

英飞凌 TLE8242-2

8 通道固定频率恒定电流控制及电流轮廓检测

Automotive Power



Never stop thinking

目录

目录	2
1 概述	4
1.1 特性	4
1.2 应用	5
1.3 描述	5
1.3.1 直接 PWM 模式操作	5
1.3.2 恒定电流模式操作	6
2 框图	10
3 引脚配置	11
3.1 引脚分配	11
3.2 引脚定义和功能	11
4 产品一般特性	15
4.1 最大额定值	15
4.2 工作范围	16
4.3 热阻抗	16
5 功能描述和电气特征	17
5.1 供电与参考	17
5.2 输入 / 输出	18
5.3 诊断	20
5.3.1 导通状态诊断	22
5.3.2 关断状态诊断	24
5.4 输出驱动器	28
5.5 电流控制	28
5.6 电流反馈寄存器	29
5.7 直接 PWM 控制	30
5.7.1 选择操作频率	30
5.7.2 选择占空比	30
5.8 电流轮廓检测	31
5.8.1 区域 1	33
5.8.2 区域 2	33
5.8.3 区域 3	33
5.8.4 电流轮廓超时和检测中断	34
5.9 串行外设接口 (SPI)	35
5.9.1 SPI 信号说明	36
5.9.2 SPI 信息结构	38
5.9.2.1 SPI 信息 #0 - IC 版本 / 制造商	38
5.9.2.2 SPI 信息 #1 - 控制方法和故障屏蔽配置	39
5.9.2.3 SPI 信息 #2 - 诊断配置 (通道 0-3)	41
5.9.2.4 SPI 信息 #3 - 诊断配置 (通道 4-7)	43
5.9.2.5 SPI 信息 #4 - 诊断读取 (通道 0-3)	45
5.9.2.6 SPI 信息 #5 - 诊断读取 (通道 4-7)	46
5.9.2.7 SPI 信息 #6 - PWM 偏移 (通道 0-3)	47
5.9.2.8 SPI 信息 #7 - PWM 偏移 (通道 4-7)	49
5.9.2.9 SPI 信息 #8 - 主要周期设置	51
5.9.2.10 SPI 信息 #9 - 控制变量设置 (KP 和 KI)	53
5.9.2.11 SPI 信息 #10 - 电流和抖动振幅设置	54
5.9.2.12 SPI 信息 #11 - 抖动周期设置	56

目录

5.9.2.13	SPI 信息 #12 - 最大 / 最小电流读取.....	58
5.9.2.14	SPI 信息 #13 - 抖动周期内的平均电流读取.....	60
5.9.2.15	SPI 信息 #14 - 自动归零触发 / 读取.....	62
5.9.2.16	SPI 信息 #15 - PWM 占空比.....	64
5.9.2.17	SPI 信息 #16 - 电流轮廓检测设置 1.....	66
5.9.2.18	SPI 信息 #17 - 电流轮廓检测设置 2.....	68
5.9.2.19	SPI 信息 #18 - 电流轮廓检测反馈.....	70
5.9.2.20	SPI 信息 #19 - 读取通用标志位.....	72
6	应用信息.....	74
6.1	更多应用信息.....	74
7	封装外形.....	75
8	修订记录.....	77



1 概述

1.1 特性

- 低边电流控制预驱动集成电路
- 八个独立通道
- 输出电流可编程，分辨率为 11 位
 - 电流范围 = 0 至 1.2A（典型值），带有 0.2 Ω 检测电阻
 - 分辨率 = 0.78125 mA/位（典型值），带有 0.2 Ω 检测电阻
 - 使用自动归零时，温度范围内的满量程误差为 $\pm 2\%$
- 通过 SPI 可编程 PWM 信号，频率范围约为 10 Hz 至 4 kHz（典型值）
- 每个通道的 PI 控制器的可编程 KP 和 KI 系数
- 可编程叠加颤振
 - 通过设置颤振步长和每个颤振周期内的 PWM 周期数来编程颤振
 - 通过 SPI 接口编程
 - 每个通道的颤振可以独立编程
- PWM 控制信号的可编程同步
 - 通过 SPI 接口设置相延迟时间
 - 通过 PHASE_SYNC 输入引脚上的信号触发同步
 - 同一器件内及多器件间的通道可同步
- 每个通道均可配置为电流控制或通过 SPI 进行直接 PWM 控制
- 在直接 PWM 模式下，使用电流轮廓检测功能
 - 验证螺线管电枢运动
 - 通过 SPI 编程的轮廓特性
 - 通过 SPI 读取通过/失败状态
- 接口和控制
 - 32 位 SPI（串行外设接口），仅限从机使用
 - ENABLE 引脚用于禁用或冻结所有通道
 - 低电平有效 RESET_B 引脚将内部寄存器重置为默认状态并禁用所有通道
 - 检测到故障时，可以对开漏 FAULT 引脚进行编程，使其转换为低电平
 - 5.0V 和 3.3V 逻辑兼容 I/O
- 保护功能
 - 过流关断（监控 POSx 引脚的电流）
 - 可编程过流阈值
 - 可编程过流延迟时间
 - 可编程过流重试时间
 - 电池引脚（BAT）过压关断



PG-LQFP-64

Type	Package	Marking
TLE8242-2	PG-LQFP-64	TLE8242-2L

- 诊断
 - 过流
 - 开启状态下的负载开路
 - 关闭状态下的负载开路
 - 对地短路
 - 测试完成位，指示故障检测测试已完成
- 控制环路监测功能
 - 可以通过 SPI 访问选定通道上一个完整颤振周期的平均电流测量值
 - 可以通过 SPI 访问选定通道上一个完成的颤振周期的最小和最大电流测量值。该数据可用于测量所达到的颤振幅度
 - 每个通道的占空比可以通过 SPI 访问
 - 用于取消输入放大器偏移的自动零点值可以通过 SPI 访问
- 所需外部组件：
 - N 沟道逻辑电平 (5V) MOSFET 晶体管，典型 $R_{on} \leq 100\text{m}\Omega$ （例如 SPD15N06S2L-64）
 - 续流二极管（超快）
 - 检测电阻（1.2A 平均输出电流范围为 0.2Ω ）
- 绿色产品（符合 RoHS 标准）
- AEC 认证

1.2 应用

- 可变力螺线管（例如自动变速箱螺线管）
- 其他恒定电流螺线管
 - 怠速进气控制
 - 废气再循环
 - 蒸汽管理阀
 - 悬挂控制

1.3 描述

英飞凌 TLE8242G IC 是一款八通道低侧恒定电流控制预驱动器 IC。通过在 SPI 消息 #1 中设置适当的 CM 位，可以将每个通道配置为直接 PWM 模式或恒定电流模式。

1.3.1 直接 PWM 模式操作

直接 PWM 操作模式下，POSx 和 NEGx 引脚必须按照 [图 1](#) 连接。如果包含检测电阻，则负载电流可以通过 SPI 指令由微控制器进行监控。在直接 PWM 模式下，开启状态下的负载开路检测功能被禁用。

注释：此配置中需要外部反激钳位，否则 IC 可能会损坏。

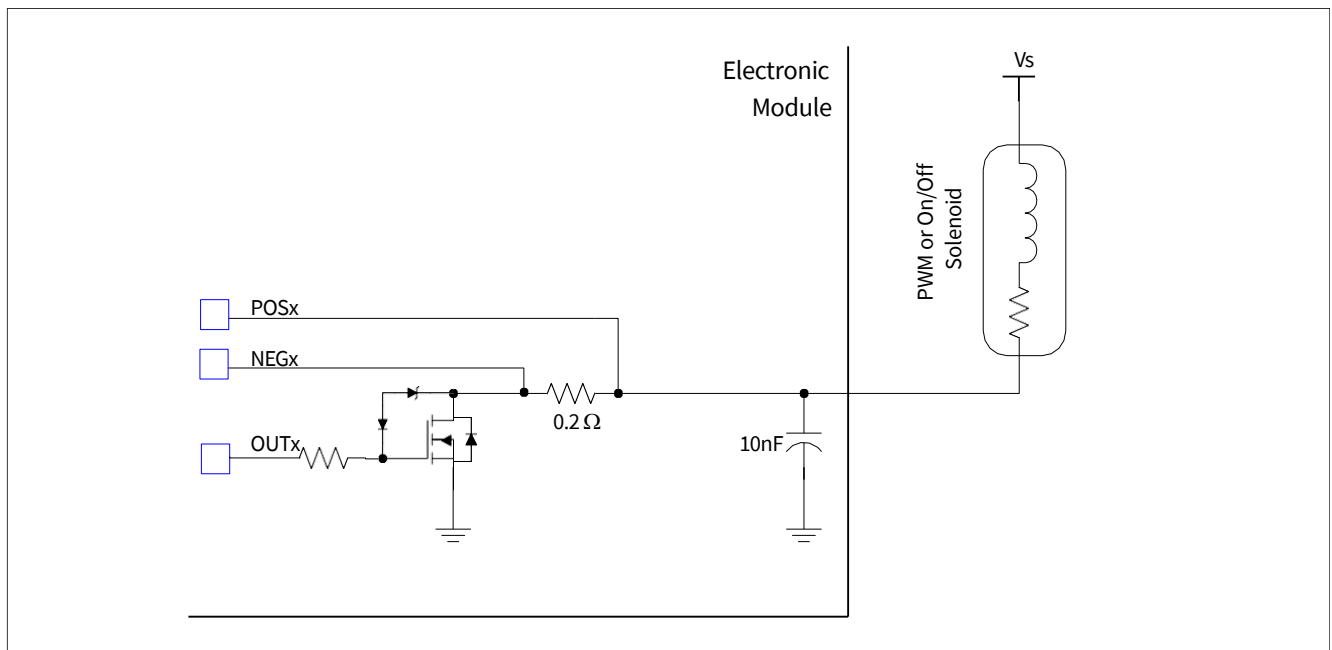


图 1 直接 PWM 模式操作的外部电路图

1.3.2 恒定电流模式操作

恒定电流模式下，POSx 和 NEGx 引脚必须按照 图 2 所示的配置连接到电路。

注释：此配置中需要外部续流二极管，否则 IC 可能会损坏。

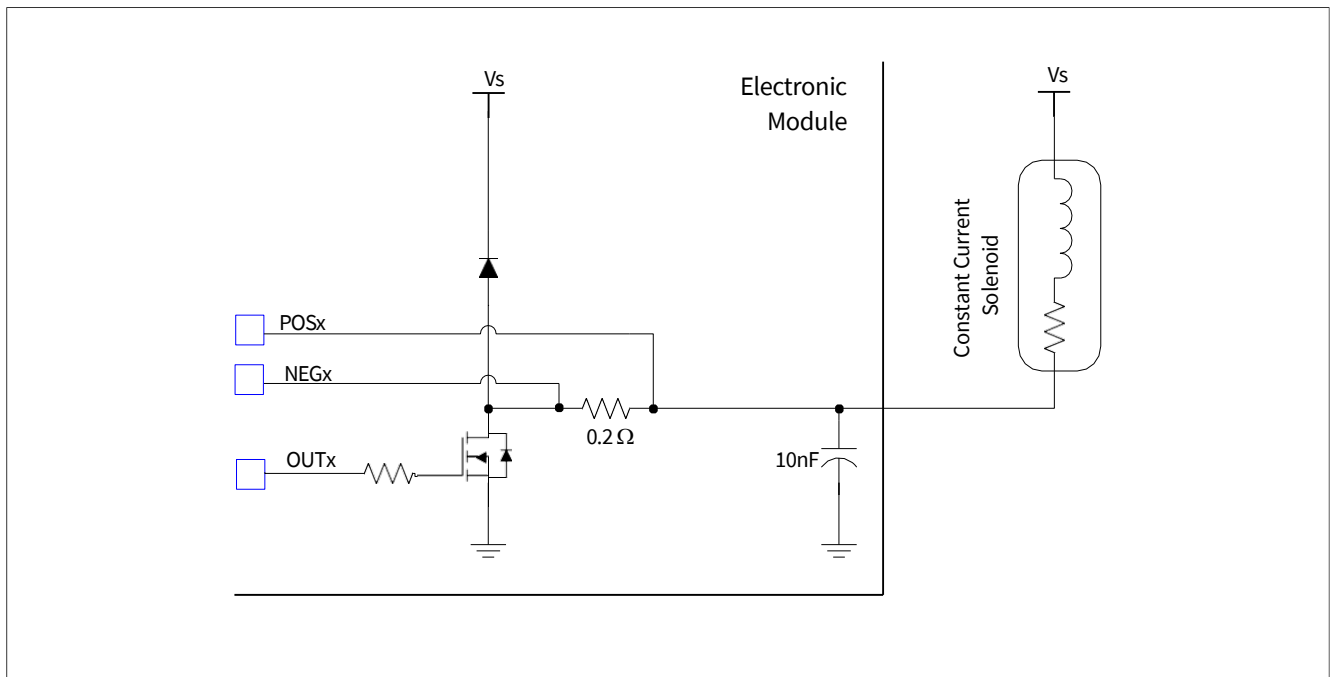


图 2 恒定电流模式操作的外部电路图

在恒定电流工作期间，OUTx 引脚驱动 PWM 控制信号由图 3 的控制环路控制。PWM 信号频率通过 SPI 消息 #8 进行编程。在此消息中，主周期分频器 N 可以设置为 79 到 $2^{14}-1$ 之间的任意值，分频器 M 可以设置为 32、64 或 128。在直接 PWM 模式下，M 值也可以设置为 512。计算 PWM 信号频率的方程式为：

$$F_{\text{PWM}} = \frac{F_{\text{CLK}}}{M * N}$$

恒定电流模式下，M 的值为一个 PWM 周期内 A/D 采样的个数。将 SPI 消息 #8 中的 SAM 位设置为“1”将导致在 OUTx 引脚状态发生变化后立即丢弃 ADC 样本。如果 SAM 位置位为‘0’，则所有 M 个 A/D 样本都用于平均值计算。

11 位电流设置点通过 SPI 消息 #10 进行编程。计算电流设定点的方程式为：

$$\text{CurrentSetpoint[mA]} = \frac{\text{setpoint}(11\text{bit})}{2^{11}} * \frac{320[\text{mV}]}{R_{\text{SENSE}}[\text{ohm}]}$$

控制环路的比例系数（KP）和积分系数（KI）通过 SPI 消息 #9 进行编程。KP 和 KI 值应设置为能使控制环路获得所需瞬态响应的数值。OUTx 引脚的占空比可以通过以下差分方程计算得出：

$$\begin{aligned} \text{DutyCycle}(k) &= KP * \frac{R_{\text{sense}}[\text{Ohm}]}{0.04 * M * N} * \text{error}(k-1)[A] + INT(k) \\ INT(k) &= KI * \frac{R_{\text{sense}}[\text{Ohm}]}{0.04 * M * N} * \text{error}(k-1)[A] + INT(k-1) \end{aligned}$$

其中，error 是指令平均电流与测量的平均电流之间的差值，单位为安培。

k 表示自启动电流调节以来已过的 PWM 周期的整数数量。

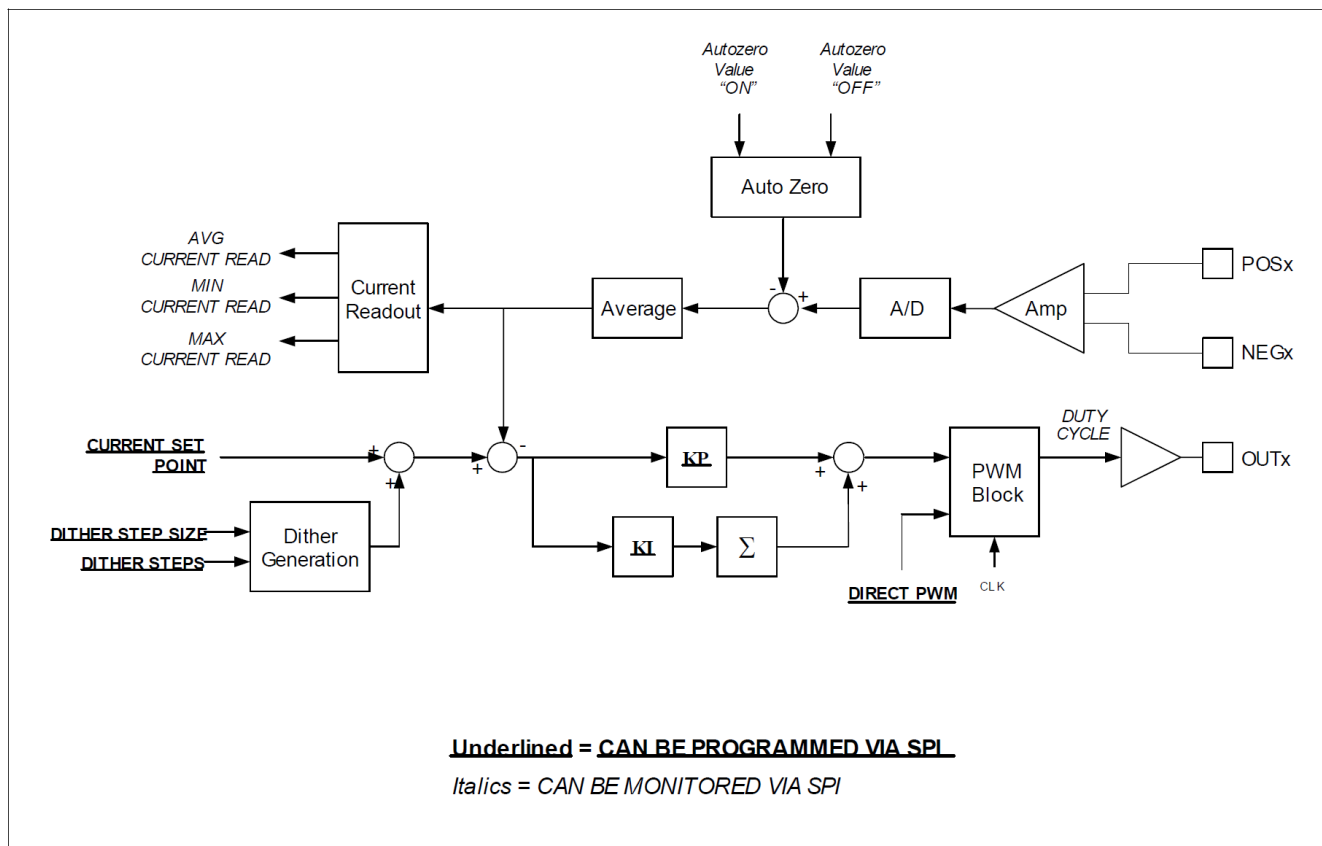


图 3 控制环路 - 简化图

表 1 描述了几个事件对 PI 控制器积分器的影响。

表 1 控制环路积分器控制

Condition	Action to Integrator
Reset Active	Cleared
V5D undervoltage	Cleared
V5Ax undervoltage	Cleared
ENABLE pin low (SPI message #10 bit EN = 0)	Cleared
ENABLE pin low (SPI message #10 bit EN = 1)	Remains Operational
VBAT overvoltage	Held at current value
Short to BAT	Cleared
Phase_Sync Transition	Remains Operational Integrator value for first PWM cycle = value from end of last complete PWM cycle.
Average Current set to 0	Cleared
Control Mode set to Direct PWM	Cleared
Main Period Set (N, M) Changed	Remains Operational
KP, KI settings Changed	Remains Operational

自动归零

TLE8242 的每个通道都集成了自动归零功能。当通道的设置点设置为 0 mA 且自动归零由 SPI 指令触发时，将测量放大器和模数转换器的偏移。自动归零序列所需的时间根据以下公式计算：

$$T_{AZ} = \frac{4 * M * N}{F_{CLK}}$$

可以通过 SPI 消息 #14 读取测量的偏移量。当电流设定点大于 0 时，这些偏移量将从 A/D 变换器输出中减去，如 [图 3](#) 所示。

颤振

通过 SPI 消息 #10 和 #11 设置颤振波形的振幅和频率参数，可以将三角波形叠加在电流设置点上。详细信息请参阅 SPI 消息部分。

第一个编程值是颤振波形的步长，即每个 PWM 周期从设定点添加或减去的位数。颤振步长的 LSB 是标称设定点电流值幅度的 1/4th。第二个编程值是抖动波形四分之一周期内的步数。

当启用颤振时，新的平均电流置位点将不会被激活，直到当前电流复位周期完成。颤振周期是在颤振波形的零交叉处完成的。新的接近振幅设置或新的接近频率设置也不会被激活，直到当前颤振周期完成。参见 [图 4](#)。

