```
STM32F7中文参考手册.PDF
            ST官方文档
                        STM32H7中文参考手册.PDF
参考资料
                      W25Q128JV.PDF
             器件手册
                      BY25Q128.PDF
                      W25Q256JV.PDF
                                                      QUADSPI
                                       全双工
                                 Standard SPI (标准SPI)
                                                     通信线: 片选CS、时钟线CLK、输入DI、输出DO。
                                      半双工
                                Dual SPI (双线SPI)
                        SPI分类
                                                  对标准SPI改进, DO和DI改为IO0和IO1, 改为双向IO
                                                  口。一个周期内,通过数据线,传输2位数据
                                                   QUADSPI BKI_K
                                      半双工
                                 Qual SPI (四线SPI)
                                                  对Dual SPI改进,写保护WR和维持HOLD复用为数据IO口,为IO2和
                                                  IO3。一个周期内,通过数据线,传输4位数据。
                                  QSPI是Queued SPI简写,是Motorola公司推出的SPI接口的扩展,比SPI应用更加广泛。
                                  QSPI允许STM32和外部Quad-SPI存储器之间使用4线数据线进行通信。
                                  QSPI可支持使用1线、2线、4线 (通信时数据线)。
                        QSPI简介
                                                                                                                      QSPI是为了驱动SPI_FLASH所设置的专用外设
                                                                在QSPI驱动数据引脚信号时,这些信号仅在CLK的下降沿发生转
                                            SDR (单倍数据速率) 模式
                                                                变,即CLK后续的边沿(上升沿)对信号进行采集
                                                                在QSPI在地址/交替字节/数据阶段驱动数据引脚信号,将在CLK的每个上升沿和下
                                  提速操作
                                                                降沿发送1位,即在半个CLK周期后(下一个反向边沿)对信号采样。指令阶段不受
                                            DDR (双倍数据速率) 模式
                                                                            编程/擦除操作
                                              使用QSPI寄存器执行全部操作(标准SPI)
                       QSPI操作模式
                                    状态轮询模式
                                                 周期读取FLASH状态寄存器
                                                                       编程/擦除操作后
                                                 外部FLASH映射到MCU地址空间,被视为内部FLASH
                                                                                      数据读取操作
                                    内存映射模式
                                    了解具体引脚使用以及组成
                       QSPI功能框图
                                    QSPI时钟源的选择
                                                    不同开发板这里的设置是不同的
                                                                                                                         不传输任何字节, QUADSPI CCR中DMODE设置为0
                                                                                               读写字节数在QUADSPI_DLR中设置
                                                                                                                         设置OxFFFF FFFF情况下,属于持续传输数据,直至FLASH结尾
                                                                  FMODE = 00 间接写入模式
                                                                                                         发送或接收达到设定值,TCF置1,如果使能TCIE会产生中断
                                                                                               传输完成
                                                                  FMODE = 01 间接读取模式
                                                                                               传输启动
                                                                                                         命令信息最后一点补充的情况下启动传输
                                                                               将数据写入
                                                                  间接写入模式 FIFO QUADSPI_SR[13:8]
                                    通过QUADSPI_CCR寄存器的FMODE决定
                                                                            QSPI_DR
                                                                                              FLASH
                                                                  间接读取模式 FIFO 读取数据
                                                                            数据阶段
1、QSPI介绍 (了解)
                                                 ① 用于读取操作
                                       适用情景
                                                 ② 使用外部Quad-SPI内存作为内部存储器,其他主机可以自主读取数据
                        QSPI内存映射模式
                                                 ③ 用于从外部Quad-SPI内存执行代码 (XIP)
                                       Quad-SPI接口能够管理从0x9000 0000 ~ 0x9FFF FFFF的最多256MB内存
                                                     5 1 5 1 5 1 5 1
                                                    6 2 6 2 6 2 6 2 6 2
                                                    QUADSPI_CCR[7:0]的INSTRUCTION
                                           主机向FLASH发送操作指令(8位)
                                 指令阶段
                                           可通过QUADSPI_CCR[9:8]的IMODE位配置是单线、双线、四线传输或者没有指令阶段
                                           间接模式和自动轮询模式下,待发送地址字节数据存在QUADSPI_AR寄存器中
                                                                    QUADSPI_CCR[13:12]的ADSIZE
                                 地址阶段
                                           主机向FLASH发送地址长度(1~4字节)
