

ESP32

系列芯片勘误表 版本 v2.8



ESPRESSIF

目录

目录	i
1 芯片版本标识	1
1.1 芯片版本编号	1
1.2 主要标识方式	1
1.3 其他标识方式	3
1.4 ESP-IDF 支持版本	4
1.5 相关文档	4
2 勘误表	5
3 所有错误描述	6
3.1 [CPU] CPU 频率切换导致系统卡顿	6
3.2 [CPU] CPU 访问不同版本芯片的外设寄存器存在限制	7
3.3 [CPU] CPU 访问 0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF 与 0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF 两段地址空间存在限制	8
3.4 [CPU] CPU 在访问外部 SRAM 时会小概率发生读写错误	9
3.5 [CPU] CPU 使用 cache 访问外部 SRAM 时，特定条件下会发生读写错误	9
3.6 [CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误	10
3.7 [CPU] CPU 访问五个特定地址被中断后，后续 CPU 访问会被拖住	10
3.8 [CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象	11
3.9 [ULP 协处理器] Deep-sleep 模式下如果 RTC_PERIH 电源域上电的话，则无法使用 ULP 协处理器或触摸传感器	12
3.10 [GPIO] 同时有 GPIO 和 RTC_GPIO 功能的 pad 的 GPIO 上拉下拉配置寄存器字段不能使用	13
3.11 [GPIO] 同一组 GPIO 管脚内，边沿中断不能和其他中断一起使用	13
3.12 [GPIO] 当一些 RTC 外设的电源打开时，GPIO36 和 GPIO39 的数字输入会被拉低约 80 ns	14
3.13 [复位] 欠压复位功能无法工作	15
3.14 [复位] 芯片上电或 Deep-sleep 醒来后，会随机发生一次看门狗复位	15
3.15 [复位] 由于 flash 启动的速度慢于芯片读取 flash 的速度，芯片上电或 Deep-sleep 醒来后，会随机发生一次看门狗复位	15
3.16 [时钟] Audio PLL 使用频率有限制	16
3.17 [时钟] 以太网与 Wi-Fi 共用时，ESP32 不能用作 PHY 时钟源	17
3.18 [RTC] 从 Light-sleep 模式唤醒后 RTC 电源域寄存器读取错误	17
3.19 [看门狗] ESP32 芯片特定条件下会出现 live lock 导致中断看门狗错误	17
3.20 [UART] UART fifo_cnt 不能正确表示 FIFO 中有效数据长度	18
3.21 [TWAI 控制器] 仲裁失败后，帧间间隔期间的第 3 bit 上的显性位不会被当做帧起始 (SOF) 信号	19
3.22 [TWAI 控制器] 总线关闭恢复后发送的数据出错	19
3.23 [TWAI 控制器] 当错误界定符的第 8 bit 为显性时，TWAI 控制器不能进入被动错误状态	20
3.24 [TWAI 控制器] 总线关闭恢复期间，错误状态位未被冻结	20
3.25 [TWAI 控制器] 接收到错误的帧可能导致下一次接收到的数据字节无效	21
3.26 [TWAI 控制器] $ el > SJW(N)$ 的负相位误差，将使之后发送的位数据左移	21

3.27	[TWAI 控制器] 处于复位模式或总线关闭恢复状态时的接收错误计数器 (REC) 数值仍会变化	22
3.28	[TWAI 控制器] 若 RX FIFO 溢出超 64 个报文 (含 64), RX FIFO 将不可恢复	22
3.29	[TWAI 控制器] TWAI 在仲裁失败后的帧间间隔期间等待了挂起时间	22
3.30	[TWAI 控制器] 当 TWAI 控制器作为发送器在仲裁段发生填充错误时, 在随后的错误帧或过载帧中发生的错误将不会使 TEC 的数值增加	23
3.31	[TWAI 控制器] CPU 读取中断寄存器信息时可能导致发送中断信号丢失	23
3.32	[LEDC] LEDC 递减渐变, duty 值溢出错误	24
4	修订历史	25
5	相关文档和资源	27
5.1	相关文档	27
5.2	开发者社区	27
5.3	产品	28
5.4	联系我们	28

1 芯片版本标识

乐鑫引入了新的 **vM.X** 编号方案来表示芯片的修订版本。本指南概述了该编号方案的含义，并介绍了芯片版本的其他各类标识。

1.1 芯片版本编号

乐鑫使用 **vM.X** 编码方式表示芯片版本 (Chip Revision)。

M - 主版本号，表示芯片修订的主要版本。该号码变更表示在旧版芯片上使用的软件与新版芯片不兼容，需要升级软件方可使用。

X - 次版本号，表示芯片修订的次要版本。该号码变更表示在旧版芯片上使用的软件与新版芯片兼容，无需升级软件。

vM.X 编码方式将取代旧的编码方式，包括 ECO 编码、V_{xxx} 编码等。

1.2 主要标识方式

eFuse 位

芯片版本使用四个 eFuse 字段编码：

- EFUSE_BLK0_RDATA5[25:24]
- EFUSE_BLK0_RDATA5[20]
- EFUSE_BLK0_RDATA3[15]
- APB_CTRL_DATE[31]

表 1.1: eFuse 版本标示位

	标示位	芯片版本				
		v0.0	v1.0	v1.1	v3.0	v3.1
主版本号	APB_CTRL_DATE[31]	0	0	0	1	1
	EFUSE_BLK0_RDATA5[20]	0	0	0	1	1
	EFUSE_BLK0_RDATA3[15]	0	1	1	1	1
次版本号	EFUSE_BLK0_RDATA5[25]	0	0	0	0	0
	EFUSE_BLK0_RDATA5[24]	0	0	1	0	1

