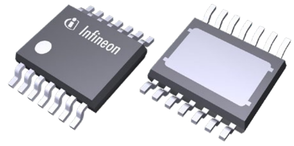
英飞凌MOTIX ™ CTM9020EP/CTM9021EP 车规级集成式全桥 IC

用于 BDC 电机的全桥 IC 功能



RoHS

AEC Qualified

- 25°C 时，路径电阻典型值为 175 mΩ
- 脉冲电流：
  - 85°C 时 $t_{pulse} \leq 1$ s 时为 5.2 A
  - 85°C 时 $t_{pulse} \leq 10$ s 时为 4.2 A
- 供电电压范围为 7 V 至 18 V
- 扩展供电电压范围从 4.5 V 至 40 V
- 电流最小限值为20 A
- 斜率选择
- 保护与诊断：过流、欠压、过温、负载开路检测、电流采样、交叉电流保护
- 电流采样反馈状态诊断标志位
- CTM9021EP 支持 SPI 接口
- 半桥模式
- 绿色产品：符合 RoHS 标准

潜在应用

- 汽车单向和双向有刷DC电机
- 车门模块
- 后视镜模块
- 车身控制模块
- 汽车领域的其他电感性或电阻性负载

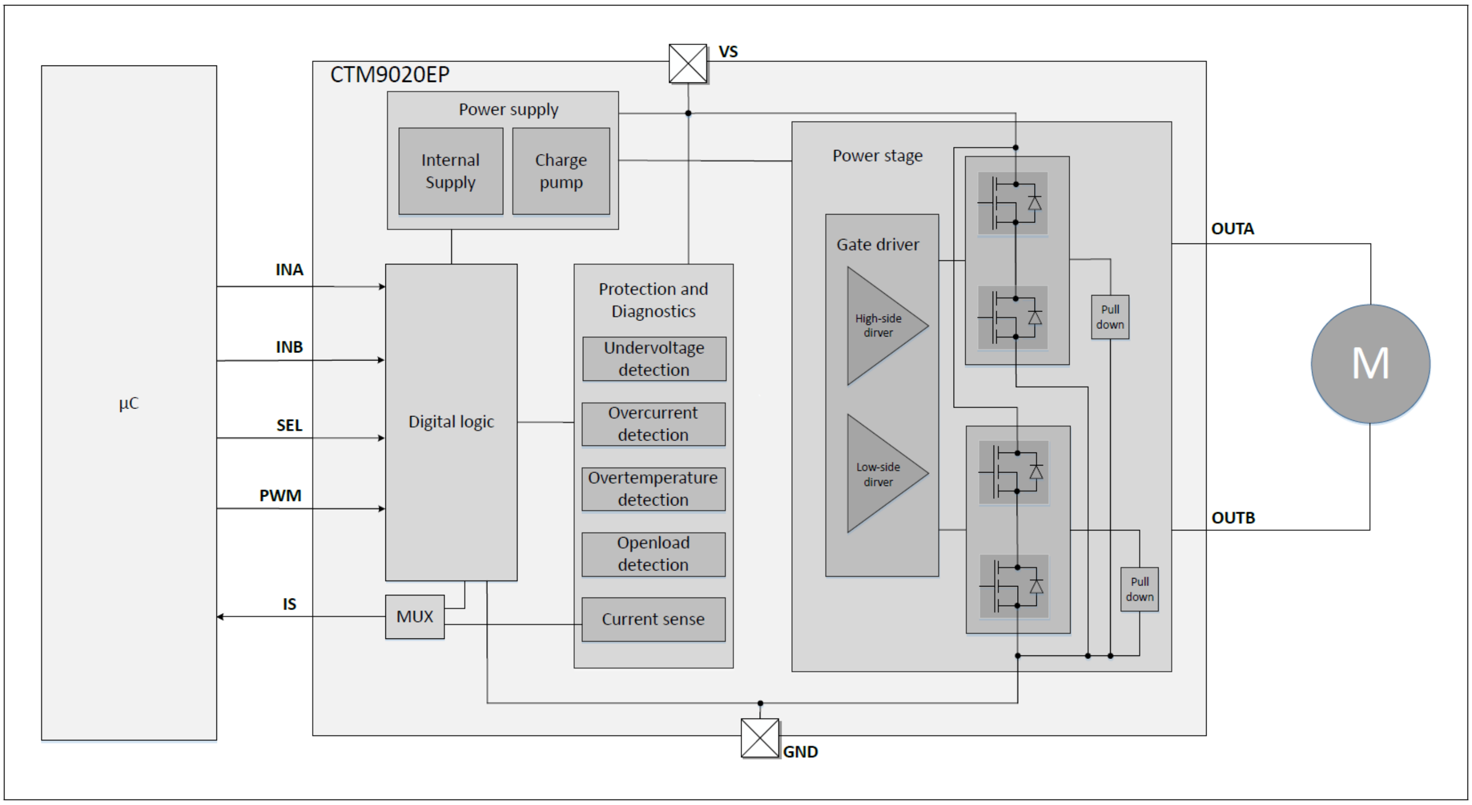
产品验证

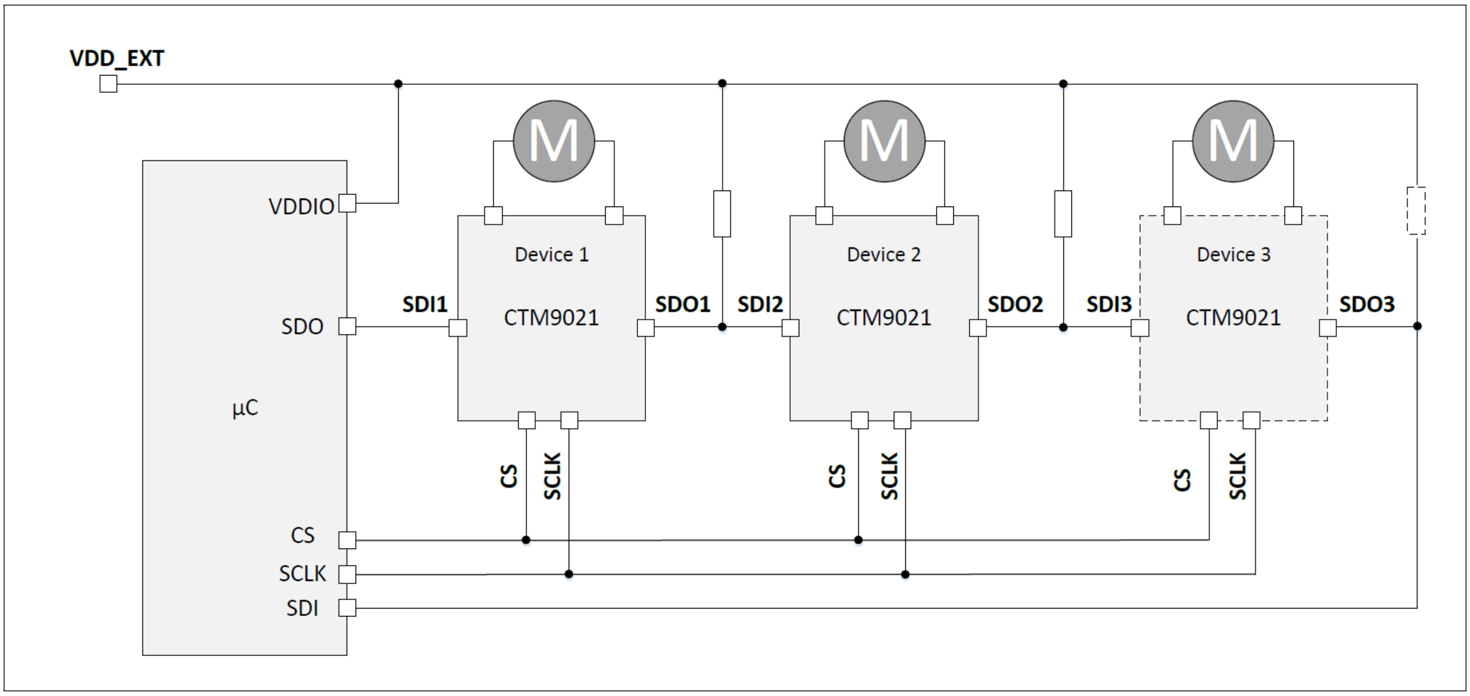
- 车规级应用认证。
- 产品依据AEC-Q100进行验证

产品描述

MOTIX™ CTM9020EP/CTM9021EP 是一款用于汽车马达驱动应用的集成全桥IC。该单片器件采用BCD技术实现，并封装为 PG-TSDSO-14，该封装具有散热焊盘，以确保更好的热性能。

该器件具有防止过热、欠压、过流、短路和交叉电流的智能保护功能。此外，器件还提供电流采样和负载开路诊断作为诊断功能。输出电流和错误标志的信息显示在 IS 引脚上。





Product type	Package	Marking
CTM9020EP	PG-TSDSO-14	CTM9020
CTM9021EP	PG-TSDSO-14	CTM9021

目录

1 器件比较

下表总结了CTM9020EP和CTM9021EP之间的差异。

	HW variant (CTM9020EP)	**SPI variant (CTM9021EP)**
Package	PG-TSDSO-14	PG-TSDSO-14
Digital interface	INA, INB, SEL, PWM	SDI, SCLK, CS, SDO
Path resistance	84 mΩ at 25°C	84 mΩ at 25°C
Current limitation	Min. 20 A	Min. 20 A
Overcurrent protection	Error flag at IS pin; Latched	Error flag at IS pin; OCx bit latched in the status byte; Dedicate bit for each half-bridge
Slew rate selection	2 configurable slew rate levels: • Selected via input sequence • Read out at IS pin	2 configurable slew rate levels: • Selected via SR bit in the control byte • Read out the control byte at SDO pin
Undervoltage shutdown	No sense current flowing out from IS pin; No error flag; Unlatched	No sense current flowing out from IS pin; No error flag; UV bit set but unlatched in the status byte
Overtemperature protection	Error flag at IS pin; Unlatched	Error flag at IS pin; TSDx bit set but unlatched in the status byte; Dedicate bit for each half-bridge
Open load detection	Error flag at IS pin; Unlatched	Error flag at IS pin; OL bit set but unlatched in the status byte
Current sense	Provided at IS pin	Provided at IS pin

2 框图

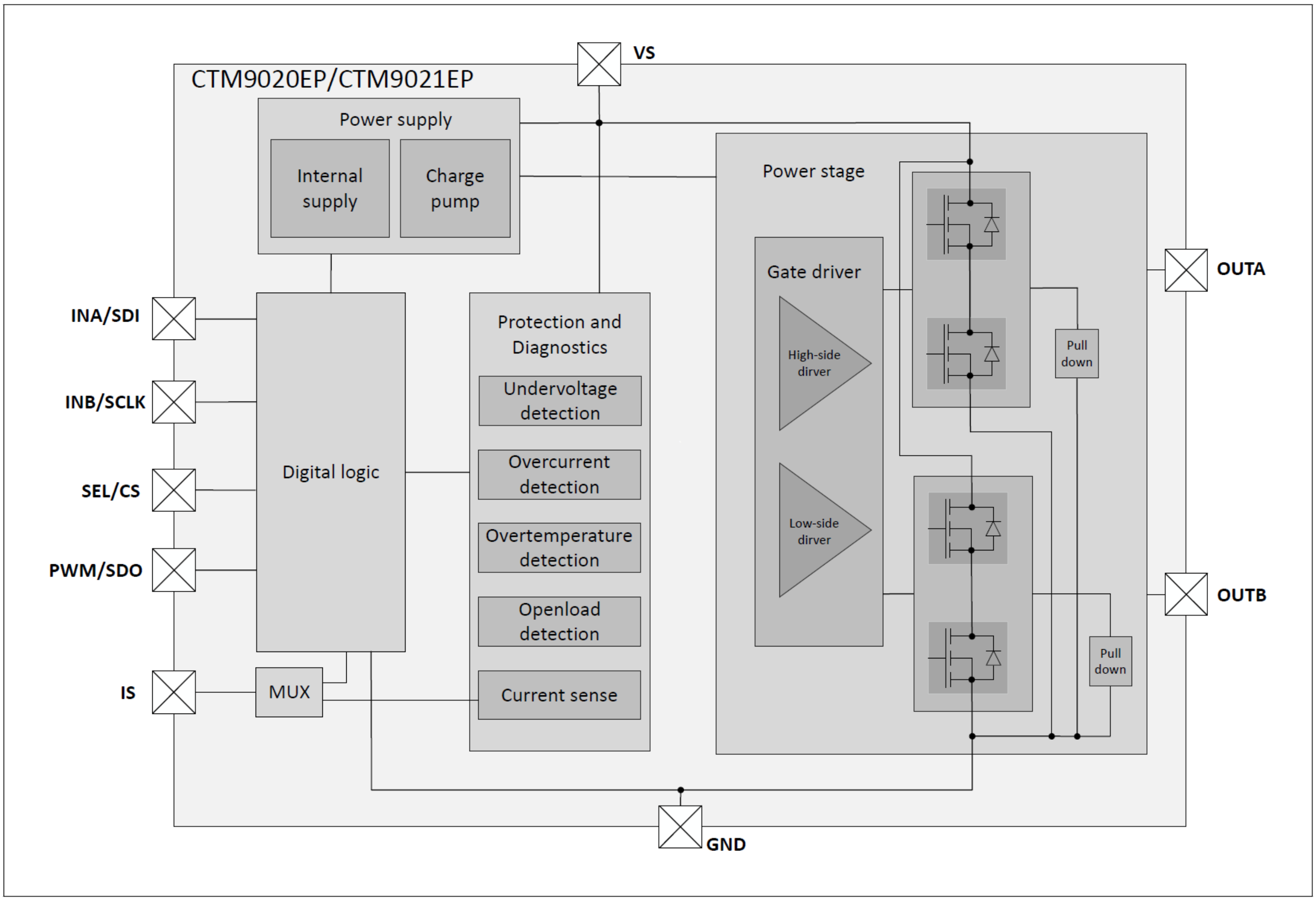

VS
CTM9020EP/CTM9021EP
Power supply
Internal supply
Charge pump
Power stage
Gate driver
High-side dirver
Low-side dirver
Pull down
Pull down
OUTA
OUTB
INA/SDI
INB/SCLK
SEL/CS
PWM/SDO
IS
Digital logic
MUX
Protection and Diagnostics
Undervoltage detection
Overcurrent detection
Overtemperature detection
Openload detection
Current sense
GND

图 1 框图

3 引脚配置

3.1 硬件版本

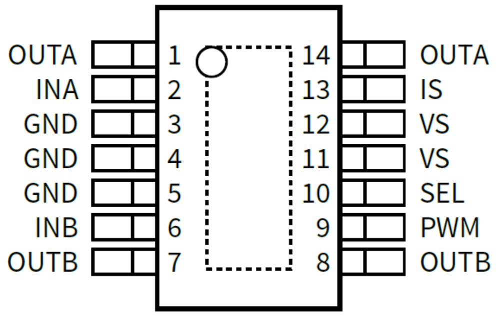


图 2 引脚配置

表 1 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
1, 14	OUTA	Power output of the half-bridge A. All OUTA pins should be externally connected together.
2	INA	Input control combine with INB and PWM, refer to operative condition table
3, 4, 5	GND	Power ground. All ground pins should be externally connected together.
6	INB	Input control combine with INA and PWM, refer to operative condition table
7, 8	OUTB	Power output of the half-bridge B. All OUTB pins should be externally connected together.
9	PWM	Input control combine with INA and PWM, refer to operative condition table
10	SEL	Current sense selection pin
11, 12	VS	Power supply. All VS pins should be externally connected together.
13	IS	Current sense and error flag pin
EDP	–	Exposed die pad. For cooling and EMC purposes only. Not usable as electrical ground. Electrical ground must be provided by pins 3, 4 and 5. It is recommended to connect the EDP to ground.

3.2 SPI版本

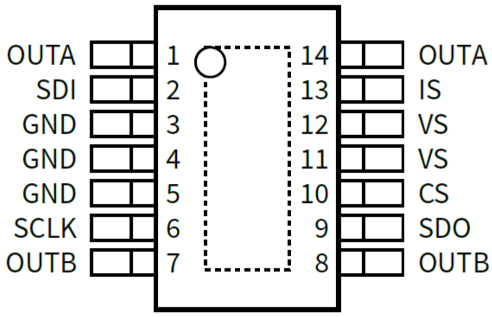


图3 引脚配置

表2 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
1, 14	OUTA	Power output of the half-bridge A; All OUTA pins should be externally connected together.
2	SDI	Serial data input with internal pull down
3, 4, 5	GND	Power ground; All ground pins should be externally connected together.
6	SCLK	Serial clock input with internal pull down
7, 8	OUTB	Power output of the half-bridge B; All OUTB pins should be externally connected together.
9	SDO	Serial data output with open drain
10	CS	Chip select input with internal pull down
11, 12	VS	Power supply; All VS pins should be externally connected together.
13	IS	Current sense and error flag pin
EDP	–	Exposed die pad; For cooling and EMC purposes only; Not usable as electrical ground; Electrical ground must be provided by pins 3, 4 and 5. It is recommended to connect the EDP to ground.

