

在MC56F84xxx DSC上使用EEPROM

作者: Richy Ye

1 介绍

恩智浦的MC56F84xxx系列数字信号控制器 (DSC) 配备了 FlexMemory (FlexNVM 和 FlexRAM) 。 FlexMemory允许用户将FlexNVM块配置为基本数据闪存、增强型EEPROM (EEE)闪存或两者的组合。

EEPROM功能广泛用于在系统断电后仍能保存少量频繁变动数据的应用。

本应用笔记不仅介绍了 FlexMemory 和增强型 EEPROM (EEE)的功能、EEPROM用户视角、EEPROM片上系统实现、写入耐久性和设计注意事项, 还包括在MC56F84789芯片上实现EEPROM设计的示例工程, 指导用户如何在应用中设计EEPROM。

2 FlexMemory和增强型 EEPROM的功能

图1显示了MC56F84xxx系列芯片的闪存块和 FlexMemory组件。闪存块包括程序闪存和FlexNVM; FlexMemory块由FlexNVM和FlexRAM组成; 增强型 EEPROM (EEE) 由 FlexNVM 中的 EEPROM 备份、FlexRAM和EEE状态机组成。

目录

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 1 | 介绍 | 1 |
| 2 | FlexMemory和增强型EEPROM的功能..... | 1 |
| 2.1 | FlexMemory的特性 | 2 |
| 2.2 | 增强型EEPROM的特性 | 3 |
| 3 | 增强型EEPROM的工作原理 | 3 |
| 4 | 增强型EEPROM的实现..... | 4 |
| 4.1 | FlexMemory的分区 | 4 |
| 4.2 | 增强型EEPROM的启动 | 5 |
| 4.3 | 增强型EEPROM的读写操作..... | 5 |
| 5 | 增强型EEPROM的写入耐久性..... | 6 |
| 6 | 示例工程 | 7 |
| 7 | 设计考虑因素 | 11 |
| 8 | 结论..... | 11 |
| 9 | 附件..... | 11 |

FlexNVM和FlexRAM是用于实现增强型EEPROM的唯一存储器。

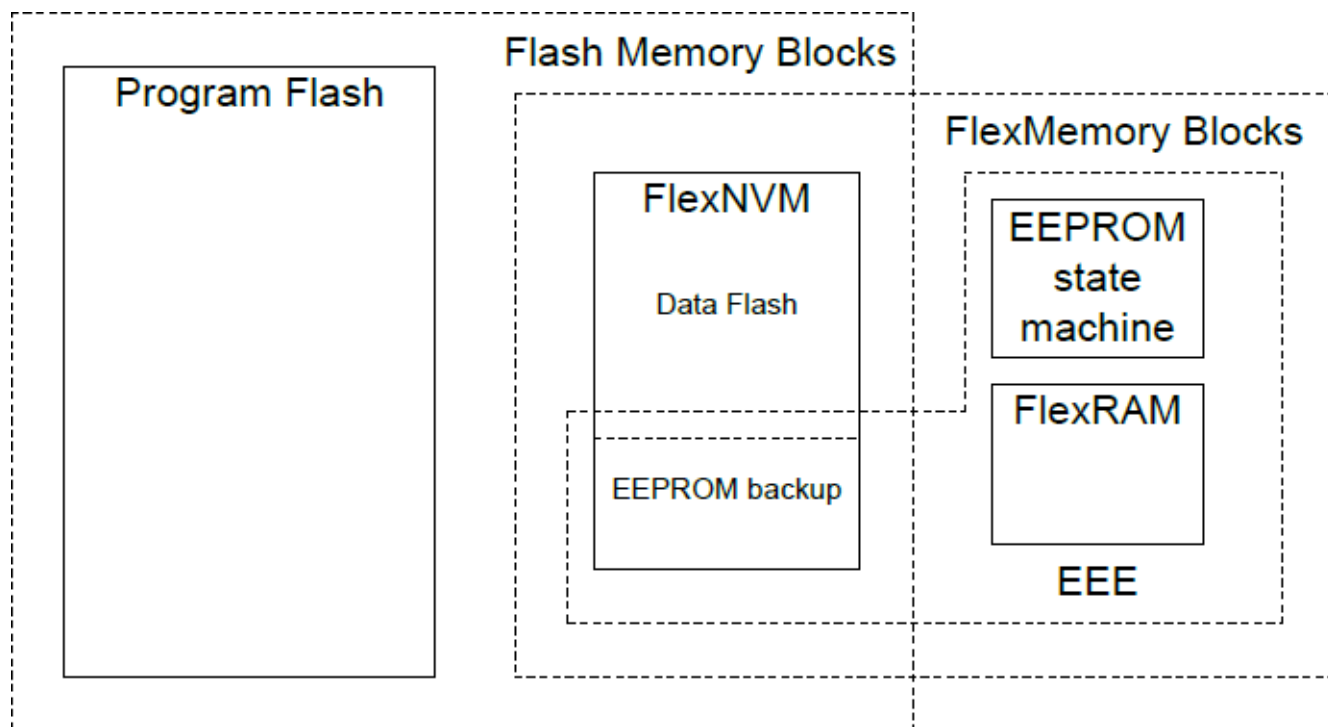


图1. 闪存块和FlexMemory组件框图

2.1 FlexMemory的特性

2.1.1 FlexNVM的特性

以下是当FlexNVM被分区作为数据闪存时的特性。

- 扇区大小为1KB。
- 其保护方案可防止意外编程或擦除存储数据。
- 带有验证功能的自动内置编程和擦除算法。
- 分区编程可加快批量编程时间。
- 在编程或擦除程序闪存中的数据时，可读取数据闪存。

