



# Gowin\_EMPU\_M3 软件编程 参考手册

IPUG922-1.1, 2021-07-16

**版权所有 © 2021 广东高云半导体科技股份有限公司**

**GOWIN高云**, Gowin, 高云均为广东高云半导体科技股份有限公司注册商标, 本手册中提到的其他任何商标, 其所有权利属其拥有者所有。未经本公司书面许可, 任何单位和个人都不得擅自摘抄、复制、翻译本文档内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。

### **免责声明**

本文档并未授予任何知识产权的许可, 并未以明示或暗示, 或以禁止发言或其它方式授予任何知识产权许可。除高云半导体在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外, 高云半导体概不承担任何法律或非法律责任。高云半导体对高云半导体产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保, 包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等, 均不作担保。高云半导体对文档中包含的文字、图片及其它内容的准确性和完整性不承担任何法律或非法律责任, 高云半导体保留修改文档中任何内容的权利, 恕不另行通知。高云半导体不承诺对这些文档进行适时的更新。

## 版本信息

日期	版本	说明
2020/04/03	1.0	初始版本。
2021/07/16	1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>● 修复已知的 SPI 全双工读写问题；</li><li>● 修复已知的 GPIO 输入输出初始化问题；</li><li>● 更新 MCU 软件版本。</li></ul>

# 目录

目录 .....	<b>i</b>
图目录 .....	<b>iv</b>
表目录 .....	<b>v</b>
<b>1 软件编程库 .....</b>	<b>1</b>
1.1 MCU 内核 Cortex-M3 软件编程 .....	1
1.2 嵌入式 RTOS 编程 .....	2
<b>2 存储系统 .....</b>	<b>3</b>
2.1 标准外设内存映射 .....	3
2.2 内核系统内存映射 .....	4
<b>3 中断处理 .....</b>	<b>5</b>
<b>4 通用异步收发器 .....</b>	<b>8</b>
4.1 特征 .....	8
4.2 寄存器定义 .....	9
4.3 初始化定义 .....	10
4.4 驱动程序使用方法 .....	10
4.5 参考设计 .....	11
<b>5 定时器 .....</b>	<b>12</b>
5.1 特征 .....	12
5.2 寄存器定义 .....	13
5.3 初始化定义 .....	13
5.4 驱动程序使用方法 .....	13
5.5 参考设计 .....	14
<b>6 看门狗 .....</b>	<b>15</b>
6.1 特征 .....	15
6.2 寄存器定义 .....	15
6.3 初始化定义 .....	16
6.4 驱动程序使用方法 .....	16
6.5 参考设计 .....	17

<b>7 通用输入输出</b> .....	<b>18</b>
7.1 特征.....	18
7.2 寄存器定义.....	18
7.3 初始化定义.....	21
7.4 驱动程序使用方法.....	22
7.5 参考设计.....	22
<b>8 内部集成电路总线</b> .....	<b>23</b>
8.1 特征.....	23
8.2 寄存器定义.....	23
8.3 驱动程序使用方法.....	24
8.4 参考设计.....	25
<b>9 串行外设接口</b> .....	<b>26</b>
9.1 特征.....	26
9.2 寄存器定义.....	26
9.3 初始化定义.....	27
9.4 驱动程序使用方法.....	27
9.5 参考设计.....	28
<b>10 实时时钟</b> .....	<b>29</b>
10.1 特征.....	29
10.2 寄存器定义.....	30
10.3 驱动程序使用方法.....	31
10.4 参考设计.....	31
<b>11 以太网</b> .....	<b>32</b>
11.1 特征.....	32
11.2 寄存器定义.....	33
11.3 驱动程序使用方法.....	35
11.4 参考设计.....	35
<b>12 DDR3 Memory</b> .....	<b>36</b>
12.1 特征.....	36
12.2 寄存器定义.....	36
12.3 驱动程序使用方法.....	37
12.4 参考设计.....	37
<b>13 SPI-Flash</b> .....	<b>38</b>
13.1 特征.....	38
13.2 寄存器定义.....	38
13.3 驱动程序使用方法.....	44

---

13.4 参考设计 .....	44
<b>14 嵌入式实时操作系统.....</b>	<b>45</b>
14.1 uC/OS-III .....	45
14.1.1 特征 .....	45
14.1.2 操作系统版本 .....	45
14.1.3 操作系统配置 .....	45
14.1.4 参考设计 .....	45
14.2 FreeRTOS.....	46
14.2.1 特征 .....	46
14.2.2 操作系统版本 .....	46
14.2.3 操作系统配置 .....	46
14.2.4 参考设计 .....	46

# 图目录

图 4-1 UART Buffering .....	8
图 5-1 Timer .....	12
图 6-1 WatchDog Operation .....	15
图 7-1 GPIO Block.....	18
图 10-1 RTC Block .....	30

# 表目录

表 1-1 MCU 内核 Cortex-M3 软件编程 .....	1
表 2-1 标准外设内存映射定义 .....	3
表 2-2 内核系统内存映射定义 .....	4
表 3-1 中断控制器定义 .....	5
表 4-1 UART 寄存器定义 .....	9
表 4-2 UART 初始化定义 .....	10
表 4-3 UART 驱动程序使用方法 .....	10
表 5-1 Timer 寄存器定义 .....	13
表 5-2 Timer 初始化定义 .....	13
表 5-3 Timer 驱动程序使用方法 .....	13
表 6-1 WatchDog 寄存器定义 .....	15
表 6-2 WatchDog 初始化定义 .....	16
表 6-3 WatchDog 驱动程序使用方法 .....	16
表 7-1 GPIO 寄存器定义 .....	18
表 7-2 GPIO 初始化定义 .....	21
表 7-3 GPIO 驱动程序使用方法 .....	22
表 8-1 I2C Master 寄存器定义 .....	23
表 8-2 I2C 驱动程序使用方法 .....	24
表 9-1 SPI Master 寄存器定义 .....	26
表 9-2 SPI Master 初始化定义 .....	27
表 9-3 SPI Master 驱动程序使用方法 .....	27
表 10-1 RTC 寄存器定义 .....	30
表 10-2 RTC 驱动程序使用方法 .....	31
表 12-1 Ethernet 寄存器定义 .....	33
表 12-2 Ethernet 驱动程序使用方法 .....	35
表 13-1 DDR3 寄存器定义 .....	36
表 13-2 DDR3 驱动程序使用方法 .....	37
表 14-1 SPI-Flash 寄存器定义 .....	38
表 14-2 SPI-Flash 驱动程序使用方法 .....	44



# 1 软件编程库

Gowin\_EMPU\_M3 支持软件编程库：Gowin\_EMPU\_M3\src\c\_lib

Gowin\_EMPU\_M3 支持两种软件编程方法：

- MCU 内核 Cortex-M3 软件编程
- 嵌入式 RTOS 软件编程

## 1.1 MCU 内核 Cortex-M3 软件编程

Gowin\_EMPU\_M3 软件编程库，支持 MCU 内核 Cortex-M3 软件编程方法，如表 1-1 所示。

表 1-1 MCU 内核 Cortex-M3 软件编程

文件	描述
startup_GOWIN_M3.s	启动引导程序
core_cm3.c	MCU 内核 Cortex-M3 内核寄存器定义
GOWIN_M3.h	中断向量表、寄存器和地址映射定义
system_GOWIN_M3.c	系统初始化和系统时钟定义
GOWIN_M3_flash.ld	GMD EDA Flash 链接器
GOWIN_M3_gpio.c	GPIO 驱动函数定义
GOWIN_M3_ethernet.c	Ethernet 驱动函数定义
GOWIN_M3_ddr3.c	DDR3 驱动函数定义
GOWIN_M3_spi_flash.c	SPI-Flash 读、写和擦除功能驱动函数定义
GOWIN_M3_timer.c	Timer0/1 驱动函数定义
GOWIN_M3_wdog.c	WatchDog 驱动函数定义
GOWIN_M3_uart.c	UART0/1 驱动函数定义
GOWIN_M3_rtc.c	RTC 驱动函数定义
GOWIN_M3_i2c.c	I2C Master 驱动函数定义
GOWIN_M3_spi.c	SPI Master 驱动函数定义
GOWIN_M3_misc.c	中断优先级管理和 SysTick

