

GX28E17

1-Wire 从机转 I²C 主机的通信桥

基本性能

- 通过1-Wire接口控制远端I²C外设
- 出厂预置唯一的64位1-Wire ROM ID
- 1-Wire接口支持15kbps和77kbps通信速率
- I²C接口支持100kHz, 400kHz和1MHz通信速率
- I²C接口支持时钟延展功能
- 芯片封装: **16-Pin TQFN**
- 温度范围: **- 40°C ~ +125°C**
- 电源范围: **2.4V ~ 5.5V**
- 低静态电流
 - 正常工作: **1.5mA (typ)**
 - 睡眠模式: **0.3μA (typ)**

应用场景

- 远端外设识别与控制
- I²C 传感器
- 显示控制器
- 数模、模数转换器

芯片概述

GX28E17是一款1-Wire从机转I²C主机的通信桥。通信数据通过1-Wire协议串行传输,并转换为相应I²C输出。1-Wire协议仅需要单根信号线,可以有效节省GPIO资源。

GX28E17在1-Wire总线中具有唯一的ROM ID用作节点地址,从而确保芯片可以与1-Wire总线中其他设备共存,并且可以单独访问而不影响其他设备。

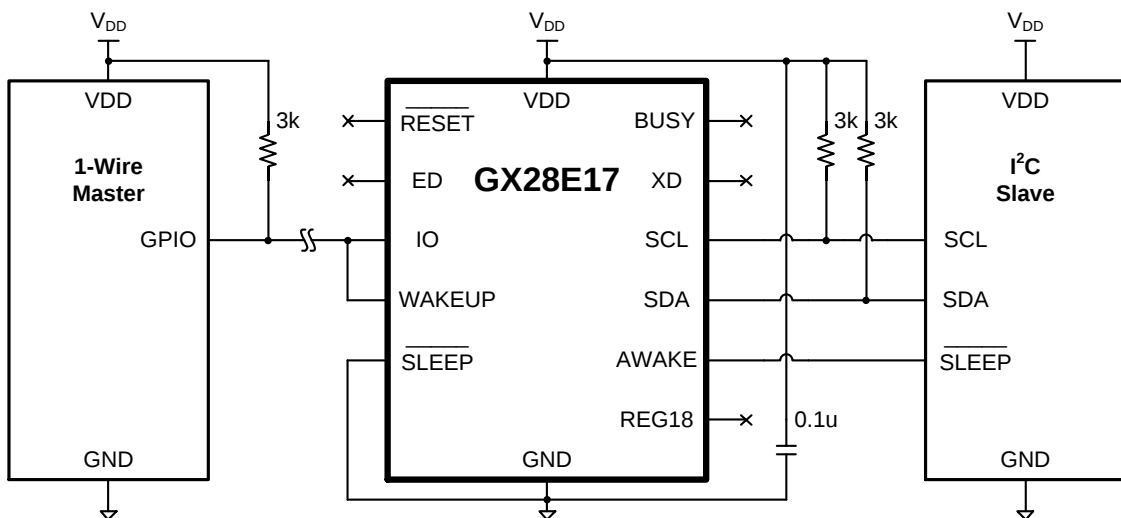
GX28E17灵活支持不同的1-Wire和I²C速度模式,可以适用于多种复杂I²C从机场景,如显示控制器、模数转换器、数模转换器、I²C传感器等等。

GX28E17支持低功耗应用场景。通过Sleep引脚或1-Wire命令可以开启睡眠模式,将功耗降低为0.3uA。独立的Sleep引脚、Wakeup引脚与Awake引脚可以灵活满足用户使用需求。其中Awake引脚可用于控制远端供电。

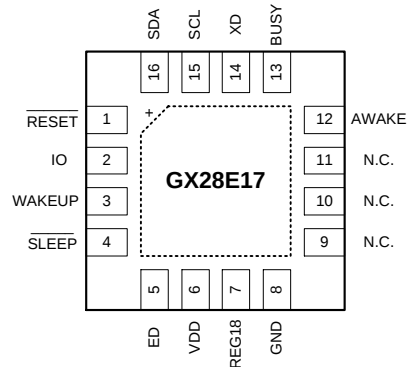
芯片封装信息

产品编号	封装信息	芯片封装尺寸
GX28E17	TQFN (16)	4.0 mm × 4.0 mm × 0.75 mm

典型应用电路示意图



引脚配置和功能



引脚功能

编号	名称	类型	描述
1	RESET	双向	低电平有效复位。该引脚可以输出，作为其他器件的复位源。 该引脚也可以输入外部的低电平有效复位。内置上拉电阻实现与内部复位源的 Wire-AND。
2	IO	开漏输出	1-Wire 通信引脚。开漏输出，需要上拉电阻。
3	WAKEUP	输入	唤醒引脚。该引脚检测到上升沿时，GX28E17 将进入唤醒状态。
4	SLEEP	输入	休眠引脚。该引脚检测到下降沿时，GX28E17 将进入休眠状态。
5	ED	推挽输出	错误标志。GX28E17 检测到通信错误时，该引脚输出低，直到接收 1-Wire 复位命令。 通信错误包括：功能命令无效，CRC-16 校验错误，I ² C 通信错误。
6	VDD	—	电源引脚。电压范围为 2.4V~5.5V。该引脚需要 0.1uF 旁路电容。
7	REG18	—	稳压输出引脚。典型输出 1.8V。该引脚最大驱动 200uA 负载。
8	GND	—	地引脚。
9,10,11	N.C.	—	空。
12	AWAKE	推挽输出	唤醒标志。GX28E17 处于唤醒状态时，该引脚输出高；否则输出低。 该引脚可用于唤醒或休眠其他器件（基于 GX28E17 的唤醒状态）。
13	BUSY	推挽输出	忙标志。GX28E17 接收到完整 1-Wire 数据包后，该引脚输出低，直到 I ² C 通信完成。 该标志为低时，GX28E17 将忽略所有的 1-Wire 通信。
14	XD	推挽输出	等待数据标志。GX28E17 接收到功能命令后，该引脚输出低，直到接收完整 1-Wire 数据包。 注意：对于无需 1-Wire 数据包的功能命令，该引脚不会输出低。
15	SCL	开漏输出	I ² C 串行时钟引脚。需要上拉电阻。
16	SDA	开漏输出	I ² C 串行数据引脚。需要上拉电阻。

