将ADP1046A下方的裸露焊盘焊接到PCB AGND层。

### VCORE

在此引脚和DGND之间放置一个330 nF去耦电容，并尽量与器件靠近。

### RES

在此引脚和AGND之间放置一个10 k $\Omega$ 、 $\pm$ 0.1%电阻，并尽量与器件靠近。

### RTD

使用专用的走线将热敏电阻和ADP1046A以及AGND连接起来。将该热敏电阻放置在电源最热的器件附近。

### AGND、DGND和PGND

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。使用一个极短的走线，以星型连接DGND与AGND。使用星型连接PGND与AGND。

## I<sup>2</sup>C接口通信

ADP1046A I<sup>2</sup>C从机是一个双线式接口，可用于与其它I<sup>2</sup>C兼容型主机通信，并兼容多主机、多从机的总线配置。

I<sup>2</sup>C从机功能是解码主器件发送的命令，并按需响应。使用带有时钟线路(SCL)和数据线路(SDA)的双线式接口建立通信。I<sup>2</sup>C从机旨在从外部移动8位数据块(字节)，同时兼容了I<sup>2</sup>C协议，该协议基于飞利浦公司的I<sup>2</sup>C总线规范(2000年1月，2.1版)。I<sup>2</sup>C协议集成了下列特性：

- 多器件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
- 丰富的通信故障监控

### I<sup>2</sup>C概述

I<sup>2</sup>C从机模块是双线式接口，可用于与符合I<sup>2</sup>C标准的其它主器件通信。其传输协议基于I<sup>2</sup>C传输机制。ADP1046A在整体系统中始终配置为从器件。ADP1046A利用一个数据引脚(SDA)和一个时钟引脚(SCL)与主器件通信。由于ADP1046A是从器件，所以无法生成时钟信号。不过，它们能够延长SCL信号，以便在未准备好响应主机请求时让主器件进入等待状态。

主器件向I<sup>2</sup>C从器件发送命令后便开始通信。命令可以是读取或写入命令，这种情况下，数据以字节的格式在器件之间传输。命令也可以是发送命令，这种情况下，从器件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I<sup>2</sup>C通信协议所定义。通信期间，主器件和从器件发送应答(A)或不应答(NA)位，作为器件间的信号交换方法。有关通信协议的详细描述，请参见飞利浦公司的I<sup>2</sup>C总线规范(2000年1月，2.1版)。

### I<sup>2</sup>C地址

ADP1046A的I<sup>2</sup>C地址通过在ADD引脚与AGND之间连接的外部电阻来设置。表6列出了推荐电阻值和相关I<sup>2</sup>C地址。可使用七个不同地址。

表6中的推荐电阻值容差必须为1%。

表6. I<sup>2</sup>C地址的推荐寄存器值

I <sup>2</sup> C地址	电阻值(kΩ)
0x50	10(或将ADD引脚直接连接到AGND)
0x51	28.7
0x52	48.7
0x53	68.1
0x54	88.7
0x55	109
0x57	200(或将ADD引脚直接连接到VDD)

### 数据传输

#### 格式概述

I<sup>2</sup>C从机遵循飞利浦公司I<sup>2</sup>C总线规范的传输协议。数据传输以字节为单位，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。

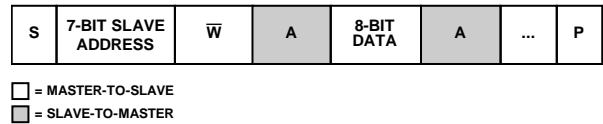


图46. 基本数据传输

图46至图53使用了以下缩写：

- S = 起始条件
- Sr = 重复起始条件
- P = 停止条件
- R = 读取位
- $\bar{W}$  = 写入位
- A = 应答位(0)
- NA = 无应答位(1)

有关传输协议的深入讨论，请参见I<sup>2</sup>C规范。

# ADP1046A

## 命令概述

基于I<sup>2</sup>C从机的数据传输通过命令来建立。所有命令以从机地址开头，其中R/W位清零(设置为0)，紧随其后的是命令代码(寄存器地址)。ADP1046A支持的所有命令遵循图47至图53所示的协议类型之一。

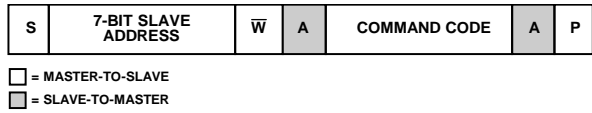


图47. 发送字节协议

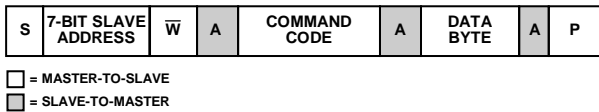


图48. 写入字节协议

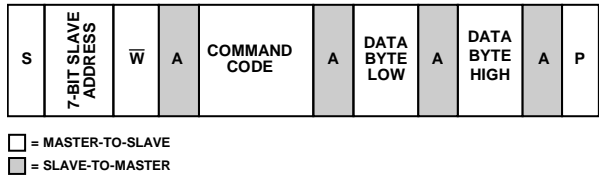


图49. 写入字协议

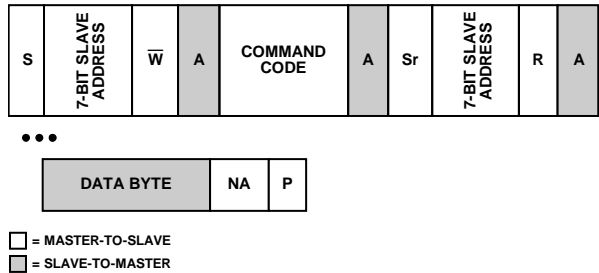


图50. 读取字节协议

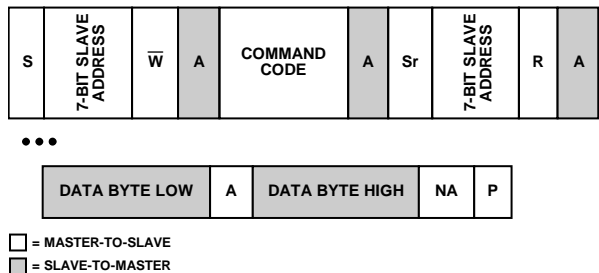


图51. 读取字协议

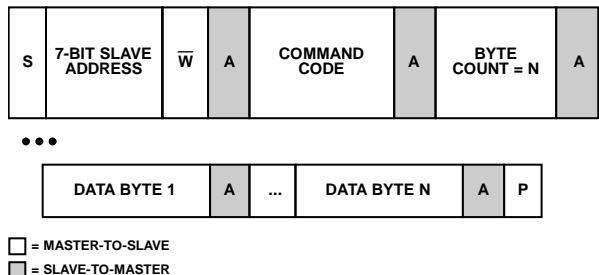


图52. 块写入协议

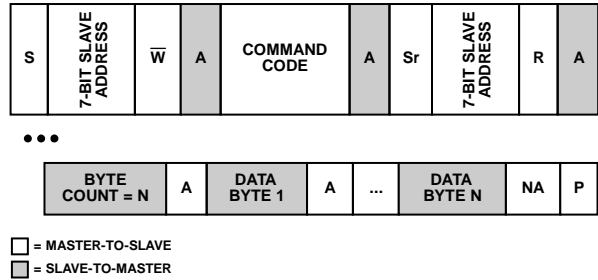


图53. 块读取协议

## 时钟产生和延展

ADP1046A在整体系统中始终是从机；因此器件从不需要产生时钟，时钟产生由系统内的主器件完成。不过，I<sup>2</sup>C从器件能够延长时钟，从而让主机进入等待状态。通过在低电平周期中延长SCL信号，从器件通知主器件它还未准备好进行传输，主器件必须等待。

I<sup>2</sup>C从器件延长SCL信号低电平的情况包括：

- 主器件正在以高于从器件的波特率发送。
- 从器件的接收FIFO缓冲器已满，读取后才能继续。这可以防止数据溢出情况。
- 从器件未准备好发送主机请求的数据。

请注意，从器件仅可在低电平周期中延长SCL信号。另外，虽然I<sup>2</sup>C规范允许无限延长SCL信号，ADP1046A却限制SCL可延长或保持低电平的最大时间。有关最大时间的更多信息，请参见“超时条件”部分。

## 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。I<sup>2</sup>C从机监控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。

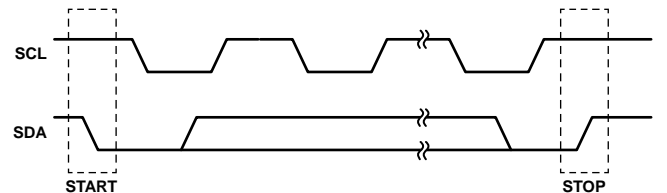


图54. 起始转换和停止转换

## 广播支持

ADP1046A能够解码广播地址并作出应答。广播地址支持使用地址0x00作为从机地址的发送、写入和读取命令。I<sup>2</sup>C从机对自身地址和广播地址(0x00)作出响应。

请注意，所有命令以从机地址开头，其中R/W位清零(设置为0)，紧随其后的是命令代码。使用广播地址与I<sup>2</sup>C从器件通信时情况也一样。

## 10位寻址

ADP1046A不支持I<sup>2</sup>C规范定义的10位寻址。

## 快速模式

快速模式(400 kB/s)基本上使用相同结构作为标准工作模式；电气规格和时序最易受影响。I<sup>2</sup>C从机能够与标准模式(100 kB/s)或快速模式下工作的主器件通信。

## 重复起始条件

通常，重复起始条件表示两次转换之间缺少停止条件。这两次转换可以是任意方向，例如发送之后进行接收，或者接收之后进行发送。然而，ADP1046A I<sup>2</sup>C通信协议仅在在进行读取(读取字节、读取字，以及块读取)时使用重复起始条件。器件不允许在其它情况下使用重复起始条件。

## 电气规格

所有逻辑均符合飞利浦公司I<sup>2</sup>C总线规范(2000年1月，2.1版)中的电气规格。

## 故障条件

I<sup>2</sup>C协议提供了极为丰富的通信时可监控的故障条件。这些通信故障是与I<sup>2</sup>C协议数据传输机制相关的错误条件，后文对此有所描述。

## 超时条件

任何单一SCL时钟脉冲保持低电平的时间超过25 ms的 $t_{\text{TIMEOUT, MIN}}$ ，就会发生超时条件。检测到超时条件后，I<sup>2</sup>C从器件有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。启动超时的器件必须将SCL时钟线路保持在低电平至少 $t_{\text{TIMEOUT, MAX}} = 35 \text{ ms}$ ，以保证从器件有足够时间将其通信协议复位。

## 数据传输故障

两个通信器件违反I<sup>2</sup>C通信协议时就会发生数据传输故障。

### 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；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；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，则假设主机要停止传输。因此，I<sup>2</sup>C从机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，I<sup>2</sup>C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

### 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，I<sup>2</sup>C从机将此情况视为数据传输故障，并且只要主机继续请求数据，就会发送全1(0xFF)。

### 器件繁忙

I<sup>2</sup>C从器件过于繁忙，无法对主器件请求做出响应。通常会进行SCL延长，直到器件空闲。

### 数据内容故障

当数据传输成功，但I<sup>2</sup>C从器件无法处理从主器件接收的数据时，就会发生数据内容故障。

### 地址字节内的读取位设置不当

所有I<sup>2</sup>C命令以从机地址开头，其中R/W位清零(设置为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R/W开始进行I<sup>2</sup>C处理(等效于I<sup>2</sup>C读取)，I<sup>2</sup>C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
- 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)

# ADP1046A

## 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I<sup>2</sup>C从机，I<sup>2</sup>C从机视为数据内容故障，并作出如下响应：

- 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

## 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，I<sup>2</sup>C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

请注意，此误差与“主机发送字节过多”部分描述的误差相同。

## 读取只写命令

如果主机从一个只写命令处执行读操作，则I<sup>2</sup>C从机将此情况视为数据内容故障，并且只要主机继续请求数据，就会发送全1 (0xFF)。

请注意，此误差与“主机读取字节过多”部分描述的误差相同。



## EEPROM

ADP1046A内置EEPROM控制器，用于与嵌入式8K × 8字节EEPROM通信。EEPROM也称为Flash®/EE，分为两个主要模块：INFO模块和主模块。INFO模块包含128个8位字节(仅供内部使用)，主模块包含8K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概述

EEPROM控制器提供ADP1046A内核逻辑与内置Flash/EE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的不同操作均具有不同的I<sup>2</sup>C命令。

主器件发送命令至I<sup>2</sup>C从器件，请求从EEPROM访问数据或向EEPROM发送数据，通信便开始。使用读取和写入命令，则数据以字节的格式在器件间传输。使用读取命令从EEPROM接收数据并发送至主器件。使用写入命令从主器件接收数据，并通过EEPROM控制器存储于EEPROM内。还支持发送命令，这种情况下，从器件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I<sup>2</sup>C通信协议所定义。

有关I<sup>2</sup>C协议的完整描述，请参见I<sup>2</sup>C总线规范(2000年1月，2.1版)。

### 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2和页面3保留供内部使用；不要擦除页面2或页面3上的内容。

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。

主模块的页面4至页面15可使用EEPROM\_PAGE\_ERASE命令(寄存器0x87)单独擦除。

例如，要对页面10执行页面擦除，请执行以下命令：

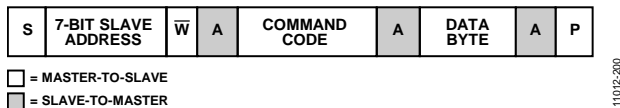


图55. 擦除命令示例

本示例中，命令代码= 0x87，数据字节= 0x0A。

请注意，执行下一个I<sup>2</sup>C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，只要该字节还未被写入至之前的逻辑低电平。

### 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。

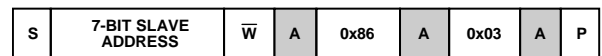
#### 从主模块读取，页面2至页面15

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0x8B至寄存器0x9A)。

执行该命令前，用户必须使用EEPROM\_NUM\_RD\_BYTES命令(寄存器0x86)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0x85)对返回首个读取字节的页面边界的偏移进行编程。

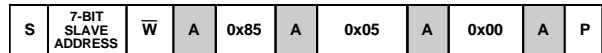
以下示例从EEPROM读取页面4的三个字节，从该页面的第五字节开始。

1. 设置返回字节数 = 3。



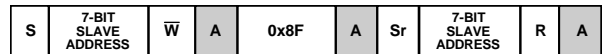
= MASTER-TO-SLAVE  
 = SLAVE-TO-MASTER

2. 设置地址偏移 = 5。

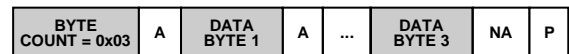


= MASTER-TO-SLAVE  
 = SLAVE-TO-MASTER

3. 从页面4读取三个字节。



...



= MASTER-TO-SLAVE  
 = SLAVE-TO-MASTER

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(设置返回字节数 = 0)。

## 写入操作(字节写入和块写入)

### 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\_00和EEPROM\_DATA\_01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或页面1，则会返回无应答信号。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0x82)。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和页面3

主模块的页面2和页面3保留供内部使用，且不应写入内容。仅页面4至页面15才可用来存储数据。

### 向主模块写入，页面4至页面15

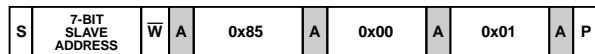
在对主模块页面4至页面15执行写入前，用户必须首先解锁EEPROM(参见“解锁EEPROM”部分)。

EEPROM主模块内页面4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0x8B至寄存器0x9A)。执行此命令前，用户可使用EEPROM\_ADDR\_OFFSET命令(寄存器0x85)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256个字节开始。

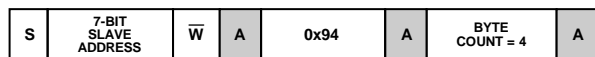
1. 设置地址偏移 = 256。



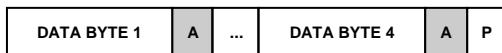
= MASTER-TO-SLAVE  
 = SLAVE-TO-MASTER

11012-204

2. 向页面9写入四个字节。



•••



= MASTER-TO-SLAVE  
 = SLAVE-TO-MASTER

11012-205

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(设置字节数 = 0)。

## EEPROM密码

上电时，EEPROM是锁定的，以防止意外写入或擦除。EEPROM锁定时，只允许读取主模块的页面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。

### 解锁EEPROM

要解锁EEPROM，请使用EEPROM\_PASSWORD命令(寄存器0x88)，通过正确的密码(默认值 = 0xFF)执行两次连续写入。设置EEPROM解锁标识(寄存器0x03的位0)以指示EEPROM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0x88)写入除正确密码以外的任何字节。设置EEPROM解锁标识(寄存器0x03的位0)清零，以指示EEPROM锁定，无法写入访问。

### 更改EEPROM密码

要更改EEPROM密码，首先使用EEPROM\_PASSWORD命令(寄存器0x88)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：

- 上电时。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器件上电。
- 执行RESTORE\_USER\_ALL命令时(寄存器0x83)。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。

### 将出厂默认设置下载至寄存器

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0x81)将出厂默认设置从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内的出厂默认设置。这是为了防止意外覆盖工厂调整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0x82)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，任何后续上电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，然后将寄存器设置存储于EEPROM内。因此，执行下一I<sup>2</sup>C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，设置EEPROM CRC故障标识(寄存器0x03的位1)。

要读取EEPROM CRC校验和值，应执行EEPROM\_CRC\_CHKSUM命令(寄存器0x84)。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。

# ADP1046A

## 软件GUI

用于对ADP1046A进行编程和配置的软件GUI免费提供。GUI采用对电源设计师直观的设计，可显著缩短电源设计和开发时间。软件包括滤波器设计和电源PWM拓扑结构窗口。

