

1. 概述

Bio-M001A 是一款一体化多参数健康监测模块。它测量和处理包括 ECG（心电），RESP（呼吸），HR（心率），PPG（脉搏波），SPO2（血氧），GSR（皮电），BIA（人体阻抗分析）和计步运动/睡眠等多类型基础生物数据。

该模块集成红（660nm）、绿（520nm）和红外（940nm）三种光收发传感电路，实现 PPG 相关应用；支持 4 电极接入，实现人体电及阻抗活动的相关应用；板载 14 位三轴 Gsensor，实现运动功能需求。

同时，模块内嵌带生物模拟前端和 24 位模数转换器的 MCU/DSP 单元，运行的算法能完成滤波、人体综合行为判定等数据分析，比如运动识别等。硬件接口支持 SPI/I2C/UART 可选，FPC 连接器参考 DF37NB-30DS-0.4V。

2. 应用

- 可穿戴设备（手环/手表等）；
- 健康监测设备；
- 手持便携设备；

3. 功能详情

- 集成单导心电（ECG）：
 - 三电极配置，支持右腿驱动；
 - 导联脱落检测；
- 四电极生物阻抗测量：
 - 内置 DAC 和多频率波形发生电路；
 - 支持 RESP（呼吸），BIA（人体阻抗分析）和皮肤电（GSR）等；
- 脉搏波（PPG）电路：
 - 支持 520nm, 660nm 和 940nm 三波长 led，灵活的时序控制器；
 - 支持心率（HR），血氧（SPO2）和红外接近感应等模式；
- 电极感应电路：
 - 支持导联脱落检测；
 - 自主开发的电极新型功能支持；
- 运动计步：
 - 内置 14 位三轴 Gsensor，可选范围 $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ ；
 - 支持运动计步与识别等；
- 通讯接口：
 - SPI/UART/I2C 可选；
 - FPC 连接器参考 DF37NB-30DS-0.4V, 制造商为 hirose；
- 超小体积，适合手环（表）装配使用：
 - 22x26mm；

4. 硬件接口

4. 1 FPC 接口说明

Bio-M001A 提供一个 30 管脚的 fpc 连接器（参考 DF37NB-30DS-0.4V），用于模拟和数字信号的存取。

4. 1. 1 FPC 管脚

Table 1:

| Name | No. | Type | Function |
|------------------|-----|-------|--|
| P0_2 | 1 | I/O | GP0.2; hardware intface switch |
| P0_0 | 2 | I/O | GP0.0; hardware intface switch |
| P0_1_INT | 3 | I/O | GP0.1; INT Output, the rising edge active |
| P0_4 | 4 | I/O | GP0.4; firmware upgrade mode switch |
| VSS | 5 | POWER | Ground |
| LD_LA_TOUCH | 6 | AO | Lead-off detection analog output from left arm |
| VOPT | 7 | POWER | Power supply driving PPG led |
| P0_7_SPI_SDI_SDA | 8 | I/O | GP0.7; SDI of slave spi; SDA of slave I2C |
| P1_0_SPI_SCK_SCL | 9 | I/O | GP1.0; SCK of slave spi; SCL of slave I2C |
| LD_RA_TOUCH | 10 | AO | Lead-off detection analog output0 from right arm |
| RH_KEY_TOUCH | 11 | AO | Lead-off detection analog output1 from right arm |
| P1_3_SPI_SDO_RX | 12 | I/O | GP1.3; SDO of slave spi; RX of UART |
| P2_5_UTX | 13 | I/O | GP2.5; TX of UART |
| P1_2_SPI_SCS | 14 | I/O | GP1.2; SCS of slave spi |
| P3_2 | 15 | I/O | GP3.2 |
| P3_3 | 16 | I/O | GP3.3 |
| LH_DRV | 17 | SO | Drive source about left hand, ECG RLD output |
| | 18 | | |
| | 19 | | |
| LH_REC | 20 | SI | Input about ECG/impedance from left hand |
| RH_REC | 21 | SI | Input about ECG/impedance from right hand |
| RH_DRV | 22 | SO | Drive source about right hand |
| | 23 | | |
| | 24 | | |
| AVSS | 25 | POWER | Analog ground |
| VSS | 26 | POWER | Ground |
| ECG_SIG | 27 | AO | ECG analog output |
| IMP_DC | 28 | AO | Body impedance analog DC output |
| OPT_PPG | 29 | AO | PPG analog output |
| VDD33 | 30 | POWER | Power supply |

