

微电流电刺激仪
通讯协议

文件状态： [<input checked="" type="checkbox"/>] 草稿 [<input type="checkbox"/>] 正式发布 [<input type="checkbox"/>] 正在修改	文件编号：	NTDXY-804-30000
	当前版本：	1.4
	作 者：	廖文海
	完成日期：	2015.5.13

版 本 历 史

版本	作者	参与者	起止日期	说明
1.1	廖文海		2015.3.14	根据新版微电流电刺激仪的 APP、蓝牙模块、刺激仪三者关系，制定本协议，主要描述了刺激仪与其他设备的数据通讯格式
1.2	廖文海		2015.3.18	增加 SPI 物理层描述，增加由刺激仪向蓝牙传输数据的应答
1.3	廖文海		2015.3.24	1、增加了通讯速率的定义；2、修改了部分错误，3.1 中命令帧结构校验码的字节偏移由 6 改为 Length-1；5.5 中获取刺激时间的应答命令中，缺少了接通状态
1.4	廖文海		2015.5.13	将通讯方式由 SPI 修改为 UART

0. 文档介绍

0.1 文档目的

本文档规定了微电流电刺激仪中，上位机和终端机的数据格式、以及相关内容。

0.2 文档范围

本文档仅适用于微电流电刺激仪系统。

0.3 读者对象

微电流电刺激仪系统上位机软件和终端机的设计、开发、测试人员。

0.4 参考文献

0.5 术语与缩写解释

缩写、术语	解 释
APP	本系统内指的是手机端 APP
刺激仪	本系统内指的是微电流电刺激仪硬件设备
蓝牙模块	本系统内指的是 nRF51822 蓝牙模块

1. 概述

APP 软件与刺激仪以蓝牙模块作为中间媒介进行通讯，蓝牙模块负责透传两者之间的命令和数据，此外，蓝牙模块还需要接收处理 APP 发给蓝牙模块的命令、刺激仪发给蓝牙模块的命令。为了区分传输数据的发送目标，在此赋予这三种设备不同的识别码：

设备类别	识别码
APP	0x01
蓝牙模块	0x02
刺激仪	0x03

本协议中，在出现多字节数据时，除非特别说明，否则均为高字节在前。

2. 物理层

UART 通讯方式，TTL 电平的串行通讯，波特率：115200，数据位：8，停止位：1，无校验。刺激仪需要向蓝牙模块发送数据时，通过 int 脚（上升沿）通知蓝牙模块，蓝牙模块读取来自刺激仪的数据。

3. 帧结构

定义从刺激仪到蓝牙模块的数据传输方向为上行，从蓝牙模块到 APP 的数据传输方向为上行；从 APP 到蓝牙模块的数据传输方向为下行，从蓝牙模块到刺激仪的数据传输方向为下行。

刺激仪、蓝牙模块、APP 三者之间传输的数据帧有三种：命令帧（下行）、应答帧（上行）、数据帧（上行）。命令帧传递 APP 对刺激仪的控制命令，应答帧是刺激仪对收到的命令帧的应答。

刺激仪不能主动发送应答帧，只有在收到 APP 命令帧后的 50ms 内，才能发送应答帧。刺激仪可以主动向蓝牙模块发送数据帧（见第 6 章）。

所有的帧校验方式为，除去校验码本身以外帧内所有数据的和的低 8 位作为校验码。除非特别说明，传输数据均以 16 进制表示。

3.1. 命令帧结构

字节 偏移	长度	说明
----------	----	----

0	1	帧头 1，固定为 0x55。
1	1	帧头 2，固定为 0xAA。
2	1	设备类别：0x01，APP；0x02，蓝牙模块；0x03，刺激仪
3	1	帧长度 Length，指本帧的总长度，单位：字节。
4	1	命令码，详细见第 5 章的定义。
5	Length-6	命令数据，详细见第 5 章的定义。
Length-1	1	校验码

3.2. 应答帧结构

字节 偏移	长度	说明
0	1	帧头 1，固定为 0x55。
1	1	帧头 2，固定为 0xBB。
2	1	设备类别：0x01，APP；0x02，蓝牙模块；0x03，刺激仪
3	1	帧长度 Length，指本帧的总长度，单位：字节。
4	1	回发收到的命令码。
5	Length-7	应答数据，详见第 5 章的描述。
Length-2	1	命令执行状态，定义如下： 0x00：命令执行正确。 0x01：未知命令，包括收到了不支持的命令码等。 0x02：校验错误。 0x03：命令长度不足或超限。
Length-1	1	校验码