2.1.2 FlexRAM的特性

- 内存可用作传统RAM或高耐久性EEPROM。
- 最多2KB的FlexRAM可配置为传统RAM或EEPROM操作。
- 当配置为EEPROM时：
 - 其保护方案可防止意外编程或擦除为EEPROM写入的数据。
 - 内置硬件仿真方案，可自动执行EEPROM记录维护功能。
 - 可编程EEPROM数据集大小和FlexNVM分区代码，便于权衡EEPROM内存的耐久性。

- 支持每次1、2或4个字节的FlexRAM对齐写入。
- 可在编程或擦除程序或数据闪存中的数据时读取FlexRAM。
- 当配置为传统RAM时：
 - 在对程序或数据闪存中的数据进行编程或擦除时，可对FlexRAM进行读写访问。

2.2 增强型EEPROM的特性

FlexMemory的增强型EEPROM (EEE)功能具有许多特性，可替代外部EEPROM并提高其性能。

增强型EEPROM的特性包括：

- 可配置性，允许设计人员根据EEE的耐久性要求以及EEE和数据闪存的总需求做出权衡决定。
- 高耐久性，EEE存储器能够承受超过1亿次读写循环（取决于配置）。
- 支持字节、字和长字访问。
- 快速写入操作时间（对预擦除空间的字写入操作时间约为175 μ s，字写入操作时间约为385 μ s）。
- 在处理器的整个工作电压范围内都具有EEE功能。

3 增强型EEPROM的工作原理

增强型EEPROM系统如下图所示。

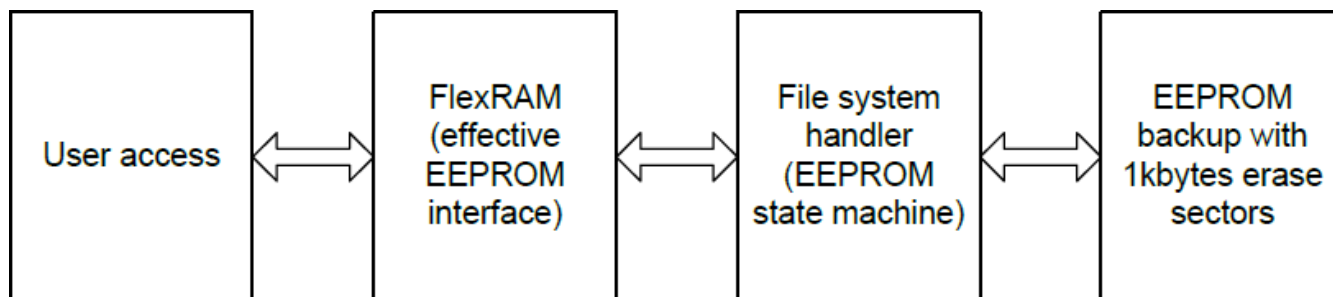


图2. 上层增强型EEPROM的架构

为了提供增强型EEPROM (EEE)的功能，FlexMemory使用了一个RAM块 (FlexRAM)、一个闪存块 (FlexNVM) 和EEE状态机。启用EEE功能后，FlexRAM成为EEE存储器接口，这意味着所有EEE数据都可以在FlexRAM地址空间访问。访问EEE时，EEE状态机会跟踪数据，并将其作为数据记录备份，存储在用作EEPROM备份的FlexNVM的某个部分。使用FlexNVM的一个大分区来备份少量EEE数据，可使EEE实现极高的耐久性。

EEE状态机使用32位记录将数据从EEE备份到闪存中。记录的16位用于数据，其他16位用于数据的地址和状态信息。数据记录根据需要写入和擦除。这意味着，如果EEPROM中的某个位置从未被访问过，就不会有相关的数据记录。这有助于减少需要备份的数据量，并能提高内存的耐久性。