注：AO--Analog Output,SO--Source Output,SI--Source Input

4. 1. 2 Strapping 管脚

Bio-M001A 有三个 strapping 管脚:

- P0_2
- P0_0
- P0_4

模块复位期间, 会通过采样 strapping 管脚电压级别来配置工作模式和数字接口方式。确定的数字接口方式将决定 P0_7, P1_0, P1_3, P2_5 和 P1_2 这五个管脚的实际功能。

模块内部本身有弱上拉, 用户可外接电阻完成下拉功能。复位结束后, strapping 管脚能恢复到正常功能使用。参考如下表:

硬件接口方式选择:

Table 2:

| Hardware intface method | | | | | |
|-------------------------|---------|-----|------|--------------------|--------------------|
| pin | default | SPI | UART | I2C (Address=0x66) | I2C (Address=0x67) |
| P0_0 | pull-up | 1 | 0 | 1 | 0 |
| P0_2 | pull-up | 1 | 0 | 0 | 1 |

模块工作模式选择:

Table 3:

| Work mode | | | |
|-----------|---------|--------|------|
| pin | default | Normal | Boot |
| P0_4 | pull-up | 1 | 0 |

4. 1. 3 管脚布局

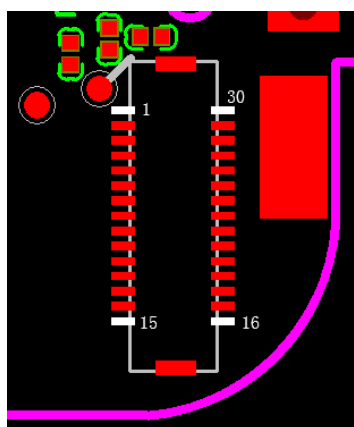


Figure 1

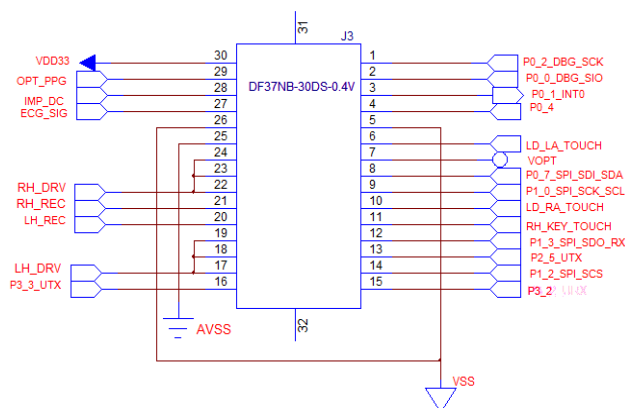


Figure 2

4. 2 通讯接口

