

利尔达科技集团股份有限公司

LIERDA SCIENCE & TECHNOLOGY GROUP CO., LTD

TDS 水质检测模块[®] 通信协议 (UART 版)

项目名称：TDS 水质检测模块

项目型号：LSD3WT0153-01D0

提交日期：2016-01-20

文件修订历史

[illegible]

目 录

1、协议标准..... - 3 -

2、指令描述..... - 3 -

2.1 输入寄存器操作（R） - 3 -

2.1.1 读数据..... - 3 -

2.2 输出寄存器/内部存储器操作（R/W） - 4 -

2.2.1 读数据..... - 4 -

2.2.2 写单个数据..... - 4 -

2.2.3 写多个数据..... - 5 -

2.2.4 写寄存器位..... - 5 -

2.2.5 异常响应帧格式..... - 6 -

附录 1..... - 9 -

通信协议

1、协议标准

- 1) 遵循 Modbus 协议，可参考[附录 1](#) – Modbus 协议简介。
- 2) 遵循 RTU 帧格式，地址域固定，默认编码为 0xA5。
- 3) UART 通信参数，波特率：9600，数据位：8；校验位：偶校验；停止位：1。

2、指令描述

2.1 输入寄存器操作（R）

2.1.1 读数据

主机发送 REQ

帧信息	字节数	数据（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	04
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L（0x0000~0xFFFF）
寄存器数量	2Bytes	CNT_H, CNT_L（0x0001~0x007D）
CRC 校验	2Bytes	CRC

从机正常响应 PDU

帧信息	字节数	正常响应（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	04
字节数	1Bytes	2×N*
寄存器数据	N×2Bytes	N×DATA（0x0000~0xFFFF）
CRC 校验	2Bytes	CRC

注：*N=输入寄存器数量。

Register address map:

寄存器名称	寄存器地址	数据信息		备注
		长度	类型	
状态寄存器	0x0000	2Bytes	unsigned int	Reserved
进水口电导率	0x0001	2Bytes	unsigned int	unit: 0.1us/cm
出水口电导率	0x0002	2Bytes	unsigned int	
进水口 TDS	0x0003	2Bytes	unsigned int	unit: 0.1ppm
出水口 TDS	0x0004	2Bytes	unsigned int	
进水口温度	0x0005	2Bytes	unsigned int	unit: 0.01℃
出水口温度	0x0006	2Bytes	unsigned int	
Reserved	0x0007~ 0x003B	106Bytes		

注：双通道的模块，进水口和出水口的数据都有效；单通道的模块，以进水口的数据为准。

2.2 输出寄存器/内部存储器操作 (R/W)

2.2.1 读数据

主机发送 REQ

帧信息	字节数	数据 (16 进制)
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	03
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L (0x0000~0xFFFF)
寄存器数量	2Bytes	CNT_H, CNT_L (0x0001~0x007D)
CRC 校验	2Bytes	CRC

从机正常响应 PDU

帧信息	字节数	正常响应 (16 进制)
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	03
字节数	1Bytes	2×N*
寄存器数据	N×2Bytes	N×DATA (0x0000~0xFFFF)
CRC 校验	2Bytes	CRC

注: *N=输出寄存器数量。

2.2.2 写单个数据

主机发送 REQ

帧信息	字节数	数据 (16 进制)
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	06
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L (0x0000~0xFFFF)
输出值	2Bytes	DATA (0x0000~0xFFFF)
CRC 校验	2Bytes	CRC

从机正常响应 PDU

帧信息	字节数	正常响应 (16 进制)
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	06
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L (0x0000~0xFFFF)
寄存器数据	2Bytes	DATA (0x0000~0xFFFF)
CRC 校验	2Bytes	CRC

2.2.3 写多个数据

主机发送 REQ

帧信息	字节数	数据（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	10
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L（0x0000～0xFFFF）
寄存器数量	2Bytes	CNT_H, CNT_L（0x0000～0x007B）
字节数	1Byte	2×N*
寄存器数据	N×2Bytes	N×DATA（0x0000～0xFFFF）
CRC 校验	2Bytes	CRC

注：*N=输出寄存器数量。

从机正常响应 PDU

帧信息	字节数	正常响应（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	10
起始地址	1Bytes	ADDR_H, ADDR_L（0x0000～0xFFFF）
寄存器数量	2Bytes	CNT_H, CNT_L（0x0000～0x007B）
CRC 校验	2Bytes	CRC

