

AW23003QNR-Q1 LIN 接口的 RGB 控制器

特性

- AEC-Q100 Grade1, 满足 ISO7637
- 工作电压范围: 6V~18V, 抛负载电压: 45V
- 32-bit MCU
- 最高工作频率: 16MHz
- 64KB FLASH, 具有擦写保护功能
- 16KB SRAM 存储器
- 3 通道 16bit PWM LED 驱动, 最大 60mA /通道
- 支持 LED 结压 (0V~8V) 检测, 支持 LED 温度补偿
- 6 个通用 GPIO 口
 - 支持 PWM 模式
 - 支持外部 LIN 收发器复用功能
- 集成 LIN 收发器, 支持自动寻址功能
- 支持 SAE J2602/LIN2.x 协议的 LIN 从机接口
- 1 个 WDT, 1 个 WWDG
- 2 个通用 Timer, 1 个 wakeup Timer
- 12 位 ADC 转换器、支持 13 通道
 - 参考电压可选 (1.2V/2.4V/3.3V)
 - 温度传感器
 - VBAT 电压检测
 - LED 结压检测
- 支持 SWD 调试
- 支持上电复位 (POR) 和欠压复位 (BOR) 功能
- 工作条件: -40~125°C
- 封装形式: WBQFN 4x4-20L

应用

汽车领域中的 RGB 应用

概述

AW23003QNR-Q1 是一款专门针对车载氛围灯的效果多样化而设计的芯片, 可以提高汽车整体氛围灯灯效的调试便捷性。

AW23003QNR-Q1 集成了 32 位 MCU 平台。该平台提供了卓越的计算性能和高效的中断系统, 同时外围器件使用的管脚数量较少, 功耗更低。

AW23003QNR-Q1 集成了 64KB FLASH 存储器, 具有擦写保护功能; 集成了 LIN 通讯模块, 支持 LIN 通讯的收发功能; 集成了 12 位的 ADC 用于 LED 结压和温度检测, 支持 13 个通道, VREF 电压可配置为 1.2V/2.4V/3.3V; 支持 3 路 LED 驱动, 每个通道的最大电流高达 60mA; 支持 16 位 PWM 调光, 支持 80Hz~250Hz 调光频率; 集成了 2 个通用 Timer 和 1 个 WDT; 集成了 6 个通用 GPIO 口, 支持 PWM 模式和外部 LIN 接收器互连; 集成了 SWD 调试接口, 内置上电复位 (POR) 和欠压复位 (BOR) 功能, 有效地保护芯片。

AW23003QNR-Q1 采用 WBQFN 4x4-20L 封装。

典型应用图

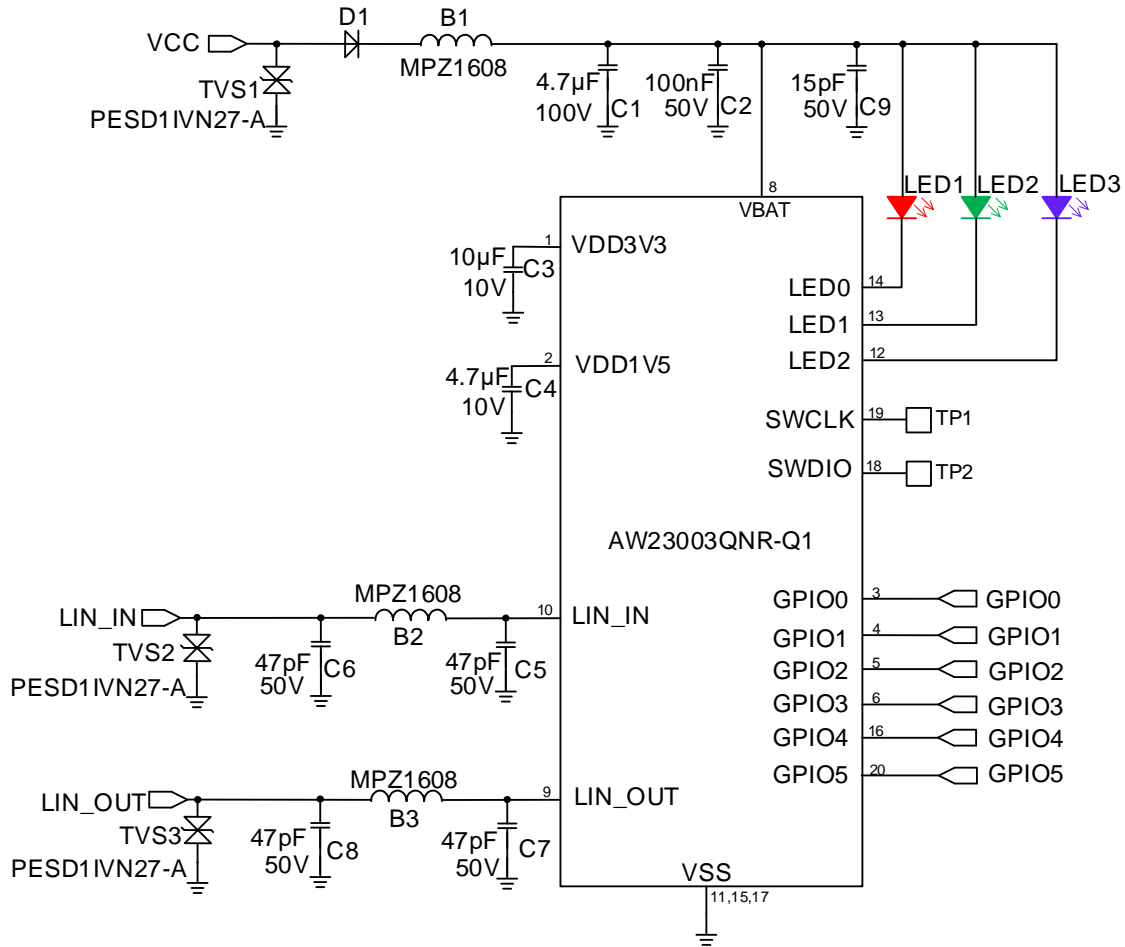


图 1 AW23003QNR-Q1 典型应用图

引脚分布及标识图

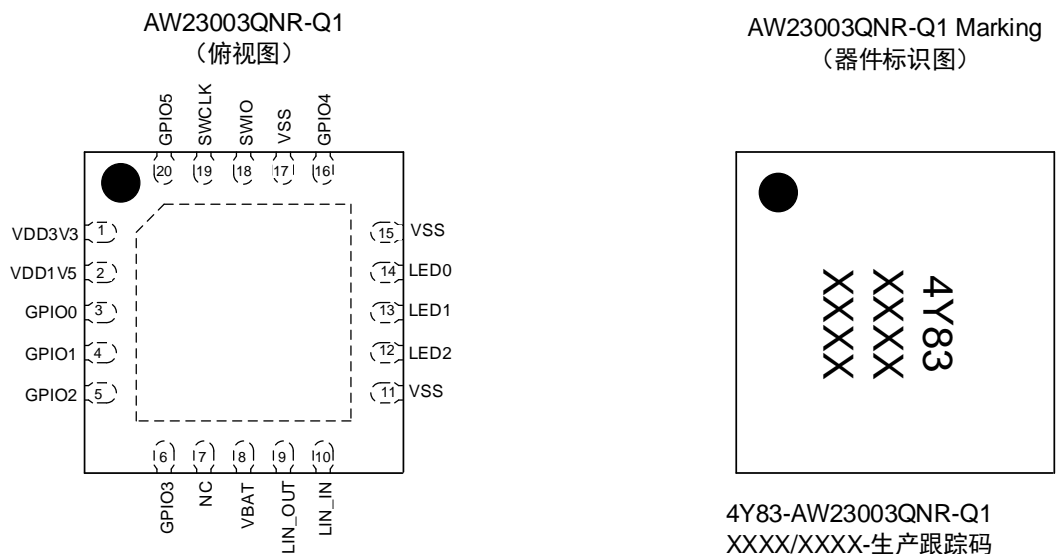


图 2 AW23003QNR-Q1 引脚分布俯视图及器件标识图

引脚定义及功能

序号	符号	说明
1	VDD3V3	外接电容 10 μ F /16V, 也可用于调试检测, 在使用 VDD3V3 供电进行程序烧录时供电范围为 3.2~5.5V
2	VDD1V5	外接电容 4.7 μ F /16V
3	GPIO0	通用 IO 口
4	GPIO1	通用 IO 口
5	GPIO2	通用 IO 口/ LIN 从机发送复用接口
6	GPIO3	通用 IO 口/ LIN 从机接收复用接口
7	NC	无定义
8	VBAT	电源供电电压
9	LIN_OUT	符合 LIN 2.x/J2602 标准的 LIN 接口
10	LIN_IN	符合 LIN 2.x/J2602 标准的 LIN 接口
11	VSS	GND
12	LED2	恒流源, 控制 LED 驱动电流
13	LED1	恒流源, 控制 LED 驱动电流
14	LED0	恒流源, 控制 LED 驱动电流
15	VSS	GND
16	GPIO4	通用 IO 口/LIN 主机发送复用接口
17	VSS	GND
18	SWDIO	SWD 调试数据口
19	SWDCLK	SWD 调试时钟口
20	GPIO5	通用 IO 口/LIN 主机接收复用接口
21	EPAD	GND

功能框图

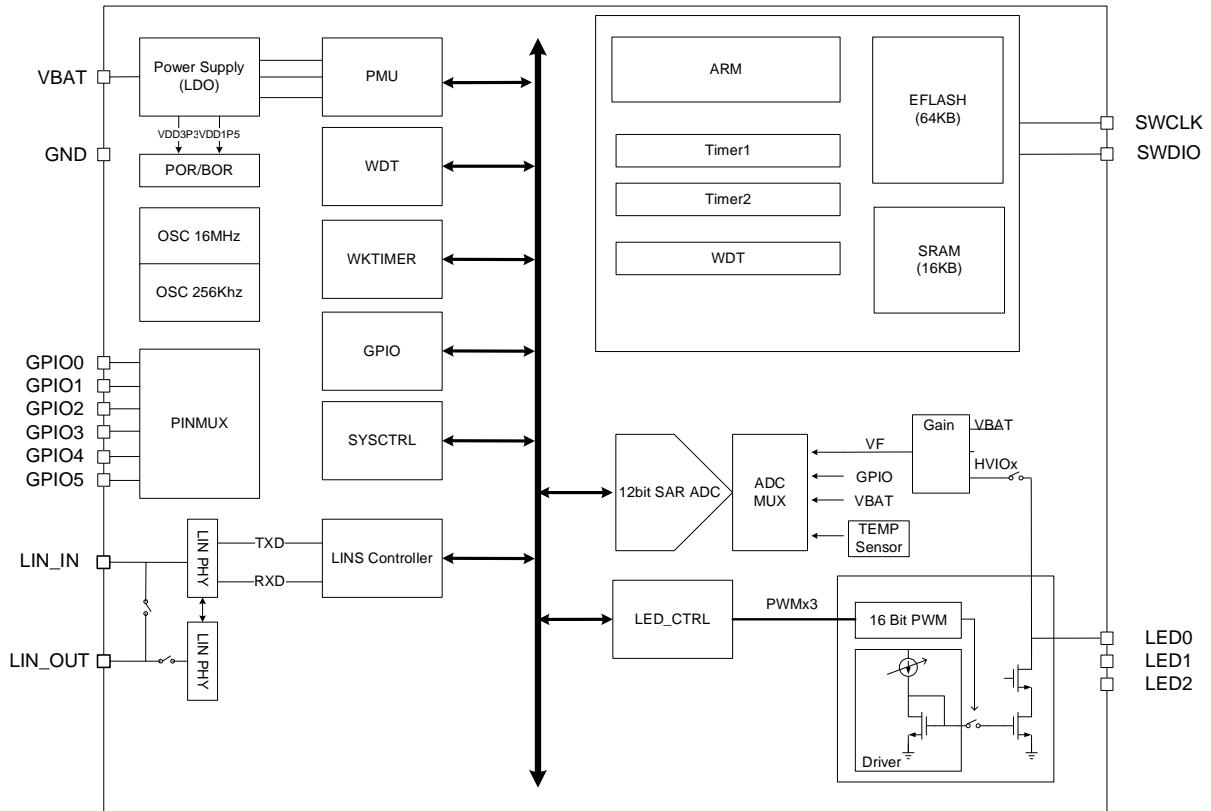


图3 AW23003QNR-Q1 功能框图 [订购信息](#)

料号	温度	封装形式	器件标记	湿敏等级	环境信息	发货形式
AW23003QNR-Q1	-40°C~125°C	WBQFN 4x4-20L	4Y83	MSL3	RoHS+HF	卷带包装 4500 颗/盘

绝对最大额定值^(註1)

参数	条件	范围
VBAT	芯片无损坏, t<500ms	-0.3~45V
VBAT	芯片无损坏, t<5min	-0.3~28V
VBAT	芯片无损坏, t<5ms	-1.1V
VBAT	芯片无损坏, t<20ns	-4.0V
VBAT	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulse 1, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	-112V
VBAT	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulse 2a, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	55V
VBAT	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulse 2b, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	10V
VBAT	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulses 3a,	-165V

参数	条件	范围
	VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	
VBAT	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulse 3b, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	112V
LIN	芯片无损坏, t<500ms	-40~40V
LIN	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulse 2a, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	5V
LIN	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulse 2b, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	-5V
LIN	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulses 3a, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	-80V
LIN	芯片无损坏, ISO 7637-2 pulses 3b, VBAT=13.5V, TA= (23±5) °C	60V
LED	芯片无损坏, t<500ms	-0.3~45V
LED	芯片无损坏, t<5min	-0.3~28V
LED	芯片无损坏, t<5ms, 电压加在 LED 阳极侧, 恒流源打开 (LED 关闭)	-1.1V
LED	芯片无损坏, t<20ns, 电压加在 LED 阳极侧, 恒流源打开 (LED 关闭)	-4.0V
GPIO0~5、SWDCLK、 SWDIO		-0.3~3.6V
封装热阻	裸露在环境中	40°C/W
T _{JMAX}	最大结温	150°C
存储温度		-55~150°C
ESD(包含 HBM、CDM) ^(注2)		
VBAT/LIN_IN/ LIN_OUT to GND	ESD HBM (人体静电模式)	±4kV
除 VBAT 和 LIN 以外的其 他引脚	ESD HBM (人体静电模式)	±2kV
所有引脚	ESD CDM	±750V
Latch-up		
Latch-up	TA=@ (125±5) °C, AEC_Q100-004-Rev-C	±450mA

注 1: 如果器件工作条件超过各项极限值, 可能对器件造成永久性损伤。上述参数仅仅是工作条件的极限值, 不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下, 其可靠性及寿命可能受到影响。

注 2: HBM 测试标准: ESDA/JEDEC JS-001-2017; CDM 测试标准: ESDA/JEDEC JS-002-2018;

电气参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作条件					
环境工作温度		-40	25	125	°C
VBAT		6	13.5	18	V
IO 供电 (VDD3V3)		2.97	3.3	3.63	V
ASIC 核心电源		2.97	3.3	3.63	V
MCU 核心电源	MCU 核心电源包括 SRAM 和 FLASH	1.4	1.55	1.65	V
FLASH Memory					
扇区擦写次数		20k			cycles
数据保留时间	@25°C	100			Years
数据保留时间	@85°C	25			Years
SRAM					
最小保持电压	低于最小保持电压 SRAM 数据会丢失	1.35			V
CLOCKS					
系统 RC 振荡器频率			16		MHz
系统 RC 振荡器精度	16MHz	-3		3	%
系统 RC 振荡器启动时间			10		µs
系统辅助时钟	用于休眠模式		256		kHz
系统辅助时钟误差		-10		10	%
POR/BOR					
POR 上电检测阈值	VDD3V3 上电触发	2.1	2.4	2.7	V
POR 上电检测迟滞			0.2		V
BOR 欠压阈值	VDD3V3 掉电触发, 用户可配	2.4	2.55	2.7	V
		2.5	2.65	2.8	
		2.6	2.75	2.9	
		2.7	2.85	3	
		2.8	2.95	3.1	
电源					

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
欠压阈值	VBAT 掉电触发，欠压模块产生中断给 MCU（sleep 模式除外），用户可配	4.5	5.0	5.5	V
		5.5	6.0	6.5	V
		6.5	7.0	7.5	V
		7.5	8.0	8.5	V
		8.5	9.0	9.5	V
欠压迟滞	用户可配,欠压阈值配置为 5V 时，迟滞可配置范围	0.01	0.125	0.255	V
欠压数字防抖时间	用户可配，每个步长为 62.5ns 或 62.5μs			16.32	ms
过压阈值	VBAT 上电触发，过压模块产生中断给 MCU（sleep 模式除外），用户可配	21	22.5	24	V
		23.5	25	26.5	
		26	27.5	29	
		28.5	30	31.5	
		31	32.5	34	
		33.5	35	36.5	
		36	37.5	39	
过压迟滞	用户可配,过压阈值配置为 25V 时，迟滞可配置范围	0.04	0.714	1.624	V
过压数字防抖时间	用户可配，每个步长为 62.5ns 或 62.5μs			16.32	ms
电流源 (LED)					
LED dropout 电压	电流下降至 90% 的电压值 (60mA)			1.6	V
电流	VBAT>6V	0.12		60	mA
电流调节步长			120		μA
电流误差	室温为 25°C	-7		+7	%
温度漂移			-0.025		%/°C
过温保护					
过温阈值	过温模块产生中断或复位给 MCU	90		165	°C
过温迟滞		-10	-14		°C
温度传感器					
温度检测范围	MCU 读取关于温度检测的 ADC 码值	-40		150	°C
温度误差		-10		+10	°C
工作电流			8		μA
差分放大器 (用于 LED VFW 测量)					
输入电压(灯的结	<4V @Gain=1/4	0		4	V

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
压范围)	>4V @Gain=1/8	4		8	V
输出电压范围		0		1	V
输出电压误差				1	%
增益 (Gain)	用户可配		1/4 or 1/8		
Wake Up					
TWAKEUP	LIN_IN/LIN_OUT, 用户可配	30	150	200	μs
Wake Up Timer	唤醒时=TimerLoadCount/16kHz, TimerLoadCount = 0x0~0x1FFFFFF, 默认值 0x1FFFFFF	0		2097152	ms
ASIC Watchdog timer					
Timeout	用户可配	0.128		16	s
SAR ADC					
精度			12		Bits
转换速度	转换一次需要 17 个时钟周期 (4 个采样时钟, 13 个转换时钟)			200	ks/s
ADC 时钟	16MHz 时钟 4 分频			4	MHz
ADC 积分非线性	设计保证	-2		2	LSB
ADC 差分非线性	设计保证	-1		1	LSB
参考电压	校准后	1.19	1.20	1.21	V
LIN (VBAT=8V~16V, VBUS 为 LIN 总线电压, VSUP 为芯片电源端的电压)					
供应电压	供电电压范围	6	13.5	18	V
总线驱动电流	当 VBUS=VBAT=16V, 驱动器主导状态驱动器的电流限制	40		200	mA
从机上拉电阻	从机 Lin 的上拉电阻	20	30	60	kΩ
总线显性电平漏电	LIN 驱动器关闭 VBUS=0, VBAT=12V	-1			mA
总线隐性电平漏电	LIN 驱动器关闭, VBUS>VBAT 8V<VBAT<16V, 8V<VBUS<16V			20	μA
地线断开总线漏电 LIN2.2A	控制单元与地断开 GND = VSUP 0V<VBUS<16V, VBAT = 12V 不影响 LIN 2.2A 网络上的其他通讯	-1		+1	mA
电源未连接总线漏电, LIN2.2A	VBAT 断开, 0<VBUS<16V, VBAT=0V, 节点 LIN 2.2A 在这种情况下可以能够正常通讯。且总线 BUS 保持运行。			100	μA
电源未连接总线漏	0V<VBUS<18V, VBAT=VGND=0V	-23		23	μA

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电, J2602	J2602				
地线断开总线漏电流 J2602	VBAT = VGND = 12V, 0V < VBUS < 18V J2602	-100		100	μA
TX 输出显性电平	负载 500Ω, TX 开漏输出			0.2	VSUP
TX 输出隐性电平	负载 500Ω, TX 开漏输出	0.8			VSUP
总线电容	LIN 脚总电容			35	pF
RX 输入隐性电平	RX 隐性电平阈值	0.6			VSUP
RX 输入显性电平	RX 显性电平阈值			0.4	VSUP
RX 输入隐性与显性电平迟滞	RX 隐性电平阈值与显性电平阈值差值			0.175	VSUP
RX 输入隐性与显性电平中心值	RX 隐性电平阈值与显性电平阈值平均值	0.475	0.5	0.525	VSUP
RX 上升沿传输延时	C _{RXD} = 20pF			6	μs
RX 下降沿传输延时	C _{RXD} = 20pF			6	μs
RX 上升沿与下降沿延时对称性	RX 上升沿传输延时与下降沿传输延时差值	-2		2	μs
LIN Timing parameters					
D1 占空比 (20kb/s)	THRec(max) = 0.744 x VSUP; THDom(max) = 0.581 x VSUP; VSUP = 7.0V...16V; tBit = 50μs; D1 = tBus_rec(min) / (2 x tBit)	0.396			-
D2 占空比 (20kb/s)	THRec(min) = 0.422 x VSUP; THDom(min) = 0.284 x VSUP; VSUP = 7.6V...16V; tBit = 50μs; D2 = tBus_rec(max) / (2 x tBit)			0.581	-
D3 占空比 (10.4kb/s)	THRec(max) = 0.778 x VSUP; THDom(max) = 0.616 x VSUP; VSUP = 7.0V...16V; tBit = 96μs; D3 = tBus_rec(min) / (2 x tBit)	0.417			-
D4 占空比 (10.4kb/s)	THRec(min) = 0.389 x VSUP; THDom(min) = 0.251 x VSUP; VSUP = 7.6V...16V; tBit = 96μs; D4 = tBus_rec(max) / (2 x tBit)			0.59	-
隐性电平最大值与显性电平最小值差	10.4kbs 低速传输速度, J2602			15.9	μs
显性电平最大值与隐性电平最小值差	10.4kbs 低速传输速度, J2602			17.28	μs

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
GPIOs					
GPIO 输入低阈值	输入低电压			0.3*VDD3V3	V
GPIO 输入高阈值	输入高电压	0.7*VDD3V3			V
GPIO 下拉驱动能力	输出电压=VOL 下的最大负载电流			10	mA
GPIO 上拉驱动能力	输出电压=VOH 下的最大负载电流			10	mA
GPIO 输出低电压	输出低电压			0.4	V
GPIO 输出高电压	输出高电压	2.4			V
GPIO 上拉电阻	上拉电阻		50		kΩ
GPIO 下拉电阻	下拉电阻		50		kΩ
SWCLK, SWDIO					
SW 输入低阈值	输入低电压			0.3*VDD3V3	V
SW 输入高阈值	输入高电压	0.7*VDD3V3			V
SW 输出低电压				0.4	V
SW 输出高电压		2.4			V
SW 上拉电阻			20		kΩ

VBAT=6V to 18V, TA=25°C for typical values.