GUI也是信息中心，可显示ADP1046A上所有读数、监控和标识的状态。

欲了解有关GUI的更多信息，请联系ADI公司以获取最新软件和用户指南。联系ADI公司，还可获得评估板。

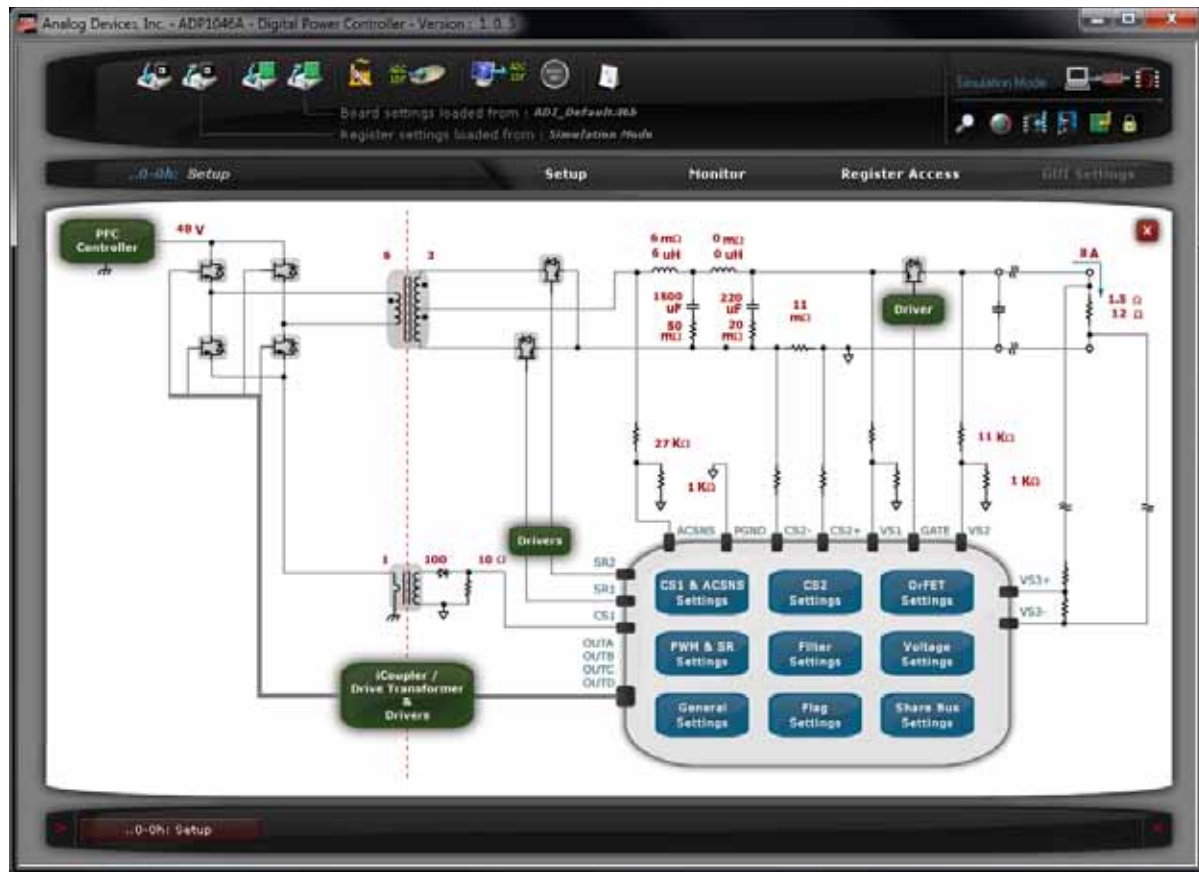


图56. ADP1046A GUI

11012-407

## 寄存器列表

表7. 寄存器列表

地址	寄存器名称
<b>故障寄存器</b>	
0x00	故障寄存器1
0x01	故障寄存器2
0x02	故障寄存器3
0x03	故障寄存器4
0x04	锁存故障寄存器1
0x05	锁存故障寄存器2
0x06	锁存故障寄存器3
0x07	锁存故障寄存器4
0x08	故障配置寄存器1
0x09	故障配置寄存器2
0x0A	故障配置寄存器3
0x0B	故障配置寄存器4
0x0C	故障配置寄存器5
0x0D	故障配置寄存器6
0x0E	标识配置
0x0F	软启动屏蔽故障标识
<b>数值寄存器</b>	
0x10	第一个标识ID
0x11	RTD电流源
0x12	HF ADC读数
0x13	CS1值(输入电流)
0x14	ACSNS值
0x15	VS1电压值
0x16	VS2电压值
0x17	VS3电压值(输出电压)
0x18	CS2值(输出电流)
0x19	CS2 × VS3值(输出电源)
0x1A	RTD温度值
0x1B	读取温度值
0x1C	RTD偏移调整(MSB)
0x1D	均流总线值
0x1E	调制值
0x1F	线路阻抗值
0x20	RTD偏移调整(LSB)
<b>电流检测和电流量限值寄存器</b>	
0x21	CS1增益调整
0x22	CS1精确OCP阈值
0x23	CS2增益调整
0x24	CS2模拟偏移调整
0x25	CS2数字偏移调整
0x26	CS2精确OCP阈值
0x27	CS1/CS2快速OCP设置
0x28	伏秒平衡设置
0x29	均流总线带宽
0x2A	均流总线设置
0x2B	温度增益调整
0x2C	PSON/软启动
0x2D	PGOOD去抖动和引脚极性设置
0x2E	调制限值
0x2F	OTP阈值
0x30	OrFET

# ADP1046A

地址	寄存器名称
<b>电压检测寄存器</b>	
0x31	VS3电压设置(远程电压)
0x32	VS1过压限值(OVP)
0x33	VS2和VS3过压限值(OVP)
0x34	VS1欠压限值(UVP)
0x35	线路阻抗限值
0x36	负载线阻抗
0x37	快速OVP比较器
0x38	VS1调整
0x39	VS2调整
0x3A	VS3调整
0x3B	轻载模式禁用设置
<b>ID寄存器</b>	
0x3C	芯片版本ID
0x3D	制造商ID
0x3E	器件ID
<b>PWM和同步整流时序寄存器</b>	
0x3F	OUTAUX开关频率设置
0x40	PWM开关频率设置
0x41	OUTA上升沿时序(OUTA引脚)
0x42	OUTA上升沿设置(OUTA引脚)
0x43	OUTA下降沿时序(OUTA引脚)
0x44	OUTA下降沿设置(OUTA引脚)
0x45	OUTB上升沿时序(OUTB引脚)
0x46	OUTB上升沿设置(OUTB引脚)
0x47	OUTB下降沿时序(OUTB引脚)
0x48	OUTB下降沿设置(OUTB引脚)
0x49	OUTC上升沿时序(OUTC引脚)
0x4A	OUTC上升沿设置(OUTC引脚)
0x4B	OUTC下降沿时序(OUTC引脚)
0x4C	OUTC下降沿设置(OUTC引脚)
0x4D	OUTD上升沿时序(OUTD引脚)
0x4E	OUTD上升沿设置(OUTD引脚)
0x4F	OUTD下降沿时序(OUTD引脚)
0x50	OUTD下降沿设置(OUTD引脚)
0x51	SR1上升沿时序(SR1引脚)
0x52	SR1上升沿设置(SR1引脚)
0x53	SR1下降沿时序(SR1引脚)
0x54	SR1下降沿设置(SR1引脚)
0x55	SR2上升沿时序(SR2引脚)
0x56	SR2上升沿设置(SR2引脚)
0x57	SR2下降沿时序(SR2引脚)
0x58	SR2下降沿设置(SR2引脚)
0x59	OUTAUX上升沿时序(OUTAUX引脚)
0x5A	OUTAUX上升沿设置(OUTAUX引脚)
0x5B	OUTAUX下降沿时序(OUTAUX引脚)
0x5C	OUTAUX下降沿设置(OUTAUX引脚)
0x5D	OUTx和SRx引脚禁用设置
0x5E	ACSNS增益调整
<b>数字滤波器编程寄存器</b>	
0x5F	软启动和输出电压速率设置
0x60	正常模式数字滤波器LF增益设置
0x61	正常模式数字滤波器零点设置
0x62	正常模式数字滤波器极点设置
0x63	正常模式数字滤波器HF增益设置
0x64	轻载模式数字滤波器LF增益设置

地址	寄存器名称
0x65	轻载模式数字滤波器零点设置
0x66	轻载模式数字滤波器极点设置
0x67	轻载模式数字滤波器HF增益设置
0x68	保留
<b>软启动滤波器编程寄存器</b>	
0x71	软启动数字滤波器LF增益设置
0x72	软启动数字滤波器零点设置
0x73	软启动数字滤波器极点设置
0x74	软启动数字滤波器HF增益设置
<b>扩展功能寄存器</b>	
0x75	电压前馈
0x76	伏秒平衡设置(OUTA和OUTB引脚)
0x77	伏秒平衡设置(OUTC和OUTD引脚)
0x78	伏秒平衡设置(SR1和SR2引脚)
0x79	SR延迟补偿
0x7A	滤波器切换
0x7B	PGOOD1标识屏蔽
0x7C	PGOOD2标识屏蔽
0x7D	轻载模式阈值设置
0x7E	保留
0x7F	GO字节
0x80	保留
<b>EEPROM寄存器</b>	
0x81	RESTORE_DEFAULT_ALL
0x82	STORE_USER_ALL
0x83	RESTORE_USER_ALL
0x84	EEPROM_CRC_CHKSUM
0x85	EEPROM_ADDR_OFFSET
0x86	EEPROM_NUM_RD_BYTES
0x87	EEPROM_PAGE_ERASE
0x88	EEPROM_PASSWORD
0x89	TRIM_PASSWORD
0x8A	EEPROM_INFO
0x8B	EEPROM_DATA_00
0x8C	EEPROM_DATA_01
0x8D	EEPROM_DATA_02
0x8E	EEPROM_DATA_03
0x8F	EEPROM_DATA_04
0x90	EEPROM_DATA_05
0x91	EEPROM_DATA_06
0x92	EEPROM_DATA_07
0x93	EEPROM_DATA_08
0x94	EEPROM_DATA_09
0x95	EEPROM_DATA_10
0x96	EEPROM_DATA_11
0x97	EEPROM_DATA_12
0x98	EEPROM_DATA_13
0x99	EEPROM_DATA_14
0x9A	EEPROM_DATA_15

## 寄存器描述

### 故障寄存器

寄存器0x04至寄存器0x07为锁存故障寄存器。在这些寄存器中，当故障消失时，标识位不会复位。标识位只能通过寄存器读取操作清零(假设故障消失)。请注意，锁存位仅在低电平至高电平转换时读入。还需注意这些寄存器位在通过I<sup>2</sup>C接口读取时清零，除非故障依然存在。建议故障消失后再次读取锁存故障寄存器，确保寄存器复位。

表8. 寄存器0x00—故障寄存器1和寄存器0x04—锁存故障寄存器1(1 = 故障, 0 = 正常工作)

位	位的名称	读/写	描述	寄存器	操作
7	电源	读	1 = 电源关断。所有PWM输出禁用。该位保持高电平，直到电源重启。		无
6	OrFET	读	1 = GATE引脚(引脚16)的OrFET控制信号关断。	0x30	
5	PGOOD1故障	读	1 = 电源正常1故障。至少设置下列标识之一：软启动标识、CS1快速OCP、CS1精确OCP、CS2精确OCP、UVP、本地OVP、负载OVP或OrFET(GATE引脚)。这些标识可用寄存器0x7B进行屏蔽。	0x2D	无
4	PGOOD2故障	读	1 = 电源正常2故障。至少设置下列标识之一：软启动标识、CS1快速OCP、CS1精确OCP、CS2精确OCP、UVP、本地OVP、负载OVP或OrFET(GATE引脚)。这些标识可用寄存器0x7C进行屏蔽。 下列标识亦可无条件或基于标识响应设置PGOOD2，如寄存器0x2D[3]中定义(见表45)：电压连续性、OrFET禁用、ACSNS、外部标识(FLAGIN引脚)和OTP。	0x2D	无
3	SR关闭	读	SR1和SR2同步整流器禁用。当下列情况之一为真时，设置此标识位： 由用户禁用SR1和SR2。 负载电流下降到低于寄存器0x3B中的阈值。 设置标识，将其配置为禁用同步整流器。	0x5D 0x3B 0x08至 0x0D	无
2	CS1快速OCP	读	CS1电流高于其快速过流保护限值。CS1引脚阈值为1.2 V。快速OCP是一个比较器。		可编程
1	CS1精确OCP	读	CS1电流高于其精确过流保护限值。	0x22	可编程
0	CS2精确OCP	读	CS2电流高于其精确过流保护限值。	0x26	可编程

表9. 寄存器0x01—故障寄存器2和寄存器0x05—锁存故障寄存器2(1 = 故障, 0 = 正常工作)

位	位的名称	读/写	描述	寄存器	操作
7	电压连续性	读	VS1和VS2引脚电压差或VS2和VS3±引脚电压差位于限值以外。此引脚为 $(VS1 - VS2) > 50 \text{ mV}$ 或 $(VS2 - VS3) > 50 \text{ mV}$ 。		可编程
6	UVP	读	VS1低于欠压限值。	0x34	可编程
5	CS2反向电流	读	CS2±引脚上的反向电压超出限值。此为OrFET反向电压。	0x30	可编程
4	VDD UV	读	VDD低于限值。		立即关断
3	VCORE OV	读	2.5 V VCORE超出限值。		立即关断
2	VDD OV	读	VDD超出限值。I <sup>2</sup> C接口保持工作，但需一次PSON切换以重启电源。	0x0E	可编程
1	负载OVP	读	VS2或VS3±超出过压限值。	0x33	可编程
0	本地OVP	读	VS1超出其过压限值。	0x32	可编程



表10. 寄存器0x02—故障寄存器3和寄存器0x06—锁存故障寄存器3(1 = 故障, 0 = 正常工作)

位	位的名称	读/写	描述	寄存器	操作
7	OTP	读	温度超出OTP限值	0x2F	可编程
6	快速OVP	读	超出快速OVP阈值。	0x37	可编程
5	均流总线	读	均流超出调节限值。	0x2A	可编程
4	恒流	读	电源工作在恒流模式(恒流模式使能)。	0x27	无
3	软启动	读	基准电压正在斜升。		无
2	线路阻抗	读	VS2和VS3±之间的线路阻抗超出限值。	0x35	无
1	软启动滤波器	读	软启动滤波器正在使用。	0x5F	无
0	外部标识	读	外部标识引脚(FLAGIN)置位。		可编程

表11. 寄存器0x03—故障寄存器4和寄存器0x07—锁存故障寄存器4(1 = 故障, 0 = 正常工作)

位	位的名称	读/写	描述	寄存器	操作
7	伏秒平衡	读	伏秒平衡处于其最大或最小限值。		无
6	调制	读	调制处于其最大或最小限值。	0x2E	无
5	保留	读	保留。		无
4	轻载模式	读	系统处于轻载模式。	0x3B	无
3	保留	读	保留。		无
2	ACSNS	读	交流检测(比较器)幅度不正确。		可编程
1	CRC故障	读	下载的EEPROM内容不正确。		立即关断
0	EEPROM未锁定	读	EEPROM未锁定		无

表12. 寄存器0x08至寄存器0x0D—故障配置寄存器

寄存器名称	地址	位	标识	关断去抖动
故障配置寄存器1	0x08	[7:4]	CS1快速OCP	参见表39中的寄存器0x27
		[3:0]	CS1精确OCP	参见表14中的寄存器0x0E
故障配置寄存器2	0x09	[7:4]	CS2精确OCP	参见表14中的寄存器0x0E
		[3:0]	负载OVP(VS2或VS3)	
故障配置寄存器3	0x0A	[7:4]	本地精确OVP(VS1)和快速OVP(VS1)	2 ms(见表55中的寄存器0x37)
		[3:0]	外部标识输入(FLAGIN)	10 ms
故障配置寄存器4	0x0B	[7:4]	OTP	100 ms
		[3:0]	UVP	10 ms
故障配置寄存器5	0x0C	[7:4]	CS2反向电压	10 ms
		[3:0]	电压连续性	100 ms
故障配置寄存器6	0x0D	[7:4]	均流总线	100 ms
		[3:0]	ACSNS	10 ms

# ADP1046A

寄存器0x08至寄存器0x0D允许用户编程每个标识置位的响应。

**表13. 寄存器0x08至寄存器0x0D—故障配置寄存器位描述**

位	位的名称	读/写	描述																																				
7	时序	读/写	该位指定标识何时置位。 0 = 去抖动后。 1 = 立即。																																				
[6:4]	操作	读/写	这些位指定器件响应标识的操作。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>操作</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>完全忽略标识</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>禁用SR1和SR2</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>禁用OrFET</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>禁用电源,并在寄存器0x0E[1:0]中设置的电源重新使能时间之后重新使能</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>禁用OUTAUX</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>禁用除OUTAUX之外的所有PWM输出</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>禁用SR1、SR2和OrFET</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>禁用电源并保持其禁用;重启需要PSON信号</td> </tr> </tbody> </table>	位6	位5	位4	操作	0	0	0	完全忽略标识	0	0	1	禁用SR1和SR2	0	1	0	禁用OrFET	0	1	1	禁用电源,并在寄存器0x0E[1:0]中设置的电源重新使能时间之后重新使能	1	0	0	禁用OUTAUX	1	0	1	禁用除OUTAUX之外的所有PWM输出	1	1	0	禁用SR1、SR2和OrFET	1	1	1	禁用电源并保持其禁用;重启需要PSON信号
位6	位5	位4	操作																																				
0	0	0	完全忽略标识																																				
0	0	1	禁用SR1和SR2																																				
0	1	0	禁用OrFET																																				
0	1	1	禁用电源,并在寄存器0x0E[1:0]中设置的电源重新使能时间之后重新使能																																				
1	0	0	禁用OUTAUX																																				
1	0	1	禁用除OUTAUX之外的所有PWM输出																																				
1	1	0	禁用SR1、SR2和OrFET																																				
1	1	1	禁用电源并保持其禁用;重启需要PSON信号																																				
3	时序	读/写	与位7相同。																																				
[2:0]	操作	读/写	与位[6:4]相同。																																				