4 产品一般特性

该器件用于汽车环境。

4.1 最大绝对额定值

超过本章列出的绝对最大额定值的应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。

表 3 绝对最大额定值

T_j= -40°C 至 +150°C，所有电压相对于地，流入引脚的电流为正向电流（除非另有规定）。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Voltages							
Supply voltage	V_S	-0.3	–	40	V	–	P_GPC_01_1
Output voltage	V_{OUTX}	-0.3	–	V_S + 0.3	V	–	P_GPC_01_02
Voltage of logic pins	V_{INA} / V_{SDI}, V_{INB} / V_{SCKL}, V_{SEL} / V_{CS}, V_{PWM} / V_{SDO}	-0.3	–	V_S + 6	V	*Note*: Max. 40 V	P_GPC_01_03
Current sense pin	V_{IS}	-0.3	–	40	V	–	P_GPC_01_15
Voltage between VS and IS pin	V_{SIS}	-0.3	–	40	V	–	P_GPC_01_04
Temperatures							
Junction temperature	T_j	-40	–	150	°C	–	P_GPC_01_09
Storage Temperature	T_{stg}	-55	–	150	°C	–	P_GPC_01_10
ESD susceptibility all pins (HBM)	$V_{ESD(HBM, local)}$	-2	–	2	kV	HBM[1]	P_GPC_01_11
ESD susceptibility OUT vs GND, VS vs GND (HBM)	$V_{ESD(HBM, global)}$	-4	–	4	kV	HBM[1]	P_GPC_01_12
ESD susceptibility all pins (CDM)	$V_{ESD(CDM)}$	-500	–	500	V	CDM[2]	P_GPC_01_13
ESD susceptibility corner pins (CDM)	$V_{ESD(CDM, corner)}$	-750	–	750	V	CDM[2]	P_GPC_01_14

1) ESD 耐受能力，人体模型 (HBM)，符合AEC Q100-002（1.5 kΩ， 100 pF）。
2) ESD 耐受能力，带电器件模型 (CDM)，符合AEC Q100-011。

4.2 工作范围

工作范围参数如下表所示：

表 4　　工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply voltage range for normal operation	$V_{S(nor)}$	7	–	18	V	–	P_GPC_02_01
Extended supply voltage range for operation	$V_{S(ext)}$	4.5	–	40	V	–	P_GPC_02_02
Junction temperature	T_j	-40	–	150	°C	–	P_GPC_02_03
HS / LS continous drain current	$I_{D(HS)}$ $I_{D(LS)}$	-5.5	–	5.5	A	1) T_{amb} = 85°C	P_GPC_02_04
HS / LS pulsed drain current	$I_{pulse(HS)}$ $I_{pulse(LS)}$	-6.9	–	6.9	A	1) $t_{pulse} \leq 10$ s T_{amb} = 85°C	P_GPC_02_05
HS / LS pulsed drain current	$I_{pulse(HS)}$ $I_{pulse(LS)}$	-8.8	–	8.8	A	1) $t_{pulse} \leq 1$ s T_{amb} = 85°C	P_GPC_02_06
HS / LS pulsed drain current	$I_{pulse(HS)}$ $I_{pulse(LS)}$	-14	–	14	A	$t_{pulse} \leq 250$ ms T_{junc} = 25°C 2)	P_GPC_02_07
Input voltage range for normal operation	$V_{INA(nor)}$ / $V_{SDI(nor)}$, $V_{INB(nor)}$ / $V_{SCLK(nor)}$, $V_{SEL(nor)}$ / $V_{CS(nor)}$, $V_{PWM(nor)}$	-0.3	–	6.0	V	–	P_GPC_02_08

1) 基于使用 2s2p 和 600 mm² Cu（70 μ m）进行的热仿真
2) 该脉冲漏极电流定义为负载处于低温T_{Load} = - 40°C时的浪涌电流

4.3　　热阻抗

此热学数据依据JEDEC JESD51 标准生成。如需了解更多信息，请访问JEDEC。

表 5　　热阻抗

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction to ambient	R_{thJA}	–	32	–	K/W	1)	P_GPC_03_01
Junction to case	R_{thJC}	–	2	–	K/W	–	P_GPC_03_02

1) 根据 JEDEC JESD51-2,-5,-7，在 FR4 2s2p 板上进行自然对流。产品（芯片和封装）在 76.2 x 114.3 x 1.5 mm 电路板，带 2 个内铜层 (2 x 70 µm Cu、2 x 35 µm Cu)。在适用情况下，裸露焊盘下方的导热过孔阵列与第一个内部铜层接触。

4.4 电流消耗

表 6 电流消耗

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，I_L = 0 A，所有电压相对于地，正向流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply current in standby mode	I_{VS_STB}	–	–	5	µA	V_{INA} = V_{INB} = 0 V; V_{SEL} = 0 V; V_{PWM} = 0 V; -40°C ≤ T_j ≤ 85°C; V_S = 13.5 V	P_GPC_04_01
Supply current in standby mode	I_{VS_STB}	–	–	25	µA	V_{INA} = V_{INB} = 0 V; V_{SEL} = 0 V; V_{PWM} = 0 V; T_j = 150°C; V_S = 13.5 V	P_GPC_04_03
Supply current in normal mode	$I_{VS(ON)}$	–	3	5.5	mA	In normal operation mode: V_{INA} = 5 V, V_{INB} = 0 V or V_{INA} = 0 V, V_{INB} = 5 V; V_{SEL} = X; V_{PWM} = 0 V or V_{PWM} = 5 V; No load is connected	P_GPC_04_05

5 数字逻辑

INA 是通常用于控制半桥 A 的高边开关。INB 是通常用于控制半桥 B 的高边开关。PWM 用于在高边关断时控制低边开关。请注意，操作条件表中列出了一些例外情况，以涵盖所有用例。请参考表 7以检查输入模式。

表 7 运行条件

Input pattern				**Current sense/ Error flag**	**MOSFET status**				**Bridge mode**
INA	**INB**	**PWM**	**SEL**	**IS**	**HSA**	**LSA**	**HSB**	**LSB**	
0	0	0	0	Hi-Z	off	off	off	off	pull-down resistance is connected; outputs are grounded [1)]
0	0	0	1	error flag: short to GND	off	off	off	off	pull-up resistance is connected short to GND diagnosis
0	0	1	0	current sense: LSB	off	on	off	on	slow decay/break LS
0	0	1	1	current sense: LSA	off	on	off	on	slow decay/break LS
0	1	0	0	current sense: HSB	off	off	on	off	fast decay HSB/off
0	1	0	1	error flag: open load	off	off	on	off	fast decay HSB/open load diagnosis; pull-down resistance at OUTA is connected
0	1	1	0	current sense: HSB	off	on	on	off	forward
0	1	1	1	current sense: LSA	off	on	on	off	forward
1	0	0	0	error flag: open load	on	off	off	off	fast decay HSA/open load diagnosis; pull-down resistance at OUTB is connected
1	0	0	1	current sense: HSA	on	off	off	off	fast decay HSA/off
1	0	1	0	current sense: LSB	on	off	off	on	reverse
1	0	1	1	current sense: HSA	on	off	off	on	reverse
1	1	0	0	current sense: HSB	on	off	on	off	slow decay/break HS
1	1	0	1	current sense: HSA	on	off	on	off	slow decay/break HS
1	1	1	0	current sense: LSB	off	off	off	on	Half-bridge A in tri-state
1	1	1	1	current sense: LSA	off	on	off	off	Half-bridge B in tri-state

注释： *对于SPI版本，表中的输入映射到SPI协议中的专用位。*
当WD_EN位为低时，若看门狗在其周期内未被触发，器件在延时结束后进入待机模式。

1) $V_{SEL} \leq 0.25$ V.

表 8 故障条件

Digital input pins				**IS**	**Comment**
INA	**INB**	**PWM**	**SEL**		
0	0	0	1	$I_{IS(FAULT)}$	Short to GND is detected

（表格续下页……）

表 8 （续）故障条件

Digital input pins				IS	Comment
INA	INB	PWM	SEL		
0	0	1	0/1	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; low side A/B latched off in OC condition
0	1	0	0	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; high side B latched off in OC condition
0	1	0	1	$I_{IS(FAULT)}$	Open load is detected
0	1	1	0/1	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; high side B or low side A latched off in OC condition
1	0	0	0	$I_{IS(FAULT)}$	Open load is detected
1	0	0	1	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; high side A latched off in OC condition
1	0	1	0	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; high side A or low side B latched off in OC condition
1	1	0	0	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; high side A/B latched off in OC condition
1	1	1	0	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; low side B latched off in OC condition
1	1	1	1	$I_{IS(FAULT)}$	Error flagged; low side A latched off in OC condition

注释： *对于SPI版本，表中的输入映射到SPI协议中的专用位。*
错误标志可以通过IS 引脚或SDO 引脚读取。

5.1 控制输入

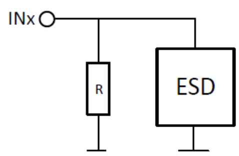


图 4 输入结构

表 9 电气特性

V_S = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Low level voltage INA / SDI, INB / SCLK, SEL / CS, PWM	$V_{INA(L)}$ / $V_{SDI(L)}$, $V_{INB(L)}$ / $V_{SCLK(L)}$, $V_{PWM(L)}$, $V_{SEL(L)}$ / $V_{CS(L)}$	1.0	1.3	–	V	1)	P_INP_01_01
High level voltage INA / SDI, INB / SCLK, SEL / CS, PWM	$V_{INA(H)}$ / $V_{SDI(H)}$, $V_{INB(H)}$ / $V_{SCLK(H)}$, $V_{PWM(H)}$, $V_{SEL(H)}$ / $V_{CS(H)}$	–	1.6	2.1	V	–	P_INP_01_02

（表格续下页......）

表 9 （续）电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Input voltage hysteresis	$V_{INA(HYS)}$ / $V_{SDI(HYS)}$, $V_{INB(HYS)}$ / $V_{SCLK(HYS)}$, $V_{SEL(HYS)}$ / $V_{CS(HYS)}$, $V_{PWM(HYS)}$	–	400	–	mV	–	P_INP_01_03
Input current low level	$I_{INA(L)}$ / $I_{SDI(L)}$, $I_{INB(L)}$ / $I_{SCLK(L)}$, $I_{PWM(L)}$, $I_{SEL(L)}$ / $I_{PWM(L)}$	2	4	6	µA	VINA / VSDI = VINB / VSCLK = VPWM = VSEL / VPWM = 1.0 V Refer to Figure 4	P_INP_01_04
Input current high level	$I_{INA(H)}$ / $I_{SDI(H)}$, $I_{INB(H)}$ / $I_{SCLK(H)}$, $I_{PWM(H)}$, $I_{SEL(H)}$ / $I_{PWM(H)}$	–	10	20	µA	VINA / VSDI = VINB / VSCLK = VPWM = VSEL / VPWM = 2.1 V Refer to Figure 4	P_INP_01_05

