

R X 3 2 G 4 1 0 应 用 笔 记

I2C 通信时钟配置

文档编号：AN00023

版本：V2.0

目录

1 简介	5
2 模块特性介绍	6
3 开始/停止条件参数对通信的影响.....	7
4 版本历史	8

表目录

表 2.1 I ² C 接口特性 ⁽¹⁾	6
表 4.1 版本历史	8

图目录

图 2.1 I2C 总线交流波形和测量电路	6
-----------------------------	---

1 简介

RX32G410 系列芯片的 I2C 模块挂载在高速总线（最高 192MHz）上。而受限于 I2C 模块固有特性，I2C_CR2 寄存器的 FREQ[5:0]位域配置时钟最高为 36MHz，故在通信中需额外注意。

为帮助工程师快速理解 I2C 模块通信相关重要参数和配置通信时钟相关寄存器，本文以 RX32G410（512KB Flash / 64KB SRAM）系列芯片为例，来介绍 I2C 通信关键参数和寄存器配置之间的关系，以使用户参考。

2 模块特性介绍

RX32G410 的 I2C 特性以及反映到通信时序的结果如下方图表：

表 2.1 I²C 接口特性⁽¹⁾

符号	描述	标准模式		快速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
t _w (SCLL)	SCL 时钟低时间	4.7	-	1.3	-	μs
t _w (SCLH)	SCL 时钟高时间	4	-	0.6	-	
t _{su} (SDA)	SDA 建立时间	250	-	100	-	ns
t _h (SDA)	SDA 数据保持时间	-	3450	-	900	
t _r (SDA) t _r (SCL)	SDA 和 SCL 上升时间	-	1000	-	300	
t _f (SDA) t _f (SCL)	SDA 和 SCL 下降时间	-	300	-	300	
t _h (STA)	开始条件保持时间	4	-	0.6	-	
t _{su} (STA)	重复的开始条件建立时间	4.7	-	0.6	-	μs
t _{su} (STO)	停止条件建立时间	4	-	0.6	-	
t _w (STO:STA)	停止至开始条件时间（总线空闲）	4.7	-	1.3	-	