技术指标

极限工作指标

	最小	最大	单位
电源电压 VDD	-0.5	6	V
任意引脚电压	-0.5	(VDD+0.5) and ≤ 6	V
工作温度范围	-55	150	°C
结温		150	°C
存放温度	-60	150	°C

除非另有说明，上述表格中均指在大气温度范围内的指标。超出上述表格所给范围可能会导致芯片永久损坏。

静电保护

		值	单位
静电放电电压 V _{ESD}	Human Body Mode (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±5000	V
	Machine Mode (MM), per JEDEC-STD Classification	300	V

建议使用范围

	最小	典型	最大	单位
电源电压 VDD	2.4	3.3	5.5	V
工作温度 T _A	- 40	25	125	°C

除非另有说明，上述表格中均指在大气温度范围内的指标。

电学特性

若非特殊说明，以下数据均为芯片在 T_A= - 40~125°C，VDD=2.4V~5.5V 区间内的特性。（典型工作条件为+25°C和 3.3V）

参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
电源电流	唤醒状态		1.5	2.5	mA
	休眠状态		0.3	16	uA
唤醒时间			2		us
稳压输出		1.62	1.8	1.98	V

详细 说明

GX28E17 由 1-Wire 通信前端（从机）、I²C 总线控制器（主机）和桥接两种通信协议的主控逻辑组成。上位机与 GX28E17 使用 1-Wire 总线进行串行数据传输。上位机通过发送和接收 1-Wire 数据包（由功能命令、I²C 从机地址、I²C 数据长度和 I²C 数据内容等组成）来控制 I²C 总线。**注意：1-Wire 读写均从数据最低位开始。**

1-Wire 总线是仅使用单根信号线实现的单主机多从机通信系统。总线上的所有器件都需要在适当的时机驱动总线，因此必须以开漏输出的形式挂载到总线中。1-Wire 协议是基于命令的协议，如图 1 所示为 GX28E17 的命令层级架构。



图 1 GX28E17 的命令层级架构

GX28E17 支持标准模式和超速模式，分别对应 15kbps 和 77kbps 的最大通信速率。1-Wire 上拉电阻值主要取决于总线的网络规模和电容负载情况。规模越大或负载越重，通常需要更小的上拉电阻以满足 1-Wire 时序要求。

GX28E17 在 1-Wire 总线中具有 64 位唯一的 ROM ID 用作节点地址，从而确保芯片可以与 1-Wire 总线上其他设备共存，并且可以单独访问而不影响其他设备。ROM ID 由 8 位的家族码，48 位的唯一序列号和 8 位的校验码组成，如图 2 所示。其中，校验码为家族码和序列号的循环冗余校验（CRC），生成多项式为 $x^8+x^5+x^4+1$ 。

循环冗余校验（CRC）生成器由如图 3 所示的移位寄存器和异或门组成。首先设置移位寄存器初始值为全 0，然后按照从家族码最低位到序列号最高位的顺序开始按位移入。数据移入完成时，移位寄存器中的值即为循环冗余校验码（CRC）。如果继续按照从最低位到最高位的顺序将校验码按位移入，则移位寄存器中的值将重新变为全 0。

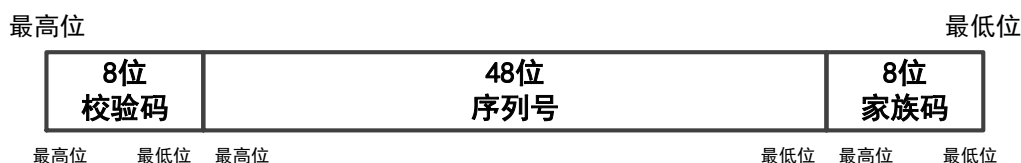


图 2 64 位 ROM ID

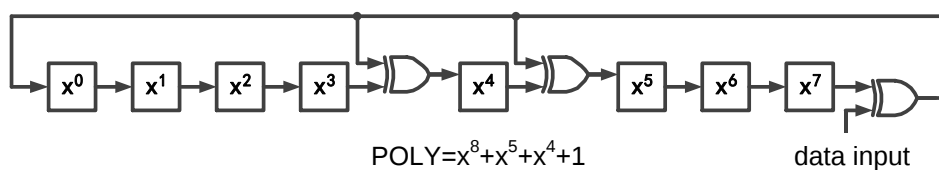


图 3 CRC-8 生成器

1-Wire 信号时序

GX28E17 需要严格的协议来确保通信数据的完整性。1-Wire 协议在单根信号线上定义了以下六种基本信号类型：复位脉冲，响应脉冲，写 0，写 1，读 0，读 1。除响应脉冲外，所有信号都由主机启动，且以总线下沿沿为计时起点。GX28E17 支持两种 1-Wire 通信速度模式：标准模式和超速模式。其中，超速模式需要通过特定命令才能进入，并在接收到标准模式复位脉冲（总线拉低超过 480us）时退出。超速模式下将应用更快的时序。

由复位脉冲和紧随其后的响应脉冲所组成的初始化序列(如图 4 所示)是 1-Wire 协议所有通信都必需的开始步骤。主机通过在标准模式下拉低总线超过 480us 或超速模式下拉低总线超过 48us 向总线发送复位脉冲。GX28E17 识别到复位脉冲后会复位自身通信状态，并在复位脉冲结束后（主机释放总线）等待一定时间（15~60us 或 2~6us）再发送响应脉冲（通过拉低总线 60~240us 或 8~24us）。为了检测响应脉冲，主机必须在特定窗口时间内对总线采样。当采样到总线为低电平时，说明存在响应脉冲，表示 GX28E17 已经准备好开始通信；当采样到总线为高电平时，说明不存在响应脉冲，表示复位脉冲未被 GX28E17 识别，或总线上未挂载任何器件。