电流功耗

模式	条件	最小值	典型值	最大值	单位
正常模式	Ta=25°C, VBAT=13.5V, OSC=16MHz, 全部功能正常运行: MCU 运行, 无闪存写入, LED 熄灭, ADC 打开, VBAT 和 TEMP 监视器打开, WDT 打开.			10	mA
休眠模式	主调节器 (3.3V) ON, 负载卸载保护激活, Ta=25°C (max), VBAT=13.5V, 过压/欠压检测、PWM、LED 驱动器、温度传感器和 ADC 关闭; 只打开 LIN RX 和 GPIO 切换和唤醒定时器	15	35	60	μA

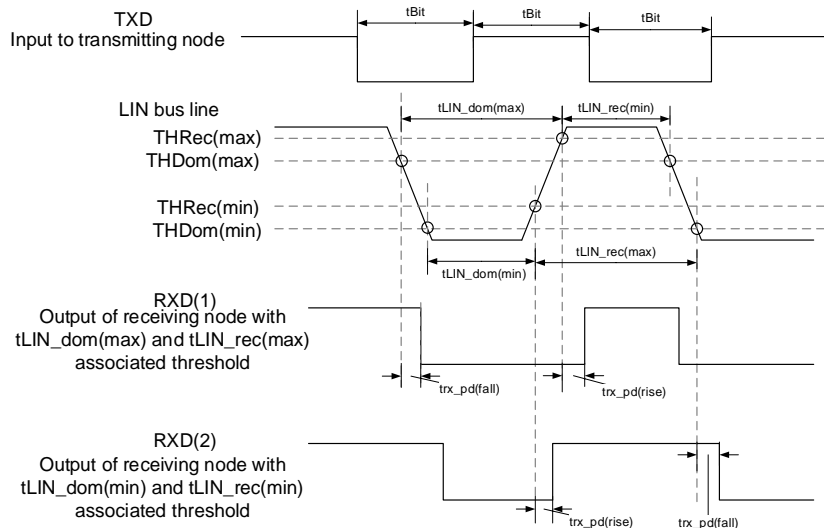


图 4 LIN 时序图

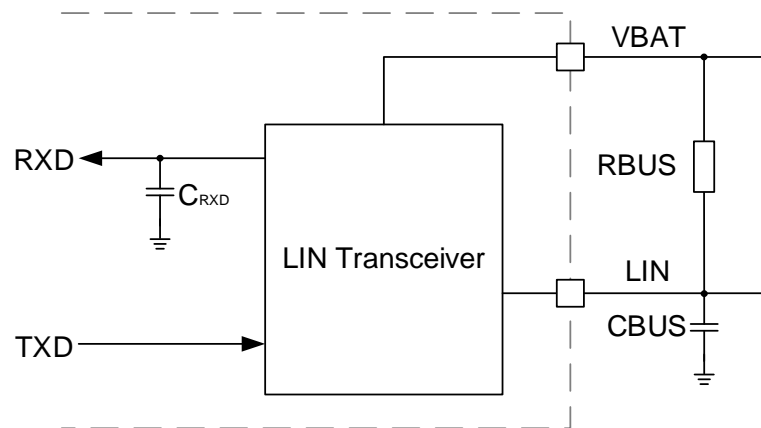


图 5 LIN 测试电路图

系统及 FLASH 概述

本章节主要从系统的上电、下电、系统初始化及微调、进入和退出低功耗模式几个方面展开了描述。

上电

汽车电池 VBAT 供电，芯片内部有多个 LDO 建立片内的电源系统：

- LDO3V3: 输入 13.5V, 输出 3.3V
- LDO1V5: 输入 3V, 输出 1.5V

将电源连接到 VBAT 引脚后（AW23003QNR-Q1 的外围电路已确认完好），芯片电源引脚 VBAT 引脚上的电压满足工作电压范围，系统将开始工作。

下图是 AW23003QNR-Q1 的上电时序关系（VBAT、LDO、GPIO、LIN 等）：

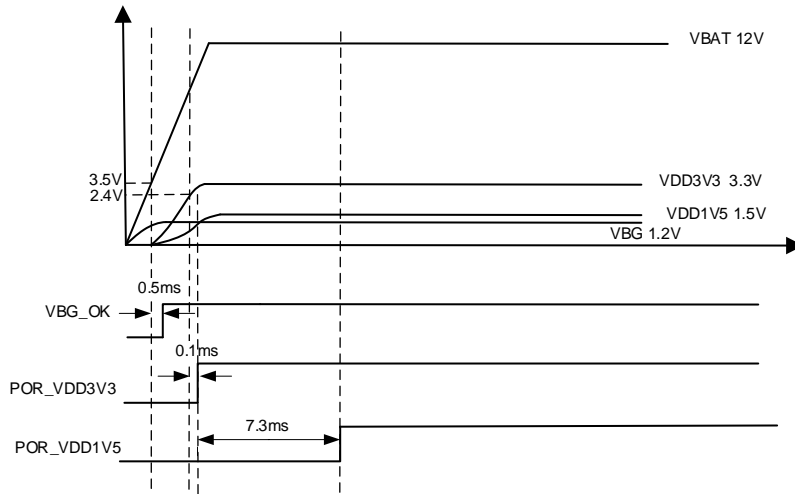


图 6 AW23003QNR-Q1 上电时序图

从 POR_VDD1V5 上升后，硬件初始化时间为 2.1ms，综合考虑到硬件初始化时间，从开始上电到芯片能够正常工作约 10ms。

下电

当 VDD_3V3 或 VBAT 低于预设定的电压阈值，整个芯片会立即复位。

存储器

AW23003QNR-Q1 内置 16KB SRAM，可以支持字节（8 位）、半字（16 位）或字（32 位）进行读写访问。内置 FLASH 大小为 64KB，支持读、写、擦除操作，支持以 32 位字进行访问。FLASH 用于保存芯片执行代码，包括初始化程序和各种检测、判断、处理程序。

- 64KB 的嵌入式 FLASH，用于存储程序和数据
- 6KB 的 NVR 区，用于存储用户配置信息

内存映射

地址	外部设备	描述
0x00000000 – 0x0000FFFF	FLASH	64KB 闪存, 用户可编程.
0x00010000 – 0x000117FF	NVR	6KB
0x00012000 – 0x1FFFFFFF	NA	-
0x20000000 – 0x20003FFF	SRAM	16KB SRAM
0x20004000 – 0x3FFFFFFF	NA	-
0x40004000 – 0x400040FF	WDT	看门狗计时器
0x40004100 – 0x400041FF	TIMER1	通用计时器 1
0x40004200 – 0x400042FF	TIMER2	通用计时器 2
0x40004300 – 0x400043FF	NA	-
0x40004400 – 0x400044FF	RCCM	Timer、WDT 时钟复位控制器
0x40004500 – 0x400045FF	FMC	FLASH 控制器
0x40004D00 – 0x4FFFFFFF	NA	-

地址	外部设备	描述
0x50000000 – 0x500000FF	RCC	时钟和复位控制器
0x50000100 – 0x500001FF	PMU	电源管理单元
0x50000200 – 0x500002FF	NA	-
0x50000300 – 0x500003FF	WWDG	窗口看门狗寄存器
0x50000400 – 0x500004FF	LED_CTRL	LED 控制器
0x50000500 – 0x500005FF	LINS	LIN 从控制和 PHY 寄存器
0x50000600 – 0x500006FF	LINM	LIN 主 PHY 寄存器
0x50000700 – 0x500007FF	ADC_CTRL	ADC 控制器
0x50000800 – 0x500008FF	AFIO	引脚复用
0x50000900 – 0x500009FF	SYSCTRL	系统配置模块
0x50000A00 – 0x50000AFF	GPIO	GPIO 控制器
0x50000E00 – 0x50000EFF	WAKEUP_TIMER	唤醒定时器

设备功能说明

内核性能

本产品集成了一个 32 位 CPU 内核。该平台提供了卓越的计算性能和高效的中断系统，同时外围器件使用的管脚数目较少，功耗更低。

内置一个嵌套向量中断控制器。该中断控制器可以处理多达 32 个可屏蔽中断通道，并支持 4 个不同的中断优先级。

中断和异常向量

该产品的向量表如下：

位置	优先级	优先级类型	缩略语
-	-3	固定	Reset_Handler
-	-2	固定	NMI_Handler
-	-1	固定	HardFault_Handler
-	0	可设置	MemManage_Handler
-	1	可设置	BusFault_Handler
-	2	可设置	UsageFault_Handler
-	3	可设置	SVC_Handler
-	4	可设置	DebugMon_Handler
-	5	可设置	PendSV_Handler
-	6	可设置	SysTick_Handler
0	7	可设置	WDT_Handler
1	8	可设置	Timer1_Handler
2	9	可设置	Timer2_Handler
16	23	可设置	LINS_WU_Handler

位置	优先级	优先级类型	缩略语
17	24	可设置	LINS_PHY_Handler
18	25	可设置	TIMER_WU_Handler
19	26	可设置	BOR_Handler
20	27	可设置	WWDG_Handler
21	28	可设置	UV_Handler
22	29	可设置	OV_Handler
23	30	可设置	LINS_Handler
24	31	可设置	ADC_Handler
27	34	可设置	GPIO_Handler
29	36	可设置	OVTEMP_Handler

FLASH_CTRL

概述

本产品内嵌 64KB 片上 FLASH，用于存放应用程序，芯片上电以后，CPU 从 FLASH 获取代码运行应用程序。

特性

具有如下特性：

- 64KB FLASH 主存储区域+6KB 用户 NVR 区，每个扇区 512 字节
- 支持按 word 写 FLASH
- 支持 FLASH 扇区擦除、FLASH 整片擦除
- 支持 AHB 总线高速访问 FLASH 存储区
- 支持应用程序读保护

功能描述

FLASH 组织架构

FLASH 区域	名称	FLASH 闪存地址	大小 (byte)
Main FLASH Memory (64K)	Sector 0	0x0000 0000 - 0x0000 01FF	0.5 Kbyte
	Sector 1	0x0000 0200 - 0x0000 03FF	0.5 Kbyte
	Sector 2	0x0000 0400 - 0x0000 05FF	0.5 Kbyte
	Sector 3	0x0000 0600 - 0x0000 07FF	0.5 Kbyte
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	Sector 124	0x0000 F800 - 0x0000 F9FF	0.5 Kbyte
	Sector 125	0x0000 FA00 - 0x0000 FBFF	0.5 Kbyte
Sector 126	0x0000 FC00 - 0x0000 FDFF	0.5 Kbyte	

FLASH 区域	名称	FLASH 闪存地址	大小 (byte)
	Sector 127	0x0000 FE00 - 0x0000 FFFF	0.5 Kbyte
NVR block (6K)	Usr nvr Sector0	0x0001 0000 - 0x0001 01FF	0.5 Kbyte
	Usr nvr Sector1	0x0001 0200 - 0x0001 03FF	0.5 Kbyte
	Usr nvr Sector2	0x0001 0400 - 0x0001 05FF	0.5 Kbyte
	Usr nvr Sector3	0x0001 0600 - 0x0001 07FF	0.5 Kbyte
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	Usr nvr Sector9	0x0001 1200 - 0x0001 11FF	0.5 Kbyte
Usr nvr Sector10	0x0001 1400 - 0x0001 13FF	0.5 Kbyte	
Usr nvr Sector11	0x0001 1600 - 0x0001 17FF	0.5 Kbyte	

FLASH 读保护

芯片上电或者系统复位后，在 CPU 执行的前 8192 个周期的指令时期，调试接口处于禁用状态。

向寄存器 FLS_CODE_PROT 写入 0x91827364 打开 FLASH 读保护，禁用调试接口。

注意：如果在芯片上电复位或者系统复位后的 8192 个指令周期内，打开读保护功能，后续将无法通过调试接口连接芯片。

FLASH 掉电保护

为了防止 FLASH 擦写过程中意外掉电对 FLASH 的损害，可在进行 FLASH 擦写操作前使能 FLASH 掉电保护功能。方法如下：

步骤 1：启动意外掉电保护电路（向寄存器 FLS_BOR_CFG 写入 0x1）；

步骤 2：等待 100μs；

步骤 3：使能意外掉电保护功能（向寄存器 FLS_BOR_CFG 写入 0x3）；

FLASH 擦写初始化

不同系统时钟频率下，FLASH 的擦写操作有不同的时序要求，FLASH 擦写操作 Timing 参数，具体配置如下图所示：

寄存器	编程			扇区擦除			芯片擦除		
	16M	8M	4M	16M	8M	4M	16M	8M	4M
T_NVS	0x190	0xC8	0x64	0x190	0xC8	0x64	0x5A0	0x2D0	0x168
T_PGS	0x3C0	0x1E0	0xF0	0x3C0	0x1E0	0xF0	0x3C0	0x1E0	0xF0
T_PROG	0x5C	0x2E	0x17	0x5C	0x2E	0x17	0x5C	0x2E	0x17
T_RCV	0x3C0	0x1E0	0xF0	0x3C0	0x1E0	0xF0	0xDC0	0x6E0	0x370
T_RW	0xC	0x6	0x3	0xC	0x6	0x3	0xC0	0x60	0x30
T_ERASE	/	/	/	0x9600	0x4B00	0x2580	0x84D00	0x42680	0x21340
T_WAKEUP	0x192	0xC8	0x64	0x192	0xC8	0x64	0x192	0xC8	0x64

T_ADSH	0xC	0x6	0x3	0xC	0x6	0x3	0xC	0x6	0x3
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FLASH 扇区擦除

步骤 1: 根据系统时钟频率, 参照 FLASH 擦写初始化中的推荐参数, 配置 FLASH 扇区擦除操作相关的时序参数;

步骤 2: 配置 ISP_ADR 寄存器, 写入待擦除扇区的 FLASH 地址;

步骤 3: 配置 ISP_CMD 寄存器, ISP_CMD bit 域写入擦除指令; 如果需要擦除的 FLASH 地址为 NVR 区, ISP_NVR bit 域置 1, 否则该位置 0; ISP_CHIP bit 域置 0。

步骤 4: 配置 ISP_GO 寄存器, ISP_GO bit 域写 1, 启动扇区擦除操作; 等待该位清零, 表示扇区擦除操作完成。

FLASH 整片擦除

步骤 1: 根据系统时钟频率, 参照 FLASH 擦写初始化中的推荐参数, 配置 FLASH 整片擦除操作相关的时序参数;

步骤 2: 配置 ISP_CMD 寄存器, ISP_CMD bit 域写入擦除指令; ISP_NVR bit 域置 0; ISP_CHIP bit 域置 1。

步骤 3: 配置 ISP_GO 寄存器, ISP_GO bit 域写 1, 启动整片擦除操作; 等待该位清零, 表示整片擦除操作完成。

FLASH 写

用户可以通过直接地址访问的方式, 向该地址写数据。

FLASH 读

用户可以通过直接地址访问的方式, 读指定地址上的 FLASH 数据。

寄存器

寄存器映射

FLASH_CTRL_BASE : 0x40004500

偏移地址	寄存器名称	描述	默认值
0x00	ISP_CR	ISP 控制寄存器	0x100
0x04	ISP_ADDR	ISP 地址寄存器	0x0
0x10	ISP_CMD	ISP 指令寄存器	0x20
0x14	ISP_GO	ISP 开始触发	0x0
0x20	T_NVIS	FLASH 擦写操作 Timing 配置, 与系统时钟有关系	0x190
0x24	T_PGSS	FLASH 擦写操作 Timing 配置, 与系统时钟有关系	0x3C0
0x28	T_PROG	FLASH 擦写操作 Timing 配置, 与系统时钟有关系	0x5C
0x2C	T_RCV	FLASH 擦写操作 Timing 配置, 与系统时钟有关系	0x3C0
0x30	T_RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置, 与系统时钟有关系	0xC
0x34	T_ERASE	FLASH 擦写操作 Timing 配置, 与系统时钟有关系	0x9600

偏移地址	寄存器名称	描述	默认值
0x38	T_WAKEUP	FLASH 擦写操作 Timing 配置，与系统时钟有关系	0x192
0x40	T_ADSH	FLASH 擦写操作 Timing 配置，与系统时钟有关系	0xC
0x48	FLS_CODE_PROT	FLASH 代码保护寄存器	0x0
0x4C	BOR_CFG	FLASH 掉电保护配置寄存器	0x0
0x54	BOR_STATE	FLASH 掉电状态寄存器	0x0

寄存器描述

RO: 只读, W: 只写, RW: 可读写

ISP_CR: Address(0x000)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8	BYPASS_WR_FF	RW	0: 向 FLASH 中写数据时，如果待写数据为 0xFF，不跳过该字节的写操作 1: 向 FLASH 中写数据时，如果待写数据为 0xFF，跳过该字节的写操作；	1
7:0	Reserved	RW	Not used	0

ISP_ADR: Address(0x004)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	Reserved	RW	Not used	0
15:0	ISP_ADR	RW	擦除 FLASH 的地址，范围 0x0~0xFFFF	0

ISP_CMD: Address(0x010)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8	READONLY	RW	READONLY=1 时，禁止进行 flash 的烧写和擦除操作	0
7:6	Reserved	RW	Not used	0
5	ISP_NVR	RW	NVR 选择 0: 扇区擦 FLASH 区域 1: 扇区擦 NVR 区域	0
4	ISP_CHIP	RW	整片擦除选择 0: 扇区擦除 1: 整片擦除	0
3:0	ISP_CMD	RW	ISP 指令 0101: 擦除指令	0

			其他: Reserved	
--	--	--	--------------	--

ISP_GO: Address(0x014)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RW	Not used	0
0	ISP_GO	RW	软件置位，硬件清零，如果该位为0，说明擦除操作结束 0: 擦除操作结束 1: 启动擦除操作	0

T_NVS: Address(0x020)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:11	Reserved	RW	Not used	0
10:0	T_NVS	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0x190

T_PGS: Address(0x024)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:11	Reserved	RW	Not used	0
10:0	T_PGS	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0x3C0

T_PROG: Address(0x028)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:7	Reserved	RW	Not used	0
6:0	T_PROG	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0x5C

T_RCV: Address(0x02C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:13	Reserved	RW	Not used	0
12:0	T_RCV	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0x3C0

T_RW: Address(0x030)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7:0	T_RW	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0xC

T_ERASE: Address(0x034)				
位数	名称	R/W	描述	默认值

31:20	Reserved	RW	Not used	0
19:0	T_ERASE	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0x9600

T_WAKEUP: Address(0x038)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8:0	T_WAKEUP	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0x192

T_ADSH: Address(0x040)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:5	Reserved	RW	Not used	0
4:0	T_ADSH	RW	FLASH 擦写操作 Timing 配置	0xC

FLS_CODE_PROT: Address(0x048)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:0	FLS_CODE_PROT	RW	写 0x91827364 使能读保护 0: 处于非读保护状态 1: 处于读保护状态	0

BOR_CFG: Address(0x04C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	RW	Not used	0
1	FBOR_BOR_VALID	RW	当 FBOR_EN 使能时，配置该寄存器有效。 0: 关闭掉电保护状态 BOR_STATE 指示功能 1: 打开掉电保护状态 BOR_STATE 指示功能	0
0	FBOR_EN	RW	0: 关闭掉电保护电路 1: 使能掉电保护电路	0

BOR_STATE: Address(0x054)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RW	Not used	0
0	FBOR_BOR	RW	写 1 清 0 0: 无意外掉电 1: 发生意外掉电	0

TIMER1/ TIMER2

概述

TIMER1 和 TIMER2 各包含一个 32 位计数器，它们可以作为通用定时器为系统提供定时功能。

特性

- 32 位计数器，工作在系统时钟域。
- 支持中断控制功能，包括中断产生、中断清除以及中断屏蔽。
- 当定时器在工作时，TimerLoadCount 发生变更，只有当定时器计数到 0 或者重启定时器才会被定时器更新，否则定时器会继续递减，直到 0 后再更新 TimerLoadCount。

功能描述

1) 开启 TIMER 时钟

TIMER1 和 TIMER2 时钟的开启与关闭可通过 RCCM.CLKENR 寄存器进行配置。

2) 配置 TIMER 装载值

TIMER 重装载值可以通过 TIMx.TimerLoaderCount 寄存器进行配置。

3) 配置 TIMER 中断

TIMER 中断的启用与屏蔽可通过 TIMx.TimerControlReg 寄存器进行配置。

4) 开启 TIMER 中断

开启 TIMER 全局中断，并根据应用配置合理的中断优先级。

5) 启动 TIMER

TIMER 的启动与禁用可以通过 TIMx.TimerControlReg 寄存器进行配置。

6) TIMER 中断产生

当 TIMER 启用后，计数器从 TIMx.TimerLoaderCount 寄存器配置的值开始向下计数，当计数值向下递减到 0 时，产生 TIMER 中断，同时计数器值恢复至 TIMx.TimerLoaderCount 寄存器配置的值，重新开始向下计数。

7) TIMER 中断清除

TIMER 中断产生后，需要写 TIMx.TimerEOI 寄存器清除 TIMER 中断状态。

8) 重新配置 TIMER 计数值

TIMER 计数过程中可随时配置寄存器 TIMx.TimerLoadCount，更新载入计数值，此时原计数过程不被打断，当原来计数过程递减到 0 后，返回更新的载入计数值继续递减计数。

9) 禁用 TIMER

TIMER 使用过程中可随时配置 TIMx.TimerControlReg 寄存器禁用 TIMER。

使用限制

- 必须先设定好 TimerLoadCount 才能启动 timer_en，且中途修改 TimerLoadCount 必须要关闭 Timer 再重新打开。
- TimerLoadCount 时间间隔不能设定 0x1~0xF，相对比较的小的数值，希望设定的时间在 1ms 以上即 TimerLoadCount > 0x1F。

寄存器

寄存器映射

TIMER1_BASE : 0x40004100

TIMER2_BASE : 0x40004200

TIMER 寄存器:

偏移地址	寄存器名称	默认值	描述
0x00	TimerLoadCount	0xFFFFFFFF	Timer1 和 Timer2 载入计数值寄存器
0x08	TimerControlReg	0	Timer1 和 Timer2 模块控制寄存器
0x0C	TimerEOI	0	Timer1 和 Timer2 中断清除寄存器
0x10	TimerIntStat	0	Timer1 和 Timer2 中断状态寄存器

寄存器描述

RO: 只读, W: 只写, RW: 可读写

TimerLoadCount: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:0	TimerLoadCount	RW	Timer 加载值, 当 Timer 启动或用户定义模式下递减计数	0xFFFFFFFF

TimerControlReg: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:3	Reserved	RW	Not used	0
2	TimerIntMsk	RW	Timer 中断屏蔽 0: 不屏蔽 1: 屏蔽	0
1	Reserved		Not used	0
0	TimerEn	RW	Timer 的使能 0: 禁用 1: 启用	0

TimerEOI: Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	TimerIntclr	WC	Timer 中断状态寄存器寄存器, 写 1 清除中断	0

TimerIntStat: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	TimerIntstate	RO	Timer 中断状态寄存器寄存器 1: 有中断 0: 没有中断	0

RCCM

概述

RCCM 复位模块和时钟控制器（RCC）用于产生各个模块所需的复位信号和时钟信号。该控制器提供复位源的查询和软件复位设置，控制门控时钟的打开和关闭。

特性

- 提供 TIM1、TIM2 和 WDT 的时钟
- 可以复位 TIM1、TIM2 和 WDT
- 支持复位源查询

寄存器

寄存器映射

RCCM_BASE : 0x40004400

偏移地址	寄存器名称	默认值	描述
0x00	RCCM_CLKENR	0	时钟使能寄存器
0x04	RCCM_RSTR	0	复位寄存器
0x08	RCCM_RSTCTRL	0x2	复位控制寄存器

