

英飞凌 TLE8888-1QK

发动机机械系统 IC



1 概述

质量要求类别：汽车

特性

- 稳压器
- 集成 5 V 调节器
- 2 个集成 5 V 跟踪器
- 待机调节器
- 单独的内部供电
- 电压监控
- 具有总线唤醒功能的高速 CAN 接口
- 具有高速模式的 LIN 接口，用于 K 线操作
- 可变磁阻传感器接口
- 微秒通道接口 (MSC)，带低电压差分模式信号 (LVDS) 输入垫，用于低电平 EME
- SPI 和直接控制输入，具有高度灵活性
- 主继电器驱动器
- 点火钥匙检测，带钥匙关闭延迟输出
- 唤醒输入
- 发动机关机定时器
- 4 个低侧功率级，特别用于驱动喷射器 ($R_{on} = 550 \text{ m}\Omega$) 并允许输入
- 3 个低侧功率级 ($R_{on} = 350 \text{ m}\Omega$)
- 6 个推挽级，用于驱动具有漏极反馈的板载 MOSFET
- 7 个低侧功率级，特别用于驱动继电器 ($R_{on} = 1.5 \Omega$)，一个具有延迟关断功能
- 4 个半桥级，灵活性高，其中一个具有延迟关断功能
- 4 个推挽级，用于驱动板载和板外 IGBT，具有电源回流反馈和高电压功能
- 开路负载、短路至 GND 和短路至 BAT 诊断
- 过温和 BAT 短路保护
- 监控看门狗模块
- 符合 AEC-Q100



本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

概述

描述

英飞凌 TLE8888-1QK 是一款适用于汽车发动机管理系统的 U-Chip。它集成了为微控制器与电子控制单元供电的基础功能，能够实现板内与板外通信，并驱动 EMS 典型执行器。此外，它还控制主继电器驱动器。

Type	Package	Marking
TLE8888-1QK	LQFP-100	TLE8888-1QK
TLE8888QK	LQFP-100	TLE8888QK
TLE8888-2QK	LQFP-100	TLE8888-2QK

器件变体 TLE8888QK 和 TLE8888-2QK

器件变体 TLE8888QK 和 TLE8888-2QK 与主版本 TLE8888-1QK 的不同之处在于看门狗功能。

TLE8888QK 对看门狗有一个固定的参数设置（参见数据表附录“TLE8888QK - 附录”）。

对于 TLE8888-2QK，看门狗功能被禁用（参见数据表附录“TLE8888-2QK - 附录”）。

本数据表仅描述了主要版本 TLE8888-1QK。

如需了解订购条件，请联系最近的 Infineon Technologies 办事处。

缩略词

Symbol	Explanation
MSC	Microsecond channel
SPI	Serial peripheral interface
LVDS	Low voltage differential signal
EME	Electromagnetic emission
EMI	Electromagnetic interference
LIN	Local interconnect network
HS CAN	High speed controller area network

目录

1	概述	1
2	框图	6
3	引脚配置	7
3.1	引脚分配.....	7
3.2	引脚定义和功能.....	7
4	产品一般特性	12
5	工作行为	16
5.1	工作状态.....	17
5.2	复位和运行模式.....	21
5.3	工作行为电气特性.....	29
6	监控看门狗模块（签名看门狗）	31
6.1	窗口看门狗.....	33
6.2	功能看门狗.....	35
6.2.1	问题和回复定义.....	37
6.3	总错误计数器模块.....	38
6.4	看门狗复位计数器.....	39
6.5	下电计数器.....	39
6.6	安全关闭定时器.....	39
6.7	工作状态定义和复位生成.....	40
6.8	窗口看门狗序列和心跳同步.....	42
6.9	监控看门狗模块电气特性.....	44
7	唤醒检测和主继电器驱动	45
7.1	通过引脚KEY进行唤醒检测和钥匙关断延迟.....	46
7.2	通过引脚WK进行唤醒检测.....	47
7.3	主继电器驱动器.....	50
7.4	发动机关机定时器.....	51
7.5	钥匙检测、唤醒检测和主继电器驱动器电气特性.....	55
8	电源	58
8.1	预调节器.....	58
8.2	5V主电源.....	59
8.3	传感器电源.....	59
8.4	IO电源.....	59
8.5	待机电源.....	59
8.6	电荷泵.....	59
8.7	电压监控.....	59
8.8	电源电气特性.....	60
9	功率级	64
9.1	功率级控制.....	65
9.2	功率级使能.....	66
9.3	功率级配置.....	67
9.4	OUT17和OUT21的特殊功能“延迟关断”.....	67
9.5	直接驱动输入电气特性.....	70
9.6	低侧开关OUT1至OUT7和OUT14至OUT20.....	71

9.6.1	OUT1至OUT7和OUT14至OUT20的保护	71
9.6.2	OUT1至OUT7和OUT14至OUT20的诊断	71
9.6.3	低侧开关 OUT1至OUT7和OUT14至OUT20 电气特性.....	72
9.7	半桥 OUT21至OUT24	76
9.7.1	半桥 OUT21至OUT24 的保护	78
9.7.2	半桥 OUT21至OUT24的诊断	78
9.7.3	半桥电气特性.....	81
9.8	推挽级 OUT8至OUT13和DFB8至DFB13	84
9.8.1	OUT8至OUT13 的保护	84
9.8.2	OUT8至OUT13 的诊断	84
9.9	推挽级 OUT8至OUT13 电气特性.....	85
9.10	推挽级 IGN1至IGN4	86
9.10.1	IGN1至IGN4 的保护.....	86
9.10.2	IGN1至IGN4 的诊断.....	87
9.11	推挽级 IGN1至IGN4 电气特性.....	88
10	VR 和 霍尔传感器接口	90
10.1	信号检测.....	90
10.2	检测模式.....	92
10.3	VR 传感器信号检测模式诊断.....	92
10.4	VR 传感器接口电气特性	97
11	本地互连网络 (LIN)	99
11.1	运行模式.....	100
11.2	LIN/K线运行中的故障模式.....	100
11.2.1	非运行时供电电压范围性能	100
11.2.2	供电电压和接地连接丢失.....	100
11.2.3	总线接线与电池或接地短路.....	101
11.2.4	TX 超时.....	101
11.2.5	过温保护.....	101
11.3	LIN电气特性.....	102
12	高速控制器局域网 (CAN) 收发器	105
12.1	功能说明.....	105
12.2	运行模式.....	105
12.2.1	正常运行模式.....	106
12.2.2	仅接收模式.....	106
12.2.3	下电模式.....	106
12.2.4	远程唤醒.....	106
12.3	诊断功能.....	108
12.3.1	CAN 总线故障检测.....	108
12.3.2	本地故障检测.....	108
12.4	CAN 收发器电气特性	109
13	微秒通道 MSC	112
13.1	下行通信.....	112
13.1.1	下行监管功能.....	114
13.1.2	命令帧.....	115
13.1.3	数据帧.....	115
13.2	上行通信.....	117

13.3	时序特性	120
13.4	电气特性	120
14	寄存器与指令	124
14.1	寄存器列表	128
14.1.1	命令寄存器	130
14.1.2	诊断寄存器	144
14.1.3	状态寄存器	155
14.1.4	配置寄存器	162
14.1.5	控制寄存器	192
15	SPI	197
15.1	SPI 协议	197
15.2	SPI 帧定义	199
15.3	SPI 电气特性	200
16	电磁兼容性要求	201
16.1	ISO 脉冲测试	201
17	应用信息	202
17.1	供电系统	203
17.2	VR 传感器接口	204
18	封装外形	206
19	修订记录	207

框图

2 框图

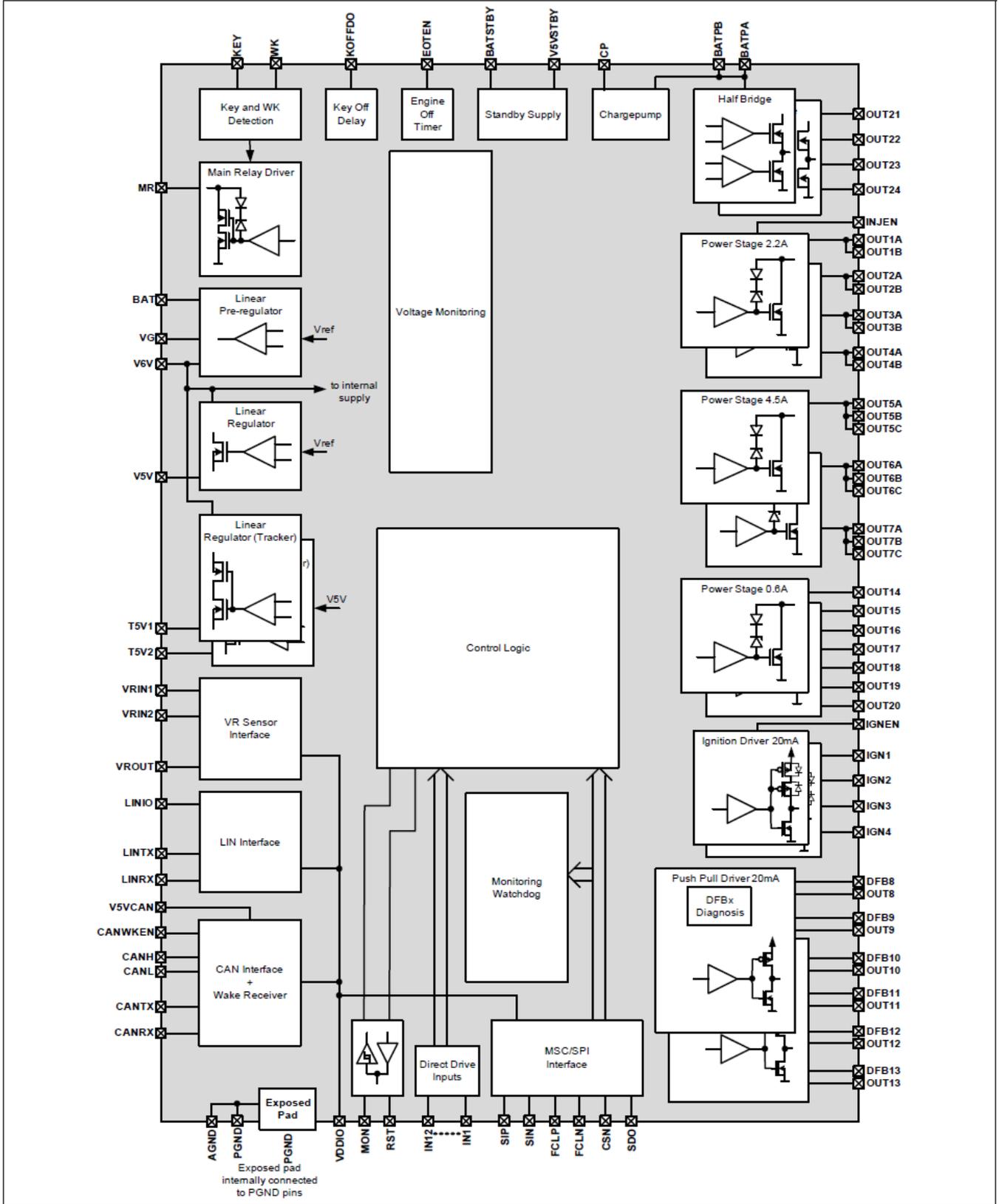


图1 框图

Pin	Symbol	Function	Function
6	<i>SIN</i>	IN	MSC data input or select input; negative data input of LVDS in MSC mode or select input for SPI mode
7	<i>FCLP</i>	IN	MSC/SPI Clock input; positive clock input of LVDS in MSC mode or single ended clock input in SPI mode
8	<i>FCLN</i>	IN	Select input or MSC clock input; negative clock input of LVDS in MSC mode or select input for single ended mode (SPI or MSC)
9	<i>T5V1</i>	OUT	5V tracker; Supply voltage for off- board sensors
10	<i>T5V2</i>	OUT	5V tracker; Supply voltage for off- board sensors
11	<i>V5V</i>	OUT	5V supply; Supply voltage for main functions of the ECU
12	<i>V6V</i>	IN	Source of external pre-regulator
13	<i>VG</i>	OUT	Gate of external pre-regulator
14	<i>OUT7A</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT7B</i> and <i>OUT7C</i> without any parasitic
15	<i>OUT7B</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT7A</i> and <i>OUT7C</i> without any parasitic
16	<i>OUT7C</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT7A</i> and <i>OUT7B</i> without any parasitic
17	<i>OUT20</i>	OUT	Low-side small signal stage;
18	<i>OUT19</i>	OUT	Low-side small signal stage;
19	n.c.		leave open or connect to GND
20	<i>VDDIO</i>	Supply	Supply input for logic level inputs and outputs
21	<i>VROUT</i>	OUT	Output of variable reluctance sensor interface; Digital output to microcontroller
22	<i>LINTX</i>	IN	Transmit digital input for LIN interface;
23	<i>LINRX</i>	OUT	Receive digital output for LIN interface;
24	<i>INJEN</i>	IN	Injector enable input;
25	<i>PGND</i>	GND	Power ground; internally connected to cooling tab
26	<i>KOFFDO</i>	OUT	Key off delay output;
27	<i>IGNEN</i>	IN	Ignition enable input;
28	<i>IN1</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stage OUT1,
29	<i>IN2</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stage OUT2
30	<i>IN3</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stage OUT3
31	<i>IN4</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stage OUT4
32	<i>IN5</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of push pull state IGN1
33	<i>IN6</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of push pull state IGN2
34	<i>IN7</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of push pull state IGN3
35	<i>IN8</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of push pull state IGN4
36	<i>IN9</i>	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stages, could be multiplexed to various stages

Pin	Symbol	Function	Function
37	IN10	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stages, could be multiplexed to various stages
38	IN11	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stages, could be multiplexed to various stages
39	IN12	IN	Parallel input; Input pin for direct control of power stages, could be multiplexed to various stages
40	EOTEN	IN	Engine off timer enable input;
41	V5VSTBY	OUT	5 V standby supply; Supply voltage in sleep mode
42	CANWKEN	IN	Enable input for remote CAN wake-up;
43	CANRX	OUT	Receive digital output for CAN;
44	CANTX	IN	Transmit digital input for CAN;
45	V5VCAN	Supply	5 V supply input for CAN;
46	CANH	IN/OUT	CAN bus high;
47	CANL	IN/OUT	CAN bus low;
48	WK	IN	Wake-up input; Input signal and supply for MR
49	KEY	IN	Key input; Input signal and supply for MR
50	PGND	GND	Power ground; internally connected to cooling tab
51	VRIN2	IN	Differential input of variable reluctance sensor; Analog input from sensor
52	VRIN1	IN	Differential input of variable reluctance sensor; Analog input from sensor
53	BATSTBY	Supply	Battery input for standby supply; Battery supply voltage standby supply regulator
54	BAT	Supply	Battery; Supply voltage for main functions of the device.
55	MR	OUT	Low-side power stage for main relay;
56	OUT18	OUT	Low-side power stage;
57	OUT17	OUT	Low-side power stage;
58	OUT16	OUT	Low-side power stage;
59	OUT1A	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT1B</i> without any parasitic
60	OUT1B	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT1A</i> without any parasitic
61	OUT2A	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT2B</i> without any parasitic
62	OUT2B	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT2A</i> without any parasitic
63	OUT3A	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT3B</i> without any parasitic
64	OUT3B	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT3A</i> without any parasitic

Pin	Symbol	Function	Function
65	<i>OUT4A</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT4B</i> without any parasitic
66	<i>OUT4B</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT4A</i> without any parasitic
67	<i>OUT15</i>	OUT	Low-side power stage;
68	<i>OUT14</i>	OUT	Low-side power stage;
69	<i>DFB8</i>	IN	Drain Feedback; Related to OUT8
70	<i>OUT8</i>	OUT	Push pull stage; To control on- board MOSFET
71	<i>DFB9</i>	IN	Drain Feedback; Related to OUT9
72	<i>OUT9</i>	OUT	Push pull stage; To control on- board MOSFET
73	<i>DFB10</i>	IN	Drain Feedback; Related to OUT10
74	<i>OUT10</i>	OUT	Push pull stage; To control on- board MOSFET
75	<i>PGND</i>	GND	Power ground; internally connected to cooling tab
76	<i>DFB11</i>	IN	Drain Feedback; Related to OUT11
77	<i>OUT11</i>	OUT	Push pull stage; To control on- board MOSFET
78	<i>DFB12</i>	IN	Drain Feedback; Related to OUT12
79	<i>OUT12</i>	OUT	Push pull stage; To control on- board MOSFET
80	<i>DFB13</i>	IN	Drain Feedback; Related to OUT13
81	<i>OUT13</i>	OUT	Push pull stage; To control on- board MOSFET
82	<i>LINIO</i>	IN/OUT	BUS for LIN interface;
83	<i>OUT5A</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT5B</i> and <i>OUT5C</i> without any parasitic
84	<i>OUT5B</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT5A</i> and <i>OUT5C</i> without any parasitic
85	<i>OUT5C</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT5A</i> and <i>OUT5B</i> without any parasitic
86	<i>OUT24</i>	OUT	Half bridge stage;
87	<i>BATPA</i>	Supply	Battery; Supply voltage for half bridges and the charge pump; must be connected to <i>BATPB</i> without any parasitic
88	<i>OUT23</i>	OUT	Half bridge stage;
89	<i>OUT22</i>	OUT	Half bridge stage;
90	<i>BATPB</i>	Supply	Battery; Supply voltage for half bridges and the charge pump; must be connected to <i>BATPA</i> without any parasitic
91	<i>OUT21</i>	OUT	Half bridge stage;
92	<i>OUT6A</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT6B</i> and <i>OUT6C</i> without any parasitic
93	<i>OUT6B</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT6A</i> and <i>OUT6C</i> without any parasitic
94	<i>OUT6C</i>	OUT	Low-side power stage; Must be connected to <i>OUT6A</i> and <i>OUT6B</i> without any parasitic
95	<i>CP</i>	OUT	Charge pump; add external capacitance to stabilise charge pump voltage

Pin	Symbol	Function	Function
96	<i>IGN1</i>	OUT	Push pull stage; To control on- or off- board IGBT
97	<i>IGN2</i>	OUT	Push pull stage; To control on- or off- board IGBT
98	<i>IGN3</i>	OUT	Push pull stage; To control on- or off- board IGBT
99	<i>IGN4</i>	OUT	Push pull stage; To control on- or off- board IGBT
100	<i>AGND</i>	GND	Signal ground; internally connected to <i>PGND</i> and cooling tab
Cooling tab ¹⁾	<i>PGND</i>	GND	Power ground; internally connected PGND pins

1) 散热焊盘也叫底部焊盘

4 产品一般特性

一般定义:

除非另有说明, 否则 V_S 是 TLE8888-1QK (BAT、BATPA、B ATPB、BATSTBY) 所有电池电源的简称。

除非另有说明, GND 是 TLE8888-1QK (AGND、PGND) 所有接地端的简称。

表 1 绝对最大额定值¹⁾

$T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Voltages							
BATPA, BATPB, OUT8...13, DFB8...13	$V_{\text{BATPA,MR}}$ $V_{\text{BATPB,MR}}$ $V_{\text{OUT8...13,MR}}$ $V_{\text{DFB8...13,MR}}$	-0.3	-	40	V	-	P_4.1
CP	$V_{\text{CP,MR}}$	-0.3	-	45	V	$-0.3\text{ V} < V_{\text{CP}} - V_{\text{BATPA}} < 5\text{ V}$	P_4.2
OUT1...7, OUT14...20	$V_{\text{OUT1...7,MR}}$ $V_{\text{OUT14...20,MR}}$	-0.3	-	50	V	OUTn is switched off, clamping is allowed according Chapter 9.6	P_4.3
V6V	$V_{\text{V6V,MR}}$	-0.3	-	10	V	-	P_4.4
VG	$V_{\text{VG,MR}}$	-0.3	-	12	V	$V_{\text{VG}} - V_{\text{V6V}} < 5\text{ V}$	P_4.5
V5V, V5VSTBY, VDDIO, V5VCAN	$V_{\text{V5V,MR}}$ $V_{\text{V5VSTBY,MR}}$ $V_{\text{VDIO,MR}}$ $V_{\text{V5VCAN,MR}}$	-0.3	-	5.5	V	-	P_4.6
T5V1, T5V2, IGN1...4	$V_{\text{T5V1,MR}}$ $V_{\text{T5V2,MR}}$ $V_{\text{IGN1...4,MR}}$	-1	-	40	V	-	P_4.7
BAT, BATSTBY, KEY, WK, MR	$V_{\text{BAT,MR}}$ $V_{\text{KEY,MR}}$ $V_{\text{WK,MR}}$ $V_{\text{BATSTBY,MR}}$ $V_{\text{MR,MR}}$	-16	-	40	V	-	P_4.8

表 1 绝对最大额定值¹⁾ (续)

$T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
IN1...12, SIP, SIN, FCLP, FCLN, CSN, LINTX, CANTX, IGNEN, INJEN, CANWKEN, EOTEN	$V_{IN1...12,MR}$ $V_{FCLP,MR}$ $V_{FCLN,MR}$ $V_{SIP,MR}$ $V_{SIN,MR}$ $V_{CSN,MR}$ $V_{LINTX,MR}$ $V_{CANTX,MR}$ $V_{IGNEN,MR}$ $V_{INJEN,MR}$ $V_{EOTEN,MR}$ $V_{CANWKEN,MR}$	-0.3	-	5.5	V	-	P_4.9
SDO, RST, VROUT, LINRX, CANRX	$V_{SDO,MR}$ $V_{RST,MR}$ $V_{VROUT,MR}$ $V_{LINRX,MR}$ $V_{CANRX,MR}$	-0.3	-	VDDIO+0.3	V	both conditions must be observed	P_4.31
		-0.3	-	5.5	V		
MON, KOFFDO	$V_{MON,MR}$ $V_{KOFFDO,MR}$	-0.3	-	V5V+0.3	V	both conditions must be observed	P_4.10
		-0.3	-	5.5	V		
VRIN1	$V_{VRIN1,MR}$	-0.3	-	40	V	VRIN2 open	P_4.11
VRIN2	$V_{VRIN2,MR}$	-0.3	-	40	V	VRIN1 open	P_4.12
LINIO, CANH, CANL	$V_{LINIO,MR}$ $V_{CANH,MR}$ $V_{CANL,MR}$	-40	-	40	V	-	P_4.13
OUT21...24	$V_{OUT21...24,MR}$	-0.3	-	BATPx+0.3	V	-	P_4.14

Currents

DFB8...13	$I_{DFB8...13,MR}$	-5	-	5	mA	²⁾	P_4.15
Common Mode Input Current of VRIN1 and VRIN2	$I_{VRIN,CM,MR}$	-5	-	5	mA	$I_{VRIN,CM,MR} = I_{VRIN1} + I_{VRIN2}$	P_4.16
Common Mode Input Current of VRIN1 and VRIN2, non permanent	$I_{VRIN,CM,MR}$	-15	-	15	mA	$I_{VRIN,CM,MR} = I_{VRIN1} + I_{VRIN2}$, maximum duty cycle 60% and maximum on time of 1 ms, 100 h	P_4.34
Differential Current of VRIN1 and VRIN2	$\Delta I_{VRIN,MR}$	-50	-	50	mA	$\Delta I_{VRIN,MR} = (I_{VRIN1} - I_{VRIN2})/2$	P_4.17
PGND	$I_{PGND,MR}$	-25	-	25	A	-	P_4.18
IGN1...4	$I_{IGN1...4,MR}$	-50	-	-	mA	²⁾	P_4.19

Temperatures

表 1 绝对最大额定值¹⁾ (续)

$T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$ ，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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction Temperature	T_j	-40	-	150	$^{\circ}\text{C}$	³⁾	P_4.20
Storage Temperature	T_{stg}	-55	-	150	$^{\circ}\text{C}$	-	P_4.21

ESD Susceptibility

ESD Susceptibility	V_{ESDHBM}	-2	-	2	kV	HBM ⁴⁾	P_4.22
ESD Susceptibility BAT, BATPA, BATPB, T5V1, T5V2, BATSTBY, KEY, WK, MR, OUT1...7, OUT14...24, DFB8...13, IGN1...4, CANH, CANL, LINIO, VRIN1, VRIN2 to PGND	$V_{\text{ESD,HBM}}$	-4	-	4	kV	HBM ⁴⁾	P_4.23
ESD Susceptibility	V_{ESDCDM}	-500	-	500	V	CDM ⁵⁾	P_4.24
ESD Susceptibility Pin 1, 25, 26, 50, 51, 75, 76, and 100 (corner pins)	$V_{\text{ESD1, 25, 26, 50, 51, 75, 76, 100}}$	-750	-	750	V	CDM ⁵⁾	P_4.25

- 1) 无需进行生产测试
- 2) 超过最大电压时必须限制电流
- 3) 根据认证
- 4) ESD 承受能力，HBM 符合 EIA/JESD 22-A114F (1.5 k Ω , 100 pF)
- 5) 在符合 EIA/JESD22-C101 或 ESDA STM5.3.1 的带电器件模型 (CDM) 下的 ESD 耐受能力

注释：

1. 超过此处所列的压力可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。
2. 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。

表 25 工作范围

$T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ ，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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply Voltage - Reduced Operation	$V_{\text{BAT,ro}}$	4.5	–	6	V	reduced operation range, main relay and delayed off power stages are on if enabled, remaining functions not working	P_4.26
Supply Voltage - Low Drop Range	$V_{\text{BAT,ld}}$	6	–	9	V	low drop operation range, supply regulators working with supply out of the charge pump, standby supply regulator out of operation range	P_4.27
Supply Voltage - Normal Operation range	$V_{\text{BAT,nop}}$	9	–	28	V	normal operation range ¹⁾	P_4.28
Supply Voltage - Overvoltage Range	$V_{\text{BAT,ov}}$	28	–	40	V	overvoltage, power stages are switched off	P_4.29
Supply Voltage transients ²⁾	d_{VBAT}/d_t	-1	–	1	V/ μs	–	P_4.30

1) 由于电子控制单元的 R_{thJA} 不良或过载可能会导致过温

2) 未经过生产测试，由设计指定。

注释： 在工作范围内，IC 按照电路说明中的描述运行。电气特性是在电气特性表中注明的条件下列出的。

表 33 热阻抗

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction to Case ¹⁾	R_{thJC}	–	2.4	–	K/W	–	P_4.32
Junction to Ambient	R_{thJA}	–	–	–	K/W	²⁾	P_4.33

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) EIA/JESD 52_2, FR4, $80 \times 80 \times 1.5 \text{ mm}$; $35 \times \text{Cu}$, $5 \times \text{Sn}$; 300 mm^2

5 工作行为

TLE8888-1QK 实现了电子控制单元的整体供应。因此，需要实施复杂的控制逻辑来提供多种工作状态。

本章描述了

- 充电和放电行为以及
- TLE8888-1QK 在 5 V 欠压等特殊情况下的状态

有关监控看门狗模块的描述，请参阅 [第 6 章](#)。

图 3 展示了影响器件和电子控制单元状态的所有块。以下模块在不同的工作状态和复位功能期间受到影响：

- 串行接口 MSC / SPI：通过串行接口完成器件的设置
- 钥匙输入检测：来自钥匙开关（KL15）的启动信号
- 唤醒输入检测：附加启动信号，例如来自外部CAN总线唤醒功能
- 发动机关机定时器：比较器模式下的唤醒信号
- 电源：电子控制单元 5 V 电源和 5 V 传感器电源，5 V 待机电源
- 电压监控：监控所有电源（BAT、V5V、T5V1、T5V2）
- 主继电器驱动器：控制外部主继电器将电池电压切换到电子控制单元电源引脚（另请参阅 [第 17 章](#) 中的应用设置）
- 功率级和半桥控制功能块
- LIN / K 线：传输模式取决于电子控制单元的工作状态
- CAN：整个模式取决于电子控制单元的工作状态，远程唤醒功能
- 复位输出 MON 和 RST
- 监控看门狗模块：安全应用的签名看门狗
- 运行模式控制

运行模式控制功能块包括：

- 充电和放电控制逻辑
- 复位控制逻辑和
- 状态输出逻辑

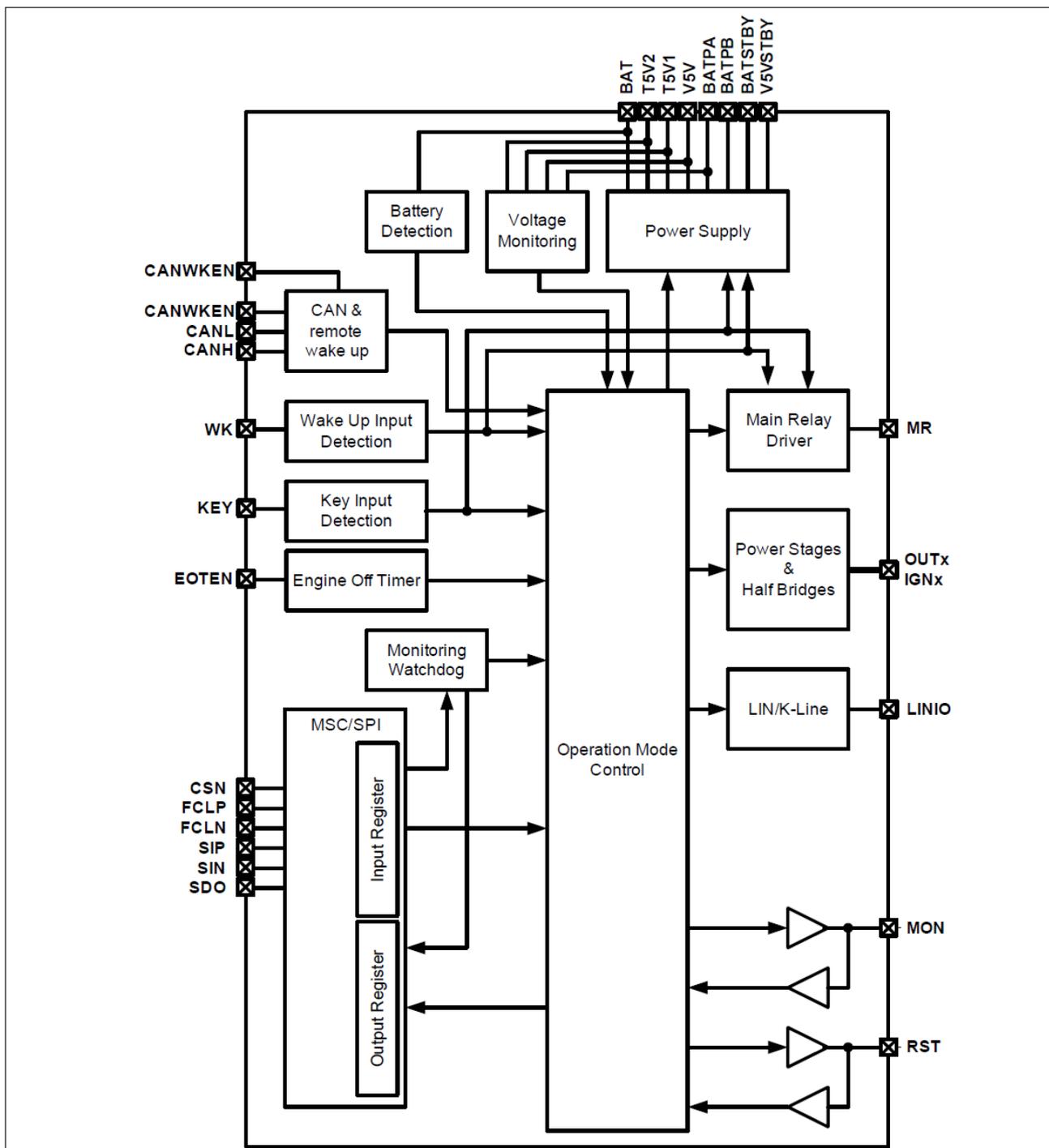


图 3 运行模式控制框图

5.1 工作状态

整个充电和放电序列的状态图如 图 4 所示。共有 7 种工作状态：

- 电子控制单元睡眠状态：KEY 和 WK 输入为“低电平”，没有来自启动关闭时钟或CAN的唤醒信号，主继电器关闭，包括 TLE8888-1QK 在内的整个电子控制单元不供电，如果给引脚 BATSTBY 供了电，则 5 V 待机电源正在工作，如果启用并提供了供电，则发动机关机定时器和CAN唤醒电路使能。

- 电源充电状态：KEY输入或唤醒¹⁾ 为“高”，TLE8888-1QK电源开始工作，V6V、V5V、T5V1、T5V2电压上升但低于欠压阈值。对于唤醒¹⁾ 主电源的充电必须在充电计时溢出之前完成。主继电器根据引脚BAT上的电压电平打开（参见7.2小节）
- 正常工作状态：KEY输入或唤醒为“高”，主继电器根据 PINBAT 上的电压电平或状态寄存器 **OpStat0** 中的 **MR** 位的状态开启。（见 7.2 小节）。整个电子控制单元的供给情况和各个功能及寄存器的状态见 **表 5** 和 **表 6**。
- 后运行状态：KEY为“低电平”，但后运行使能位为置位，因此整个电子控制单元是供电的，不同功能和寄存器的状态根据**表 5** 和**表 6**，微控制器可以执行后运行例程
- 后运行复位状态：如果 **OpConfig0** 寄存器中的位 **AR** = 1，则执行正常操作中直接重入之前的复位过程。
- 一般下电状态：电子控制单元（V5V、T5V1、T5V2）电源被禁用，下电定时器正在计数，主继电器保持在开启状态，TLE8888-1QK 供电以确保电子控制单元电源关闭（V5V下降到0V），如果 **BATSTBY** 供电，**V5VSTBY** 工作，所有对外功能被禁用。
- 唤醒清零状态：此状态可避免故障情况下永久唤醒。唤醒清零指令被执行（功能根据设置位 **WKCLR** 在指令寄存器**Cmd0**中）。电源充电和下电状态后所有有源的唤醒信号均被复位。

1) 描述见**图 4**，**7.2 小节**，**7.4 小节**和**12.2.4 小节**

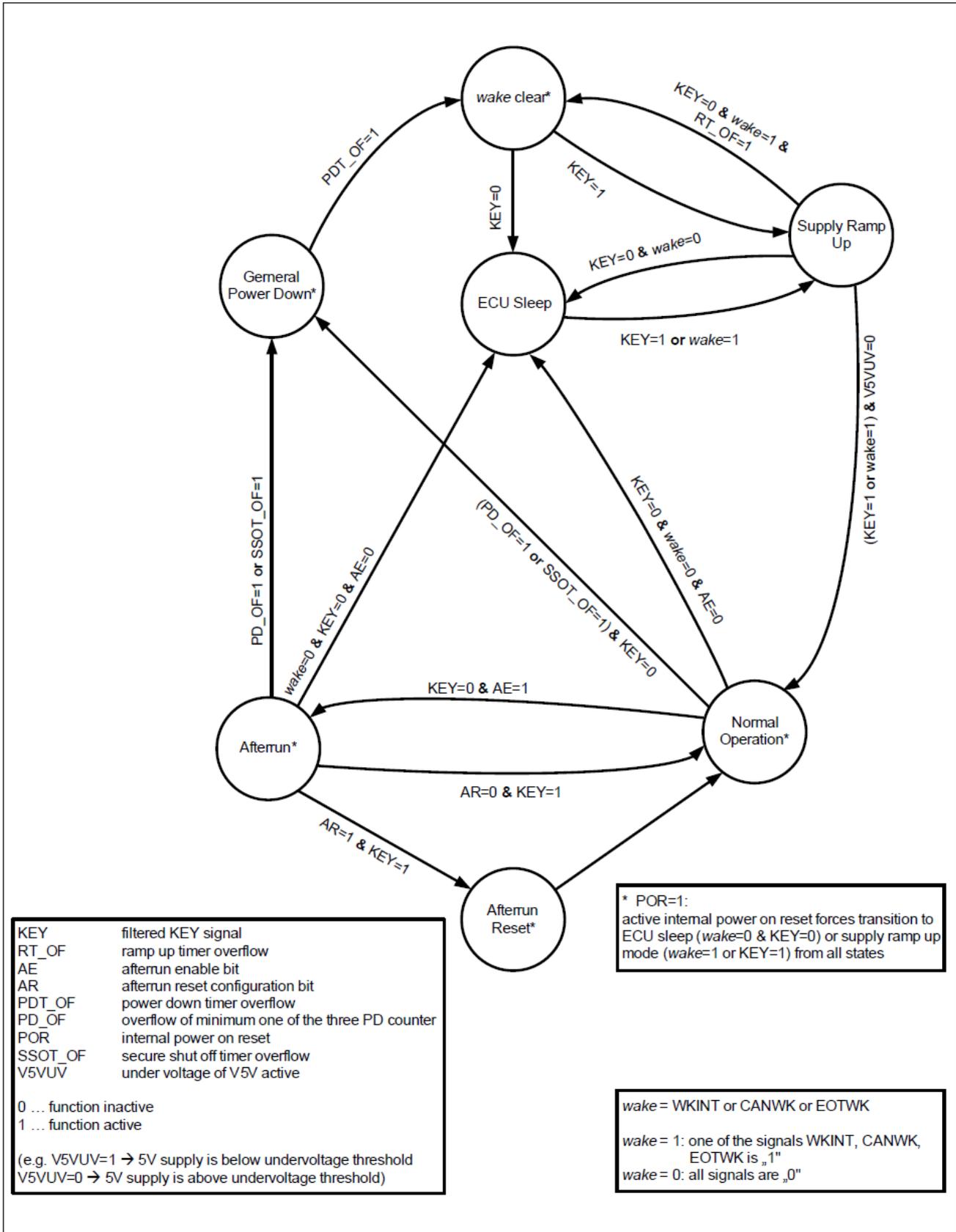


图4 工作状态图

转换描述:

表 4 工作状态转换

Transition	Condition	Description
from all states to ECU sleep state	internal supply voltage < internal por threshold and $KEY = 0$ and $wake^{1)=0^{2)}$	internal power on reset is active and reset the whole digital logic, ECU sleep state is entered due to no wake-up signal at KEY or wake
from all states to supply ramp up state	internal supply voltage < internal por threshold and $KEY = 1$ or $wake = 1^{2)}$	internal power on reset is active and reset the whole digital logic, supply ramp up state is entered due to a wake-up signal at KEY or wake
ECU sleep state to supply ramp up state	$KEY > V_{KEY,th}$ or $wake = 1$	With a “high” voltage at KEY or wake the wake-up of the TLE8888-1QK starts
Supply ramp up state to ECU sleep state	$KEY < V_{KEY,th}$ and $wake = 0^{2)}$	The external supply ramp up is not finished but the wake-up signals are low
Supply ramp up state to wake clear state	$KEY < V_{KEY,th}$ and $wake = 1^{2)}$ and $RT_OF = 1$	The KEY signal is low and the wake-up signals are active. The ramp up timer has an overflow which indicates a ramp up problem of the external supply (e.g. short to GND). To avoid permanent high current consumption the internal wake signals must be reset to enter the ECU sleep state.
Supply ramp up state to normal operation state	$(KEY > V_{KEY,th}$ or $wake = 1)$ and $V_{5V} > V_{uv,V5V}^{2)}$	normal operation state is entered if the main supply voltage V_{5V} is above the undervoltage threshold, KEY is high or one of the wake-up conditions are active
Normal operation state to afterrun state	$KEY < V_{KEY,th}$ and $AE = 1^{2)}$	KEY is “low” and afterrun function is enabled: no changes in the setup of the TLE8888-1QK
Normal operation state to ECU sleep state	$AE = 0$ and $KEY < V_{KEY,th}$ and $wake = 0^{2)}$	normal shut off
Normal operation state to general power-down state	$(PD_OF = 1$ or $SSOT_OF = 1)$ and $KEY < V_{KEY,th}^{2)}$	KEY is low and watchdog error shut off with overflow of the power-down counter or secure shut off due to expired secure shut off timer
Afterrun state to ECU sleep state	$AE = 0$ and $KEY < V_{KEY,th}$ and $wake = 0^{2)}$	normal shut off in afterrun mode with the reset of the afterrun enable bit AE by the microcontroller
Afterrun state to general power-down state	$PD_OF = 1$ or $SSOT_OF = 1$	watchdog error shut off with overflow of the power-down counter or secure shut off due to expired secure shut off timer
Afterrun state to normal operation state	$KEY > V_{KEY,th}$ and $AR = 0^{2)}$	reentry of normal operation with KEY on during afterrun operation, no reset is performed ($AR = 0$)
Afterrun state to afterrun reset state	$KEY > V_{KEY,th}$ and $AR = 1^{2)}$	reentry of normal operation with KEY on during afterrun operation with reset ($AR = 1$)
Afterrun reset state to normal operation state		transition to normal operation with the next active internal clock edge after entry to the afterrun reset state

表 4 工作状态转换 (续)

Transition	Condition	Description
General power-down state to wake clear state	$PDT_OF = 1$	with the power-down timer overflow the reset of the internal wake signals must be performed
Wake clear state to ECU sleep state	$KEY < V_{KEY,th}$	after reset of the internal wake signals and KEY is low the ECU sleep state is entered, no unwanted wake-up due to a failure condition will occur
Wake clear state to supply ramp up state	$KEY > V_{KEY,th}$	after reset of the internal wake signals and KEY is high the supply ramp up state is entered, no unwanted wake-up due to a failure condition at the CAN bus and pin WK will occur

1) wake = WKINT 或 CANWK 或 EOTWK (参见 7.2 小节、7.4 小节和 12.2.4 小节)

2) 包括定义的滤波时间

两种状态:

- 正常工作
- 后运行

反映在状态寄存器 **OpStat0** 的 **OM** 位中。

电源关闭时间由配置寄存器 **OpConfig0** 的 **PDT** 位定义。

图 5 显示了通过 KEY 唤醒，并通过后运行模式进入睡眠状态的序列。

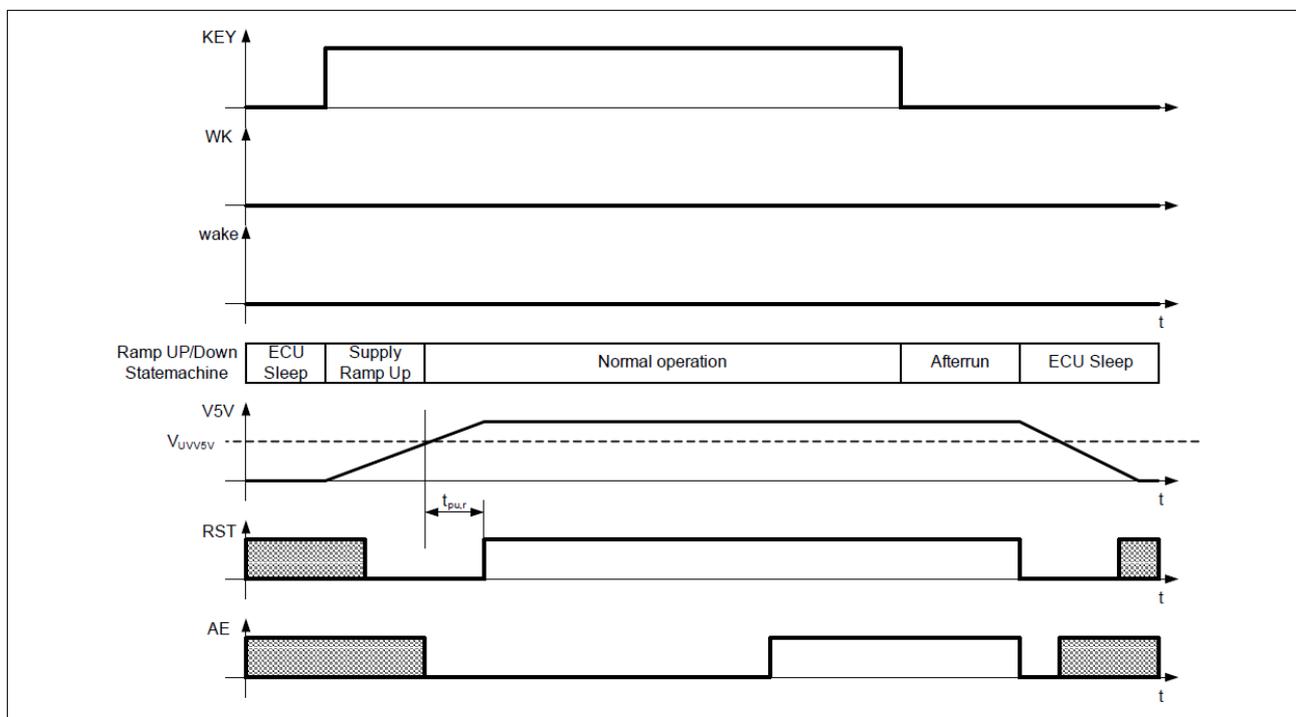


图 5 通过 KEY 唤醒及后运行模式的充放电时序图

5.2 复位和运行模式

TLE8888-1QK 提供多种监控功能，这些功能可导致器件和电子控制单元的一些专用复位状态和特殊运行模式。

有两个双向复位引脚 MON 和 RST。有关复位引脚 MON 和 RST 复位期间的行为以及 TLE8888-1QK 的其他状态，请参阅表 5 和表 6。

实现了以下复位功能和特殊状态：

- 内部上电复位：内部上电复位检测电路监视内部电源的电压电平。对于内部供电电压低于内部电源复位值的情况，TLE8888-1QK 的整个数字逻辑将被复位，从而导致电子控制单元睡眠状态或供电充电状态，具体取决于 KEY 和唤醒的状态。如果运行电压足够高，6V 预调节器就会工作。5V 电源被禁用，直到内部电源电平超过开启阈值。
- 电子控制单元电源复位：这是电源充电时的复位和运行开始时发生的复位。引脚 RST 和 MON 被拉至 GND，以复位 UART 以及连接到引脚 MON 的所有器件。器件复位至初始复位状态。当引脚 V5V 上的电压在 tpu,r 后高于 V5V 欠压监控滞回时，复位被释放。
- 5V 电源欠压期间复位 V5V：该复位发生在 5V 电子控制单元电源欠压期间。引脚 RST 和 MON 被拉至 GND，以复位 UART 以及连接到引脚 MON 的所有器件。延迟关断功能是有关配置设置的来源。主继电器的状态取决于唤醒引脚 KEY 和 WK 的状态以及电源引脚 BAT 的电压电平。
- 5V 电源 T5V1 和 T5V2 欠压期间的状态：通过跟踪器的欠电压检测，诊断位被设置为置位，但对器件的行为没有影响。
- 5V 电源 V5V 过压期间复位：通过 5V 电子控制单元电源过压检测，器件的所有对外部有影响或可能导致过流或过热的功能都将被禁用（例如功率级、LIN / CAN / MSC / SPI 通信）。引脚 RST 和 MON 为低电平。
- 5V 电源 T5V1 和 T5V2 过压期间的状态：随着跟踪器电源过压的检测，诊断位被置位，但对器件的行为没有影响。
- 电池电源 BAT 过压期间功率级关断：当电源引脚 BAT 上的电压高于过压阈值时，功率级被禁用，以避免关断期间钳位热量过高，防止开关损坏。
- 看门狗复位：如果复位计数器递增且复位为启用（位 WDREN = 1）UART 复位，引脚 RST 处为“低电平”。功率级被禁用，LIN / CAN 通信设置为仅接收模式。
- 软件复位：通过软件复位指令（指令寄存器 CmdSR）激活软件复位。器件复位为表 5 和表 6 中定义的复位状态。软件复位的激活会触发下电计数器加 1。
- 在 RST 处通过外部强制“低电平”进行复位：在 RST 引脚处检测到“低电平”时，TLE8888-1QK 会复位至表 5 和表 6 中定义的复位状态。
- 功率级在 MON 处通过外部强制“低电平”关断：在 MON 引脚检测到“低电平”时，功率级被禁用（O1E 至 O24E, IGN1E 至 IGN4E 置位为“0”）。MON=0 事件后，功率级必须再次启用。
- MSC 通信超时状态：随着 MSC 通信超时，功率级被禁用（O1E 至 O24E, IGN1E 至 IGN4E 置位为“0”）。在下一个有效接收到的数据帧之后，功率级必须再次启用。
- 后运行复位：如果寄存器 OpConfig0 中的位 AR 为 1，触发从后运行状态到正常运行状态的转换（定义见表 6）。

表 5 复位和工作条件下的行为概述 (第 1 部分)

Effect to functions:	Conditions						
	Internal power on reset	ECU power on reset	Undervoltage V5V	Undervoltage T5V1, T5V2	Oversvoltage V5V ¹⁾	Oversvoltage T5V1, T5V2	Oversvoltage BAT
notes	forces state change	only after transition from Supply Ramp Up to Normal Operation state for tpu,r	timing see Chapter 8.7 and Table 7	timing see Chapter 8.7	timing see Chapter 8.7 and Table 7	timing see Chapter 8.7	timing see Chapter 8.7
V5VSTBY, V6V	en.	en.	en.	en.	en.	en.	en.
V5V, T5V1, T5V2	dis.	en.	en.	en.	en.	en.	en.
MSC/SPI communication	dis.	dis.	dis.	en.	dis.	en.	en.
Main relay	en. ²⁾	en. ²⁾	en. ²⁾	en. ²⁾	en. ²⁾	en. ²⁾	en. ²⁾
Low-side switches / Half bridges / Push Pull Driver	off/dis./off	off/dis./off	off/dis./off	no change	off/dis./off	no change	off/dis./off
OUT17 and OUT21 with delayed switch off function	dis.	dis.	delayed switch off activated	en.	delayed switch off activated	en.	dis.
LIN/CAN communication	dis.	rec. only, after release setup acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE ³⁾	rec. only, after release setup acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE ³⁾	acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE	dis., after release setup acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE	acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE	acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE
MON (output function)	“low” ⁴⁾	“low”	“low”	no effect ⁵⁾	“low”	no effect ⁵⁾	no effect ⁵⁾
RST (output function)	“low” ⁴⁾	“low”	“low”	no effect ⁵⁾	“low”	no effect ⁵⁾	no effect ⁵⁾
Watchdog Sequence, Heartbeat Timer ⁶⁾	reset	reset	reset	no effect	reset	no effect	no effect

表 5 复位和工作条件下的行为概述（第 1 部分）（续）

Effect to functions:	Conditions						
	Internal power on reset	ECU power on reset	Undervoltage V5V	Undervoltage T5V1, T5V2	Overvoltage V5V ¹⁾	Overvoltage T5V1, T5V2	Overvoltage BAT
WWD Error Counter, FWD pass counter, Total error counter	reset	reset	reset	no effect	reset	no effect	no effect
PD Counter	reset	reset	reset	no effect	reset	no effect	no effect
Reset Counter; SSOT	reset	reset	reset	no effect	reset	no effect	no effect
AR; CANWE; LINWE; FWDQUEST	reset	reset	reset	no effect	reset	no effect	no effect
AE; WWDConfig0; WDConfig0 ; watchdog diagnosis bits	reset	reset	reset	no effect	reset	no effect	no effect
Logic and MSC/SPI register bits ⁷⁾⁸⁾	reset	reset	reset, diagnosis bit is set	diagnosis bits are set	no effect	diagnosis bits are set	diagnosis bit is set
EOTWK, CANWK, WKINT	no effect	no effect	reset	no effect	no effect	no effect	no effect

- 1) 对于大于引脚 V5V 最大额定值的电压，无法保证其行为
- 2) 根据 [第 7 章](#) 定义
- 3) RST 释放后（由低电平变为高电平）在配置启用之前存在时间延迟 [tdel,r](#)
- 4) 如果供电电压足够高，则使能下拉
- 5) 开漏输出上拉是使能的
- 6) 复位释放后启动看门狗序列
- 7) 对 [表 5](#) 或 [表 6](#) 中未描述的所有寄存器位有效
- 8) 在有源延迟关断模式下，与功率级相关的一些寄存器位不会复位，请参见 [9.4 小节](#)

表 6 复位和工作条件下的行为概述（第 2 部分）

Effect to functions:	Conditions							
	Watchdog reset	Safe State	SW reset from micro-controller	MON switch off (input function)	RST reset (input function)	MSC time out	afterrun reset	
							no reset AR=0	reset AR=1
note	status during reset pulse top,r		status during reset pulse tint,r	masked by MON output function	masked by RST output function	status till next valid MSC communication		
V5VSTBY, V6V	en.	en.	en.	en.	en.	en.	en.	en.
V5V, T5V1, T5V2	en.	en.	en.	en.	en.	en.	en.	en.
MSC/SPI communication	dis.	en.	en.	en.	dis.	en.	en.	dis.
Main relay	en. ¹⁾	en.	en. ¹⁾	en. ¹⁾	en. ¹⁾	en. ¹⁾	en. ¹⁾	en. ¹⁾
Low-side switches / Half bridges / Push Pull Driver	off/dis./off	off/dis./off	off/dis./off ³⁾	off/dis./off	off/dis./off	off/dis./off	no change	off/dis./off
OUT17 and OUT21 with delayed switch off function	no trigger if termination of delayed switch off function	no trigger if termination of delayed switch off function	dis. ³⁾	delayed switch off activated	delayed switch off activated	delayed switch off activated	en.	dis.

表 6 复位和工作条件下的行为概述（第 2 部分）（续）

Effect to functions:	Conditions							
	Watchdog reset	Safe State	SW reset from micro-controller	MON switch off (input function)	RST reset (input function)	MSC time out	afterrun reset	
							no reset AR=0	reset AR=1
LIN/CAN communication	acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE	rec. only, after release setup acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE ²⁾	acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE	acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE	rec. only, after release setup acc. bits CAN, LIN, CANWE, LINWE ²⁾			
MON	“low”	“low”	“low” ³⁾	forced from outside	“low”	no effect ⁴⁾	no effect ⁴⁾	“low”
RST	“low”	no effect ⁴⁾	no effect ⁴⁾	no effect ⁴⁾	forced from outside	no effect ⁴⁾	no effect ⁴⁾	“low”
Watchdog Sequence, Heartbeat Timer ⁵⁾	reset	no effect	reset	no effect	reset	no effect	no effect	reset
WWD Error Counter, FWD pass counter, Total error counter	reset	no effect	reset	no effect	reset	no effect	no effect	reset
PD Counter	no effect	no effect	increment +1	no effect	no effect	no effect	no effect	no effect
Reset Counter; SSOT	no effect	no effect	no effect ⁶⁾	no effect ⁶⁾				
AR; CANWE; LINWE; FWDQUEST	no effect	no effect	no effect	no effect				

工作行为

表 6 复位和工作条件下的行为概述（第 2 部分）（续）

Effect to functions:	Conditions							
	Watchdog reset	Safe State	SW reset from micro-controller	MON switch off (input function)	RST reset (input function)	MSC time out	afterrun reset	
							no reset AR=0	reset AR=1
AE; WWDConfig0; WDCConfig0; watchdog diagnosis bit	reset	no effect	reset	no effect	reset	no effect	no effect	reset
Logic and MSC/SPI register bits ⁷⁾⁸⁾	no effect	no effect	reset	no effect	reset	diagnosis bit is set	no effect	reset
EOTWK, CANWK, WKINT	no effect	no effect	no effect	no effect	no effect	no effect	no effect	no effect

- 1) 根据 第 7 章定义
- 2) RST 释放后（由低电平变为高电平）在配置启用之前存在时间延迟 $tdel,r$
- 3) 状态持续时间 top,r
- 4) 开漏输出上拉是使能的
- 5) 复位释放后启动看门狗序列
- 6) 因KEY=1触发 SSOT 复位
- 7) 对 表 5 或 表 6 中未描述的所有寄存器位有效
- 8) 在有源延迟关断模式下，与功率级相关的一些寄存器位不会复位，请参见 9.4 小节

表 7 复位时间定义

Reset Function		Reset Time at RST Output	Related Status Bits in Register OpStat1
internal power on reset			all registers are reset
ECU power on reset		$t_{pu,r}$	
Undervoltage V5V		$t_{pu,r}$	V5VUVR
Overvoltage V5V		$t_{pu,r}$	V5VOVR
Watchdog reset		$t_{op,r}$	WDRES
RST reset forced from outside		forced from outside	RSTR
Software reset from microcontroller		no effect	all registers are reset ¹⁾
Afterrun reset	AR="0"	no effect	
	AR="1"	$t_{op,r}$	ARES

1) 内部复位 $t_{int,r}$ 是使能的

在被引脚 **RST** 复位后，CAN 和 LIN 总线的配置将延迟时间 **tdel,r** 以避免未定义的微处理器引脚影响总线。在此延迟时间内，可以通过对寄存器进行写访问来更改配置位。

5.3 工作行为电气特性

表 8 电气特性：工作行为

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Internal power on reset threshold	$V_{\text{por,int,th}}$	-	-	2.8	V	of internal supply voltage	P_5.3.1
Supply voltage range for internal supply	$V_{\text{BATP,int}}$	4.5	-	-	V	only valid if the charge pump has ramped up before voltage drop, both condition must be fulfilled to ensure no internal power on reset	P_5.3.2
	$V_{\text{V6V,int}}$	3.5	-	-	V		

Power-Down Timer

Power-down time 1	$t_{\text{pd,1}}$	-	100	-	ms	-	P_5.3.3
Power-down time 2	$t_{\text{pd,2}}$	-	200	-	ms	-	P_5.3.4
Power-down time 3	$t_{\text{pd,3}}$	-	300	-	ms	-	P_5.3.5
Power-down time 4	$t_{\text{pd,4}}$	-	400	-	ms	-	P_5.3.6
Power-down time accuracy	$t_{\text{pd,a}}$	-10	-	+10	%	-	P_5.3.7

Ramp Up timer

Ramp up time	t_{ru}	185	-	650	ms	-	P_5.3.8
--------------	-----------------	-----	---	-----	----	---	---------

MON In- Output

Input low level	V_{il}	-	-	$0.29 \cdot V_{5V}$	V	-	P_5.3.10
Input high level	V_{ih}	$0.7 \cdot V_{5V}$	-	-	V	-	P_5.3.11
Input hysteresis	V_{ihys}	0.1	-	1	V	-	P_5.3.12
Pull up current	I_{imax}	-100	-	-	μA	$V_{\text{in}} = 0\text{ V}$, pull up to V_{5V}	P_5.3.13
Input de-glitch time for low and high level detection	$t_{\text{i,d}}$	0.5	-	3.5	μs	-	P_5.3.14
Output low level operation	V_{ol}	-	-	0.7	V	$I_{\text{out}} = 2\text{ mA}$; $V_{VSV} = 2.5\text{ V}$	P_5.3.15
Output current capability	I_{omax}	15 ¹⁾	-	-	mA	$V_{\text{MON}} = 5\text{ V}$	P_5.3.16

RST In- Output

Input low level	V_{il}	-	-	$0.29 \cdot V_{\text{DDIO}}$	V	-	P_5.3.17
-----------------	-----------------	---	---	------------------------------	---	---	----------

表 8 电气特性：工作行为（续）

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Input high level	V_{ih}	$0.7 \cdot V_{DDIO}$	–	–	V	–	P_5.3.18
Input hysteresis	V_{ihys}	0.1	–	1	V	–	P_5.3.19
Pull up current	I_{imax}	-100	–	–	μA	$V_{in} = 0\text{ V}$, pull up to V_{DDIO}	P_5.3.20
Input de-glitch time for low and high level detection	$t_{i,d}$	0.5	–	3.5	μs	–	P_5.3.21
Output low level operation	V_{ol}	–	–	0.7	V	$I_{out} = 2\text{ mA}$; $V_{VSV} = 2.5\text{ V}$	P_5.3.22
Output current capability	I_{omax}	15 ¹⁾	–	–	mA	$V_{RST} = 5\text{ V}$	P_5.3.23
Reset Times							
Power up reset time	$t_{pu,r}$	12	16	20	μs	–	P_5.3.24
Operation reset time	$t_{op,r}$	1	2	4	μs	–	P_5.3.25
Internal reset time	$t_{int,r}$	–	–	1	μs	–	P_5.3.26
Delay time after reset	$t_{del,r}$	6	10	14	μs	–	P_5.3.27

1) 应用必须确保流入该引脚的电流不超过该值。

6 监控看门狗模块（签名看门狗）

看门狗功能旨在对微控制器的程序顺序进行时间和逻辑监控。图 6 绘制监控模块的状态。该模块有一个 MSC /SPI 功能块的接口。对窗口的监控是通过窗口看门狗对窗口的单独检查和功能性看门狗的逻辑操作检查来完成的。因此，微控制器必须发送窗口看门狗服务指令和四个响应字节用于功能检查。检查的结果影响相应的计数器（窗口看门狗错误计数器或功能看门狗通过计数器）。另外，还集成了总错误计数器模块，该模块检测看门狗错误的发生（程序检查或功能未通过）并相应地更改总错误计数器的状态。