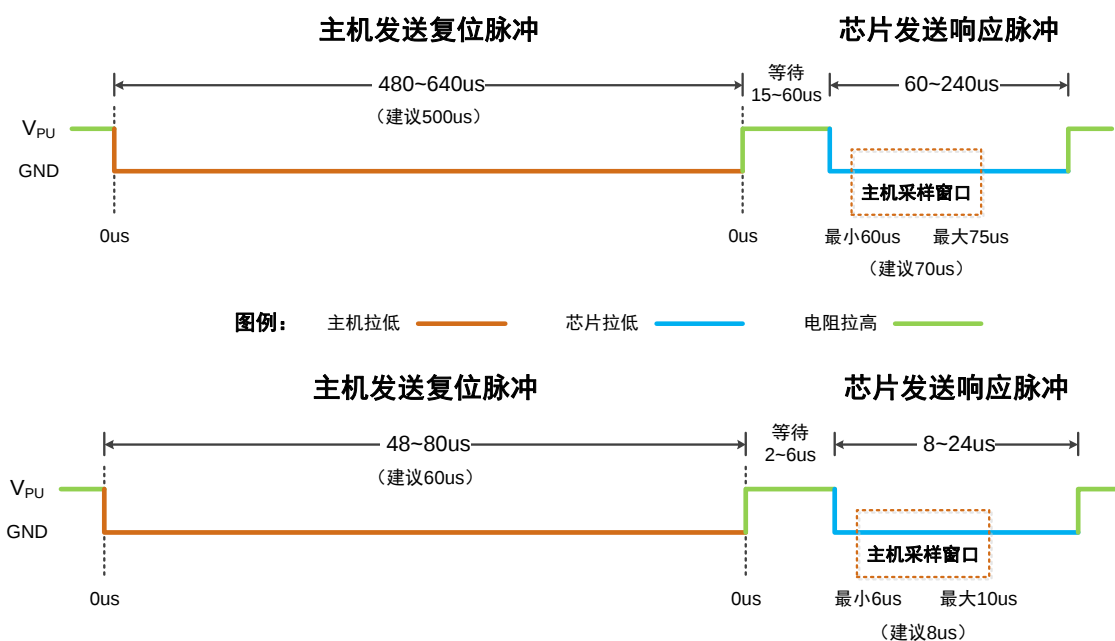


图 4 初始化序列（上：标准模式；下：超速模式）

1-Wire 数据传输以时隙（Time Slot）为基本单位，每次仅携带一位数据。其中，写时隙将主机发送的数据传输给 GX28E17；读时隙将 GX28E17 发送的数据传输给主机。读写时隙均开始于主机拉低总线。时隙宽度在标准模式下不短于 65us，超速模式下不短于 13us。相邻时隙之间必须提供不短于 1us 的恢复时间。两者决定了最大可能通信速率。

写时隙启动后，GX28E17 将在特定窗口时间内对总线采样，如图 5 所示。采样结果即为 GX28E17 接收到的一位数据。因此，写时隙可以进一步区分为以下两种信号：

- 写 1 时隙：主机拉低总线后，必须在 15us 内释放总线；（超速模式下为 2us 内）
- 写 0 时隙：主机拉低总线后，必须维持至少 60us 才能释放总线。（超速模式下为至少 6us）

