

TIOB

总线通信协议 (1.0.3)



T.T.S M I A R T

兔淘智能

TM

www.tootaosmart.com

版权所有 © 2013



目录

法律声明.....	3
1、简称.....	3
2、免责.....	3
3、版权.....	3
4、商标.....	3
5、责任限制.....	3
修订记录.....	4
1、版本号定义.....	4
2、修订明细.....	4
3、获取最新.....	4
第 1 章、协议描述约定.....	5
1.1、词和短语的标记.....	5
1.2、要求重要程度.....	5
第 2 章、TIOB 总线通信协议总体描述.....	6
2.1、主机设备.....	7
2.2、从机设备.....	7
2.3、单主多从.....	7
2.4、事务处理.....	7
2.5、广播地址.....	7
第 3 章、TIOB 总线通信协议详细描述.....	8
3.1、通信协议帧的定义.....	9
3.1.1、链路协议单元的定义.....	9
3.1.2、应用协议单元的定义.....	10
3.2、通信协议帧的定界.....	12
3.2.1、异步串口的设置方法.....	12
3.2.2、帧定界符的设置和判断方法.....	14
3.3、通信时序的约定.....	17
3.3.1、从机设备有应答的通信时序.....	17
3.3.2、从机设备无应答的通信时序.....	17
第 4 章、TIOB 通信协议帧的解析.....	18
第 5 章、TIOB 通信实例.....	20
5.1、00H 空操作.....	20
5.2、01H 读设备识别码.....	20
5.2.1、字段码 00H.....	20
5.2.2、字段码 01H.....	21
5.2.3、字段码 02H.....	21
5.2.4、字段码 03H.....	22
5.3、02H 设置通信参数.....	22
5.4、各种通用异常应答.....	22
关于本文作者.....	23
联系我们.....	23

法律声明

1、简称

您正在阅读的当前文档，以下简称：“本文”。

贵州兔淘智能科技有限公司（中国），本文简称：“兔淘智能公司”。

2、免责

在使用本文描述的产品之前，请务必阅读本文所有内容。如您无需阅读，兔淘智能公司将视作您过去已经阅读过本文，并已经知晓本文中的规格参数、协议规范、危险警示、法律声明等与产品相关的内容。

3、版权

版权所有 © 兔淘智能公司 保留一切权利。未经兔淘智能公司书面同意，任何单位和个人不得篡改本文的内容。如需引用或转载本文的内容，须注明版权所有者与出处。

4、商标

兔淘智能、TOOTAOSMART、T.T. SMART、T.T. SMART 总线通信协议、兔淘智能、兔淘智能，是兔淘智能公司的 LOGO、商号、商标或注册商标，受到著作权法、商标法及相关法律的保护。本文提到的其他商标名称、商标和注册商标均属于其各自所有者的财产。

5、责任限制

本文的内容均‘按照现状’提供，不负任何担保责任，包括对适销性、适用于特定用途或非侵权性的任何担保，以及任何提案、规格或样品在他处提到的任何担保。本文不负任何责任，包括使用本文的信息产生的侵犯任何专利权行为的责任。本文在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权的使用许可，不管是明示许可还是暗示许可。本文中的信息，包括提供參考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。

在适用的法律允许范围内，兔淘智能公司在任何情况下，都不对因为使用本文描述的或提到的产品，而产生的任何特殊的、附带的、间接的、续发性的损害进行赔偿，也不对任何利润、数据、商誉或预期节约的损失进行赔偿。并且保留在不另行通知的情况下，对本文描述的或提到的产品进行更改以提高其可靠性、功能、优化设计等的权利。

在相关的法律允许范围内，在任何情况下，兔淘智能公司对您因为使用本文描述的或提到的产品，而遭受的损失的最大责任，以您购买本产品所支付的价款为限。

修订记录

1、版本号定义

001.
 000.
 000

主版本号
迭代序号
修正序号

2、修订明细

日期	版本号	修订说明
2013.12.13	1.0.0	初版【内部使用，未公开。】
2017.06.18	1.0.1	优化通用操作指令码和操作结果码的编码规则。【内部使用，未公开。】
2020.03.08	1.0.2	优化地址域的编码规则。【内部使用，未公开。】
2021.01.27	1.0.3	对帧定界符进行优化。【首次公开发表】
2021.04.23	1.0.3	优化文档版式及注解。（版本号不变）

3、获取最新

请浏览 <http://docs.ttsmart.net> 阅读或下载本文的最新版本。这是兔淘智能公司唯一的产品文档和开发资料发布网址，从其他途径获取的文档无法确保完整性和正确性。

第 1 章、协议描述约定

1.1、词和短语的标记

所有章节中，带有下划线的语句，表示其是一个词语、缩略语、专有名词、名词性短语。

1.2、要求重要程度

所有章节中，带有深红色和下划线的语句，用来描述某项协议的重要程度。

所有包含“必须”、“要求的”的协议项目是强制的、绝对要有的，在任何条件下都不可以省略的，是真正意义上的必有项目。

所有包含“应该”、“建议的”的协议项目是期望的、最好要有的，在有合理理由的特定条件下可以省略的，但并非真正意义上的可选项目。

所有包含“可以”、“可选的”的协议项目是备选的、不必要有的，在有特定市场需求或有功能增强需要的条件下，可以自由选择增减的，是真正意义上的可选项目。

第 2 章、TIOB 总线通信协议总体描述

TIOB (Tiootaosmart Input Output Bus) 是兔淘智能公司在 2013 年为控制器与输入、输出设备之间，实现高效的通信而编写的总线通信协议，它是基于异步串口 (UART) 的总线通信协议。