4 增强型EEPROM的实现

4.1 FlexMemory的分区

要使用EEE功能，必须对内存进行分区。分区过程会告知EEE状态机将使用多少EEE内存，以及将使用多少FlexNVM来备份EEE。

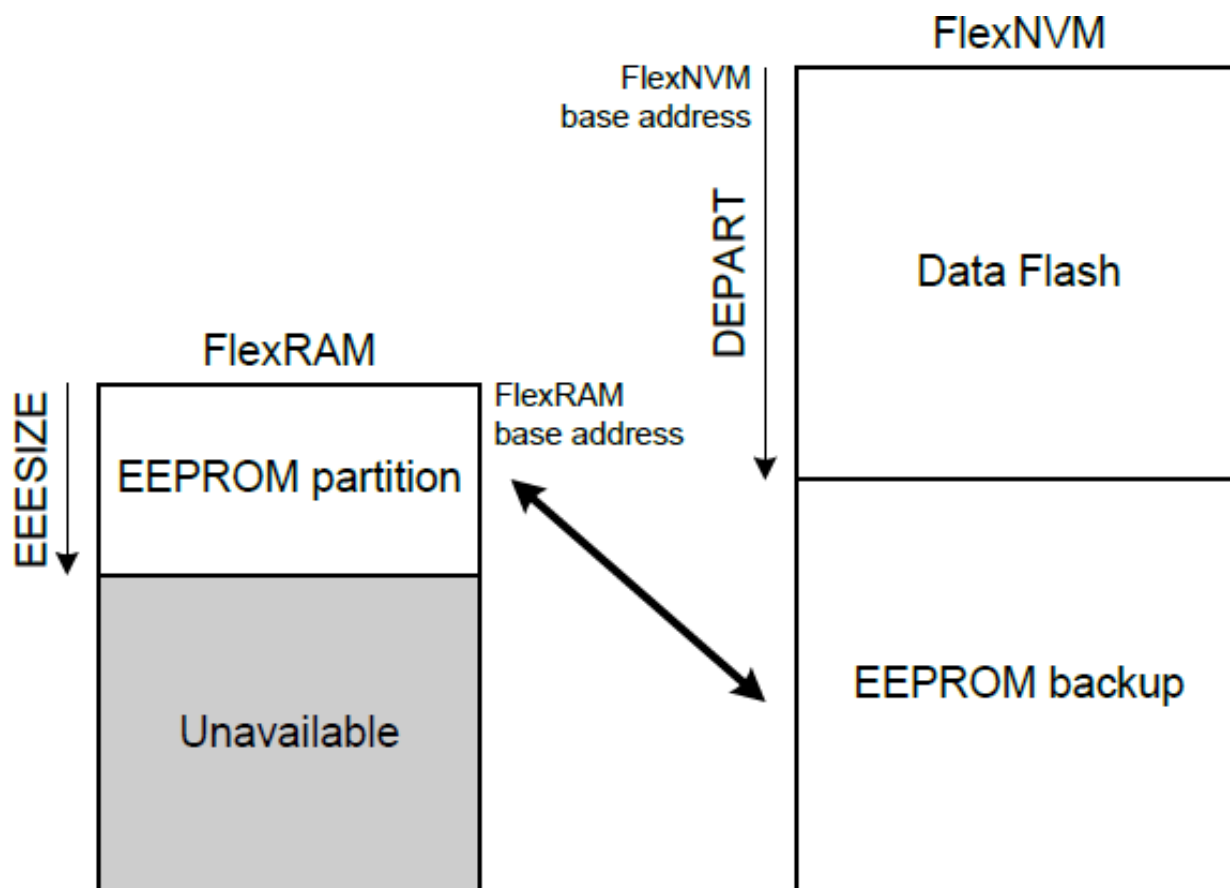


图3. FlexRAM到FlexNVM的内存映射

为满足客户的不同需求，FlexRAM和FlexNVM块可被分割成如图3所示的分区。有三个可编程选项用于定义系统的确切内存使用情况。这些参数如下：

- **EEPROM分区 (EEESIZE)**：用于EEPROM的FlexRAM的大小可设置为从0字节（无EEPROM）到最大FlexRAM的大小（2KB）。FlexRAM配置为EEPROM时，FlexRAM的其余部分不可访问（使用Set FlexRAM Function命令；如需了解更多信息，请参阅《MC56F847XXRM: MC56F847xx参考手册》第20章“闪存模块”中的Set FlexRAM Function命令，该手册可在nxp.com.cn上获取）。EEPROM分区从FlexRAM地址空间的底部向上增长。
- **数据闪存分区 (DEPART)**：用于数据闪存的FlexNVM内存量可编程为从0字节（所有FlexNVM块可用于EEPROM备份）到FlexNVM块的最大大小（32KB）。
- **FlexNVM EEPROM分区**：用于EEPROM备份的FlexNVM内存量等于FlexNVM块大小减去数据闪存分区大小。EEPROM备份大小必须至少是FlexRAM中EEPROM分区大小的16倍。

分区信息 (EESIZE, DEPART) 存储在FlexNVM IFR中 (如所示图4、图5和图6)，可以使用Program Partition命令对其进行编程，并使用Read Resource命令进行读取 (如需了解更多信息，请参阅《MC56F847XXRM: MC56F847xx参考手册》中Program Partition命令和Read Resource命令，本手册可从nxp.com.cn获取)。通常情况下，Program Partition命令在芯片使用生命周期内仅执行一次。

| Address Range | Size (Bytes) | Field Description |
|--------------------------|--------------|------------------------|
| 0x00 – 0xFB, 0xFE – 0xFF | 254 | Reserved |
| 0xFD | 1 | EEPROM data set size |
| 0xFC | 1 | FlexNVM partition code |

图4. FlexNVM IFR映射

| Data flash IFR: 0x00FD | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|--------|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | EESIZE | | | |
| = Unimplemented or Reserved | | | | | | | |

图5. EEPROM数据集大小

| Data Flash IFR: 0x00FC | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|--------|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | DEPART | | | |
| = Unimplemented or Reserved | | | | | | | |

图6. FlexNVM分区代码

数据闪存适用于需要快速存储大量数据或存储静态数据的应用。FlexRAM中的EEPROM分区适用于存储经常更改的少量数据。

注意

分区只能进行一次。如果为了不同的配置重新分区闪存，则记录的数据丢失，用户可能无法获得预期的耐久性。

4.2 增强型EEPROM的启动

系统复位后，FSTAT[CCIF]位清零，设备将从数据闪存IFR中读取分区设置 (EESIZE、DEPART)，并相应地初始化EEPROM文件系统。EEPROM文件系统在EEPROM备份中查找所有有效的EEPROM数据记录，并将最新数据复制到FlexRAM。所有有效EEPROM数据记录中的数据复制到FlexRAM后，FSTAT[CCIF]和FCNFG[EEERDY]位被置位。FCNFG[EEERDY]置位后，FlexRAM可用于读或写访问操作。

4.3 增强型EEPROM的读写操作

通过访问FlexRAM地址空间来读取和写入EEE数据。EEE空间从FlexRAM的起始位置开始分配。可寻址空间为FlexRAM基址 (0x03_C000, 字节地址)，直至编程的EEE大小。启用EEE功能后，不得访问FlexRAM中未用作EEE的任何空间。例如，如果EEE大小配置为128字节，读取或写入0x03_C000至0x03_C07F之间的任何地址空间是允许的，但读取或写入0x03_C080至0x03_C7FF的任何地址空间会产生总线错误。