4. 刺激仪工作状态

4.1 刺激仪的设备工作状态

刺激仪可以工作在 5 种不同的工作状态，工作状态定义和编号如表 1。在某一时刻，刺激仪仅能工作在一种确定的状态下。刺激仪除了有整体的工作状态，在各状态下，通道有不同的工作模式。

设备工作状态名称	设备工作状态编码	说明
休眠	0x00	低功耗模式
空闲	0x01	不产生刺激电流或其他操作

电刺激	0x02	以特定的刺激波形产生刺激电流。 当由空闲状态进入本状态时，初始刺激电流强度为 0 毫安。 通道处于“停止”通道工作状态。
电流校正	0x03	此状态对电流强度进行校正
调试	0x04	此状态为拷机操作

表 1. 设备工作状态表

4.2 刺激仪的通道工作状态

当刺激仪处在不同的设备工作状态时，通道对应还具有不同的通道工作状态。

对于电刺激、电流校正和调试等设备工作状态，有以下几种通道工作状态。

通道工作状 态名称	通道工作 状态编码	说明
停止	0x00	由其他设备工作状态进入电刺激设备工作状态时，通道所处的缺省通道工作状态，这时不输出电流刺激。当由其他通道工作状态切换到此状态时，刺激电流强度将自动被设置成 0。
暂停	0x01	这个状态时，不输出电流刺激。从其他通道工作状态切换到此状态时，刺激电流强度将被保存。
电流调节	0x02	在这个状态时，连续输出电流刺激。
正常工作	0x03	电流刺激工作正常进行。

表 2. 通道工作状态表

5. APP 与刺激仪之间的通信

5.1 切换设备工作状态

APP 通过这条命令切换刺激仪的设备工作状态。

55	AA	03	07	80	设备状态	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x07
4	1	命令码: 0x80
5	1	命令数据: 0x00:休眠, 0x01:空闲, 0x02:电刺激, 0x03:电流校正, 0x04: 调试
6	1	校验码

应答:

55	BB	01	07	80	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.2 切换通道工作状态

APP 通过这条命令切换刺激仪的通道工作状态。

55	AA	03	07	81	通道状态	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x07
4	1	命令码: 0x81
5	1	命令数据: 0x00: 停止, 0x01: 暂停, 0x02: 电流调节, 0x03: 正常工作
6	1	校验码

应答:

55	BB	01	07	81	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.3 设置刺激参数

APP 通过这条命令设置刺激仪的刺激参数。

55	AA	03	08	82	治疗时间	刺激频率	校验码
----	----	----	----	----	------	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	帧总长度: 0x08
4	1	命令码: 0x82
5	1	命令数据, 治疗时间: 0x00:10min, 0x01:20min, 0x02:40min, 0x03:60min
6	1	命令数据, 刺激频率: 0x00: 0.5Hz, 0x01: 1.5Hz, 0x02:100Hz
7	1	校验码

应答:

55	BB	01	07	82	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.4 电流调节

APP 通过这条命令对刺激仪的刺激电流进行调节。

55	AA	03	07	83	电流步进	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x07
4	1	命令码: 0x83
5	1	命令数据: 0x00:减 1 档位, 0x01:加 1 档位, 步进调节电流强度
6	1	校验码

应答:

55	BB	01	07	83	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.5 获取刺激时间

APP 通过这条命令获取当前刺激已进行的时间。

55	AA	03	06	84	校验码
----	----	----	----	----	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x06
4	1	命令码: 0x84
5	1	校验码

应答:

55	BB	01	0B	84	时间 h	时间 min	时间 s
接通状态	执行结果	校验码					

起始 字节	长度	定义

0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xBB
2	1	设备类别: 0x01, APP
3	1	帧总长度, 此处为 0x0B
4	1	命令码: 0x84
5	3	刺激已进行时间: s、min、h
8	1	通道接通状态: 0x00: 未接通, 0x01: 接通
9	1	命令执行状态: 0x00: 命令执行正确。 0x01: 未知命令, 包括收到了不支持的命令码等。 0x02: 校验错误。 0x03: 命令长度不足或超限。 如果上位机向终端机发送命令后 50ms 内没有收到应答, 则认为这条命令超时。
10	1	校验码

5.6 电流设定

APP 通过这条命令对刺激仪的刺激电流值进行设定, 电流设定与电流调节的命令区别在于, 电流调节用于步进一档一档的调节电流大小, 是一个相对值, 而电流设定用于直接将电流设定为某一个档位, 是一个绝对值。