TIOB 总线通信协议，有传输校验功能，工作在单主多从模式下，具备事务处理机制，协议编码简洁。在物理层可以方便的实现，TTL 半双工、RS485/422 半双工、射频半双工等总线形式，能满足系统中设备之间的近距离、远距离通信需求，让设备能板内集成，也能板外分布。

TIOB 单主多从总线拓扑结构示例，如图 2-1 所示。

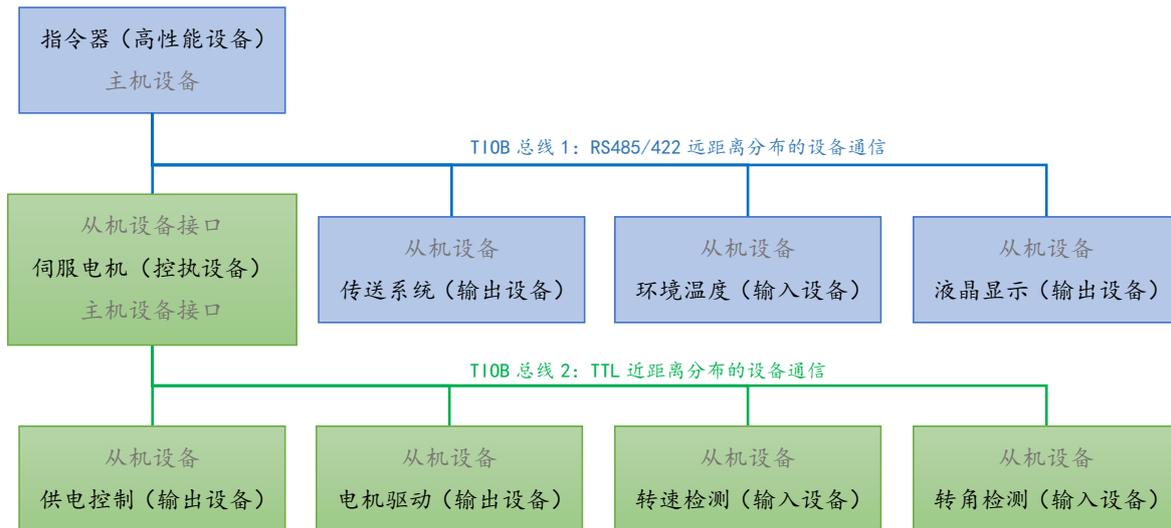


图 2-1: TIOB 单主多从拓扑结构示例

TIOB 总线通信协议栈，如图 2-2 所示。

它由通信协议帧的定义、通信协议帧的定界、通信时序的约定组成。

OSI 七层模型	经典七层协议栈的结构	TIOB 通信协议栈的结构
第 7 层【应用层】	通信服务与用户的接口。	【应用层】传输对象是‘通信协议帧’的‘应用协议单元’。 应用程序之间使用‘应用协议单元’传递信息。
第 6 层【表示层】	数据的表示、安全、压缩。	
第 5 层【会话层】	管理两点之间的通信会话。	
第 4 层【传输层】	协议传输、流控及逻辑校验。	
第 3 层【网络层】	逻辑寻址，网络连接与路由。	【数据链路层】传输对象是‘通信协议帧’的‘链路协议单元’。 物理寻址、帧定界、帧传输差错校验。
第 2 层【数据链路层】	物理寻址及帧定界、物理传输校验。	
第 1 层【物理层】	物理传输及逻辑表达。	【物理层】传输对象是‘通信协议帧’的字节流。 在异步串口上传输、并表达帧定界符。

图 2-2: TIOB 通信协议栈的结构

2.1、主机设备

主机设备是含有异步串口的主动通信设备，在总线中没有地址码，是唯一能主动发起通信的设备。主动发送的必须是请求通信协议帧，接收的必须是应答通信协议帧。

主机设备必须使用从机设备公布的操作指令码和操作结果码，向从机设备发送操作请求，并根据从机设备应答的操作结果码辨别操作指令码的执行结果。

2.2、从机设备

从机设备是含有异步串口的被动通信设备，在总线中必须有一个唯一的地址码和一个公用的广播地址码。接收的必须是请求通信协议帧，被动发送的必须是应答通信协议帧。

从机设备必须把可操作的功能定义成操作指令码，把执行结果定义成操作结果码，通过公开渠道，把操作指令码及其响应时间和操作结果码公布给主机设备使用。

2.3、单主多从

在同一个总线中，主机设备必须只有一个，并且没有地址码；从机设备可以有一个或者多个，地址码可以由主机设备分配或人工配置，但是必须与广播地址码不相同。

2.4、事务处理

一次完整通信过程，看做一个事务处理，同一时刻必须只有一个事务处理在进行。

在主机设备中，一个事务处理，必须以在空闲态创建并发送请求通信协议帧作为开始，结束必须是，在收到从机设备的应答通信协议帧后回到空闲态，或者主机设备等待一段时间后，仍未收到应答通信协议帧，引起应答等待超时后回到空闲态。