寄存器描述

clock enable register (RCCM_CLKENR): Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:5	Reserved	RW	Not used	0
4	TIM1EN	RW	TIM1 计时器模块时钟使能 由软件置位或清除 0: TIM1 计时器模块时钟关闭 1: TIM1 计时器模块时钟打开	0
3	TIM2EN	RW	TIM2 计时器模块时钟使能 由软件置位或清除 0: TIM2 计时器模块时钟关闭 1: TIM2 计时器模块时钟打开	0
2:1	Reserved	RW	Not used	0
0	WDTEN	RW	WDTEN 模块时钟使能 由软件置位或清除 0: WDT 模块时钟关闭 1: WDT 模块时钟打开	0

reset register (RCCM_RSTR): Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:5	Reserved	RW	Not used	0
4	TIM1RST	RW	TIM1 计时器模块复位 由软件置位或清除 0: 无影响 1: 复位 TIM1 模块	0
3	TIM2RST	RW	TIM2 计时器模块复位 由软件置位或清除 0: 无影响 1: 复位 TIM2 模块	0
2:1	Reserved	RW	Not used	0
0	WDTRST	RW	WDT 模块复位 由软件置位或清除 0: 无影响 1: 复位 WDT 模块	0

reset ctrl register (RCCM_RSTCTRL): Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:4	Reserved	RW	Not used	0
3:1	RSTSRC	RW	系统复位发生源 由硬件置位或清除 001: 默认状态, 上电复位 010: 产生了 WDT 复位 011: 产生了 CPU 软件复位 100: 产生了 RCCM 软件复位	0x1
0	SFREQ	WO	系统复位请求 由软件置位, 硬件自动清除 0: 无影响 1: 产生系统复位请求	0

WDT

概述

WDT 可用于检测和解决由软件错误引起的故障; 当计数器达到给定的超时值时, 触发一个中断或产生系统复位。用于防止 SOC 中的设备或程序冲突导致的系统锁定。

特性

- 32 bits WDT 计数，工作在系统时钟域。
- 计数由初始值递减到 0 为发生一次超时。
- 如果发生超时，可配置为 WDT 直接复位系统，或者先生成中断，在发生第二次超时之前没有清除中断，则复位系统。
- 可配置超时时间。

功能描述

超时时间

WDT 超时时间可通过 WDT_TORR 寄存器进行配置。在不同的系统时钟频率下，WDT 可配置的最小超时时间与最大超时时间如下：

系统时钟	2MHz	4MHz	8MHz	16MHz
最小超时时间	64ms	32ms	16ms	8ms
最大超时时间	32768ms	16384ms	8192ms	4096ms

中断和复位

当 WDT_CR[1]配置为 1 时，若发生第一次超时，则会产生 WDT 中断，计数器返回到 WDT_TORR 对应的计数值，继续递减计数；若第二次发生超时时，WDT 中断还未被清除，则复位系统。

当 WDT_CR[1]配置为 0 时，配置超时时间，看门狗启动后，计数器开始递减，当递减计数器到 0 时，则产生一个系统复位。

寄存器 WDT_EOI 写 1，可以清除 WDT 中断信号。

配置流程

1) 开启 WDT 看门狗时钟

WDT 看门狗时钟的开启与关闭可以通过 RCCM.CLKENR 寄存器进行配置。

2) 配置 WDT 超时输出模式

WDT 超时输出模式可以通过 WDT.WDT_CR 寄存器进行配置。

3) 配置超时时间

WDT 超时时间可以通过 WDT.WDT_TORR 寄存器进行配置。

4) 使能 WDT 中断

WDT 中断可通过 WDT.WDT_CR 寄存器进行配置。

5) 使能 WDT

WDT 的使能可以通过 WDT.WDT_CR 寄存器进行配置。

6) 定时喂狗

当看门狗开启时，需要在配置的超时时间内进行喂狗，即向 WDT.WDT_CRR 寄存器写入 0x76，重启看门狗计数器。

寄存器

寄存器映射

WDT_BASE : 0x40004000

偏移地址	寄存器名称	默认值	描述
0x00	WDT_CR	0	控制寄存器
0x04	WDT_TORR	0	超时时间设置寄存器
0x0C	WDT_CRR	0	计数重启控制寄存器
0x10	WDT_STAT	0	中断状态寄存器
0x14	WDT_EOI	0	中断清除寄存器

寄存器描述

RO: 只读, W: 只写, RW: 可读写

WDT_CR: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	R/W	Not used	0
1	RMOD	R/W	选择超时的输出响应 0: 直接复位系统 1: 首先生成中断, 若第二次超时该中断还未被清除, 则复位系统	0
0	WDT_EN	R/W	WDT 使能。当禁用时, 计数器不递减, 不产生中断和系统复位	0

WDT_TORR: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:4	Reserved	R/W	Not used	0
3:0	TOP	R/W	超时时间, 被用于看门狗计数器重启时的超时时间选择, 超时时间的变化只有在下一次计时器重启之后起作用 计数单位为 32ms, cnt=0x1FFFF 32 位 WDT 的可用取值范围为: $2^{17} \sim 2^{(17+i)}$ 。其中 $i=TOP (0\sim15)$	0

WDT_CRR: Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	W	Not used	0
7:0	CntRestart	W	该寄存器写入 0x76, 重启计数器。重启会清除 WDT 的中断, 读取该寄存器读出 0 值	0

WDT_STAT: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	IntrStat	RO	中断状态寄存器 1: 有中断产生 0: 没有中断	0

WDT_EOI: Address(0x14)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	IntrClr	RWC	中断清除寄存器，没有重启看门狗计数器的情况下，写 1 清除中断	0

RCC

概述

RCC (reset and clock controller) 用于管理系统的复位和时钟，并输出复位和时钟的当前状态。

特性

具有如下特性：

- 支持复位源查询和清除操作
- 支持时钟源的开关和状态检查
- 支持系统时钟的 1、2、4、8 分频
- 支持系统时钟的无毛刺切换，支持系统时钟的状态查询

功能描述

复位

复位可分为三类：电源复位、系统复位和外设复位。

- 电源复位：

当芯片正常上电会产生电源复位，电源复位会复位所有的寄存器。

- 系统复位：

除特别指明的寄存器（包括 RCC_CR 寄存器的 SYSDIV 位、PMU_ACR 寄存器、PMU_BORCR 寄存器、PMU_BORDEG 寄存器、PMU_OTMCR 寄存器、PMU_OTFRR 寄存器、PMU_SMR 寄存器、LINM_PHY_ANR 寄存器、LINM_PHY_CR 寄存器、LINS_PHY_ANR 寄存器、LINS_PHY_CR 寄存器的 AUTO_ADDRESS_EN 位和 AUTO_ADDRESS_AUTOOFF 和 PU30K_AUTOOFF_EN 位、SYS_FWSR0 寄存器）外，系统复位将所有寄存器恢复至默认值。当下列事件发生时，系统复位产生：

- LDO3V3 欠压事件发生且选择复位动作
- VBAT 过压事件发生且选择复位动作
- VBAT 欠压事件发生且选择复位动作
- 过温保护事件发生且选择复位动作
- 窗口看门狗计数终止
- 置位 RCC_CSR 寄存器的 SOFTRSTREQ 位

复位源可通过查询复位标志（位于 RCC_CSR 寄存器）确认。用户可清除所有的复位标志。

- 外设复位：

软件可以通过配置外设复位寄存器（RCC_PRSTR 寄存器），单独复位 GPIO、LIN master、LIN slave、ADC 或 LED_CTRL。

时钟树

- 时钟源:

芯片内置两个 RC OSC 时钟源:

- 16MHz High Frequency RC oscillator, 输出 OSC16M_CLK
- 256kHz Low Frequency RC oscillator, 输出 OSC256K_CLK

16MHz RC OSC 由 RCC_CR 寄存器的 HFON 位控制开启和关闭。当开启后, 直至 HFRDY 位 (位于 RCC_CR 寄存器) 为 1, 此时表明 OSC16M_CLK 准备就绪, 可被用户使用。

256kHz RC OSC 始终开启, 不能被关闭。LFRDY 指明 OSC256K_CLK 是否准备就绪。

- 系统时钟:

系统时钟可选:

- OSC16M_CLK
- LF16K_CLK, 由 OSC256K_CLK 经过 16 分频得到

当 OSC16M_CLK 被选为系统时钟源时, RCC_CR 寄存器的 SYSDIV 位用于对系统时钟进行分频。

- SSC 扩频:

SSC (Spread spectrum clock, 扩频时钟) 用于降低高速时钟 OSC16M_CLK 产生的电磁干扰。

寄存器

寄存器描述

RCC_BASE : 0x50000000

RO: 只读, WO: 只写, RW: 可读写

Clock control register (RCC_CR): Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:10	Reserved	RW	Not used	0
9	LFRDY	RO	低速时钟就绪标志 由硬件置位, 该位为 1 时表明低频时钟准备就绪 0: 低频时钟未就绪 1: 就绪	1
8:6	Reserved	RW	Not used	0
5:4	SYSDIV	RW	系统时钟分频 由软件配置, 当系统时钟选择高速时钟时分频生效。默认四分频。 00: 不分频 01: 二分频 10: 四分频 11: 八分频	0x2
3:2	Reserved	RW	Not used	0
1	HFRDY	RO	高速时钟就绪标志 由硬件置位, 该位为 1 时表明高频时钟准备就绪。当产生上电复位时或高速时钟被关闭后, 该位被清除 0: 高频时钟未就绪 1: 就绪	1

0	HFON	RW	<p>高速时钟使能</p> <p>由软件置位或清除</p> <p>当进入到 SLEEP 模式时，由硬件自动清除以停止高速时钟。当高频时钟被用作系统时钟时，该位由硬件保护，不能被写入 0</p> <p>0: 高速时钟关闭</p> <p>1: 打开</p>	1
---	------	----	--	---

Clock configuration register (RCC_CFGR): Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	RW	Not used	0
1	SWS	RO	<p>系统时钟切换状态</p> <p>由硬件置位或清除，表明当前哪一个时钟源被用作系统时钟</p> <p>0: LFCLK 作为系统时钟</p> <p>1: HFCLK 作为系统时钟</p>	1
0	SW	RW	<p>系统时钟切换</p> <p>0: 选择 LFCLK 作为系统时钟</p> <p>1: 选择 HFCLK 作为系统时钟</p>	1

Peripheral reset register (RCC_PRSTR): Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	WO	Not used	0
5	ADCRST	WO	<p>ADC 模块复位</p> <p>由软件置位，由硬件自动清除</p> <p>0: 无影响</p> <p>1: 复位 ADC 模块</p>	0
4	LEDCTRLRST	WO	<p>LED CTRL 模块复位</p> <p>由软件置位，由硬件自动清除</p> <p>0: 无影响</p> <p>1: 复位 LED CTRL 模块</p>	0
3	LINMRST	WO	<p>LIN master PHY 模块复位</p> <p>由软件置位，由硬件自动清除</p> <p>0: 无影响</p> <p>1: 复位 LIN master PHY 模块</p>	0
2	LINSRST	WO	<p>LIN slave 模块复位</p> <p>由软件置位，由硬件自动清除</p> <p>0: 无影响</p> <p>1: 复位 LIN slave 模块</p>	0
1	Reserved	WO	Not used	0

Peripheral reset register (RCC_PRSTR): Address(0x0C)				
0	GPIORST	WO	GPIO 模块复位 由软件置位，由硬件自动清除 0: 无影响 1: 复位 GPIO 模块	0

Peripheral clock enable register (RCC_PENR): Address(0x18)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	ADCEN	RW	ADC 模块时钟使能 由软件置位或清除 0: ADC 模块时钟关闭 1: ADC 模块时钟开启	0
4	LEDCTRLLEN	RW	LED CTRL 模块时钟使能 由软件置位或清除 0: LED CTRL 模块时钟关闭 1: LED CTRL 模块时钟开启	0
3	LINMEN	RW	LIN master 模块时钟使能 由软件置位或清除 0: LIN master 模块时钟关闭 1: LIN master 模块时钟开启	0
2	LINSEN	RW	LIN slave 模块时钟使能 由软件置位或清除 0: LIN slave 模块时钟关闭 1: LIN slave 模块时钟开启	0
1	Reserved	RW	Not used	0
0	GPIOEN	RW	GPIO 模块时钟使能 由软件置位或清除 0: GPIO 模块时钟关闭 1: GPIO 模块时钟开启	0

Control status register (RCC_CSR): Address(0x24)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:18	Reserved	RO	Not used	0
17	UVRSTF	RO	VBAT 欠压复位标志 当 VBAT 欠压复位产生时，该位置位 通过写 CLRf 位或产生上电复位时清除该位 0: VBAT 欠压复位未产生 1: VBAT 欠压复位产生过	0

16	OVRSTF	RO	VBAT 过压复位标志 当 VBAT 过压复位产生时, 该位置位 通过写 CLRf 位或产生上电复位时清除该位 0: VBAT 过压复位未产生 1: VBAT 过压复位产生过	0
15	OTPRSTF	RO	过温复位标志 当过温复位产生时, 该位置位 通过写 CLRf 位或产生上电复位时清除该位 0: 过温复位未产生 1: 过温复位产生过	0
14	WDGRSTF	RO	看门狗复位标志 当 watchdog 复位产生时, 该位置位 通过写 CLRf 位或产生上电复位时清除该位 0: watchdog 复位未产生 1: watchdog 复位产生过	0
13	SOFTRSTF	RO	软件复位标志 当软件复位产生时, 该位置位 通过写 CLRf 位或产生上电复位时清除该位 0: 软件复位未产生 1: 软件复位产生过	0
12	BOR3V3RSTF	RO	VDD3V3 欠压复位标志 当 VDD3V3 欠压复位产生时, 该位置位 通过写 CLRf 位或产生上电复位时清除该位 0: VDD3V3 欠压复位未产生 1: VDD3V3 欠压复位产生过	0
11	Reserved	RO	Not used	0
10	POR3V3RSTF	RO	VDD3V3 上电复位标志 当 VDD3V3 上电复位产生时, 该位置位 通过写 CLRf 位清除该位 0: VDD3V3 上电复位未产生 1: VDD3V3 上电复位产生过	1
9	Reserve	RO	Not used	0
8	CLRf	WO	清除复位标志 软件置位, 清除所有的复位标志 0: 无影响 1: 清除所有的复位标志	0
7:6	Reserved	RO	Not used	0
5	SOFTRSTREQ	WO	软件复位请求 由软件置位, 硬件自动清除 0: 无影响 1: 产生软件复位请求	0

4:0	Reserved	RO	Not used	0
-----	----------	----	----------	---

High-frequency OSC SSC register (RCC_SSCR): Address(0x40)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:15	Reserved	RW	Not used	0
14	SSCEN	RW	扩频时钟使能 0: 关闭 SSC 功能 1: 打开 SSC 功能	0
13	Reserved	RW	Not used	0
12:8	SSCAMP	RW	扩频时钟幅度 00000: 幅度为 0 00001: 幅度为 1 ... 11110: 幅度为 30 11111: 幅度为 31	0
7:0	SSCDIV	RW	扩频时钟分频 $SSC_Freq = SYS_Freq / ((SSCDIV + 1) * [(SSCAMP + 1) * 4])$	0x28

PMU

概述

PMU (Power management unit, 电源管理模块) 将输入电源 VBAT 转换成内部电路使用的 3.3V 和 1.5V 电源, 同时对 VBAT 转换后的 3.3V 和 1.5V 电源进行监测。芯片提供了灵活的选项应对电源异常, 防止电源异常导致芯片工作异常。

特性

设计具有如下特性:

- 支持低功耗管理
- 集成 POR 和 BOR, 防止供电异常引起的芯片异常
- 支持 VBAT 电压监测, 当欠压和过压产生后产生复位或上报 CPU
- 支持过温保护
- 支持安全模式, 防止芯片失效后影响其他芯片

功能描述

电源供电

芯片工作电压 VBAT 为 6V~18V, 内置 LDO3V3 和 LDO1V5, LDO3V3 常开, 不可被关闭。LDO1V5 根据芯片工作模式, 有两种不同的状态:

- 当芯片处于运行模式 (RUN mode), LDO1V5 处于工作状态
- 当芯片处于休眠模式 (SLEEP mode), LDO1V5 可选择关闭

安全监测

● VBAT 监测

芯片内置电源过压监测器（VBAT OV monitor）和电源欠压监测器（VBAT UV monitor），分别用于监测 VBAT 上的电压是否高于或低于用户设定的阈值电压。

当检测到过压事件或欠压事件后，用户可选择：产生复位、中断或无动作。

● 上电复位（POR）和欠压复位（BOR）

POR3V3:

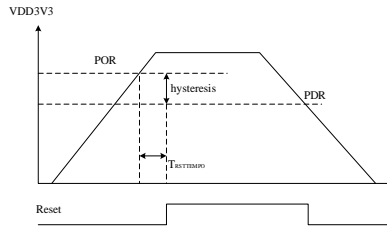


图 7 上电复位（POR）波形图

当 VDD3V3 低于指定的电压检测阈值时，系统保持为复位状态，防止低电压下芯片工作异常。关于上电复位和掉电复位的细节请参考数据手册的电气参数部分。

BOR3V3:

芯片内置欠压检测电路 BOR3V3，检测 VDD3V3 是否低于设定的电压阈值。用户可选择 VDD3V3 低于阈值电压后的动作：系统复位、上报中断或不进行任何处理。

● 过温监测:

过温监测器（OverTemp monitor）监测芯片温度是否高于设定温度阈值，防止芯片工作在异常温度下。用户可选择温度高于阈值温度后的动作：系统复位、上报中断或不进行任何处理。

低功耗模式

在电源复位或系统复位后，芯片工作在运行模式。在该模式下，OSC RC 16MHz 被选为系统时钟源，在运行模式下可以通过以下方式降低功耗：

- 降低系统时钟
- 关闭未被使用的外设的时钟
- 关闭 CPU 的时钟

当 CPU 不需要继续执行命令时，可通过 WFI 或 WFE 命令，停止 CPU 时钟，节省功耗。

芯片可进入休眠模式，在该工作模式下，芯片功耗最低。

进入 SLEEP 模式

要进入休眠模式，须按以下顺序执行：

- 1) 关闭 ADC 测量
- 2) 关闭 LED 驱动
- 3) 关闭温度传感器
- 4) 如果需要可配置 GPIO 为唤醒源
- 5) 如果需要可配置唤醒定时器为唤醒源
- 6) 配置 PMU 的休眠模式寄存器
- 7) CPU 执行 WFI，进入 CPU 休眠模式

退出 SLEEP 模式

在发送休眠模式请求之前，须保证至少启用一个唤醒源，否则只有 LIN 活动或通过 POR 才能让芯片从休眠模式唤醒。

芯片从低功耗模式唤醒后，软件启动与上电启动的流程相同。

低功耗模式退出可通过 3 种不同的唤醒源：

- 当 LIN 总线上为显性电平且时间超过规格书的规定值（WKUP_REC_THRES），之后再切换为隐性电平，立即产生一个唤醒事件。如果休眠模式是由 LIN 对地短路（故障）启动的，并且随后短路被消除，则 LIN 会被立即唤醒。实际应用时可在 LIN 总线上预留并联电容，降低 LIN 通路上的干扰；

- 当检测到 GPIO 的上升沿或下降沿事件，会立即产生一个唤醒事件；
- 通过配置芯片内部的唤醒定时器，达到设置的预设时间，会立即产生唤醒事件。

安全模式 Safe mode

安全模式（Safe mode）是芯片功能失效的一种状态，在该状态，芯片不能进行 LIN 通信，也不能有效控制 LED。为防止本芯片对其他芯片产生影响，在该状态下所有 GPIO 均为悬空。

当 WDTRSTEN 有效且 WWDT 计数超时时，内部 WDTRSTCNT 计数会加 1。当芯片工作正常时，WWDG 复位后 CPU 会置位 WDTRSTCNTCLR 位，清除 WDTRSTCNT 计数值。若芯片工作异常，WDTRSTCNT 会不断累加，直至等于设定阈值，此时芯片会进入安全模式。

特别的，若 LIN_SW_ON 为 1，LIN Switch 功能是可用的。除非上电复位，否则不能退出安全模式。

寄存器

寄存器描述

PMU_BASE: 0x50000100

RO: 只读, WO: 只写, RW: 可读写

Control register (PMU_CR): Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:17	Reserved	RW	Not used	0
16	DWP	RW	关闭写保护 由软件置位或清除 该位为 0 时，BORCR 寄存器、OTMCR 寄存器和 VBATMCR 寄存器受到保护，以防止随机写访问。必须将该位置为 1 后才能对被保护的寄存器进行写访问 0: 禁止写访问 1: 允许写访问	0
15:9	Reserved	RW	Not used	0
8	CWUF	WO	清除所有唤醒标志 由软件置位，硬件自动清零。当该位为 0 时，表明清除唤醒标志的动作完成 0: 无影响 1: 清除所有唤醒标志	0
7:5	Reserved	RW	Not used	0

4	CSF	WO	清除休眠标志 由软件置位，硬件自动清零 0: 无影响 1: 清除休眠标志	0
3	PDS	RW	休眠模式下关闭 LDO1V5 该位由软件置位或清除。 0: LDO1V5 在休眠模式下工作 1: LDO1V5 在休眠模式下关闭	0
2	Reserved	RW	Not used	0
1	HFINIT	RW	在初始化阶段选择高速时钟作为系统时钟 该位由软件置位或清除 0: 系统复位或从休眠模式唤醒后，系统时钟选择低速时钟 1: 系统复位或从休眠模式唤醒后，硬件自动将系统时钟切换成高速时钟	1
0	SLEEP	WO	进入休眠模式命令 由软件置位，硬件自动清零 0: 无影响 1: 系统准备进入休眠模式	0

Status register (PMU_SR): Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:12	Reserved	RO	Not used	0
11	LINSWUF	RO	LIN slave 唤醒标志 该位由硬件置位，软件通过将 CWUF 位置位来清除 0: 无 LIN slave 唤醒事件 1: LIN slave 唤醒上一次休眠模式	0
10	Reserved	RO	Not used	0
9	TIMWUF	RO	wakeup timer 唤醒标志 该位由硬件置位，软件通过将 CWUF 位置位来清除 0: 无 wakeup timer 唤醒事件 1: wakeup timer 唤醒上一次休眠模式	0
8	GPIOWUF	RO	GPIO 唤醒标志 该位由硬件置位，软件通过将 CWUF 位置位来清除 0: 无 GPIO 唤醒事件 1: GPIO 唤醒上一次休眠模式	0
7:5	Reserved	RO	Not used	0
4	SF	RO	休眠模式标志 该位由硬件置位，软件通过将 CSF 位置位来清除 0: 系统未进入过休眠模式 1: 系统进入过休眠模式	0

3:0	Reserved	RO	Not used	0
-----	----------	----	----------	---

Analog control register(PMU_ACR): Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8	IBIASEN	RW	电流偏置模块使能 由软件置位或清除 0: 关闭 1: 打开	0
7	Reserved	RW	Not used	0
6	BORVSEL	RW	BOR 比较器参考电压选择信号 由软件置位或清除，选择 BOR 比较器的参考电压 0: 选择 GPIO5 模拟通道输入作为 BOR 比较器的参考电压 1: 选择 BG 输出电压作为 BOR 比较器的参考电压	1
5	Reserved	RW	Not used	0
4	BUFEN	RW	BG 缓冲器使能 由软件置位或清除。在使能 OV/UV/IBIAS/BOR3V3 前需要置位该位。置位该位后，软件需等待 50μs 再开启 OV/UV/IBIAS/BOR3V3 0: 关闭 BG 缓冲器 1: 打开	0
3	Reserved	RW	Not used	0
2	TSEN	RW	温度传感器使能 由软件置位或清除 0: 关闭温度传感器 1: 打开温度传感器	0
1:0	Reserved	RW	Not used	0