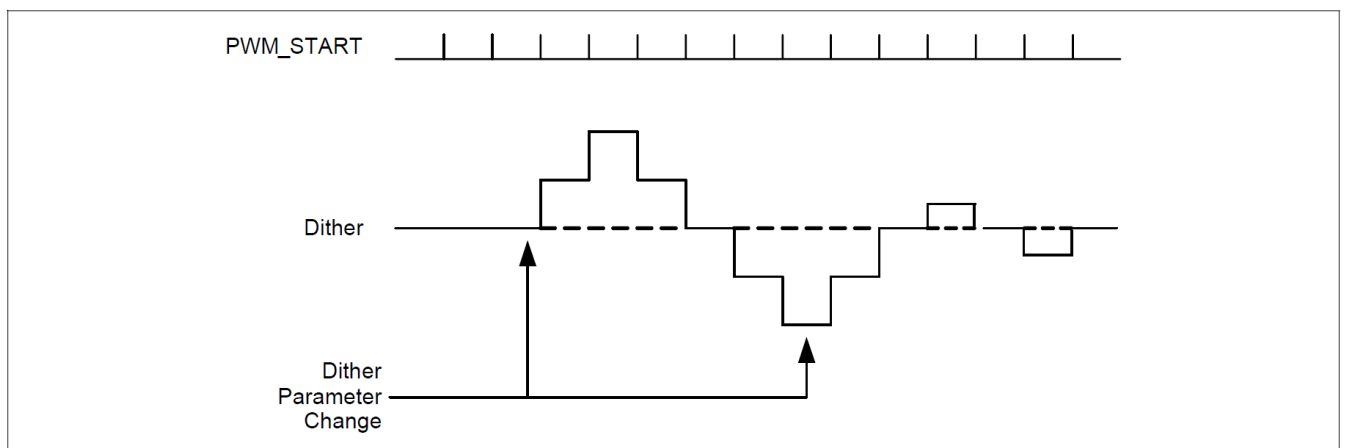


图 4 新编程颤振值和波形时间

注释：实际测量的波形根据控制环路的频率响应进行衰减和相移。

2 框图

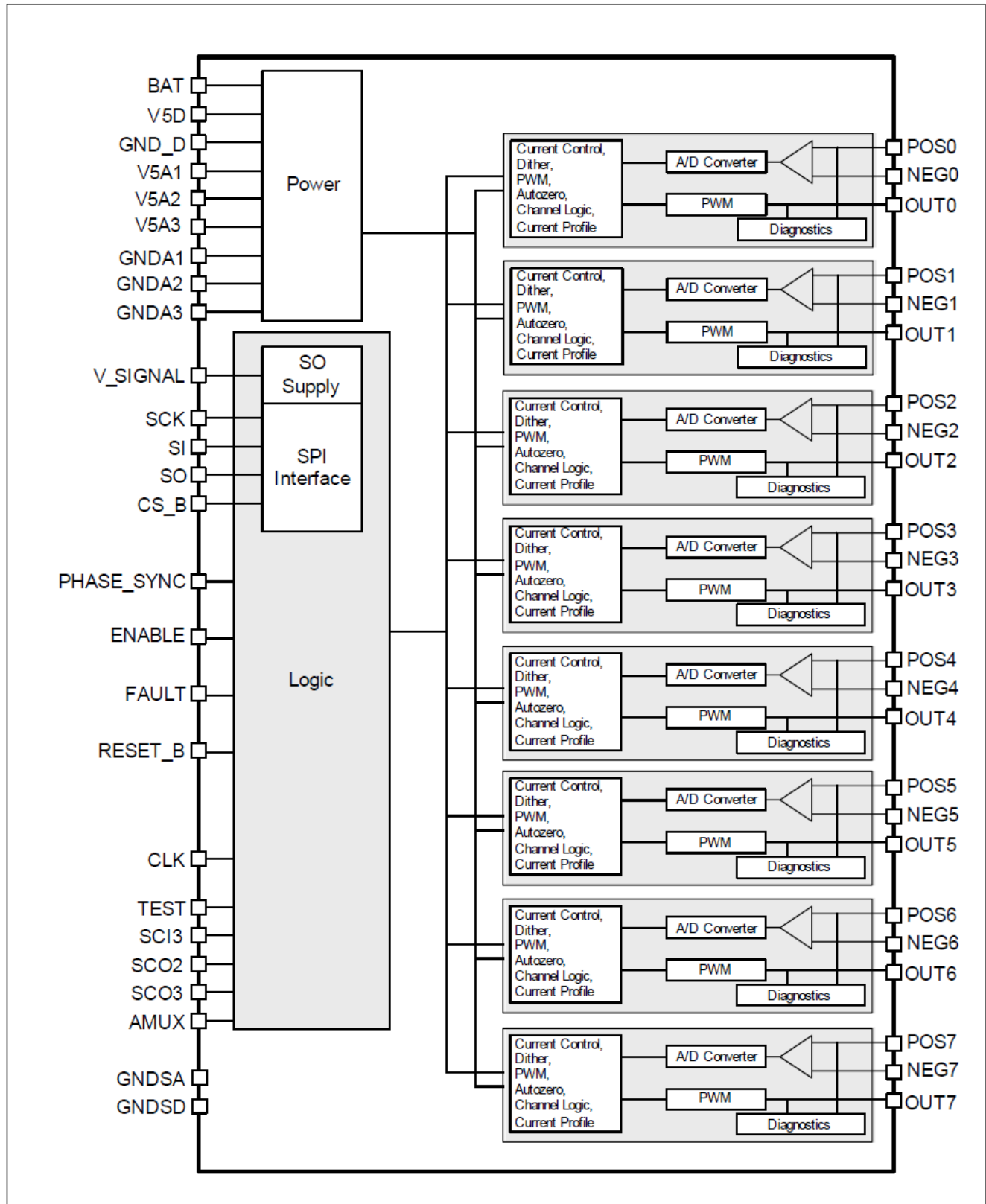


图 5 框图

3 引脚配置

3.1 引脚分配

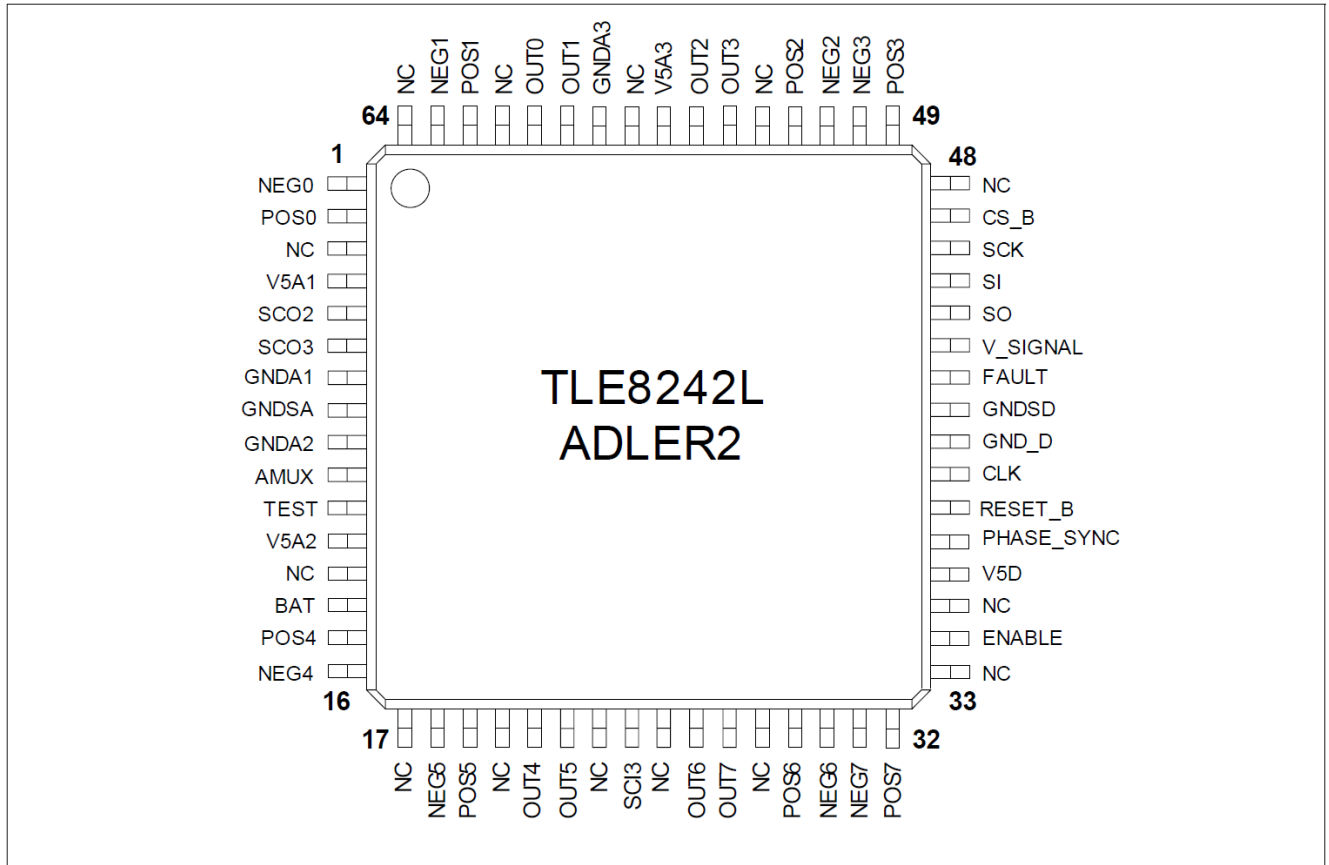


图 6 引脚配置

3.2 引脚定义和功能

Pin	Symbol	Function
1	NEG0	Channel #0 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
2	POS0	Channel #0 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
3	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
4	V5A1	Supply Voltage; 5V input for analog circuits. An external capacitor is to be connected between this pin and GND_A near this pin
5	(T) SCO2	Test Pin; Used for IC test. Must be connected to GND_D for specified operation of the IC
6	(T) SCO3	Test Pin; Used for IC test. Must be connected to GND_D for specified operation of the IC
7	GND_A1	Ground; ground pin for analog circuits
8	GNDSA	Ground; ground pin for substrate connection near analog circuits

Pin	Symbol	Function
9	GND_A2	Ground; ground pin for analog circuits
10	(T) AMUX	Test Pin; Used for IC test. Must be connected to GND_D for specified operation of the IC
11	(T) TEST	Test Pin; Used for IC test. Must be connected to GND_D for specified operation of the IC
12	V5A2	Supply Voltage; 5V input for analog. An external capacitor is to be connected between this pin and GND_A near this pin
13	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
14	BAT	Battery Sense Input; for over-voltage detection. Connect through a series resistor (e.g. 1 K ohm) to the solenoid supply voltage. A large electrolytic capacitor (e.g. 47uF) should be placed between the BAT supply and ground
15	POS4	Channel #4 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
16	NEG4	Channel #4 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
17	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
18	NEG5	Channel #5 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
19	POS5	Channel #5 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
20	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
21	OUT4	Gate driver output for channel #4; Connect to the gate of the external MOSFET
22	OUT5	Gate driver output for channel #5; Connect to the gate of the external MOSFET
23	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
24	(T) SCI3	Test Pin; Used for IC test. Must be connected to GND_D for specified operation of the IC
25	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
26	OUT6	Gate driver output for channel #6; Connect to the gate of the external MOSFET
27	OUT7	Gate driver output for channel #7; Connect to the gate of the external MOSFET
28	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
29	POS6	Channel #6 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
30	NEG6	Channel #6 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
31	NEG7	Channel #7 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
32	POS7	Channel #7 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
33	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal

Pin	Symbol	Function
34	ENABLE	ENABLE logic input; When this input pin is low all channels are turned off (zero current) or remain in their last state, depending on how the channel is programmed to respond
35	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
36	V5D	Supply Voltage; 5V input for digital circuits. An external capacitor is to be connected between this pin and GND_D near this pin
37	PHASE_SYNC	Phase Synchronization Input: Used to synchronize the rising edges of the PWM signal on the OUTx pins for each channel
38	RESET_B	Reset Input; When this input pin is low all channels are turned off and all internal registers are reset to the default state. The part must be held in reset by an external source until all supplies are stable and within tolerance
39	CLK	CLOCK; Main clock input for the chip. A clock input of 20 MHz to 40 MHz is required
40	GND_D	Ground; ground pin for digital circuits
41	GNDS	Ground; ground pin for substrate connection near digital circuits
42	FAULT	Fault Output Pin; Open drain output pin is pulled low when a fault condition is detected. Certain faults can be masked via SPI
43	V_SIGNAL	Supply Voltage; Supply pin for the SPI SO output and the pull-up current sources of the digital inputs CS_B and RESET_B. An external capacitor must be connected between this pin and GND_D near this pin
44	SO	SPI Serial Data Out
45	SI	SPI Serial Data In
46	SCK	SPI Serial Clock Input
47	CS_B	SPI Chip Select Bar; active low signal
48	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
49	POS3	Channel #3 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
50	NEG3	Channel #3 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
51	NEG2	Channel #2 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
52	POS2	Channel #2 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
53	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
54	OUT3	Gate driver output for channel #3; Connect to the gate of the external MOSFET
55	OUT2	Gate driver output for channel #2; Connect to the gate of the external MOSFET
56	V5A3	Supply Voltage; 5V input for analog. An external capacitor is to be connected between this pin and GND_A near this pin.
57	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
58	GND_A3	Ground; ground pin for analog circuits
59	OUT1	Gate driver output for channel #1; Connect to the gate of the external MOSFET

Pin	Symbol	Function
60	OUT0	Gate driver output for channel #0; Connect to the gate of the external MOSFET
61	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal
62	POS1	Channel #1 Positive sense pin; Connect to the “load” side of the external sense resistor
63	NEG1	Channel #1 Negative sense pin; Connect to the “FET” side of the external sense resistor
64	NC	Not Connected; do not connect to external supply, ground, or signal

4 产品一般特性

4.1 最大额定值

最大绝对额定值¹⁾

$T_j = -40\text{ °C}$ 至 $+150\text{ °C}$ ；所有电压均相对于地，正电流流入引脚（除非另有规定）。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Conditions
			Min.	Max.		
Voltages						
4.1.1	Battery Input (VBAT)	V_{BAT}	-13	50	V	–
4.1.2	Supply Voltage (logic)	V_{5D}, V_{5A1} V_{5A2}, V_{5A3} V_{signal}	-0.3	6.0	V	–
4.1.3	POSx, NEGx	V_{pos}, V_{neg}	-0.3	50	V	–
4.1.4	POSx-NEGx	$V_{pos} - V_{neg}$	-0.2	13	V	–
4.1.5	OUTx	V_{out}	-0.3	min($V_{5D} + 0.3$; 6)	V	–
4.1.6	RESET_B, SI, SCK, CS_B, CLK, TEST, PHASE_SYNC, ENABLE	V_{io}	-0.3	min($V_{5D} + 0.3$; 6)	V	–
4.1.7	SO, FAULT	V_{io}	-0.3	min($V_{signal} + 0.3$; 6)	V	–
4.1.8	Maximum difference between V5D and V5Ax pins		-500	500	mV	–
Currents						
4.1.9	Input Clamp Current ENABLE, PHASE_SYNC, RESET_B, SI, SCK, CS_B, CLK	I_{CLAMP}	5	–5	mA	2)
Temperatures						
4.1.10	Storage Temperature	T_{stg}	-65	150	°C	–
4.1.11	Junction Temperature	T_j	-40	150	°C	–
ESD Susceptibility						
4.1.12	HBM		-2	2	kV	3)
4.1.13	CDM all pins		-500	500	V	4)
4.1.14	CDM corner pins		-750	750	V	4)

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) 仅当超过最大电压时才需要限制电流

3) ESD 耐受性 HBM 符合 EIA/JESD 22-A 114B 标准

4) ESD 耐受性 CDM 符合 EIA/JESD22-C101 标准

注释：超过此处所列的压力可能会对器件造成永久性损坏。长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

注释：集成的保护功能旨在防止 IC 在数据表所述故障条件下被毁坏。故障情况被认为超出了正常工作范围。保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

4.2 工作范围

$T_j = -40\text{ °C}$ 至 $+150\text{ °C}$ ；所有电压均相对于地，正电流流入引脚（除非另有规定）。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Conditions
			Min.	Max.		
4.2.1	Supply Voltage Range for Normal Operation - VBAT	V_{BAT}	5.5	42	V	–
4.2.2	Supply Voltage Range for Normal Operation - V5D, V5A1, V5A2, V5A3	$V_{V5D}, V_{V5A1}, V_{V5A2}, V_{V5A3}$	4.75	5.25	V	–
4.2.3	Supply Voltage Range for Normal Operation -V_SIGNAL	V_{V_SIGNAL}	3.0	5.25	V	–
4.2.4	Clock Frequency	f_{CLK}	20	40	MHz	
4.2.5	PWM Frequency for Normal Operation	f_{PWM}	10	4000	Hz	
4.2.6	Extended PWM Frequency Range	f_{PWM}	10	8000	Hz	Parameter deviations possible
4.2.7	Common Mode Voltage Range for Normal Operation - POSx, NEGx pins.	V_{pos}, V_{neg}	0	30	V	–
4.2.8	Extended Common Mode Voltage Range for Operation - POSx, NEGx pins.	V_{pos}, V_{neg}	0	42	V	Parameter deviations possible

注释：在工作范围内，IC 按照电路描述正常工作。电气特性是在相关电气特性表中注明的条件下指定的。

4.3 热阻抗

$T_j = -40\text{ °C}$ 至 $+150\text{ °C}$ ；所有电压均相对于地，正电流流入引脚（除非另有规定）。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
4.3.1	Junction to Ambient ¹⁾	R_{thJA}	–	38	–	K/W	²⁾

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) 指定的 R_{thJA} 值符合 Jedec JESD51-2, -7，在 FR4 2s2p 板上的自然对流下测得；产品（芯片+封装）在 76.2 x 114.3 x 1.5 毫米的电路板上进行模拟，该电路板有 2 个内铜层（2 x 70 μm , 2 x 35 μm Cu）。

5 功能描述和电气特性

注释：所列特性在集成电路的工作范围内可得到保证。

典型特性指定了生产范围内的预期平均值。如无特殊说明，典型特性适用于 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 和给定的供电电压。

5.1 供电与参考

该器件包括一个上电复位电路。当 V5A1、V5A2、V5A3 和/或 V5D 引脚上的电压低于其各自的复位阈值时，此特征将导致通道禁用，无法将内部寄存器复位为其默认值。

V5D 引脚和 GND_D 引脚是数字电路块的电源和接地引脚。通过这些引脚的电流包含高频成分。为了获得良好的电磁兼容性能，需要使用陶瓷电容器去耦和仔细的PCB布局。

V5A1、V5A2、V5A3 引脚是模拟电路块的电源引脚，GND_A 引脚是对应的接地引脚。

V_SIGNAL 引脚为 SPI 输出引脚 (SO) 供电，并为 CS_B 和 RESET_B 引脚的上拉电流提供源电压。V_SIGNAL 应连接到微处理器的 I/O 电源（3.3V 或 5.0V）。

BAT 引脚是用于检测过压故障的输入引脚。该引脚不是电源输入。该引脚与螺线管供电电压之间应串接一个电阻，以实现瞬态保护。

电气特性：

V5D = 4.75V 至 5.25V, Vbat = 5.5V 至 42V, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明）。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.1.1	Undervoltage reset (internally generated) V5A1, V5A2, and V5A3	V_{V5A1} , V_{V5A2} , V_{V5A3}	3.5	–	4.5	V	Internal reset occurs if V5A1 V5A2, or V5A3 is below the undervoltage limit
5.1.2	Undervoltage reset (internally generated) V5D	V_{V5D}	1.0	–	4.5	V	Internal reset occurs if V5D is under the undervoltage limit
5.1.3	V5D supply current	I_{V5D}	–	–	75 40	mA mA	$f_{CLK}=40\text{MHz}$ $f_{CLK}=20\text{MHz}$
5.1.4	V5A1 supply current	I_{V5A1}	–	–	20	mA	
5.1.5	V5A2 supply current	I_{V5A2}	–	–	20	mA	
5.1.6	V5A3 supply current	I_{V5A3}	–	–	5	mA	
5.1.7	V_SIGNAL supply current	I_{V_SIGNAL}	–	–	300	μA	$V_{SIGNAL}=5.25\text{V}$ SO = Hi-Z state
5.1.8	VBAT current	I_{VBAT}	–	–	80	μA	full operating range
5.1.9	VBAT current - unpowered	I_{VBAT}	–	–	5	μA	V5D=V5Ax=0V, BAT=14V

5.2 输入/输出

所有数字输入均兼容 3.3 V 和 5 V I/O 逻辑电平。SPI 输出 SO 的供电电压由 V_SIGNAL 引脚提供。当数字输入未连接时，所有输入引脚都会被弱内部电流源或电流吸收器拉至已知状态。但是，未使用的数字输入引脚应根据所需功能，通过外部连接或电阻器接地或连接到 V_SIGNAL。所有输入引脚内部弱电流源均由 V_SIGNAL 引脚提供。

RESET_B 引脚是低电平有效输入引脚。当该引脚为低电平时，所有通道均关闭，所有内部寄存器均复位至默认状态。器件必须通过外部源保持复位状态，直到所有电源稳定为止。该 IC 包含一个内部上电和欠压复位机制，当 V5D、V5A1、V5A2 或 V5A3 低于欠压复位阈值时，该复位变为有源。

ENABLE 引脚是高电平有效输入引脚，必须保持高电平才能使器件正常工作。当此引脚保持低电平时，所有通道要么关闭，要么保持在最后状态，具体取决于通过 SPI 消息 #10 对通道使能行为的编程设置。默认条件下，ENABLE 引脚为低电平时所有通道关闭。