**表14. 寄存器0x0E—标识配置寄存器**

位	位的名称	读/写	描述																																				
7	忽略VDD OV/VCORE OV标识	读/写	此位设置为1表示忽略VDD OV和VCORE OV标识。																																				
6	VDD OV/VCORE OV重启	读/写	此位指定器件是否在重启之前下载EEPROM内容。 1 = 若器件关断,则它将在重启之前再次下载EEPROM内容。 0 = 若器件关断,则它在重启之前不会再次下载EEPROM内容。																																				
5	VDD OV/VCORE OV去抖动	读/写	此位设置为1表示器件关断前有500 μs去抖动。此位设置为0表示器件关断前有2 μs去抖动。																																				
[4:2]	用于CS1和CS2的精确OCP去抖动	读/写	设置精确OCP标识后,在执行标识操作前有一段去抖动时间。这些位设置标识去抖动时间。ADC采样速率向该去抖动时间内加入2.62 ms至5.24 ms的可变延迟。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位4</th> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>去抖动时间</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2.6 ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>9.8 ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>130 ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>260 ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>600 ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1.3 sec</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2 sec</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2.6 sec</td> </tr> </tbody> </table>	位4	位3	位2	去抖动时间	0	0	0	2.6 ms	0	0	1	9.8 ms	0	1	0	130 ms	0	1	1	260 ms	1	0	0	600 ms	1	0	1	1.3 sec	1	1	0	2 sec	1	1	1	2.6 sec
位4	位3	位2	去抖动时间																																				
0	0	0	2.6 ms																																				
0	0	1	9.8 ms																																				
0	1	0	130 ms																																				
0	1	1	260 ms																																				
1	0	0	600 ms																																				
1	0	1	1.3 sec																																				
1	1	0	2 sec																																				
1	1	1	2.6 sec																																				
[1:0]	电源重新使能时间	读/写	这些位指定器件关断后,重启电源之前的时间延迟。SR1、SR2和OrFET立即重新使能。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>时间(s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.5</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>4</td> </tr> </tbody> </table>	位1	位0	时间(s)	0	0	0.5	0	1	1	1	0	2	1	1	4																					
位1	位0	时间(s)																																					
0	0	0.5																																					
0	1	1																																					
1	0	2																																					
1	1	4																																					

寄存器0x0F允许用户编程ADP1046A，忽略特定的标识，直到软启动时间结束。软启动时，UVP和ACSNS标识始终被屏蔽。

**表15. 寄存器0x0F—软启动屏蔽故障标识寄存器**

位	位的名称	读/写	描述
7	禁用SR	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，SR1和SR2 PWM输出未使能。
6	屏蔽OTP	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略OTP标识。
5	屏蔽FLAGIN	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略FLAGIN标识。
4	屏蔽本地OVP (精确和快速)	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略本地OVP标识。
3	屏蔽负载OVP	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略负载OVP标识。
2	屏蔽CS2精确OCP	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略CS2精确OCP标识。
1	屏蔽CS1精确OCP	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略CS1精确OCP标识。
0	屏蔽CS1快速OCP	读/写	设置此位表示软启动斜坡时间结束前，忽略CS1快速OCP标识。

## 数值寄存器

**表16. 寄存器0x10—第一个标识ID**

位	位的名称	读/写	描述																																																																																																						
[7:4]	保留	R	保留。																																																																																																						
[3:0]	第一个标识ID	R	这些位记录第一个进行设置的标识。重启电源可复位该寄存器。读取该寄存器也可将其复位。																																																																																																						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>故障寄存器</th> <th>标识</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>无</td> <td>无标识</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>寄存器0x01, 位3</td> <td>VCORE OV</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>寄存器0x01, 位2</td> <td>VDD OV</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>寄存器0x03, 位1</td> <td>EEPROM CRC故障</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>寄存器0x00, 位2</td> <td>CS1快速OCP</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>寄存器0x00, 位1</td> <td>CS1精确OCP</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>寄存器0x00, 位0</td> <td>CS2精确OCP</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>寄存器0x01, 位1</td> <td>负载OVP</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>寄存器0x01, 位0</td> <td>本地OVP(快速和精确)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>寄存器0x02, 位0</td> <td>FLAGIN</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>寄存器0x02, 位7</td> <td>OTP</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>寄存器0x01, 位6</td> <td>UVP</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>寄存器0x01, 位5</td> <td>CS2反向电流</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>寄存器0x01, 位7</td> <td>电压连续性</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>寄存器0x02, 位5</td> <td>均流总线</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>寄存器0x03, 位2</td> <td>ACSNS</td> </tr> </tbody> </table>	位3	位2	位1	位0	故障寄存器	标识	0	0	0	0	无	无标识	0	0	0	1	寄存器0x01, 位3	VCORE OV	0	0	1	0	寄存器0x01, 位2	VDD OV	0	0	1	1	寄存器0x03, 位1	EEPROM CRC故障	0	1	0	0	寄存器0x00, 位2	CS1快速OCP	0	1	0	1	寄存器0x00, 位1	CS1精确OCP	0	1	1	0	寄存器0x00, 位0	CS2精确OCP	0	1	1	1	寄存器0x01, 位1	负载OVP	1	0	0	0	寄存器0x01, 位0	本地OVP(快速和精确)	1	0	0	1	寄存器0x02, 位0	FLAGIN	1	0	1	0	寄存器0x02, 位7	OTP	1	0	1	1	寄存器0x01, 位6	UVP	1	1	0	0	寄存器0x01, 位5	CS2反向电流	1	1	0	1	寄存器0x01, 位7	电压连续性	1	1	1	0	寄存器0x02, 位5	均流总线	1	1	1	1	寄存器0x03, 位2	ACSNS
位3	位2	位1	位0	故障寄存器	标识																																																																																																				
0	0	0	0	无	无标识																																																																																																				
0	0	0	1	寄存器0x01, 位3	VCORE OV																																																																																																				
0	0	1	0	寄存器0x01, 位2	VDD OV																																																																																																				
0	0	1	1	寄存器0x03, 位1	EEPROM CRC故障																																																																																																				
0	1	0	0	寄存器0x00, 位2	CS1快速OCP																																																																																																				
0	1	0	1	寄存器0x00, 位1	CS1精确OCP																																																																																																				
0	1	1	0	寄存器0x00, 位0	CS2精确OCP																																																																																																				
0	1	1	1	寄存器0x01, 位1	负载OVP																																																																																																				
1	0	0	0	寄存器0x01, 位0	本地OVP(快速和精确)																																																																																																				
1	0	0	1	寄存器0x02, 位0	FLAGIN																																																																																																				
1	0	1	0	寄存器0x02, 位7	OTP																																																																																																				
1	0	1	1	寄存器0x01, 位6	UVP																																																																																																				
1	1	0	0	寄存器0x01, 位5	CS2反向电流																																																																																																				
1	1	0	1	寄存器0x01, 位7	电压连续性																																																																																																				
1	1	1	0	寄存器0x02, 位5	均流总线																																																																																																				
1	1	1	1	寄存器0x03, 位2	ACSNS																																																																																																				

**表17. 寄存器0x11—RTD电流源**

位	位的名称	读/写	描述															
[7:6]	RTD电流设置	读/写	这些位设置RTD引脚上的电流源大小。															
			<table border="1"> <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(μA)	0	0	10	0	1	20	1	0	30	1	1	40
位7	位6	电流源(μA)																
0	0	10																
0	1	20																
1	0	30																
1	1	40																
[5:0]	电流调整	读/写	这6位用于调整RTD引脚上的电流源。每个LSB对应160 nA，与寄存器0x11[7:6]中选择的RTD电流设置无关。															

# ADP1046A

**表18. 寄存器0x12—HF ADC读数**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	HF ADC读数	读	此寄存器包含来自高频ADC的读数。

**表19. 寄存器0x13—CS1值(输入电流)**

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	输入电流值	读	此寄存器包含12位输入电流信息。该值源于CS1输入端的电压测量。若要读取输入电流信息，则必须使用两个连续的读取操作对该寄存器进行读取。第一次读操作的8位数据返回输入电流信息的8个MSB。第二次读操作的前4位返回输入电流信息的4个LSB。CS1输入引脚的范围为0 V至1.4 V。该值具有12位分辨率，可得到342 $\mu$ V的LSB大小。0 V输入时，该值在寄存器中为0 (0x000)。1 V输入时，该值在寄存器中为2926 (0xB6E)。
[3:0]	保留	读	保留。

**表20. 寄存器0x14—ACSNS值**

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	ACSNS电压值	读	此寄存器包含12位ACSNS低速ADC电压信息。
[3:0]	保留	读	保留。

**表21. 寄存器0x15—VS1电压值**

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	VS1电压值	读	此寄存器包含12位本地输出电压信息。在VS1引脚上测量该电压。若要读取VS1电压信息，则必须使用两个连续的读取操作对该寄存器进行读取。第一次读操作的8位数据返回本地输出电压信息的8个MSB。第二次读操作的前4位返回本地输出电压信息的4个LSB。VS1输入引脚的范围为0 V至1.6 V。该值具有12位分辨率，可得到390.625 $\mu$ V的LSB大小。0 V输入时，该值在寄存器中为0 (0x000)。建议此引脚采用1 V标称电压。1 V输入时，这些位读取2560 (0xA00)。
[3:0]	保留	读	保留。

**表22. 寄存器0x16—VS2电压值**

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	VS2电压值	读	此寄存器包含12位负载输出电压信息。在VS2引脚上测量该电压。若要读取负载VS2电压信息，则必须使用两个连续的读取操作对该寄存器进行读取。第一次读操作的8位数据返回负载输出电压信息的8个MSB。第二次读操作的前4位返回负载输出电压信息的4个LSB。VS2输入引脚的范围为0 V至1.6 V。该值具有12位分辨率，可得到390.625 $\mu$ V的LSB大小。0 V输入时，该值在寄存器中为0 (0x000)。建议此引脚采用1 V标称电压。1 V输入时，这些位读取2560 (0xA00)。
[3:0]	保留	读	保留。

**表23. 寄存器0x17—VS3电压值(输出电压)**

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	VS3电压值	读	此寄存器包含12位远程输出电压信息。该值是VS3+和VS3-引脚之间的差分电压。若要读取远程输出电压信息，则必须使用两个连续的读取操作对该寄存器进行读取。第一次读操作的8位数据返回远程输出电压信息的8个MSB。第二次读操作的前4位返回远程输出电压信息的4个LSB。VS3 $\pm$ 输入引脚的范围为0 V至1.6 V。该值具有12位分辨率，可得到390.625 $\mu$ V的LSB大小。0 V输入时，该值在寄存器中为0 (0x000)。建议此引脚采用1 V标称电压。1 V输入时，这些位读取2560 (0xA00)。
[3:0]	保留	读	保留。

表24. 寄存器0x18—CS2值(输出电流)

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	输出电流值	读	此寄存器包含12位输出电流信息。该值是检测电阻两端的压降。若要获取电流值，用户必须将该寄存器的值除以检测电阻值(参见“CS2+、CS2-引脚”部分)。CS2±引脚的满量程输入范围为120 mV或60 mV(可在寄存器0x27[5]中设置)。该值分辨率为12位；LSB步长取决于输入范围值。 当CS2输入范围设为120 mV时，LSB步长为29.30 $\mu$ V。例如，CS2上的输入信号为30 mV时，此寄存器中的值为30 mV/29.30 $\mu$ V = 1024 (0x400)。 当CS2输入范围设为60 mV时，LSB步长为14.65 $\mu$ V。例如，CS2上的输入信号为30 mV时，此寄存器中的值为30 mV/14.65 $\mu$ V = 2048 (0x800)。
[3:0]	保留	读	保留。

表25. 寄存器0x19—CS2 x VS3值(输出功率)

位	位的名称	读/写	描述
[15:0]	输出功率值	读	此寄存器包含16位输出功率信息。该值是远程输出电压值(VS3)与输出电流读数(CS2)的乘积。有关将此数字读数转换为功率信息的公式，参见“功率读数”部分。

表26. 寄存器0x1A—RTD温度值

位	位的名称	读/写	描述
[15:4]	温度值	读	此寄存器包含12位输出温度信息，数值由RTD引脚决定。RTD引脚的范围为0 V至1.6 V。该值具有12位分辨率，可得到390.625 $\mu$ V的LSB大小。0 V输入时，该值在寄存器中为0 (0x000)。建议此引脚采用1 V标称电压。1 V输入时，这些位读取2560 (0xA00)。
[3:0]	保留	读	保留。

表27. 寄存器0x1B—读取温度值

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	读取温度值	读/写	此寄存器返回8位温度值(单位：°C，无符号十进制格式)。若要让该特性正常工作，外部热敏电阻必须采用100 k $\Omega$ 与16.5 k $\Omega$ 、1%的并联电阻，且选定的电流源必须在寄存器0x11[7:6]中通过选择40 $\mu$ A而将其调整为46 $\mu$ A，并在寄存器0x11[5:0]中使用电流调整(微调)位。

表28. 寄存器0x1C—RTD偏移调整(MSB)

位	位的名称	读/写	描述
[7:2]	保留	读	保留。
1	调整极性	读/写	设置该位为1表示引入负偏移。设置该位为0表示引入正偏移。
0	RTD偏移调整(MSB)	读/写	此位为RTD偏移调整的MSB。此位与寄存器0x20(即LSB)一同设置施加于RTD ADC读数的偏移调整量。

表29. 寄存器0x1D—均流总线值

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	均流总线值	读	此寄存器包含8位均流总线电压信息。若电源为主机，则该寄存器输出0。

表30. 寄存器0x1E—调制值

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	调制值	读	此寄存器包含8位调制信息。它输出0%至100%的调制边沿的调制量。

表31. 寄存器0x1F—线路阻抗值

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	线路阻抗值	读	此寄存器包含8位线路阻抗信息。该值为(VS2 - VS3)/CS2。

表32. 寄存器0x20—RTD偏移调整(LSB)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	RTD偏移调整(LSB)	读/写	这8位与寄存器0x1C[0](即MSB)一同设置施加于RTD ADC读数的偏移调整量。

# ADP1046A

## 电流检测和电流限值寄存器

**表33. 寄存器0x21—CS1增益调整**

位	位的名称	读/写	描述
7	增益极性	读/写	1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。
[6:0]	CS1增益调整	读/写	该值校准原边电流检测增益。更多信息参见“CS1调整”部分。

**表34. 寄存器0x22—CS1精确OCP限值**

位	位的名称	读/写	描述			
[7:5]	CS1快速OCP消隐	读/写	这些位决定快速OCP使能之前CS1的消隐时间。此时间从开关周期开始测量。若使用OUTAUX，则该时间与OUTAUX的上升沿同步。			
			<b>位7</b>	<b>位6</b>	<b>位5</b>	<b>延迟(ns)</b>
			0	0	0	0
			0	0	1	40
			0	1	0	80
			0	1	1	120
			1	0	0	200
			1	0	1	400
[4:0]	CS1精确OCP	读/写	这些位设置CS1精确OCP阈值。从CS1 ADC输出的数字字与该阈值进行比较。若CS1 ADC读数(寄存器0x13)大于这些位设置的OCP阈值，则设置CS1精确OCP标识。 此数值应当仅在执行CS1调整之后才可编程。 这些位的范围为0至31，即 0V至1.4V，步进为43.75 mV。下列公式可计算CS1精确OCP阈值： $CS1\_OCP\_Threshold = (CS1\_OCP\_Limit \times 1.4V/32) + 16 \times 1.4/2^{12}$			

**表35. 寄存器0x23—CS2增益调整**

位	位的名称	读/写	描述
[7:6]	保留	读/写	保留。
5	增益极性	读/写	1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。
[4:0]	CS2增益调整	读/写	该寄存器校准副边(CS2)电流检测增益。它校准检测电阻的误差。更多信息参见“CS2调整”部分。

**表36. 寄存器0x24—CS2模拟偏移调整**

位	位的名称	读/写	描述
7	保留	读/写	保留。
6	偏移极性	读/写	1 = 引入负偏移。 0 = 引入正偏移。
[5:0]	CS2偏移调整	读/写	该寄存器包含CS2数字调整电平值。该值用于校准寄存器0x18中的CS2读数。更多信息参见“CS2调整”部分。

**表37. 寄存器0x25—CS2数字偏移调整**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	CS2数字偏移调整	读/写	该寄存器包含CS2数字调整电平值。该值用于校准寄存器0x18中的CS2读数。更多信息参见“CS2调整”部分。

**表38. 寄存器0x26—CS2精确OCP限值**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	CS2精确OCP	读/写	该寄存器设置CS2精确OCP电流电平值。此8位数字将与CS2数值寄存器进行比较(寄存器0x18)。若CS2数值寄存器值大于该寄存器值，则设置CS2精确OCP标识。下列公式可计算CS2精确OCP阈值： $CS2\_OCP\_Threshold = CS2\_OCP\_Limit \times (ADC\_Range)/256 + 16 \times (ADC\_Range)/2^{12}$

表39. 寄存器0x27—CS1/CS2快速OCP设置

位	位的名称	读/写	描述															
[7:6]	CS1快速OCP去抖动	读/写	<p>这些位设置CS1快速OCP去抖动时间。这是CS1信号在PWM输出关断之前必须始终保持高于快速OCP限值的最小时间。发生这种情况时，所有PWM输出在开关周期的剩余时间内禁用。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>去抖动时间(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7	位6	去抖动时间(ns)	0	0	0	0	1	40	1	0	80	1	1	120
位7	位6	去抖动时间(ns)																
0	0	0																
0	1	40																
1	0	80																
1	1	120																
5	CS2标称电压降	读/写	<p>这些位设置检测电阻两端的标称满量程电压降。更多信息参见“CS2调整”部分。这些位设置CS2 ADC的LSB步长。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>位5</th> <th>ADC范围(mV)</th> <th>LSB步长(μV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>60</td> <td>14.65</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>120</td> <td>29.30</td> </tr> </tbody> </table>	位5	ADC范围(mV)	LSB步长(μV)	0	60	14.65	1	120	29.30						
位5	ADC范围(mV)	LSB步长(μV)																
0	60	14.65																
1	120	29.30																
4	CS1快速OCP旁路	读/写	设置此位为1表示FLAGIN引脚用于CS1快速OCP，而非CS1引脚。															
3	恒流模式	读/写	<p>设置该位后，恒流模式使能为97%的CS2精确OCP限值。</p> <p>1 = 使能恒流模式。</p> <p>0 = 禁用恒流模式。</p>															
2	CS2电流检测	读/写	若使用了高端电流检测，则将该位设置为高电平。若使用了低端电流检测，则将该位设置为低电平。更多信息参见“CS2调整”部分。															
[1:0]	CS1快速OCP超时	读/写	<p>若设置了CS1快速OCP比较器，则此时开启的所有PWM输出都会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。这些位设置CS1快速OCP响应被激活之前比较器的连续开关周期数。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>开关周期数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>188</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>440</td> </tr> </tbody> </table>	位1	位0	开关周期数	0	0	1	0	1	62	1	0	188	1	1	440
位1	位0	开关周期数																
0	0	1																
0	1	62																
1	0	188																
1	1	440																