Bio-M001A 支持三种数字接口：SPI，I2C 和 UART，用来与主机设备通讯。其选择方式参考表 2。各硬件接口对应的管脚分配如表 4：

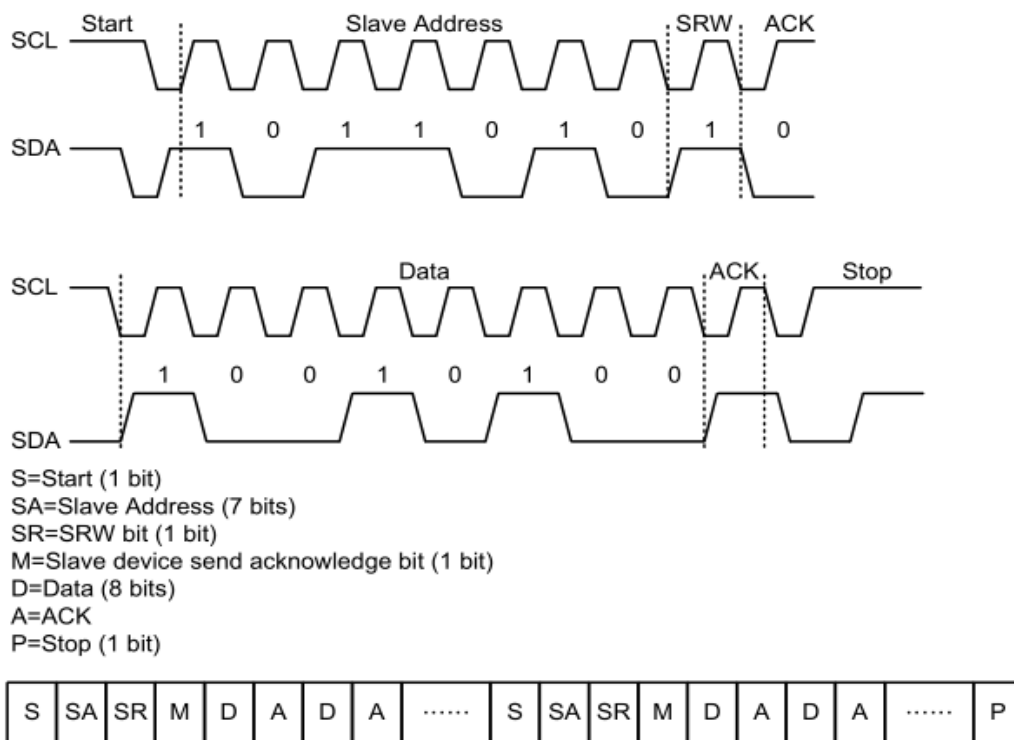
Table 4:

| Hardware intface pins map | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| intface | P0_7 | P1_0 | P1_2 | P1_3 | P2_5 |
| SPI | SDI | SCK | SCS | SD0 | x |
| I2C | SDA | SCL | x | x | x |
| UART | x | x | x | RX | TX |

4. 2. 1 I2C 操作

Bio-M001A 支持 slave I2C 接口，如图 3 所示，I2C 总线采用 SCL 和 SDA 作为信号线。两条线路都通过上拉电阻与外部电源连接，因此当总线空闲时，它们被拉高。Bio-M001A 的 I2C 设备地址如表 5 所示。7 位设备地址的 LSB 位是通过 P0_0，P0_2 引脚来配置的，具体配置方式参考表 2。

Figure 3



I2C 通信时序图

Table 5:

| I2C Address | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| SAD6 | SAD5 | SAD4 | SAD3 | SAD2 | SAD1 | SAD0 | W/R |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | LSB | 0/1 |

4. 2. 2 SPI 操作

Bio-M001A 支持 4 线 slave SPI 接口，如图 3 所示，SCS 的下降沿与 SCK 的上升沿相结合，决定数据帧的开始。数据长度为 8 位，MSB first 模式。