文件	描述
GOWIN_M3_it.c	中断处理函数定义
retarget.c	UART0 printf函数重定向定义
malloc.c	动态内存管理malloc和free函数重定向定义

## 1.2 嵌入式 RTOS 编程

Gowin\_EMPU\_M3，支持以下两种操作系统软件编程：

- uC/OS-III
- FreeRTOS

# 2 存储系统

## 2.1 标准外设内存映射

Gowin\_EMPU\_M3 标准外设内存映射地址定义，如表 2-1 所示。

表 2-1 标准外设内存映射定义

标准外设	类型	地址映射	描述
Instruction Memory	-	0x00000000	16KB, 32KB, 64KB, 128KB
Data Memory	-	0x20000000	16KB, 32KB, 64KB, 128KB
TIMER0	TIMER_TypeDef	0x50000000	定时器0
TIMER1	TIMER_TypeDef	0x50001000	定时器1
UART0	UART_TypeDef	0x50004000	通用异步收发器0
UART1	UART_TypeDef	0x50005000	通用异步收发器1
Watch Dog	WDOG_TypeDef	0x50008000	看门狗
RTC	RTC_RegDef	0x50006000	实时时钟
SPI_FLASH	SPI_FLASH_RegDef	0x50003000	串行外设接口闪存
I2C	I2C_TypeDef	0x5000A000	内部集成电路总线
SPI	SPI_TypeDef	0x5000B000	串行外设接口
GPIO0	GPIO_TypeDef	0x40000000	通用输入输出端口
Ethernet	ETH_RegDef	0x46000000	以太网
DDR3	DDR3_RegDef	0x55000000	DDR3 Memory
APB2 Extension	-	0x51000000	APB2扩展接口
AHB2 Extension	-	0x52000000	AHB2扩展接口

## 2.2 内核系统内存映射

Gowin\_EMPU\_M3 内核系统内存映射定义，如表 2-2 所示。

表 2-2 内核系统内存映射定义

系统控制	类型	地址映射	描述
ITM	ITM_Type	0xE0000000	ITM configuration struct
DWT	DWT_Type	0xE0001000	DWT configuration struct
CoreDebug	CoreDebug_Type	0xE000EDF0	Core Debug configuration struct
ETM	ETM_Type	0xE0041000	ETM configuration struct
SysTick	SysTick_Type	0xE000E010	SysTick configuration struct
NVIC	NVIC_BASE	0xE000E100	NVIC configuration struct
SCnSCB	SCnSCB_Type	0xE000E000	System control Register not in SCB
SCB	SCB_Type	0xE000ED00	SCB configuration struct
TPIU	TPIU_Type	0xE0040000	TPIU configuration struct
MPU	MPU_Type	0xE000ED90	MPU configuration struct

# 3 中断处理

Gowin\_EMPU\_M3 嵌套向量中断控制器，包括以下特征：

- 支持多达 48 个低延时中断
- 提供 16 个用户可用的中断处理信号
- 支持 8~256 级可编程中断优先级
- 低延时中断和异常处理
- 中断信号边沿或脉冲检测
- 中断优先级动态调整

Gowin\_EMPU\_M3 中断控制器定义，如表 3-1 所示。

表 3-1 中断控制器定义

Address	Interrupt	Number	Description
0x00000000	__StackTop	-	Top of Stack
0x00000004	Reset_Handler	-	Reset Handler
0x00000008	NMI_Handler	-14	NMI Handler
0x0000000C	HardFault_Handler	-13	Hard Fault Handler
0x00000010	MemManage_Handler	-12	MPU Fault Handler
0x00000014	BusFault_Handler	-11	Bus Fault Handler
0x00000018	UsageFault_Handler	-10	Usage Fault Handler
0x0000001C	0	-	Reserved
0x00000020	0	-	Reserved
0x00000024	0	-	Reserved
0x00000028	0	-	Reserved
0x0000002C	SVC_Handler	-5	SVC Call Handler
0x00000030	DebugMon_Handler	-4	Debug Monitor Handler
0x00000034	0	-	Reserved
0x00000038	PendSV_Handler	-2	PendSV Handler
0x0000003C	SysTick_Handler	-1	SysTick Handler

Address	Interrupt	Number	Description
0x00000040	UART0_Handler	0	16+ 0: UART 0 RX and TX Handler
0x00000044	UART1_Handler	1	16+ 1: UART 1 RX and TX Handler
0x00000048	TIMER0_Handler	2	16+ 2: Timer 0 Handler
0x0000004C	TIMER1_Handler	3	16+ 3: Timer 1 Handler
0x00000050	GPIO0_Handler	4	16+ 4: GPIO Port 0 Combined Handler
0x00000054	UARTOVF_Handler	5	16+ 5: UART 0,1 Overflow Handler
0x00000058	RTC_Handler	6	16+ 6: RTC Handler
0x0000005C	I2C_Handler	7	16+ 7: I2C Handler
0x00000060	Interrupt8_Handler	8	16+ 8: Interrupt 8 Handler
0x00000064	ETH_Handler	9	16+ 9: ETH Handler
0x00000068	Interrupt10_Handler	10	16+10: Interrupt 10 Handler
0x0000006C	Interrupt11_Handler	11	16+11: Interrupt 11 Handler
0x00000070	Interrupt12_Handler	12	16+12: Interrupt 12 Handler
0x00000074	Interrupt13_Handler	13	16+13: Interrupt 13 Handler
0x00000078	Interrupt14_Handler	14	16+14: Interrupt 14 Handler
0x0000007C	Interrupt15_Handler	15	16+15: Interrupt 15 Handler
0x00000080	GPIO0_0_Handler	16	16+16: GPIO0_0 Handler
0x00000084	GPIO0_1_Handler	17	16+17: GPIO0_1 Handler
0x00000088	GPIO0_2_Handler	18	16+18: GPIO0_2 Handler
0x0000008C	GPIO0_3_Handler	19	16+19: GPIO0_3 Handler
0x00000090	GPIO0_4_Handler	20	16+20: GPIO0_4 Handler
0x00000094	GPIO0_5_Handler	21	16+21: GPIO0_5 Handler
0x00000098	GPIO0_6_Handler	22	16+22: GPIO0_6 Handler
0x0000009C	GPIO0_7_Handler	23	16+23: GPIO0_7 Handler
0x000000A0	GPIO0_8_Handler	24	16+24: GPIO0_8 Handler
0x000000A4	GPIO0_9_Handler	25	16+25: GPIO0_9 Handler
0x000000A8	GPIO0_10_Handler	26	16+26: GPIO0_10 Handler
0x000000AC	GPIO0_11_Handler	27	16+27: GPIO0_11 Handler
0x000000B0	GPIO0_12_Handler	28	16+28: GPIO0_12 Handler
0x000000B4	GPIO0_13_Handler	29	16+29: GPIO0_13 Handler
0x000000B8	GPIO0_14_Handler	30	16+30: GPIO0_14 Handler
0x000000BC	GPIO0_15_Handler	31	16+31: GPIO0_15 Handler
0x000000C0	USER_INT0_Handler	32	16+32: User Interrupt 0 Handler
0x000000C4	USER_INT1_Handler	33	16+33: User Interrupt 1 Handler
0x000000C8	USER_INT2_Handler	34	16+34: User Interrupt 2 Handler
0x000000CC	USER_INT3_Handler	35	16+35: User Interrupt 3 Handler

Address	Interrupt	Number	Description
0x000000D0	USER_INT4_Handler	36	16+36: User Interrupt 4 Handler
0x000000D4	USER_INT5_Handler	37	16+37: User Interrupt 5 Handler
0x000000D8	USER_INT6_Handler	38	16+38: User Interrupt 6 Handler
0x000000DC	USER_INT7_Handler	39	16+39: User Interrupt 7 Handler
0x000000E0	USER_INT8_Handler	40	16+40: User Interrupt 8 Handler
0x000000E4	USER_INT9_Handler	41	16+41: User Interrupt 9 Handler
0x000000E8	USER_INT10_Handler	42	16+42: User Interrupt 10 Handler
0x000000EC	USER_INT11_Handler	43	16+43: User Interrupt 11 Handler
0x000000F0	USER_INT12_Handler	44	16+44: User Interrupt 12 Handler
0x000000F4	USER_INT13_Handler	45	16+45: User Interrupt 13 Handler
0x000000F8	USER_INT14_Handler	46	16+46: User Interrupt 14 Handler
0x000000FC	USER_INT15_Handler	47	16+47: User Interrupt 15 Handler

