

零死角玩转STM32



FMC—扩展外部 SDRAM

淘宝：firestm32.taobao.com

论坛：www.chuxue123.com



扫描进入淘宝店铺

01

SDRAM控制原理

02

STM32的FMC特性及架构

03

FMC控制SDRAM的相关结构体

04

FMC—扩展外部SDRAM实验

参考资料:《零死角玩转STM32》

“FMC—扩展外部SDRAM” 章节

FMC—扩展外部SDRAM



FMC结构体

控制FMC使用SDRAM存储器时主要是配置时序寄存器以及控制寄存器，利用ST标准库的SDRAM时序结构体以及初始化结构体可以很方便地写入参数。在初始化SDRAM的时候，还可以使用命令结构体控制FMC向SDRAM发送命令配置模式寄存器。

- 时序结构体：FMC_SDRAMTimingInitTypeDef
- 初始化结构体：FMC_SDRAMInitTypeDef
- 命令结构体：FMC_SDRAMCommandTypeDef

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

时序结构体成员定义的都是SDRAM发送各种命令后必须的延迟，它的配置对应到FMC_SDTR中的寄存器位。所有成员参数值的单位是周期，参数值大小都可设置成“1-16”。具体参数值根据SDRAM芯片的手册说明来配置。

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2  *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2   *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_LoadToActiveDelay

本成员设置TMRD延迟(Load Mode Register to Active)，即发送加载模式寄存器命令后要等待的时间，过了这段时间才可以发送行有效或刷新命令。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

```
1 /* @brief 控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2  *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。 */
3 typedef struct
4 {
5     uint32_t FMC_LoadToActiveDelay; /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6     uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7     uint32_t FMC_SelfRefreshTime; /*TRAS:自刷新时间*/
8     uint32_t FMC_RowCycleDelay; /*TRC:行循环延迟*/
9     uint32_t FMC_WriteRecoveryTime; /*TWR:恢复延迟 */
10    uint32_t FMC_RPDelay; /*TRP:行预充电延迟*/
11    uint32_t FMC_RCDDelay; /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_ExitSelfRefreshDelay

本成员设置退出TXSR延迟(Exit Self-refresh delay)，即退出自我刷新命令后要等待的时间，过了这段时间才可以发送行有效命令。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2   *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_SelfRefreshTime

本成员设置自我刷新时间TRAS，即发送行有效命令后要等待的时间，过了这段时间才执行预充电命令。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2   *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_RowCycleDelay

本成员设置TRC延迟(Row cycle delay)，即两个行有效命令之间的延迟，以及两个相邻刷新命令之间的延迟

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2   *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_WriteRecoveryTime

本成员设置TWR延迟(Recovery delay)，即写命令和预充电命令之间的延迟，等待这段时间后才开始执行预充电命令。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC时序结构体

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2   *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_RCDDelay

本成员设置TRCD延迟(Row to column delay)，即行有效命令到列读写命令之间的延迟。

FMC—扩展外部SDRAM



SDRAM时序结构体

