

## 从FRAM迁移到EERAM

作者: Robert Proctor  
Microchip Technology Inc.

### 简介

本应用笔记介绍了如何用EERAM代替FRAM，以及如何通过跳线和修改代码来创建一个集成EERAM和FRAM（第二个源）的设计。

EERAM是串行SRAM，也具有匹配的EEPROM阵列，可在断电时保留完整的SRAM数据。在许多应用中，几乎不需要更改硬件和软件就可以使用EERAM替代FRAM，成本更低。

EERAM器件使用外部电容来提供电源，用于将SRAM内容复制到非易失性EEPROM。此VCAP电容连接到VCAP引脚和地。VCAP引脚代替了I<sup>2</sup>C和SPI版FRAM上的一个功能引脚。

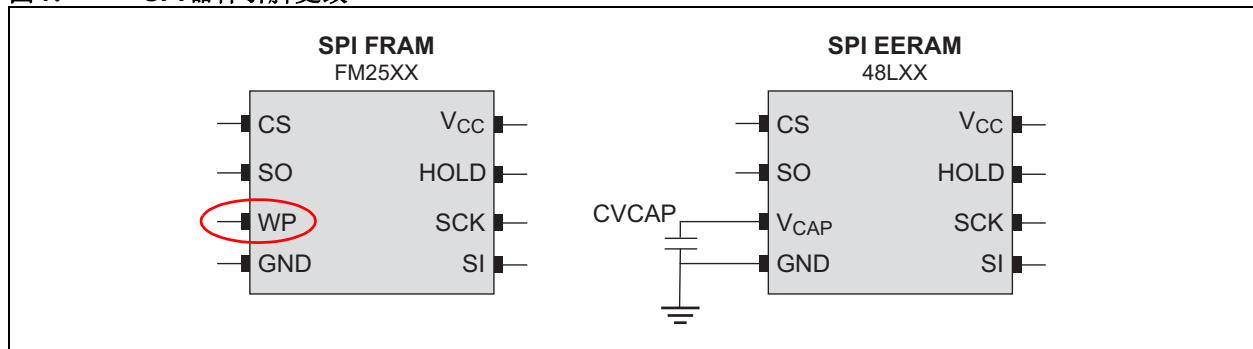
迁移需要对PCB布线进行少量更改以适应VCAP电容，软件也需要做一些相应的更改。EERAM的工作方式与正常工作的FRAM非常相似，但必须对EERAM寄存器进行一些设置才能使能自动存储功能。根据所选的器件，EERAM可能具有FRAM不支持的功能。

### SPI PCB布线迁移

在SPI器件上，VCAP引脚代替了引脚3上的写保护（WP）引脚（见图1）。如果使用了WP引脚，则必须将其断开并替换为VCAP电容来接地。EERAM器件仍通过STATUS寄存器对软件块进行保护。

如有需要，可通过跳线选择不同的引脚功能（WP或VCAP），以便可以安装不同的元件，这样就可以在相同的引脚布局下使用FRAM或EERAM。

图1: SPI器件引脚更改



### SPI软件迁移

FRAM和EERAM均可使用SPI模式0和模式3。用于读取和写入EERAM的命令与FRAM和EEPROM器件中使用的命令相同。由于EERAM器件具有一些额外的功能，因此STATUS寄存器位中将存在更多细微的差异。

EERAM STATUS寄存器的bit 0有一个繁忙标志。该位用于指示器件是否正在执行读回或存储功能（通常在发出软件命令后）。

请注意，写入EERAM时仅涉及SRAM部分，不存在写入EEPROM时所需的延时。因此，正常写操作无需轮询繁忙标志即可完成写周期。

SPI EERAM器件的STATUS寄存器中有一个用于使能或禁止自动存储功能的位。正确设置此位至关重要（清零可使自动存储保持使能状态），这样才能在断电时将SRAM数据自动存储到内部EEPROM阵列。

EERAM 器件还有一些可实现其他功能的额外命令。要了解这些通用命令和专用命令，请参见表1。请查看特定 EERAM 器件的数据手册，获取有关这些新功能的更多信息。

**表1: SPI命令**

命令	操作说明	操作码	二进制代码
WREN	置1写使能锁存器	06h	0000 0110
WRDI	复位写使能锁存器	04h	0000 0100
WRITE	写入SRAM阵列	02h	0000 0010
READ	读取SRAM阵列	03h	0000 0011
WRSR	写入STATUS寄存器	01h	0000 0001
RDSR	读取STATUS寄存器	05h	0000 0101
EERAM 专用命令			
STORE	将SRAM数据存储到EEPROM	08h	0000 1000
RECALL	将EEPROM数据复制到SRAM	09h	0000 1001
WRNUR	写入非易失性用户空间	C2h	1100 0010
RDNUR	读取非易失性用户空间	C3h	1100 0011
休眠	进入休眠模式	B9h	1011 1001