芯片标识

- 芯片丝印的 **Espressif Tracking Information** (乐鑫追踪信息) 行

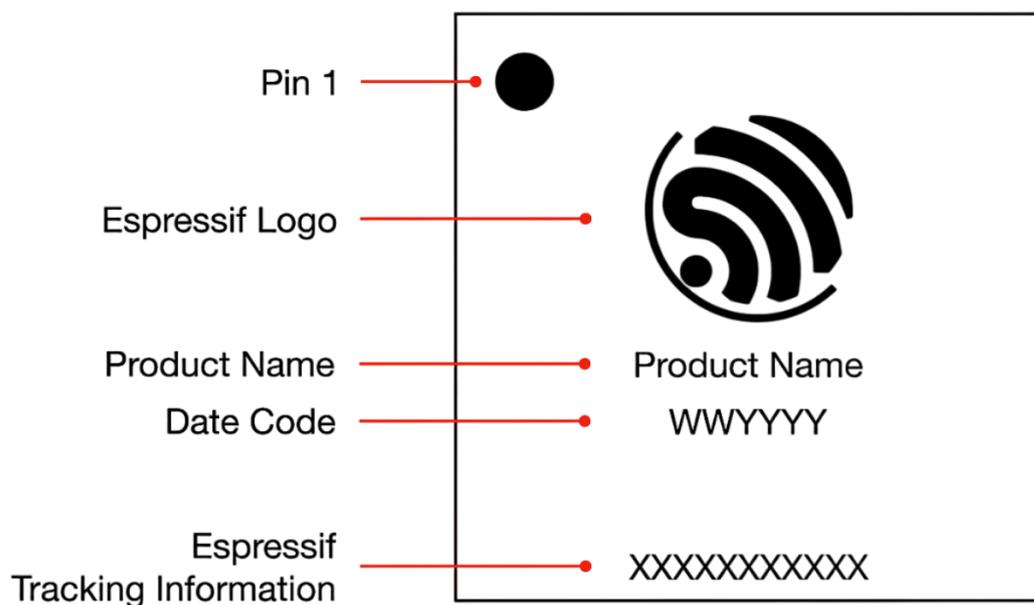


图 1.1: 芯片丝印示意图

表 1.2: 芯片丝印芯片版本标识

芯片版本	乐鑫追踪信息
v0.0	XXXXXXXXXX
v1.0	X B XXXXXXX
v1.1	X F XXXXXXX
v3.0	X E XXXXXXX
v3.1	X G XXXXXXX

模组标识

- 模组丝印的 **规格标识码**行

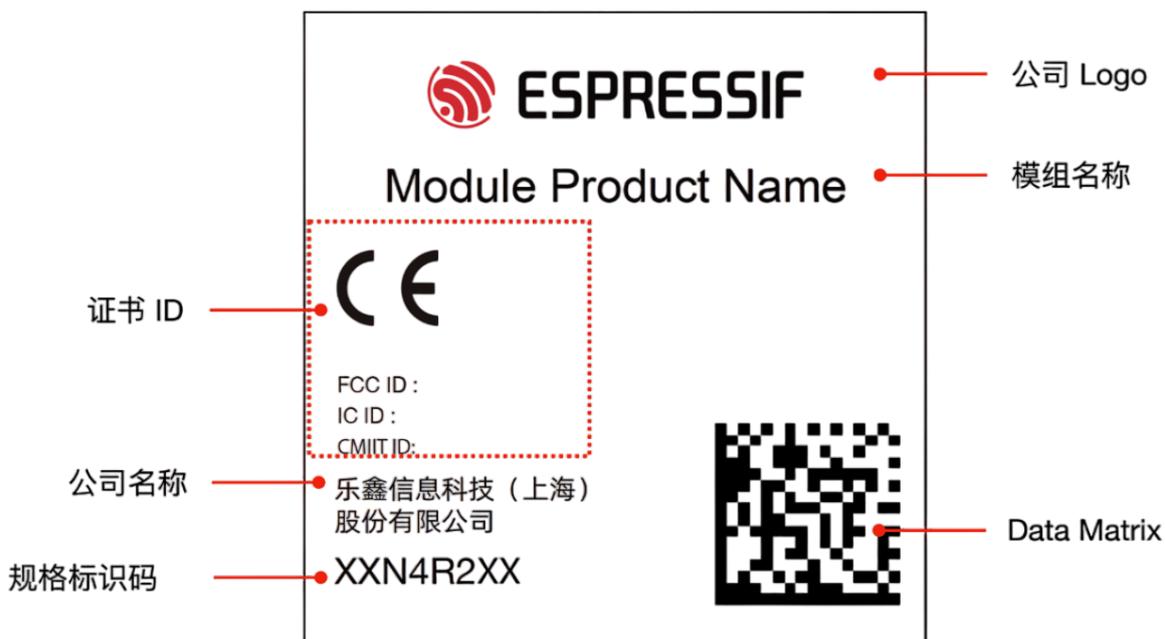


图 1.2: 模组丝印示意图

表 1.3: 模组丝印芯片版本标识

芯片版本	规格标识码
v0.0	XXXXXX ¹
v1.0	XXXXXX
v1.1	MF XXXX
v3.0	ME XXXX
v3.1	MG XXXX

¹ v0.0 和 v0.1 无法通过标识码区分，请查看 eFuse 位以区分。

1.3 其他标识方式

日期代码

有些芯片错误不需要在晶圆片上修复，即不需要引入新的芯片版本。

此时，芯片可通过丝印中的 **Date Code**（日期代码）来识别，如图 [芯片丝印示意图](#)。更多信息，请参考《乐鑫芯片包装信息》。

生产工单

内置芯片的模组可通过物料标签中的 **生产工单 (PW Number)** 来识别，如图 [模组物料标签](#)。更多信息，请参考《乐鑫模组包装信息》。

生产工单 PW Number		PW-2020-11-0001
产品型号 Product Name		ESP32-WROOM-32D
产品料号 Product Number		M21EH3264PH3Q0
数量 Quantity		650 pcs
固件版本 Firmware Ver		IDF: AT: FW P/N:
原产国 Country of Origin		MADE IN CHINA
生产日期 Seal Date		2020-11-30
批次号 Lot Number		202048-000001 202048-000002 202048-000003 202048-000004 202048-000005
出货检验 OQC		产品条码 QR code
		