2.2.4 写寄存器位

该功能码用于通过利用 AND 屏蔽、OR 屏蔽以及寄存器内容的组合来修改特定保持寄存器的内容。

使用这个功能设置或清除寄存器中的单个比特。请求说明了被写入的保持寄存器、AND 屏蔽使用的数据以及 OR 屏蔽使用的数据。从 0 开始寻址寄存器。因此，寻址寄存器 1-16 为 0-15。

功能的算法为：结果= (当前内容 AND And_Mask) OR (Or_Mask AND (Not And_Mask))

主机发送 REQ

帧信息	字节数	数据（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	16
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L（0x0000～0xFFFF）
And_Mask	2Bytes	DATA1（0x0000～0xFFFF）
Or_Mask	2Bytes	DATA2（0x0000～0xFFFF）
CRC 校验	2Bytes	CRC

注：如果 Or_Mask 值为零，那么结果是当前内容和 And_Mask 的简单逻辑 AND（与）；
如果 And_Mask 值为零，结果等于 Or_Mask 值。

从机正常响应 PDU

帧信息	字节数	正常响应（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	16
起始地址	2Bytes	ADDR_H, ADDR_L （0x0000~0xFFFF）
And_Mask	2Bytes	DATA1 （0x0000~0xFFFF）
Or_Mask	2Bytes	DATA2 （0x0000~0xFFFF）
CRC 校验	2Bytes	CRC

2.2.5 异常响应帧格式

帧信息	字节数	数据（16 进制）
地址域	1Byte	A5
功能码	1Byte	FUNC_CODE + 0x80
异常码	1Byte	EXCEP_CODE（01 / 02 / 03 / 04）
CRC 校验	2Bytes	CRC



Register address map:

寄存器名称	寄存器地址	数据信息			备注		
		长度	类型	默认值			
状态寄存器	0x0000	2Bytes	unsigned int	0x0003	BIT 15~ BIT 2	BIT1	BIT0
					Reserved	温度测量使能	TDS 测量使能
指令寄存器	0x0001	2Bytes	unsigned int	0x0000	指令执行后，自动清零 编码： 0000 – 无操作； 00FF – 软件复位		
TDS 转换系数	0x0002	2Bytes	unsigned int	0x01F4	unit : 0.001, 如 100 表示 0.1; 默认值: 500		
进水口电极常数补偿系数	0x0003	4Bytes	float	0x3F800000	默认值: 1.0		
出水口电极常数补偿系数	0x0005	4Bytes	float	0x3F800000	默认值: 1.0		
进水口 TDS 补偿值	0x0007	2Bytes	unsigned int	0x0000	unit : 0.1ppm;		
出水口 TDS 补偿值	0x0008	2Bytes	signed int	0x0000	unit : 0.1ppm;		
进水口温度补偿值	0x0009	2Bytes	signed int	0x0000	unit : 0.01℃;		
出水口温度补偿值	0x000A	2Bytes	signed int	0x0000	unit : 0.01℃;		
Reserved	0x000B~ 0x0030	74 Bytes			不支持写操作		

注：① 双通道的模块，进水口和出水口的数据都有效；单通道的模块，以进水口的数据为准。

② 状态寄存器位定义：

TDS 测量使能(BIT0): 开启 TDS 测量功能，且每 5s 定时执行一次 TDS 测量；适时关闭 TDS 测量能够降低电极的极化；

温度测量使能(BIT1): 开启温度测量功能；温度测量如果被关闭，输出的 TDS 值将没有温度补偿。

③ 电极常数补偿系数：用于补偿不同标准测量仪器间电极常数的设定偏差；用于补偿模块由于长时间测量导致的电极常数偏差。模块第一次使用或者长时间使用后，如果测量值与实际值偏差较大，可通过修改该系数重新对模块进行校准，参考公式为：实际电导率 = 电极常数补偿系数 × 测量电导率。建议在电导率为 500~600 us/cm(即 TDS 为 250~300 ppm)的溶液中进行标定。

例:

1) 读 进、出水口 TDS – 0 ppm, 0 ppm

请求		正常响应		异常响应	
域名	(十六进制)	域名	(十六进制)	域名	(十六进制)
从机地址	A5	从机地址	A5	从机地址	A5
功能码	04	功能码	04	功能码	84
起始地址	00 03	字节数	04	异常码	01/02/03/04
寄存器数量	00 02	进水口 TDS	00 00		
		出水口 TDS	00 00		
CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC

2) 读 TDS 测量开启状态 – 开启, 温度测量开启状态 – 开启

请求		正常响应		异常响应	
域名	(十六进制)	域名	(十六进制)	域名	(十六进制)
从机地址	A5	从机地址	A5	从机地址	A5
功能码	03	功能码	03	功能码	83
起始地址	00 00	字节数	02	异常码	01/02/03/04
状态数量	00 01	状态编码	00 03		
CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC

3) 写 TDS 测量开启状态 – 开启, 温度测量开启状态 – 开启

请求		正常响应		异常响应	
域名	(十六进制)	域名	(十六进制)	域名	(十六进制)
从机地址	A5	从机地址	A5	从机地址	A5
功能码	06	功能码	06	功能码	86
起始地址	00 00	起始地址	00 00	异常码	01/02/03/04
输出状态	00 03	状态编码	00 03		
CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC

4) 写 TDS 转化系数-0.5 (寄存器数值为 500D-01F4H)

请求		正常响应		异常响应	
域名	(十六进制)	域名	(十六进制)	域名	(十六进制)
从机地址	A5	从机地址	A5	从机地址	A5
功能码	06	功能码	06	功能码	86
起始地址	00 02	起始地址	00 02	异常码	01/02/03/04
输出状态	01 F4	输出状态	01 F4		
CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC	CRC 校验	CRC

附录1

1、Modbus 协议简介

1.1 帧格式

1.1.1 通用帧

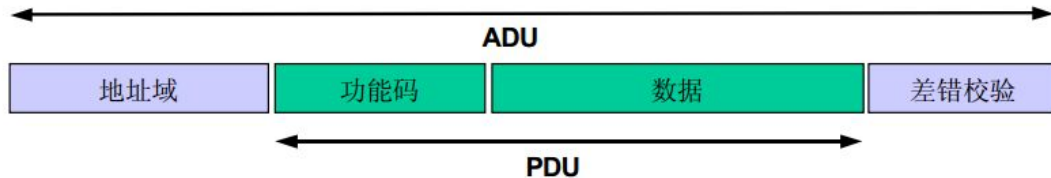


图 1：通用 MODBUS 帧

地址域

从机地址，地址范围是 0~247 (十进制)。

单个设备的地址范围是 1~247，主设备通过将要联络的从设备的地址放入消息中的地址域来选通从设备。当从设备发送回应消息时，它把自己的地址放入回应的地址域中，以便主设备知道是哪一个设备作出回应。

地址 0 是用作广播地址，以使所有的从设备都能认识。当 Modbus 协议用于更高水准的网络，广播可能不允许或以其它方式代替。

功能码

有三类 MODBUS 功能码。它们是：

公共功能码

- 是较好地被定义的功能码，
- 保证是唯一的，
- MODBUS 组织可改变的，
- 公开证明的，
- 具有可用的一致性测试，
- MB IETF RFC 中证明的，
- 包含已被定义的公共指配功能码和未来使用的未指配保留供功能码。

用户定义功能码

- 有两个用户定义功能码的定义范围，即 65 至 72 和十进制 100 至 110。
- 用户没有 MODBUS 组织的任何批准就可以选择和实现一个功能码
- 不能保证被选功能码的使用是唯一的。
- 如果用户要重新设置功能作为一个公共功能码，那么用户必须启动 RFC，以便将改变引入
- 公共分类中，并且指配一个新的公共功能码。