由于EEE数据是通过RAM访问的，因此数据能以任意大小（字节、字或长字）来读写。虽然可以支持任意大小的访问，但用于备份EEE数据的记录使用的是字大小的数据字段。这意味着字节写入是可能的，但它对EEPROM备份的利用效率较低。这就是为什么第6页上公式1中的耐久性对8位访问使用的效率系数与对16位或32位访问使用的效率系数不同。

4.3.1 增强型EEPROM的写入操作

当配置为使用增强型EEPROM时，写入FlexRAM中未受保护的有效空间会启动EEE操作，以循环方式在EEPROM备份中存储数据。由于这是闪存编程操作，软件必须测试FSTAT[CCIF]位（或FCNFG[EEERDY]位），以确定在写入EEE空间之前是否有其他闪存操作正在进行。由于不允许在同一闪存块内进行多个并发写入和边写边读操作，因此在EEE写入完成之前不允许访问EEE或FlexNVM空间。

注意

p闪存是一个完全独立的逻辑块，因此在EEE写入过程中，对p闪存的读/写操作可以正常进行。

4.3.2 增强型EEPROM的读取操作

读取EEE时，数据由FlexRAM提供，因此不会触发闪存操作。但是，当EEE写入时，不允许读取EEE。软件必须在读取操作前测试FCNFG[EEERDY]位，或者在写入操作后等待FCNFG[EEERDY]位，然后才允许软件继续操作。在许多情况下，软件最有效的方法是在写入操作之前和之后测试FCNFG[EEERDY]位（或FSTAT[CCIF]位），并阻止其他EEE操作，直到FCNFG[EEERDY]位在写入操作之后置位。这样，EEE写入需要特殊函数，而EEE读取则不需要任何特殊软件。这种方法的另一个优点是，如果多个EEE读取操作之间没有EEE写入操作，则不需要额外的延迟或标志检查。

必须考虑的EEE读取的特殊情况是，芯片复位事件后首次访问EEE。对于复位后的首次读取EEE，可能需要测试FCNFG[EEERDY]位，以确保EEE状态机已完成从EEPROM备份到FlexRAM的数据初始加载。如果系统启动时间较长，就保证了初始数据加载在首次读取EEE之前有足够的时间完成，那么可能不需要在首次读取之前测试FCNFG[EEERDY]位。不过，在首次读取EEE空间之前明确测试FCNFG[EEERDY]位更为安全。

5 增强型EEPROM的写入耐久性

FlexMemory模块使用未通过FlexNVM分区代码分配给数据闪存的字节来有效提高EEE数据的耐久性。内置EEPROM记录管理系统通过在更大的EEPROM备份空间中循环EEE数据，提高了芯片磨损之前可实现的编程/擦除周期数。

虽然可以使用不同的FlexNVM分区，但其目的是在给定应用程序的整个生命周期中对于FlexNVM分区代码和EEPROM数据集大小只使用一种选择。对于许多应用来说，EEE数据的耐久性要求决定了FlexMemory的配置方式。通常需要了解参数如何影响EEE写入耐久性才能确定要使用的EEE配置。

下面显示的估计最小EEE写入耐久性方程和图表假设仅使用一种配置。

$$\text{Writes_FlexRAM} = \frac{\text{EEPROM_2*EEESIZE}}{\text{EEESIZE}} * \text{Write_efficiency} * n_{\text{nvmycd}}$$

公式1

其中：

- Writes_FlexRAM——每个FlexRAM位置的最小写入次数
- EEPROM——根据FlexNVM IFR中FlexNVM分区代码的DEPART，分配的用于EEPROM备份的FlexNVM；使用Program Partition命令进行编程
- EEESIZE——根据FlexNVM IFR中EEPROM数据集大小的EEESIZE，分配的用于EEE数据的FlexRAM；使用Program Partition命令进行编程
- Write_efficiency:
 - 8位写入FlexRAM时为0.25
 - 16位或32位写入FlexRAM时为0.5
- $n_{nvmcycd}$ FlexNVM内存循环耐久性（下图假设10,000个循环）