图 1.3: 模组物料标签

备注: 注意, 仅装在铝箔袋中的模组卷盘含有 **生产工单 (PW Number)** 信息。

1.4 ESP-IDF 支持版本

关于特定芯片版本的 ESP-IDF 支持版本, 请参考 [ESP-IDF 版本与乐鑫芯片版本兼容性](#)。

1.5 相关文档

- 更多关于芯片版本升级及识别系列产品版本的信息, 请参考 [ESP32 产品/工艺变更通知 \(PCN\)](#)。

- 芯片版本的编码策略，请参考 [关于芯片版本 \(Chip Revision\) 编码方式的兼容性公告](#)。

2 勘误表

表 2.1: 勘误表

类别	描述	影响版本				
		v0.0	v1.0	v1.1	v3.0	v3.1
CPU	[CPU] CPU 频率切换导致系统卡顿	Y				
	[CPU] CPU 访问不同版本芯片的外设寄存器存在限制	Y	Y	Y	Y	Y
	[CPU] CPU 访问 <code>0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF</code> 与 <code>0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF</code> 两段地址空间存在限制	Y	Y	Y	Y	Y
	[CPU] CPU 在访问外部 SRAM 时会小概率发生读写错误		Y	Y		
	[CPU] CPU 使用 cache 访问外部 SRAM 时，特定条件下会发生读写错误	Y				
	[CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误	Y	Y	Y		
	[CPU] CPU 访问五个特定地址被中断后，后续 CPU 访问会被拖住	Y	Y	Y	Y	Y
[CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象	Y					
ULP 协处理器	[ULP 协处理器] Deep-sleep 模式下如果 RTC_PERIH 电源域上电的话，则无法使用 ULP 协处理器或触摸传感器	Y	Y	Y	Y	Y
GPIO	[GPIO] 同时有 GPIO 和 RTC_GPIO 功能的 pad 的 GPIO 上拉下拉配置寄存器字段不能使用	Y	Y	Y	Y	Y
	[GPIO] 同一组 GPIO 管脚内，边沿中断不能和其他中断一起使用	Y	Y	Y	Y	Y
	[GPIO] 当一些 RTC 外设的电源打开时，GPIO36 和 GPIO39 的数字输入会被拉低约 80 ns	Y	Y	Y	Y	Y
复位	[复位] 欠压复位功能无法工作	Y				
	[复位] 芯片上电或 Deep-sleep 醒来后，会随机发生一次看门狗复位	Y				
	[复位] 由于 flash 启动的速度慢于芯片读取 flash 的速度，芯片上电或 Deep-sleep 醒来后，会随机发生一次看门狗复位	Y	Y	Y		

表 2.2: 勘误表

类别	描述	影响版本				
		v0.0	v1.0	v1.1	v3.0	v3.1
时钟	[时钟] <i>Audio PLL</i> 使用频率有限制	Y				
	[时钟] 以太网与 <i>Wi-Fi</i> 共用时, <i>ESP32</i> 不能用作 <i>PHY</i> 时钟源	Y	Y	Y	Y	Y
RTC	[<i>RTC</i>] 从 <i>Light-sleep</i> 模式唤醒后 <i>RTC</i> 电源域寄存器读取错误	Y	Y	Y	Y	Y
看门狗	[看门狗] <i>ESP32</i> 芯片特定条件下会出现 <i>live lock</i> 导致中断看门狗错误				Y	Y
UART	[<i>UART</i>] <i>UART fifo_cnt</i> 不能正确表示 <i>FIFO</i> 中有效数据长度	Y	Y	Y	Y	Y
TWAI 控制器	[<i>TWAI</i> 控制器] 仲裁失败后, 帧间间隔期间的第 3 <i>bit</i> 上的显性位不会被当做帧起始 (<i>SOF</i>) 信号	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 总线关闭恢复后发送的数据出错	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 当错误界定符的第 8 <i>bit</i> 为显性时, <i>TWAI</i> 控制器不能进入被动错误状态	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 总线关闭恢复期间, 错误状态位未被冻结	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 接收到错误的帧可能导致下一次接收到的数据字节无效	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] $ el > SJW(N)$ 的负相位误差, 将使之后发送的位数据左移	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 处于复位模式或总线关闭恢复状态时的接收错误计数器 (<i>REC</i>) 数值仍会变化	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 若 <i>RX FIFO</i> 溢出超 64 个报文 (含 64), <i>RX FIFO</i> 将不可恢复	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] <i>TWAI</i> 在仲裁失败后的帧间间隔期间等待了挂起时间	Y	Y	Y	Y	Y
	[<i>TWAI</i> 控制器] 当 <i>TWAI</i> 控制器作为发送器在仲裁段发生填充错误时, 在随后的错误帧或过载帧中发生的错误将不会使 <i>TEC</i> 的数值增加	Y	Y	Y	Y	Y
[<i>TWAI</i> 控制器] <i>CPU</i> 读取中断寄存器信息时可能导致发送中断信号丢失	Y	Y	Y	Y	Y	
LEDC	[<i>LEDC</i>] <i>LEDC</i> 递减渐变, <i>duty</i> 值溢出错误	Y	Y	Y	Y	Y

3 所有错误描述

3.1 [CPU] CPU 频率切换导致系统卡顿

影响版本: v0.0

描述

CPU 频率从 240 MHz 直接切换到 80/160 MHz 会导致系统卡顿

变通方法

建议使用以下两种模式：

1. 2 MHz <-> 40 MHz <-> 80 MHz <-> 160 MHz
2. 2 MHz <->40 MHz <->240 MHz

解决方案

已在芯片版本 v1.0 中修复。

3.2 [CPU] CPU 访问不同版本芯片的外设寄存器存在限制

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

由于[CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象、[CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误和[CPU] CPU 访问 0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF 与 0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF 两段地址空间存在限制 章节描述的原因，在不同芯片版本中，CPU 使用 0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF、0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF 和 0x6000_0000 ~ 0x6003_FFFF 地址访问外设寄存器时需注意：

地址空间 (总线)	寄存器类型	操作	芯片版本				
			v0.0	v1.0	v1.1	v3.0	v3.1
0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF 和 0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF (DPORT)	Non-	写	Yes			Yes	
	FIFO	读	No (详见[CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误)			Yes	
	FIFO	写	No (详见[CPU] CPU 访问外设时, 如果连续不间断地写同一个地址, 会出现数据丢失的现象)		Yes		
		读	Yes	Yes			
0x6000_0000 ~ 0x6003_FFFF (AHB)	Non-	写	Yes				
	FIFO	读	Yes				
	FIFO	写	Yes				
		读	No (无此功能, 无法预知结果)				

备注:

- Yes: 操作正确执行
- No: 操作失败

3.3 [CPU] CPU 访问 0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF 与 0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF 两段地址空间存在限制

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

1. 落在这两段地址空间的 CPU 读操作具有推测性, 推测性读操作会导致程序描述的行为与硬件的真实行为不一致。
2. 如果两个 CPU 同时连续访问 0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF 地址空间的内容, 其中的一些访问可能丢失。
3. CPU 通过 0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_0000 地址空间读 FIFO 时, FIFO 的读指针会被延时更新。CPU 频率升高后, CPU 发起的两次连续读 FIFO 时间间隔缩短。当新的读 FIFO 请求到来时, FIFO 读指针还没有更新, 这会导致 CPU 读到前一次读 FIFO 的值。

变通方法

1. 落在这两段地址空间的 CPU 访问均需要在对应的操作前加入“MEMW”指令。即在 C/C++ 中，软件访问这两段地址内的寄存器时需要加上“volatile”属性。
2. 当 CPU 频率为 160 MHz 时，在两次连续读 FIFO 之间添加 6 个“nop”指令。CPU 频率为 240 MHz 时，在两次连续读 FIFO 之间添加 7 个“nop”指令。