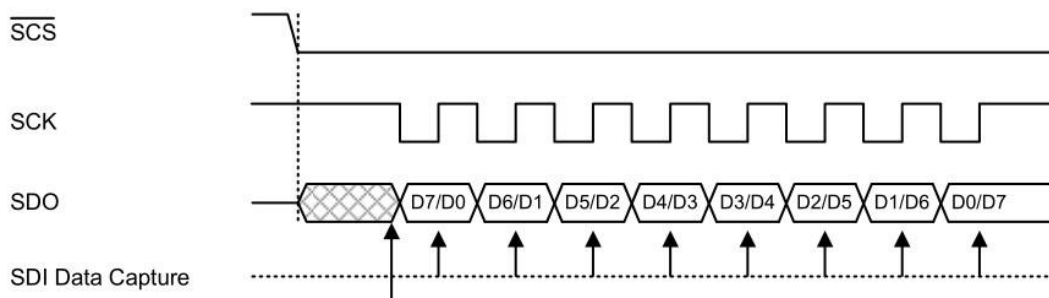


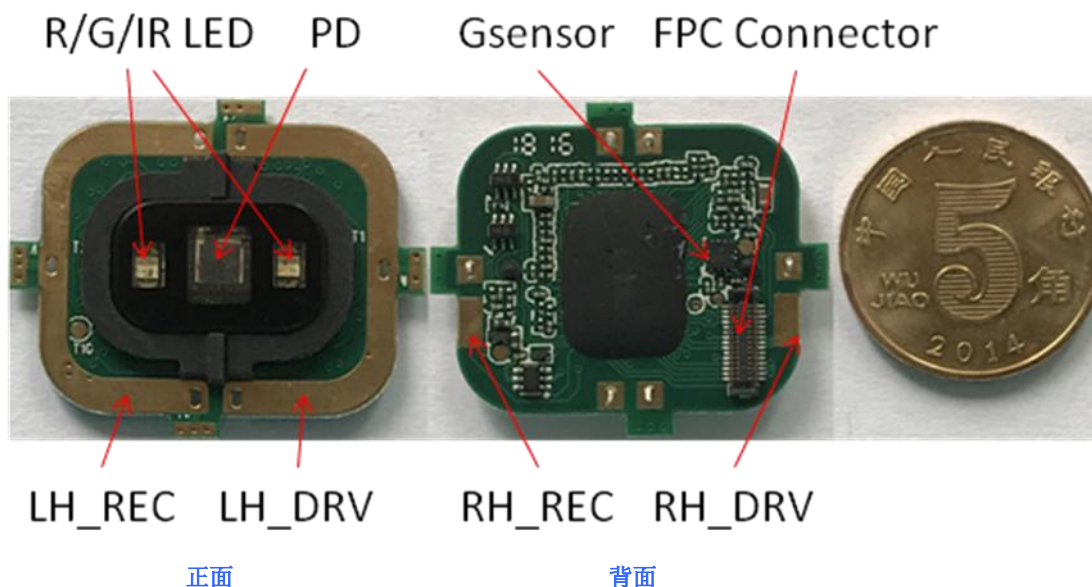
Figure 4

4. 3 传感器布局

Bio-M001A 集成三大部分传感器：

- A. 采集 PPG 信号的光收发传感，如图 5 所示，R/G/IR LED 为红、绿和红外光发射区，PD 为光敏接收二极管；
- B. 采集人体电及阻抗活动信号的电极传感，图中 xH_REC 接人体电和阻抗活动感应肢体导联，xH_DRV 接阻抗感应激励电极；
- C. 运动感知的 GSensor。

Figure 5



5 寄存器

5.1 寄存器布局

表 6 描述了 Bio-M001A 所包含的寄存器列表。

Table 6:

| 名称 | 地址 | 类型 | 描述 | 缺省值 |
|-------------------|------|-----|------------|-----------|
| Reg_INT_DATA_L | 0x00 | R | 中断数据低 8 位 | 0x00 |
| Reg_INT_DATA_M | 0x01 | R | 中断数据中间 8 位 | 0x00 |
| Reg_INT_DATA_H | 0x02 | R | 中断数据高 8 位 | 0x00 |
| Reg_INT_DATA_TYPE | 0x03 | R | 中断数据类型 | 0x00 |
| Reg_DEVICE_ID | 0x04 | R | 设备 ID | 0x21/0xA1 |
| Reg_FIRMWARE_VER | 0x05 | R | 固件版本号 | 0xXX |
| Reg_BL_VERSION | 0x06 | R | 引导程序版本号 | 0x01/x81 |
| Reg_PSTATUS | 0x07 | R | 保留 | 0x00 |
| Reg_FUN_CMD0 | 0x08 | R/W | 功能命令 0 | 0x00 |
| Reg_MODE_CMD1 | 0x09 | R/W | 模式和功能命令 1 | 0x00 |
| Reg_BL_DATA | 0x0A | W | 固件升级写数据 | 0x00 |