**表2: STATUS寄存器比较**

器件状态	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
FRAM	WPEN	保留	保留	保留	BP1	BP0	WEL	保留
EERAM	保留	ASDIS	PRO <sup>(1)</sup>	SWM	BP1	BP0	WEL	RDY/BUSY

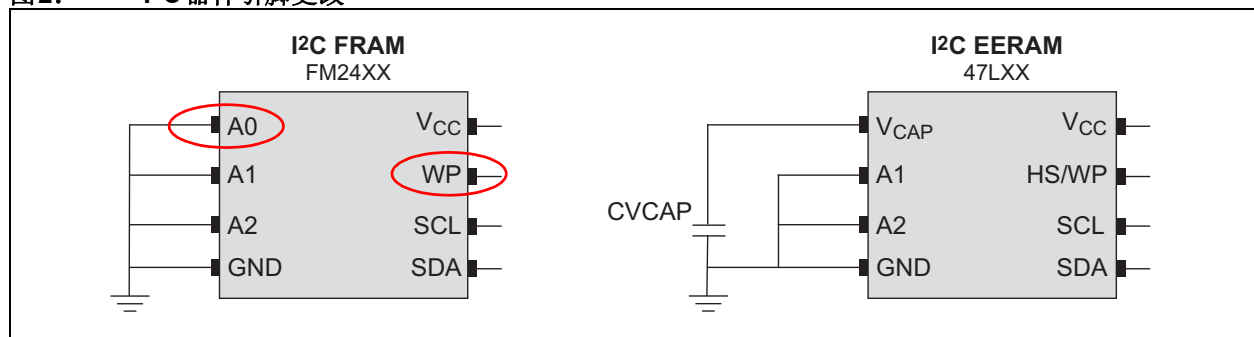
注 1: Bit 5 在 1M 和 512K 器件上保留。

## I<sup>2</sup>C PCB 布线迁移

在 I<sup>2</sup>C 器件上，V<sub>CAP</sub> 引脚替代了 A0 地址配置引脚。另外两个地址引脚保持不变，这样便允许最多四个器件在同一总线上工作。某些 I<sup>2</sup>C EERAM 器件的引脚 7 具有不同的功能。在 4K 和 16K 器件中，此引脚具有硬件存储（Hardware Store, HS）功能<sup>(1)</sup>，但如果仅替换 FRAM 而不使用此功能，此引脚可保持悬空或接地。64K 器件保留了写保护（Write-Protect, WP）功能（与 FRAM 一致），如果不使用此功能，则可连接到 V<sub>CC</sub>。

**注 1:** 有关如何使用此功能的详细信息，请参见数据手册。

**图2: I<sup>2</sup>C 器件引脚更改**



## I<sup>2</sup>C 软件迁移

I<sup>2</sup>C EERAM 的工作原理与 I<sup>2</sup>C FRAM 非常相似。图3给出了将 A0 (FRAM) 替换为 VCAP (EERAM) 时 I<sup>2</sup>C 控制字节中的地址位更改。EERAM 器件会对控制字节上的此 A0 位使用不同的值，具体取决于阵列大小：对于 4 Kb 和 16 Kb EERAM，A0 = 0；对于 64 Kb EERAM，A0 = 1。（见表3）

4K 和 16K I<sup>2</sup>C EERAM 器件提供一些 FRAM 上不支持的额外功能。这些器件具有另一个 I<sup>2</sup>C 从地址，用于访问 STATUS 寄存器以及向命令寄存器发出软件存储和读回功能。64 Kb I<sup>2</sup>C EERAM 中不包含此功能。

图3: I<sup>2</sup>C FRAM 地址字节

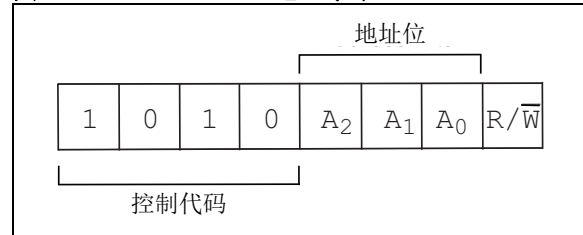


表3: 4K 和 16K I<sup>2</sup>C EERAM 指令

操作	控制代码	地址位	R/W
SRAM 读取	1010	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 0	1
SRAM 写入	1010	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 0	0
控制寄存器读取	0011	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 0	1
控制寄存器写入	0011	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 0	0