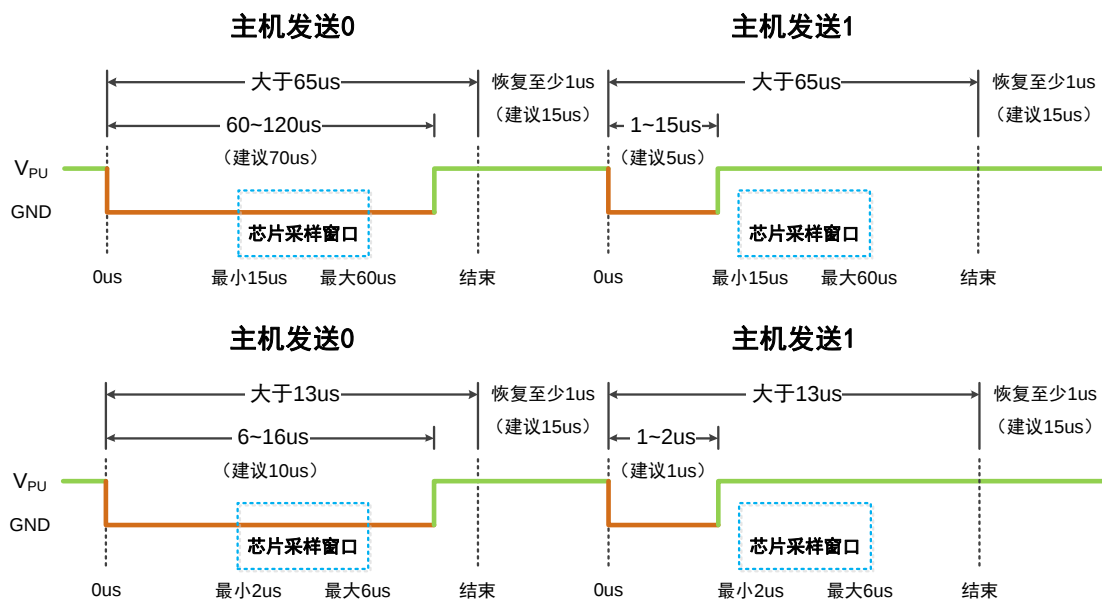


图5 写时序（上：标准模式；下：超速模式）

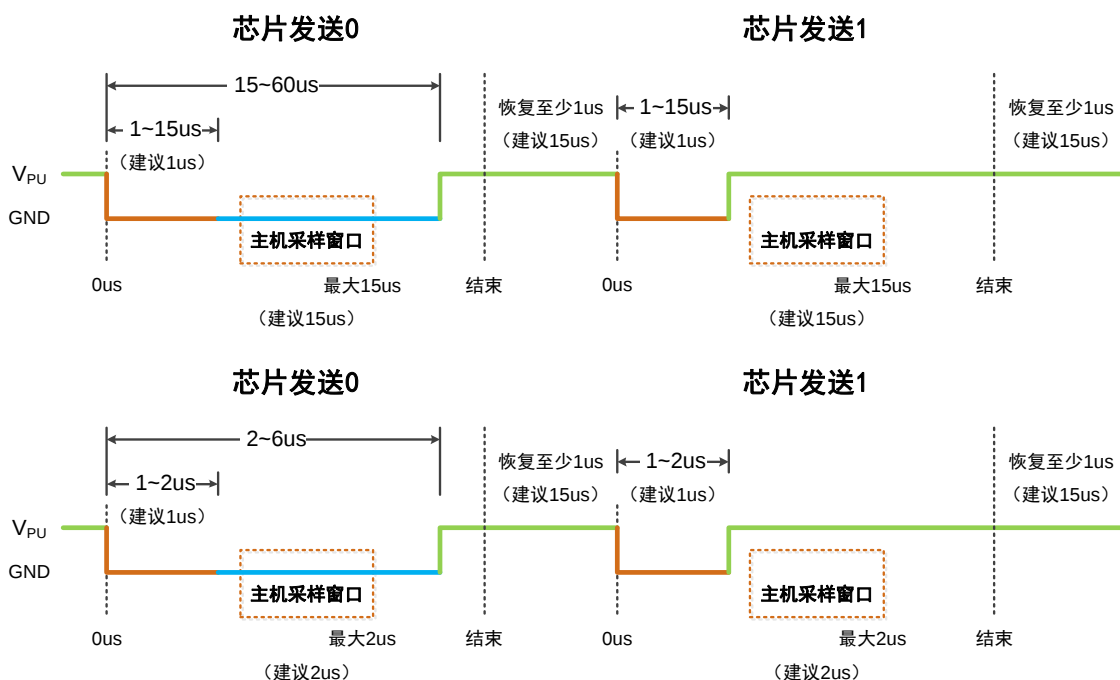


图6 读时序（上：标准模式；下：超速模式）

当且仅当主机启动读时隙时，GX28E17 才能向主机发送数据。如图 6 所示，主机拉低总线启动读时隙后，必须维持 1~15 μ s 以确保总线下降沿能够被 GX28E17 识别。如果 GX28E17 识别成功，将根据自身即将发送的数据来决定对总线的后续操作。因此，读时隙可以进一步区分为以下两种信号：

- 读 1 时隙：从总线下降沿开始，直接释放总线；
- 读 0 时隙：从总线下降沿开始，拉低总线并维持 15~60 μ s。（超速模式下为 2~6 μ s）

为了接收 GX28E17 发送的数据，主机必须在特定窗口时间内对总线采样，采样结果即为所接收到的一位数据。

注意：读 0 时隙的数据有效时间最短为 15 μ s（超速模式下为 2 μ s），因此采样窗口最大不能超过该有效时间。出于最大化时序裕度的考虑，建议将主机释放总线时间尽可能提前（标准模式和超速模式均取 1 μ s），将主机采样时间尽可能延后（标准模式下取 15 μ s，超速模式下取 2 μ s）。

在 1-Wire 环境中，受噪声串扰和信号反射等因素影响，总线跳变沿可能会出现振铃或毛刺等非理想波形，使得 GX28E17 失去与主机的同步，从而导致搜索寻址命令（Search ROM）进入死循环或功能命令被迫终止等后果。为了改善在 1-Wire 多从机网络应用的性能，GX28E17 使用施密特迟滞输入和毛刺滤波电路抑制了对总线噪声的敏感度。图 7 列举了三种典型情况下 GX28E17 对总线噪声的抑制特性：（毛刺滤波电路仅在标准模式启用，在超速模式禁用）

- 情况一：总线电压超过高阈值（ V_{TH} ）但并未回落至低阈值（ V_{TL} ），该毛刺被施密特滤除；
- 情况二：总线电压超过高阈值后在 1 μ s 内回落至低阈值，该毛刺被滤波电路滤除；
- 情况三：总线电压超过高阈值后在 1 μ s 后回落至低阈值，该毛刺未被滤除，并被视作新时隙开始。

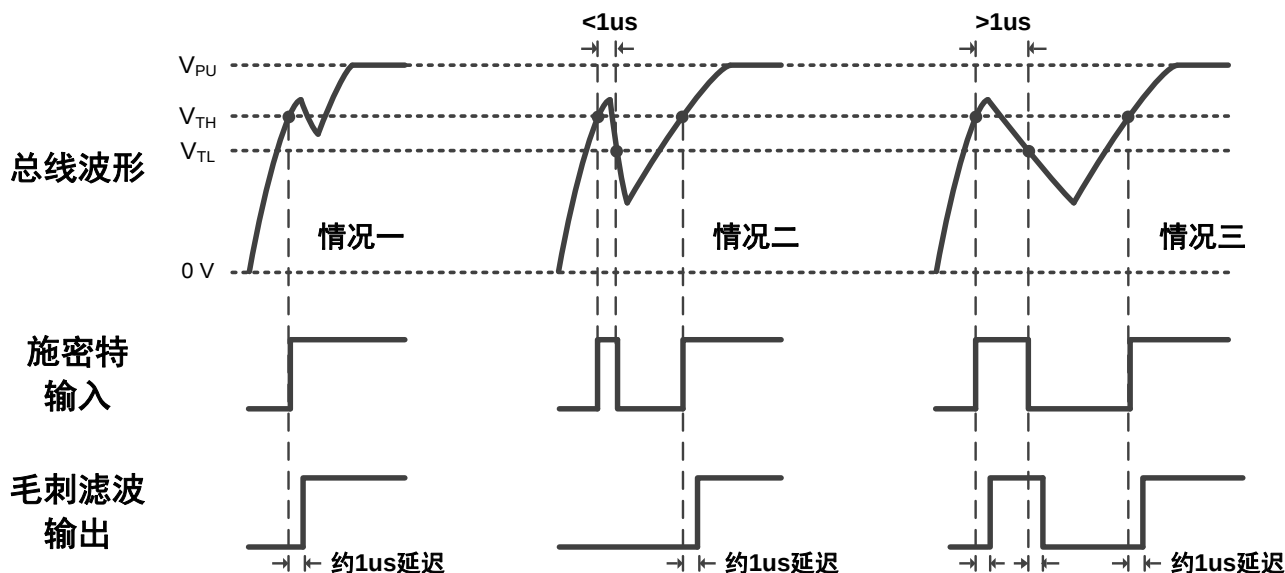


图 7 噪声抑制特性

1-Wire 通信流程

GX28E17 的 1-Wire 通信流程由初始化序列、寻址命令、功能命令和 I²C 数据这四个部分组成。当初始化完成后，主机可以发送寻址命令来搜索和选择特定器件。GX28E17 支持七种寻址命令，其执行流程如图 8 所示。