在从机设备中，一个事务处理，必须以在空闲态收到请求通信协议帧作为开始，结束必须是以下情况：

- 请求通信协议帧无差错，执行完操作指令码并向主机设备发送应答通信协议帧后回到空闲态；
- 请求通信协议帧无差错，执行完不要求应答的操作指令码后回到空闲态。
- 请求通信协议帧有差错，抛弃当前帧后回到空闲态；

主机设备和从机设备的空闲态，必须是没有任何事务处理在进行的状态。

主机设备的应答等待超时时间，必须是根据总线中所有从机设备的所有操作指令码的执行响应时间，折优选定的；这个时间可以是固定的，也可以是可变的。

2.5、广播地址

广播地址是所有从机设备必须做出响应的公用地址。

当主机设备使用广播地址发送的请求通信协议帧时，无论请求通信协议帧是否有差错，无论操作指令码是否执行成功，从机设备必须保持静默，不做出任何应答。

主机设备必须等待一定时间后再继续通信，以免从机设备还未回到空闲态，这个等待类似于应答等待超时。

广播地址的作用，是让所有从机设备同步执行某个操作，如：同步写入、锁存数据或执行输出。

3.1、通信协议帧的定义

通信协议帧是在异步串口上以 11 位格式传输的一组 8 位字节流，如图 3-1 的第 3 部分所示，由应用协议单元和链路协议单元组成。传输时通信协议帧的最大长度**必须**是 255 字节，加上 1 字节帧终止符，实际传输最大长度**必须**是 256 字节。1 字节帧起始符与通信协议帧的第 1 字节重叠。

主机设备发送的**必须**是请求通信协议帧，接收的**必须**是应答通信协议帧。

从机设备发送的**必须**是应答通信协议帧，接收的**必须**是请求通信协议帧。

请求通信协议帧和应答通信协议帧都是通信协议帧，唯一不同的是应用协议单元的内容，这个区别是相对于主机设备或从机设备的通信角色而言的，对于通信协议帧来说没有任何区别。

3.1.1、链路协议单元的定义

链路协议单元，如图 3-1 的第 2 部分所示，是异步串口的传输负载，按传输的先后顺序依次包括：地址域、负载域、校验域。负载域传输的**必须**是应用协议单元。

3.1.1.1、地址域

地址域，**必须**是存放从机设备地址码的区域。

对于主机设备，发送请求通信协议帧时，存放从机设备地址码，用于选中某个从机设备进行通信。

对于从机设备，发送应答通信协议帧时，存放从机设备地址码，用于表明应答来自哪个从机设备。

地址域，长度**必须**是 1 字节，编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH，具体分配如下表：

编码值	用途	说明
00H	专用于帧终止符	从机设备 必须 禁止 00H 被设置为地址码。
01H 至 FEH	从机设备地址码	在同一个总线中，每个从机设备的地址码 必须 不相同，不然从机设备应答时会争抢总线。通常 01H 是出厂值，主机设备 可以 利用这个地址码来逐个添加新的从机设备。
FFH	专用于广播地址	从机设备 必须 禁止 FFH 被设置为地址码。但是 必须 接收以广播地址发送的请求通信协议帧，无论操作指令码是否需要执行，从机设备 必须 不做出应答。

3.1.1.2、负载域

负载域，**必须**是存放应用协议单元的区域。

负载域，长度**必须**是 1 至 252 字节，每个字节的编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH。

注意：最小长度是 1 字节，是因为应用协议单元的最小长度是 1 字节。

3.1.1.3、校验域

校验域，**必须**是存放 CRC16 值（16 位循环冗余校验）的区域。

校验域，长度**必须**是 2 字节，每个字节的编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH。

CRC16 值的校验范围**必须**是链路协议单元的地址域和负载域。

CRC16 值的计算参数**必须**是：（与 MODBUS 的 CRC16 参数相同）

- a. 校验值宽度 16 位；
- b. 十六进制多项式 8005H (X¹⁶+X¹⁵+X²+1)；
- c. 十六进制初值 FFFFH；
- d. 十六进制结果异或值 0000H；

- e. 输入数据按位反转；
- f. 输出数据按位反转。

CRC16 值的放置方式必须^①是低 8 位放置在前（先发送），高 8 位放置在后（后发送）。

CRC16 值的放置实例如下表：（发送与接收 CRC16 的计算和放置方式相同。）

通信协议帧结构	链路协议单元					
	地址域	负载域			校验域	
	1 字节	第 1 字节	第 2 字节	第 3 字节	第 1 字节	第 2 字节
通信协议帧数据	008H	050H	00AH	088H	04H（低 8）	93H（高 8）

CRC16 值的校验数据依次是：008H、050H、00AH、088H

CRC16 值的校验数据 = 9304H

3.1.2、应用协议单元的定义

应用协议单元，如图 3-1 的第 1 部分所示，是链路协议单元的传输负载，按传输的先后顺序依次包括：**操作域**、**数据域**。它负责传输的**必须**是操作指令码、操作结果码及其附加数据。

应用协议单元的是应用程序使用 T10B 总线的接口，应用程序之间通过**操作指令码**、**操作结果码**及其**附加数据**作为具体的通信内容，实现设备之间的数据交换。