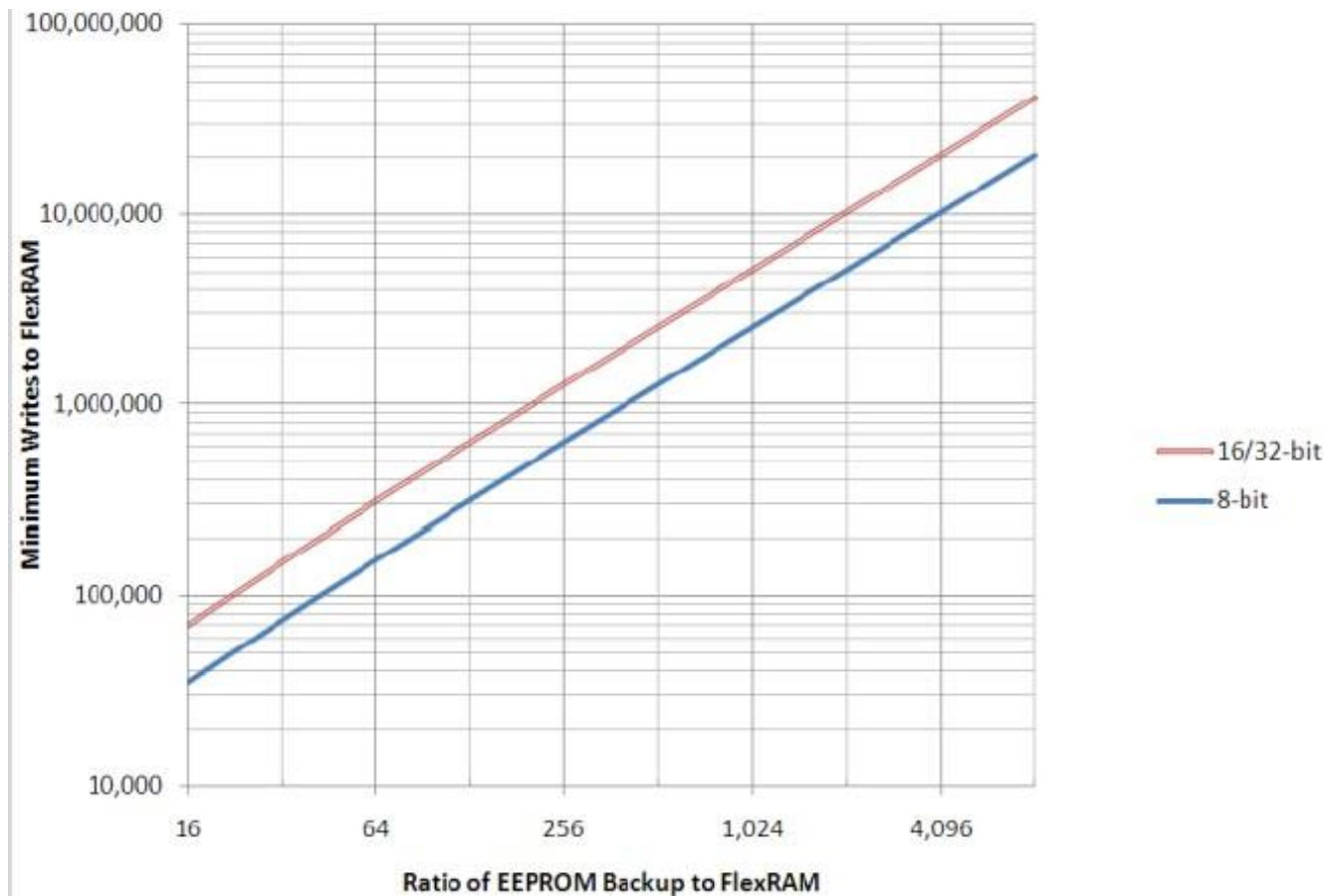


图7. 增强型EEPROM的写入耐久性

第6页上的公式1可用来大致估算系统可能需要的EEPROM备份内存量。不过，该公式经过简化，仅用作一般指南。

6 示例工程

本示例工程讨论了MC56F84xxx系列DSC上的增强型EEPROM的操作，供用户参考。为了方便直观地验证工程运行结果，还开发了一个FreeMASTER工程，以直接观察EEE空间中的数据变化。

图8显示了示例工程的代码流程。浅绿色的流程块是EEE操作的关键功能模块。对于EEPROM批量写入过程块，它完全符合增强型EEPROM的写入操作的描述。每次EEE写入操作前都会测试FCNFG[EEERDY]位，以确保没有其他FlexNVM操作正在进行。