CLK 引脚是器件的主时钟输入。输入阈值与 3.3 V 和 5.0 V 逻辑电平兼容。连接到 CLK 引脚的时钟信号和 SPI 时钟信号 (SCK) 之间不需要同步。TLE8242 的所有内部时钟信号（PWM 信号、A/D 采样、诊断等）均由该时钟输入产生。此外，器件需要该时钟来接受和响应 SPI 消息。

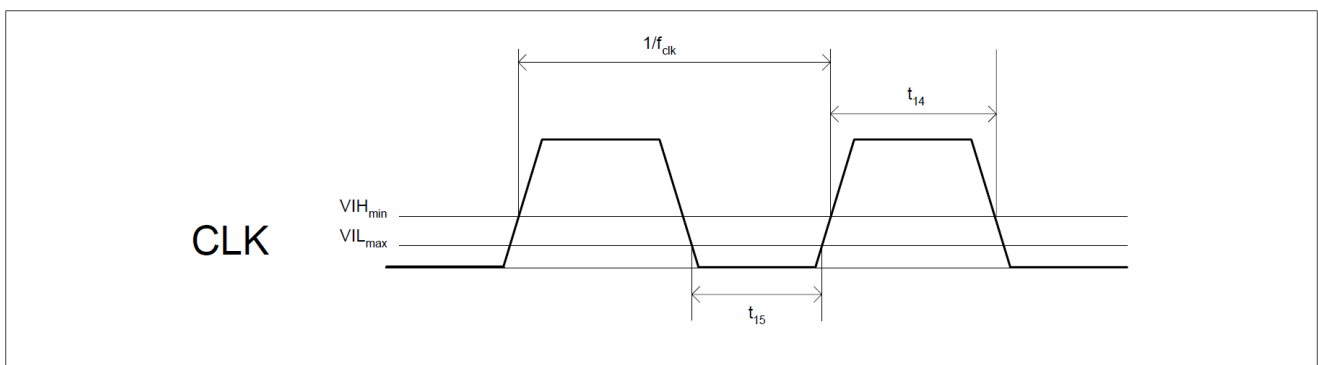


图 7 CLK 时序图

PHASE_SYNC 引脚是输入引脚，可用于同步多个通道的 PWM 控制信号。每个通道的 PHASE_SYNC 引脚的信号上升沿和每个通道的 PWM 信号上升沿之间的所需相位延迟可以通过 SPI 消息 #6 独立编程。计算偏移的方程式为：

$$T_{\text{offset}} = \frac{\text{PhaseSynchOffset}}{32 * F_{\text{PWM}}}$$

每次在 PHASE_SYNC 引脚上接收到一个脉冲时，IC 都会锁存一个位，该位通过对 SPI 消息 #19 的响应进行报告（请参阅 SPI 接口部分以了解位/消息位置）。当消息被读取时，此锁存器被清除。

注释：当在 PHASE_SYNC 引脚上检测到上升沿时，PWM 周期重新启动。此引脚上的周期性脉冲序列将会干扰电流调节。

注释：退出复位状态后，需要在 PHASE_SYNC 引脚上提供脉冲，以同步通道的 PWM 周期。

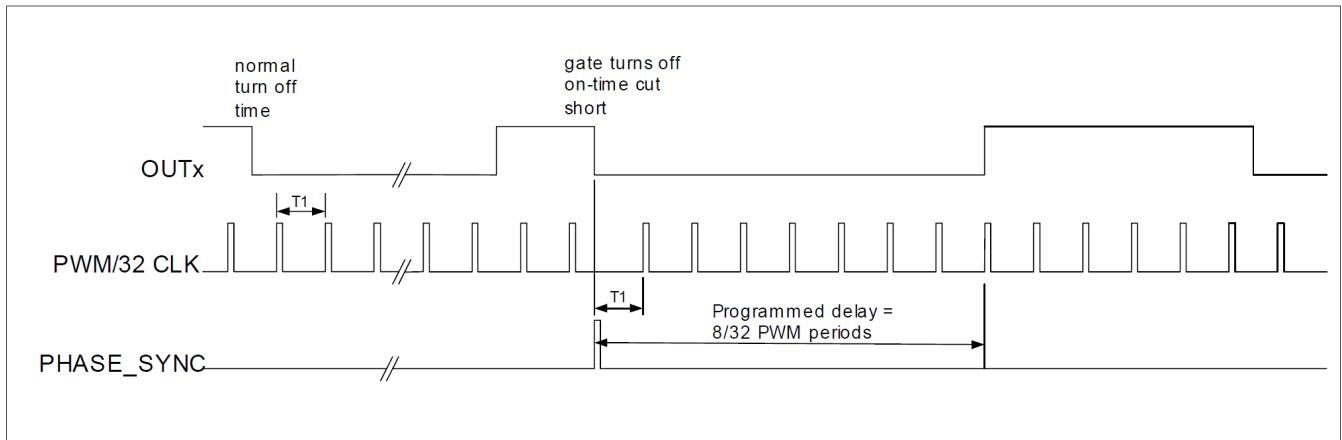


图 8 相位同步图

IC 电平测试时会用到 TEST、SCI3、SCO2、SCO3、AMUX 脚位。为了器件正常运行，这些引脚应直接接地。

FAULT 引脚是开漏输出引脚。当检测到未屏蔽的故障时，该引脚将被器件拉至低电平。故障掩码通过 SPI 消息 #1 进行编程。

电气特性：

$V_{SD} = 4.75V$ 至 $5.25V$ ， $V_{bat} = 5.5V$ 至 $42V$ ， $T_j = -40^\circ C$ 至 $+150^\circ C$ ，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明）。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.2.1	Logic input low voltage	V_{ILMAX}	–	–	0.8	V	
5.2.2	Logic input high voltage	V_{IHMIN}	2.0	–	–	V	
5.2.3	Logic output low voltage	V_{OLMAX}	–	–	0.2	V	$I_L=200\mu A$
5.2.4	Logic output high voltage	V_{OHMIN}	$0.8 \cdot V_{SIGNAL}$	–	–	V	$I_L=-200\mu A$
5.2.5	Pull down digital input (SI, CLK, SCK, PHASE_SYNC, ENABLE)	I_{pd}	10	–	50	μA	$V_{in}=V_{SIGNAL}$
5.2.6	Pull up digital input (CS_B, RESET_B)	I_{pu}	-50	–	-10	μA	$V_{in}=0V$ (Current drain from V_{SIGNAL})
5.2.7	Fault pin voltage	$V_{fault,low}$	–	–	0.4	V	Active state; $I_{fault}=2mA$
5.2.8	Fault pin current	$I_{fault,max}$	2.0	–	–	mA	Active state; $V_{fault}=0.4V$
5.2.9	CLK high time (rise 2.0V to fall 2.0V)	t_{14}	8	–	–	ns	
5.2.10	CLK low time (fall 0.8V to rise 0.8V)	t_{15}	8	–	–	ns	

5.3 诊断

TLE8242 包括导通状态和关断状态诊断。当 OUTx 引脚驱动为高电平时，通态诊断开启；当 OUTx 引脚驱动为低电平时，关断状态诊断开启。检测到的故障可用于激活 IC 上的开漏 FAULT 引脚。当检测到故障时，该引脚可用于中断微控制器。通过在 SPI 消息 #1 中设置故障屏蔽寄存器，可以防止某些故障激活 FAULT 引脚。

一旦检测到故障，它就会被锁存到相应的故障寄存器中。微控制器可以通过 SPI 消息 #4、#5 和 #19 访问故障寄存器。

如果 RESET_B 线从高电平变为低电平，则 RB_L 位将被锁存到通用标志位（Generic Flag Bits）寄存器中。此寄存器从 SPI 读取后会被清除，并且 RB_L 位将不会再次置位，直到 RESET_B 引脚上发生下一次由高到低的转换。

如果 ENABLE 引脚电压为低电平，则 EN_L 位被锁存在通用标志位寄存器中。当使能 SPI 返回高电平状态并且通用标志位寄存器通过 SPI 消息 #19 访问时，ENL 位被清除。

导通和关断状态诊断功能的诊断延迟定时器由使用可编程预分频器施加到引脚 CLK 的主时钟信号产生。该预分频器可通过 SPI 消息 #1 中的 DIAG_TMR 位进行编程。

表 2 诊断时间基准

DIAG_TMR1	DIAG_TMR0	Pre-divider	nfault min ... max	Tested Timer and Fault Detection Timer Period.	
				$f_{CLK}=20\text{ MHz}$	$f_{CLK}=40\text{ MHz}$
0	0	128	10 ... 11	64 μsec	32 μsec
0	1	192	10 ... 11	96 μsec	48 μsec
1	0	128	2 ... 3	12.8 μsec	6.4 μsec
1	1	256	10 ... 11	128 μsec	64 μsec

$$t_{\text{DIAG_PERIOD}} = \frac{n_{\text{fault}} * \text{predivider}}{F_{\text{CLK}}}$$

使用 4 个不同的故障位来检测三种独特的故障类型。

如果检测到故障，则将故障位置位为“1”。

表 3 诊断标志 / 位

Fault Type	Abr.	Gate is ON	Gate is OFF
Short to Ground Fault	SG	OL-ON-F reported (=0 in ON/OFF mode)	Bit SG-F
Short to Battery Fault	SB	Bit SB-F	
Open Load Fault	OL	BIT OL-ON-F (=0 in ON/OFF mode)	Bit OL-OFF-F

注释：为了区分接地短路故障和负载开路故障，必须关闭通道（设定值=0ma）。

测试诊断位

测试位可以区分由于未检测到故障而导致故障位未置位的情况和由于未完成诊断测试而导致故障位未置位的情况。例如，计算出的占空比水平太低，无法完成电池短路测试。

定义了两个故障测试位：

当故障测试成功完成后，测试位置位为 1。

表 4 诊断测试位 / 标志

Tested Type	OUTx High	OUTx Low
Short to Ground and Open load OFF tested		Bit OFF-T
Short to Battery tested	Bit SB-T	

每种故障类型可以用两个位来描述：FAULT 和 TESTED。

表 5 故障与测试位矩阵和解释

FAULT	TESTED	Interpretation by microcontroller
0	0	This fault type has not been tested
0	1	No Fault - The fault type has been tested and no fault is present
1	0	This combination cannot occur
1	1	Fault - This particular fault type has occurred

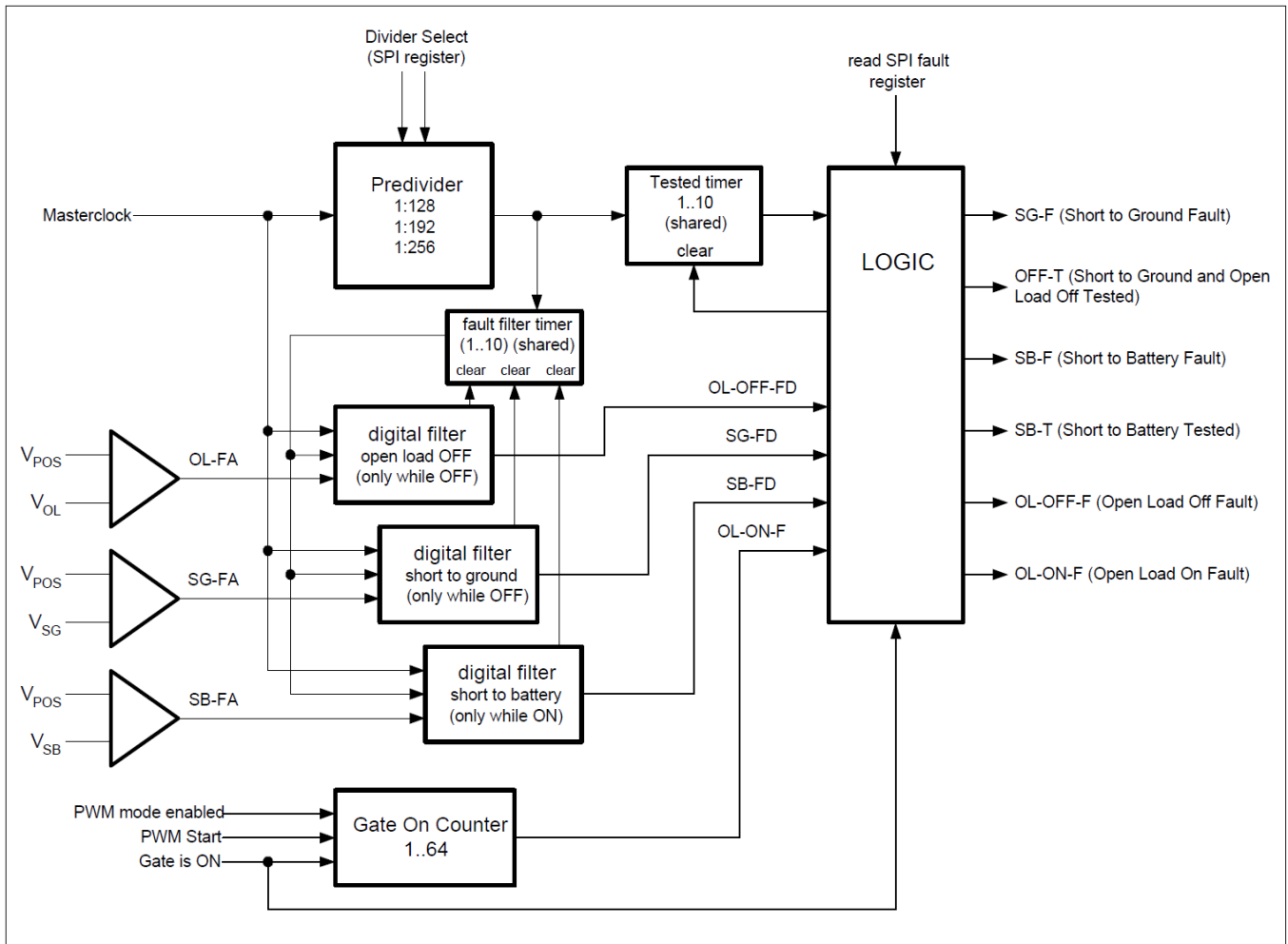


图9 诊断框图

5.3.1 导通状态诊断

当 OUTx 引脚转换为高电平时，故障计时器被清除为 0，检测计时器启动。如果检测计时器超时，位 SB-T（在 SPI 寄存器 #4 和 #5 中）置位为 1。如果 OUTx 引脚转换为低电平，则检测计时器将被清零，然后用于关断状态诊断。

如果模拟 SB 故障信号 SB-FA 变为 1，则故障滤波计时器启动。如果故障滤波计时器超时，数字滤波后的 SB 故障信号 SB-FD 将置位为 1。如果 SB-FA 变为 0，则 SB-FD 立即变为 0，且滤波计时器被清除为 0。

SB-FD=1 和 SB-T=1 会关闭 OUTx 信号，且 FAULT 寄存器中的 SB-F 位将被置位。OUTx 引脚保持关闭状态，直到故障重试 PWM 周期计数器超时。

如果读取了 SPI 消息 #3 或 #4，则该寄存器中的 SB-F 位和 SB-T 位将被清除。同时检测计时器也被清零。

电池短路 (SB) 检测在直接 PWM 和恒定电流模式下均生效。当 OUTx 引脚为高电平时，SG-FD 和 OL-OFF-FD 信号保持为 0。

如果 TLE8242 IC 处于直接 PWM 模式，则负载开路 ON 检测被禁用 (OL-ON-F = 0)。

若 TLE8242 IC 未处于直接 PWM 模式，且 OUTx 引脚持续 64 个 PWM 周期为高电平，则检测到负载开路故障 ON 模式故障，诊断寄存器中的 OL-ON-F 位置位。读取 SPI 消息 #3 或 #4 时，该位将被清除。如果 OUTx 引脚持续保持高电平状态，则在下一个 64 个 PWM 周期后再次检测到负载开路 ON 故障条件。

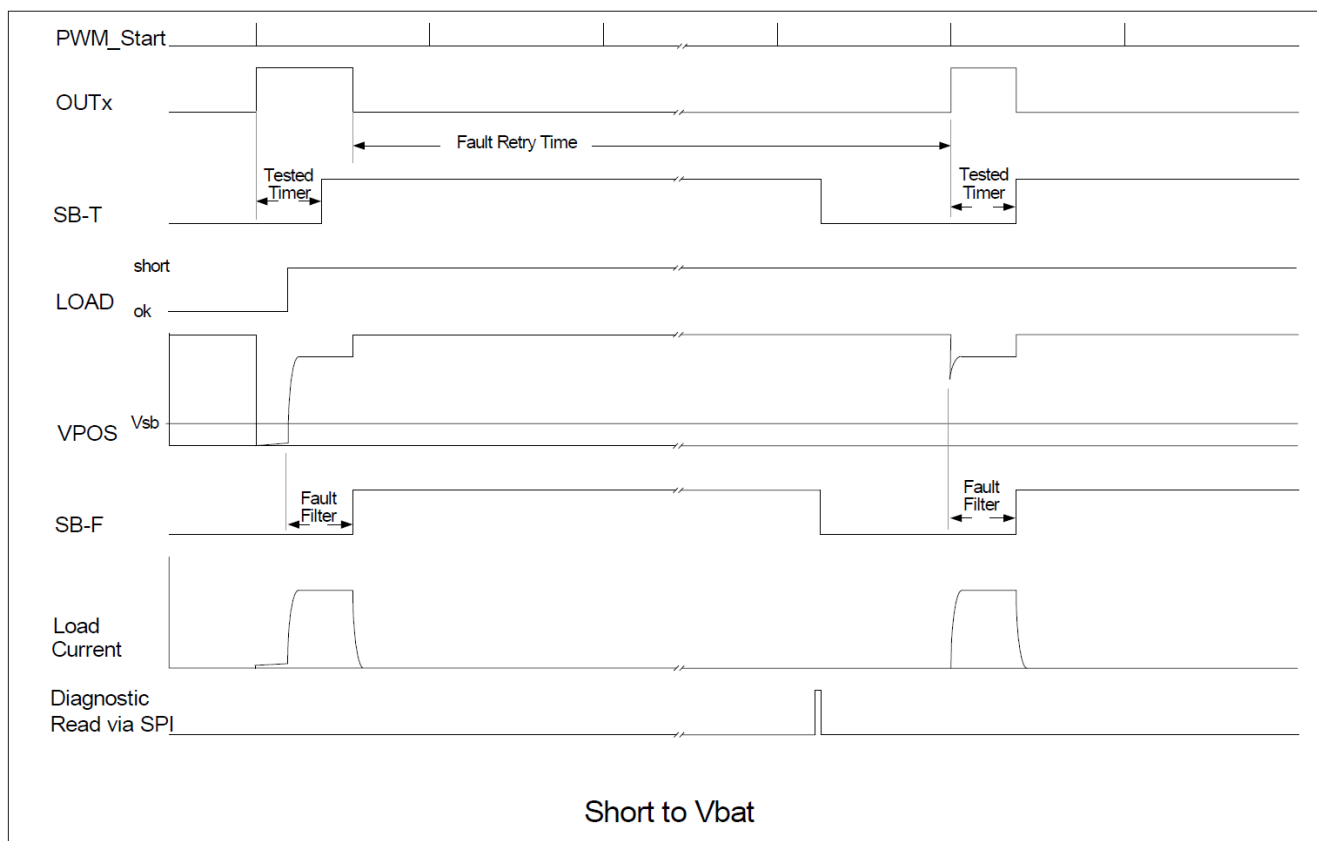


图 10 导通状态诊断时序图 - 短路至 Vbat

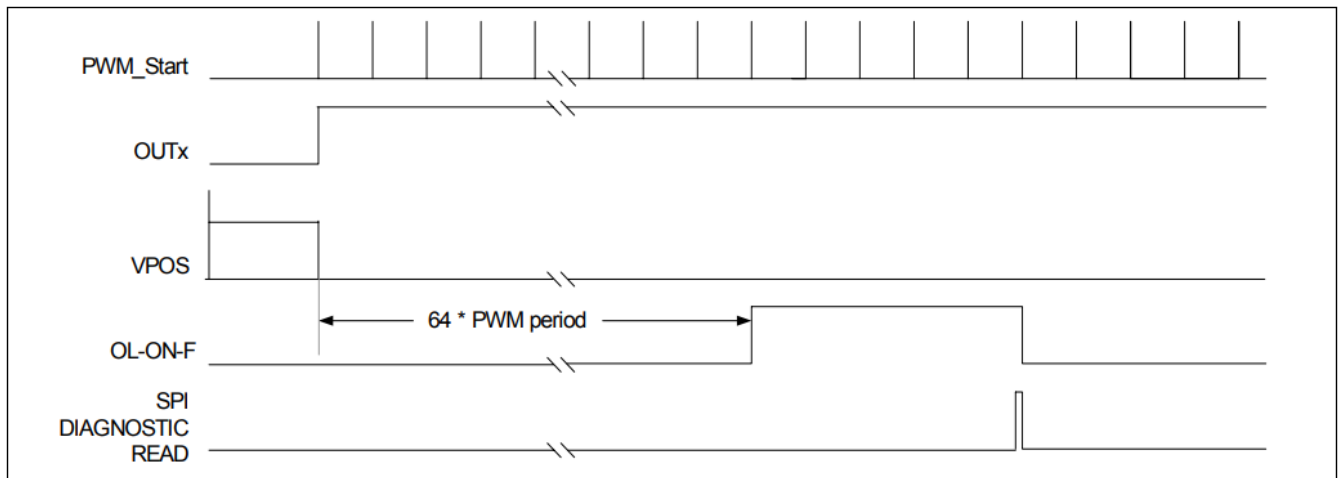


图 11 负载开路 ON

5.3.2 关断状态诊断

关断状态诊断功能适用于恒定电流模式和直接 PWM 模式。

当 OUTx 引脚转换为低电平时，故障计时器被清除为 0，检测计时器开始向上计数。如果检测计时器超时，则诊断寄存器中的位 OFF-T 为置位。如果发生 SPI 诊断寄存器读取，则检测计时器将被清除为 0，并重新开始计数。如果 OUTx 引脚转换为高电平，则检测计时器被清零，然后用于导通状态诊断。