解决方案

暂无修复计划。

3.4 [CPU] CPU 在访问外部 SRAM 时会小概率发生读写错误

影响版本：v1.0 v1.1

描述

CPU 在执行下面汇编指令访问外部 SRAM 时会小概率发生错误：

```
store.x at0, as0, n
load.y at1, as1, m
```

其中 store.x 表示 x 位写操作，load.y 表示 y 位读操作，且 as0+n 和 as1+m 访问的外部 SRAM 的地址相同。

- 指令可以是连续的，也可以包含在同一个流水线中（少于 4 个中间指令，并且没有流水线刷新）。
- $x \geq y$ 时，写数据会丢失。（注意：当 load 和 store 都是 32-bit 值时，写数据只有在第一个和第二个指令之间发生中断时才发生。）
- $x < y$ 时，写数据会丢失，且读数据错误。

变通方法

当外部 SRAM 在 ESP-IDF v3.0 及更高版本中启用时，此问题自动绕过。

- $x \geq y$ 时，在 store.x 和 load.y 之间插入 4 个 nop 指令。
- $x < y$ 时，在 store.x 和 load.y 之间插入 memw 指令。

解决方案

已在芯片版本 v3.0 中修复。

3.5 [CPU] CPU 使用 cache 访问外部 SRAM 时，特定条件下会发生读写错误

影响版本：v0.0

描述

CPU 使用 cache 访问外部 SRAM 时，特定条件下会发生读写错误。

变通方法

对于芯片版本 v0.0，CPU 使用 cache 访问外部 SRAM 时，只能够进行单向操作，即只能够单纯地进行写 SRAM 操作，或者单纯地进行读 SRAM 操作，不能交替操作。

使用 MEMW 指令：在读操作之后，加上 `__asm__(“MEMW”)` 指令，然后在 CPU 流水线被清空前再发起写操作。

解决方案

已在芯片版本 v1.0 中修复。

3.6 [CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1

描述

双核情况下，一个 CPU 的总线在读 A (0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF) 地址空间，而另一个 CPU 的总线在读 B (0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF) 地址空间，读 B 地址空间的 CPU 可能会发生错误。

变通方法

以下两种方法都可以使用：

- 一个 CPU 在读 A 地址空间时，通过加锁和中断的方式来避免另一个 CPU 发起对 B 地址空间的读操作。
- 一个 CPU 在读 A 地址空间之前，加一个此 CPU 读 B 地址空间（非 FIFO 地址空间，如 0x3FF40078）操作，并且要保证读 B 地址空间操作和读 A 地址空间操作是原子的。

解决方案

已在芯片版本 v3.0 中修复。

3.7 [CPU] CPU 访问五个特定地址被中断后，后续 CPU 访问会被拖住

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

当某个 CPU 使用 0x3FF40000 (UART0) / 0x3FF50000 (UART1) / 0x3FF6E000 (UART2) / 0x3FF4F004 (I2S0) / 0x3FF6D004 (I2S1) 这五个特定地址读取 FIFO 数据时，如果此时 CPU 发生中断，则读请求会被打断。这会导致总线桥一直处于等待读请求结束的状态。接着任意 CPU 访问 APB 外设寄存器 (0x3FF40000 ~ 0x3FF7FFFF 或 0x60000000 ~ 0x6003FFFF) 请求就会被拒绝，导致后续 CPU 访问被拖住。写入这五个地址不会有问題。

变通方法

读这五个特定地址之前禁用 CPU 中断，访问完成后开启 CPU 中断。

解决方案

暂无修复计划。

3.8 [CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象

影响版本：v0.0

描述

一些 ESP32 外设映射到两条内部存储器总线 (AHB 和 DPORT)。当通过 DPORT 写入时，对相同地址的连续写入可能会出现数据丢失的现象。

变通方法

当连续写同一个地址 (即类似 FIFO 的地址) 时，使用 AHB 地址而不是 DPORT 地址。(对于其他类型的寄存器写入，使用 DPORT 地址可能写性能更好。)

寄存器名称	DPORT 地址	AHB (安全) 地址
UART_FIFO_REG	0x3FF40000	0x60000000
UART1_FIFO_REG	0x3FF50000	0x60010000
UART2_FIFO_REG	0x3FF6E000	0x6002E000
I2S0_FIFO_RD_REG	0x3FF4F004	0x6000F004
I2S1_FIFO_RD_REG	0x3FF6D004	0x6002D004
GPIO_OUT_REG	0x3FF44004	0x60004004
GPIO_OUT_W1TS_REG	0x3FF44008	0x60004008
GPIO_OUT_W1TC_REG	0x3FF4400C	0x6000400C
GPIO_OUT1_REG	0x3FF44010	0x60004010
GPIO_OUT1_W1TS_REG	0x3FF44014	0x60004014
GPIO_OUT1_W1TC_REG	0x3FF44018	0x60004018
GPIO_ENABLE_REG	0x3FF44020	0x60004020
GPIO_ENABLE_W1TS_REG	0x3FF44024	0x60004024
GPIO_ENABLE_W1TC_REG	0x3FF44028	0x60004028
GPIO_ENABLE1_REG	0x3FF4402C	0x6000402C
GPIO_ENABLE1_W1TS_REG	0x3FF44030	0x60004030
GPIO_ENABLE1_W1TC_REG	0x3FF44034	0x60004034

解决方案

已在芯片版本 v1.0 中修复。

备注： 软件不可以使用 AHB 地址读 FIFO。

3.9 [ULP 协处理器] Deep-sleep 模式下如果 RTC_PERIH 电源域上电的话，则无法使用 ULP 协处理器或触摸传感器

影响版本： v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

ULP 协处理器以及触摸传感器的主要工作时钟是 FAST_CLK。如果 RTC_PERIH 不断电，ULP 协处理器和触摸传感器模块会先于时钟管理模块接收到启动信号，ULP 协处理器和触摸传感器会在工作时钟切换到 FAST_CLK 之前开始工作，则 ULP 协处理器和触摸传感器会在 SLOW_CLK 时钟下工作一段时间，造成工作时钟不准。