表40. 寄存器0x28—伏秒平衡设置

位	位的名称	读/写	描述															
7	保留	读/写	保留。															
6	伏秒平衡使能	读/写	设置此位可使能主变压器的伏秒平衡(用于全桥式配置)。更多信息，参见“伏秒平衡”部分。															
5	伏秒平衡前沿消隐	读/写	设置此位表示伏秒平衡计算时，CS1在PWM输出上升沿消隐；该边沿选定用于伏秒平衡。消隐值等于寄存器0x22[7:5]中为CS1快速OCP消隐配置的值。															
4	软启动时禁用伏秒平衡	读/写	<p>0 = 软启动时不消隐伏秒平衡控制。</p> <p>1 = 软启动时消隐伏秒平衡控制。</p>															
3	每个相位进行50%消隐	读/写	设置该位可将CS1上的电流采样周期限制为低于50%的半周期。															
2	伏秒平衡调制	读/写	<p>该位指定伏秒平衡的最大调制数量。</p> <p>0 = ±80 ns(最大值)。</p> <p>1 = ±160 ns(最大值)。</p>															
[1:0]	伏秒平衡增益设置	读/写	<p>这些位设置伏秒平衡电路的增益。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。</p> <p>当这些位设为11时，大约需要10 ms达到伏秒平衡。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>伏秒平衡增益</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	伏秒平衡增益	0	0	1	0	1	4	1	0	16	1	1	64
位1	位0	伏秒平衡增益																
0	0	1																
0	1	4																
1	0	16																
1	1	64																

# ADP1046A

**表41. 寄存器0x29—均流总线带宽**

位	位的名称	读/写	描述																																				
[7:5]	保留	读/写	保留。																																				
4	位流	读/写	1 = 电流检测到ADC读数通过SHAREo引脚输出。此位流可用于模拟均流。 0 = 数字均流总线信号通过SHAREo引脚输出。此信号可用于数字均流。																																				
3	均流使能	读/写	1 = 保留。 0 = CS2读数用于均流。																																				
[2:0]	均流总线带宽	读/写	这些位决定专用于均流总线的带宽数量。000是可能达到的最低带宽，111是可能达到的最高带宽。每次均流总线处理，从机都增加1个LSB(8个数据位加起始和停止位)。每次均流总线处理，主机都减少N个LSB，其中N为寄存器0x2A[7:4]的值。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>带宽</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>LSB除以16，即1 LSB = 24 μV/16</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>LSB除以8</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>LSB除以4</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>LSB除以2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>标称值</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>LSB乘以2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>LSB乘以4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>LSB乘以8</td> </tr> </tbody> </table>	位2	位1	位0	带宽	0	0	0	LSB除以16，即1 LSB = 24 μV/16	0	0	1	LSB除以8	0	1	0	LSB除以4	0	1	1	LSB除以2	1	0	0	标称值	1	0	1	LSB乘以2	1	1	0	LSB乘以4	1	1	1	LSB乘以8
位2	位1	位0	带宽																																				
0	0	0	LSB除以16，即1 LSB = 24 μV/16																																				
0	0	1	LSB除以8																																				
0	1	0	LSB除以4																																				
0	1	1	LSB除以2																																				
1	0	0	标称值																																				
1	0	1	LSB乘以2																																				
1	1	0	LSB乘以4																																				
1	1	1	LSB乘以8																																				

**表42. 寄存器0x2A—均流总线设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	主机丢弃的位数	读/写	这些位决定主器件降低多少输出电压，以保持均流。更多信息，请参见寄存器0x29的位[2:0]描述。
[3:0]	主机和从机之间的位差	读/写	这些位决定从机尝试匹配主器件电流的程度有多接近。设置值越高，满足均流条件的电压差就越大。

**表43. 寄存器0x2B—温度增益调整**

位	位的名称	读/写	描述
7	增益极性	读/写	1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。
[6:0]	增益调整	读/写	该寄存器校准RTD ADC增益。它可校准ADC中的误差。

**表44. 寄存器0x2C—PSON/软启动**

位	位的名称	读/写	描述															
[7:6]	PS_ON设置	读/写	这些位决定ADP1046A使用哪个信号作为PS_ON控制信号。															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>PS_ON设置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>ADP1046A始终开启。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>硬件PSON引脚用于使能或禁用电源。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>软件PS_ON位(位5)用于使能或禁用电源。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>软件PS_ON位和硬件PSON引脚必须在ADP1046A使能前使能。</td> </tr> </tbody> </table>	位7	位6	PS_ON设置	0	0	ADP1046A始终开启。	0	1	硬件PSON引脚用于使能或禁用电源。	1	0	软件PS_ON位(位5)用于使能或禁用电源。	1	1	软件PS_ON位和硬件PSON引脚必须在ADP1046A使能前使能。
位7	位6	PS_ON设置																
0	0	ADP1046A始终开启。																
0	1	硬件PSON引脚用于使能或禁用电源。																
1	0	软件PS_ON位(位5)用于使能或禁用电源。																
1	1	软件PS_ON位和硬件PSON引脚必须在ADP1046A使能前使能。																
5	PS_ON	读/写	软件PS_ON位。 0 = 电源关断。 1 = 电源开启。															
[4:3]	PS_ON延迟	读/写	这些位设置从何时开始设置PS_ON控制信号，到何时开始软启动。															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位4</th> <th>位3</th> <th>典型延迟(s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	位4	位3	典型延迟(s)	0	0	0	0	1	0.5	1	0	1	1	1	2
位4	位3	典型延迟(s)																
0	0	0																
0	1	0.5																
1	0	1																
1	1	2																



位	位的名称	读/写	描述
2	保留	读/写	正常工作时，此位设为0。
1	软启动时禁用轻载	读/写	0 = 允许软启动时切换到轻载模式。 1 = 从不在软启动时切换到轻载模式。
0	强迫软启动滤波器	读/写	0 = 使用正常模式滤波器或软启动滤波器，具体取决于OrFET状态。若从VS3(OrFET开启)开始调节，则使用正常模式滤波器。若从VS1(OrFET关断)开始调节，则使用软启动滤波器。

表45. 寄存器0x2D—PGOOD去抖动和引脚极性设置

位	位的名称	读/写	描述		
[7:6]	PGOOD1启动去抖动	读/写	这些位在PGOOD1引脚和标识位置前设置去抖动时间。该去抖动时间起始于软启动斜坡的结尾，并且在±50 ms范围内可变。PGOOD1的关断操作始终立即执行(无去抖动)。		
			<b>位7</b>	<b>位6</b>	<b>典型去抖动时间(ms)</b>
			0	0	350
			0	1	150
			1	0	550
1	1	0			
[5:4]	PGOOD2开启去抖动	读/写	这些位在PGOOD2引脚和标识位置前设置去抖动时间。该去抖动时间起始于软启动斜坡的结尾，并且在±50 ms范围内可变。PGOOD2的关断操作始终立即执行(无去抖动)。		
			<b>位5</b>	<b>位4</b>	<b>典型去抖动时间(ms)</b>
			0	0	350
			0	1	150
			1	0	550
1	1	0			
3	PGOOD2标识	读/写	下列标识亦可设置PGOOD2引脚：电压连续性、OrFET禁用、ACSNS、FLAGIN和OTP。该位指定这些标识是否无条件设置PGOOD2，或者这些标识仅在标识操作未在特定故障配置寄存器中设为忽略时设置PGOOD2(见表12和表13)。 0 = 电压连续性、OrFET禁用、ACSNS、FLAGIN和OTP标识始终设置PGOOD2引脚。 1 = 电压连续性、OrFET禁用、ACSNS、FLAGIN和OTP标识仅在标识操作未设为忽略时设置PGOOD2引脚。		
2	FLAGIN极性	读/写	此位设置FLAGIN输入引脚的极性：1 = 反相(低电平 = 0V = 开启)。		
1	GATE极性	读/写	此位设置OrFET GATE控制引脚的极性：1 = 反相(低电平 = 0V = 开启)。		
0	PSON极性	读/写	此位设置PSON输入引脚的极性：1 = 反相(低电平 = 0V = 开启)。		

表46. 寄存器0x2E—调制限值

位	位的名称	读/写	描述	
7	全桥模式	读/写	工作在全桥模式时使能该位。它影响调制高电平限值。	
[6:0]	调制限值	读/写	该值设置与标称边沿值有关的最小/最大调制限值。分辨率取决于开关频率范围。	
			<b>开关频率范围</b>	<b>与LSB相关的分辨率</b>
			48.8 kHz至86.8 kHz	160 ns
			97.7 kHz至183.8 kHz	80 ns
			195 kHz至378.8 kHz	40 ns
390.6 kHz至625.0 kHz	20 ns			

# ADP1046A

**表47. 寄存器0x2F—OTP阈值**

位	位的名称	读/写	描述																																																																																																
[7:0]	OTP阈值	读/写	该寄存器添加0作为MSB，从而产生9位OTP阈值。此9位值与RTD ADC读数的九个MSB进行比较。如果RTD ADC读数低于这些位设置的阈值，则设置OTP标识。该8位寄存器提供范围为0 mV至800 mV的256阈值设置。1个LSB等于800 mV/256 = 3.125 mV。某些位于此范围上限和下限的阈值设置不被允许。OTP标识的迟滞为16 mV。																																																																																																
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>...</th> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>OTP限值(mV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>...</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>...</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>3.125</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>6.25</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>9.375</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>15.625</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>...</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>778.125</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>...</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>781.25</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>...</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>796.875</td></tr> </tbody> </table>	位7	位6	...	位3	位2	位1	位0	OTP限值(mV)	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	3.125	0	0	...	0	0	1	0	6.25	0	0	...	0	0	1	1	9.375	0	0	...	0	1	0	0	12.5	0	0	...	0	1	0	1	15.625	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	...	1	0	0	1	778.125	1	1	...	1	0	1	0	781.25	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	...	1	1	1	1	796.875
位7	位6	...	位3	位2	位1	位0	OTP限值(mV)																																																																																												
0	0	...	0	0	0	0	0																																																																																												
0	0	...	0	0	0	1	3.125																																																																																												
0	0	...	0	0	1	0	6.25																																																																																												
0	0	...	0	0	1	1	9.375																																																																																												
0	0	...	0	1	0	0	12.5																																																																																												
0	0	...	0	1	0	1	15.625																																																																																												
...	...	...	...	...	...	...	...																																																																																												
1	1	...	1	0	0	1	778.125																																																																																												
1	1	...	1	0	1	0	781.25																																																																																												
...	...	...	...	...	...	...	...																																																																																												
1	1	...	1	1	1	1	796.875																																																																																												

**表48. 寄存器0x30—OrFET**

位	位的名称	读/写	描述																																				
7	OrFET使能延迟	读/写	0 = 延迟为328 $\mu$ s，等效9位(VS1 – VS2)数据。 1 = 延迟为164 $\mu$ s，等效8位(VS1 – VS2)数据。																																				
[6:5]	OrFET使能阈值	读/写	这些位在OrFET使能前编程VS1和VS2之间的电压差。VS1和VS2输入引脚用于控制OrFET使能功能。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">位6</th> <th rowspan="2">位5</th> <th rowspan="2">ADC满量程范围 (%)</th> <th colspan="2">VS1至VS2的电压差</th> </tr> <tr> <th>V<sub>OUT</sub> = 12 V (mV)</th> <th>V<sub>OUT</sub> = 48 V (mV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>-2</td><td>-384</td><td>-1504</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>-1</td><td>-192</td><td>-752</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-0.5</td><td>-96</td><td>-376</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	位6	位5	ADC满量程范围 (%)	VS1至VS2的电压差		V <sub>OUT</sub> = 12 V (mV)	V <sub>OUT</sub> = 48 V (mV)	0	0	-2	-384	-1504	0	1	-1	-192	-752	1	0	-0.5	-96	-376	1	1	0	0	0									
位6	位5	ADC满量程范围 (%)	VS1至VS2的电压差																																				
			V <sub>OUT</sub> = 12 V (mV)	V <sub>OUT</sub> = 48 V (mV)																																			
0	0	-2	-384	-1504																																			
0	1	-1	-192	-752																																			
1	0	-0.5	-96	-376																																			
1	1	0	0	0																																			
[4:2]	快速OrFET阈值	读/写	这些位编程OrFET禁用时CS2+和CS2-之间的阈值电压差。CS2+和CS2-输入引脚用于控制此功能。内部电路是一个模拟比较器。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位4</th> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>CS2+至CS2-的电压差(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4	位3	位2	CS2+至CS2-的电压差(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4	位3	位2	CS2+至CS2-的电压差(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																																				
1	快速OrFET去抖动时间	读/写	这些位决定禁用OrFET前的快速OrFET控制去抖动时间。 0 = 40 ns. 1 = 200 ns.																																				
0	快速OrFET旁路	读/写	设置该位可完全旁路快速OrFET控制。执行OrFET标识的编程操作，除非标识编程为忽略。																																				

## 电压检测寄存器

表49. 寄存器0x31—VS3电压设置(远程电压)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	VS3电压设置	读/写	该寄存器用于设置输出电压(VS3+和VS3-引脚之间的电压差)。每个LSB对应0.6%的增量。设置此寄存器值为0xA0, 可将输出电压设置为标称电压值的100%。这是器件出厂时保存在该寄存器中的默认值。VS3电压设置的更新可分为两个阶段。用户首先必须更改此寄存器中的值; 此信息保存在阴影寄存器中。若要将新的VS3电压设置锁存入状态机, 用户必须设置基准电压的GO位(寄存器0x7F[0])。之后, 电压便随受限的速率(在寄存器0x5F[2:0]中编程)变化而改变。

表50. 寄存器0x32—VS1过压限值(OVP)

位	位的名称	读/写	描述															
[7:3]	VS1 OVP设置	读/写	本地过压限值。此限值可在VS1标称电压值的111.25%至150%范围内编程; 0x00对应111.25%。每个LSB可造成1.25%的增量。VS1 OVP阈值计算如下: $VS1\_OVP\_Threshold = [(89 + VS1\_OVP\_Setting)/128] \times 1.6 V$ 例如, 如果VS1 OVP设为10, 则: $VS1\_OVP\_Threshold = [(89 + 10)/128] \times 1.6 V = 1.2375 V$ 将这些位设为0, 可让OVP限值具有VS1标称电压的111.25%。 将这些位设为7, 可让OVP限值具有VS1标称电压的120%。 将这些位设为15, 可让OVP限值具有VS1标称电压的130%。 将这些位设为31, 可让OVP限值具有VS1标称电压的150%。															
2	保留	读/写	保留。															
[1:0]	OVP采样	读/写	若OVP采样周期内的平均电压大于OVP阈值, 则设置OVP标识。此OVP标识的采样周期为80 $\mu$ s。使用这些位可增加采样数。若采样数增加, 则每周期的平均电压必须大于OVP阈值。例如, 若该值设为两个周期, 则所有两个周期内的平均电压都必须大于OVP阈值。															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>额外采样(<math>\mu</math>s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0(一个样本设置OVP标识)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>80(两个样本设置OVP标识)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>160(三个样本设置OVP标识)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>240(四个样本设置OVP标识)</td> </tr> </tbody> </table>	位1	位0	额外采样( $\mu$ s)	0	0	0(一个样本设置OVP标识)	0	1	80(两个样本设置OVP标识)	1	0	160(三个样本设置OVP标识)	1	1	240(四个样本设置OVP标识)
位1	位0	额外采样( $\mu$ s)																
0	0	0(一个样本设置OVP标识)																
0	1	80(两个样本设置OVP标识)																
1	0	160(三个样本设置OVP标识)																
1	1	240(四个样本设置OVP标识)																

表51. 寄存器0x33—VS2和VS3过压限值(OVP)

位	位的名称	读/写	描述
[7:3]	VS2和VS3 OVP设置	读/写	本地过压限值。此限值可在VSx标称电压值的111.25%至150%范围内编程; 0x00对应111.25%。每个LSB可造成1.25%的增量。VSx OVP阈值计算如下: $VSx\_OVP\_Threshold = [(89 + VSx\_OVP\_Setting)/128] \times 1.6 V$ 例如, 如果VS2 OVP设为10, 则: $VS2\_OVP\_Threshold = [(89 + 10)/128] \times 1.6 V = 1.2375 V$ 将这些位设为0, 可让OVP限值具有VSx标称电压的111.25%。 将这些位设为7, 可让OVP限值具有VSx标称电压的120%。 将这些位设为15, 可让OVP限值具有VSx标称电压的130%。 将这些位设为31, 可让OVP限值具有VSx标称电压的150%。
2	调制点	读/写	设置该位后, ADP1046A在所有时间内均从VS3节点开始调节。未设置此位时, ADP1046A在软启动期间以及OrFET禁用时使用VS1电压作为调制点。

# ADP1046A

位	位的名称	读/写	描述															
[1:0]	OVP采样	读/写	若OVP采样周期内的平均电压大于OVP阈值，则设置OVP标识。此OVP标识的采样周期为80 μs。使用这些位可增加采样数。若采样数增加，则每周期的平均电压必须大于OVP阈值。例如，若该值设为两个周期，则所有两个周期内的平均电压都必须大于OVP阈值。															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>额外采样(μs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0(一个样本设置OVP标识)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>80(两个样本设置OVP标识)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>160(三个样本设置OVP标识)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>240(四个样本设置OVP标识)</td> </tr> </tbody> </table>	位1	位0	额外采样(μs)	0	0	0(一个样本设置OVP标识)	0	1	80(两个样本设置OVP标识)	1	0	160(三个样本设置OVP标识)	1	1	240(四个样本设置OVP标识)
位1	位0	额外采样(μs)																
0	0	0(一个样本设置OVP标识)																
0	1	80(两个样本设置OVP标识)																
1	0	160(三个样本设置OVP标识)																
1	1	240(四个样本设置OVP标识)																

**表52. 寄存器0x34—VS1欠压限值(UVP)**

位	位的名称	读/写	描述
7	周期结束关断	读/写	仅在OUTAUX引脚用于调节时，该位才有效。当任意标识关断电源时，OUTAUX PWM立即关断。该位指定其它PWM输出何时关断。 1 = 其它所有PWM输出均在开关周期结束时关断。 0 = 其它所有PWM输出均立即关断。
[6:0]	VS1 UVP设置	读/写	<p>这些位将UVP限值设为128个设置中的一个。UVP限值可在VS1标称电压的0%至158.75%范围内编程。每个LSB将电压提高158.75%/128 = 1.25%。实际使用中，共有81个可用设置，UVP阈值可在VS1标称电压的0%至100%范围内编程。VS1 UVP阈值计算如下：</p> $VS1\_UVP\_Threshold = [(VS1\_UVP\_Setting + 1)/128] \times 1.6V - 12.5\text{ mV}$ <p>例如，如果VS1 UVP设为60，则：</p> $VS1\_UVP\_Threshold = [(60 + 1)/128] \times 1.6V - 12.5\text{ mV} = 750\text{ mV}$ <p>将这些位设为0，可让UVP限值具有VS1标称电压的0%。 将这些位设为72 (0x48)，可让UVP限值具有VS1标称电压的90%。 将这些位设为76 (0x4C)，可让UVP限值具有VS1标称电压的95%。 将这些位设为80 (0x50)，可让UVP限值具有VS1标称电压的100%。 将这些位设为127 (0x7F)，可让UVP限值具有VS1标称电压的158.75%。</p>

