

11072 DEE

PIC18、PIC24和dsPIC33F 闪存器件的数据EEPROM仿真

课程目标

- 完成本课程后，您将：
 - 了解AN1095数据EEPROM仿真的工作原理
 - 了解配置选项
 - 能够实现AN1095

课程安排

- 非易失性存储器选项
- **AN1095 DEE** 仿真算法
- 自定义选项
- 动手实验：使用**AN1095 DEE** 仿真

非易失性存储器选项



非易失性存储器选项

- 什么是数据 **EEPROM** (**DEE**) ?
 - 非易失性
 - 按字寻址的编程和读操作
 - 较强的耐擦写能力
 - 较低的数据速率
 - 可位于 **MCU** 内部或外部

非易失性存储器选项

- 哪类数据能使用**DEE**?
 - 不经常更新的数据
 - 标识信息
 - 操作参数
 - 检测范围（最小和最大值）
 - 较小的数据量
 - 较低的访问速度
 - 掉电后需保存数据

非易失性存储器选项

● PIC18J/PIC24/dsPIC33器件具有以下特点：

- 低成本
- 高性能
- 外设选择范围广
- 可自写的程序存储器

数据 ~~EEPROM~~

非易失性存储器选项

● 外部—串行EEPROM

- 高耐擦写能力
- 占用I/O引脚
- 需要I²C™、SPI或外部存储器接口外设或等效器件
- 需要其他组件和板空间



非易失性存储器选项

- 内部—闪存程序存储器
 - 最容易实现
 - 低耐擦写能力
 - 要求低级别的算法实现



非易失性存储器选项

● 数据EEPROM仿真

- 单片机内部
 - 无需额外组件
 - 无需I/O引脚或专门外设
- 扩展的存储器耐擦写能力
- 实现细节对应用而言是透明的

非易失性存储器选项

● AN1095 DEE 仿真目标

- 支持有限的的数据量
- 扩展存储器耐擦写能力
- 需要的开销最小
- 提供简单的应用接口
- 允许灵活的应用配置

非易失性存储器选项

● 要处理的问题

- 闪存架构的差异
- 不均匀的地址写操作分布
- 耐擦写次数最大化
- 复位容差
- **CPU**在程序存储器写操作时暂停工作

AN1095 DEE仿真的 工作原理



● 程序存储器架构

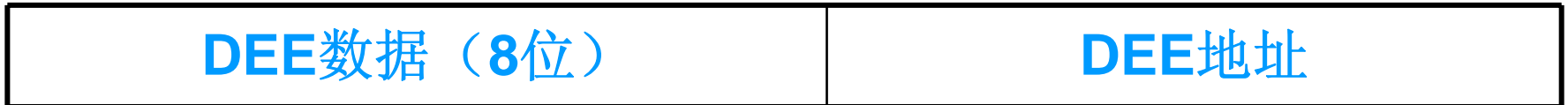
- 擦除块大小（页大小）：**512**条指令
- 许多“J”型器件支持单字编程
- 每次擦除后，每个存储单元只可编程一次

AN1095 DEE仿真的工作原理

- 程序存储器架构
 - PIC18数据格式

MSB <15:8>

LSB <7:0>



- PIC24/dsPIC33数据格式

MSW <31:16>

LSW <15:0>



AN1095 DEE仿真的工作原理

- 至少需要两个闪存页
 - 顺序使用闪存页
- 每个闪存页的第一个单元保存了页状态信息和擦/写计数

AN1095 DEE仿真的工作原理

- 将地址/数据对写入闪存页
 - 顺序填充闪存页
 - 如果当前值匹配，则不执行写操作
- 填充完一页时
 - 最新数据被复制到下一页（“打包”）

AN1095 DEE仿真的工作原理— 初始化

- PIC24/dsPIC33存储器的空白页

0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
...	
0xFF	0xFFFF

0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
...	
0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理— 初始化