此外，还提供写入EEE空间的8位、16位和32位数据，并且可以通过取消注释相关代码来启用任何类型的写入操作。

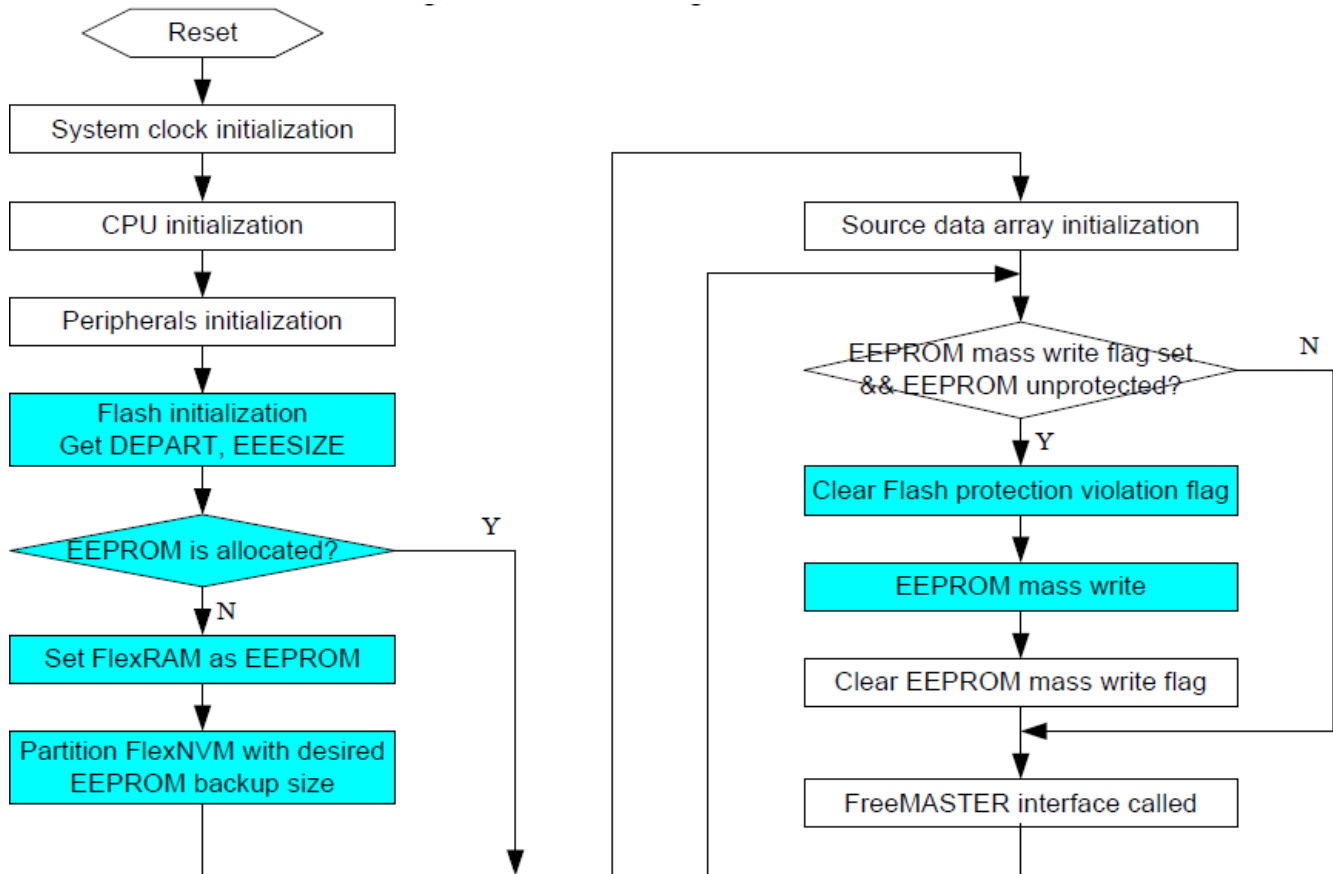


图8. EEE操作示例工程流程图

FreeMASTER工程界面（由恩智浦免费FreeMASTER应用程序打开，通过USBTAP与目标芯片连接）如图9所示。所有变量都列在观察网格窗口中，该窗口分为三个部分：

- 第一部分（紫色矩形）列出了EEPROM批量写入使能标志的变量。当该标志设置为1时，所有有效的EEE空间都将由预定义的数据数组（source[SIZE_OF_BYTES]）写入。
- 第二部分（红色矩形）列出了片上内存配置信息的变量，有助于验证代码中闪存初始化功能的正确性。
- 第三部分（蓝色矩形）列出了有效EEE空间中的所有变量；这些变量数据通过256字节的数据数组（eedata[SIZE_OF_BYTES]）进行组织，并在代码中分配给有效EEE空间（0x03C000-0x03C0FF，字节地址）。