3.1.2.1、操作域

操作域，**必须**是存放操作指令码或操作结果码的区域。

对于**主机设备**，发送请求通信协议帧时，存放操作指令码，用于请求执行一个可操作功能。

对于**从机设备**，发送**应答**通信协议帧时，存放操作结果码，用于**应答**可操作功能的执行结果。

操作域，长度**必须**是 1 字节，编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH。

操作域的操作指令码，编码取值具体分配如下表：

编码值	类型	要求程度	数据域占用	广播地址请求	用途
00H	通用	必须有的	0 字节	不执行不应答	空操作
01H			1 字节（设备识别码字段码）	不执行不应答	读设备识别码
02H			2 字节（新从机地址、新波特率代码）	不执行不应答	设置通信参数
03H 至 4FH	保留	必须保留	其他项未定义		
50H 至 FFH	自定义	暂未定义			

操作域的操作结果码，编码取值具体分配如下表：

编码值	类型	要求程度	数据域占用	类型	意义	说明
00H	通用	必须有的	0 字节	正常	空操作成功	指令码 00H 专用应答
01H			0~251 字节	应答	操作指令码 执行成功	执行成功的标志
02H			0 字节	异常 应答	操作指令码 无效	操作指令码 未定义
03H					附加数据无效	附加数据格式不正确
04H					操作指令码 执行失败	操作指令码 执行有异常
05H					操作指令码 拒绝执行	长耗时 事务处理 未完成 不能重复启动 事务处理
06H 至 4FH	保留	必须保留	其他项未定义			
50H 至 FFH	自定义	暂未定义				

操作指令码、操作结果码类型的解释如下表：

类型	属性
通用	所有从机设备配备的，由协议编写组织明确定义的、规范的、功能唯一的、不可修改的。
保留	所有从机设备保留的，为协议编写组织保留的，未来由协议编写组织定义为‘通用’的。
自定义	由协议使用者自由定义的，无需协议编写组织许可的，不保证规范的、唯一的、不重叠的。

操作指令码 01H（读设备识别码）的附加数据格式如下：

长度**必须**是 1 字节；内容是设备识别码字段码；编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH。

编码值	要求程度	字段名称	返回的字段值格式			
00H	必须有的	制造者名称	【长度值】 长度：1 字节 取值：01H 至 80H	【字符串】 长度：1 至 128 字节 编码：各类字符编码		
示例：09H, 54H, 2EH, 54H, 2EH, 53H, 4DH, 41H, 52H, 54H “T. T. SMART”						
01H		设备代码	【长度值】 长度：1 字节 取值：06H	【分类码】 长度：2 字节 取值：全域	【型号码】 长度：2 字节 取值：全域	【性能码】 长度：2 字节 取值：全域
示例：06H, 80H, 01H, 86H, 01H, 88H, 01H（性能码是硬件的版本号） 内容：6 字节/十六进制编码“8001-8601-8801”						
02H	必须有的	设备版本号	【长度值】 长度：1 字节 取值：06H	【主版本号】 长度：2 字节 取值：全域	【迭代序号】 长度：2 字节 取值：全域	【修正序号】 长度：2 字节 取值：全域
示例：06H, 00H, 01H, 00H, 00H, 00H, 00H（是软件的版本号） 内容：6 字节/十六进制码“0001-0000-0000”						
03H		通信协议版本号	【长度值】 长度：1 字节 取值：06H	【主版本号】 长度：2 字节 取值：全域	【迭代序号】 长度：2 字节 取值：全域	【修正序号】 长度：2 字节 取值：全域
示例：06H, 00H, 01H, 00H, 02H, 00H, 06H（是 TIOB 的版本号） 内容：6 字节/十六进制码“0001-0002-0006”						
04H	可选的	产品名称	【长度值】 长度：1 字节 取值：01H 至 80H	【字符串】 长度：1 至 128 字节 编码：各类字符编码		
示例：09H, 54H, 2EH, 54H, 2EH, 53H, 4DH, 41H, 52H, 54H “T. T. SMART”						
05H		应用备注	【长度值】 长度：1 字节 取值：01H 至 80H	【字符串】 长度：1 至 128 字节 编码：各类字符编码		
示例：09H, 54H, 2EH, 54H, 2EH, 53H, 4DH, 41H, 52H, 54H “T. T. SMART”						
06H	供应商网址	【长度值】 长度：1 字节 取值：01H 至 80H	【字符串】 长度：1 至 128 字节 编码：各类字符编码			
示例：09H, 54H, 2EH, 54H, 2EH, 53H, 4DH, 41H, 52H, 54H “T. T. SMART”						
07H 至 4FH	必须保留 其他项未定义					
50H 至 FFH	自定义					

操作指令码 02H（设置通信参数）的附加数据格式如下：

长度**必须**是 2 字节；

内容第 1 字节（先发送）是新从机地址，有效编码取值范围**必须**是十六进制 01H 至 FEH；

内容第 2 字节（后发送）是新波特率代码，有效编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH；

波特率代码具体分配如下表：

编码值	要求程度	波特率	波特率周期 (t)	字节收发耗时 (11t)
00H	要求的	600 bps	1666.667 us	18333.333 us
01H		1200 bps	833.333 us	9166.667 us
02H		2400 bps	416.667 us	4583.333 us
03H		4800 bps	208.333 us	2291.667 us
04H		9600 bps	104.167 us	1145.833 us
05H		14400 bps	69.444 us	763.889 us
06H		19200 bps	52.083 us	572.917 us
07H		28800 bps	34.722 us	381.944 us
08H		38400 bps	26.042 us	286.458 us
09H		57600 bps	17.361 us	190.972 us
0AH	可选的	115200 bps	8.681 us	95.486 us
0BH		230400 bps	4.340 us	47.743 us
0CH		460800 bps	2.170 us	23.872 us
0DH		921600 bps	1.085 us	11.936 us
0EH		1382400 bps	0.7234 us	7.957 us
0FH		1843200 bps	0.5425 us	5.968 us
10H 至 4FH		必须保留 其他项未定义		
50H 至 FFH	自定义			