- PIC24/dsPIC33存储器的初始化页

状态标志

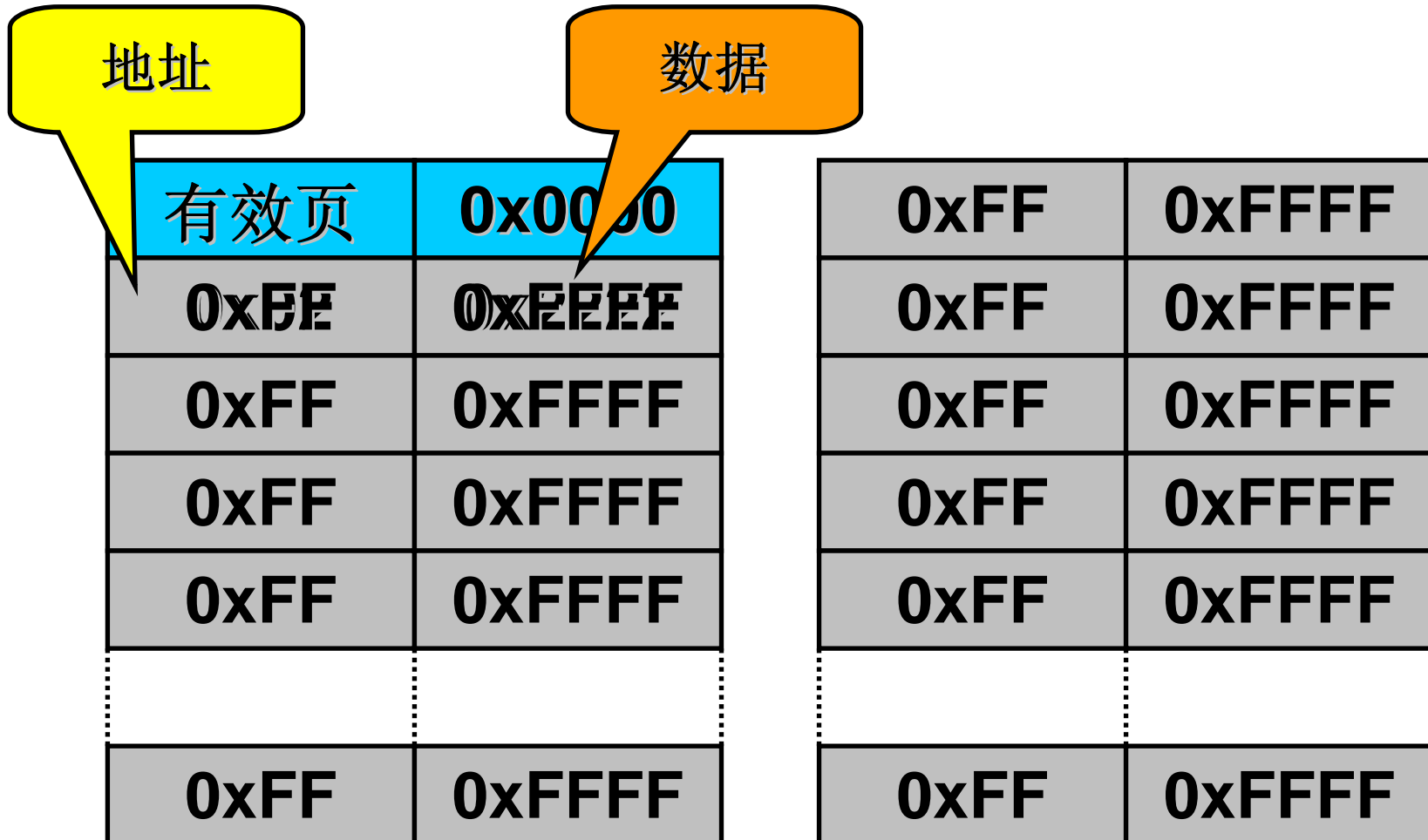
擦/写计数

有效页	0x0000
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF

0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理— 写操作

- 将值**0x2222**写入地址单元2中



AN1095 DEE仿真的工作原理一 写操作

- 将值**0x1111**写入地址单元**1**中

有效页	0x0000
0x02	0x2222
0x0F	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
...	...
0xFF	0xFFFF

0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
...	...
0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理一 写操作