如果模拟 OL 故障信号 (OL-FA) 变为 1，则故障滤波计时器开始计数。如果故障滤波计时器到期，则数字滤波后的 OL 故障信号 (OL-ON-FD) 置位为 1。

如果 OL-FA 变为 0，则 OL-FD 立即变为 0，且故障滤波计时器被清除为 0。

如果模拟 SG 故障信号 (SG-FA) 变为 1，则故障滤波计时器清除为 0，并开始向上计数。如果故障滤波计时器到期，则数字滤波 SG 故障信号 (SG-FD) 置位为 1。如果 SG-FA 变为 0，则 SG-FD 立即变为 0，并且故障滤波计时器清除为 0。

如果 SG-FD = 1 且检测计时器超时，则 FAULT 寄存器中的 SG-F 位被置位，并且 FAULT 寄存器中的 OL-OFF-F 位保持不变（独立于 OL-OFF-FD）。

如果 SG-FD = 0 且 OL-OFF-FD = 1，则 FAULT 寄存器中的 OL-F 位为置位。

如果发生 SPI 故障读取，则 SPI 寄存器中的 OFF-T 位、SG-F 位和 OL-F 位将清零（并且计时器清除为 0）。

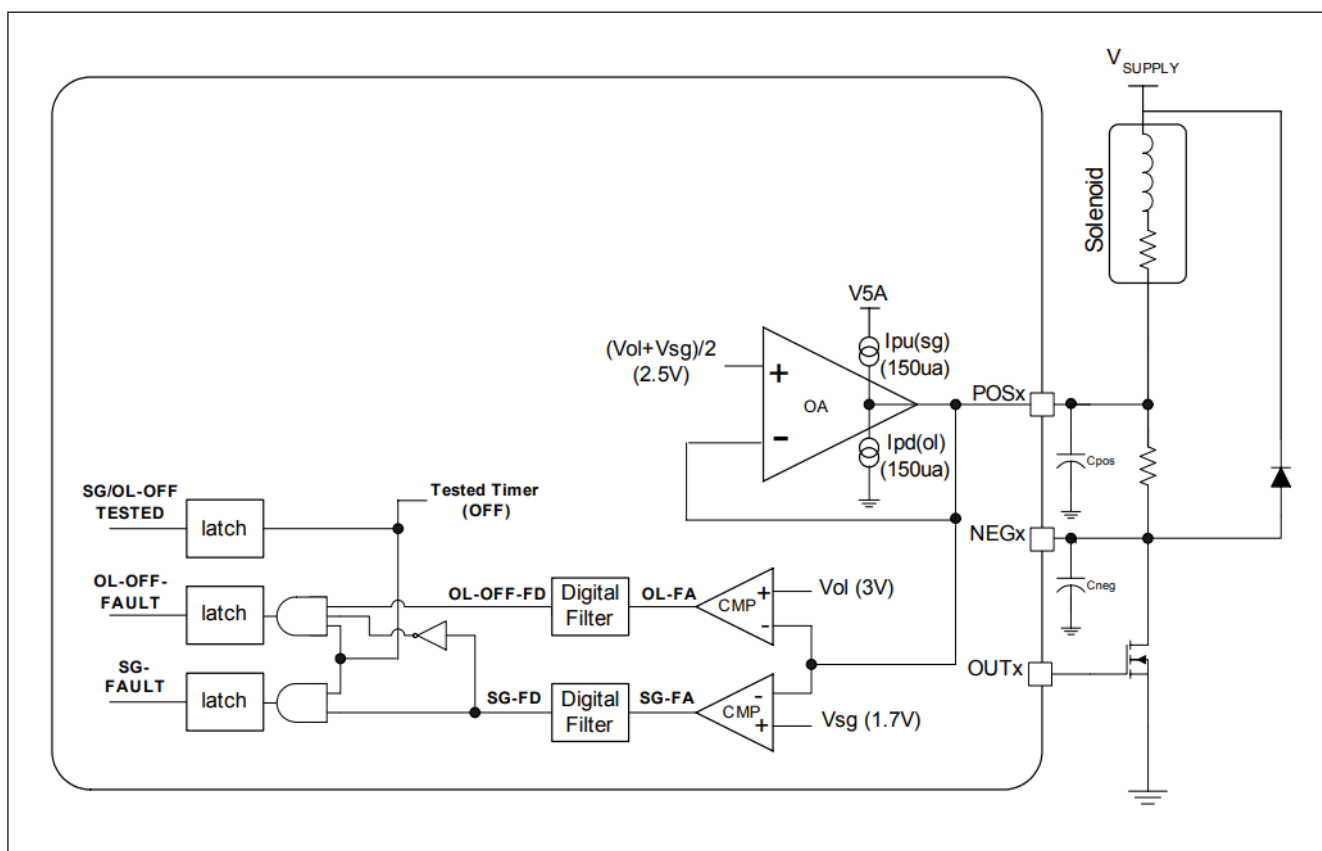


图 12 **关断状态诊断**

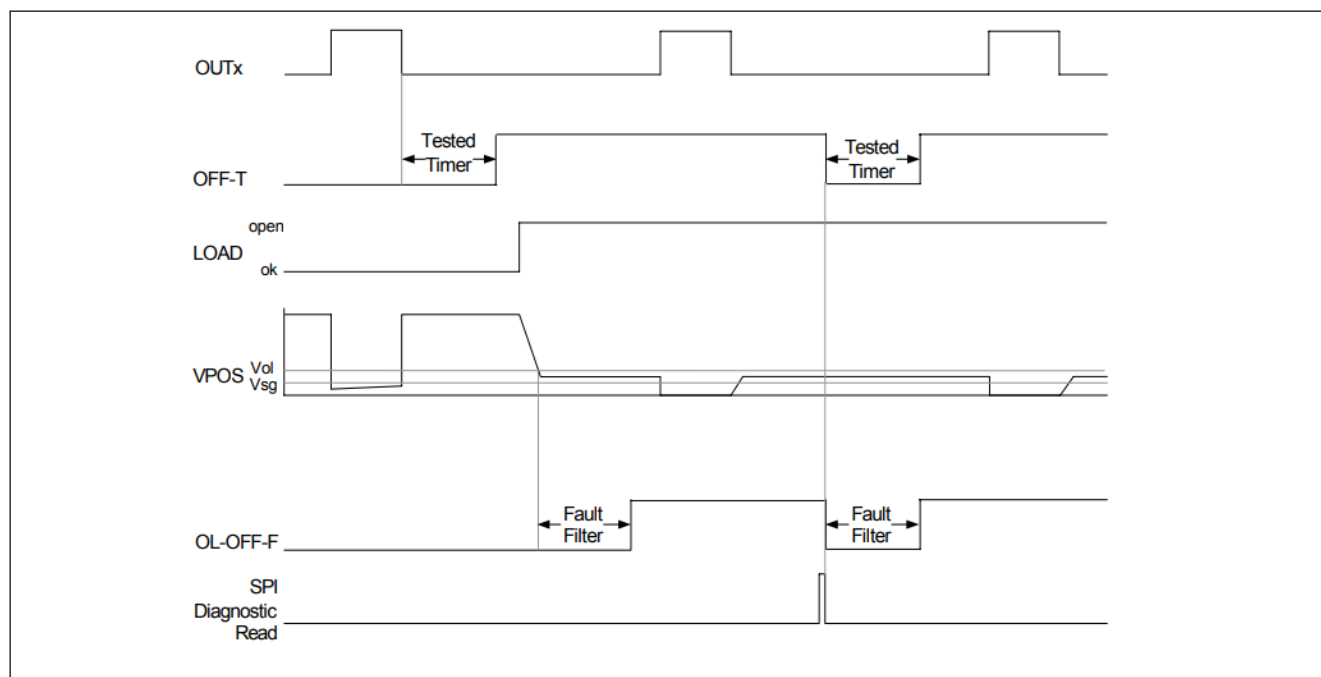


图 13 **关断状态诊断时序图 - 开路**

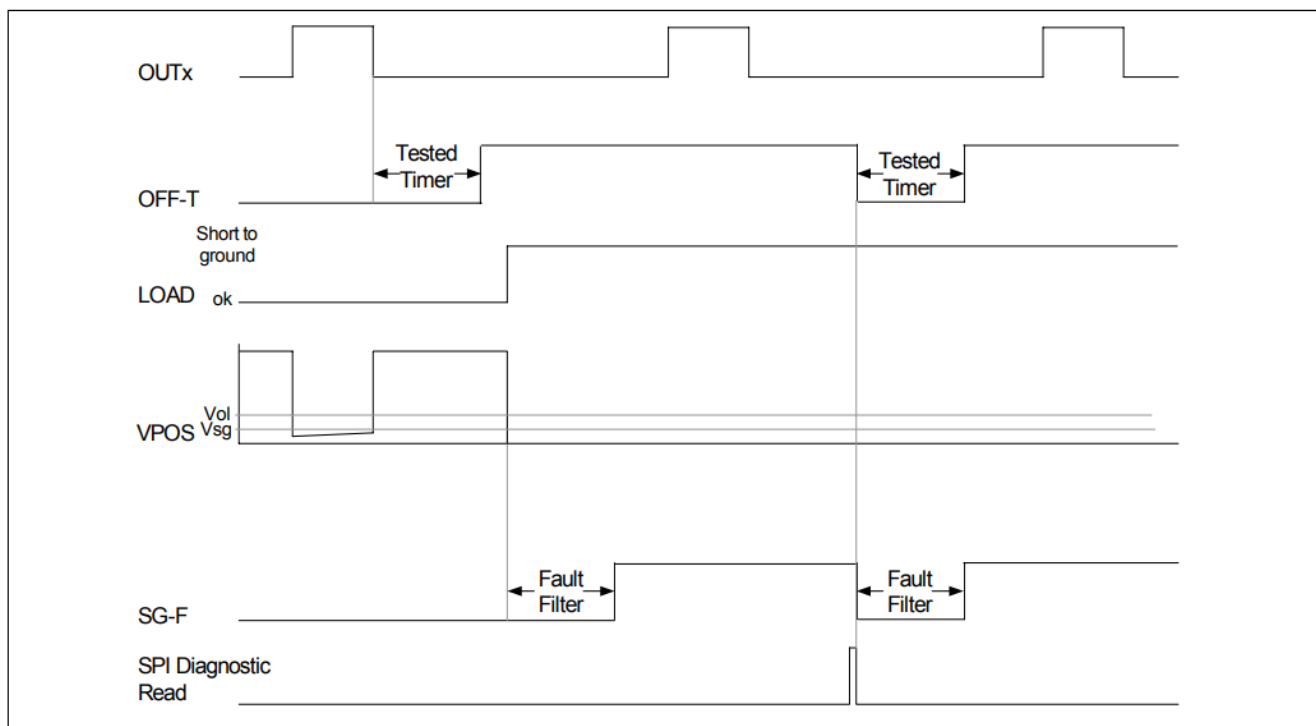


图 14 关断状态诊断时序图 - 短路到地

过压关断和诊断

如果 BAT 引脚上的电压高于 $V_{BAT_{OV}}$ ，则输出驱动器将所有 OUTx 引脚置位为低电平，并且诊断位为置位（SPI 消息 #19 位 OV）。过压期间，稳态电流控制的积分器停止（过压期间占空比的实际值不改变）。所有其他功能均正常操作（例如 ADC、颤振、自动归零、滤波器等）。

电气特性：

$V_{SD} = 4.75V$ 至 $5.25V$ ， $V_{bat} = 5.5V$ 至 $42V$ ， $T_j = -40^\circ C$ 至 $+150^\circ C$ ，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明）。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.3.1	Over voltage shutdown	V_{BATOV}	42	–	–	V	Rising voltage on BAT
5.3.2	Open load detection voltage	$V_{POS(OL)}$	V5A-2.5	–	V5A-1.5	V	
5.3.3	POS pin OL pull down current	$I_{PD(OL)}$	90	150	225	μA	V5A=5V, $V_{POS}=V_{NEG}=V5A$
5.3.4	Short to GND detection voltage	$V_{POS(SHG)}$	V5A-3.8	–	V5A-2.8	V	
5.3.5	POS pin SG pull-up current	$I_{PU(SHG)}$	-280	-150	-90	μA	V5A=5V, $V_{POS}=V_{NEG}=0V$
5.3.6	NEG bias current - Low common mode	$I_{NEG(L)}$	-40	–	10	μA	V5A=5V, $V_{POS}=V_{NEG}=0V$

功能描述和电气特性

V5D = 4.75V 至 5.25V, Vbat = 5.5V 至 42V, $T_j = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$, 所有电压均相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有说明)。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.3.8	POS Fault Threshold Voltage	V_{FLT}	0.6	0.7	0.8	V	POS voltage required to trigger a short to battery fault: config bits = 00
5.3.9	POS Fault Threshold Voltage	V_{FLT}	0.8	0.9	1.0	V	POS voltage required to trigger a short to battery fault: config bits = 01
5.3.10	POS Fault Threshold Voltage	V_{FLT}	1.0	1.1	1.2	V	POS voltage required to trigger a short to battery fault: config bits = 10
5.3.11	POS Fault Threshold Voltage	V_{FLT}	1.2	1.3	1.4	V	POS voltage required to trigger a short to battery fault: config bits = 11
5.3.12	Fault Filter Timer	n_{fault}	10		11	clock cycles	DIAG_TMR = 00, 01 and 11
5.3.13	Fault Filter Timer	n_{fault}	2		3	clock cycles	DIAG_TMR = 10
5.3.14	Fault Filter Time	T_{ff}	$\frac{n_{\text{fault}} \cdot \text{predivider}}{f_{\text{CLK}}}$				Clock Divider (SPI Message 7) 00, 10- Predivider 128 01 - Predivider 192 11 - Predivider 256
5.3.15	Tested Timer Time	T_{tt}	$\frac{n_{\text{fault}} \cdot \text{predivider}}{f_{\text{CLK}}}$				Clock Divider (SPI Message 7) 00, 10 - Predivider 128 01 - Predivider 192 11 - Predivider 256

5.4 输出驱动器

该器件的 OUTx 引脚连接到外部 MOSFET 晶体管的栅极。OUTx 引脚驱动器电路通过恒定电流源和灌电流对 MOSFET 电感电容进行充电和放电。电流源由 V5D 引脚供电。OUTx 引脚上有内部接地电阻，这样当器件上没有施加功率时，外部 MOSFET 保持在关断状态。

通常在 OUTx 引脚和外部 MOSFET 的栅极之间放置一个外部电阻，以设置 MOSFET 导通和关断时间。必须选择电阻值，使得 MOSFET 的开启和关闭时间不长于 $1/(F_{pwm} \cdot 32)$ 。

电气特性

V5D = 4.75V 至 5.25V, Vbat = 5.5V 至 42V, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 所有电压均相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有说明)。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.4.1	Passive Gate Pull Down Resistance	R_{PD}	50	–	200	k Ω	Internal pull down resistor present at each OUTx pin
5.4.2	OUTx source current	I_{O_SRC}	-30	–	-15	mA	$V_{OUT} = V5D - 2V$
5.4.3	OUTx sink current	I_{O_SNK}	15	–	30	mA	$V_{OUT} = 2V$

5.5 电流控制

电气特性

V5D = 4.75V 至 5.25V, Vbat = 5.5V 至 42V, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 所有电压均相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有说明)。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.5.1	Offset Error Output from Average block in Figure 3 . 1 count = $320/R_{sense} \cdot 2^{-13}$ mA		0	–	120	counts	Autozero disabled. $V_{pos} - V_{neg} = 0\text{mV}$ $V_{pos}, V_{neg} \leq 30V$ Dither disabled
5.5.2	Gain Error		-2	–	2	%	Autozero Enabled. $V_{pos} - V_{neg} = 300\text{mV}$ $V_{pos}, V_{neg} \leq 30V$

5.6 电流反馈寄存器

测量每个 PWM 周期的平均电流，得出 13 位值。通过访问 SPI 消息 #13 可以读取颤振周期内所有 PWM 周期的 13 位值的总和。此外，可以通过访问 SPI 消息 #12 来读取颤振周期内的最小和最大 13 位值的 11 个最高有效位（MSb）。

颤振周期内的平均电流

当读取或写入 SPI 消息 #13 时，从颤振波形正向越过零点开始，颤振周期内每个 PWM 周期的 13 位平均电流值开始累加。得到的 20 位值代表了整个颤振周期的平均电流，如方程式所示：

$$\text{Dither Current Feedback [mA]} = \frac{\text{Avg Dither Current}}{2^{15} * \text{Dither Steps}} * \frac{320 [\text{mV}]}{\text{Rsense [Ohm]}}$$

如果禁用了颤振（颤振步数 = 0 或颤振幅度 = 0），则平均电流反馈值将在每个 PWM 周期更新，并且与 PI 控制器中使用的 13 位电流反馈值相同。

SPI 消息 #13 包含一个 VALID 位，它指示自上次寄存器访问以来平均电流测量是否已完成。当访问寄存器时，VALID 位被清除。当求和完成并且新数据已存入寄存器时，VALID 位再次置位。

求和过程在最后选定的通道上连续运行。因此，如果重复选择同一通道，则访问 SPI 寄存器后的一个颤振周期内总能获得新数据。

如果所选通道与之前选择的通道不同，则求和过程直到下一个颤振周期开始才开始。因此，直到两个颤振周期完成之后，新数据才可用。

平均电流反馈消息的通道选择也将为最小和最大电流的颤振周期函数选择通道。

颤振周期内的最小和最大电流

当读取或写入 SPI 消息 #12 时，从颤振波形正向越过零点开始，颤振周期内每个 PWM 周期的 13 位平均电流值开始被监控。存储最小和最大平均电流值的最高 11 位。

如果禁用了颤振（颤振步数 = 0 或颤振幅度 = 0），则最小值和最大值将在每个 PWM 周期更新，成为 PI 控制器中使用的 13 位电流反馈值的最高 11 位。

SPI 消息 #12 包括一个 VALID 位，该 VALID 位指示自上次寄存器访问以来是否已经完成了一个颤振周期。当访问寄存器时，VALID 位被清除。当颤振周期结束，新的数据已经存入最小值寄存器和最大值寄存器时，VALID 位再次置位。

最小值和最大值检测过程在最后选定的通道上连续运行。因此，如果重复选择同一通道，则访问 SPI 寄存器后的一个抖动周期内始终可以获得新数据。

如果所选通道与之前选择的通道不同，则检测过程直到下一个颤振周期开始才开始。因此，直到两个颤振周期完成之后，新数据才可用。

颤振周期中最小和最大电流的通道选择也将为平均颤振电流反馈函数选择通道。

5.7 直接 PWM 控制

在直接 PWM 控制模式下，PI 控制环路被禁用。直接 PWM 模式下，恒定电流控制逻辑中的积分器被清零并保持在 0。OUTx 引脚信号的频率和占空比直接通过 SPI 消息控制。

5.7.1 选择操作频率

PWM 的周期以 CLK 输入的整数时钟数进行编程（与恒定电流模式相同）。公式如下：

$$T_{\text{PWM}} = T_{\text{CLK}} * M * N$$

或

$$f_{\text{PWM}} = \frac{f_{\text{CLK}}}{M * N}$$

N 是通过 SPI 接口编程的分频器值。IC 将自动限制 N 的下限值为 79。如果编程的值低于 79，IC 应将该通道的 N 默认为 79，并在 SPI 响应中返回 79 的值。N 的最大值为 $2^{14} - 1$ ，因为 N 是通过 SPI 编程为 14 位数字。

如果在操作期间编程了新的 N 值，则新的 N 值将在下一个 SPI 消息中返回，并且新的 N 值将在下一个 PWM 周期开始时使用。N 的默认值是 625。

M 的值是一个 PWM 周期内的 A/D 采样数。M 通过 SPI 消息编程为值 32、64、128 或 512。M 的默认值是 32。PWM 信号频率乘以 M 值即可模拟数字转换器的采样率。该采样率不得大于 128 KHz。

5.7.2 选择占空比

PWM 的占空比同样以 CLK 输入的整数时钟数进行编程。公式如下：

$$T_{\text{ON}} = T_{\text{CLK}} * \text{PWM duty cycle} * \frac{M}{32}$$

PWM duty cycle 是一个 19 位值，在 SPI 消息 #15 "PWM duty cycle" 中编程。

或

$$\text{Duty Cycle} [\%] = \frac{\text{PWM duty cycle}}{32 * N} * 100\%$$

最大占空比被限制为 100%

5.8 电流轮廓检测

TLE8242 将检测由于电磁线圈阀门打开/关闭引起的电感变化而产生的电流轮廓。波形类型的示例如 图 15 和 图 16 所示。电流轮廓检测测试失败的波形示例如 图 17 和 图 18 所示。