表4: 4K 和 16K I<sup>2</sup>C EERAM 控制寄存器地址和位定义

寄存器名称	地址	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STATUS	00h	AM	—	—	BP2	BP1	BP0	ASE	EVENT
COMMAND	55h	CMD7	CMD6	CMD5	CMD4	CMD3	CMD2	CMD1	CMD0

表5: 4K 和 16K I<sup>2</sup>C 命令操作

命令	值	说明
软件存储	0011 0011	将 SRAM 存储到 EEPROM
软件读回	1101 1101	将 EEPROM 数据读回到 SRAM

64K I<sup>2</sup>C EERAM 器件的工作方式与 FRAM 非常类似。它始终具有可在断电时工作的自动存储功能，因此无需设置位或软件存储选项。惟一要考虑的一点是 I<sup>2</sup>C 地址字节中的地址位，其中地址位 A0 必须始终设置为 1。否则，读写操作将与 FRAM 相同。

表6: 64K I<sup>2</sup>C EERAM 指令

操作	操作码	地址位	R/W
SRAM 读取	1010	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 1	1
SRAM 写入	1010	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 1	0

## 结论

将 FRAM 设计迁移到成本更低的 EERAM 的过程涉及 PCB 及一些软件更改，并增加了一个电容。需要改动的部分很少，因此可以轻松实现能够适应两种存储器的版本。

配置了 EERAM 内部寄存器后，EERAM 和 FRAM 中写入和读取数据的串行 SRAM 行为是相同的。在任何情况下，如果发生意外断电，数据都会安全地存储在非易失性存储器中。电源恢复后，SRAM 内容将快速恢复到其最后记录的值，并且主机单片机可以继续写入而没有延时。

## 附录A： 版本历史

### 版本A（2019年7月）

本文档的初始版本。

**请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：**

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- 目前，仍存在着用恶意、甚至是非法的方法来试图破坏代码保护功能的行为。我们确信，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这种试图破坏代码保护功能的行为极可能侵犯 Microchip 的知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展之中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原本文档。

本出版物中提供的信息仅仅是为了方便您使用 Microchip 产品或使用这些产品来进行设计。本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

**Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。**

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

**商标**

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PacTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2021, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-7722-8

## 全球销售及服务中心

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**亚特兰大 Atlanta**  
Duluth, GA  
Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

**奥斯汀 Austin, TX**  
Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

**中国 - 北京**  
Tel: 86-10-8569-7000

**中国 - 成都**  
Tel: 86-28-8665-5511

**中国 - 重庆**  
Tel: 86-23-8980-9588

**中国 - 东莞**  
Tel: 86-769-8702-9880

**中国 - 广州**  
Tel: 86-20-8755-8029

**中国 - 杭州**  
Tel: 86-571-8792-8115

**中国 - 南京**  
Tel: 86-25-8473-2460

**中国 - 青岛**  
Tel: 86-532-8502-7355

**中国 - 上海**  
Tel: 86-21-3326-8000

**中国 - 沈阳**  
Tel: 86-24-2334-2829

**中国 - 深圳**  
Tel: 86-755-8864-2200

**中国 - 苏州**  
Tel: 86-186-6233-1526

**中国 - 武汉**  
Tel: 86-27-5980-5300

**中国 - 西安**  
Tel: 86-29-8833-7252

**中国 - 厦门**  
Tel: 86-592-238-8138

**中国 - 香港特别行政区**  
Tel: 852-2943-5100

**中国 - 珠海**  
Tel: 86-756-321-0040

**台湾地区 - 高雄**  
Tel: 886-7-213-7830

**台湾地区 - 台北**  
Tel: 886-2-2508-8600

**台湾地区 - 新竹**  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

**澳大利亚 Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733

**印度 India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

**印度 India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

**印度 India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

**日本 Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

**日本 Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

**韩国 Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

**韩国 Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

**马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

**马来西亚 Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870

**菲律宾 Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

**新加坡 Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

**泰国 Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

**越南 Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

**奥地利 Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

**丹麦 Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4485-5910  
Fax: 45-4485-2829

**芬兰 Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

**法国 France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

**德国 Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700

**德国 Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

**德国 Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

**德国 Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

**德国 Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

**德国 Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

**以色列 Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

**意大利 Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

**意大利 Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

**荷兰 Netherlands - Drunen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

**挪威 Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

**波兰 Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

**罗马尼亚 Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

**西班牙 Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

**瑞典 Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

**瑞典 Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

**英国 UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820