- 将值**0x3333**写入地址单元**2**中

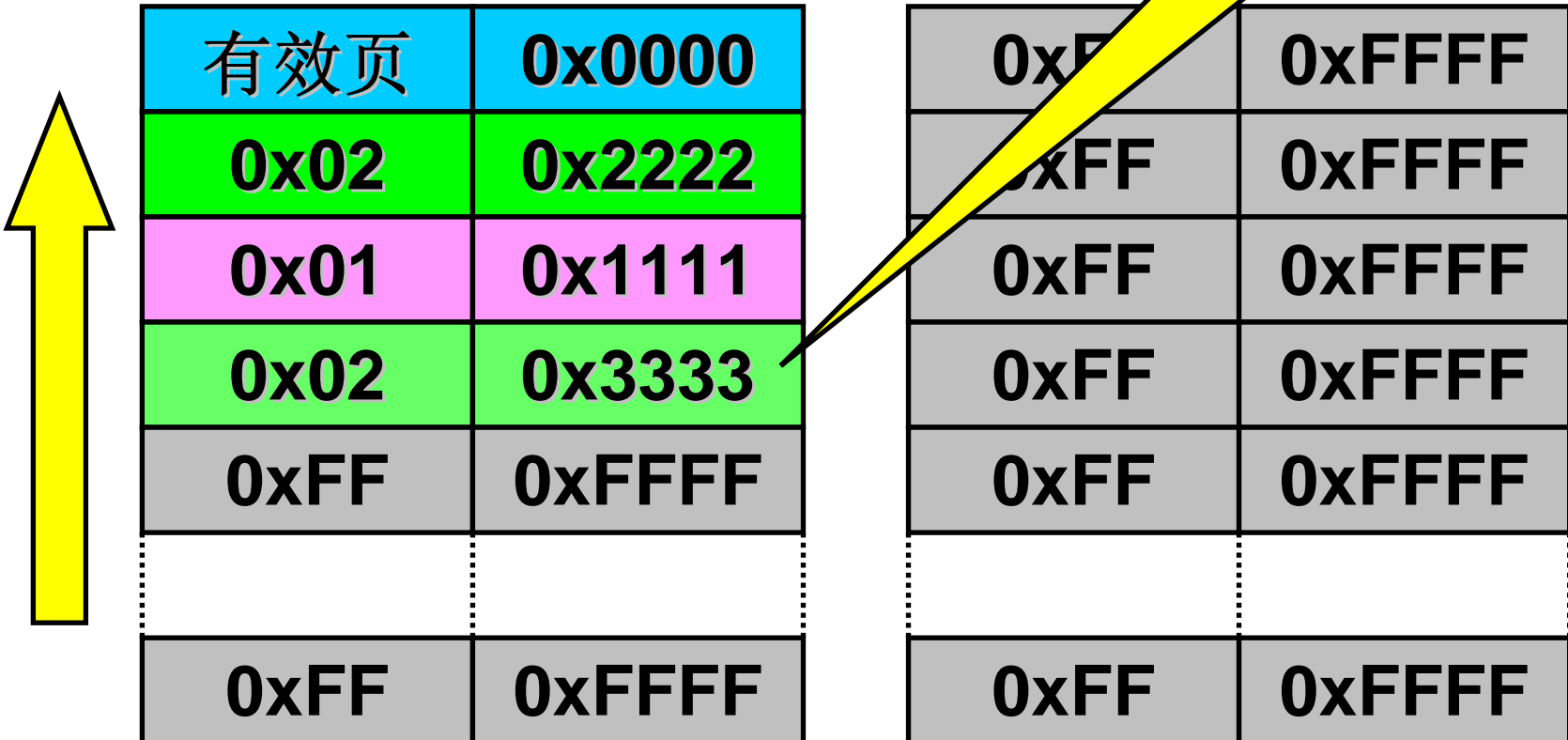
有效页	0x0000
0x02	0x2222
0x01	0x1111
0x02	0xB3B3
0xFF	0xFFFF
⋮	
0xFF	0xFFFF

0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
⋮	
0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理— 读操作