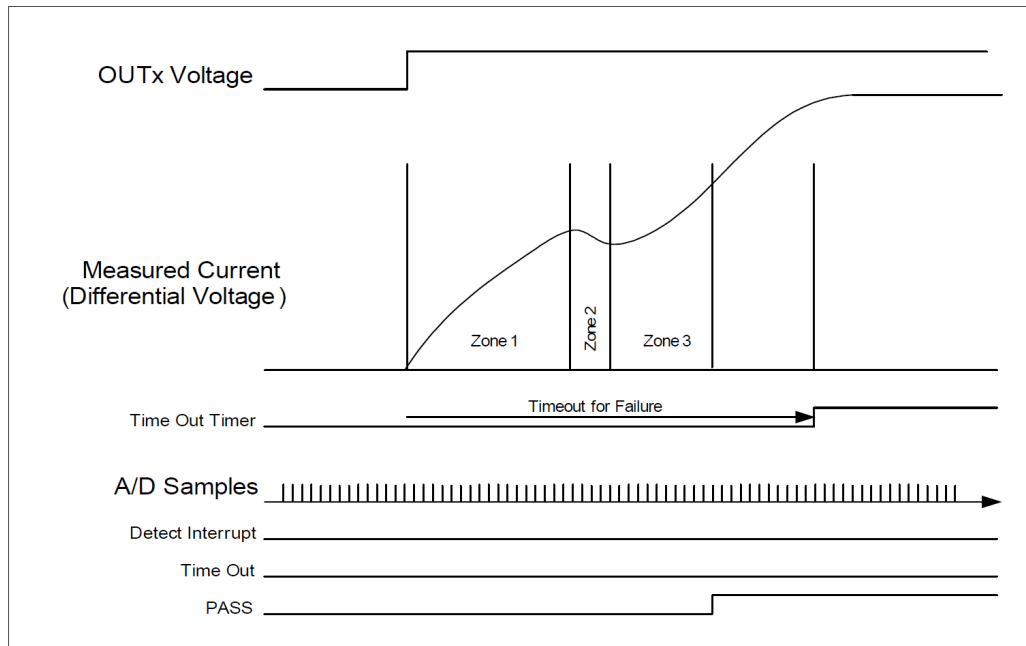


图 15 电流轮廓图 - 显示阀门运动的波形

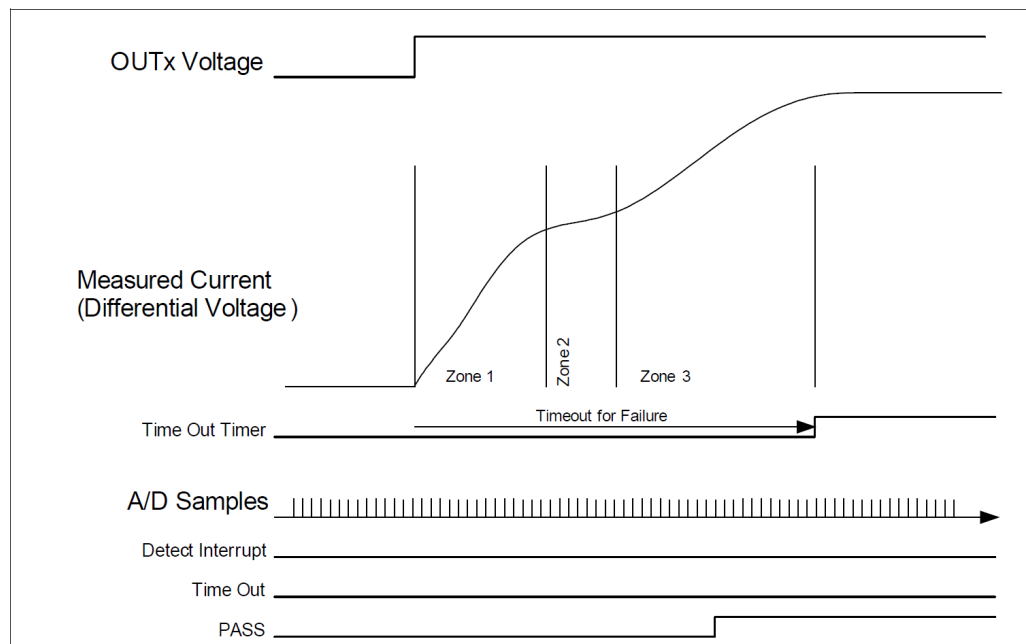


图 16 电流轮廓图 - 显示阀门运动的波形（区域 2 采用非零阈值）

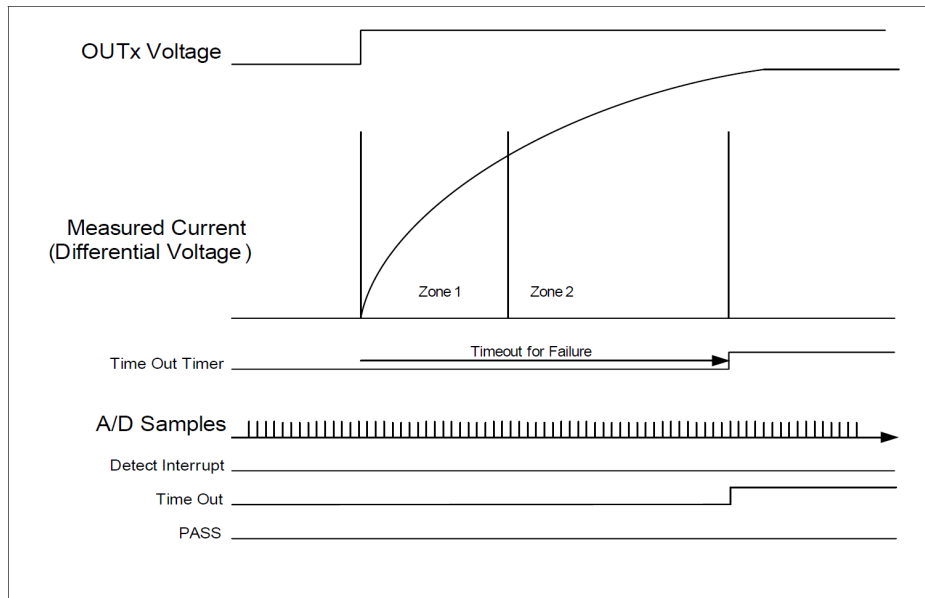


图 17 电流轮廓图 - 超时故障

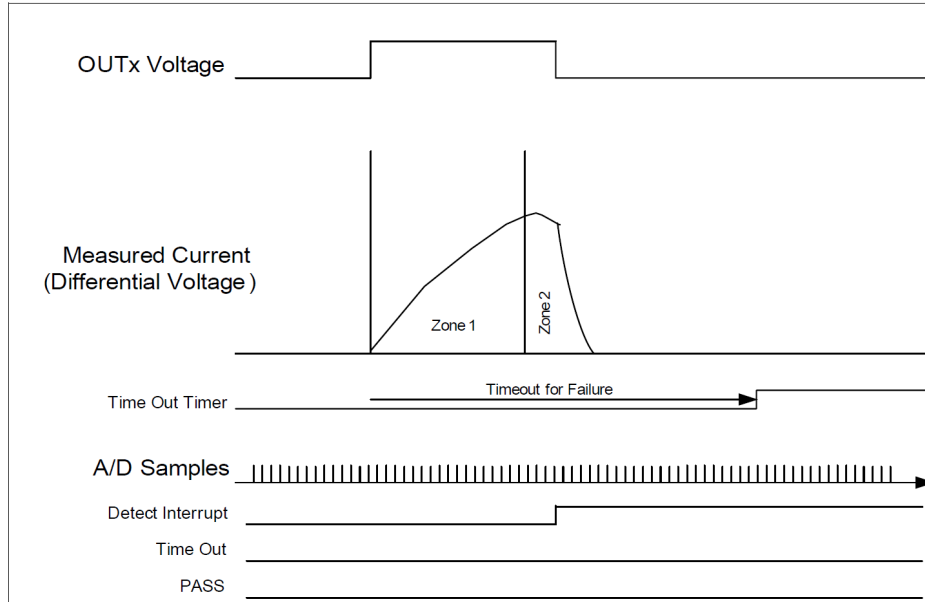


图 18 电流轮廓图 - 检测中断故障

电流轮廓检测的功能仅在直接 PWM 模式下激活。此功能采用的方法是在 3 个区域中寻找电流的三种特定“模式”。这种检测方法一般用于开/关阀。阀门的开/关控制是通过选择所需的 PWM 周期并通过 SPI 设置为 0% 或 100% 占空比来实现的，但是，如果轮廓在栅极关闭之前完成，则检测可以在占空比小于 100% 的单个 PWM 开启时间内进行。PWM 周期（N 和 M 值）至关重要，因为这些值设置在电流轮廓检测中使用的 A/D 采样率。A/D 转换器的完整 10 位结果用于 CPD 功能。使用 200 mOhm 检测电阻，可实现 1.56 mA 的分辨率。

5.8.1 区域 1

当 OUTx 引脚从低电平变为高电平时，进入逻辑区域 1。TLE8242 比较连续 A/D 样本之间的差异并计算 ADDIFF 值。该值与 Threshold1 进行比较如下：

- $ADDIFF = A/D_{m+1} - A/D_m$
- IF ($ADDIFF > Threshold1$) THEN count = count +1

如果 $ADDIFF > Threshold1$ 的次数在连续比较的 Count1 + 1 次中达到 Count1 次，则认为通过了区域 1，进入区域 2。注意，如果其中一个测试失败，则在单个失败之后对下一个样本进行的实际测试是

- $ADDIFF = A/D_{m+1} - A/D_{m-1}$
- IF ($ADDIFF > 2 * Threshold1$) THEN count = count +1

其作用是滤除 A/D 测量中的单个噪声尖脉冲。

5.8.2 区域 2

在区域 2 中，TLE8242 比较连续 A/D 样本之间的差异并计算 ADDIFF 值。该值与 Threshold2 进行比较如下：

- $ADDIFF = A/D_{m+1} - A/D_m$
- IF ($ADDIFF < Threshold2$) THEN count = count +1

如果 $ADDIFF < Threshold2$ 的次数在连续比较的 Count2 + 1 次中达到 Count2 次，则认为通过了区域 2，进入区域 3。当 threshold2 设置为 0 时，必须检测到 A/D 样本中的负差（负斜率）。注意，如果其中一个测试失败，则在单个失败之后对下一个样本进行的实际测试是

- $ADDIFF = A/D_{m+1} - A/D_{m-1}$
- IF ($ADDIFF < 2 * Threshold2$) THEN count = count +1

其作用是滤除 A/D 测量中的单个噪声尖脉冲。

5.8.3 区域 3

在区域 3 中，CPD 功能的 TLE8242 抽样率可以与区域 1 和区域 2 使用的抽样率不同。与区域 1 和区域 2 一样，TLE8242 比较两个 A/D 样本之间的差异并计算 ADDIFF。可以在区域 3 中更改抽样率，以便按照表 5 所示计算 ADDIFF。这样可以提供更好的抗噪能力，并且还可以检测较低有效斜率的编程。如果 $ADDIFF > Threshold3$ 的次数在 Count3 + 1 次连续比较中达到 Count3 次，则区域 3 测试通过。当区域 3 通过时，电流轮廓检测也通过。

表 6 区域 3 采样率选择

SPI Bit Values	Samples Used	ADDIFF
00	successive A/D samples	$A/D_m - A/D_{m-1}$
01	every 2nd A/D sample	$A/D_m - A/D_{m-2}$
10	every 3rd A/D sample	$A/D_m - A/D_{m-3}$
11	every 4th A/D sample	$A/D_m - A/D_{m-4}$

注意，如果其中一个测试失败，则在单个失败之后对下一个样本进行的实际测试是

- $ADDIFF = A/D_m - A/D_{m-2*a}$ (a=1, 2, 3, 4, 取决于表 6 中的设置)
- IF ($ADDIFF > 2 * Threshold3$) THEN count = count +1

其作用是滤除 A/D 测量中的单个噪声尖脉冲。

5.8.4 电流轮廓超时和检测中断

如果在测试完成之前达到当前电流轮廓超时值，则电流轮廓测试失败。如果发生此故障，则 SPI 消息中的电流轮廓超时位为置位。

电流轮廓超时值是可编程的，并且应设置为小于 PWM 周期的值。

如果在测试完成之前关闭 OUTx 引脚，如 [图 18](#) 所示，检测中断 SPI 位为置位。注意，OUTx 引脚必须从高电平转换为低电平才能置位检测中断故障位。如果占空比置位 $\geq 100\%$ ，则检测中断故障位在 PWM 周期结束时不会置位。

如果整个 CPD 测试通过（超时之前所有三个区域都通过），则 SPI 消息 # 18 中的 "Passed Since Last Read" 位会置位。

Adler 2 的每个通道均可单独配置用于电流轮廓检测模式。

当电流轮廓检测序列有源时，不能通过 SPI 更改每个区域的阈值和计数，否则可能会发生错误检测。

5.9 串行外设接口 (SPI)

TLE8242 IC 的 SPI 消息是 32 位值，分为以下字段。

位 31: 读/写位 - 0 = 读取 1 = 写入

位 30-24: 消息标识符

位 23-0: 消息数据

当多个通道需要相同的消息结构时，消息标识符的第 24-25 位代表通道号。结构如下

位 31: 读/写位 - 0 = 读 / 1 = 写

位 30-27: 消息标识符

位 26-24: 通道号

位 23-0: 消息数据

来自微控制器的消息必须首先发送高字节/最高有效位。来自 SO 引脚的数据首先发送高字节/最高有效位。

TLE8242 将在 SCK 的上升沿从 SI 引脚取样数据，并在 SCK 的上升沿将数据从 SO 引脚移出。

所有 SPI 消息的长度必须严格位 32 位，否则 SPI 消息将被丢弃。对无效消息的响应（在下一个 SPI 消息中返回）是标识符为 00000（制造商 ID）的消息。

当 ENABLE 引脚为低电平时，所有 SPI 写指令均作为读指令执行。

当 RESET_B 引脚为低电平时，SPI 端口被禁用。不接收任何 SPI 消息，也不发送任何响应。SO 引脚保持高阻状态。

每条消息的响应都有一条消息的延迟（即，消息 N 的响应将在消息 N+1 期间返回）。

读/写操作以 SPI 主机为参考。TLE8242 IC 是从设备。

当位 31 = 0 时，表示对 IC 进行读取操作，发送消息的位 23-0 中的消息数据将被忽略，但将包含响应消息中的有效数据。

所有响应数据（无论是来自读操作还是写操作）都是被寻址的内部寄存器的直接内容，而不是前一个 SPI 消息中发送的数据的回声。

复位后第一个 SPI 消息的响应是消息 #0（IC 版本 / 制造商）。

5.9.1 SPI 信号说明

电气特性：

V_{SD} = 4.75V 至 5.25V, V_{bat} = 5.5V 至 42V, T_j = -40 °C 至 +150 °C, 所有电压均相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有说明)。SO 引脚上的最大容量负载 = 200 pF。

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
5.9.1	Lead Time	t_1	140	–	–	ns	CS_B falling (0.8V) to SCK rising (0.8V)
5.9.2	Lag Time	t_2	50	–	–	ns	SCK falling (0.8V) to CS_B rising (0.8V)
5.9.3	Dead time	t_3	450	–	–	ns	CS_B rise (2.0V) to CS_B fall (2.0V)
5.9.4	1/F _{SCK} Period of SCK	t_4	100	–	–	ns	SCK rise to rise
5.9.5	SCK to CSB set up time	t_5	10	–	–	ns	SCK falling (0.8V) to CS_B fall (2.0V)
5.9.6	SCK high time	t_6	40	–	–	ns	SCK high time (rise 2.0V to fall 2.0V)
5.9.7	SCK low time	t_7	40	–	–	ns	SCK low time (fall 0.8V to rise 0.8V)
5.9.8	CSB to SCK hold time	t_8	10	–	–	ns	CS_B rise (2.0V) to SCK rise (0.8V)
5.9.9	SI setup time	t_9	20	–	–	ns	SI setup time to SCK rise (0.8V)
5.9.10	SI hold time	t_{10}	20	–	–	ns	SI hold time after SCK rise (2.0V)
5.9.11	SO enable	t_{11}	–	–	110	ns	CS_B fall (2.0V) to SO Bit0 valid
5.9.12	SO valid time	t_{12}	–	–	80	ns	SO data valid after SCK rise (2.0V)
5.9.13	SO disable time	t_{13}	–	–	110	ns	SO tristate after CS_B rise (2.0V)
5.9.14	Number of clock pulses while CS_B low		32	–	32	cycles	
5.9.15	SO rise time	T_{SO_RISE}	–	–	50	ns	(20% to 80%)
5.9.16	SO fall time	T_{SO_FALL}	–	–	50	ns	(80% to 20%)
5.9.17	Input pin capacitance. CS_B, SI, and SCK	C_{in}	–	–	20	pF	
5.9.18	SO pin capacitance	C_{so}	–	–	25	pF	Tristate

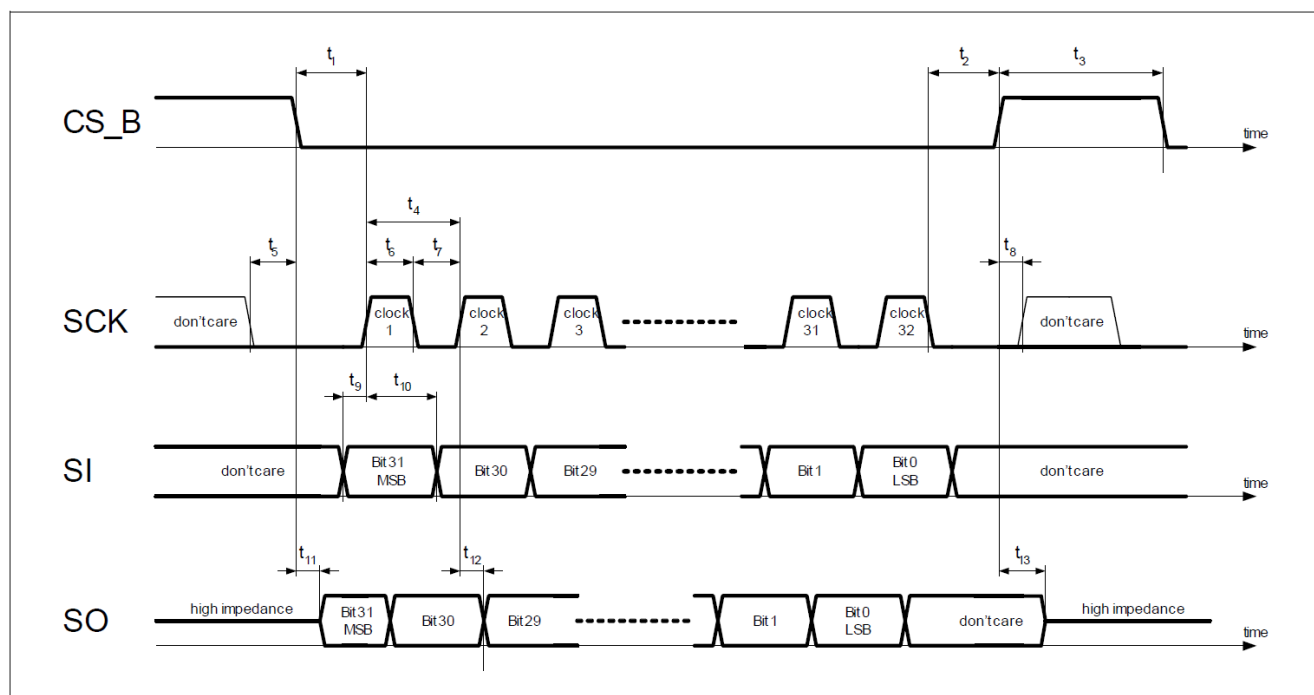


图 19 SPI 时序图

5.9.2 SPI 消息结构

5.9.2.1 SPI 消息 #0 - IC 版本 / 制造商

已发送的值:

IC 版本 / 制造商

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID							not used							
	0	0	0	0	0	0	0								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
not used															

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0000 = IC Version / Manufacturer

应答:

IC 版本 / 制造商

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID							IC Manuf ID							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Version Number								0	0	0	0	0	0	0	0

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0000 = IC Version / Manufacturer
IC Manuf ID	23:16	DATA	IC Manufacturer ID Number 1100 0001= Infineon Technologies
Version Number	15:8	DATA	Version Number 0000 0010 = B21

5.9.2.2 SPI 消息 #1 - 控制方法和故障屏蔽配置

已发送的值:

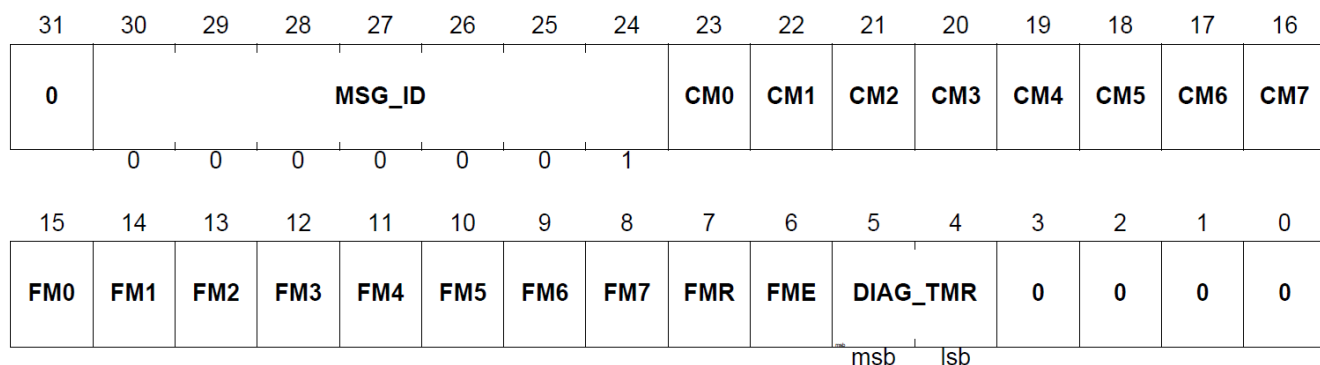
控制方法和故障屏蔽配置

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID							CM0	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7
	0	0	0	0	0	0	1								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
FM0	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FMR	FME	DIAG_TMR	unused				
										msb	lsb				

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0001 = Control Method and Fault Mask Configuration
CMx	23:16	DATA	Control Mode for Channel #x 0 = Current Control (RESET value) 1 = Direct PWM
FMx	15:8	DATA	Fault Mask for Channel #x 0 = faults don't trigger FAULT pin (RESET value) 1 = fault triggers FAULT pin
FMR	7	DATA	Fault Mask for RESET_B pin 0 = RESET_B=Low doesn't trigger FAULT pin (RESET value) 1= RESET_B=Low does trigger FAULT pin
FME	6	DATA	Fault Mast for ENABLE pin 0 = ENABLE=Low doesn't trigger FAULT pin (RESET value) 1 = ENABLE=Low does trigger FAULT pin
DIAG_TMR	5:4	DATA	Diagnostic Timer 00 = divide by 128, nfault = 10 ... 11 (RESET value) 01 = divide by 192, nfault = 10 ... 11 10 = divide by 128, nfault = 2... 3 11 = divide by 256, nfault = 10 ... 11

应答:

控制方法和故障屏蔽配置

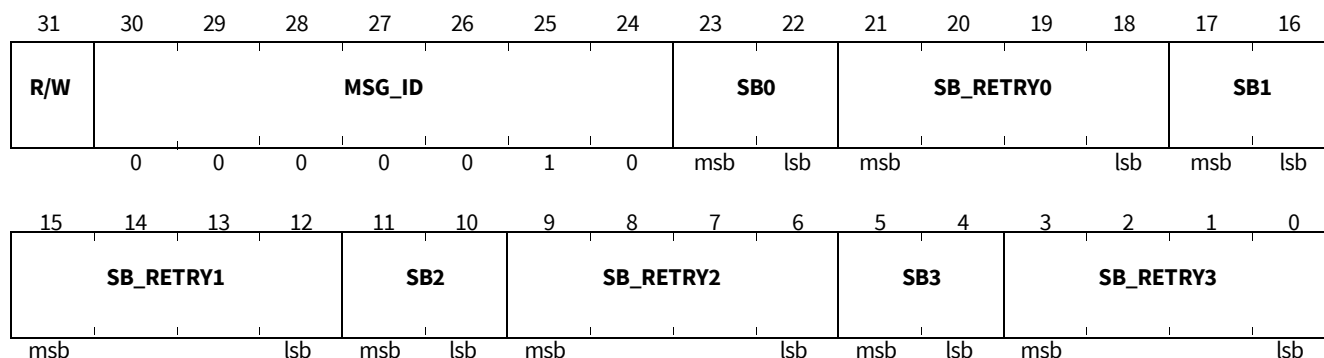


Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0001 = Control Method and Fault Mask Configuration
CMx	23:16	DATA	Control Mode of Channel #x 0 = Current Control (RESET value) 1 = direct PWM
FMx	15:8	DATA	Fault Mask of Channel #x 0 = faults don't trigger FAULT pin (RESET value) 1 = fault triggers FAULT pin
FMR	7	DATA	Fault Mask for RESET_B pin 0 = RESET_B=Low doesn't trigger FAULT pin (RESET value) 1 = RESET_B=Low does trigger FAULT pin
FME	6	DATA	Fault Mast for ENABLE pin 0 = ENABLE=Low doesn't trigger FAULT pin (RESET value) 1 = ENABLE=Low does trigger FAULT pin
DIAG_TMR	5:4	DATA	Diagnostic Timer 00 = divide by 128, nfault = 10 ... 11 (RESET value) 01 = divide by 192, nfault = 10 ... 11 10 = divide by 128, nfault = 2... 3 11 = divide by 256, nfault = 10 ... 11

5.9.2.3 SPI 消息 #2 - 诊断配置 (通道 0-3)

已发送的值:

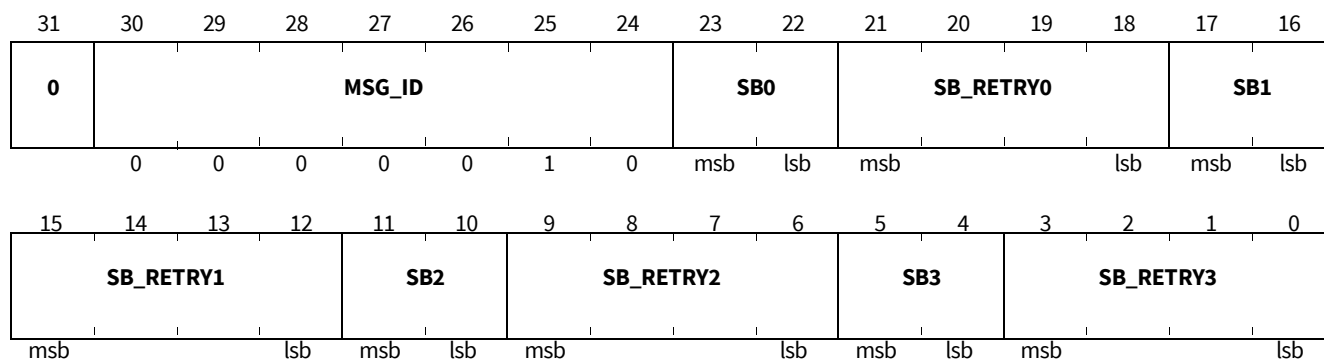
诊断配置 (通道 0-3)



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0010 = Diagnostic Configuration (channel 0-3)
SBx	23:22, 17:16, 11:10, 5:4	DATA	Short To Battery Threshold 00 = 0.7V 01 = 0.9V 10 = 1.1V 11 = 1.3V (RESET value)
SB_RETRYx	21:18, 15:12, 9:6, 3:0	DATA	Short to Battery Retry Time Retry after 16* xxxx periods (RESET Value = 1111b or 240 PWM periods)

应答值:

诊断配置 (通道 0-3)



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0010 = Diagnostic Configuration (channel 0-3)

Field	Bits	Type	Description
SBx	23:22, 17:16, 11:10, 5:4	DATA	Short To Battery Threshold 00 = 0.7V 01 = 0.9V 10 = 1.1V 11 = 1.3V (RESET value)
SB_RETRYx	21:18, 15:12, 9:6, 3:0	DATA	Short to Battery Retry Time Retry after 16* xxxx periods (RESET Value = 1111b or 240 PWM periods)

$$\text{Retry Period} = \frac{16 * \text{SB_Retry}_x}{f_{\text{PWM}}}$$

方程：短路到电池重试周期

(1)

5.9.2.4 SPI 消息 #3 - 诊断配置 (通道 4-7)

已发送的值:

诊断配置 (通道 4-7)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID								SB4	SB_RETRY4				SB5	
	0	0	0	0	0	1	1	msb	lsb	msb			lsb	msb	lsb

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SB_RETRY5				SB6		SB_RETRY6				SB7		SB_RETRY7			
msb				lsb		msb				lsb		msb			

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0011 = Diagnostic Configuration (channel 4-7)
SBx	23:22, 17:16, 11:10, 5:4	DATA	Short To Battery Threshold 00 = 0.7V 01 = 0.9V 10 = 1.1V 11 = 1.3V (RESET value)
SB_RETRYx	21:18, 15:12, 9:6, 3:0	DATA	Short to Battery Retry Time Retry after 16 * xxxx periods (RESET Value = 1111b or 240 PWM periods)

应答值:

诊断配置 (通道 4-7)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID								SB4	SB_RETRY4				SB5	
	0	0	0	0	0	1	1	msb	lsb	msb			lsb	msb	lsb

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SB_RETRY5				SB6		SB_RETRY6				SB7		SB_RETRY7			
msb				lsb		msb				lsb		msb			

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0011 = Diagnostic Configuration (channel 4-7)

Field	Bits	Type	Description
SBx	23:22, 17:16, 11:10, 5:4	DATA	Short To Battery Threshold 00 = 0.7V 01 = 0.9V 10 = 1.1V 11 = 1.3V (RESET value)
SB_RETRYx	21:18, 15:12, 9:6, 3:0	DATA	Short to Battery Retry Time Retry after 16* xxxx periods (RESET Value = 1111b or 240 PWM periods)

$$\text{Retry Period} = \frac{16 * \text{SB_Retry}_x}{f_{\text{PWM}}}$$

方程：短路到电池重试周期

(2)

5.9.2.5 SPI 消息 #4 - 诊断读取 (通道 0-3)

已发送的值:

诊断读取 (通道 0-3)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID								unused						
	0	0	0	0	1	0	0								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused															

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write (interpreted as a read)
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0100 = Diagnostic Read (channel 0-3)

应答值:

诊断读取 (通道 0-3)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID							SG0	OFF-TST0	SB0	SB-TST0	OL-OFF0	OL-ON0	SG1	OFF-TST1
	0	0	0	0	1	0	0								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SB1	SB-TST1	OL-OFF1	OL-ON1	SG2	OFF-TST2	SB2	SB-TST2	OL-OFF2	OL-ON2	SG3	OFF-TST3	SB3	SB-TST3	OL-OFF3	OL-ON3

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0100 = Diagnostic Read (channel 0-3)
SGx	23, 17, 11, 5	DATA	Short to Ground - Fault (RESET value = 0)
OFF-TSTx	22, 16, 10, 4	DATA	Short to Ground & Open Ld (Gate Off) - Tested (RESET value = 0)
SBx	21, 15, 9, 3	DATA	Short to Battery - Fault (RESET value = 0)
SB-TSTx	20, 14, 8, 2	DATA	Short to Battery - Tested (RESET value = 0)
OL-OFFx	19, 13, 7, 1	DATA	Open Load (Gate Off) - Fault (RESET value = 0)
OL-ONx	18, 12, 6, 0	DATA	Open Load (Gate On) - Fault (RESET value = 0)

5.9.2.6 SPI 消息 #5 - 诊断读取 (通道 4-7)

已发送的值:

诊断读取 (通道 4-7)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID							unused							
	0	0	0	0	1	0	1								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused															

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write (interpreted as a read)
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0101 = Diagnostic Read (channel 4-7)

应答值:

诊断读取 (通道 4-7)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID							SG4	OFF-TST4	SB4	SB-TST4	OL-OFF4	OL-ON4	SG5	OFF-TST5
	0	0	0	0	1	0	1								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SB5	SB-TST5	OL-OFF5	OL-ON5	SG6	OFF-TST6	SB6	SB-TST6	OL-OFF6	OL-ON6	SG7	OFF-TST7	SB7	SB-TST7	OL-OFF7	OL-ON7

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0101 = Diagnostic Read (channel 4-7)
SGx	23, 17, 11, 5	DATA	Short to Ground - Fault (RESET value = 0)
OFF-TSTx	22, 16, 10, 4	DATA	Short to Ground & Open Load (Gate Off) - Tested (RESET value = 0)
SBx	21, 15, 9, 3	DATA	Short to Battery - Fault (RESET value = 0)
SB-TSTx	20, 14, 8, 2	DATA	Short to Battery - Tested (RESET value = 0)
OL-OFFx	19, 13, 7, 1	DATA	Open Load (Gate Off) - Fault (RESET value = 0)
OL-ONx	18, 12, 6, 0	DATA	Open Load (Gate On) - Fault (RESET value = 0)

5.9.2.7 SPI 消息 #6 - PWM 偏移 (通道 0-3)

已发送的值:

PWM 偏移 (通道 0-3)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID								unused				OFFSET0		
	0	0	0	0	1	1	0					msb			
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OFFS ET0	OFFSET1								OFFSET2				OFFSET3		
lsb	msb				lsb	msb				lsb	msb				lsb

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0110 = PWM Offset (channel 0-3)
OFFSETx	19:15, 14:10, 9:5, 4:0	DATA	Channelx Pulse Offset 1/32 of PWM period set by N and M values (RESET Value = 0) note: after exiting reset, a pulse on the PHASE_SYNC pin is needed to synchronize the channels

应答值:

PWM 偏移 (通道 0-3)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID								0	0	0	0	OFFSET0		
	0	0	0	0	1	1	0					msb			
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OFFS ET0	OFFSET1								OFFSET2				OFFSET3		
lsb	msb				lsb	msb				lsb	msb				lsb

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0110 = PWM Offset (channel 0-3)
OFFSETx	19:15, 14:10, 9:5, 4:0	DATA	Channelx Pulse Offset 1/32 of period set by N value (RESET Value = 0)

$$\text{PhaseSynchOffset} = \frac{\text{OFFSET}_x}{32 * f_{\text{PWM}}}$$

方程：相位同步偏移

(3)

5.9.2.8 SPI 消息 #7 - PWM 偏移 (通道 4-7)

已发送的值:

PWM 偏移 (通道 4-7)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID							unused				OFFSET4			
	0	0	0	0	1	1	1	msb							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OFFS ET4	OFFSET5					OFFSET6					OFFSET7				
lsb	msb				lsb				msb			lsb			

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0111 = PWM Offset (channel 4-7)
OFFSETx	19:15, 14:10, 9:5, 4:0	DATA	Channelx Pulse Offset 1/32 of period set by N value (RESET Value = 0) note: after exiting reset, a pulse on the PHASE_SYNC pin is needed to synchronize the channels

应答值:

PWM 偏移 (通道 4-7)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID							0	0	0	0	OFFSET4			
msb															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OFFS ET4	OFFSET5					OFFSET6					OFFSET7				
lsb	msb					lsb	msb					lsb	msb		

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:24	ADDR	Message Identifier 000 0111 = PWM Offset (channel 4-7)
OFFSETx	19:15, 14:10, 9:5, 4:0	DATA	Channelx Pulse Offset 1/32 of period set by N value (RESET Value = 0)

$$\text{PhaseSynchOffset} = \frac{\text{OFFSET}_x}{32 * f_{\text{PWM}}}$$

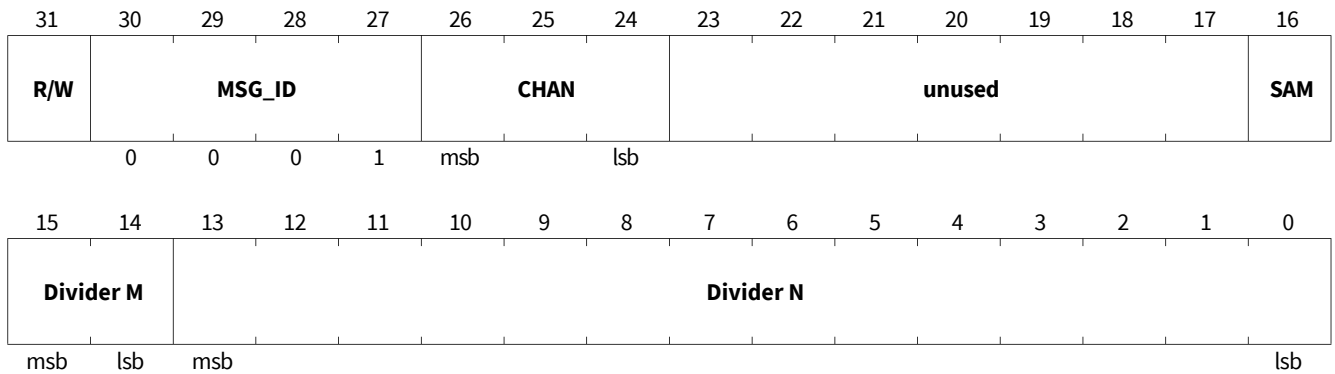
方程：相位同步偏移

(4)

5.9.2.9 SPI 消息 #8 - 主要周期设置

已发送的值:

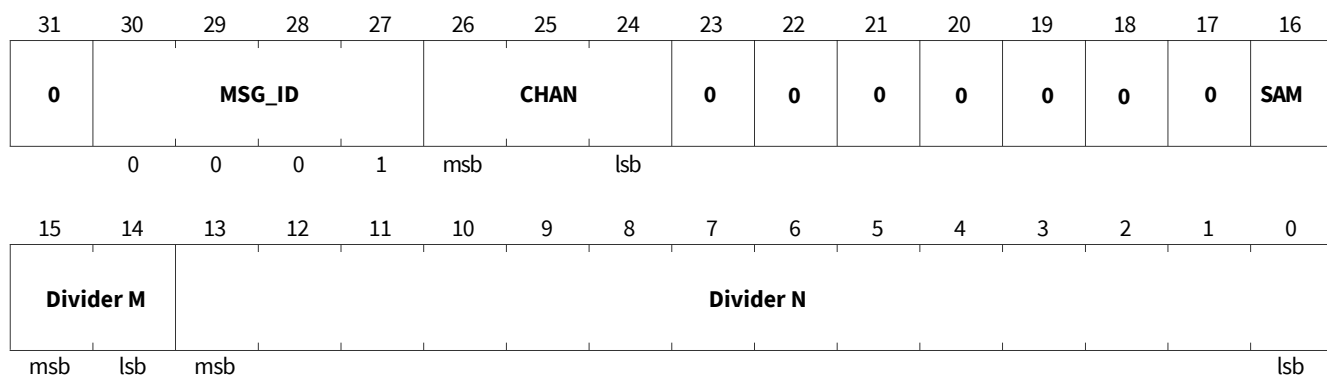
主要周期设置



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0001 = Main Period Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
SAM	16	DATA	Sample Summation Method 0 = Use all values of samples (RESET Value) 1 = throw out first ADC samples after an OUTx pin transition and use previous sample twice in the average calculation
Divider M	15:14	DATA	Divider M (Number of A/D samples per PWM period) 00 = 32 (RESET Value) 01 = 64 10 = 128 11 = 512 (Direct PWM) = 128 (Current Control)
Divider N	13:0	DATA	Divider N (Number of main CLK periods between A/D samples) (RESET Value = 271 _H or 625 _D) $T_{PWM} = N * M * T_{CLK}$ & $T_{ADC} = N * T_{CLK}$

应答:

主要周期设置



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0001 = Main Period Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
SAM	16	DATA	Sample Summation Method 0 = Use all values of samples (RESET Value) 1 = throw out first ADC samples after an OUTx pin transition and use previous sample twice in the average calculation
Divider M	15:14	DATA	Divider M (Number of A/D samples per PWM period) 00 = 32 (RESET value) 01 = 64 10 = 128 11 = 512 (Direct PWM) = 128 (Current Control)
Divider N	13:0	DATA	Divider N (Number of main CLK periods between A/D samples) (RESET Value = 271 _H or 625 _D) $T_{PWM} = N * M * T_{CLK}$ & $T_{ADC} = N * T_{CLK}$

$$PWM \text{ Period} = \frac{N * M}{f_{CLK}} \quad [\text{seconds}]$$

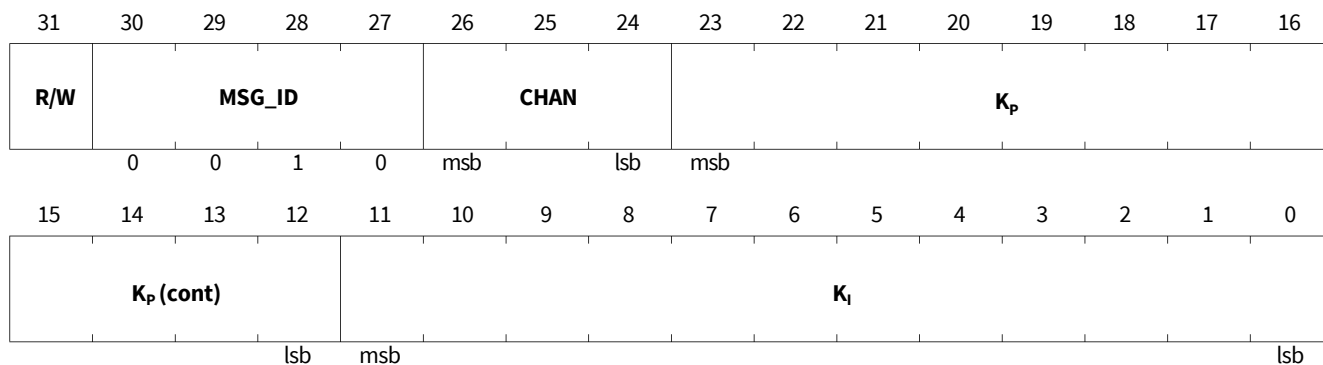
方程：主要周期设置

(5)