# 4 通用异步收发器

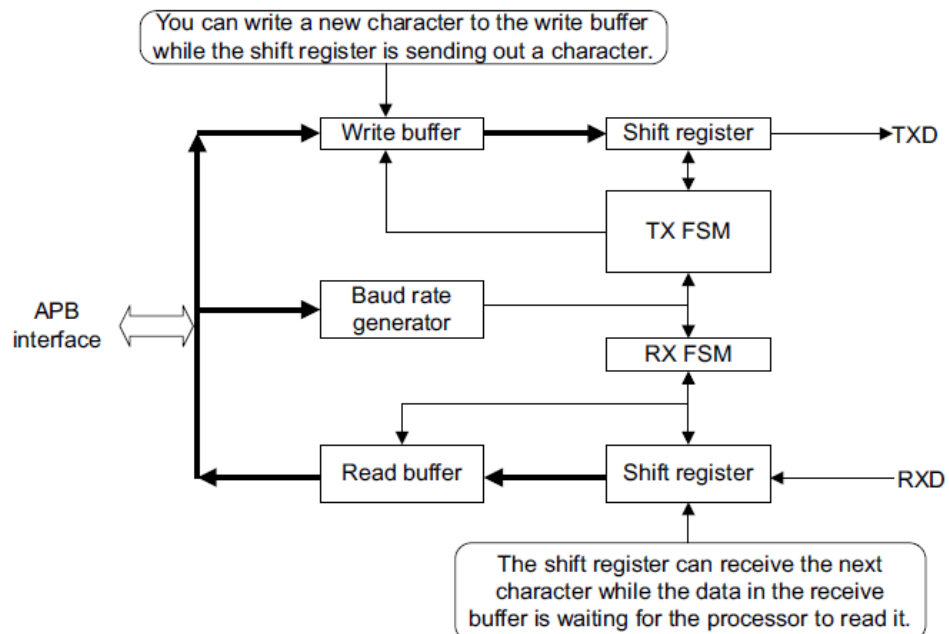
## 4.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 2 个通过 APB 总线访问的通用异步收发器 UART:

- 最大波特率为 921.6Kbit/s
- 无奇偶校验位
- 8 位数据位
- 1 位停止位

UART Buffering 如图 4-1 所示。

图 4-1 UART Buffering



UART 支持高速测试模式 HSTM (High Speed Test Mode), 当寄存器 CTRL[6] 设置为 1 时, 串行数据每个周期传输 1 位, 可以在很短时间内传输



文本信息。

用户在使用 UART 时，必须设置波特率分频寄存器，例如，如果 APB1 总线频率运行在 12MHz，需要波特率为 9600，则可以设置波特率分频寄存器为  $12000000/9600=1250$ 。

## 4.2 寄存器定义

UART 寄存器定义，如表 4-1 所示。

表 4-1 UART 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
DATA	0x000	RW	8	0x--	[7:0] Data Value
STATE	0x004	RW	4	0x0	[3] RX buffer overrun, write 1 to clear [2] TX buffer overrun, write 1 to clear [1] RX buffer full, read-only [0] TX buffer full, read-only
CTRL	0x008	RW	7	0x00	[6] High speed test mode for TX only [5] RX overrun interrupt enable [4] TX overrun interrupt enable [3] RX interrupt enable [2] TX interrupt enable [1] RX enable [0] TX enable
INTSTATUS/ INTCLEAR	0x00C	RW	4	0x0	[3] RX overrun interrupt, write 1 to clear [2] TX overrun interrupt, write 1 to clear [1] RX interrupt, write 1 to clear [0] TX interrupt, write 1 to clear
BAUDDIV	0x010	RW	20	0x00000	[19:0] Baud rate divider, the minimum number is 16

## 4.3 初始化定义

UART 初始化定义，如表 4-2 所示。

表 4-2 UART 初始化定义

名称	类型	数值	描述
UART_BaudRate	uint32_t	Max 921.6Kbit/s	Baud rate
UART_Mode	UARTMode_TypeDef	ENABLE/DISABLE	Enable/Disable TX/RX mode
UART_Int	UARTInt_TypeDef	ENABLE/DISABLE	Enable/Disable TX/RX interrupt
UART_Ovr	UARTOvr_TypeDef	ENABLE/DISABLE	Enable/Disable TX/RX overrun interrupt
UART_Hstm	FunctionalState	ENABLE/DISABLE	Enable/Disable TX hisgh speed test mode

## 4.4 驱动程序使用方法

UART 驱动程序使用方法，如表 4-3 所示。

表 4-3 UART 驱动程序使用方法

名称	描述
UART_Init	Initializes UARTx
UART_GetRxBufferFull	Returns UARTx RX buffer full status
UART_GetTxBufferFull	Returns UARTx TX buffer full status
UART_GetRxBufferOverrunStatus	Returns UARTx RX buffer overrun status
UART_GetTxBufferOverrunStatus	Returns UARTx TX buffer overrun status
UART_ClearRxBufferOverrunStatus	Clears Rx buffer overrun status
UART_ClearTxBufferOverrunStatus	Clears Tx buffer overrun status
UART_SendChar	Sends a character to UARTx TX buffer
UART_SendString	Sends a string to UARTx TX buffer
UART_ReceiveChar	Receives a character from UARTx RX buffer
UART_GetBaudDivider	Returns UARTx baud rate divider value
UART_GetTxIRQStatus	Returns UARTx TX interrupt status
UART_GetRxIRQStatus	Returns UARTx RX interrupt status
UART_ClearTxIRQ	Clears UARTx TX interrupt status
UART_ClearRxIRQ	Clears UARTx RX interrupt status
UART_GetTxOverrunIRQStatus	Returns UARTx TX overrun interrupt status
UART_GetRxOverrunIRQStatus	Returns UARTx RX overrun interrupt status
UART_ClearTxOverrunIRQ	Clears UARTx TX overrun interrupt request
UART_ClearRxOverrunIRQ	Clears UARTx RX overrun interrupt request

名称	描述
UART_SetHSTM	Sets UARTx TX high speed test mode
UART_ClrHSTM	Clears UARTx TX high speed test mode

## 4.5 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本) 软件环境的 UART 参考设计, 通过链接获取如下参考设计:

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app



## 5.2 寄存器定义

Timer 寄存器定义，如表 5-1 所示。

表 5-1 Timer 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
CTRL	0x000	RW	4	0x0	[3] Timer interrupt enable [2] Select external input as clock [1] Select external input as enable [0] Enable
VALUE	0x004	RW	32	0x000 00000	[31:0] Current value
RELOAD	0x008	RW	32	0x000 00000	[31:0] Reload value, writing to this register sets the current value
INTSTATUS /INTCLEAR	0x00C	RW	1	0x0	[0] Timer interrupt, write 1 to clear

## 5.3 初始化定义

Timer 初始化定义，如表 5-2 所示。

表 5-2 Timer 初始化定义

名称	类型	数值	描述
Reload	uint32_t	-	Reload value
TIMER_Int	TIMERInt_TypeDef	SET/RESET	Enable/Disable interrupt
TIMER_Exti	TIMERExti_TypeDef	-	External input as enable or clock

## 5.4 驱动程序使用方法

Timer 驱动程序使用方法，如表 5-3 所示。

表 5-3 Timer 驱动程序使用方法

名称	描述
TIMER_Init	Initializes TIMERx
TIMER_StartTimer	Starts TIMERx
TIMER_StopTimer	Stops TIMERx
TIMER_GetIRQStatus	Returns TIMERx interrupt status
TIMER_ClearIRQ	Clears TIMERx interrupt status
TIMER_GetReload	Returns TIMERx reload value
TIMER_SetReload	Sets TIMERx reload value
TIMER_GetValue	Returns TIMERx current value
TIMER_SetValue	Sets TIMERx current value

名称	描述
TIMER_EnableIRQ	Enable TIMERx interrupt request
TIMER_DisableIRQ	Disable TIMERx interrupt request