                                           可通过QUADSPI_CCR[11:10]的ADMODE位配置是单线、双线、四线或者没有地址阶段
                                              控制操作方式,连续发送备用字节,以保持设备处于工作模式(内存制造商要求)
                        命令序列
                                                            QUADSPI_ABR[31:0]
                                              待发送的交替字节内容
                                                                                                          一般情况下,交替字节阶段用不到,可以省略
                                 交替字节阶段
                                              可通过QUADSPI_CCR[15:14]的ABMODE位配置是单线、双线、四线或者没有交替字节阶段
                                             高速通信场景,确保数据信号从输出模式变为输入
                                 空周期阶段
                                            设置1~31个周期内不发送/接收数据,给FLASH留准备数据阶段时间 QUADSPI_CCR[22:18]的DCYC
                                                                                       QUADSPI_DLR设置传输数目
                                           间接模式和自动轮询模式下,从FLASH接收或发送任意数量的字节
                                                                                    QUADSPI_DR设置传输内容
                                                                                                             FLASH的擦除操作中,可以跳过数据阶段
                                 数据阶段
                                           可通过QUADSPI_CCR[25:24]的DMODE位配置是单线、双线、四线或者没有数据阶段
                                                     通过QUADSPI_DCR的FSIZE[4:0]设置外部存储器大小
                                      FLASH容量设置
                                                    FSIZE+1就是对FLASH寻址所需要的的地址位数
                                                   片选线拉高时,CLK时钟极性
                                                                                            QUADSPI_DCR设置
                        QSPI-FLASH设置
                                                   CKMODE = 0, CLK在CS为高电平期间保持低电平, 为模式0
                                      时钟模式设置
                                                   CKMODE = 1, CLK在CS为高电平期间保持高电平, 为模式3
                                       片选高电平时间设置
                                                       片选在发送至FLASH命令间保持高电平的CLK周期数
                                                        用于配置QSPI基本参数(速度频率、FIFO阈值、FLASH选
                                QSPI控制寄存器 QUADSPI_CR 择、闪存模式、采样移位、QSPI操作位、QSPI使能)
                                                        用于配置QSPI-FLASH的基本参数(容量、高电平片选时间、时钟模式)
                                 QSPI器件配置寄存器 QUADSPI_DCR
                                                        用于配置命令序列 (5个阶段配置)
                                 QSPI通信配置寄存器 QUADSPI_CCR
                                QSPI状态寄存器 用于查看QSPI情况 (BUSY / TCF)
2、QSPI相关寄存器介绍(熟悉)
                                QSPI标志清零寄存器 QUADSPI_FCR 用于清除QSPI的状态标记 (CTCF)
                                QSPI数据长度寄存器 QUADSPI_DLR 用于设置传输长度
                                 QSPI地址寄存器 QUADSPI_AR
                                                       用于指定发送到FLASH的地址
                                QSPI数据寄存器QUADSPI_DR 用于指定与外部SPI FLASH设备交换的数据
                                     __HAL_RCC_QSPI_CLK_ENABLE QSPI时钟使能
                                    HAL_QSPI_Init
                                                  QSPI初始化
                                    HAL_QSPI_MspInit
                                                     QSPI初始化回调函数
                                    HAL_QSPI_Command
                                                       用来配置QSPI命令
                                                     QSPI接收数据
                                    HAL_QSPI_Receive
                                    HAL QSPI Transmit
                                                      QSPI发送数据
                                                      {\sf QSPI\_HandleTypeDef}
3、QSPI相关HAL库驱动介绍 (熟悉)
                                                                        QSPI_InitTypeDef
                                                                      uint32_t ClockPrescaler; /* 时钟分频系数 */
                                                                      uint32_t FifoThreshold; /* FIFO阈值(间接模式) */
                                                                      uint32_t SampleShifting; /* 采样移位 */
                                                                      uint32_t FlashSize;
                                                                      uint32_t ChipSelectHighTime; /* CS后的高电平周期 */
                                                                      uint32_t ClockMode;
                                                                     uint32_t FlashID;
                                                                                  /* 要操作的BANK */
                                                                      uint32_t <u>DualFlash</u>;
                                                                                 /* 是否使用双BANK */
                                                                        对应QSPI控制寄存器(QSPI_CR)
                                                      QSPI_InitTypeDef
                                    QSPI外设相关结构体
                                                                          QSPI_CommandTypeDef
                                                                          uint32_t
                                                                          uint32_t
                                                                                        /* 交替字节阶段的数据 *
                                                                                AlternateBytes;
                                                                                        /* 地址阶段的地址长度 *