3.1.2.2、数据域

数据域，**必须**是存放操作指令码或操作结果码的附加数据的区域。

数据域，长度**必须**是 0 至 251 字节，每个字节的编码取值范围**必须**是十六进制 00H 至 FFH。

附加数据的具体格式，由具体的操作指令码定义。

3.2、通信协议帧的定界

通信协议帧的定界是以异步串口的经典多机通信方式为基础，约定帧起始符、帧数据符、帧终止符，为每一个通信协议帧的传输划定明确界线。

通信协议帧的定界包括：异步串口的设置方法、帧定界符的设置和判断方法。

3.2.1、异步串口的设置方法

异步串口的设置方法，在不同的嵌入式设备和芯片中，具体设置方法存在差异，协议对异步串口的设置呈现的特征**必须**是：

- 波特率可变；11 位传输方式；
- 接收端在普通接收方式和多机接收方式下交替接收。

3.2.1.1、波特率可变

主机设备和从机设备应该支持下表列举的 16 种波特率；

每种波特率的发送误差必须在 1% 以内，接收允许误差必须为 2%。

波特率	要求程度	编码值	波特率周期 (t)	字节收发耗时 (11t)
600 bps	<u>要求的</u>	00H	1666.667 us	18333.333 us
1200 bps		01H	833.333 us	9166.667 us
2400 bps		02H	416.667 us	4583.333 us
4800 bps		03H	208.333 us	2291.667 us
9600 bps		04H	104.167 us	1145.833 us
14400 bps		05H	69.444 us	763.889 us
19200 bps		06H	52.083 us	572.917 us
28800 bps		07H	34.722 us	381.944 us
38400 bps		08H	26.042 us	286.458 us
57600 bps		09H	17.361 us	190.972 us
115200 bps		<u>可选的</u>	0AH	8.681 us
230400 bps	0BH		4.340 us	47.743 us
460800 bps	0CH		2.170 us	23.872 us
921600 bps	0DH		1.085 us	11.936 us
1382400 bps	0EH		0.7234 us	7.957 us
1843200 bps	0FH		0.5425 us	5.968 us

3.2.1.2、11 位传输方式

11 位传输方式必须是：

1 个起始位、8 个数据位、1 个校验位、1 个停止位；

LSB (Least Significant Bit) 数据最低有效位先传输；

基带信号极性为正极性（即：TTL 或 CMOS 电平的，高电平表示 ‘1’，低电平表示 ‘0’）；

空闲位电平为高电平。

例如，传输十六进制数 A3H（二进制 10100011B）的实例如下表：

位名称	空闲位	起始位	数据位								校验位	停止位	空闲位
位长度	不限	1	8								1	1	不限
传输时刻	T-N	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T+N
逻辑值	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0/1	1	1
电平值	高	低	高	高	低	低	低	高	低	高	低/高	高	高

3.2.1.3、1 个校验位的功能

1 个校验位的功能必须是：

当校验位是 ‘0’ 时，表示是帧数据符，当前传输的 8 个数据位是数据信息；

当校验位是 ‘1’ 时，表示是帧起始符或帧终止符，当前传输的 8 个数据位是地址信息；

帧起始符的 8 个数据位的取值是十六进制 01H 至 FFH，即：从机设备的有效地址码和广播地址；

帧终止符的 8 个数据位的取值是十六进制 00H，即：终止符专用地址码。

3.2.1.4、异步串口的普通接收方式

异步串口的普通接收方式呈现的特征**必须**是：

异步串口的接收端，对每一个收到的 8 个数据位和 1 个校验位，无论校验位是 ‘0’ 还是 ‘1’，都接收并产生接收中断请求。

3.2.1.5、异步串口的多机接收方式

异步串口的多机接收方式呈现的特征**必须**是：

异步串口的接收端，对每一个收到的 8 个数据位和 1 个校验位，有如下两种处理方式：

处理方式 1	当校验位是 ‘0’ 时； 丢弃收到的 8 个数据位，不产生接收中断请求。
处理方式 2	当校验位是 ‘1’ 时； 将用收到的 8 个数据位，作为地址码，与本机地址码进行比对； 有如下两种比对情况：
比对情况 1	对于无硬件地址匹配功能的异步串口，将会立即产生接收中断请求； 由软件执行比对，地址码的匹配工作会中断主程序。（软件地址比对适用）
比对情况 2	对于有硬件地址匹配功能的异步串口，不会立即产生接收中断请求； 由硬件执行比对，当地址码与预设的 1 字节硬件地址码匹配时，才会产生接收中断请求；地址码的匹配工作不会中断主程序。（硬件地址比对适用）