55	AA	03	07	85	电流值	校验码
----	----	----	----	----	-----	-----

起始字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x07
4	1	命令码: 0x85
5	1	命令数据: 0~12 档对应 0x00~0x0C
6	1	校验码

应答:

55	BB	01	07	85	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.7 增益调节

此命令生产时使用，生产用软件通过这条命令对刺激仪的输出电流进行校准。

55	AA	03	07	86	增益步进	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x07
4	1	命令码: 0x86
5	1	命令数据: 0x00: 减 1 增益值, 0x01: 加 1 增益值
6	1	校验码

应答:

55	BB	01	07	86	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.8 获取设备信息

APP 通过这条命令获取刺激仪的设备信息。

55	AA	03	06	87	校验码
----	----	----	----	----	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧总长度: 0x06
4	1	命令码: 0x87
5	1	校验码

应答:

55	BB	01	19	87	固件版本	硬件版本	协议版本
设备代号	例 (14)	例 (12)	例 (34)	例 (56)	例 (78)	例 (90)	例 (15)
例 (26)	执行状态	校验码					

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55

1	1	帧头 1:0xBB
2	1	设备类别: 0x01, APP
3	1	本帧总长度: 0x19
4	1	命令码: 0x87
5	1	固件版本号, BCD 码, 主版本在高位, 子版本在低位, 如 V1.0, 表示为 0x10
6	1	硬件版本号, BCD 码, 主版本在高位, 子版本在低位, 格式同上
7	1	协议版本号, BCD 码, 主版本在高位, 子版本在低位, 格式同上
8	1	设备代号: 0x86
9	8	设备序列号, BCD 码, 如 1412345678901526, 此处应答的设备序列号为实际序列号经过转换算法后得出的值, 其中末 4 位 1526 为前 12 位 141234567890 的 CRC 校验值 (此处举例未经实际计算)。
17	1	命令执行状态: 0x0: 命令执行正确。 0x1: 未知命令, 包括收到了不支持的命令码等。 0x2: 命令参数错误, 收到的命令中的参数超限。 0x3: 校验错误。 0x4: 命令长度不足或超限。 如果上位机向终端机发送命令后 50ms 内没有收到应答, 则认为这条命令超时。
18	1	校验码

5.9 设置设备信息

此命令生产时使用, 生产用软件通过这条命令对刺激仪的设备序列号进行设置。

55	AA	03	0E	88	例 (14)	例 (12)	例 (34)
例 (56)	例 (78)	例 (90)	例 (15)	例 (26)	校验码		

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别: 0x03, 刺激仪
3	1	本帧长度: 0x0E
4	1	命令码: 0x88
5	8	命令数据: 设备序列号, BCD 码, 如 1412345678901526, 此处设置的设备序列号为实际序列号经过转换算法后得出的值, 其中末 4 位 1526 为前 12 位 141234567890 的 CRC 校验值 (此处举例未经实际计算)。
13	1	校验码

应答：

55	BB	01	07	88	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

5.10. 刺激指示灯开关

APP 通过这条命令控制刺激仪的指示灯开关。

55	AA	03	07	89	命令数据	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别：0x03，刺激仪
3	1	本帧总长度：0x07
4	1	命令码： 0x89
5	1	命令数据： 0x00：关闭指示灯，0x01：打开指示灯
6	1	校验码

应答：

55	BB	01	07	89	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

6. 蓝牙模块与刺激仪之间的通信

6.1 指示灯控制

刺激仪通过此数据帧告知蓝牙模块控制指示灯。

55	AA	02	07	90	命令数据	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别：0x02，蓝牙模块
3	1	本帧总长度：0x07
4	1	命令码： 0x90
5	1	命令数据： 0x00：灯不亮；0x01：绿灯常亮；0x02:蓝灯常亮；0x03：

		红灯常亮；0x04:绿灯闪烁；0x05：蓝灯闪烁；0x06：红灯闪烁，其中闪烁频率为 1Hz
6	1	校验码

应答：

55	BB	03	07	90	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----

6.2 断电请求

刺激仪通过此数据帧向蓝牙模块发出断电请求。

55	AA	02	06	91	校验码
----	----	----	----	----	-----

起始 字节	长度	定义
0	1	帧头 0:0x55
1	1	帧头 1:0xAA
2	1	设备类别：0x02，蓝牙模块
3	1	本帧总长度：0x06
4	1	命令码： 0x91
5	1	校验码

应答：

55	BB	03	07	91	执行结果	校验码
----	----	----	----	----	------	-----