```
1  /* @brief  控制 SDRAM 的时序参数，这些参数的单位都是“周期”
2   *          各个参数的值可设置为 1-16 个周期。          */
3  typedef struct
4  {
5      uint32_t FMC_LoadToActiveDelay;    /*TMRD:加载模式寄存器命令后的延迟*/
6      uint32_t FMC_ExitSelfRefreshDelay; /*TXSR:自刷新命令后的延迟 */
7      uint32_t FMC_SelfRefreshTime;      /*TRAS:自刷新时间*/
8      uint32_t FMC_RowCycleDelay;        /*TRC:行循环延迟*/
9      uint32_t FMC_WriteRecoveryTime;    /*TWR:恢复延迟 */
10     uint32_t FMC_RPDelay;               /*TRP:行预充电延迟*/
11     uint32_t FMC_RCDDelay;              /*TRCD:行到列延迟*/
12 } FMC_SDRAMTimingInitTypeDef;
```

- FMC_RCDDelay

本成员设置TRCD延迟(Row to column delay)，即行有效命令到列读写命令之间的延迟。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

FMC初始化结构体，除最后一个成员是前面的时序结构体配置外，其它结构体成员的配置都对应到FMC_SDCR中的寄存器位。

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;  /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;         /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;            /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
                                           少个 HCLK 时钟才读取数据 */
14
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
*/
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;   /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;           /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;       /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_Bank

本成员用于选择FMC映射的SDRAM存储区域，可选择存储区域1或2 (FMC_Bank1/2_SDRAM)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;  /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber; /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;         /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;             /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;         /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_ColumnBitsNumber

本成员用于设置要控制的SDRAM的列地址宽度，可选择8-11位(FMC_ColumnBits_Number_8/9/10/11b)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;  /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber; /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;         /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;             /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;         /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_RowBitsNumber

本成员用于设置要控制的SDRAM的行地址宽度，可选择设置成11-13位(FMC_RowBits_Number_11/12/13b)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;  /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber; /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;            /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_SDMemoryDataWidth

本成员用于设置要控制的SDRAM的数据宽度，可选择设置成8、16或32位 (FMC_SDMemory_Width_8/16/32b)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;  /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;            /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_InternalBankNumber

本成员用于设置要控制的SDRAM的内部Bank数目，可选择设置成2或4个Bank数目(FMC_InternalBank_Number_2/4)，请注意区分这个结构体成员与FMC_Bank的区别。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;  /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber; /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;     /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;           /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_CASLatency

本成员用于设置CASLatency即CL的时钟数目，可选择设置为1、2或3个时钟周期(FMC_CAS_Latency_1/2/3)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;  /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;           /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;       /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_WriteProtection

本成员用于设置是否使能写保护模式，如果使能了写保护则不能向**SDRAM**写入数据，正常使用都是禁止写保护的。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;  /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;            /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_SDClockPeriod

本成员用于设置FMC与外部SDRAM通讯时的同步时钟参数，可以设置成STM32的HCLK时钟频率的1/2、1/3或禁止输出时钟(FMC_SDClock_Period_2/3或FMC_SDClock_Disable)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;  /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber; /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;         /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;             /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;         /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_ReadBurst

本成员用于设置是否使能突发读取模式，禁止时等效于BL=1，使能时BL的值等于模式寄存器中的配置。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;  /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;           /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_ReadPipeDelay

本成员用于配置在CASLatency个时钟周期后，再等待多少个HCLK时钟周期才进行数据采样，在确保正确的前提下，这个值设置为越短越好，可选择设置的参数值为0、1或2个HCLK时钟周期(FMC_ReadPipe_Delay_0/1/2)。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;   /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber;   /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;        /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;           /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

- FMC_SDRAMTimingStruct

这个成员就是上一部分讲解的SDRAM时序结构体，设置完时序结构体后再把赋值到这里即可。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC初始化结构体

```
1  /* @brief  FMC SDRAM 初始化结构体类型定义 */
2  typedef struct
3  {
4      uint32_t FMC_Bank;                /*选择 FMC 的 SDRAM 存储区域*/
5      uint32_t FMC_ColumnBitsNumber;    /*定义 SDRAM 的列地址宽度 */
6      uint32_t FMC_RowBitsNumber;       /*定义 SDRAM 的行地址宽度 */
7      uint32_t FMC_SDMemoryDataWidth;  /*定义 SDRAM 的数据宽度 */
8      uint32_t FMC_InternalBankNumber; /*定义 SDRAM 内部的 Bank 数目 */
9      uint32_t FMC_CASLatency;          /*定义 CASLatency 的时钟个数*/
10     uint32_t FMC_WriteProtection;      /*定义是否使能写保护模式 */
11     uint32_t FMC_SDClockPeriod;         /*配置同步时钟 SDCLK 的参数*/
12     uint32_t FMC_ReadBurst;            /*是否使能突发读模式*/
13     uint32_t FMC_ReadPipeDelay;        /*定义在 CAS 个延迟后再等待多
14                                         少个 HCLK 时钟才读取数据 */
15     FMC_SDRAMTimingInitTypeDef* FMC_SDRAMTimingStruct; /*定义 SDRAM 的时序参数
16 */
16 } FMC_SDRAMInitTypeDef;
```

配置完SDRAM初始化结构体后，调用FMC_SDRAMInit函数把这些配置写入到FMC的SDRAM控制寄存器及时序寄存器，实现FMC的初始化。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

控制SDRAM时需要各种命令，通过向FMC的命令模式寄存器FMC_SDCMR写入控制参数，即可控制FMC对外发送命令，为了方便使用，STM32标准库也把它封装成了结构体。

```
1 typedef struct
2 {
3     uint32_t FMC_CommandMode;           /*要发送的命令 */
4     uint32_t FMC_CommandTarget;         /*目标存储器区域 */
5     uint32_t FMC_AutoRefreshNumber;     /*若发送的是自动刷新命令，
6                                         此处为发送的刷新次数，其它命
7 令时无效 */
8     uint32_t FMC_ModeRegisterDefinition; /*若发送的是加载模式寄存器命令，
9                                         此处为要写入 SDRAM 模式寄存器
10 的参数 */
11 } FMC_SDRAMCommandTypeDef;
```


FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