3.2.2、帧定界符的设置和判断方法

帧定界符的设置和判断方法，包括：帧定界符在异步串口发送端的设置步骤、帧定界符在异步串口接收端的判断步骤。

3.2.2.1、帧定界符在异步串口发送端的设置步骤

如图 3-1 的第 4 部分所示，具体的设置步骤**必须**包含如下关键步骤：

设置步骤 1	主机设备使用操作指令码及其附加数据，构造请求通信协议帧。 从机设备使用操作结果码及其附加数据，构造应答通信协议帧。
设置步骤 2	发送帧起始符； 把异步串口的校验位设置为 ‘1’ ； 把异步串口的 8 个数据位设置为通信协议帧的第一字节（即：地址域的内容）； 以异步串口的 11 位传输方式发送。
设置步骤 3	发送帧数据符； 把异步串口的校验位设置为 ‘0’ ； 把异步串口的 8 个数据位设置为通信协议帧的下一个字节内容；（即：从第二字节开始） 以异步串口的 11 位传输方式发送。
设置步骤 4	循环发送通信协议帧的内容； 如果 ‘设置步骤 3’ 发送的是通信协议帧的末尾字节，则转入 ‘设置步骤 5’ ； 否则转入 ‘设置步骤 3’，继续发送通信协议帧的下一个字节内容。
设置步骤 5	发送帧终止符； 把异步串口的校验位设置为 ‘1’ ； 把异步串口的 8 个数据位设置为十六进制 ‘00H’ ； 以异步串口的 11 位传输方式发送。（至此，一个完整的通信协议帧发送完毕）



3.2.2.2、帧定界符在异步串口接收端的判断步骤

如图 3-1 的第 4 部分所示, 具体的判断步骤**必须**包含如下关键步骤:

判断步骤 1	主机设备、从机设备, 启动后, 把异步串口接收端预设为‘禁止接收’。
判断步骤 2	把异步串口设置为‘多机接收方式’; 让帧起始符和帧终止符, 可以触发接收中断。
判断步骤 3	把接收计数器设置为‘0’; 重新为通信协议帧进行接收计数。
判断步骤 4	把异步串口设置为‘允许接收’。
判断步骤 5	停留在此步骤; 等待异步串口产生接收中断请求。
判断步骤 6	当收到帧起始符或帧终止符时; (软件地址比对适用) 或者, 当收到帧起始符并且地址码已被硬件匹配时; (硬件地址比对适用) 进入异步串口接收中断处理, 处理步骤如下:
处理步骤 6.1	把异步串口设置为‘普通接收方式’; 让帧起始符、帧数据符、帧终止符都可以触发接收中断。
处理步骤 6.2	把接收计数器的数值累加‘1’。
处理步骤 6.3	识别帧终止符; (注意: 帧终止符不属于通信协议帧只识别不存储。) 如果接收计数器的数值小于等于‘1’, 或者, 校验位为‘0’; 则转入‘处理步骤 6.4’; 如果接收计数器的数值大于‘1’, 并且, 校验位为‘1’; 则表示收到帧终止符, 然后, 根据 8 个数据位的内容进行具体处理; 如果 8 个数据位的值不是‘0’, 或者, 接收计数器的数值大于‘255’; 则是‘异常终止 或 超限’, 转入‘判断步骤 2’, 重新接收通信协议帧; 如果 8 个数据位的值是‘0’; 则是‘正常终止’, 转入‘判断步骤 7’, 开始解析通信协议帧。
处理步骤 6.4	软件匹配地址码; (可选步骤) 对于有硬件地址匹配功能的异步串口, 直接转入‘处理步骤 6.5’; 对于无硬件地址匹配功能的异步串口; 当接收计数器的数值等于‘1’时, 执行软件地址码比对; 如果地址码匹配成功, 则转入‘处理步骤 6.5’; 如果地址码匹配失败, 则转入‘判断步骤 2’, 重新接收通信协议帧;
处理步骤 6.5	存储通信协议帧的字节内容; 把异步串口收到的 8 个数据位存入通信协议帧缓冲区; 随后转入‘判断步骤 5’, 等待接收下一个传输的字节内容。
判断步骤 7	把异步串口设置为‘禁止接收’。
判断步骤 8	把接收计数器的数值和通信协议帧缓冲区的内容, 交给通信协议帧处理程序; 主机设备, 主要处理应答的信息; 从机设备, 主要处理、执行请求的信息, 并根据要求发送应答或不应答。
判断步骤 9	主机设备, 等待下次发送请求通信协议帧后, 转入‘判断步骤 2’, 重新接收通信协议帧; 从机设备, 直接转入‘判断步骤 2’, 重新接收通信协议帧。