5.2 寄存器描述

5.2.1 Reg_INT_DATA_L (00H)

新的中断发生时将更新此寄存器数据，具体内容含义由 Reg_INT_DATA_TYPE 字段定义。当 Bio-M001A 处于 Boot(引导)模式时，此寄存器内容为固件升级命令应答值，相关定义参考如下表 7:

Table 7:

| 固件升级应答说明 | | |
|----------------------|-----------|------------|
| RSP Name | RSP Value | 描述 |
| BL_RSP_OK | 0x01 | 应答 ok |
| BL_RSP_PARA_ERROR | 0x02 | 参数错误 |
| BL_RSP_CMD_ERROR | 0x03 | 命令错误 |
| BL_RSP_ERASE_ERROR | 0x04 | FLASH 擦除错误 |
| BL_RSP_PROGRAM_ERROR | 0x05 | 编程错误 |
| BL_RSP_CRC_ERROR | 0x06 | CRC 校验错误 |
| BL_RSP_VERIFY_ERROR | 0x07 | 编程校验错误 |
| BL_RSP_UNKNOW | 0x08 | 未知错误 |

5.2.2 Reg_INT_DATAM (01H)

新的中断发生时将更新此寄存器数据，具体内容含义由 Reg_INT_DATATYPE 字段定义。

5.2.3 Reg_INT_DATAH (02H)

新的中断发生时将更新此寄存器数据，具体内容含义由 Reg_INT_DATATYPE 字段定义。

5.2.4 Reg_INT_DATATYPE (03H)

新的中断发生时将更新此寄存器和其它地址为 0x00H-0x02H 的上述三个寄存器数据，数据类型由此寄存器的高 4 位 Data Type 字段标定，具体定义参考表 9；当数据类型由 Bio-M001A 内嵌的 24 位模数转换器 (AD) 产生时，此寄存器的低 4 位 AD Sample Sequence 字段标示 AD 采样数据的队列号；通过此队列号能确认数据是否连续，并未丢数据包。

Table 8:

| Reg_INT_DATATYPE | | | | | | | |
|------------------|---|---|---|--------------------|---|---|---|
| Data Type | | | | AD Sample Sequence | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Table 9:

| Data Type Map | | | |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Data Type | Reg_INT_DATAH | Reg_INT_DATAM | Reg_INT_DATAH |
| 0h | 绿光直流 PPG 低 8 位 AD 数据 | 绿光直流 PPG 中 8 位 AD 数据 | 绿光直流 PPG 高 8 位 AD 数据 |
| 1h | 红光直流 PPG 低 8 位 AD 数据 | 红光直流 PPG 中 8 位 AD 数据 | 红光直流 PPG 高 8 位 AD 数据 |
| 2h | 红外直流 PPG 低 8 位 AD 数据 | 红外直流 PPG 中 8 位 AD 数据 | 红外直流 PPG 高 8 位 AD 数据 |
| 3h | 肢体阻抗低 8 位 AD 数据 | 肢体阻抗中 8 位 AD 数据 | 肢体阻抗高 8 位 AD 数据 |
| 4h | 皮肤电阻抗低 8 位 AD 数据 | 皮肤电阻抗中 8 位 AD 数据 | 皮肤电阻抗高 8 位 AD 数据 |
| 5h | 保留 | 保留 | 保留 |
| 6h | 保留 | 保留 | 保留 |
| 7h | 绿光交流 PPG 低 8 位 AD 数据 | 绿光交流 PPG 中 8 位 AD 数据 | 绿光交流 PPG 高 8 位 AD 数据 |
| 8h | 红光交流 PPG 低 8 位 AD 数据 | 红光交流 PPG 中 8 位 AD 数据 | 红光交流 PPG 高 8 位 AD 数据 |
| 9h | 红外交流 PPG 低 8 位 AD 数据 | 红外交流 PPG 中 8 位 AD 数据 | 红外交流 PPG 高 8 位 AD 数据 |
| Ah | 呼吸波阻抗低 8 位 AD 数据 | 呼吸波阻抗中 8 位 AD 数据 | 呼吸波阻抗高 8 位 AD 数据 |
| Bh | 心电低 8 位 AD 数据 | 心电中 8 位 AD 数据 | 心电高 8 位 AD 数据 |
| Ch | 保留 | 保留 | 保留 |
| Dh | GSensor | GSensor | GSensor |
| Eh | 保留 | 保留 | 保留 |
| Fh | 固件升级命令应答值 | 保留 | 保留 |