## 5.5 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本) 软件环境的 Timer 参考设计, 通过链接获取如下参考设计:

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 6 看门狗

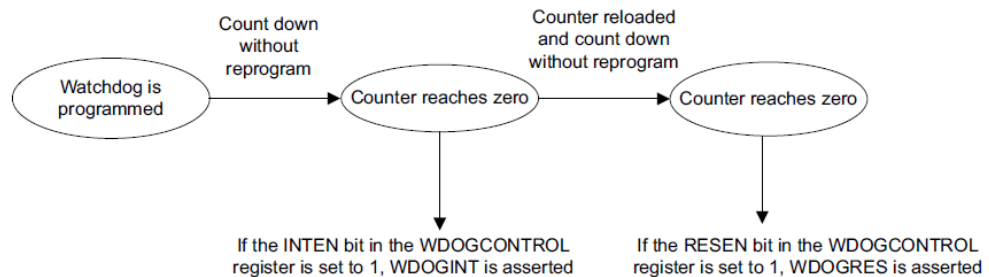
## 6.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 1 个通过 APB 总线访问的看门狗 WatchDog:

- 基于由 LOAD 寄存器初始化的 32 位逐减计数器;
- 产生中断请求;
- 当时钟使能, 由 WDOGCLK 信号上升沿触发计数器递减;
- 监视中断, 当计数器递减到 0 时, 产生复位请求, 计数器停止;
- 响应软件崩溃引起的复位, 提供软件恢复方法。

WatchDog 操作如图 6-1 所示。

图 6-1 WatchDog Operation



## 6.2 寄存器定义

WatchDog 寄存器定义, 如表 6-1 所示。

表 6-1 WatchDog 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
LOAD	0x00	RW	32	0xFFFF FFFF	The value from which the counter is to decrement
VALUE	0x04	RO	32	0xFFFF FFFF	The current value of the decrementing counter
CTRL	0x08	RW	2	0x0	[1] Enable reset output [0] Enable the interrupt

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
INTCLR	0x0C	WO	-	-	Clear the watchdog interrupt and reloads the counter
RIS	0x10	RO	1	0x0	Raw interrupt status from the counter
MIS	0x14	RO	1	0x0	Enable interrupt status from the counter
RESERVED	0xC00-0x014	-	-	-	Reserved
LOCK	0xC00	RW	32	0x00000000	[32:1] Enable register writes [0] Register write enable status
RESERVED	0xF00-0xC00	-	-	-	Reserved
ITCR	0xF00	RW	1	0x0	Integration test mode enable
ITOP	0xF04	WO	2	0x0	[1] Integration test WDOGRES value [0] Integration test WDOGINT value

## 6.3 初始化定义

WatchDog 初始化定义，如表 6-2 所示。

表 6-2 WatchDog 初始化定义

名称	类型	数值	描述
WDOG_Reload	uint32_t	-	Reload value
WDOG_Lock	WDOGLock_TypeDef	SET/RESET	Enable/Disable lock register write access
WDOG_Res	WDOGRes_TypeDef	SET/RESET	Enable/Disable reset flag
WDOG_Int	WDOGInt_TypeDef	SET/RESET	Enable/Disable interrupt flag
WDOG_ITMode	WDOGMode_Typedef	SET/RESET	Enable/Disable integration test mode flag

## 6.4 驱动程序使用方法

WatchDog 驱动程序使用方法，如表 6-3 所示。

表 6-3 WatchDog 驱动程序使用方法

名称	描述
WDOG_Init	Initializes WatchDog
WDOG_RestartCounter	Restart watchdog counter
WDOG_GetCounterValue	Returns counter value
WDOG_SetResetEnable	Sets reset enable
WDOG_GetResStatus	Returns reset status
WDOG_SetIntEnable	Sets interrupt enable



名称	描述
WDOG_GetIntStatus	Returns interrupt enable
WDOG_ClrIntEnable	Clears interrupt enable
WDOG_GetRawIntStatus	Returns raw interrupt status
WDOG_GetMaskIntStatus	Returns masked interrupt status
WDOG_LockWriteAccess	Disable write access all registers
WDOG_UnlockWriteAccess	Enable write access all registers
WDOG_SetITModeEnable	Sets integration test mode enable
WDOG_ClrITModeEnable	Clears integration test mode enable
WDOG_GetITModeStatus	Returns integration test mode status
WDOG_SetITOP	Sets integration test output reset or interrupt
WDOG_GetITOPResStatus	Returns integration test output reset status
WDOG_GetITOPIntStatus	Returns integration test output interrupt status
WDOG_ClrITOP	Clears integration test output reset or interrupt

## 6.5 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本) 软件环境的 WatchDog 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 7 通用输入输出

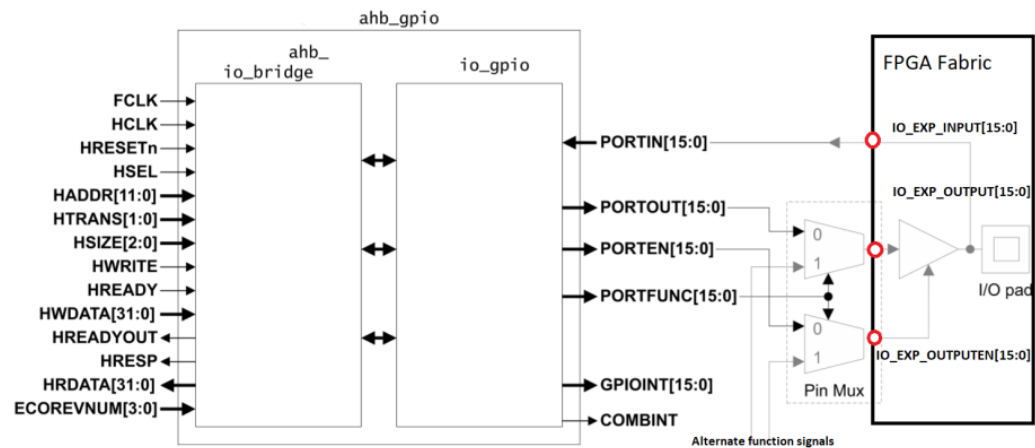
## 7.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 1 个通过 AHB 总线访问的 16 位输入输出接口的 GPIO 模块:

- 与 FPGA Fabric 连接
- 支持位掩码
- 管脚复用功能

GPIO 结构如图 7-1 所示。

图 7-1 GPIO Block



## 7.2 寄存器定义

GPIO 寄存器定义，如表 7-1 所示。

表 7-1 GPIO 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
DATA	0x0000	RW	16	0x----	[15:0] Data value Read Sampled at pin Write to data output register Read back value goes through double flip-flop

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					synchronization logic with delay of two cycles.
DATAOUT	0x0004	RW	16	0x0000	[15:0] Data output register value Read current value of data output register write to data output register.
RESERVED	0x0008-0x000C	-	-	-	Reserved
OUTENSET	0x0010	RW	16	0x0000	[15:0] Output enable set Write 1 to set the output enable bit Write 0 no effect Read back 0 indicates the signal direction as input. 1 indicates the signal direction as output.
OUTENCLR	0x0014	RW	16	0x0000	[15:0] Output enable clear Write 1 to clear the output enable bit Write 0 no effect Read back 0 indicates the signal direction as input. 1 indicates the signal direction as output.
ALTFUNCSET	0x0018	RW	16	0x0000	[15:0] Alternative function set Write 1 to set the ALTFUNC bit Write 0 no effect Read back 0 for I/O 1 for an alternate function
ALTFUNCCLR	0x001C	RW	16	0x0000	[15:0] Alternative function clear Write 1 to clear the ALTFUNC bit Write 0 no effect Read back 0 for I/O 1 for an alternate function
INTENSET	0x0020	RW	16	0x0000	[15:0] Interrupt enable set Write 1 to set the enable bit Write 0 no effect Read back 0 indicates interrupt disabled 1 indicates interrupt enabled.
INTENCLR	0x0024	RW	16	0x0000	[15:0] Interrupt enable clear Write 1 to clear the enable bit Write 0 no effect Read back 0 indicates interrupt disabled