BOR control register(PMU_BORCR): Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7:4	BOR3V3LS	RW	BOR3V3 阈值电压选择 由软件配置，用于配置 BOR3V3 的阈值电压 0000: 2.021V 0001: 2.076V 0010: 2.134V 0011: 2.194V 0100: 2.259V 0101: 2.327V 0110: 2.4V	0xB

			0111: 2.477V 1000: 2.56V 1001: 2.648V 1010: 2.742V 1011: 2.844V 1100: 2.953V 1101: 3.071V 1110: 3.199V	
3:2	BOR3V3ACTSEL	RW	BOR3V3 动作选择 由软件配置, 当 BOR3V3 检测到 3.3V 供电产生欠压事件后, 根据配置产生不同的动作 11: 无动作 10: 产生系统复位 01: 产生中断 00: 无动作	1
1	Reserved	RW	Not used	0
0	BOR3V3EN	RW	BOR3V3 使能 由软件置位或清除 0: BOR3V3 关闭 1: BOR3V3 开启	0

BOR deglitch register(PMU_BORDEG): Address(0x14)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	Reserved	RW	Not used	0
15:11	BOR3V3NEGTHRES	RW	BOR3V3 输出信号下降沿滤波阈值 由软件配置。当 BOR3V3 输出信号从 1 变为 0 时, 若输出信号连续保持(BOR3V3NEGTHRES+1)个时钟周期 (时钟为 256kHz) 低电平后, 认为输出信号为低电平	1
10:8	Reserved	RW	Not used	0
7:3	BOR3V3POSTHRES	RW	BOR3V3 输出信号上升沿滤波阈值 由软件配置。当 BOR3V3 输出信号从 0 变为 1 时, 若输出信号连续保持(BOR3V3POSTHRES+1)个时钟周期 (时钟为 256kHz) 高电平后, 认为输出信号为高电平	0x1F
2	Reserved	RW	Not used	0
1	BOR3V3DBNC	RO	滤波后的 BOR3V3 输出信号 该位由硬件置位或清除, 该位为原始的 BOR3V3 输出经过滤波器后的信号	0
0	BOR3V3DEGEN	RW	BOR3V3 输出信号使能 由软件置位或清除, 选择是否对 BOR3V3 的输出信号进行滤波 0: 不滤波	0

			1: 滤波 注: 滤波器滤波时钟频率为 256kHz	
--	--	--	-------------------------------	--

Over temperature monitor control register(PMU_OTMCR): Address(0x20)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7:4	OTLS	RW	过温检测器的温度阈值选择 由软件配置, 用于配置过温监测器监测的阈值温度 0000: 90°C 0001: 95°C 0010: 100°C 0011: 105°C 0100: 110°C 0101: 115°C 0110: 120°C 0111: 125°C 1000: 130°C 1001: 135°C 1010: 140°C 1011: 145°C 1100: 150°C 1101: 155°C 1110: 160°C 1111: 165°C	0xb
3:2	OTACTSEL	RW	过温后动作选择 由软件配置, 当检测器检测到芯片温度超过阈值温度后, 根据配置产生不同的动作 11: 无动作 10: 产生系统复位 01: 产生中断 00: 无动作	0
1	Reserved	RW	Not used	0
0	OTE	RW	过温检测器使能 由软件置位或清除 0: 关闭过温检测器 1: 打开过温检测器	0

VBAT monitor control register(PMU_VBATMCR): Address(0x30)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:28	Reserved	RW	Not used	0

27:24	OVLS	RW	VBAT 过压检测器阈值电压选择 由软件配置，用于配置过压检测器检测的阈值电压 0000: 20.06V 0001: 21.26V 0010: 22.58V 0011: 23.78V 0100: 25.02V 0101: 26.30V 0110: 27.54V 0111: 28.78V 1000: 30.02V 1001: 31.30V 1010: 32.46V 1011: 33.74V 1100: 35.10V 1101: 36.30V 1110: 37.58V 1111: 38.82V	0x4
23:22	Reserved	RW	Not used	0
21:20	OVHYS	RW	VBAT 过压检测器迟滞电压选择 由软件配置，用于配置过压检测器的迟滞电压 00: 42mV 01: 0.714V 10: 1.344V 11: 1.624V	0x1
19	OVACTSEL	RW	VBAT 过压后动作选择 由软件配置，当检测器检测到 VBAT 电压超过阈值电压后，根据配置产生不同的动作 1: 产生系统复位 0: 无动作	0
18:17	Reserved	RW	Not used	0
16	OVE	RW	VBAT 过压检测器使能 由软件置位或清除 0: 关闭 VBAT 过压检测器 1: 打开 VBAT 过压检测器	0
15:13	Reserved	RW	Not used	0
12:8	UVLS	RW	VBAT 欠压检测器阈值电压选择 由软件配置，用于配置欠压检测器检测的阈值电压 00000: 4.026V 00001: 4.124V 00010: 4.22V 00011: 4.332V 00100: 4.444V	0x9

			00101: 4.64V 00110: 4.684V 00111: 4.82V 01000: 4.956V 01001: 5.1V 01010: 5.26V 01011: 5.428V 01100: 5.556V 01101: 5.7V 01110: 5.844V 01111: 5.996V 10000: 6.18V 10001: 6.356V 10010: 6.532V 10011: 6.724V 10100: 6.932V 10101: 7.148V 10110: 7.3V 10111: 7.46V 11000: 7.62V 11001: 7.796V 11010: 7.98V 11011: 8.164V 11100: 8.364V 11101: 8.572V 11110: 8.796V 11111: 9.028V	
7:6	Reserved	RW	Not used	0
5:4	UVHYS	RW	VBAT 欠压检测器迟滞电压选择 由软件配置，用于配置欠压检测器的迟滞电压 00: 16mV 01: 136mV 10: 232mV 11: 328mV	0x1
3	UVACTSEL	RW	VBAT 欠压后动作选择 由软件配置，当检测器检测到 VBAT 电压低于阈值电压后，根据配置产生不同的动作 1: 产生系统复位 0: 无动作	0
2:1	Reserved	RW	Not used	0
0	UVE	RW	VBAT 欠压检测器使能 由软件置位或清除	0

			0: 关闭欠压检测器 1: 打开欠压检测器	
--	--	--	--------------------------	--

VBAT OV debounce control register(PMU_VBATOVDCR): Address(0x34)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31	OVDE	RW	过压信号滤波器使能 由软件置位或清除, 选择是否对过压检测器输出的原始信号进行滤波 0: 不滤波 1: 滤波	1
30	OVDNBC	RO	滤波后的 VBAT 欠压信号 该位由硬件置位或清除, 该位为原始的 VBAT 欠压信号经过滤波器后的信号	0
29:25	Reserved	RW	Not used	0
24	OVSTRB1CLK	RW	过压信号从 0 到 1 变化时滤波器时钟选择 由软件置位或清除。默认使用高速时钟作为滤波器的时钟, 以便更快得到滤波后的信号 0: 选择高速时钟 (16MHz) 作为滤波器的时钟 1: 选择低速时钟 (16kHz) 作为滤波器的时钟	0
23:16	OVTRES1	RW	过压信号从 0 到 1 变化时滤波阈值配置 由软件配置。当过压信号从 0 变为 1 时, 若过压信号连续保持 (OVTRES1+1) 个时钟周期 (时钟由 OVSTRB1CLK 选择) 高电平后, 认为过压信号有效	0x1
15:9	Reserved	RW	Not used	0
8	OVSTRB0CLK	RW	过压信号从 1 到 0 变化时滤波器时钟选择 由软件置位或清除。默认使用高速时钟作为滤波器的时钟, 以便更快得到滤波后的信号 0: 选择高速时钟 (16MHz) 作为滤波器的时钟 1: 选择低速时钟 (16kHz) 作为滤波器的时钟	1
7:0	OVTRES0	RW	过压信号从 1 到 0 变化时滤波阈值配置 由软件配置。当过压信号从 1 变为 0 时, 若过压信号连续保持 (OVTRES0+1) 个时钟周期 (时钟由 OVSTRB0CLK 选择) 高电平后, 认为过压信号有效	0xFF

VBAT UV debounce control register(PMU_VBATUVDCR): Address(0x38)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31	UVDE	RW	欠压信号滤波器使能 由软件置位或清除, 选择是否对欠压检测器输出的原始信号进行滤波	1

			0: 不滤波 1: 滤波	
30	UVDBNC	RO	滤波后的 VBAT 过压信号 该位由硬件置位或清除, 该位为原始的 VBAT 过压信号经过滤波器后的信号	0
29:25	Reserved	RW	Not used	0
24	UVSTRB1CLK	RW	欠压信号从 0 到 1 变化时滤波器时钟选择 由软件置位或清除。默认使用高速时钟作为滤波器的时钟, 以便更快得到滤波后的信号 0: 选择高速时钟 (16MHz) 作为滤波器的时钟 1: 选择低速时钟 (16kHz) 作为滤波器的时钟	0
23:16	UVTHRES1	RW	欠压信号从 0 到 1 变化时滤波阈值配置 由软件配置。当欠压信号从 0 变为 1 时, 若欠压信号连续保持 (VTHRES1+1) 个时钟周期 (时钟由 UVSTRB1CLK 选择) 高电平后, 认为欠压信号有效	1
15:9	Reserved	RW	Not used	0
8	UVSTRB0CLK	RW	欠压信号从 1 到 0 变化时滤波器时钟选择 由软件置位或清除。默认使用高速时钟作为滤波器的时钟, 以便更快得到滤波后的信号 0: 选择高速时钟 (16MHz) 作为滤波器的时钟 1: 选择低速时钟 (16kHz) 作为滤波器的时钟	1
7:0	UVTHRES0	RW	欠压信号从 1 到 0 变化时滤波阈值配置 由软件配置。当欠压信号从 1 变为 0 时, 若欠压信号连续保持 (VTHRES0+1) 个时钟周期 (时钟由 UVSTRB0CLK 选择) 高电平后, 认为欠压信号有效	0xFF

Interrupt control/status register(PMU_INTCSR): Address(0x40)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:28	Reserved	RW	Not used	0
27	BORC	WO	BOR 中断清除 由软件置位, 硬件自动清除, 用于清除 BOR3V3F 中断标志 0: 无影响 1: 清除 BOR3V3F 中断标志	0
26	Reserved	RW	Not used	0
25	BOR3V3F	RO	BOR3V3 中断标志 当 BOR3V3 检测到 3.3V 供电低于设定阈值并且 BOR3V3ACRSEL 选择产生中断后, 该位由硬件置位 0: 无 BOR3V3 中断产生 1: BOR3V3 中断产生	0
24:20	Reserved	RW	Not used	0

19	OTC	WO	过温中断清除 由软件置位，硬件自动清除，用于清除过温中断标志 0: 无影响 1: 清除过温中断标志	0
18:17	Reserved	RW	Not used	0
16	OTF	RO	过温中断标志 当过温检测器检测到芯片温度高于设定阈值并且 OTACTSEL 选择产生中断后，该位由硬件置位 0: 无过温中断产生 1: 过温中断产生	0
15	OVPOL	RW	VBAT 过压中断极性 由软件置位或清除。当该位为 1 时，VBAT 过压信号为 0 且 OVIE 为 1 时，认为产生过压中断；当该位为 0 时，VBAT 过压信号为 1 且 OVIE 为 1 时，认为产生过压中断 0: 极性不变 1: 极性翻转	0
14:12	Reserved	RW	Not used	0
11	OVC	WO	过压中断标志清除 由软件置位，硬件自动清除，用于清除 OVF 中断标志 0: 无影响 1: 清除 OVF 中断标志	0
10	OVIE	RW	过压中断使能 由软件置位或清除，用于使能/关闭过压中断 0: 关闭 1: 使能	0
9	Reserved	RW	Not used	0
8	OVF	RO	过压中断标志 当 VBAT 超过设定阈值电压并且 OVIE 为有效，该位由硬件自动置位，写 OVC 可清除该位 0: 无 VBAT 过压中断产生 1: VBAT 过压中断产生	0
7	UVPOL	RW	VBAT 欠压中断极性 由软件置位或清除。当该位为 1 时，VBAT 欠压信号为 0 且 UVIE 为 1 时，认为产生欠压中断；当该位为 0 时，VBAT 欠压信号为 1 且 UVIE 为 1 时，认为产生欠压中断 0: 极性不变 1: 极性翻转	0
6:4	Reserved	RW	Not used	0
3	UVC	WO	欠压中断标志清除 由软件置位，硬件自动清除，用于清除 UVF 中断标志	0

			0: 无影响 1: 清除 UVF 中断标志	
2	UVIE	RW	欠压中断使能 由软件置位或清除，用于使能/关闭欠压中断 0: 关闭 1: 使能	0
1	Reserved	RW	Not used	0
0	UVF	RO	欠压中断标志 当 VBAT 低于设定阈值电压并且 UVIE 为有效，该位由硬件自动置位，写 UVC 可清除该位 0: 无 VBAT 欠压中断产生 1: VBAT 欠压中断产生	0

Safe mode register(PMU_SMR): Address(0x60)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:24	SMRPASSWD	WO	安全模式寄存器密码位 若想写入安全模式寄存器的其他位，该位应写入 0x5C；否则无效 该位读出值始终为 0	0
23:17	Reserved	RW	Not used	0
16	SAFEMODEREQ	RW	安全模式请求 当 SMRPASSWD 匹配时，允许软件置位；否则软件不能操作该位 当该位置位后，芯片进入安全模式。安全模式为芯片的异常模式，表明系统不能继续工作，此时 MCU die 的电源被关掉，所有 IO 为输入模式 仅有上电复位可清除该位。 0: 无影响 1: 软件请求进入安全模式	0
15:13	Reserved	RW	Not used	0
12	WDTRSTCNTEN	RW	看门狗复位计数器使能 当 SMRPASSWD 匹配时，允许软件置位或清除 0: 关闭看门狗复位计数器 1: 打开	0
11:9	Reserved	RW	Not used	0
8	WDTRSTCNTCLR	WO	清除看门狗复位计数器 当 SMRPASSWD 匹配时，允许软件置位，硬件自动清除 0: 无影响 1: 清除看门狗复位计数器	0
7	Reserved	RW	Not used	0

6:4	WDTRSTCNT	RO	看门狗复位计数器 由硬件控制，软件只读，表明看门狗复位发生的次数	0x0
3	Reserved	RW	Not used	0
2:0	WDTRSTTHRES	RW	看门狗复位计数器阈值 当 SMRPASSWD 匹配时，允许软件配置。当看门狗复位计数器等于配置的阈值时，进入安全模式	0x5

SYSCTRL

概述

SYSCTRL 模块主要用于存放校准值。这些校准值用于模拟部分的调整。

特性

- 支持两个备份寄存器
- 支持校准寄存器配置

功能描述

备份寄存器

本模块含有两个固件暂存器分别是 SYS_FWSR0、SYS_FWSR1。其中 SYS_FWSR0 不受各种软硬件复位，只受掉电复位控制；而 SYS_FWSR1 可以受到各种软硬件复位。

TRIM 的写入配置

若想配置 TRIM，可按照如下流程进行配置：

- 1) 使能 TRIM 写模式，向 SYS_TRIMENR 写入 0xE；
- 2) 向相应的 TRIM 寄存器写入 TRIM 值；
- 3) 关闭 TRIM 写模式，向 SYS_TRIMENR 写入 0x0；
- 4) 如需锁存 TRIM 寄存器的值，则向 SYS_TRIMENR 写入 0x10。

寄存器

寄存器映射

SYSCTRL_BASE : 0x50000900

地址偏移	寄存器	描述	复位值
0x00	SYS_FWSR0	固件暂存寄存器 0	0x00
0x04	SYS_FWSR1	固件暂存寄存器 1	0x00
0x08	SYS_TRIMENR	进入 TRIM 模式的使能寄存器	0x00
0x0c	SYS_TRIMSTR	查看是否进入 TRIM 模式的状态寄存器	0x00
0x10	SYS_PMUBGTRIMR	PMU 带隙调节寄存器	0x00
0x14	SYS_PMUIBIASTRIMR	PMU 电流偏置调节寄存器；	0x14
0x1c	SYS_PMULDO1V5TRIMR	PMU LDO1V5 的 TRIM 寄存器	0x00

0x20	SYS_PMULDO3V3TRIMR	PMU LDO3V3 的 TRIM 寄存器	0x00
0x24	SYS_PMUILEDTRIMR	PMU ILED 的 TRIM 寄存器	0x00
0x28	SYS_PMUVFWBIASRIMR	PMU VFW BIAS 的 TRIM 寄存器	0x00
0x30	SYS_OSC256KTRIMR	OSC256K, 低频 RC 振荡器的 TRIM 寄存器	0x80
0x34	SYS_OSC16MTRIMR	OSC16M, 高频 RC 振荡器的 TRIM 寄存器	0x00
0x40	SYS_LEDBR0TRIMR	LED0 单电路电流调节寄存器	0x00
0x44	SYS_LEDBR1TRIMR	LED1 单电路电流调节寄存器	0x00
0x48	SYS_LEDBR2TRIMR	LED2 单电路电流调节寄存器	0x00
0x50	SYS_LEDVFWTRIMR	LED 的 VFW 的 TRIM 寄存器	0x00

寄存器描述

RO: 只读; W: 只写; RW: 可读写; NA 不确定值。

SYS_FWSR0: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:0	FWSR0	RW	固件暂存器 0 只受上电复位	0x0

SYS_FWSR1: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:0	FWSR1	RW	固件暂存器 1	0x0

SYS_TRIMENR: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:5	Reserved	RW	Not used	0
4	TRIM_LOCK	RW	1: 锁存 TRIM_ACCESS_KEY 注: 仅能置位, 复位清除, 写 0 无法清除	0
3:0	TRIM_ACCESS_KEY	RW	TRIM 模式的密钥寄写入寄存器 0xE: TRIM 密钥, 可以配置其他调试寄存器 非 0xE 值: 无法配置其他调试寄存器 注 1、若 TRIM_LOCK 置位无法写入 注 2、若与 TRIM_LOCK 同时配置, LOCK 优先级高	0x0

SYS_TRIMSTR: Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	TRIMSTR	RO	TRIM 模式有效状态标志 注 1、TRIM_ACCESS_KEY 的值与秘钥一致 (0XE) 调试模式有效，此位自动置位 注 2、若此位为 0，其他调试寄存器无法配置	0x0

SYS_PMUBGTRIMR: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:5	Reserved	RW	Not used	0
4:0	PMUBG_TRIM	RW	BG 输出电压 TRIM 信号 TRIM 值越大，带隙电压越大	0x0

SYS_PMUIBIASSTRIM: Address(0x14)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:5	Reserved	RW	Not used	0
4:0	PMUIBIAS_TRIM	RW	IBIAS 输出电流 TRIM 信号	0x00

SYS_PMULDO1V5TRIMR: Address(0x1C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:4	Reserved	RW	Not used	0
3:0	PMULDO1V5_TRIM	RW	1.5V LDO TRIM 信号	0x0

SYS_PMULDO3V3TRIMR: Address(0x20)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:4	Reserved	RW	Not used	0
3:0	PMULDO3V3_TRIM	RW	3.3V LDO TRIM 信号	0x0

SYS_PMUILEDTRIMR: Address(0x24)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	RW	Not used	0
1:0	PMUILED_TRIM	RW	IBIAS 为 LED0~2 提供 30 μ A 电流的 TRIM 信号	0x0

SYS_PMUVFWBIASRIMR: Address(0x28)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	RW	Not used	0
1:0	PMUVFWBIAS_TRIM	RW	IBIAS 为 VFW 提供 2.5 μ A 电流的 TRIM 信号	0x0

SYS_OSC256KTRIMR: Address(0x30)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7:0	OSC256K_TRIM	RW	低频 OSC256K RC 振荡器的校准值	0x80

SYS_OSC16MTRIMR: Address(0x34)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7:0	OSC16M_TRIM	RW	高频 OSC16M RC 振荡器的校准值	0x0

SYS_LEDBR0TRIMR: Address(0x40)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8:0	LEDBR0_TRIM	RW	LEDBR0 的单路电流校准值，一个 STEP 120 μ A	0x0

SYS_LEDBR1TRIMR: Address(0x44)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8:0	LEDBR1_TRIM	RW	LEDBR1 的单路电流校准值，一个 STEP 120 μ A	0x0

SYS_LEDBR2TRIMR: Address(0x48)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8:0	LEDBR2_TRIM	RW	LEDBR2 的单路电流校准值，一个 STEP 120 μ A	0x0

SYS_LEDVFWTRIMR: Address(0x50)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7:0	VFW_TRIM	RW	调节 VFW 检测的电流，8bit，一个 STEP 10 μ A	0x0

GPIO

概述

GPIO 模块共有 6 个通用的 I/O 引脚。支持上下拉选择、数据输入输出方向控制功能。每个 IO 口都支持双沿中断触发、清除功能。GPIO 模块有单独的时钟门控、复位用于整个模块单独的时钟开关以及复位。

特性

- 6 个可编程的输入/输出接口。
- 每个 I/O 口都支持弱上拉、弱下拉操作。
- 数据输入输出方向控制。
- 每个 I/O 口都支持中断的双沿触发、清除以及状态的查询。

功能描述

输入/输出功能

GPIO 可以通过输入使能和输出使能来控制每一个 IO 的数据输入输出方向。

输入功能：通过端口复用将对应端口配置为 GPIO 模式，启用端口的输入使能，通过 GPIO_IDR 寄存器可以读取到每个 IO 口的电平状态。

输出功能：通过端口复用将对应端口配置为 GPIO 模式，打开端口的输出使能，通过 GPIO_ODR 寄存器可以配置每个端口的输出数据。

弱上拉/弱下拉功能

通过端口复用将对应端口配置成 GPIO 模式。通过使能端口的弱上拉或者弱下拉，可以对每个 IO 口实现弱上拉或者弱下拉操作。其中每个 IO 口的弱上拉、弱下拉使能控制信号都是相互独立的，用户可以根据实际使用情况配置任意一个 IO 的弱上拉、弱下拉操作。

休眠模式下的唤醒功能

通过端口复用将端口配置成 GPIO 模式后，进入休眠模式，GPIO 端口的任何电平变化都会产生一个唤醒事件，从而唤醒整个系统。

GPIO 中断使能后，可根据实际应用需求打开端口的上升沿使能、下降沿使能。对应的端口产生预期的电平变化就会触发事件唤醒。

每个 IO 的配置都是相互独立的，每个 IO 的上升沿使能和下降沿使能也是相互独立的。

中断的触发与清除

将端口复用成 GPIO 模式，打开时钟门控和输入使能。启用端口的中断使能、上升沿使能或下降沿使能，当端口产生预期的电平变化时，就会触发中断。通过读中断状态寄存器 GPIO_IRQPR 可以查询中断源。每个 IO 端口所产生的中断，都可以向中断状态寄存器端口所对应的 Bit 位单独写 1 清除中断。

使用流程

GPIO 输入功能配置

1) 开启 GPIO 时钟：

GPIO 时钟的开启与关闭可通过 RCC.RCC_PENR 寄存器配置。

2) 复用为 GPIO 模式：

端口的模式可以通过 AFIO.AFIO_MFPR 寄存器进行配置。

3) 打开输入使能:

GPIO0~GPIO5 端口的输入使能通过 GPIO.GPIO_IBER 寄存器配置。

4) 配置上下拉:

GPIO0~GPIO5 端口的上下拉电阻可以通过 GPIO.GPIO_PUPDR 寄存器配置。

5) 获取输入引脚状态:

输入引脚的电平状态, 可以通过读取 GPIO.GPIO_IDR 寄存器获取。

GPIO 输出功能配置

1) 开启 GPIO 时钟:

GPIO 时钟的开启与关闭可通过 RCC.RCC_PENR 寄存器配置。

2) 复用为 GPIO 模式:

端口的模式可以通过 AFIO.AFIO_MFPR 寄存器进行配置。

3) 打开输出使能:

GPIO0~GPIO5 端口的输出使能通过 GPIO.GPIO_OBER 寄存器配置。

4) 配置输出数据:

GPIO0~GPIO5 端口的输出数据可以通过 GPIO.GPIO_ODR 寄存器配置。

GPIO 中断功能配置

1) 开启 GPIO 时钟:

GPIO 时钟的开启与关闭可通过 RCC.RCC_PENR 寄存器配置。

2) 复用为 GPIO 模式:

端口的模式可以通过 AFIO.AFIO_MFPR 寄存器进行配置。

3) 打开输入使能

GPIO0~GPIO5 端口的输入使能通过 GPIO.GPIO_IBER 寄存器配置。

4) 使能 GPIO 边沿检测:

GPIO0~GPIO5 端口下降沿检测使能通过 GPIO.GPIO_FTSR 寄存器配置。

GPIO0~GPIO5 端口上升沿检测使能通过 GPIO.GPIO_RTSR 寄存器配置。

5) 使能 GPIO 端口中断:

GPIO0~GPIO5 端口中断使能通过 GPIO.GPIO_IRQENR 寄存器配置。

6) 获取 GPIO 中断状态:

当配置为 GPIO 中断模式的端口, 其端口电平状态发生与预期一致的变化时, 将触发 GPIO 中断, GPIO 中断触发时, 可以通过读取 GPIO.GPIO_IRQPR 寄存器获取端口的中断状态。

7) 清除 GPIO 中断:

向端口对应中断状态寄存器 Bit 位写 1, 可清除该端口的中断状态。

寄存器**寄存器映射**

GPIO_BASE: 0x50000A00

地址偏移	寄存器	描述	复位值
0x00	GPIO_IBER	GPIO 输入使能寄存器	0x00

0x04	GPIO_OBER	GPIO 输出使能寄存器	0x00
0x08	GPIO_IDR	GPIO 输入寄存器	0x00
0x0C	GPIO_ODR	GPIO 输出寄存器	0x00
0x10	GPIO_PUPDR	GPIO 上下拉寄存器	0x00
0x14	GPIO_IRQER	GPIO 中断使能寄存器	0x00
0x18	GPIO_FTSR	GPIO 下降沿检测使能寄存器	0x00
0x1C	GPIO_RTSR	GPIO 上升沿检测使能寄存器	0x00
0x20	GPIO_IRQPR	GPIO 中断状态寄存器	0x00

寄存器描述

RO: 只读; W: 只写; RW: 可读写; RO/W1, 只读写 1 清除。

GPIO_IBER: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	IBER5	RW	GPIO5 的输入使能 0: 禁用端口的输入使能 1: 打开端口的输入使能	0
4	IBER4	RW	GPIO4 的输入使能 0: 禁用端口的输入使能 1: 打开端口的输入使能	0
3	IBER3	RW	GPIO3 的输入使能 0: 禁用端口的输入使能 1: 打开端口的输入使能	0
2	IBER2	RW	GPIO2 的输入使能 0: 禁用端口的输入使能 1: 打开端口的输入使能	0
1	IBER1	RW	GPIO1 的输入使能 0: 禁用端口的输入使能 1: 打开端口的输入使能	0
0	IBER0	RW	GPIO0 的输入使能 0: 禁用端口的输入使能 1: 打开端口的输入使能	0

GPIO_OBER: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	OBER5	RW	GPIO5 的输出使能 0: 禁用端口的输出使能 0x1: 打开端口的输出使能	0
4	OBER4	RW	GPIO4 的输出使能 0: 禁用端口的输出使能 1: 打开端口的输出使能	0
3	OBER3	RW	GPIO3 的输出使能 0: 禁用端口的输出使能 1: 打开端口的输出使能	0
2	OBER2	RW	GPIO2 的输出使能 0: 禁用端口的输出使能 1: 打开端口的输出使能	0
1	OBER1	RW	GPIO1 的输出使能 0: 禁用端口的输出使能 1: 打开端口的输出使能	0
0	OBER0	RW	GPIO0 的输出使能 0: 禁用端口的输出使能 1: 打开端口的输出使能	0

GPIO_IDR: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RO	Not used	0
5	IDR5	RO	GPIO5 的端口状态 0: 端口为低电平 1: 端口的高电平	0
4	IDR4	RO	GPIO4 的端口状态 0: 端口为低电平 1: 端口的高电平	0
3	IDR3	RO	GPIO3 的端口状态 0: 端口为低电平 1: 端口的高电平	0
2	IDR2	RO	GPIO2 的端口状态 0: 端口为低电平 1: 端口的高电平	0

1	IDR1	RO	GPIO1 的端口状态 0: 端口为低电平 1: 端口的高电平	0
0	IDR0	RO	GPIO0 的端口状态 0: 端口为低电平 1: 端口的高电平	0

GPIO_ODR: Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	ODR5	RW	GPIO5 的输出数据 0: 端口的输出低电平 1: 端口的输出高电平	0
4	ODR4	RW	GPIO4 的输出数据 0: 端口的输出低电平 1: 端口的输出高电平	0
3	ODR3	RW	GPIO3 的输出数据 0: 端口的输出低电平 1: 端口的输出高电平	0
2	ODR2	RW	GPIO2 的输出数据 0: 端口的输出低电平 1: 端口的输出高电平	0
1	ODR1	RW	GPIO1 的输出数据 0: 端口的输出低电平 1: 端口的输出高电平	0
0	ODR0	RW	GPIO0 的输出数据 0: 端口的输出低电平 1: 端口的输出高电平	0

GPIO_PUPDR: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:12	Reserved	RW	Not used	0
11:10	PUPDR5	RW	GPIO5 引脚的上下拉控制 0x01: 使能端口上拉功能 0x02: 使能端口下拉功能 其他: Reserved	0
9:8	PUPDR4	RW	GPIO4 引脚的上下拉控制 0x01: 使能端口上拉功能 0x02: 使能端口下拉功能 其他: Reserved	0

7:6	PUPDR3	RW	GPIO3 引脚的上下拉控制 0x01: 使能端口上拉功能 0x02: 使能端口下拉功能 其他: Reserved	0
5:4	PUPDR2	RW	GPIO2 引脚的上下拉控制 0x01: 使能端口上拉功能 0x02: 使能端口下拉功能 其他: Reserved	0
3:2	PUPDR1	RW	GPIO1 引脚的上下拉控制 0x01: 使能端口上拉功能 0x02: 使能端口下拉功能 其他: Reserved	0
1:0	PUPDR0	RW	GPIO0 引脚的上下拉控制 0x01: 使能端口上拉功能 0x02: 使能端口下拉功能 其他: Reserved	0

GPIO_IRQENR: Address(0x14)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	IRQENR5	RW	GPIO5 端口中断使能 0: 关闭端口中断使能 1: 打开端口中断使能	0
4	IRQENR4	RW	GPIO4 端口中断使能 0: 关闭端口中断使能 1: 打开端口中断使能	0
3	IRQENR3	RW	GPIO3 端口中断使能 0: 关闭端口中断使能 1: 打开端口中断使能	0
2	IRQENR2	RW	GPIO2 端口中断使能 0: 关闭端口中断使能 1: 打开端口中断使能	0
1	IRQENR1	RW	GPIO1 端口中断使能 0: 关闭端口中断使能 1: 打开端口中断使能	0
0	IRQENR0	RW	GPIO0 端口中断使能 0: 关闭端口中断使能 1: 打开端口中断使能	0

GPIO_FTZR: Address(0x18)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	FTSR5	RW	GPIO5 端口下降沿检测使能 0: 屏蔽下降沿检测 1: 使能下降沿检测	0
4	FTSR4	RW	GPIO4 端口下降沿检测使能 0: 屏蔽下降沿检测 1: 使能下降沿检测	0
3	FTSR3	RW	GPIO3 端口下降沿检测使能 0: 屏蔽下降沿检测 1: 使能下降沿检测	0
2	FTSR2	RW	GPIO2 端口下降沿检测使能 0: 屏蔽下降沿检测 1: 使能下降沿检测	0
1	FTSR1	RW	GPIO1 端口下降沿检测使能 0: 屏蔽下降沿检测 1: 使能下降沿检测	0
0	FTSR0	RW	GPIO0 端口下降沿检测使能 0: 屏蔽下降沿检测 1: 使能下降沿检测	0

GPIO_RTZR: Address(0x1C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	RTSR5	RW	GPIO5 端口上升沿检测使能 0: 屏蔽上升沿检测 1: 使能上升沿检测	0
4	RTSR4	RW	GPIO4 端口上升沿检测使能 0: 屏蔽上升沿检测 1: 使能上升沿检测	0
3	RTSR3	RW	GPIO3 端口上升沿检测使能 0: 屏蔽上升沿检测 1: 使能上升沿检测	0
2	RTSR2	RW	GPIO2 端口上升沿检测使能 0: 屏蔽上升沿检测 1: 使能上升沿检测	0

1	RTSR1	RW	GPIO1 端口上升沿检测使能 0: 屏蔽上升沿检测 1: 使能上升沿检测	0
0	RTSR0	RW	GPIO0 端口上升沿检测使能 0: 屏蔽上升沿检测 1: 使能上升沿检测	0

GPIO_IRQPR: Address(0x20)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	ROW1	Not used	0
5	IRQPR5	ROW1	GPIO5 的中断状态 0: 表示无中断产生 1: 表示有中断产生 注: 寄存器写"1"清除中断状态	0
4	IRQPR4	ROW1	GPIO4 的中断状态 0: 表示无中断产生 1: 表示有中断产生 注: 寄存器写"1"清除中断状态	0
3	IRQPR3	ROW1	GPIO3 的中断状态 0: 表示无中断产生 1: 表示有中断产生 注: 寄存器写"1"清除中断状态	0
2	IRQPR2	ROW1	GPIO2 的中断状态 0: 表示无中断产生 1: 表示有中断产生 注: 寄存器写"1"清除中断状态	0
1	IRQPR1	ROW1	GPIO1 的中断状态 0: 表示无中断产生 1: 表示有中断产生 注: 寄存器写"1"清除中断状态	0
0	IRQPR0	ROW1	GPIO0 的中断状态 0: 表示无中断产生 1: 表示有中断产生 注: 寄存器写"1"清除中断状态	0

AFIO

概述

AFIO 模块包含单独对每个 IO 的复用以及 PWM 通道的选择。

特性

- 通用端口的复用功能。
- PWM 通道的选择。

描述描述

复用模式的切换

- 每个 IO 口支持四种模式且 IO 口间的模式切换是相互独立的。
- 其端口的复用如下：

端口	MFP=3	MFP=2	MFP=1	MFP=0	default
GPIO0	PWM	/	ANA	GPIO0	MFP=0
GPIO1	PWM	/	ANA	GPIO1	MFP=0
GPIO2	PWM	LINS_TXD	ANA	GPIO2	MFP=0
GPIO3	PWM	LINS_RXD	ANA	GPIO3	MFP=0
GPIO4	PWM	LINM_TXD	ANA	GPIO4	MFP=0
GPIO5	PWM	LINM_RXD	ANA	GPIO5	MFP=0

PWM 的选择

芯片每个端口都可以复用为 PWM 模式，当端口复用为 PWM 模式时，每个 GPIO 端口都可以通过 AFIO.AFIO_PWMSSEL 寄存器选择需要输出的 PWM 通道，这样三路 PWM 都可以从任意一个 IO 口输出。

以 GPIO1 为例，配置 MFP 寄存器为 0x30 选择 PWM 输出模式；若选择 PWMSSEL 为 0x0，那么 PWM0 从 GPIO1 端口输出；若为 0x4，PWM1 从 GPIO1 端口输出；若为 0x8，PWM2 从 GPIO1 端口输出。所有的 IO 端口配置皆是若此。

寄存器

寄存器映射

偏移地址	寄存器	描述	复位值
0x00	AFIO_MFPR	端口复用寄存器	0x00
0x04	AFIO_PWMSSELR	PWM 方波输出通道选择寄存器	0x00

寄存器描述

AFIO_BASE : 0x50000800

RO: 只读; W: 只写; RW: 可读写; NA 不确定值。

AFIO_MFPR: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:24	Reserved	RW	Not used	0
23:20	GPIO5_AFR	RW	GPIO5 复用模式的选择	0x0
19:16	GPIO4_AFR	RW	GPIO4 复用模式的选择	0x0
15:12	GPIO3_AFR	RW	GPIO3 复用模式的选择	0x0
11:8	GPIO2_AFR	RW	GPIO2 复用模式的选择	0x0
7:4	GPIO1_AFR	RW	GPIO1 复用模式的选择	0x0

3:0	GPIO0_AFR	RW	GPIO0 复用模式的选择	0x0
-----	-----------	----	---------------	-----

AFIO_PWMSELR: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:12	Reserved	RW	Not used	0
11:10	GPIO5_PWM_SEL	RW	GPIO5 在 PWM 模式下, 选择 channelX 输出 0x0: PWM channel0 0x1: PWM channel1 0x2: PWM channel2 0x3: Reserved	0x0
9:8	GPIO4_PWM_SEL	RW	GPIO4 在 PWM 模式下, 选择 channelX 输出 0x0: PWM channel0 0x1: PWM channel1 0x2: PWM channel2 0x3: Reserved	0x0
7:6	GPIO3_PWM_SEL	RW	GPIO3 在 PWM 模式下, 选择 channelX 输出 0x0: PWM channel0 0x1: PWM channel1 0x2: PWM channel2 0x3: Reserved	0x0
5:4	GPIO2_PWM_SEL	RW	GPIO2 在 PWM 模式下, 选择 channelX 输出 0x0: PWM channel0 0x1: PWM channel1 0x2: PWM channel2 0x3: Reserved	0x0
3:2	GPIO1_PWM_SEL	RW	GPIO1 在 PWM 模式下, 选择 channelX 输出 0x0: PWM channel0 0x1: PWM channel1 0x2: PWM channel2 0x3: Reserved	0x0
1:0	GPIO0_PWM_SEL	RW	GPIO0 在 PWM 模式下, 选择 channelX 输出 0x0: PWM channel0 0x1: PWM channel1 0x2: PWM channel2 0x3: Reserved	0x0

LED_CTRL

概述

用户可通过配置寄存器, 灵活调整 PWM 波形, 从而精准控制三路 LED 的亮度, 产生预期的灯效。

特性

- 3 路恒流 LED 驱动, 最大电流输出 60mA 电流

- 每路独立 9bit 亮度控制，STEP=120μA
- PWM 的分辨率最大支持 16bit 可调
- 支持 3 路 PWM 调制
- PWM 频率范围 80~250Hz
- PWM 时钟来源于系统时钟，支持 1/2/4/8/16/64/256/1024 分频
- 支持 LED 正向导通电压检测，LED 压降检测 0 V~8 V 可配置
- 上升阈值 PRISE 和下降阈值 PFALL 配置特征如下：
 - PRISE<PFALL，对应 PWM 输出占空比 $PWM_DUTY = (PFALL - PRISE)/PRIOD$
 - PRISE=0，PFALL=PERIOD，对应 PWM 输出 100%占空比
 - PRISE≥PFALL，对应 PWM 输出 0%占空比

功能描述

LED 驱动电流配置

芯片内置三路独立的高精度 LED 驱动模块，电流变化范围为 0~60mA，步进 120μA。LED 驱动模块的基准电流由 LED IBIAS 提供。LED IBIAS 模块在出厂时校准，校准值保存在内置 FLASH 中，程序启动后该值由 FLASH 加载至 PMUIBIAS_TRIM 寄存器（该寄存器位于 SYSCTRL 模块）。流经 LEDx 的最大电流计算公式为：

$$I_{LEDx}(max) = LEDBRx_TRIM * 120uA$$

其中，x=0,1,2，LEDBRx_TRIM 为寄存器配置项（位于 SYSCTRL 模块）。

流经 LEDx 的电流计算公式为：

$$I_{LEDx} = I_{LEDx}(max) * PWM_DUTY = LEDBRx_TRIM * 120uA * PWM_DUTY$$

其中，PWM_DUTY 为输入 PWM 波的占空比，详见 PWM 章节。

LED 驱动模块的配置步骤如下：

- 1) BUFEN 置位，且等待 50μs（BUFEN 位于 PMU 模块的 ACR 寄存器）；
- 2) IBIASEN 置位，使能 LED IBIAS 模块（IBIASEN 位于 PMU 模块的 ACR 寄存器）；
- 3) 置位 EN_LEDx_BIAS，使能 LEDx BIAS；配置 LEDBRx_TRIM，控制流经 LEDx 管脚的最大电流大小；
- 4) 配置 PWM 相关寄存器，置位 LED_EN，产生 PWM 波形，控制流经 LEDx 管脚的电流大小。

PWM 控制

PWM 的计数时钟由系统时钟分频得到。用户可配置 PWMFRQ 寄存器，灵活选择时钟频率。

配置 LEDBRx_TRIM 完成后，流经每一个 LED 的电流 I_{LED} 可通过调整 PWM 占空比控制。PWM 占空比取决于计数周期 PERIOD、下降阈值 PFALL 和上升阈值 PRISE 三个寄存器的配置，其公式如下：

$$PWM_DUTY = \frac{PFALL - PRISE}{PERIOD}$$

其中，PERIOD 的值应大于 2，PFALL 的值不小于 PRISE 的值，否则 PWM 的波形可能不符合预期。

分频系数、计数周期、上升阈值、下降阈值、反相配置项允许在运行过程中修改，为了使得多通道 LED 参数能够同时被配置且防止 PWM 波形突变，这些值在当前计数末端更新生效。用户通过不断地配置寄存器，调整 PWM 的波形，从而控制流经 LED 的电流大小，获得不同的灯效。

LED 正向导通电压检测

LED 正向导通电压检测的配置步骤如下：

- 1) BUFEN 置位，且等待 50 μ s（BUFEN 位于 PMU 模块的 ACR 寄存器）；
- 2) IBIASEN 置位，使能 LED IBIAS 模块（IBIASEN 位于 PMU 模块的 ACR 寄存器）；
- 3) 置位 EN_VFW_BIAS，使能 VFW BIAS 模块；
- 4) 选择合适的增益值 GAIN，之后置位 EN_VFW_DECT，使能该检测模块；

寄存器

LED_CTRL_BASE : 0x50000400

Pwm Control register (PWM_CR0): Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:14	Reserved	RW	Not used	0
13:12	PWMFORCE2	RW	PWM2 强制使能配置 bit[1]: PWM2 使能开关 0: 强制关闭使能 1: 强制打开使能 bit[0]: PWM2 输出值 0: PWM 输出值为 0 1: PWM 输出值为 1	0
11:10	PWMFORCE1	RW	PWM1 强制使能配置 bit[1]: PWM1 使能开关 0: 强制关闭使能 1: 强制打开使能 bit[0]: PWM1 输出值 0: PWM 输出值为 0 1: PWM 输出值为 1	0
9:8	PWMFORCE0	RW	PWM0 强制使能配置 bit[1]: PWM0 使能开关 0: 强制关闭使能 1: 强制打开使能 bit[0]: PWM0 输出值 0: PWM 输出值为 0 1: PWM 输出值为 1	0
7	EN_LED	RW	LED 模块使能 0: 禁用 LED 模块 1: 打开 LED 模块	0
6	Reserved	RW	Not used	0
5:3	INVERT	RW	PWM 输出给 LED 的反相 INVERT[0]: PWM_OUT0 输出给 LED0 的反相使能 0: 不反相 1: 反相 INVERT[1]: PWM_OUT0 输出给 LED0 的反相使能	0

			0: 不反相 1: 反相 INVERT[2]: PWM_OUT0 输出给 LED0 的反相使能 0: 不反相 1: 反相	
2:0	PWMFRQ	RW	PWM 的时钟频率 0: 系统时钟 1 分频 1: 系统时钟 2 分频 2: 系统时钟 4 分频 3: 系统时钟 8 分频 4: 系统时钟 16 分频 5: 系统时钟 64 分频 6: 系统时钟 256 分频 7: 系统时钟 1024 分频	0

Pwm Control register (PWM_CR1): Address(0x04)

位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	Reserved	RW	Not used	0
15:0	PERIOD	RW	PWM 的最大计数值	0

Pwm Update register (PWM_PUR): Address(0x08)

位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RW	Not used	0
0	UPDATE	RW	LED 的参数更新使能 0: 不更新参数 1: 更新参数	0

Pwm Count register (PWM_PCR): Address(0x0C)

位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	Reserved	OR	Not used	0
15:0	PWMCNT	OR	PWM 计数值	0

Threshold control register(PWM_THR0): Address(0x10)

位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	PRISE0	RW	LED0 上升阈值选择	0
15:0	PFALL0	RW	LED0 下降阈值选择	0

Threshold control register(PWM_THR1): Address(0x14)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	PRISE1	RW	LED1 上升阈值选择	0
15:0	PFALL1	RW	LED1 下降阈值选择	0

Threshold control register(PWM_THR2): Address(0x18)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	PRISE2	RW	LED2 上升阈值选择	0
15:0	PFALL2	RW	LED2 下降阈值选择	0

Led control register(LED_LCR): Address(0x20)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:3	Reserved	RW	Not used	0
5	EN_LED2_BIAS	RW	LED2 的偏置使能 0: 关闭 LED1 的偏置使能 1: 打开 LED1 的偏置使能	0
4	EN_LED1_BIAS	RW	LED1 的偏置使能 0: 关闭 LED1 的偏置使能 1: 打开 LED1 的偏置使能	0
3	EN_LED0_BIAS	RW	LED0 的偏置使能 0: 关闭 LED0 的偏置使能 1: 打开 LED0 的偏置使能	0
2:1	SRF	RW	LED DRIVER 的下降速率调整 注: 00 为最快速率	0
0	SRR	RW	LED DRIVER 的上升速率调整 注: 0 为最快速率	0

Vfw control register(VFW_VCR0): Address(0x24)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:3	Reserved	RW	Not used	0
2	EN_VFW_DECT	RW	VFW 电流检测使能 0: 禁用 1: 打开	0
1	EN_VFW_BIAS	RW	VFW 偏置使能 0: 禁用 1: 打开	0

0	GAIN	RW	VFW 增益选择使能 0: 1/4 1: 1/8	0
---	------	----	--------------------------------	---

Vfw control register(VFW_VCR1): Address(0x28)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	RW	Not used	0
1	VFW_PWM_FPLS_EN	RW	PWM 低电平下, VFW 测试电流使能 0: 禁用 1: 打开	1
0	VFW_PWM_RPLS_EN	RW	PWM 高电平下, VFW 测试电流使能 0: 禁用 1: 打开	0

Vfw test register(VFW_VTR0): Address(0x2C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:0	VFW_TEST_EN	RW	写入 32'h33445566 进入测试模式, 其他值退出测试模式, VFW 测试模式状态 0: 非 VFW 测试模式 1: VFW 测试模式	0