对于独立的功能看门狗和总错误计数器，实现了心跳计数来定义这两个功能的递增步数。

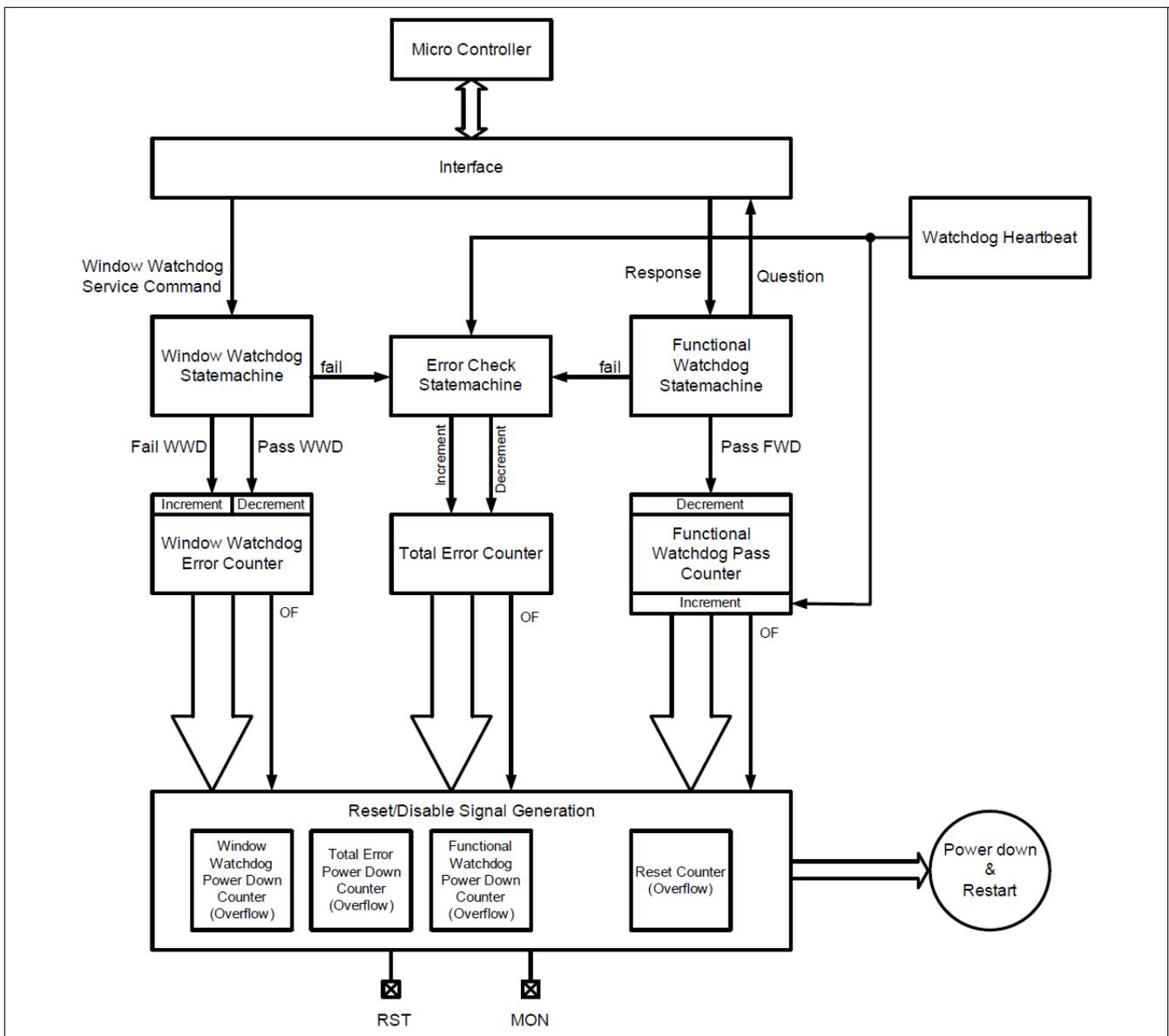


图 6 监控看门狗功能框图

计数器的状态（窗口看门狗错误计数器、功能看门狗通过计数器和总错误计数器）和相应的故障信号被输入到看门狗复位、下电计数器和安全关闭定时器。该信息用于影响TLE8888-1QK的操作状态以及引脚MON和RST的状态。

微控制器的软件必须确保程序流和任何安全关键部分都通过根据收到的问题执行相关例程进行自测试。

表 9

Bit Name	Register	Type	Description
General			
WDRES	OpStat1	status	reset caused by watchdog (general status bit)
RESC	WdStat0	status	reset counter value
SSOTS	WdStat0	status	Secure shut off timer start status
WDHBTPRE	WDHBT0	status	heartbeat timer pre divider value
WDHBT	WDHBT1	status	heartbeat timer value
WDHBTP	WDConfig0	configuration	definition of heartbeat period for functional watchdog and total error counter
CANWE	WDConfig1	configuration	CAN operation mode during safe state
LINWE	WDConfig1	configuration	LIN operation mode during safe state
WDREN	WDConfig1	configuration	watchdog reset enable
FWDQG	WDConfig1	configuration	Functional watchdog question generation pattern setup
	MSCReadWd0	command	Multi read command for WdStat0 , TECStat , FWDStat0 , FWDStat1 , WdDiag , WWDStat , WDConfig0 and WWDConfig0
	MSCReadWd1	command	Multi read command for WDHBT0 , WDHBT1 , WdStat0 and WdStat1
	WDHBTPSyncCmd	command	heartbeat period synchronization command
WDHBTS	Cmd0	command	watchdog heartbeat timer sample command
Window Watchdog			
WWDEC	WWDStat	status	value of error counter for window watchdog
WWDSCR	WdStat0	status	Window watchdog service command received status
WWDPCD	WdStat0	status	power-down counter value of window watchdog
WWDECI	WWDConfig1	configuration	definition of the increment value of error counter for window watchdog
WWDECD	WWDConfig1	configuration	definition of the decrement value of error counter for window watchdog
WWDCWT	WWDConfig0	configuration	closed window time
WWDOWT	WWDConfig0	configuration	open window time
	WWDServiceCmd	command	window watchdog service command
WWDSCD	WdDiag	diagnosis	window watchdog service command too early
WWDTO	WdDiag	diagnosis	window watchdog time out

表 9 (续)

Bit Name	Register	Type	Description
WWDRES	WdDiag	diagnosis	reset caused by window watchdog
Functional Watchdog			
FWDQUEST	FWDStat1	status	question definition
FWDRESPC	FWDStat1	status	response counter
FWDPC	FWDStat0	status	pass counter value of functional watchdog
FWDPCD	WdStat1	status	power-down counter value of functional watchdog
FWDPCI	FWDConfig	configuration	definition of the increment value of pass counter for functional watchdog
FWDPCD	FWDConfig	configuration	definition of the decrement value of pass counter for functional watchdog
FWDKQ	WDCConfig1	configuration	Keep question function set up
	FWDRespCmd	command	response write command
	FWDRespSync Cmd	command	response write command with heartbeat synchronization at received response byte 0
FWDREA	WdDiag	diagnosis	response error of actual question
FWDREL	WdDiag	diagnosis	response error of last answer
FWDRES	WdDiag	diagnosis	reset caused by functional watchdog
Total Error Counter			
TEC	TECStat	status	total error counter value
TECPDC	WdStat1	status	power-down counter value of total error counter part
TECI	TECConfig	configuration	definition of the increment value of total error counter
TECD	TECConfig	configuration	definition of the decrement value of total error counter
TECRES	WdDiag	diagnosis	reset caused by total error counter

6.1 窗口看门狗

为了进行时间检查，微控制器必须定期发送窗口看门狗服务指令 **WWDServiceCmd**。如果在窗口看门狗序列的打开窗口内接收到指令，则窗口看门狗被正确触发。检查结果用于改变窗口看门狗错误计数器的值。如果检查通过，计数器将减少，如果出现错误，计数器将增加。另外，对配置寄存器 **WWDConfig0** 的写入访问/访问 也会导致窗口看门狗错误得分的增加。窗口看门狗错误计数器（发生错误）的增量是总错误计数器的输入（**6.3 小节**）。在 **图 7** 中显示窗口看门狗的状态机。

递增或递减的值可以设置在配置寄存器 **WWDConfig1** 中。窗口看门狗错误计数器是一个 6 位计数器。计数器值对工作行为的影响如 **表 11** 和 **表 12** 所示。

用于时序检查的窗口看门狗序列由一个关闭窗口和一个打开窗口组成（见 **图 8**）。看门狗序列以下方式开始：

- 释放监控模块的复位（见 **5.2 小节** 中的 **表 5** 和 **表 6**）
- 窗口看门狗服务指令

- 写入窗口时间配置寄存器 **WWDConfig0**
- 看门狗定时器的溢出

图 8 显示了看门狗序列的两个部分。在上电复位后，它将无限循环运行，并按照定义的时间打开和关闭窗口。它仅在有源的复位信号或超出正常工作条件时停止，参见 5.2 小节中表 5 和表 6。

窗口看门狗序列的操作可以通过对配置寄存器 **WWDConfig0** 的写入命令进行设置或者直接使用 **WWDServiceCmd** 的数据位。对配置寄存器 **WWDConfig0** 进行写入访问启动看门狗窗口序列，并且窗口看门狗错误计数递增。

如果在打开的窗口内收到指令，则检查通过。指令发送过早或丢失指令会导致错误。诊断寄存器 **WdDiag** 的位 **WWDSC** 表示窗口看门狗服务指令接收得太早，位 **WWDTO** 表示最后一个序列的超时（在打开窗口结束之前没有收到窗口看门狗服务指令）。诊断信息不会通过读取清除。

状态寄存器 **WdStat0** 的位 **WWDSCR** 表示在最后一个看门狗序列处收到了窗口看门狗服务指令。该位的复位是通过读取该位或窗口看门狗超时来完成的。

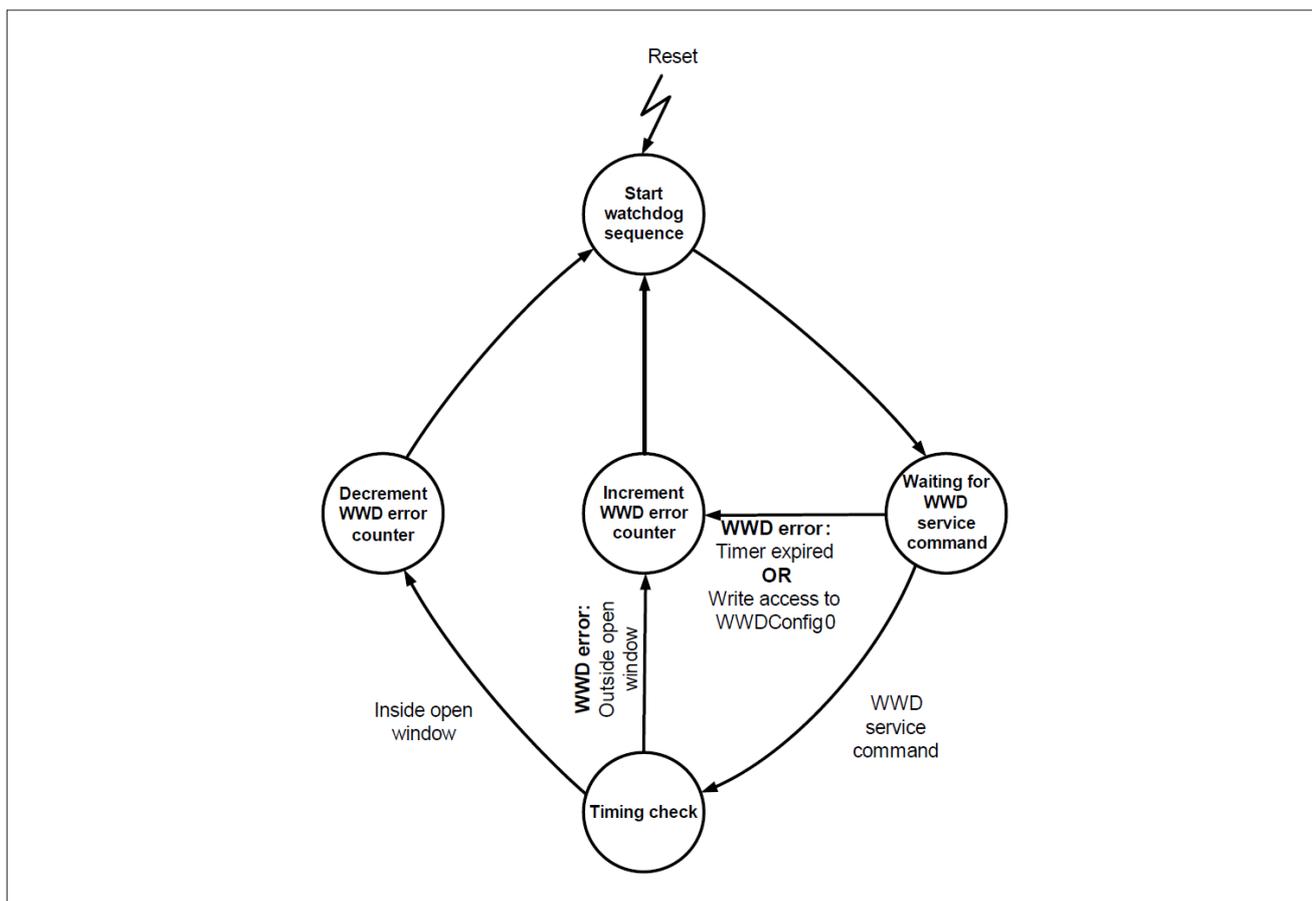


图 7 窗口看门狗模块状态图

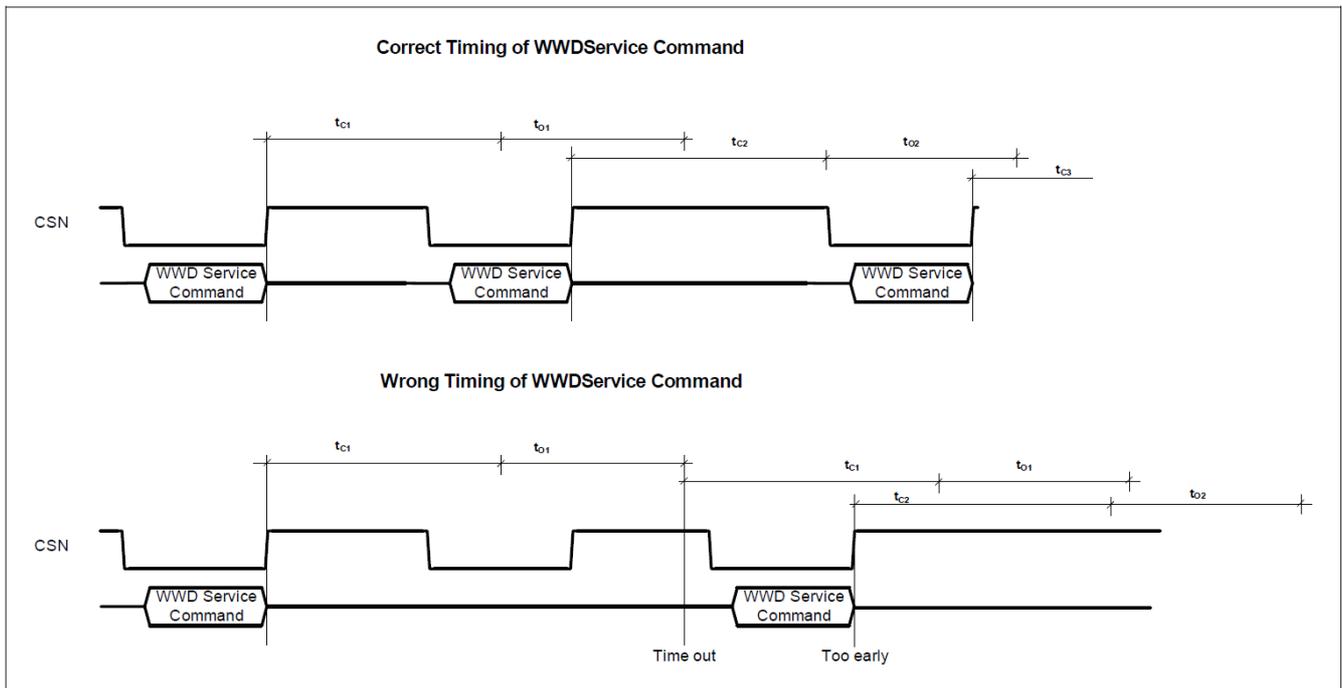


图 8 看门狗序列时序

6.2 功能看门狗

对于功能检查，微控制器必须通过 **FWDRespCmd**（功能性看门狗响应指令）或 **FWDRespSyncCmd**（功能性看门狗响应和同步指令）向 TLE8888-1QK 定义的实际查询发送正确的四个响应字节。系统会检查响应字节的正确性。

通过检查会触发功能看门狗通过计数器的递减。功能性看门狗错误（FWD 错误）不影响功能看门狗通过计数器，但它作为输入信号用于总错误计数器（参见 6.3 小节）。FWD 错误定义为：

- **FWDRespCmd** 接收响应字节 0 和至少一个响应字节是错误的
- **FWDRespSyncCmd** 接收响应字节 0 和至少一个响应字节是错误的
- 收到看门狗心跳定时器计时周期同步指令 **WDHBTPSyncCmd**

在诊断寄存器 **WdDiag** 中，位 **FWDREA** 指示当前查询接收响应字节的错误，位 **FWDREL** 指示最后一个应答字节有错误。读取操作不会清除诊断位。

为了检测功能检查是否缺少，实施了心跳检查。随着心跳事件，功能看门狗通过计数器会增加。心跳事件发生于：

- 心跳周期定时器到期或
- 接收看门狗心跳周期同步指令 **WDHBTPSyncCmd**（响应计数器也是复位）或
- 接收功能性看门狗响应并同步指令 **FWDRespSyncCmd** 且收到响应字节 0

心跳周期可以通过对配置寄存器 **WDConfig0** 的写入访问或者通过看门狗心跳周期同步指令 **WDHBTPSyncCmd** 来设置。如果数据是 000 0000_B, 则心跳周期不变。

改变周期时间时心跳周期的行为:

- **WDHBTPSyncCmd**: 响应计数器和心跳式定时器复位, 并触发心跳事件, 周期的更新值在下一个周期执行。
- 配置寄存器 **WDConfig0** 的写入命令: 新的周期值在读命令后生效。如果新值低于实际心跳式计时器值, 则立即触发心跳事件, 否则实际周期长度立即更改为新值。

功能看门狗的通过计数器是一个六位计数器 (参见状态寄存器 **FWDStat0**)。递增或递减的值可以设置在配置寄存器 **FWDConfig** 中。计数器值对工作行为的影响如表 11 和表 12 所示。

图 9 展示了功能看门狗的状态机。有两个可能的原则可用于服务功能看门狗:

- 非同步心跳和使用功能看门狗响应指令 **FWDRespCmd** 及配置寄存器 **WDConfig0** 的写入权限来改变心跳周期时间或
- 心跳从接收功能看门狗响应和同步指令 **FWDRespSyncCmd** 启动心跳, 并使用看门狗心跳周期同步指令 **WDHBTPSyncCmd** 改变心跳周期

该指令可以不受限制地以所有可能的组合使用。使用 **FWDRespCmd** 优点是通过快速正确的响应, 可以加快功能看门狗通过计数器的递减速度。

位 **FWDKQ** 在配置寄存器 **WDConfig1** 用于使能功能看门狗的保留问题功能。如果在通过功能检查的情况下, 该位为置位, 则下一个功能检查程序将使用相同的问题执行, 前提是 **WWDSC** 或 **WWDTO** 中的最小一个是置位 (窗口看门狗错误)。

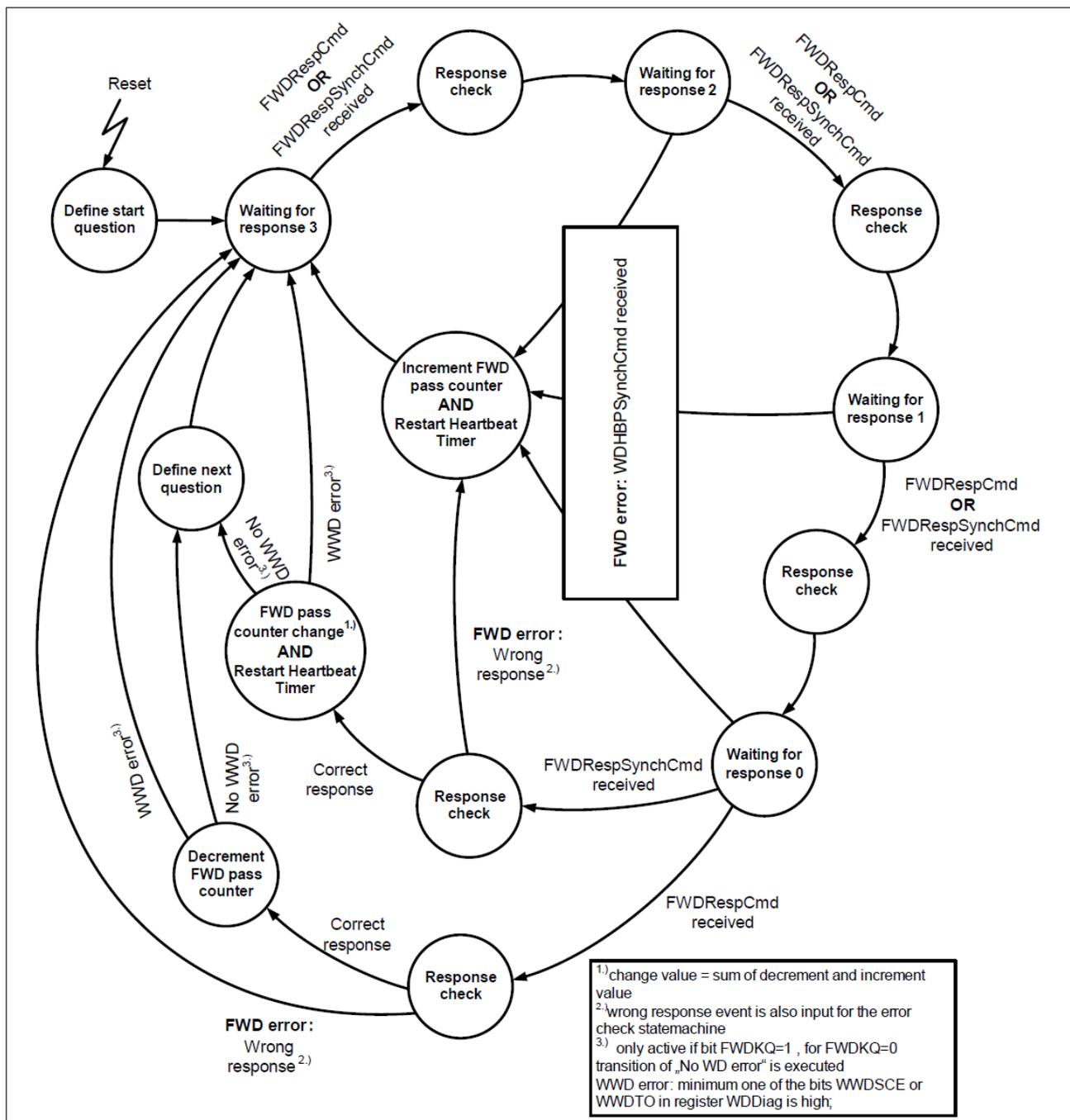


图9 功能看门狗状态图

6.2.1 问题和回复定义

FWDQUEST 位在看门狗状态寄存器 **FWDStat1** 中代表实际有效的问题。

复位值为0000_B，并且它将根据监控模块的状态机的定义而改变（见图7）。预期响应如表10所示。微控制器的应答是通过对指令寄存器**FWDRespCmd** 或**FWDRespSyncCmd** 进行写操作来完成的。

FWDRESPC 位的实际值在看门狗状态寄存器 **FWDStat1** 定义这些指令的8位内容的解释为RESP3至RESP0（定义见 **FWDRESPC**）。

下一个问题的定义是用伪随机算法完成的。使用位**FWDQG** 在配置寄存器**WDConfig1**定义了问题的生成算法。有两种设置：

- 问题唤醒类型码长度 16：每 16 个看门狗序列重复 16 个问题，最小汉明距离为 3
- 问题唤醒类型码长度 256：每 256 个问题重复 16 个问题的顺序，最小汉明距离为 1

表 10 问题及相关回复

QUEST[3:0]	RESP3	RESP2	RESP1	RESP0
0	FF	0F	F0	00
1	B0	40	BF	4F
2	E9	19	E6	16
3	A6	56	A9	59
4	75	85	7A	8A
5	3A	CA	35	C5
6	63	93	6C	9C
7	2C	DC	23	D3
8	D2	22	DD	2D
9	9D	6D	92	62
A	C4	34	CB	3B
B	8B	7B	84	74
C	58	A8	57	A7
D	17	E7	18	E8
E	4E	BE	41	B1
F	01	F1	0E	FE

6.3 总错误计数器模块

总错误模块用于统计窗口看门狗和功能看门狗的错误。错误检查状态机如图 10 所示。如果发生功能或窗口看门狗的看门狗错误，状态机将进入“发生错误”状态，并且随着下一个心跳事件（定义见 6.2 小节），总错误计数器将递增。

如果使用 **FWDRespSyncCmd** 时发生功能看门狗错误或同时发生窗口看门狗错误，则计数器也会递增。使用 **WDHBTPSyncCmd** 总是会减少总错误计数器。只有使用 **FWDRespSyncCmd** 才能减少总错误计数器并且没有发生任何错误。

总错误计数器的递减和递增值可以通过配置寄存器**TECConfig**置位。总错误计数器的状态可在状态寄存器**TECStat**中获取。

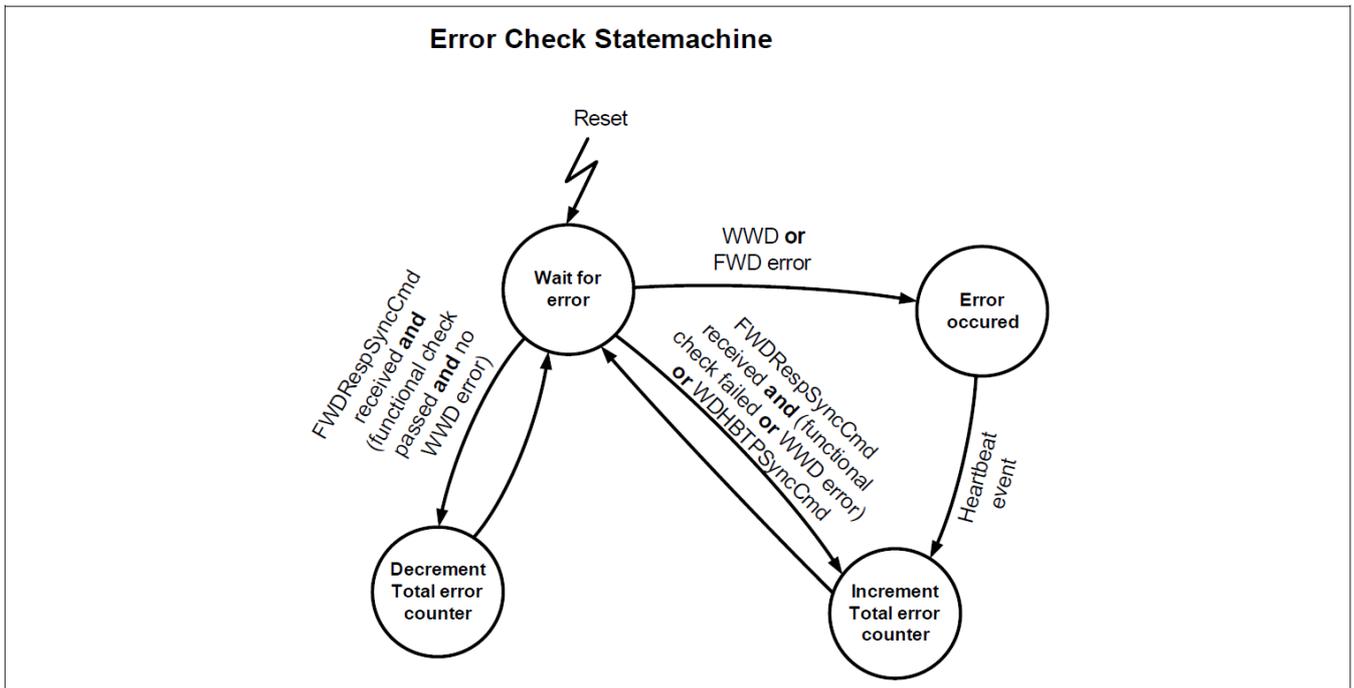


图 10 总错误计数器模块的错误检查状态机的状态图

6.4 看门狗复位计数器

看门狗复位计数器是一个三位计数器（WdStat0 寄存器的 RESC 位），并由监控功能三个计数器之一的溢出触发（见图 11）复位计数器只能加1，每次看门狗复位计数器的值改变时，都会发生看门狗复位，具体取决于看门狗复位使能位WDREN的状态在配置寄存器WDConfig1中。如果WDREN =“0”或满量程。如果达到满量程，则不会再复位。不同复位条件下的行为定义在5.2 小节中的表 5和表 6。

6.5 下电计数器

有三个三位的下电计数器。窗口看门狗下电计数器（状态寄存器WdStat0中的WWDPDC位）由窗口看门狗错误计数器溢出触发，功能看门狗下电计数器（状态寄存器WdStat1中的FWDPDC位）由功能看门狗通过计数和总错误下电计数器（状态寄存器WdStat1中的TECPDC位）由总错误计数器溢出触发（见图 11）。

如果发生触发，专用下电计数器将加 1。此外，如果发生软件复位，所有三个下电计数器都会加 1。如果达到故障状态，下电计数器将被复位（参见表 11 和表 12）。

如果 KEY为“低电平”（请参阅5.1 小节），三个下电计数器中的至少一个溢出，则 TLE8888-1QK 执行下电动作。该功能无法被禁用。不同复位条件下的行为详见5.2 小节中的表 5和表 6。

6.6 安全关闭定时器

安全关闭定时器（SSOT）在 KEY=1 时复位，如果在 KEY=0 时启用，则定时器随监控功能的三个计数器之一的溢出启动（参见图 11）。若定时器在安全关断时间后超时，则执行 TLE8888-1QK 电源下电（参见 5.1 小节）。不同复位条件下的行为详见 5.2 小节中的表 5和表 6。

6.7 工作状态定义和复位生成

监控模块的三个计数器的值影响TLE8888-1QK的工作状态。定义了三种状态：

- 安全状态：即复位状态。位**O1E**至**O24E**和**IGN1E**到**IGN4E**在配置寄存器**OEConfig0**到**OEConfig3**置位为“0”，确保所有执行器均已关闭。
- 就绪状态：器件可以不受限制地运行。
- 看门狗复位：根据**表 5**和**表 6**定义执行复位操作。

三种状态的定义如**表 11**。这些状态影响**MON**和**RST**引脚、下电计数器、安全关闭定时器和复位计数器（定义**见表 12**）。

表 11 复位、安全、就绪状态的定义

Safe State	WWDEC>32 _D OR FWDPC >32 _D OR TEC>32 _D
Ready State	WWDEC<33 _D AND FWDPC<33 _D AND TEC<33 _D
Watchdog Reset	WWDEC overflow OR FWDPC overflow OR TEC overflow (for all counters >63 _D)

表 12 系统对看门狗状态的反应

	Ready State	Safe State	Watchdog Reset
<i>RST</i>	1	1	0 ¹⁾
<i>MON</i>	1	0	0
Power stages	no influence of normal operation	disabled	disabled
O1E to O24E , IGN1E to IGN4E	X	0	0
WWD error counter FWD pass counter Total error counter	no effect	no effect	reset ¹⁾
Reset counter	no effect	no effect	increment by 1
Window watchdog power-down counter Total error power-down counter Functional watchdog power-down	reset	no effect	increment by 1 regarding the overflow source
Secure shut off timer	no effect	no effect	start of timer with the first overflow if <i>KEY</i> = 0

1) 如果看门狗复位是启用的，则在定义的复位时间内发生

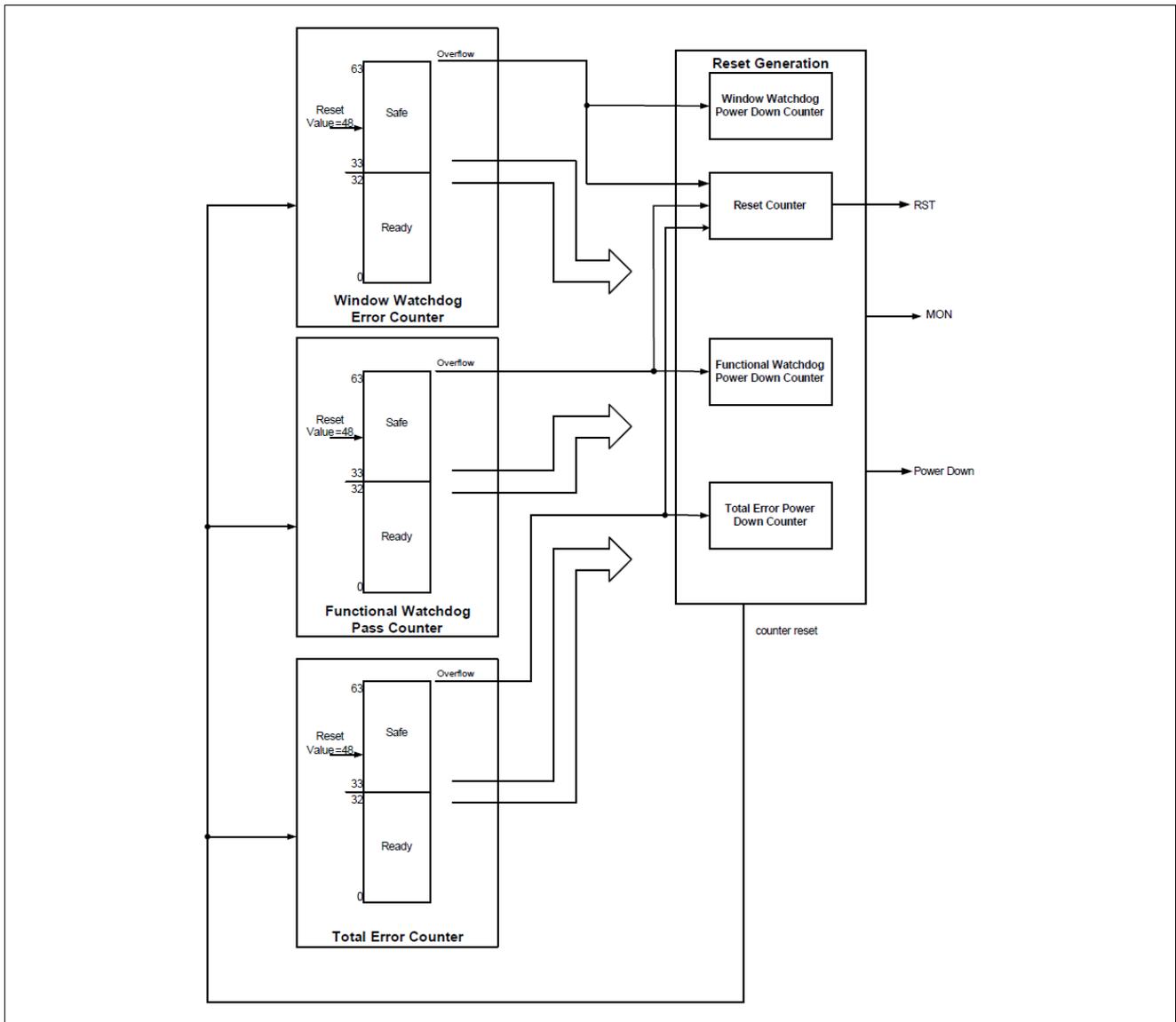


图 11 复位生成框图

出现上溢和下溢时 WWD 错误计数器、FWD 通过计数器和总错误计数器的行为：

计数器的设计目的是

- 如果新的计数器值高于计数器的满量程值，则递增相同的值
- 如果新的计数器值低于零，则递减相同的值。

图 12 展示了一个例子。

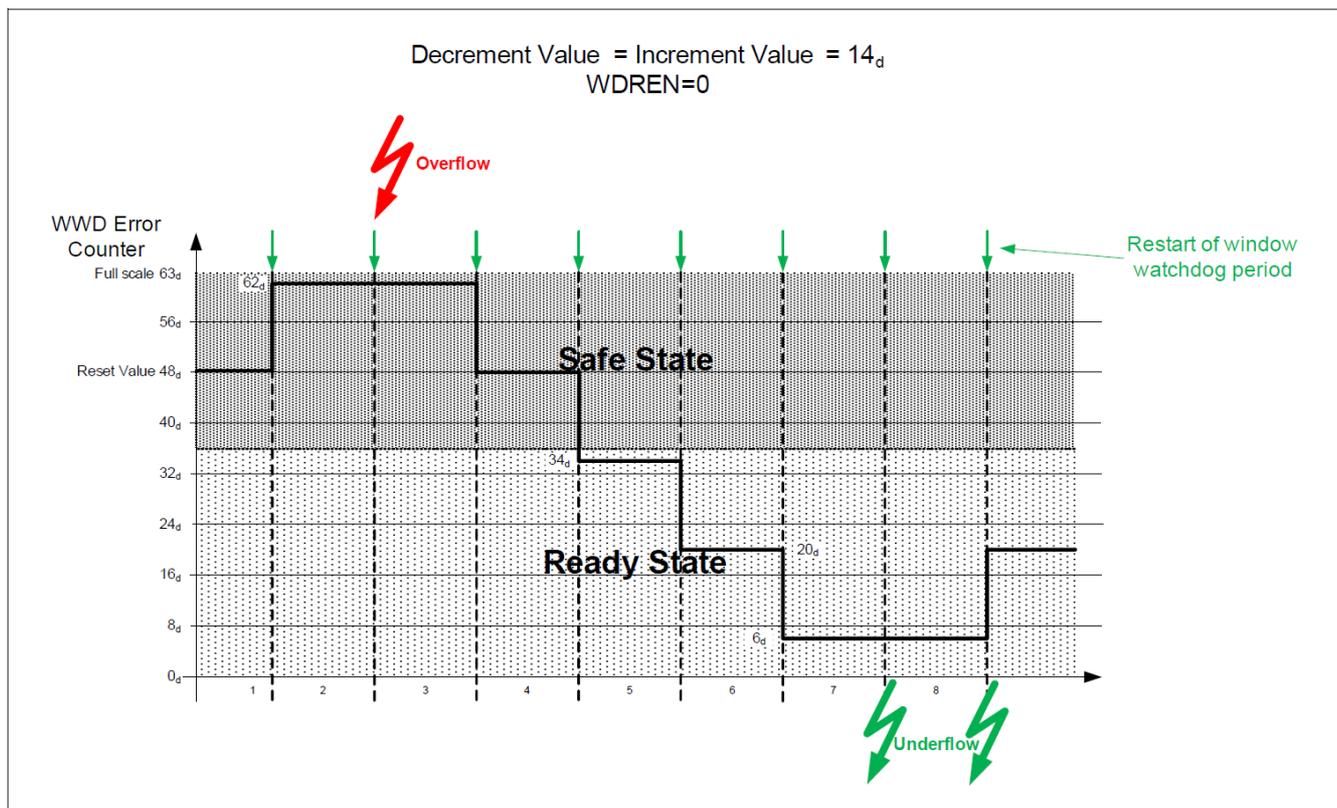


图 12 递减和递增值为 14d 的 WWD 错误计数器行为示例

6.8 窗口看门狗序列和心跳同步

图 13 展示了心跳时钟生成、总错误计数器和窗口看门狗序列生成之间的关系。窗口看门狗序列生成和心跳周期生成具有相同的时钟基准，精度为 tw,a 。

预分频器和心跳式定时器的值可以通过状态寄存器 **WDHBT0** 和 **WDHBT1** 读取。这可用于测量实际内部时钟频率。因此必须通过发送启用了 **WDHBTS** 位的 **Cmd0** 命令来采样预分频器和心跳周期计数器的值。该指令可以将两个寄存器的值存放到对应的状态寄存器中，并可进行读出。

利用两个采样值，微处理器可以根据 TLE8888-1QK 的实际频率值来校正时间信息。通过这种对行为检查的修正，可以使用较小的打开窗口时间来提高行为检查的性能。另外，还可以使用此信息进行同步目的，以检查微处理器内部的 TLE8888-1QK 的监控功能。

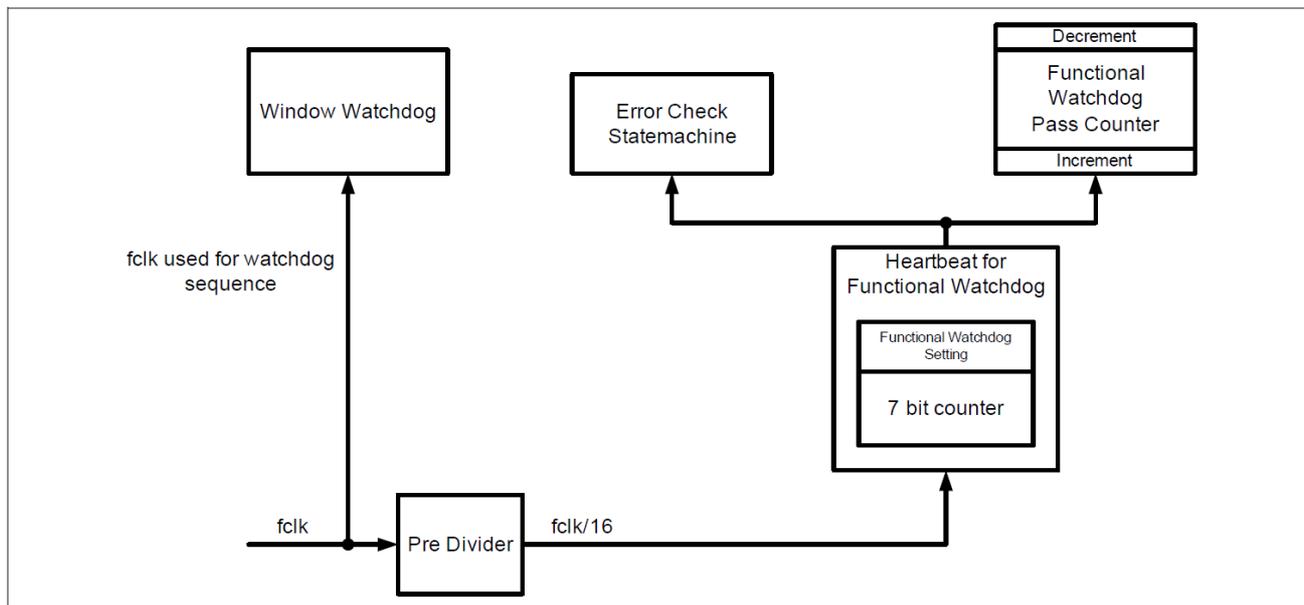


图 13 看门狗模块的时钟生成

6.9 监控看门狗模块电气特性

表 13 电气特性：监控看门狗模块

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{\text{SV}} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Window watchdog closed window time	$t_{\text{WWD,ct}}$	1.6	–	100.8	ms	63 values	P_6.8.1
Window watchdog closed window time step	$t_{\text{WWD,ct}}$	–	1.6	–	ms	–	P_6.8.2
Window watchdog open window time 1	$t_{\text{WWD,ot1}}$	–	3.2	–	ms		P_6.9.1
Window watchdog open window time 2	$t_{\text{WWD,ot2}}$	–	6.4	–	ms		P_6.9.2
Window watchdog open window time 3	$t_{\text{WWD,ot3}}$	–	9.6	–	ms		P_6.9.3
Window watchdog open window time 4	$t_{\text{WWD,ot4}}$	–	12.8	–	ms	–	P_6.8.3
Clock frequency accuracy for window watchdog sequence and heartbeat	$t_{\text{w,a}}$	-5	–	+5	%	–	P_6.8.4
Heartbeat time period	$t_{\text{HBT,pt}}$	1.6	–	203.2	ms	127 values	P_6.9.4
Secure shut off time	t_{SSOT}	18	20	22	min	–	P_6.8.5

7 唤醒检测和主继电器驱动器

TLE8888-1QK集成了复杂的唤醒功能，包括两个唤醒引脚（*KEY*和*WK*）、发动机关闭定时器、CAN 唤醒和主继电器驱动器。有几种方法可以启动器件：

- *KEY*引脚或*WK*引脚处的正压
- CAN输入*CANH*和*CANL*上的主脉冲用于唤醒时间（详见 第12章）
- 在比较器模式下的发动机关闭定时器的定义时间到期后

至少有一个有效唤醒信号时，预调节器和主电源就会开始上升，这是由于电池电源引脚 *BAT* 上的电压和预调节器外部 MOSFET 漏极上的电压引起的。主继电器的开启取决于唤醒信号和引脚 *BAT* 上的电压电平。对于来自引脚 *KEY* 的唤醒信号，主继电器始终处于开启状态。对于其他情况，主继电器仅在引脚 *BAT* 的电压低于检测阈值时才处于开启状态。

通过命令寄存器 *Cmd0* 中的 *WKCLR* 位，可以复位与 *WK* 引脚、发动机关闭定时器和 CAN 唤醒检测相关的内部状态（详见 7.2 小节、7.4 小节和12.2.4 小节）。发动机关闭定时器和 CAN 唤醒接收器的供电电源是 *V5VSTBY*。

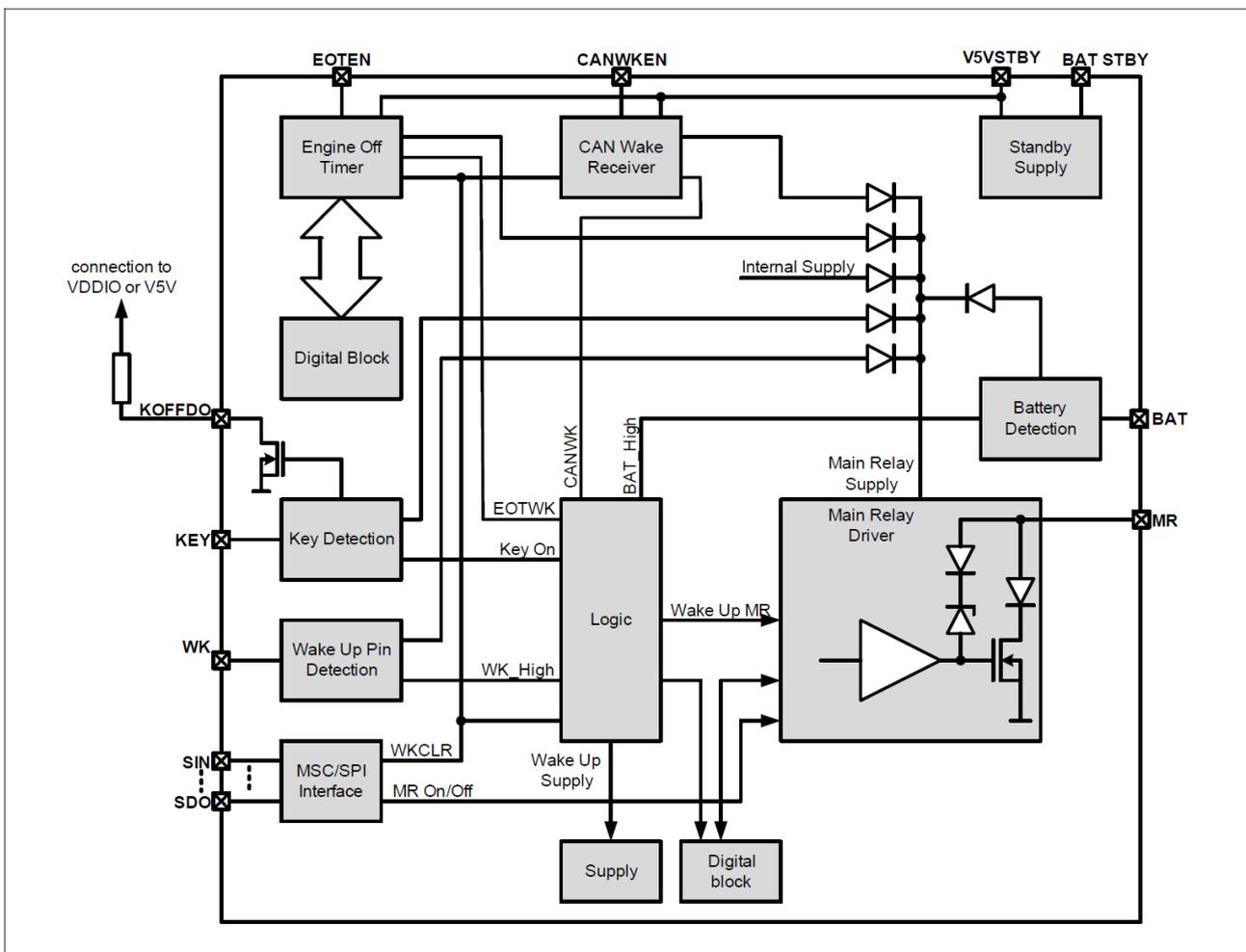


图 14 钥匙检测、唤醒检测和主继电器驱动器框图

表 14 启动时主继电器的开关行为 (将ECU睡眠转换为供电充电模式)

$KEY = 0, WK = EOTWK = CANWK = 0$	-	MR is switched off	Supply is off
$KEY = 1, WK = EOTWK = CANWK = X$	-	MR is switched on	Supply is switched on
$KEY = 0, WK$ or $EOTWK$ or $CANWK = 1$	$BAT < V_{BAT,th}$	MR is switched on	Supply is switched on
$KEY = 0, WK$ or $EOTWK$ or $CANWK = 1$	$BAT > V_{BAT,th}$	MR is switched off	

7.1 通过引脚KEY进行唤醒检测和钥匙关断延迟

输入引脚KEY用于检测汽车钥匙开关的状态。高电平信号启动TLE8888-1QK。启动期间，所实现的电路还为主继电器的切换提供电源。去毛刺滤波器用于抵抗干扰（见图 16）。充电后，主继电器的电源由内部电源提供。为了从KEY信号直接访问/访问执行器，实现了钥匙关断延迟功能。

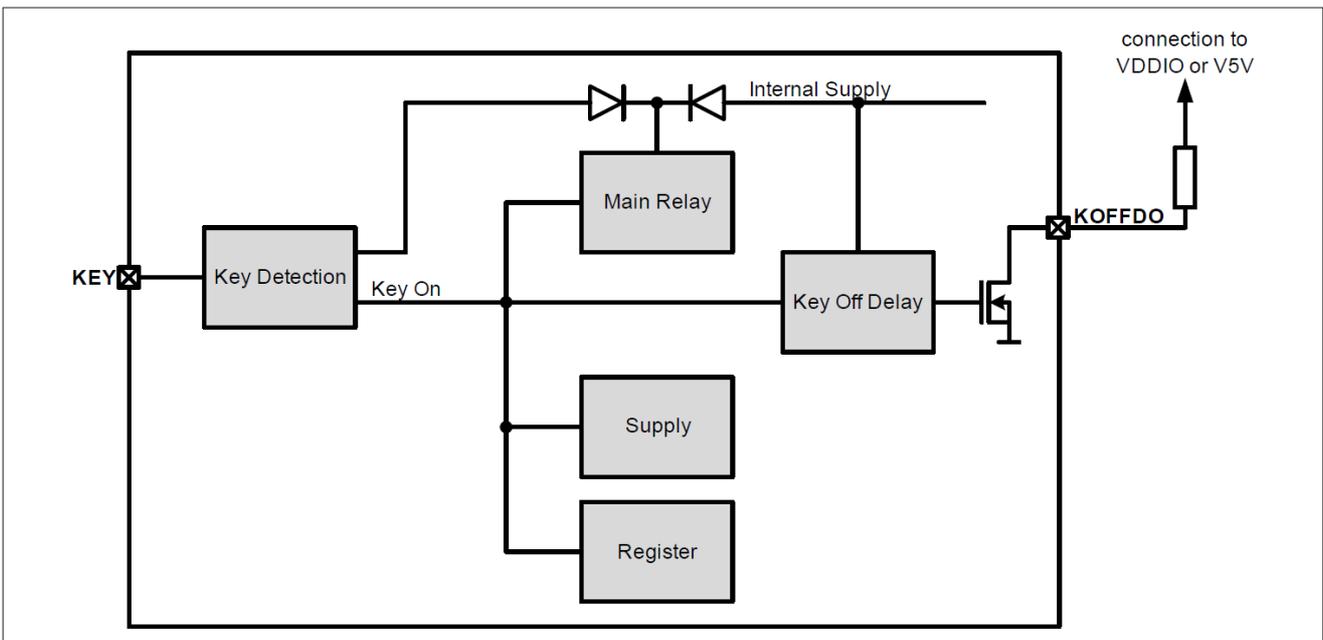


图 15 钥匙检测框图

图 16 中展示了滤波时间的影响。KEY引脚的状态（包括滤波时间）反映在状态寄存器OpStat0中的位KEY中。

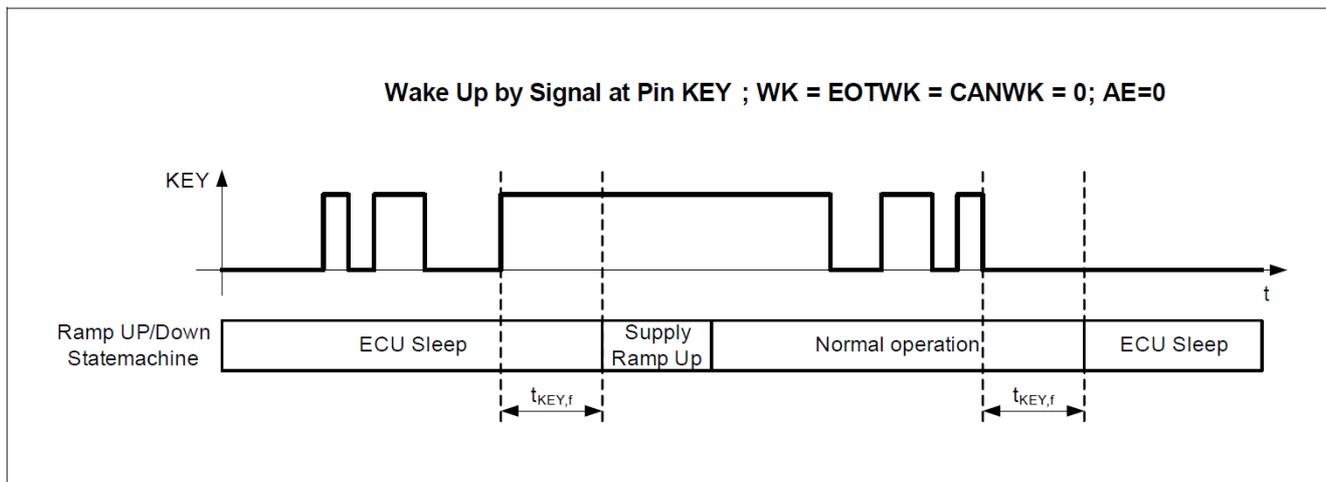


图16 钥匙检测滤波时间功能

钥匙关断延迟功能在开漏输出 *KOFFDO* 处提供 *KEY* 信号。如果有电源可用，该功能会将正边沿的延迟时间设为**钥匙检测滤波时间**，负边沿的延迟时间根据寄存器 *OpConfig0* 中 *KOD* 位的设置，可在**钥匙关闭延迟时间 1** 到**钥匙关闭延迟时间 4** 之间选择。

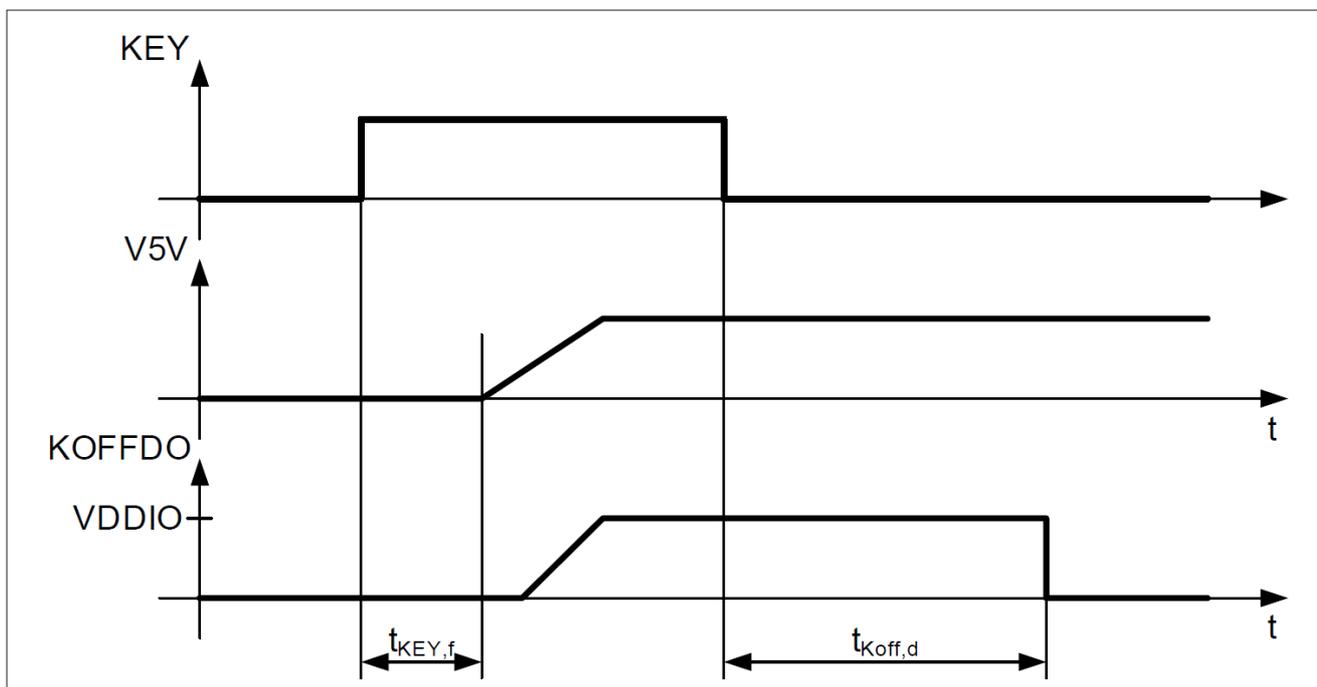


图 17 钥匙关闭延时时序图

7.2 通过引脚 *WK* 进行唤醒检测

引脚 *WK* 用于例如电子控制单元上带有唤醒功能的外部CAN器件。通过高电平信号启动TLE8888-1QK。充电期间，主继电器电路的电源由有源唤醒引脚 *WK* 提供。充电后主继电器电路的电源由内部电源提供。图 18 显示了引脚 *WK* 唤醒检测的GPIO。

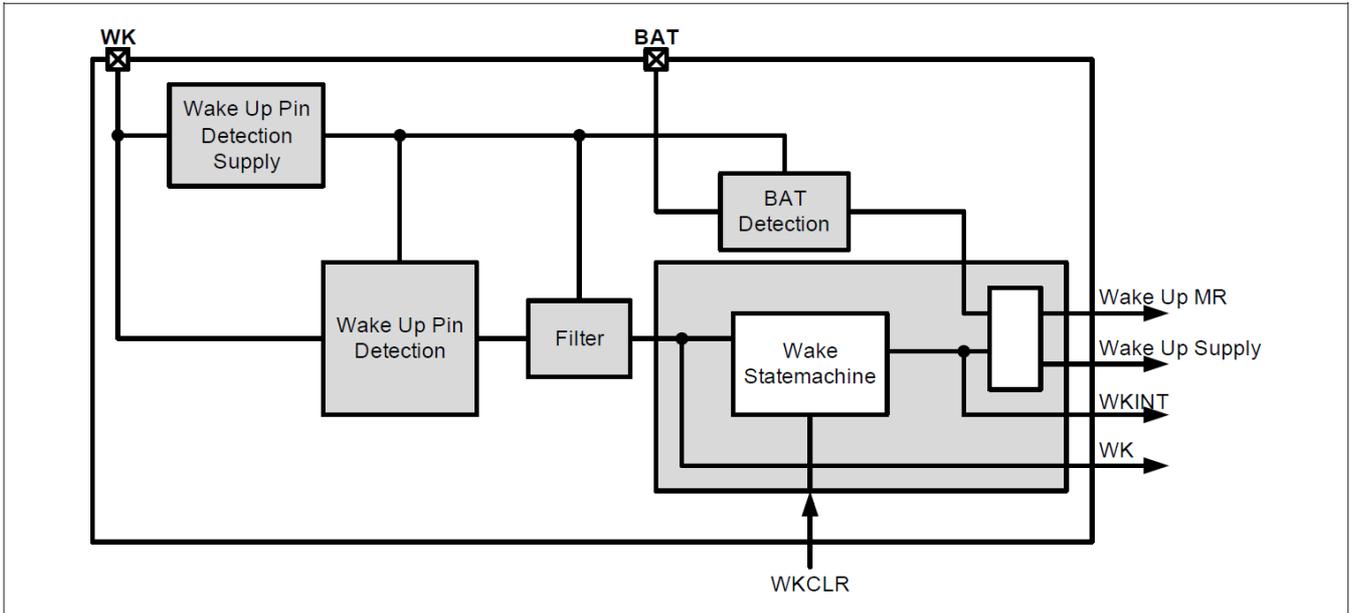


图 18 唤醒检测框图

对于通过引脚 *WK* 唤醒，实现了特殊功能。

- 主继电器接通取决于 *BAT* 引脚的电压电平（见表 14）
- 在永久 *WK* = “1” 且屏蔽单片机的情况下的下电程序（参见 5.1 小节中工作状态）
- 命令寄存器 *Cmd0* 中的唤醒清除位 *WKCLR*，用于在永久 *WK* = “1” 信号的情况下清除内部唤醒信号
- 去毛刺滤波器用于引脚 *WK* 处的正和负边沿，滤波时间为 $t_{WK,f}$

图 19 展示了滤波时间的影响。引脚 *WK* 的状态（包括滤波时间）反映在状态寄存器 *OpStat0* 的 *WK* 位中。

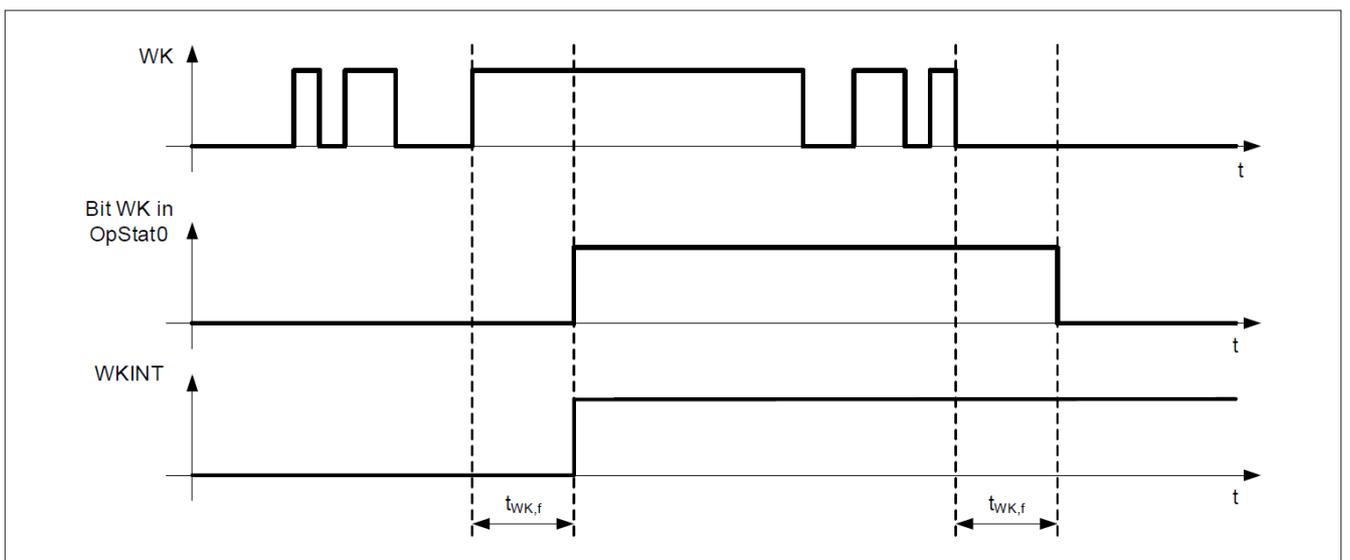


图 19 *WK* 检测滤波时间功能

为了实现下电过程，使用内部唤醒信号 WKINT（状态参见状态寄存器 **OpStat0** 中的 **WKINT** 位）。图 20 展示了内部唤醒信号产生的状态图。引脚 **WK** 的上升沿将内部信号 **WKINT** 置位为“1”，并触发唤醒。通过唤醒清除指令（指令寄存器 **Cmd0** 中 **WKCLR** 位置位为“1”）复位 **WKINT**（见 图 22）。引脚 **WK** 的下次唤醒只能通过引脚 **WK** 上的引脚边沿来检测。引脚 **WK** 处的永久高电平不会导致永久唤醒情况。工作行为详情参见 5.1 小节工作状态。