1) 当V_{INA}、V_{INB}、V_{PWM}或$V_{SEL(L)}$高于0.8 V时，器件将从待机模式进入正常工作模式，并消耗较高的静态电流。

6 功率级

6.1 功能描述

CTM9020EP / CTM9021EP 的功率级由两个半桥组成。所有保护和诊断功能均适用于每个半桥。

导通电阻R_{ON}主要取决于结温T_j。典型导通电阻特性如图 5所示。

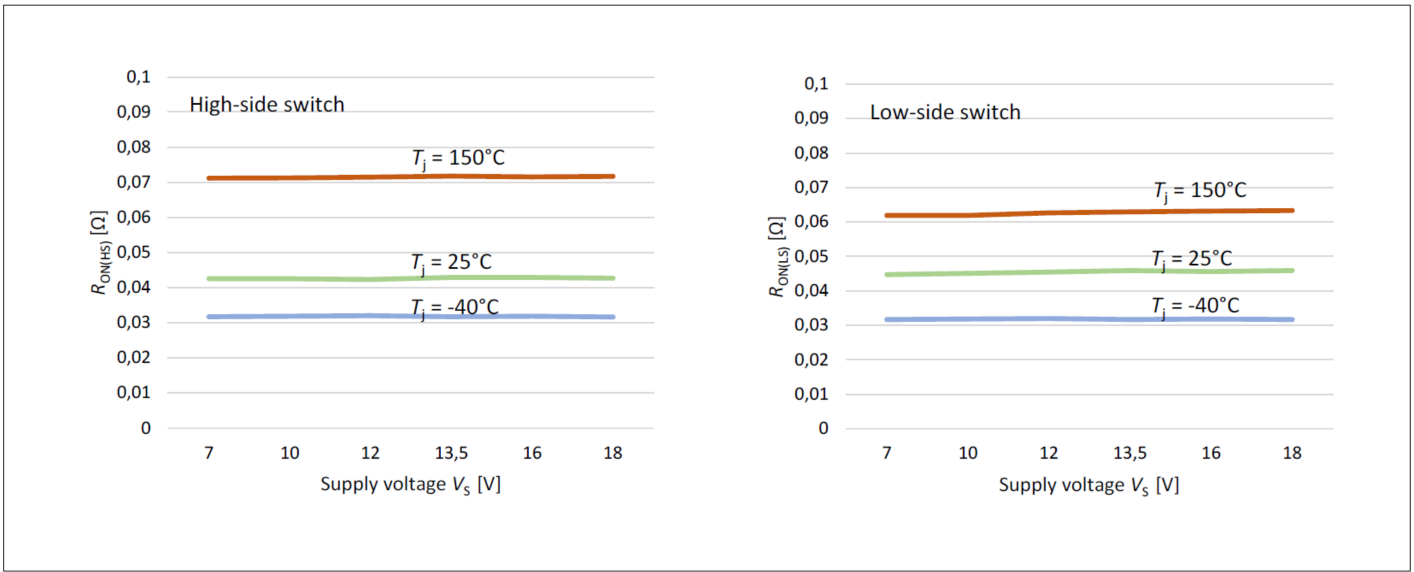


图 5 典型导通电阻 vs. 供电电压

6.2 开关时间

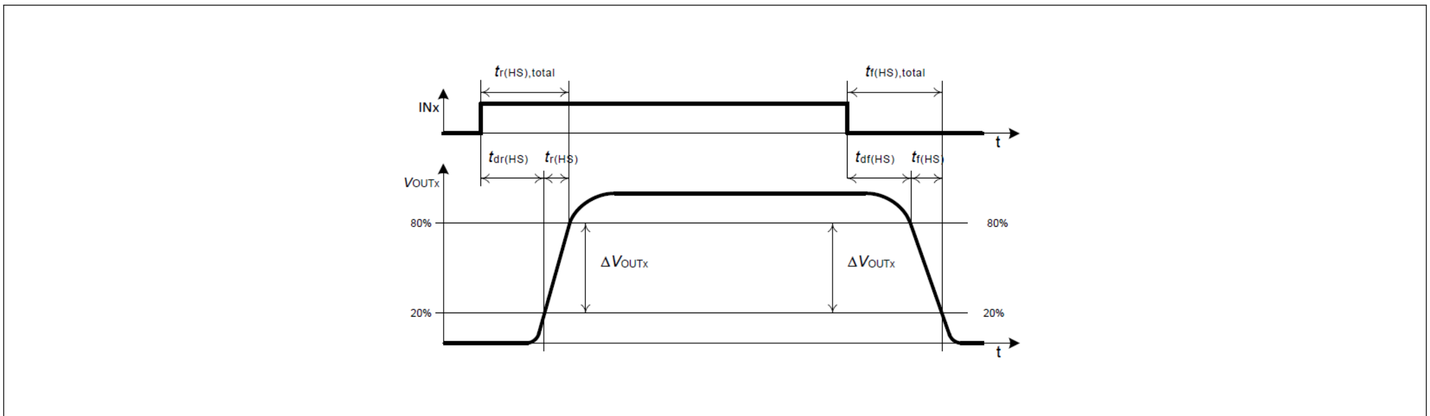


图 6 无交叉电流保护时间的高边开关时间定义

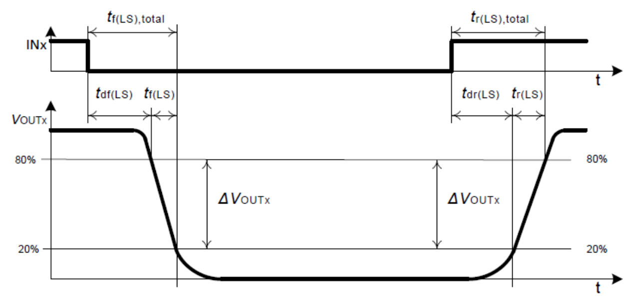


图 7 无交叉电流保护时间的低边开关时间定义

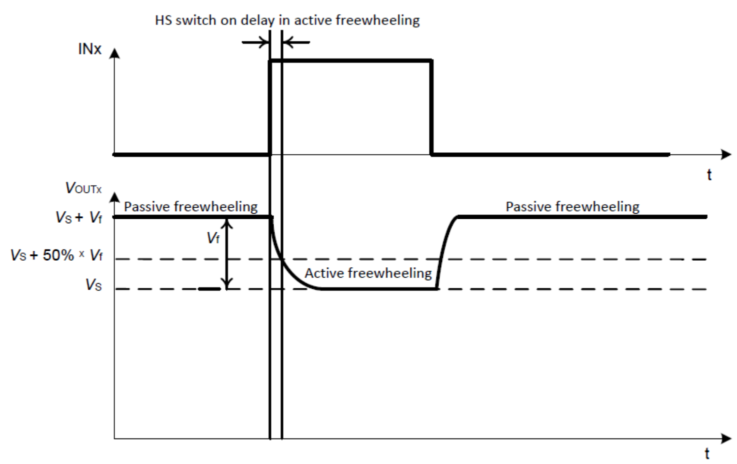


图 8 主动续流模式下的高边开关导通延迟

对于 SPI 版本，图中的 INx 信号映射到 SPI 协议中的输入位。INx 将在 CS 下降沿更新。

6.3 斜率选择

6.3.1 硬件版本

斜率可通过输入切换来选择，如图9所示，如果一个以上的输入信号为高，则在下列情况中将选择下一个斜率电平：

- 所有输入信号均被下拉，持续时间为 0.5 µs ≤ t_{SLS} ≤ 5 µs
- t_{SLS} 到期 后，至少一个输入信号被上拉

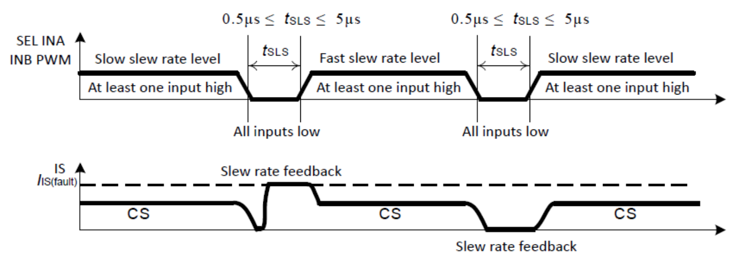


图 9 **斜率选择**

上电后默认选择慢斜率。

如图10 所示 当所有输入信号均被拉低时，可以在待机模式消隐时间到期之前在 IS 引脚上检测到所选的斜率：

- 如果故障电流$I_{IS(FAULT)}$出现在IS引脚，则选择快速斜率
- 如果 IS 引脚上没有电流，则选择慢斜率

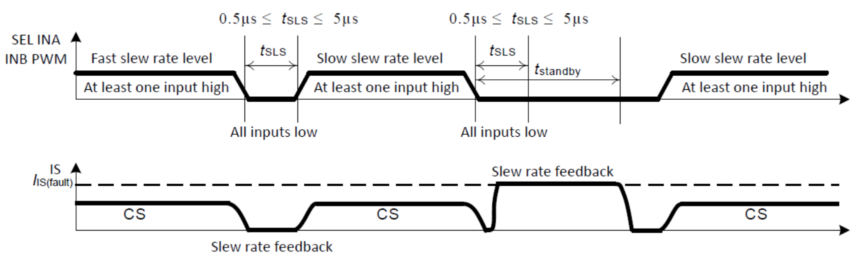


图 10 **斜率检测**

6.3.2 SPI版本

斜率通过发送到 SDI 的数据字节中的 SR 位来选择：

- 如果 SR 位设置为 1，则选择快斜率
- 如果 SR 位设置为 0，则选择慢斜率

上电后斜率默认复位为慢斜率电平。

当 SDO_SEL 置位为 0 时，斜率可以通过 SDO 在控制位字节中读出。

6.4 电气特性

表 10 **电气特性**

V_S = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
On-state high-side resistance	$R_{ON(HS)}$	–	–	78	mΩ	I_{OUT} = 2.5 A; V_S = 6 V; T_j = 150°C	P_PS_01_01

（表格续下页……）

表 10 （续）电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
On-state high-side resistance	$R_{ON(HS)}$	–	42	–	mΩ	I_{OUT} = 2.5 A; V_S = 6 V; T_j = 25°C	P_PS_01_25
On-state low-side resistance	$R_{ON(LS)}$	–	–	78	mΩ	I_{OUT} = 2.5 A; V_S = 6 V; T_j = 150°C	P_PS_01_02
On-state low-side resistance	$R_{ON(LS)}$	–	42	–	mΩ	I_{OUT} = 2.5 A; V_S = 6 V; T_j = 25°C	P_PS_01_26
Fast HS switch on delay time	$t_{dr1(HS)}$	0.6	1.0	1.6	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_26
Slow HS switch on delay time	$t_{dr2(HS)}$	0.8	1.6	3.2	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_27
Fast HS switch off delay time	$t_{df1(HS)}$	2.1	4.5	6.5	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_28
Slow HS switch off delay time	$t_{df2(HS)}$	3.0	9.0	16	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_22
Fast HS rise time	$t_{r1(HS)}$	0.6	1.0	1.9	µs	V_{OUTx} from 20% to 80% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_30
Slow HS rise time	$t_{r2(HS)}$	1.0	2.2	4.4	µs	V_{OUTx} from 20% to 80% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_31
Fast HS fall time	$t_{f1(HS)}$	0.4	0.9	1.4	µs	V_{OUTx} from 80% to 20% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_32
Slow HS fall time	$t_{f2(HS)}$	0.6	2.0	3.6	µs	V_{OUTx} from 80% to 20% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_33
Fast LS switch on delay time	$t_{df1(LS)}$	0.6	1	1.6	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_34
Slow LS switch on delay time	$t_{df2(LS)}$	0.8	1.9	3.4	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_35

（表格续下页......）

表 10 （续）电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Fast LS switch off delay time	$t_{dr1(LS)}$	2	3.8	5.7	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_36
Slow LS switch off delay time	$t_{dr2(LS)}$	3.3	8	13.2	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_37
Fast LS rise time	$t_{r1(LS)}$	0.4	0.8	1.2	µs	V_{OUTx} from 20% to 80% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_38
Slow LS rise time	$t_{r2(LS)}$	0.7	1.8	2.8	µs	V_{OUTx} from 20% to 80% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_39
Fast LS fall time	$t_{f1(LS)}$	0.4	0.8	1.25	µs	V_{OUTx} from 80% to 20% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_40
Slow LS fall time	$t_{f2(LS)}$	0.7	1.5	3.1	µs	V_{OUTx} from 80% to 20% of V_S; R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_41
Fast cross current protection time	t_{cross1}	2.5	3.3	5	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_42
Slow cross current protection time	t_{cross2}	4.5	7	9.5	µs	R_{Load} = 5.6 Ω; V_S = 13.5 V	P_PS_01_43
Free wheeling diode forward voltage	V_f	–	0.8	0.9	V	$\|I_{OUT}\|$ = 2 A; T_j = 150°C	P_PS_01_13
Slew rate selection time	t_{SLS}	0.5	–	5	µs	–	P_PS_01_15

7 保护和诊断

7.1 硬件版本

高边和低边开关均能在使能状态下检测负载开路情况。

7.1.1 欠压关断

如果供电电压低于 $V_{UV(OFF)}$，如图11 所示，该器件将

- 主动关断MOSFET
- 保持电荷泵开启
- 电流采样引脚无输出

注：如果供电电压低于掉电复位电压V_{S_POFFR}，电荷泵将被停用，斜率将设置为默认值。

如果 V_S 升至 $V_{UV(ON)}$ 以上，如图 11 所示，器件将恢复正常工作。

当供电电压上升到 $V_{UV(ON)}$以上时，在开启延迟和电流采样恢复时间t_{IS} 结束时，IS 引脚上将输出检测电流 IS。

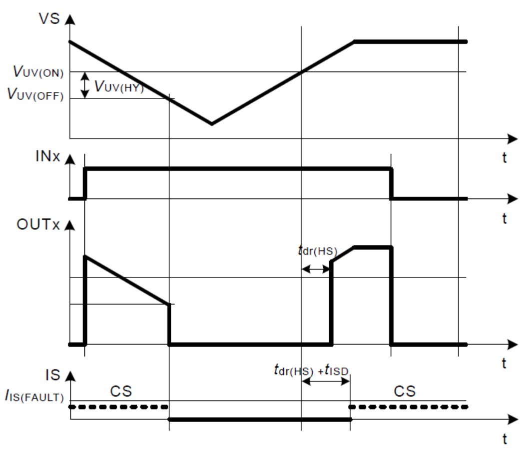


图 11 欠压行为时序图

7.1.2 过温保护

该器件集成温度传感器，防止过热。过热会导致输出级（包括高边和低边开关）关闭。

如果温度传感器达到T_{jSD}的时间长于t_{OTF}，则器件的行为如下

- 关闭对应半桥中的高边和低边 MOSFET
- 保持电荷泵开启
- 在结温降至阈值以下前，开关保持关闭，直到器件恢复正常运行
- 在 IS 引脚 提供 $I_{IS\ (fault)}$

一旦温度降至开关开启结温T_{jSO}，器件就会恢复正常功能

7.1.3 过流保护

7.1.3.1 短路输出到电源或地

高边开关具有对地短路保护功能，而低边开关具有对电源短路保护功能。

如果开通过程内的电流超过相应的过流检测阈值I_{SD_xx}，则该器件将

- 进入过流状态
- 启动过流关断滤波时间t_{dOC_xx}
- 限制电流至电流阈值 I_{LIM_xx}

当触发过流关断时，该器件将

- 闭锁
- 在 IS 引脚提供 I_{IS}（fault）
- 通过输入脉冲（PWM 、INA 和 INB）打开 MOSFET，如图14 所示

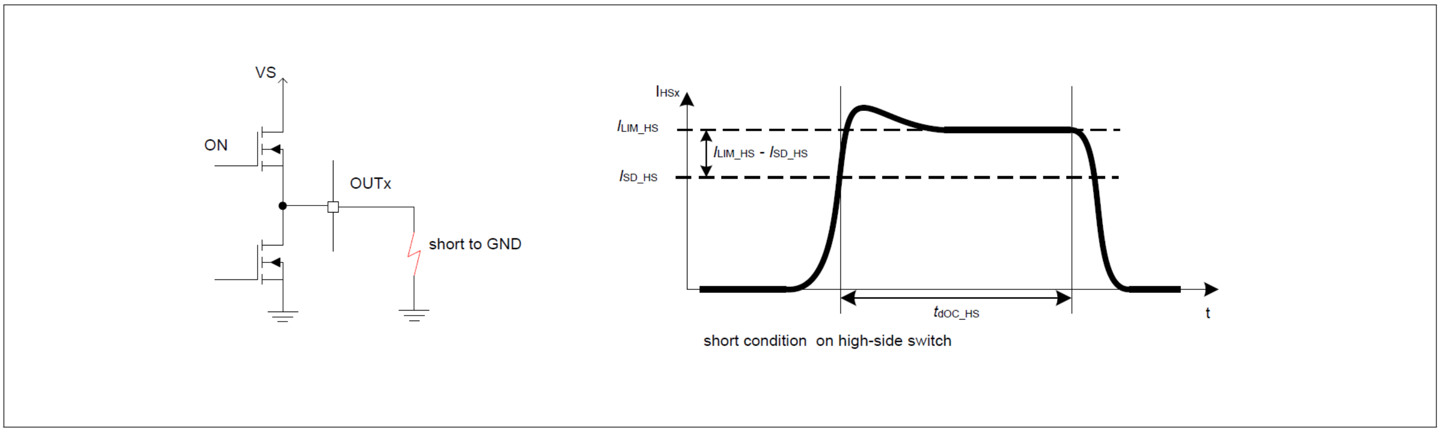


图 12 **高边开关短路与过流保护**

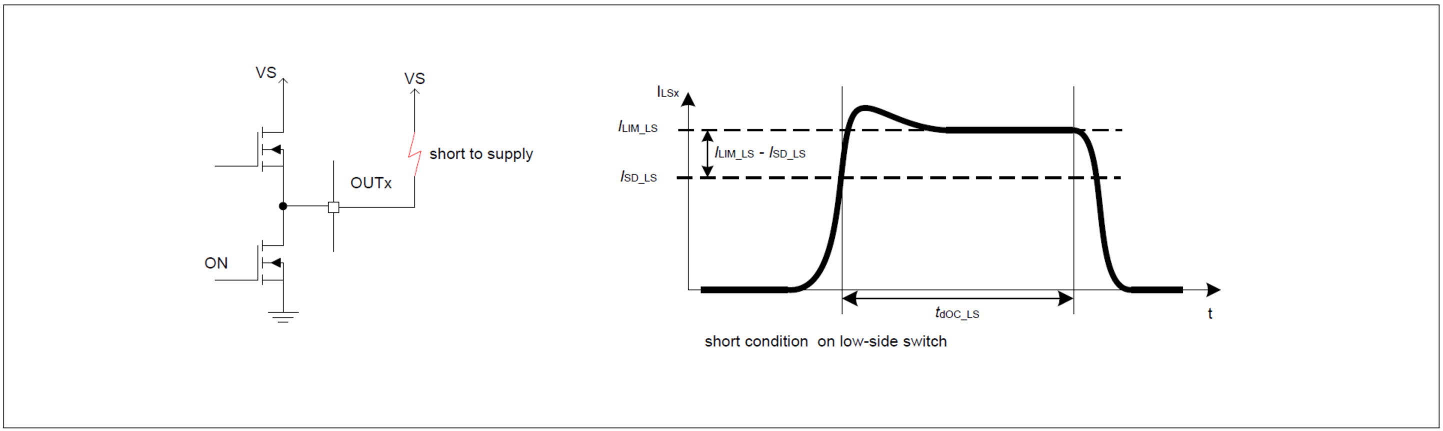


图 13 **低边开关短路与过流保护**

高边电流阈值总是高于低边电流阈值。

7.1.3.2 恢复正常运行

如图 14所示，恢复将由输入模式控制。

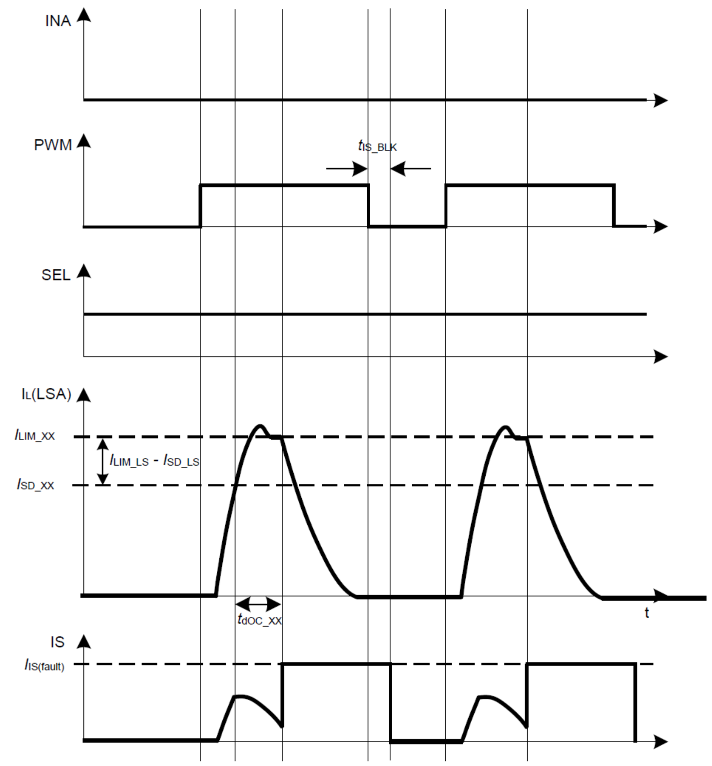


图 14 **通过输入模式实现短路与过流保护的恢复**

7.1.4 交叉电流保护

确保高边和低边 MOSFET 永远不会同时开通，以避免上下管直通。这是通过在功率输出的驱动级中集成延迟来实现的，在关闭其中一个 MOSFET 和打开半桥内相邻的MOSFET之间创建直通保护时间。直通保护时间 t_{cross1} 和 t_{cross2} 如图15和图 16所示，以确保切换斜率不会相互重叠。这可以防止发生直通事件。