Vfw test register(VFW_VTR1): Address(0x30)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:4	Reserved	RW	Not used	0
3	VFW_TEST_CURRENT_EN	RW	在 VFW 测试模式下, VFW 电流使能 0: 关闭使能 1: 打开使能	1
2	VFW_TEST_DECT_PULSE_N	RW	在 VFW 测试模式下, VFW 检测使能 0: 打开使能 1: 关闭使能	0
1:0	VFW_TEST_SEL_LED	RW	VFW_TEST_EN 有效时, VFW 电流选择使能 LED 通道 00: 选择 LED0 01: 选择 LED1 10: 选择 LED2 11: Reserved	0

ADC 模块

特性

- 12bit 精度模拟 ADC
- 单端输入
- 模拟通道支持
 - 1/32 VBAT
 - GPIO0~5
 - LED0~2
 - VDD1V5
 - VREF
 - 温度传感器
- 数字通道支持模拟通道自由映射，最大支持 4 个数字通道连续扫描
- 支持内部外设（PWM）触发扫描动作、及软件触发扫描动作
- 支持单通道完成中断和多通道完成中断
- 支持多种扫描模式，包括单次扫描、连续扫描、循环扫描

功能描述

触发源

- 软件触发
- 可选 PWMx（0~2）的下降沿、上升沿或者双边沿作为触发源

扫描模式

单次扫描模式：触发一次 ADC 扫描，扫描 SEQ_LEN 个 ADC 通道；该次扫描动作完成后，即使再次产生触发信号，也不会对 ADC 通道进行扫描；配置如下寄存器进入单次扫描模式：ADC_CR 中的 TRIG_MODE 为 1，ADC_CR 中的 TRIG_VALID 为 1。

连续扫描模式：触发一次 ADC 扫描，扫描 SEQ_LEN 个 ADC 通道；再次产生触发信号，重新扫描 SEQ_LEN 个 ADC 通道；配置如下寄存器进入连续扫描模式：ADC_CR 中的 TRIG_MODE 为 0，ADC_CR 中的 TRIG_VALID 为 1。

循环扫描模式：触发一次 ADC 扫描，扫描 SEQ_LEN 个 ADC 通道；扫描完成后，重新扫描 SEQ_LEN 个 ADC 通道；配置如下寄存器进入循环扫描模式：ADC_CR 中的 CONT 为 1，ADC_CR 中的 TRIG_VALID 为 1。

采样时间配置

采集不同的模拟量，需要配置不同的采样时间，如下表所示。

模拟量	采样时间/μs
芯片电压	8μs
芯片温度	8μs
GPIO0~5	8μs
LED0~2	32μs
VDD1P5	8μs
VREF	8μs

当系统时钟配置为 16M，且 CH0 采集 led 电压，则需要配置 STUP_DLY 为 0xFF，SAMPLE 为 0xFF；当非 CH0 采集 led 电压时，则需要配置 CHANNEL_DLY 为 0xFF，SAMPLE 为 0xFF。

模拟量计算公式

1) 电源电压计算

$$VBAT = \frac{\text{code} * VREF * 32}{4096}$$

其中，VREF 由 ADC_CR 中的 VREF_SEL 选择。

2) LED 的结电压计算

$$VFW = \frac{\text{code} * VREF * \text{Gain}}{4096}$$

其中，VREF 由 ADC_CR 中的 VREF_SEL 选择，Gain 由 LED_CTRL 中的 VFW_VCR0_b.GAIN 选择，如果 LED 结压在 0~4.8V，GAIN 选择 4，如果 LED 结压在 0~9.6V，GAIN 选择 8。

3) 芯片温度计算

$$Vtemp = \frac{\text{code} * VREF}{4096}$$

VREF 由 ADC_CR 中的 VREF_SEL 选择，Vtemp 转换为温度的系数 $0.44643^{\circ} \text{C/mV}$ ，比如，在常温 25°C 下采集到温度传感器的电压为 $Vtemp_type$ ，则在温度传感器电压 $VtempT$ 下的芯片温度 $Tchip$ 为：

$$Tchip = 0.44643 * (VtempT - Vtemp_type) + 25$$

其它

$$V = \frac{\text{code} * VREF}{4096}$$

VREF 由 ADC_CR 中的 VREF_SEL 选择。

工作模式

ADC 的工作模式如下图所示，在寄存器设置中选定 PWM 下降沿作为 ADC 工作的触发源；选择扫描的通道数为 3；在 PWM 下降沿来临时，ADC 将依次扫描 CH0/1/2，CHx 映射的模拟通道可以自由组合，例如 CH0 选择 1/32 VBAT，CH1 选择 LED1，CH2 选择温度传感器。

在 PWM 下降沿来临后，经过 $TTRIG_DLY+TSTUP_DLY$ 延时后，CH0 通道开始扫描，扫描的建立时间由 CHx_SMPL 寄存器控制，具体时间参照采样时间配置；经过 CHx_SMPL 的建立时间后，ADC 开始进行数据转换，需要 13 个 ADC_CLK 周期，其中，ADC_CLK 的周期由 $CONV_CLK_DIV$ 分频系数控制；转换完成后经过 $TCHANNEL_DLY$ 开始下一个通道的转换。

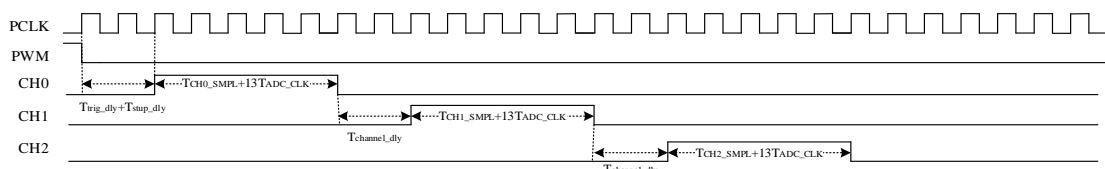


图 8 ADC 工作模式示例图

寄存器

寄存器描述

ADC_CTRL_BASE : 0x50000700

RO: 只读, WO: 只写, RW: 可读写

ADC_SR: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:3	Reserved	RWC	Not used	0
2	START	RWC	ADC 工作状态, 写 1 清 0 0: ADC 可以启动 1: ADC 工作中	0
1	EOSEQ	RWC	ADC 队列扫描状态, 写 1 清 0 0: 扫描进行中 1: 扫描完成	0
0	EOC	RWC	ADC 单个通道扫描状态, 写 1 清 0 0: 扫描进行中 1: 扫描完成	0

ADC_CR: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:22	Reserved	RW	Not used	0
21:20	VREF_SEL	RW	参考电压 VREF 选择 00: VBG, 1.2V 01: 2*VBG, 2.4V 10: VDD3V3, 3.3V 11: Reserved	0x1
19	CONT	RW	ADC 连续扫描模式使能 0: 队列扫描完成后 ADC 停止扫描 1: 队列扫描完成后 ADC 继续从头开始	0
18:16	CONV_CLK_DIV	RW	模拟 ADC 工作时钟分频 000: Div by 4 001: Div by 4 010: Div by 4 011: Div by 8 100: Div by 16 101: Div by 32 110: Div by 64 111: Div by 128	0x0
15	TRIG_MODE	RW	ADC 触发单次有效使能 0: 触发信号可以一直触发 ADC 工作 1: 触发信号仅能触发一次 ADC 工作	0
14	TRIG_VALID	RW	ADC 触发有效使能 0: 触发信号不能触发 ADC 工作 1: 触发信号可以触发 ADC 工作, 该位在 TRIG_MODE 有效且 ADC 工作结束后会被清 0	1

13:12	PWM_SEL	RW	ADC 的 PWM 触发选择 00: PWM0 01: PWM1 10: PWM2 11: Reserved	0x0
11:9	EXT_SEL	RW	ADC 触发信号选择 000: 选择的 PWM 的上升沿 001: 选择的 PWM 的下降沿 010: 选择的 PWM 的上升沿/下降沿 111: 软件触发 其他: Reserved	0x7
8	SW_TRIG	RW	EXT_SEL[2:0]为 3'b111 时 0: 软件触发信号无法触发 ADC 扫描 1: 软件触发信号可以触发 ADC 扫描	0
7:2	Reserved	RW	Not used	0
1	EOSEQIE	RW	ADC 队列扫描完成中断使能	0
0	EOCIE	RW	ADC 通道扫描完成中断使能	0

ADC_DLYR: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:24	Reserved	RW	Not used	0
23:16	TRIG_DLY	RW	触发有效后的 ADC 启动延时 delay time = Tfclk*(TRIG_DELAY+2)	0x10
15:8	CHANNEL_DLY	RW	扫描通道切换时的 ADC 延时 delay time = Tfclk*(CHANNEL_DLY+4)	0x00
7:0	STUP_DLY	RW	ADC 启动后到采样前的建立时间 delay time = Tfclk*(STUP_DLY+2)	0x10

ADC_SMPR: Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:24	CH3_SMPL	RW	ADC 扫描通道的采样时间 sample time = Tfclk*(CHx_SMPL+1)	0x0
23:16	CH2_SMPL	RW	ADC 扫描通道的采样时间 sample time = Tfclk*(CHx_SMPL+1)	0x0
15:8	CH1_SMPL	RW	ADC 扫描通道的采样时间 sample time = Tfclk*(CHx_SMPL+1)	0x0
7:0	CH0_SMPL	RW	ADC 扫描通道的采样时间 sample time = Tfclk*(CHx_SMPL+1)	0x0

ADC_SQR1: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:2	Reserved	RW	Not used	0
1:0	SEQ_LEN	RW	ADC 扫描队列长度 000: 1 个通道 001: 2 个通道. CH0->CH1 010: 3 个通道. CH0->CH1->CH2 011: 4 个通道. CH0->CH1->CH2->CH3	0x0

ADC_SQR2: Address(0x14)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	Reserved	RW	Not used	0
15:12	CH3_SEL	RW	ADC 扫描通道选择, 参考 CH0_SEL	0x0
11:8	CH2_SEL	RW	ADC 扫描通道选择, 参考 CH0_SEL	0x0
7:4	CH1_SEL	RW	ADC 扫描通道选择, 参考 CH0_SEL	0x0
3:0	CH0_SEL	RW	ADC 扫描通道选择 0000: Reserved 0001: 1/32*VBAT 0010: temp sensor 0011: GPIO0 0100: GPIO1 0101: GPIO2 0110: GPIO3 0111: GPIO4 1000: GPIO5 1001: VREF 1010: VDD1V5 1011: VDD3V3 1100: VFW_LED0 1101: VFW_LED1 1110: VFW_LED2 1111: Reserved	0x0

ADC_DR1: Address(0x18)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:28	Reserved	RO	Not used	0
27:16	ADC_DATA1	RO	ADC 通道 1 扫描数据	0x0
15:12	Reserved	RO	Not used	0
11:0	ADC_DATA0	RO	ADC 通道 0 扫描数据	0x0

ADC_DR2: Address(0x1C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:28	Reserved	RO	Not used	0
27:16	ADC_DATA3	RO	ADC 通道 3 扫描数据	0x0
15:12	Reserved	RO	Not used	0
11:0	ADC_DATA2	RO	ADC 通道 2 扫描数据	0x0

LIN 接口

LIN 接口集成 LIN_PHY 与 LIN_CONTROLLER 可以实现 LIN 通讯。支持 LIN2.x 标准，支持自适应波特率，收发速率支持 1~20kb/s，最大支持 115200b/s 的单向接收速率。支持 LIN 自动寻址。

特性

- 兼容 LIN2.x 和 SAE J2602 标准
- 支持自动寻址
- 支持自适应波特率，速率区间 1~20kb/s，最大支持 115200b/s 的接收速率
- 低功耗模式下支持唤醒检测
- 多种超时检测机制和硬件电路保护功能
- 支持多种帧格式错误检测机制
- 可配置的协议帧长度

功能描述

LIN_PHY

LIN_PHY 集成了 RX 模块和 TX 模块，实现 LIN 端口高电压信号转换为低压的数字信号送给 LIN 控制器；LIN_PHY 输出的数字信号的延迟和其它相关的时序要求，满足 ISO17987 规范。

RXD 滤波器

为了防止工业环境或者其它应用环境中的电磁脉冲对 LIN 总线的脉冲干扰，DIG_PHY 中集成了以系统时钟作为驱动源的数字滤波器。

高电平滤波器和低电平滤波器支持自由配置，方便用户在不同应用环境下的灵活选择。

波特率

从机支持自适应波特率功能，用户无需提前配置波特率也能接收到主机发送的协议帧。受系统时钟频率影响，从机最大支持 115200b/s 的单向接收或者 1~20kb/s 的双向收发。

帧长度及校验

从机支持数据长度为 0~8 字节的协议帧，由 LIN_CR1.DATA_LENGTH 寄存器配置；但当寄存器配置为 4'b1111 时，协议帧的数据段长度由接收到的 ID 字段的 Bit5 和 Bit4 确定。

ID[5]	ID[4]	数据长度
0	0	2
0	1	2

ID[5]	ID[4]	数据长度
1	0	4
1	1	8

从机支持经典校验和增强校验两种校验模式。

低功耗模式

从机支持低功耗模式，在 LIN 总线超时后，LIN 控制器会自动进入低功耗模式，LIN_SR.SLEEP 置位，同时发送中断通知用户可以配置芯片进入低功耗模式，关闭模拟模块或非必须的数字模块，以节省系统功耗。

在进入低功耗模式后，LIN 控制器利用低速时钟检测 LIN 总线是否存在有效的唤醒指令；检测到唤醒命令后，芯片自动进入唤醒流程，打开高速时钟等模拟器件。

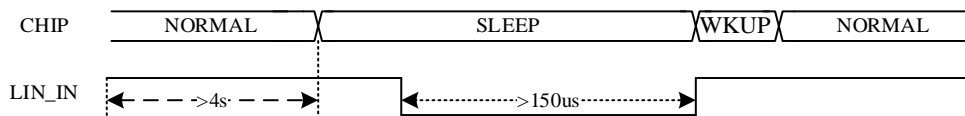


图 9 LIN 唤醒芯片低功耗的时序图

唤醒命令指超过 LIN_TSR.WKUP_REC_THRES 寄存器设置宽度的显性电平以及有效的上升沿，确保唤醒命令是由设备发出，而非总线接地的错误导致。

超时检测

LIN 控制器中集成了多个超时检测计数器用于检测总线或者内部信号的超时，主要包括：

- LIN 总线超时：

LIN 总线无活动，保持显性或者隐性电平超过阈值时间（由寄存器 LIN_TSR.BUS_TIMEOUT_DET_THRES 配置），LIN 控制器检测到该超时状态后产生中断，用户可以选择进入低功耗模式以节省功耗，同时 LIN 控制器监测 LIN 总线的唤醒信号。

- LIN 总线显性超时：

LIN 总线无活动，保持显性电平超过阈值时间（由寄存器 LIN_TSR.BUS_TIMEOUT_DET_THRES 配置）。此时说明 LIN 总线有很大可能处于接地状态；当 LIN_PHY_CR.PU30K_AUTOOFF_EN 寄存器为 1 时，若 LIN 总线显性超时，则自动断开上拉电阻与 LIN 总线的连接，防止大电流的过冲损伤设备。

- 唤醒响应超时：

在 LIN 主机休眠的情况下，LIN 控制器可以控制总线主动发起一次唤醒命令的传输，同时在唤醒命令传输完成后，开始检测主机是否被唤醒成功。若唤醒成功，则主机会发起一次协议帧的传输；若控制器在设置的阈值时间内（由 LIN_TSR.WKUP_REPEAT_THRES 配置）没有检测到有效的协议帧，则代表唤醒失败，此时会产生中断，由用户决定是否再次唤醒。

- TXD 显性超时

模拟收发器的 TXD 数据由 LIN 控制器内部逻辑而来，LIN_TXD 为 0 则 LIN_IN 为 0，此时总线存在有效数据发送；若 LIN_TXD 为 0 超过 64ms，则认为控制器内部电路出现错误，此时会产生中断，由用户决定是否复位控制器；模拟收发器的发送电路在 TXD 超时的情况下会自动断开，防止电流过冲对设备的损伤。

错误检测

LIN 控制器可以检测多种协议帧内包含的错误或者内部逻辑的错误，包括：

- 控制器响应超时错误

当控制器接收到主机发送的 Header 字段后，首先通过 Break-Sync 字段确定当前帧的速率，接着根据确定

的速率接收 PID 字段并校验 PID 字段中的校验和是否错误，若接收无误则产生中断通知用户当前已经接收到正确的帧头，需要用户表明当前帧是接收还是发送，帧数据字段的长度、内容以及校验方式；用户确定待接收或发送的内容后，写 LIN_CR1.DATA_ACK 位通知控制器当前帧配置已完成。

由于 LIN 协议有最大长度限制，因此控制器在接收到帧头产生中断后，DATA_ACK 配置前，若主机已经开始发送数据且第一个字节的数据已经发送完成，此时用户还没有写 DATA_ACK，则认为控制器响应超时，无法正确解析当前帧。

- 帧响应超时错误

当控制器接收到主机发送的 Header 字段后，首先通过 Break-Sync 字段确定当前帧的速率，接着准备接收 PID 字段和数据字段。若在协议规定的最大长度内，仍没有接收到（与接收完的含义区分）PID 字段或者数据字段，则产生帧响应超时错误。

- 发送接收通路错误

控制器在发送协议帧时会不间断的比较 RXD 与 TXD 的值，若在某一时刻两者不相等，则认为当前驱动 LIN 总线的节点不止一个，产生发送接收通路错误。

- 帧缺失错误

当控制器接收到主机发送的 Header 字段后，首先通过 Break-Sync 字段确定当前帧的速率，接着准备接收 PID 字段和数据字段。若在协议规定的最大长度内，没有接收完 PID 字段或者数据字段，产生帧缺失错误。

- 起始/停止位错误

- 校验和错误

自动寻址

芯片集成了 LIN_SW 和两个 LIN 接口：LIN_IN 和 LIN_OUT。LIN_SW 通过寄存器 LIN_PHY_CR.AUTO_ADDRESS_EN 控制，可以将 LIN_IN 与 LIN_OUT 在芯片内部连接到一起，实现自动寻址的目的。

使用流程

LIN Slave 初始化配置流程

- 1) 开启 LIN 模块时钟

LIN 模块时钟的开启与关闭可以通过 RCC.RCC_PENR 寄存器配置。

- 2) 开启 LIN 模块的数据发送与接收功能

配置 LIN_ANALOG_PHY 开启 LIN Master 模块与 LIN Slave 模块的数据发送与接收功能。

- 3) 配置 LIN 中断

LIN Slave 模块的中断可通过 LINS.LIN_IER 寄存器进行配置。

- 4) 使能 LIN Slave 模块的 30kΩ 上拉电阻

LIN Slave 模块的 30kΩ 上拉电阻可以通过 LINS.LIN_PHY_ANR 寄存器配置。

- 5) 使能自动寻址功能

LIN 模块自动寻址功能的开启或者关闭，可以通过 LINS.LIN_PHY_CR 寄存器配置。

- 6) 配置 LIN 总线超时阈值

LIN Slave 模块总线超时阈值可以通过 LINS.LIN_TSR 寄存器配置。

- 7) 配置唤醒信号重发间隔

唤醒信号从新发送的时间间隔可以通过 LINS.LIN_TSR 寄存器配置。

- 8) 配置 LIN Slave 发送数据监测功能

LIN Slave 模块的发送数据监测功能可以通过 LINS.LIN_CR2 寄存器配置。

9) 配置通信波特率（自适应波特率或自适应波特率）

LIN Slave 模块自适应波特率功能可以通过 LINS.LIN_CR2 寄存器配置。

当 LIN Slave 模块自适应波特率功能被禁用时，可以通过 LINS.LIN_RTR 寄存器配置固定波特率。

LIN Slave 数据接收流程

LIN Slave 数据接收流程如下：

1) 产生中断请求

LIN 从机接收到正确的 ID 场之后，产生中断请求，通知程序接收到了一条新指令。

2) 配置帧方向

读取 ID，并解析指令，识别当前帧的操作类型。在识别到当前帧的操作类型为接收时，需要将 LINS.LIN_CR1 寄存器的 Bit5 配置为 0，配置帧方向为接收。

3) 配置接收数据长度

接收数据长度通过 LINS.LIN_CR1 寄存器配置。

4) 配置接收数据校验和的类型

接收数据校验和的类型可以通过 LINS.LIN_CR1 寄存器配置。

5) 帧数据确认

配置完帧方向、接收数据长度、接收数据校验和类型之后，需要将 LINS.LIN_CR1 寄存器的 Bit4 配置为 1，以通知控制器继续帧内容的解析。

6) 等待数据接收完成

硬件接收数据完成后，将数据存入缓存区，并完成校验。若校验数据正确，则产生接收数据完成中断。

7) 应用层解析数据

应用层从 LINS.LIN_DR1 和 LINS.LIN_DR2 寄存器中读取接收到的数据，并对接收到的数据进行解析处理。

LIN Slave 数据发送流程

LIN Slave 数据发送流程如下：

1) 产生中断请求

LIN 从机接收到正确的 ID 场之后，产生中断请求，通知程序接收到了一条新指令。

2) 配置帧方向

读取 ID，并解析指令，识别当前帧的操作类型。在识别到当前帧的操作类型为发送时，需要将 LINS.LIN_CR1 寄存器的 Bit5 配置为 1，配置帧方向为发送。

3) 配置发送数据长度

发送数据长度通过 LINS.LIN_CR1 寄存器配置。

4) 配置发送数据校验和的类型

接收数据校验和的类型可以通过 LINS.LIN_CR1 寄存器配置。

5) 配置发送数据

将待发送的数据写入 LINS.LIN_DR1 和 LINS.LIN_DR2 寄存器。

6) 帧数据确认

在配置完帧方向、发送数据长度、发送数据校验和类型，及发送数据之后，需要将 LINS.LIN_CR1 寄存器的 Bit4 配置为 1，以通知控制器开始数据发送过程。

7) 等待数据发送完成

发送数据完成后，将产生发送数据完成中断。

LIN Slave 休眠与唤醒流程

在 LIN 自动休眠功能开启时，当 LIN 总线上无活动，保持显性或者隐形电平的持续时间超过设定的自动休眠时间时，控制器将自动进入休眠状态。

LIN 自动休眠功能的开启与关闭可以通过 LINS.LIN_CR2 寄存器配置。

LIN 总线上隐形电平的持续时间可以通过 LINS.LIN_CR1 寄存器配置。

当接收到主机发送的休眠命令时，也可以将 LINS.LIN_CR1 寄存器的 Bit6 配置为 1，使控制器进入休眠状态。

LIN 控制器在休眠状态下，检测到有效唤醒信号时，会产生 LIN 唤醒中断。当 LIN 唤醒中断产生时，需要将 LINS.LIN_CR1 寄存器的 Bit6 配置为 0，使控制器退出休眠状态。

寄存器描述

LIN_S_BASE : 0x50000500

LIN_DR1: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:24	DATA4	RW	数据缓存 4	0x0
23:16	DATA3	RW	数据缓存 3	0x0
15:8	DATA2	RW	数据缓存 2	0x0
7:0	DATA1	RW	数据缓存 1	0x0

LIN_DR2: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:24	DATA8	RW	数据缓存 8	0x0
23:16	DATA7	RW	数据缓存 7	0x0
15:8	DATA6	RW	数据缓存 6	0x0
7:0	DATA5	RW	数据缓存 5	0x0