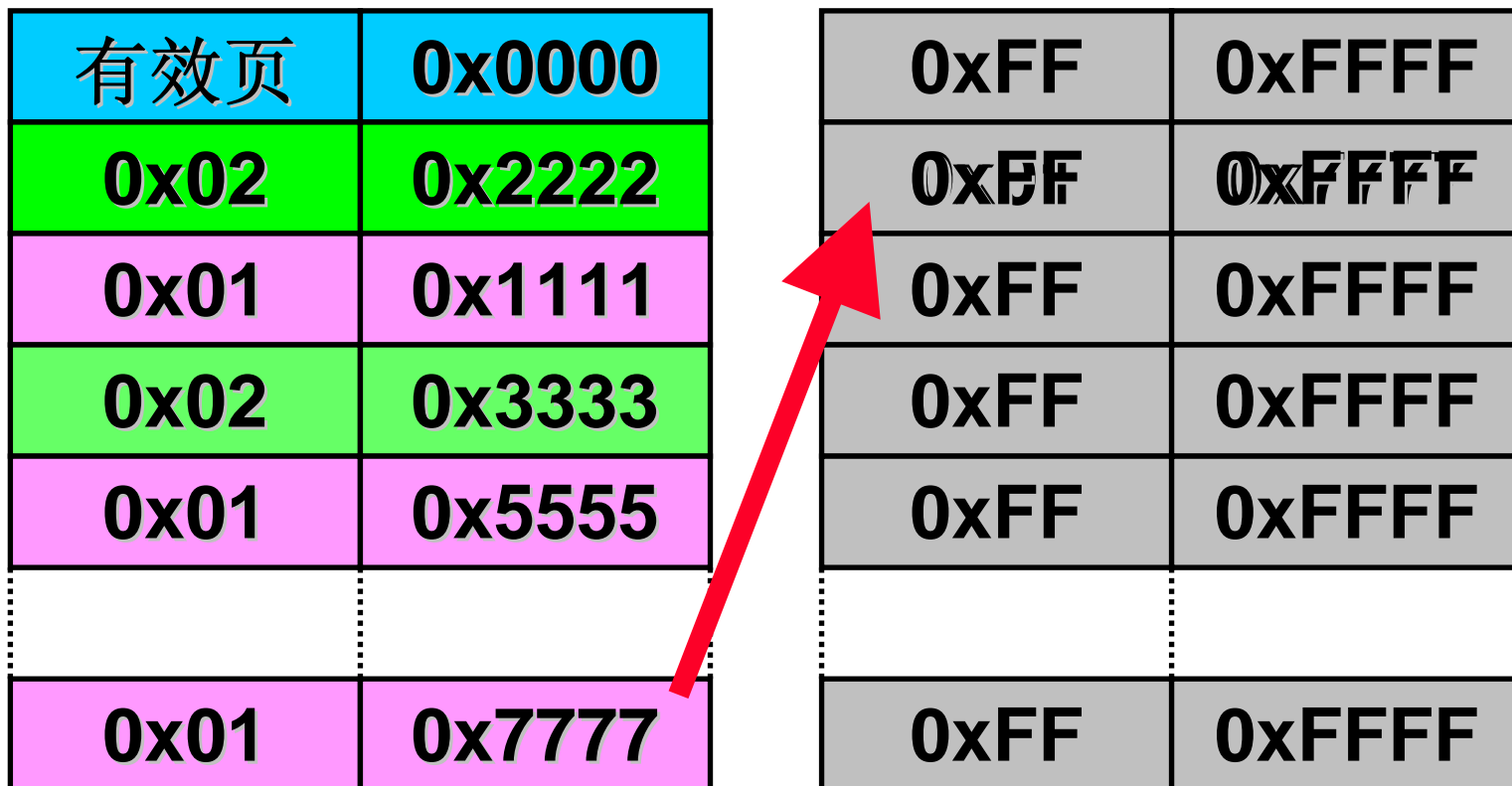
- 读地址单元2
 - 读操作从页尾处开始

返回值：
0x3333



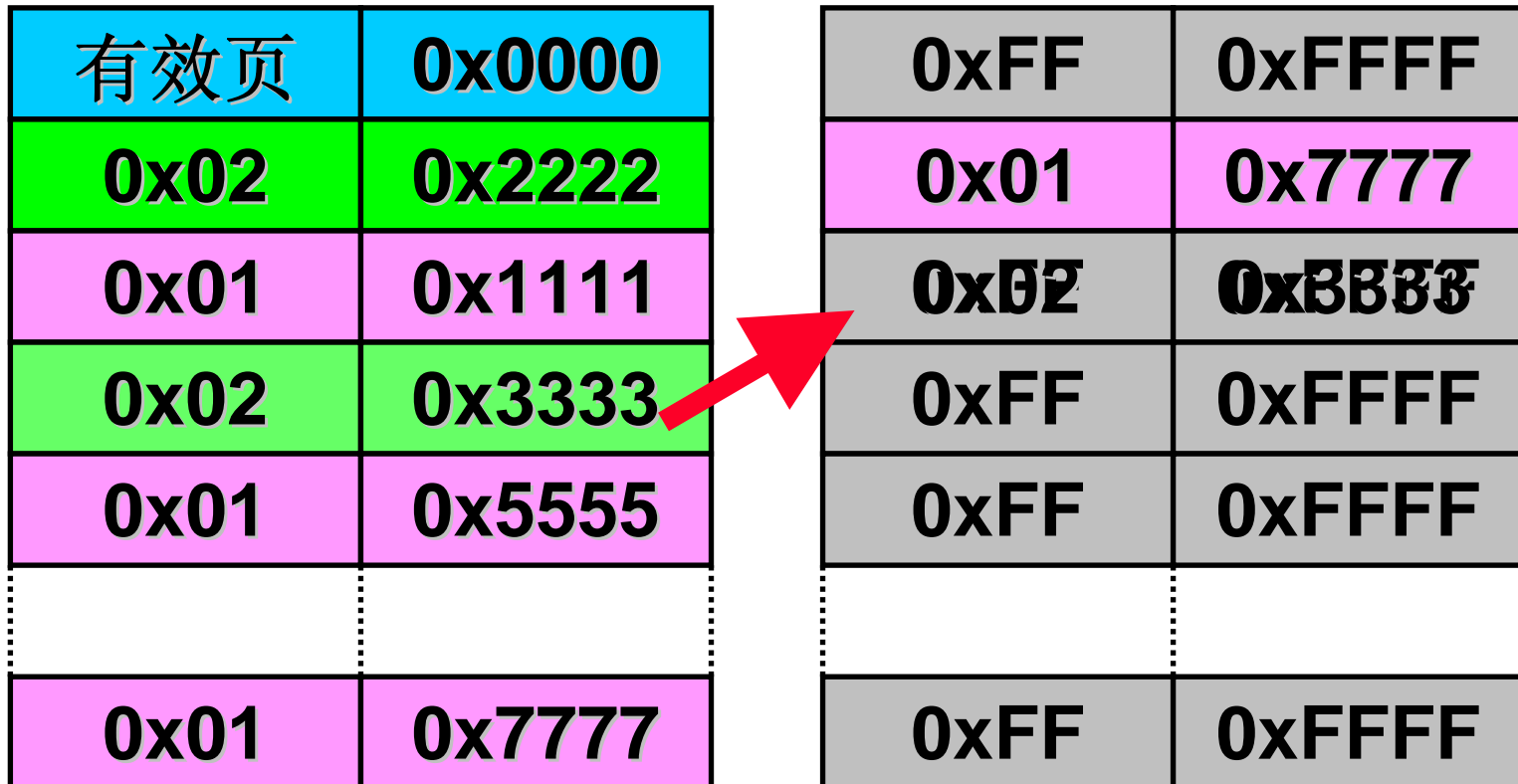
AN1095 DEE 仿真的工作原理一 打包

- 第一次将数据包送入第二页
 - 排序并将数据写入新页



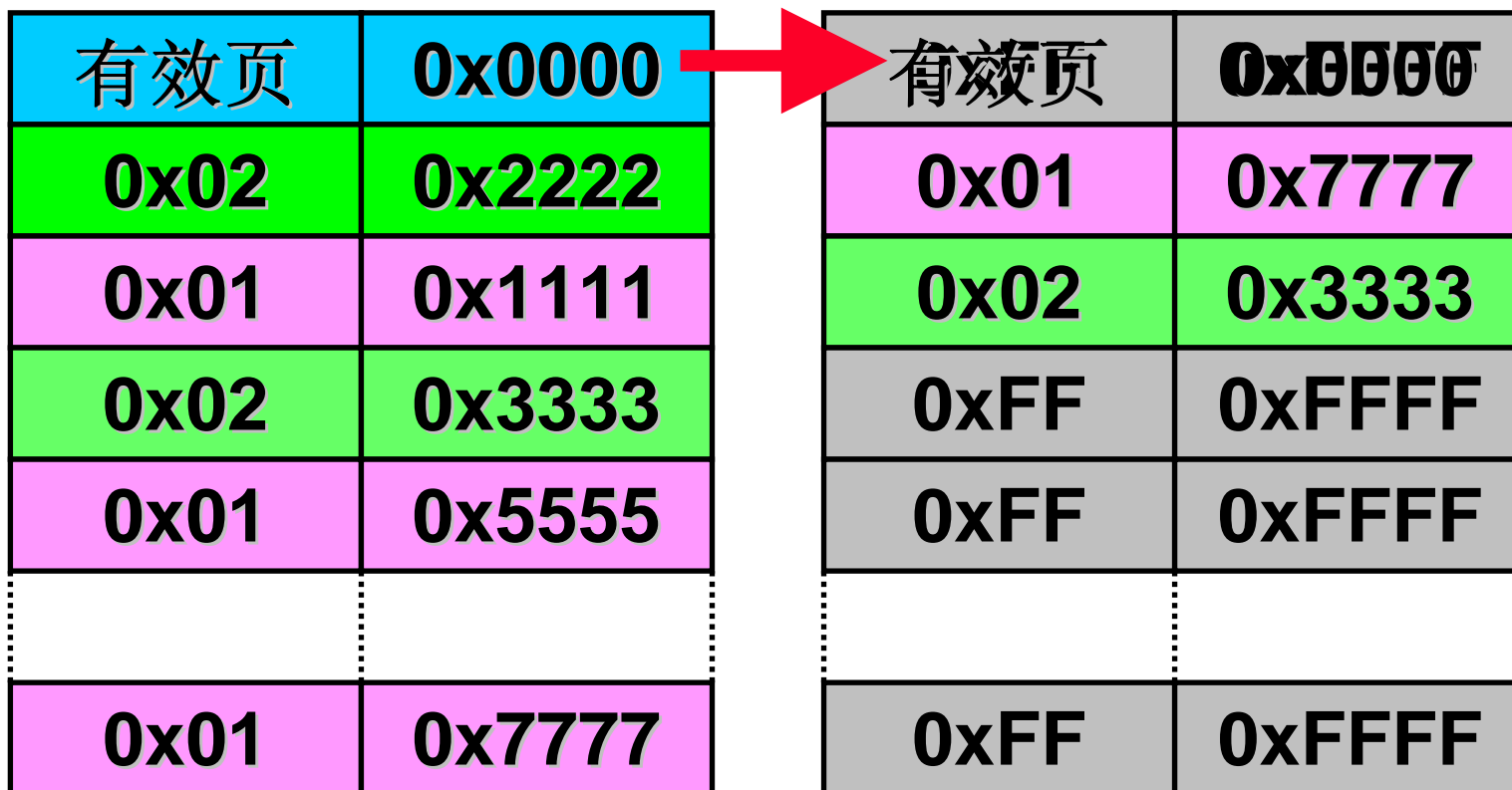
AN1095 DEE 仿真的工作原理一 打包

- 第一次将数据包送入第二页
 - 排序并将数据写入新页



AN1095 DEE 仿真的工作原理一 打包

- 第一次将数据包送入第二页
 - 复制状态和擦/写计数



AN1095 DEE 仿真的工作原理— 打包

- 第一次将数据包送入第二页
 - 擦除旧页

擦除前校验数据

有效页	0xFFFFF
0xFE	0xEEEE
0xFF	0xFFFF
0xFE	0xEEEE
0xFF	0xEEEE
...	...
0xFF	0xFFFF

有效页	0x0000
0x01	0x7777
0x02	0x3333
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
...	...
0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE 仿真的工作原理一 打包

- 数据包送入第一页
 - 擦/写计数加1

有效页	0x000F
0x0F	0x8888
0x02	0x4444
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
⋮	
0xFF	0xFFFF

有效页	0x0000
0x01	0x7777
0x02	0x3333
0x02	0x4444
0x01	0x9999
⋮	
0x01	0x8888

AN1095 DEE 仿真的工作原理一 打包

- 数据包送入第一页
 - 擦/写计数加1

有效页	0x0001
0x01	0x8888
0x02	0x4444
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xFFFF
⋮	
0xFF	0xFFFF

