北京大学
PEKING UNIVERSITY

DMA读写FLASH示例

李国玮

北京大学 计算机学院

2024.11.13

01 Flash简介

北京大学 PEKING UNIVERSITY

Flash：闪存，可重复擦写的存储器

存储特性：

- 闪存的每个存储单元（一个字节）只能从1变为0，不能直接从0变为1。因此写入数据前，必须对目标存储矩阵进行擦除操作，将矩阵中的数据全部变为1。写入时，如果存储1，则不修改矩阵；如果存储0，则修改该位。
- 擦除：以扇区为单位进行，擦除后所有数据变为1。

分类：

- NOR Flash：支持随机访问，读取速度快，可以存储代码并直接执行。
- NAND Flash：存储密度高，写入和擦除速度快，适用于大容量数据存储。

02 Flash in K210

北京大学 PEKING UNIVERSITY

类型为QSPI NOR Flash，型号为w25q128，大小为16MiB

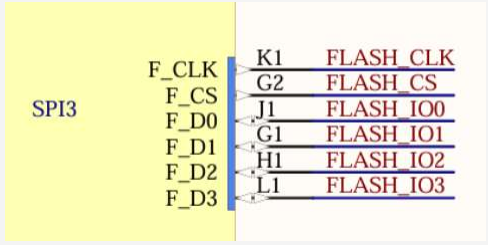
QSPI

Quad SPI，是SPI接口的扩展。在k210中，由**SPI3**（主设备）连接 片外Flash（从设备）

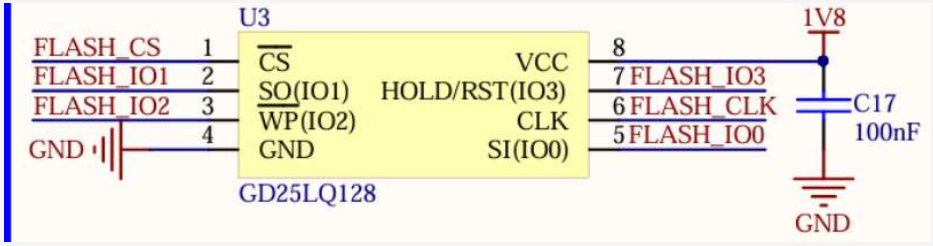
QSPI 使用 6 个信号连接Flash：

- 片选输出FLASH_CS(低电平有效)：作为通信的开始信号和结束信号。多个闪存情况下用于从设备选择信号
- 时钟输出FLASH_CLK：用于通信的数据同步
- 数据线FLASH_IO0：在双线 / 四线模式中为双向 IO，单线模式中为串行输出。
- 数据线FLASH_IO1：在双线 / 四线模式中为双向 IO，单线模式中为串行输入。
- 数据线FLASH_IO2：在四线模式中为双向 IO。
- 数据线FLASH_IO3：在四线模式中为双向 IO。