**表53. 寄存器0x35—线路阻抗限值**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	线路阻抗限值	读/写	该值将阈值设为线路阻抗标识使能的数值。该8位值与线路阻抗值(寄存器0x1F)比较。若线路阻抗值超过该数值，则设置线路阻抗标识(寄存器0x02，位2)。

**表54. 寄存器0x36—负载线阻抗**

位	位的名称	读/写	描述																																				
7	负载线使能	读/写	设置此位使能负载线。																																				
[6:4]	速率	读/写	<p>这些位设置负载线的速率限值，该值决定调节输出负载线时，改变基准电压的最大速率。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>最大速率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>200 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>100 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>50 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>25 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>12.5 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>6.25 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3.125 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.5625 mV/ms (4 LSB/ms)</td> </tr> </tbody> </table>	位6	位5	位4	最大速率	0	0	0	200 mV/ms	0	0	1	100 mV/ms	0	1	0	50 mV/ms	0	1	1	25 mV/ms	1	0	0	12.5 mV/ms	1	0	1	6.25 mV/ms	1	1	0	3.125 mV/ms	1	1	1	1.5625 mV/ms (4 LSB/ms)
位6	位5	位4	最大速率																																				
0	0	0	200 mV/ms																																				
0	0	1	100 mV/ms																																				
0	1	0	50 mV/ms																																				
0	1	1	25 mV/ms																																				
1	0	0	12.5 mV/ms																																				
1	0	1	6.25 mV/ms																																				
1	1	0	3.125 mV/ms																																				
1	1	1	1.5625 mV/ms (4 LSB/ms)																																				
3	保留	读/写	保留。																																				

位	位的名称	读/写	描述																																				
[2:0]	负载线设置	读/写	<p>这些位指定满载时输出电压相比标称值降低多少。引入的输出电阻值可通过下式计算(这些位指定N值):</p> $R_{OUT} = 0.1 \times V_{OUT\_NOM} \times CS2 R_{SENSE} / (CS2 Range \times 2^N)$ <p>更多信息, 参见“数字负载线和速率”部分。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>阻抗设置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>设置0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>设置1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>设置2</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>设置3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>设置4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>设置5</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>设置6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>设置7</td></tr> </tbody> </table>	位2	位1	位0	阻抗设置	0	0	0	设置0	0	0	1	设置1	0	1	0	设置2	0	1	1	设置3	1	0	0	设置4	1	0	1	设置5	1	1	0	设置6	1	1	1	设置7
位2	位1	位0	阻抗设置																																				
0	0	0	设置0																																				
0	0	1	设置1																																				
0	1	0	设置2																																				
0	1	1	设置3																																				
1	0	0	设置4																																				
1	0	1	设置5																																				
1	1	0	设置6																																				
1	1	1	设置7																																				

表55. 寄存器0x37—快速OVP比较器

位	位的名称	读/写	描述																												
[7:6]	快速OVP去抖动时间	读/写	<p>这些位设置快速OVP去抖动时间。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">位7</th> <th rowspan="2">位6</th> <th colspan="3">去抖动时间(μs)</th> </tr> <tr> <th>最小值</th> <th>典型值</th> <th>最大值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0.64</td><td>0.96</td><td>1.28</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1.92</td><td>2.24</td><td>2.56</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>7.98</td><td>8</td><td>8.32</td></tr> </tbody> </table>	位7	位6	去抖动时间(μs)			最小值	典型值	最大值	0	0	0	0	0	0	1	0.64	0.96	1.28	1	0	1.92	2.24	2.56	1	1	7.98	8	8.32
位7	位6	去抖动时间(μs)																													
		最小值	典型值	最大值																											
0	0	0	0	0																											
0	1	0.64	0.96	1.28																											
1	0	1.92	2.24	2.56																											
1	1	7.98	8	8.32																											
[5:0]	快速OVP阈值	读/写	<p>这些位设置快速OVP模拟比较器阈值。该阈值在0.8V至1.6V范围内可编程。将该值设为0x00即相当于0.8V阈值。将该值设为0x3F即相当于1.6V阈值。每个LSB将阈值提高12.5 mV。快速OVP阈值可使用下列公式设置:</p> $Fast\_OVP\_Threshold = (Bits[5:0] \times 0.8 V/63) + 0.8 V$																												

表56. 寄存器0x38—VS1调整

位	位的名称	读/写	描述
7	调整极性	读/写	<p>1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。</p>
[6:0]	VS1调整	读/写	<p>这些位设置应用于VS1 ADC读数的增益调整数量。该寄存器调整VS1引脚电压, 使之处于外部电阻容差范围内。当VS1引脚电压为1V时, 调整该寄存器, 直到VS1电压值(寄存器0x15[15:4])读数为2560 (0xA00)。</p>

表57. 寄存器0x39—VS2调整

位	位的名称	读/写	描述
7	调整极性	读/写	<p>1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。</p>
[6:0]	VS2调整	读/写	<p>这些位设置应用于VS2 ADC读数的增益调整数量。该寄存器调整VS2引脚电压, 使之处于外部电阻容差范围内。当VS2引脚电压为1V时, 调整该寄存器, 直到VS2电压值(寄存器0x16[15:4])读数为2560 (0xA00)。</p>

表58. 寄存器0x3A—VS3调整

位	位的名称	读/写	描述
7	调整极性	读/写	<p>1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。</p>
[6:0]	VS3调整	读/写	<p>这些位设置应用于VS3 ADC读数的增益调整数量。该寄存器调整VS3引脚电压, 使之处于外部电阻容差范围内。当VS3引脚电压为1V时, 调整该寄存器, 直到VS3电压值(寄存器0x17[15:4])读数为2560 (0xA00)。调整VS3之前, 必须先调整负载OVP和负载UVP。</p>

# ADP1046A

**表59. 寄存器0x3B—轻载模式禁用设置**

位	位的名称	读/写	描述																																																															
7	禁用OUTAUX	读/写	设置该位表示若负载电流下降到低于轻载SR禁用阈值，则OUTAUX亦被禁用。																																																															
6	禁用OUTD	读/写	设置该位表示若负载电流下降到低于轻载SR禁用阈值，则OUTD亦被禁用。																																																															
5	禁用OUTC	读/写	设置该位表示若负载电流下降到低于轻载SR禁用阈值，则OUTC亦被禁用。																																																															
4	禁用OUTB	读/写	设置该位表示若负载电流下降到低于轻载SR禁用阈值，则OUTB亦被禁用。																																																															
3	禁用OUTA	读/写	设置该位表示若负载电流下降到低于轻载SR禁用阈值，则OUTA亦被禁用。																																																															
[2:0]	轻载SR禁用	读/写	这些位设置CS2 ADC上的负载电流限值，低于该值则同步整流器输出(SR1和SR2)禁用。该值还决定电源进入轻载模式的时刻，并且使用轻载模式滤波器。该值编程为CS2 ADC满量程(60 mV或120 mV)的百分比。迟滞和平均速度可在寄存器0x7D中编程。																																																															
			<b>轻载阈值(满量程的%)</b>																																																															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>37.5 <math>\mu</math>s</th> <th>75 <math>\mu</math>s</th> <th>150 <math>\mu</math>s</th> <th>300 <math>\mu</math>s</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> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>7.81%</td> <td>3.91%</td> <td>1.95%</td> <td>0.98%</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>15.63%</td> <td>7.81%</td> <td>3.91%</td> <td>1.95%</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>23.44%</td> <td>11.72%</td> <td>5.86%</td> <td>2.93%</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>31.25%</td> <td>15.63%</td> <td>7.81%</td> <td>3.91%</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>39.06%</td> <td>19.53%</td> <td>9.77%</td> <td>4.88%</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>46.88%</td> <td>23.44%</td> <td>11.72%</td> <td>5.86%</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>54.69%</td> <td>27.34%</td> <td>13.67%</td> <td>6.84%</td> </tr> </tbody> </table>	位2	位1	位0	37.5 $\mu$ s	75 $\mu$ s	150 $\mu$ s	300 $\mu$ s	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0	0	1	7.81%	3.91%	1.95%	0.98%	0	1	0	15.63%	7.81%	3.91%	1.95%	0	1	1	23.44%	11.72%	5.86%	2.93%	1	0	0	31.25%	15.63%	7.81%	3.91%	1	0	1	39.06%	19.53%	9.77%	4.88%	1	1	0	46.88%	23.44%	11.72%	5.86%	1	1	1	54.69%	27.34%	13.67%	6.84%
位2	位1	位0	37.5 $\mu$ s	75 $\mu$ s	150 $\mu$ s	300 $\mu$ s																																																												
0	0	0	0%	0%	0%	0%																																																												
0	0	1	7.81%	3.91%	1.95%	0.98%																																																												
0	1	0	15.63%	7.81%	3.91%	1.95%																																																												
0	1	1	23.44%	11.72%	5.86%	2.93%																																																												
1	0	0	31.25%	15.63%	7.81%	3.91%																																																												
1	0	1	39.06%	19.53%	9.77%	4.88%																																																												
1	1	0	46.88%	23.44%	11.72%	5.86%																																																												
1	1	1	54.69%	27.34%	13.67%	6.84%																																																												

## ID寄存器

**表60. 寄存器0x3C—芯片版本ID**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	芯片版本	读	该寄存器包含本器件的制造商芯片版本代码。制造商使用该值进行跟踪。

**表61. 寄存器0x3D—制造商ID**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	制造商ID代码	读	该寄存器包含本器件的制造商ID代码。制造商用它进行测试，并且正常工作时不应对其读取。该值硬连线至0x41，代表ADI公司的ID代码。

**表62. 寄存器0x3E—器件ID**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	器件ID代码	读	该寄存器包含本器件的ID代码。该值硬连线至0x46，代表ADP1046A器件。

**PWM和同步整流器时序寄存器**

图57以及表63至表93描述了ADP1046A输出的7个PWM信号的实现与编程。总之，建议将 $t_1$ 设为0，并将其设为其它信号的基准点。

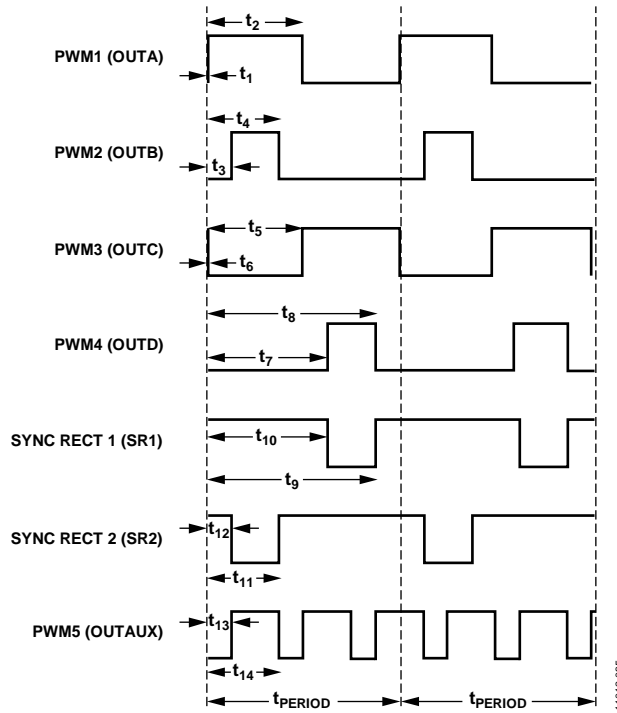


图57. PWM时序图

**表63. 寄存器0x3F—OUTAUX开关频率设置**

位	位的名称	读/写	描述																																																																																																																																												
7	脉冲跳跃	读/写	设置该位可使能脉冲跳跃模式。若ADP1046A要求的占空比低于调制下限值，则使能脉冲跳跃。																																																																																																																																												
6	脉冲跳跃PWM	读/写	0 = 脉冲跳跃驱动所有调制PWM输出至0V。 1 = 设置所有调制边沿为t = 0(采用寄存器0x52[0]中设置的交越规则)																																																																																																																																												
[5:0]	开关频率	读/写	该寄存器设置OUTAUX信号的开关频率。																																																																																																																																												
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>频率(kHz)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>48.83</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>50.40</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>52.08</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>53.88</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>55.80</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>57.87</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>60.1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>62.5</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>65.1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>67.93</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>71.02</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>74.4</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>78.13</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>82.24</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>86.81</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>91.91</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>97.66</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>100.81</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>104.17</td></tr> </tbody> </table>	位5	位4	位3	位2	位1	位0	频率(kHz)	0	0	0	0	0	0	48.83	0	0	0	0	0	1	50.40	0	0	0	0	1	0	52.08	0	0	0	0	1	1	53.88	0	0	0	1	0	0	55.80	0	0	0	1	0	1	57.87	0	0	0	1	1	0	60.1	0	0	0	1	1	1	62.5	0	0	1	0	0	0	65.1	0	0	1	0	0	1	67.93	0	0	1	0	1	0	71.02	0	0	1	0	1	1	74.4	0	0	1	1	0	0	78.13	0	0	1	1	0	1	82.24	0	0	1	1	1	0	86.81	0	0	1	1	1	1	91.91	0	1	0	0	0	0	97.66	0	1	0	0	0	1	100.81	0	1	0	0	1	0	104.17
位5	位4	位3	位2	位1	位0	频率(kHz)																																																																																																																																									
0	0	0	0	0	0	48.83																																																																																																																																									
0	0	0	0	0	1	50.40																																																																																																																																									
0	0	0	0	1	0	52.08																																																																																																																																									
0	0	0	0	1	1	53.88																																																																																																																																									
0	0	0	1	0	0	55.80																																																																																																																																									
0	0	0	1	0	1	57.87																																																																																																																																									
0	0	0	1	1	0	60.1																																																																																																																																									
0	0	0	1	1	1	62.5																																																																																																																																									
0	0	1	0	0	0	65.1																																																																																																																																									
0	0	1	0	0	1	67.93																																																																																																																																									
0	0	1	0	1	0	71.02																																																																																																																																									
0	0	1	0	1	1	74.4																																																																																																																																									
0	0	1	1	0	0	78.13																																																																																																																																									
0	0	1	1	0	1	82.24																																																																																																																																									
0	0	1	1	1	0	86.81																																																																																																																																									
0	0	1	1	1	1	91.91																																																																																																																																									
0	1	0	0	0	0	97.66																																																																																																																																									
0	1	0	0	0	1	100.81																																																																																																																																									
0	1	0	0	1	0	104.17																																																																																																																																									

# ADP1046A

位	位的名称	读/写	描述						频率(kHz)
			位5	位4	位3	位2	位1	位0	
[5:0]	开关频率	读/写	0	1	0	0	1	1	107.76
			0	1	0	1	0	0	111.61
			0	1	0	1	0	1	115.74
			0	1	0	1	1	0	120.19
			0	1	0	1	1	1	125.0
			0	1	1	0	0	0	130.21
			0	1	1	0	0	1	135.87
			0	1	1	0	1	0	142.05
			0	1	1	0	1	1	148.81
			0	1	1	1	0	0	156.25
			0	1	1	1	0	1	164.47
			0	1	1	1	1	0	173.61
			0	1	1	1	1	1	183.82
			1	0	0	0	0	0	195.31
			1	0	0	0	0	1	201.61
			1	0	0	0	1	0	208.33
			1	0	0	0	1	1	215.52
			1	0	0	1	0	0	223.21
			1	0	0	1	0	1	231.48
			1	0	0	1	1	0	240.38
			1	0	0	1	1	1	250
			1	0	1	0	0	0	260.42
			1	0	1	0	0	1	271.42
			1	0	1	0	1	0	284.09
			1	0	1	0	1	1	297.62
			1	0	1	1	0	0	312.5
			1	0	1	1	0	1	328.95
			1	0	1	1	1	0	347.22
			1	0	1	1	1	1	367.65
			1	1	0	0	0	0	390.63
			1	1	0	0	0	1	416.67
			1	1	0	0	1	0	446.43
			1	1	0	0	1	1	480.77
			1	1	0	1	0	0	520.83
			1	1	0	1	0	1	568.18
			1	1	0	1	1	0	625



表64. 寄存器0x40—PWM开关频率设置

位	位的名称	读/写	描述						
[7:6]	保留	读/写	保留。						
[5:0]	开关频率	读/写	该寄存器设置所有PWM引脚(OUTAUX引脚除外)的开关频率。						
			位5	位 4	位3	位2	位1	位0	频率(kHz)
			0	0	0	0	0	0	48.83
			0	0	0	0	0	1	50.40
			0	0	0	0	1	0	52.08
			0	0	0	0	1	1	53.88
			0	0	0	1	0	0	55.80
			0	0	0	1	0	1	57.87
			0	0	0	1	1	0	60.1
			0	0	0	1	1	1	62.5
			0	0	1	0	0	0	65.1
			0	0	1	0	0	1	67.93
			0	0	1	0	1	0	71.02
			0	0	1	0	1	1	74.4
			0	0	1	1	0	0	78.13
			0	0	1	1	0	1	82.24
			0	0	1	1	1	0	86.81
			0	0	1	1	1	1	91.91
			0	1	0	0	0	0	97.66
			0	1	0	0	0	1	100.81
			0	1	0	0	1	0	104.17
			0	1	0	0	1	1	107.76
			0	1	0	1	0	0	111.61
			0	1	0	1	0	1	115.74
			0	1	0	1	1	0	120.19
			0	1	0	1	1	1	125.0
			0	1	1	0	0	0	130.21
			0	1	1	0	0	1	135.87
			0	1	1	0	1	0	142.05
			0	1	1	0	1	1	148.81
			0	1	1	1	0	0	156.25
			0	1	1	1	0	1	164.47
			0	1	1	1	1	0	173.61
			0	1	1	1	1	1	183.82
			1	0	0	0	0	0	195.31
			1	0	0	0	0	1	201.61
			1	0	0	0	1	0	208.33
			1	0	0	0	1	1	215.52
			1	0	0	1	0	0	223.21
			1	0	0	1	0	1	231.48
			1	0	0	1	1	0	240.38
			1	0	0	1	1	1	250
			1	0	1	0	0	0	260.42
			1	0	1	0	0	1	271.42
			1	0	1	0	1	0	284.09
			1	0	1	0	1	1	297.62
			1	0	1	1	0	0	312.5
			1	0	1	1	0	1	328.95
			1	0	1	1	1	0	347.22
			1	0	1	1	1	1	367.65
			1	1	0	0	0	0	390.63