- **读寻址 (Read ROM) [33h]**

该命令读出器件的 64 位 ROM ID。注意：如果总线上挂载有多个器件，那么所有器件会同时开始发送数据，使得总线出现数据冲突。在开漏连接下总线表现为线与输出 (Wire-AND)，即读出数据为所有器件 ROM ID 的按位与。此时，读出的家族码和序列号的循环冗余校验码将与读出的校验码不匹配。

- **匹配寻址 (Match ROM) [55h]**

该命令紧接 64 位 ROM ID，用于寻址特定的器件。只有 ROM ID 完全匹配的器件才会执行后续的功能命令，其余所有器件进行空闲状态，等待下一次复位脉冲。

- **搜索寻址 (Search ROM) [F0h]**

当系统最初启动时，主机可能并不知道总线上挂载器件的数量及其 ROM ID。该命令配合相应的二叉树搜索算法，可以确认总线上所有器件的 ROM ID。从最低位开始，对于 ROM ID 的每一位，主机会启动三个时隙。第一个时隙，所有参与搜索的器件会发送其 ROM ID 在该位的真值；第二个时隙，所有参与搜索的器件会发送其 ROM ID 在该位的反值；第三个时隙，主机会发送在该位想选择的真值。所有在该位与主机选择值不匹配的器件都会退出后续搜索过程，等待下一次复位脉冲。利用总线的线与特性 (Wire-AND)，可以根据第一、二个时隙的读出结果推测出参与搜索的所有器件其 ROM ID 在当前位的信息。当真值和反值均为 0 时，说明参与搜索的器件其 ROM ID 在当前位存在差异。通过选取第三个时隙的选择值，可以进入搜索树中的一条分支。一轮搜索结束后，该 64 位选择值即为总线上一个器件的 ROM ID。此时，除该器件外的所有器件都进入空闲状态。重复多轮即可确认总线上所有器件的 ROM ID。

- **跳过寻址 (Skip ROM) [CCh]**

该命令可以直接寻址总线上的所有器件。注意：如果后续功能命令为读类型命令，总线将会出现数据冲突。

- **恢复寻址 (Resume ROM) [A5h]**

该命令可以直接寻址前一次所选择的器件，从而最大化数据吞吐率。GX28E17 内部设置有 RC 标志。当且仅当搜索、匹配或超速匹配命令执行成功时，RC 标志才会置为 1。而在每次开始执行搜索、匹配、超速匹配、读、跳过或超速跳过命令前，RC 标志都会置为 0。一旦 RC 标志为 1，主机就可以通过恢复命令重复寻址该器件。

- **超速跳过寻址 (Overdrive-Skip ROM) [3Ch]**

该命令可以直接寻址总线上所有器件，同时配置所有支持超速模式的器件均进入超速模式 (OD=1)。后续通信必须满足超速模式下的信号时序，直到标准模式复位脉冲 (总线拉低超过 480us) 将所有器件复位至标准模式 (OD=0)。

- **超速匹配寻址 (Overdrive-Match ROM) [69h]**

该命令紧随在超速模式发送的 64 位 ROM ID，可以寻址特定的器件，同时配置其进入超速模式 (OD=1)。如果在接收该命令以前，器件已处于超速模式，则匹配成功与否都不会退出超速模式，直到接收标准模式复位脉冲。