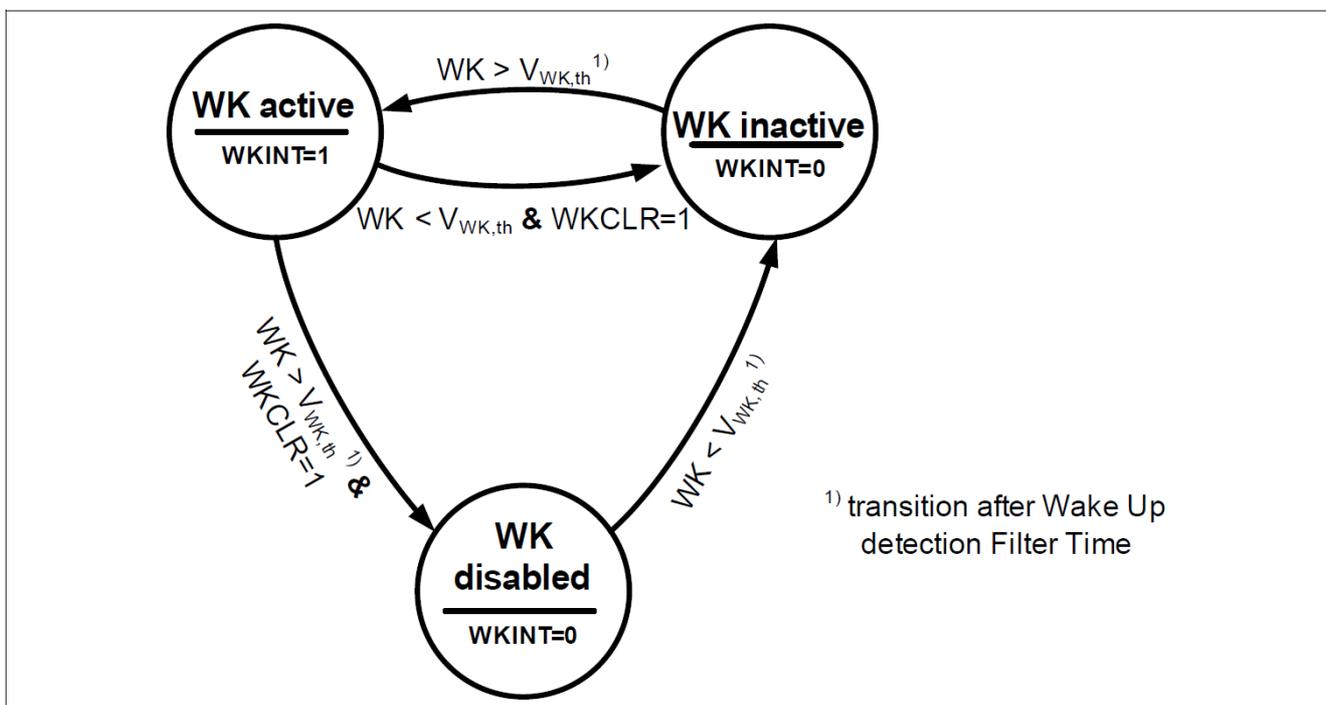


图 20 内部唤醒信号的唤醒状态机状态图

图 21 功能图的开头显示了带有引脚 **WK** 唤醒信号的正常唤醒序列。在该图的第二部分中，引脚 **WK** 的信号保持在高电平（例如电池短路），并且必须发送唤醒清除指令（指令寄存器 **Cmd0** 中的 **WKCLR** 位 = 1）用于进入电子控制单元睡眠模式。当引脚 **WK** 为低电平时，唤醒状态机设置为“WK 无效”状态，并且通过引脚 **WK** 进行唤醒的功能是启用的。

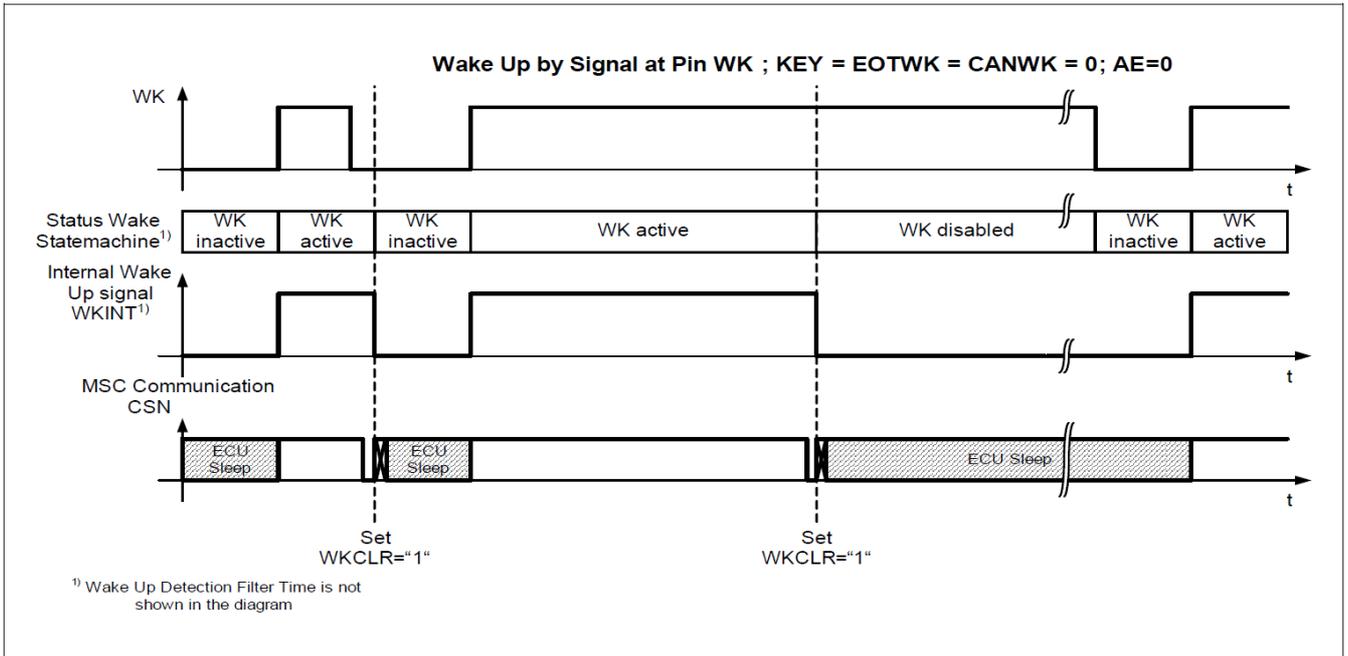


图 21 内部唤醒信号功能图

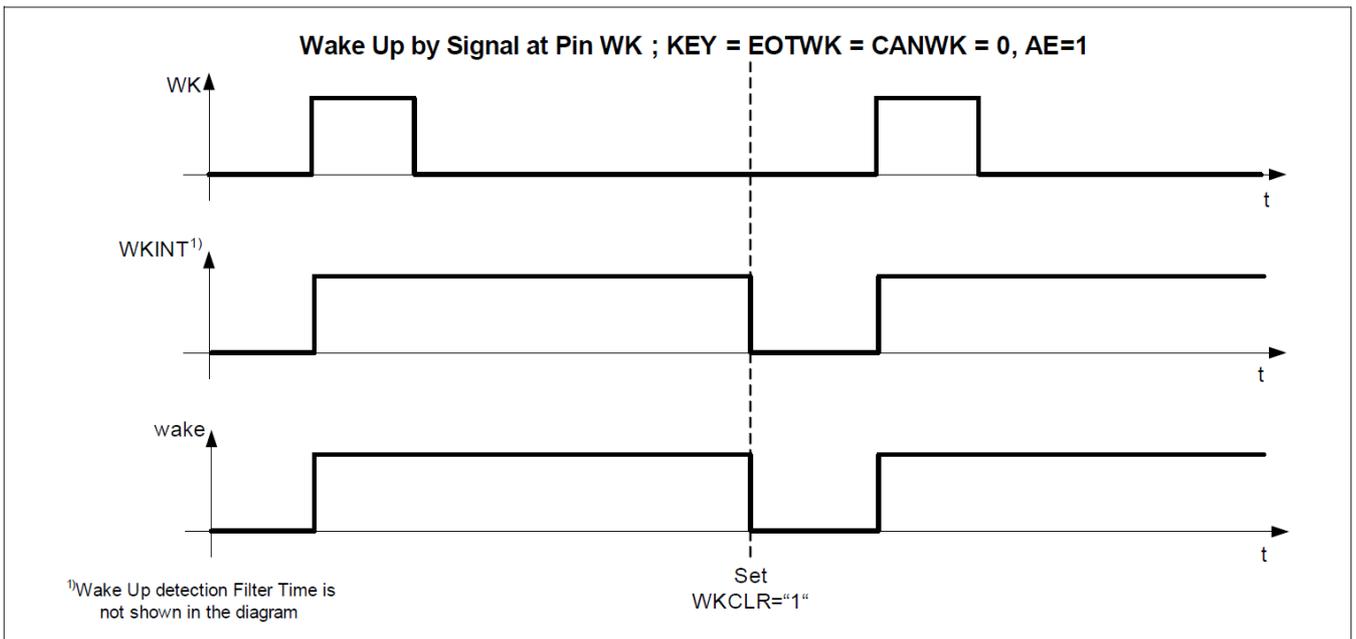


图 22 检测两个内部唤醒信号的功能图

7.3 主继电器驱动器

主继电器驱动器设计用于开启动机管理应用程序的主继电器。它集成了反向保护低电平侧开关和有源钳位续流。通过过热检测和过流保护电路对输出进行过载保护。在低电平电池电压（ V_{5V} 主电源低于欠电压检测阈值，例如在启动期间），主继电器保持打开状态。导通电阻与引脚BAT处的供电电压相关，定义为低至 4.5 V。

主继电器根据表 14 中的唤醒信号自动开启。主继电器通常按照第 5 章下电程序自动关闭。

用写操作访问指令寄存器 **Cmd0** 中指令位 **MRON**，主继电器也可以根据 **KEY**、**WK**、**EOTWK** 和 **CANWK** 的状态，由 **MSC/SPI** 控制通断（见 **表 15**）。主继电器的状态可在状态寄存器 **OpStat0** 中的位 **MR** 查看。

表 15 MSC/SPI 写入命令位 **MRON**

KEY = 0, WK = EOTWK = CANWK = X	MR is switched according to write command
KEY = 1, WK = EOTWK = CANWK = X	MR is always switched on

主继电器驱动器具有过流和过热保护。在过流和/或过热的情况下，输出关闭，并在故障条件解除后再次打开。这导致重复的切换。最小关断时间 **tMR,off** 确保不会因重复切换而造成破坏。

7.4 发动机关机定时器

集成了发动机关机定时器，用于测量电子控制单元睡眠模式下的时间。此外，比较器模式还可在定义的时间后唤醒 TLE8888-1QK。它由待机电源引脚 **V5VSTBY** 内部供电。通过引脚 **EOTEN**，该功能可通过连接到 **V5VSTBY** 来启用，并通过连接到 **AGND** 来禁用。它由一个针对低电平电流操作而优化的振荡器、一个计数器和一个比较器组成。计数器计数长达 36 小时，如果计数器值达到比较器阈值，则会生成内部唤醒信号。比较器模式的激活是通过在配置寄存器 **EOTConfig0** 和 **EOTConfig1** 中定义大于 0000H 的比较器阈值来完成的。实现了两种操作模式：

- 计数器模式：仅计数器工作，无比较器阈值唤醒
- 比较器模式：与计数器模式类似的计数器操作，通过比较器阈值进行额外唤醒

在比较器模式下，如果计数器等于配置寄存器 **EOTConfig0** 和 **EOTConfig1** 中的比较值，则内部 **EOTWK** 标志为置位。若计数值与比较值不相等，则可通过命令寄存器 **Cmd0** 中的 **WKCLR** 位复位 **EOTWK** 标志位。

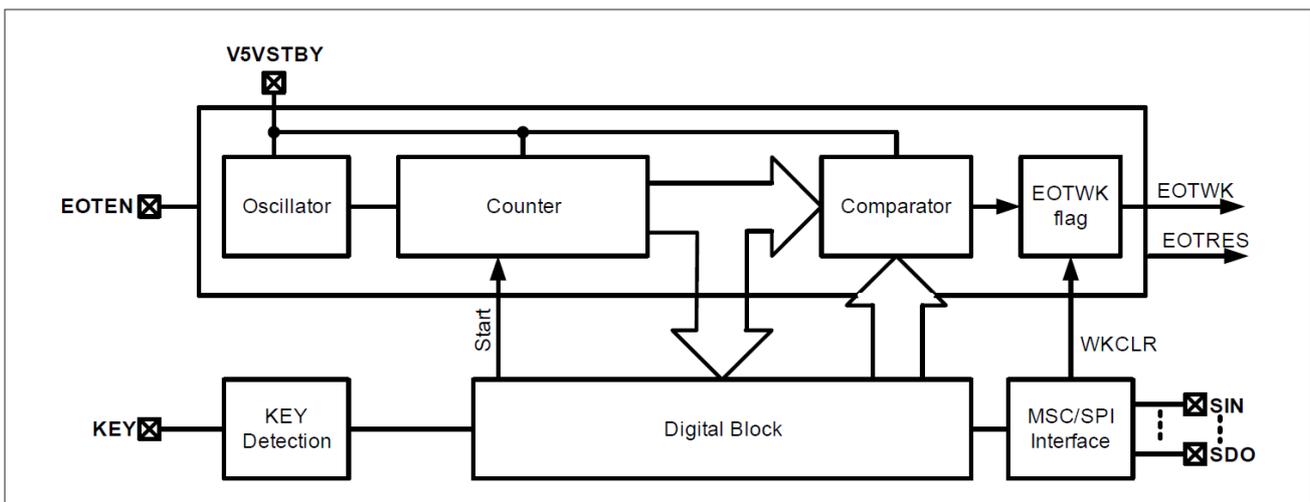


图 23 发动机关机定时器框图

计数器的启动可以在配置寄存器 **OpConfig0** 的 **EOTCONF** 位进行配置

- 通过 **KEY** 信号（复位值）启动并
- 通过 **MSC** 命令启动

随着KEY信号的下降沿或 MSC 指令的执行，计数器复位并开始计数（见图 24）。通过置位指令寄存器 **Cmd0** 中的 **EOTS** 为“1”启动指令。

状态位 **EOTRES**（位于寄存器 **OpStat1**）的实现是为了突出显示已发生待机复位。随着计数器的启动，该位被复位。因此，必须在启动关闭计时器之前读出该位的状态。

计数器的 24 位可在状态寄存器 **EOTStat0**、**EOTStat1** 和 **EOTStat2** 中找到。为了更轻松访问主机关机状态，可以使用多个读取命令 **MSCReadDiag0EOT**。

唤醒后计数器不会停止计数。计数器值的读出不会停止计数。通过这种行为，可以使用微处理器测量计数时间（见图 25）。

通过在规定时间内读取两个计数器值，可以计算出校正因子（计数器值差除以两次读取之间的时间）。通过这种校正因子测量，只有定时器温度引起的变化才有效。绝对变化由校正因子校正。测量时间没有限制，但由于计数器的分辨率，建议最小测量时间 Δt 为 1 秒。

发动机关机定时器电路通电后，通过引脚 **V5VSTBY** 处的电源充电，计数器值和比较器阈值将复位为复位值。另外还有位 **EOTRES** 在状态寄存器 **OpStat1** 置位为“1”。

任何其他复位（例如电子控制单元复位时的电源）对发动机关机定时器计数器没有影响。比较配置寄存器 **EOTConfig0** 和 **EOTConfig1** 通过复位时的电子控制单元电源来清除。

计数器达到满量程时停止计数。如果发生待机电源复位，计数器将停止计数并复位为“0”。

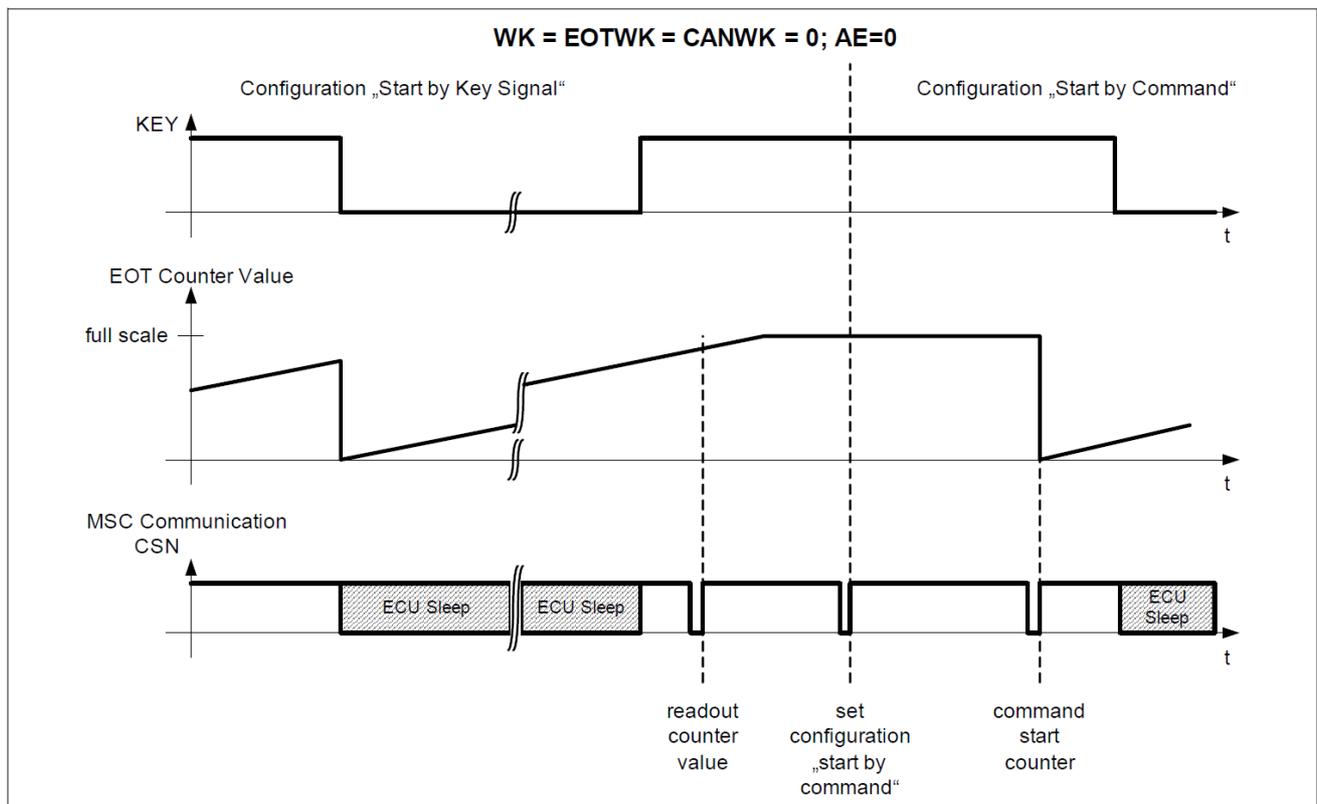


图 24 发动机关机定时器计数器模式功能框图

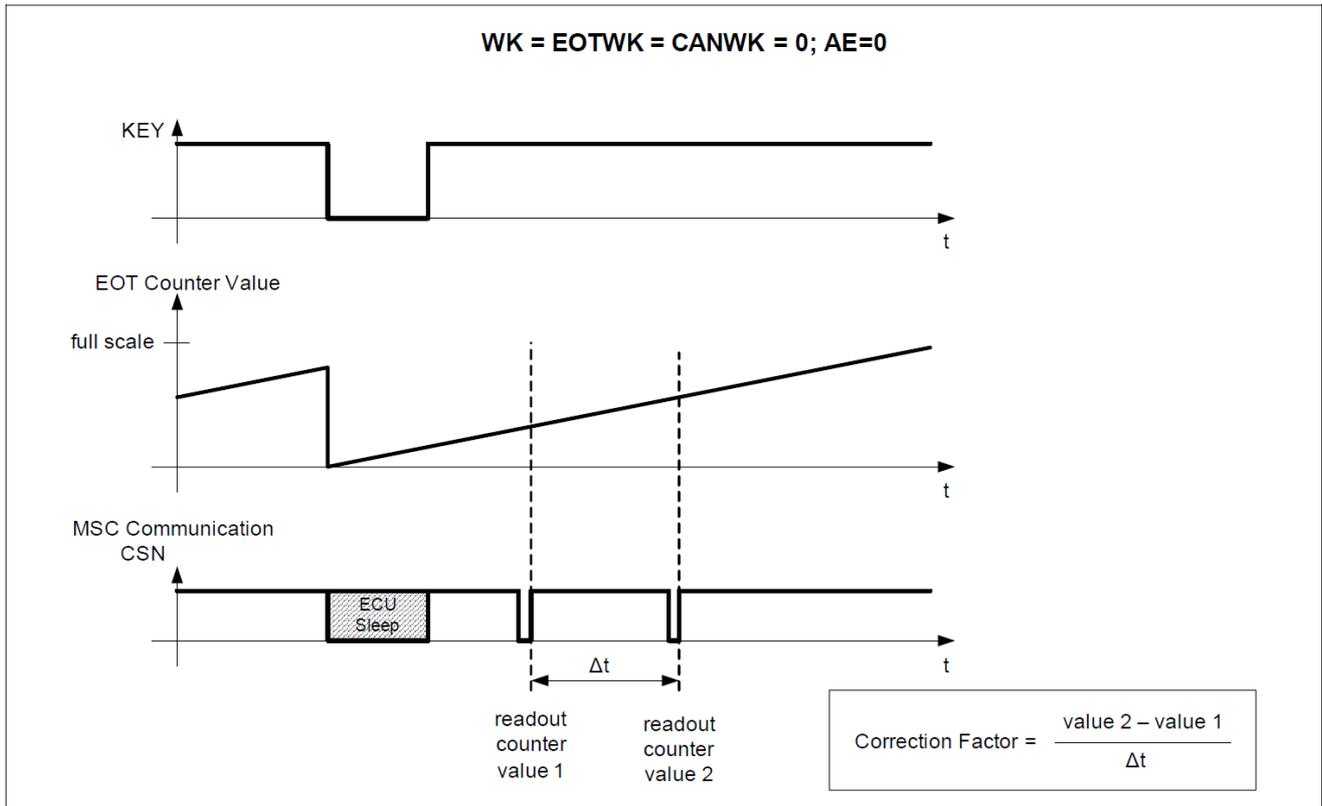


图 25 发动机关机校正系数测量功能框图

在比较器模式下，如上所述，计数器的行为没有差异。此外，在配置寄存器 **EOTConfig0** 和 **EOTConfig1**中定义了一个不同于 0000H 的唤醒阈值。比较器模式启用的阈值不同于 0000_H。如果计数器值等于比较器阈值，则TLE8888-1QK的内部唤醒信号EOTWK（状态见状态寄存器 **OpStato**中的位**EOTWK**）是有源的（见图 26）。

通过唤醒清零，复位指令（置位 **WKCLR** 指令寄存器 **Cmd0** 中为“1”）内部 EOTWK 信号复位。

表 16 计数器定义

EOTC[23:0]		
00000 _H	reset value	
000001 _H to FFFFFFF _H	1/128 s to 131071 s = 36 h + 24 min + 31 s	time resolution 1/128 s

表 17 比较器阈值定义

EOTTH[15:0]		
0000 _H	reset value	comparator mode disabled
0001 _H to FFFF _H	2 s to 131070 s = 36 h + 24 min + 30 s	comparator mode enabled, time resolution 2 s

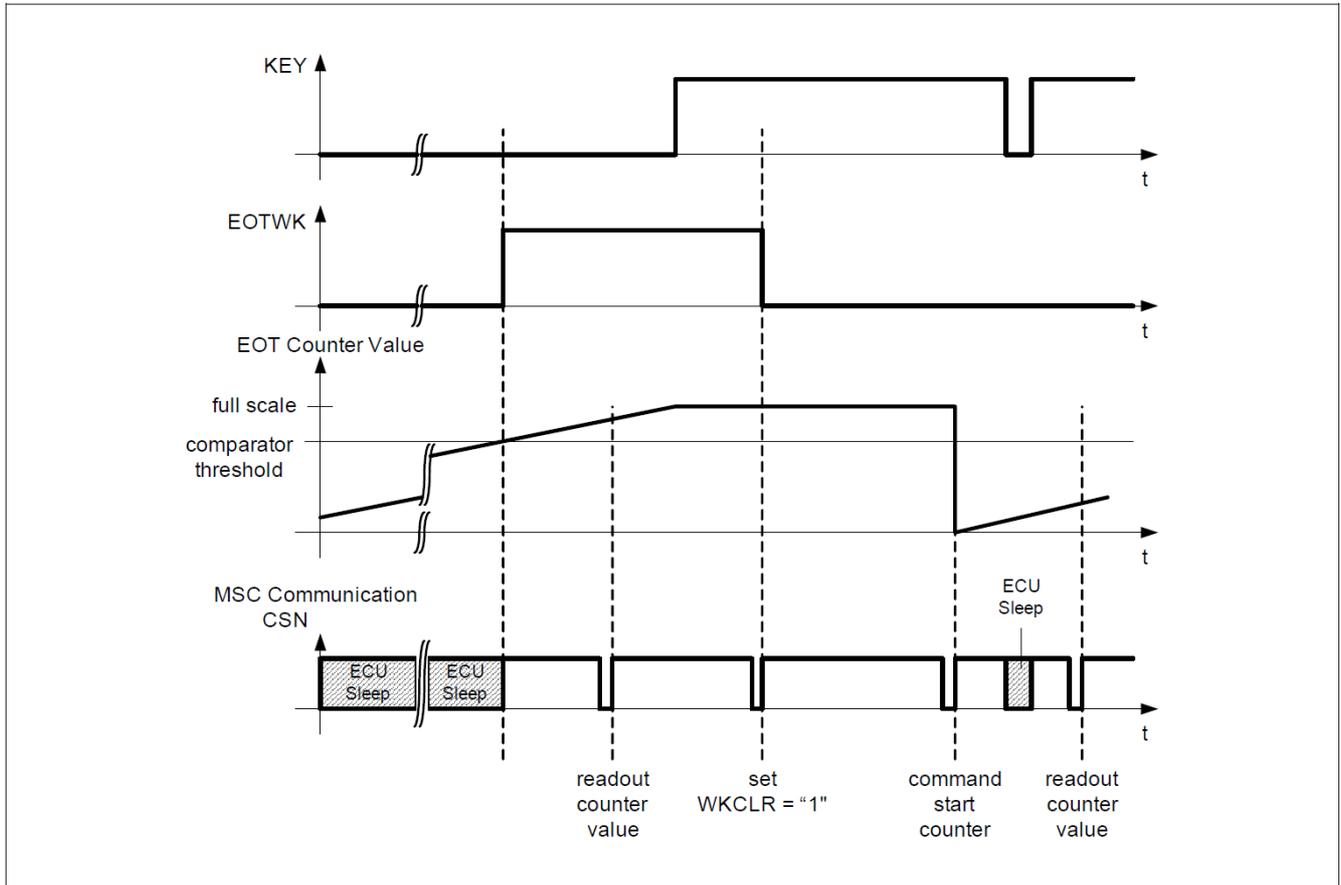


图 26 发动机关机定时器比较器模式功能框图

7.5 钥匙检测、唤醒检测和主继电器驱动器电气特性

表 18 钥匙检测电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Key On Detection Threshold	$V_{KEY,th}$	3.6	–	4.5	V	rising edge	P_7.5.1
Key On Detection Hysteresis	$V_{KEY,h}$	140	250	400	mV	–	P_7.5.2
Input Current during wake-up	I_{KEY}	–	–	0.55	mA	$V_{KEY} = 5\text{ V}^{1)}$	P_7.5.3
Input Current after wake-up	I_{KEY}	–	–	0.7	mA	$V_{KEY} = V_{BAT} = 4.5\text{ V}$	P_7.5.31
Key Detection Filter Time	$t_{KEY,f}$	7.5	16	24	ms	$V_{KEY} = 5\text{ V}$	P_7.5.4
Key Off Delay Time 1	$t_{KEYoff,d,1}$	100	–	200	ms	–	P_7.5.5
Key Off Delay Time 2	$t_{KEYoff,d,2}$	200	–	400	ms	–	P_7.5.6
Key Off Delay Time 3	$t_{KEYoff,d,3}$	400	–	800	ms	–	P_7.5.7
Key Off Delay Time 4	$t_{KEYoff,d,4}$	800	–	1600	ms	–	P_7.5.8

Output KOFFDO

Output Current Capability	I_{KOFFDO}	15 ²⁾	–	–	mA	$V_{KOFFDO} = 5\text{ V}$	P_7.5.9
KOFFDO Output Low Level	$V_{KOFFDO,low}$	–	–	0.4	V	$I_{KOFFDO} < 1\text{ mA}$	P_7.5.30

- 1) 未经过生产测试, 由设计指定。
- 2) 应用必须确保流入该引脚的电流不超过该值。

表 19 唤醒检测电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Wake-up Detection Threshold	$V_{WK,th}$	3.6	–	4.5	V	rising edge	P_7.5.10
Wake-up Detection Hysteresis	$V_{WK,h}$	140	250	400	mV	–	P_7.5.11
Input Current during Wake-up	I_{WK}	–	–	0.55	mA	$V_{WK} = 5\text{ V}^{1)}$	P_7.5.12
Wake-up Detection Filter Time	$t_{WK,f}$	1	2	3.5	ms	$V_{WK} = 5\text{ V}$	P_7.5.13
Battery Detection Threshold	$V_{Bat,th}$	3.5	–	5	V	$V_{WK} = 5\text{ V}$	P_7.5.14

- 1) 未经过生产测试, 由设计指定。

表 20 主继电器驱动器电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
MR Operation Current	I_{MR}	-	-	0.8	A	-	P_7.5.15
MR Overcurrent Limitation	$I_{MR,oc}$	0.8	-	1.5	A	-	P_7.5.16
MR On Voltage	V_{MR}	-	-	1.35	V	$I_{MR} = 0.3\text{ A}$	P_7.5.17
MR switch off time in failure case	$t_{MR,off}$	16	27	-	ms	in case of overcurrent and/or over-temperature	P_7.5.32
MR On Voltage at Low Battery Voltage, low temperature	$V_{MR,I,LT}$	-	-	1.1	V	$I_{MR} = 0.1\text{ A}$, $V_{BAT} = 4.5\text{ V}$ (decreasing) $T_j < 25^\circ\text{C}$	P_7.5.18
MR On Voltage at Low Battery Voltage, high temperature	$V_{MR,I,HT}$	-	-	1.05	V	$I_{MR} = 0.1\text{ A}$, $V_{BAT} = 4.5\text{ V}$ (decreasing) $T_j > 25^\circ\text{C}$	P_7.5.19
MR Clamping Voltage	$V_{MR,cl}$	40	-	60	V	$I_{MR} = 0.2\text{ A}$	P_7.5.20
MR Clamping Energy ¹⁾	$E_{MR,cl}$	-	-	6.5	mJ	$I_{MR} < 0.3\text{ A}$, $T_j = 150^\circ\text{C}$, 40*106 cycles	P_7.5.21
MR leakage current in off mode, positive voltage	$I_{MR,leak,pos}$	-	-	5	μA	$V_{MR} = 13.5\text{ V}$, $V_{KEY} = 0\text{ V}$ and $V_{WK} = 0\text{ V}$	P_7.5.22
MR leakage current in off mode, negative voltage	$I_{MR,leak,neg}$	-100	-	-	μA	$V_{MR} = -13.5\text{ V}$, $V_{KEY} = 0\text{ V}$ and $V_{WK} = 0\text{ V}$	P_7.5.23

1) 未经过生产测试。

表 21 发动机关机定时器电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Oscillator Accuracy	$\Delta f_{osc,a}$	-30	-	+30	%	$V_{VSVSTBY} = 5\text{ V}$	P_7.5.24
Oscillator Frequency Variation over Temperature	$\Delta f_{osc,T}$	-5	-	+5	%	$V_{VSVSTBY} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , one single device	P_7.5.25
Counter Resolution	$C_{EOT,r}$	-	1/128	-	s	-	P_7.5.26

表 21 发动机关机定时器电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Counter Full Scale	$C_{EOT,fs}$	-	-	24	bit	-	P_7.5.27
		-	131071	-	s	-	
Additional current consumption at pin <i>BATSTBY</i> for enabled engine off timer function	I_{EOTSUP}	-	-	10	μA	$V_{V5VSTBY} = 5\text{ V}$ and no wake-up	P_7.5.28
Additional current consumption at pin <i>BATSTBY</i> for enabled engine off timer function and wake-up ¹⁾	$I_{EOTSUP,w}$	-	-	450	μA	$V_{V5VSTBY} = 5\text{ V}$ and wake-up	P_7.5.29

1) 未经过生产测试, 由设计指定。

8 电源

电源单元产生内部电源（包括CAN和预驱动器的电源、基准电压和电流偏置）、电子控制单元的主供电电压（V5V）和板外传感器的传感器电源（T5V1和T5V2）。所有电源通过钥匙和唤醒检测产生的唤醒信号开始工作（详见7.2小节）。

采用带有外部逻辑电平MOSFET的线性预调节器，以保持TLE8888-1QK的功率消耗散在低电平。电子控制单元和传感器电源的精确电压源集成在功率管中。所有具有低电平压降功能的电源（主电源V5V、预调节器、传感器电源T5V1 / T5V2）均使用集成电荷泵，以在低电平电池电压下提供低电平压降行为。

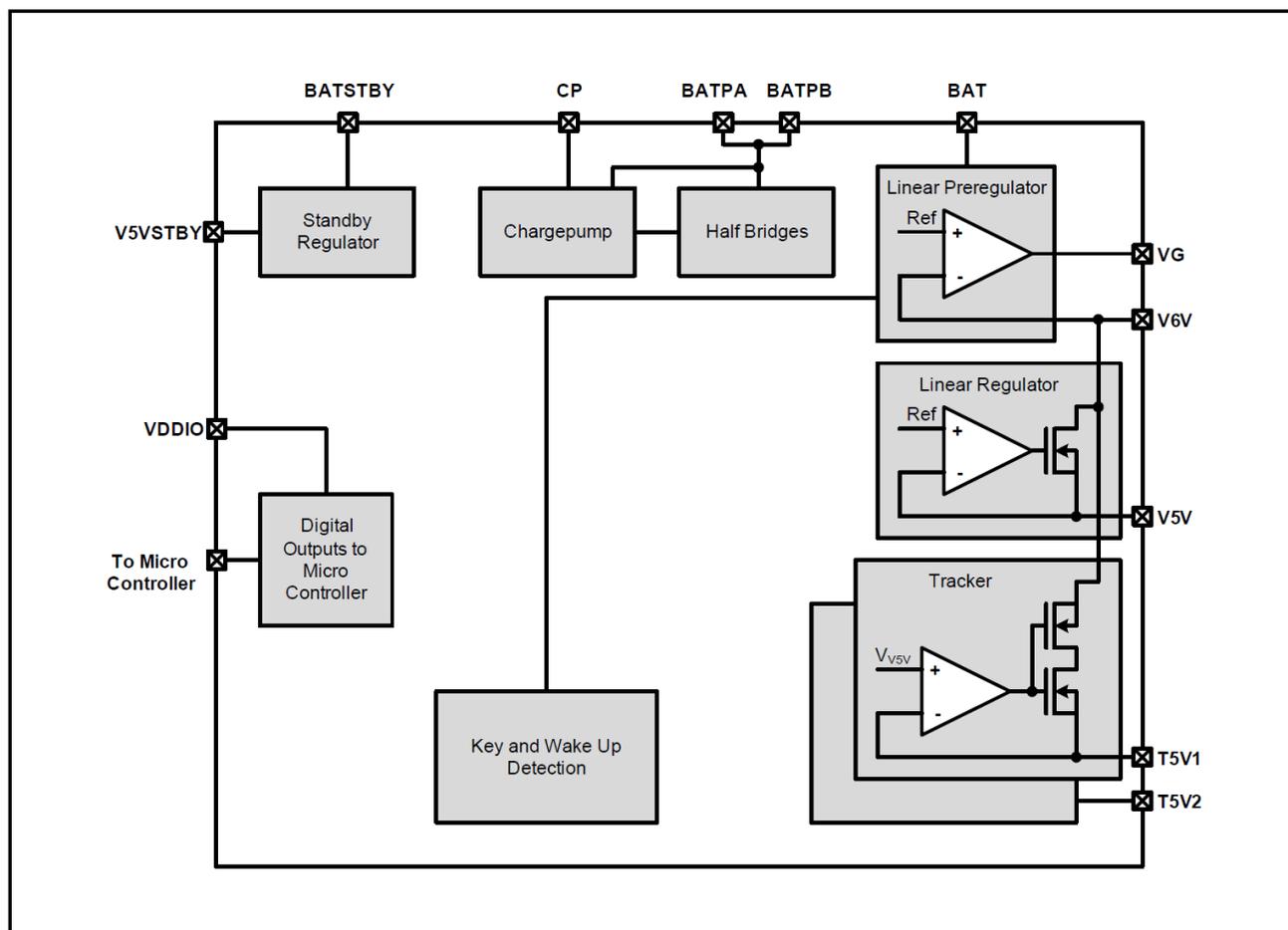


图27 电源框图

8.1 预调节器

预调节器使用外部逻辑电平功率MOSFET并调节引脚V6V处的电压。引脚上的电压也是电子控制单元主电源（V5V）、传感器电源（T5V1、T5V2）和内部电源的输入电压。该电路设计用于低电平压降操作。外部MOSFET禁止加载V6V以外的任何电源，预调节器的功能由英飞凌的MOSFET IPD30N06S2L-23保证。

8.2 5 V 主电源

5 V 主电源设计用于向电子控制单元供电，包括无线电和其他功率芯片。在 V6V 引脚上提供高精度电压 V5V。引脚和电路具有过载和短路保护。为了稳定和减少纹波，需要外部缓冲电容器。对于调节器的低电平下降操作，必须提供引脚 *BATPA* 和 *BATPB*。

8.3 传感器电源

集成了两个传感器电源，提供基于 V5V 作为基准的输出电压。在引脚 *T5V1* 和 *T5V2* 处提供 V6V 之外的高精度电压。引脚和电路受到过载、短路和反向电源返回至 V6V 的保护。为了稳定和减少纹波，需要外部晶体管电容器。对于调节器的低压降操作，必须提供引脚 *BATPA* 和 *BATPB* 的供电。

8.4 IO 电源

TLE8888-1QK 为 3.3 V 和 5 V 接口提供 IO 电源引脚 *VDDIO*。该引脚用于为输出驱动器供电，并定义所有逻辑接口引脚的输出电平。

8.5 待机电源

TLE8888-1QK 集成了由引脚 *BATSTBY* 供电的待机电源，并在引脚 *V5VSTBY* 处提供 5 V 输出电源。不允许将此引脚连接到任何其他电源。

8.6 电荷泵

集成了电荷泵，用于为 *BATPA* 和 *BATPB* 的半桥供点。必须在 PCB 上（*CP* 和 *BATPA* / *BATPB* 之间）连接一个电容器，以缓冲电压并减少纹波。不允许对 *PINCP* 施加任何外部负载。

8.7 电压监控

TLE8888-1QK 提供主电子控制单元电源 V5V、传感器电源 *T5V1* 和 *T5V2* 以及电池电压的电压监控。

5.2 小节 描述了对 TLE8888-1QK 状态的影响。所有检测阈值均采用滞回和滤波时间来抑制干扰。

BAT、*T5V1*、*T5V2* 的过压、欠压检测状态可在诊断寄存器 *Diag0* 和位 *BATOV*、*T1UV*、*T1OV*、*T2UV* 和 *T2OV* 中查看。

V5V 的欠压和过压会导致 UART 的复位（见 **5.2 小节** 的表 5）。复位释放后，复位原因可在状态寄存器 *OpStat1* 中找到（位 *V5VUVR* 和 *V5VOVR*）。

8.8 电源电气特性

表 22 电源电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{V5V} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ	Max.			
current consumption at pins <i>BATPA</i> , <i>BATPB</i> , <i>BAT</i> and <i>V6V</i>	$I_{\text{BAT,sum}}$	-	-	50	mA	static, all "off", no PWM and MSC/SPI communication	P_8.8.1
Pre-Regulator							
Pre-Driver Output Voltage <i>V6V</i>	V_{V6V}	5.5	6	6.5	V	with respect to <i>AGND</i> , with external MOS FET IPD30N06S2L-23	P_8.8.2
Gate Output Voltage <i>VG</i>	DV_{VG}	4	-	7.5	V	$V_{V6V} = 5.5\text{ V}$; $DV_{VG} = V_{VG} - V_{V6V}$	P_8.8.3
Gate Output Voltage <i>VG</i> at low Supply	$DV_{VG,l}$	1.7	-	-	V	$V_{\text{BATPX}} = 4.5\text{ V}$, $I_{VG} = 1\ \mu\text{A}$; $DV_{VG} = V_{VG} - V_{V6V}$	P_8.8.4
Buffer Capacitor at <i>V6V</i> ¹⁾	C_{V6V}	1	20	1000	μF	^{2) 3)}	P_8.8.37
ESR of Buffer Capacitance at <i>V6V</i> ¹⁾	ESR_{V6V}	0.01		2	Ω	for $C_{V6V} < 15\ \mu\text{F}$, $f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.38
ESR of Buffer Capacitance at <i>V6V</i> ¹⁾	ESR_{V6V}	0.5		2	Ω	for $15\ \mu\text{F} < C_{V6V} < 20\ \mu\text{F}$, $f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.39
ESR of Buffer Capacitance at <i>V6V</i> ¹⁾	ESR_{V6V}	1		2	Ω	for $20\ \mu\text{F} < C_{V6V} < 1000\ \mu\text{F}$, $f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.40
Buffer Capacitor at <i>VG</i> ¹⁾	C_{VG}	-	4.7	15	nF	²⁾³⁾	P_8.8.41
ESR of Buffer Capacitance at <i>VG</i> ¹⁾	ESR_{VG}	-	-	1	Ω	$f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.42
5 V Main Supply <i>V5V</i>							
Output Voltage <i>V5V</i>	V_{V5V}	4.9	-	5.1	V	$-5\ \text{mA} < I_{V5V} < -500\ \text{mA}$, with respect to <i>AGND</i>	P_8.8.5
Voltage Drop <i>V6V-V5V</i> at low Supply	$V_{V5V,d}$	-	-	0.6	V	$I_{V5V} = -500\ \text{mA}$; $V_{\text{BAT}} = V_{\text{BATPX}} = V_{\text{KEY}} = V_{V6V} = 4.5\ \text{V}$	P_8.8.6
Voltage Drop <i>V6V-V5V</i> at low Supply and low temperature	$V_{V5V,d,CT}$	-	-	0.45	V	$T_j = -40^\circ\text{C}$; $I_{V5V} = -500\ \text{mA}$; $V_{\text{BAT}} = V_{\text{BATPX}} = V_{\text{KEY}} = V_{V6V} = 4.5\ \text{V}$ ¹⁾	P_8.8.7
Current Limitation	$I_{V5V,lim}$	-1200	-	-500	mA	-	P_8.8.8

表 22 电源电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{V5V} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ	Max.			
Buffer Capacitor at $V5V^{1)}$	C_{V5V}	0.1	10	220	μF	²⁾³⁾	P_8.8.9
ESR of Buffer Capacitance at $V5V^{1)}$	ESR_{V5V}	0.01		2	Ω	for $C_{V5V} < 10\ \mu\text{F}$, $f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.43
ESR of Buffer Capacitance at $V5V^{1)}$	ESR_{V5V}	0.1		2	Ω	for $10\ \mu\text{F} < C_{V5V} < 47\ \mu\text{F}$, $f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.44
ESR of Buffer Capacitance at $V5V^{1)}$	ESR_{V5V}	0.5		2	Ω	for $47\ \mu\text{F} < C_{V5V} < 220\ \mu\text{F}$, $f_{\text{ESR}} = 10\ \text{kHz}$	P_8.8.45

Sensor Supplies T5V1 and T5V2

Output voltage tracking accuracy	DV_{T5Vx}	-10	-	10	mV	$DV_{T5Vx} = V_{V5V} - V_{T5Vx}$, $4\text{ V} < V_{V5V} < 5.1\text{ V}$, $V_{V6V} > 5.5\text{ V}$, $V_{\text{IGNx}} \geq 0\text{ V}$	P_8.8.10
Current Limitation	$I_{T5Vx,\text{lim}}$	-300	-	-100	mA		P_8.8.11
Buffer Capacitor at $T5V1$ and $T5V2^{1)}$	C_{T5Vx}	-	-	400	nF		P_8.8.12

IO Supply VDDIO

IO Supply Voltage Range	V_{VDDIO}	3	-	5.5	V	-	P_8.8.13
Current Consumption at pin V_{DDIO}	I_{DDIO}	-	-	2	mA	$V_{\text{VDDIO}} = 5\text{ V}$, $I_{\text{NX}} = 0\text{ V}$, $V_{\text{CSN}} = \text{LINTX} = \text{CANTX} = 5\text{ V}$, MON and RST open ¹⁾	P_8.8.14

Standby Supply V5VSTBY

Output Voltage $V5VSTBY$	$V_{V5VSTBY}$	4.75	-	5.25	V	$-10\ \mu\text{A} < I_{V5VSTBY} < -15\ \text{mA}$	P_8.8.15
Total Standby Current Consumption at pins $BATSTBY$, BAT , $V6V$ and MR	I_{STBY}	-	-	120	μA	ECU sleep mode, $T_j = 25^\circ\text{C}$, $I_{V5VSTBY} = 0\ \text{mA}$, $V_{\text{BATSTBY}} = V_{\text{BAT}} = V_{\text{MR}} = 13.5\text{ V}$, $EOTEN = \text{CANWK}$ $EN = 0\text{ V}$	P_8.8.16
Buffer Capacitor at $V5VSTBY^{1)}$	$C_{V5VSTBY}$	27	100	270	nF	²⁾³⁾	P_8.8.46
ESR of Buffer Capacitance at $V5VSTBY^{1)}$	$ESR_{V5VSTBY}$	0.01	-	1	Ω		P_8.8.47

Charge Pump

表 22 电源电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{V5V} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ	Max.			
Charge pump Output Voltage	DV_{CP}	4	5	7	V	$DV_{CP} = V_{CP} - V_{BAT}$ no external load currents	P_8.8.17
Charge pump Output Voltage at low supply	DV_{CP}	3.5	-	-	V	$V_{BAT} = 4.5\text{ V}$ after start up, $DV_{CP} = V_{CP} - V_{BATPx}$	P_8.8.18
Buffer Capacitor at $CP^{(1)}$	C_{CP}	-	4.7	-	nF		P_8.8.19

Voltage Monitoring

V5V Undervoltage Detection Threshold, decreasing	$V_{UV,V5V,dec}$	4.45	-	4.7	V	V_{V5V} decreasing	P_8.8.20
V5V Undervoltage Detection Threshold, increasing	$V_{UV,V5V,inc}$	4.45	-	4.8	V	V_{V5V} increasing	P_8.8.21
V5V Undervoltage Detection Hysteresis	$V_{Hys,UV,V5V}$	10	50	-	mV	-	P_8.8.22
V5V Undervoltage Filter Time	$t_{f,UV,V5V}$	5	10	15	μs	-	P_8.8.23
T5V1 and T5V2 Undervoltage Detection Threshold	$V_{UV,T5Vx,dec}$	4.45	-	4.7	V	V_{T5Vx} decreasing	P_8.8.24
T5V1 and T5V2 Undervoltage Detection Threshold	$V_{UV,T5Vx,inc}$	4.45	-	4.8	V	V_{T5Vx} increasing	P_8.8.25
T5V1 and T5V2 Undervoltage Detection Hysteresis	$V_{Hys,UV,T5Vx}$	10	50	-	mV	-	P_8.8.26
T5V1 and T5V2 Undervoltage Filter Time	$t_{f,UV,T5Vx}$	5	10	15	μs	-	P_8.8.27
V5V Overvoltage Detection Threshold	$V_{OV,V5V}$	5.2	-	5.6	V	V_{V5V} increasing	P_8.8.28
V5V Overvoltage Detection Hysteresis	$V_{Hys,OV,V5V}$	10	-	100	mV	-	P_8.8.29
V5V Overvoltage Filter Time	$t_{f,OV,V5V}$	5	10	15	μs	-	P_8.8.30
T5V1 and T5V2 Overvoltage Detection Threshold	$V_{OV,T5Vx}$	5.2	-	5.6	V	V_{T5Vx} increasing	P_8.8.31
T5V1 and T5V2 Overvoltage Detection Hysteresis	$V_{Hys,OV,T5Vx}$	10	-	100	mV	-	P_8.8.32
T5V1 and T5V2 Overvoltage Filter Time	$t_{f,OV,T5Vx}$	5	10	15	μs	-	P_8.8.33
BAT Overvoltage Detection Threshold	$V_{OV,BAT}$	28	-	30.4	V	V_{BAT} increasing	P_8.8.34

表 22 电源电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{\text{SV}} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ	Max.			
BAT Overvoltage Detection Hysteresis	$V_{\text{Hys,BAT}}$	50	–	500	mV	–	P_8.8.35
BAT Overvoltage Filter Time	$t_{\text{f,OV,BAT}}$	5	10	15	μs	–	P_8.8.36

- 1) 未经过生产测试, 由设计指定。
- 2) 需要定义最小值来保证调节器的稳定性。应用程序可能需要比最低值更高的值。
- 3) 另外允许高达 $0.1 \cdot C_{\text{VxV}}$ 的并联电容和低电平 ESR

9 功率级

TLE8888-1QK 中实现了 14 个低侧功率级、4 个半桥、4 个用于板载和外部点火驱动器的推挽输出以及 6 个用于板载 MOSFET 的推挽输出。14 个低侧功率级设计用于各种电感和电阻负载，其中 4 个功率级用于驱动喷油器，3 个功率级具有较高的工作电流，用于驱动例如 O2 加热器和 7 个功率级来驱动继电器。对于喷油器输出级（OUT1 到 OUT4），实现公共使能输入 INJEN；对于点火输出，实现公共使能输入 IGNEN。半桥可用于高侧或低侧负载、有源或被动续流或完整的桥配置。

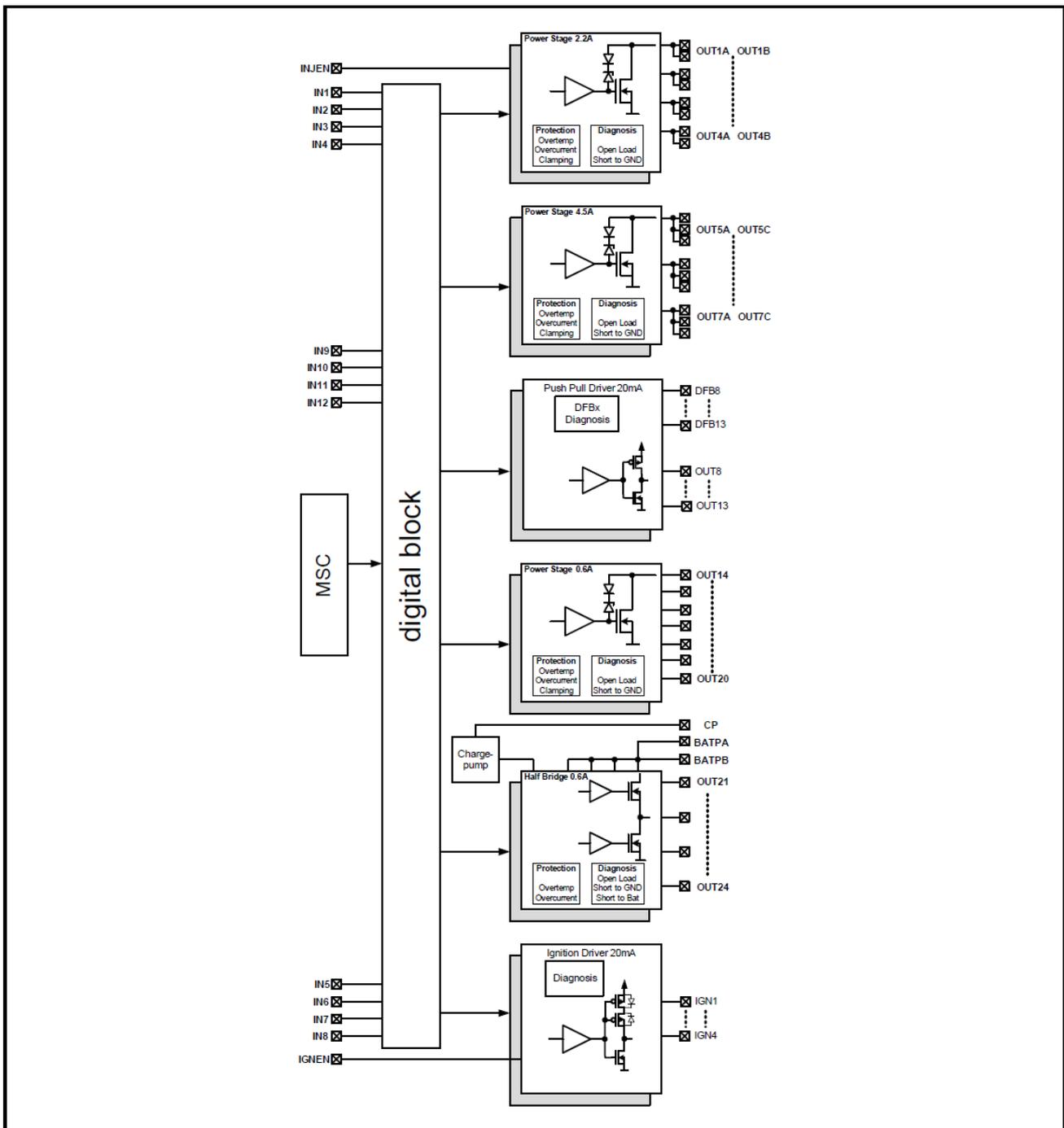


图 28 功率级框图

表 23 功率级概述

	Type	maximum operatio	Ron	active clamping	Diagnosis in on	Diagnosis in off
<i>OUT1 to OUT4</i>	Low-side switch	2.2 A	550 mW	yes	overcurrent (short to battery) overtemperature	open load short to GND overtemperature
<i>OUT5 to OUT7</i>	Low-side switch	4.5 A	350 mW	yes	overcurrent (short to battery) overtemperature	open load short to GND overtemperature
<i>OUT8 to OUT13</i>	5 V push pull output	20/- 20 mA	–	no	at pin DFBx: short to battery at pin OUTx: overvoltage	at pin DFBx: open load short to GND at pin OUTx: overvoltage
<i>OUT14 to OUT20</i>	Low-side switch	0.6 A	1.5 W	yes	overcurrent (short to battery) overtemperature	open load short to GND overtemperature
<i>OUT21 to OUT24</i>	Half bridge	0.6 A	2.4 W	no	overcurrent (short to battery/short to GND) overtemperature	open load short to battery/short to GND overtemperature
<i>IGN1 to IGN4</i>	5 V push pull output	20/- 20 mA	–	no	short to battery short to GND open load	short to battery

9.1 功率级控制

输出级将由 MSC/SPI 数据帧或命令帧以及控制寄存器 **Cont0** 至 **Con3**（参见 **14.1.5 小节**）或直接驱动输入 *IN1* 至 *IN12* 进行控制。控制模式为有源的配置在配置寄存器 **DDConfig0** 到 **DDConfig3** 中完成（参见 **14.1.4 小节**）。

控制寄存器/数据帧位中的“1”或直接驱动输入处的“高”会打开相应的输出。

表 24 展示了直接驱动输入到输出级的配置值。配置对 MSC 和 SPI 操作有效。

功率级的状态也受 TLE8888-1QK 的工作状态和条件的影响，如 **第 5 章** 所述。如果发生微通道超时，所有功率级都会关闭。有关对功率级控制的影响的描述，请参阅 **13.1.1 小节下行监管功能**。

表 24 直接驱动输入赋值到输出级

Input	Output	Note
<i>IN1 to IN4</i>	<i>OUT1 to OUT4</i>	configuration for direct drive: bits O1DD to O4DD of the configuration register DDConfig0 fix assignment of the inputs to the outputs
<i>IN5 to IN8</i>	<i>IGN1 to IGN4</i>	configuration for direct drive: bits IGN1DD to IGN4DD of the configuration register DDConfig3 fix assignment of the inputs to the outputs
<i>IN9 to IN12</i>	<i>OUT5 to OUT24</i>	configuration for direct drive: bits O5DD to O24DD of the configuration registers DDConfig0 to DDConfig2 assignment of input pins: configuration register InConfig0 to InConfig3 only 4 of this output stages can be switched directly

所有直接驱动输入均已实现下拉电流源来定义输入电压。

对于一个输出级的两个直接驱动输入的多重赋值（错误配置），输出将关闭，与直接驱动输入的状态无关。

9.2 功率级使能

使能功率级中央输出使能位 **OE** 被定义。位的状态显示在状态寄存器 **OpStat1** 中 并可通过指令寄存器 **CmdOE** 进行设置。每个输出还定义了一个专用的输出使能位（见寄存器 **OEConfig0** 至 **OEConfig3**）以避免故障情况下不受控制的重复切换。这些使能位由各通道的保护功能和通道的功能块开启来复位。如果保护功能是启用的，则这些位不能置位。

通过将中央使能位设置为“1”，所有专用输出使能位都设置为“1”（如果没有保护功能是有源的），并且所有通道都是启用的并且可以根据其配置进行控制。

将中央使能位设置为“0”后，所有专用输出使能位都设置为“0”，并且所有通道都被禁用。

对于喷油器通道 **OUT1** 至 **OUT4**，公共使能输入 **INJEN** 必须置位为“高”，对于点火输出 **IGN1** 至 **IGN4**，公共使能输入 **IGNEN** 必须置位为“高”才能使用通道。

发生故障条件后的开启程序：

- 读取诊断位
- 第二次读取以验证故障条件不再存在
- 如果诊断位不再有效，则受影响通道的专用输出的置位使能位
- 通道的开启

电池过压时关断：

为了保护功率级在续流期间免受高热量的影响，当电池电压大于“**BAT 过压检测阈值**”时，功率级会被关断（详见 **8.8 小节表 22**）。

9.3 功率级配置

可以根据配置寄存器 **OutConfig0** 到 **OutConfig5**、**BriConfig0**、**BriConfig1** 和 **IGNConfig** 中的配置位来配置功率级。直接驱动输入配置如 **表 24** 所示。

表 25 功率级配置概述

	Configuration	Configuration Register
<i>OUT1</i> to <i>OUT4</i>	overcurrent: current limitation or switch off diagnosis in off: pull down current activated/deactivated	OutConfig0
<i>OUT5</i> to <i>OUT7</i>	overcurrent: current limitation or switch off diagnosis in off: pull down current activated/deactivated	OutConfig1
<i>OUT8</i> to <i>OUT13</i>	at pin DFBx: diagnosis in off: pull down current activated/deactivated diagnosis in on: short to battery detection thresholds	OutConfig2 and OutConfig3 bits 0 to 3
<i>OUT14</i> to <i>OUT20</i>	mode set up: delayed switch off mode for <i>OUT17</i> overcurrent: current limitation or switch off diagnosis in off: pull down current activated/deactivated (<i>OUT14</i> to <i>OUT17</i>) pull up and down current activated/deactivated (<i>OUT18</i> to <i>OUT20</i>)	OutConfig3 bits 4 and 5, OutConfig4 , OutConfig5
<i>OUT21</i> to <i>OUT24</i>	mode set up: active or passive freewheeling high- or low-side switch mode half or full bridge mode delayed switch off mode for <i>OUT21</i>	BriConfig0 and BriConfig1
<i>IGN1</i> to <i>IGN4</i>	open load in activation/deactivation open load current setting open load detection time	IGNConfig

9.4 *OUT17* 和 *OUT21* 的特殊功能“延迟关断”

为 *OUT17* 和 *OUT21* 的控制行为实施了特殊的置位。通过延迟关断功能，输出适合驱动负载（例如启动继电器），即使由于欠压而处于复位状态，负载也必须在极低电池电压期间打开。在这种运行条件下，所有其他功率级通常都关闭。

通过配置寄存器 **OutConfig4** 中的 **O17D** 位和配置寄存器 **BriConfig1** 中的 **O21D** 位，可将这两个输出端配置为以下两种模式：

- **9.1 小节**描述的正常控制模式
- 延时关闭模式

对于延迟关闭模式，*OUT17*和*OUT21*必须配置为由MSC / SPI控制（位**O17DD** / **O21DD** 在配置寄存器 **DDConfig2** 置位为“0”）

OUT21 的延迟关断模式 仅允许在高侧或低侧开关配置中使用。不允许使用全桥配置。

延迟关闭模式使两个输出触发事件发生后在**ton,del**时间内保持开启。在正常控制模式下，触发事件发生后，输出将关闭。

在延迟关断模式下，延迟关断定时器以以下触发事件启动：

通道必须在触发事件之前打开，在延迟关断模式下不可能打开所有通道

- 检测到主电源 V5V 欠压
- 或检测到主电源 V5V 过压
- 或发生 MSC 超时
- 或引脚 *MON* 处出现有效信号 (“0”)
- 或引脚 *RST* 处出现有效信号 (“0”)

使用 **RDOT** 在指令寄存器 **Cmd0** 延迟关断定时器重新启动，导通时间增加。

延迟关断模式因以下事件而终止：

- 延迟关断定时器溢出
- **O17/O21** 通过指令 **CmdOE**、置位控制寄存器位 **O17ON/O21ON** 或配置寄存器位 **O17E/O21E** 改为“0”
- **O17D / O21D** 置位为“0”
- 就绪状态是有源的，无触发事件是有源的