# ADP1046A

位	位的名称	读/写	描述						
[5:0]	开关频率	读/写	位5	位4	位3	位2	位1	位0	频率(kHz)
			1	1	0	0	0	1	416.67
			1	1	0	0	1	0	446.43
			1	1	0	0	1	1	480.77
			1	1	0	1	0	0	520.83
			1	1	0	1	0	1	568.18
			1	1	0	1	1	0	625
			1	1	1	1	1	1	谐振模式

**表65. 寄存器0x41—OUTA上升沿时序(OUTA引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_1$	读/写	该寄存器包含12位 $t_1$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x42的前四位，此寄存器包含位 $t_1$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

**表66. 寄存器0x42—OUTA上升沿设置(OUTA引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_1$	读/写	这些位包含12位 $t_1$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x41的八个位，此寄存器包含位 $t_1$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_1$ 边沿。 0 = $t_1$ 边沿无PWM调制。
2	$t_1$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_1$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_1$ 趋负。
1	保留	读/写	保留。
0	伏秒平衡源选择	读/写	若该位设为1，则OUTA上升沿选中作为伏秒平衡的积分周期起点。

**表67. 寄存器0x43—OUTA下降沿时序(OUTA引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_2$	读/写	该寄存器包含12位 $t_2$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x44的前四位，此寄存器包含位 $t_2$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

**表68. 寄存器0x44—OUTA下降沿设置(OUTA引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_2$	读/写	这些位包含12位 $t_2$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x43的八个位，此寄存器包含位 $t_2$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_2$ 边沿。 0 = $t_2$ 边沿无PWM调制。
2	$t_2$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_2$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_2$ 趋负。
[1:0]	保留	读/写	保留。

表69. 寄存器0x45—OUTB上升沿时序(OUTB引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_3$	读/写	该寄存器包含12位 $t_3$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x46的前四位，此寄存器包含位 $t_3$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

表70. 寄存器0x46—OUTB上升沿设置(OUTB引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_3$	读/写	这些位包含12位 $t_3$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x45的八个位，此寄存器包含位 $t_3$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_3$ 边沿。 0 = $t_3$ 边沿无PWM调制。
2	$t_3$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_3$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_3$ 趋负。
1	保留	读/写	保留。
0	伏秒平衡源选择	读/写	若该位设为1，则OUTB上升沿选中作为伏秒平衡的积分周期起点。

表71. 寄存器0x47—OUTB下降沿时序(OUTB引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_4$	读/写	该寄存器包含12位 $t_4$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x48的前四位，此寄存器包含位 $t_4$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

表72. 寄存器0x48—OUTB下降沿设置(OUTB引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_4$	读/写	这些位包含12位 $t_4$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x47的八个位，此寄存器包含位 $t_4$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_4$ 边沿。 0 = $t_4$ 边沿无PWM调制。
2	$t_4$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_4$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_4$ 趋负。
[1:0]	保留	读/写	保留。

表73. 寄存器0x49—OUTC上升沿时序(OUTC引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_5$	读/写	该寄存器包含12位 $t_5$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x4A的前四位，此寄存器包含位 $t_5$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

# ADP1046A

**表74. 寄存器0x4A—OUTC上升沿设置(OUTC引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_5$	读/写	这些位包含12位 $t_5$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x49的八个位，此寄存器包含位 $t_5$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_5$ 边沿。 0 = $t_5$ 边沿无PWM调制。
2	$t_5$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_5$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_5$ 趋负。
1	保留	读/写	保留。
0	伏秒平衡源选择	读/写	若该位设为1，则OUTC上升沿选中作为伏秒平衡的积分周期起点。

**表75. 寄存器0x4B—OUTC下降沿时序(OUTC引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_6$	读/写	该寄存器包含12位 $t_6$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x4C的前四位，此寄存器包含位 $t_6$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

**表76. 寄存器0x4C—OUTC下降沿设置(OUTC引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_6$	读/写	这些位包含12位 $t_6$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x4B的八个位，此寄存器包含位 $t_6$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_6$ 边沿。 0 = $t_6$ 边沿无PWM调制。
2	$t_6$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_6$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_6$ 趋负。
[1:0]	保留	读/写	保留。

**表77. 寄存器0x4D—OUTD上升沿时序(OUTD引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_7$	读/写	该寄存器包含12位 $t_7$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x4E的前四位，此寄存器包含位 $t_7$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{RX}$ 和 $t_{FX}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

表78. 寄存器0x4E—OUTD上升沿设置(OUTD引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_7$	读/写	这些位包含12位 $t_7$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x4D的八个位，此寄存器包含位 $t_7$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_7$ 边沿。 0 = $t_7$ 边沿无PWM调制。
2	$t_7$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_7$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_7$ 趋负。
1	保留	读/写	保留。
0	伏秒平衡源选择	读/写	若该位设为1，则OUTD上升沿选中作为伏秒平衡的积分周期起点。

表79. 寄存器0x4F—OUTD下降沿时序(OUTD引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_8$	读/写	该寄存器包含12位 $t_8$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x50的前四位，此寄存器包含位 $t_8$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

表80. 寄存器0x50—OUTD下降沿设置(OUTD引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_8$	读/写	这些位包含12位 $t_8$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x4F的八个位，此寄存器包含位 $t_8$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_8$ 边沿。 0 = $t_8$ 边沿无PWM调制。
2	$t_8$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_8$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_8$ 趋负。
[1:0]	R保留	读/写	保留。

表81. 寄存器0x51—SR1上升沿时序(SR1引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_9$	读/写	该寄存器包含12位 $t_9$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x52的前四位，此寄存器包含位 $t_9$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。使用SR软启动时，建议不要将SR1上升沿设在80 ns和115 ns之间。

# ADP1046A

**表82. 寄存器0x52—SR1上升沿设置(SR1引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_9$	读/写	这些位包含12位 $t_9$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x51的八个位，此寄存器包含位 $t_9$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。使用SR软启动时，建议不要将SR1上升沿设在80 ns和115 ns之间。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_9$ 边沿。 0 = $t_9$ 边沿无PWM调制。
2	$t_9$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_9$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_9$ 趋负。
1	保留	读/写	保留。
0	SR软启动边沿控制	读/写	0 = 始终允许SR边沿交越。 1 = 仅在SR软启动时允许SR边沿交越(推荐)。

**表83. 寄存器0x53—SR1下降沿时序(SR1引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_{10}$	读/写	该寄存器包含12位 $t_{10}$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x54的前四位，此寄存器包含位 $t_{10}$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

**表84. 寄存器0x54—SR1下降沿设置(SR1引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_{10}$	读/写	这些位包含12位 $t_{10}$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x53的八个位，此寄存器包含位 $t_{10}$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_{10}$ 边沿。 0 = $t_{10}$ 边沿无PWM调制。
2	$t_{10}$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_{10}$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_{10}$ 趋负。
1	SR软启动设置	读/写	1 = 每次使能SR信号，都执行一次软启动。 0 = 仅第一次使能SR信号时执行软启动。
0	SR软启动使能	读/写	设置该位使能SR信号的软启动功能。

**表85. 寄存器0x55—SR2上升沿时序(SR2引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_{11}$	读/写	该寄存器包含12位 $t_{11}$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x56的前四位，此寄存器包含位 $t_{11}$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。使用SR软启动时，建议不要将SR2上升沿设在80 ns和115 ns之间。

表86. 寄存器0x56—SR2上升沿设置(SR2引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_{11}$	读/写	这些位包含12位 $t_{11}$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x55的八个位，此寄存器包含位 $t_{11}$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。使用SR软启动时，建议不要将SR2上升沿设在80 ns和115 ns之间。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_{11}$ 边沿。 0 = $t_{11}$ 边沿无PWM调制。
2	$t_{11}$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_{11}$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_{11}$ 趋负。
[1:0]	保留	读/写	保留。

表87. 寄存器0x57—SR2下降沿时序(SR2引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_{12}$	读/写	该寄存器包含12位 $t_{12}$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x58的前四位，此寄存器包含位 $t_{12}$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。

表88. 寄存器0x58—SR2下降沿设置(SR2引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_{12}$	读/写	这些位包含12位 $t_{12}$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x57的八个位，此寄存器包含位 $t_{12}$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_{12}$ 边沿。 0 = $t_{12}$ 边沿无PWM调制。
2	$t_{12}$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_{12}$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_{12}$ 趋负。
[1:0]	保留	读/写	保留。

表89. 寄存器0x59—OUTAUX上升沿时序(OUTAUX引脚)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_{13}$	读/写	该寄存器包含12位 $t_{13}$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x5A的前四位，此寄存器包含位 $t_{13}$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。取决于开关频率和OUTAUX频率，此边沿和其它边沿之间存在恒定的滞后/超前时间( $t_1$ 至 $t_{12}$ )；因此，OUTAUX未同步至其它PWM输出，但可通过调节相应的延迟获得同步。若OUTAUX开关频率(寄存器0x3F)或PWM开关频率(寄存器0x40)在边沿调节后发生改变，则不再保持OUTAUX和PWM边沿之间的同步。OUTAUX延迟必须再次调节，使边沿与PWM边沿同步，以便用于下一组开关频率。

# ADP1046A

**表90. 寄存器0x5A—OUTAUX上升沿设置(OUTAUX引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_{13}$	读/写	这些位包含12位 $t_{13}$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x59的八个位，此寄存器包含位 $t_{13}$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。取决于开关频率和OUTAUX频率，此边沿和其它边沿之间存在恒定的滞后/超前时间( $t_1$ 至 $t_{12}$ )；因此，OUTAUX未同步至其它PWM输出，但可通过调节相应的延迟获得同步。若OUTAUX开关频率(寄存器0x3F)或PWM开关频率(寄存器0x40)在边沿调节后发生改变，则不再保持OUTAUX和PWM边沿之间的同步。OUTAUX延迟必须再次调节，使边沿与PWM边沿同步，以便用于下一组开关频率。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_{13}$ 边沿。 0 = $t_{13}$ 边沿无PWM调制。
2	$t_{13}$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_{13}$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_{13}$ 趋负。
[1:0]	保留	读/写	保留。

**表91. 寄存器0x5B—OUTAUX下降沿时序(OUTAUX引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	$t_{14}$	读/写	该寄存器包含12位 $t_{14}$ 时间的八个MSB。该值始终用于寄存器0x5C的前四位，此寄存器包含位 $t_{14}$ 时间的四个LSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。取决于开关频率和OUTAUX频率，此边沿和其它边沿之间存在恒定的滞后/超前时间( $t_1$ 至 $t_{12}$ )；因此，OUTAUX未同步至其它PWM输出，但可通过调节相应的延迟获得同步。若OUTAUX开关频率(寄存器0x3F)或PWM开关频率(寄存器0x40)在边沿调节后发生改变，则不再保持OUTAUX和PWM边沿之间的同步。OUTAUX延迟必须再次调节，使边沿与PWM边沿同步，以便用于下一组开关频率。

**表92. 寄存器0x5C—OUTAUX下降沿设置(OUTAUX引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	$t_{14}$	读/写	这些位包含12位 $t_{14}$ 时间的四个LSB。该值始终用于寄存器0x5B的八个位，此寄存器包含位 $t_{14}$ 时间的八个MSB。每个LSB对应于5 ns分辨率。整个开关周期以40 ns的时间间隔划分。若PWM边沿的 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在同一个40 ns时间间隔内发生，则PWM输出为0 V。若 $t_{rx}$ 和 $t_{fx}$ 在不同的40 ns时间间隔内发生，则PWM输出设为可编程值。绝对最大脉冲宽度为 $t_{PERIOD} - 5$ ns。取决于开关频率和OUTAUX频率，此边沿和其它边沿之间存在恒定的滞后/超前时间( $t_1$ 至 $t_{12}$ )；因此，OUTAUX未同步至其它PWM输出，但可通过调节相应的延迟获得同步。若OUTAUX开关频率(寄存器0x3F)或PWM开关频率(寄存器0x40)在边沿调节后发生改变，则不再保持OUTAUX和PWM边沿之间的同步。OUTAUX延迟必须再次调节，使边沿与PWM边沿同步，以便用于下一组开关频率。
3	调制使能	读/写	1 = PWM调制作用于 $t_{14}$ 边沿。 0 = $t_{14}$ 边沿无PWM调制。
2	$t_{14}$ 符号	读/写	1 = 负号。增加PWM调制使 $t_{14}$ 趋正。 0 = 正号。增加PWM调制使 $t_{14}$ 趋负。
1	使用OUTAUX调节	读/写	1 = 控制环路PWM通过OUTAUX进行调节。设置该位时，CS1消隐信号与OUTAUX同步。0 = 使用OUTA、OUTB、OUTC、OUTD、SR1和SR2(正常模式)调节控制环路的PWM调制。请注意，写入该位将立即切换调节点和频率设置；然而，使用寄存器0x7F[2]执行后续频率GO之前，正确的调制限值和滤波器设置将无效。出于这个原因，不建议使用寄存器0x5C[1]对调节点作实时更改。
0	保留	读/写	保留。正常工作时，此位设为0。



表93. 寄存器0x5D—OUTx和SRx引脚禁用设置

位	位的名称	读/写	描述
7	OUTAUX禁用	读/写	设置该位将禁用OUTAUX输出。
6	SR2禁用	读/写	设置该位将禁用SR2输出。
5	SR1禁用	读/写	设置该位将禁用SR1输出。
4	OUTD禁用	读/写	设置该位将禁用OUTD输出。
3	OUTC禁用	读/写	设置该位将禁用OUTC输出。
2	OUTB禁用	读/写	设置该位将禁用OUTB输出。
1	OUTA禁用	读/写	设置该位将禁用OUTA输出。
0	GATE禁用	读/写	设置该位将禁用GATE输出，但不影响VSx反馈点。

表94. 寄存器0x5E—ACSNS增益调整

位	位的名称	读/写	描述
7	增益极性	读/写	1 = 引入负增益。 0 = 引入正增益。
[6:0]	ACSNS增益调整	读/写	这些位设置ACSNS ADC的增益调整。

### 数字滤波器编程寄存器

寄存器0x5F至寄存器0x67可用于编程数字滤波器。建议使用软件GUI编程数字滤波器。

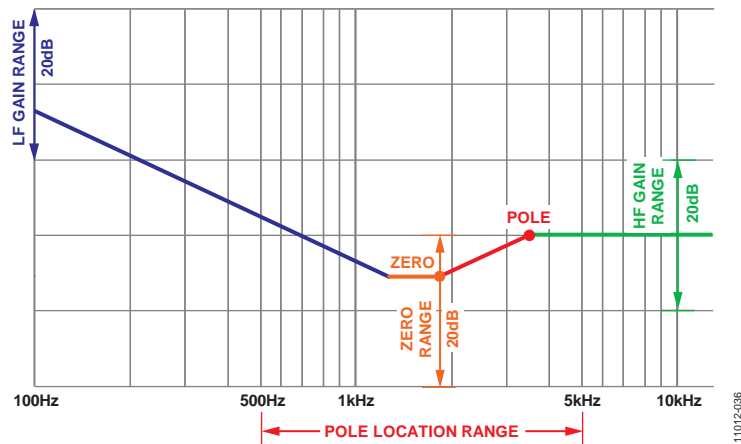


图58. 数字滤波器可编程性

表95. 寄存器0x5F—软启动和输出电压速率设置

位	位的名称	读/写	描述			
[7:5]	软启动斜坡	读/写	这些位决定软启动斜坡的持续时间。			
			位7	位6	位5	斜坡持续时间
			0	0	0	5 ms
			0	0	1	10 ms
			0	1	0	15 ms
			0	1	1	20 ms
			1	0	0	40 ms
			1	0	1	50 ms
1	1	0	80 ms			
1	1	1	100 ms			
4	从预偏置开始软启动	读/写	设置该位为1将使能“从预偏置开始软启动”功能。禁用该功能时，软启动斜坡始于VS1或VS3±上的检测电压值(具体取决于OrFET状态)。			
3	保留	读/写	保留。			

# ADP1046A

位	位的名称	读/写	描述																																				
[2:0]	速率	读/写	这些位指定基准电压设置改变时, VS3±引脚上的速率。																																				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>速率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>200 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>100 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>50 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>25 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>12.5 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>6.25 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3.125 mV/ms</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.5625 mV/ms (4 LSB/ms)</td> </tr> </tbody> </table>	位2	位1	位0	速率	0	0	0	200 mV/ms	0	0	1	100 mV/ms	0	1	0	50 mV/ms	0	1	1	25 mV/ms	1	0	0	12.5 mV/ms	1	0	1	6.25 mV/ms	1	1	0	3.125 mV/ms	1	1	1	1.5625 mV/ms (4 LSB/ms)
位2	位1	位0	速率																																				
0	0	0	200 mV/ms																																				
0	0	1	100 mV/ms																																				
0	1	0	50 mV/ms																																				
0	1	1	25 mV/ms																																				
1	0	0	12.5 mV/ms																																				
1	0	1	6.25 mV/ms																																				
1	1	0	3.125 mV/ms																																				
1	1	1	1.5625 mV/ms (4 LSB/ms)																																				

**表96. 寄存器0x60—正常模式数字滤波器LF增益设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	LF增益设置	读/写	该寄存器决定正常模式下环路响应的低频增益。LF增益可编程范围为20 dB(参见图58)。

**表97. 寄存器0x61—正常模式数字滤波器零点设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	零点设置	读/写	该寄存器决定正常模式下最终零点的位置(参见图58)。

**表98. 寄存器0x62—正常模式数字滤波器极点设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	极点位置	读/写	该寄存器决定正常模式下最终极点的位置(参见图58)。

**表99. 寄存器0x63—正常模式数字滤波器HF增益设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	HF增益设置	读/写	该寄存器决定正常模式下环路响应的高频增益。HF增益可编程范围为20 dB(参见图58)。

**表100. 寄存器0x64—轻载模式数字滤波器LF增益设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	LF增益设置	读/写	该寄存器决定轻载模式下环路响应的低频增益。LF增益可编程范围为20 dB(参见图58)。

**表101. 寄存器0x65—轻载模式数字滤波器零点设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	零点设置	读/写	该寄存器决定轻载模式下最终零点的位置(参见图58)。

**表102. 寄存器0x66—轻载模式数字滤波器极点设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	极点位置	读/写	该寄存器决定轻载模式下最终极点的位置(参见图58)。

**表103. 寄存器0x67—轻载模式数字滤波器HF增益设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	HF增益设置	读/写	该寄存器决定轻载模式下环路响应的高频增益。HF增益可编程范围为20 dB(参见图58)。