SPI3控制器：



Flash：



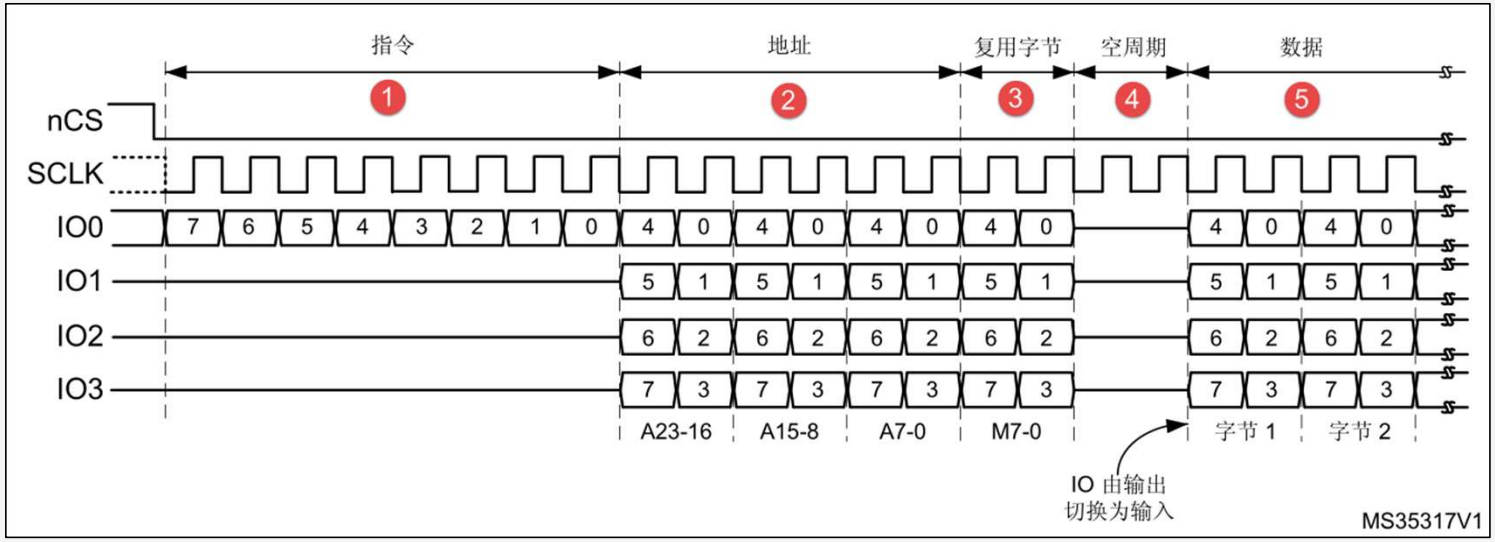
02 Flash in K210

北京大学 PEKING UNIVERSITY

类型为QSPI NOR Flash，型号为w25q128，大小为16MiB

QSPI命令序列

- QSPI控制器通过命令(cmd)与Flash通信
- 每条命令包括：指令、地址、交替字节、空指令和数据五个阶段。任一阶段均可跳过，但至少要包含指令、地址、交替字节或数据阶段之一
- 示例：四线模式下的读指令时序：



03 w25qxx驱动接口函数

北京大学 PEKING UNIVERSITY

1. w25qxx_init_dma：DMA模式下初始化SPI控制器，需要传入spi号（3）和片选信号（0）
2. w25qxx_enable_quad_mode_dma：通过SPI修改Flash状态寄存器，允许闪存运行四线模式
3. w25qxx_read_id_dma：通过SPI向Flash发送READ_ID指令，读取Flash的厂商和设备ID
4. w25qxx_sector_erase_dma：擦除闪存的一个扇区(4KB)，输入参数为该扇区的起始地址
5. w25qxx_is_busy_dma：读取Flash状态寄存器，判断是否空闲。由于Flash芯片擦除或写入操作需要消耗一定时间，因此需要确认Flash完成操作并空闲时才能再次进行写入操作
6. w25qxx_write_data_direct_dma：向Flash指定地址区域写入数据。写入时通过页写入指令写入，该指令最多可以一次传输一页(256B)数据
7. w25qxx_read_data_dma：从Flash指定地址区域读数据

DMA模式和非DMA模式的本质区别：

04 例程讲解

北京大学 PEKING UNIVERSITY

- DMA模式下初始化SPI控制器
- Enable Quad，闪存可运行在单线/双线/四线模式
- 读取厂商ID和设备ID

```
uint8_t manuf_id, device_id;
uint32_t index, spi_index;
spi_index = 3;
printf("spi%d master test\n", spi_index);
w25qxx_init_dma(spi_index, 0);

w25qxx_enable_quad_mode_dma();

w25qxx_read_id_dma(&manuf_id, &device_id);
printf("manuf_id:0x%02x, device_id:0x%02x\n", manuf_id, device_id);
if ((manuf_id != 0xEF && manuf_id != 0xC8) ||
    (device_id!= 0x18 && device_id != 0x17 && device_id != 0x16))
{
    printf("manuf_id:0x%02x, device_id:0x%02x\n", manuf_id, device_id);
    return 0;
}
```

04 例程讲解

北京大学 PEKING UNIVERSITY

- 写入数据前擦除扇区，大小4096B
- 等待擦除操作结束
- 向Flash写入数据，长度256+128B

```
/*write data*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = (uint8_t)(index);
printf("erase sector\n");
w25qxx_sector_erase_dma(DATA_ADDRESS);
while (w25qxx_is_busy_dma() == W25QXX_BUSY)
    ;
printf("write data\n");
w25qxx_write_data_direct_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER);
```