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					1 indicates interrupt enabled.
INTTYPES ET	0x0028	RW	16	0x0000	[15:0] Interrupt type set Write 1 to set the interrupt type bit Write 0 no effect Read back 0 for LOW/HIGH level 1 for falling edge or rising edge
INTTYPEC LR	0x002C	RW	16	0x0000	[15:0] Interrupt type clear Write 1 to clear the interrupt type bit Write 0 no effect Read back 0 for LOW/HIGH level 1 for falling edge or rising edge
INTPOLSE T	0x0030	RW	16	0x0000	[15:0] Polarity-level, edge IRQ config Write 1 to set the interrupt polarity bit Write 0 no effect Read back 0 for LOW level or falling edge 1 for HIGH level or rising edge
INTPOLCL R	0x0034	RW	16	0x0000	[15:0] Polarity-level, edge IRQ config Write 1 to clear the interrupt polarity bit Write 0 no effect Read back 0 for LOW level or falling edge 1 for HIGH level or rising edge
INTSTATU S /INTCLEA R	0x0038	RW	16	0x0000	[15:0] Write IRQ status clear register Write 1 to clear interrupt request Write 0 no effect Read back IRQ status register
MASKLO WBYTE	0x0400 -0x07FC	RW	16	0x----	Lower 8-bits masked access [9:2] of the address value are used as enable bit mask for the access [15:8] not used [7:0] Data for lower byte access, with [9:2] of address value used as enable mask for each bit
MASKHIG HBYTE	0x0800 -0x0BFC	RW	16	0x----	Higher 8-bits masked access [9:2] of the address value are used as enable bit mask for the

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					access [15:8] Data for higher byte access, with [9:2] of address value used as enable mask for each bit [7:0] not used
RESERVED	0x0C00-0x0FCF	-	-	-	Reserved

## 7.3 初始化定义

GPIO 初始化定义，如表 7-2 所示。

表 7-2 GPIO 初始化定义

名称	类型	数值	描述
GPIO_Pin	uint32_t	GPIO_Pin_0 GPIO_Pin_1 GPIO_Pin_2 GPIO_Pin_3 GPIO_Pin_4 GPIO_Pin_5 GPIO_Pin_6 GPIO_Pin_7 GPIO_Pin_8 GPIO_Pin_9 GPIO_Pin_10 GPIO_Pin_11 GPIO_Pin_12 GPIO_Pin_13 GPIO_Pin_14 GPIO_Pin_15	16 bits GPIO Pins
GPIO_Mode	GPIO_Mode_TypeDef	GPIO_Mode_IN GPIO_Mode_OUT GPIO_Mode_AF	16 bits GPIO Pins mode
GPIO_Int	GPIO_Int_TypeDef	GPIO_Int_Disable GPIO_Int_Low_Level GPIO_Int_High_Level GPIO_Int_Falling_Edge GPIO_Int_Rising_Edge	16 bits GPIO Pins interrupt

## 7.4 驱动程序使用方法

GPIO 驱动程序使用方法，如表 7-3 所示。

表 7-3 GPIO 驱动程序使用方法

名称	描述
GPIO_Init	Initializes GPIOx
GPIO_SetOutEnable	Sets GPIOx output enable
GPIO_ClrOutEnable	Clears GPIOx output enable
GPIO_GetOutEnable	Returns GPIOx output enable
GPIO_SetBit	GPIO output one
GPIO_ResetBit	GPIO output zero
GPIO_WriteBits	GPIO output
GPIO_ReadBits	GPIO input
GPIO_SetAltFunc	Sets GPIOx alternate function enable
GPIO_ClrAltFunc	Clears GPIOx alternate function enable
GPIO_GetAltFunc	Returns GPIOx alternate function enable
GPIO_IntClear	Clears GPIOx interrupt request
GPIO_GetIntStatus	Returns GPIOx interrupt status
GPIO_SetIntEnable	Sets GPIOx interrupt enable Returns GPIOx interrupt status
GPIO_ClrIntEnable	Clears GPIOx interrupt enable Returns GPIOx interrupt enable
GPIO_SetIntHighLevel	Setups GPIOx interrupt as high level
GPIO_SetIntRisingEdge	Setups GPIOx interrupt as rising edge
GPIO_SetIntLowLevel	Setups GPIOx interrupt as low level
GPIO_SetIntFallingEdge	Setups GPIOx interrupt as falling edge
GPIO_MaskedWrite	Setups GPIOx output value using masked access

## 7.5 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 GPIO 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 8 内部集成电路总线

## 8.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含一个通过 APB 总线访问的内部集成电路总线 I2C Master 模块:

- APB 总线接口
- 符合业界标准的 I2C 总线协议
- 总线仲裁及仲裁丢失检测
- 总线忙状态检测
- 产生中断标志
- 产生起始、终止、重复起始和应答信息
- 支持起始、终止和重复起始检测
- 支持 7 位寻址模式

## 8.2 寄存器定义

I2C Master 寄存器定义, 如表 8-1 所示。

表 8-1 I2C Master 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
PRER	0x00	RW	32	0x000 0FFFF	Clock prescale register [31:15] Reserved [15:0] Prescale value = sys_clk/(5*SCL)-1
CTR	0x04	RW	32	0x000 00000	[31:8] Reserved [7] Enable I2C function [6] Enable I2C interrupt [5:0] Reserved
TXR	0x08	WO	32	0x000 00000	[31:8] Reserved [7:1] Next transmission data [0] Data direction

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
RXR	0x0C	RO	32	0x000 00000	[31:8] Reserved [7:0] Last received data
CR	0x010	WO	32	0x000 00000	[31:8] Reserved [7] STA, Start transmission status [6] STO, Over transmission status [5] RD, Read enable, read data from slave [4] WR, Write enable, write data to slave [3] Acknowledge [2:1] Reserved [0] Interrupt acknowledge
SR	0x14	RO	32	0x000 00000	[31:8] Reserved [7] Receive acknowledge signal from slave [6] I2C busy status [5] Arbitration loss [4:2] Reserved [1] Data transmission status flag [0] Interrupt flag

## 8.3 驱动程序使用方法

I2C Master 驱动程序使用方法，如表 8-2 所示。

表 8-2 I2C 驱动程序使用方法

名称	描述
I2C_Init	I2C Initialization
I2C_SendByte	Send a byte to I2C bus
I2C_SendBytes	Send multiple bytes to I2C bus
I2C_SendData	Send multiple bytes to I2C bus once time
I2C_ReceiveByte	Read a byte from I2C bus
I2C_ReadBytes	Read multiple bytes from I2C bus
I2C_ReceiveData	Read multiple bytes from I2C bus once time
I2C_Rate_Set	Set I2C traffic rate
I2C_Enable	Enable I2C bus
I2C_UnEnable	Disable I2C bus
I2C_InterruptOpen	Open I2C interrupt
I2C_InterruptClose	Close I2C interrupt



## 8.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 I2C Master 参考设计, 通过链接获取如下参考设计:

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 9 串行外设接口

## 9.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3，包含一个通过 APB 总线访问的串行外设接口 SPI Master 模块：

- APB 总线接口
- 全双工同步串行数据传输
- 支持 Master 工作模式
- 支持可配置的时钟极性和相位
- SPI 产生的串行时钟频率可配置
- 数据接收寄存器和数据发送寄存器 8 位宽

## 9.2 寄存器定义

SPI Master 寄存器定义，如表 9-1 所示。

表 9-1 SPI Master 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
RDATA	0x00	RO	32	0x000 00000	Read data register [31:8] Reserved [7:0] Read data
WDATA	0x04	WO	32	0x000 00000	Write data register [31:8] Reserved [7:0] Write data
STATUS	0x08	RW	32	0x000 00000	[31:8] Reserved [7] Overflow error status [6] Receive ready status [5] Transmit ready status [4] Be transmitting [3] Transmit overrun error status [2] Receive overrun error status [1:0] Reserved

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
SSMASK	0x0C	RW	32	0x000 00000	[31:1] Reserved [0] Select and enable slave
CTRL	0x10	RW	32	0x000 00000	[31:5] Reserved [4:3] Clock selected, CLK_I / 2/4/6/8 [2] Clock polarity [1] Clock phase [0] Direction, 1 is MSB first