**表104. 寄存器0x68—保留**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	保留	读/写	设置这些位为0x00, 才能正常工作。

软启动滤波器编程寄存器

表105. 寄存器0x71—软启动数字滤波器LF增益设置

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	LF增益设置	读/写	该寄存器决定软启动时环路响应的低频增益。LF增益可编程范围为20 dB(参见图58)。

表106. 寄存器0x72—软启动数字滤波器零点设置

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	零点设置	读/写	该寄存器决定软启动时最终零点的位置(参见图58)。

表107. 寄存器0x73—软启动数字滤波器极点设置

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	极点位置	读/写	该寄存器决定软启动时最终极点的位置(参见图58)。

表108. 寄存器0x74—软启动数字滤波器HF增益设置

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	HF增益设置	读/写	该寄存器决定软启动时环路响应的高频增益。HF增益可编程范围为20 dB(参见图58)。

扩展功能寄存器

表109. 寄存器0x75—电压线路前馈

位	位的名称	读/写	描述															
[7:4]	保留	读/写	保留。															
3	禁用软启动时的前馈	读/写	若使能电压线路前馈, 则该位在基准电压斜坡(软启动)时将其禁用。该操作由滤波器GO位(寄存器0x7F[3])选通。 0 = 软启动时前馈使能(建议设置)。 1 = 软启动时前馈禁用。															
2	前馈使能	读/写	该位使能电压线路前馈环路。该操作由滤波器GO位(寄存器0x7F[3])选通。 0 = 前馈禁用。 1 = 前馈使能。															
[1:0]	增益设置	读/写	这些位设置电压前馈功能的增益。															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位1</th> <th>位0</th> <th>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>0.875</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	位1	位0	增益	0	0	1	0	1	0.875	1	0	0.75	1	1	0.5
位1	位0	增益																
0	0	1																
0	1	0.875																
1	0	0.75																
1	1	0.5																

表110. 寄存器0x76—伏秒平衡设置(OUTA和OUTB引脚)

位	位的名称	读/写	描述
7	调制使能, $t_1$	读/写	设置该位使能OUTA上升沿( $t_1$ )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
6	$t_1$ 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使 $t_1$ 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使 $t_1$ 趋负。
5	调制使能, $t_2$	读/写	设置该位使能OUTA下降沿( $t_2$ )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
4	$t_2$ 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使 $t_2$ 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使 $t_2$ 趋负。
3	调制使能, $t_3$	读/写	设置该位使能OUTB上升沿( $t_3$ )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。

# ADP1046A

位	位的名称	读/写	描述
2	t <sub>3</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>3</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>3</sub> 趋负。
1	调制使能, t <sub>4</sub>	读/写	设置该位使能OUTB下降沿(t <sub>4</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
0	t <sub>4</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>4</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>4</sub> 趋负。

**表111. 寄存器0x77—伏秒平衡设置(OUTC和OUTD引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
7	调制使能, t <sub>5</sub>	读/写	设置该位使能OUTC上升沿(t <sub>5</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
6	t <sub>5</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>5</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>5</sub> 趋负。
5	调制使能, t <sub>6</sub>	读/写	设置该位使能OUTC下降沿(t <sub>6</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
4	t <sub>6</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>6</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>6</sub> 趋负。
3	调制使能, t <sub>7</sub>	读/写	设置该位使能OUTD上升沿(t <sub>7</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
2	t <sub>7</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>7</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>7</sub> 趋负。
1	调制使能, t <sub>8</sub>	读/写	设置该位使能OUTD下降沿(t <sub>8</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
0	t <sub>8</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>8</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>8</sub> 趋负。

**表112. 寄存器0x78—伏秒平衡设置(SR1和SR2引脚)**

位	位的名称	读/写	描述
7	调制使能, t <sub>9</sub>	读/写	设置该位使能SR1上升沿(t <sub>9</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
6	t <sub>9</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>9</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>9</sub> 趋负。
5	调制使能, t <sub>10</sub>	读/写	设置该位使能SR1下降沿(t <sub>10</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
4	t <sub>10</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>10</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>10</sub> 趋负。
3	调制使能, t <sub>11</sub>	读/写	设置该位使能SR2上升沿(t <sub>11</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
2	t <sub>11</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>11</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>11</sub> 趋负。
1	调制使能, t <sub>12</sub>	读/写	设置该位使能SR2下降沿(t <sub>12</sub> )上的平衡控制调制。 建议不要在开关周期的0 ns至640 ns之间的边沿上使能伏秒平衡。
0	t <sub>12</sub> 符号	读/写	0 = 正号。增加平衡控制调制使t <sub>12</sub> 趋正。 1 = 负号。增加平衡控制调制使t <sub>12</sub> 趋负。

表113. 寄存器0x79—SR延迟补偿

位	位的名称	读/写	描述
[7:6]	保留	读/写	保留。
[5:0]	SR驱动器延迟	读/写	这些位指定步进为5 ns的SR延迟，以6位表示。 000000 = 0 ns。 111111 = 63 ns × 5 ns = 315 ns。

表114. 寄存器0x7A—滤波器转换

位	位的名称	读/写	描述		
[7:6]	保留	读/写	保留。		
[5:3]	HF ADC配置	读/写	无论何时，均设置这些位为001，才能正常工作。		
2	使能软转换	读/写	设置该位使能滤波器设置之间的软转换，使输出瞬变最小。 每个滤波器的所有四个参数都线性转换到新的数值。		
[1:0]	转换速度	读/写	这些位设置滤波器之间的转换速度。滤波器分32步完成转换； 在这些位指定的多个开关周期( $t_{SW}$ )执行每一步。		
			位1	位0	速度( $t_{SW}$ = 一个开关周期)
			0	0	32 $t_{SW}$ (总转换时间 = 32 × 32 $t_{SW}$ = 1024 × $t_{SW}$ )
			0	1	8 $t_{SW}$ (总转换时间 = 8 × 32 $t_{SW}$ = 256 × $t_{SW}$ )
			1	0	2 $t_{SW}$ (总转换时间 = 64 × $t_{SW}$ )
1	1	1 $t_{SW}$ (总转换时间 = 32 × $t_{SW}$ )			

表115. 寄存器0x7B—PGOOD1标识屏蔽

位	位的名称	读/写	描述
7	软启动标识	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略软启动标识。软启动斜坡结束后，此位必须设为0， 以使能适当的PGOOD1去抖动时序。
6	CS1快速OCP	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略CS1快速OCP标识。
5	CS1精确OCP	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略CS1精确OCP标识。
4	CS2精确OCP	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略CS2精确OCP标识。
3	UVP	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略UVP标识。
2	本地OVP(快速和精确)	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略本地OVP标识。
1	负载OVP	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略负载OVP标识。
0	OrFET	读/写	若该位设为1，则PGOOD1忽略OrFET标识。

表116. 寄存器0x7C—PGOOD2标识屏蔽

位	位的名称	读/写	描述
7	软启动标识	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略软启动标识。软启动斜坡结束后，此位必须设为0， 以使能适当的PGOOD2去抖动时序。
6	CS1快速OCP	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略CS1快速OCP标识。
5	CS1精确OCP	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略CS1精确OCP标识。
4	CS2精确OCP	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略CS2精确OCP标识。
3	UVP	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略UVP标识。
2	本地OVP(快速和精确)	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略本地OVP标识。
1	负载OVP	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略负载OVP标识。
0	OrFET	读/写	若该位设为1，则PGOOD2忽略OrFET标识。

# ADP1046A

表117. 寄存器0x7D—轻载模式阈值设置

位	位的名称	读/写	描述		
[7:6]	保留	读/写	保留。		
[5:4]	去抖动	读/写	SR输出开启或关断后，任何后续阈值转换都将在这些位编程的时间内被忽略。该去抖动用于避免误转换，并改进抗噪性能。去抖动时间以PWM开关周期( $t_{SW}$ )的数目计算。例如，100 kHz时， $t_{SW} = 10 \mu s$ ， $64 \times t_{SW} = 640 \mu s$ 。		
			<b>位5</b>	<b>位4</b>	<b>去抖动时间</b>
			0	0	$0 t_{SW}$
			0	1	$64 t_{SW}$
			1	0	$128 t_{SW}$
1	1	$256 t_{SW}$			
[3:2]	轻载模式平均速度	读/写	这些位设置用于轻载模式阈值的平均速度和分辨率。更快的速度表示更低的分辨率，因此阈值精度也更低。		
			<b>位3</b>	<b>位2</b>	<b>速度(分辨率)</b>
			0	0	$37.5 \mu s$ (6位)
			0	1	$75 \mu s$ (7位)
			1	0	$150 \mu s$ (8位)
1	1	$300 \mu s$ (9位)			
[1:0]	轻载模式迟滞	读/写	这些位设置施加于轻载模式阈值的迟滞量。LSB大小受位[3:2]中选定的速度和分辨率影响。若120 mV的CS2 ADC范围用于8位分辨率，则LSB尺寸为 $120 \text{ mV}/28 = 469 \mu V$ 。		
			<b>位1</b>	<b>位0</b>	<b>迟滞(LSB)</b>
			0	0	3
			0	1	8
			1	0	12
1	1	16			

表118. 寄存器0x7F—GO字节

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	保留	读/写	保留。
3	滤波器GO	写	该位锁存所有滤波器寄存器：寄存器0x60至寄存器0x67，以及寄存器0x71至寄存器0x75。
2	频率GO	写	该位锁存寄存器0x3F和寄存器0x40，以防开关频率设置暂时不正确。
1	PWM设置GO	写	该位锁存寄存器0x41至寄存器0x5C，以防PWM设置暂时不正确。注意，寄存器0x5C[1]未通过该位选通(寄存器0x7F[1])。写入寄存器0x5C[1]将立即切换调节点和频率设置；然而，使用寄存器0x7F[2]执行后续频率GO之后，正确的调制限值和滤波器设置才会生效。出于这个原因，不建议使用寄存器0x5C[1]对调节点作实时更改。
0	基准电压源GO	写	该位锁存寄存器0x31，以防基准电压源设置暂时不正确。

**EEPROM寄存器**

有关如何将这些命令写入ADP1046A的更多信息，请参考I<sup>2</sup>C通信协议规范。

**表119. 寄存器0x81—RESTORE\_DEFAULT\_ALL**

位	位的名称	类型	描述
不适用	RESTORE_DEFAULT_ALL	发送字节	将出厂默认设置从EEPROM(主模块的页面0)下载到操作内存中。密码也复位为默认值(0xFF)。

**表120. 寄存器0x82—STORE\_USER\_ALL**

位	位的名称	类型	描述
不适用	STORE_USER_ALL	发送字节	将操作内存(寄存器)的整个内容复制到EEPROM内(主模块的页面1)。EEPROM必须首先解锁。

**表121. 寄存器0x83—RESTORE\_USER\_ALL**

位	位的名称	类型	描述
不适用	RESTORE_USER_ALL	发送字节	将保存的用户设置从EEPROM(主模块的页面1)下载到操作内存中。EEPROM必须首先解锁。

**表122. 寄存器0x84—EEPROM\_CRC\_CHKSUM**

位	位的名称	类型	描述
[7:0]	EEPROM_CRC_CHKSUM	读	从EEPROM下载操作返回CRC校验和值。

**表123. 寄存器0x85—EEPROM\_ADDR\_OFFSET**

位	位的名称	类型	描述
[15:0]	EEPROM_ADDR_OFFSET	读/写	设置当前EEPROM页面的地址偏移。

**表124. 寄存器0x86—EEPROM\_NUM\_RD\_BYTES**

位	位的名称	类型	描述
[7:0]	EEPROM_NUM_RD_BYTES	读/写	设置使用EEPROM_DATA_xx命令时返回的读取字节数。

**表125. 寄存器0x87—EEPROM\_PAGE\_ERASE**

位	位的名称	类型	描述
[7:4]	保留	读	保留。
[3:0]	EEPROM_PAGE_ERASE	写	在选定EEPROM页面上执行页面擦除(页面4至页面15)。每个页面擦除操作后等待35 ms。EEPROM必须首先解锁。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2和页面3保留供内部使用；不要擦除页面2或页面3上的内容。

**表126. 寄存器0x88—EEPROM\_PASSWORD**

位	位的名称	类型	描述
[7:0]	EEPROM_PASSWORD	写	连续两次将密码写入该寄存器以解锁EEPROM和/或更改EEPROM密码。出厂默认密码为0xFF。若要锁定EEPROM，键入除密码外的任意值至该寄存器。

**表127. 寄存器0x89—TRIM\_PASSWORD**

位	位的名称	类型	描述
[7:0]	TRIM_PASSWORD	读/写	将密码写入该寄存器以解锁调整寄存器，以便允许写入访问。写入调整密码两次可解锁寄存器；写入任何其他值可退出。调整密码与EEPROM密码相同。

# ADP1046A

**表128. 寄存器0x8A—EEPROM\_INFO**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_INFO	块读取	对EEPROM INFO块进行块读取。

**表129. 寄存器0x8B—EEPROM\_DATA\_00**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_00	块读取	对EEPROM主模块的页面0进行块读取。必须首先解锁EEPROM。该页面包含出厂默认设置。

**表130. 寄存器0x8C—EEPROM\_DATA\_01**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_01	块读取	对EEPROM主模块的页面1进行块读取。必须首先解锁EEPROM。该页面包含用户设置。

**表131. 寄存器0x8D—EEPROM\_DATA\_02**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_02	块读取	对EEPROM主模块的页面2进行块读取。该页面包含内部设置，不应对其写入或擦除。

**表132. 寄存器0x8E—EEPROM\_DATA\_03**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_03	块读取	对EEPROM主模块的页面3进行块读取。该页面包含内部设置，不应对其写入或擦除。

**表133. 寄存器0x8F—EEPROM\_DATA\_04**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_04	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面4进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

**表134. 寄存器0x90—EEPROM\_DATA\_05**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_05	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面5进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

**表135. 寄存器0x91—EEPROM\_DATA\_06**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_06	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面6进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

**表136. 寄存器0x92—EEPROM\_DATA\_07**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_07	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面7进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

**表137. 寄存器0x93—EEPROM\_DATA\_08**

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_08	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面8进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。



表138. 寄存器0x94—EEPROM\_DATA\_09

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_09	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面9进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

表139. 寄存器0x95—EEPROM\_DATA\_10

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_10	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面10进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

表140. 寄存器0x96—EEPROM\_DATA\_11

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_11	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面11进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

表141. 寄存器0x97—EEPROM\_DATA\_12

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_12	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面12进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

表142. 寄存器0x98—EEPROM\_DATA\_13

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_13	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面13进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

表143. 寄存器0x99—EEPROM\_DATA\_14

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_14	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面14进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

表144. 寄存器0x9A—EEPROM\_DATA\_15

位	位的名称	类型	描述
变量	EEPROM_DATA_15	块读取/ 写入	对EEPROM主模块的页面15进行块读取或写入。若要写入该页，必须首先解锁EEPROM。该页供用户存储数据。

## 谐振工作模式

ADP1046A支持控制谐振转换器。谐振转换器是传统的固定频率转换器外的另一种选择。它们具有高开关频率、小尺寸和高效率等特性。图59展示了一个广泛使用的串联谐振转换器。

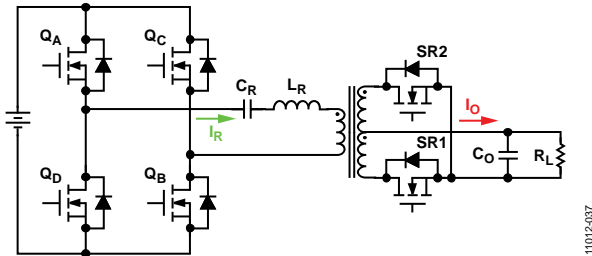


图59. 串联谐振转换器

### 谐振模式使能

如果要使能ADP1046A，使其控制一个谐振开关转换器，则寄存器0x40必须设为0x3F。在谐振模式中，PWM输出的频率可变，而占空比固定。

### 谐振模式下的PWM时序

采用可变频率控制时，前半开关周期( $t_A$ 至 $t_B$ )中，OUTA和OUTB只能是高电平；而后半开关周期( $t_B$ 至 $t_C$ )中，OUTC和OUTD只能是高电平，如图60所示。控制法则的频率分辨率步进为10 ns。

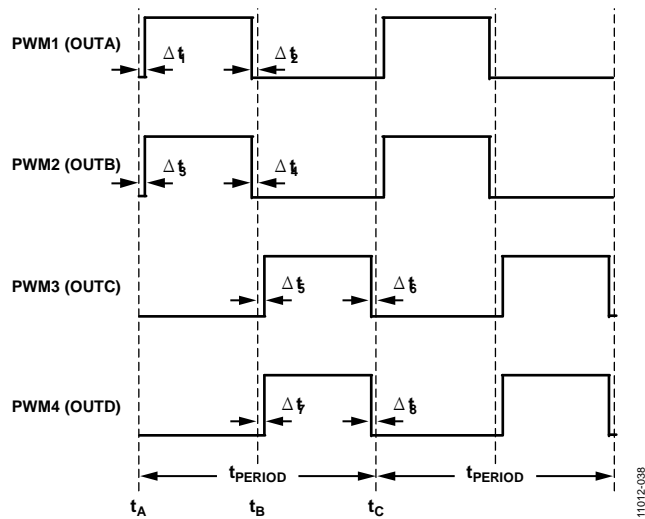


图60. 谐振模式下的OUTA、OUTB、OUTC和OUTD PWM时序图

### 谐振模式下的同步整流

在谐振控制器中控制同步整流器是一个复杂的问题。ADP1046A ACSNS比较器可用于控制SR信号。在谐振工作模式中，SR1输出由ACSNS比较器的上升沿驱动，SR2输出由比较器下降沿驱动，如图61所示。