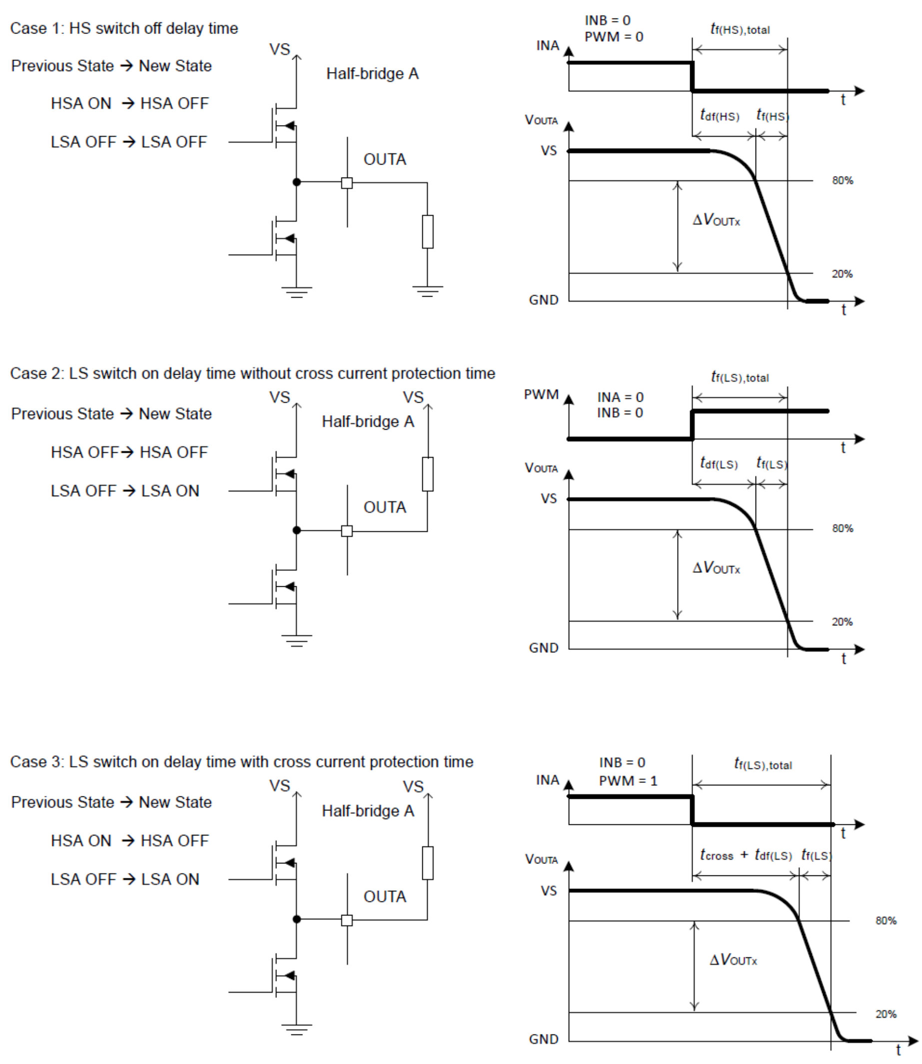


图 15 半桥输出开关时间：高边到低边的切换

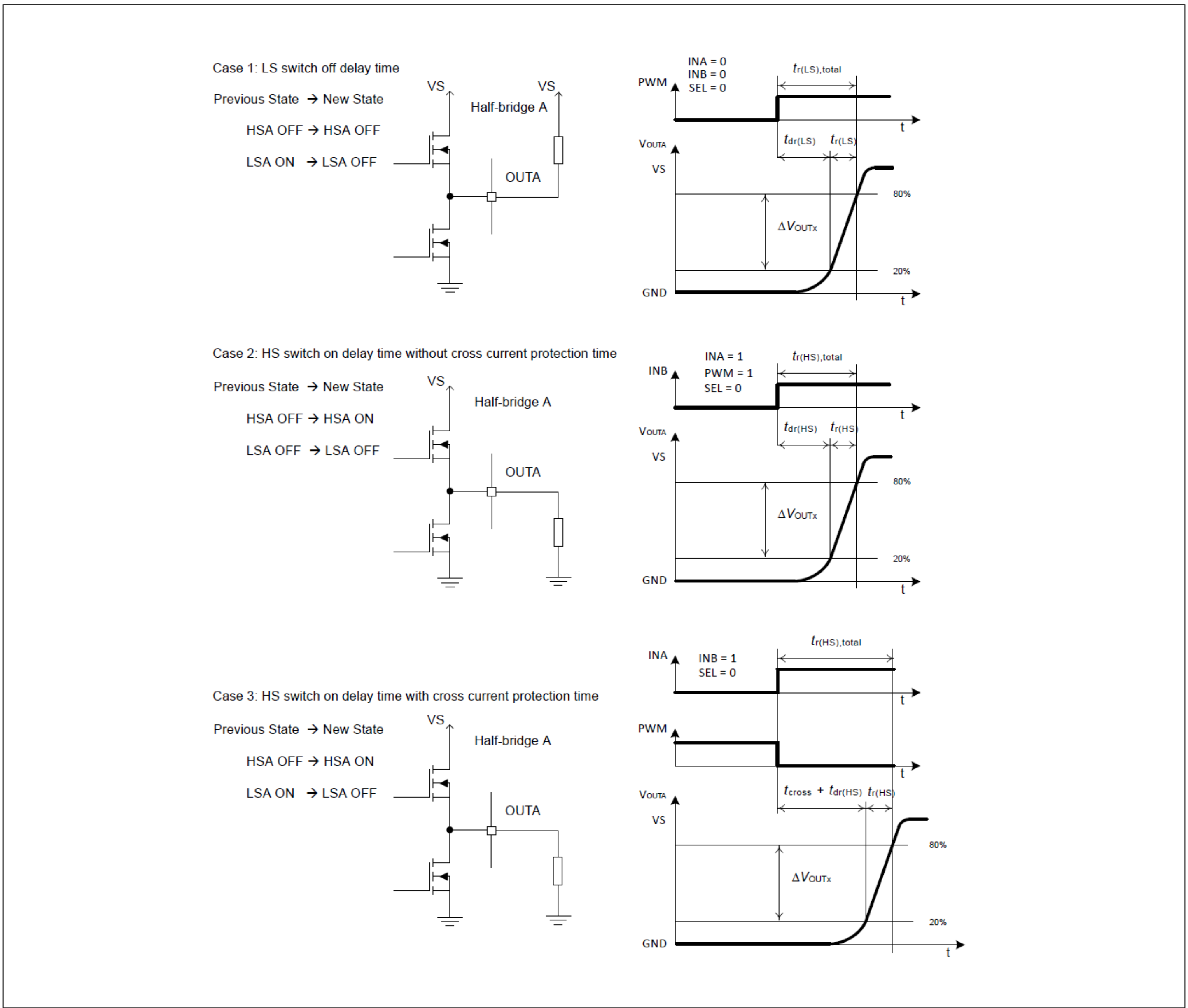


图 16 半桥输出开关时间：低边到高边的切换

7.1.5 开路负载检测

在以下情况下，该器件无需任何外部下拉电阻即可提供负载开路检测，并且将错误标志在 IS 引脚上输出。

- OUTA处负载开路
- OUTB处负载开路
- OUTA 和/或 OUTB 处对 GND 短路

表 11 负载开路诊断

Digital input pins				OUTA	OUTB	IS	Comment
INA	INB	PWM	SEL				
1	0	0	0	High	Low	$I_{IS(FAULT)}$	Open load at OUTA or OUTB
0	1	0	1	Low	High	$I_{IS(FAULT)}$	Open load at OUTA or OUTB

（表格续下页……）

表 11 （续）负载开路诊断

Digital input pins				OUTA	OUTB	IS	Comment
INA	INB	PWM	SEL				
0	0	0	1	Low	Low	$I_{IS(FAULT)}$	Short to GND

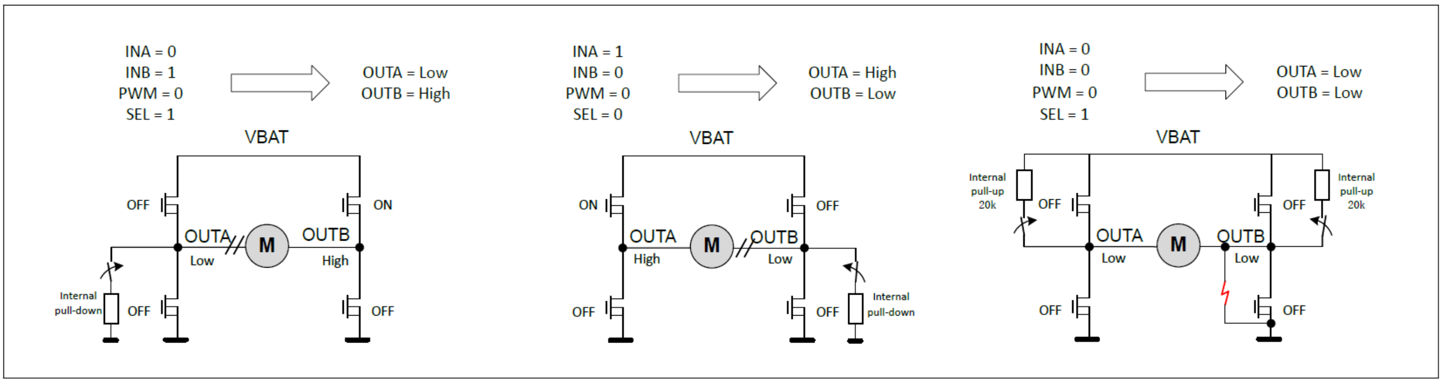


图 17 开路检测与接地短路示例

7.1.6 电流检测

在正常工作时（参见表7），电流源连接到 IS 引脚，以提供与流过 SEL 引脚选择的开关成比例的正向电流电流，如图18所示：

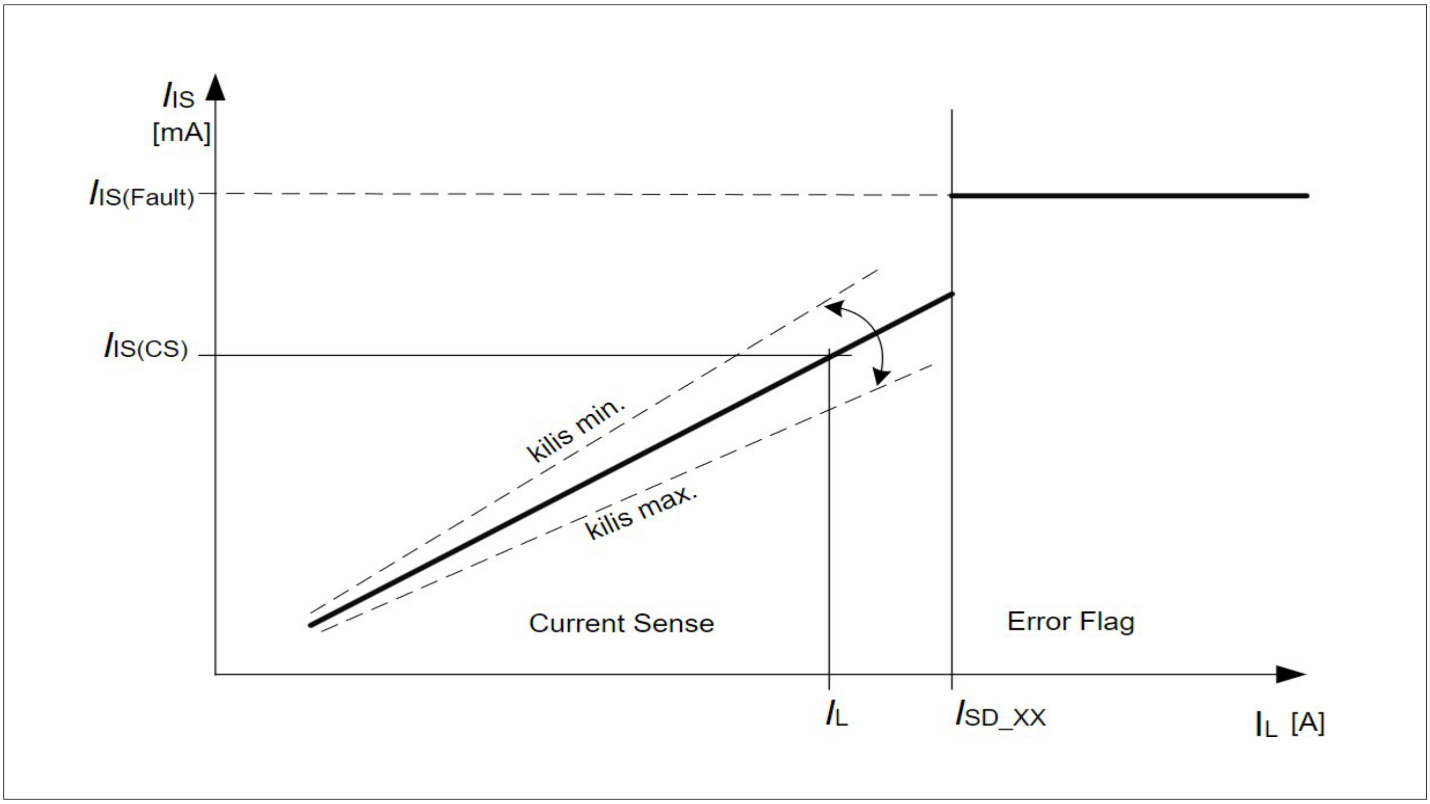


图 18 检测电流 vs. 负载电流

7.2 SPI版本

高边和低边开关均能在激活状态下检测负载开路。

为监控与微控制器之间的SPI通信，应通过将 WD_EN 设置为 1 来激活集成看门狗。在每个SPI指令中，应将 8 个时钟脉冲发送到器件。如果在CS高电平期间SCLK的数量是8 的倍数，则看门狗由CS信号的下降沿触发。如果在看门狗周期内CS信号下降沿时没有触发，器件将复位控制字节和状态字节。在待机模式模式消隐时间结束后，MOSFET 将被关闭，如图 19所示。

通过将 WD_EN 设置为 1 来激活看门狗。

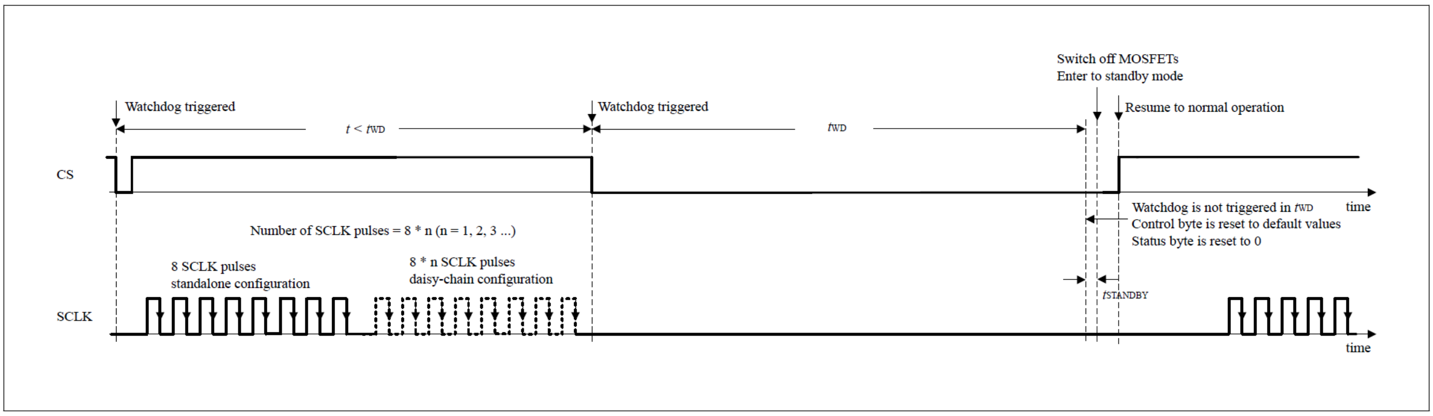
当看门狗周期内未检测到CS单信号的下降沿，或CS高电平期间SCLK脉冲数不是 8 的倍数时，器件将：

- 将控制字节复位为默认值
- 置位状态字节为 0
- 关断 MOSFET，并在$t_{STANDBY}$结束后进入待机模式

注释：如果 CS 信号持续处于高电平，且在看门狗周期内未触发看门狗，则控制字节将被重置，并且 MOSFET 将关闭，同时电荷泵保持激活状态。需要 CS 信号的上升沿才能恢复正常运行。