如果发生内部功率复位，输出将立即关闭。根据 **5.1 小节** 中的定义，如果满足状态改变为电子控制单元睡眠模式的条件，则终止延迟关断并执行转换。

通常情况下，*OUT17* 和 *OUT21* 的相关寄存器位在主电源 V5V 欠压 或引脚 *RST* 有源信号 (“0”) 期间被复位（定义详见 **5.2 小节** 的 **表 5** 和 **表 6**）。在延迟关断配置中，以下寄存器位不会复位：

- 状态寄存器 **OpStat1** 中的 **OE** 位
- 配置寄存器 **OEConfig2** 中的 **O17E**、**O21E** 位
- 配置寄存器 **OutConfig4** 中的 **O17D**、**O17OL**、**O17OC** 位
- 配置寄存器 **BriConfig0** 中的 **O21F**、**O21M** 位
- 配置寄存器 **BriConfig1** 中的 **O21D** 位

图 29 和 **图 30** 展示了延迟关闭模式的两个示例。

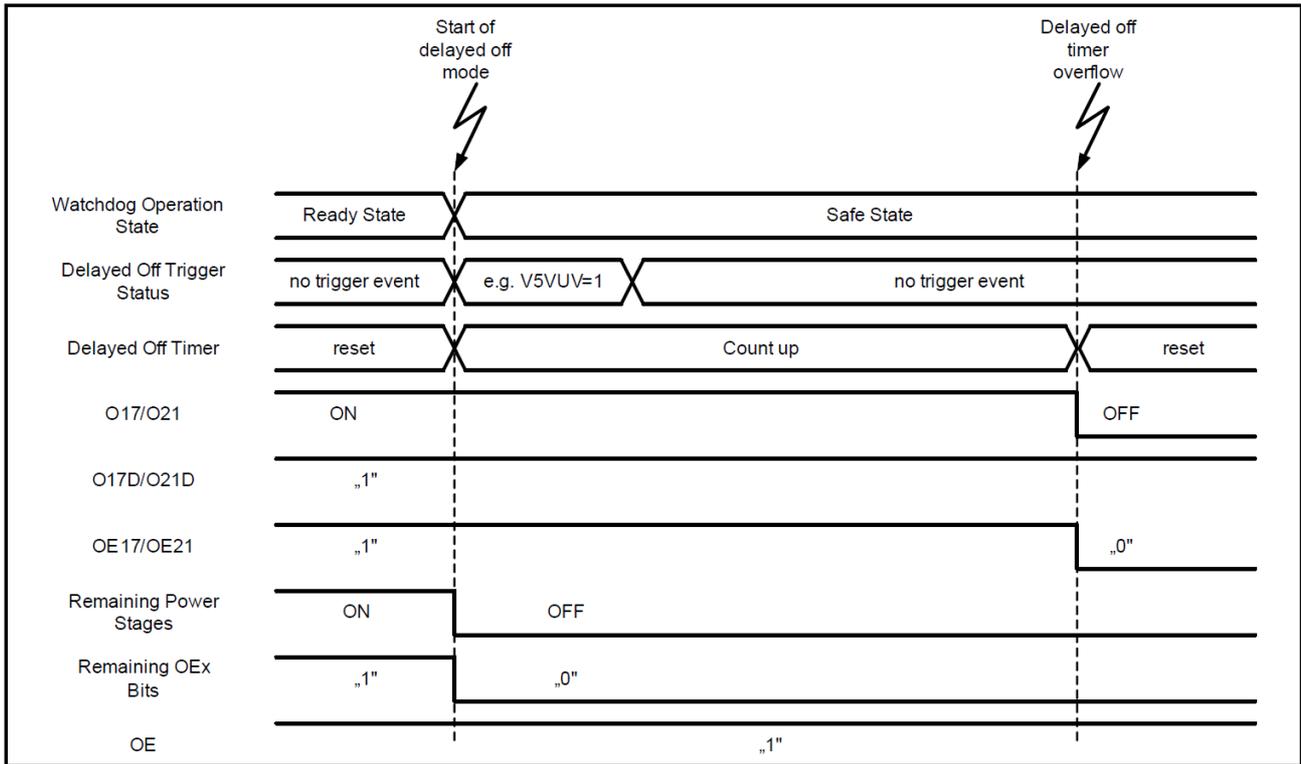


图 29 延迟关断行为示例：延迟关断定时器溢出

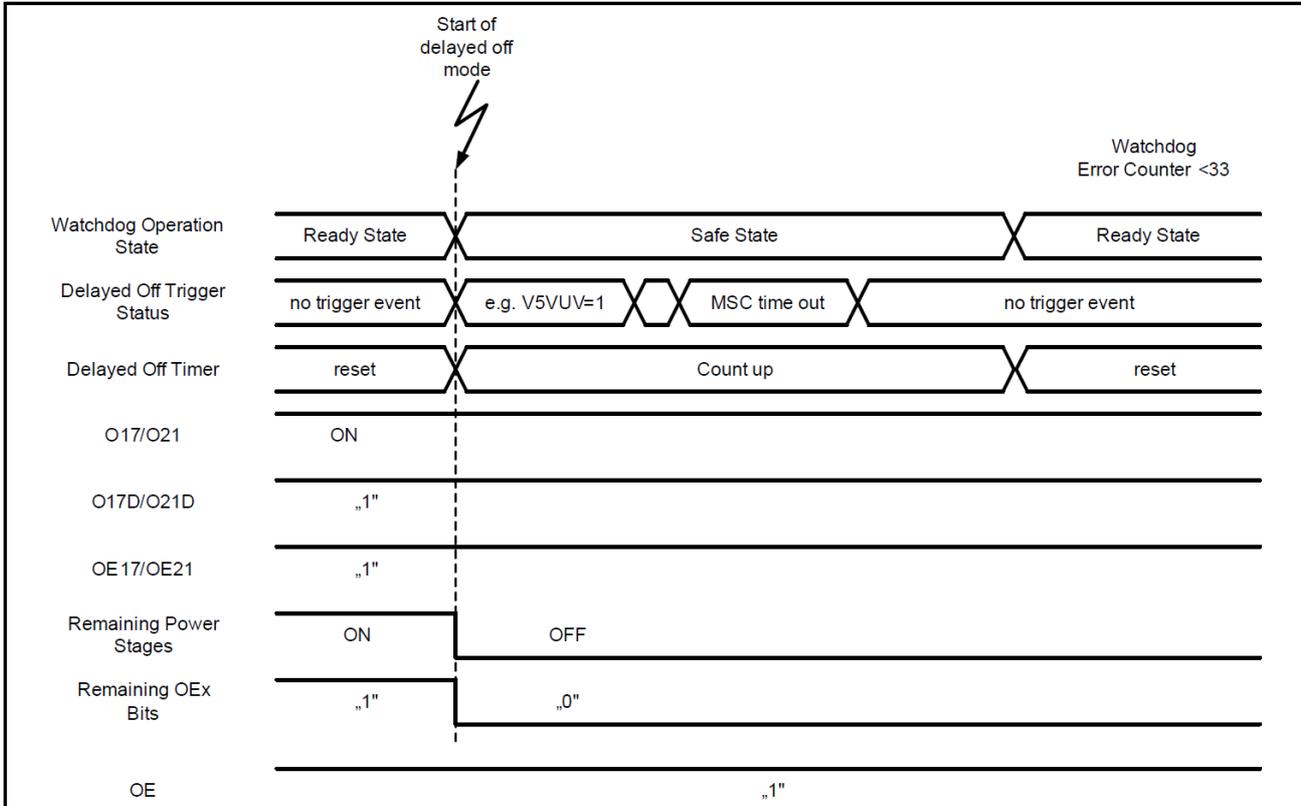


图 30 延迟关断行为示例：延迟关断定时器停止并处于就绪状态

9.5 直接驱动输入电气特性

表 26 直接驱动输入电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Direct Drive Inputs $IN1$ to $IN12$							
Low Level Input Voltage	$V_{IN,l}$	-0.3	-	0.9	V	-	P_9.5.1
High Level Input Voltage	$V_{IN,h}$	2	-	V_{VDDIO}	V	-	P_9.5.2
Input Voltage Hysteresis	$V_{IN,hys}$	50	200	-	mV	-	P_9.5.3
Pull Down Current	$I_{IN,pd}$	25	-	100	μA	$V_{IN} = V_{VDDIO}$	P_9.5.4
Pull Down Current	$I_{IN,pd}$	2.4	-	-	μA	$V_{IN} = 0.6\text{ V}$	P_9.5.5
Delayed Switch Off for $OUT17$ and $OUT21$							
Switch On Time in Delayed Switch Off Mode	$t_{on,del}$	400	-	800	ms	-	P_9.5.6

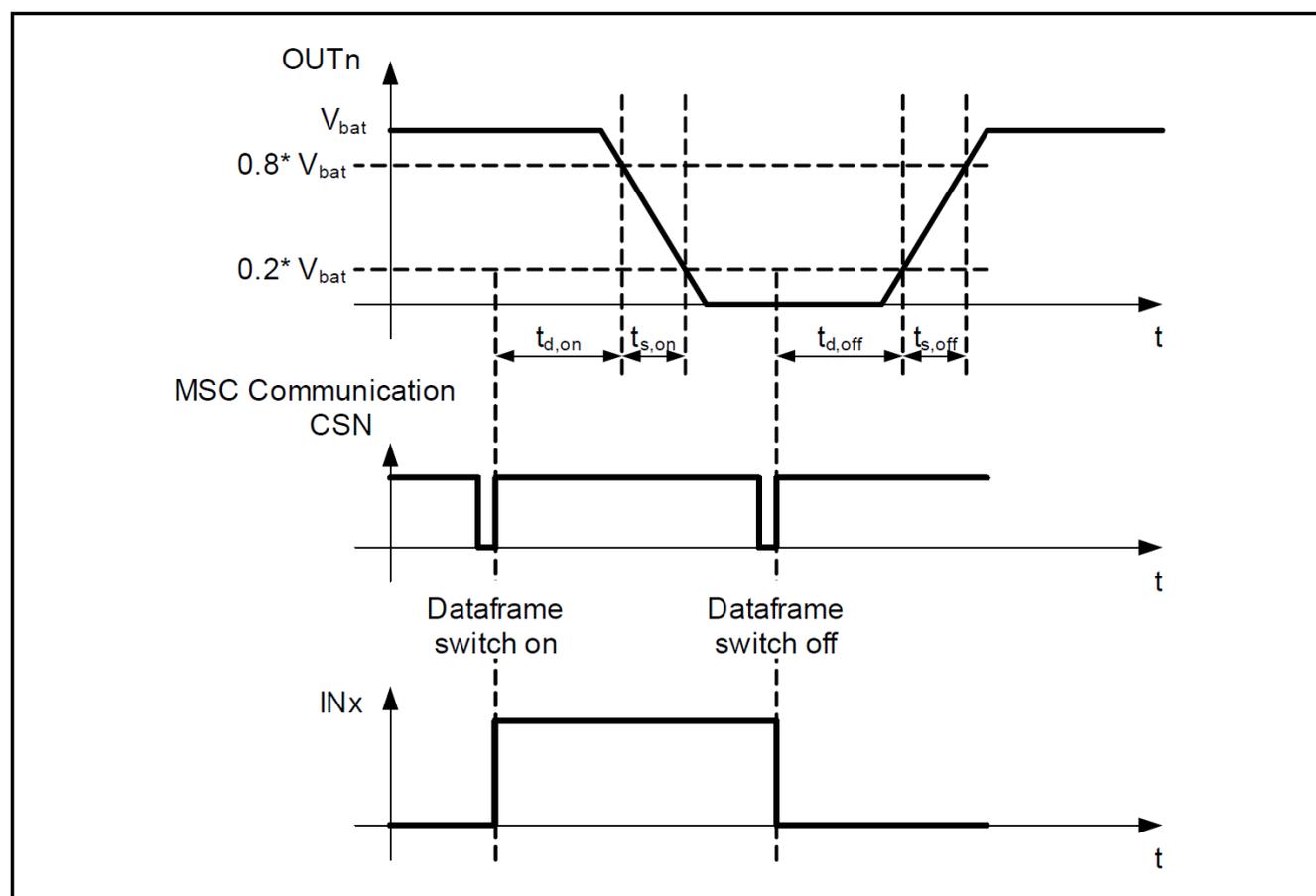


图 31 开关行为

9.6 低侧开关 *OUT1* 至 *OUT7* 和 *OUT14* 至 *OUT20*

低侧开关设计用于承受汽车应用中发生的重复钳位事件。输出受到充分保护并实现各种诊断功能。它们像所有功率级一样根据 9.1 小节和 9.2 小节中的描述进行控制和启用。另外，为了启用低侧开关 *OUT1* 至 *OUT4*，启用引脚 *INJEN* 必须为“高”。

输出具有全面的过流和过热保护，并实现了各种诊断功能。有关诊断功能的描述，请参阅 9.6.2 小节。

如果发生微通道超时，则所有功率级都会关闭。有关对功率级控制的影响的描述，请参阅 13.1.1 小节“下行监控功能”。

9.6.1 *OUT1* 至 *OUT7* 和 *OUT14* 至 *OUT20* 的保护

输出受到全面保护，以免出现过流和过热现象。

功率级 *OUT1* 至 *OUT7* 及 *OUT14* 至 *OUT20* 的过流保护可配置为两种模式：限流模式或过流关断模式（通过配置寄存器 *OutConfig0*、*OutConfig1*、*OutConfig3* 至 *OutConfig5* 中的 *O10C* 至 *O70C* 位及 *O140C* 至 *O200C* 位进行配置）。在故障情况下（例如电池短路），低侧开关的输出电流始终受到限制，如果过流信号的有效时间长于“过流检测滤波时间”，则检测到过流条件。通过检测，根据表 27 中所示的优先级设置相应的诊断位 对于关闭配置，输出也会关闭。

为了覆盖所有故障情况，实施了过温保护。特别是对于过流限制配置，过温是防止过载的唯一保护功能。超过温度阈值后，输出将关闭，直到温度降低至“过温滞回”。

有关在故障条件后打开受影响通道的程序，请参阅 9.2 小节。

9.6.2 *OUT1* 至 *OUT7* 和 *OUT14* 至 *OUT20* 的诊断

对于低侧输出，实现了各种诊断功能。对于电池短路诊断，过流和过热保护函数用于设置诊断信息，对于负载开路 and 接地短路 (SCG)，则采用特殊电路。

为了检测负载开路/对地短路，推挽电路有源，这导致输出电压和电流的功能如图 32 所示。通过定义的检测阈值，可以检测负载条件。

输出级的关闭信号使负载开路/对地短路检测电路可用。为抑制干扰，检测电路的输出结果会在“关断状态下开路及接地短路诊断滤波时间” $t_{diag,f}$ 后，根据表 27 所示的优先级存储到诊断寄存器 *OutDiag0* 至 *OutDiag4* 中。通过读取诊断寄存器，其内容会更新为实际诊断结果。

对于输出 *OUT1* 至 *OUT7* 和 *OUT14* 至 *OUT17*，可以关闭断电检测中负载开路/接地短路的诊断下拉电流（请参见配置寄存器 *OutConfig1* 到 *OutConfig4*）。当停用下拉电流负载开路时，检测到没有源，并且诊断信息 10B 将永远不会出现并被停用。当下拉电流停用时，对 GND 的短路检测是有源的。

对于输出 *OUT18* 至 *OUT20*，诊断上拉和下拉电流可以关闭（通过配置寄存器 *OutConfig5* 中的位 *O180L* 和 *O200L*）。在这种情况下，关断状态没有任何诊断信息，并且位 *O18DIAG1*、*O19DIAG1* 和 *O20DIAG1* 为“0”。

图 32 展示了作为输出电压功能的输出电流关闭检测中负载开路/接地短路的行为。

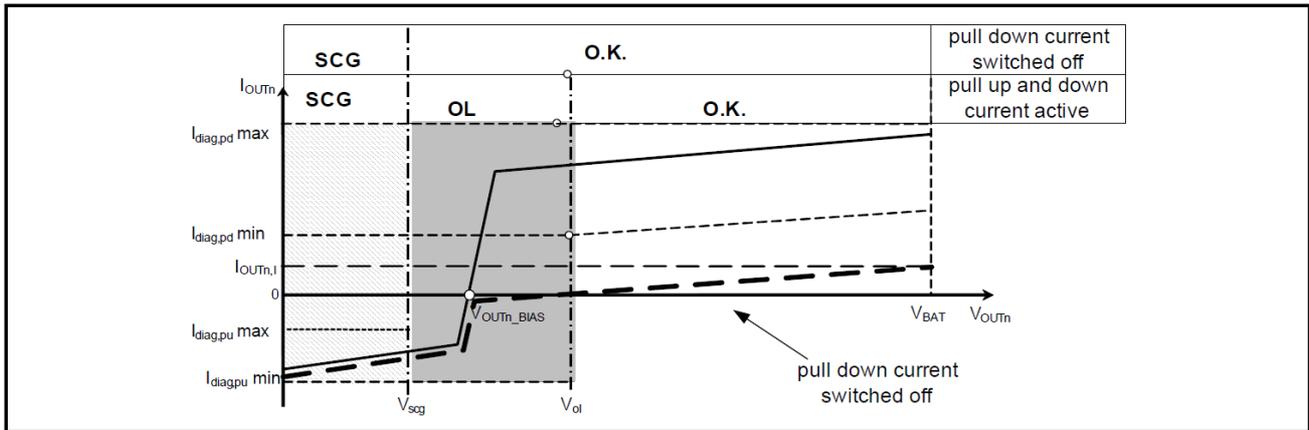


图 32 有源诊断关闭时的输出行为

表 27 诊断信息描述

OnDIAG[1:0]	Priority (1 = highest priority)	Description
00	4	no failure
01	1	short circuit to battery (overcurrent) or overtemperature
10	2	open load in off ^{1) 2)}
11	3	short circuit to ground in off ²⁾

1) 关闭检测时无负载开路，且下拉电流已停用

2) 如果上拉和下电流被关闭，则 OUT18 至 OUT20 的关闭信号中无负载开路和相对 GND 短路

9.6.3 低侧开关 OUT1 至 OUT7 和 OUT14 至 OUT20 电气特性

表 28 低侧开关 OUT1 至 OUT7 和 OUT14 至 OUT20 电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
OUT1...4, n = 1 to 4							
Operation Current	I_{OUTn}	-	-	2.2	A		P_9.6.1
Limitation Current in Overcurrent condition	$I_{OUTn,lim}$	2.2	-	4	A		P_9.6.2
Overcurrent Detection Filter Time	$t_{oc,f}$	40	-	70	μs		P_9.6.3
On Resistance	$R_{OUTn,on}$		-	550	m Ω	$I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$	P_9.6.4
Clamping Voltage	$V_{OUTn,cv}$	50	-	60	V	$I_{OUTn} = 0.2\text{ A}$	P_9.6.5
Repetitive Clamping Energy	$E_{OUTn,cl}$	-	-	4	mJ	$I_{OUTn} < 1.4\text{ A}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$, 648*106 cycles ¹⁾	P_9.6.6

表 28 低侧开关OUT1至OUT7和OUT14至OUT20电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Leakage Current 1	$I_{OUTn,l,1}$	-	-	5	μA	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 60^\circ\text{C}^{1)2)}$	P_9.6.7
Leakage Current 2	$I_{OUTn,l,2}$	-	-	10	μA	$V_{OUTn} = 28\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 60^\circ\text{C}^{1)2)}$	P_9.6.8
Leakage Current 3	$I_{OUTn,l,3}$	-	-	20	μA	$V_{OUTn} < 28\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 150^\circ\text{C}^2)$	P_9.6.9
Turn On Delay Time	$t_{d,on}$	1	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.10
Turn Off Delay Time	$t_{d,off}$	1	-	8	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.11
Switch On Time	$t_{s,on}$	1.8	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.12
Switch Off Time	$t_{s,off}$	1.8	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.13

OUT5...7, n = 5 to 7

Operation Current	I_{OUTn}	-	-	4.5	A		P_9.6.14
Limitation Current in Overcurrent condition	$I_{OUTn,lim}$	4.5	-	8	A		P_9.6.15
Overcurrent Detection Filter Time	$t_{oc,f}$	40	-	70	μs		P_9.6.16
On Resistance	$R_{OUTn,on}$		-	350	$\text{m}\Omega$	$I_{OUTn} = 3\text{ A}$	P_9.6.17
Clamping Voltage	$V_{OUTn,cv}$	50	-	60	V	$I_{OUTn} = 0.2\text{ A}$	P_9.6.18
Repetitive Clamping Energy	$E_{OUTn,cl}$	-	-	22	mJ	$I_{OUTn} < 1.05\text{ A}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$, $1^*109\text{ cycles}^1)$	P_9.6.19
Leakage Current 1	$I_{OUTn,l,1}$	-	-	5	μA	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 60^\circ\text{C}^{1)2)}$	P_9.6.20
Leakage Current 2	$I_{OUTn,l,2}$	-	-	10	μA	$V_{OUTn} = 28\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 60^\circ\text{C}^{1)2)}$	P_9.6.21
Leakage Current 3	$I_{OUTn,l,3}$	-	-	30	μA	$V_{OUTn} < 28\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 150^\circ\text{C}^2)$	P_9.6.22

表 28 低侧开关OUT1至OUT7和OUT14至OUT20电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Turn On Delay Time	$t_{d,on}$	1	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.23
Turn Off Delay Time	$t_{d,off}$	1	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.24
Switch On Time	$t_{s,on}$	1.4	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.25
Switch Off Time	$t_{s,off}$	1.4	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 2.2\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.26

OUT14...20, n = 14 to 20

Operation Current	I_{OUTn}	-	-	0.6	A		P_9.6.27
Limitation Current in Overcurrent condition	$I_{OUTn,lim}$	0.6	-	1.5	A		P_9.6.28
Overcurrent Detection Filter Time	$t_{oc,f}$	40	-	70	μs		P_9.6.29
On Resistance	$R_{OUTn,on}$		-	1.5	Ω	$I_{OUTn} = 0.6\text{ A}$	P_9.6.30
OUT17 On Resistance at Low Battery Voltage	$R_{OUT17,on,l}$		-	1.7	Ω	$I_{OUTn} = 0.1\text{ A}$, $V_{BATPx} = 4.5\text{ V}$	P_9.6.31
Clamping Voltage	$V_{OUTn,cv}$	50	-	60	V	$I_{OUTn} = 0.2\text{ A}$	P_9.6.32
Repetitive Clamping Energy	$E_{OUTn,cl}$	-	-	6.5	mJ	$I_{OUTn} < 0.3\text{ A}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$, 40*106 cycles ¹⁾	P_9.6.33
Leakage Current 1	$I_{OUTn,l,1}$	-	-	5	μA	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 60^\circ\text{C}^{1)2)}$	P_9.6.34
Leakage Current 2	$I_{OUTn,l,2}$	-	-	15	μA	$V_{OUTn} = 28\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 60^\circ\text{C}^{1)2)}$	P_9.6.35
Leakage Current 3	$I_{OUTn,l,3}$	-	-	35	μA	$V_{OUTn} = 28\text{ V}$, $V_{BAT} = 0\text{ V}$, $T_j = 150^\circ\text{C}^{2)}$	P_9.6.36
Turn On Delay Time	$t_{d,on}$	1	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.37
Turn Off Delay Time	$t_{d,off}$	1	-	7	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.38

表 28 低侧开关OUT1至OUT7和OUT14至OUT20电气特性 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Switch On Time	$t_{s,on}$	1.1	–	5.6	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.39
Switch Off Time	$t_{s,off}$	1.1	–	5.6	μs	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$, $I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load ³⁾	P_9.6.40
Delayed Off Time after trigger event for OUT17	$t_{off,del}$	400	–	800	ms		P_9.6.41

Diagnosis OUT1 to 7 and OUT14 to 20

Overtemperature Switch Off Threshold	$T_{OUTn,ot}$	150	–	200	$^\circ\text{C}$	1)	P_9.6.42
Overtemperature Hysteresis	$T_{OUTn,ot,hys}$	–	10	–	$^\circ\text{C}$	1)	P_9.6.43
Open Load in Off Detection Threshold	V_{ol}	V5V-0.15	V5V	V5V+0.15	V		P_9.6.44
Short to GND in Off Detection Threshold	V_{scg}	0.6*V5V-0.15	0.6*V5V	0.6*V5V+0.15	V		P_9.6.45
Diagnosis Pull Up Current	$I_{diag,pu}$	-270	–	-150	μA	$V_{OUTn} = 0\text{ V}$, $V_{IGNx} \geq 0\text{ V}$	P_9.6.46
Diagnosis Pull Down Current	$I_{diag,pd}$	280	–	500	μA	$V_{ol} < V_{OUTn} < V_{BAT}$, $V_{IGNx} \geq 0\text{ V}$	P_9.6.47
Diagnosis Filter Time for open load and short to GND in off	$t_{diag,f}$	60	–	135	μs		P_9.6.48

Direct Drive Inputs INJEN

Low Level Input Voltage	$V_{IN,l}$	-0.3	–	0.9	V		P_9.6.49
High Level Input Voltage	$V_{IN,h}$	2	–	V_{VDDIO}	V		P_9.6.50
Input Voltage Hysteresis	$V_{IN,hys}$	50	200	–	mV		P_9.6.51
Pull Down Current	$I_{IN,pd}$	25	–	100	μA	$V_{IN} = V_{VDDIO}$	P_9.6.52
Pull Down Current	$I_{IN,pd}$	2.4	–	–	μA	$V_{IN} = 0.6\text{ V}$	P_9.6.53

- 1) 此参数表不适用于生产测试, 由设计定义。
- 2) 额外诊断运行模式下电流来源; 诊断电流关断配置中异常 OUT18 至 OUT20
- 3) 见图 31

9.7 半桥 OUT21 至 OUT24

TLE8888-1QK集成 4 个半桥，可用作半桥、全桥、低侧功率级或高侧功率级。它们具有完全的过载和过热保护功能，诊断功能可适应所选的负载设置。有关诊断功能的描述，请参阅9.7.2 小节。

它们像所有功率级一样根据9.1 小节和9.2 小节中的描述进行控制和启用。表 29展示了 O21E 至 O24E 和 O21ON 至 O24ON 对半桥的高侧和低侧开关的影响。

半桥可通过MSC / SPI配置为高或低侧负载（设置参见图 33）以及无源或主动续流（续流是通过体二极管完成或主动切换续流路径）。配置详情见表 29。通过配置寄存器 BriConfig0 的 O21M 至 O24M 位可定义开关模式。此配置中，低电平或高边晶体管定义为开启负载。对于低侧开关模式，负载连接到电池；对于高边开关模式，负载连接到 GND（见图 33）。通过配置寄存器 BriConfig0 的 O21F 至 O24F 位定义续流行为。续流是在低电平侧开关模式下用高电平晶体管完成的。对于被动续流，使用体效应二极管，续流晶体管始终关闭。对于主动续流模式，续流晶体管在关闭信号期间导通。这就是所谓的半桥模式。高电平和低电平开关的交替切换是在先断后合的情况下完成的。开关模式的定义对于正确诊断关闭状态非常重要（见 9.7.2 节）。位FB1E 和FB2E（全桥使能）只用于全桥配置时的诊断。FB1E = “1”用于连接OUT21和OUT22之间的负载。FB2E = “1”用于连接在OUT23和OUT24之间的负载。关断状态下的诊断更改为全桥模式的特殊情况。而 O21M 至 O24M 以及 O21F 至 O24F 位的设置仍然有效。

注释：对于全桥，建议将两个半桥设置为相同的设置！

表 29 半桥配置

OnM ¹⁾	OnF ¹⁾	OnE ¹⁾	OnON = 1 ¹⁾	OnON = 0 ¹⁾	Description
0	0	0	high-side =off low-side = off	high-side =off low-side = off	low-side switch mode and passive freewheeling at high- side: ²⁾ both switches are disabled
0	0	1	high-side =off low-side = on	high-side =off low-side = off	low-side switch mode and passive freewheeling at high- side: ²⁾ high-side switch always off, bulk diode of high-side switch is used for passive freewheeling
0	1	0	high-side =off low-side = off	high-side =off low-side= off	low-side switch mode and active freewheeling at high-side: ²⁾ both switches are disabled
0	1	1	high-side =off low-side = on	high-side =on low-side= off	low-side switch mode and active freewheeling at high-side: ²⁾ high-side switch on during freewheeling
1	0	0	high-side =off low-side= off	high-side =off low-side= off	high-side switch mode and passive freewheeling at low- side: ²⁾ both switches are disabled

表 29 半桥配置 (续)

OnM ¹⁾	OnF ¹⁾	OnE ¹⁾	OnON = 1 ¹⁾	OnON = 0 ¹⁾	Description
1	0	1	high-side =on low-side= off	high-side =off low-side= off	high-side switch mode and passive freewheeling at low- side: ²⁾ low-side switch always off, bulk diode of low-side switch is used for passive freewheeling
1	1	0	high-side =off low-side= off	high-side =off low-side= off	high-side switch mode and active freewheeling at low-side: ²⁾ both switches are disabled
1	1	1	high-side =on low-side= off	high-side =off low-side= on	high-side switch mode and active freewheeling at low-side: ²⁾ low-side switch on during freewheeling

1) n=21 至 24, 用于选定的半桥通道

2) 设置定义参见图 33

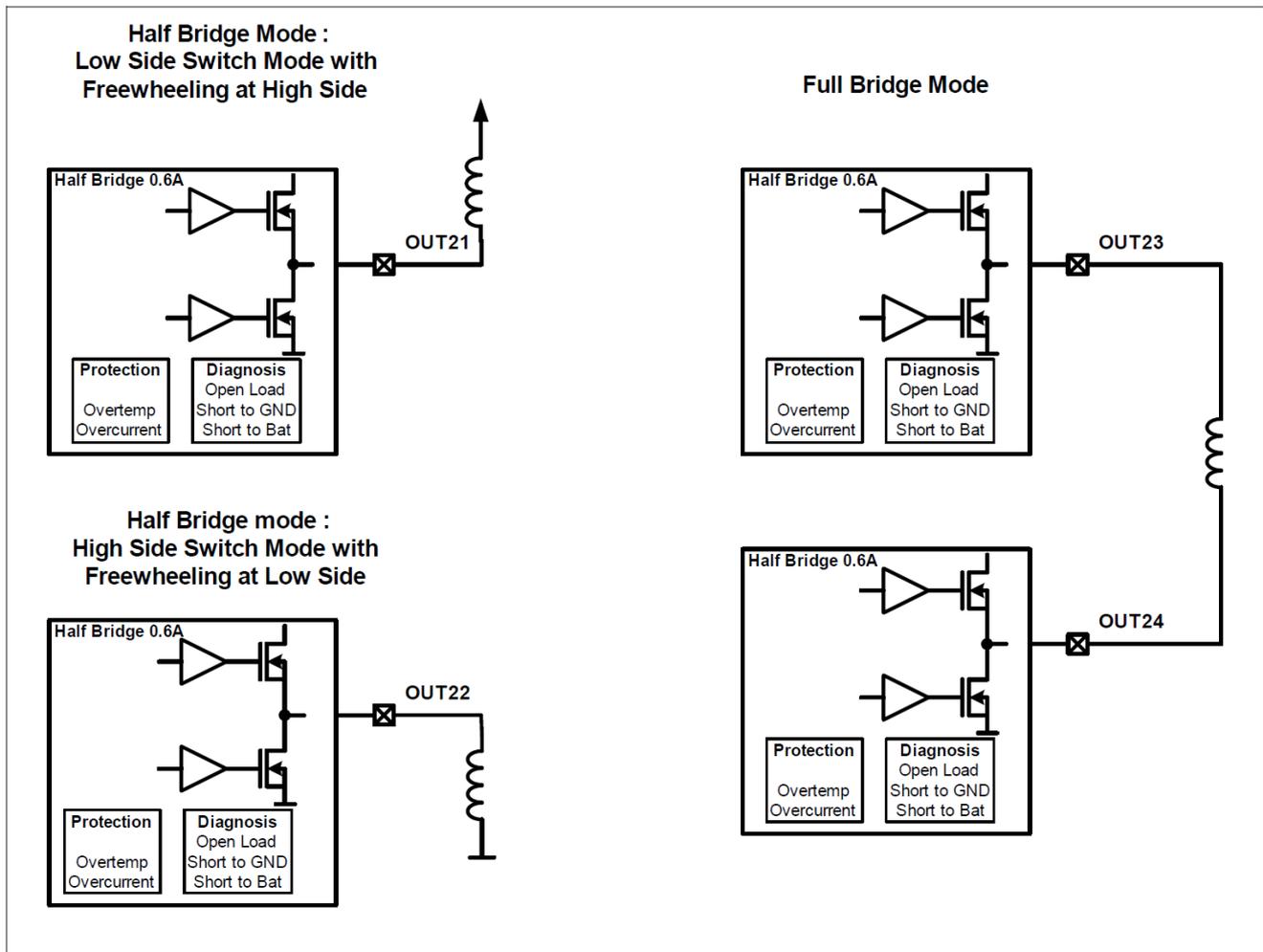


图 33 半桥和全桥模式的负载设置

9.7.1 半桥 OUT21 至 OUT24 的保护

半桥输出具有全面的过流和过温保护。

在发生故障的情况下（例如短路到 GND），受影响的晶体管在“**过流关断滤波时间**”之后，诊断位为置位。半桥输出为高欧姆（三态）。

为了覆盖所有故障情况，实施过温保护。超过温度阈值后，半桥输出关闭，直到温度降低至“**过温迟滞**”。

有关在故障条件后打开受影响通道的程序，请参阅9.2小节。

9.7.2 半桥 OUT21 至 OUT24 的诊断

对于半桥输出，实施了各种诊断功能。对于电池短路和接地短路，诊断中使用过流保护功能（诊断寄存器 **BriDiag1** 中的诊断位 **O210C** 至 **O240C**）。过热信号通过诊断寄存器 **BriDiag1** 中的诊断位 **B10T** 和 **B20T** 标识。对于负载开路 and 短路至 GND (SCG) 关断，实施了特殊电路。诊断寄存器 **BriDiag0** 中诊断位 **O21DIA** 至 **O24DIA** 按照通道的设置和表 30 所示的优先级来置位。

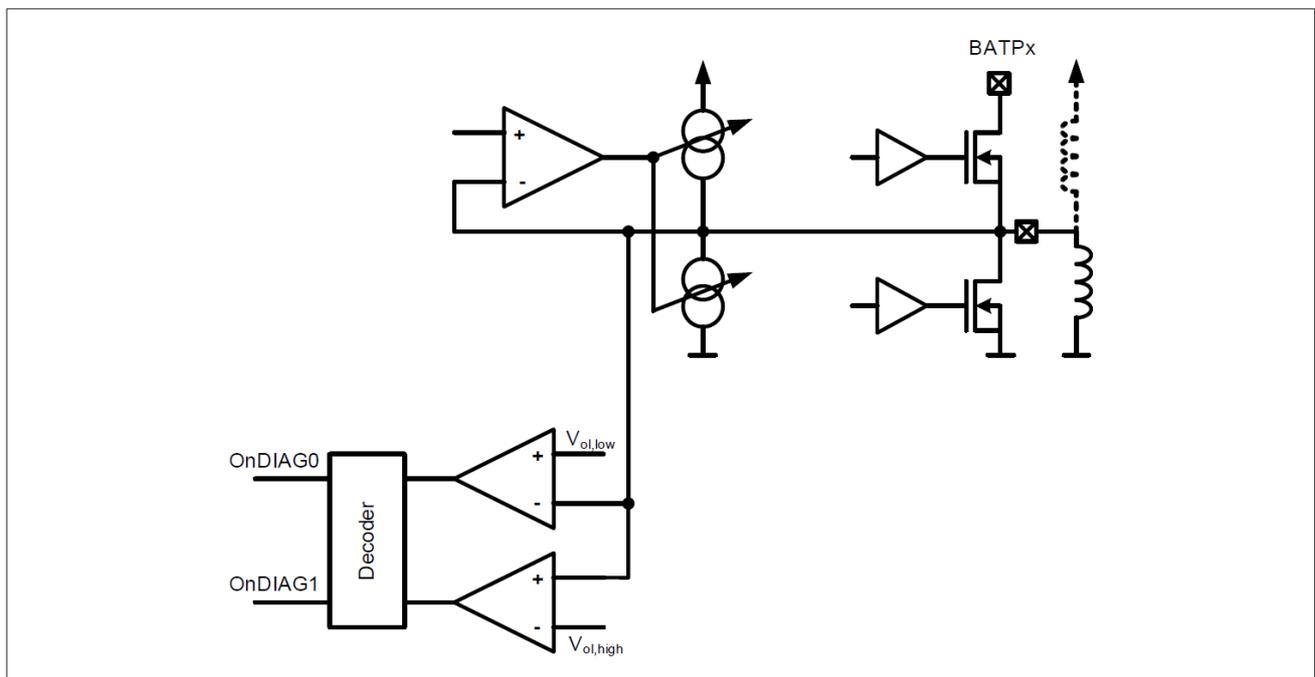


图 34 半桥配置（低侧或高侧负载）的负载开路和接地/电池短路检测电路

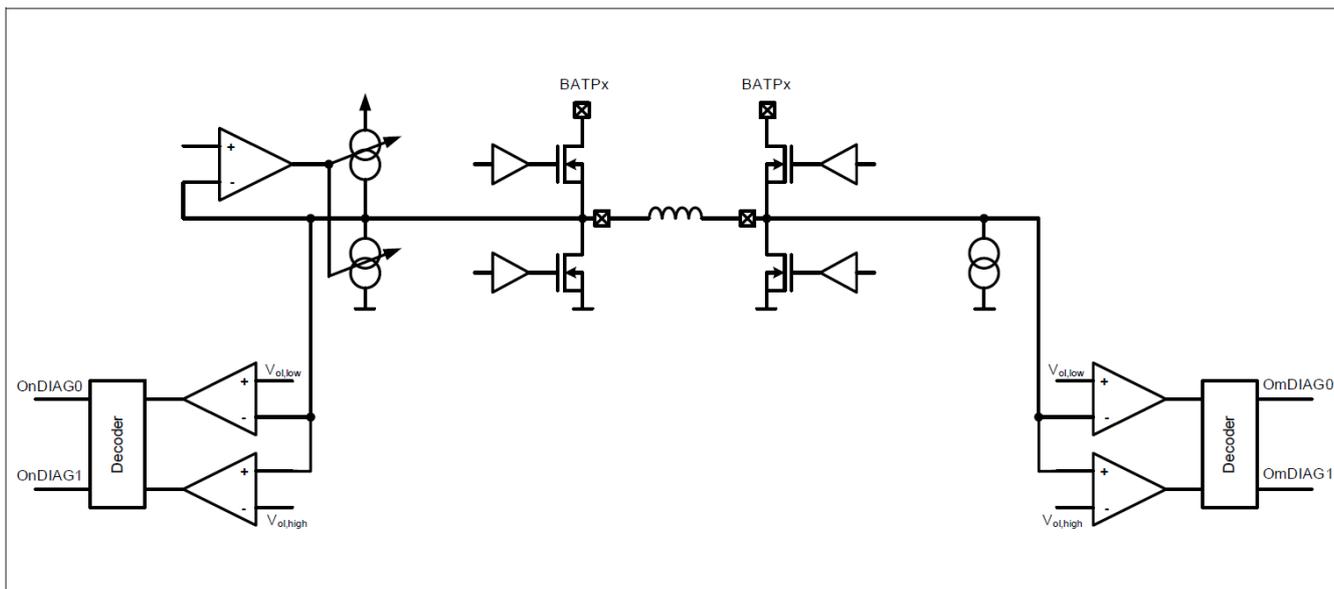


图 35 全桥配置的负载开路和接地/电池短路检测电路

图 36 和图 37 展示了不同配置中输出电流作为输出电压函数的行为。

两种设置的负载开路关闭检测相同，但低侧和高侧开关模式的短路检测有所不同。

- 高侧开关模式：关闭时检测电池短路
- 低侧开关模式：关闭时检测接地短路

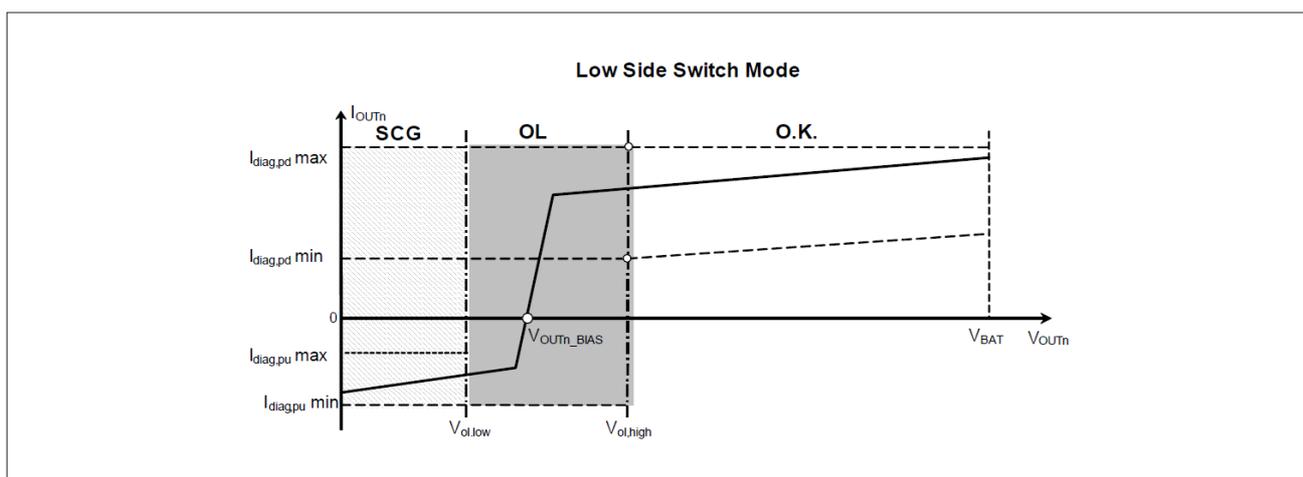


图 36 带负载开路和接地短路检测的低侧开关配置下关闭状态的输出行为

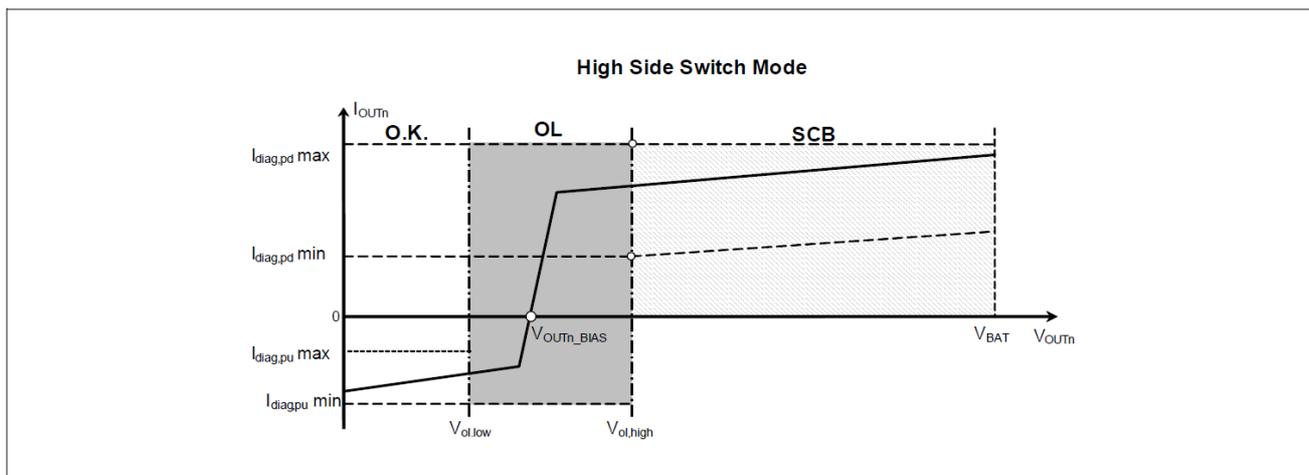


图 37 带负载开路和电池短路检测的高侧开关配置下关闭状态的输出行为

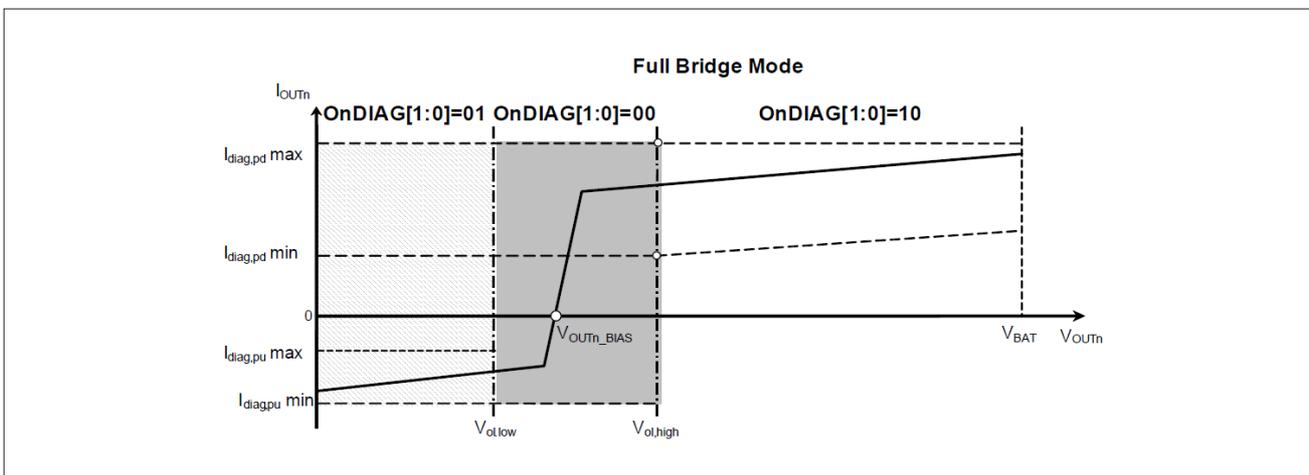


图 38 全桥模式配置下关闭状态的输出行为

如果高侧和低侧开关断开，并且诊断激活定时器 $t_{br,diag,act}$ 开始计数，则检测有效。为了在主动续流配置中关闭检测中激活负载开路，必须通过设置配置寄存器 **OEConfig2** 中的 **O21E** 至 **O24E** 至“低电平”来禁用半桥。对于PASS续流正常关闭信号 ($IN9$ 至 $IN12$ 或控制寄存器 **Cont2** 中的 **O21ON** 至 **O24ON** 置位为“低”) 就足够了。对于全桥模式，两个半桥都必须关闭或禁用，具体取决于半桥的设置。经过**桥诊断激活时间** $t_{br,diag,act}$ 检测电路的输出根据表 30 所示的优先级存储在诊断寄存器 **BriDiag0** 中。在激活负载开路检测后，将执行滤波时间 $t_{br,diag,f}$ 来抑制干扰。在指定的滤波时间后，诊断寄存器位被置位。通过读出诊断寄存器，将内容更新为实际诊断。

表 30 定义了单开关使用的诊断位，表 31 定义了全桥模式下的诊断位。

注释：特别是对于全桥模式，建议读取诊断寄存器两次，因为存在过渡状态和可能误导的诊断寄存器条目

表 30 单开关使用诊断信息描述

OnDIAG[1:0] ¹⁾	Priority (1 = highest priority)	High-Side Switch Mode	Low-Side Switch Mode
00	3	no failure	no failure
01	2	open load in off	n.a.
10	2	n.a.	open load in off
11	1	short circuit to battery in off	short circuit to ground in off

1) n 从 21 到 24

注释: 对于高边开关模式 (低端负载), 启动后, 在输出配置为高端负载并将诊断位置为“11”之前, 将有一个对地短路检测。这种检测是不正确的, 建议启动后读取诊断寄存器两次, 以避免错误的诊断信息。

表 31 全桥模式诊断信息描述

OnDIAG[1:0] ¹⁾	OmDIAG[1:0] ¹⁾	Full Bridge Mode
00	00	no failure
Single Failure		
00	01	open load in off (or double fault open load and short to GND at OUT22 /OUT24)
10	10	short circuit to battery in off
01	01	short circuit to ground in off (or double fault open load and short to GND at OUT21 /OUT23)
Double Failure		
00	10	open load and short circuit to bat at OUT22 /OUT24 in off
01	10	short circuit to ground at OUT21 /OUT23 and short circuit to battery at OUT22 /OUT24 in off
10	01	short circuit to battery at OUT21 /OUT23 and short circuit to ground or open load at OUT22 /OUT24 in off
Remaining Combinations		
10	00	not existing or transition states after switch off
xx	11	
11	xx	
01	00	

1) n = 21 且 m=22 或 n=23 且 m=24

9.7.3 半桥电气特性

表 32 半桥电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
OUT21...24, n = 21 to 24							
Operation Current	I_{OUTn}	-	-	0.6	A		P_9.1
Overcurrent Switch Off Threshold	$I_{OUTn,oc}$	0.6	-	1.5	A		P_9.2
Overcurrent Switch Off Filter Time	$t_{oc,f}$	0.5	-	2	μs		P_9.3
On Resistance	$R_{OUTn,on}$		-	2.4	Ω	$I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$	P_9.4
OUT21 On Resistance at Low Battery Voltage, low temperature	$R_{OUT21,on,l,LT}$		-	2.4	Ω	$I_{OUTn} = 0.1\text{ A}$, $V_{BAT} = 4.5\text{ V}$ $T_j < 100^\circ\text{C}$	P_9.5
OUT21 On Resistance at Low Battery Voltage, high temperature	$R_{OUT21,on,l,HT}$		-	2.6	Ω	$I_{OUTn} = 0.1\text{ A}$, $V_{BAT} = 4.5\text{ V}$ $T_j > 100^\circ\text{C}$	P_9.6
Leakage Current, low-side	$I_{OUTn,l,low}$	-	-	20 ¹⁾	μA	$V_{OUTn} = 13.5\text{ V}$	P_9.7
Leakage Current, high-side	$I_{OUTn,l,high}$	-20 ¹⁾	-	-	μA	$V_{OUTn} = 0\text{ V}$	P_9.8
Turn On Delay Time ²⁾	$t_{d,on}$	-	-	10	μs	$I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load	P_9.9
Turn Off Delay Time ²⁾	$t_{d,off}$	0.1	-	10	μs	$I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load	P_9.10
Switch On Time ²⁾	$t_{s,on}$	0.9	-	2.5	μs	$I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load	P_9.11
Switch Off Time ²⁾	$t_{s,off}$	0.9	-	2.5	μs	$I_{OUTn} = 0.3\text{ A}$, resistive load	P_9.12
Diagnosis OUT21 to 24							
Overtemperature Switch Off Threshold	$T_{OUTn,ot}$	150	-	200	$^\circ\text{C}$	³⁾	P_9.13
Overtemperature Hysteresis	$T_{OUTn,ot,hys}$	-	10	-	$^\circ\text{C}$	³⁾	P_9.14
Open Load in Off Detection Threshold High Limit	$V_{ol,high}$	$0.9 \cdot V5V - 0.2$	$0.9 \cdot V5V$	$0.9 \cdot V5V + 0.2$	V		P_9.15
Open Load in Off Detection Threshold Low Limit	$V_{ol,low}$	$0.5 \cdot V5V - 0.2$	$0.5 \cdot V5V$	$0.5 \cdot V5V + 0.2$	V		P_9.16
Diagnosis Pull Up Current	$I_{diag,pu}$	-980	-	-220	μA		P_9.17
Diagnosis Pull Down Current	$I_{diag,pd}$	150	-	300	μA		P_9.18
Bridge Diagnosis Activation Time	$t_{br,diag,act}$	60	-	135	μs		P_9.19
Bridge Diagnosis Filter Time	$t_{br,diag,f}$	0.5	-	2	μs		P_9.20

1) 开路负载电流覆盖运行时漏电流

- 2) 时序定义参见图 31
- 3) 未经过生产测试，由设计指定。

9.8 推挽级 *OUT8* 至 *OUT13* 和 *DFB8* 至 *DFB13*

这些 5 V 推挽级设计用于驱动板载 MOSFET。输出受到充分保护并实现各种诊断功能。

它们像所有功率级一样根据 9.1 节和 9.2 节中的描述进行控制和启用在关闭状态下（控制寄存器中的“0”或配置的直接驱动输入引脚上的“低电平”），推/挽级的低侧晶体管打开，并在引脚上强制“低电平”。

9.8.1 *OUT8* 至 *OUT13* 的保护

有一些功能可以检测外部 MOSFET 的电池短路并保护驱动器输出。

对于电池短路检测，反馈引脚 *DFB8* 至 *DFB13* 用于感测外部 MOSFET 漏极的电压。电池短路检测是通过将漏极反馈引脚的电压电平与电池短路检测阈值进行比较来完成的。

在“**电池短路检测滤波时间**”后检测到短路。如果电池短路，输出将关闭，按表 33 所示优先顺序置位诊断寄存器 *OutDiag1* 至 *OutDiag3* 中的相应诊断位。有四种不同的阈值，“**电池短路检测阈值1**”至“**电池短路检测阈值4**”，这样检测阈值就可以适应所使用的 MOSFET。推挽级的诊断可以分为三组。通过在配置寄存器 *OutConfig2* 和 *OutConfig3* 中设置位 *PP0D* 到 *PP2D* 位来完成。

驱动器输出引脚的保护是通过将引脚 *OUT8* 至 *OUT13* 上的输出电压与“**过压检测阈值**”进行比较来完成的。“**过压诊断时间**”后检测到过压（如电池短路），诊断寄存器 *PPOVDiag* 中相应的诊断位是置位。在过压的情况下，推挽驱动器的高侧和低侧晶体管被关闭（高欧姆状态）。

9.8.2 *OUT8* 至 *OUT13* 的诊断

对于推挽级 *OUT8* 至 *OUT13*，实现了外部 MOSFET 的各种诊断功能。负载开路、关闭状态下的接地短路和开启状态下的电池短路检测是通过漏极反馈 *DFB8* 至 *DFB13* 完成的。断电检测中负载开路/对地短路的诊断下拉电流可以关闭（参见配置寄存器 *OutConfig2*）。当下拉电流关闭时，关闭状态下的开路检测没有源，*OnDIAG[1:0] = 10B* 的诊断信息永远不会出现。在停用下拉电流的情况下，对地短路检测是有源的。

图 39 展示了输出电流作为输出电压的函数的行为。

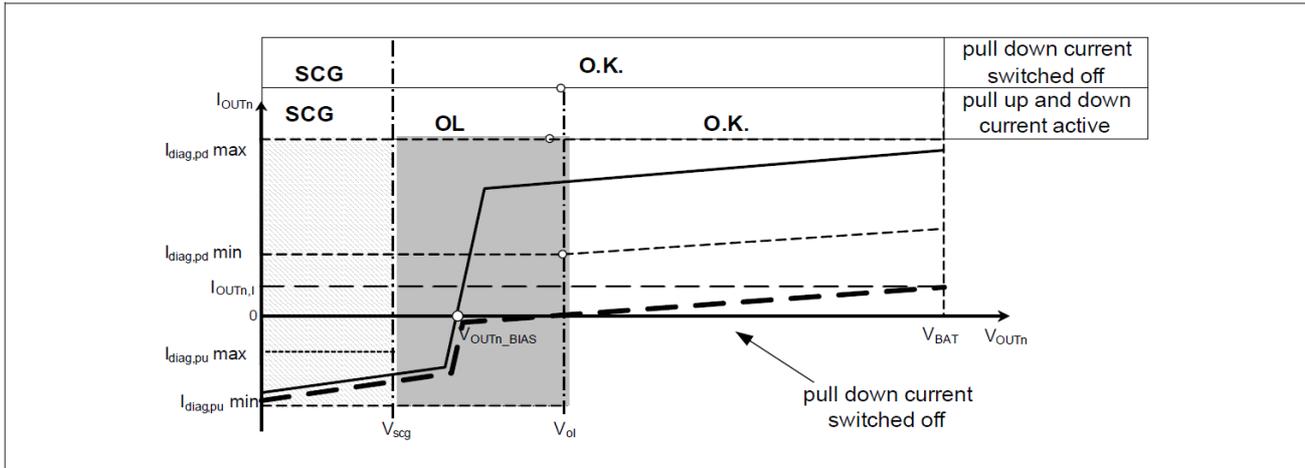


图 39 DFB8 至 DFB13 的负载开路和接地短路检测关闭时的输出行为

只要推挽级关闭，负载开路/对地短路检测电路就会启用。为了抑制干扰，检测电路的输出“**关断状态下开路及接地短路检测诊断滤波时间**” $t_{diag,f}$ 后，根据表 33 中所示的优先级存储在诊断寄存器 OutDiag1 至 OutDiag3 中。通过读取诊断寄存器，其内容会更新为实际诊断结果。

表 33 诊断信息描述 (DFB8 至 DFB13)

OnDIAG[1:0]	Priority (1 = highest priority)	Description
00	4	no failure
01	1	short circuit to battery
10	2	open load in off ¹⁾
11	3	short circuit to ground in off

1) 下拉电流关闭时，关断状态下无开路检测功能

9.9 电气特性推挽级 OUT8 至 OUT13

表 34 推挽级 OUT8 至 OUT13 电气特性

各输出级打开或关闭， $V_S = 13.5\text{ V}$ ， $V_{VS} = 5\text{ V}$ ， $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ ，所有电压均相对于地，电流流入引脚（除非另有说明）。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
OUT8...13, n = 8 to 13							
High Level Output Voltage	$V_{OUTn,h}$	4	-	5.5	V	$I_{OUTn} = -5\text{ mA}$	P_9.8.1
Low Level Output Voltage	$V_{OUTn,l}$	-	-	0.6	V	$I_{OUTn} = 5\text{ mA}$	P_9.8.2
Pull up current	$I_{OUTn,pu}$	-	-	-20	mA	$V_{OUTn} = 0\text{ V}$, OUTn on	P_9.8.3
Pull down current	$I_{OUTn,pd}$	20	-	-	mA	$V_{OUTn} = 5\text{ V}$, OUTn off	P_9.8.4

表 34 推挽级 OUT8至OUT13电气特性 (续)

各输出级打开或关闭, $V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 所有电压均相对于地, 电流流入引脚 (除非另有说明)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Overvoltage Detection Threshold	$V_{OUTn,ov,th}$	5.5	-	7.7	V		P_9.8.5
Overvoltage Diagnosis Filter Time	$t_{OUTn,ov,f}$	5	-	10	μs		P_9.8.6
Diagnosis DFB8 to DFB13							
Short to Battery Detection Threshold in On 1	$V_{DFBn,sb,1}$	90	125	150	mV	referred to <i>PGND</i>	P_9.8.7
Short to Battery Detection Threshold in On 2	$V_{DFBn,sb,2}$	180	225	250	mV	referred to <i>PGND</i>	P_9.8.8
Short to Battery Detection Threshold in On 3	$V_{DFBn,sb,3}$	350	400	450	mV	referred to <i>PGND</i>	P_9.8.9
Short to Battery Detection Threshold in On 4	$V_{DFBn,sb,4}$	0.7	0.8	0.9	V	referred to <i>PGND</i>	P_9.8.10
Short to Battery Detection Filter Time	$V_{DFBn,sb,fl}$	10	-	15	μs		P_9.8.11
Open Load in Off Detection Threshold	V_{ol}	$V5V-0.2$	$V5V$	$V5V+0.2$	V		P_9.8.12
Short to GND in Off Detection Threshold	V_{scg}	$0.5^*V5V-0.2$	0.5^*V5V	$0.5^*V5V+0.2$	V		P_9.8.13
Diagnosis Pull Down Current in Off	$I_{diag,pd}$	220	-	600	μA	$V_{DFBn} = 13.5\text{ V}$	P_9.8.14
Diagnosis Pull Up Current in Off	$I_{diag,pu}$	-300	-	-100	μA	$V_{DFBn} = 0\text{ V}$	P_9.8.15
Diagnosis Filter Time for Open Load and Short to GND in Off Detection	$t_{diag,f,off}$	60	-	135	μs		P_9.8.16
Pull Down Current in On	$I_{diag,pd,on}$	-	-	1.8	μA	$V_{DFBn} = 5\text{ V}$	P_9.8.17

9.10 推挽级 IGN1 至 IGN4

IGN1 至 IGN4 是 5 V 推挽级, 用于板载和板外点火功率级 (例如, 使用 IGBT、达林顿晶体管)。对于板外点火功率级, 输出 IGN1 至 IGN4 配备电源回流抑制 (在从 IGN1 至 IGN4 至电池短路的情况下, 没有寄生电流流回 5 V)。

它们像所有功率级一样根据 9.1 小节和 9.2 小节中的描述进行控制和启用。此外, 还需要将引脚 *IGNEN* 设为“高”电平来使能输出。在关闭状态下 (控制寄存器中为“0”, 配置的直接驱动输入引脚处为“低电平”, 或 *IGNEN* 为“低电平”), 推/挽级的低电平侧晶体管导通, 并在引脚处强制形成“低电平电压”。

输出受到充分保护并实现各种诊断功能。

9.10.1 IGN1 至 IGN4 的保护

输出保护是通过检测电池短路和接地短路来实现的。通过将输出电压水平与“**电池短路检测阈值**和**接地短路检测阈值**”进行比较。为了抑制干扰，接地短路和电池短路检测电路的输出信号会在“**接地及电池短路检测诊断滤波时间**” $t_{diag,f,sc}$ 后，根据表 35 所示的优先级存储到诊断寄存器 **IgnDiag** 中。在检测到对 GND 短路时，输出关闭（推挽级的低侧晶体管导通），检测到电池短路，输出为高欧姆（三态）。

电池短路检测总是有来源的。接地短路检测是通过输出级的开启信号启用的。

此外还实施了过温保护。IGN1和IGN2共用一个传感器，IGN3和IGN4共用一个传感器。

9.10.2 IGN1 至 IGN4 的诊断

在开启相期间实现负载开路检测，并且可以通过在配置寄存器 **IGNConfig** 中的位 **IOLA** 启用。图 40 展示了检测原理。当负载开路检测启用时，首先输出由定义的电流上拉，该电流由在配置寄存器 **IGNConfig** 中的位 **IOLI** 设置。