变通方法

无

解决方案

暂无修复计划。

3.10 [GPIO] 同时有 GPIO 和 RTC_GPIO 功能的 pad 的 GPIO 上拉下拉配置寄存器字段不能使用

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

同时有 GPIO 和 RTC_GPIO 功能的 pad 的上拉下拉电阻只能由 RTC_GPIO 的上拉下拉寄存器控制。

变通方法

GPIO 和 RTC_GPIO 都使用 RTC_GPIO 寄存器。

解决方案

ESP-IDF v2.1 及更高版本的 GPIO 驱动自动绕过此问题。

3.11 [GPIO] 同一组 GPIO 管脚内，边沿中断不能和其他中断一起使用

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

在中断配置寄存器上，GPIO0~31 共用一组寄存器，GPIO32~39 共用一组寄存器，RTC GPIO0~17 共用另一组寄存器。在同一组内，如果某一管脚被配置为边沿中断，那么其他中断（包括边沿中断和电平中断）将不可用。

电平中断没有此限制，即一组内如果没有沿中断，则可以有多组电平中断。

原因

GPIO 的以下三组 STATUS/W1TS/W1TC 寄存器操作的同时，可能造成同一组内边沿中断无法正常触发。具体为：

- 以下寄存器的操作可能造成 GPIO_STATUS_REG 的边沿中断无法正常触发：
 - GPIO_STATUS_W1TS_REG
 - GPIO_STATUS_W1TC_REG
 - GPIO_STATUS_REG
- 以下寄存器的操作可能造成 GPIO_STATUS1_REG 的边沿中断无法正常触发：
 - GPIO_STATUS1_W1TS_REG
 - GPIO_STATUS1_W1TC_REG

- GPIO_STATUS1_REG
- 以下寄存器的操作可能造成 RTCIO_RTC_GPIO_STATUS_REG 的边沿中断无法正常触发：
 - RTCIO_RTC_GPIO_STATUS_W1TS_REG
 - RTCIO_RTC_GPIO_STATUS_W1TC_REG
 - RTCIO_RTC_GPIO_STATUS_REG

变通方法

使用电平中断模拟边沿中断，具体如下：

要实现 GPIO 的上升沿中断，按照下面的步骤进行配置：

1. 配置 GPIO 的中断类型为高；
2. CPU 的中断服务响应后，把 GPIO 的中断类型改为低。此时会发生第二次中断，需要 CPU 忽略这次中断服务程序。

要实现 GPIO 的下降沿中断，按照下面的步骤进行配置：

1. 配置 GPIO 的中断类型为低；
2. CPU 的中断服务响应后，把 GPIO 的中断类型改为高。此时会发生第二次中断，需要 CPU 忽略这次中断服务程序。

解决方案

暂无修复计划。

3.12 [GPIO] 当一些 RTC 外设的电源打开时，GPIO36 和 GPIO39 的数字输入会被拉低约 80 ns

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

打开以下 RTC 外设的电源会发生此问题：

- SAR ADC1 传感器
- SAR ADC2 传感器
- AMP 传感器

变通方法

当用户决定把用于控制以上传感器的电源域打开时，应当忽略来自 GPIO36 和 GPIO39 的输入。

解决方案

暂无修复计划。

3.13 [复位] 欠压复位功能无法工作

影响版本: v0.0

描述

Brown-out Reset (欠压复位) 功能无法工作, 复位之后芯片无法起来。

变通方法

无

解决方案

已在芯片版本 v1.0 中修复。

3.14 [复位] 芯片上电或 Deep-sleep 醒来后, 会随机发生一次看门狗复位

影响版本: v0.0

描述

芯片上电或 Deep-sleep 醒来后, 会随机发生一次看门狗复位。

变通方法

Deep-sleep 醒来后, CPU 可以立即执行 RTC fast memory 中的一段程序。RTC fast memory 中的这段程序通过清除 cache MMU 的非法访问标志从而绕过 Deep-sleep 醒来后的看门狗复位, 具体为:

1. 将 DPORT_PRO_CACHE_CTRL1_REG 寄存器的 PRO_CACHE_MMU_IA_CLR 比特置 1。
2. 将该比特清零。

芯片上电的看门狗复位无法使用软件绕过, 但复位后 ESP32 正常启动。

解决方案

已在芯片版本 v1.0 中修复。

3.15 [复位] 由于 flash 启动的速度慢于芯片读取 flash 的速度, 芯片上电或 Deep-sleep 醒来后, 会随机发生一次看门狗复位

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1

描述

如果 ESP32 在 flash 可读之前就进行读取，则无效数据会使启动失败，这时会发生看门狗复位。如果 ESP32 VDD_SDIO 用作 flash 电源，则芯片上电和 Deep-sleep 醒来时都可能发生看门狗复位。

变通方法

1. 更换更快的 flash，要求 flash 上电到可读的时间小于 800 μ s。这种方法可以绕过芯片上电和 Deep-sleep 醒来时的看门狗复位。
2. Deep-sleep 醒来后的看门狗复位问题在 ESP-IDF v2.0 及更高版本中自动绕过（延迟时间可以根据需要配置）。具体方式是从 Deep-sleep 醒来后首先读取 RTC fast memory 中的指令，等待一段时间，然后再读取 flash。

解决方案

已在芯片版本 v3.0 中修复。

3.16 [时钟] Audio PLL 使用频率有限制

影响版本：v0.0

描述

当配置 Audio PLL 频率时，不会用到配置寄存器 sdm0 和 sdm1，这样就限制了 PLL 频率可以配置的范围和精度。

芯片版本 v0.0 的 Audio PLL 频率公式如下：

$$f_{out} = \frac{f_{xtal} \times (sdm2 + 4)}{2 \times (odiv + 2)}$$

芯片版本 v1.0 及之后的 ESP32 芯片已修复此问题，Audio PLL 频率公式如下：

$$f_{out} = \frac{f_{xtal} \left(sdm2 + \frac{sdm1}{2^8} + \frac{sdm0}{2^{16}} + 4 \right)}{2 \times (odiv + 2)}$$

变通方法

在 ESP-IDF v3.0 及更高版本中通过 I2S 驱动程序设置 Audio PLL 频率时，会自动考虑相关的频率公式。但是对于芯片版本 v0.0，Audio PLL 的使用频率仍然有限制。

解决方案

已在芯片版本 v1.0 中修复。

3.17 [时钟] 以太网与 Wi-Fi 共用时，ESP32 不能用作 PHY 时钟源

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

RMI 工作模式下的以太网 MAC 和 PHY 需要一个公共的 50 MHz 同步时钟（即 RMI 时钟）。如果同时使用以太网与 Wi-Fi，则 RMI 时钟不能由内部的 ESP32 APLL 产生，因为会导致时钟不稳定。

变通方法

1. 如果要使用内部 APLL 生成同步时钟，则需要关闭 Wi-Fi。
2. 如果要同时使用以太网和 Wi-Fi，则必须使用外部 PHY 或外部时钟源提供同步时钟。