当CS信号的下一个上升沿到来时，器件将恢复到正常运行模式，并根据发送到SDI的控制字节进行操作。

图 19 看门狗故障



7.2.1 欠压关断

如果供电电压低于 $V_{UV(OFF)}$，如图 20 所示，该器件将

- 主动关断MOSFET
- 保持电荷泵开启
- 电流采样引脚无输出
- 置位UV位为1

如果 V_S 升至 $V_{UV(ON)}$ 以上，如图 20所示，该器件的行为如下：

- 恢复正常运行
- 清除状态字节中的UV位

当供电电压上升到 $V_{UV(ON)}$以上时，在开启延迟和电流采样恢复时间t_{IS} 结束时，IS 引脚上将输出检测电流 IS。

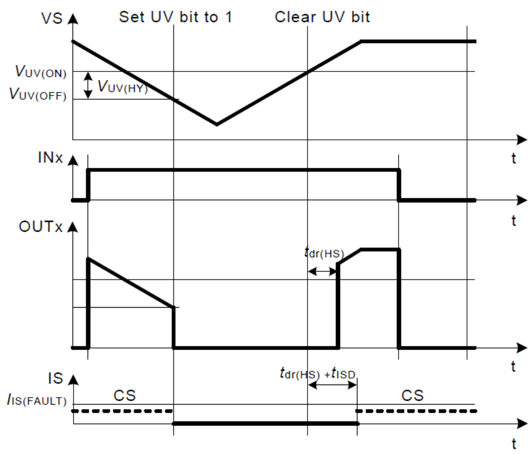


图 20 欠压行为时序图

7.2.2 过温保护

该器件集成温度传感器，防止过热。过热会导致输出级（包括高边和低边开关）关闭。

如果温度传感器达到T_{jSD}的时间长于t_{OTF}，则器件的行为如下

- 关闭对应半桥中的高边和低边 MOSFET
- 保持电荷泵开启
- 在结温降至阈值以下前，开关保持关闭，直到器件恢复正常运行
- 在 IS 引脚提供 $I_{IS(fault)}$
- 将专用过温错误标志 TSDx 置位为 1

当温度降至低于热开启结温T_{jSO}时，器件的行为如下：

- 恢复正常运行
- 复位状态字节中的TSDx位

7.2.3 过流保护

7.2.3.1 短路输出到电源或地

高边开关具有对地短路保护功能，而低边开关具有对电源短路保护功能。

如果流过开关的电流超过相应的过流检测阈值I_{SD_xx}，则该器件将

- 进入过流状态
- 启动过流关断滤波时间t_{dOC_xx}
- 限制电流至电流阈值 I_{LIM_xx}

当触发过流关断时，该器件将

- 闭锁
- 在 IS 引脚提供 $I_{IS(fault)}$
- 通过输入脉冲（PWM、INA 和 INB）打开 MOSFET，如图 23所示
- 配置专用OCx位为1

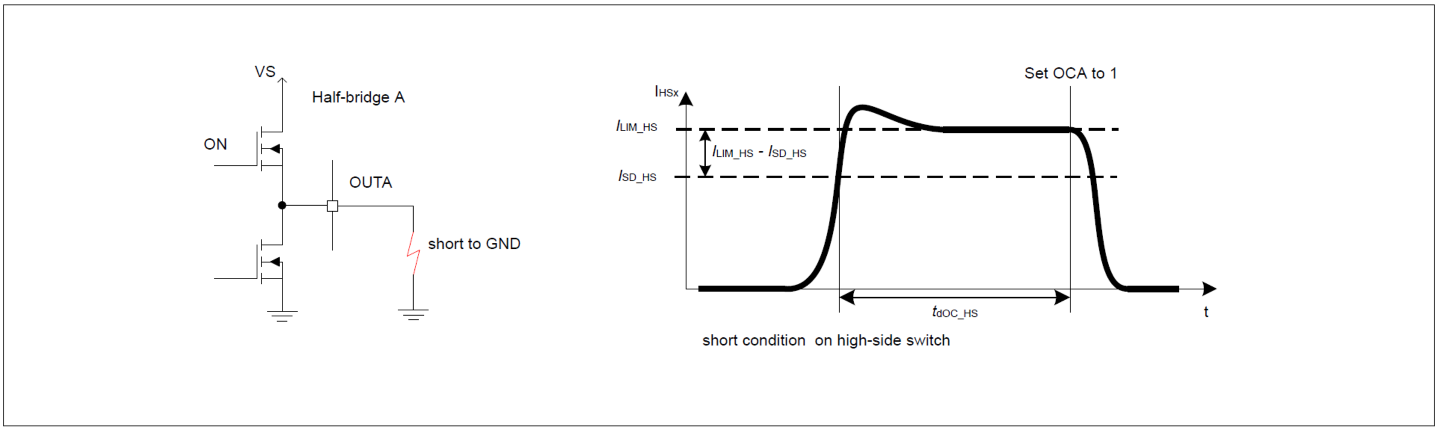


图 21 OUTA与GND之间的短路用于触发过流保护

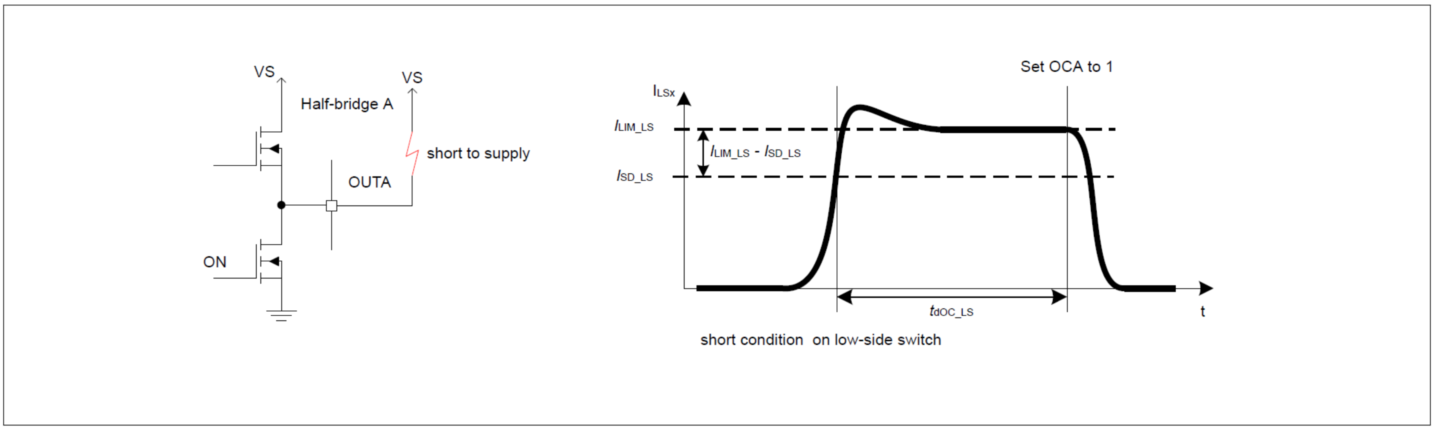


图 22 OUTA与VS之间的短路用于触发过流保护

高边电流阈值总是高于低边电流阈值。

7.2.3.2 恢复正常运行

如图 23所示，恢复将由控制字节中的输入位控制。当开启MOSFET 的输入位发送到器件时，它的行为如下：

- 恢复正常运行
- 开启对应MOSFET
- 清除OCx位

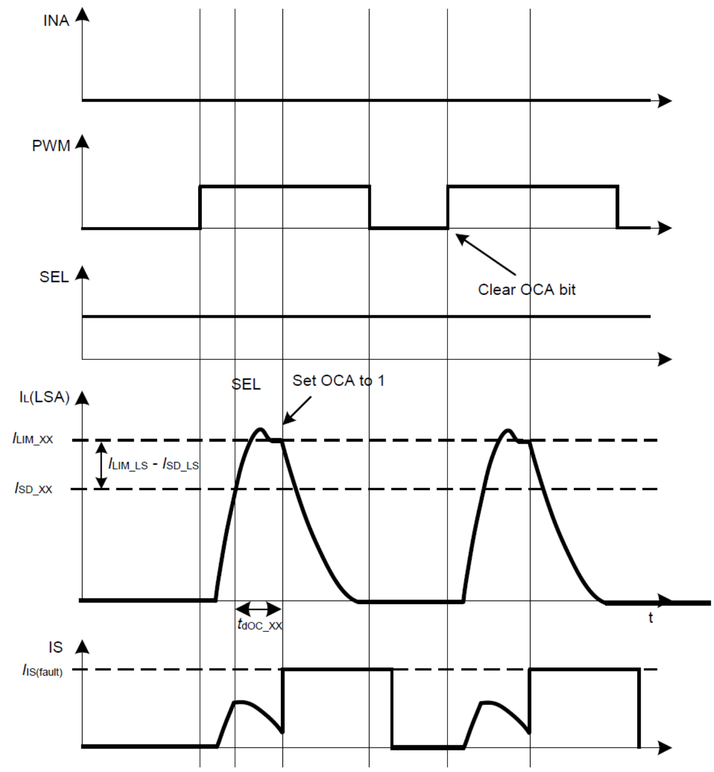


图 23 通过输入位实现短路与过流保护的恢复

7.2.4 开路负载检测

在以下情况，该器件无需外接下拉电阻即可提供负载开路检测，并且故障标志位将出现在IS引脚上，OL位出现在状态位上。

- OUTA处负载开路
- OUTB处负载开路
- 短路至 GND

表 12 负载开路诊断

Input bits in the control byte				OUTA	OUTB	IS	OL bit	Comment
INA	INB	PWM	SEL					
1	0	0	0	High	Low	$I_{IS(FAULT)}$	1	Open load at OUTA or OUTB
0	1	0	1	Low	High	$I_{IS(FAULT)}$	1	Open load at OUTA or OUTB
0	0	0	1	Low	Low	$I_{IS(FAULT)}$	1	Short to GND

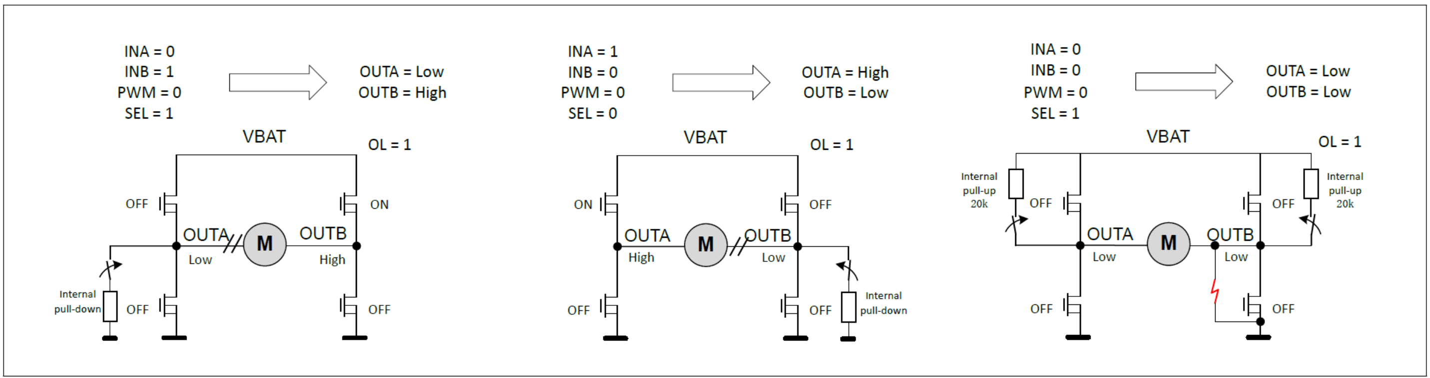


图 24 开路检测与接地短路示例

7.2.5 电流检测

在正常工作时（参见表 7），电流源连接到 IS 引脚，以提供与流过 SEL 引脚选择的开关成比例的正向电流电流，如图 25所示：

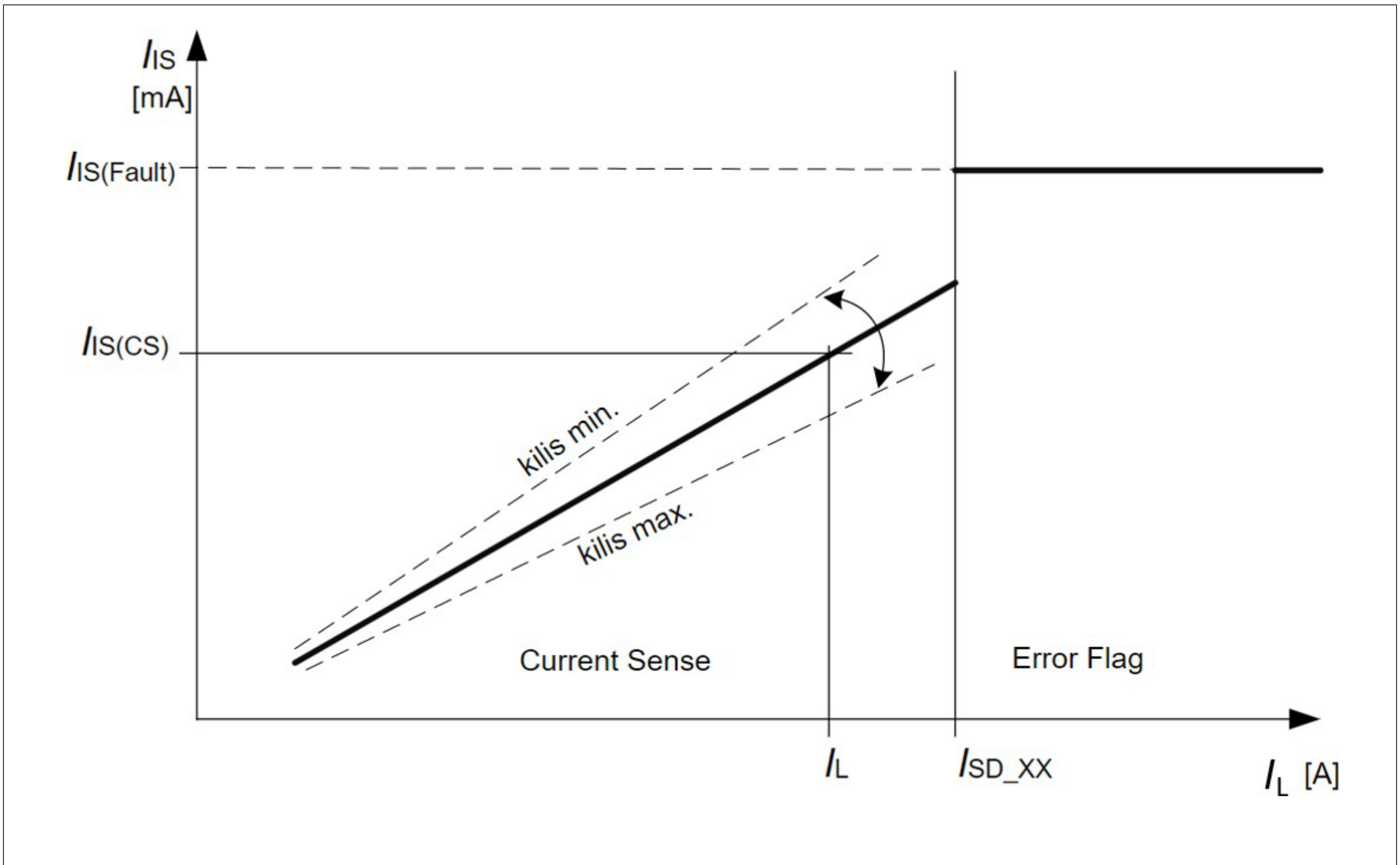


图 25 检测电流 vs. 负载电流

7.2.6 交叉电流保护

确保高边和低边 MOSFET 永远不会同时导通，以避免交叉电流。这是通过在功率输出的驱动级中集成延迟来实现的，在关闭其中一个 MOSFET 和打开半桥内相邻的MOSFET 之间创建交叉电流保护时间。交叉电流保护时间t_{cross1} 和 t_{cross2} 如图 26和图 27所示，以确保切换斜率不会相互重叠。这可以防止发生跨导事件。