传递到检测电路的输出电压经过滤波（“**诊断负载开路的辅助时间**”）抑制扰动。达到负载开路时间（通过在配置寄存器 **IGNConfig** 中的位 **IOLT** 选择“**开路检测时间1**”至“**开路检测时间4**”）后，滤波后的输出与**负载开路检测阈值** **Vol** 比较。如果滤波输出高于**负载开路检测阈值**并且输出已完全打开，诊断寄存器 **IgnDiag** 会被置位。

故障按照表 35 所示的优先级存储在诊断寄存器中，1 表示优先级最高。通过读取诊断寄存器 **IgnDiag**，内容根据实际诊断进行更新。

表 35 诊断信息描述 (IGN1至IGN4)

IGNnDIAG[1:0]	Priority (1 = highest priority)	Description
00	4	no failure
01	1	short circuit to battery or overtemperature
10	2	open load
11	3	short circuit to ground in on

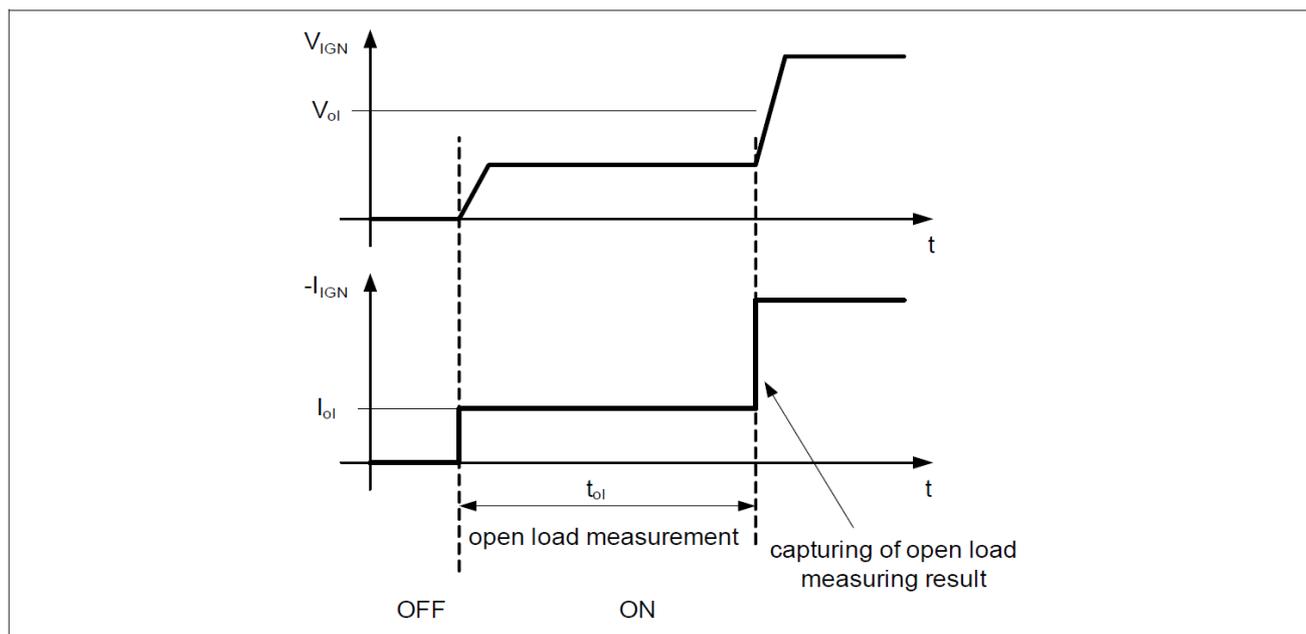


图 40 点火输出负载开路检测

9.11 电气特性推挽级 IGN1 至 IGN4

表 36 推挽级电气特性

各输出级打开或关闭, $V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 所有电压均相对于地, 电流流入引脚 (除非另有说明)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
IGN1...4, n = 1 to 4							
High Level Output Voltage	$V_{IGNn,h}$	4.35	-	-	V	$I_{IGNn} = -15\text{ mA}$,	P_9.9.1
Low Level Output Voltage	$V_{IGNn,l}$	-	-	0.6	V	$I_{IGNn} = 5\text{ mA}$	P_9.9.2
Pull up current	$I_{IGNn,pu}$	-	-	-20	mA	$V_{IGNn} = 0\text{ V}$, IGN n on	P_9.9.3
Pull down current	$I_{IGNn,pd}$	20	-	-	mA	$V_{IGNn} = 5\text{ V}$, IGN n off	P_9.9.4
Leakage current	I_{L_IGNn}	-	-	120	μA	$V_{IGNn} = 13.5\text{ V}$	P_9.9.5
Leakage current to V5V	$I_{L_IGNn,V5V}$	-	-	1	μA	$V_{IGNn} = 13.5\text{ V}$	P_9.9.26
Overtemperature Switch Off Threshold	$T_{IGNx,ot}$	150	-	200	$^\circ\text{C}$	¹⁾	P_9.9.6
Overtemperature Hysteresis	$T_{IGNx,ot,hys}$		10		$^\circ\text{C}$	¹⁾	P_9.9.7
Diagnosis IGN1 to IGN4							
Short to Battery Detection Threshold	$V_{IGNn,scb}$	6.4	-	7.5	V		P_9.9.8
Short to Ground Detection Threshold	V_{scg}	1.6	-	2.3	V		P_9.9.9
Diagnosis Filter Time for Short to GND and Battery Detection	$t_{diag,f,sc}$	5	-	10	μs		P_9.9.10

表 36 推挽级电气特性 (续)

各输出级打开或关闭, $V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{SV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 所有电压均相对于地, 电流流入引脚 (除非另有说明)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Open Load Detection Threshold	V_{ol}	4	-	4.5	V		P_9.9.11
Open Load Switch On Current 1	$I_{olf,1}$	-120	-100	-40	μA		P_9.9.12
Open Load Switch On Current 2	$I_{olf,2}$	-500	-400	-300	μA		P_9.9.13
Open Load Switch On Current 3	$I_{olf,3}$	-1.2	-1	-0.4	mA		P_9.9.14
Open Load Switch On Current 4	$I_{olf,4}$	-5	-4	-2.5	mA		P_9.9.15
Open Load Time 1	$t_{ol,1}$	50	60	70	μs		P_9.9.16
Open Load Time 2	$t_{ol,2}$	210	250	290	μs		P_9.9.17
Open Load Time 3	$t_{ol,3}$	450	510	570	μs		P_9.9.18
Open Load Time 4	$t_{ol,4}$	690	775	860	μs		P_9.9.19
Diagnosis Filter Time for Open Load Detection	$t_{diag,f,olf}$	6	10	14	μs		P_9.9.20

Direct Drive Inputs *IGNEN*

Low Level Input Voltage	$V_{IN,l}$	-0.3	-	0.9	V		P_9.9.21
High Level Input Voltage	$V_{IN,h}$	2	-	V_{VDDIO}	V		P_9.9.22
Input Voltage Hysteresis	$V_{IN,hys}$	50	200	-	mV		P_9.9.23
Pull Down Current	$I_{IN,pd}$	25	-	100	μA	$V_{IN} = V_{VDDIO}$	P_9.9.24
Pull Down Current	$I_{IN,pd}$	2.4	-	-	μA	$V_{IN} = 0.6\text{ V}$	P_9.9.25

1) 此参数表不适用于生产测试, 由设计定义。

10 VR和霍尔传感器接口

可变磁阻 (VR) 传感器接口将 VR 传感器的输出信号转换为适用于微控制器输入端口的推挽逻辑电平信号。为了实现 V_{ROUT} 信号上升下降沿的最佳精度，切换点是零交叉。为了抵抗干扰的鲁棒性，仅当检测到信号最高（信号的最小值或最大值）时才启用下一个零交叉。VR 传感器信号的幅度由内部钳位电路限制，以避免 VR 传感器信号过压而损坏器件。

VR 传感器应用有三种运行模式，并实现一种霍尔传感器模式。手动 VR 传感器模式在通过 MSC / SPI 的控制下静态设置检测参数，以及具有适应算法的自动模式，以确保最佳检测性能。半自动模式不如自动模式准确。

可以通过在诊断模式下测量两个输入引脚之间的电压来完成诊断 VR 传感器接口设置。此外，还提供电池短路、GND 短路和负载开路（直接在引脚处）的三个诊断位。

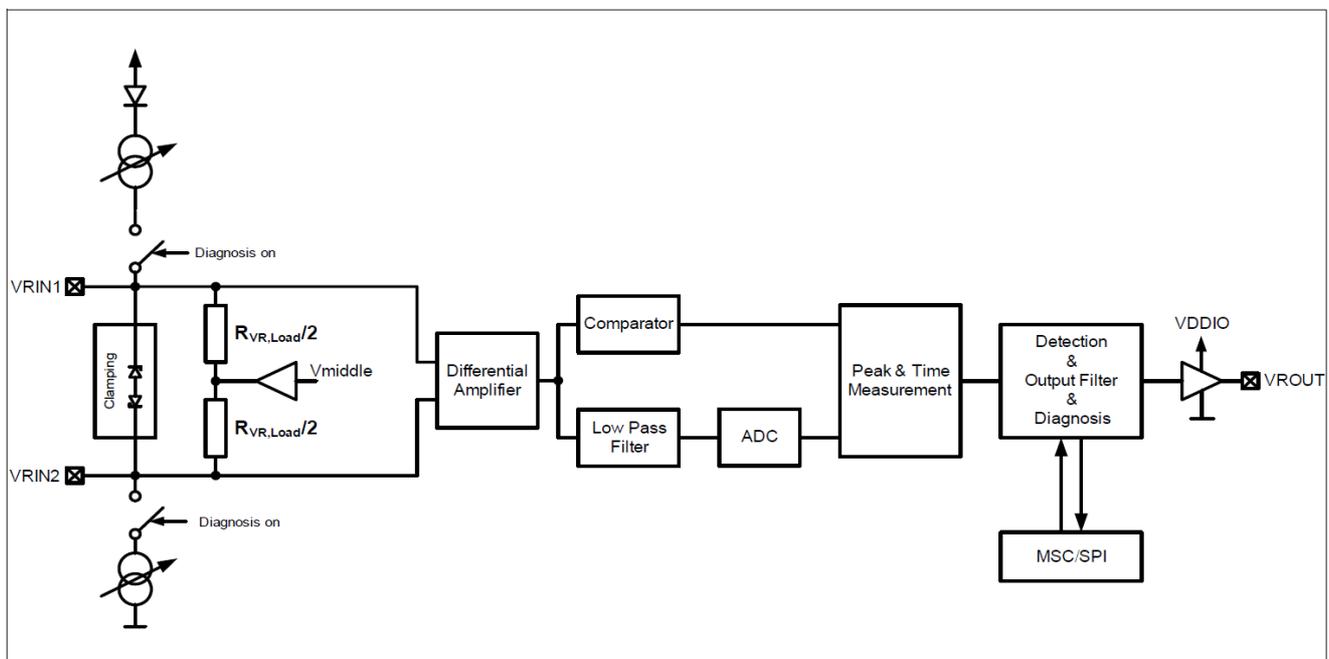


图 41 VR 传感器接口框图

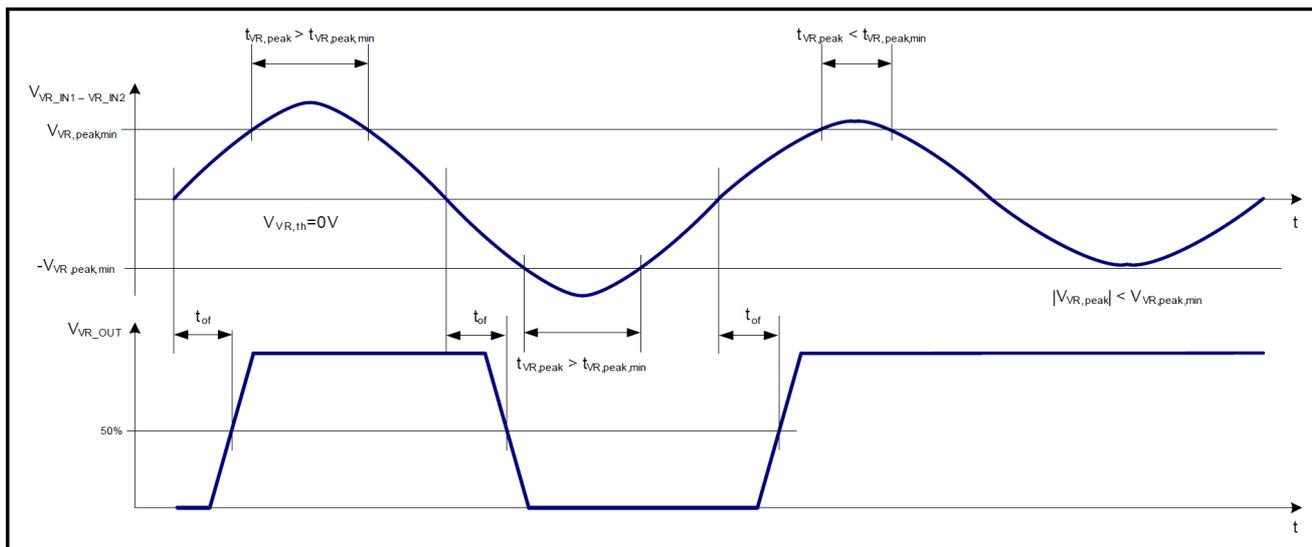
10.1 信号检测

霍尔传感器模式的信号检测是一个比较器，其开关阈值 $V_{VRIN1,th, hall}$ 和滞回 $V_{VRIN1,hys, hall}$ 。VR 信号的检测由零交叉检测、峰值检测和输出元件组成。在输入端，引脚 $VRIN1$ 和 $VRIN2$ 之间有一个钳位电路，适合钳位 VR 传感器的最大电流。

零交叉检测可确保消除输入信号斜率对两个边缘的影响。为了避免由于浮动输入信号引起的干扰，使用集成负载电阻施加中间电压。引脚 $VRIN1$ 和 $VRIN2$ 之间的钳位电路在两个方向上钳位输入电压，以保护输入结构。钳位适用于最大输出电流为 $\Delta I_{VR,clamp}$ 的 VR 传感器（见表 37）。

峰值检测是通过模拟数字转换器测量电压差并检测输入信号的斜率来完成的。如果斜率的梯度改变了符号，则下一个零交叉检测是启用的。符号的检测是通过将信号的绝对值与峰值检测阈值（根据设置的 $V_{VR,peak,min,1}$ 至 $V_{VR,peak,min,4}$ ）比较完成。仅当信号的绝对值大于峰值检测阈值（根据设置的 $V_{VR,peak,min,1}$ 至 $V_{VR,peak,min,4}$ ）的持续时间长于峰值检测时间 $t_{VR,peak,min,1}$ 至 $t_{VR,peak,min,2}$ ，符号变化才有效（见图 42）。

图 42 VR 传感器接口的时序特性



在所有运行模式下都实现了输出滤波器，以抑制高频干扰。功能如图 43 所示。输出信号 V_{ROUT} 用时间 $t_{of,1}$ 进行滤波。内部零交叉检测的输出信号稳定时间必须长于 $t_{of,1}$ 。

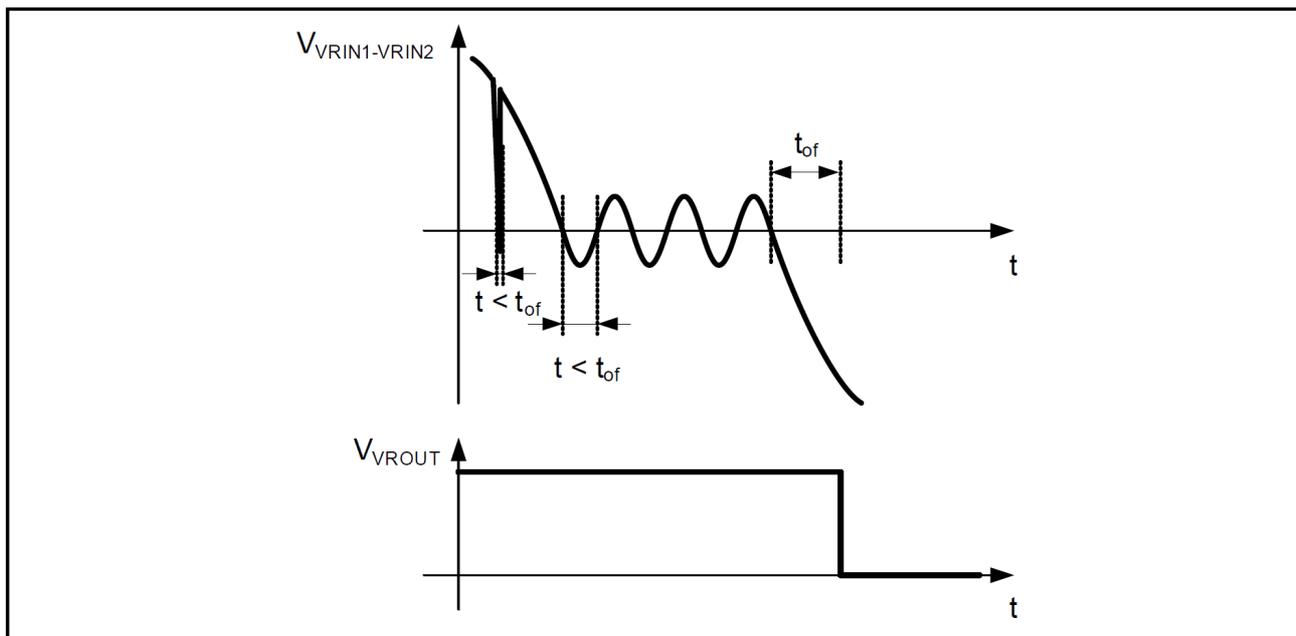


图 43 输出滤波器行为

以下参数可以通过 MSC / SPI 通信设置：

- 峰值检测阈值 $V_{VR,peak,min,1}$ 至 $V_{VR,peak,min,4}$ 在配置寄存器 $VRSConfig0$ 中的 $VRSPV$ 位设置

- 峰值检测时间 $t_{VR,peak,min,1}$ 至 $t_{VR,peak,min,2}$ 在配置寄存器VRSConfig0中的**VRSP**位设置
VRSConfig0
- 输出滤波时间 $tof,1$ 至 $tof,4$ 在配置寄存器**VRSConfig0**中的**VRSF**位设置

10.2 检测模式

TLE8888-1QK集成了四种检测模式：

- VR 传感器信号的自动检测模式
- VR 传感器信号的手动检测模式
- VR 传感器信号的半自动检测模式
- 霍尔传感器信号的检测模式

要选择各种检测模式，位**VRSM** 在配置寄存器**VRSConfig1** 必须是置位。

VR 传感器信号的自动检测模式：在自动检测模式下，算法将所有参数设置为最佳值，以实现最佳检测行为。峰值检测时间根据实际速度值设置为置位，峰值检测阈值根据之前峰值的电平设置为置位。输出滤波时间 ($tof,1$ 至 $tof,4$) 是由 ACH 独立设置的，以提高输入端针对短期干扰的鲁棒性。自动检测模式下，对**VRSP**和**VRSPV**寄存器位的写操作将被忽略。

VR传感器信号的半自动检测模式：半自动模式的算法基于比自动检测模式更少的测量信息。这使得检测算法的执行更加简单。输出滤波时间 ($tof,1$ 至 $tof,4$) 是由 ACH 独立设置的，以提高输入端针对短期干扰的鲁棒性。半自动检测模式下，对**VRSP**和**VRSPV**寄存器位的写操作将被忽略。

VR传感器信号的手动检测模式：在手动检测模式下，微处理器可以完全控制检测的所有参数，并且自动检测模式的算法被禁用。设置通过MSC / SPI接口完成。

霍尔传感器信号的检测模式：对于霍尔传感器模式，引脚**VRIN2**在内部强制为开关阈值**VVRIN1,th, Hall**。检测原理是带有滞回的比较器。在霍尔传感器信号检测模式下，对**VRSP**和**VRSPV**寄存器位的写操作将被忽略，诊断功能禁用。此设置可减少外部器件数量（详见**17.2 小节**）。

*注释：*当**VRIN1**和**VRIN2**输入端存在有效信号时，应避免在不同配置之间切换。

10.3 VR 传感器信号检测模式诊断

TLE8888-1QK为VR传感器接口集成了三种不同的诊断模式：

- 接地短路/电池短路诊断模式：直接检测
VRIN1和**VRIN2**引脚的接地短路或电池短路
- 负载开路诊断模式：直接检测**VRIN1**、**VRIN2**引脚的负载开路
- ADC测量模式：测量引脚**VRIN1**和**VRIN2**之间的电压

这些模式在配置寄存器 **VRSConfig1** 的 **VRSDIAGM**位中定义。

VR 传感器的诊断通过在配置寄存器 **VRSConfig1** 中的 **VRSDIAGM** 位激活诊断模式，并使用在指令寄存器 **Cmd0** 中的 **VDIAGS** 位开始诊断测量。激活 VRS 诊断模式后，在 **VRIN1** 处会向内部电源施加上拉电流源，在 **VRIN2** 处会施加下拉电流源（电流配置通过配置寄存器 **VRSConfig1** 和 **VRSConfig2** 中的位设置：**VRSI_SC** 对应接地短路/电池短路诊断模式，**VRSI_OL** 对应开路诊断模式，**VRSI_ADC** 对应 ADC 测量模式）。为避免外部电路时间常数的不良影响，测量的时序由微处理器控制。如图 44 所示。

由启动指令触发的诊断过程的结束由相应的数据有效位标识：**VRSDiag0** 中的 **VRSDV_SC**（接地短路和电池短路诊断模式）、**VRSDV_OL**（开路诊断模式），以及 **VRSDiag1** 中的 **VRSDV_ADC**（ADC 测量模式）。

对于检测阈值，请参阅参数“**接地短路检测阈值**”“**电池短路检测阈值**”和“**开路检测阈值**”。ADC 测量的输出由参数 **ADC 测量增益** 和 **ADC 测量偏移** 定义。

诊断结果保存在诊断寄存器 **VRSDiag0** 中查看，对应位 **VRSG**（接地短路检测）、**VRSB**（电池短路检测）和 **VRSOL**（直接在引脚上检测负载开路）。ADC 测量的数字值可在寄存器 **VRSDiag1** 的 **VRSD** 位中查看。该 ADC 值可由微控制器用来定义接地短路、电池短路和负载开路阈值不同的附加错误检测条件。数据有效位随相应诊断的开始或寄存器的读出而复位。

注释： 在霍尔传感器信号检测模式下，诊断功能被停用，并且寄存器 **VRSConfig1** 中的 **VRSDIAGM** 和 **VRSI_SC** 位、寄存器 **VRSConfig2** 中的 **VRSI_ADC** 和 **VRSI_OL** 位，以及寄存器 **Cmd0** 中的启动命令 **VDIAGS** 被忽略。

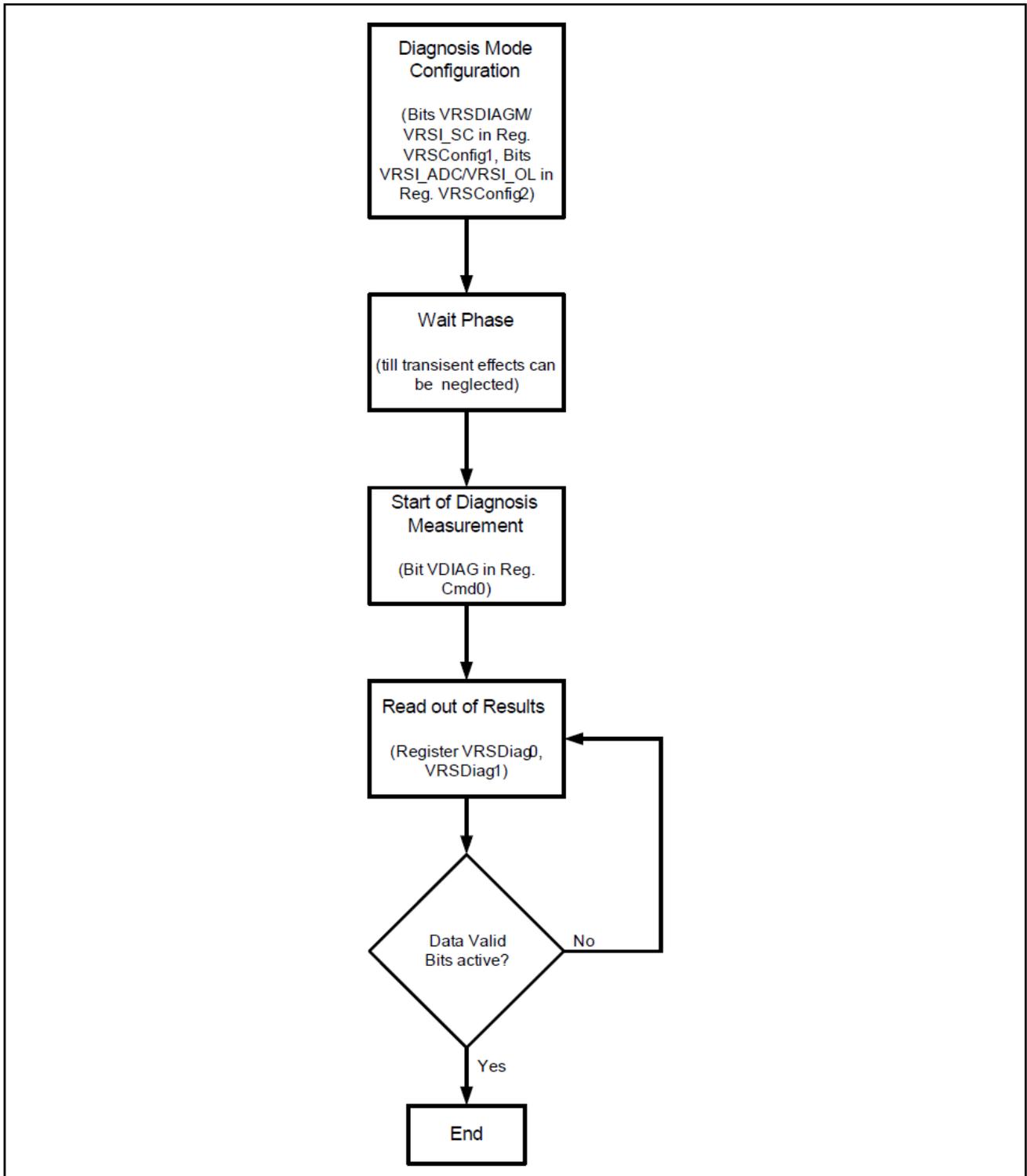


图 44 VRS 流程图

为了进行测量，内部电路发生了变化。图 45、图 46和图 47展示了不同设置的框图。

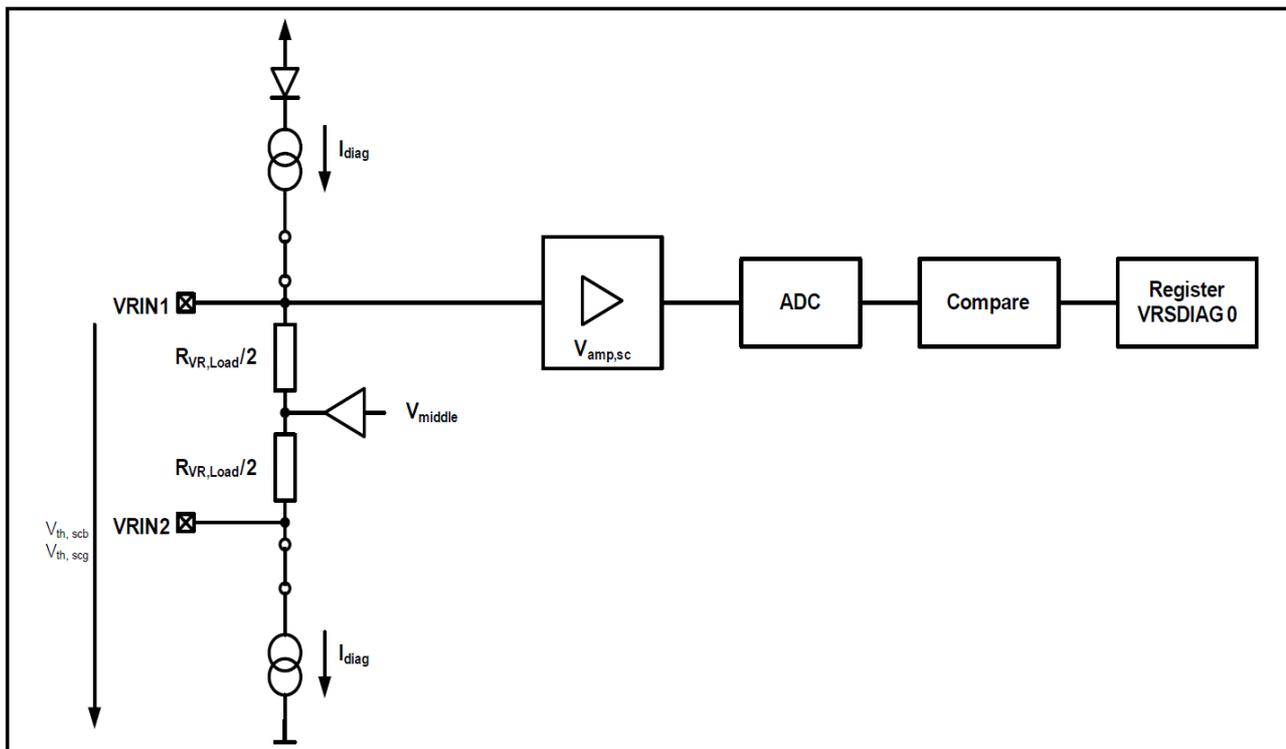


图 45 用于接地短路和电池短路测量的 VRS 诊断框图

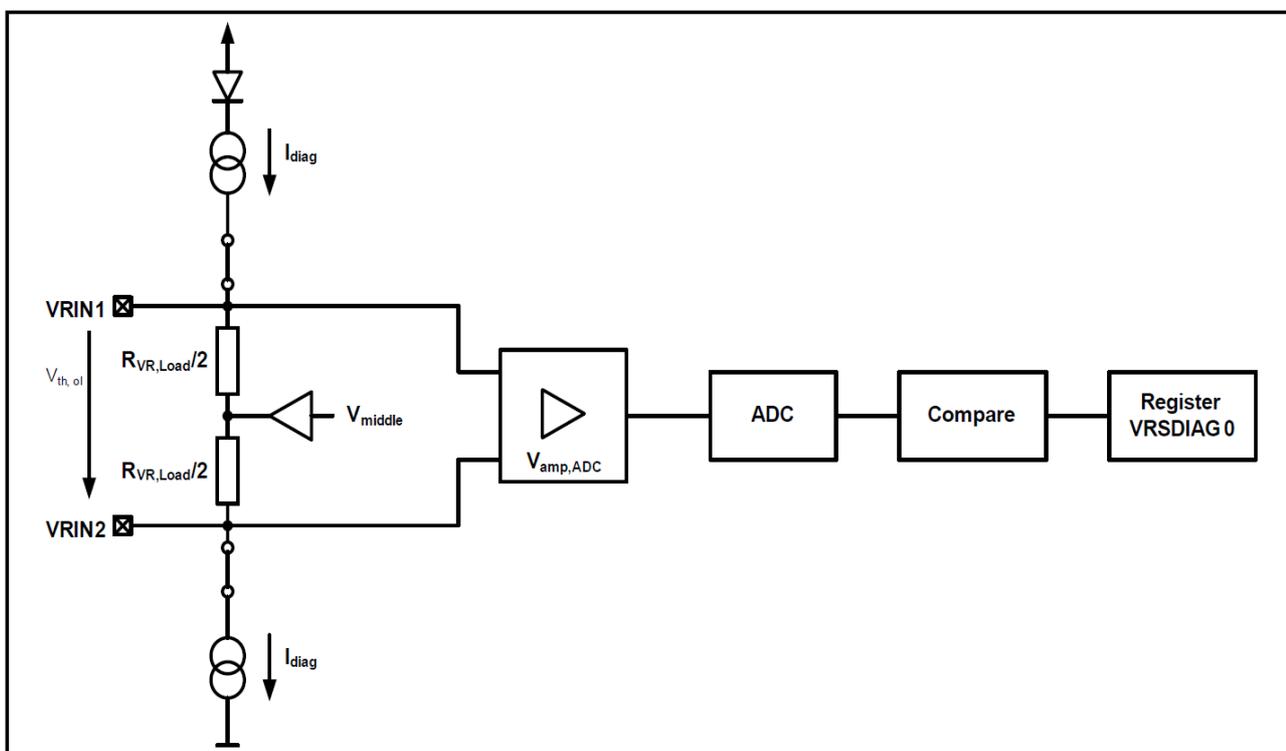


图 46 用于负载开路测量的 VRS 诊断框图

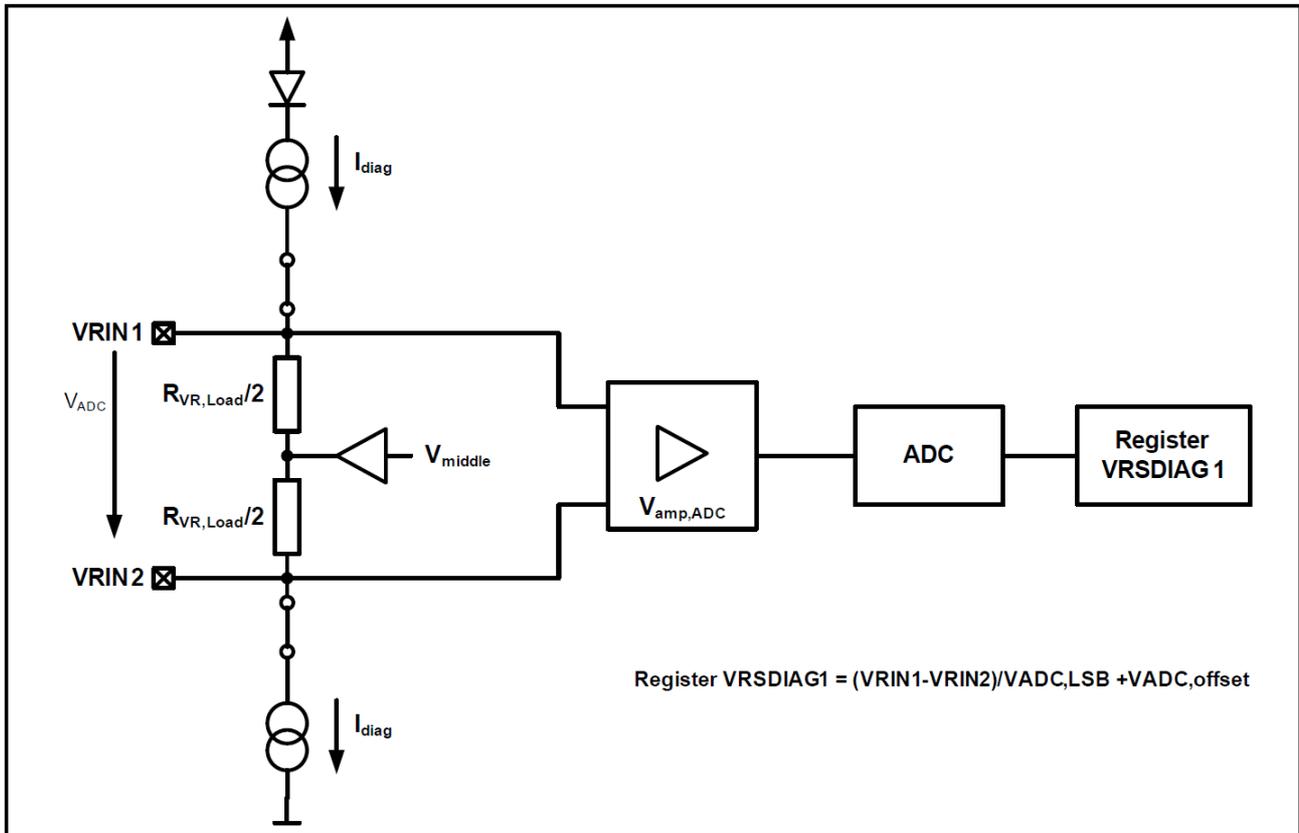


图 47 用于 ADC 测量的 VRS 诊断框图

10.4 VR 传感器接口电气特性

表 37 电气特性：VR 传感器接口

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Input Characteristics:							
VR Sensor Interface Detection Threshold	$V_{VR,th}$	-30	0	30	mV		P_10.4.1
minimum amplitude for peak detection 1	$V_{VR,peak,min,1}$	-	50	-	mV	reset value	P_10.4.2
minimum amplitude for peak detection 2	$V_{VR,peak,min,2}$	-	150	-	mV		P_10.4.3
minimum amplitude for peak detection 3	$V_{VR,peak,min,3}$	-	350	-	mV		P_10.4.4
minimum amplitude for peak detection 4	$V_{VR,peak,min,4}$	-	550	-	mV		P_10.4.5
minimum time for peak detection 1	$t_{VR,peak,min,1}$	-	10	-	μs	reset value 1 kHz sinusoidal signal	P_10.4.6
minimum time for peak detection 2	$t_{VR,peak,min,2}$	-	250	-	μs	1 kHz sinusoidal signal	P_10.4.7
VR Sensor Interface Load Resistance	$R_{VR,Load}$	50	75	110	$\text{k}\Omega$		P_10.4.9
VR Sensor Interface Input Clamping Current	$\Delta I_{VR,clamp}$	-	-	50	mA	$\Delta I_{VR,clamp} = (I_{VRIN1} - I_{VRIN2})/2$	P_10.4.18
VR Sensor Interface Input Clamping Voltage	$\Delta V_{VR,clamp}$	2	-	3	V	$\Delta V_{VR,clamp} = V_{VRIN1} - V_{VRIN2} $, $I_{VR,clamp} = 50\text{ mA}$	P_10.4.19
Switching threshold voltage at pin <i>VRIN1</i> for Hall Sensor Mode	$V_{VRIN1,th, hall}$	0.9	-	2	V	no load at pin <i>VRIN2</i> ¹⁾	P_10.4.20
Switching hysteresis pin <i>VRIN1</i> for Hall Sensor Mode	$V_{VRIN1,hys, hall}$	0.35	0.5	-	V	no load at pin <i>VRIN2</i>	P_10.4.10
Middle voltage level normal mode	V_{middle}	1.9	2.25	2.5	V		P_10.4.11
VRS Diagnosis:							
Middle voltage level diagnosis mode	V_{middle}	0.9	1.3	1.65	V		P_10.4.12
Diagnosis measurement time	t_{conv}	-	7	8	μs		P_10.4.13

表 33 电气特性：VR 传感器接口（续）

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Diagnosis current accuracy	$I_{\text{diag, acc}}$	-30%	-	+30%		$VRIN1 = VRIN2 = V_{\text{middle}}$ typ. values see register VRConfig1 and VRConfig2	P_10.4.14
Short to GND detection threshold	$V_{\text{th,scg}}$	0.8	-	1.1	V		P_10.4.15
Short to battery detection threshold	$V_{\text{th,scb}}$	2.8	-	3.3	V		P_10.4.16
Open load detection threshold	$V_{\text{th,ol}}$	0.9	-	1.2	V		P_10.4.17
ADC measurement input range	$V_{\text{ADC,r}}$	-1.5	-	1.5	V		P_10.4.8
ADC measurement gain	$V_{\text{ADC,LSB}}$	-	49	-	mV	valid from 6 _d to 70 _d	P_10.4.31
ADC measurement offset	$V_{\text{ADC,offset}}$	-	37 _d	-			P_10.4.32

Output Characteristics:

Low Level Output Voltage - Low Output Current	$V_{\text{VR_OUT,L,l}}$	-	-	0.4	V	$I_{\text{VR_OUT}} = 100\ \mu\text{A}$	P_10.4.21
Low Level Output Voltage - High Output Current	$V_{\text{VR_OUT,L,h}}$	-	-	1.5	V	$I_{\text{VR_OUT}} = 1\ \text{mA}$	P_10.4.22
High Level Output Voltage - Low Output Current	$V_{\text{VR_OUT,H,l}}$	VDDIO-0.4	-	-	V	$I_{\text{VR_OUT}} = -100\ \mu\text{A}$	P_10.4.23
High Level Output Voltage - High Output Current	$V_{\text{VR_OUT,H,h}}$	VDDIO-1.5	-	-	V	$I_{\text{VR_OUT}} = -1\ \text{mA}$	P_10.4.24

Transfer Characteristics:

Output Filter Time 1	$t_{\text{of,1}}$	1	2	3	μs	reset value	P_10.4.25
Output Filter Time 2	$t_{\text{of,2}}$	5	6	7.5	μs		P_10.4.26
Output Filter Time 3	$t_{\text{of,3}}$	9.5	11	13	μs		P_10.4.27
Output Filter Time 4	$t_{\text{of,4}}$	19	21	23	μs		P_10.4.28

1) 霍尔模式的外部电路见**17.2 小节**

11 本地互联网络 (LIN)

LIN接口专为使用高达 20 kbit/s 数据传输的车载网络而设计。物理层的执行符合从机节点的LIN 规范修订版2.1，并且与较低版本例如修订版2.0和1.3¹⁾ 兼容。LINTX 是来自微控制器的发送数据输入，LINIO 是双向LIN 总线信号，LINRX 是微控制器的接收数据输出。LINTX 处传输的数据流在 LINIO 处转换为LIN 总线信号。LINRX 通过适合 3.3 V 和 5 V 接口的逻辑信号反映 LINIO 处接收到的数据。

LINIO 的检测阈值与电源BATPA²⁾相关。

TLE8888-1QK的LIN 接口与K 线 (ISO 9141) 标准的物理层定义兼容。对于 K 线操作，不需要额外的设置。

可以通过通信接口 (MSC或SPI) 选择用于高速运行的烧录模式。没有实现总线唤醒功能。

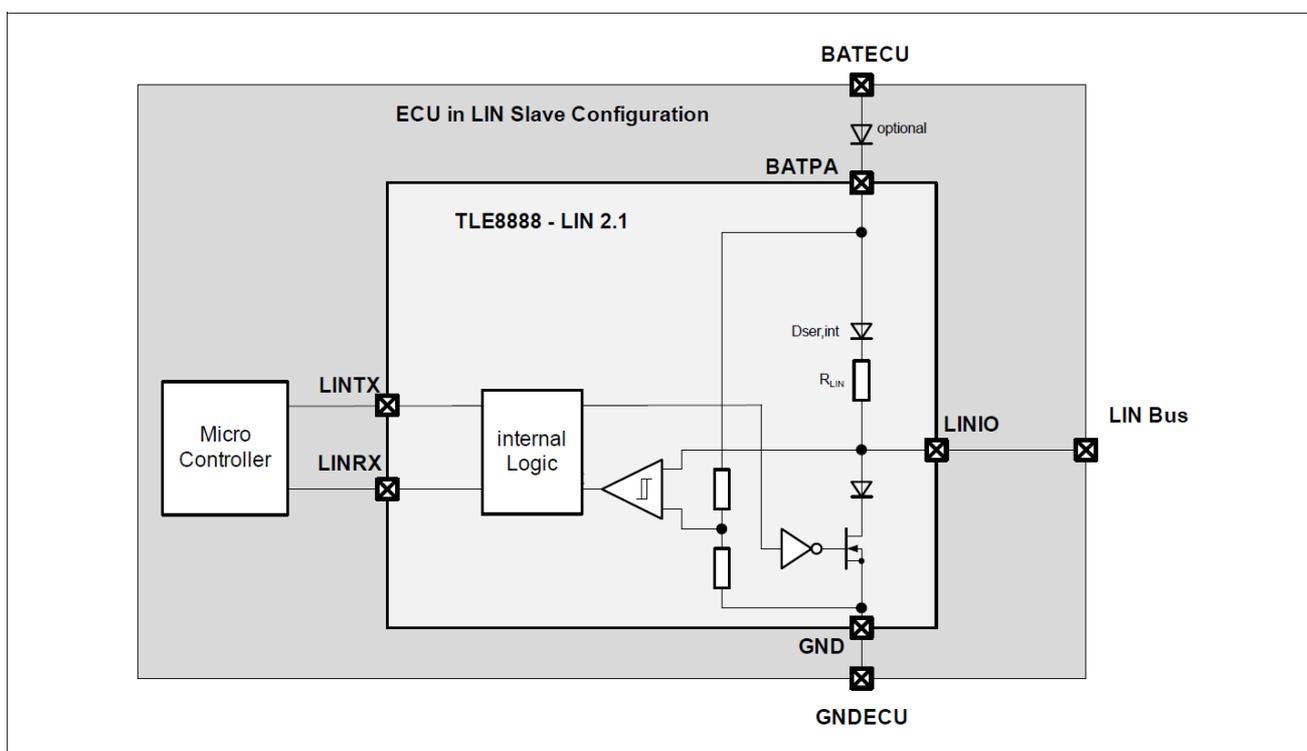


图 48 本地互联网络 (LIN) 从属节点

TLE8888-1QK中的LIN 接口是根据从机节点标准的要求实现的。对于主机设置，必须将外部上拉电阻 (典型值1 k Ω ，请参阅LIN规范中的定义) 和二极管连接到电子控制单元上的 LINIO 和BATPA (参见图 49)。

1) 参见 LIN 规范修订版 2.1 第 6.2 章

2) BATPA与LIN规范修订版 2.1 中定义的内部供电电压 VSUP 相同

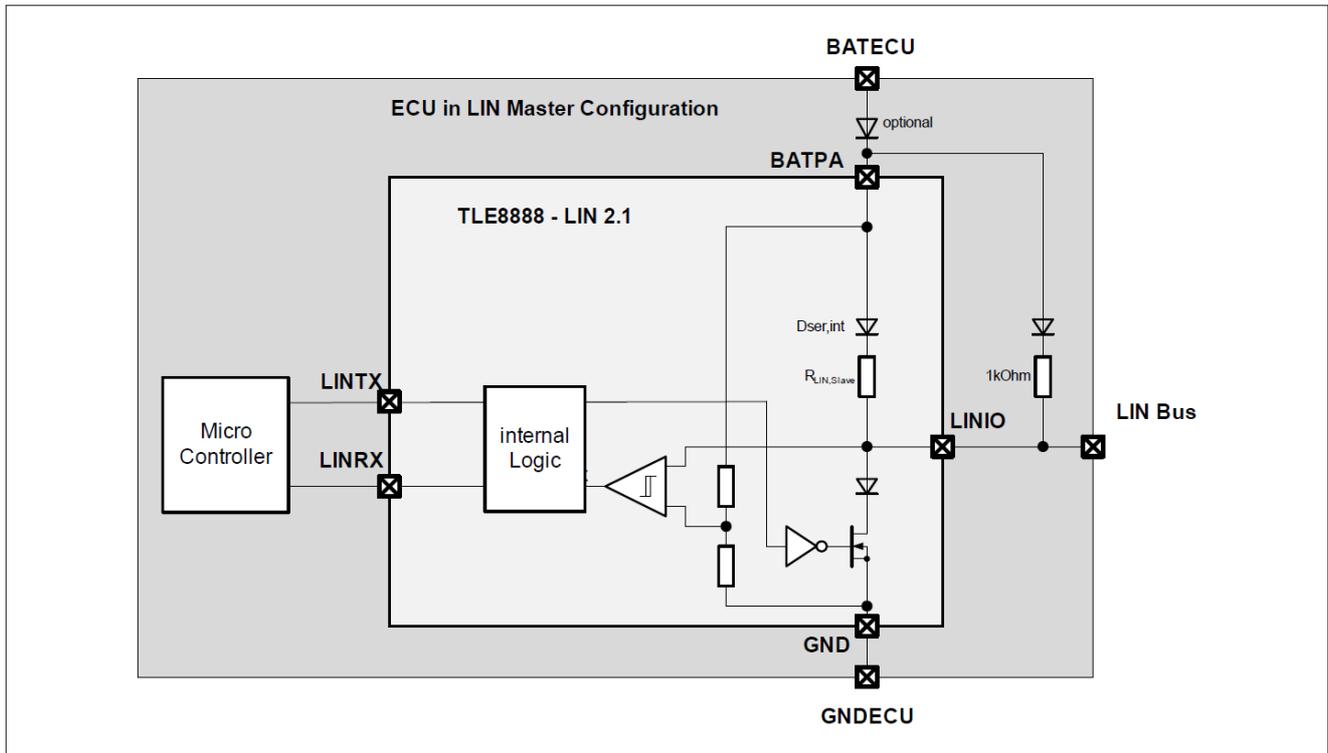


图 49 本地互连网络 (LIN) 主节点

11.1 运行模式

该接口可配置为三种运行模式：

- LIN/K线模式：按照LIN规范修订版2.1运行，最高速度为20 kbit/s，K线标准符合ISO 9141
- 仅接收模式：数据传输被禁用
- 烧录模式：运行速度可达 115 kbit/s，斜率控制和电流限制已停用

模式的选择是通过通信接口(MSC或SPI)来设置寄存器 **ComConfig1** 中的 **LIN** 位来完成的。复位上电后的工作模式由寄存器的复位值决定。

11.2 LIN/K线运行中的故障模式

在 LIN 规范中，要求接口针对某些故障情况采取特殊的行为。如果使用K线节点，这种行为也是有效的。

11.2.1 非运行时供电电压范围性能

对于电源电压超出工作范围的情况，接口仍可运行，但不能保证通信。对于 $LINTX = \text{“高”}$ （隐性），接口不应将 $LINIO$ 驱动至显性状态，如果 $LINIO$ 处于隐形状态，则 $LINRX$ 输出应提供“高”（隐性）。

11.2.2 供电电压和接地连接丢失

供电电压和接地连接丢失期间，接口不应干扰其他LIN节点的通信。连接返回后，无需对LIN总线（引脚 $LINIO$ ）进行任何干预，即可恢复正常运行。

11.2.3 总线接线与电池或接地短路

LIN 接口具有电池或接地短路保护。故障消除后，无需对 LIN 总线线路（引脚 *LINIO*）进行任何干预即可恢复正常运行。

11.2.4 TX 超时

TX 超时功能的实现是为了防止由于电子控制单元或应答错误而导致总线线路被 *LINTX* 引脚永久“低电平”阻塞。如果 *LINTX* 信号在 $t > t_{\text{timeout}}$ 时为“低电平”（主导），则 LIN 到总线 *LINTX* 的信号将被停用，并且 LIN 输出级将被禁用。检测到 *LINTX* 的上升沿后，传输被重新激活。实现的超时特点要求最低数据速率为1600位/秒。

超时功能可以通过配置寄存器 **ComConfig1** 的位 **LINTOE** 禁用。

11.2.5 过温保护

LIN 总线输出 *LINIO* 具有过温保护功能，可防止过载。如果温度过高，输出晶体管将关闭，同时诊断寄存器 **ComDiag** 中的 **LINOT** 诊断位将被置位。配置寄存器的内容不会发生改变。

11.3 LIN 电气特性

表 38 电气特性：LIN

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply voltage range for normal operation	$V_{\text{BATPA,LIN}}$	7	–	18	V	acc. Param 10 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.1
Limitation Current at LINIO for driver dominant state	$I_{\text{LINIO,lim}}$	40	–	200	mA	acc. Param 12 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.2
Leakage Current at LINIO for bus dominant state and driver off	$I_{\text{LINIO,leak,dom}}$	-1	–	–	mA	acc. Param 13 LIN Spec. Rev. 2.1 $V_{\text{LINIO}} = 0\text{ V}$ $V_{\text{BAT}} = 12\text{ V}$	P_11.3.3
Leakage Current at LINIO for bus recessive state	$I_{\text{LINIO,leak,rec}}$	–	–	20	μA	acc. Param 14 LIN Spec. Rev. 2.1 $V_{\text{LINIO}} > V_{\text{BAT}}$	P_11.3.4
Current at LINIO during GND loss	$I_{\text{LINIO,no_GND}}$	-1	–	1	mA	acc. Param 15 LIN Spec. Rev. 2.1 $\text{GND} = V_S$ $0\text{ V} < V_{\text{LINIO}} < 18\text{ V}$ $V_{\text{BAT}} = 12\text{ V}$	P_11.3.5
Current at LINIO during power supply loss	$I_{\text{LINIO,no_Sup}}$	–	–	20	μA	acc. Param 16 LIN Spec. Rev. 2.1 $\text{GND} = V_S = 0\text{ V}$ $0\text{ V} < V_{\text{LINIO}} < 18\text{ V}$	P_11.3.6
Receiver Dominant State	$V_{\text{LINIO,dom}}$	–	–	$0.4 \cdot V_{\text{BATPA}}$	V	acc. Param 17 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.7
Receiver Recessive State	$V_{\text{LINIO,rec}}$	$0.6 \cdot V_{\text{BATPA}}$	–	–	V	acc. Param 18 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.8
Receiver switching threshold center voltage	$V_{\text{LINIO,cnt}}$	$0.475 \cdot V_{\text{BATPA}}$	–	$0.525 \cdot V_{\text{BATPA}}$	V	acc. Param 19 LIN Spec. Rev. 2.1 $V_{\text{LINIO,cnt}} = (V_{\text{th,dom}} + V_{\text{th,rec}}) / 2$	P_11.3.9
Hysteresis of switching threshold	V_{Hys}	–	–	$0.175 \cdot V_{\text{BATPA}}$	V	acc. Param 20 LIN Spec. Rev. 2.1 $V_{\text{Hys}} = V_{\text{th,rec}} - V_{\text{th,dom}}$	P_11.3.10
Voltage drop at internal serial diode $D_{\text{ser,int}}$	V_{D}	0.4	–	1	V	acc. Param 21 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.11
Resistance of internal slave resistor R_{slave}	$R_{\text{LIN,Slave}}$	20	–	60	k Ω	acc. Param 26 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.12

表 38 电气特性: LIN (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Duty cycle 1	D_1	0.396	-	-	-	acc. Param 27 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.13
Duty cycle 2	D_2	-	-	0.581	-	acc. Param 28 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.14
Duty cycle 3	D_3	0.417	-	-	-	acc. Param 29 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.15
Duty cycle 4	D_4	-	-	0.59	-	acc. Param 30 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.16
Propagation delay of receiver rising edge	$t_{rx,pd,r}$	-	-	6	μs	acc. Param 31 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.17
Propagation delay of receiver falling edge	$t_{rx,pd,f}$	-	-	6	μs	acc. Param 31 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.18
Propagation delay symmetry of receiver	$t_{rx,pd,sym}$	-2	-	2	μs	acc. Param 32 LIN Spec. Rev. 2.1	P_11.3.19
TX Dominant Time Out Time	$t_{timeout}$	6	12	20	ms	min. data rate of 1600bit/s required	P_11.3.20
Bus Recessive Output Voltage	$V_{BUS,rec}$	$0.8 \cdot V_B$ ATPA	-	-	V		P_11.3.21
Bus Dominant Output Voltage	$V_{BUS,do}$	-	-	1.4	V	$V_{BATPA} = 7\text{ V}$ $R_{pu} = 500\ \Omega$	P_11.3.22
Bus Dominant Output Voltage	$V_{BUS,do}$	-	-	2.2	V	$V_{BATPA} = 18\text{ V}$ $R_{pu} = 500\ \Omega$	P_11.3.23
LINIO Input Capacitance	C_{LINIO}	-	15	25	pF	1)	P_11.3.24
Overtemperature Switch Off Threshold	$T_{LIN,ot}$	150	-	200		1)	P_11.3.25
Overtemperature Hysteresis	$T_{LIN,ot,hys}$	-	10	-		1)	P_11.3.26
LINRX Output Characteristics							
Low Level Output Voltage - Low Output Current	$V_{LINRX,L,l}$	-	-	0.4	V	$I_{LINRX} = 100\ \mu\text{A}$	P_11.3.27
Low Level Output Voltage - High Output Current	$V_{LINRX,L,h}$	-	-	1.5	V	$I_{VR_OUT} = 1\text{ mA}$	P_11.3.28
High Level Output Voltage - Low Output Current	$V_{LINRX,H,l}$	VDDIO-0.4	-	-	V	$I_{LINRX} = -100\ \mu\text{A}$	P_11.3.29
High Level Output Voltage - High Output Current	$V_{LINRX,H,h}$	VDDIO-1.5	-	-	V	$I_{LINRX} = -1\text{ mA}$	P_11.3.30
LINTX Input Characteristics							
Low Level Input Voltage	$V_{LINTX,l}$	-0.3	-	0.9	V		P_11.3.31

表 38 电气特性：LIN (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
High Level Input Voltage	$V_{LINTX,h}$	2	-	V_{VDDIO}	V		P_11.3.32
Input Voltage Hysteresis	$V_{IN,hys}$	50	200	-	mV		P_11.3.33
Pull Up Current	$I_{LINTX,pu}$	-100	-	-25	μA	$V_{LINTX} = 0\text{ V}$	P_11.3.34
Pull Up Current	$I_{LINTX,pu}$	-	-	-2.4	μA	$V_{LINTX} = V_{VDDIO} - 0.6\text{ V}$	P_11.3.35

1) 无需经过生产测试, 由设计指定。

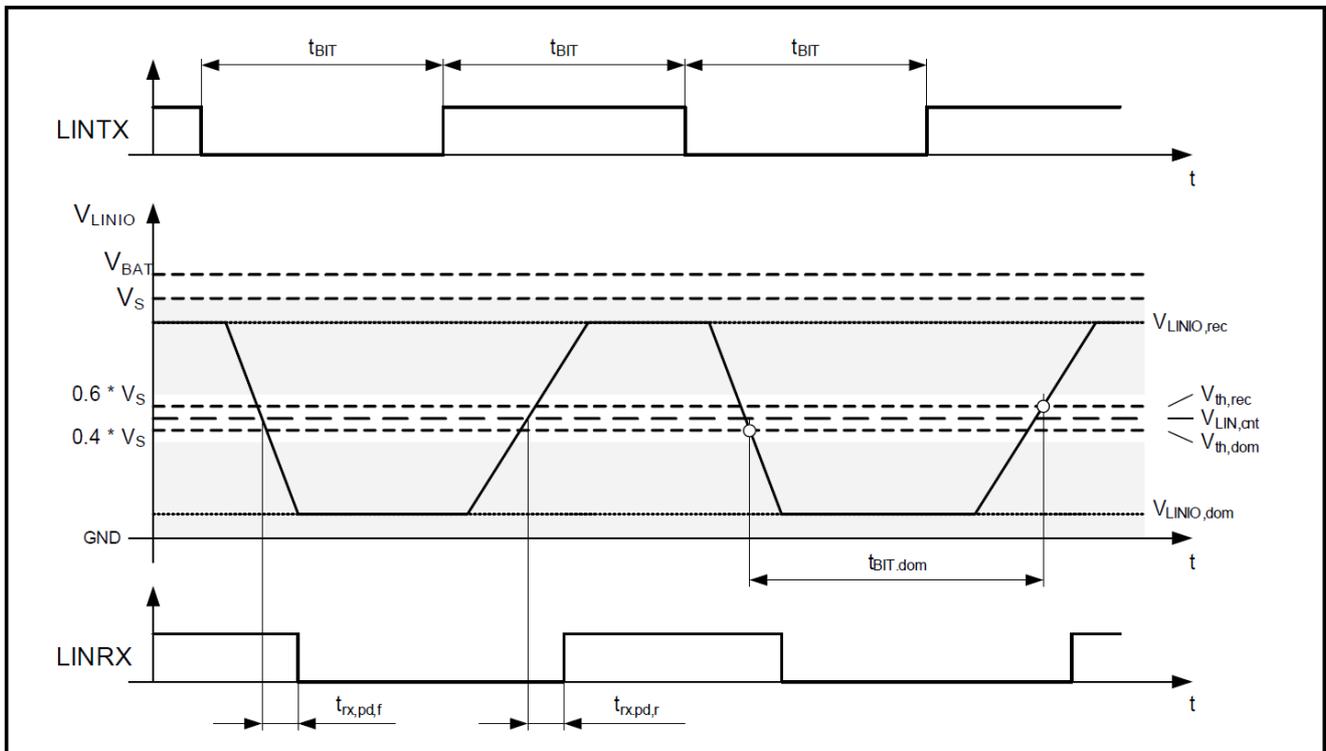


图 50 LIN 接口时序图

12.2.1 正常运行模式

在正常运行模式下，CAN收发器将CANTX引脚上可用的串行数据流发送到CAN总线，同时CAN引脚上监视CAN总线上可用的数据。在正常运行模式下，所有功能都是有来源的：

- 驱动器输出有效并将数据从CANTX引脚驱动到CAN总线。
- 接收器单元是有效的，并将数据从CAN总线提供到CANRX引脚。
- 故障检测是有效的。

12.2.2 仅接收模式

在仅接收模式下，CAN接收器仍然可以从总线接收数据，但是驱动器输出级被禁用，因此没有数据可以发送到CAN总线。其他所有功能都是有效的：

- 驱动器输出被禁用，并且CANTX引脚上可用的数据将被阻断，并且不会传送到CAN总线。
- 接收器单元是有效的，并将数据从CAN总线提供到CANRX引脚。
- 故障检测是有效的。

12.2.3 下电模式

如果TLE8888-1QK没有被供电，则不允许其干扰总线通信。因此，接收器单位/装置的电阻被关闭，并且总线输入引脚CANH和CANL具有高阻。

12.2.4 远程唤醒

唤醒接收器由待机电源引脚V5VSTBY内部供电。唤醒功能是通过将CANWKEN引脚外部连接到待机电源引脚V5VSTBY来实现的。通过外部连接至AGND来禁用唤醒功能，并且唤醒电路的消耗电流仅减少为漏电流。

在“ECU休眠”状态下，若CANH和CANL引脚先出现隐性信号，随后出现持续时间超过**CAN唤醒滤波时间**的显性信号，将触发内部唤醒，并置位内部唤醒信号CANWK。通过唤醒清除命令（在命令寄存器Cmd0中将WKCLR位设置为“1”），可复位CANWK（状态参见状态寄存器OpStat0中的CANWK位）。仅当从隐性到显性的转变时才能检测到下一次唤醒。通过此唤醒程序的执行，总线的显性钳位不会导致永久唤醒。