保留功能码

- 一些公司对传统产品通常使用的功能码，并且对公共使用是无效的功能码。

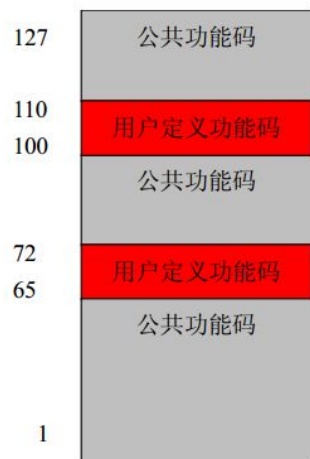


图 2：MODBUS 功能码分类

				功能码		(十六进制)	页
				码	子码		
数据访问	比特访问	物理离散量输入	读输入离散量	02		02	11
		内部比特或物理线圈	读线圈	01		01	10
			写单个线圈	05		05	16
			写多个线圈	15		0F	37
	16 比特访问	输入存储器	读输入寄存器	04		04	14
		内部存储器或物理输出存储器	读多个寄存器	03		03	13
			写单个寄存器	06		06	17
			写多个寄存器	16		10	39
			读/写多个寄存器	23		17	47
			屏蔽写寄存器	22		16	46
	文件记录访问		读文件记录	20	6	14	42
			写文件记录	21	6	15	44
封装接口			读设备识别码	43	14	2B	

图 3：MODBUS 公共功能码定义

数据编码

MODBUS 使用一个 ‘big-Endian’ 表示地址和数据项。这意味着当发射多个字节时，首先发送最高有效位，后发送最低有效位。例如：

寄存器大小 值
16 — 比特 0x1234 发送的第一字节为 0x12，然后 0x34。

差错校验 LRC / CRC 校验

1.1.2 RTU 帧

当设备使用 RTU (Remote Terminal Unit) 模式在 Modbus 串行链路通信，报文中每个 8 位字节含有两个 4 位十六进制字符。这种模式的主要优点是较高的数据密度，在相同的波特率下比 ASCII 模式有更高的吞吐率。每个报文必须以连续的字符流传送。

RTU 模式每个字节 (11 位) 的格式为:

- 编码系统:** 8 - 位二进制报文中每个 8 位字节含有两个 4 位十六进制字符 (0 - 9, A - F)
- Bits Per Byte:**
- 1 起始位
 - 8 数据位, 首先发送最低有效位
 - 1 位作为奇偶校验
 - 1 停止位

偶校验是要求的, 其它模式 (奇校验, 无校验) 也可以使用。为了保证与其它产品的最大兼容性, 同时支持无校验模式是建议的。默认校验模式必须为偶校验。

注:使用无校验要求 2 个停止位。

字符是如何串行传送的:

每个字符或字节均由此顺序发送 (从左到右): 最低有效位 (LSB) . . . 最高有效位 (MSB)



图 4: RTU 模式位序列

设备配置为奇校验、偶校验或无校验都可以接受。如果无奇偶校验, 将传送一个附加的停止位以填充字符帧:



图 5: RTU 模式位序列 (无校验的特殊情况)

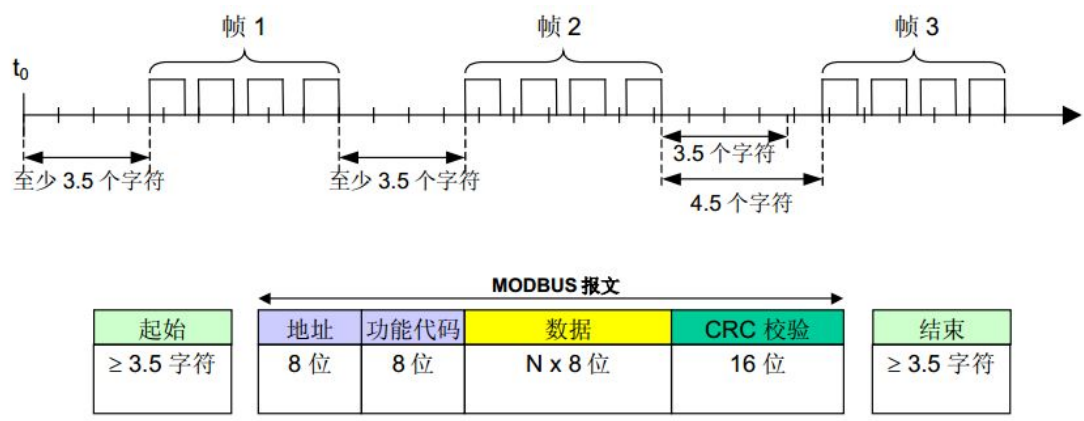
帧检验域: 循环冗余校验 (CRC)

帧描述:

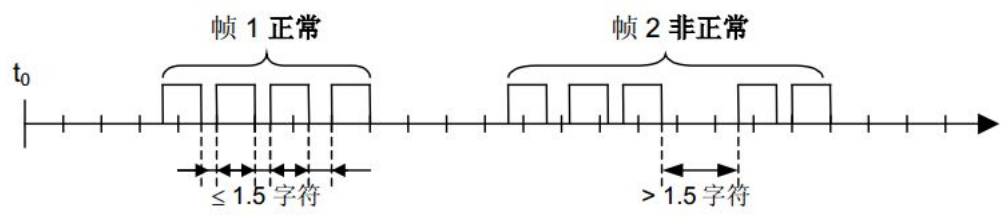
子节点地址	功能代码	数据	CRC
1 字节	1 字节	0 到 252 字节	2 字节 CRC 低 CRC 高

图 6: RTU 报文帧

在 RTU 模式, 报文帧由时长至少为 3.5 个字符时间的空闲间隔区分。在后续的部分, 这个时间区间被称作 t3.5。



整个报文帧必须以连续的字符流发送。
如果两个字符之间的空闲间隔大于 1.5 个字符时间，则报文帧被认为不完整应该被接收节点丢弃。



利尔达科技集团

1.2 通信机制

1.2.1 事务处理

当服务器（从站）对客户机（主站）响应时，它使用功能码域来指示正常（无差错）响应或者出现某种差错（称为异常响应）。对于一个正常响应来说，服务器仅对原始功能码响应。

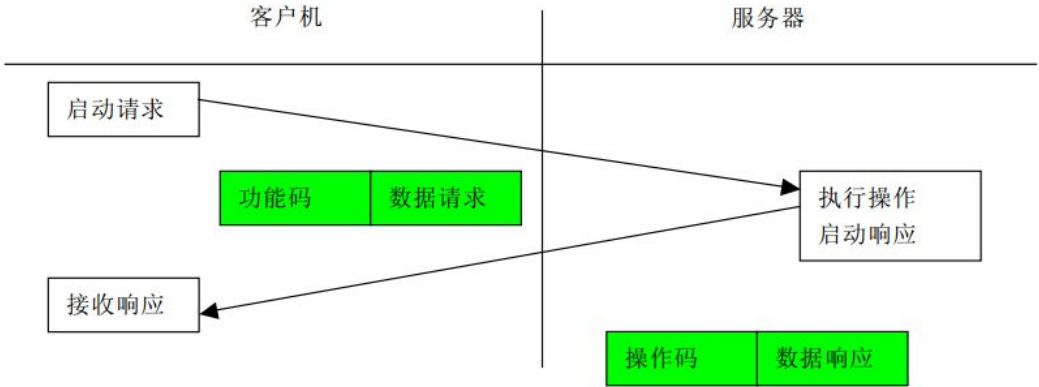


图 7: MODBUS 事务处理（无差错）