5.2.5 Reg_DEVICE_ID (04H)

这个寄存器低 7 位标示这个设备的特别识别码 (0x21)，第 8 位指示当时运行模式，0 为 Boot 模式，1 为正常应用模式。

Table 10:

| Device ID | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| MODE | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 0/1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

5.2.6 Reg_FIRMWARE_VER (05H)

这个寄存器标示这个设备的固件版本号，具体的值可以参考发布的生产版本。

5.2.7 Reg_BL_VERSION (06H)

这个寄存器低 7 位标示这个设备的引导程序的版本号，具体的值可以参考发布的生产版本；第 8 位指示当时运行模式，0 为 Boot 模式，1 为正常应用模式。

Table 11:

| Device ID | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| MODE | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 0/1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

5.2.8 Reg_PSTATUS (07H)

这个寄存器保留。

5.2.9 Reg_FUN_CMD0 (08H)

这是一个功能控制寄存器，它有两种运行方式：当寄存器 Reg_MODE_CMD1 高三位定义为 FW Upgrade 模式（见表 14 和表 16）时，此寄存器内容为固件升级命令，命令定义参考表 13；如果 Reg_MODE_CMD1 高三位未定义为 FW Upgrade 模式，则此寄存器内容如下表 12 所示，对应的功能位如果置 1，将使能相对应的功能。写此寄存器后，须接着写寄存器 Reg_MODE_CMD1 (09H)，操作才会有效。功能命令的具体说明请参考表 15。

Table 12:

| Function CMD Map | | | | | | | |
|------------------|------|-----------|----------|--------|-----------|---------|------------|
| GSR | RESP | Impedance | Preserve | PPG_IR | PPG_GREEN | PPG_RED | ECG_EXT_AD |
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Table 13:

| 固件升级命令说明 | | |
|-----------------|-----------|----------|
| BL CMD Name | CMD Value | 描述 |
| BL_CMD_ERASEAPP | 0x62 | FLASH 擦除 |
| BL_CMD_JMPAPP | 0x63 | 运行固件程序 |
| BL_CMD_APRDY | 0x64 | 固件编程完成 |
| BL_CMD_PROGRAM | 0x6F | 固件编程 |

5. 2. 10 Reg_MODE_CMD1 (09H)

这是一个模式设置和功能控制寄存器，一个正常的操作命令由三部分组成：功能模式（Function Mode）+功能命令（Function CMD）+启动位（Start）；功能模式由此寄存器高三位定义，如表 14 和表 16 所示；当 Start 置 1 时，表示启动当前操作，而清零则表明终止所定义的操作。功能命令包括 Reg_FUN_CMD0 和本寄存器低 4 位。功能命令的具体说明请参考表 15。

Table 14:

| Function CMD1 Map | | | | | | | |
|-------------------|------|------|-------|----------|----------|----------|------------|
| Function Mode | | | Start | Preserve | Preserve | Preserve | ECG_INT_AD |
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Table 15:

| 功能命令说明 | |
|--------------|-----------------|
| Function CMD | 描述 |
| ECG_EXT_AD | ECG 功能，外部 AD 采样 |
| PPG_RED | 红光 PPG 功能 |
| PPG_GREEN | 绿光 PPG 功能 |
| PPG_IR | 红外 PPG 功能 |
| Impedance | 肢体电阻抗 |
| RESP | 呼吸波 |
| GSR | 皮肤电活动 |
| ECG_INT_AD | ECG 功能，外部 AD 采样 |
| Preserve | 保留 |