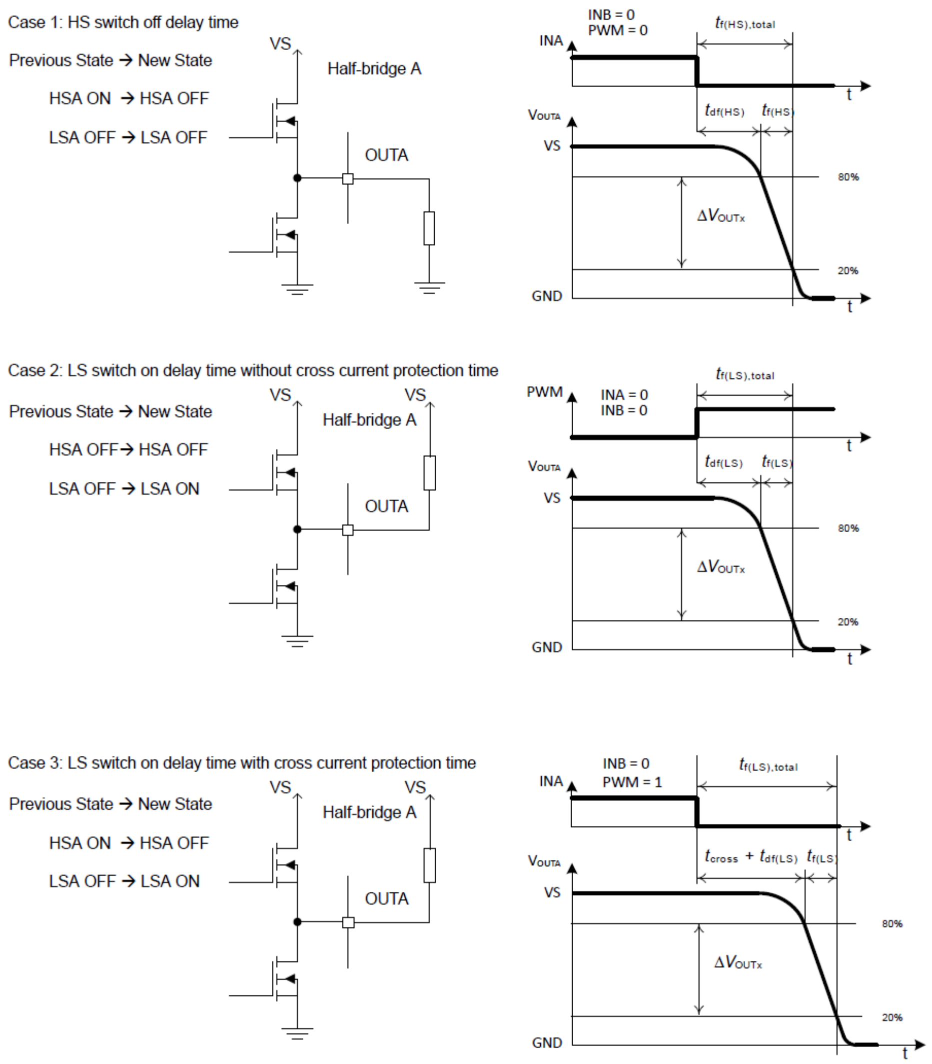


图 26 **半桥输出开关时间：高边到低边的切换**

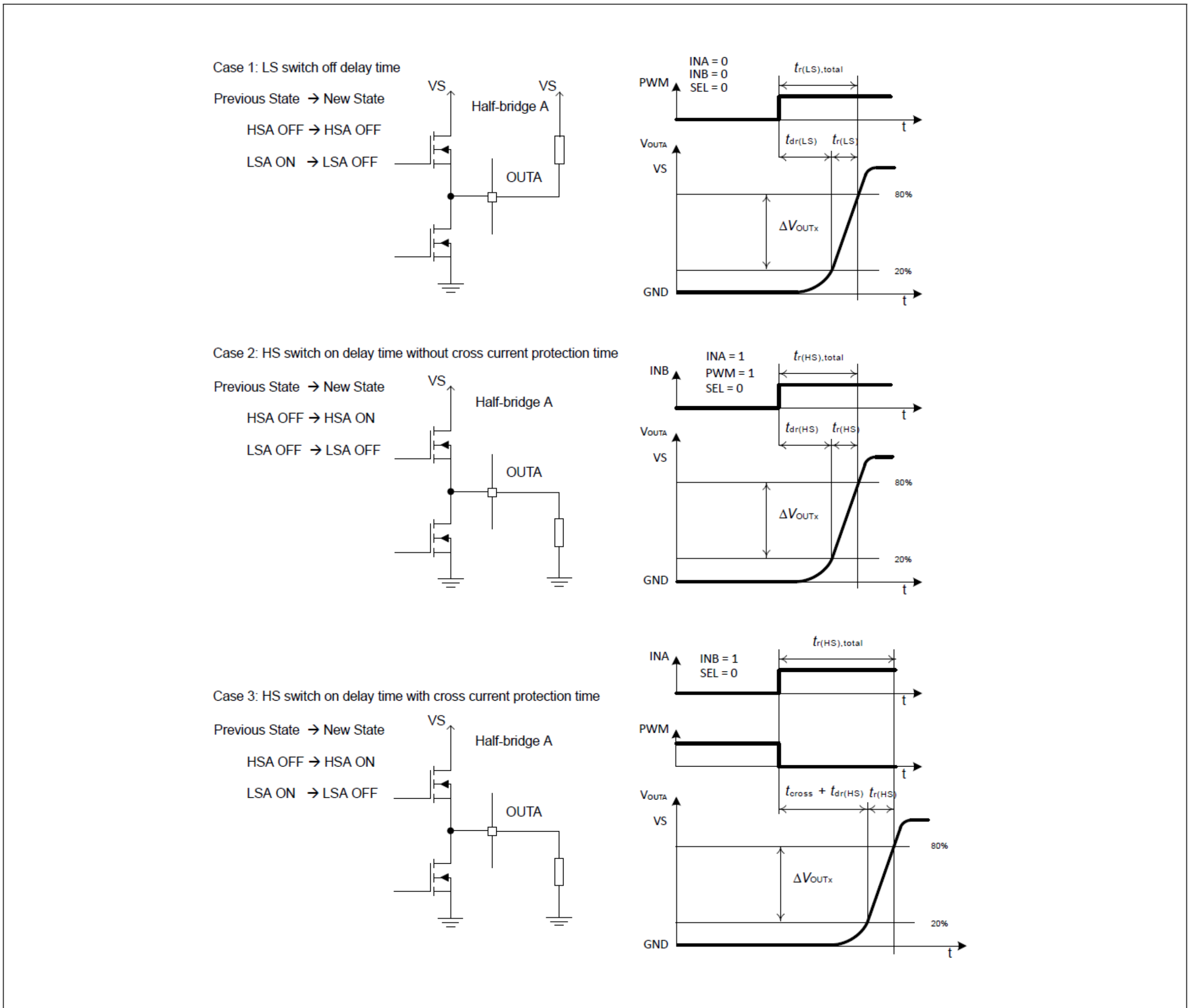


图 27 半桥输出开关时间：低边到高边的切换

7.3 电气特性

表 13 电气特性

V_S = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Switch on voltage	$V_{UV(ON)}$	–	–	5.0	V	V_S increasing	P_PRO_01_01
Switch off voltage	$V_{UV(OFF)}$	3.0	–	4.5	V	V_S decreasing	P_PRO_01_02
On/off hysteresis	$V_{UV(HY)}$	–	0.4	–	V	–	P_PRO_01_03

（表格续下页……）

表 13 （续）电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Current sense recovery time	t_{IS}	1	4	10	µs	–	P_PRO_01_04
VS power on reset	V_{S_POR}	3.8	–	–	V	V_S increasing	P_PRO_01_28
VS power off reset	V_{S_POFFR}	–		2.0	V	V_S decreasing	P_PRO_01_29
VS power on / off hysteresis	$V_{S\_POR\_HY}$	–	0.02	–	V	V_{S_POR} - V_{S_POFFR}	P_PRO_01_30
Thermal shutdown							
Thermal shutdown junction temperature	T_{jSD}	155	175	200	°C	–	P_PRO_01_05
Thermal switch on junction temperature	T_{jSO}	150	–	190	°C	–	P_PRO_01_06
Thermal hysteresis	ΔT	–	12	–	K	–	P_PRO_01_07
Overcurrent shutdown							
HS/LS overcurrent detection threshold	I_{SD_HS} I_{SD_LS}	16	22	27	A	–	P_PRO_01_09
HS/LS current limitation	I_{LIM_HS} I_{LIM_LS}	20	30	43	A	–	P_PRO_01_10
HS/LS overcurrent shutdown filter time	t_{dOC_HS} t_{dOC_LS}	5	7	11	µs	–	P_PRO_01_11
Open load detection							
Open load detection current	I_{OLD}	2.5	4	5.5	mA	Input patterns: INA = 1, INB = 0, PWM = 0, SEL = 0; INA = 0, INB = 1, PWM = 0, SEL = 1;	P_PRO_01_12
Open load detection filter time	t_{D_OL}	8.5	–	–	µs	Input patterns: INA = 1, INB = 0, PWM = 0, SEL = 0; INA = 0, INB = 1, PWM = 0, SEL = 1; INA = 0, INB = 0, PWM = 0, SEL = 1	P_PRO_01_13

（表格续下页......）

表 13　　（续）电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Short to ground detection voltage	V_{STG}	0.7	–	1.25	V	–	P_PRO_01_27
Current sense							
High-side current sense ratio	*Kilis1(HS)*	4300	4900	5500	–	I_{OUT} = 5 A	P_PRO_01_14
High-side current sense ratio	*Kilis2(HS)*	2600	4800	7200	–	I_{OUT} = 0.8 A	P_PRO_01_15
Low-side current sense ratio	*Kilis1(LS)*	4300	4900	5500	–	I_{OUT} = 5 A	P_PRO_01_16
Low-side current sense ratio	*Kilis2(LS)*	3200	6000	8800	–	I_{OUT} = 0.8 A	P_PRO_01_17
Max. analog sense current	$I_{IS(CS)}$	–	–	5.5	mA	In normal operation condition	P_PRO_01_18
Error sense current	$I_{IS(FAULT)}$	5.9	7.2	8.6	mA	In fault condition	P_PRO_01_19
Timing							
Input reset time for HS latched faults	t_{RST_HS}	300	–	–	ns	V_{INX} = 5 V to 0 V; HSX is in fault condition	P_PRO_01_20
Input reset time for LS latched faults	t_{RST_LS}	300	–	–	ns	V_{PWM} = 5 V to 0 V; LSX is in fault condition	P_PRO_01_21
Standby mode blanking time	$t_{standby}$	–	–	50	µs	–	P_PRO_01_22
Current sense blank time for slow slew rate	t_{IS_BLK}	1.5	–	10	µs	I_{IS} from 0 to 40%; R_{load} = 5.6 Ω; Vs = 13.5 V	P_PRO_01_23
Current sense blank time for fast slew rate	t_{IS_BLK}	1.0	–	8.5	µs	I_{IS} from 0 to 40%; R_{load} = 5.6 Ω; Vs = 13.5 V	P_PRO_01_24
Recovery time from latched fault	t_{rec}	7	–	25	µs	–	P_PRO_01_25
Watchdog period	t_{WD}	–	65	–	ms	–	P_PRO_01_26

8 串行外设接口 (SPI)

8.1 SPI 描述

控制输入字节在串行数据输入引脚 SDI 读取，通过微处理器提供的时钟输入SCLK进行同步。输出字节同步在串行数据输出引脚SDO 处输出，见图 28。

当输入CS（片选）选择芯片时，循环开始，高电平有效。当CS输入由高电平变化到低电平之后，已经读取的字按照内容进行解码。此时SDO输出切换至三态（高阻态），SDO总线自由态。SDI 的状态随着 SCLK 的每个下降沿移入输入触发器。SDO 的状态在 SCLK 的每个上升沿之后移出。器件的SPI具有菊花链功能。

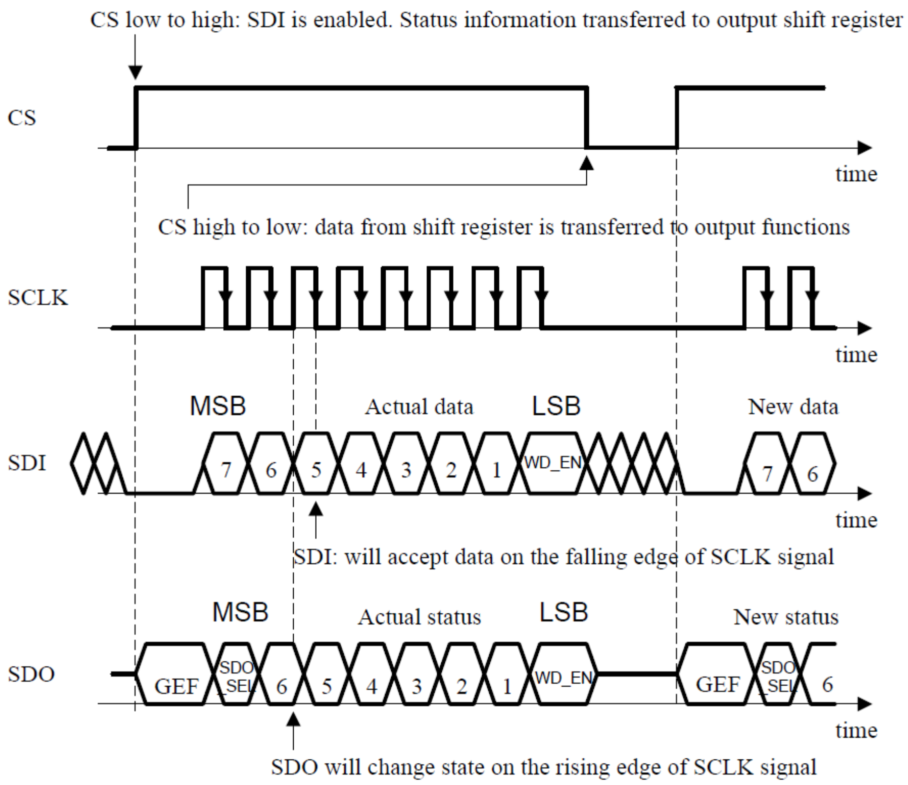


图 28 SPI数据传输时序

SPI 通讯由 8 位帧组成，如图 29：

- SDI接收数据字节
- 如果 SDO_SEL = 0，SDO 传输全局错误标志和控制字节
- 如果 SDO_SEL = 1，SDO 传输全局错误标志和状态字节