相关行为如**图 52**、**图 53**和**图 54**所示。

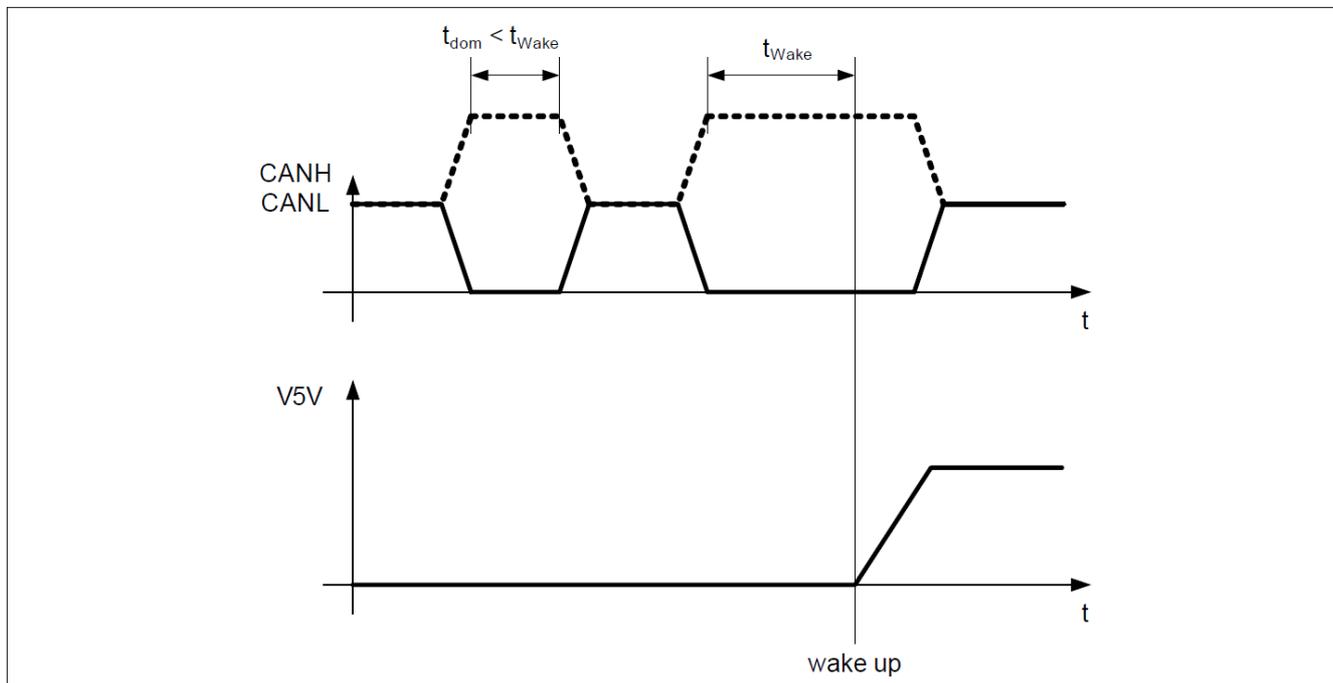


图 52 CAN 远程唤醒

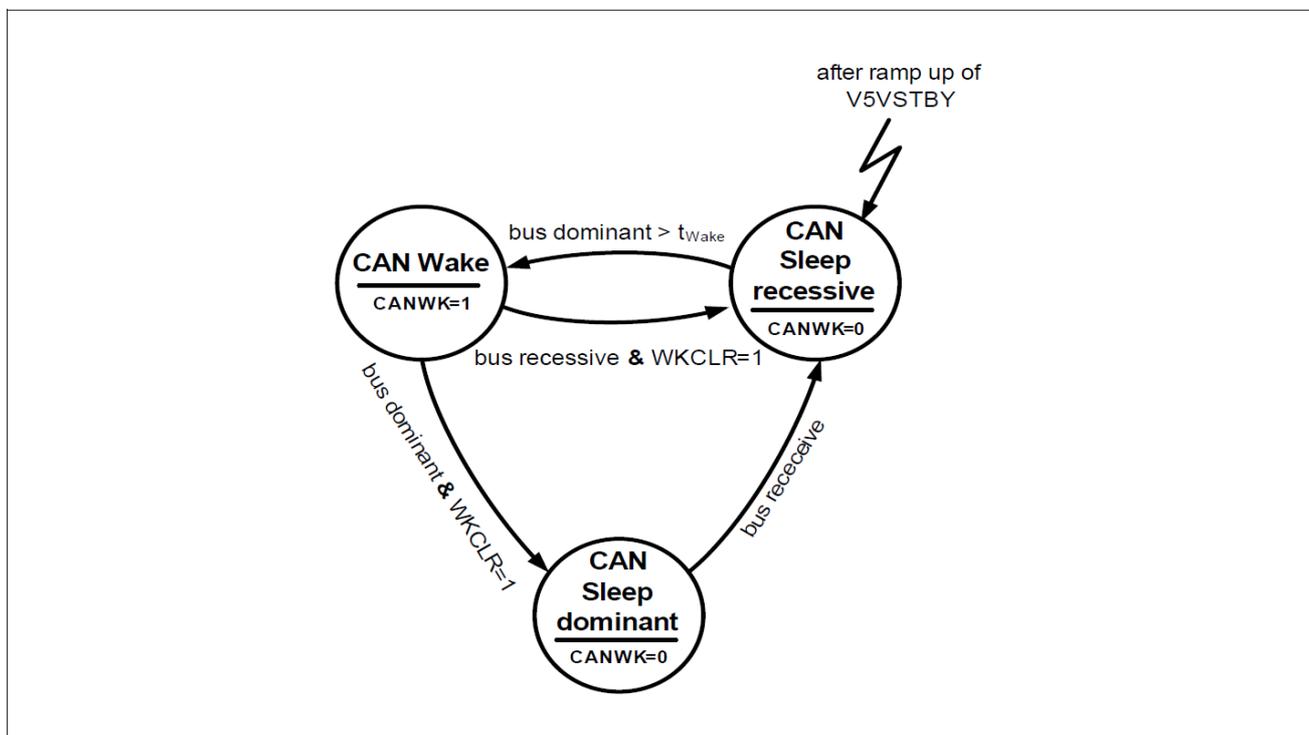


图 53 CAN 唤醒状态机

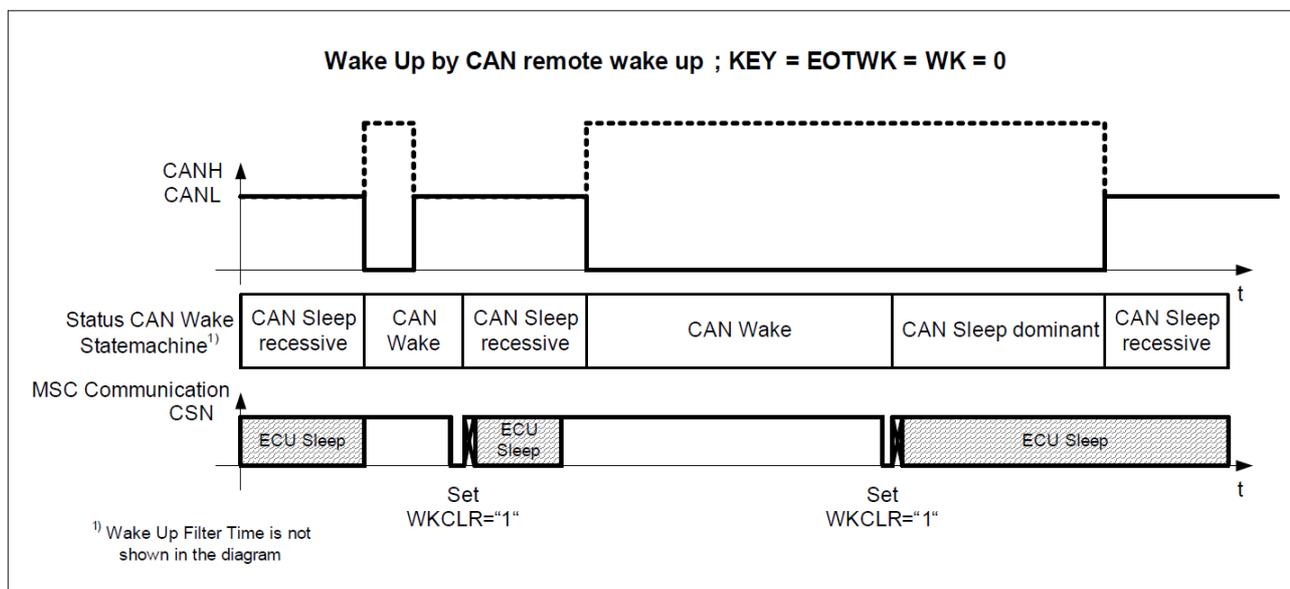


图 54 CAN 远程唤醒时的状态转换

12.3 诊断功能

CAN收发器有一个已实施的诊断单元。可以检测总线故障和本地故障。

12.3.1 CAN 总线故障检测

在正常运行中，CAN收发器可以检测以下总线故障：

- 总线显性钳位（诊断寄存器ComDiag中的位CANBDC）

无法检测到以下总线故障（输出受到保护）：

- CANH 接地短路
- CANL 接地短路
- CANH 与低电压电源短路
- CANL 与低电压电源短路
- CANH 短接至 V_{Bat}
- CANL 短接至 V_{Bat}
- CANH 开路
- CANL 开路
- CANH 短接至 CANL

12.3.2 本地故障检测

在正常运行中，CAN收发器可以检测以下本地故障：

- CAN TX 显性超时（诊断寄存器ComDiag中的CANTXTO位）
- 过温（诊断寄存器ComDiag中的CANOT位）

在检测到故障的情况下，仅改变相应的诊断寄存器位。配置没有发生变化。

12.4 CAN 收发器电气特性

表 39 电气特性：CAN 收发器

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
CANH voltage, recessive state	$V_{CANH,rec}$	2	2.5	3	V	no load	P_12.4.1
CANL voltage, recessive state	$V_{CANL,rec}$	2	2.5	3	V	no load	P_12.4.2
CANH voltage, dominant state	$V_{CANH,dom}$	2.75	3.5	4.5	V		P_12.4.3
CANL voltage, dominant state	$V_{CANL,dom}$	0.5	1.5	2.25	V		P_12.4.4
Differential output bus voltage, dominant state	$V_{diff,out,dom}$	1.5	2	3	V	$4.75\text{ V} < V_{V5VCAN} < 5.25\text{ V}$	P_12.4.5
Common mode bus voltage, dominant and recessive state	V_{CM}	-12	-	12	V	$4.75\text{ V} < V_{V5VCAN} < 5.25\text{ V}$	P_12.4.6
External Termination resistor	R_L	100	120	130	Ω		P_12.4.7
Differential input voltage, recessive state	$V_{diff,in,rec}$	-1	-	0.5	V		P_12.4.8
Differential input voltage, dominant state	$V_{diff,in,dom}$	0.9	-	5	V		P_12.4.9
Differential receiver hysteresis	$V_{diff,hys}$	20	100	-	mV		P_12.4.10
Common mode input resistance	R_{in}	5	-	50	k Ω		P_12.4.11
Bit time	t_B	1	-	-	μs		P_12.4.12
Propagation delay time CANTX to CANRX recessive to dominant	$t_{pd,rec,dom}$	-	-	255	ns		P_12.4.13
Propagation delay time CANTX to CANRX dominant to recessive	$t_{pd,dom,rec}$	-	-	255	ns		P_12.4.14
Propagation delay time CANTX to CANH/CANL recessive to dominant	$t_{pd,out,dom}$	-	-	140	ns	$T_j = 25^\circ\text{C}^{1)}$ $C_{CANH/CANL} < 10\text{ pF}$	P_12.4.15
Propagation delay time CANTX to CANH/CANL dominant to recessive	$t_{pd,out,rec}$	-	-	140	ns	$T_j = 25^\circ\text{C}^{1)}$ $C_{CANH/CANL} < 10\text{ pF}$	P_12.4.16

表 33 电气特性：CAN 收发器 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Bus line dominant clamping detection time	$t_{\text{bus,cl,dom}}$	4	–	7	ms		P_12.4.17
CANTX dominant detection time	$t_{\text{CANTX,cl,dom}}$	4	–	7	ms		P_12.4.18
V5VCAN buffer capacitance ¹⁾	C_{V5VCAN}		2	–	μF	recommended for optimized EMC performance	P_12.4.19
Overtemperature Switch Off Threshold	$T_{\text{CAN,ot}}$	150	–	200	$^\circ\text{C}$	¹⁾	P_12.4.20
Overtemperature Hysteresis	$T_{\text{CAN,ot,hys}}$	–	10	–	$^\circ\text{C}$	¹⁾	P_12.4.21
CANRX Output Characteristics							
Low Level Output Voltage - Low Output Current	$V_{\text{CANRX,L,l}}$	–	–	0.4	V	$I_{\text{CANRX}} = 100\ \mu\text{A}$	P_12.4.22
Low Level Output Voltage - High Output Current	$V_{\text{CANRX,L,h}}$	–	–	1.5	V	$I_{\text{CANRX}} = 1\ \text{mA}$	P_12.4.23
High Level Output Voltage - Low Output Current	$V_{\text{CANRX,H,l}}$	VDDIO-0.4	–	–	V	$I_{\text{CANRX}} = -100\ \mu\text{A}$	P_12.4.24
High Level Output Voltage - High Output Current	$V_{\text{CANRX,H,h}}$	VDDIO-1.5	–	–	V	$I_{\text{CANRX}} = -1\ \text{mA}$	P_12.4.25
CANTX Input Characteristics							
Low level input voltage	$V_{\text{CANTX,l}}$	-0.3	–	1	V		P_12.4.26
High level input voltage	$V_{\text{CANTX,h}}$	2	–	V_{V5VCAN}	V		P_12.4.27
Input voltage hysteresis	$V_{\text{CANTX,hys}}$	50	200	–	mV		P_12.4.28
Pull up current	$I_{\text{CANTX,pu}}$	-100	–	-25	μA	$V_{\text{CANTX}} = 0\ \text{V}$	P_12.4.29
Wake Receiver							
Differential input voltage, recessive state, low power mode	$V_{\text{diff,rec,lp}}$	-1	–	0.4	V	$4.75\text{ V} < V_{\text{V5VSTBY}} < 5.25\ \text{V}$	P_12.4.30
Differential input voltage, dominant state, low power mode	$V_{\text{diff,dom,lp}}$	1.15	–	5	V	$4.75\ \text{V} < V_{\text{V5VSTBY}} < 5.25\ \text{V}$	P_12.4.31
Common mode bus voltage, low power mode	$V_{\text{CM,lp}}$	-12	–	12	V	$4.75\ \text{V} < V_{\text{V5VSTBY}} < 5.25\ \text{V}$	P_12.4.32
CAN Wake-up filter time	$t_{\text{wake,CAN}}$	0.75	–	5	μs	$4.75\ \text{V} < V_{\text{V5VSTBY}} < 5.25\ \text{V}$	P_12.4.33
Additional current consumption in low power mode at pin <i>BATSTBY</i>	I_{CANWK}	–	–	35	μA	$0\ \text{V} \leq V_{\text{CANH}} \leq 5\ \text{V}$, $0\ \text{V} \leq V_{\text{CANL}} \leq 5\ \text{V}$	P_12.4.34

1) 无需经过生产测试，由设计指定。

13 微秒通道 MSC

双向微秒通道（MSC）是一种串行接口，经过专门优化，可以通过串行链路将外部设备连接到微控制器。串行通信链路是由从微控制器到本器件的快速同步下行通道和异步上行通道（参考下行时钟）建立的。下行接口可以是“低电压差分模式”（*FCLN*、*FCLP*、*SIN*、*SIP*、*CSN*）或“单端”（*FCLP*、*SIP*、*CSN*）。

通过MSC，微控制器控制输出和器件逻辑，包括诊断和监测模块。读数据是由微控制器通过下行通信请求的，并由器件通过MSC上行通道返回的。

可以使用多个带有 MSC 的“功率器件”进行下行操作。器件由 *CSN* 选择。MSC 逻辑由内部供电并参考 *AGND*。

MSC接口在复位期间的行为详见5.2小节的表5和表6。

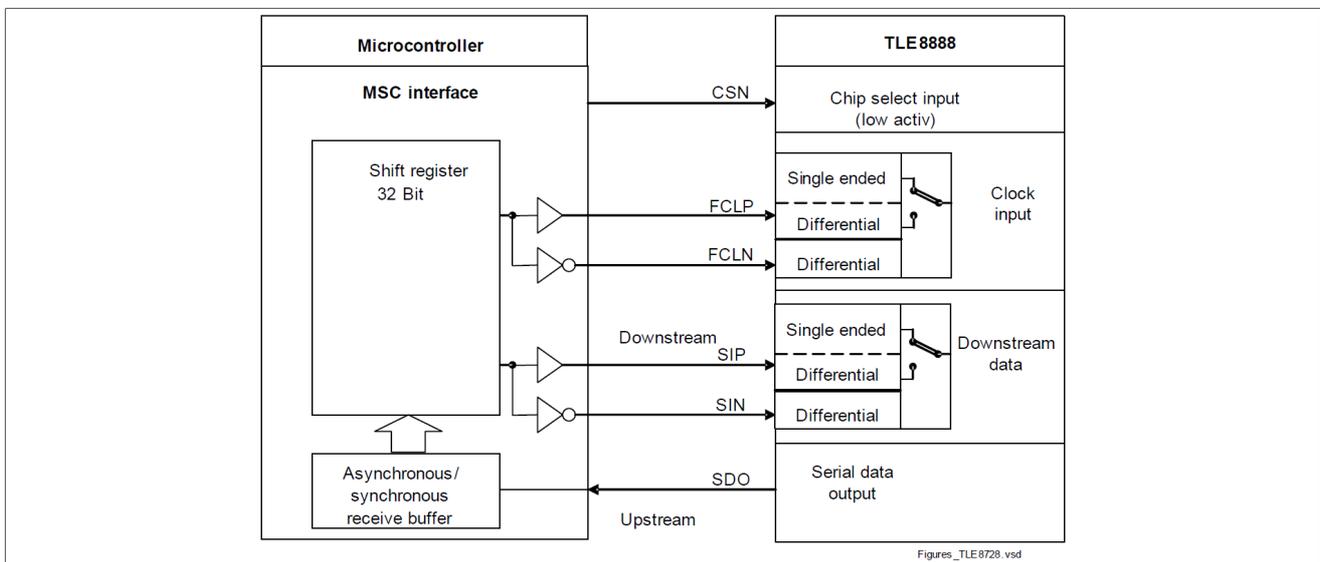


图 55 MSC接口（未经测试，仅概述）

13.1 下行通信

下行帧是具有时钟和数据线的同步串行帧。

下行通信的物理接口可以是“低电压评分模式”或“单端”类型。两种接口类型均使用单独引脚（*FCLN*、*FCLP*、*SIN*和*SIP*）和公共引脚（*CSN*和*SDO*）。对于单端接口，*FCLN*和*SIN*必须连接到 *VDDIO*。对于低电压等级模式接口，两个输入电压电平必须在定义的输入电压范围内。

差分模式和单端模式中通信的帧和行为是相同的。下行数据的差分输入是 *SIP* 和 *SIN*；差分输入信号 *SIP* - *SIN* 与单端模式中单独的 *SIP* 是相同的逻辑信号 *SI*，将用于两种类型通信的描述中。时钟引脚为 *FCLP* 和 *FCLN*，差分时钟 *FCLP* - *FCLN* 与单端模式中的 *FCLP* 是相同的逻辑信号，并且 *CLK* 将在两种类型通信的描述中使用。

有1个输入 *CSN* 用于片选，1个输出 *SDO* 用于上行数据。器件始终是该通信链路中的从机。

在下行帧传输期间，*CSN* 信号自动启用接收器电路。

定义了两种类型的下行帧：

- 命令帧 (选择位 = “1”)
- 数据帧 (选择位 = “0”)

器件MSC对SI和CLK使用非反转极性：SI随着CLK的上升沿改变其状态，并在下降沿采样；逻辑“1”是SI上的“高电平”，逻辑“0”是SI上的“低电平”。SI处的数据被器件在CLK的下降沿锁存。

在指令或数据帧的有效阶段CSN输入为低电平有效。有效的使能信号验证SI输入信号。在主动阶段之外（CSN线处于高电平），SI的数据被忽略。

可以使用共享的CLK和SI线路以及单独的CSN信号来驱动多个“功率设备”。

命令帧和数据帧可以按任意顺序发送（每帧后有至少2个CLK周期的被动阶段）。

表 40 指令执行

Event on MSC downstream	upstream busy	upstream idle
valid read command frame	ignored	executed
valid write command frame	executed ¹⁾	executed
valid data frame	accepted	accepted
invalid command	ignored	ignored
invalid data frame	ignored	ignored

1) 仅在t_{prep,sr}或t_{prep,mr}后，请参阅13.2小节

即使没有传输命令帧或数据帧，串行时钟CLK也必须在上行通信期间有源（切换）。

CLK的时钟周期定义为t_{FCL}，最大下行时钟速率为f_{FCLmax}。

下行帧的驱动阶段始于CSN上信号的下降沿，终于上升沿，CSN随着时钟CLK的上升沿改变状态。

13.1.2 命令帧

命令帧总是以高电平位（指令选择位）开始。命令帧的主动阶段的指令位数固定为16。仅当有源命令帧的发送位数等于 17 时才执行指令。

命令帧的被动阶段 t_{CPP} 的长度必须最小为 $2 * t_{FCL}$ （2 个时钟脉冲）。

或者，被动阶段可以由 $t_{CPP} = t_{FCL}$ （1 个时钟脉冲），后跟一个错误长度的帧（4...8 位，CSN 低电平有效或无效），再接着第二个 $t_{CPP} = t_{FCL}$ （1 个时钟脉冲）组成。

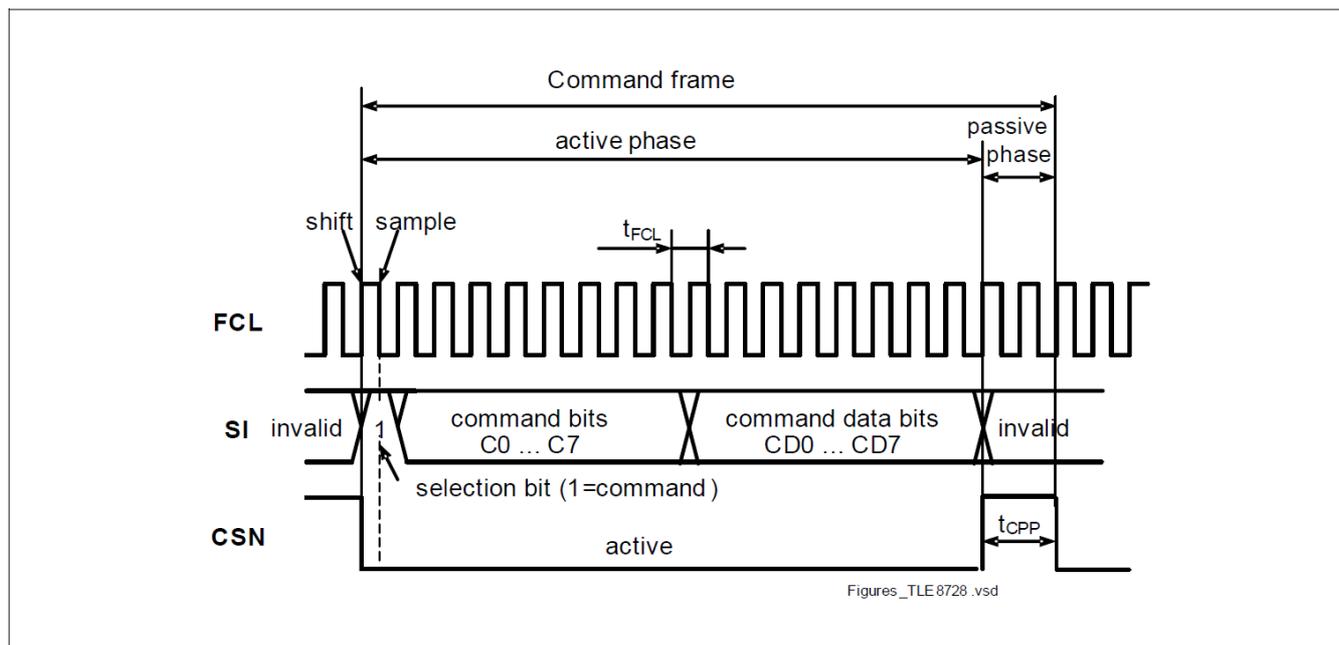


图 57 MSC 命令帧

命令帧内容（先发送最低有效位）

表 41 命令帧

Bit #	Description
0 (first bit)	= '1': command selection bit
1...8	Command [C0...C7]
9...16	Data for the command [CD0...CD7]

首先传输指令的最低有效位

13.1.3 数据帧

数据帧总是以低电平位（数据选择位）开始。数据帧的主动阶段的数据位数固定为28位。

如果实际长度等于预期长度 29，则接收数据帧。

MSC 监控 t_{MSC_mon} 由任何具有正确长度的数据帧重新触发（没有实现其他检错机制）。

数据帧的被动阶段 t_{DPP} 的长度必须最小为 $2 * t_{FCL}$ （2 个时钟脉冲）。

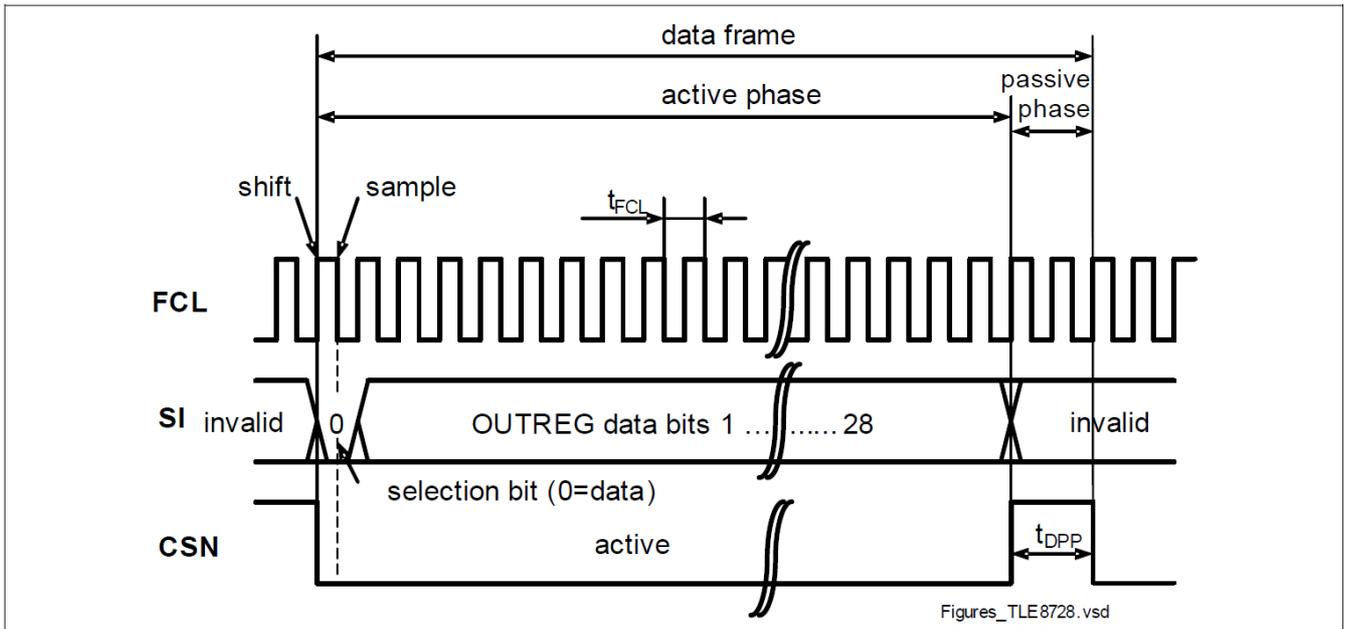


图 58 MSC 数据帧

表 42 数据帧

OUTREG Bit	Description
0 (first bit)	= '0': data selection bit
1	O14ON ¹⁾
2	O11ON ¹⁾
3	O24ON ¹⁾
4	O13ON ¹⁾
5	IGN1ON ¹⁾
6	IGN2ON ¹⁾
7	O5ON ¹⁾
8	O1ON ¹⁾
9	O15ON ¹⁾
10	IGN3ON ¹⁾
11	O2ON ¹⁾
12	O22ON ¹⁾
13	O9ON ¹⁾
14	O23ON ¹⁾
15	O19ON ¹⁾
16	O16ON ¹⁾
17	O18ON ¹⁾
18	O20ON ¹⁾
19	O8ON ¹⁾
20	O4ON ¹⁾
21	O17ON ¹⁾

表 42 数据帧 (续)

OUTREG Bit	Description
22	O100N ¹⁾
23	O210N ¹⁾
24	O70N ¹⁾
25	O60N ¹⁾
26	O30N ¹⁾
27	IGN40N ¹⁾
28	O120N ¹⁾

1) 定义见14.1.5 小节。

数据帧中没有奇偶校验位。

数据存储与控制寄存器Cont0至Cont3中。

13.2 上行通信

串行数据输出 SDO 是上行通道的同步串行数据信号，并且始终是单端的。极性为“非反转极性”——即，SDO 处的低电平位作为逻辑“0”存储在微控制器中，SDO 处的高电平位作为逻辑“1”存储在微控制器中。SDO 的频率通过内部分频器从 CLK 导出，并且可以通过 MSC 进行配置。

SDO 的输出可以配置为开漏或推挽输出通过配置寄存器ComConfig0中的MSCO位进行设置。配置寄存器ComConfig0中位MSCF的全部上行频率分频器设置对于推挽输出配置有效。

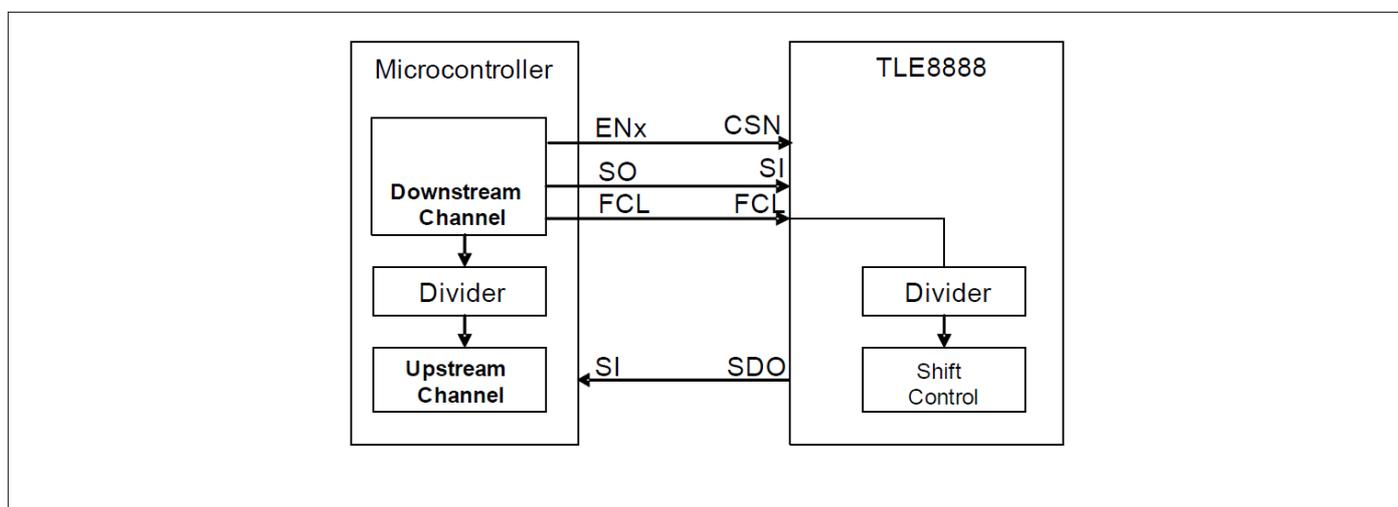


图 59 MSC 上行通信 (未测试, 仅概览, 单端模式)

根据配置寄存器ComConfig0中MSCUF位的设置，数据帧可以定义为12或16位。详见图 60。地址位 A2 和 A3 用于选择微处理器中的上行数据寄存器。

16 位上行模式下地址位 A0 至 A3 的定义：

- 固定 A0 至 A3 值：

在读取命令的CSN上升沿，地址位A0至A3的值根据配置寄存器ComConfig1中MSCA的定义固定。对于具有多个读取指令的读取，A0至A3的值不会改变。

• 多读取命令模式:

此模式特别适用于 UD3 中断模式下的多个读取指令和配置。该模式下 A2和A3用于定义上行数据寄存器 (UD0-UD3) 和n乘以4的上行帧数。A0 定义为读取溢出, A1 定义为读取忙。

表 43 16 位上行格式多命令读取模式下 A0 定义

A0	Description
0	No read command is ignored
1	A read command was sent during upstream communication. This read command was ignored and this is signaled with A0 = 1

表 44 16 位上行格式多命令读取模式下 A1 定义

A1	Description
0	last upstream frame; after finish of this frame next transmitted read command will be executed
1	Upstream activities required by an multiple read commands are ongoing

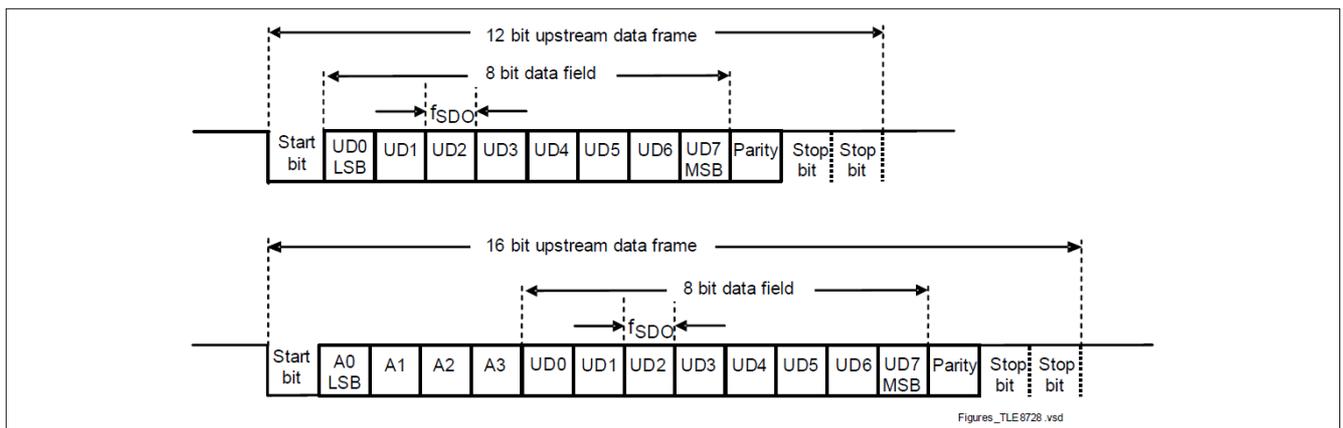


图 60 MSC 上行帧

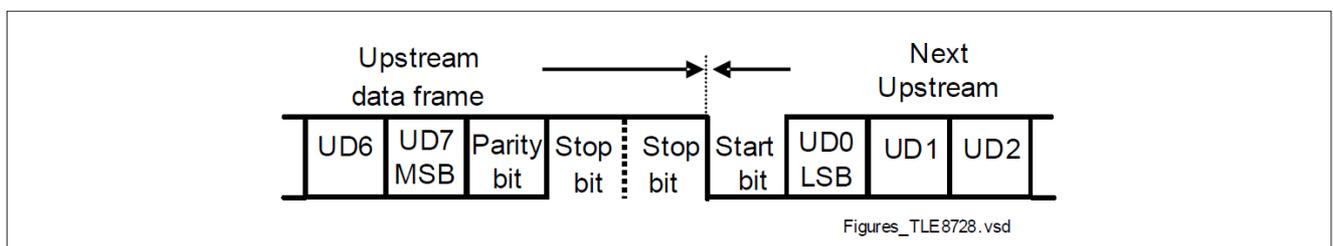


图 61 MSC 上行通信流程

表 45 12 位上行帧

Bit	description
0	start bit, always '0'
1-8	upstream data bits UD0...7

表 45 12 位上行帧 (续)

Bit	description
9	parity bit (The parity bit is set in order to achieve an even number of '1' in Bits UD0...7+Parity)
10, 11	stop bits, always '1'

表 46 16 位上行帧

Bit	description
0	start bit, always '0'
1-4	address bits A0...3
5-12	upstream data bits UD0...7
9	parity bit (The parity bit is set in order to achieve an even number of '1' in Bits UD0...7+Parity)
10, 11	stop bits, always '1'

收到读取命令后，在 t_{MSC_RSP} 内启动通过上行寄存器。在正在进行的上行数据传输期间，器件将忽略进一步的读取指令，直到上行数据传输完成。如果发送最后一个停止位后 CSN 的上升沿到达，则接受新的读取命令。数据帧的执行独立于正在进行的读取请求。**MSC 单个读取命令的上行准备时间 $t_{prep, sr}$** 或 **MSC 上行多读取命令的准备时间 $t_{prep, mr}$** 期间忽略写入指令（见图 62）。此后，写入指令也会在正在进行的上行通信期间执行。如果写入指令修改了正在传输的寄存器，则将发送旧的寄存器内容。通过将命令寄存器 **Cmd0** 中的 **MSCUP** 位设置为“1”，可停止正在进行的上行传输，并清除多读取命令中所有未完成的读取请求。

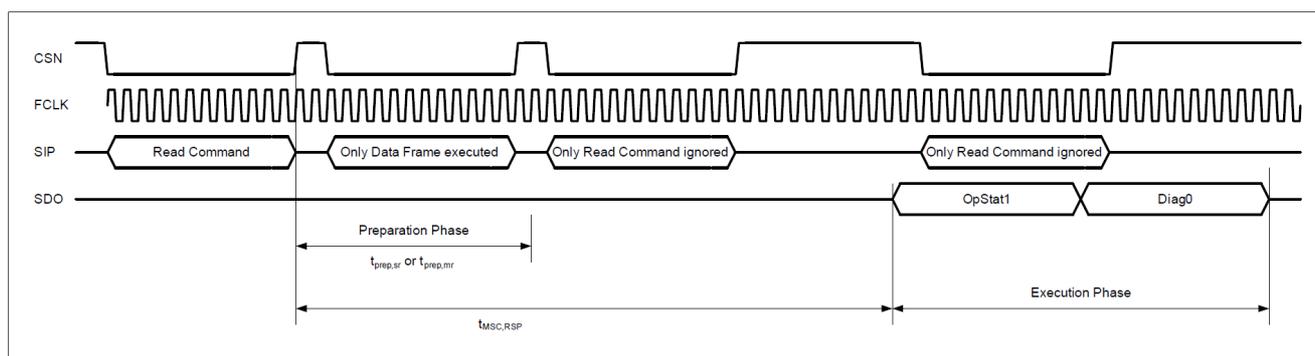


图 62 MSC上行和有源下行通信示例

13.3 时序特性

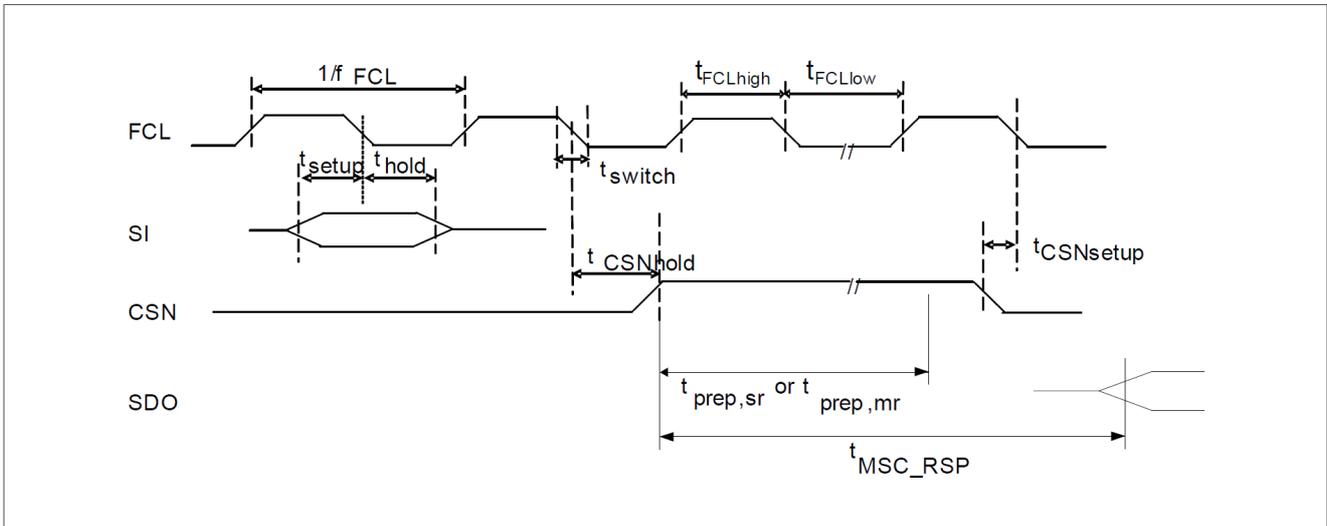


图 63 MSC时序

器件内的下行时钟在上行数据帧传输期间必须有源（即每个读取命令的应答）。

上行响应时间 t_{MSC_RSP} 描述了读取命令结束（CSN 上升沿）到上行通信开始（起始位下降沿）之间的时间。

13.4 电气特性

表 47 电气特性：微秒通道

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Pin CSN							
Input comparator low level	V_{CSN_low}	-0.3	-	0.8			P_13.4.1
Input comparator high level	V_{CSN_high}	1.6	-	5.5	V	-	P_13.4.2
Input comparator hysteresis	V_{CSN_hys}	0.1	-	0.5	V	-	P_13.4.3
Input capacitance ¹⁾	C_{CSN}			12	pF	-	P_13.4.4
Input current Internal pull up current source to V_{DDIO}	I_{CSN}	-25	-	-3	μA	$0\text{ V} < V_{CSN} < 2\text{ V}$	P_13.4.5
Pins FCLP, FCLN MSC Differential Mode							
Input voltage range	V_{FCLP} , V_{FCLN}	0.8	-	1.6	V	-	P_13.4.6

表 47 电气特性：微秒通道 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Differential input high detection level, $V_{FCLx_high} = V_{FCLP} - V_{FCLN}$	V_{FCLx_high}	-	-	125	mV	-	P_13.4.7
Differential input low detection level, $V_{FCLx_low} = V_{FCLP} - V_{FCLN}$	V_{FCLx_low}	-125	-	-	mV	-	P_13.4.8
Differential input hysteresis	$V_{FCLx,hys}$	50		200	mV		P_13.4.53
Input voltage offset, $V_{FCLx_off} = 0.5 * (V_{FCLP} + V_{FCLN})$	V_{FCLx_off}	1.05	-	1.4	V	-	P_13.4.9
Differential capacitance between; FCLP and FCLN	C_{FCLx}	-	-	8	pF	1)	P_13.4.10
Input pull down current	I_{FCLN}	3	-	25	μA	$1\text{ V} < V_{FCLx} < V_{VDDIO}$	P_13.4.12

Pins FCLP Single Ended Mode

Input comparator low level	V_{FCLP_low}	-0.3	-	0.8			P_13.4.13
Input comparator high level	V_{FCLP_high}	1.6	-	5.5	V	-	P_13.4.14
Input comparator hysteresis	V_{FCLP_hys}	0.1	-	0.5	V	-	P_13.4.15
Input capacitance	C_{FCLP}			12	pF	1)	P_13.4.16
Input pull down current	I_{FCLP}	3	-	25	μA	$1\text{ V} < V_{FCLP} < V_{VDDIO}$	P_13.4.17

Clock Frequency

FCLP, FCLN frequency	f_{FCLx}	-	-	23	MHz		P_13.4.18
FCL frequency single ended mode	f_{FCL}	-	-	12.5	MHz		P_13.4.19

Pins SIP, SIN MSC Differential Mode

Input voltage range	V_{SIP}, V_{SIN}	0.8	-	1.6	V	-	P_13.4.20
Differential input high detection level, $V_{Six_high} = V_{SIP} - V_{NSI}$	V_{Six_high}	-	-	125	mV	-	P_13.4.21
Differential input low detection level, $V_{Six_low} = V_{SIP} - V_{SIN}$	V_{Six_low}	-125	-	-	mV	-	P_13.4.22
Differential input hysteresis	$V_{Six,hys}$	50		200	mV		P_13.4.54
Input voltage offset, $V_{Six_Off} = 0.5 * (V_{SIP} + V_{SIN})$	V_{Six_Off}	1.05	-	1.4	V	-	P_13.4.23
Differential capacitance between SIP and SIN	C_{Six}	-	-	8	pF	1)	P_13.4.24

表 47 电气特性：微秒通道 (续)

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Input pull down current	I_{SIN}	3	-	25	μA	$1\text{ V} < V_{SIX} < V_{VDDIO}$	P_13.4.26

Pin SIP Single Ended Mode

Input comparator low level	V_{SIP_low}	-0.3	-	0.8			P_13.4.27
Input comparator high level	V_{SIP_high}	1.6	-	5.5	V	-	P_13.4.28
Input comparator hysteresis	V_{SIP_hys}	0.1	-	0.5	V	-	P_13.4.29
Input capacitance	C_{SIP}			12	pF	1)	P_13.4.30
Input pull down current	I_{SIP}	3	-	25	μA	$1\text{ V} < V_{SIP} < V_{VDDIO}$	P_13.4.31

Pin SDO open drain set up

SDO output low level	$V_{SDO_low}; V_{SDO_low}$	-	-	0.8	V	$I_{SDO} < 4\text{ mA};$	P_13.4.32
		-	-	0.4	V	$I_{SDO} < 1\text{ mA}$	P_13.4.33
SDO passive output high voltage	$V_{SDO_high,p}$	$V_{DDIO} - 1.5$	V_{DDIO}	-	V	no load	P_13.4.34
Output current capability	I_{SDO_max}	15 ²⁾	-	-	mA	$V_{SDO} = 5\text{ V}$ and $V_{VDDIO} = 5\text{ V}$	P_13.4.35
SDO pull-up current source	I_{SDO_high}	-50	-	-10	μA	$0\text{ V} < V_{SDO} < 2\text{ V}$, SDO in tristate, pull up to V_{DDIO}	P_13.4.36
SDO (high level = inactive) pin capacity	C_{SDO}	-	-	10	pF	measured with bias voltage of 1 V ¹⁾	P_13.4.37
SDO frequency; maximum upstream frequency with external pull-up	f_{SDO}	500	-	-	kHz	2.2 k Ω and $C_L = 15\text{ pF}$ ¹⁾	P_13.4.38

Pin SDO push pull set up

SDO output low level	$V_{SDO_low}; V_{SDO_low}$	-	-	0.8	V	$I_{SDO} < 4\text{ mA};$	P_13.4.39
		-	-	0.4	V	$I_{SDO} < 1\text{ mA}$	P_13.4.40
SDO active output high voltage	$V_{SDO_high,a}$	$V_{DDIO} - 0.4$	-	-	V	$I_{SDO} = 100\text{ }\mu\text{A}$	P_13.4.41

Timing Characteristics³⁾

Data hold time	t_{hold}	10	-	-	ns	-	P_13.4.42
Data Setup time	t_{setup}	10	-	-	ns	-	P_13.4.43
Switching time	t_{switch}	-	-	3	ns	1)	P_13.4.44
FCL low time	t_{FCLlow}	13	-	-	ns	-	P_13.4.45
FCL high time	$t_{FCLhigh}$	13	-	-	ns	-	P_13.4.46

表 47 电气特性：微秒通道（续）

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{\text{SV}} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
CSN setup time	t_{CSNsetup}	10	-	-	ns	-	P_13.4.47
CSN hold time	t_{CSNhold}	10	-	-	ns	-	P_13.4.48
MSC data time-out monitoring	$t_{\text{MSC_mon}}$	60	-	135	μs	-	P_13.4.49
MSC upstream preparation time for single read command	$t_{\text{prep,sr}}$	-	-	$0.9 + 4 \cdot t_{\text{FCL}}$	μs	-	P_13.4.11
MSC upstream preparation time for multi read command	$t_{\text{prep,mr}}$	-	-	$1.8 + 4 \cdot t_{\text{FCL}}$	μs	-	P_13.4.25
MSC upstream response time; up-stream divider independent	$t_{\text{MSC_RSP}}$	-	-	100	μs	-	P_13.4.50
Required idle time after command	t_{CPP}	$2/f_{\text{FCL}}$ (2 clock pulses)	-	-	s	-	P_13.4.51
Required idle time after data frame	t_{DPP}	$2/f_{\text{FCL}}$ (2 clock pulses)	-	-	s	-	P_13.4.52

- 1) 未经过生产测试, 由设计指定。
- 2) 应用必须确保流入该引脚的电流不超过该值。
- 3) 参见图 57、图 58和图 63

14 寄存器与指令

14.1 小节至14.1.5 小节给出了寄存器和指令的详细描述和定义。下面介绍所有寄存器和指令的一般定义。

偏移地址

用于寄存器地址的偏移地址被映射到从C1到C7的指令位。图 64展示了一个示例。允许的最大地址是 7F_H。

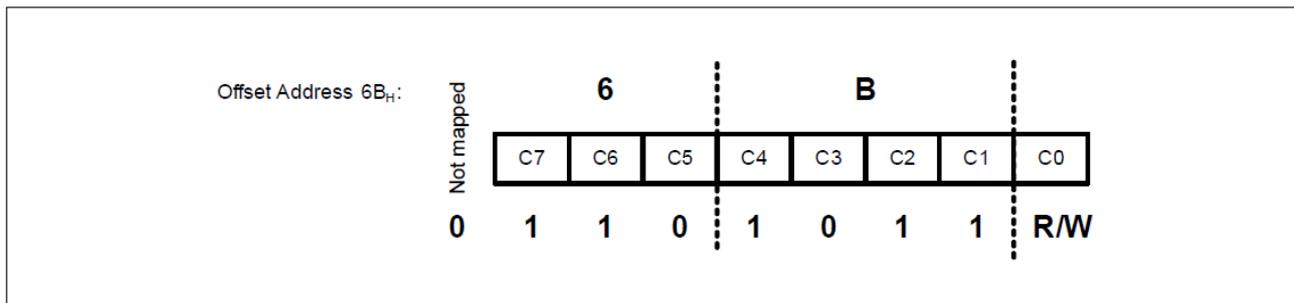


图 64 偏移地址到指令位读访问的映射

对寄存器的读访问是通过向MSC或SPI帧的命令帧的位 C0 发送“0”来完成的。所有寄存器位都会不断更新。随着有效命令读取的CSN的时钟沿，内部寄存器信息被加载到输出移位寄存器中。通过SDO到微处理器的通信是根据串行接口模式MSC 或SPI 进行的。因此所读取的信息与CSN的上升沿的时间有关。

写访问

对寄存器的写访问是通过为MSC的命令帧或SPI帧的 C0 或MSC通信的数据帧发送“1”来完成的。对于读/写寄存器，对于有效的写访问，CSN的边缘是置位，对于指令寄存器，执行定义的功能（例如多个读取命令）。

命令寄存器

这些寄存器是只写寄存器。执行以下功能：

- 通过命令寄存器**Cmd0**中的**MRON**和**MRSE**位控制主继电器切换：在所有允许与TLE8888-1QK进行串行通信的状态下，均可切换主继电器。将**MRSE**位设为“1”以使能命令，将**MRON**位设为“0”（关断）或“1”（开启）。若ECU通过主继电器路径供电，关断主继电器将导致ECU掉电。
- 通过命令寄存器**Cmd0**中的**VDIAGS**位启动 VRS 诊断：使用“1”启动 VRS 诊断，“0”表示无动作。
- 通过命令寄存器**Cmd0**中的**MSCUPS**位停止MSC上行通信：如果输入“1”，则上行通信立即停止。这会在上行期间导致无效的通信。该指令的实现是为了特别停止多次读取通信。“0”表示无动作。对于SPI模式，该指令无效。
- 通过命令寄存器**Cmd0**中的**EOTS**位启动发动机关闭定时器：如果配置相应地设置为“1”，则启动关机计时器。“0”表示无动作。

- 通过命令寄存器**Cmd0**中的**RDOT**位重启延迟关断定时器：“1”表示延迟关断复位并再次启动。“0”表示无动作。
- 通过命令寄存器**Cmd0**中的**WKCLR**位清除唤醒信号：设置为“1”时，所有内部唤醒信号（WKINT、CANWK、EOTWK）均被复位。“0”表示无动作。
- 响应写入命令**FWDRespCmd**和**FWDRespSyncCmd**：通过对这些寄存器进行写入访问，8位响应字节被发送到TLE8888-1QK。对发送的响应字节的解释按照第6章中的描述进行。
- 多读取命令**MSCReadWd0**至**MSCReadWd1**：仅允许串行接口的MSC设置使用多个读取指令。读取寄存器的数量由指令的数据位中的“1”定义。所选寄存器按照最高有效位的顺序发送到最低有效位（见图65）。

在SPI设置中，多次读取命令是无效通信。

在多读上行期间，忽略读指令，允许写指令。要停止上行操作，请使用指令**MSCUPS**。

- 软件复位指令**CmdSR**：执行该指令后，根据第5章中表6执行TLE8888-1QK的软件复位。
- 中央输出使能指令**CmdOE**：执行该指令后，中央输出使能位为置位或复位。有关功能的描述，请参见9.2小节。中央使能位的状态可在寄存器**OpStat1**中获得。
- 锁定指令**CmdLOCK**：执行该指令后，锁定位为置位或复位。该位用于锁定某些配置寄存器（见表49），以避免这些寄存器在操作过程中发生变化。锁定位的状态可在寄存器**OpStat1**中找到。

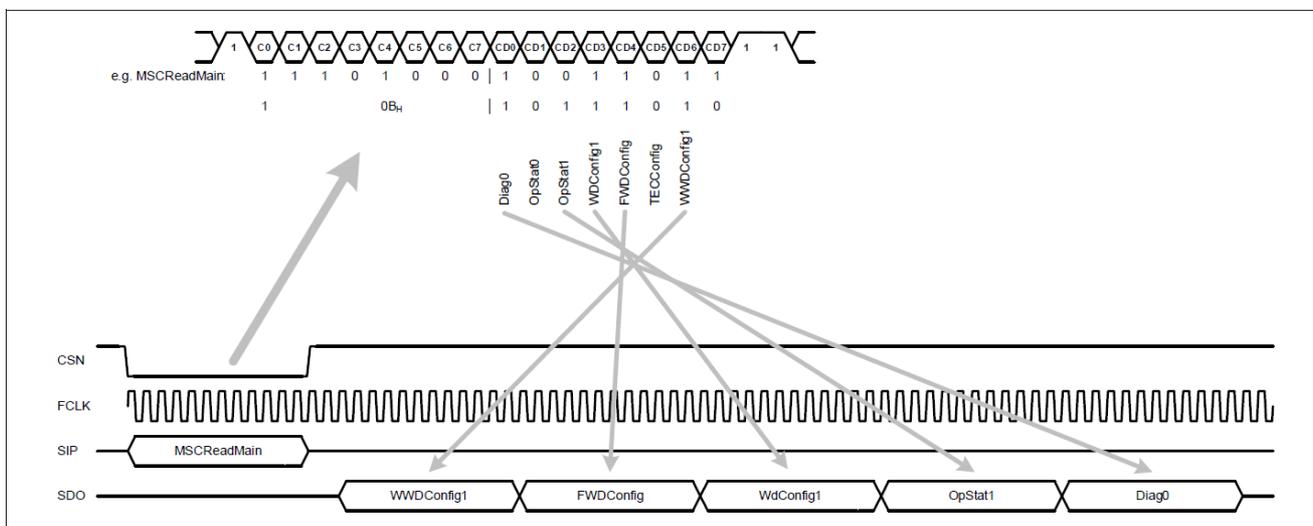


图 65 多读取命令诊断寄存器示例

诊断寄存器位是按照异步检测电路来置位的。如果不再检测到故障条件，则通过读取寄存器来完成诊断位的复位。

诊断寄存器**Diag0**中的中央过温位**COT**

中央过温位是所有过温检测信号的“或”组合，得出有效的诊断位。至少有一个有效过温诊断时，中心过温位为“1”，没有有效过温诊断时，该位为“0”。所有其他诊断信号都不会改变中央过温位的状态。

诊断寄存器Diag0中的中央故障位CF

中央故障位是诊断位的“或”组合（见表 48）。如果这些诊断位中有一个或多个有效，则中央故障位为“1”。如果所有诊断位均无效，则中央故障位为“0”。过温诊断不会改变中央故障位的状态。

表 48 诊断寄存器概览以及影响中央故障位的位

Register	Offset	Bit(s)	Note
ComDiag	024 _H	MSCTO, COMFE, CANBDC, CANTXTO	
OutDiag0 to OutDiag4	026 _H to 029 _H	all bits	central failure bit not set if only overtemperature is detected
PPOVDiag	02A _H	all bits	
BriDiag0	02B _H	all bits	
BriDiag1	02C _H	only overcurrent bits	
IgnDiag	02D _H	all bits	
WdDiag	02E _H	WWDTO, WWDSCE, FWDREL, FWDREA	

发动机关闭定时器寄存器EOTStat0至EOTStat2、EOTConfig0及EOTConfig1

这些寄存器位于待机功能块中并由待机电源供电。它们不是用数字功能块的复位电源来复位的。

受锁定位影响的寄存器

表 49 受锁定位影响的寄存器概览

Register	Offset
OutConfig0	040 _H
OutConfig1	041 _H
OutConfig2	042 _H
OutConfig3	043 _H
OutConfig4	044 _H
OutConfig5	045 _H
BriConfig0	046 _H
BriConfig1	047 _H
IGNConfig	048 _H
VRSCConfig1	04A _H
VRSCConfig2	04B _H
OpConfig0	04E _H
ComConfig0	04F _H
ComConfig1	050 _H

表 49 受锁定位影响的寄存器概览 (续)

Register	Offset
EOTConfig0	051_H
EOTConfig1	052_H
InConfig0	053_H
InConfig1	054_H
InConfig2	055_H
InConfig3	056_H
DDConfig0	057_H
DDConfig1	058_H
DDConfig2	059_H
DDConfig3	05A_H
WDConfig1	064_H

14.1 寄存器列表

表 50 寄存器概览

Register Short Name	Register Long Name	Offset Address	Reset Value
Cmd0		001 _H	00 _H
MSCReadWd0		003 _H	00 _H
MSCReadDiag0EOT		004 _H	00 _H
MSCReadDiag1		005 _H	00 _H
MSCReadCont		006 _H	00 _H
MSCReadConfig0		007 _H	00 _H
MSCReadConfig1		008 _H	00 _H
MSCReadConfig2		009 _H	00 _H
MSCReadOEConfig		00A _H	00 _H
MSCReadMain		00B _H	00 _H
MSCReadWd1		00C _H	00 _H
WWDServiceCmd		015 _H	00 _H
FWDRespCmd		016 _H	00 _H
FWDRespSyncCmd		017 _H	00 _H
WDHBTPSyncCmd		018 _H	00 _H
CmdSR		01A _H	00 _H
CmdOE		01C _H	00 _H
CmdLOCK		01E _H	00 _H
Diag0		020 _H	00 _H
Diag1		021 _H	00 _H
VRSDiag0		022 _H	00 _H
VRSDiag1		023 _H	00 _H
ComDiag		024 _H	00 _H
OutDiag0		025 _H	00 _H
OutDiag1		026 _H	00 _H
OutDiag2		027 _H	00 _H
OutDiag3		028 _H	00 _H
OutDiag4		029 _H	00 _H
PPOVDiag		02A _H	00 _H
BriDiag0		02B _H	00 _H
BriDiag1		02C _H	00 _H
IgnDiag		02D _H	00 _H
WdDiag		02E _H	00 _H
EOTStat0		031 _H	00 _H

表 50 寄存器概览 (续)

Register Short Name	Register Long Name	Offset Address	Reset Value
EOTStat1		032 _H	00 _H
EOTStat2		033 _H	00 _H
OpStat0		034 _H	00 _H
OpStat1		035 _H	00 _H
WWDStat		036 _H	30 _H
FWDStat0		037 _H	30 _H
FWDStat1		038 _H	30 _H
TECStat		039 _H	30 _H
WdStat0		03A _H	00 _H
WdStat1		03B _H	00 _H
WDHBT0		03C _H	00 _H
WDHBT1		03D _H	00 _H
OutConfig0		040 _H	FF _H
OutConfig1		041 _H	3F _H
OutConfig2		042 _H	3F _H
OutConfig3		043 _H	30 _H
OutConfig4		044 _H	3F _H
OutConfig5		045 _H	3F _H
BriConfig0		046 _H	00 _H
BriConfig1		047 _H	00 _H
IGNConfig		048 _H	00 _H
VRSConfig0		049 _H	00 _H
VRSConfig1		04A _H	00 _H
VRSConfig2		04B _H	00 _H
OpConfig0		04E _H	09 _H
ComConfig0		04F _H	A4 _H
ComConfig1		050 _H	0D _H
EOTConfig0		051 _H	00 _H
EOTConfig1		052 _H	00 _H
InConfig0		053 _H	00 _H
InConfig1		054 _H	00 _H
InConfig2		055 _H	00 _H
InConfig3		056 _H	00 _H
DDConfig0		057 _H	00 _H
DDConfig1		058 _H	00 _H
DDConfig2		059 _H	00 _H
DDConfig3		05A _H	00 _H
OEConfig0		05B _H	00 _H

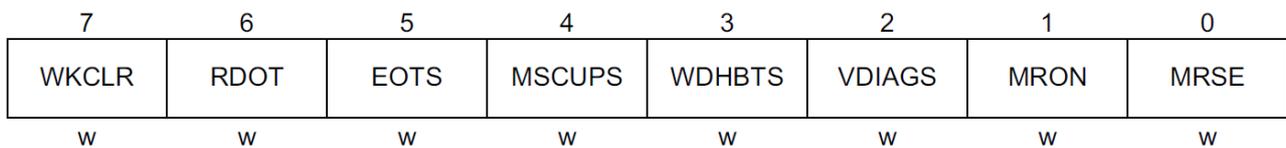
表 50 寄存器概览 (续)

Register Short Name	Register Long Name	Offset Address	Reset Value
OEConfig1		05C _H	00 _H
OEConfig2		05D _H	00 _H
OEConfig3		05E _H	00 _H
WWDConfig0		05F _H	FF _H
WWDConfig1		060 _H	77 _H
FWDConfig		061 _H	F7 _H
TECConfig		062 _H	77 _H
WDConfig0		063 _H	47 _H
WDConfig1		064 _H	03 _H
Cont0		07B _H	00 _H
Cont1		07C _H	00 _H
Cont2		07D _H	00 _H
Cont3		07E _H	00 _H