## 9.3 初始化定义

SPI Master 初始化定义，如表 9-2 所示。

表 9-2 SPI Master 初始化定义

名称	类型	数值	描述
DIRECTION	uint8_t	1/0	MSB/LSB first transmission 0: MSB first; 1: MSB first.
PHASE	uint8_t	1/0	Posedge/Negedge transmit data 0: Sample at posedge edge; 1: Sample at negedge edge.
POLARITY	uint8_t	1/0	Initialize ploarity to one/zero 0: Idle sclk low; 1: Idle sclk high.
CLKSEL	uint8_t	CLKSEL_CLK_DIV_2 CLKSEL_CLK_DIV_4 CLKSEL_CLK_DIV_6 CLKSEL_CLK_DIV_8	Select clock divided 2/4/6/8

## 9.4 驱动程序使用方法

SPI Master 驱动程序使用方法，如表 9-3 所示。

表 9-3 SPI Master 驱动程序使用方法

名称	描述
SPI_Init	Initializes SPI
SPI_SetDirection	Sets direction
SPI_ClrDirection	Clears direction
SPI_GetDirection	Returns direction
SPI_SetPhase	Sets phase
SPI_ClrPhase	Clears phase
SPI_GetPhase	Returns phase
SPI_SetPolarity	Sets polarity
SPI_ClrPolarity	Clears polarity

名称	描述
SPI_GetPolarity	Returns polarity
SPI_SetClkSel	Sets clock selection
SPI_GetClkSel	Returns clock selection
SPI_GetToeStatus	Reads transmit overrun error status
SPI_GetRoeStatus	Reads receive overrun error status
SPI_GetTmtStatus	Reads transmitting status
SPI_GetTrdyStatu	Reads transmit ready status
SPI_GetRrdyStatus	Reads receive ready error status
SPI_GetErrStatus	Reads error status
SPI_ClrToeStatus	Clears transmit overrun error status
SPI_ClrRoeStatus	Clear receive overrun error status
SPI_ClrErrStatus	Clears error status
SPI_ReadWriteByte	Full duplex read and write a byte
SPI_WriteData	Writes data
SPI_ReadData	Reads data
SPI_Select_Slave	Select slave

## 9.5 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本) 软件环境的 SPI Master 参考设计, 通过链接获取如下参考设计:

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 10 实时时钟

## 10.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 1 个通过 APB 总线访问的 32 位实时时钟 RTC 模块:

- APB 总线接口
- 32-bit 计数器
- 32-bit Match 寄存器
- 32-bit 比较器

MCU 通过 APB 总线接口与 RTC 读写数据、控制和状态信息。在连续输入时钟 CLK1HZ (端口 RTCSRCCLK 接入 3.072MHz 时钟输入, RTC 内部频率为 1Hz。)上升沿时, 32-bit 计数器递增。

此计数器是不同步计数器, 不可重载。在系统复位时, 此计数器从 1 开始计数, 递增到最大值 0xFFFFFFFF, 然后回绕到 0 开始继续递增。

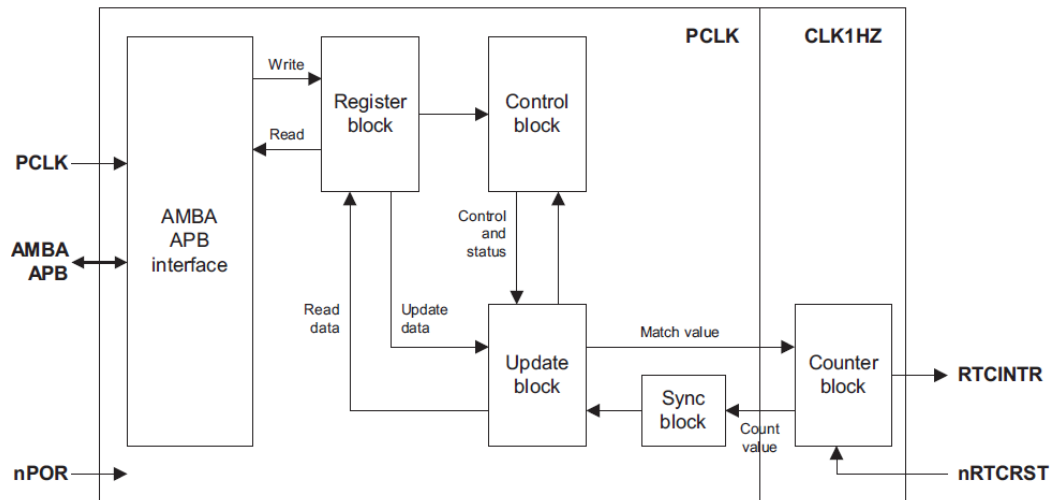
通过写 Load 寄存器 RTC\_LOAD\_VALUE, 实现 RTC 加载或更新。

通过读 Data 寄存器 RTC\_CURRENT\_DATA, 获取 RTC 当前时钟。

通过写 RTC\_MATCH\_VALUE 寄存器, 编程 Match 寄存器。

RTC 结构如图 10-1 所示。

图 10-1 RTC Block



## 10.2 寄存器定义

RTC 寄存器定义，如表 10-1 所示。

表 10-1 RTC 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
RTC_CURR ENT_DATA	0x000	RO	32	0x000 00000	Data Register [31:0] Current value
RTC_MATC H_VALUE	0x004	RW	32	0x000 00000	Match Register If current value equals match register's value, generate interrupt. [31:0] Match data
RTC_LOAD _VALUE	0x008	RW	32	0x000 00000	Load Register Initialized value, start counter based on this value [31:0] Load data
RTC_CTRO LLER_REG	0x00C	RW	32	0x000 00000	Control Register Start RTC counter [31:1] Reserved [0] Start RTC counter
RTC_IMSC	0x010	RW	32	0x000 00000	Interrupt mask set and clear register Enable or disable interrupt [31:1] Reserved [0] Enable interrupt
RTC_RIS	0x014	RO	32	0x000 00000	Raw interrupt status register Get current raw unmasked interrupt status [31:1] Reserved [0] Current raw unmasked interrupt status
RTC_MIS	0x018	RO	32	0x000	Masked interrupt status register

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
				00000	Get current masked interrupt status [31:1] Reserved [0] Current masked interrupt status
RTC_INTR_CLEAR	0x01C	WO	32	0x000 00000	Interrupt clear register Clear current interrupt [31:1] Reserved [0] Clear current interrupt

## 10.3 驱动程序使用方法

RTC 驱动程序使用方法，如表 10-2 所示。

表 10-2 RTC 驱动程序使用方法

名称	描述
RTC_init	Initialize RTC
Get_Current_Value	Get RTC current value of data register
Set_Match_Value	Set RTC match value of match register
Get_Match_Value	Get RTC match value of match register
Set_Load_Value	Set RTC load value of load register
Get_Load_Value	Get RTC load value of load register
Start_RTC	Start RTC counter
Close_RTC	Close RTC counter
RTC_Inter_Mask_Set	Set RTC interrupt mask
Get_RTC_Control_value	Get value of control register
RTC_Inter_Mask_Clr	Clear RTC interrupt mask
Get_RTC_Inter_Mask_value	Get RTC interrupt mask
Clear_RTC_interrupt	Clear RTC interrupt

## 10.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 RTC 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 11 以太网

## 11.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 1 个通过 AHB 总线访问的以太网 Ethernet 模块:

- AHB 总线接口
- 实现 IEEE802.3 协议中对 Ethernet MAC 层的功能描述
- 支持 RGMII/GMII/MII 接口
- 支持 10/100/1000M 速率
- 支持全双工和半双工模式, 半双工模式下支持冲突检测
- 支持用户可选是否自动添加和校验 CRC
- 支持自动添加 pad 功能
- 支持以太网帧分类统计
- 支持以太网帧错误统计
- 支持 IFG 可配置功能
- 支持 Jumbo 模式
- 支持全双工模式下的 Flow Control
- 支持 Management 接口 mdc、mdio