由于主机设备对总线有绝对的控制权，所以，主机设备可以使用简化的判断步骤。

具体的主机设备中简化判断步骤必须包含如下关键步骤：

判断步骤 1	主机设备，启动后，把异步串口接收端预设为‘禁止接收’。	
判断步骤 2	把异步串口设置为‘普通接收方式’； 让 <u>帧起始符</u> 、 <u>帧数据符</u> 、 <u>帧终止符</u> 都可以触发接收中断。	
判断步骤 3	把接收计数器设置为‘0’； 以便为新的 <u>通信协议帧</u> 进行接收计数。	
判断步骤 4	把异步串口设置为‘允许接收’。	
判断步骤 5	停留在此步骤； 等待异步串口产生接收中断请求。	
判断步骤 6	当收到任意内容的 8 个数据位和 1 个校验位时； 进入异步串口接收中断处理，处理步骤如下：	
	处理步骤 6.1	识别 <u>帧终止符</u> ；（注意： <u>帧终止符</u> 不属于 <u>通信协议帧</u> 只识别不存储。） 如果收到的校验位为‘1’，并且，8 个数据位的值是‘0’； 则是‘正常终止’，转入‘判断步骤 7’，开始解析 <u>通信协议帧</u> ； 否则转入‘处理步骤 6.2’；
	处理步骤 6.2	把接收计数器的数值累加‘1’。
	处理步骤 6.3	存储 <u>通信协议帧</u> 的字节内容； 如果接收计数器的数值大于‘255’； 则是‘超限’，转入‘判断步骤 2’，重新接收 <u>通信协议帧</u> ； 否则，把异步串口收到的 8 个数据位存入 <u>通信协议帧缓冲区</u> ； 随后转入‘判断步骤 5’，等待接收下一个传输的字节内容。
判断步骤 7	把异步串口设置为‘禁止接收’。	
判断步骤 8	把接收计数器的数值和 <u>通信协议帧缓冲区</u> 的内容，交给 <u>通信协议帧处理程序</u> ；	
判断步骤 9	主机设备，等待下次发送请求 <u>通信协议帧</u> 后，转入‘判断步骤 3’，重新接收 <u>通信协议帧</u> ；	

3.3、通信时序的约定

通信时序，是总线中所有设备**必须**遵守的通信顺序，包括：从机设备有应答的通信时序、从机设备无应答的通信时序。

3.3.1、从机设备有应答的通信时序

主机设备通信动作	主机状态	通信时序	从机状态	从机设备通信动作
无	空闲	T0	空闲	无
主机事务处理开始； 创建并发出请求通信协议帧； 启动应答等待超时计时器；程序停滞。	忙碌	T1	空闲	无
应答等待超时计时； 程序停滞继续。	忙碌	T2	忙碌	收到请求通信协议帧； 从机事务处理开始； 解析并执行； 根据执行结果，发出应答通信协议帧； 从机事务处理结束。
收到应答通信协议帧，解析并处理应答； 关闭应答等待超时计时；程序停滞解除； 主机事务处理结束。	忙碌	T3	空闲	无
无	空闲	T4	空闲	

3.3.2、从机设备无应答的通信时序

主机设备通信动作	主机状态	通信时序	从机状态	从机设备通信动作
无	空闲	T0	空闲	无
主机事务处理开始； 创建并发出请求通信协议帧； 启动应答等待超时计时器；程序停滞。	忙碌	T1	空闲	无
应答等待超时计时； 程序停滞继续。	忙碌	T2	忙碌	收到请求通信协议帧； 从机事务处理开始； 请求无差错，解析并执行，不应答； 请求有差错，丢弃通信协议帧，静默； 从机事务处理结束。
未收到应答通信协议帧； 应答等待超时计时溢出，自动关闭； 执行应答超时处理；程序停滞解除； 主机事务处理结束。	忙碌	T3	空闲	未收到请求通信协议帧；保持静默。
无	空闲	T4	空闲	

第 4 章、TIOB 通信协议帧的解析

通信协议帧的解析必须遵守统一的规范，本章将通过实际的通信协议帧，详细描述解析规范。

如下所示，是一个主机设备实际发送的请求通信协议帧：（功能：设置通信参数）

从机地址：01H；操作指令码：02H；新从机地址：16H；新波特率代码：09H（57600 bps）。

实际请求通信协议帧					
地址域	负载域			校验域	
	操作域	数据域			
		第 1 字节	第 2 字节	第 1 字节	第 2 字节
01H	02H	16H	09H	6EH	7EH

如下所示，是一个从机设备实际发送的应答通信协议帧：（执行结果：设置通信参数成功）

从机地址：01H；操作结果码：01H。

实际应答通信协议帧				
地址域	负载域		校验域	
	操作域	数据域	第 1 字节	第 2 字节
01H	01H	无	C1H	E0H

根据上面的一个主机设备实际发送的请求通信协议帧；

从机设备接收后的解析步骤必须包含如下关键步骤：

解析步骤 1	【校验数据比对】 用数据 01H, 02H, 16H, 09H 计算 CRC16 值，与校验域比对； 如果，校验正确，则转入‘解析步骤 2’； 否则，抛弃 <u>请求通信协议帧</u> ，不应答，重新接收。
解析步骤 2	【地址码比对】 如果，地址域的地址码与从机地址码相同，则转入‘解析步骤 3’； 否则，抛弃 <u>请求通信协议帧</u> ，不应答，重新接收。
解析步骤 3	【操作指令码比对】 如果，操作域的指令码，已定义且可执行，则转入‘解析步骤 4’； 否则，使用操作结果码 02H 或 05H，发出异常 <u>应答通信协议帧</u> ，重新接收。
解析步骤 4	【操作指令码的附加数据比对】 如果，根据操作指令码的定义，附加数据格式正确，则转入‘解析步骤 5’； 否则，使用操作结果码 03H，发出异常 <u>应答通信协议帧</u> ，重新接收。
解析步骤 5	【操作指令码执行】 如果，执行成功，则转入‘解析步骤 6’； 否则，使用操作结果码 04H，发出异常 <u>应答通信协议帧</u> ，重新接收。
解析步骤 6	【操作指令码执行成功】 如果，操作指令码要求返回数据，则向数据域添加数据并按指令码的规定格式化； 否则，保持数据域的长度为 0 字节； 使用操作结果码 01H，发出正常 <u>应答通信协议帧</u> ，重新接收。