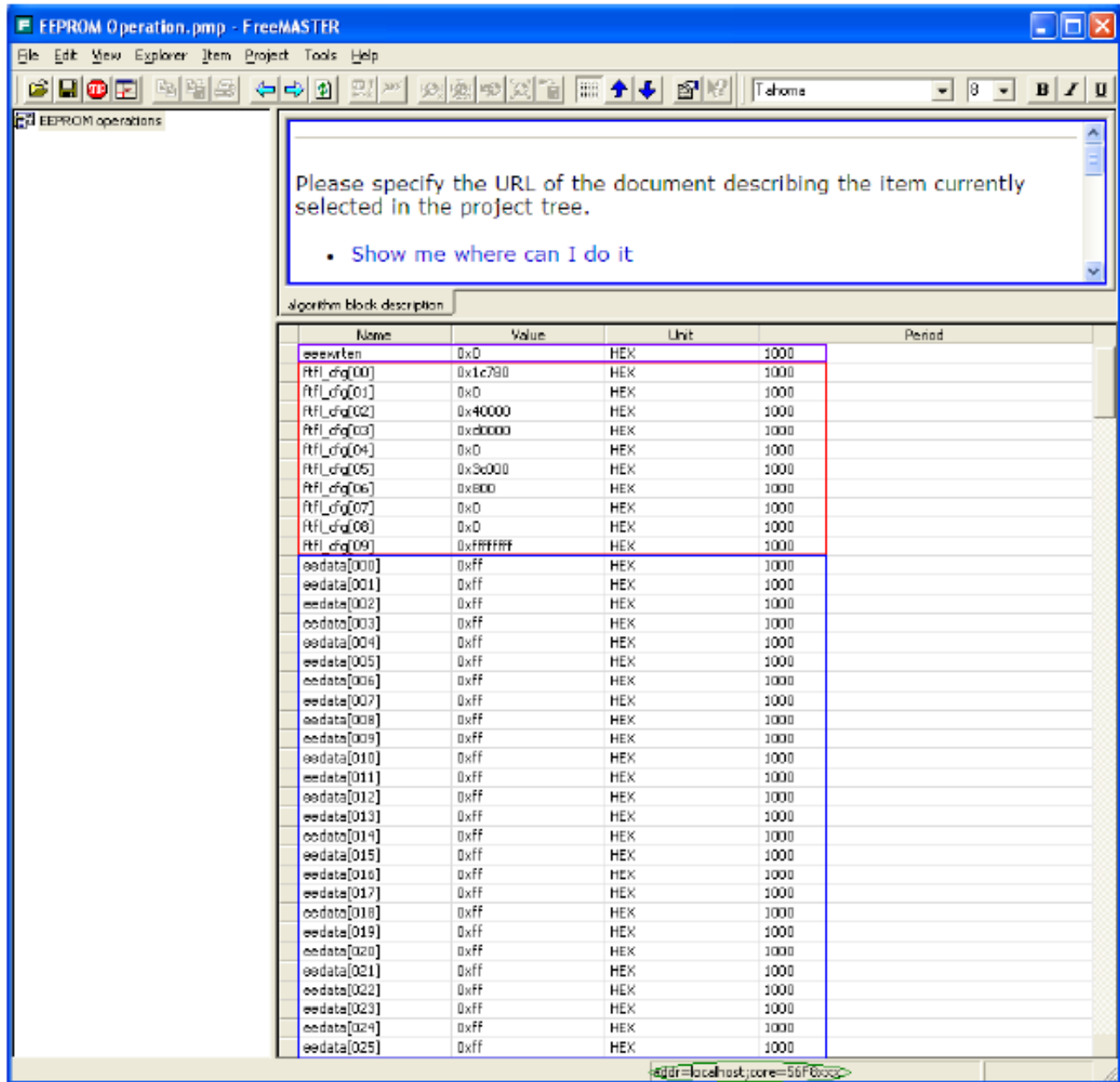


图9. FreeMASTER 工程的 EEE 操作代码界面

图10显示了EEPROM的批量写入操作。当将EEPROM批量写入使能标志变量设置为1时，所有有效的EEE数据均按照 $0xFF$ 减去其索引的公式批量写入。此操作可在图10(a)中和图10(b)中看到。当芯片断电后重新上电时，这些EEE数据将保持最新更新的值。

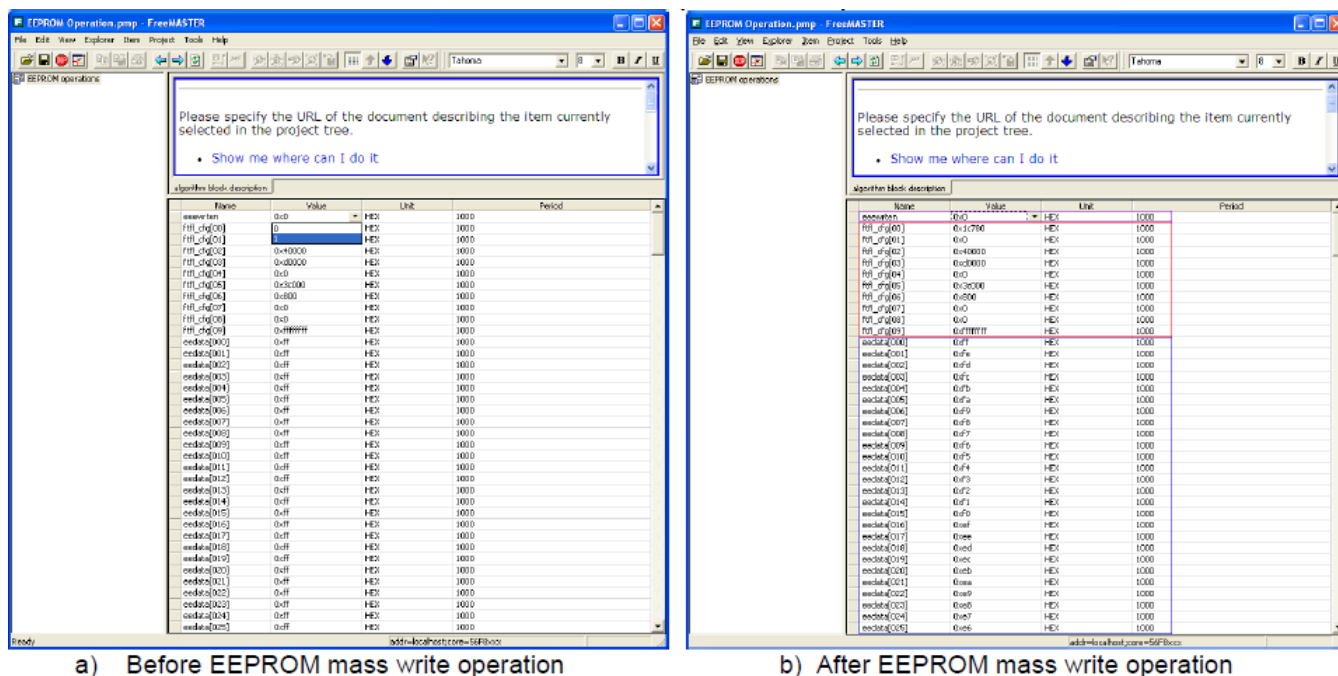


图10. EEE操作示例代码的EEPROM批量写入操作

EEE空间的单个数据也可独立更新。通过直接更改FreeMASTER接口中的值，可将EEE地址0x03C000 (eedata[0])中的值从0xFF变为0x01，如图11(a)和图11(b)所示。芯片断电后重新上电时，这些EEE数据将保持最新更新的值。