04 例程讲解

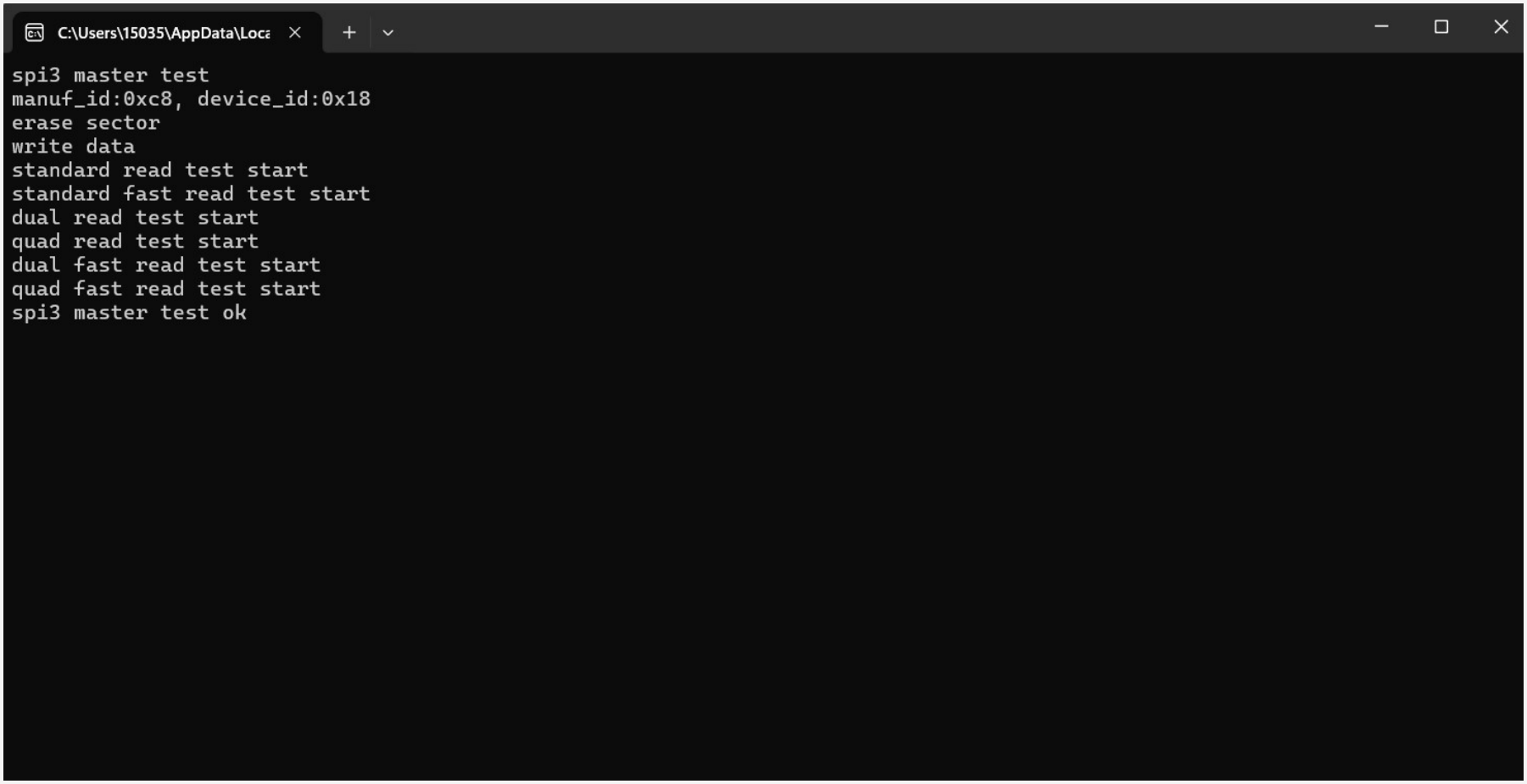
北京大学 PEKING UNIVERSITY

- SPI分别按单线、双线、四线模式读取闪存
- 后缀FAST表示快读，可以有更高的传输速率

```c
/* standard read test*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = 0;
printf("standard read test start\n");
w25qxx_read_data_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER, W25QXX_STANDARD);
/*standard fast read test*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = 0;
printf("standard fast read test start\n");
w25qxx_read_data_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER, W25QXX_STANDARD_FAS
/*dual read test*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = 0;
printf("dual read test start\n");
w25qxx_read_data_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER, W25QXX_DUAL);
/*quad read test*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = 0;
printf("quad read test start\n");
w25qxx_read_data_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER, W25QXX_QUAD);
/*dual fast read test*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = 0;
printf("dual fast read test start\n");
w25qxx_read_data_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER, W25QXX_DUAL_FAST);
/*quad fast read test*/
for (index = 0; index < TEST_NUMBER; index++)
    data_buf[index] = 0;
printf("quad fast read test start\n");
w25qxx_read_data_dma(DATA_ADDRESS, data_buf, TEST_NUMBER, W25QXX_QUAD_FAST);
```

05 例程运行效果

北京大学 PEKING UNIVERSITY



THANK YOU