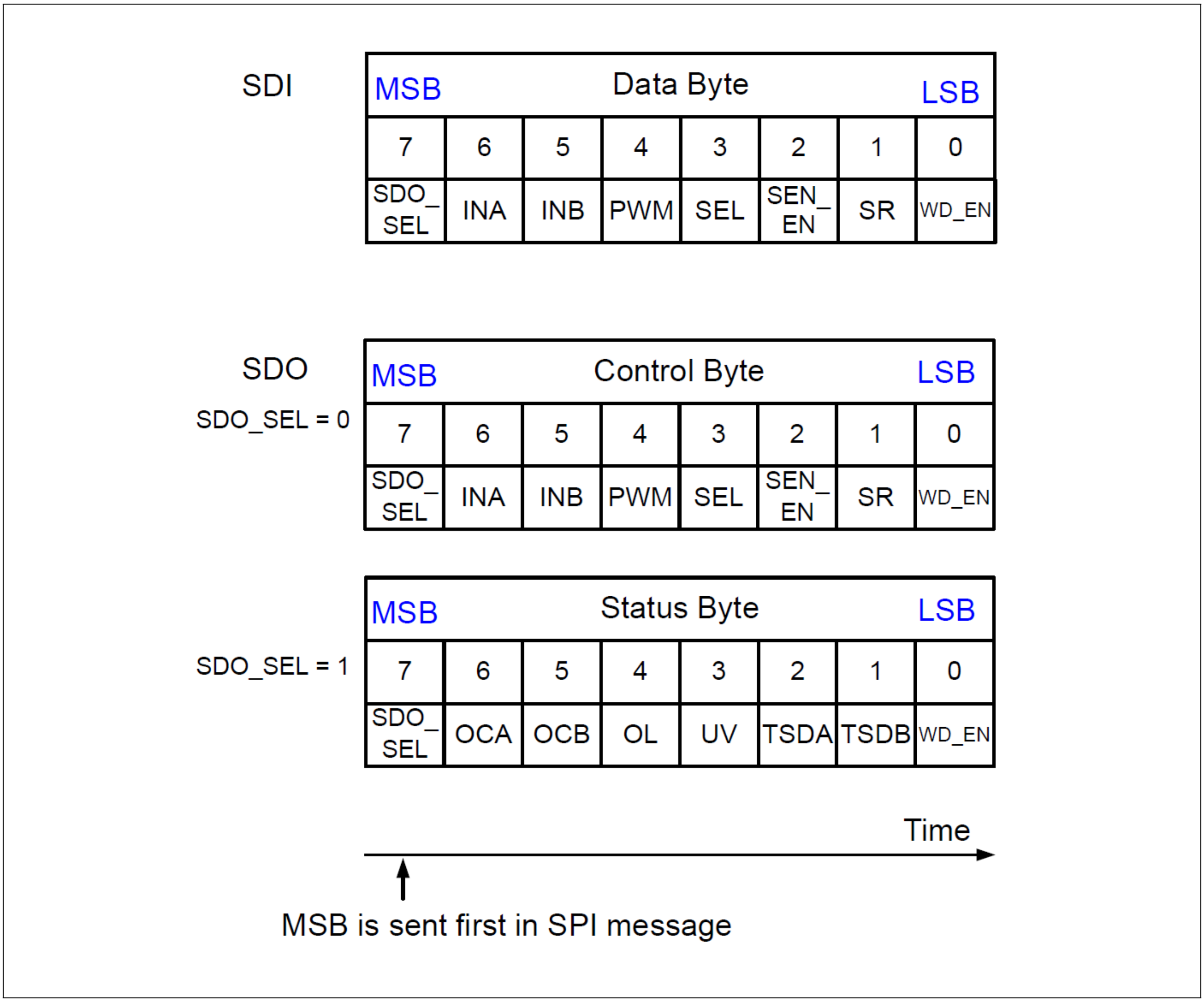


图 29 SPI响应

8.2 全局错误标志

在 CS 上升沿和第一个 SCLK 上升沿之间，在 SDO 上报告全局错误标志 (GEF) 位。

通过全局错误标志，器件可以在以下条件下进行快速诊断，无需任何SPI时钟脉冲：

- 半桥A过流
- 半桥B过流
- 负载开路
- 欠压
- 热关断

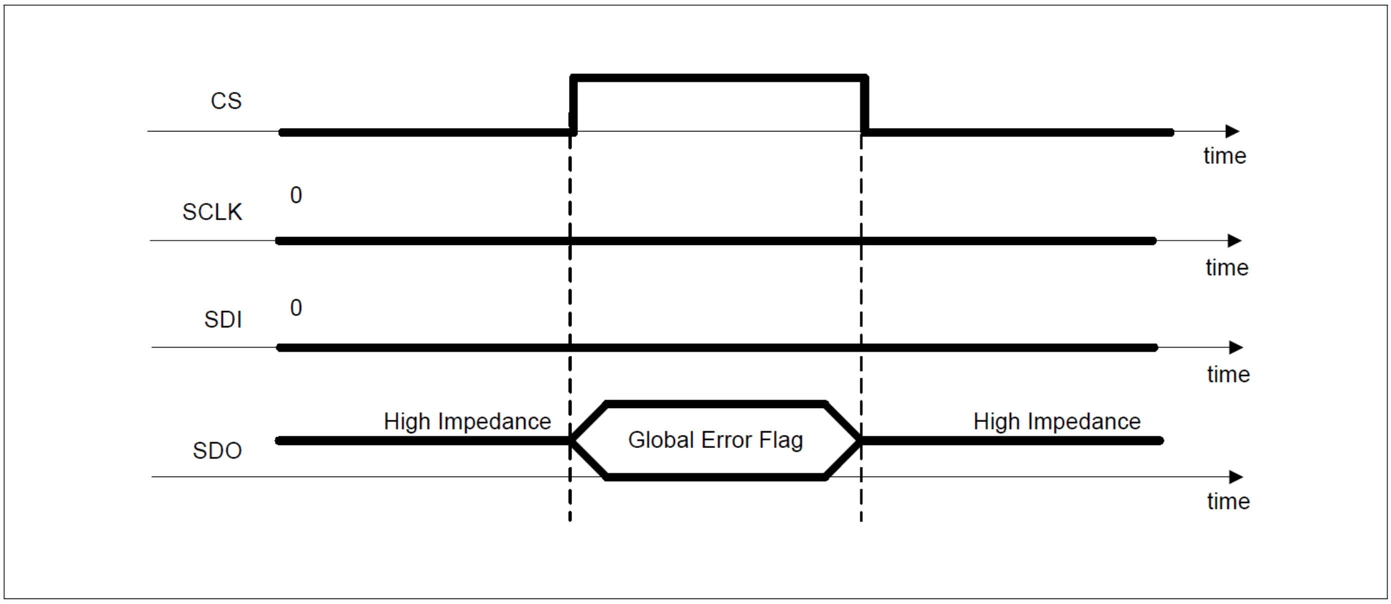


图 30 全局错误标志 - 0 时钟周期诊断

8.3 控制字节

控制字节通过 SDI 引脚发送到器件：

- 看门狗使能（使能位）：
  - WD_EN 设置为 0 以禁用看门狗（默认）
  - WD_EN 置位为 1 以激活看门狗
- 斜率选择（SR 位）：
  - SR设置为1，选择快速斜率水平
  - SR设置为0，选择慢斜率电平（默认）
- 电流采样使能（SEN_EN位）：
  - SEN_EN 设置为 1，启用电流采样
  - SEN_EN 设置为 0，不启动电流采样（默认）
- 电流采样选择（SEL位）：
  - SEL置位为 1，以在 IS 引脚提供半桥 A 的感测电流
  - SEL置位为 0，以在 IS 引脚提供半桥 B 的感测电流（默认）
  - 与其他输入位结合，将负载开路和对 GND 短路的错误标志提供给 IS 封装（参见表7）
- PWM（PWM 位）：与 INA、INB 和 SEL 位组合选择工作模式（参考表 7）
- INB（OCB 位）：与 INA、SEL 和 PWM 位配合使用，选择工作模式（参考表 7）
- INA（OCA 位）：与 INB、SEL 和 PWM 位配合使用，选择工作模式（参考表 7）
- 读取字节选择 (SDO_SEL 位):
  - SDO_SEL 设置为 1 以读取 SDO 引脚的状态字节
  - SDO_SEL 设置为 0 以读取 SDO 引脚上的控制字节（默认）

8.4 状态字节

SDO 在SCLK周期期间移出状态寄存器，以提供器件状态的概述，如表 14所示：

- 看门狗的器件状态（WD_EN位）：激活或停用看门狗
- 热关断（TSDB 位）：半桥B过温关断

- 热关断（TSDA 位）：半桥A过温关断
- VS欠压（UV位）：VS欠压关断
- 负载开路（OL位）：负载开路检测
- 半桥B过流（OCB位）：半桥B过流保护
- 半桥A过流（OCA位）：半桥A过流保护
- 读取字节 (SDO_SEL 位): 控制字节或状态字节

注释: 全局错误标志*是状态字节中错误标志的逻辑或组合：GEF = (TSDB) OR (TSDA) OR (UV) OR (OL) OR (OCB) OR (OCA)。*

表 14　全局状态字节和全局错误标志的错误报告

Type of error	Failure reported in the global status byte	Global error flag
Thermal shut down of half-bridge A	TSDA = 1	1
Thermal shut down of half-bridge B	TSDB = 1	1
Undervoltage of VS	UV = 1	1
Open load	OL = 1	1
Overcurrent of half-bridge A	OCA = 1	1
Overcurrent of half-bridge B	OCB = 1	1
No error	TSD = 0 UV = 0 OL = 0 OCA = 0 OCB = 0	0

8.5 SPI时序

为了确保SPI通讯正确，必须满足以下条件：

- 在 CS 上升沿之前， SCLK 必须至少保持低电平 t_{BEF}，并且在 CS 上升沿之后，SCLK必须至少保持低电平 t_{lead} 或 $t_{lead\_EN} = (t_{wakeup} + t_{lead})$
- SCLK 必须 在 CS下降沿之前至少保持低电平 t_{lag}，并且在 CS 下降沿之后至少保持低电平 t_{BEH}

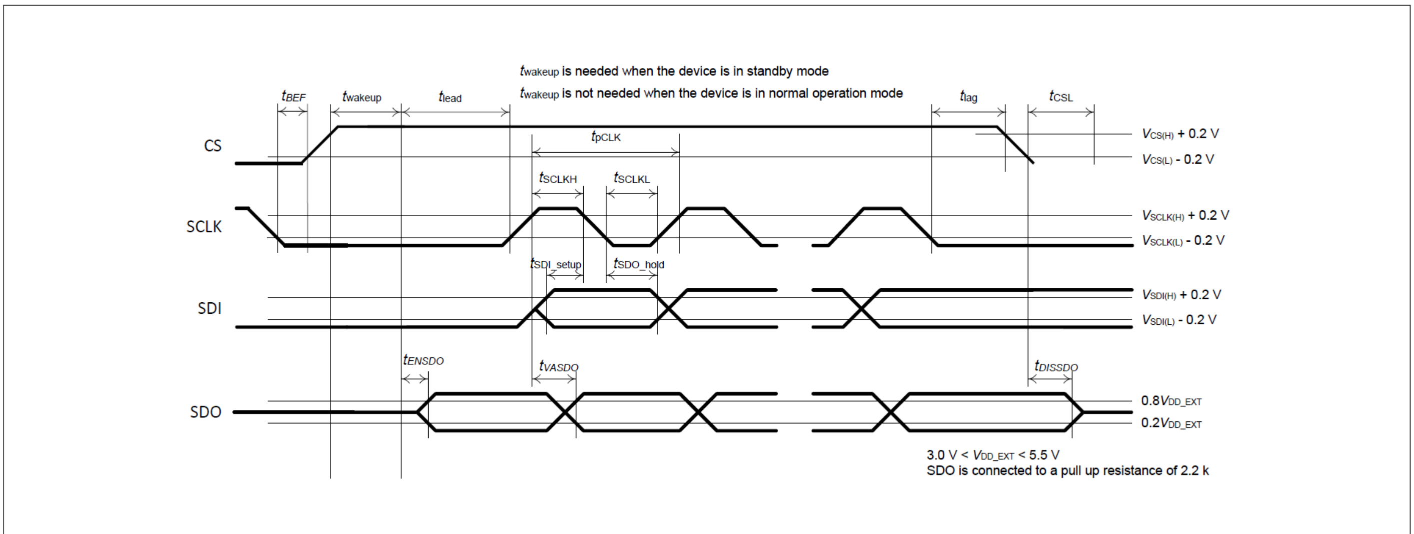


图 31　SPI时序参数

8.6 菊花链

在菊花链配置中，终端的 SDO 引脚连接到从机 SDI。第一个从机 SDO 连接到链中的下一个从机 SDI。链中最后一个器件的 SDO 连接到器件的 SDI 引脚。在菊花链配置中，计算SCLK连接到所有从机CS输入，如图 32所示。

在菊花链中，需要外部 VDDIO 电源和上拉电阻来驱动 SDO 引脚的推挽阶段。对于菊花链中的最后一个器件，如果微处理器中有一个连接到其 SDI 引脚的内部上拉电阻，则不需要外部电阻。

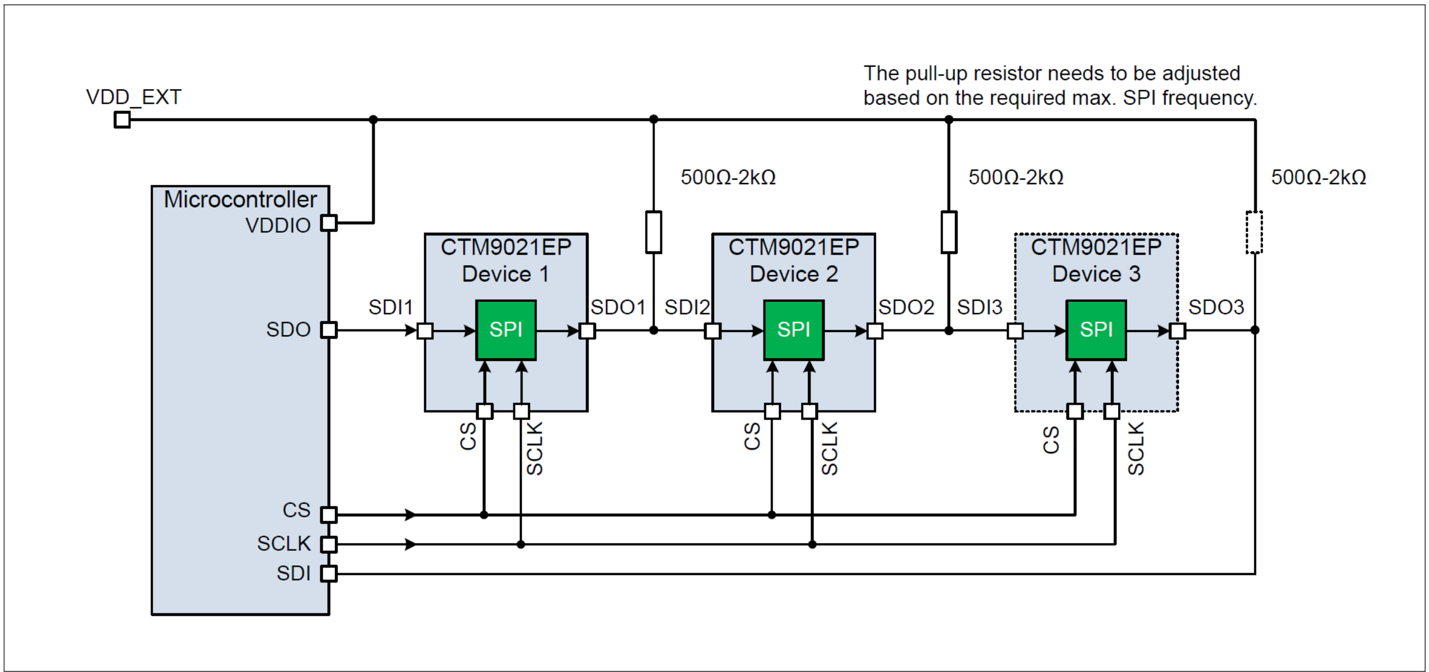


图 32 **三个 CTM9021EP 器件的菊花链配置**

CTM9021EP 用作 8 位移位寄存器。微处理器必须按相反顺序发送数据字节，如图 33所示：

- 首先发送器件 3 的数据字节。
- 然后发送器件 2 的数据字节。
- 然后发送器件 1 的数据字节。

与菊花链中最后一个器件的 SDO 连接微处理器的 SDI 接收：

- SPI 帧开始时、CS 上升沿和第一个 SCLK 上升沿之间的所有全局错误标志 (GEF) 的逻辑或组合。
- 每个 CTM9021EP 的状态字节或控制字节的逆向顺序为：先接收器件 3 对应的状态字节 3 或控制字节 3，再接收器件 2 对应的状态字节 2 或控制字节 2，最后接收器件 1 对应的状态字节 1 或控制字节 1。

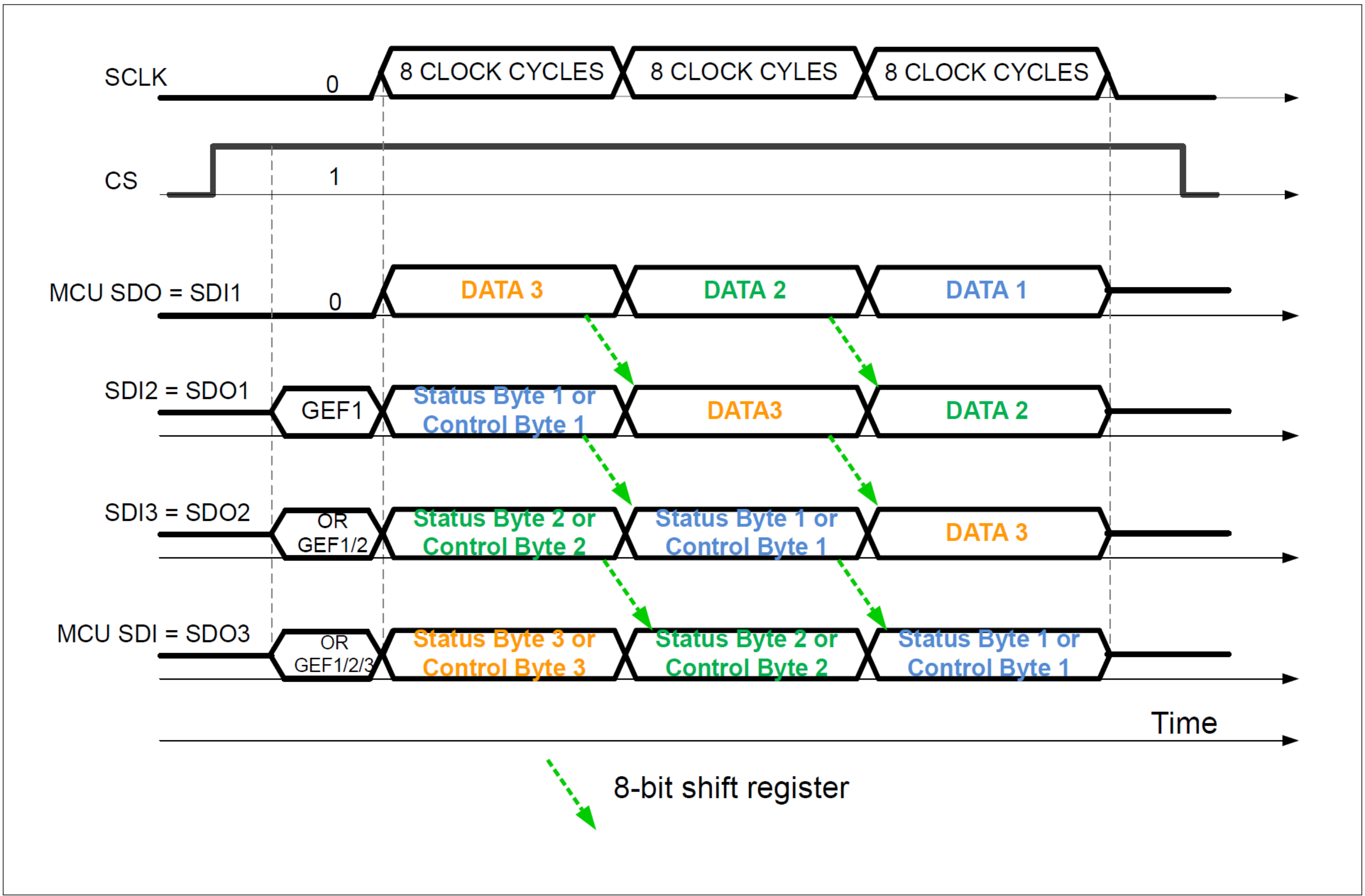


图 33 三个 CTM9021EP 器件的SPI帧配置

8.7 SPI 电气特性

表 15 SPI电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
SPI frequency							
Maximum SPI frequency	$f_{SPI,max}$	–	–	4	MHz	–	P_SPI_01_01
Delay from CS rising edge to first rising edge of SCLK							
SPI interface wake- up time	t_{WAKEUP}	–	–	20	µs	–	P_SPI_01_02
SPI interface (SDI, SCLK, CS)							
Pull down resistor at pin CS, SDI and SCLK	R_{CS}, R_{PD_SDI}, R_{PD_SCLK},	100	250	300	kΩ	–	P_SPI_01_07