对于异常响应，服务器返回一个与原始功能码等同的码，设置该原始功能码的最高有效位为逻辑 1。

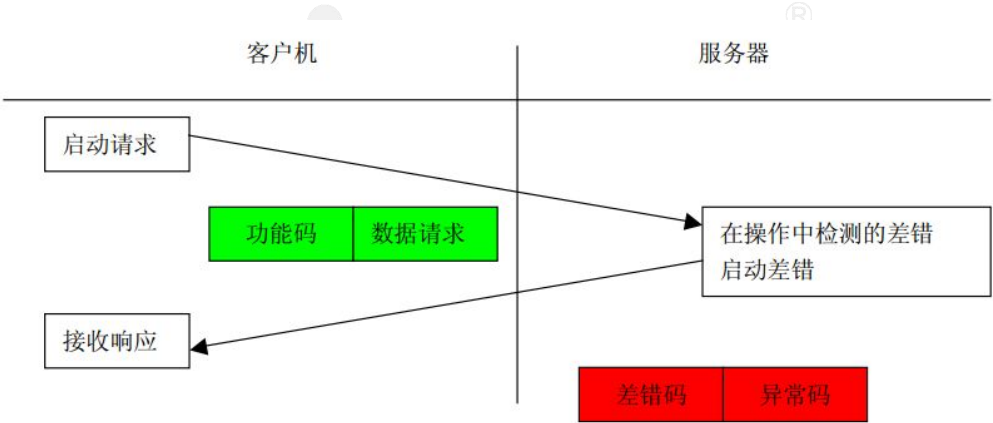


图 8: MODBUS 事务处理（异常响应）

下列状态图描述了在服务器侧 MODBUS 事务处理的一般处理过程

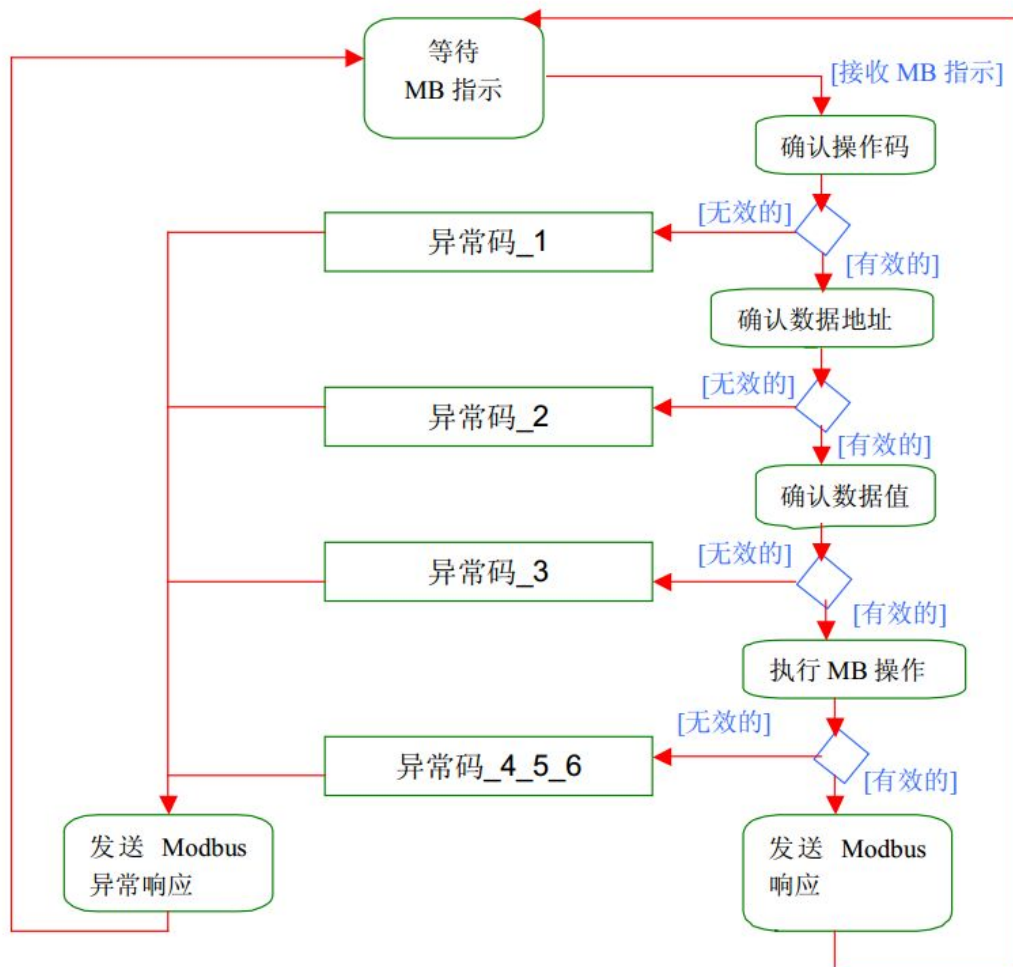


图 9: MODBUS 事务处理的状态图

一旦服务器处理请求，使用合适的 MODBUS 服务器事务建立 MODBUS 响应。
根据处理结果，可以建立两种类型响应：

- 一个正 MODBUS 响应：
 - 响应功能码 = 请求功能码
- 一个 MODBUS 异常响应(参见第 6.14 节):
 - 用来为客户机供处理过程中与被发现的差错相关的信息；
 - 响应功能码 = 请求功能码 + 0x80；
 - 供一个异常码来指示差错原因。