寄存器按字寻址。

14.1.1 命令寄存器

Cmd0 **Offset** **Reset Value**
001_H 00_H



Field	Bits	Type	Description
WKCLR	7	w	Wake-up Signal Clear Command: 0 _B , no action 1 _B , initiated clear of internal wake signals Reset: 0 _B

Field	Bits	Type	Description
RDOT	6	w	Restart Delayed off Timer Command: 0_B , no action 1_B , delayed off timer is restarted Reset: 0_B
EOTS	5	w	Engine Off Timer Start Command: 0_B , no action 1_B , start counter Reset: 0_B
MSCUPS	4	w	MSC Upstream Stop Bit Command: 0_B , no influence to upstream transmission 1_B , upstream communication is stopped Reset: 0_B
WDHBTS	3	w	Watchdog Heartbeat Timer Sample Command: 0_B , no action 1_B , Watchdog Heartbeat Timer sampled (WDHBT0 and WDHBT1) Reset: 0_B
VDIAGS	2	w	VRS Diagnosis Measurement Start Command: 0_B , no measurement 1_B , start of VRS diagnosis measurement Reset: 0_B
MRON	1	w	Main Relay On Command (active if MRSE = 1): 0_B , initiated main relay is switched off 1_B , initiated main relay is switched on Reset: 0_B
MRSE	0	w	Main Relay Switching Enable: 0_B , main relay switching by bit MRON not enabled 1_B , main relay switching enabled: value of MRON executed Reset: 0_B

MSCReadWd0

Offset
003_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
WWDCONFIG0	WDCONFIG0	WWDSTAT	WDDIAG	FWDSTAT1	FWDSTAT0	TECSTAT	WDSTAT0
w	w	w	w	w	w	w	w

Field	Bits	Type	Description
WWDCONFIG0	7	w	Read Status Register WWDConfig0 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
WDCONFIG0	6	w	Read Status Register WDConfig0 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
WWDSTAT	5	w	Read Status Register WWDStat 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
WDDIAG	4	w	Read Configuration Register WdDiag 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
FWDSTAT1	3	w	Read Configuration Register FWDStat1 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
FWDSTAT0	2	w	Read Diagnosis Register FWDStat0 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
TECSTAT	1	w	Read Diagnosis Register TECStat 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B
WDSTAT0	0	w	Read Status Register WdStat0 0 _B , no action 1 _B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0 _B

MSCReadDiag0EOT

Offset
004_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
PPOVDIAG	DIAG1	EOTSTAT 2	EOTSTAT 1	EOTSTAT 0	COMDIAG	VRSDIAG 1	VRSDIAG 0
w	w	w	w	w	w	w	w

Field	Bits	Type	Description
PPOVDIAG	7	w	Read Diagnosis Register PPOVDiag 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
DIAG1	6	w	Read Diagnosis Register Diag1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
EOTSTAT2	5	w	Read Status Register EOTStat2 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
EOTSTAT1	4	w	Read Status Register EOTStat1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
EOTSTAT0	3	w	Read Status Register EOTStat0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
COMDIAG	2	w	Read Diagnosis Register ComDiag 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
VRSDIAG1	1	w	Read Diagnosis Register VRSDiag1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
VRSDIAG0	0	w	Read Diagnosis Register VRSDiag0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

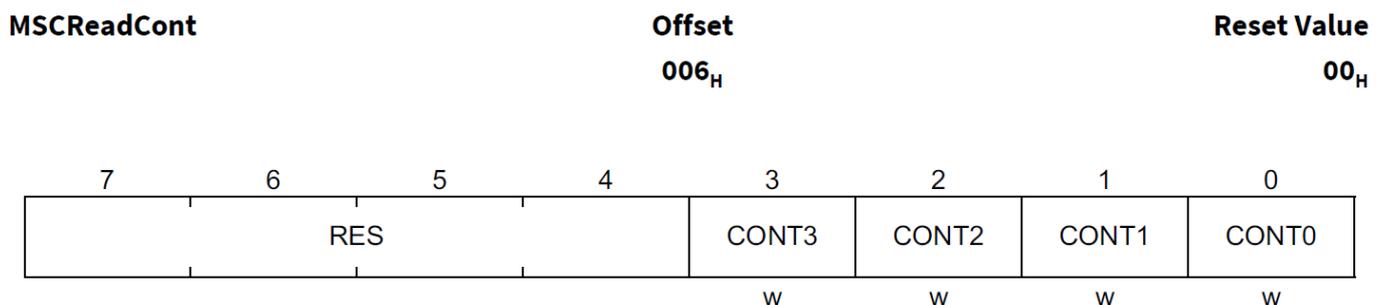
MSCReadDiag1

Offset
005_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
IGNDIAG	BRIDIAG 1	BRIDIAG 0	OUTDIAG 4	OUTDIAG 3	OUTDIAG 2	OUTDIAG 1	OUTDIAG 0
w	w	w	w	w	w	w	w

Field	Bits	Type	Description
IGNDIAG	7	w	Read Diagnosis Register IgnDiag 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
BRIDIAG1	6	w	Read Diagnosis Register BriDiag1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
BRIDIAG0	5	w	Read Diagnosis Register BriDiag0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTDIAG4	4	w	Read Diagnosis Register OutDiag4 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTDIAG3	3	w	Read Diagnosis Register OutDiag3 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTDIAG2	2	w	Read Diagnosis Register OutDiag2 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTDIAG1	1	w	Read Diagnosis Register OutDiag1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTDIAG0	0	w	Read Diagnosis Register OutDiag0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B



Field	Bits	Type	Description
CONT3	3	w	Read Control Register Cont3 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
CONT2	2	w	Read Control Register Cont2 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
CONT1	1	w	Read Control Register Cont1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
CONT0	0	w	Read Control Register Cont0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

MSCReadConfig0

Offset
007_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
BRICONF IG1	BRICONF IG0	OUTCONF IG5	OUTCONF IG4	OUTCONF IG3	OUTCONF IG2	OUTCONF IG1	OUTCONF IG0
w	w	w	w	w	w	w	w

Field	Bits	Type	Description
BRICONFIG 1	7	w	Read Configuration Register BriConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
BRICONFIG 0	6	w	Read Configuration Register BriConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTCONFI G5	5	w	Read Configuration Register OutConfig5 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

Field	Bits	Type	Description
OUTCONFIG 4	4	w	Read Configuration Register OutConfig4 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTCONFIG 3	3	w	Read Configuration Register OutConfig3 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTCONFIG 2	2	w	Read Configuration Register OutConfig2 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTCONFIG 1	1	w	Read Configuration Register OutConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OUTCONFIG 0	0	w	Read Configuration Register OutConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

MSCReadConfig1

Offset
008_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
EOTCONF IG1	EOTCONF IG0	VRSCONF IG1	VRSCONF IG0	OPCONF IG0	COMCONF IG1	COMCONF IG0	IGNCONF IG
w	w	w	w	w	w	w	w

Field	Bits	Type	Description
EOTCONFIG1	7	w	Read Configuration Register EOTConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
EOTCONFIG0	6	w	Read Configuration Register EOTConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

Field	Bits	Type	Description
VRSCONFIG1	5	w	Read Configuration Register VRSConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
VRSCONFIG0	4	w	Read Configuration Register VRSConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OPCONFIG0	3	w	Read Configuration Register OpConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
COMCONFIG1	2	w	Read Configuration Register ComConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
COMCONFIG0	1	w	Read Configuration Register ComConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
IGNCONFIG	0	w	Read Configuration Register IGNConfig 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

MSCReadConfig2

Offset
009_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
INCONFI G3	INCONFI G2	INCONFI G1	INCONFI G0	DDCONFI G3	DDCONFI G2	DDCONFI G1	DDCONFI G0
w	w	w	w	w	w	w	w

Field	Bits	Type	Description
INCONFIG3	7	w	Read Configuration Register InConfig3 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

Field	Bits	Type	Description
VRSCONFIG2	4	w	Read Configuration Register VRSConfig2 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OECONFIG3	3	w	Read Configuration Register OEConfig3 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OECONFIG2	2	w	Read Configuration Register OEConfig2 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OECONFIG1	1	w	Read Configuration Register OEConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OECONFIG0	0	w	Read Configuration Register OEConfig0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

MSCReadMain

Offset
 $00B_H$

Reset Value
 00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
RES	WWDCONFIG1	TECCONFIG	FWDCONFIG	WDCONFIG1	OPSTAT1	OPSTAT0	DIAG0
	w	w	w	w	w	w	w

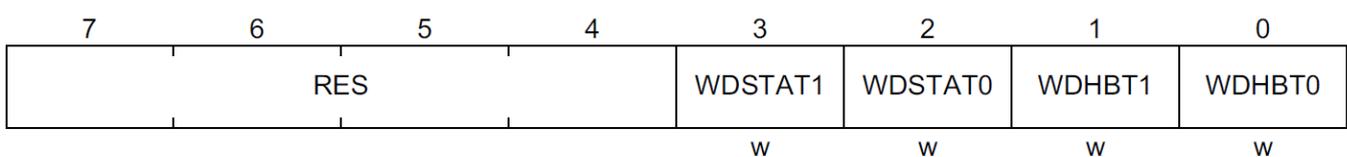
Field	Bits	Type	Description
WWDCONFIG1	6	w	Read Status Register WWDConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
TECCONFIG	5	w	Read Status Register TECConfig 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

Field	Bits	Type	Description
FWDCONFIG	4	w	Read Status Register FWDConfig 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
WDCONFIG1	3	w	Read Status Register WDConfig1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OPSTAT1	2	w	Read Status Register OpStat1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
OPSTAT0	1	w	Read Status Register OpStat0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
DIAGO	0	w	Read Diagnosis Register Diag0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

MSCReadWd1

Offset
 $00C_H$

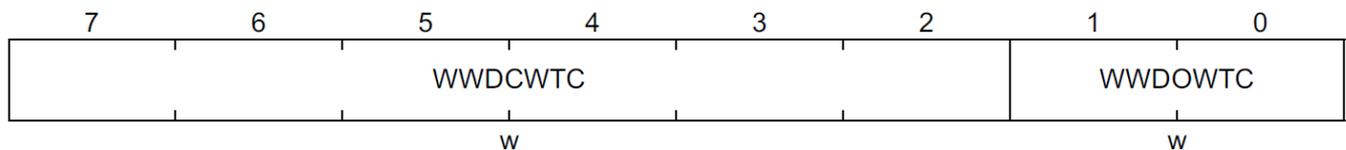
Reset Value
 00_H



Field	Bits	Type	Description
WDSTAT1	3	w	Read Status Register WdStat1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
WDSTAT0	2	w	Read Status Register WdStat0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

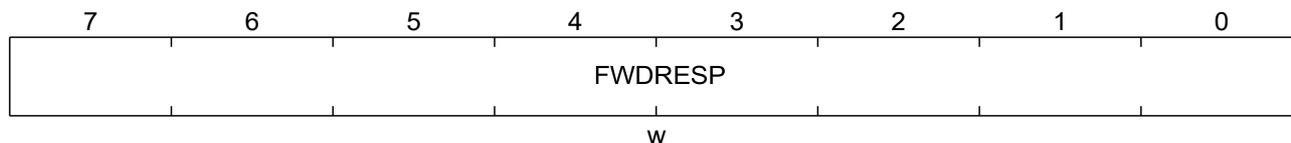
Field	Bits	Type	Description
WDHBT1	1	w	Read Status Register WDHBT1 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B
WDHBT0	0	w	Read Status Register WDHBT0 0_B , no action 1_B , multi read operation executed (order MSB to LSB) Reset: 0_B

WWDServiceCmd **Offset** **Reset Value**
015_H **00_H**



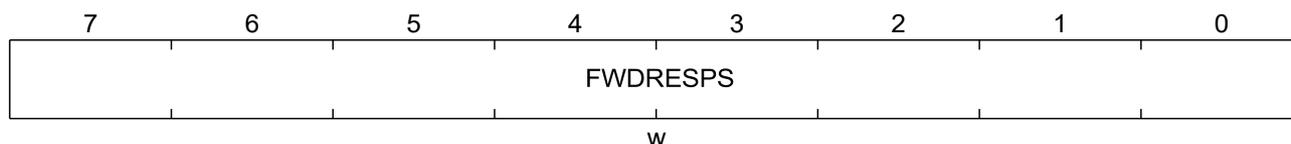
Field	Bits	Type	Description
WWDWCWTC	7:2	w	Window Watchdog Closed Window Time Write Command: Set WWDWCWTC in register WWDConfig0 000000_B , no change - old setting used for open and closed window 000001_B , 1,6 ms 111111_B , 100,8 ms Reset: 000000_B
WWDOWTC	1:0	w	Window Watchdog Open Window Time Write Command: Set WWDOWTC in register WWDConfig0 00_B , 3,2 ms 01_B , 6,4 ms 10_B , 9,6 ms 11_B , 12,8 ms Reset: 00_B

FWDRespCmd **Offset** **Reset Value**
016_H **00_H**



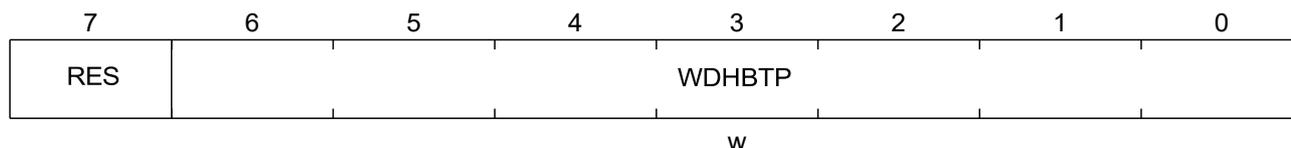
Field	Bits	Type	Description
FWDRESP	7:0	w	Functional Watchdog Response Byte Write Command Reset: 00 _H

FWDRespSyncCmd **Offset** **Reset Value**
017_H **00_H**

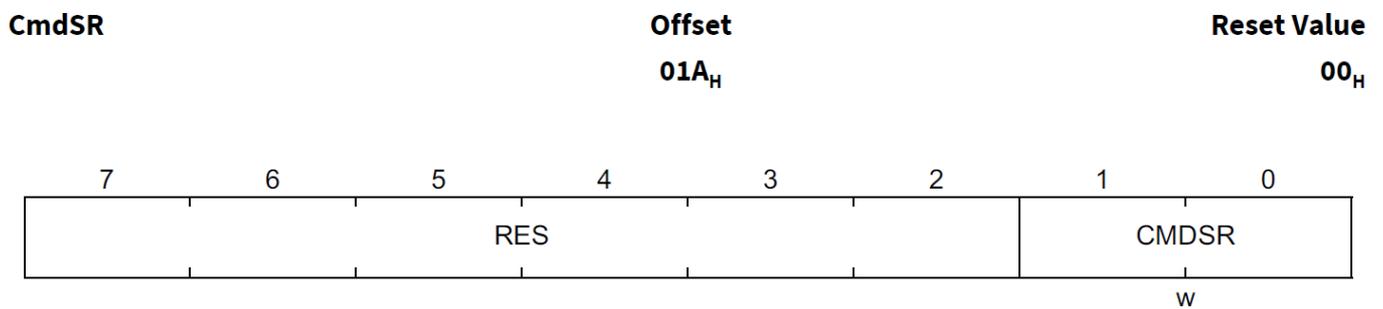


Field	Bits	Type	Description
FWDRESPS	7:0	w	Functional Watchdog Response Byte Write and Heartbeat Synchronisation Command Reset: 00 _H

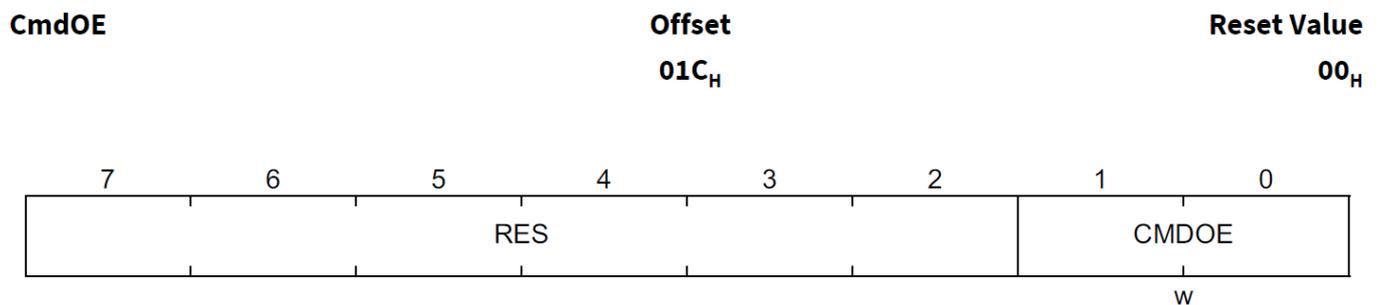
WDHBTPSyncCmd **Offset** **Reset Value**
018_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
WDHBTPC	6:0	w	Heartbeat Timer Period Write and Synchronisation Command: Set WDHBTP in register WDConfig0 0000000 _B , no change 0000001 _B , 1,6 ms 0000010 _B , 3,2 ms 1111111 _B , 203,2 ms Reset: 0000000 _B

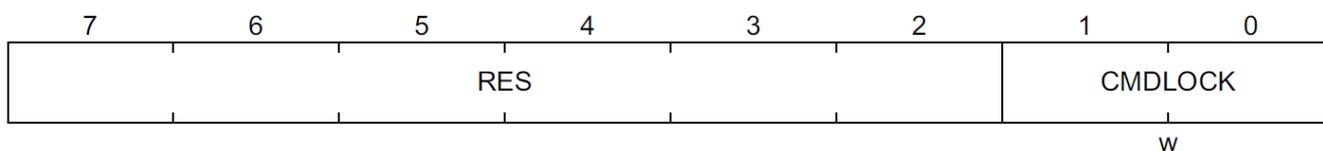


Field	Bits	Type	Description
CMDSR	1:0	w	Software Reset Command 00 _B , No action 01 _B , No action 10 _B , No action 11 _B , Initiate software reset Reset: 00 _B



Field	Bits	Type	Description
CMDOE	1:0	w	Global Output Enable Command 00 _B , No action 01 _B , Set Bit OE to 0 10 _B , Set Bit OE to 1 11 _B , No action Reset: 00 _B

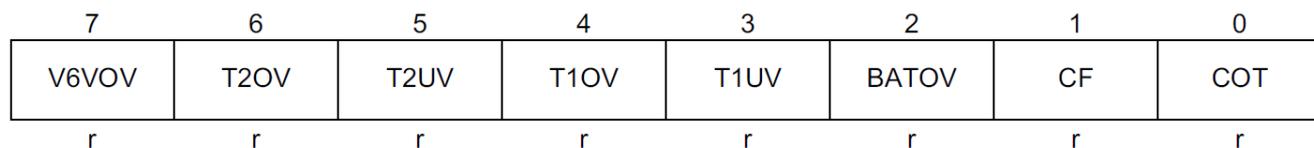
CmdLOCK **Offset** **Reset Value**
01E_H **00_H**



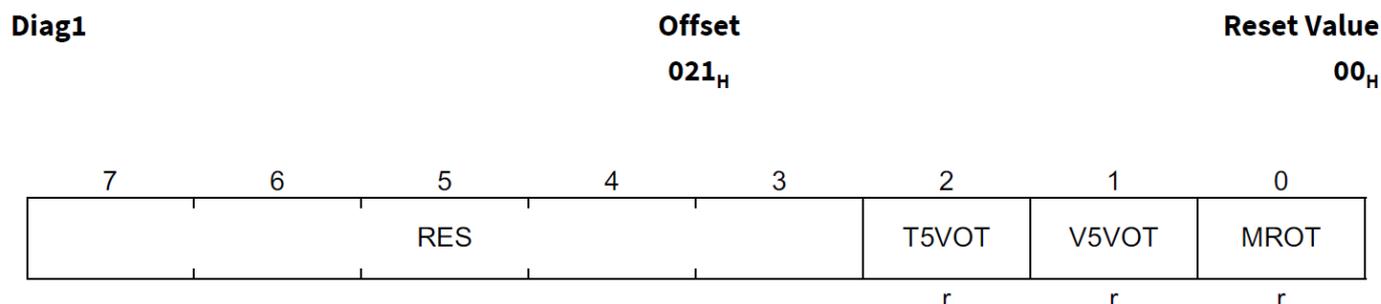
Field	Bits	Type	Description
CMDLOCK	1:0	w	Configuration Lock Command 00 _B , No action 01 _B , Set Bit LOCK to 0 10 _B , Set Bit LOCK to 1 11 _B , No action Reset: 00 _B

14.1.2 诊断寄存器

Diag0 **Offset** **Reset Value**
020_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
V6VOV	7	r	Overvoltage Diagnosis Bit of 6 V Supply V6V: 0 _B , no overvoltage 1 _B , overvoltage Reset: 0 _B
T2OV	6	r	Overvoltage Diagnosis Bit of Tracker Output T5V2: 0 _B , no overvoltage 1 _B , overvoltage Reset: 0 _B
T2UV	5	r	Undervoltage Diagnosis Bit of Tracker Output T5V2: 0 _B , no overvoltage 1 _B , overvoltage Reset: 0 _B
T1OV	4	r	Overvoltage Diagnosis Bit of Tracker Output T5V1: 0 _B , no overvoltage 1 _B , overvoltage Reset: 0 _B
T1UV	3	r	Undervoltage Diagnosis Bit of Tracker Output T5V1: 0 _B , no overvoltage 1 _B , overvoltage Reset: 0 _B
BATOV	2	r	Battery Overvoltage Diagnosis Bit: 0 _B , no battery overvoltage 1 _B , battery overvoltage Reset: 0 _B
CF	1	r	Central Failure Diagnosis Bit: 0 _B , no failure 1 _B , failure of minimum one diagnostic detected Reset: 0 _B
COT	0	r	Central Overtemperature Diagnosis Bit: 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature of minimum one temperature sensor Reset: 0 _B



Field	Bits	Type	Description
T5VOT	2	r	Tracker Overtemperature Diagnosis Bit: 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature Reset: 0 _B
V5VOT	1	r	V5V Regulator Overtemperature Diagnosis Bit: 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature Reset: 0 _B
MROT	0	r	Main Relay Overtemperature Diagnosis Bit: 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature Reset: 0 _B

VRSDiag0

Offset
022_H

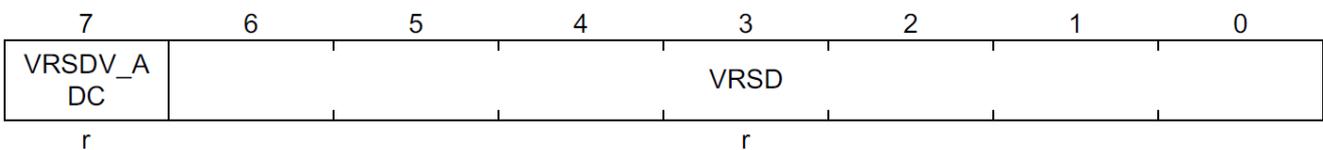
Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
	RES		VRSDV_O L	VRSDV_S C	VRSOL	VRSB	VRSG
			r	r	r	r	r

Field	Bits	Type	Description
VRSDV_OL	4	r	Open Load Measurement Data Valid Bit 0 _B , measurement data not valid 1 _B , measurement data valid Reset: 0 _B
VRSDV_SC	3	r	Short to GND/Bat Measurement Data Valid Bit 0 _B , measurement data not valid 1 _B , measurement data valid Reset: 0 _B
VRSOL	2	r	VRS Open Load Diagnosis Bit: 0 _B , no open load 1 _B , open load Reset: 0 _B
VRSB	1	r	VRS Short to Battery Diagnosis Bit: 0 _B , no short to battery 1 _B , short to battery Reset: 0 _B

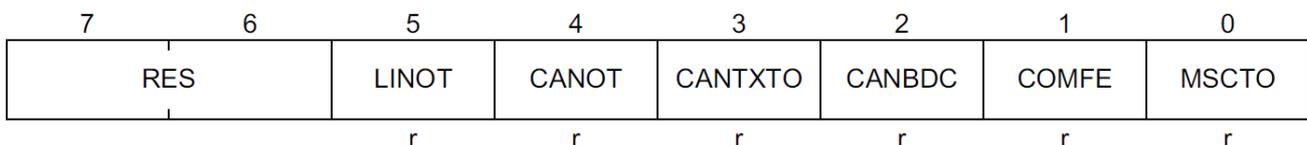
Field	Bits	Type	Description
VRSG	0	r	VRS Short to GND Diagnosis Bit: 0_B , no short to GND 1_B , short to GND Reset: 0_B

VRSDiag1 **Offset** **Reset Value**
023_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
VRSDV_ADC	7	r	ADC Measurement Data Valid Bit 0_B , measurement data not valid 1_B , measurement data valid Reset: 0_B
VRSD	6:0	r	VRS Diagnosis Measurement Result Register Reset: 0000000_B

ComDiag **Offset** **Reset Value**
024_H **00_H**



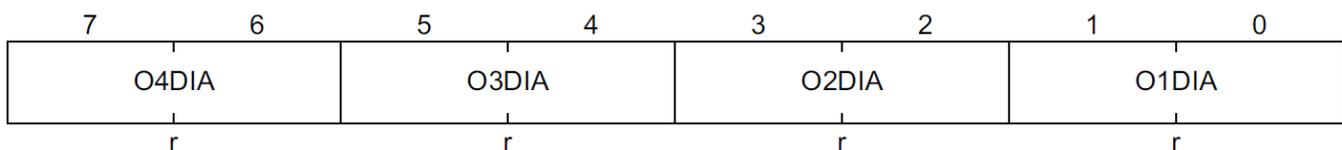
Field	Bits	Type	Description
LINOT	5	r	LIN Overtemperature Diagnosis Bit: 0_B , no overtemperature 1_B , overtemperature Reset: 0_B

Field	Bits	Type	Description
CANOT	4	r	CAN Overtemperature Diagnosis Bit: 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature Reset: 0 _B
CANTXTO	3	r	CAN TX Dominant Time Out Error Diagnosis Bit: 0 _B , no error 1 _B , TX dominant time out error Reset: 0 _B
CANBDC	2	r	CAN Bus Line Dominant Clamp Error Diagnosis Bit: 0 _B , no error 1 _B , bus dominant clamp error Reset: 0 _B
COMFE	1	r	Communication Frame Error Diagnosis Bit: 0 _B , no MSC/SPI frame error 1 _B , MSC/SPI frame error Reset: 0 _B
MSCTO	0	r	MSC Time Out Failure Diagnosis Bit: 0 _B , no failure 1 _B , MSC time out Reset: 0 _B

OutDiag0

Offset
 025_H

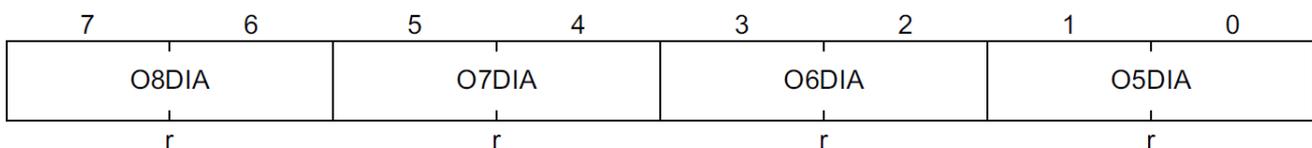
Reset Value
 00_H



Field	Bits	Type	Description
O4DIA	7:6	r	Output4 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O3DIA	5:4	r	Output3 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O2DIA	3:2	r	Output2 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B

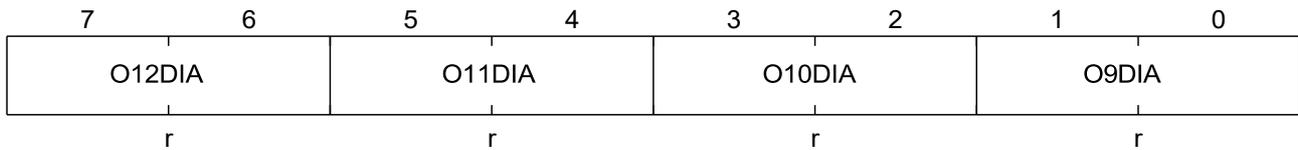
Field	Bits	Type	Description
O1DIA	1:0	r	Output1 Diagnosis Bits: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat (overcurrent) or overtemperature 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B

OutDiag1 **Offset** **Reset Value**
026_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
O8DIA	7:6	r	Output8 (DFB8) Diagnosis Bit: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B
O7DIA	5:4	r	Output7 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O6DIA	3:2	r	Output6 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O5DIA	1:0	r	Output5 Diagnosis Bits: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat (overcurrent) or overtemperature 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B

OutDiag2 **Offset** **Reset Value**
027_H **00_H**

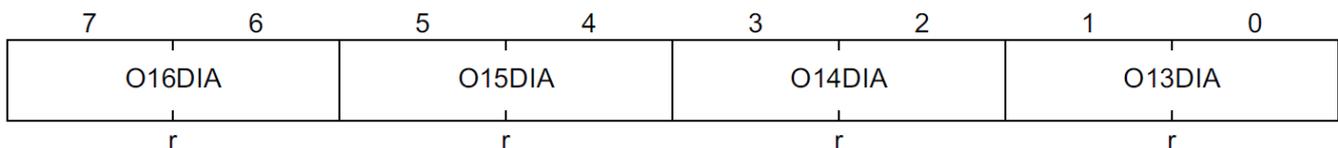


Field	Bits	Type	Description
O12DIA	7:6	r	Output12 (DFB12) Diagnosis Bit: see below Reset: 00 _B
O11DIA	5:4	r	Output11 (DFB11) Diagnosis Bit: see below Reset: 00 _B
O10DIA	3:2	r	Output10 (DFB10) Diagnosis Bit: see below Reset: 00 _B
O9DIA	1:0	r	Output9 (DFB9) Diagnosis Bit: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B

OutDiag3

Offset
028_H

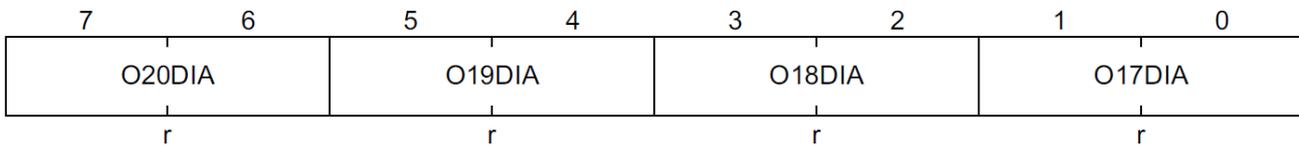
Reset Value
00_H



Field	Bits	Type	Description
O16DIA	7:6	r	Output16 Diagnosis Bit: see below Reset: 00 _B
O15DIA	5:4	r	Output15 Diagnosis Bit: see below Reset: 00 _B
O14DIA	3:2	r	Output14 Diagnosis Bit: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat (overcurrent) or overtemperature 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B

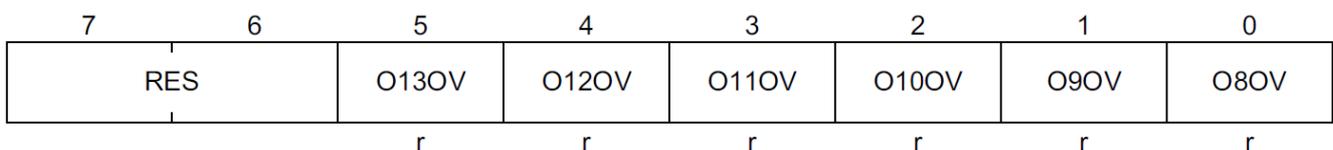
Field	Bits	Type	Description
O13DIA	1:0	r	Output13 (DFB13) Diagnosis Bit: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B

OutDiag4 **Offset** **Reset Value**
029_H **00_H**



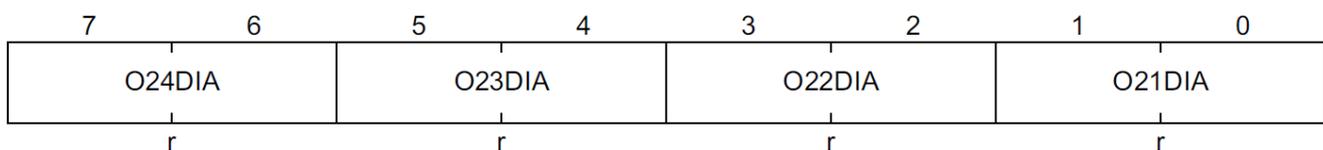
Field	Bits	Type	Description
O20DIA	7:6	r	Output20 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O19DIA	5:4	r	Output19 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O18DIA	3:2	r	Output18 Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
O17DIA	1:0	r	Output17 Diagnosis Bits: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat (overcurrent) or overtemperature 10 _B , open load in off 11 _B , short circuit to ground in off Reset: 00 _B

PPOVDiag **Offset** **Reset Value**
02A_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
O130V	5	r	Output13 Overvoltage Diagnosis Bit: 0_B , no overvoltage 1_B , overvoltage Reset: 0_B
O120V	4	r	Output12 Overvoltage Diagnosis Bit: 0_B , no overvoltage 1_B , overvoltage Reset: 0_B
O110V	3	r	Output11 Overvoltage Diagnosis Bit: 0_B , no overvoltage 1_B , overvoltage Reset: 0_B
O100V	2	r	Output10 Overvoltage Diagnosis Bit: 0_B , no overvoltage 1_B , overvoltage Reset: 0_B
O90V	1	r	Output9 Overvoltage Diagnosis Bit: 0_B , no overvoltage 1_B , overvoltage Reset: 0_B
O80V	0	r	Output8 Overvoltage Diagnosis Bit: 0_B , no overvoltage 1_B , overvoltage Reset: 0_B

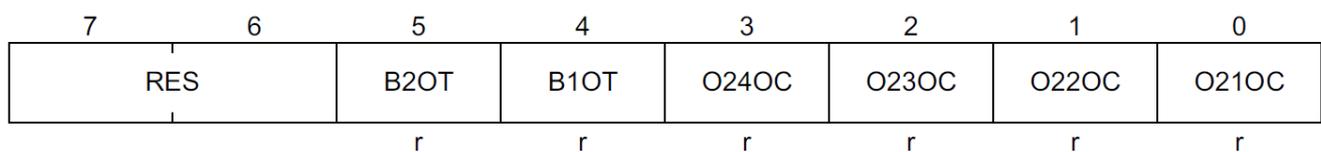
BriDiag0 **Offset** **Reset Value**
02B_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
O24DIA	7:6	r	Output24 Diagnosis Bits (in off) Reset: 00_B
O23DIA	5:4	r	Output23 Diagnosis Bits (in off) Reset: 00_B

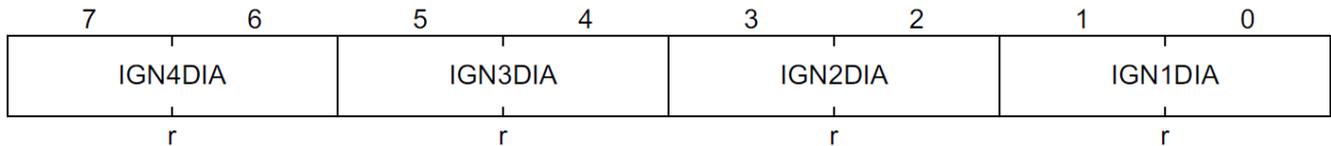
Field	Bits	Type	Description
O22DIA	3:2	r	Output22 Diagnosis Bits (in off) Reset: 00 _B
O21DIA	1:0	r	Output21 Diagnosis Bits (in off) Reset: 00 _B

BriDiag1 **Offset** **Reset Value**
02C_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
B2OT	5	r	Output23,24 Overtemperature Diagnosis Bit 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature Reset: 0 _B
B1OT	4	r	Output21,22 Overtemperature Diagnosis Bit 0 _B , no overtemperature 1 _B , overtemperature Reset: 0 _B
O24OC	3	r	Output24 Overcurrent Diagnosis Bit 0 _B , no overcurrent 1 _B , overcurrent Reset: 0 _B
O23OC	2	r	Output23 Overcurrent Diagnosis Bit 0 _B , no overcurrent 1 _B , overcurrent Reset: 0 _B
O22OC	1	r	Output22 Overcurrent Diagnosis Bit 0 _B , no overcurrent 1 _B , overcurrent Reset: 0 _B
O21OC	0	r	Output21 Overcurrent Diagnosis Bit 0 _B , no overcurrent 1 _B , overcurrent Reset: 0 _B

IgnDiag **Offset** **Reset Value**
02D_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
IGN4DIA	7:6	r	Ignition 4 Output Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
IGN3DIA	5:4	r	Ignition 3 Output Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
IGN2DIA	3:2	r	Ignition 2 Output Diagnosis Bits: see below Reset: 00 _B
IGN1DIA	1:0	r	Ignition 1 Output Diagnosis Bits: 00 _B , no failure 01 _B , short circuit to bat or overtemperature 10 _B , open load 11 _B , short circuit to ground in on Reset: 00 _B

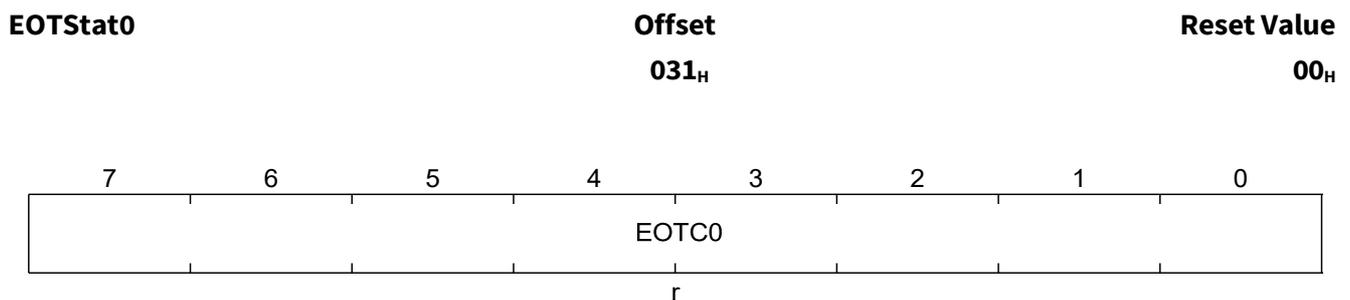
WdDiag **Offset** **Reset Value**
02E_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
TECRES	6	r	Reset caused by TEC: 0 _B , no reset (caused by TEC) happened 1 _B , reset (caused by TEC) happened Reset: 0 _B

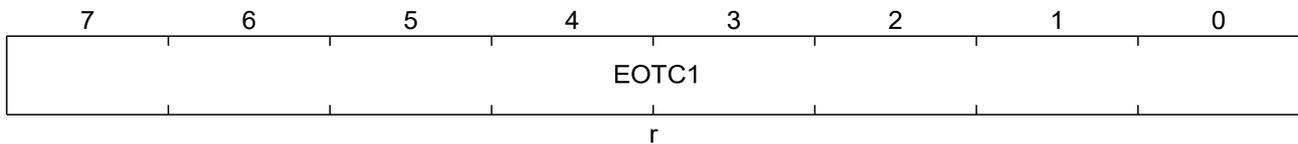
Field	Bits	Type	Description
FWDRES	5	r	Reset caused by Functional Watchdog: 0 _B , no functional watchdog reset happened 1 _B , functional watchdog reset happened Reset: 0 _B
WWDRES	4	r	Reset caused by Window Watchdog: 0 _B , no window watchdog reset happened 1 _B , window watchdog reset happened Reset: 0 _B
FWDREA	3	r	Functional Watchdog Response Error of Actual Running Sequence Diagnosis Bit: 0 _B , no error 1 _B , error Reset: 0 _B
FWDREL	2	r	Functional Watchdog Response Error of Last Sequence Diagnosis Bit: 0 _B , no error 1 _B , error Reset: 0 _B
WWDSC	1	r	Window Watchdog Service Command too Early Diagnosis Bit: 0 _B , service command in time 1 _B , service command too early Reset: 0 _B
WWDTO	0	r	Window Watchdog Time Out Diagnosis Bit: 0 _B , no time out 1 _B , time out Reset: 0 _B

14.1.3 状态寄存器



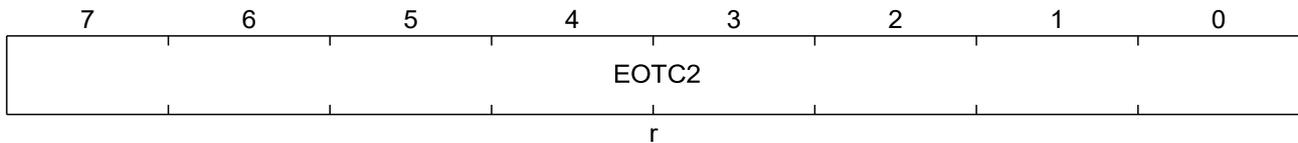
Field	Bits	Type	Description
EOTC0	7:0	r	Engine Off Timer Counter Value Bits: (Bit 7 - 0) Reset: 00 _H

EOTStat1 **Offset**
032_H **Reset Value**
00_H



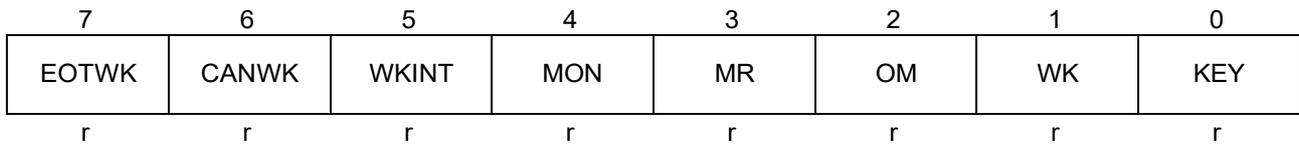
Field	Bits	Type	Description
EOTC1	7:0	r	Engine Off Timer Counter Value Bits: (Bit 15 - 8) Reset: 00 _H

EOTStat2 **Offset**
033_H **Reset Value**
00_H



Field	Bits	Type	Description
EOTC2	7:0	r	Engine Off Timer Counter Value Bits: (Bit 23 - 16) Reset: 00 _H

OpStat0 **Offset**
034_H **Reset Value**
00_H



Field	Bits	Type	Description
EOTWK	7	r	Status of internal EOTWK signal: 0_B , EOTWK is inactive 1_B , EOTWK is active Reset: 0_B
CANWK	6	r	Status of internal CANWK signal: 0_B , CANWK is inactive 1_B , CANWK is active Reset: 0_B
WKINT	5	r	Status of internal WKINT signal: 0_B , WKINT is inactive 1_B , WKINT is active Reset: 0_B
MON	4	r	MON Pin Status Bit: 0_B , active (low) 1_B , inactive (high) Reset: 0_B
MR	3	r	Main Relay Switch On Status Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
OM	2	r	Operation Mode Bit: 0_B , normal operation 1_B , afterrun mode Reset: 0_B
WK	1	r	WK Status Bit (filtered): 0_B , WK = 0 1_B , WK = 1 Reset: 0_B
KEY	0	r	KEY Status Bit (filtered): 0_B , KEY = 0 1_B , KEY = 1 Reset: 0_B

OpStat1

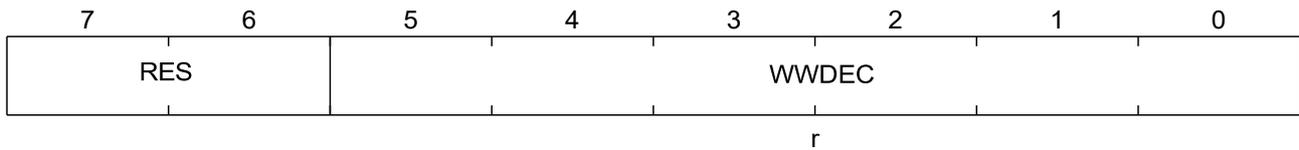
Offset
035_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
LOCK	OE	EOTRES	RSTR	V5VOVR	V5VUVR	WDRES	ARES
r	r	r	r	r	r	r	r

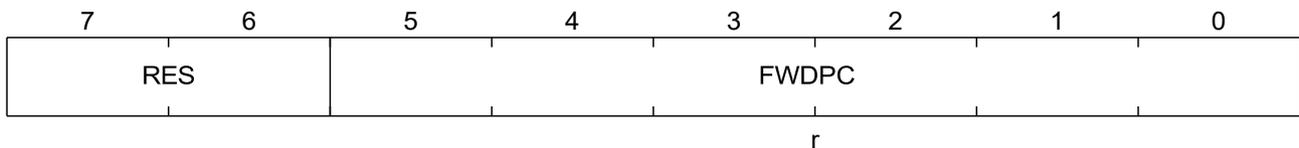
Field	Bits	Type	Description
LOCK	7	r	Configuration Lock Status Bit: 0 _B , Configuration registers unlocked 1 _B , Configuration registers locked Reset: 0 _B
OE	6	r	Global Output Enable Status Bit: 0 _B , outputs disabled and control register are reset 1 _B , outputs enabled Reset: 0 _B
EOTRES	5	r	Engine Off Timer Reset Status Bit: 0 _B , no EOT reset happened 1 _B , EOT reset happened Reset: 0 _B
RSTR	4	r	Reset caused by external RST Reset: (only valid if no internal power on reset occurs) 0 _B , no external RST reset happened 1 _B , external RST reset happened Reset: 0 _B
V5VOVR	3	r	Reset caused by V5V Overvoltage Reset: (only valid if no internal power on reset occurs) 0 _B , no V5V overvoltage reset happened 1 _B , V5V overvoltage reset happened Reset: 0 _B
V5VUVR	2	r	Reset caused by V5V Undervoltage Reset: (only valid if no internal power on reset occurs) 0 _B , no V5V undervoltage reset happened 1 _B , V5V undervoltage reset happened Reset: 0 _B
WDRES	1	r	Reset caused by Watchdog Reset: (only valid if no internal power on reset occurs) 0 _B , no watchdog reset happened 1 _B , watchdog reset happened Reset: 0 _B
ARES	0	r	Reset caused by Afterrun Reset: (only valid if no internal power on reset occurs) 0 _B , no afterrun reset happened 1 _B , afterrun reset happened Reset: 0 _B

WWDStat **Offset** **Reset Value**
036_H **30_H**



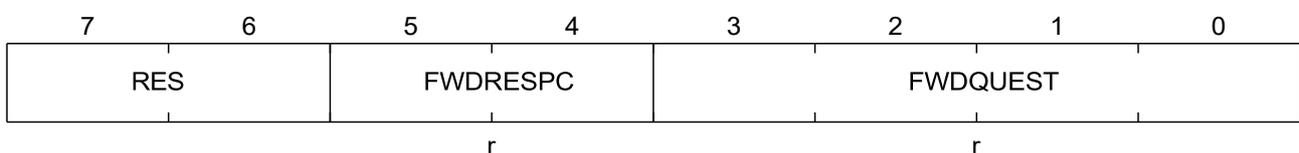
Field	Bits	Type	Description
WWDEC	5:0	r	Window Watchdog Error Counter Value Reset: 110000 _B

FWDStat0 **Offset** **Reset Value**
037_H **30_H**



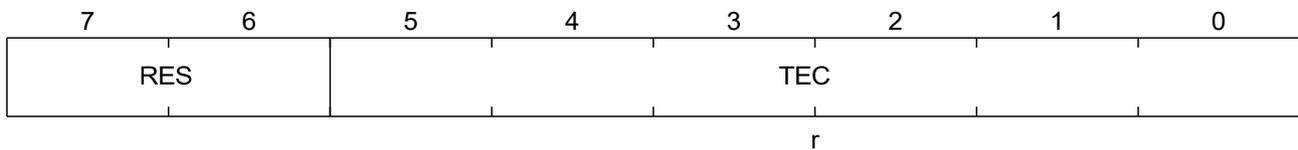
Field	Bits	Type	Description
FWDPC	5:0	r	Functional Watchdog Pass Counter Value Reset: 110000 _B

FWDStat1 **Offset** **Reset Value**
038_H **30_H**



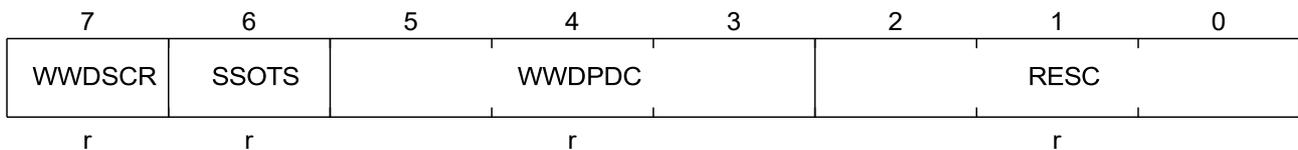
Field	Bits	Type	Description
FWDRESPC	5:4	r	Functional Watchdog Response Counter Value Reset: 11 _B
FWDQUEST	3:0	r	Functional Watchdog Question Reset: 0000 _B

TECStat **Offset** **Reset Value**
039_H **30_H**



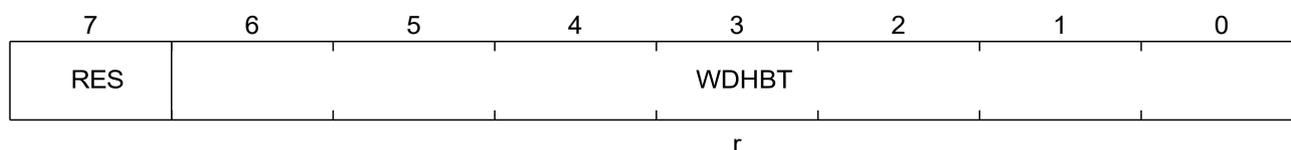
Field	Bits	Type	Description
TEC	5:0	r	Total Error Counter Value Reset: 110000 _B

WdStat0 **Offset** **Reset Value**
03A_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
WWDCR	7	r	Window Watchdog Service Command received 0 _B , No Service Command received 1 _B , Service Command received Reset: 0 _B
SSOTS	6	r	Secure Shut Off Timer Start Status Bit: 0 _B , timer reset 1 _B , timer started Reset: 0 _B

WDHBT1 **Offset** **Reset Value**
03D_H **00_H**

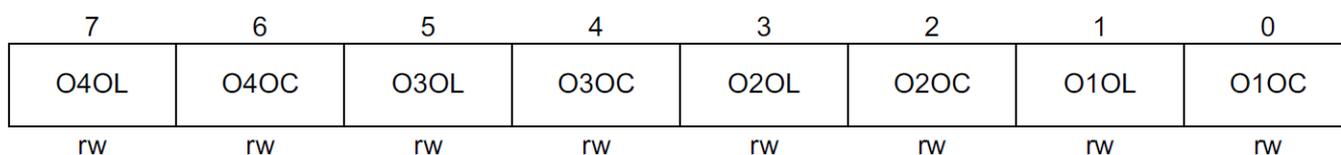


Field	Bits	Type	Description
WDHBT	6:0	r	Sampled Watchdog Heartbeat Timer Value Reset: 0000000 _B

14.1.4 配置寄存器

OutConfig0 被 LOCK = 1 锁定

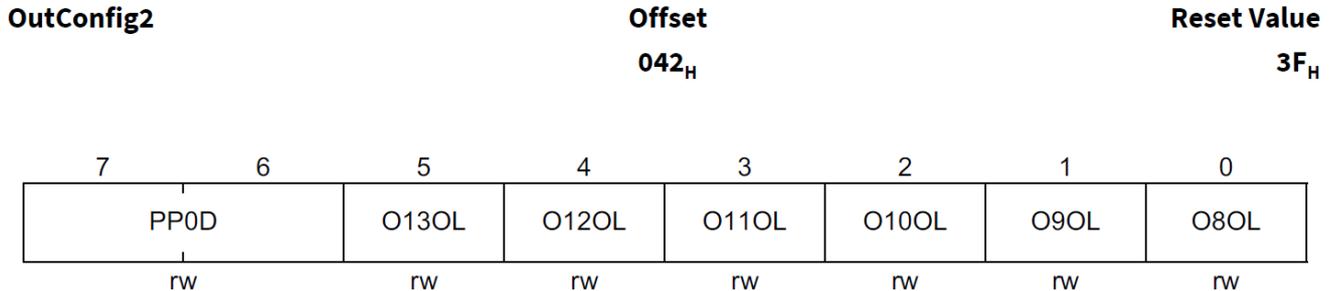
OutConfig0 **Offset** **Reset Value**
040_H **FF_H**



Field	Bits	Type	Description
O4OL	7	rw	Output4 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O4OC	6	rw	Output4 Overcurrent Protection Set Up: 0 _B , current limitation in case of overcurrent 1 _B , switch off in case of overcurrent Reset: 1 _B
O3OL	5	rw	Output3 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B

Field	Bits	Type	Description
O6OL	3	rw	Output6 Open Load Set Up: 0_B , pull down current deactivated 1_B , fully functional Reset: 1_B
O6OC	2	rw	Output6 Overcurrent Protection Set Up: 0_B , current limitation in case of overcurrent 1_B , switch off in case of overcurrent Reset: 1_B
O5OL	1	rw	Output5 Open Load Set Up: 0_B , pull down current deactivated 1_B , fully functional Reset: 1_B
O5OC	0	rw	Output5 Overcurrent Protection Set Up: 0_B , current limitation in case of overcurrent 1_B , switch off in case of overcurrent Reset: 1_B

OutConfig2 被 LOCK = 1 锁定

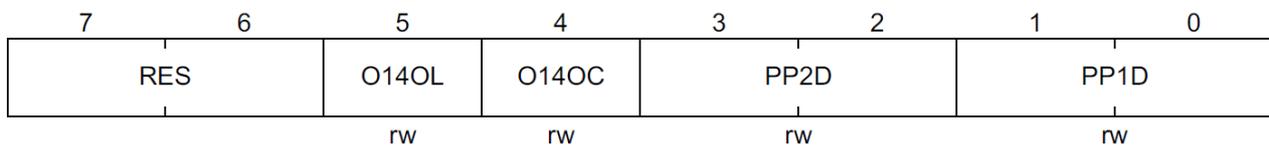


Field	Bits	Type	Description
PP0D	7:6	rw	Diagnosis in On Set Up for OUT8 and OUT9: 00_B , typ. 125 mV short to bat in on threshold 01_B , typ. 225 mV short to bat in on threshold 10_B , typ. 400 mV short to bat in on threshold 11_B , typ. 0.8 V short to bat in on threshold Reset: 00_B
O13OL	5	rw	Output13 Open Load Set Up: 0_B , pull down current deactivated 1_B , fully functional Reset: 1_B
O12OL	4	rw	Output12 Open Load Set Up: 0_B , pull down current deactivated 1_B , fully functional Reset: 1_B

Field	Bits	Type	Description
O110L	3	rw	Output11 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O100L	2	rw	Output10 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O90L	1	rw	Output9 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O80L	0	rw	Output8 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B

OutConfig3 被 LOCK = 1 锁定

OutConfig3 **Offset** **Reset Value**
043_H **30_H**



Field	Bits	Type	Description
O140L	5	rw	Output14 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O140C	4	rw	Output14 Overcurrent Protection Set Up: 0 _B , current limitation in case of overcurrent 1 _B , switch off in case of overcurrent Reset: 1 _B
PP2D	3:2	rw	Diagnosis in On Set Up for OUT12 and OUT13: 00 _B , typ. 125 mV short to bat in on threshold 01 _B , typ. 225 mV short to bat in on threshold 10 _B , typ. 400 mV short to bat in on threshold 11 _B , typ. 0.8 V short to bat in on threshold Reset: 00 _B

Field	Bits	Type	Description
PP1D	1:0	rw	Diagnosis in On Set Up for OUT10 and OUT11: 00 _B , typ. 125 mV short to bat in on threshold 01 _B , typ. 225 mV short to bat in on threshold 10 _B , typ. 400 mV short to bat in on threshold 11 _B , typ. 0.8 V short to bat in on threshold Reset: 00 _B

OutConfig4 被 LOCK = 1 锁定

OutConfig4		Offset 044 _H		Reset Value 3F _H			
7	6	5	4	3	2	1	0
RES	O17D	O17OL	O17OC	O16OL	O16OC	O15OL	O15OC
	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Field	Bits	Type	Description
O17D	6	rw	Output17 Delayed Off Set Up: 0 _B , no delayed off function 1 _B , delayed off function activated Reset: 0 _B
O17OL	5	rw	Output17 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O17OC	4	rw	Output17 Overcurrent Protection Set Up: 0 _B , current limitation in case of overcurrent 1 _B , switch off in case of overcurrent Reset: 1 _B
O16OL	3	rw	Output16 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B
O16OC	2	rw	Output16 Overcurrent Protection Set Up: 0 _B , current limitation in case of overcurrent 1 _B , switch off in case of overcurrent Reset: 1 _B
O15OL	1	rw	Output15 Open Load Set Up: 0 _B , pull down current deactivated 1 _B , fully functional Reset: 1 _B

BriConfig0 被 LOCK = 1 锁定

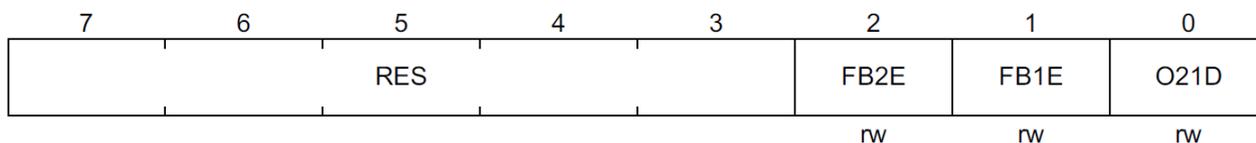
BriConfig0 **Offset** **Reset Value**
046_H **00_H**

	7	6	5	4	3	2	1	0
	O24F	O24M	O23F	O23M	O22F	O22M	O21F	O21M
	rw							

Field	Bits	Type	Description
O24F	7	rw	Output24 Freewheeling Mode Set Up: 0 _B , passive freewheeling mode 1 _B , active freewheeling mode Reset: 0 _B
O24M	6	rw	Output24 Mode Set Up: 0 _B , low-side switch mode 1 _B , high-side switch mode Reset: 0 _B
O23F	5	rw	Output23 Freewheeling Mode Set Up: 0 _B , passive freewheeling mode 1 _B , active freewheeling mode Reset: 0 _B
O23M	4	rw	Output23 Mode Set Up: 0 _B , low-side switch mode 1 _B , high-side switch mode Reset: 0 _B
O22F	3	rw	Output22 Freewheeling Mode Set Up: 0 _B , passive freewheeling mode 1 _B , active freewheeling mode Reset: 0 _B
O22M	2	rw	Output22 Mode Set Up: 0 _B , low-side switch mode 1 _B , high-side switch mode Reset: 0 _B
O21F	1	rw	Output21 Freewheeling Mode Set Up: 0 _B , passive freewheeling mode 1 _B , active freewheeling mode Reset: 0 _B
O21M	0	rw	Output21 Mode Set Up: 0 _B , low-side switch mode 1 _B , high-side switch mode Reset: 0 _B

BriConfig1 被 LOCK = 1 锁定

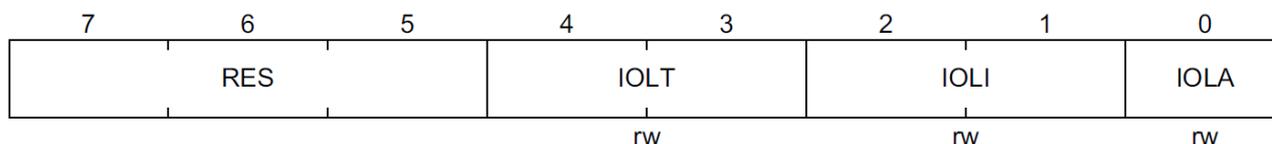
BriConfig1 **Offset** **Reset Value**
047_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
FB2E	2	rw	Full Bridge 2 Enable Bit: 0 _B , Output 23 and 24 are not used in full bridge configuration 1 _B , Output 23 and 24 are used in full bridge configuration Reset: 0 _B
FB1E	1	rw	Full Bridge 1 Enable Bit: 0 _B , Output 21 and 22 are not used in full bridge configuration 1 _B , Output 21 and 22 are used in full bridge configuration Reset: 0 _B
O21D	0	rw	Output21 Delayed Off Set Up: 0 _B , no delayed off function 1 _B , delayed off function activated Reset: 0 _B

IGNConfig 被 LOCK = 1 锁定

IGNConfig **Offset** **Reset Value**
048_H **00_H**

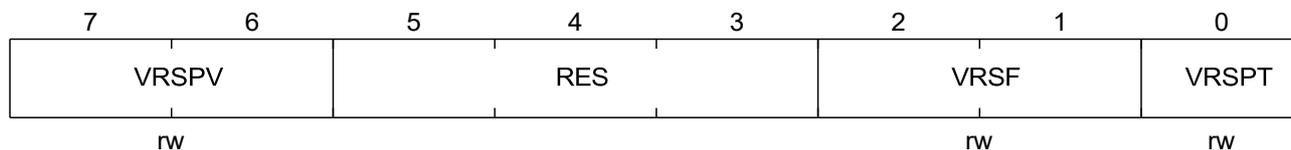


Field	Bits	Type	Description
IOLT	4:3	rw	Ignition Time Setting for Open Load Detection: 00 _B , 64 μs 01 _B , 256 μs 10 _B , 512 μs 11 _B , 768 μs Reset: 00 _B
IOLI	2:1	rw	Ignition Current Setting for Open Load Detection: 00 _B , -100 μA 01 _B , -400 μA 10 _B , -1 mA 11 _B , -4 mA Reset: 00 _B
IOLA	0	rw	Ignition Open Load Detection Activation: 0 _B , no open load detection 1 _B , open load detection active Reset: 0 _B

VRSCfg0

Offset
 049_H

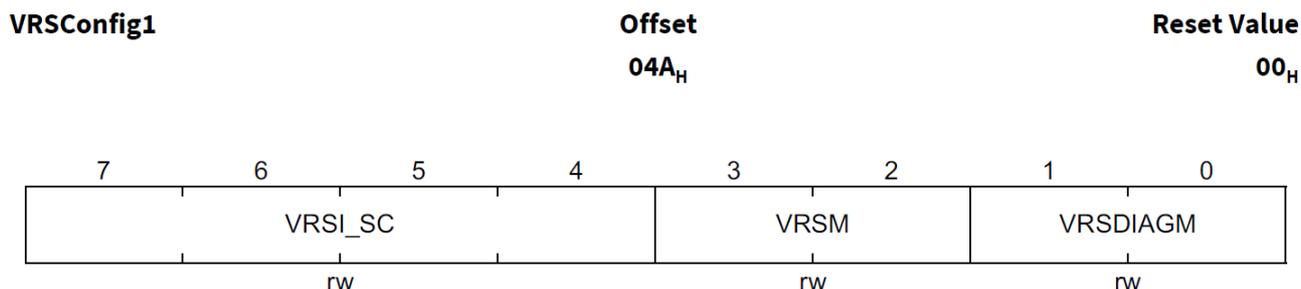
Reset Value
 00_H



Field	Bits	Type	Description
VRSPV	7:6	rw	VRS Peak Voltage Detection Set Up: 00 _B , 50 mV 01 _B , 150 mV 10 _B , 350 mV 11 _B , 550 mV Reset: 00 _B
VRSF	2:1	rw	VRS Output Filter Time Set Up: 00 _B , 1 μs, reset value 01 _B , 5 μs 10 _B , 10 μs 11 _B , 20 μs Reset: 00 _B