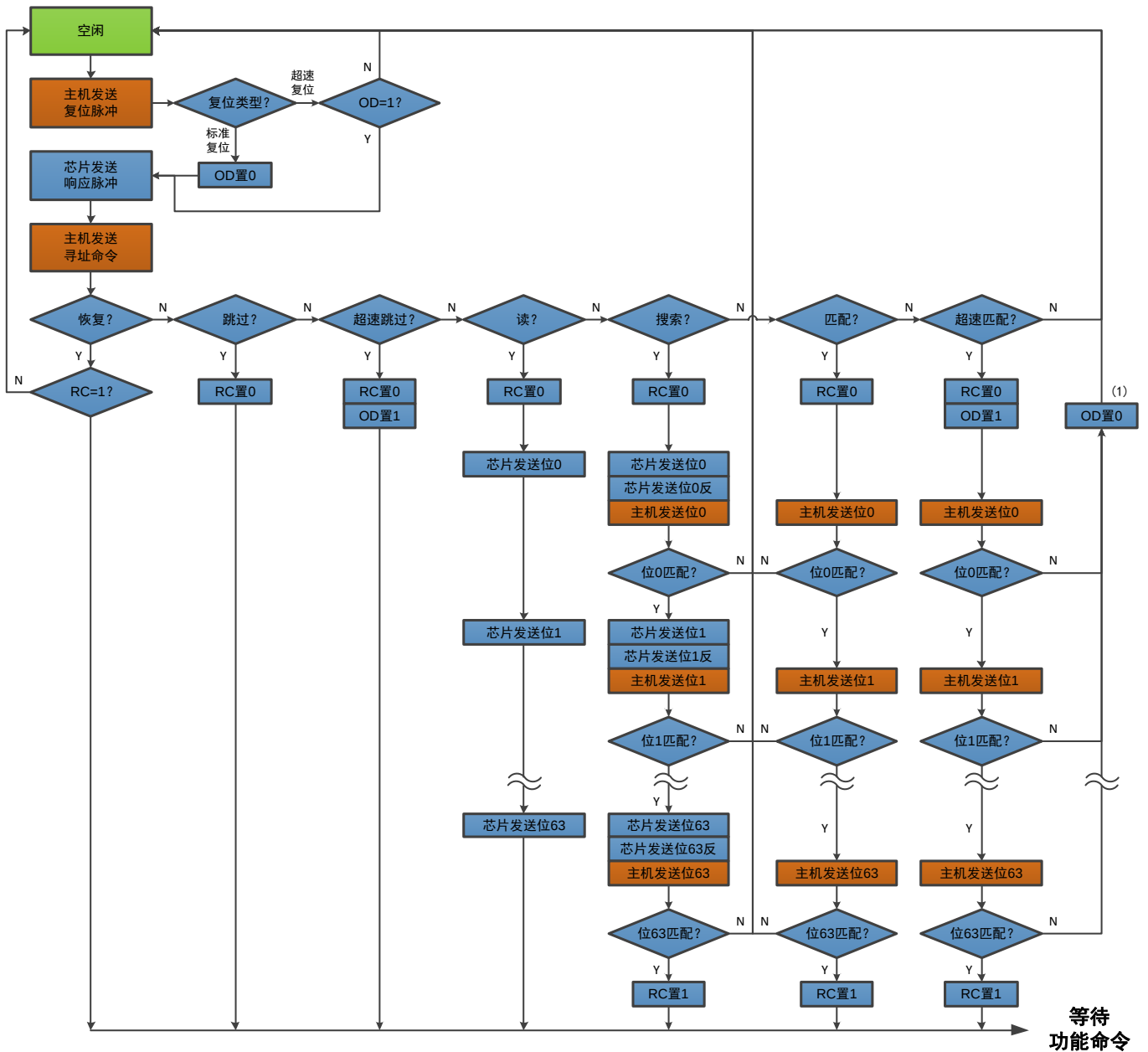


图8 寻址命令流程

注(1): 如果在接收[超速匹配]命令前已处于超速模式, 则 OD 标志将保持为 1

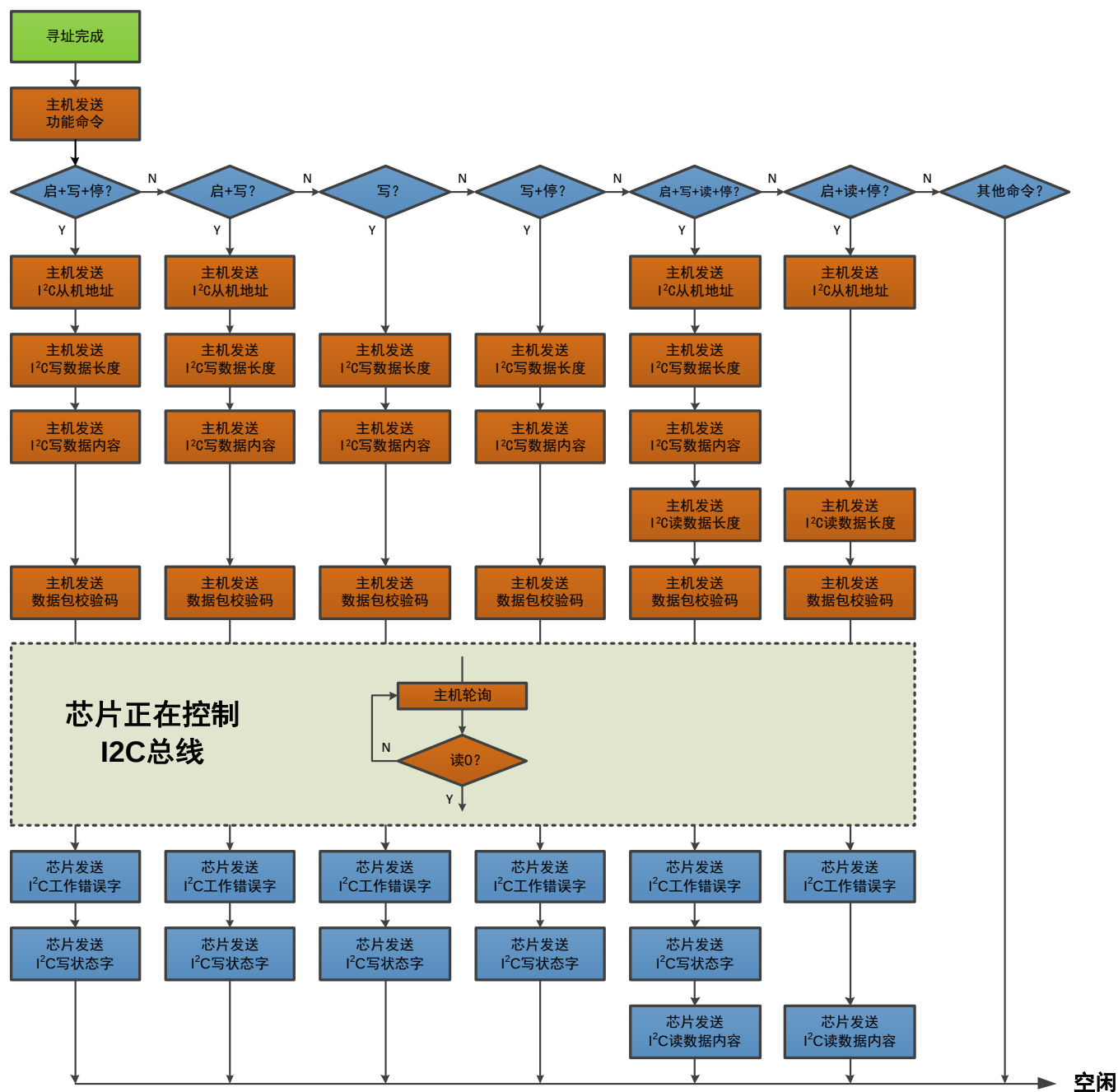


图9 功能命令流程

被寻址的 GX28E17 可以接收和执行后续功能命令。GX28E17 支持六种 I²C 控制命令，其执行流程如图 9 所示。这些命令和相应附加参数（I²C 从机地址、写数据长度、写数据内容、读数据长度和校验码）一起组成 1-Wire 数据包。其中，读写数据长度代表写入或读出数据的字节数，可设置为 1~255。如果长度设为 0，将导致错误标志引脚（ED）置位，同时 GX28E17 进入空闲状态。16 位校验码为 1-Wire 数据包（除校验码本身外）的循环冗余校验码（CRC），生成多项式为 $x^{16}+x^{15}+x^2+1$ 。与 ROM ID 中的 CRC-8 不同，CRC-16 使用校验结果的**反相**。GX28E17 内置如图 10 所示的 CRC-16 生成器，会在接收数据包的同时进行 CRC-16 计算。如果计算结果与接收的校验码不匹配，将导致错误标志引脚（ED）置位，同时 GX28E17 进入空闲状态。