A0xFFE	0xBFFF
0xFF	0xFFFF
0xFF	0xBFFF
0xFF	0xBFFF
0xFF	0xBFFF
⋮	
0xFF	0xBFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理

● PIC24/dsPIC33存储器的空白页

页 + 0	0xFF (页状态)	0xFFFF (擦/写计数)
页 + 2	0xFF DEE地址	0xFFFF DEE数据
页 + 4	0xFF	0xFFFF
页 + 6	0xFF	0xFFFF
页 + 8	0xFF	0xFFFF

页 + 1022

0xFF	0xFFFF
-------------	---------------

AN1095 DEE仿真的工作原理

- PIC24/dsPIC33存储器已初始化的有效页

页 + 0	0xF3	0
页 + 2	0xFF	0xFFFF
页 + 4	0xFF	0xFFFF
页 + 6	0xFF	0xFFFF
页 + 8	0xFF	0xFFFF
页 + 1022	0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理

- WriteDEE (0x0202,2)操作后的有效页

页 + 0	0xF3	0
页 + 2	2 (DEE地址)	0x0202 (DEE数据)
页 + 4	0xFF	0xFFFF
页 + 6	0xFF	0xFFFF
页 + 8	0xFF	0xFFFF
页 + 1022	0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的工作原理

- **WriteDEE (0x0707,7)操作后的有效页**

页 + 0	0xF3	0
页 + 2	2	0x0202
页 + 4	7	0x0707
页 + 6	0xFF	0xFFFF
页 + 8	0xFF	0xFFFF

页 + 1022	0xFF	0xFFFF
----------	-------------	---------------

AN1095 DEE仿真的工作原理

- **WriteDEE (0x2222,2)操作后的有效页**

页 + 0	0xF3	0
页 + 2	2	0x0202
页 + 4	7	0x0707
页 + 6	2	0x2222
页 + 8	0xFF	0xFFFF

页 + 1022	0xFF	0xFFFF
----------	-------------	---------------

AN1095 DEE仿真的工作原理

- **WriteDEE (0x0A0A,0xA)操作后的有效页**

页 + 0	0xF3	0
页 + 2	2	0x0202
页 + 4	7	0x0707
页 + 6	2	0x2222
页 + 8	0xA	0x0A0A

页 + 1022	0xFF	0xFFFF
----------	-------------	---------------

AN1095 DEE仿真的工作原理

- **WriteDEE (0x7777,0x7)操作后的有效页**

页 + 0	0xF3	0
页 + 2	2	0x0202
页 + 4	7	0x0707
页 + 6	2	0x2222
页 + 8	0xA	0x0A0A
页 + 1022	7	0x7777

AN1095 DEE仿真的工作原理

- 打包操作后的新有效页

页 + 1024	0xF3	0
页 + 1026	2	0x2222
页 + 1028	7	0x7777
页 + 102A	0xA	0xAAAA
页 + 102C	0xFF	0xFFFF
页 + 2046	0xFF	0xFFFF

AN1095 DEE仿真的API

● DataEEInit()

- 必须在任何其他DEE仿真函数之前调用
- 初始化程序存储器
 - 复位擦/写周期计数器
 - 初始化页状态
 - 指定第一个有效页
- 复位容差

AN1095 DEE仿真的API

- **WriteDEE(data, address)**
 - 使用字写功能
 - 在有效页的下一个可用地址单元存储信息
 - 保留地址255 (0xFF)
 - 数据大小与架构有关
 - **PIC18 – 8位**
 - **PIC24/dsPIC – 16位**

AN1095 DEE仿真的API

● ReadDEE(address)

- 在有效页中反向搜索DEE地址
- 返回相应的DEE数据
- 如果未找到地址
 - 将状态标志位置1
 - 返回**0xFFFF (0xFF)**

AN1095 DEE仿真的API

● PackEE()

- 当有效页满时，通过WriteDEE()自动调用
- 擦/写计数器加1
- 还可通过应用程序调用

AN1095 DEE仿真的API PackEE()

- 打包操作将数据移入程序存储器的下一页
- 当最后一页被填满后，数据被移回第一页
- 所有页都被使用后，擦/写计数器加1

AN1095 DEE仿真的API PackEE()