```
1 typedef struct
2 {
3     uint32_t FMC_CommandMode;           /*要发送的命令 */
4     uint32_t FMC_CommandTarget;         /*目标存储器区域 */
5     uint32_t FMC_AutoRefreshNumber;      /*若发送的是自动刷新命令，
6                                           此处为发送的刷新次数，其它命
7                                           令时无效 */
8     uint32_t FMC_ModeRegisterDefinition; /*若发送的是加载模式寄存器命令，
9                                           此处为要写入 SDRAM 模式寄存器
10    的参数 */
11 } FMC_SDRAMCommandTypeDef;
```

- FMC_CommandMode

本成员用于配置将要发送的命令，它可以被赋值为各种**STM32**标准库定义的宏，这些宏代表了不同命令；

FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

支持发送的各种命令及对应的宏：

宏	命令说明
FMC_Command_Mode_normal	正常模式命令
FMC_Command_Mode_CLK_Enabled	使能CLK命令
FMC_Command_Mode_PALL	对所有Bank预充电命令
FMC_Command_Mode_AutoRefresh	自动刷新命令
FMC_Command_Mode_LoadMode	加载模式寄存器命令
FMC_Command_Mode_Selfrefresh	自我刷新命令
FMC_Command_Mode_PowerDown	掉电命令

FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

```
1 typedef struct
2 {
3     uint32_t FMC_CommandMode;           /*要发送的命令 */
4     uint32_t FMC_CommandTarget;         /*目标存储器区域 */
5     uint32_t FMC_AutoRefreshNumber;      /*若发送的是自动刷新命令，
6                                           此处为发送的刷新次数，其它命
7                                           令时无效 */
8     uint32_t FMC_ModeRegisterDefinition; /*若发送的是加载模式寄存器命令，
9                                           此处为要写入 SDRAM 模式寄存器
10    的参数 */
11 } FMC_SDRAMCommandTypeDef;
```

- FMC_CommandTarget

本成员用于选择要控制的FMC存储区域，可选择存储区域1或2(FMC_Command_Target_bank1/2);

FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

```
1 typedef struct
2 {
3     uint32_t FMC_CommandMode;           /*要发送的命令 */
4     uint32_t FMC_CommandTarget;         /*目标存储器区域 */
5     uint32_t FMC_AutoRefreshNumber;      /*若发送的是自动刷新命令，
6                                           此处为发送的刷新次数，其它命
7                                           令时无效 */
8     uint32_t FMC_ModeRegisterDefinition; /*若发送的是加载模式寄存器命令，
9                                           此处为要写入 SDRAM 模式寄存器
10    的参数 */
11 } FMC_SDRAMCommandTypeDef;
```

- FMC_AutoRefreshNumber

有时需要连续发送多个“自动刷新”(Auto Refresh)命令时，配置本成员即可控制它发送多少次，可输入参数值为1-16，若发送的是其它命令，本参数值无效。如FMC_CommandMode成员被配置为宏

FMC_Command_Mode_AutoRefresh，而FMC_AutoRefreshNumber被设置为2时，FMC就会控制发送2次自动刷新命令。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

```
1 typedef struct
2 {
3     uint32_t FMC_CommandMode;           /*要发送的命令 */
4     uint32_t FMC_CommandTarget;         /*目标存储器区域 */
5     uint32_t FMC_AutoRefreshNumber;      /*若发送的是自动刷新命令，
6                                           此处为发送的刷新次数，其它命
7                                           令时无效 */
8     uint32_t FMC_ModeRegisterDefinition; /*若发送的是加载模式寄存器命令，
9                                           此处为要写入 SDRAM 模式寄存器
10    的参数 */
11 } FMC_SDRAMCommandTypeDef;
```

- FMC_ModeRegisterDefinition

当向SDRAM发送加载模式寄存器命令时，这个结构体成员的值将通过地址线发送到SDRAM的模式寄存器中，这个成员值长度为13位，各个位一一对应SDRAM的模式寄存器。

FMC—扩展外部SDRAM



FMC命令结构体

```
1 typedef struct
2 {
3     uint32_t FMC_CommandMode;           /*要发送的命令 */
4     uint32_t FMC_CommandTarget;         /*目标存储器区域 */
5     uint32_t FMC_AutoRefreshNumber;      /*若发送的是自动刷新命令，
6                                           此处为发送的刷新次数，其它命
7                                           令时无效 */
8     uint32_t FMC_ModeRegisterDefinition; /*若发送的是加载模式寄存器命令，
9                                           此处为要写入 SDRAM 模式寄存器
10    的参数 */
11 } FMC_SDRAMCommandTypeDef;
```

配置完这些结构体成员，调用库函数FMC_SDRAMCmdConfig即可把这些参数写入到FMC_SDCMR寄存器中，然后FMC外设就会发送相应的命令了。

零死角玩转STM32



THANKS

论坛：www.chuxue123.com

淘宝：firestm32.taobao.com



扫描进入淘宝店铺