Table 16:

| Function Mode Map | | | | |
|---------------------|------|------|-------------|----------|
| Function Mode Value | | | 模式 | 说明 |
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | | |
| 1 | 1 | 1 | Halt mode | 停止模式，最省电 |
| 1 | 1 | 0 | Obey mode | 接受测量模式 |
| 1 | 0 | 1 | Watch mode | 自主模式 |
| 1 | 0 | 0 | Calibration | 校准模式 |
| 0 | 1 | 1 | FW Upgrade | 固件升级模式 |

5. 2. 11 Reg_BL_DATA (0AH)

这个寄存器用于 Bio-M001A 在引导模式下，固件升级时大数据块操作。固件原始的二进制数据块可以直接写到此寄存器，然后编程内部 flash。

6 固件升级

Bio-M001A 复位上电，将按如图??所示流程开始启动，依据条件不同可分别进入 boot 和 app 两种工作模式；boot 模式用于固件 app 升级，app 模式为正常的应用模式；在复位期间硬件上拉低管脚 P0_4（参考 4.1.2）或者 APP 模式期间命令申请（参考 5.2.10）都可以进入 boot 模式。

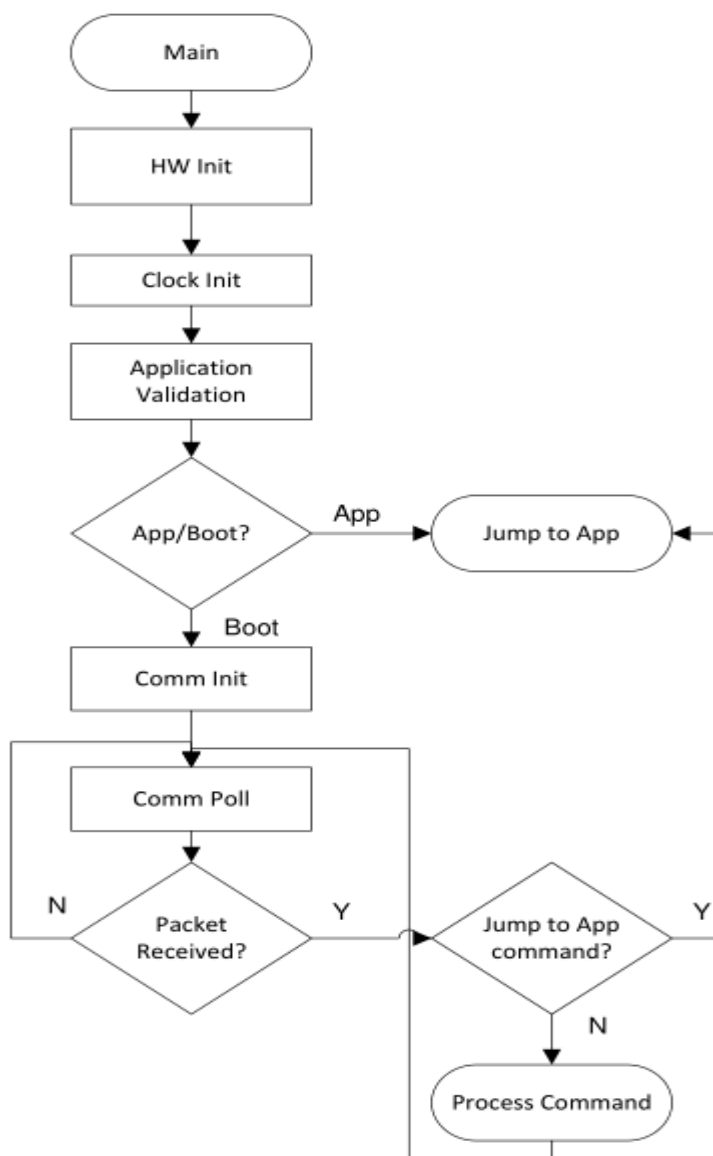


Figure 6