1.2.2 从站状态图

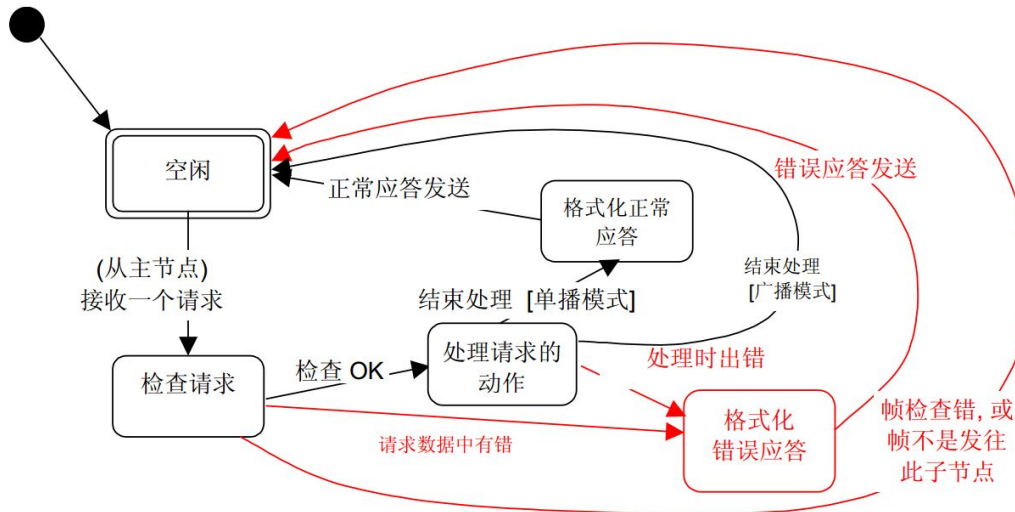


图 10：从站状态图

对上面的状态图的一些解释：

- 状态“空闲” = 没有等待的请求。这是电源上电后的初始状态。
- 当收到一个请求时，子节点在处理请求中要求的动作前检验报文包。不同的错误可以发生于：请求的格式错，非法动作，…… 当检测到错误时，必须向主节点发送应答。
- 当要求的动作完成后，单播报文要求必须格式化一个应答并发往主节点。
- 如果子节点在接收到的帧中检测到错误，则没有响应返回到主节点。
- 任何子节点均应该定义并管理 Modbus 诊断计数器以提供诊断信息。通过使用 Modbus 诊断功能码，可以得这些计数值。