解决方案

暂无修复计划。

3.18 [RTC] 从 Light-sleep 模式唤醒后 RTC 电源域寄存器读取错误

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

如果在 Light-sleep 模式下关闭 RTC 外设的电源，从 Light-sleep 模式唤醒后，ESP32 的 CPU 读取 RTC 电源域的寄存器时会有一定概率出错。

变通方法

建议用户避免在 Light-sleep 模式下关闭 RTC 外设的电源，此时不会影响功耗。

解决方案

暂无修复计划。

3.19 [看门狗] ESP32 芯片特定条件下会出现 live lock 导致中断看门狗错误

影响版本：v3.0 v3.1

描述

使用芯片版本 v3.0，当程序同时满足下列条件时，会出现 live lock（活锁）现象，导致 CPU 一直处于访存状态，不能继续执行指令。

1. 双核系统；
2. 四条访问外存的指令/数据总线 (IBUS/DBUS) 中，有 3 条总线同时发起对同一个 cache 组的访问请求，并且三个 cache 请求均缺失。

变通方法

发生 live lock 时，软件主动或被动识别并解锁 cache line 竞争，之后两个核按队列节拍分时完成各自的 cache 操作，解锁 live lock。详细过程如下：

1. 当两个核执行的指令均不在代码临界区中时出现 live lock，系统各类型中断会主动解除 cache line 竞争，解锁 live lock；
2. 当两个核执行的指令位于代码临界区中时出现 live lock，在临界区中，系统会屏蔽 3 级及以下中断。因此软件预先为两个核各设置一个高优先级（4 级或 5 级）中断，将它们绑定到同一个定时器，并选择合适的定时器超时门限。由于 live lock 产生的定时器超时中断会迫使两个核均进入高优先级中断处理程序，从而释放两个核的 IBUS 以达到解锁 live lock 目的。解锁过程通过 3 个阶段完成：
 - a. 第 1 阶段两个核均进行等待以清空 CPU write buffer；
 - b. 第 2 阶段一个核 (Core 0) 等待，另一个核 (Core 1) 执行；
 - c. 第 3 阶段 Core 1 等待，Core 0 执行。

解决方案

暂无修复计划。

3.20 [UART] UART fifo_cnt 不能正确表示 FIFO 中有效数据长度

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

使用 DPORT 读 UART FIFO 时，如果软件的读 FIFO 操作被中断打断，那么 fifo_cnt 会被错误地减 1。

变通方法

使用 DPORT 读取 FIFO 时，需结合读/写 FIFO 偏移地址计算 FIFO 中有效数据长度。例如：

```
if (wr_addr > rd_addr) {
    len = wr_addr - rd_addr;
} else if (wr_addr < rd_addr) {
    len = (wr_addr + 128) - rd_addr;
} else {
```

(续下页)

```
len = fifo_cnt > 0 ? 128 : 0;  
}
```

其中 wr_addr 表示写 FIFO 偏移地址, rd_addr 表示读 FIFO 偏移地址, fifo_cnt 表示芯片记录的 FIFO 中有效字节数, len 表示重新计算后正确的有效字节数。

解决方案

暂无修复计划。

3.21 [TWAI 控制器] 仲裁失败后, 帧间间隔期间的第 3 bit 上的显性位不会被当做帧起始 (SOF) 信号

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

CAN2.0B 协议规定帧间间隔期间的第 3 bit 上的显性位应当被当做帧起始 (SOF) 信号。因此, TWAI 节点应在下一个 bit 上接收或发送 (即参与竞争仲裁) ID 字段。

当 ESP32 TWAI 控制器失去仲裁并且下一个帧间间隔期间检测到第 3 位为显性时, ESP32 TWAI 控制器不会将其视作 SOF 并且不会参与竞争仲裁 (即, 不会重传数据)。

变通方法

无

解决方案

暂无修复计划。

3.22 [TWAI 控制器] 总线关闭恢复后发送的数据出错

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

总线关闭恢复完成后, TWAI 控制器下一次发送的数据可能出错 (即不符合 TWAI 数据帧格式)。

变通方法

一旦通过错误报警限制中断检测到总线关闭恢复完成, TWAI 控制器应先进入复位模式来复位控制器的内部信号, 随后退出复位模式。

解决方案

暂无修复计划。

3.23 [TWAI 控制器] 当错误界定符的第 8 bit 为显性时, TWAI 控制器不能进入被动错误状态

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

当 TWAI 控制器发送数据并且 TEC 的值为 120 ~ 127 时, 发送错误帧会使 TEC 增加 8 并且 TWAI 控制器会进入被动错误状态 (CAN 2.0B 协议规定 $TEC \geq 128$ 时, TWAI 节点应进入错误被动状态)。但是, 如果错误界定符的第 8 bit 为显性时, TEC 仍会增加 8, 而 TWAI 控制器不会进入被动错误状态。再次发送错误帧后 TWAI 控制器才会进入被动错误状态。注意, 由于错误界定符的第 8 bit 为显性, TWAI 控制器仍会产生协议规定的过载帧。

变通方法

无

解决方案

暂无修复计划。

3.24 [TWAI 控制器] 总线关闭恢复期间, 错误状态位未被冻结

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

当 TWAI 控制器处于总线关闭恢复过程中时, 必须等待总线上出现 128 次总线空闲信号 (连续 11 个隐性位), 才能再次进入主动错误状态。剩余的总线空闲信号由发送错误计数器 (TEC) 指示。由于错误状态位在总线恢复期间未冻结, 因此当发送错误计数器低于用户设置的错误报警限制数值 (默认值为 96) 时, 错误状态位将发生变化, 从而导致在总线关闭恢复完成之前触发错误报警限制中断。

变通方法

在总线关闭恢复过程中, 错误报警限制中断并不一定指示恢复过程已完成。用户需检查 STATUS_NODE_BUS_OFF 位来验证恢复过程是否完成。

解决方案

暂无修复计划。

3.25 [TWAI 控制器] 接收到错误的帧可能导致下一次接收到的数据字节无效

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

当 TWAI 控制器接收数据帧时, 如果在数据段或 CRC 字段中发生位错误或填充错误, 则下一次接收到的数据可能发生字节移位或丢失。因此, 下一次接收的数据帧 (包括由验收滤波器滤出的数据帧) 应视为无效。

变通方法

用户可以通过置位 `INTERRUPT_BUS_ERR_INT_ENA` 并在接收到总线错误中断时, 读取 `ERROR_CODE_CAPTURE_REG` 来检测错误类型及错误位置。如果符合错误产生条件 (在数据段或 CRC 字段发生位错误或填充错误), 可以采用以下两种解决方法:

- TWAI 控制器可以发送 0 字节的空数据帧来复位 TWAI 控制器的内部信号。建议给空数据帧分配一个不会被任何 TWAI 总线上的节点接收的 ID。
- 硬件复位 TWAI 控制器 (需要保存并恢复当前寄存器的数值)。

解决方案

暂无修复计划。

3.26 [TWAI 控制器] $|\text{el}| > \text{SJW}(\text{N})$ 的负相位误差, 将使之后发送的位数据左移

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

当 TWAI 控制器遇到具有负相位误差的隐性至显性沿 (即较早采样) 时, 将按照 CAN2.0B 协议要求利用再同步来校正相位误差。但是, 如果 TWAI 控制器作为发送器并且遇到 $e < 0$ 及 $|\text{el}| > \text{SJW}$ 的负相位误差, 则在相位误差之后发送的位信息将左移一位, 导致后续发送的帧内容 (即, DLC, 数据字节, CRC 序列) 被破坏。

变通方法

无

解决方案

暂无修复计划。

3.27 [TWAI 控制器] 处于复位模式或总线关闭恢复状态时的接收错误计数器 (REC) 数值仍会变化

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

当 TWAI 控制器处于复位模式 (即 RESET_MODE 位置 1 或由于总线关闭) 或总线关闭恢复状态时, 接收错误计数器 (REC) 的数值仍会变化, 这会引发以下问题:

- 错误状态位可能发生改变, 进而触发错误报警限制中断。
- REC > 0 可能导致 TWAI 控制器无法从总线关闭状态恢复。

变通方法

进入复位模式时, 应将 LISTEN_ONLY_MODE 置位, 此时 REC 数值不会变化。退出复位模式前或总线关闭恢复完成时, 再恢复正常的操作模式。

解决方案

暂无修复计划。

3.28 [TWAI 控制器] 若 RX FIFO 溢出超 64 个报文 (含 64), RX FIFO 将不可恢复

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

如果 RX FIFO 溢出多个报文, 且 RX 报文计数器达到 64, RX FIFO 将不可恢复。从 RX FIFO 读取的任何报文均无效, 且无法从 RX FIFO 中释放任何报文。

变通方法

TWAI 控制器必须通过软件复位才能恢复 RX FIFO。

解决方案

此问题在 ESP-IDF v4.3 及以后版本中已自动绕过。

3.29 [TWAI 控制器] TWAI 在仲裁失败后的帧间间隔期间等待了挂起时间

影响版本: v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

CAN2.0B 协议规定作为发送器并处于被动错误态的 TWAI 节点应在随后的帧间间隔内等待挂起时间。但是，作为接收器的被动错误态 TWAI 节点是不需要等待挂起时间的。

当 ESP32 TWAI 控制器处于被动错误态并且失去仲裁（转为接收器）时，它仍将在随后的帧间间隔中等待挂起时间。这导致 TWAI 控制器的重传延后，如果在其等待帧间间隔挂起时间期间，另一个节点发送数据，则 TWAI 控制器不会参与竞争仲裁。

变通方法

无

解决方案

暂无修复计划。

3.30 [TWAI 控制器] 当 TWAI 控制器作为发送器在仲裁段发生填充错误时，在随后的错误帧或过载帧中发生的错误将不会使 TEC 的数值增加

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

CAN2.0B 协议规定，TWAI 控制器发送数据时如果在仲裁字段中检测到填充错误，应发送错误帧，但是 TEC 不应增加（错误计数规则 3 中的特例 2）。TWAI 控制器能够满足这一规定。

但是，若在随后发生的错误帧或过载帧中遇到以下两种情况时，TEC 数值将不能按照 CAN2.0B 协议要求实现增加：

- 在主动错误标志或过载标志期间发生位错误（规则 4）。
- 在主动错误标志、被动错误标志或过载标志之后检测到过多的显性位（规则 6）。

变通方法

无

解决方案

暂无修复计划。

3.31 [TWAI 控制器] CPU 读取中断寄存器信息时可能导致发送中断信号丢失

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

CPU 通过读取 INTERRUPT_REG 寄存器来复位 TWAI 控制器的中断信号。如果在同一个 APB 时钟周期内 TWAI 控制器刚好产生发送中断信号，则发送中断信号丢失。

变通方法

数据等待发送完成期间（即发送请求已发起），每一次读取 INTERRUPT_REG 后，用户都应检查 STATUS_TRANSMIT_BUFFER 位。如果 STATUS_TRANSMIT_BUFFER 置位而 TWAI_TRANSMIT_INT_ST 没有置位，则说明发送中断信号丢失。

解决方案

暂无修复计划。

3.32 [LEDC] LEDC 递减渐变，duty 值溢出错误

影响版本：v0.0 v1.0 v1.1 v3.0 v3.1

描述

在配置 LEDC 为递减渐变且 LEDC_DUTY_SCALE_HSCH n 为 1 的情况下，当 duty 值为 $2^{\text{LEDC_HSTIMER}_x_DUTY_RES}$ 时，下一次 duty 变化应该为 $2^{\text{LEDC_HSTIMER}_x_DUTY_RES} - 1$ ，但是实际上 duty 值等于 $2^{\text{LEDC_HSTIMER}_x_DUTY_RES+1}$ ，即出现 duty 值溢出的错误。（HSCH n 代表高速通道， n 为 0-7；HSTIMER x 代表高速定时器， x 为 0-3。）

对于低速通道，存在同样的问题。

变通方法

使用 LEDC 的过程中，应避免以下三个条件同时成立：

1. LEDC 启动递减渐变功能；
2. LEDC 渐变过程中 scale 寄存器设置为 1；
3. LEDC 递减渐变开始时刻或者过程中的某一时刻，duty 值为 $2^{\text{LEDC_HSTIMER}_x_DUTY_RES}$ 或 $2^{\text{LEDC_LSTIMER}_x_DUTY_RES}$ 。