- 打包操作需要花费时间
- 应用可能希望确保打包操作不会干扰到其他功能
- **GetNextAvailCount()**
 - 返回有效页中可用单元数
- 可用于在方便时安排打包操作

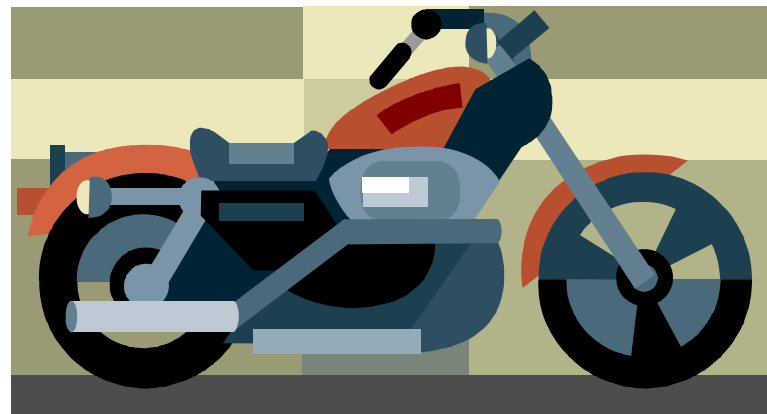
- 复位容差操作

- 需要两个闪存页
- DEE信息总是保存在闪存中
 - 临时副本只存储在**RAM**中
- 初始化程序对有效页数进行计数以确定上下文

AN1095 DEE仿真的API

- 通过算法将状态标志位置1
 - 未找到地址
 - 过期页
 - 在页满之前打包
 - 在初始化之前打包
 - 跳过打包操作
 - 无效地址
 - 页损坏
 - 写操作错误
- 使用宏将标志位清零

自定义选项



自定义选项

- 编译时选项
 - 与应用相关
 - 仿真的**DEE**量
 - 程序存储器页数
 - 最大擦/写计数值
 - 与MCU相关
 - 程序存储器操作码
 - 页擦除大小
 - 行编程大小

自定义选项

- 等效的耐擦写次数
 - 程序存储器页数
 - 仿真的DEE量
 - 最大擦/写计数值
 - 整个DEE地址范围内写操作的分布

耐擦写次数可大于**500**倍

动手实验：实现 AN1095 DEE仿真



动手实验：实现AN1095 DEE仿真

- 从**11072DEE**文件夹中将**AN1095**文件放到**C:**
 - 启动**MPLAB® IDE**并打开项目
C:\Microchip Solutions\DEE Emulation Demo 16-bit.mcp
- 配置算法使**DEE**大小为**50**，并将擦/写次数限制为**100**
 - 请参见AN1095第13页中的“**PIC24/dsPIC33F仿真核对表**”部分

AN1095 DEE仿真的工作原理

● 重点

- 增强的有效耐擦写功能
- 简单的**DEE**接口
- 高度可配置性
- 低要求：程序/数据存储器、外设和引脚
- 无保留数据值
- 非易失性
- **PIC18、PIC24和dsPIC33**器件支持

总结

- 比较各种非易失性存储器选项的优点
- 讨论数据**EE**仿真的工作原理
- 查看配置选项
- 实现**AN1095 DEE**仿真算法

本课程所用的开发工具

- **Explorer 16开发板 (DM240001)**
 - PIC24FJ128GA010 PIM (包含)
- **MPLAB® REAL ICE™在线仿真器 (DV244005)**
- **MPLAB IDE (SW007002)**

参考资料

- **AN1095 PIC18和PIC24单片机和dsPIC®数字信号控制器的仿真数据EEPROM**

- 可从**Microchip Technology**网站下载

www.microchip.com

商标

Microchip的名称和徽标组合、Microchip徽标、Accuron、dsPIC、KeeLoq、KeeLoq徽标、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、rfPIC和SmartShunt均为Microchip Technology Incorporated在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Linear Active Thermistor、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、SEEVAL、SmartSensor和The Embedded Control Solutions Company均为Microchip Technology Incorporated在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified徽标、MPLIB、MPLINK、PICKit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock和ZENA均为Microchip Technology Incorporated在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP是Microchip Technology Incorporated在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。