1. 外设时钟频率最大 36MHz

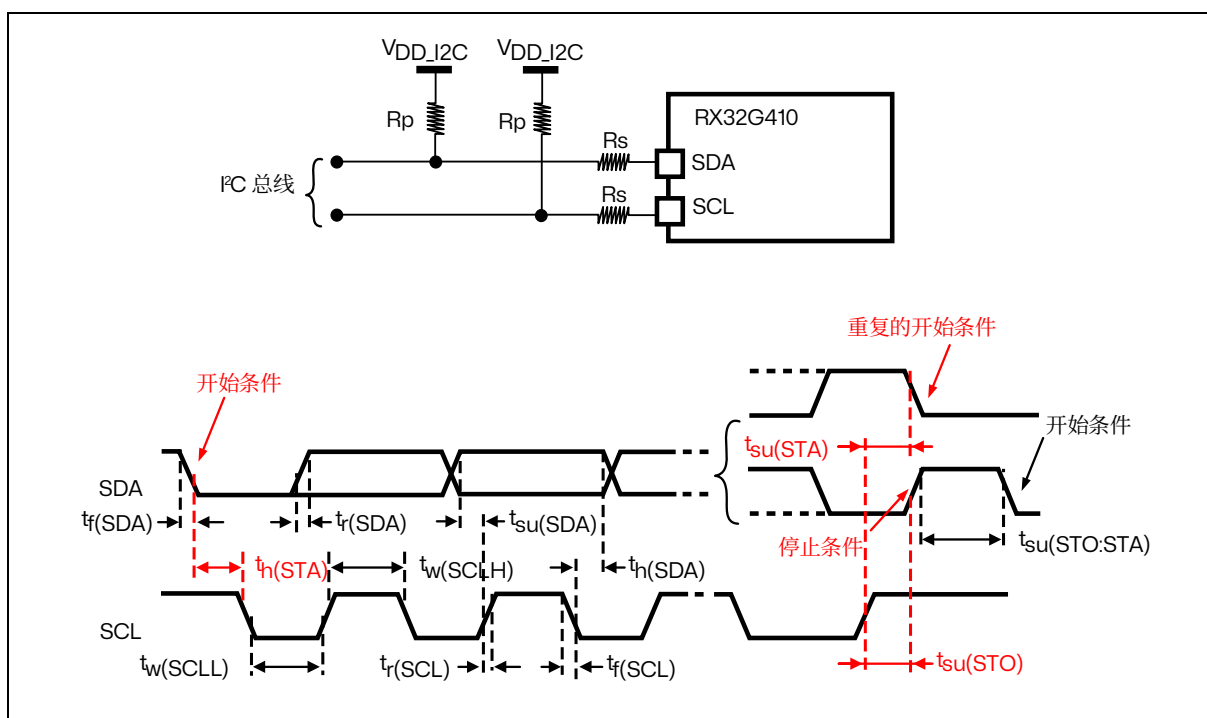


图 2.1 I2C 总线交流波形和测量电路

见上图红色高亮部分，开始条件/重复开始条件和停止条件均是 I2C 通信开始和停止的重要参数。这些参数在标准模式和快速模式下均有不同的最小值。为符合 I2C 通信规范，I2C 模块会根据 I2C_CR2 寄存器的 FREQ[5:0] 所给出的外设时钟频率进行计算得到。

3 开始/停止条件参数对通信的影响

见图 2.1 I2C 总线交流波形和测量电路中红色高亮部分，以 SDA 下拉完成到 SCL 开始下拉的时间为 $t_{h(STA)}$ （开始条件保持时间）为例，在 $FREQ[5:0]$ 配置外设时钟 36MHz 且处于 I2C 标准模式下，这个 $t_{h(STA)}$ 最小值 4us。 $t_{su(STA)}$ 则代表重复的开始条件建立时间，最小值 4.7us。

RX32G410 产品为了保证 I2C 的标准最小值，设计采用了 5us 来衡量 $t_{h(STA)}$ 时长以此代表开始条件。而 $t_{h(STA)}$ 的时长计算方式则是通过 I2C 内部计数器 CNT。当 I2C 内部计数器 CNT 达到目标值，I2C 模块则认为产生了一次正确的开始条件。

- 计算公式为： $CNT = 5us / FREQ[5:0]$ 。

例如： $FREQ[5:0] = 0b100100$ ，即 36Mhz，则 $CNT = 5us / 36Mhz = 5us / ((1/36) us) = 180$ 。

上一节提到，由于 I2C 挂载在高速总线上 ($f_{I2C} = f_{\text{高速总线}}$)，故 CNT 计数的频率和 $f_{\text{高速总线}}$ 挂钩。若 $FREQ[5:0]$ 和 $f_{\text{高速总线}}$ 不一致，当 CNT 以 $f_{\text{高速总线}}$ 的频率计数到目标值等于 I2C 模块以 $FREQ[5:0]$ 的频率认为的目标值，会导致 $t_{h(STA)}$ 与标准的 5us 产生误差。

因 I2C_CR2 寄存器 $FREQ[5:0]$ 位域限定外设时钟 2MHz~36MHz，当 $f_{\text{高速总线}}$ 和 $FREQ[5:0]$ 不匹配时：

例如： $f_{I2C} = f_{\text{高速总线}} = 192MHz$ ， $FREQ[5:0] = 36MHz$

此时 CNT 以 $FREQ[5:0]$ 的频率计数目标值 180 应该需要 5us。而实际 CNT 以 $f_{\text{高速总线}}$ 的频率计数目标值 180 仅需约 1us，这会导致 $t_{h(STA)}$ 小于 I2C 特性规定的标准，可能引发通信失败。该影响针对不同 I2C 通信设备所需的极限性能所导致的情况均有不同。

4 版本历史

表 4.1 版本历史

日期	版本	更改内容
2026 年 07 月 27 日	V2.0	新版