根据上面的一个从机设备实际发送的应答通信协议帧；

主机设备接收后的解析步骤必须包含如下关键步骤：

解析步骤 1	【校验数据比对】 用数据 01H, 01H 计算 CRC16 值，与校验域比对； 如果，校验正确，则转入‘解析步骤 2’； 否则， <u>抛弃应答通信协议帧</u> ，视作未收到应答，重新接收直到超时。
解析步骤 2	【地址码比对】 如果，地址域的地址码与请求的从机地址码相同，则转入‘解析步骤 3’； 否则， <u>抛弃抛弃通信协议帧</u> ，视作未收到应答，重新接收直到超时。
解析步骤 3	【操作结果码比对】 如果，操作域的操作结果码，已被定义，则转入‘解析步骤 4’； 否则， <u>抛弃应答通信协议帧</u> ，执行应答异常处理。
解析步骤 4	【操作结果码的附加数据比对】 如果，根据操作指令码的定义，附加数据格式正确，则转入‘解析步骤 5’； 否则， <u>抛弃应答通信协议帧</u> ，执行应答异常处理。
解析步骤 5	【应答结果反馈】 ； 将操作结果码及其附加数据，传递给应用程序，报告此次请求的执行结果。

第 5 章、TIOB 通信实例

下面的实例，是通用操作指令码的使用实例，便于用户在宏观上理解整个通信的过程。

实例中的固定信息和描述方式约定如下：

数值 00H 至 FFH：是十六进制数，对应的十进制数为 0 至 255；

从机设备地址码：固定为 01H；

“/0”：表示校验位为‘0’；

“/1”：表示校验位为‘1’；

帧终止符不属于通信协议帧的内容，仅用于表示异步串口在物理传输时，帧终止符的位置。

5.1、00H 空操作

空操作的主要作用，是用最简短的通信协议帧，试探从机设备是否存在并正常运行。

主机请求帧

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	00H/0	无	00H/0, 20H/0	00H/1

从机应答帧

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	00H/0	无	00H/0, 20H/0	00H/1

5.2、01H 读设备识别码

5.2.1、字段码 00H

主机请求帧（读取：制造者名称）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	00H/0 字段码	21H/0, 90H/0	00H/1

从机应答帧（返回：制造者名称）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	09H/0 字符串字节长度 54H/0 字符“T” 2EH/0 字符“.” 54H/0 字符“T” 2EH/0 字符“.” 53H/0 字符“S” 4DH/0 字符“M” 41H/0 字符“A” 52H/0 字符“R” 54H/0 字符“T” 字符串内容： 9 字节制造者名称 ASCII 编码字符串“T. T. SMART”	ECH/0, 25H/0	00H/1

5.2.2、字段码 01H

主机请求帧（读取：设备代码）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	01H/0 字段码	E0H/0, 50H/0	00H/1

从机应答帧（返回：设备代码）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	06H/0 数据字节长度 80H/0 数据“8001H” 01H/0 86H/0 数据“8601H” 01H/0 88H/0 数据“8801H” 01H/0 数据内容： 6 字节设备代码 十六进制编码“8001-8601-8801”	5DH/0, E4H/0	00H/1

5.2.3、字段码 02H

主机请求帧（读取：设备版本号）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	02H/0 字段码	A0H/0, 51H/0	00H/1

从机应答帧（返回：设备版本号）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	06H/0 数据字节长度 00H/0 数据“0001H” 01H/0 00H/0 数据“0000H” 00H/0 00H/0 数据“0000H” 00H/0 数据内容： 6 字节设备版本号 十六进制码“0001-0000-0000”	9DH/0, 6CH/0	00H/1

5.2.4、字段码 03H

主机请求帧（读取：通信协议版本号）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	03H/0 字段码	91H/0, 61H/0	00H/1

从机应答帧（返回：通信协议版本号）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	06H/0 数据字节长度 00H/0 数据“0001H” 01H/0 00H/0 数据“0002H” 02H/0 00H/0 数据“0006H” 06H/0 数据内容： 6 字节通信协议版本号 十六进制码“0001-0002-0006”	BCH/0, AEH/0	00H/1

5.3、02H 设置通信参数

主机请求帧

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	02H/0	01H/0 新从机地址码 0EH/0 新波特率编码（1382400 bps）	20H/0, 4CH/0	00H/1

从机应答帧

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	01H/0	无	C1H/0, E0H/0	00H/1

5.4、各种通用异常应答

从机异常应答帧（操作指令码无效）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	02H/0	无	81H/0, E1H/0	00H/1

从机异常应答帧（操作指令码附加数据无效）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	03H/0	无	40H/0, 21H/0	00H/1

从机异常应答帧（操作指令码执行失败）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	04H/0	无	01H/0, E3H/0	00H/1

从机异常应答帧（操作指令码拒绝执行）

地址域	操作域	数据域	校验域	终止符
01H/1	05H/0	无	C0H/0, 23H/0	00H/1

关于本文作者

本文由兔淘智能公司 TIOB 团队编写和维护。
TIOB 总线通信协议的知识产权归兔淘智能公司所有。

联系我们



T.T.S 总线通信协议

兔淘智能

www.tootaosmart.com

贵州兔淘智能科技有限公司（中国）
官方网站: <http://www.tootaosmart.com/>
产品文档: <http://docs.ttsmart.net/>
企业网店: <https://shop156685875.taobao.com/>
电子邮箱: tootaosmart@163.com