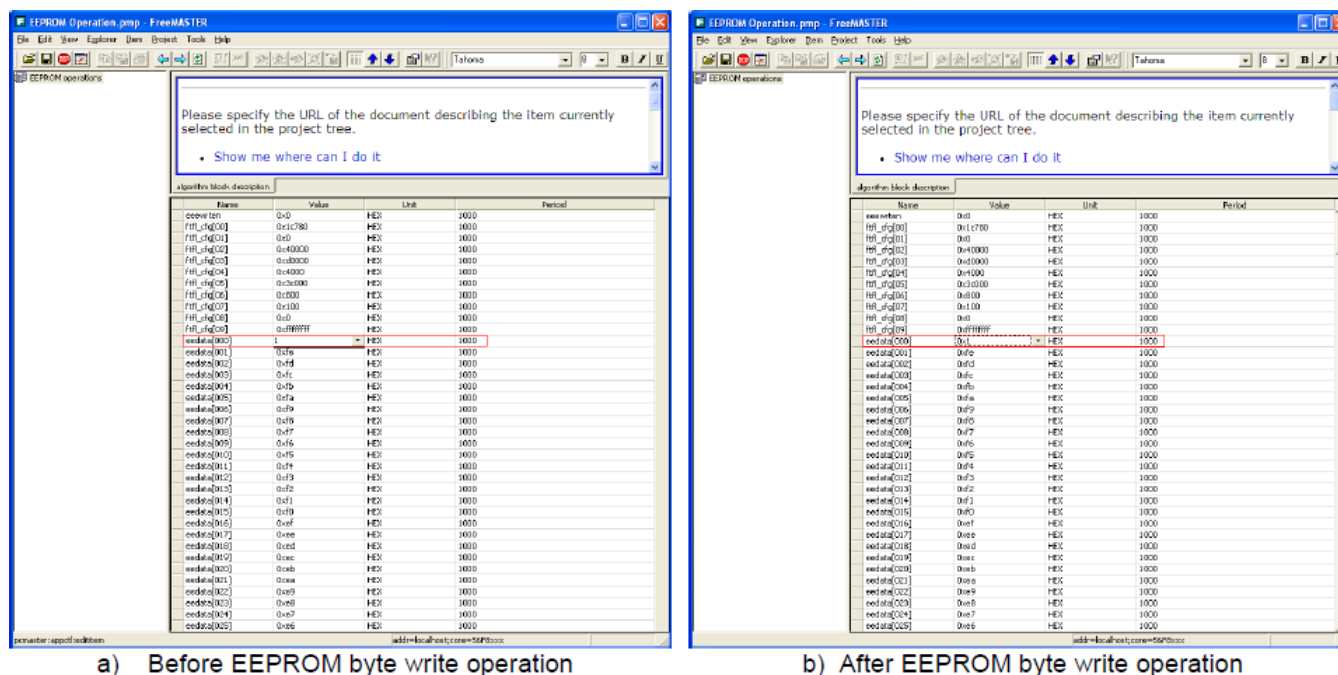


图11. EEE操作示例代码的EEPROM字节写入操作

7 设计考虑因素

从**增强型EEPROM的特性**可知，对预擦除空间的EEE写入操作可以缩短编程时间，因为无需擦除周期。此功能允许在时间紧迫的情况下快速记录数据。一种典型的情况是，当检测到系统即将断电时，需要存储故障数据和运行参数。需要保存的数据量乘以最长写入时间，就决定了该系统必须配置多少去耦电容才能维持足够长时间的最小运行功率来存储数据。通过预擦除数据位置可显著减少EEE编程时间，这意味着在这种情况下所需的去耦电容更少，在断电前可存储的数据更多。

EEE状态机可以检测是否有任何EEE数据尚未完全编程。在写入操作过程中，无论是因为掉电还是某个复位，只要检测到EEE数据未完全编程，处理方式都是一致的。如果在EEE写入过程中发生了复位事件，那么数据可能会损坏。EEE状态机会检测易受攻击的EEE数据记录，以确定是否存在未完全编程的值。如果检测到不完整的记录，状态机会将该数据记录标记为已损坏，并在下一次EEE写入操作中用关联EEE地址的先前有效数据记录替换它。这确保了在EEE写入因某个原因中断时，用户将获得最后一个正确写入EEE空间的值。根据复位发生时写入操作的进度，该值可能是以前的值，也可能是新值，但用户不会得到损坏的值。

8 结论

本应用笔记总结了MC56F84xxx DSC上增强型EEPROM功能的特性、用户视角、SoC实现和写入耐久性能，并提供了附带的示例代码（请参阅与本应用笔记相关的AN4689SW.zip文件），以帮助读者更好地理解功能实现，进而在其应用中轻松地使用此功能。最后，本应用笔记还分享了一些设计注意事项，以便读者更好地使用。

9 附件

示例工程是在CodeWarrior v10.3 IDE中用MC56F84789开发，相关的FreeMASTER工程也附在软件包中。

How to Reach Us:

Home Page:

www.nxp.com.cn

Web Support:

<http://www.nxp.com.cn/support>

USA/Europe or Locations Not Listed:

NXP Semiconductor
Technical Information Center, EL516
2100 East Elliot Road
Tempe, Arizona 85284
+1-800-521-6274 or +1-480-768-2130
www.nxp.com/support

Europe, Middle East, and Africa:

NXP Halbleiter Deutschland GmbH
Technical Information Center
Schatzbogen 7
81829 Muenchen, Germany
+44 1296 380 456 (English)
+46 8 52200080 (English)
+49 89 92103 559 (German)
+33 1 69 35 48 48 (French)
www.nxp.com/support

Japan:

NXP Semiconductor Japan Ltd.
Headquarters
ARCO Tower 15F
1-8-1, Shimo-Meguro, Meguro-ku,
Tokyo 153-0064
Japan
0120 191014 or +81 3 5437 9125
support.japan@nxp.com

Asia/Pacific:

NXP Semiconductor China Ltd.
Exchange Building 23F
No. 118 Jianguo Road
Chaoyang District
Beijing 100022
China
+86 10 5879 8000
support.asia@nxp.com

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use NXP Semiconductors products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits or integrated circuits based on the information in this document.

NXP Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. NXP Semiconductor makes no warranty, representation, or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does NXP Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in NXP Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals", must be validated for each customer application by customer's technical experts. NXP Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. NXP Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which failure of the NXP Semiconductor product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use NXP Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify NXP Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claims alleges that NXP Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part.

RoHS-compliant and/or Pb-free versions of NXP products have the functionality and electrical characteristics as their non-RoHS-complaint and/or non-Pb-free counterparts. For further information, see <http://www.nxp.com.cn> or contact your NXP sales representative.

For information on NXP's Environmental Products program, go to <http://www.nxp.com.cn/epp>.

NXP™ and the NXP logo are trademarks of NXP Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners.

© 2013 NXP Semiconductor, Inc.