1.2.3 时序图

下面的图显示了主/从通信的 3 种典型情况。

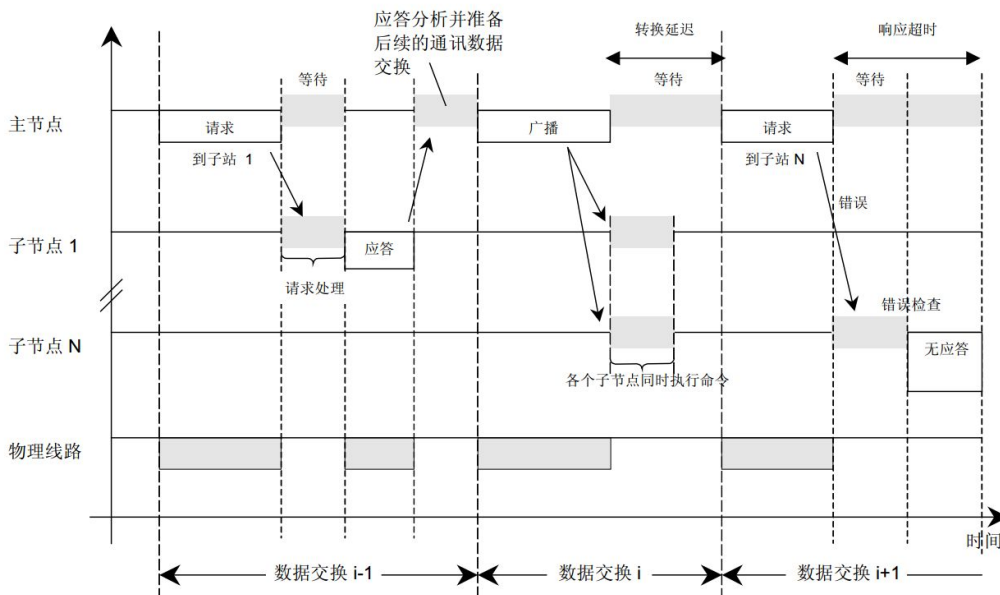


图 11：各种情形的主/从通信时序图

注：

- 请求，应答，广播阶段的持续时间依赖于通信特征（帧长度和吞吐量）。
- 等待和处理阶段的持续时间取决于子节点应用的请求处理时间。

1.2.4 异常响应

当客户机设备向服务器设备发送请求时，客户机希望一个正常响应。从主站询问中出现下列四种可能事件之一：

- 如果服务器设备接收到无通信错误的请求，并且可以正常地处理询问，那么服务器设备将返回一个正常响应。
- 如果由于通信错误，服务器没有接收到请求，那么不能返回响应。客户机程序将最终处理请求的超时状态。
- 如果服务器接收到请求，但是检测到一个通信错误（奇偶校验、LRC、CRC、...），那么不能返回响应。客户机程序将最终处理请求的超时状态。
- 如果服务器接收到无通信错误的请求，但不能处理这个请求（例如，如果请求读一个不存在的输出或寄存器），服务器将返回一个异常响应，通知用户错误的本质特性。

异常响应报文有两个与正常响应不同的域：

功能码域：在正常响应中，服务器利用响应功能码域来应答最初请求的功能码。所有功能码的最高有效位（MSB）都为 0（它们的值都低于十六进制 80）。在异常响应中，服务器设置功能码的 MSB 为 1。这使得异常响应中的功能码值比正常响应中的功能码值高十六进制 80。

通过设置功能码的 MSB，客户机的应用程序能够识别异常响应，并且能够检测异常码的数据域。

数据域：在正常响应中，服务器可以返回数据域中数据或统计表（请求中要求的任何报文）。在异常响应中，服务器返回数据域中的异常码。这就定义了产异常的服务器状态。

客户机请求和服务器异常响应的实例：

请求		响应	
域名	（十六进制）	域名	（十六进制）
功能	01	功能	81
起始地址 Hi	04	异常码	02
起始地址 Lo	A1		
输出数量 Hi	00		
输出数量 Lo	01		

在这个实例中，客户机对服务器设备寻址请求。功能码(01)用于读输出状态操作。它将请求地址 1245(十六进制 04A1)的输出状态。值得注意的是，象输出域(0001)号码说明的那样，只读出一个输出。

如果在服务器设备中不存在输出地址，那么服务器将返回异常码(02)的异常响应。这就说明从站的非法数据地址。

下面列出所有异常码：

MODBUS 异常码		
代码	名称	含义
01	非法功能	对于服务器(或从站)来说，询问中接收到的功能码是不可允许的操作。这也许是因为功能码仅仅适用于新设备而在被选单元中是不可实现的。同时，还指出服务器(或从站)在错误状态中处理这种请求，例如：因为它是未配置的，并且要求返回寄存器值。
02	非法数据地址	对于服务器(或从站)来说，询问中接收到的数据地址是不可允许的地址。特别是，参考号和传输长度的组合是无效的。对于带有 100 个寄存器的控制器来说，带有偏移量 96 和长度 4 的请求会成功，带有偏移量 96 和长度 5 的请求将产生异常码 02。
03	非法数据值	对于服务器(或从站)来说，询问中包括的值是不可允许的值。这个值指示了组合请求剩余结构中的故障，例如：隐含长度是不正确的。并不意味着，因为 MODBUS 协议不知道任何特殊寄存器的任何特殊值的重要意义，寄存器中被提交存储的数据项有一个应用程序期望之外的值。
04	从站设备故障	当服务器(或从站)正在设法执行请求的操作时，产生不可重新获得的差错。
05	确认	与编程命令一起使用。服务器(或从站)已经接受请求，并切正在处理这个请求，但是需要长的持续时间进行这些操作。返回这个响应防止在客户机(或主站)中发生超时错误。客户机(或主站)可以继续发送轮询程序完成报文来确定是否完成处理。
06	从属设备忙	与编程命令一起使用。服务器(或从站)正在处理长持续时间的程序命令。当服务器(或从站)空闲时，用户(或主站)应该稍后重新传输报文。
08	存储奇偶性差错	与功能码 20 和 21 以及参考类型 6 一起使用，指示扩展文件区不能通过一致性校验。 服务器(或从站)设法读取记录文件，但是在存储器中发现一个奇偶校验错误。客户机(或主站)可以重新发送请求，但可以在服务器(或从站)设备上要求服务。
0A	不可用网关路径	与网关一起使用，指示网关不能为处理请求分配输入端口至输出端口的内部通信路径。通常意味着网关是错误配置的或过载的。
0B	网关目标设备响应失败	与网关一起使用，指示没有从目标设备中获得响应。通常意味着设备未在网络中。