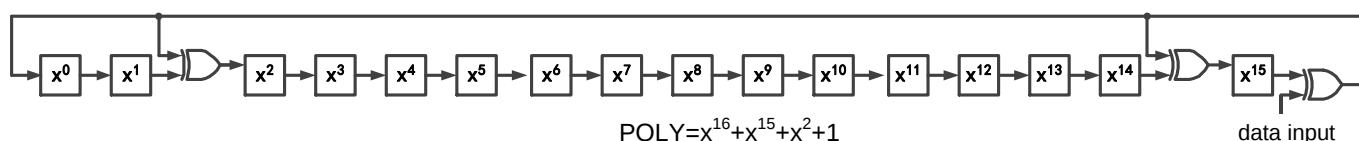


图 10 CRC-16 生成器

当 1-Wire 数据包发送完成后，GX28E17 将依据数据包内容开始控制 I²C 总线。此时，主机可以通过三种方式查询工作完成情况：1.等待特定延时；2.轮询忙标志引脚（BUSY）；3.轮询总线（连续启动读时隙，读 1 说明尚未完成，读 0 说明已经完成）。**无论采取何种方式，主机都必须至少查询一次总线，将代表工作完成的数据位 0 读出，才能读出后续的数据字节。**查询总线完成后，主机可以选择读出表示 I²C 通信情况的两个字节（错误状态字和写状态字）。

表 1 错误状态字

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	无效启动	0	无效地址	校验出错

表 2 错误状态字内容说明

标志名称	描述
无效启动	值为 1 说明：GX28E17 发送启动条件时，SCL 总线被其他器件下拉，导致启动条件未能正确产生。
无效地址	值为 1 说明：GX28E17 发送的 I ² C 地址未被 ACK。
校验出错	值为 1 说明：GX28E17 计算的数据包校验码与接收的校验码不匹配。

表 3 写状态字

7	6	5	4	3	2	1	0
WB[7]	WB[6]	WB[5]	WB[4]	WB[3]	WB[2]	WB[1]	WB[0]

表 4 写状态字内容说明

标志名称	描述
WB[7:0]	指示写数据从第几个字节开始被从机 NACK；值为 0 代表所有字节均被从机 ACK。

当错误状态字的值不为 00h 时，错误标志引脚（ED）将置位，直到接收 1-Wire 复位脉冲时才会清除。同时，写状态字的值将为 FFh，因为 I²C 通信并未启动。

为了更直观地描述功能命令，定义如下图例：

表 5 颜色图例说明

1-Wire	主机写 GX28E17
	主机读 GX28E17
	主机轮询 GX28E17
I ² C	GX28E17 写 I ² C 从机
	GX28E17 读 I ² C 从机

表 6 I²C 标识说明

标识	描述
S	启动条件
Sr	重复启动条件
AD,0	写地址
AD,1	读地址
xxh _[#]	写数据
(xxh) _[#]	读数据
P	停止条件
ACK	确认
NACK	未确认

表 7 通用 1-Wire 数据流（下文省略初始化和寻址）

初始化		寻址	1-Wire 数据包		I ² C 控制过程	返回结果	
复位脉冲	响应脉冲	寻址命令	功能命令	命令参数	轮询	状态字	读数据

表 8 典型 I²C 数据流（以写两字节为例）

I ² C 控制过程							
S	AD,0	ACK	xxh _[1]	ACK	xxh _[2]	ACK	P

- **启动，写数据，停止（Write Data with Stop）[4Bh]**

该命令寻址 I²C 从机，并在一次通信中写 1~255 字节。写数据内容的字节数必须与写数据长度相匹配，GX28E17 会根据长度来决定何时停止接收。如果不匹配，GX28E17 可能误将部分数据识别为 CRC-16，导致命令校验出错。

1-Wire 数据流：

命令 [4Bh]	从机 地址	写数据 长度	写数据 内容	数据包 校验码	轮询	错误 状态字	写 状态字
-------------	----------	-----------	-----------	------------	----	-----------	----------

预期 I²C 输出：

S	AD,0	ACK	xxh _[1]	ACK	...	xxh _[255]	ACK	P
---	------	-----	--------------------	-----	-----	----------------------	-----	---

- **启动，写数据（Write Data no Stop）[5Ah]**

该命令寻址 I²C 从机，写 1~255 字节，但并不发送停止条件来结束本次 I²C 通信。

1-Wire 数据流：

命令 [5Ah]	从机 地址	写数据 长度	写数据 内容	数据包 校验码	轮询	错误 状态字	写 状态字
-------------	----------	-----------	-----------	------------	----	-----------	----------

预期 I²C 输出：

S	AD,0	ACK	xxh _[1]	ACK	...	xxh _[255]	ACK
---	------	-----	--------------------	-----	-----	----------------------	-----

- **写数据（Write Data Only）[69h]**

该命令写 1~255 字节，但并不发送停止条件来结束本次 I²C 通信。

1-Wire 数据流：

命令 [69h]	写数据 长度	写数据 内容	数据包 校验码	轮询	错误 状态字	写 状态字
-------------	-----------	-----------	------------	----	-----------	----------

预期 I²C 输出：

xxh _[1]	ACK	...	xxh _[255]	ACK
--------------------	-----	-----	----------------------	-----

● 写数据，停止（Write Data Only with Stop）[78h]

该命令写 1~255 字节后，发送停止条件结束本次通信。该命令可以与前两条命令组合使用，用于在一次 I²C 通信（开始于启动条件，结束于停止条件）中传输大量数据。

1-Wire 数据流：

命令 [78h]	写数据 长度	写数据 内容	数据包 校验码	轮询	错误 状态字	写 状态字
-------------	-----------	-----------	------------	----	-----------	----------

预期 I²C 输出：

xxh _[1]	ACK	...	xxh _[255]	ACK	P
--------------------	-----	-----	----------------------	-----	---

● 启动，读数据，停止（Read Data with Stop）[87h]