LIN_IDR: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5:0	PID	RW	PID 数据缓存	0x0

LIN_SR: Address(0x0C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:30	Reserved	RO	Not used	0
29	BUS_TIMEOUT_INT_STATUS	RO	LIN 总线超时中断状态	0

28	TXD_TIMEOUT_INT_STATUS	RO	TXD 超时中断状态 此位在 TXD 持续为 0 超过 64ms 的情况下置位，写 1 清 0	0
27:25	Reserved	RO	Not used	0
24	WKUP_INT_STATUS	RO	唤醒信号接收中断状态	0
23:20	Reserved	RO	Not used	0
19	TXD_TIMEOUT	RO	TXD 超时状态 此位在 TXD 持续为 0 超过 64ms 的情况下置 1，TXD 为 1 时清 0。TXD 超时后 LIN_PHY 的 TXD 会被关闭	0
18	WKUP_TIMEOUT	RO	唤醒超时状态 此位在控制器发送唤醒信号后一定时间内没有接收到帧头的情况下置 1，写 1 清 0	0
17	ACK_TIMEOUT	RO	帧数据确认状态 此位在帧数据请求有效后且在帧数据第一个字节接收完成前，用户没有进行帧数据确认时置位。写 1 清 0	0
16	RESPONSE_TIMEOUT	RO	响应超时状态 此位在由于帧缺失 PID 或者数据区的情况下置位，写 1 清 0	0
15	TXD_ERR_DATA	RO	数据区/起始位 TXD 比较错误 此位在控制器发送数据或者起始位时出现 TXD 与 RXD 不相同的错误时置位，写 1 清 0	0
14	TXD_ERR_STOP	RO	停止位 TXD 比较错误 此位在控制器发送停止位时出现 TXD 与 RXD 不相同的错误时置位，写 1 清 0	0
13	TXD_ERR	RO	TXD 发送错误 此位在检测到 LIN_TXD 与 LIN_RXD 不相同同时置位，写 1 清 0。此位代表 LIN 总线有多个节点在同时发送数据。	0
12	FRAME_ERR	RO	帧不完整性错误 此位在数据区过短或者数据区过长导致超时的情况下置位，写 1 清 0。 注：过长指超过 127 Tbit。	0
11	STARTB_ERR	RO	起始位错误 此位在检测到起始位宽度不足 1Tbit 的情况下置位，写 1 清 0	0
10	PID_ERR	RO	PID 校验错误 此位在 PID 数据校验错误的情况下置位，写 1 清 0	0

9	CHECK_ERR	RO	帧校验和错误 此位在帧校验和校验失败的情况下置位，写1清0	0
8	STOPB_ERR	RO	停止位错误 此位在检测到停止位为0的情况下置位，写1清0	0
7	BUS_ACTIVE	RO	LIN 总线活跃状态 此位在接收到一个有效帧头后置位，帧结束后清0。此位也可由写 LIN_CR1->PROC_RESET 位清0	0
6	BUS_TIMEOUT	RO	LIN 总线超时状态 此位在 LIN 总线无活动超过一定时间 (LIN_TSR->BUS_TIMEOUT_DET_THRES) 后置位，此位置位后，LIN 控制器会自动进入休眠状态	0
5	BUS_DOMINANT_TIMEOUT	RO	LIN 总线显性超时状态 此位在 LIN 总线维持显性电平超过一定时间 (LIN_TSR->BUS_TIMEOUT_DET_THRES) 后置位，此位置位后，LIN 控制器会自动进入休眠状态	0
4	ABORTED	RO	LIN 通讯中断状态 此位在用户写 LIN_CR1->PROC_RESET 位打断当前传输的情况下置1，在检测到有效帧头后清0	0
3	DATA_REQ	RO	帧数据请求状态 此位在接收到帧头且 PID 正确的情况下置1，通知控制器当前有新的一帧需要处理，控制器需要根据 PID 判断当前帧的传输方向、校验类型、传输数据等，判断完成后写 LIN_CR1->DATA_ACK 位通知控制器继续接收或者发送当前帧	0
2	WKUP_TX_STATUS	RO	唤醒信号发送状态 此位在控制器开始发送唤醒信号后置位，发送完成后自动清0	0
1	TC	RO	帧发送完成状态 此位在帧发送完成后置位，接收到帧头后清0	0
0	FC	RO	帧完成状态 此位在帧发送/接收完成后置位，写1清0	0

LIN_IER: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	TXD_TIMEOUT_IER	RW	TXD 超时中断使能	0
4	WKUP_TIMEOUT_IER	RW	唤醒超时中断使能	0
3	TXD_ERR_IER	RW	TXD 发送错误中断使能 此位控制 LIN_SR->TXD_ERR 状态位是否产生中断	0
2	BUS_TIMEOUT_IER	RW	LIN 总线超时中断使能	0
1	DATA_REQ_IER	RW	帧数据请求中断使能 此位置 1 后, 帧数据请求状态会产生一次中断	0
0	FC_IER	RW	帧完成中断使能	0

LIN_CR1: Address(0x14)														
位数	名称	R/W	描述	默认值										
31:13	Reserved	RW	Not used	0										
12	CHEK_SEL	RW	校验和类型 0: 经典校验 1: 增强校验	0										
11:8	DATA_LENTH	RW	数据区长度。Data Length 用户需要根据不同的 PID 配置不同的帧数据长度。最大支持 8 个数据字节。当该寄存器配置为 0xF 时, 数据长度由 PID[5:4]确定 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>PID[5:4]</td> <td>长度</td> </tr> <tr> <td>2'b00</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2'b01</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2'b10</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2'b11</td> <td>8</td> </tr> </table>	PID[5:4]	长度	2'b00	2	2'b01	2	2'b10	4	2'b11	8	0x0
PID[5:4]	长度													
2'b00	2													
2'b01	2													
2'b10	4													
2'b11	8													
7	PROC_RESET	RW	帧解析复位。 用户在接收到无用帧后可以置位此位, 以便控制器中断当前帧的解析, 等待下一个有效帧头	0										
6	SLEEP	RW	休眠请求/休眠状态。 用户在接收到 Go-To-Sleep 需要置位该寄存器使得控制器进入休眠状态, 或者控制器在检测到 LIN 总线超时后也会自动进入休眠状态。用户在接收到唤醒信号后需要手动退出休眠状态	0										
5	FRAME_DIR	RW	帧方向选择。 用户需要根据不同的 PID 配置不同的帧方向 0: 接收方向 1: 发送方向	0										

4	DATA_ACK	RW	帧数据确认 用户在接收到帧数据请求中断后，将所有的配置寄存器配置完成后需要置位该比特以通知控制器继续帧内容的解析	0
3:2	Reserved	RW	Not used	0
1	TRS_WKUP	RW	唤醒信号发送请求 此位置位后，控制器会向外发送一次唤醒信号。用户必须确保发送前 LIN 总线已经处于超时状态	0
0	Reserved	RW	Not used	0

LIN_CR2: Address(0x18)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8	AUTO_RATE_EN	RW	自动波特率检测使能	1
7:4	Reserved	RW	Not used	0
3	TXD_ERR_MODE	RW	TXD 比较错误的复位模式 0: 错误出现后控制器中断当前帧的处理 1: 控制器忽略当前错误	0
2	TXD_TIMEOUT_DET_EN	RW	TXD 超时检测使能	1
1	TXD_MONIT_EN	RW	TXD 检测使能 此位决定控制器是否对 TXD 和 RXD 进行比较	0
0	AUTO_SLEEP_EN	RW	自动休眠时使能 0: LIN 总线超时后控制器继续工作 1: LIN 总线超时后控制器进入休眠状态	1

LIN_RTR: Address(0x1C)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:23	Reserved	RW	Not used	0
22:8	DIVIDER	RW	波特率分频系数设置 波特率计算公式如下: $f_{clk}=f_{sysclk}/(divider+fraction/256)$	0x3FFF
7:0	FRACTION	RW	波特率分频系数设置 波特率计算公式如下: $f_{clk}=f_{sysclk}/(divider+fraction/256)$	0x0

LIN_TSR: Address(0x20)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:26	Reserved	RW	Not used	0
25:24	WKUP_LEN	RW	唤醒信号长度 00: 250μs 01: 500μs	0x1

			10: 750μs 11: 1000μs	
23:19	Reserved	RW	Not used	0
18:16	INTERBYTE_LEN	RW	数据区字节间隔	0x0
15:10	Reserved	RW	Not used	0
9:8	BUS_TIMEOUT_DET_THRES	RW	LIN 总线超时阈值 00: 4s 01: 6s 10: 8s 11: 10s	0x0
7:2	WKUP_REC_THRES	RW	唤醒信号检测阈值 threshold = $WKUP_THRES * T_{lf_clk}$	0x26
1:0	WKUP_REPEAT_THRES	RW	唤醒信号重发送间隔 控制器在发送唤醒信号后，如果在一定的时间内没有接收到有效帧头，则说明唤醒失败，控制器需要再次发送唤醒信号 00: 180ms 01: 200ms 10: 220ms 11: 240ms	0x0

LIN_DR3: Address(0x24)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:9	Reserved	RW	Not used	0
8	SWCHK_EN	RW	软件校验使能 此位置位后，校验和会被当成数据存储，控制器不再判断帧校验和的正确性	0
7:0	DATA9	RW	数据缓存 9	0x0

LIN_PHY_ANR: Address(0x80)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:17	Reserved	RW	Not used	0
16	TXD_INVERT_EN	RW	LIN_TXD 反转使能。 0: 当 LIN_TXD 为 0, LIN 发送 0, 当 LIN_TXD 为 1, LIN 发送 1 1: 当 LIN_TXD 为 0, LIN 发送 1, 当 LIN_TXD 为 1, LIN 发送 0	1
15:8	Reserved	RW	Not used	0
7	PU30K_EN	RW	LIN_PHY 的 30K 上拉电阻使能	1
6	TX_EN	RW	LIN_PHY 的 TXD 使能	0
5	RX_EN	RW	LIN_PHY 的 RXD 使能	0

4	TX_RISE_CTRL	RW	LIN_TXD 上升斜率选择 0: 慢速上升 1: 快速上升	0
3:2	TX_SLOPE	RW	LIN_TXD 摆率	0x0
1:0	TX_BOOST	RW	LIN 的下拉驱动电流	0x0

LIN_PHY_CR: Address(0x84)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:10	Reserved	RW	Not used	0
9	RXD_NEG_FILTER_EN	RW	RXD 上升沿滤波使能 此位用于滤除 RXD0->1 过程中的毛刺，滤除的毛刺宽度由 LIN_TSR->RXD_POS_THRES 控制	0
8	RXD_POS_FILTER_EN	RW	RXD 下降沿滤波使能 此位用于滤除 RXD1->0 过程中的毛刺，滤除的毛刺宽度由 LIN_TSR->NEG_POS_THRES 控制	0
7:6	Reserved	RW	Not used	0
5	TXD_AUTOOFF_EN	RW	TXD 自动关闭使能。 此位置位后，当芯片处于 hibernate 模式且 LIN 总线为隐形电平时，LIN_TXD 会被自动关闭 0: TXD 由 LIN_PHY_ANR->TX_EN 控制 1: TXD 自动关闭	0
4	PU30K_AUTOOFF_EN	RW	30K 上拉自动关闭使能 使能后，LIN_PHY 的 30K 上拉电阻在 LIN 总线显性电平超时后会被自动关闭	1
3	Reserved	RW	Not used	0
2	AUTO_ADDRESS_AUTOOFF	RW	自动寻址功能自动关闭使能 此位置位后，自动寻址在 LIN 总线显性电平超时的情况下会被自动关闭	1
1	AUTO_ADDRESS_LOCK	RW	自动寻址功能锁定 此位置位后，自动寻址寄存器无法改变	0
0	AUTO_ADDRESS_EN	RW	自动寻址功能使能	1

LIN_PHY_TSR: Address(0x88)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:16	Reserved	RW	Not used	0
15:8	RXD_NEG_THRES	RW	RXD 下降沿滤波宽度设置 计算公式如下： $threshold = (RXD_NEG_THRES + 2) * T_sysclk$	0x0
7:0	RXD_POS_THRES	RW	RXD 上升沿滤波宽度设置 计算公式如下： $threshold = (RXD_POS_THRES + 2) * T_sysclk$	0x0

LIN_M_BASE : 0x50000600

LIN_PHY_ANR: Address(0x80)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:17	Reserved	RW	Not used	0
16	TXD_INVERT_EN	RW	LIN_TXD 反转使能。 0: 当 LIN_TXD 为 0, LIN 发送 0, 当 LIN_TXD 为 1, LIN 发送 1 1: 当 LIN_TXD 为 0, LIN 发送 1, 当 LIN_TXD 为 1, LIN 发送 0	1
15:9	Reserved	RW	Not used	0
8	PU1K_EN	RW	LIN_PHY 的 1K 上拉电阻使能	1
7	PU30K_EN	RW	LIN_PHY 的 30K 上拉电阻使能	0
6	TX_EN	RW	LIN_PHY 的 TXD 使能	0
5	RX_EN	RW	LIN_PHY 的 RXD 使能	0
4	TX_RISE_CTRL	RW	LIN_TXD 上升斜率选择 0: 慢速上升 1: 快速上升	0
3:2	TX_SLOPE	RW	LIN_TXD 摆率	0x0
1:0	TX_BOOST	RW	LIN 的下拉驱动电流	0x0

LIN_PHY_CR: Address(0x84)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:6	Reserved	RW	Not used	0
5	TXD_AUTOOFF_EN	RW	TXD 自动关闭使能 此位置位后, 当芯片处于 hibernate 模式且 LIN 总线为隐形电平时, LIN_TXD 会被自动关闭 0: TXD 由 LIN_PHY_ANR->TX_EN 控制 1: TXD 自动关闭	0
4:0	Reserved	RW	Not used	0

WWDG

概述

窗口看门狗（WWDG）通常被用来监测由外部干扰或不可预见的逻辑条件造成的应用程序非正常的过迟或过早的操作。除非递减计数器递减到 0x40 前被刷新，看门狗电路在达到预置的时间周期时，会产生一个 MCU 复位。

在递减计数器达到窗口寄存器数值之前，如果递减计数器数值(在控制寄存器中)被刷新，那么也将产生一个 MCU 复位。这表明递减计数器需要在有限的时间窗口中被刷新。

本模块工作 16KHz 时钟域。

特性

- 可编程的自由运行递减计数器；
- 条件复位
 - 当递减计数器的值小于 0x40，若看门狗被启动，则产生复位；
 - 当递减计数器在窗口外被重新装载，若看门狗被启动，则产生复位；
- 如果启动了看门狗并且允许中断，当递减计数器等于 0x40 时产生早期唤醒中断(EWI)，它可以被用于重新装载计数器以避免 WWDG 复位；

功能描述

超时复位功能

如果看门狗被启动（WWDG_CR 寄存器中的 WDGA 位置 1），并且当 7 位(T[6: 0])递减计数器从 0x40 翻转到 0x3F(T6 位清零)时，则产生一个复位。

如果软件在计数器值大于窗口寄存器中的数值时重新装载计数器，也将产生一个复位。

WWDG 的超时复位时序图如下所示：

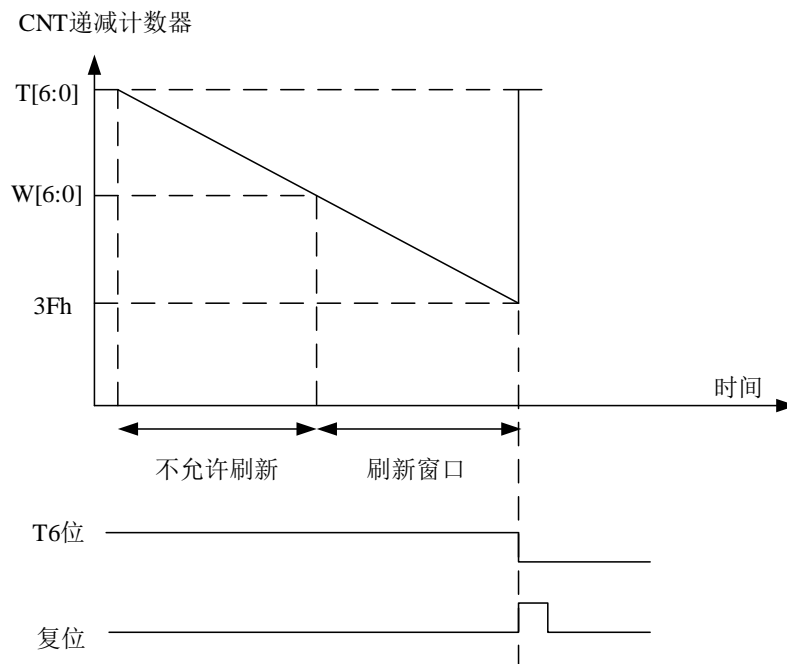


图 10 WWDG 的超时复位时序图

计算超时的公式如下：

$$T_{WWDG} = T_{fclk} * 32 * 2^{WDGTB} * (T[5:0] + 1)$$

当 fclk=16KHz 时的最小-最大超时值

WDGTB	最小超时值	最大超时值
0	2ms	128ms
1	4ms	256ms
2	8ms	512ms
3	16ms	1.024s
4	32ms	2.048s
5	64ms	4.096s
6	128ms	8.192s
7	256ms	16.384s

早期唤醒中断功能

设置 WWDG_CFR 寄存器中的 EWI 位可以开启早期唤醒中断，当递减计数器到达 0x40 时产生此中断，相应的中断服务程序(ISR)可以用来加载计数器以防止 WWDG 复位。

通过向 WWDG_SR 寄存器中的 EWIF 位写 '0' 来清除 EWI 中断。

寄存器

寄存器映射

WWDG_BASE : 0x50000300

偏移地址	寄存器	复位值	描述
0x00	WWDG_CR	0x7F	WWDG 控制寄存器
0x04	WWDG_CFR	0x1FF	WWDG 配置寄存器
0x08	WWDG_SR	0x00	WWDG 状态寄存器

寄存器描述

RO: 只读, W: 只写, RW: 可读写

WWDG_CR: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:8	Reserved	RW	Not used	0
7	WDGA	RW	WDGA: 激活位 此位由软件置'1', 但仅能由硬件在复位后清'0'。当 WDGA=1 时, WWDG 的一级开关使能, 看门狗可以产生复位。 0: 禁止看门狗 1: 启用看门狗	0
6:0	T	RW	T[6:0]: 7 位 TOP 值 这些位用来存储看门狗的 Reload 值。	0x7F

WWDG_CFR: Address(0x04)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:11	Reserved	RW	Not used	0
10	EWI	RW	EWI: 提前唤醒中断 (Early wakeup interrupt) 此位若置'1', 则当计数器值达到 0x40, 即产生中断。此中断只能由硬件在复位后清除。	0
9:7	WDGTB	RW	WDGTB[2:0]: 时基 (Timer base) 预分频器的时基可以设置如下, 其中 FCLK=16KHz: 000: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 1, 对应计时周期为 2ms, 最大超时时间为 $2ms*(0x7F-0x3F)=128ms$ 001: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 2, 对应计时周期为 4ms, 最大超时时间为 $4ms*(0x7F-0x3F)=256ms$ 010: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 4, 对应计时周期为 8ms, 最大超时时间为 $8ms*(0x7F-0x3F)=512ms$ 011: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 8, 对应计时周期为 16ms, 最大超时时间为 $16ms*(0x7F-0x3F)=1.024s$ 100: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 16, 对应计时周期为 32ms, 最大超时时间为 $32ms*(0x7F-0x3F)=2.048s$ 101: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 32, 对应计时周期为 64ms, 最大超时时间为 $64ms*(0x7F-0x3F)=4.096s$ 110: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 64, 对应计时周期为 128ms, 最大超时时间为 $128ms*(0x7F-0x3F)=8.192s$ 111: CK 计时器时钟(FCLK 除以 32)除以 128, 对应计时周期为 256ms, 最大超时时间为 $256ms*(0x7F-0x3F)=16.384s$	0x3
6:0	W	RW	W[6:0]: 7 位窗口值 (7-bit window value) 这些位包含了用来与递减计数器进行比较用的窗口值。	0x7F

WWDG_SR: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RW	Not used	0
0	EWIF	RW	EWIF: 提前唤醒中断标志 (Early wakeup interrupt flag) 当计数器值达到 40h 时, 此位由硬件置'1'。 它必须通过软件写'0'来清除。 对此位写'1'无效。若中断未被使能, 此位不会被置'1'。	0

WAKEUP_TIMER

概述

唤醒定时器为系统提供定时功能。

特性

- 25 位计数器，工作在 16kHz 时钟域。
- 支持将芯片从低功耗模式中唤醒。
- 支持中断控制功能，包括中断产生、中断清除以及中断屏蔽。
- 当定时器在工作时，TimerLoadCount 发生变更，只有当定时器计数到 0 或者重启定时器才会被定时器更新，否则定时器会继续递减，直到 0 后再更新 TimerLoadCount。

使用流程

1) 配置 WAKEUP_TIMER 装载值

WAKEUP_TIMER 重装载值可以通过 WAKEUP_TIMER.TimerLoaderCount 寄存器进行配置。

2) 配置 WAKEUP_TIMER 中断

WAKEUP_TIMER 中断的启用与屏蔽可通过 WAKEUP_TIMER.TimerControlReg 寄存器进行配置。

3) 开启 WAKEUP_TIMER 中断

开启 WAKEUP_TIMER 全局中断，并根据应用配置合理的中断优先级。

4) 启动 WAKEUP_TIMER

WAKEUP_TIMER 的启动与禁用可以通过 WAKEUP_TIMER.TimerControlReg 寄存器进行配置。

5) WAKEUP_TIMER 中断产生

当 WAKEUP_TIMER 启用后，计数器从 WAKEUP_TIMER.TimerLoaderCount 寄存器配置的值开始向下计数，当计数值向下递减到 0 时，产生 WAKEUP_TIMER 中断，同时计数器值恢复至 WAKEUP_TIMER.TimerLoaderCount 寄存器配置的值，重新开始向下计数。

6) WAKEUP_TIMER 中断清除

WAKEUP_TIMER 中断产生后，需要写 WAKEUP_TIMER.TimerEOI 寄存器清除 WAKEUP_TIMER 中断状态。

7) 重新配置 WAKEUP_TIMER 计数值

WAKEUP_TIMER 计数过程中可随时配置寄存器 WAKEUP_TIMER.TimerLoadCount，更新载入计数值，此时原计数过程不被打断，当原来计数过程递减到 0 后，返回更新的载入计数值继续递减计数。

8) 禁用 WAKEUP_TIMER

WAKEUP_TIMER 使用过程中可随时配置 WAKEUP_TIMER.TimerControlReg 寄存器禁用 WAKEUP_TIMER。

使用限制

1) 必须先设定好 TimerLoadCount 才能启动 timer_en，且中途修改 TimerLoadCount 必须要关闭 Timer 再重新打开。

2) TimerLoadCount 时间间隔不能设定 0x1~0xF，相对比较的小的数值，希望设定的时间在 1ms 以上即 TimerLoadCount > 0x1F。

寄存器

寄存器映射

WAKEUP_TIMER_BASE : 0x50000E00

偏移地址	寄存器	复位值	描述
0x00	TimerLoadCount	0x1FFFFFFF	Timer 载入计数值寄存器
0x08	TimerControlReg	0	Timer 模块控制寄存器
0x0c	TimerEOI	0	Timer 中断清除寄存器
0x10	TimerIntStat	0	Timer 中断状态寄存器