Field	Bits	Type	Description
VRSPT	0	rw	VRS Peak Time Set Up: 0 _B , 10 μs, reset value 1 _B , 250 μs Reset: 0 _B

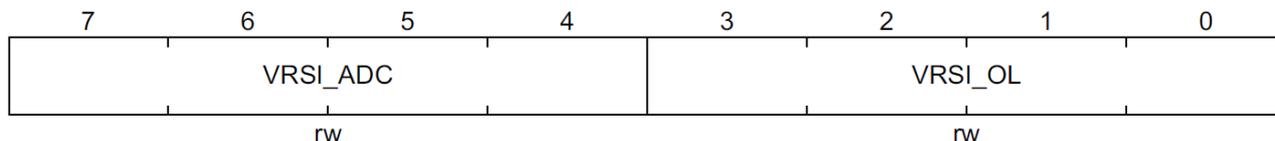
VRConfig1被 LOCK = 1 锁定



Field	Bits	Type	Description
VRSI_SC	7:4	rw	Current setting for short to GND/Bat measurement 0000 _B , 10 μA 0001 _B , 20 μA 0010 _B , 30 μA 0011 _B , 40 μA 0100 _B , 50 μA 0101 _B , 60 μA 0110 _B , 70 μA 0111 _B , 80 μA 1000 _B , 100 μA 1001 _B , 120 μA 1010 _B , 140 μA 1011 _B , 160 μA 1100 _B , to full scale (0b1111) 160 μA Reset: 0000 _B
VRSM	3:2	rw	VRS/Hall Sensor Mode Set Up: 00 _B , auto detection mode for VR sensor signals (reset value) 01 _B , semi auto detection mode for VR sensor signals 10 _B , manuel detection mode for VR sensor signals 11 _B , Hall sensor mode Reset: 00 _B
VRSDIAGM	1:0	rw	VRS Diagnosis Mode Set Up: 00 _B , normal detection mode 01 _B , short to GND/Bat diagnosis mode 10 _B , open load diagnosis mode 11 _B , ADC diagnosis mode Reset: 00 _B

VRConfig2 被 LOCK = 1 锁定

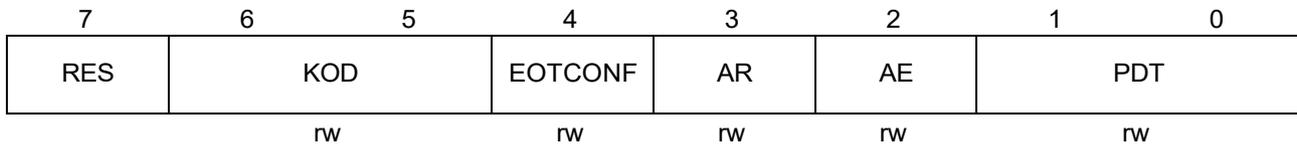
VRConfig2 **Offset** **Reset Value**
04B_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
VRSI_ADC	7:4	rw	Current setting for ADC measurement 0000 _B , 10 μA 0001 _B , 20 μA 0010 _B , 30 μA 0011 _B , 40 μA 0100 _B , 50 μA 0101 _B , 60 μA 0110 _B , 70 μA 0111 _B , 80 μA 1000 _B , 100 μA 1001 _B , 120 μA 1010 _B , 140 μA 1011 _B , 160 μA 1100 _B , to full scale (0b1111) 160 μA Reset: 0000 _B
VRSI_OL	3:0	rw	Current setting for open load measurement 0000 _B , 10 μA 0001 _B , 20 μA 0010 _B , 30 μA 0011 _B , 40 μA 0100 _B , 50 μA 0101 _B , 60 μA 0110 _B , 70 μA 0111 _B , 80 μA 1000 _B , 100 μA 1001 _B , 120 μA 1010 _B , 140 μA 1011 _B , 160 μA 1100 _B , to full scale (0b1111) 160 μA Reset: 0000 _B

OpConfig0 被LOCK = 1锁定

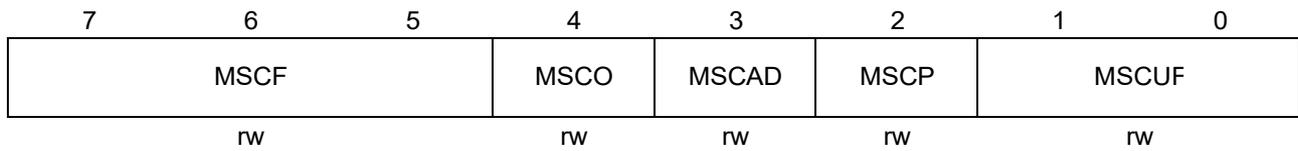
OpConfig0 **Offset** **Reset Value**
04E_H **09_H**



Field	Bits	Type	Description
KOD	6:5	rw	Key Off Delay Set Up: 00 _B , 100 ms 01 _B , 200 ms 10 _B , 400 ms 11 _B , 800 ms Reset: 00 _B
EOTCONF	4	rw	Engine Off Timer Configuration: 0 _B , timer start with negative edge of KEY signal 1 _B , timer start with command EOTS in register Cmd0 Reset: 0 _B
AR	3	rw	Afterrun Reset Behavior Set Up: 0 _B , no afterrun reset 1 _B , afterrun reset Reset: 1 _B
AE	2	rw	Afterrun Enable: 0 _B , no afterrun mode 1 _B , afterrun mode Reset: 0 _B
PDT	1:0	rw	Power-Down Time Set Up: 00 _B , 100 ms 01 _B , 200 ms 10 _B , 300 ms 11 _B , 400 ms Reset: 01 _B

ComConfig0 被 LOCK = 1 锁定

ComConfig0 **Offset** **Reset Value**
04F_H **A4_H**

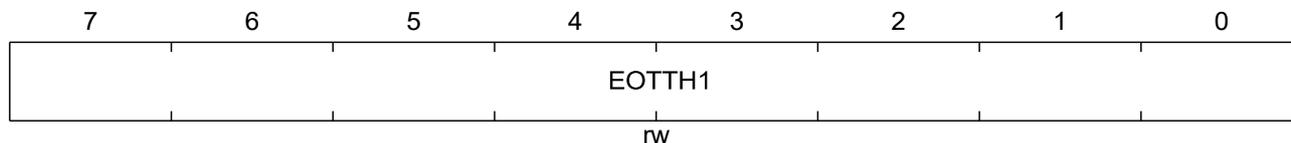


Field	Bits	Type	Description
MSCF	7:5	rw	MSC Upstream Frequency Divider Set Up: 000 _B , Division by 64 001 _B , Division by 4 010 _B , Division by 8 011 _B , Division by 16 100 _B , Division by 32 101 _B , Division by 64 110 _B , Division by 128 111 _B , Division by 256 Reset: 101 _B
MSCO	4	rw	MSC SDO Definition: 0 _B , open drain 1 _B , push pull Reset: 0 _B
MSCAD	3	rw	MSC Address Definition A0 to A3: 0 _B , value of A2 to A3 are incremented with each read command 1 _B , A0 to A3 values are fixed to the values of MSCA[3:0] Reset: 0 _B
MSCP	2	rw	MSC Upstream Parity Format Set Up: 0 _B , odd parity 1 _B , even parity Reset: 1 _B
MSCUF	1:0	rw	MSC Upstream Address Format Setup: 00 _B , upstream format without address 01 _B , upstream format with address 10 _B , upstream format with address 11 _B , upstream format with address Reset: 00 _B

ComConfig1 被 LOCK = 1 锁定

ComConfig1	Offset 050 _H	Reset Value 0D _H
-------------------	-----------------------------------	---------------------------------------

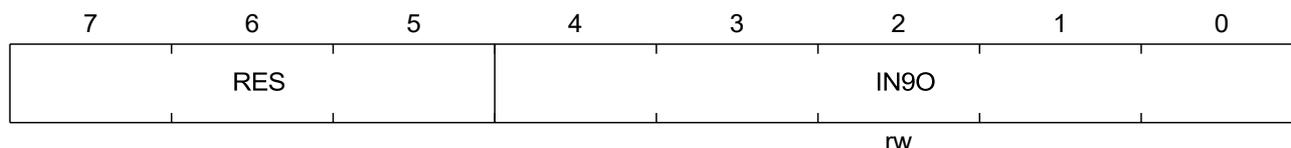
EOTConfig1 **Offset**
052_H **Reset Value**
00_H



Field	Bits	Type	Description
EOTTH1	7:0	rw	Engine Off Timer Comparator Threshold: (Bit 15 - 8) Reset: 00 _H

InConfig0 被 LOCK = 1 锁定

InConfig0 **Offset**
053_H **Reset Value**
00_H



Field	Bits	Type	Description
IN90	4:0	rw	Direct control Input9 Assignment: See Table 51 Reset: 00000 _B

常量附加表

该表描述了 16 多个常量。

表 51 常量值

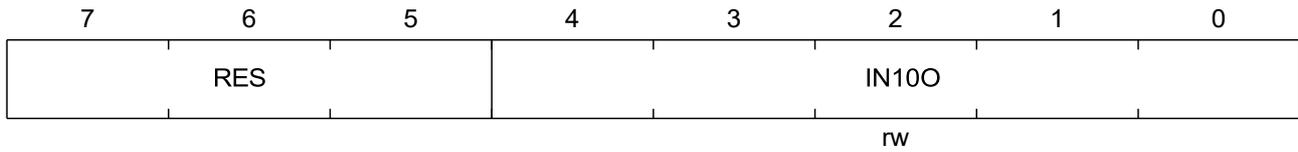
Name and Description	Value
output5	00000 _B
output6	00001 _B
output7	00010 _B
output8	00011 _B

表 51 常量值 (续)

Name and Description	Value
output9	00100 _B
output10	00101 _B
output11	00110 _B
output12	00111 _B
output13	01000 _B
output14	01001 _B
output15	01010 _B
output16	01011 _B
output17	01100 _B
output18	01101 _B
output19	01110 _B
output20	01111 _B
output21	10000 _B
output22	10001 _B
output23	10010 _B
output24	10011 _B

InConfig1 被 LOCK = 1 锁定

InConfig1	Offset 054_H	Reset Value 00_H
------------------	---	---



Field	Bits	Type	Description
IN100	4:0	rw	Direct control Input10 Assignment: See Table 52 Reset: 00000 _B

常量附加表

该表描述了 16 多个常量。

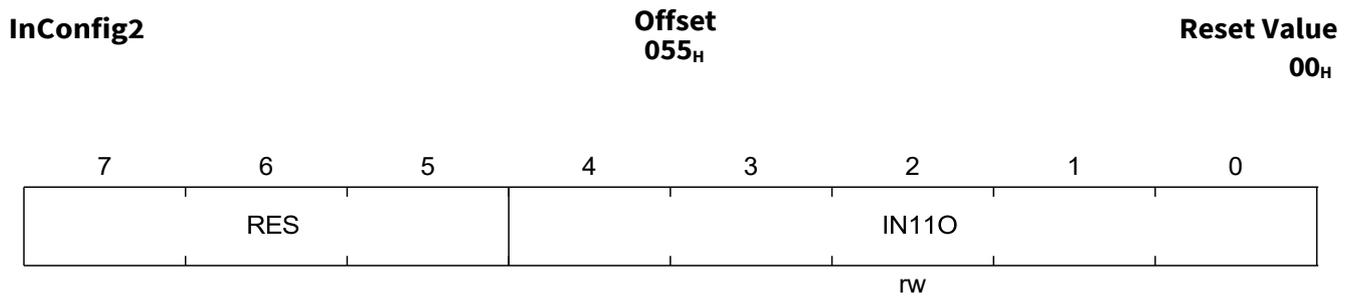
表 52 常量值

Name and Description	Value
output5	00000 _B
output6	00001 _B
output7	00010 _B
output8	00011 _B
output9	00100 _B
output10	00101 _B
output11	00110 _B
output12	00111 _B
output13	01000 _B
output14	01001 _B
output15	01010 _B
output16	01011 _B
output17	01100 _B
output18	01101 _B

表 52 常量值 (续)

Name and Description	Value
output19	01110 _B
output20	01111 _B
output21	10000 _B
output22	10001 _B
output23	10010 _B
output24	10011 _B

InConfig2 被 LOCK = 1 锁定



Field	Bits	Type	Description
IN110	4:0	rw	Direct control Input11 Assignment: See Table 53 Reset: 00000 _B

常量附加表

该表描述了 16 多个常量。

表 53 常量值

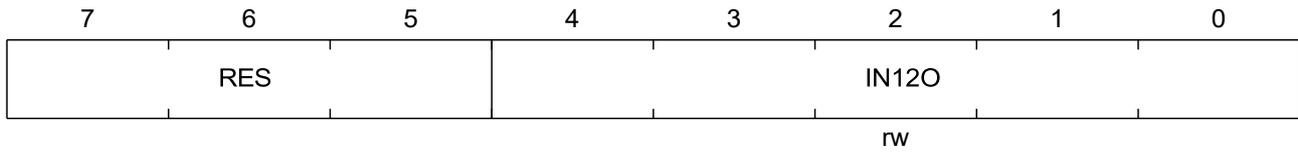
Name and Description	Value
output5	00000 _B
output6	00001 _B
output7	00010 _B

表 53 常量值 (续)

Name and Description	Value
output8	00011 _B
output9	00100 _B
output10	00101 _B
output11	00110 _B
output12	00111 _B
output13	01000 _B
output14	01001 _B
output15	01010 _B
output16	01011 _B
output17	01100 _B
output18	01101 _B
output19	01110 _B
output20	01111 _B
output21	10000 _B
output22	10001 _B
output23	10010 _B
output24	10011 _B

InConfig3 被 LOCK = 1 锁定

InConfig3	Offset 056_H	Reset Value 00_H
------------------	---	---



Field	Bits	Type	Description
IN12O	4:0	rw	Direct control Input12 Assignment: See Table 54 Reset: 00000 _B

常量附加表

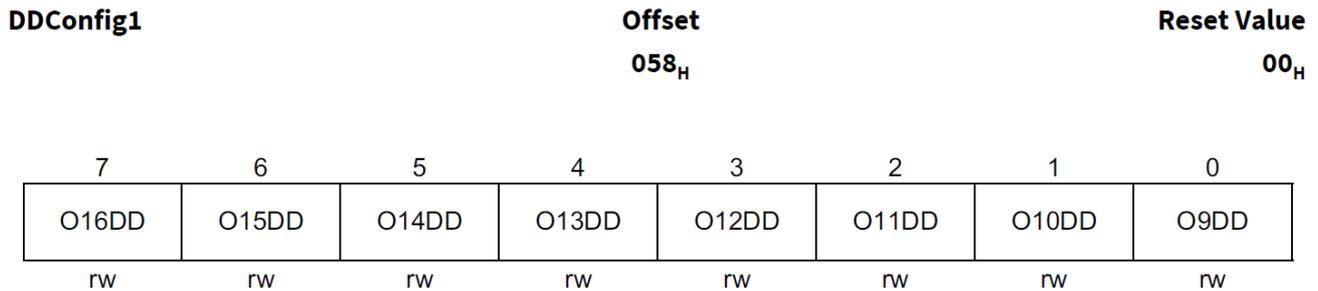
该表描述了 16 多个常量。

表 54 常量值

Name and Description	Value
output5	00000 _B
output6	00001 _B
output7	00010 _B
output8	00011 _B
output9	00100 _B
output10	00101 _B
output11	00110 _B
output12	00111 _B
output13	01000 _B
output14	01001 _B
output15	01010 _B
output16	01011 _B
output17	01100 _B
output18	01101 _B

Field	Bits	Type	Description
O1DD	0	rw	Output1 Direct Drive Control: 0_B , controlled by MSC/SPI interface 1_B , controlled by Direct Drive Input Reset: 0_B

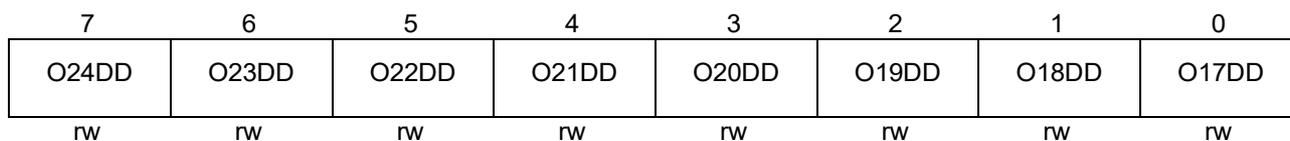
DDConfig1 被 LOCK = 1 锁定



Field	Bits	Type	Description
O16DD	7	rw	Output16 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O15DD	6	rw	Output15 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O14DD	5	rw	Output14 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O13DD	4	rw	Output13 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O12DD	3	rw	Output12 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O11DD	2	rw	Output11 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O10DD	1	rw	Output10 Direct Drive Control: see below Reset: 0_B
O9DD	0	rw	Output9 Direct Drive Control: 0_B , controlled by MSC/SPI interface 1_B , controlled by Direct Drive Input Reset: 0_B

DDConfig2 被 LOCK = 1 锁定

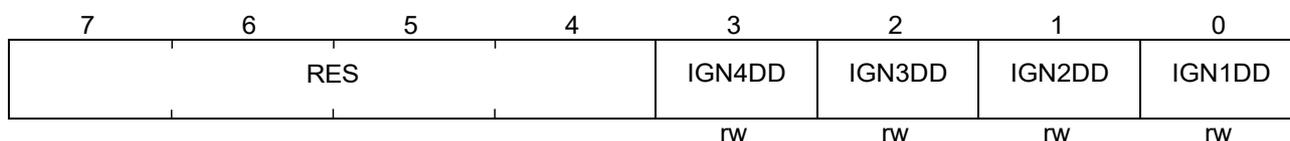




Field	Bits	Type	Description
O24DD	7	rW	Output24 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O23DD	6	rW	Output23 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O22DD	5	rW	Output22 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O21DD	4	rW	Output21 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O20DD	3	rW	Output20 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O19DD	2	rW	Output19 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O18DD	1	rW	Output18 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
O17DD	0	rW	Output17 Direct Drive Control: 0 _B , controlled by MSC/SPI interface 1 _B , controlled by Direct Drive Input Reset: 0 _B

DDConfig3 被LOCK = 1 锁定

DDConfig3 **Offset** **Reset Value**
05A_H **00_H**



Field	Bits	Type	Description
IGN4DD	3	rW	Ignition Output4 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
IGN3DD	2	rW	Ignition Output3 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B

Field	Bits	Type	Description
IGN2DD	1	rw	Ignition Output2 Direct Drive Control: see below Reset: 0 _B
IGN1DD	0	rw	Ignition Output1 Direct Drive Control: 0 _B , controlled by MSC/SPI interface 1 _B , controlled by Direct Drive Input Reset: 0 _B

OEConfig0								Offset	Reset Value
								05B_H	00_H
7	6	5	4	3	2	1	0		
O8E	O7E	O6E	O5E	O4E	O3E	O2E	O1E		
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw		

Field	Bits	Type	Description
O8E	7	rw	Output8 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O7E	6	rw	Output7 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O6E	5	rw	Output6 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O5E	4	rw	Output5 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O4E	3	rw	Output4 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O3E	2	rw	Output3 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B

Field	Bits	Type	Description
O2E	1	rw	Output2 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O1E	0	rw	Output1 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B

OEConfig1

Offset
05C_H

Reset Value
00_H

7	6	5	4	3	2	1	0
O16E	O15E	O14E	O13E	O12E	O11E	O10E	O9E
rw	rw						

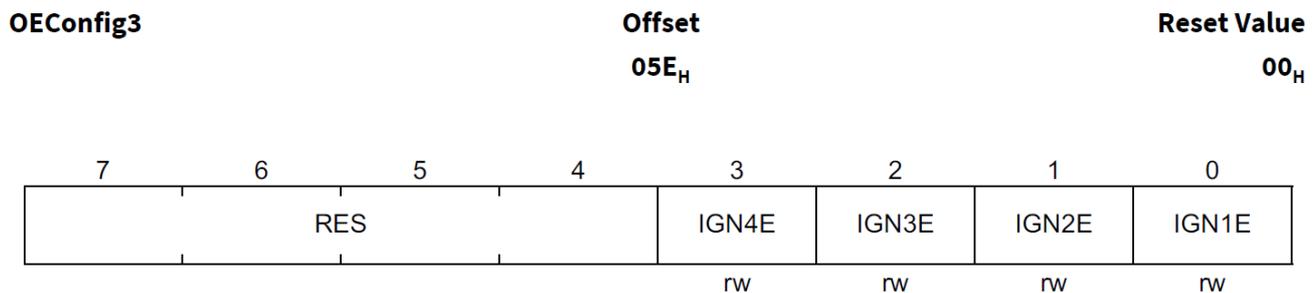
Field	Bits	Type	Description
O16E	7	rw	Output16 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O15E	6	rw	Output15 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O14E	5	rw	Output14 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O13E	4	rw	Output13 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O12E	3	rw	Output12 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B

Field	Bits	Type	Description
O11E	2	rw	Output11 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O10E	1	rw	Output10 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O9E	0	rw	Output9 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B

OEConfig2								Offset	Reset Value
								05D _H	00 _H
7	6	5	4	3	2	1	0		
O24E	O23E	O22E	O21E	O20E	O19E	O18E	O17E		
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw		

Field	Bits	Type	Description
O24E	7	rw	Output24 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O23E	6	rw	Output23 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O22E	5	rw	Output22 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B
O21E	4	rw	Output21 Enable Bit: 0 _B , output disabled 1 _B , output enabled Reset: 0 _B

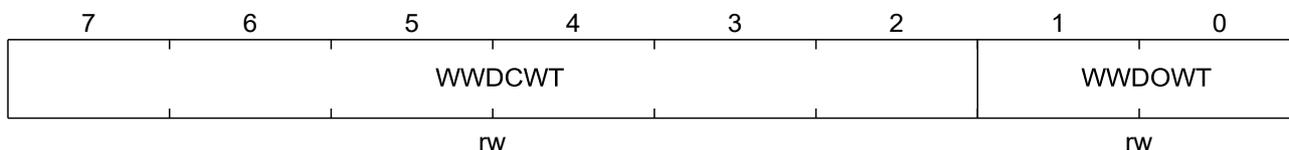
Field	Bits	Type	Description
O20E	3	rw	Output20 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O19E	2	rw	Output19 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O18E	1	rw	Output18 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
O17E	0	rw	Output17 Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B



Field	Bits	Type	Description
IGN4E	3	rw	Ignition 4 Output Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
IGN3E	2	rw	Ignition 3 Output Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B
IGN2E	1	rw	Ignition 2 Output Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B

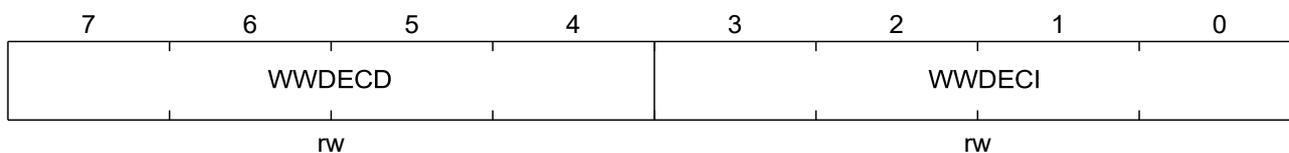
Field	Bits	Type	Description
IGN1E	0	rw	Ignition 1 Output Enable Bit: 0_B , output disabled 1_B , output enabled Reset: 0_B

WWDConfig0 **Offset** **Reset Value**
05F_H **FF_H**

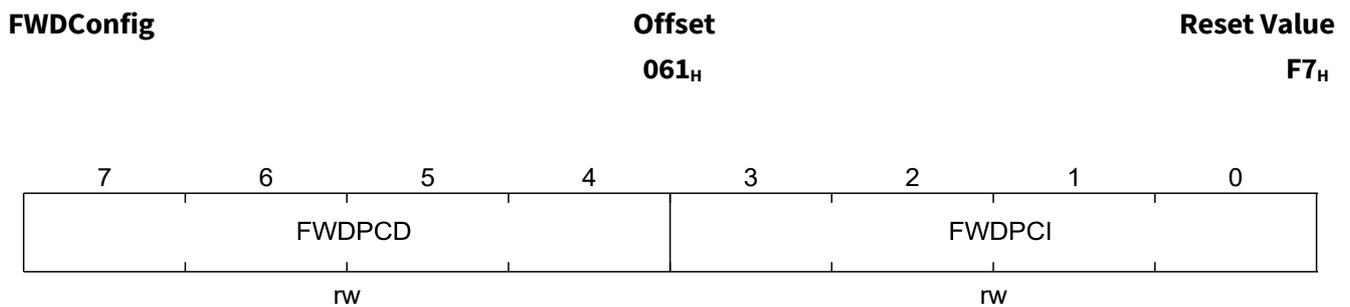


Field	Bits	Type	Description
WWDCWT	7:2	rw	Window Watchdog Closed Window Time: 000000_B , no change - old setting used for open and closed window 000001_B , 1,6 ms 111111_B , 100,8 ms Reset: 111111_B
WWDOWT	1:0	rw	Window Watchdog Open Window Time: 00_B , 3,2 ms 01_B , 6,4 ms 10_B , 9,6 ms 11_B , 12,8 ms Reset: 11_B

WWDConfig1 **Offset** **Reset Value**
060_H **77_H**

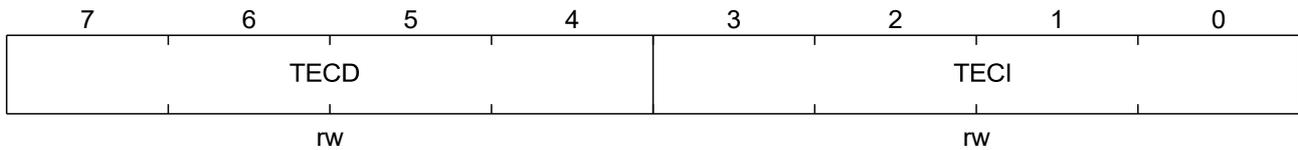


Field	Bits	Type	Description
WWDECD	7:4	rw	Window Watchdog Error Counter Decrement: 0000 _B , -1 0001 _B , -2 1111 _B , -16 Reset: 0111 _B
WWDECI	3:0	rw	Window Watchdog Error Counter Increment: 0000 _B , +1 0001 _B , +2 1111 _B , +16 Reset: 0111 _B



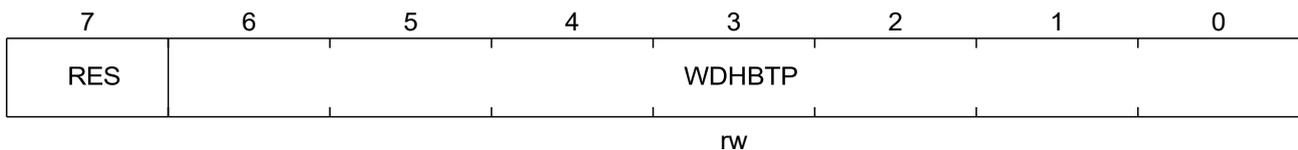
Field	Bits	Type	Description
FWDPCD	7:4	rw	Functional Watchdog Pass Counter Decrement: 0000 _B , -1 0001 _B , -2 1111 _B , -16 Reset: 1111 _B
FWDPCI	3:0	rw	Functional Watchdog Pass Counter Increment: 0000 _B , +1 0001 _B , +2 1111 _B , +16 Reset: 0111 _B





Field	Bits	Type	Description
TECD	7:4	rw	Total Error Counter Decrement: 0000 _B , -1 0001 _B , -2 1111 _B , -16 Reset: 0111 _B
TECI	3:0	rw	Total Error Counter Increment: 0000 _B , +1 0001 _B , +2 1111 _B , +16 Reset: 0111 _B

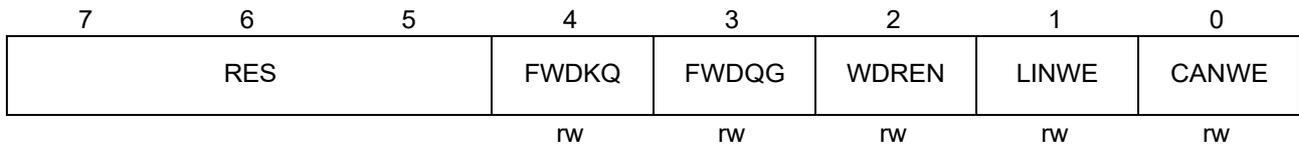
WDConfig0 **Offset** **Reset Value**
063_H **47_H**



Field	Bits	Type	Description
WDHBTB	6:0	rw	Watchdog Heartbeat Timer Period: 0000000 _B , no change 0000001 _B , 1,6 ms 0000010 _B , 3,2 ms 1111111 _B , 203,2 ms Reset: 1000111 _B

WDConfig1 被 LOCK = 1 锁定

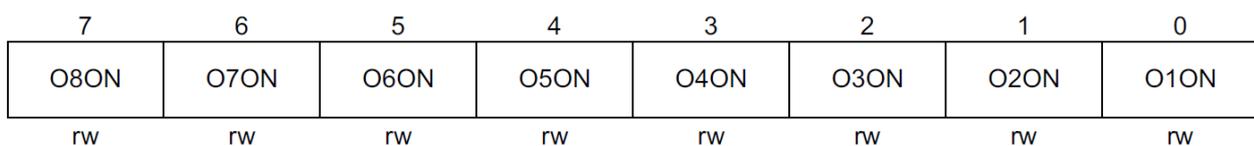
WDConfig1 **Offset** **Reset Value**
064_H **03_H**



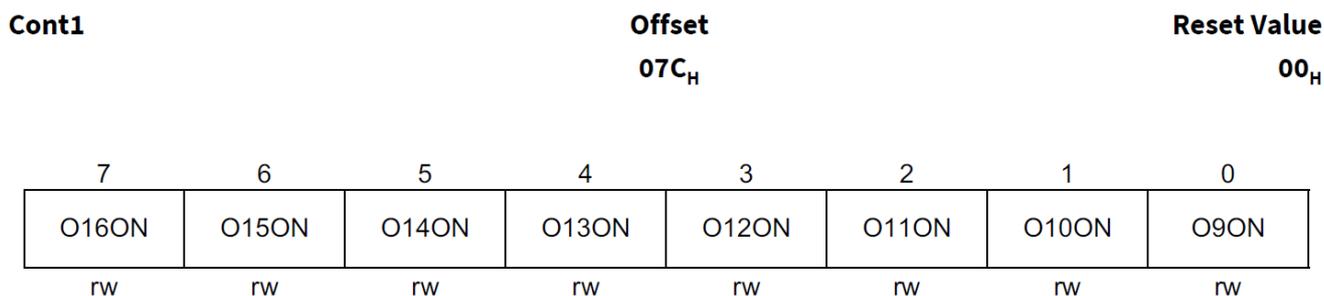
Field	Bits	Type	Description
FWDKQ	4	rw	Functional Watchdog Keep Question Setup: 0 _B , No influence to question generation in case of window watchdog error 1 _B , Keep question in case of window watchdog error Reset: 0 _B
FWDQG	3	rw	Functional Watchdog Question Generation: 0 _B , Question period 16 1 _B , Question period 256 Reset: 0 _B
WDREN	2	rw	Watchdog Reset Enable Bit: 0 _B , reset disabled 1 _B , reset enabled Reset: 0 _B
LINWE	1	rw	LIN Operation Mode during Watchdog Error Setup: 0 _B , receive only mode 1 _B , according ComConfig1.LIN Reset: 1 _B
CANWE	0	rw	CAN Operation Mode during Watchdog Error Setup: 0 _B , receive only mode 1 _B , according ComConfig1.CAN Reset: 1 _B

14.1.5 控制寄存器

Cont0 Offset Reset Value
 07B_H 00_H



Field	Bits	Type	Description
O8ON	7	rw	Output8 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O7ON	6	rw	Output7 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O6ON	5	rw	Output6 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O5ON	4	rw	Output5 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O4ON	3	rw	Output4 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O3ON	2	rw	Output3 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O2ON	1	rw	Output2 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O1ON	0	rw	Output1 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B

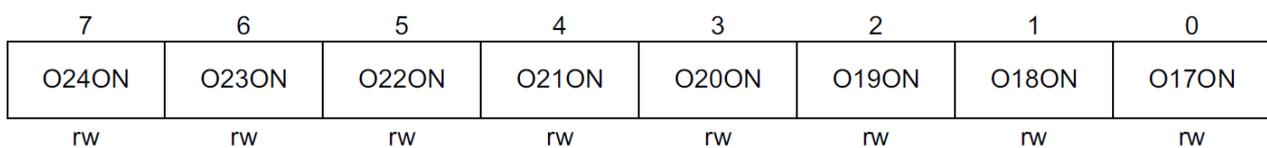


Field	Bits	Type	Description
O16ON	7	rw	Output16 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O15ON	6	rw	Output15 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O14ON	5	rw	Output14 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O13ON	4	rw	Output13 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O12ON	3	rw	Output12 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O11ON	2	rw	Output11 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O10ON	1	rw	Output10 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B
O9ON	0	rw	Output9 Switch on Control Bit: 0_B , off 1_B , on Reset: 0_B

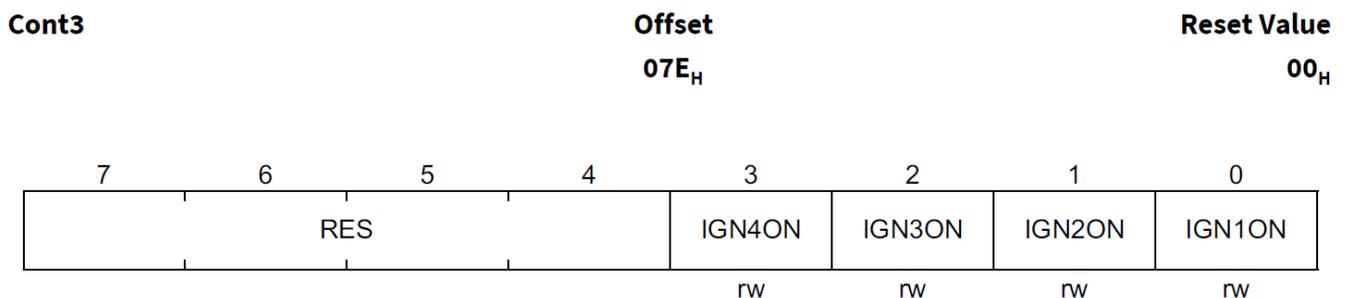
Cont2

Offset
07D_H

Reset Value
00_H



Field	Bits	Type	Description
O24ON	7	rw	Output24 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O23ON	6	rw	Output23 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O22ON	5	rw	Output22 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O21ON	4	rw	Output21 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O20ON	3	rw	Output20 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O19ON	2	rw	Output19 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O18ON	1	rw	Output18 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
O17ON	0	rw	Output17 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B



Field	Bits	Type	Description
IGN4ON	3	rw	Ignition Output4 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
IGN3ON	2	rw	Ignition Output3 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
IGN2ON	1	rw	Ignition Output2 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B
IGN1ON	0	rw	Ignition Output1 Switch on Control Bit: 0 _B , off 1 _B , on Reset: 0 _B

15 SPI

除了MSC 通信接口，还有SPI 接口可供选择。它使用引脚SIP、SDO、CSN和FCLP。配置通过引脚FCLN和SIN完成。FCLN必须连接到VDDIO，SIN必须连接到AGND。在SPI模式下，SDO输出级设置为推挽操作（定义和描述见13.2小节和13.4小节）。

寄存器的定义与MSC通信相同（见第14章），只有帧是SPI特定的（见图67和15.1小节）。不允许多个读指令。

没有实施对有效传输的监控（如MSC监控，参见13.1.1小节）。

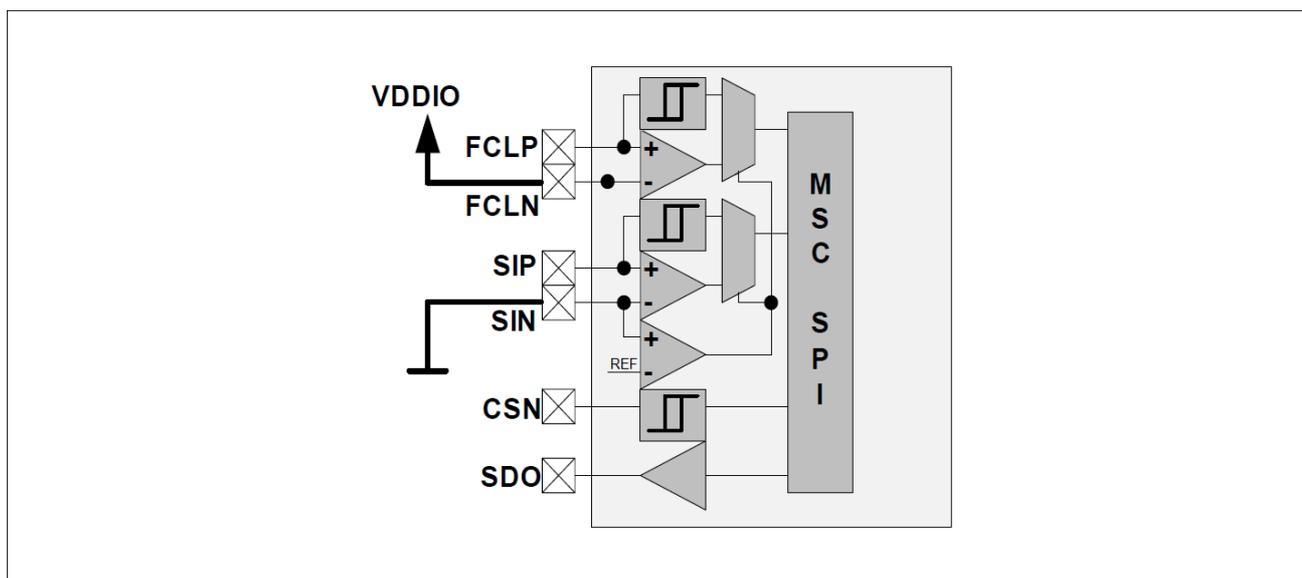


图 66 SPI 接口框图

15.1 SPI 协议

SPI通信原理如图67所示。来自微控制器的消息必须先发送最低有效位。来自SDO引脚的数据首先发送最低有效位。TLE8888-1QK在FCLP下降沿对SIP引脚采样数据，并在FCLP上升沿将数据从SDO引脚移出。每个访问必须由CSN的上升沿终止。

所有SPI消息的长度必须恰好为16位，否则SPI消息将被丢弃，且诊断寄存器ComDiag中的COMFE位将置为“1”。

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）。

有两种可能的有效访问/访问：

- 对具有写权限的寄存器进行写访问：对于寄存器的R/W位、地址和内容，应答为1
 - 对具有读权限的寄存器进行读访问：对于寄存器的R/W位、地址和内容，应答为0
- 其余一切都未执行。

写入访问多个读取指令在SPI模式下也无效。

状态标志指示：在 CSN 的下降沿之后和 FCLP 的第一个上升沿之前，SDO 的电平表示诊断寄存器 **Diag0** 中中央故障位 **CF** 和中央过温位 **COT** 状态的“或”组合。

有了这个特点，在每个 SPI 通信期间，可以检查诊断状态，而无需对诊断寄存器进行额外的读取/访问。

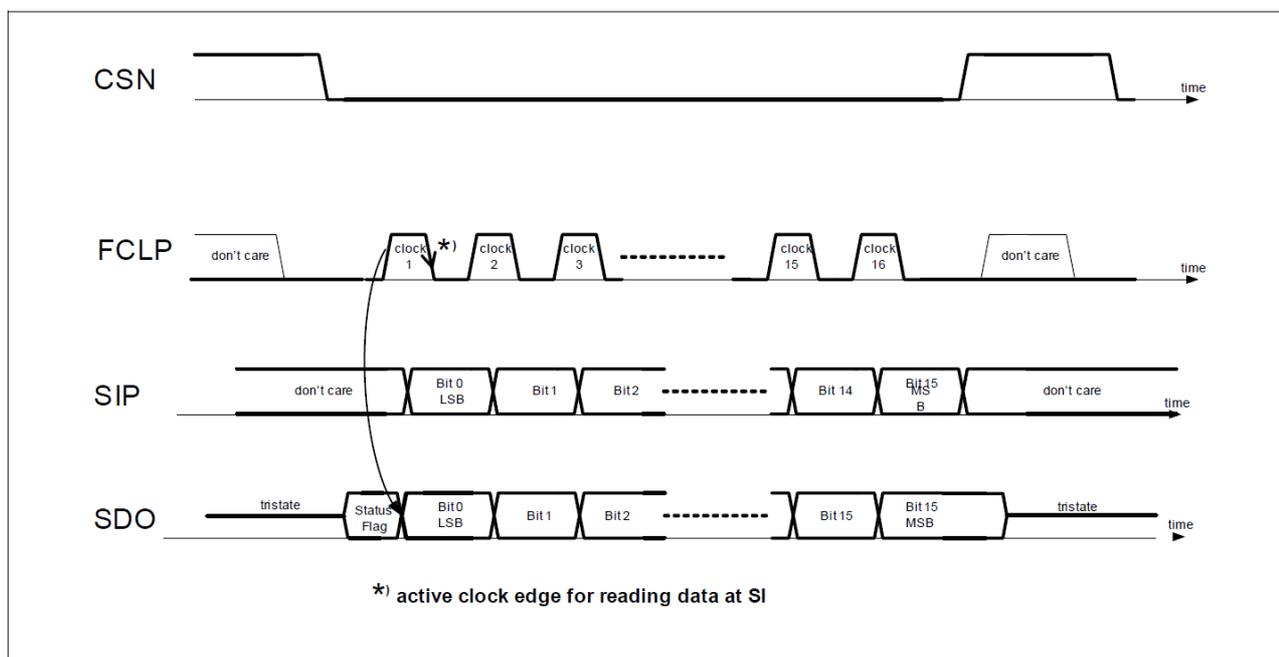


图 67 SPI 协议

SPI 回复：

- 上电复位期间：SPI 指令被忽略，SDO 始终为三态
- 上电复位之后：状态寄存器 **OpStato** 的地址和内容与下一个 SPI 一起传输
- 看门狗复位期间：SPI 指令被忽略，SDO 具有状态标志的值
- 看门狗复位后：诊断寄存器 **FWDStat1** 的地址和内容在 RST 从低电平到高电平转换后，通过第一个 SPI 传输
- 读取或写入命令后：所选寄存器的地址和内容将随下一个 SPI 传输（对于不存在的地址或错误的访问模式，数据始终为“0”）
- 无效通信帧后：诊断寄存器 **Diag0** 的地址和内容与下一个 SPI 一起传输，诊断寄存器 **ComDiag** 中的 **COMFE** 位置为“1”

15.2 SPI 帧定义

SPI 框架概述

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CD7	CD6	CD5	CD4	CD3	CD2	CD1	CD0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0

Field	Bits	Type	Description
C0	0		R/W Bit: defines the access to the register
C[7:1]	[7:1]		Address Bits, definition see Chapter 14
CD[7:0]	[15:8]		Data Bits, definition see Chapter 14

15.3 SPI 电气特性

表 55 通信电气特性

$V_S = 13.5\text{ V}$, $V_{VSV} = 5\text{ V}$, $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$, 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 Test Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
SPI detection threshold for <i>SIN</i>	VFCLN_SPI	0.3	–	0.7	V		P_15.1
Single ended mode detection threshold for <i>FCLN</i>	VFCLN_singl e	2	–	3	V		P_15.2
<i>SDO</i>						see Chapter 13.4	P_15.3
Input low level (<i>SIP</i> , <i>FCLP</i> , <i>CSM</i>)	VINn_L	-0.3	–	0.8	V		P_15.4
Input high level (<i>SIP</i> , <i>FCLP</i> , <i>CSM</i>)	VINn_H	1.6	–	5.5	V		P_15.5
Input hysteresis (<i>SIP</i> , <i>FCLP</i> , <i>CSM</i>)	VINn_Hys	0.1	–	0.5	V		P_15.6
Clock frequency	fSPI	–	–	5	MHz		P_15.7

16 电磁兼容性要求

16.1 ISO 脉冲测试

所有应用的 ISO 脉冲测试（包括 TLE8888-1QK）的定义均符合标准 ISO 7637-2:2011。测试需要以下振幅定义：

- 脉冲 3a: $V_S = -140\text{ V}$ ，所有输出均可在电子控制单元连接器上使用
- 脉冲 3b: $V_S = 140\text{ V}$ ，所有输出均可在电子控制单元连接器上使用
- 脉冲 5: $V_S = +38.5\text{ V}$ （钳位）， $t_d = 400\text{ ms}$ （此测试下允许电子控制单元复位，输出将被关闭）

测试仅对应用电平进行。

17 应用信息

注释： 本章中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。

注释： 这些是应用电路的非常简化的示例。该功能需在实际应用中进行验证。

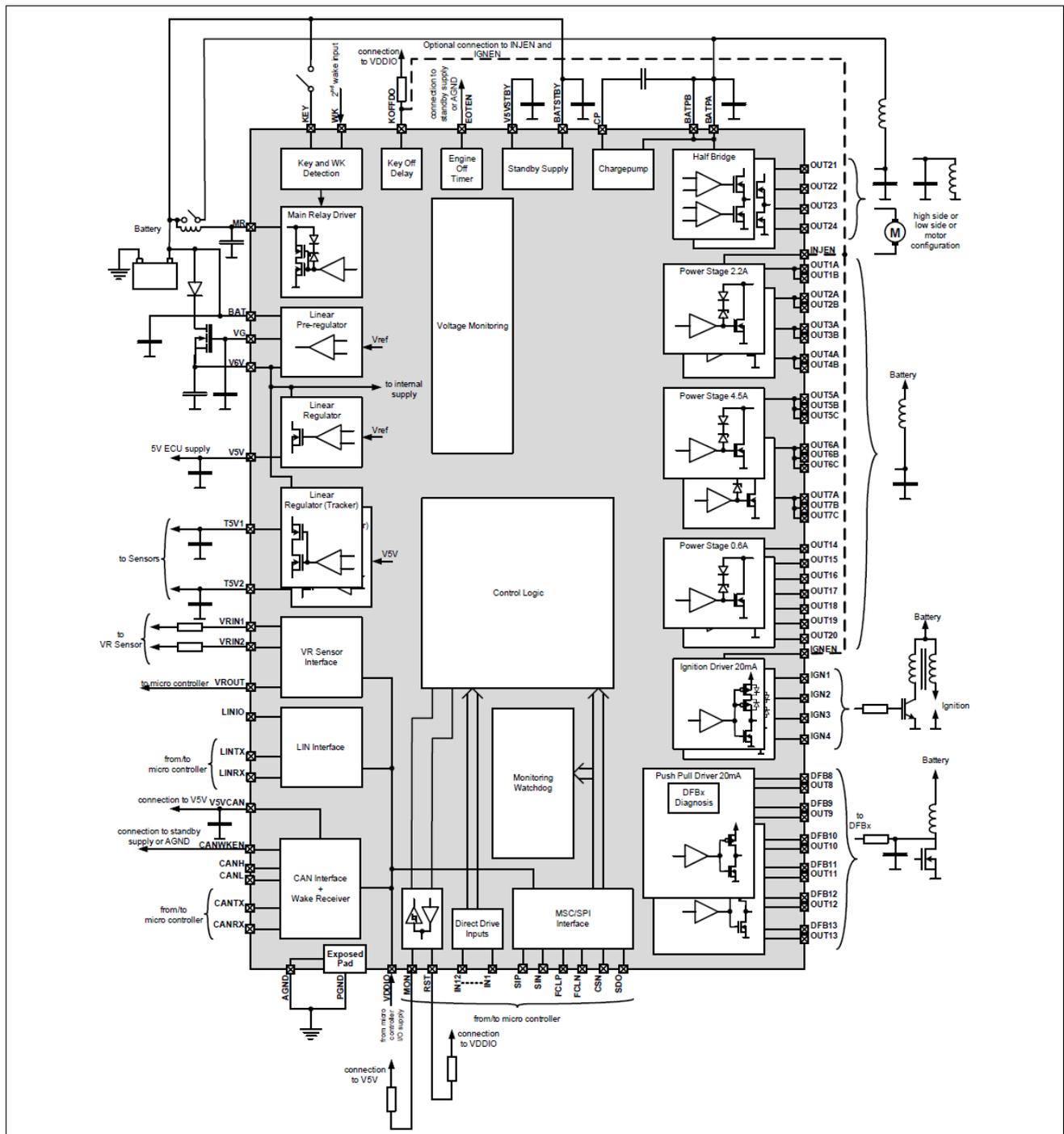


图68 应用图

17.1 供电系统

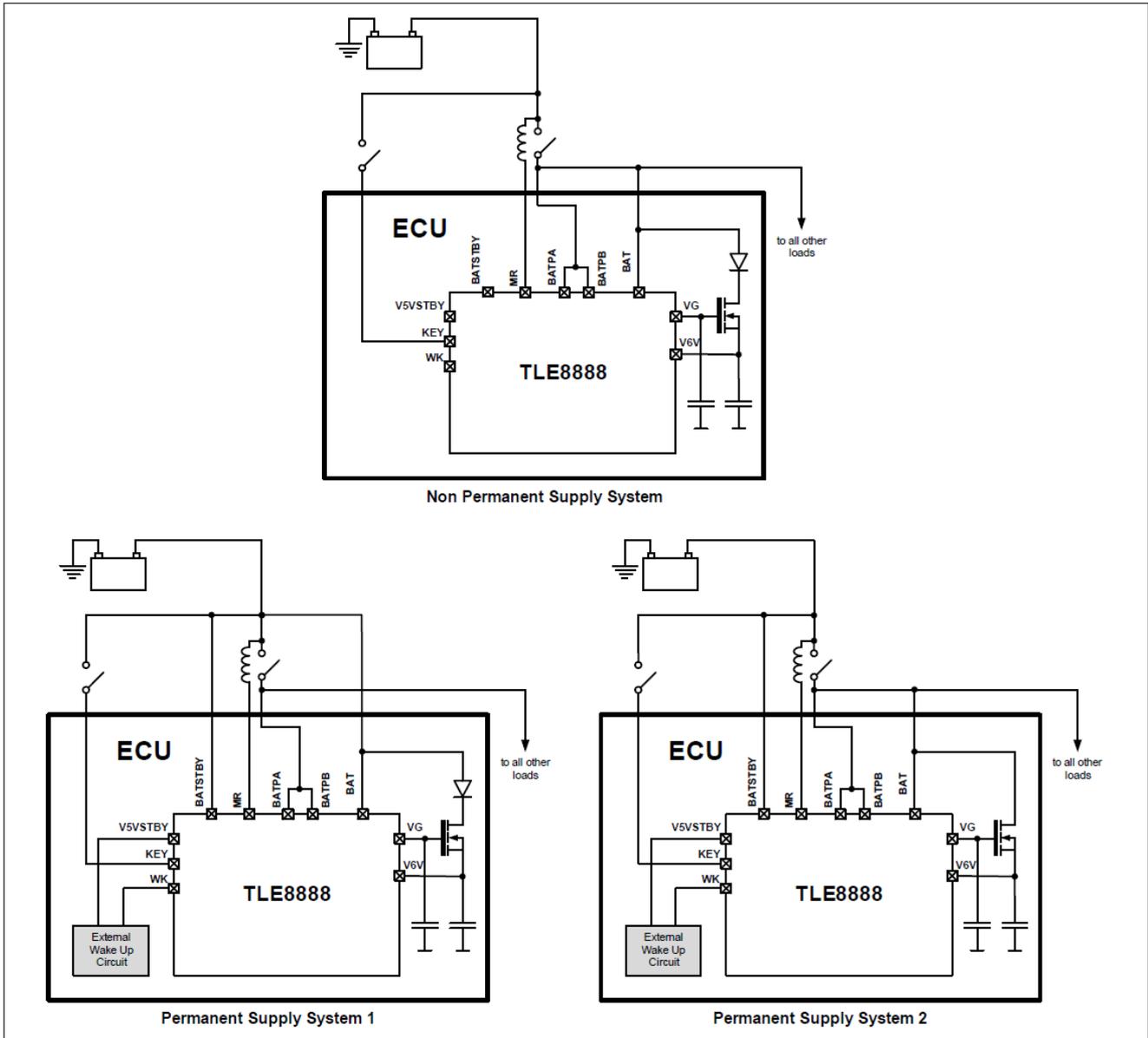


图 69 供电系统应用图

图 69 展示了将电池电源连接到TLE8888-1QK的三种设置。对于非永久电池供电，没有可用的待机电源，并且与该电源相关的所有功能（例如发动机关机定时器）都没有电源。可以通过引脚 *KEY* 和 *WK* 处的信号来唤醒。

在永久供电系统中，待机电源永久连接到电池，并且与此电源相关的所有功能都可以启用（例如CAN远程唤醒）。引脚 *BATPA* 和 *BATPB* 必须连接到开关电池电源，因为没有特殊模式可以减少待机模式下的消耗电流。引脚 *BAT* 和预调节器的外部MOSFET可以永久连接到电池。

17.2 VR 传感器接口

图 70和图 71展示了用于霍尔传感器信号检测的外部设备的不同方案。有关配置的描述，请参阅第 10 章。

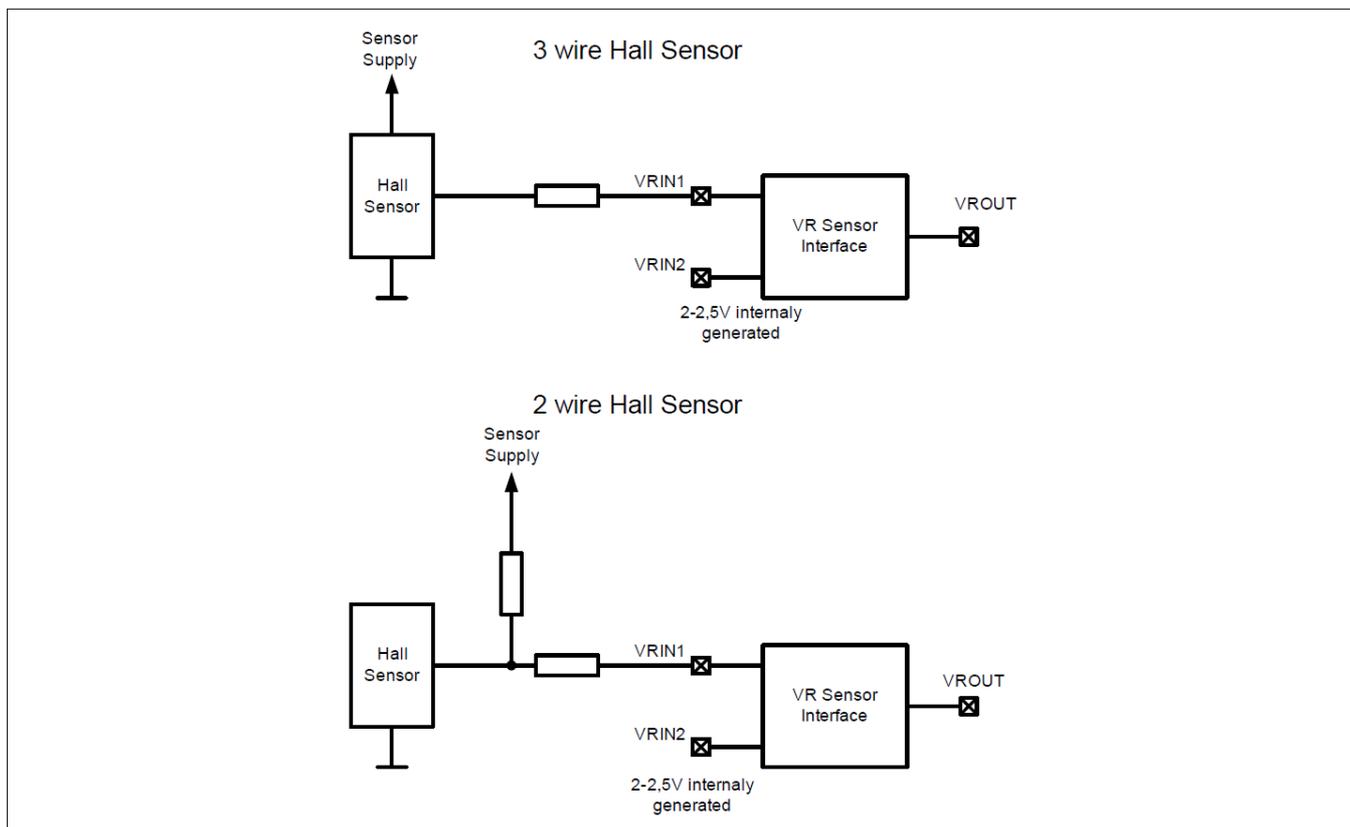


图 70 霍尔模式霍尔传感器 VR 传感器接口应用电路设置

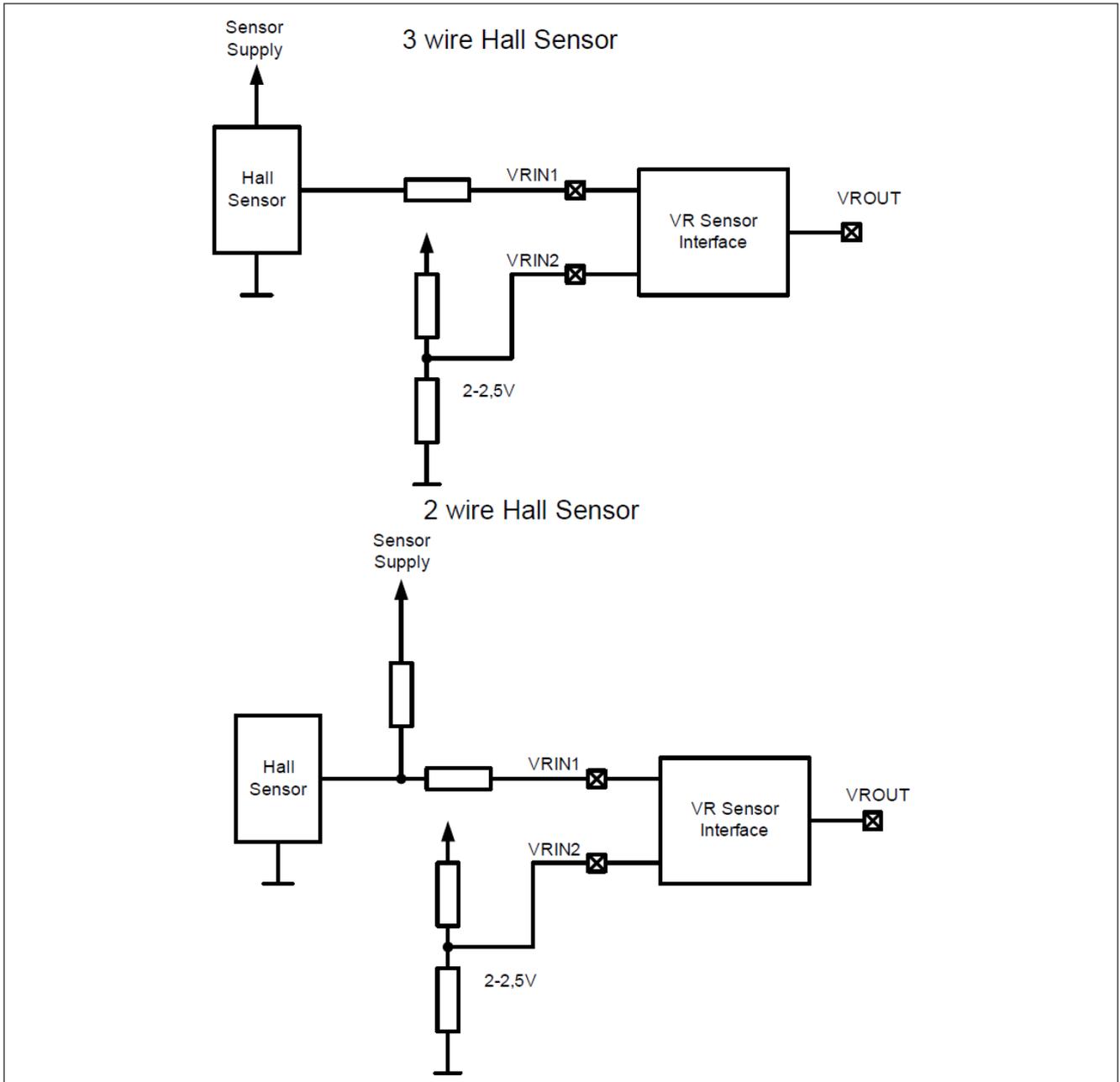


图 71 自动、半自动、手动检测模式霍尔传感器 VR 传感器接口应用电路设置

19 修订记录

Revision	Date	Changes
V1.2	2017-02-10	updated to new layout, package picture (page 5) and package outline picture (page 206) updated, paragraph below package outline picture removed
V1.1	2014-08-20	on all pages: general name changed to “TLE8888-1QK” and date and revision
V1.1	2014-08-20	page 5 and 6: 2 device types added
V1.1	2014-08-20	page 29: parameter P_5.3.24 min/max changed
V1.1	2014-08-20	page 52: parameter P_7.5.2 and P_7.5.11 max defined
V1.1	2014-08-20	page 57: parameter P_8.8.38, P_8.8.39, P_8.8.40, P_8.8.42, P_8.8.43 and P_8.8.44 definition improved
V1.1	2014-08-20	page 58: parameter P_8.8.45 definition improved
V1.1	2014-08-20	page 62: table 25 corrected
V1.1	2014-08-20	page 100: PGND reference pin changed
V1.1	2014-08-20	page 2, 9, 10, 11, 17, 18, 20, 21, 22, 26, 38, 39, 43, 44, 45, 48, 49, 52, 56, 58, 196: missing variable names added
V1.0	2014-03-13	Data Sheet



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 2025-12-24

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，英飞凌不承担不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探勘（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>。