该命令寻址 I²C 从机，并在一次通信中读 1~255 字节，最后发送停止条件结束本次 I²C 通信。

1-Wire 数据流：

命令 [87h]	从机 地址	读数据 长度	数据包 校验码	轮询	错误 状态字	读数据 内容
-------------	----------	-----------	------------	----	-----------	-----------

预期 I²C 输出：

S	AD,1	ACK	(xxh) _[1]	ACK	...	(xxh) _[255]	NACK	P
---	------	-----	----------------------	-----	-----	------------------------	------	---

● 启动，写数据，读数据，停止（Write, Read Data with Stop）[2Dh]

该命令首先寻址 I²C 从机，写 1~255 字节。接着通过重新寻址修改 I²C 方向为读，再读 1~255 字节。最后发送停止条件结束本次 I²C 通信。

1-Wire 数据流：

命令 [2Dh]	从机 地址	写数据 长度	写数据 内容	读数据 长度	数据包 校验码	轮询	错误 状态字	写 状态字	读数据 内容
-------------	----------	-----------	-----------	-----------	------------	----	-----------	----------	-----------

预期 I²C 输出：

S	AD,0	ACK	xxh _[1]	ACK	...	xxh _[255]	ACK	Sr
	AD,1	ACK	(xxh) _[1]	ACK	...	(xxh) _[255]	NACK	P

除上述六种 I²C 控制命令外，GX28E17 还支持三种配置命令，用于修改 I2C 通信速率和进入休眠状态。因为配置命令不操纵 I2C 总线，所以不会返回错误状态字和写状态字。

● 写配置（Write Configuration）[D2h]

该命令用于写 I²C 通信速率配置字。

1-Wire 数据流：

复位 脉冲	响应 脉冲	寻址 命令	命令 [D2h]	配置字
----------	----------	----------	-------------	-----

表 9 配置字（上电初始值为 01h）

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	SPD[1]	SPD[0]

表 10 配置字内容说明

标志名称	描述
SPD[1:0]	00b=100kHz, 01b=400kHz, 10b=1MHz, 11b=未用

● 读配置（Read Configuration）[E1h]

该命令用于读 I²C 通信速率配置字。

1-Wire 数据流：

复位 脉冲	响应 脉冲	寻址 命令	命令 [E1h]	配置字
----------	----------	----------	-------------	-----

● 进入休眠状态（Enable Sleep Mode）[1Eh]

该命令配置 GX28E17 进入休眠状态。该命令与休眠引脚（SLEEP）功能相同。GX28E17 在休眠后会关闭所有模块，此时所有的 1-Wire 通信都将被忽略。检测到唤醒引脚（WAKEUP）上升沿时，GX28E17 将退出休眠状态。

1-Wire 数据流：

复位 脉冲	响应 脉冲	寻址 命令	命令 [1Eh]
----------	----------	----------	-------------

I²C 信号时序

I²C 总线是一种两线半双工的多从机通信系统，由串行数据线（SDA）和串行时钟线（SCL）组成。SDA 和 SCL 必须配置成开漏输出。**注意：I²C 读写均从数据最高位开始。**每传输一位数据，SCL 将对应生成一个时钟脉冲。为了确保通信数据的完整性，I²C 总线约定：SCL 为高时，SDA 必须稳定；SCL 为低时，SDA 才允许变化。如果在 SCL 为高时 SDA 出现上升沿或下降沿，这两种特殊情况将定义为 I²C 通信的启动条件和停止条件。启动条件、停止条件和 SCL 时钟脉冲只能由主机产生。总线上的每个从机都必须拥有唯一的地址，并被主机寻址。

GX28E17 作为 I²C 总线控制器（即主机），支持 100kHz、400kHz 和 1MHz 三种通信速率，关键时序参数如下：

表 11 I²C 总线控制器时序参数

参数	符号	100kHz	400kHz	1MHz
重复启动条件建立时间	t _{SU,STA}	5.25us	1.25us	0.50us
启动条件保持时间	t _{HD,STA}	5.25us	1.25us	0.50us
数据建立时间	t _{SU,DAT}	5.00us	1.00us	0.25us
数据保持时间	t _{HD,DAT}	0.25us	0.25us	0.25us
时钟高脉冲宽度	t _{HI,SCL}	5.25us	1.25us	0.50us
时钟低脉冲宽度	t _{LO,SCL}	5.25us	1.25us	0.50us
停止条件建立时间	t _{SU,STO}	5.25us	1.25us	0.50us
总线恢复时间	t _{BUF}	5.25us	1.25us	0.50us

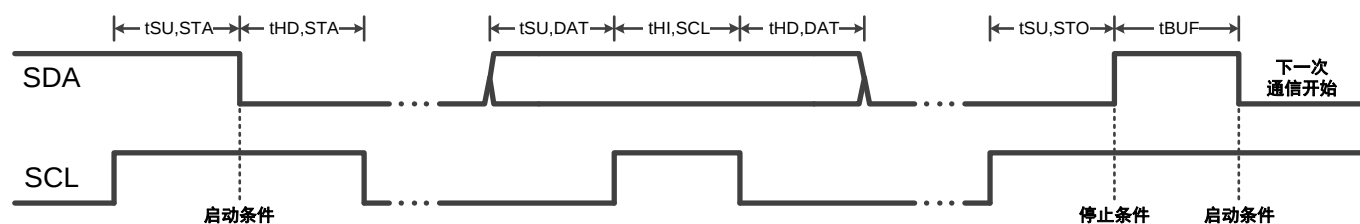


图 11 I²C 总线控制器时序图

GX28E17 支持 I²C 时钟延展功能（Clock Stretching）。从机可以通过拉低 SCL 来暂停当前 I²C 通信，释放 SCL 为高时恢复通信。该功能主要应用于以下两种场景：

在字节层面，从机可能虽然支持以较快速率接收数据字节，但是需要更多时间来存储接收到的字节或准备将要发送的字节。从机可以在确认字节（ACK）后拉低 SCL，迫使 GX28E17 等待从机准备完成后再开始下一个字节的传输。

在位层面，从机（如硬件受限的 MCU 等）可能不支持以较快速率接收数据字节。此时从机可以通过延长每个 SCL 时钟脉冲的低电平宽度来减慢总线通信频率。GX28E17 将自适应从机的 I²C 工作速率。