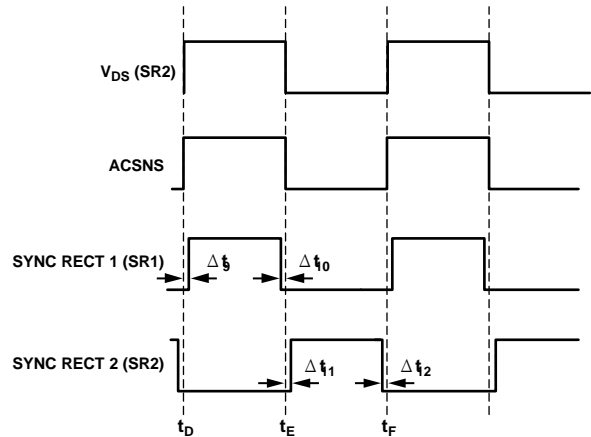


图61. 谐振模式下的SR1和SR2 PWM时序图

下文举例说明ADP1046A如何被用于串联谐振拓扑，并同时控制同步整流器。SR2的电压 $V_{DS}$ (见图61)可用于控制SR信号。ACSNS引脚与分频后的SR2  $V_{DS}$ 电压相连。它为两个同步整流器提供时序信息(见图62)。

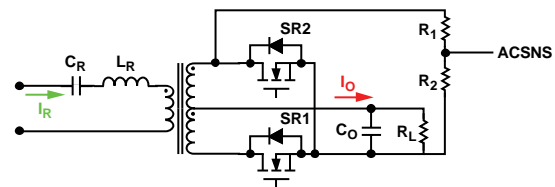


图62. 谐振同步整流器控制电路

获取时序信息后，SR1由ACSNS比较器的上升沿驱动，SR2由比较器下降沿驱动，如图61所示。以这种方式，便有可能实现同步整流。开启和关断延迟可单独针对SR1和SR2进行编程。

本示例并非控制SR信号的唯一方法。若用户有其它方法控制SR信号，则此方法可用于连接ACSNS输入，而非SR2的VDS电压。

当使用ADP1046A控制谐振转换器时，建议在器件的软启动期间禁用SR软启动(设置寄存器0x0F[7] = 1)。

### 调节PWM输出时序

若要精确调节PWM输出时序，下列寄存器可用于设置死区时间和PWM输出延迟：寄存器0x41、寄存器0x43、寄存器0x45、寄存器0x47、寄存器0x49、寄存器0x4B、寄存器0x4D、寄存器0x4F、寄存器0x51、寄存器0x53、寄存器0x55和寄存器0x57。调节死区时间的分辨率为5 ns。更多信息参见“谐振模式寄存器描述”部分。ADP1046A的软件GUI可用于设置频率限值寄存器，以及与谐振工作模式相关的所有其它设置。

### 频率限值设置

最小频率由寄存器0x42以及寄存器0x44的前四位设置。

例如，寄存器0x42设为0xA0(十进制160)，并且寄存器0x44的位[7:4]设为0xF(十进制15)。

开关周期最大值为：

$$(160 \times 16 + 15) \times 5 \text{ ns} = 12.875 \mu\text{s}$$

最低开关频率限值为：

$$1/12.875 \mu\text{s} = 77.7 \text{ kHz}$$

最高频率由寄存器0x46以及寄存器0x48的位[7:4]设置。

例如，寄存器0x46设为0x10(十进制16)，并且寄存器0x48的位[7:4]设为0x9(十进制9)。

开关周期最小值为：

$$(16 \times 16 + 9) \times 5 \text{ ns} = 1.325 \mu\text{s}$$

最高开关频率限值为：

$$1/1.325 \mu\text{s} = 755 \text{ kHz}$$

### 谐振模式下的反馈控制

与传统固定频率PWM转换器相比，谐振转换器的输出电压通过改变开关频率进行调节。当ADP1046A工作在谐振模式下，检测电压低于基准电压时开关频率就会下降。这使得ADP1046A能够在零电压开关(ZVS)模式下控制谐振转换器。

虽然开关频率可变，高频反馈电压采样频率(VS3±引脚)固定为400 kHz。反馈滤波器参数基于此频率。计算滤波器参数(增益、零点和极点)的方法与固定频率PWM模式下的方法相同(参见“数字滤波器”部分)。

### 谐振模式下的软启动

软启动时，ADP1046A的基准电压斜升。由于关闭反馈环路，开关频率从最高限值降低至调节值。软启动时序设置和滤波器设置与固定频率PWM模式下的设置相同(参见“软启动”部分)。

### 轻载操作(突发模式)

若要在极轻的负载下控制转换器，可让ADP1046A工作在突发模式下。可通过寄存器0x4A的位[7:6]使能或禁用突发模式。当所需的开关频率高于突发模式阈值时，器件进入突发模式。阈值取决于最高频率和突发模式偏移设置。

用于进入突发模式的阈值可由下式决定：

$$\begin{aligned} \text{突发模式阈值} = & \\ & ((\text{寄存器 } 0x46 \times 16) + \text{寄存器 } 0x48[7:4]) + \\ & (\text{寄存器 } 0x4A[5:0] \times 2) \end{aligned}$$

用于退出突发模式的阈值由进入值加上0x10得到。

例如，寄存器0x46设为0x10(十进制16)，寄存器0x48的位[7:4]设为0，且寄存器0x4A的位[5:0]设为0x8(十进制8)。

开关周期最小值为：

$$(16 \times 16 + 0) \times 5 \text{ ns} = 1.28 \mu\text{s}$$

最高开关频率限值为：

$$1/1.28 \mu\text{s} = 781 \text{ kHz}$$

进入突发模式的阈值为：

$$[(16 \times 16 + 0) + (8 \times 2)] \times 5 \text{ ns} = 1.36 \mu\text{s}$$

当所需的开关频率高于1/1.36 μs = 735 kHz时，PWM输出关断，器件进入突发模式。

退出突发模式的阈值为：

$$[(16 \times 16 + 0) + (8 \times 2) + 16] \times 5 \text{ ns} = 1.44 \mu\text{s}$$

因此，当所需的开关频率低于1/1.44 μs = 694 kHz时，PWM信号重新使能，器件退出突发模式。

### 谐振模式下的OUTAUX引脚

谐振模式下，OUTAUX引脚无法用作控制信号，但OUTAUX可用作具有固定占空比和固定频率的PWM信号。

### 谐振模式下的保护功能

所有谐振模式下可用的标识和保护功能与固定频率PWM模式下具有相同的工作性能。

# ADP1046A

## 谐振模式寄存器描述

**表145. 寄存器0x40—谐振模式下的PWM开关频率设置**

位	位的名称	读/写	描述
[7:6]	保留	读/写	保留。
[5:0]	开关频率	读/写	该寄存器设置PWM引脚的开关频率，并使能谐振模式。若要使能谐振模式，将这些位设置为0x3F (111111)。

**表146. 寄存器0x41—谐振模式下的OUTA上升沿死区时间**

位	位的名称	读/写	描述																																													
[7:0]	$\Delta t_1$ (OUTA的上升沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从开关周期 $t_A$ 起始的OUTA上升沿延迟 $\Delta t_1$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。																																													
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th><math>\Delta t_1</math> (ns)</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> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1275</td> </tr> </tbody> </table>	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_1$ (ns)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1275
位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_1$ (ns)																																								
0	0	0	0	0	0	0	0	0																																								
0	0	0	0	0	0	0	1	5																																								
...	...	...	...	...	...	...	...	...																																								
1	1	1	1	1	1	1	1	1275																																								

**表147. 寄存器0x42—最小开关频率限值设置(谐振模式下的最大开关周期)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	最低频率	读/写	该寄存器包含12位最小开关频率(最大开关周期)限值的8个MSB。该值始终用于寄存器0x44的前四位，此寄存器包含最小开关频率限值的四个LSB。12位值的每个LSB都对应于开关周期的5 ns分辨率。例如，若寄存器0x42设为0xA0(十进制160)，并且寄存器0x44的位[7:4]设为0xF(十进制15)，则最大开关周期为 $(160 \times 16 + 15) \times 5 \text{ ns} = 12.875 \mu\text{s}$ ，最小开关频率限值为 $1/12.875 \mu\text{s} = 77.7 \text{ kHz}$ 。

**表148. 寄存器0x43—谐振模式下的OUTA下降沿死区时间**

位	位的名称	读/写	描述																																																																								
[7:0]	$\Delta t_2$ (OUTA的下降沿死区时间)	读/写	该寄存器设置表示OUTA下降沿与开关周期 $t_B$ 中点的差值 $\Delta t_2$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。当寄存器值从0x00变为0x7F，OUTA下降沿即为后沿 $t_B$ 。当数值从0x80变为0xFF，OUTA下降沿即为 $t_B$ 的前沿。																																																																								
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位6</th> <th>位5</th> <th>位4</th> <th>位3</th> <th>位2</th> <th>位1</th> <th>位0</th> <th><math>\Delta t_2</math></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> <td>0 ns</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>5 ns后沿</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>635 ns后沿</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>640 ns前沿</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>5 ns前沿</td> </tr> </tbody> </table>	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ns	0	0	0	0	0	0	0	1	5 ns后沿	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0	1	1	1	1	1	1	1	635 ns后沿	1	0	0	0	0	0	0	0	640 ns前沿	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	5 ns前沿
位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_2$																																																																			
0	0	0	0	0	0	0	0	0 ns																																																																			
0	0	0	0	0	0	0	1	5 ns后沿																																																																			
...	...	...	...	...	...	...	...	...																																																																			
0	1	1	1	1	1	1	1	635 ns后沿																																																																			
1	0	0	0	0	0	0	0	640 ns前沿																																																																			
...	...	...	...	...	...	...	...	...																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	5 ns前沿																																																																			

**表149. 寄存器0x44—最小开关频率限值设置(谐振模式下的最大开关周期)**

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	最低频率	读/写	该寄存器包含12位最小开关频率(最大开关周期)限值的4个LSB。该值始终用于寄存器0x42的八个位，此寄存器包含最小开关频率限值的八个MSB。12位值的每个LSB都对应于开关周期的5 ns分辨率。例如，若寄存器0x42设为0xA0(十进制160)，并且寄存器0x44的位[7:4]设为0xF(十进制15)，则最大开关周期为 $(160 \times 16 + 15) \times 5 \text{ ns} = 12.875 \mu\text{s}$ ，最小开关频率限值为 $1/12.875 \mu\text{s} = 77.7 \text{ kHz}$ 。
[3:0]	保留	读/写	保留。

表150. 寄存器0x45—谐振模式下的OUTB上升沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_3$ (OUTB的上升沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从开关周期 $t_A$ 起始的OUTB上升沿延迟时间 $\Delta t_3$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_3$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1275		

表151. 寄存器0x46—最大开关频率限值设置(谐振模式下的最小开关周期)

位	位的名称	读/写	描述
[7:0]	最大频率	读/写	该寄存器包含12位最大开关频率(最小开关周期)限值的8个MSB。该值始终用于寄存器0x48的前四位, 此寄存器包含最大开关频率限值的四个LSB。12位值的每个LSB都对应于开关周期的5 ns分辨率。例如, 若寄存器0x46设为0x10(十进制16), 并且寄存器0x48的位[7:4]设为0x9(十进制9), 则最小开关周期为 $(16 \times 16 + 9) \times 5 \text{ ns} = 1.325 \mu\text{s}$ , 最大开关频率限值为 $1/1.325 \mu\text{s} = 755 \text{ kHz}$ 。建议最大频率限值为1 MHz。

表152. 寄存器0x47—谐振模式下的OUTB下降沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_4$ (OUTB的下降沿死区时间)	读/写	该寄存器设置表示OUTB下降沿与开关周期 $t_b$ 中点的差值 $\Delta t_4$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。当寄存器值从0x00变为0x7F, OUTB下降沿即为 $t_b$ 的后沿。当数值从0x80变为0xFF, OUTB下降沿即为前沿 $t_b$ 。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_4$
			0	0	0	0	0	0	0	0	0 ns
			0	0	0	0	0	0	0	1	5 ns后沿
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			0	1	1	1	1	1	1	1	635 ns后沿
			1	0	0	0	0	0	0	0	640 ns前沿
...	...	...	...	...	...	...	...	...			
1	1	1	1	1	1	1	1	5 ns前沿			

表153. 寄存器0x48—最大开关频率限值设置(谐振模式下的最小开关周期)

位	位的名称	读/写	描述
[7:4]	最大频率	读/写	该寄存器包含12位最大开关频率(最小开关周期)限值的4个LSB。该值始终用于寄存器0x46的八个位, 此寄存器包含最大开关频率限值的八个MSB。12位值的每个LSB都对应于开关周期的5 ns分辨率。例如, 若寄存器0x46设为0x10(十进制16), 并且寄存器0x48的位[7:4]设为0x9(十进制9), 则最小开关周期为 $(16 \times 16 + 9) \times 5 \text{ ns} = 1.325 \mu\text{s}$ , 最大开关频率限值为 $1/1.325 \mu\text{s} = 755 \text{ kHz}$ 。
[3:0]	保留	读/写	保留。

# ADP1046A

**表154. 寄存器0x49—谐振模式下的OUTC上升沿死区时间**

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_5$ (OUTC的上升沿死区时间)	读/写	该寄存器设置表示OUTC上升沿与开关周期 $t_b$ 中点的差值 $\Delta t_5$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。当寄存器值从0x00变为0x7F, OUTC上升沿即为后沿 $t_b$ 。当数值从0x80变为0xFF, OUTC上升沿即为前沿 $t_b$ 。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_5$
			0	0	0	0	0	0	0	0	0 ns
			0	0	0	0	0	0	0	1	5 ns后沿
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			0	1	1	1	1	1	1	1	635 ns后沿
			1	0	0	0	0	0	0	0	640 ns前沿
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	5 ns前沿

**表155. 寄存器0x4A—谐振模式下的突发工作模式**

位	位的名称	读/写	描述		
[7:6]	突发模式使能	读/写	这些位用于使能或禁用突发工作模式。		
			位7	位6	突发模式
			0	0	禁用
			0	1	正常工作时使能, 软启动时禁用。
			1	0	禁用
1	1	正常工作和软启动时使能。			
[5:0]	突发模式偏移	读/写	这些位与最大开关频率限值共同决定使能突发工作模式的阈值。有关如何设置该值的信息, 请参见“轻载操作(突发模式)”部分。突发模式期间, PWM频率为寄存器0x46中设置的最大频率限值。		

**表156. 寄存器0x4B—谐振模式下的OUTC下降沿死区时间**

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_6$ (OUTC的下降沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从开关周期 $t_c$ 结束时开始的OUTC下降沿前沿时间 $\Delta t_6$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_6$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	1	1	1	1	1	1	1	1275			

**表157. 寄存器0x4D—谐振模式下的OUTD上升沿死区时间**

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_7$ (OUTD的上升沿死区时间)	读/写	该寄存器设置表示OUTD上升沿与开关周期 $t_b$ 中点的差值 $\Delta t_7$ 。每个LSB对应于5 ns分辨率。当寄存器值从0x00变为0x7F, OUTD上升沿即为后沿 $t_b$ 。当数值从0x80变为0xFF, OUTD上升沿即为前沿 $t_b$ 。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_7$
			0	0	0	0	0	0	0	0	0 ns
			0	0	0	0	0	0	0	1	5 ns后沿
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			0	1	1	1	1	1	1	1	635 ns后沿
			1	0	0	0	0	0	0	0	640 ns前沿
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	5 ns前沿

表158. 寄存器0x4F—谐振模式下的OUTD下降沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_8$ (OUTD的下降沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从开关周期 $t_c$ 结束时开始的OUTD下降沿前沿时间 $\Delta t_8$ 。 每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_8$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	1275

表159. 寄存器0x51—谐振模式下的SR1上升沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_9$ (SR1的上升沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从ACSNS上升沿 $t_d$ 开始的SR1上升沿延迟时间 $\Delta t_9$ 。 每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_9$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	1275

表160. 寄存器0x53—谐振模式下的SR1下降沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_{10}$ (SR1的下降沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从ACSNS下降沿 $t_e$ 开始的SR1下降沿前沿时间 $\Delta t_{10}$ 。 每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_{10}$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	1275

表161. 寄存器0x55—谐振模式下的SR2上升沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_{11}$ (SR2的上升沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从ACSNS下降沿 $t_e$ 开始的SR2上升沿延迟时间 $\Delta t_{11}$ 。 每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_{11}$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	1275

表162. 寄存器0x57—谐振模式下的SR2下降沿死区时间

位	位的名称	读/写	描述								
[7:0]	$\Delta t_{12}$ (SR2的下降沿死区时间)	读/写	该寄存器设置从ACSNS上升沿 $t_r$ 开始的SR2下降沿前沿时间 $\Delta t_{12}$ 。 每个LSB对应于5 ns分辨率。								
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	$\Delta t_{12}$ (ns)
			0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	1	5
			...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1	1	1	1	1	1	1	1	1275

# ADP1046A

## 外形尺寸

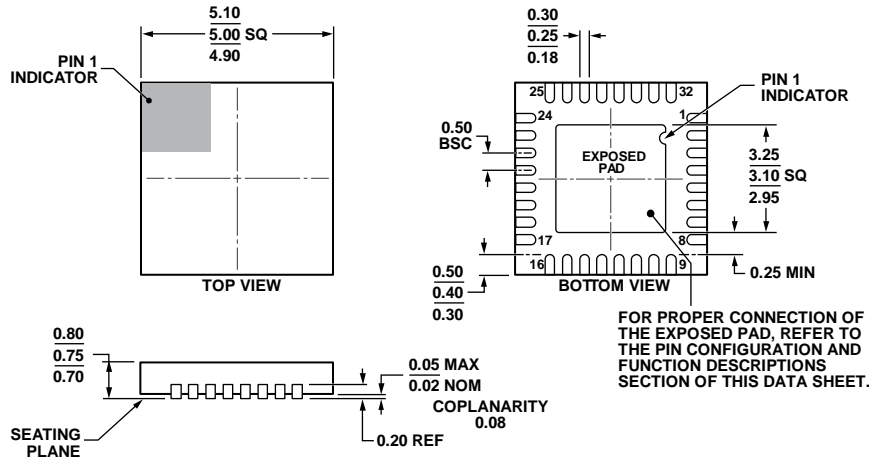


图63. 32引脚引脚架构芯片级封装[LFCSP\_WQ]  
5 mm x 5 mm, 超薄体  
(CP-32-7)  
尺寸单位: mm

### 订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围	封装描述	封装选项
ADP1046ACPZ-RL	-40°C至+125°C	32引脚引线框芯片级封装[LFCSP_WQ]	CP-32-7
ADP1046ACPZ-R7	-40°C至+125°C	32引脚引线框芯片级封装[LFCSP_WQ]	CP-32-7
ADP1046A-100-EVALZ		ADP1046A 100 W评估板	
ADP1046ADC1-EVALZ		ADP1046A 子板	
ADP-I2C-USB-Z		USB至I <sup>2</sup> C适配器	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

I<sup>2</sup>C指最初由Philips Semiconductors(现为NXP Semiconductors)开发的一种通信协议。