                                                                          uint32_t
                                                                          uint32_t
                                                                          uint32_t
                                                                          uint32 t
                                                                                AlternateByteMode; /* 交替字节模式(1/2/4/0) *
                                                                          uint32_t
                                                                          uint32_t
                                                                                       /* 双倍数据速率模式*/
                                                                          uint32 t
                                                                                DdrMode;
                                                                          uint32_t
                                                                                DdrHoldHalfCycle; /* DDR保持周期 */
                                                      {\sf QSPI\_CommandTypeDef}
                                                                          uint32_t
                                                   选择闪存模式决定用到IO口 (复用推挽输出)
                               1, QSPI相关GPIO口配置
                                                      调用HAL_QSPI_Init函数进行初始化
                               2,设置QSPI相关参数以及时钟
                                                             PRESCALER[7:0]
                                                                         → QSPI_CLK
4、QSPI基本使用步骤 (掌握)
                                                           HAL_QSPI_Command
                                                 send cmd
                               3,编写QSPI基本接口
                                                          HAL_QSPI_Receive
                                                 receive
                                                          HAL QSPI Transmit
                               使能QSPI中断/设置MPU (可选)
                                          W25Q128是一款容量为16MB的串行FLASH产品,可重复擦写、掉
                                          电数据不丢失。擦写周期可达10W次,可将数据保存达20年之久。
                                               Block 254
                                                                Page 14
                                                                Page 13
                                                         Sector 13
                                                                 Page 2
                                                                          Byte 255
Byte 254
                                                                 Page 1
                                                                Page 0
                                                                          Byte 253
                            W25Q128简介
                                          内部16MB分为256个块(Block),每个块大小为64KB;每个块又分为16个
                                                                                           最小擦除单位: 1个扇区
                                          扇区(Sector),每个扇区又分为16个页(Page),每个页256B。
                                          W25Q128JV支持标准SPI、双线SPI和四线SPI。最高时钟频率可达
5、SPI FLASH简介 (掌握)
                                          133MHz (双输出时相当于266MHz, 四输出时相当于532MHz)
                                          0x06 (1-1-1) 写使能 写入数据/擦除之前,必须先发送该指令
                                                         判定FLASH是否处于空闲状态,擦除使用
                                          0x05 (1-1-1) 读SR1
                                                            用于快速读取SPI FLASH数据
                                                                                          1-1-1 代表的是指令阶段IO数、地址阶段IO数、数据阶段IO数
                                          0xEB (1-4-4) 快速读数据
                            W25Q128指令
                                          0x32 (1-1-4) 页写
                                                          用于写入SPI FLASH数据,最多写256字节
                                                          扇区擦除指令,最小擦除单位 (4096B)
                                          0x20 (1-1-1) 扇区擦除
                                                      0x35(读SR2 QE位状态)、0x31 (写SR2使能QE位)
                                          SR相关命令
                                                      0x15 (读SR3判断地址模式)、0x11 (写SR3上电设置4字节地址)
                                                                                                  还需要0xB7 (使能4字节地址)
                                    1、QSPI配置
                                                详看 4,QSPI基本使用步骤
                                    2、W25Q128读取
                                                   OxEB, 单线传输指令, 四线传输地址, 四线传输数据 + 接收数据
                                    3、W25Q128扇区擦除
                                                      0x20, 单线传输指令, 单线传输地址, 无数据
6、SPI FLASH基本使用步骤 (掌握)
                                    4、W25Q128写入
                                                   擦除扇区(可选) + 0x32, 单线传输指令, 单线传输地址, 四线传输数据 + 写入数据
                                                                       1、是否需要擦除?
                                    SPI FLASH驱动核心在于写数据,写数据需要注意:
                                                                       2、写入数据(是否需要换页?是否需要换扇区?)
                                                                       3、遵循:读、改、写的原则
                       1,开发板例程源码讲解
```

正点原子文档

7、编程实战 (掌握)

F7 / H7开发指南