寄存器描述

RO: 只读, W: 只写, RW: 可读写

TimerLoadCount: Address(0x00)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:25	Reserved	RW	Not used	0
24:0	TimerLoadCount	RW	Timer 加载值, 当 Timer 启动或用户定义模式下递减计数	0x1FFFFFFF

TimerControlReg: Address(0x08)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:3	Reserved	RW	Not used	0
2	TimerIntMsk	RW	Timer 中断屏蔽。 0: 不屏蔽; 1: 屏蔽。	0
1	Reserved		Not used	0
0	TimerEn	RW	Timer 的使能。 0: 禁用; 1: 启用。	0

TimerEOI: Address(0x0c)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	TimerIntclr	WC	Timer 中断状态寄存器寄存器, 写 1 清除中断, 读出值为全 0。	0

TimerIntStat: Address(0x10)				
位数	名称	R/W	描述	默认值
31:1	Reserved	RO	Not used	0
0	TimerIntstate	RO	Timer 中断状态寄存器寄存器 1: 有中断 0: 没有中断	0

应用信息

AW23003QNR-Q1 的典型应用图如下：

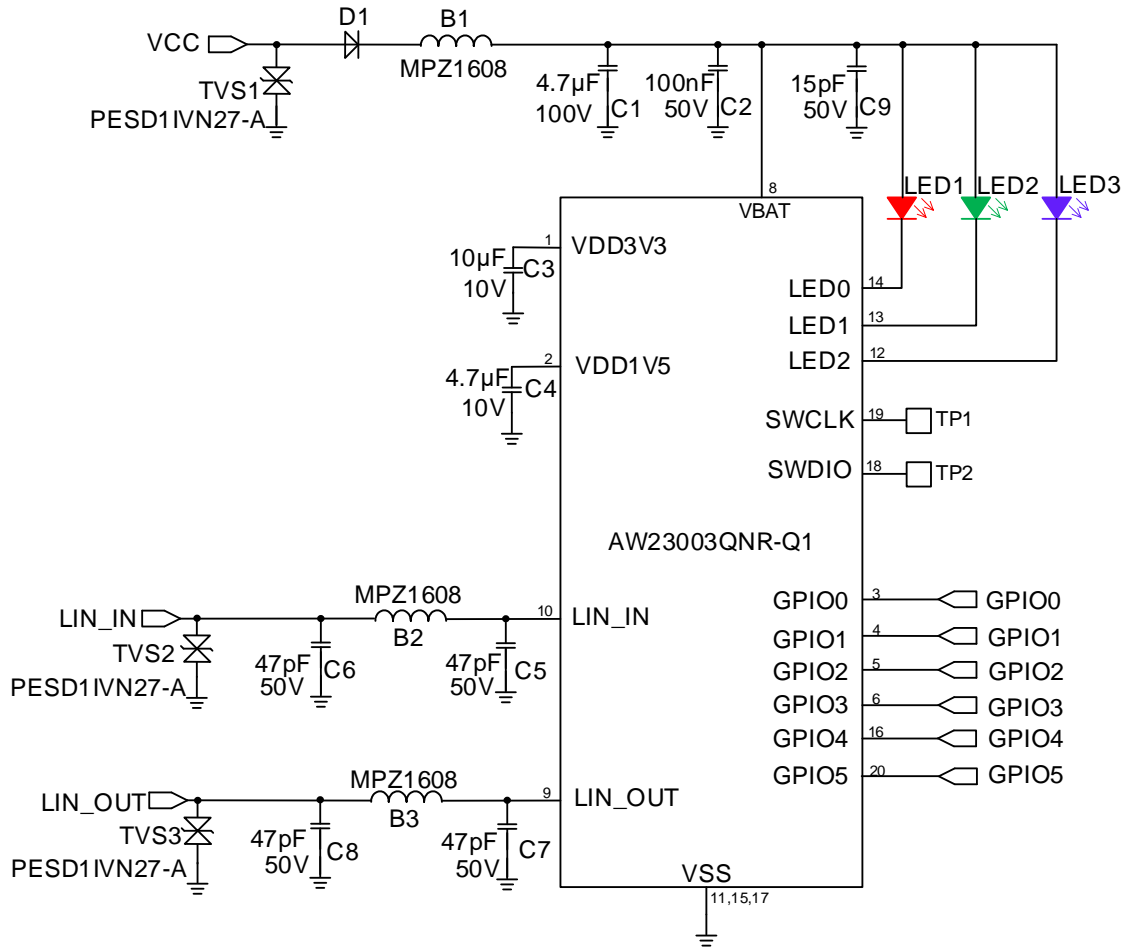


图 11 AW23003QNR-Q1 典型应用电路

器件选型说明

电容 C1 的推荐值为 $4.7\mu\text{F}$ ，C2 为 $0.1\mu\text{F}$ ，电容 C3 的推荐值为 $10\mu\text{F}$ ，电容 C5、C6、C7 和 C8 的推荐值为 220pF ，具体容值可根据调试进行选择；LED 阳极建议预留电容位置用以预防可能由于不同 LED 特性导致的 EMC 问题，LED 电容尽可能靠近 LED 阳极与芯片的 PIN11(VSS)放置

VBAT、LIN_IN 和 LIN_OUT 走线上预留串联磁珠 B1、B2 和 B3，主要降低 EMI 的干扰，具体可根据调试进行选择；磁珠位置建议放在二极管和 C1 $4.7\mu\text{F}$ 之间。

电源 VBAT 输入端推荐串联二极管，利用二极管的单向导电的特性，实现了防止电流倒灌的电路；

VBAT、LIN_IN 和 LIN_OUT 的接线端口预留 TVS 管，推荐双极性工作电压为 27V 的双极性 TVS 管，提高 ESD 能力，具体规格可根据调试进行选择；

LED 灯根据实际需求选择合适的 LED 灯型号。

选型列表

类型	编号	说明	推荐范围	推荐值	单位
电容	C1	耐压 100V, X7R	1~100	4.7	μF
电容	C2	耐压 50V, X7R	/	0.1	μF
电容	C3	耐压 10V, X7R	4.7~10	10	μF
电容	C4	耐压 10V, X7R	1~4.7	4.7	μF
电容	C5、C6、C7、C8	耐压 50V, X7R	/	220	pF
电容	C9	耐压 50V, X7R	10-20	15	pF
二极管	D1	防倒灌	/	/	/
ESD 管	TVS1、TVS2、TVS3	双极性、工作电压 27V	/	/	/
磁珠	B1、B2、B3	降低 EMC 的干扰	/	/	/
LED	LED1、LED2、LED3	/	/	/	/

PCB 布局说明

为了充分发挥 AW23003QNR-Q1 的性能，PCB 的布局布线需仔细考虑，设计过程应遵循以下原则：

- 1) 芯片 AW23003QNR-Q1 的电源去耦电容（C1、C2）尽可能靠近芯片 VBAT 引脚放置，且遵循电流先经过大电容再经过小电容，最后到芯片的准则；LED 电容建议靠近 LED 阳极和芯片 PIN11(VSS)放置，可以减小 LED 回路面积；芯片周围建议接地处理，远离高频器件，如图所示：
- 2) VBAT 供电电源到芯片引脚走线宽度不小于 0.25mm，VBAT 与 LED 灯相连的走线宽度不小于 0.75mm，每路 LED 的走线宽度不小于 0.25mm；
- 3) LIN_IN 和 LIN_OUT 的要求：
 - LIN_IN 和 LIN_OUT 的信号线与电源线相分离，避免与电源线之间的交叉，以减少干扰；
 - 与高频信号线分开布局，以减少互相干扰；
 - 芯片远离高频芯片至少 3mm；
 - 合理设置 LIN_IN 和 LIN_OUT 信号线的走向和长度，以确保信号传输的稳定性和可靠性；
- 4) GPIOs 口的最大输出电流为 10mA，推荐走线宽度不小于 0.25mm。

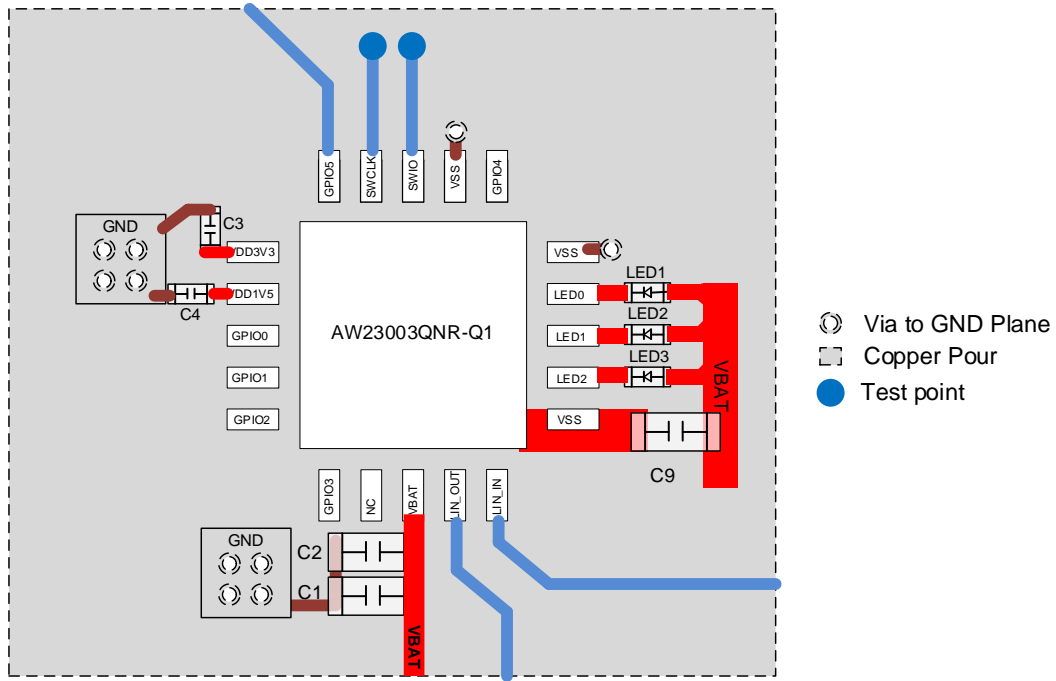
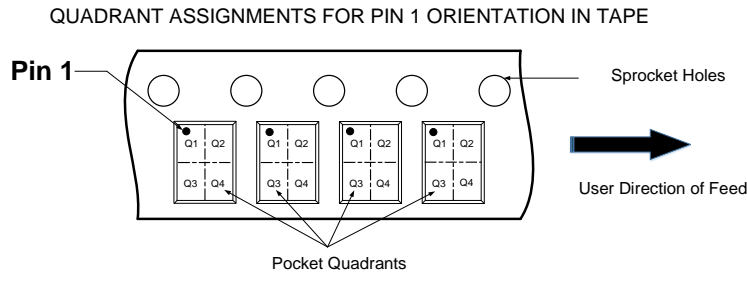
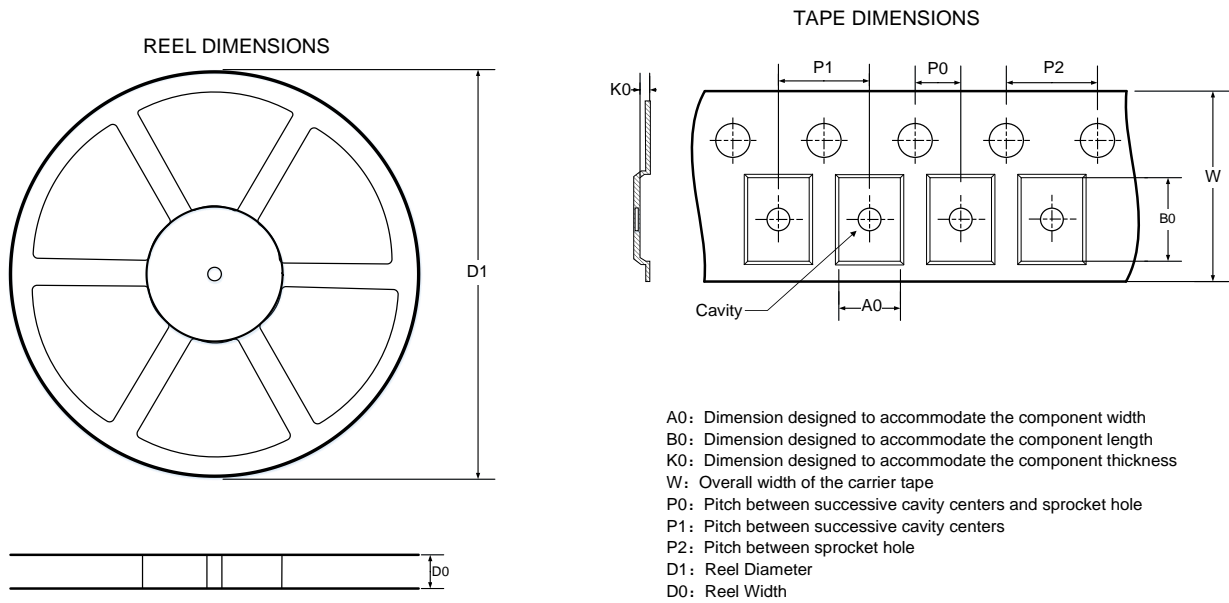


图 12 AW23003QNR-Q1 PCB LAYOUT 示意图

卷盘描述



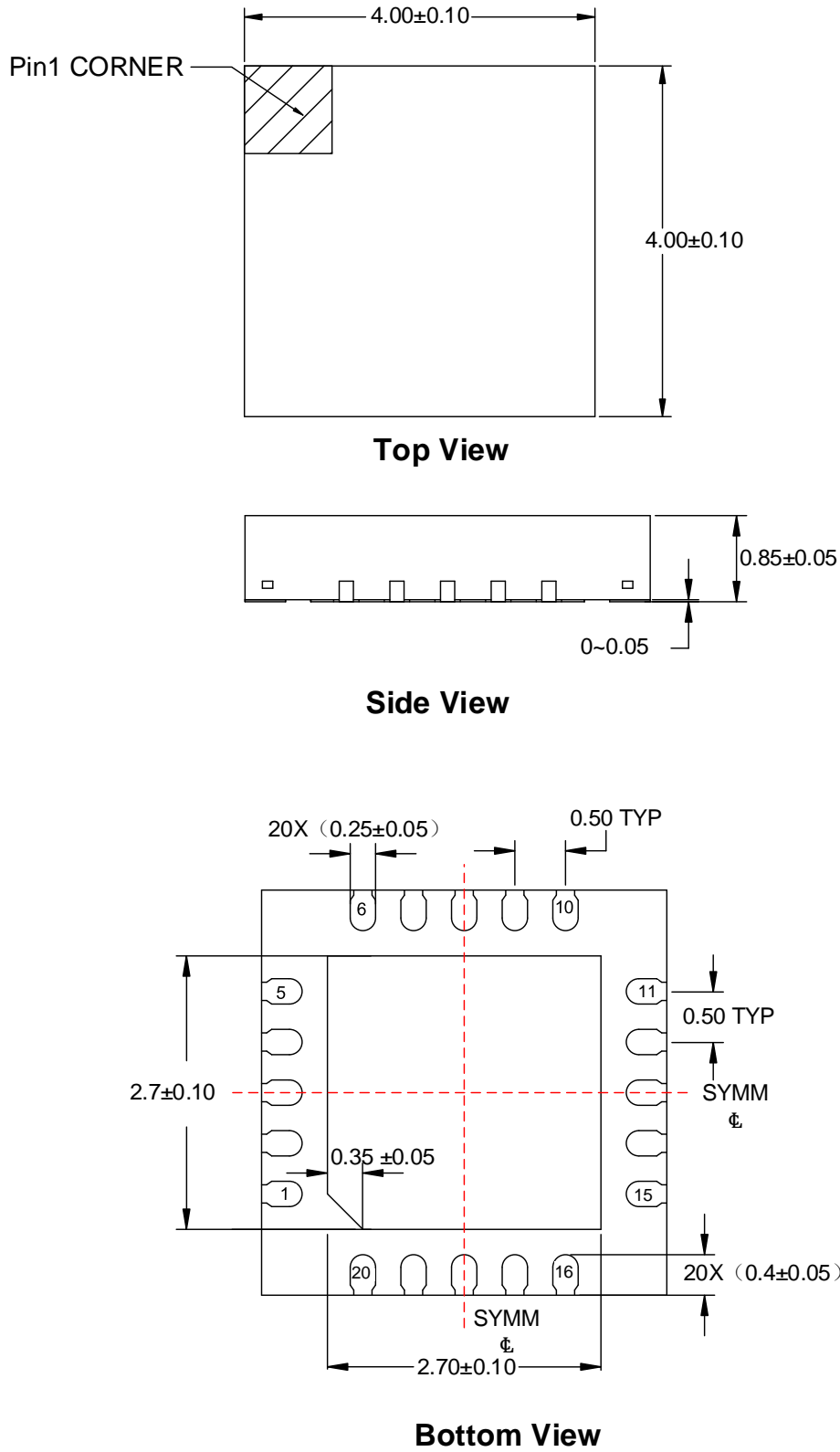
Note: The above picture is for reference only. Please refer to the value in the table below for the actual size

DIMENSIONS AND PIN1 ORIENTATION

D1 (mm)	D0 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P0 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
330	12.4	4.3	4.3	1.1	2	8	4	12	Q1

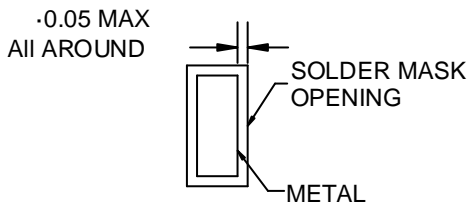
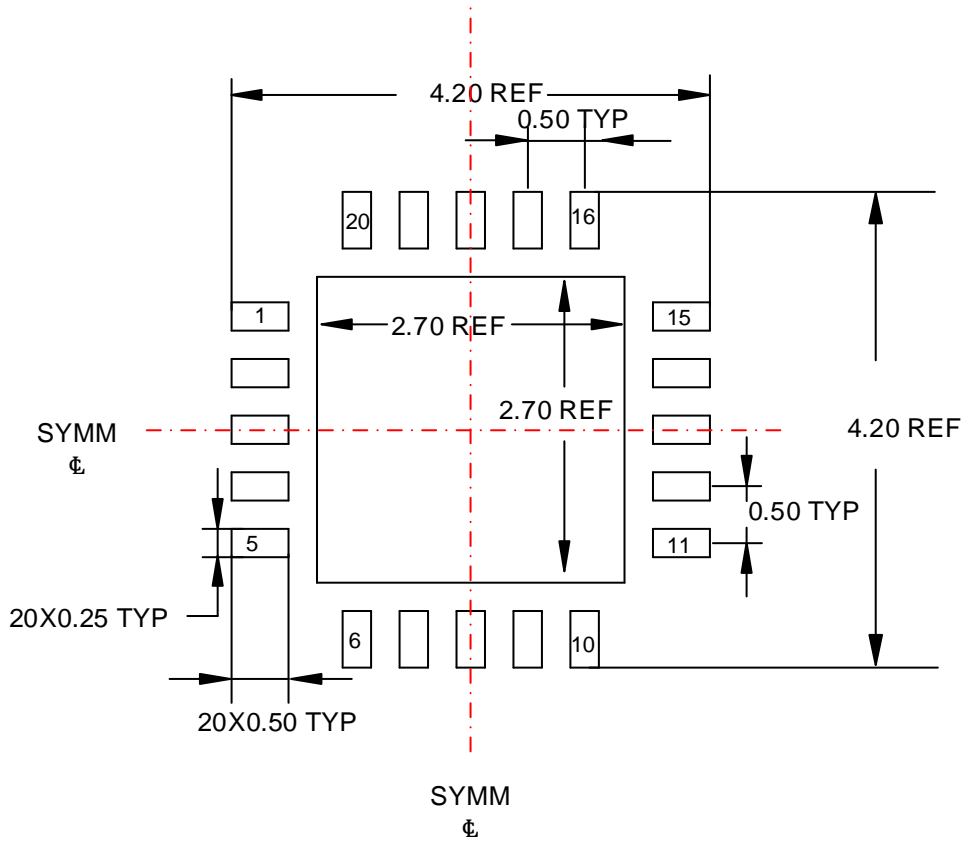
All dimensions are nominal

封装描述

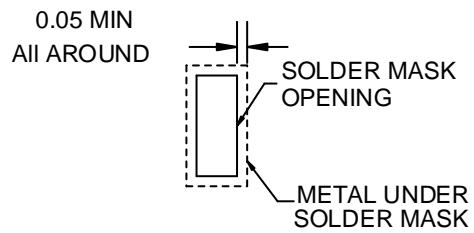


Unit: mm

PCB 焊盘描述



NON SOLDER MASK DEFINED



SOLDER MASK DEFINED

Unit: mm

版本信息

版本	日期	更新记录
V1.0	2024.3	初版
V1.1	2024.8	1、更新典型应用图（第2、85页） 2、将最大结温和封装热阻信息移入绝对最大额定值（第5页） 3、更新引脚耐压测试条件（第5页） 4、在ISP_CMD中增加bit8 READONLY说明（第17页） 5、修正BOR3V3LS说明（第36页） 6、修正LIN_S_BASE和LIN_M_BASE地址（第72、79页）
V1.2	2024.10	1、更新封装描述（第1页） 2、更新湿敏等级为MSL3（第4页） 3、更新SWCLK参数（第10页） 4、更新PCB布局说明中走线宽度说明（第86页）
V1.3	2025.4	1、更新典型电路图及其说明（第2、85-87页）

免责声明

此文档中包含的信息被认为是准确、可靠的。但是，上海艾为电子技术股份有限公司（以下简称艾为）对这些信息的准确性或完整性均不作任何明示或暗示的陈述或保证，且对这些信息的使用后果不承担任何责任。

艾为保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改本文档中发布的信息，包括但不限于产品资料和规格的权利。客户在下订单前应自行获取最新的相关信息，并验证这些信息是最新且完整的。本文档信息覆盖并取代所有先于此次公布的文档。

艾为的产品没有设计、授权或保证适用于在医疗、军事、飞行器、太空或生命支持设备中使用，或是在可合理地预估艾为产品的故障或失效将导致人身伤害、死亡或严重的财产、环境损害之场合等应用。艾为不接受在上述设备或应用中纳入或使用艾为产品而衍生的任何相关责任，若在此情况下纳入或使用艾为产品，由此而产生的任何风险和责任由客户自身承担。

此文档中对艾为任何产品应用的描述仅用于举例说明，在未经进一步测试和改进的情况下，艾为不对这些应用将会适用于特定用途而作出任何陈述或保证。

所有产品的销售都必须遵守订单确认时艾为提供的商业销售一般条款和条件。

此文档中的任何文字或表述都不能被解释或解读为艾为产品可供承诺的销售要约，也不能被解读为任何专利、版权或其他工业、知识产权等任何许可的授权、转让或暗示。

对于艾为产品手册的信息，仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。艾为对篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要遵守额外的限制条件。

在转售艾为产品或服务时，如果对该产品或服务参数的陈述与艾为标明的参数相比存在差异或虚假成分，则艾为就产品或服务所有明示或暗示的授权将失效，且这是不公平的、欺诈性商业行为。艾为对任何此类陈述均不承担任何责任或义务。