5.9.2.10 SPI 消息 #9 - 控制变量设置 (K_p and K_i)

已发送的值:

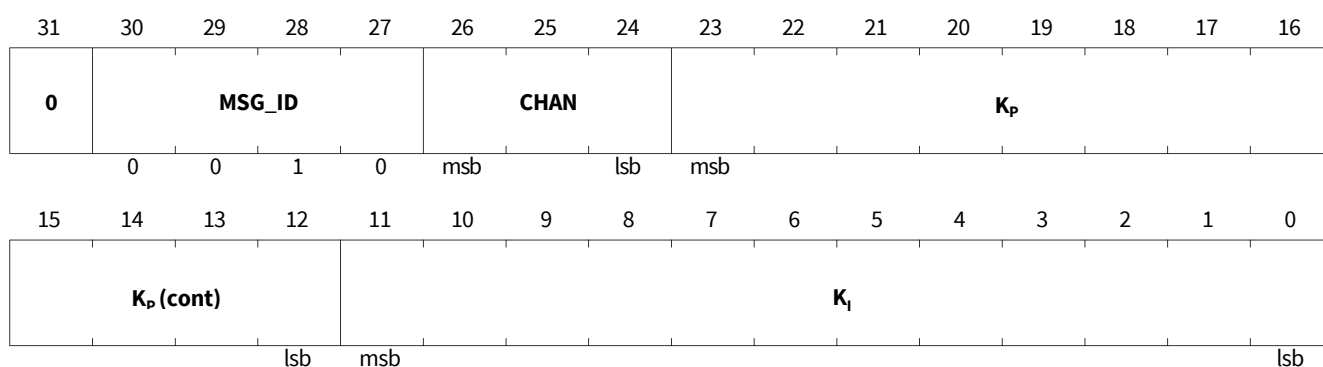
控制变量设置



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0010 = Control Variable Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
K_p	23:12		Control Loop Proportional Coefficient (RESET Value = 0)
K_i	11:0		Control Loop Integral Coefficient (RESET Value = 0)

应答:

控制变量设置

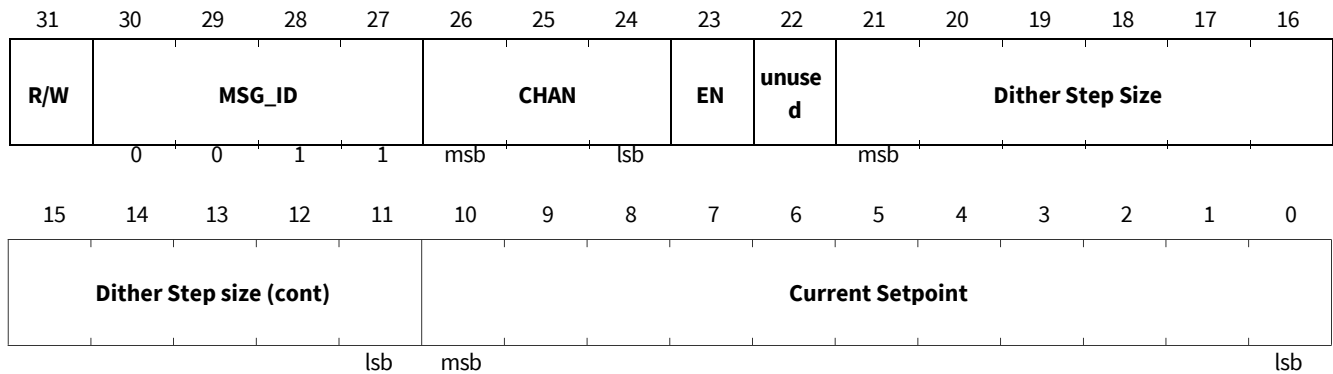


Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0010 = Control Variable Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
K_p	23:12	DATA	Control Loop Proportional Coefficient (RESET Value = 0)
K_i	11:0	DATA	Control Loop Integral Coefficient (RESET Value = 0)

5.9.2.11 SPI 消息 #10 - 电流和抖动振幅设置

已发送的值：

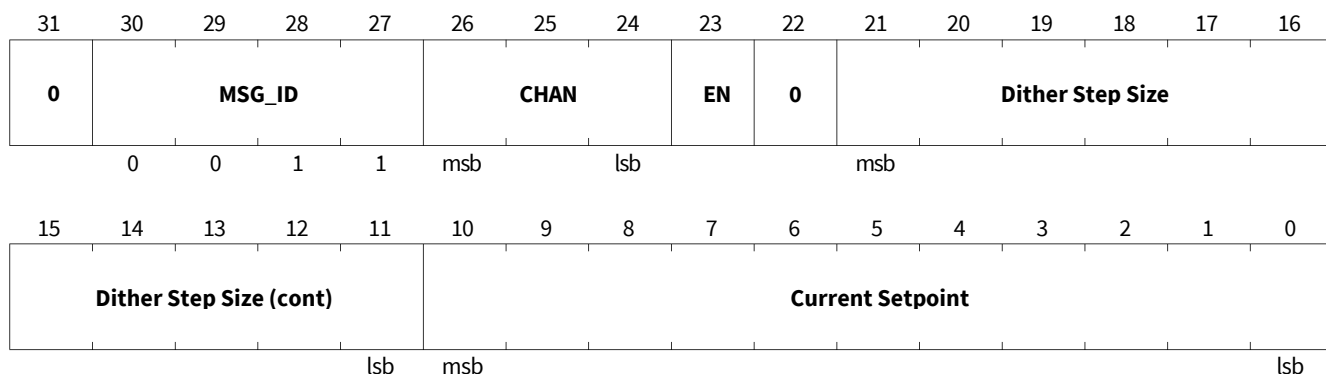
电流和抖动振幅设置



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0011 =Current and Dither Amplitude Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
EN	23	DATA	Operation during ENABLE deactivation 0 = disable (RESET Value) 1 = remain in operation at last setpoint including dither
Dither Step Size	21:11	DATA	Dither Step Size (LSb's value is 2⁻² of the current setpoint LSB) (RESET Value = 0) Note: A value of 0 will disable the dither function
Current Setpoint	10:0	DATA	Current Set Point (RESET Value = 0)

应答:

电流和抖动振幅设置



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0011 =Current and Dither Amplitude set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
EN	23	DATA	Operation during ENABLE deactivation 0 = disable (RESET Value) 1 = remain in operation at last setpoint including dither
Dither Step Size	21:11	DATA	Dither Step Size (LSb's value is 2⁻² of the current setpoint LSB) (RESET Value = 0) Note: A value of 0 will disable the dither function
Current Setpoint	10:0	DATA	Current Set Point (RESET Value = 0)

$$\text{Dither Amplitude [mA pp]} = \frac{2 * \text{Dither Stepsize} * \text{Dither Steps}}{2^{13}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：抖动振幅设置

(6)

$$\text{Average Current Setting [mA]} = \frac{\text{Current Setpoint}}{2^{11}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：平均电流设置

(7)

5.9.2.12 SPI 消息 #11 - 抖动周期设置

已发送的值:

抖动周期设置

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID				CHAN				unused						
	0	1	0	0	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused											Number of Steps				
											msb				lsb

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0100 =Dither Period Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
Number of Steps	4:0	DATA	Number of Dither Steps in 1/4 waveform (RESET Value = 0) Note: A value of 0 will disable the dither function

应答:

抖动周期设置

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID				CHAN				0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Number of Steps				
											msb				lsb

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0100 =Dither Period Set
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
Number of Steps	4:0	DATA	Number of Dither Steps in 1/4 waveform (RESET Value = 0) Note: A value of 0 will disable the dither function

$$\text{Dither Period} = \frac{4 * \text{Number of Steps}}{f_{\text{PWM}}}$$

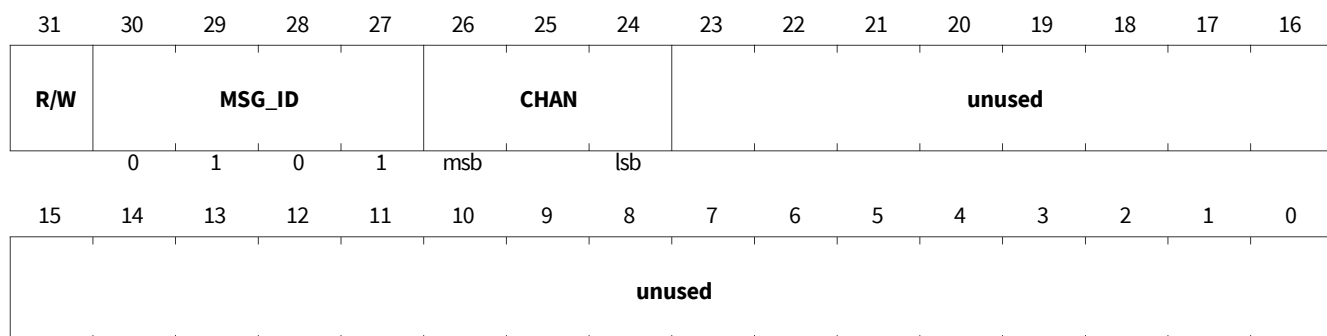
方程：抖动周期设置

(8)

5.9.2.13 SPI 消息 #12 - 最大/最小电流读取

已发送的值：

最大/最小电流读取

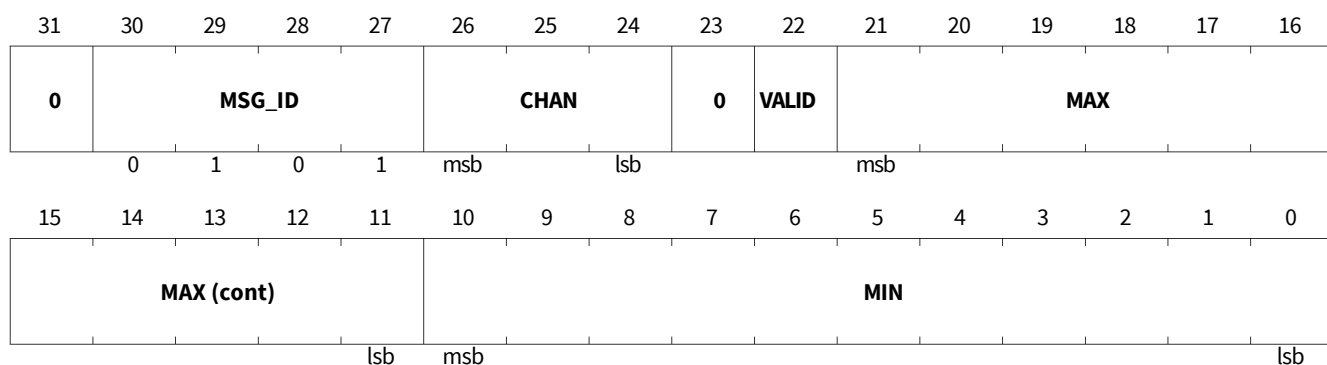


Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0101 =Max / Min Current Read
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number Note: the channel selection for this message will also be the channel selected for the Average Current Read over Dither Period.

PEAK

应答：

最大/最小电流读取



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0101 =Current Read
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
VALID	22	DATA	VALID Reset when the register is read or when the channel number is changed (RESET Value = 0) Set when a new data set is available.

Field	Bits	Type	Description
MAX	21:11	DATA	The largest summation of “M” A/D samples (within one PWM period) during the previous dither cycle. The 11 most significant bits are reported. Note: return value will be 0 until the first dither cycle is completed - (RESET Value = 0)
MIN	10:0	DATA	The smallest summation of “M” A/D samples (within one PWM period) during the previous dither cycle. The 11 most significant bits are reported. Note: return value will be 2047 until the first dither cycle is completed - (RESET Value = 2047)

$$\text{Max Current Feedback [mA]} = \frac{\text{MAX}}{2^{11}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：最大抖动电流反馈

(9)

$$\text{Min Current Feedback [mA]} = \frac{\text{MIN}}{2^{11}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：最小抖动电流反馈

(10)

注释：当所选通道与之前所选通道（上次处理此消息时）不同时，新的最小值和最大值数据将在最多两个抖动周期后可用。当选定的通道与之前选定的通道相同时，新的最小值和最大值数据将在不超过一个抖动周期内可用。

注释：当直接 PWM 模式下 M=512 时，适用以下公式。应用软件必须确保寄存器没有溢出。

$$\text{Min / Max Current Feedback [mA]} = \frac{\text{MIN or MAX}}{2^{13}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense} [\text{Ohm}]}$$

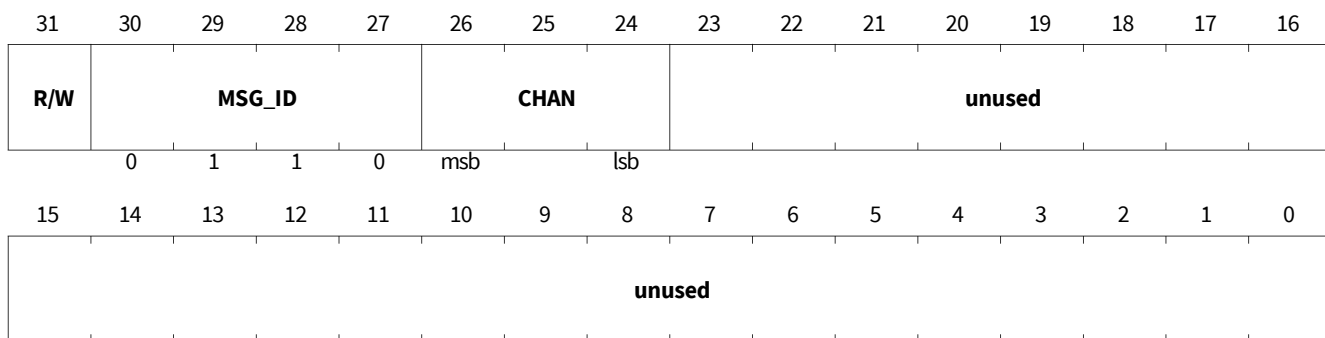
方程：最小/最大抖动电流反馈 M=512

(11)

5.9.2.14 SPI 消息 #13 - 抖动周期内的平均电流读取

已发送的值：

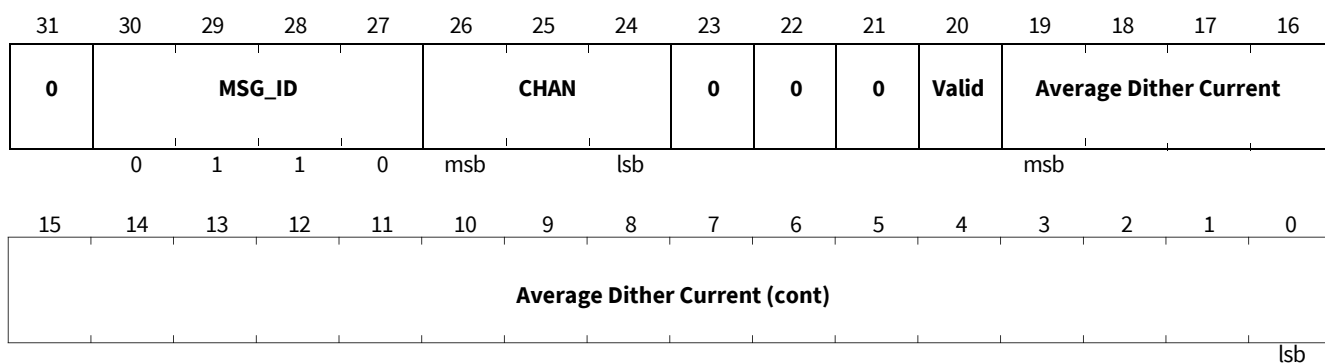
平均抖动电流读取



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0110 =Dither Current Read
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number

应答：

平均抖动电流读取



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0110 =Dither Current Read
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number Note: the channel selection for this message will also be the channel selected for the Max / Min Current Read Command.
VALID	20	DATA	VALID BIT Reset when register is read or when channel number is changed. Set when new data is available. (RESET Value = 0)

Field	Bits	Type	Description
Average Dither Current	19:0	DATA	20 bit summation of the total current over a dither period. (RESET Value = 0)

$$\text{Dither Current Feedback [mA]} = \frac{\text{Avg Dither Current}}{2^{15} * \text{Dither Steps}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：当抖动使能时的平均抖动电流反馈 (12)

$$\text{Dither Current Feedback [mA]} = \frac{\text{Avg Dither Current}}{2^{13}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：当抖动关闭时的平均抖动电流反馈 (13)

注释：当所选通道与之前所选通道（上次处理该消息时）不同时，新的平均抖动电流数据将在最多两个抖动周期后可用。当选择的通道与之前选择的通道相同时，新的平均抖动电流数据最多可以在一个抖动周期内获得。

注释：当直接 PWM 模式下 M=512 时，适用以下公式。应用软件必须确保寄存器没有溢出。

$$\text{Dither Current Feedback [mA]} = \frac{\text{Avg Dither Current}}{2^{17} * \text{Dither Steps}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：当 M=512 并且抖动使能时的平均抖动电流反馈 (14)

$$\text{Dither Current Feedback [mA]} = \frac{\text{Avg Dither Current}}{2^{15}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

方程：当 M=512 并且抖动关闭时的平均抖动电流反馈 (15)

5.9.2.15 SPI 消息 #14 - 自动归零触发/读取

已发送的值:

自动归零触发读取

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID				CHAN				unused						
	0	1	1	1	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused															

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0111 =Autozero Trigger / Read
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number

应答:

自动归零触发读取

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID				CHAN				0	0	0	0	0	0	AZon AZoff
	0	1	1	1	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
AZon value								AZoff value							
msb								lsb							

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 0111 =Autozero Trigger / Read
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
AZon	17	DATA	Autozero - Gate on has occurred since last read 0 = not occurred (RESET Value) 1 = has occurred
AZoff	16	DATA	Autozero - Gate off has occurred since last read 0 = not occurred (RESET Value) 1 = has occurred

Field	Bits	Type	Description
AZ on value	15:8	DATA	Autozero value - Gate On
AZ off value	7:0	DATA	Autozero value - Gate Off

当该寄存器被写入时，将为选定的通道启动自动归零序列，并且 AZon 和 AZoff 位被复位。自动归零序列完成后，AZon 和 AZoff 位置位。

读取该寄存器时，自动归零序列不会启动，但 AZon 和 AZoff 位会被复位。

注释：当通道从打开转变为关闭时，在再循环电流完全衰减至 0 mA 之前，不得启动该通道的自动归零序列。否则，当编程非零设定点时，计算出的自动归零值将不正确，从而导致电流调节不准确。

$$\text{Autozero offset [mA]} = \frac{\text{AZ_value}}{2^{11}} * \frac{320[\text{mV}]}{\text{Rsense}[\text{Ohm}]}$$

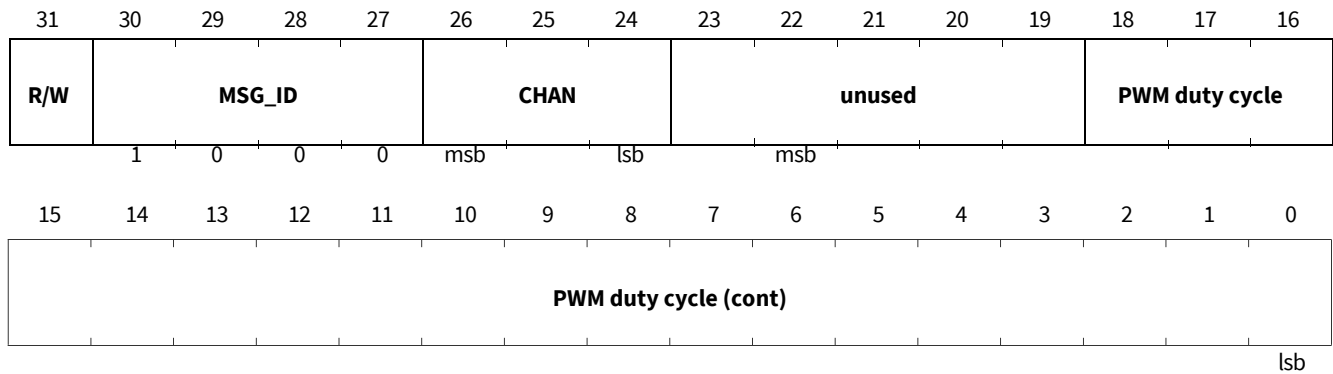
方程：自动归零值

(16)

5.9.2.16 SPI 消息 #15 - PWM 占空比

已发送的值:

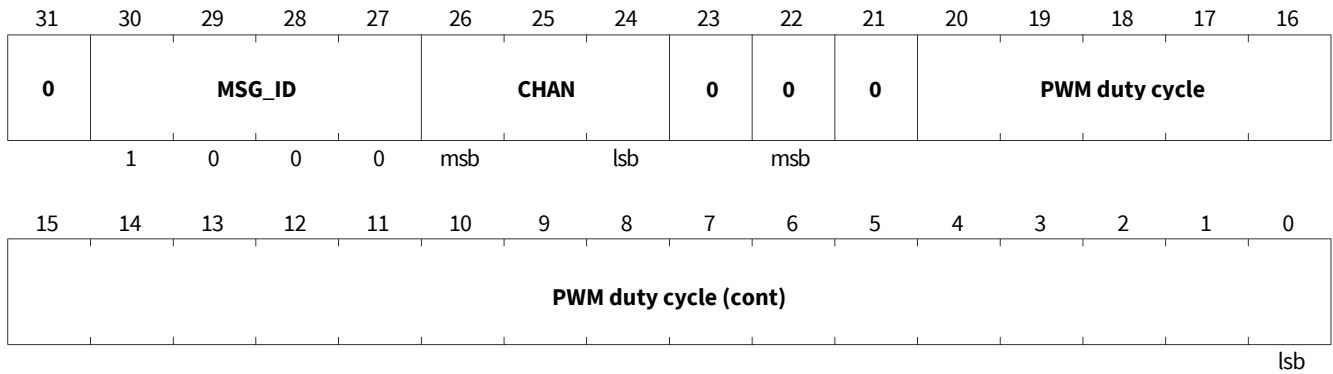
PWM 占空比



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1000 = PWM Duty Cycle
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
PWM duty cycle	18:0	DATA	PWM duty cycle This is used when Control Mode is set to “direct PWM”. See the “Control Method and Fault Mask Configuration” message. If this message is written when the Control Mode is set to “Current Control” the PWM data will be stored but not used until the control mode is switched to “Direct PWM”. (RESET Value = 0)

应答：

PWM 占空比



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1000 =PWM Duty Cycle
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
PWM duty cycle	20:0	DATA	PWM duty cycle This will report the duty cycle bits in the register. If the channel is set to “Current Control” the feedback will represent the value calculated by the PI controller. If the channel is set to “direct PWM” the feedback will represent the value in the register programmed by a SPI write with bits 11 and 12 always read as 0. See the “Control Method and Fault Mask Configuration” message. (RESET Value = 0)

$$\text{Duty Cycle} [\%] = \frac{\text{PWM duty cycle}}{N * M} * 100\%$$

注释：占空比可以达到100%。虽然上述公式可能导致占空比值大于100%，但实际占空比当然限制在100%。

方程：PWM 占空比读取用于恒定电流模式操作 (17)

$$\text{Duty Cycle} [\%] = \frac{\text{PWM duty cycle}}{N * 32} * 100\%$$

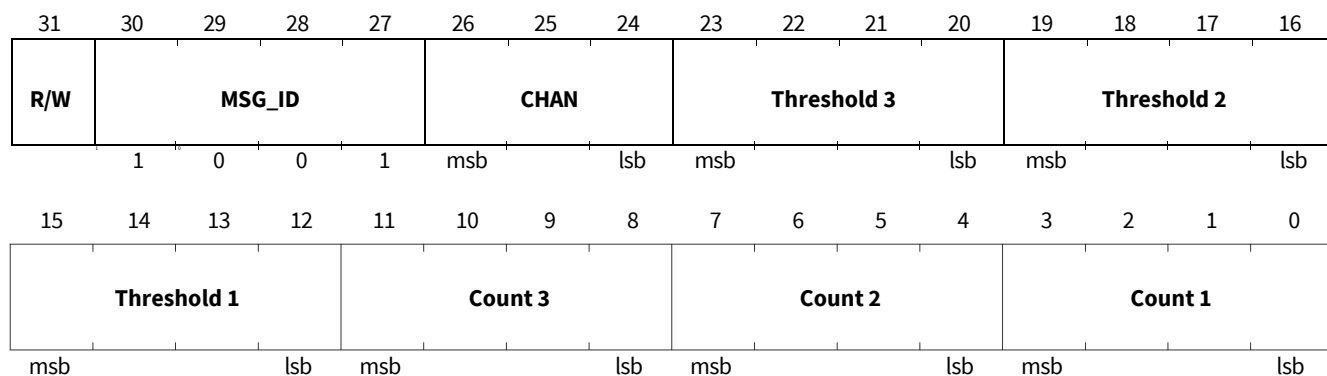
方程式：直接 PWM 模式操作的 PWM 占空比读取 (18)

注释：占空比可以达到100%。虽然上述公式可能导致占空比值大于100%，但实际占空比当然限制在100%。

5.9.2.17 SPI 消息 #16 - 电流轮廓检测设置 1

已发送的值：

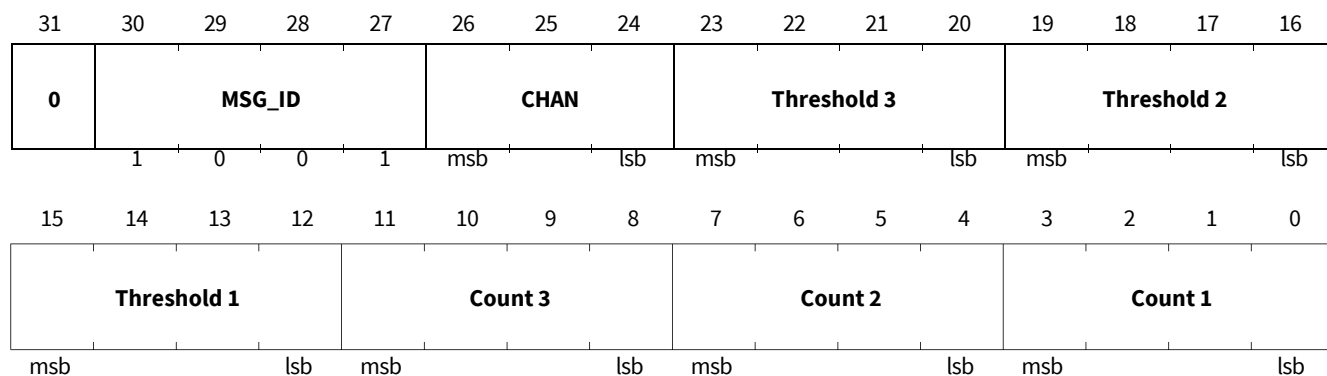
电流轮廓检测设置 1



Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1001 =Current Profile Setup 1
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
Threshold 3	23:20	DATA	Threshold 3 (Zone 3) (RESET Value = 0)
Threshold 2	19:16	DATA	Threshold 2 (Zone 2) (RESET Value = 0)
Threshold 1	15:12	DATA	Threshold 1 (Zone 1) (RESET Value = 0)
Count 3	11:8	DATA	Count 3 (Zone 3) (RESET Value = 0)
Count 2	7:4	DATA	Count 2 (Zone 2) (RESET Value = 0)
Count 1	3:0	DATA	Count 1 (Zone 1) (RESET Value = 0)

应答:

电流轮廓检测设置 1



Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1001 =Current Profile Setup 1
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
Threshold 3	23:20	DATA	Threshold 3 (Zone 3) (RESET Value = 0)
Threshold 2	19:16	DATA	Threshold 2 (Zone 2) (RESET Value = 0)
Threshold 1	15:12	DATA	Threshold 1 (Zone 1) (RESET Value = 0)
Count 3	11:8	DATA	Count 3 (Zone 3) (RESET Value = 0)
Count 2	7:4	DATA	Count 2 (Zone 2) (RESET Value = 0)
Count 1	3:0	DATA	Count 1 (Zone 1) (RESET Value = 0)

5.9.2.18 SPI 消息 #17 - 电流轮廓检测设置 2

已发送的值:

电流轮廓检测设置 2

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID				CHAN				unused						
	1	0	1	0	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused						Time out						unused		ZONE 3 SET	
						msb				lsb					

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1010 =Current Profile Setup 2
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
Time out	9:4	DATA	Current Profile Time out 1 lsb = 16 ADC sample periods (RESET Value = 0)
Zone 3 Set	1:0	DATA	Zone 3 A/D setup 00: ADDIFF=A/D _m - A/D _{m-1} 01: ADDIFF=A/D _m - A/D _{m-2} 10: ADDIFF=A/D _m - A/D _{m-3} 11: ADDIFF=A/D _m - A/D _{m-4}

应答:

电流轮廓检测设置 2

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID				CHAN				0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	0	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	Time out						0	0	ZONE3 SET	
						msb					lsb				

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1010 =Current Profile Setup 2
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number

Field	Bits	Type	Description
Time out	9:4	DATA	Current Profile Time out 1 lsb = 16 ADC sample periods (RESET Value = 0)
Zone 3 Set	1:0	DATA	Zone 3 A/D setup 00: $ADDIFF = A/D_m - A/D_{m-1}$ 01: $ADDIFF = A/D_m - A/D_{m-2}$ 10: $ADDIFF = A/D_m - A/D_{m-3}$ 11: $ADDIFF = A/D_m - A/D_{m-4}$

5.9.2.19 SPI 消息 #18 - 电流轮廓检测反馈

已发送的值：

电流轮廓检测反馈

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID				CHAN				unused						
	1	0	1	1	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused															

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1011 =Current Profile Detection Feedback
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number

应答：

电流轮廓检测反馈

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID				CHAN				0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	1	msb		lsb								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Detect Intrpt	Time-out	PASS

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1011 =Current Profile Detection Feedback
CHAN	26:24	ADDR	Channel Number
Detection Interrupted	2	DATA	Detect Interrupt Bit (RESET Value = 0) Reset when this register is read. Set when the gate of the external FET is commanded off before the current profile detection sequence has completed.

Field	Bits	Type	Description
Time out	1	DATA	Current Profile Timeout (RESET Value = 0) Reset when this register is read. Set when the programmable time-out timer expires before the Current Profile Detection sequence has completed.
PASS	0	DATA	Passed Since Last Read (RESET Value = 0) Reset when this register is read. Set when the Current Profile Detection sequence has completed before the programmed time-out timer expired and before the gate is turned off.

表 7 位 2 至 0 的解释

Detect Interrupt Bit	Current Profile Timeout	Passed Since Last Read	Meaning
0	0	0	A current profile sequence has not completed since the last read of this register
X	X	1	At least one current profile sequence has completed successfully since the last read of this register
X	1	X	At least one time out failure has occurred since the last read of this register
1	X	X	At least one detect interrupt failure has occurred since the last read of this register.

5.9.2.20 SPI 消息 #19 - 读取通用标志位

已发送的值:

读取通用标志位

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R/W	MSG_ID				unused										
	1	1	1	1											
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
unused															

Field	Bits	Type	Description
R/W	31		Read / Write Bit 0 = Read 1 = Write
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1111 = Read Generic Flag Bits

应答:

读取通用标志位

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	MSG_ID				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1											
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	OV	PS	EN_L	RB_L

Field	Bits	Type	Description
MSG_ID	30:27	ADDR	Message Identifier 1111 = Read Generic Flag Bits
OV	3	DATA	Overvoltage has occurred since last read 0 = not occurred (RESET Value) 1 = has occurred
PS	2	DATA	Phase Synch has occurred since last read 0 = not occurred (RESET Value) 1 = has occurred
EN_L	1	DATA	Enable Latch bit (RESET Value = 1) Set to 0 when this register is read and ENABLE pin is High Set to 1 when the ENABLE pin is Low

Field	Bits	Type	Description
RB_L	0	DATA	RESET_B Latch bit (RESET Value = 1) Set to 0 when this register is read. Set to 1 when the a High to Low transition occurs on the RESET_B pin

6 应用信息

注释：以下信息仅作为执行器件的提示，不应被视为对器件某种功能、条件或质量的描述或担保。

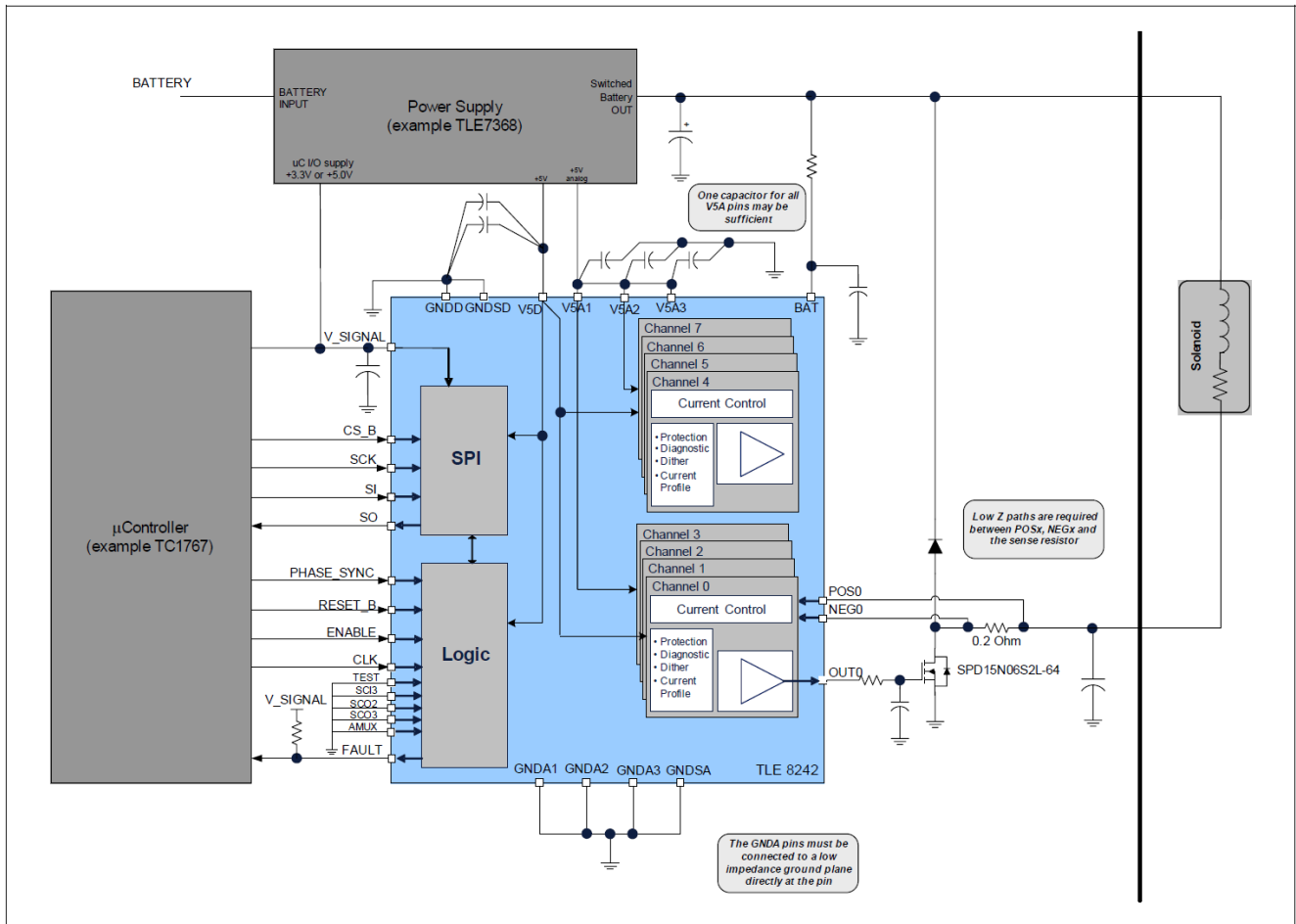


图20 应用图

注释：这是一个非常简化的应用电路的示例。该功能需在实际应用中进行验证。

6.1 更多应用信息

- 请联系我们以获得引脚 FMEA
- 如需了解更多信息，您可以点击 <http://www.infineon.com/>

7 封装外形

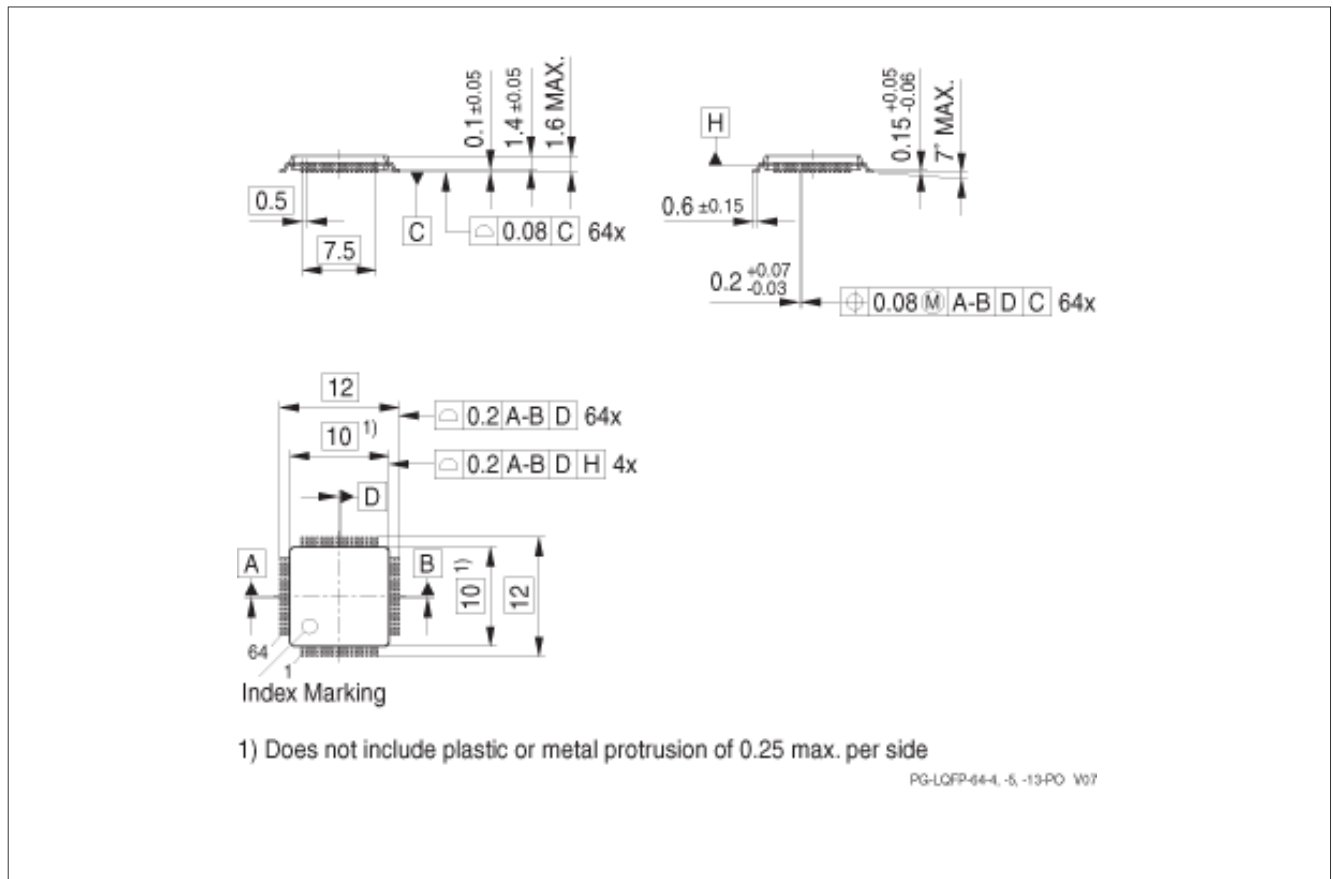


图 21 PG-LQFP-64

绿色产品（符合 RoHS 标准）

为了满足全球客户对环保产品的要求，并符合政府规定，该设备可作为绿色产品提供。绿色产品符合 RoHS 标准（即引线采用无铅涂层，并且符合 IPC/JEDEC J-STD-020 标准，适用于无铅焊接）。

8 修订记录

Revision	Date	Changes
1.0	2009-02-24	Page 6, Figures 1 and 2 : improved figure quality
		Page 7, improved description of SAM bit functionality
		Pages 24 to 26, Figures 10, 11, 13, and 14: improved figure quality
		Pages 51 and 52: improved description of SAM bit functionality
		Pages 72: corrected the name of the register in the MSG_ID descriptions
		Page 74, Figure 21 : updated the package outline drawing
1.0	2009-12-09	Changes from TLE8242L Rev 1.0 datasheet
1.0	2009-12-09	Section 1.3.2, equation for duty-cycle: revised equation to include the M variable. M is the # of ADC samples per PWM period. revised equation for calculating the duration of the autozero procedure
1.0	2009-12-09	Section 5.3, added new filter times to table 2
1.0	2009-12-09	Section 5.3.2, electrical table, parameters 5.3.12 through 5.3.15 revised with new filter times
1.0	2009-12-09	Section 5.9.2.1, revised IC version number
1.0	2009-12-09	Section 5.9.2.2, added new filter times.
1.0	2009-12-09	Section 5.9.2.14, added equations for current feedback value when dither is disabled
1.0	2009-12-09	Section 5.9.2.14, added equation for autozero offset value
1.0	2009-12-09	Section 5.9.2.7 and 5.9.2.8, added note that a pulse is needed on the phase_sync pin to synchronize the channels after exiting the reset state.
1.0	2009-12-09	Section 5.7.1, added maximum value of analog to digital converter sample rate
1.0	2009-12-09	Section 5.2, added note that a pulse is needed on the PHASE_SYNC pin in order to synchronize the PWM periods of the channels after exiting the reset state



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

重要通知

版本 2025-09-05

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2025 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this
document?

Email:
erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据勘探（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。