## 11.2 寄存器定义

Ethernet 寄存器定义，如表 12-1 所示。

表 12-1 Ethernet 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
ETH_TX_DATA	0x000-0x5FF	WO	32	0x00000000	Transmit data registers
ETH_RX_DATA	0x000-0x5FFF	RO	32	0x00000000	Receive data registers
ETH_TX_LENGTH	0x600	RW	32	0x00000000	Transmit data length [31:11] Reserved [10:0] TX data length
ETH_TX_EN	0x604	RW	32	0x00000000	Transmit enable [31:1] Reserved [0] Enable TX
ETH_TX_FAIL	0x608	RW	32	0x00000000	Transmit failed status [31:3] Reserved [2] TX late [1] TX excessive [0] TX failed
ETH_TX_IS	0x60C	RO	32	0x00000000	Transmit interrupt status [31:1] Reserved [0] TX interrupt status
ETH_TX_IC	0x610	WO	32	0x00000000	Transmit interrupt clear [31:1] Reserved [0] Clear TX interrupt
ETH_TX_IE	0x614	RW	32	0x00000000	Transmit interrupt enable [31:1] Reserved [0] Enable TX interrupt
RESERVED_1	0x618-0x67F	-	-	-	Reserved
ETH_RX_LENGTH	0x680	RO	32	0x00000000	Receive data length
ETH_RX_IS	0x684	RO	32	0x00000000	Receive interrupt status [31:1] Reserved [0] RX interrupt status
ETH_RX_IE	0x688	RW	32	0x00000000	Receive interrupt enable [31:1] Reserved [0] Enable RX interrupt
ETH_RX_IC	0x68C	WO	32	0x00000000	Receive interrupt clear [31:1] Reserved [0] Clear RX interrupt
RESERVED_2	0x690-0x6FFF	-	-	-	Reserved
MIIM_OP_MODE	0x700	RW	32	0x000	MIIM operation mode

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
DE				00000	[31:1] Reserved [0] MIIM operation mode
MIIM_PHY_ADDR	0x704	RW	32	0x00000000	MIIM PHY address [31:5] Reserved [4:0] MIIM PHY address
MIIM_REG_ADDR	0x708	RW	32	0x00000000	MIIM reg address [31:5] Reserved [4:0] MIIM reg address
MIIM_WR_DATA	0x70C	RW	32	0x00000000	MIIM write data [31:16] Reserved [15:0] MIIM write data
MIIM_RD_DATA	0x710	RO	32	0x00000000	MIIM read data [31:16] Reserved [15:0] MIIM read data
MIIM_IS	0x714	RO	32	0x00000000	MIIM interrupt status [31:2] Reserved [1] MIIM operation end [0] MIIM read data valid
MIIM_IE	0x718	RW	32	0x00000000	MIIM interrupt enable [31:2] Reserved [1] MIIM operation end [0] MIIM read data valid
MIIM_IC	0x71C	WO	32	0x00000000	MIIM interrupt clear [31:2] Reserved [1] MIIM operation end [0] MIIM read data valid
MIIM_OP_EN	0x720	RW	32	0x00000000	MIIM operation enable [31:1] Reserved [0] Enable MIIM operation
ETH_MODE	0x724	RW	32	0x00000000	Ethernet operation mode [31:3] Reserved [2:0] duplex mode and speed 000 = full duplex 100M 001 = full duplex 1000M 010 = full duplex 10M 100 = half duplex 100M 110 = half duplex 10M

## 11.3 驱动程序使用方法

Ethernet 驱动程序使用方法，如表 12-2 所示。

表 12-2 Ethernet 驱动程序使用方法

名称	描述
eth_init	Initialize Ethernet
tx_int_event	TX interrupt
rx_int_event	RX interrupt
eth_tx	Ethernet TX
eth_set_mode	Set Ethernet duplex mode and speed
miim_wr_int_event	MIIM interface transmits interrupt
miim_rd_int_event	MIIM interface receives interrupt
miim_write	MIIM interface transmits data
miim_receive	MIIM interface receives data

## 11.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 Ethernet 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 12 DDR3 Memory

## 12.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 1 个通过 AHB 总线访问的 DDR3 Memory 模块:

- AHB 总线接口
- 能与工业标准的 DDR3 SDRAM 器件和具有 JESD79-3F 规范兼容的模块接口
- 支持存储器数据路径宽度为 16 位
- 支持 UDIMM 内存模块
- 支持 x8 数据宽度的内存芯片
- 可编程突发长度 4
- 支持时钟比例 1:2 模式

## 12.2 寄存器定义

DDR3 寄存器定义, 如表 13-1 所示。

表 13-1 DDR3 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
RESERVED	0x0000	-	-	-	Reserved
WR_ADDR	0x0004	RW	32	0x0	Write address register
WR_DATA	0x0008-0x0014	WO	128	0x0	Write data register
RD_ADDR	0x0018	RW	32	0x0	Read address register
RD_EN	0x001c	RW	32	0x0	Read enable register [31:1] Reserved [0] Read enable 1 = Enable 0 = Disable
RD_DATA	0x0020-0x002c	RO	128	0x0	Read data register
INIT	0x0030	RW	32	0x0	Initialized completely flag register

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					[31:1] Reserved [0] Initialized completely flag
WR_EN	0x0034	RW	32	0x0	Write enable and ending flag register [31:1] Reserved [0] Write enable and ending flag 1 = enable 0 = ending

## 12.3 驱动程序使用方法

DDR3 驱动程序使用方法，如表 13-2 所示。

表 13-2 DDR3 驱动程序使用方法

名称	描述
DDR3_Init	Initialize DDR3
DDR3_Read	Read data from DDR3
DDR3_Write	Write data into DDR3

## 12.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 DDR3 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 13 SPI-Flash

## 13.1 特征

Gowin\_EMPU\_M3, 包含 1 个通过 AHB 总线访问的 SPI-Flash 模块:

- SPI-Flash 下载功能为 AHB 总线接口
- SPI-Flash Memory 读、写和擦除功能为 APB 总线接口
- 默认高云开发板板载 Winbond W25Q64

## 13.2 寄存器定义

SPI-Flash 寄存器定义, 如表 14-1 所示。

表 14-1 SPI-Flash 寄存器定义

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
IDREV	0x00	RO	32	0x020 02000	ID and revision register [31:8] ID number [7:4] Major revision number [3:0] Minor revision number
RESERVED0[3]	0x04-0x0C	-	-	-	Reserved
TRANSFMT	0x10	RW	32	0x000 20780	SPI transfer format register [31:18] Reserved [17:16] Address length in bytes 00 = 1 byte 01 = 2 bytes 10 = 3 bytes 11 = 4 bytes [15:13] Reserved [12:8] Data length [7] Enable data merge mode [6:5] Reserved [4] Bi-directional MOSI in single mode 0 = MOSI is uni-directional signal 1 = MOSI is bi-directional signal

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					[3] Transfer data with the least significant bit first 0 = Most significant bit first 1 = Least significant bit first [2] SPI master/slave mode selection 0 = Master mode 1 = Slave mode [1] SPI clock polarity 0 = SCLK is LOW in the idle states 1 = SCLK is HIGH in the idle states [0] SPI clock phase 0 = Sampling data at odd SCLK edges 1 = Sampling data at even SCLK edges
DIRECTIO	0x14	RW	32	0x0	SPI direct IO control register [31:25] Reserved [24] Enable direct IO 0 = Disable 1 = Enable [23:22] Reserved [21] Output enable for SPI-Flash hold signal [20] Output enable for SPI-Flash write protect signal [19] Output enable for the SPI MISO signal [18] Output enable for the SPI MOSI signal [17] Output enable for SPI SCLK signal [16] Output enable for SPI CS signal [15:14] Reserved [13] Output value for SPI-Flash hold signal [12] Output value for SPI-Flash write protect signal [11] Output value for SPI MISO signal [10] Output value for SPI MOSI signal [9] Output value for SPI SCLK signal [8] Output value for SPI CS signal [7:6] Reserved