（表格续下页……）

表 15 （续）SPI电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Input capacitance at pin CS, SDI and SCLK	C_I	–	–	15	pF	–	P_SPI_01_08
Input interface, logic outputs MISO							
High output voltage level	$V_{SDO(H)}$	V_{DD_EXT} - 0.4	–	–	V	R_{PULL_UP} = 2.2 kΩ; V_{DD_EXT} = 5 V	P_SPI_01_09
Low output voltage level	$V_{SDO(L)}$	–	–	0.6	V	R_{PULL_UP} = 2.2 kΩ; V_{DD_EXT} = 5 V	P_SPI_01_10
Tri-state leakage current	I_{SDOLK}	-10	–	10	µA	$V_{CS} = V_{DD\_EXT}$; 0 V < V_{SDO} < V_{DD_EXT}; R_{PULL_DOWN} = 200 kΩ	P_SPI_01_11
Tri-state input capacitance	C_{SDO}	–	–	15	pF	–	P_SPI_01_12
Data input timing							
SCLK period	t_{pCLK}	250	–	–	ns	–	P_SPI_01_13
SCLK high time	t_{SCLKH}	0.45 * t_{pCLK}	–	0.55 * t_{pCLK}	ns	–	P_SPI_01_14
SCLK low time	t_{SCLKL}	0.45 * t_{pCLK}	–	0.55 * t_{pCLK}	ns	–	P_SPI_01_15
SCLK low before CS high	t_{BEF}	125	–	–	ns	–	P_SPI_01_16
CS setup time	t_{lead}	250	–	–	ns	–	P_SPI_01_17
SCLK setup time	t_{lag}	250	–	–	ns	–	P_SPI_01_18
SCLK low after CS low	t_{BEH}	125	–	–	ns	–	P_SPI_01_19
SDI setup time	t_{SDI_setup}	100	–	–	ns	–	P_SPI_01_20
SDI hold time	t_{SDI_hold}	50	–	–	ns	–	P_SPI_01_21
Input signal rise time at pin SDI, SCLK, CS	t_{rIN}	–	–	50	ns	–	P_SPI_01_22
Input signal fall time at pin SDI, SCLK, CS	t_{fIN}	–	–	50	ns	–	P_SPI_01_23
Minimum CS low time	t_{CSL}	4	–	–	µs	–	P_SPI_01_24

（表格续下页……）

表 15 （续）SPI电气特性

V_s = 7 V 至 18 V, T_j = -40°C 至 150°C，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
GEF valid time	t_{GEF_VAL}	–	–	250 * n	ns	n = no. of devices in the same daisy chain;	P_SPI_01_30
Data output timing							
SDO rise time	t_{rSDO}	–	50	250	ns	C_{Load} = 50 pF; R_{pullup} = 2.2 kΩ; Max. values depends on R_{pullup}	P_SPI_01_25
SDO fall time	t_{fSDO}	–	50	110	ns	C_{Load} = 50 pF; R_{pullup} = 2.2 kΩ	P_SPI_01_26
SDO enable time after CS rising edge	t_{ENSDO}	–	–	80	ns	–	P_SPI_01_27
SDO disable time after CS	t_{DISSDO}	–	–	200	ns	–	P_SPI_01_28
SDO valid time for VDD_EXT = 5 V	t_{VASDO}	–	–	110	ns	V_{SDO} < 0.2 * V_{DD_EXT}, V_{SDO} > 0.8 * V_{DD_EXT} C_{load} = 50 pF	P_SPI_01_29

9 应用信息

以下简化的应用图仅作为器件应用的提示，不应被视为对器件某种功能、状态或质量的描述或担保。所描述电路的功能必须在应用中进行验证。

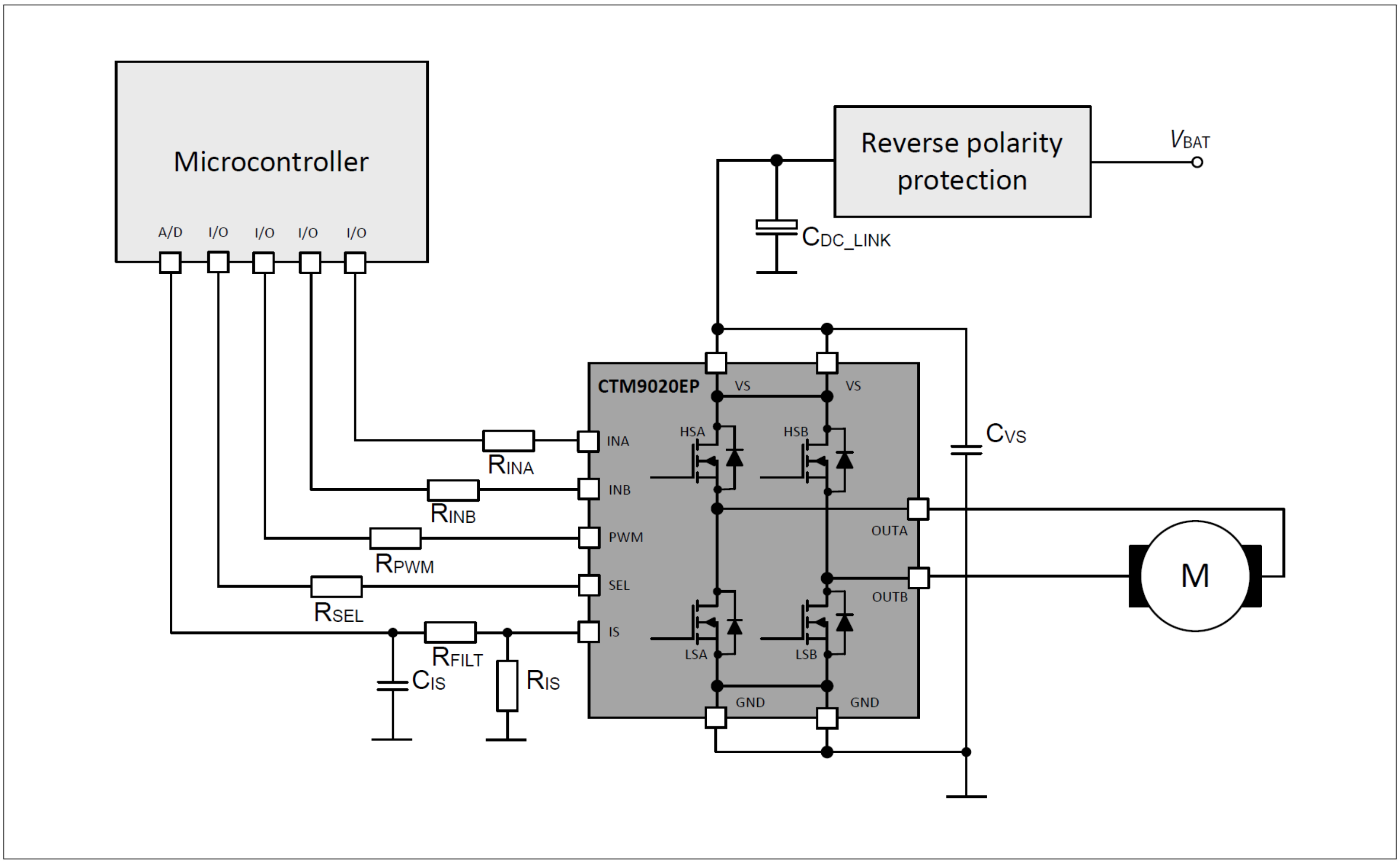


图 34 CTM9020EP 应用图

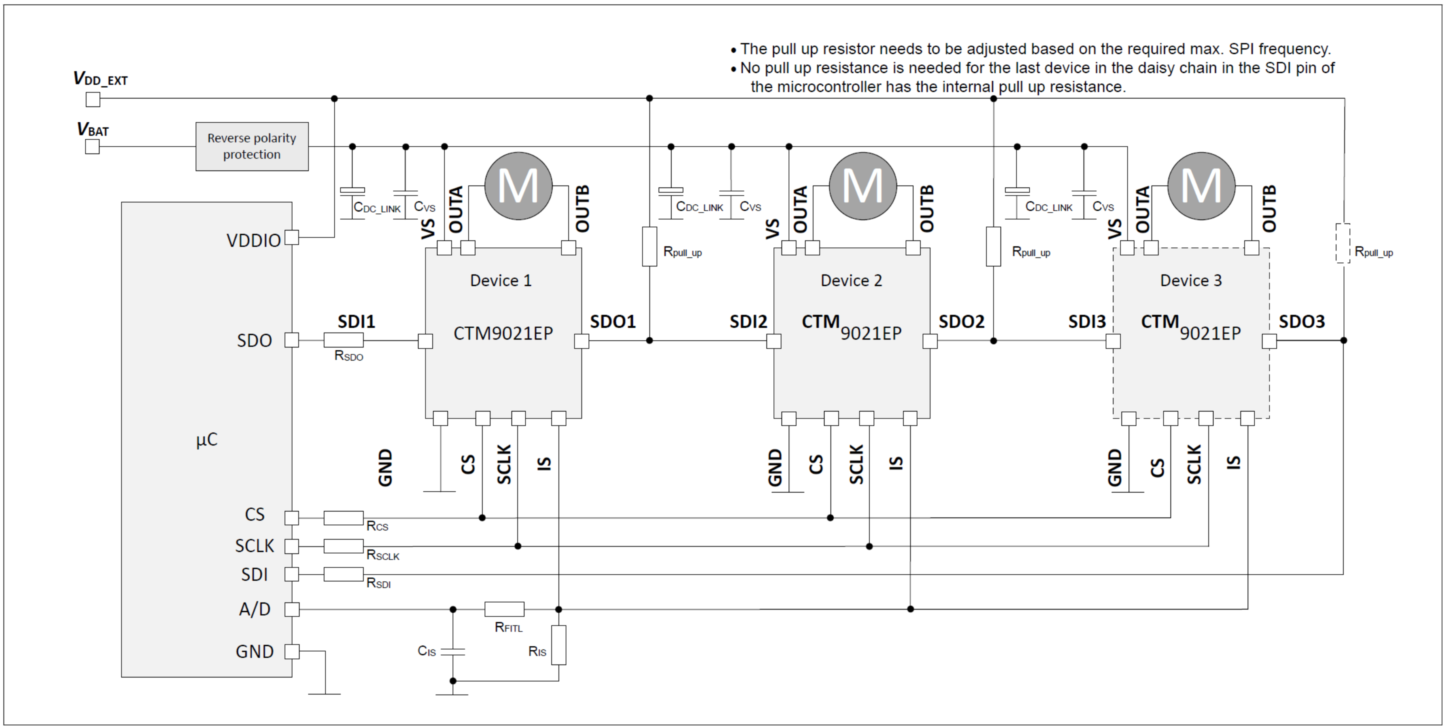


图 35 **CTM9021EP 菊花链应用图**

10 封装

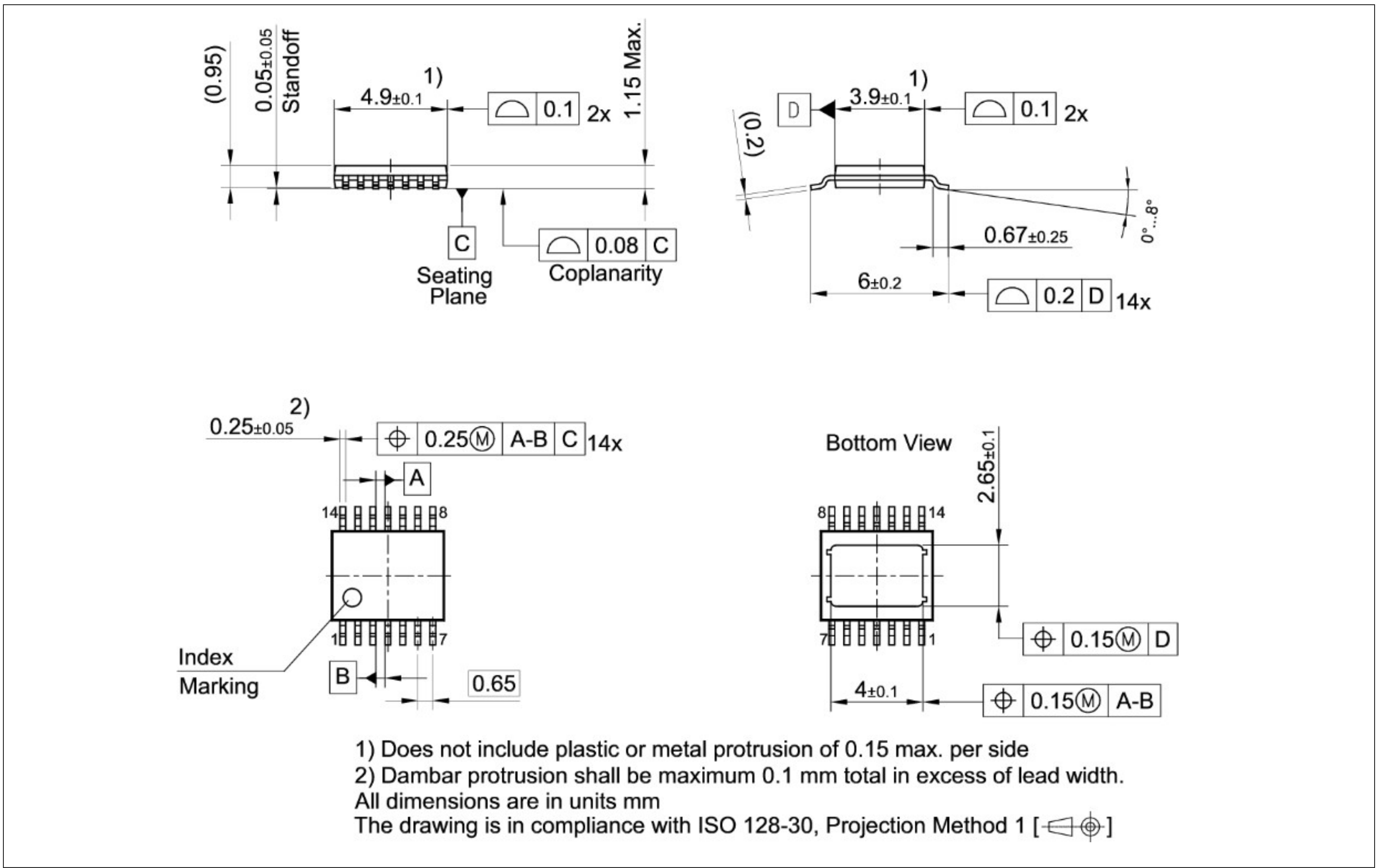


图 36 **封装尺寸**

11 数据手册修订记录

表 16 修订历史

Revision number	Date of release	Description of changes
1.00	2024-09-15	Datasheet

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.

版本 **2025-09-16**

Infineon Technologies AG 出版，
德国 **Neubiberg 85579**

Do you have a question about this document?

Email:

erratum@infineon.com