解决方案

此问题在 ESP-IDF commit ID 为 [b2e264e](#) 及以后版本的 LEDC 驱动中已自动绕过，并于 ESP-IDF v3.1 中发布。

4 修订历史

表 4.1: 修订历史

日期	版本	发布说明
2024-07-29	v2.8	<ul style="list-style-type: none"> 新增章节[时钟] 以太网与 Wi-Fi 共用时，ESP32 不能用作 PHY 时钟源
2023-09-19	v2.7	<ul style="list-style-type: none"> 新增章节[RTC] 从 Light-sleep 模式唤醒后 RTC 电源域寄存器读取错误 和[CPU] CPU 访问五个特定地址被中断后，后续 CPU 访问会被拖住 更新章节[GPIO] 同一组 GPIO 管脚内，边沿中断不能和其他中断一起使用 和[UART] UART fifo_cnt 不能正确表示 FIFO 中有效数据长度
2023-02-02	v2.6	<ul style="list-style-type: none"> 根据 PCN，删除章节[GPIO] 当一些 RTC 外设的电源打开时，GPIO36 和 GPIO39 的数字输入会被拉低约 80 ns 中的霍尔传感器
2022-11-23	v2.5	<ul style="list-style-type: none"> 章节[CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象 增加寄存器 GPIO_OUT_WITS_REG
2022-10-13	v2.4	<ul style="list-style-type: none"> 新增芯片版本 v3.1 和 v1.1 新增章节[TWAI 控制器] 若 RX FIFO 溢出超 64 个报文（含 64），RX FIFO 将不可恢复 和[ULP 协处理器] Deep-sleep 模式下如果 RTC_PERIH 电源域上电的话，则无法使用 ULP 协处理器或触摸传感器 重命名文档为“ESP32 系列芯片勘误表”
2020-09-25	v2.3	<ul style="list-style-type: none"> 更新章节[CPU] CPU 访问 0x3FF0_0000 ~ 0x3FF1_EFFF 与 0x3FF4_0000 ~ 0x3FF7_FFFF 两段地址空间存在限制，添加对 UART FIFO 读操作的说明
2020-06-08	v2.2	<ul style="list-style-type: none"> 增加章节[UART] UART fifo_cnt 不能正确表示 FIFO 中有效数据长度 和[CPU] CPU 访问不同版本芯片的外设寄存器存在限制
2020-05-14	v2.1	<ul style="list-style-type: none"> 增加对章节[复位] 由于 flash 启动的速度慢于芯片读取 flash 的速度，芯片上电或 Deep-sleep 醒来后，会随机发生一次看门狗复位的修复说明

日期	版本	发布说明
2020-05-08	v2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 增加章节[看门狗] ESP32 芯片特定条件下会出现 <i>live lock</i> 导致中断看门狗错误和[CPU] CPU 访问 $0x3FF0_0000 \sim 0x3FF1_EFFF$ 与 $0x3FF4_0000 \sim 0x3FF7_FFFF$ 两段地址空间存在限制 • 章节[CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象 增加一条说明 • 更新章节[CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误中 A、B 地址空间范围，修正一处错误
2020-03-16	v1.9	<ul style="list-style-type: none"> • 更新表 芯片丝印芯片版本标识，增加芯片版本 ECO V3 • 增加对章节[CPU] CPU 在访问外部 SRAM 时会小概率发生读写错误和[CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误的修复说明 • 增加章节[TWAI 控制器] $\text{el} > \text{SJW}(N)$ 的负相位误差，将使之后发送的位数据左移和[GPIO] 同一组 GPIO 管脚内，边沿中断不能和其他中断一起使用 • 增加文档反馈链接
2018-12	v1.8	<ul style="list-style-type: none"> • 增加“ESP32 TWAI 相关问题”小节
2018-05	v1.7	<ul style="list-style-type: none"> • 增加章节[LEDC] LEDC 递减渐变，<i>duty</i> 值溢出错误
2018-05	v1.6	<ul style="list-style-type: none"> • 整体更新
2018-02	v1.5	<ul style="list-style-type: none"> • 增加章节[GPIO] 当一些 RTC 外设的电源打开时，GPIO36 和 GPIO39 的数字输入会被拉低约 80 ns
2018-02	v1.4	<ul style="list-style-type: none"> • 修正章节[CPU] CPU 访问外设时，如果连续不间断地写同一个地址，会出现数据丢失的现象 中前五个寄存器的名称里的笔误
2017-06	v1.3	<ul style="list-style-type: none"> • 增加章节[CPU] CPU 在访问外部 SRAM 时会小概率发生读写错误和[CPU] 双核 CPU 在读不同地址空间时可能会发生错误

日期	版本	发布说明
2017-04	v1.2	<ul style="list-style-type: none"> • 修改章节[复位] 芯片上电或 <i>Deep-sleep</i> 醒来后，会随机发生一次看门狗复位 中的描述 • 增加章节[复位] 由于 <i>flash</i> 启动的速度慢于芯片读取 <i>flash</i> 的速度，芯片上电或 <i>Deep-sleep</i> 醒来后，会随机发生一次看门狗复位
2016-12	v1.1	<ul style="list-style-type: none"> • 修订章节[CPU] CPU 使用 <i>cache</i> 访问外部 <i>SRAM</i> 时，特定条件下会发生读写错误 中的 MEMW 指令
2016-11	v1.0	<ul style="list-style-type: none"> • 首次发布

5 相关文档和资源

5.1 相关文档

- 《ESP32 技术规格书》—提供 ESP32 芯片的硬件技术规格。
- 《ESP32 技术参考手册》—提供 ESP32 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- 《ESP32 硬件设计指南》—提供基于 ESP32 芯片的产品设计规范。
- 证书
<https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates>
- ESP32 产品/工艺变更通知 (PCN)
<https://espressif.com/zh-hans/support/documents/pcns?keys=ESP32>
- ESP32 公告—提供有关安全、bug、兼容性、器件可靠性的信息。
<https://espressif.com/zh-hans/support/documents/advisories?keys=ESP32>
- 文档更新和订阅通知
<https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents>

5.2 开发者社区

- ESP32 ESP-IDF 编程指南—ESP-IDF 开发框架的文档中心。
- ESP-IDF 及 GitHub 上的其它开发框架
<https://github.com/espressif>
- ESP32 论坛—工程师对工程师 (E2E) 的社区，您可以在这里提出问题、解决问题、分享知识、探索观点。
<https://esp32.com/>
- The ESP Journal—分享乐鑫工程师的最佳实践、技术文章和工作随笔。
<https://blog.espressif.com/>

- SDK 和演示、App、工具、AT 等下载资源
<https://espressif.com/zh-hans/support/download/sdks-demos>

5.3 产品

- ESP32 系列芯片-ESP32 全系列芯片。
<https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP32>
- ESP32 系列模组-ESP32 全系列模组。
<https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP32>
- ESP32 系列开发板-ESP32 全系列开发板。
<https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP32>
- ESP Product Selector (乐鑫产品选型工具)-通过筛选性能参数、进行产品对比快速定位您所需要的产品。
<https://products.espressif.com/#/product-selector>

5.4 联系我们

- 商务问题、技术支持、电路原理图 & PCB 设计审阅、购买样品 (线上商店)、成为供应商、意见与建议
<https://espressif.com/zh-hans/contact-us/sales-questions>