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					[5] Status of SPI-Flash hold signal [4] Status of SPI-Flash write protect signal [3] Status of SPI MISO signal [2] Status of SPI MOSI signal [1] Status of SPI SCLK signal [0] Status of SPI CS signal
RESERVE D1[2]	0x18-0x1C	-	-	-	Reserved
TRANSCT RL	0x20	RW	32	0x0	SPI transfer control register [31] Reserved [30] SPI command phase enable 0 = Disable the command phase 1 = Enable the command phase (Master mode only) [29] SPI address phase enable 0 = Disable the address phase 1 = Enable the address phase (Master mode only) [28] SPI address phase format 0 = Address phase is single mode 1 = The format of the address phase is the same as the DualQuad data phase (Master mode only) [27:24] Transfer mode 0000 = Write and read at the same time 0001 = Write only 0010 = Read only 0011 = Write, Read 0100 = Read, Write 0101 = Write, Dummy, Read 0110 = Read, Dummy, Write 0111 = None data 1000 = Dummy, Write 1001 = Dummy, Read 1010~1111 = Reserved [23:22] SPI data phase format 00 = Single mode 01 = Dual I/O mode 10 = Quad I/O mode 11 = Reserved [21] Append and one-byte special token following the address phase for SPI read transfers [20:12] Transfer count for write



寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					data [11] The value of the one-byte special token following the address phase for SPI read transfers 0 = token value is 0x00 1 = token value is 0x69 [10:9] Dummy data count [8:0] Transfer count for read data
CMD	0x24	RW	32	0x0	SPI command register [31:8] Reserved [7:0] SPI command
ADDR	0x28	RW	32	0x0	SPI address register [31:0] SPI address (Master mode only)
DATA	0x2C	RW	32	0x0	SPI data register [31:0] Data to transmit or the received data
CTRL	0x30	RW	32	0x0	SPI controller register [31:21] Reserved [20:16] Transmit FIFO threshold [15:13] Reserved [12:8] Receive FIFO threshold [7:5] Reserved [4] TX DMA enable [3] RX DMA enable [2] Transmit FIFO reset [1] Receive FIFO reset [0] SPI reset
STATUS	0x34	RO	32	0x0	SPI status register [31:24] Reserved [23] Transmit FIFO full flag [22] Transmit FIFO empty flag [21] Reserved [20:16] Number of valid entries in the transmit FIFO [15] Receive FIFO full flag [14] Receive FIFO empty flag [13] Reserved [12:8] Number of valid entries in the receive FIFO [7:1] Reserved [0] SPI register programming is in progress
INTREN	0x38	RW	32	0x0	SPI interrupt enable register [31:6] Reserved

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					[5] Enable the slave command interrupt [4] Enable the end of SPI transfer interrupt [3] Enable the SPI transmit FIFO threshold interrupt [2] Enable the SPI receive FIFO threshold interrupt [1] Enable SPI transmit FIFO underrun interrupt (Slave mode only) [0] Enable SPI receive FIFO overrun interrupt (Slave mode only)
INTRST	0x3C	WO	32	0x0	SPI interrupt status register [31:6] Reserved [5] Slave command interrupt (Slave mode only) [4] End of SPI transfer interrupt [3] TX FIFO threshold interrupt [2] RX FIFO threshold interrupt [1] TX FIFO underrun interrupt (Slave mode only) [0] RX FIFO overrun interrupt (Slave mode only)
TIMING	0x40	RW	32	0x0	SPI interface timing register [31:14] Reserved [13:12] The minimum time between the edges of SPI CS and the edges of SCLK [11:8] The minimum time the SPI CS should stay HIGH [7:0] The clock frequency ratio between the clock source and SPI interface SCLK
RESERVE D2[3]	0x44-0x4c	-	-	-	Reserved
MEMCTRL	0x50	RW	32	0x0	SPI memory access control register [31:9] Reserved [8] This bit is set when "MEMCTRL" / "TIMING" is written [7:4] Reserved [3:0] Selects the SPI command
RESERVE D3[3]	0x54-0x5c	-	-	-	Reserved
SLVST	0x60	RW	32	0x0	SPI slave status register [31:19] Reserved

寄存器名称	地址偏移	类型	宽度	初始值	描述
					[18] Data underrun occurs in the last transaction [17] Data overrun occurs in the last transaction [16] SPI is ready for data transaction [15:0] User defined status flags
SLVDATA CNT	0x64	RO	32	0x0	SPI slave data count register [31:25] Reserved [24:16] Slave transmitted data count [15:9] Reserved [8:0] Slave received data count
RESERVE D4[5]	0x68-0x78	-	-	-	Reserved
CONFIG	0x7C	RO	32	0x0	Configuration register [31:15] Reserved [14] Support for SPI slave mode [13] Reserved [12] Support for memory-mapped access through AHB bus [11] Support for direct SPI IO [10] Reserved [9] Support for Quad I/O SPI [9] Support for Dual I/O SPI [7:6] Reserved [5:4] Depth of TX FIFO 00 = 2 words 01 = 4 words 10 = 8 words 11 = 16 words [3:2] Reserved [1:0] Depth of RX FIFO 00 = 2 words 01 = 4 words 10 = 8 words 11 = 16 words

## 13.3 驱动程序使用方法

SPI-Flash 驱动程序使用方法，如表 14-2 所示。

表 14-2 SPI-Flash 驱动程序使用方法

名称	描述
spi_flash_init	Initialize SPI-Flash
change_mode_spi_flash	Switch SPI-Flash mode between download and read, write, erase memory
spi_flash_read	Read data from SPI-Flash
spi_flash_write	Write data into SPI-Flash
spi_flash_write_read	Write data into SPI-Flash and read data from SPI-Flash once time
spi_flash_page_program	Write data into SPI-Flash with pages
spi_flash_sector_erase	Erase SPI-Flash with sector

## 13.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本) 软件环境的 SPI-Flash 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\peripherals\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_peripherals\_app

# 14 嵌入式实时操作系统

Gowin\_EMPU\_M3, 支持 uC/OS-III 和 FreeRTOS 嵌入式实时操作系统。

## 14.1 uC/OS-III

### 14.1.1 特征

- uC/OS-III 是一个可扩展的, 可固化的, 抢占式的实时内核, 管理的任务个数不受限制;
- uC/OS-III 是第三代内核, 提供了现代实时内核所期望的功能, 包括资源管理、同步、任务间通信等;
- uC/OS-III 提供了很多其它实时内核所没有的特性, 比如能在运行时测量运行性能, 直接发送信号或消息给任务, 任务能同时等待多个信号量和消息队列;
- Gowin\_EMPU\_M3 已成功移植 uC/OS-III 参考设计;
- uC/OS-III 源代码请在 Micrium 官网 <http://www.micrium.com> 下载。

### 14.1.2 操作系统版本

Gowin\_EMPU\_M3 参考设计使用的 uC/OS-III 版本为 V3.03.00。

### 14.1.3 操作系统配置

- 用户可以通过修改 UCOSIII\_CONFIG\os\_cfg.h 和 os\_cfg\_app.h 来配置 uC/OS-III
- 用户可以通过修改 UCOS\_BSP\bsp.c 和 bsp.h 来支持所用开发板

### 14.1.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 uC/OS-III 参考设计, 通过链接获取如下参考设计:

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\ucos\_ii\_app

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_ucos\_iii\_app

## 14.2 FreeRTOS

### 14.2.1 特征

- FreeRTOS 是一个轻量级的实时操作系统；
- FreeRTOS 作为一个轻量级的操作系统，功能包括：任务管理、时间管理、信号量、消息队列、内存管理、记录功能、软件定时器、协程等，可基本满足较小系统的需要；
- FreeRTOS 操作系统是完全免费的操作系统，具有源码公开、可移植、可裁减、调度策略灵活的特点；
- Gowin\_EMPU\_M3 已成功移植 FreeRTOS 参考设计；
- FreeRTOS 源代码请在 FreeRTOS 官网 <http://www.FreeRTOS.org> 下载。

### 14.2.2 操作系统版本

Gowin\_EMPU\_M3 参考设计使用的 FreeRTOS 版本为 V10.2.1。

### 14.2.3 操作系统配置

用户可以通过修改 include\FreeRTOSConfig.h 来配置 FreeRTOS。

### 14.2.4 参考设计

Gowin\_EMPU\_M3 支持 ARM Keil MDK(V5.26 及以上版本)和 GOWIN MCU Designer (V1.1 及以上版本)软件环境的 FreeRTOS 参考设计，通过链接获取如下参考设计：

- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\Keil\_RefDesign\freertos\_app
- Gowin\_EMPU\_M3\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\sm3\_freertos\_app

