

第三章 F28027存储空间

- 3.1 概述
- 3.2 DSP片内存储类型
- 3.3 存储空间
- 3.4 程序的引导装载



什么是存储器？

为什么要有存储器？

存储空间类型？

存储器怎么使用？

存储器使用中要注意那些事项？

3.1 概述

C28x采用六组总线（PAB、PRDB、DRAB、DRDB、DWAB和DWDB）将DSP、存储器和外设连接在一起，

存储空间分为：**数据存储器**和**程序存储器**

数据存储器的总线包含32根地址线和32根数据线，数据存储器最多支持4G字的地址，

程序存储器的总线包含22根地址线和32根数据线，程序存储器最多支持4M字的地址。

3.1 概述

外设总线将片内各种外设连接在一起,这组总线具有16根地址线和16根或32根数据线以及相关的控制信号,因此DSP对外设的操作与对存储器的操作是一样的。**数据空间**

外设总线有三种形式:

- 支持16位和32位的外设操作称为外设帧1,
- 支持16位的外设操作称为外设帧2,
- 支持16位和32位的访问称为外设帧0。

	Data Space	Prog Space
0x00 0000	<i>M0 Vector RAM (Enabled if VMAP = 0)</i>	
0x00 0040	M0 SARAM (1K x 16, 0-Wait)	
0x00 0400	M1 SARAM (1K x 16, 0-Wait)	
0x00 0800	Peripheral Frame 0	Reserved
0x00 0D00	PIE Vector - RAM (256 x 16) (Enabled if VMAP = 1, ENPIE = 1)	
0x00 0E00	Peripheral Frame 0	
0x00 2000	Reserved	
0x00 6000	Peripheral Frame 1 (4K x 16, Protected)	Reserved
0x00 7000	Peripheral Frame 2 (4K x 16, Protected)	
0x00 8000	L0 SARAM (4K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, Dual Mapped)	
0x00 9000	Reserved	
0x3D 7800	User OTP (1K x 16, Secure Zone + ECSL)	
0x3D 7C00	Reserved	
0x3D 7C80	Calibration Data	
0x3D 7CC0	Get_mode function	

0x3D 7CE0	Reserved
0x3D 7E80	Calibration Data
0x3D 7EB0	Reserved
0x3D 7FFF	PARTID
0x3D 8000	Reserved
0x3F 0000	FLASH (32K x 16, 4 Sectors, Secure Zone + ECSL)
0x3F 7FF8	128-Bit Password
0x3F 8000	L0 SARAM (4K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, Dual Mapped)
0x3F 9000	Reserved
0x3F E000	Boot ROM (8K x 16, 0-Wait)
0x3F FFC0	<i>Vector (32 Vectors, Enabled if VMAP = 1)</i>

3.2 片内存储器类型

- **SARAM**
- **FLASH & OTP**
- **BOOT ROM**
- M0,M1 SARAMs
在一个周期只能访问一次
每个空间 $1K * 16$
数据存储器 and 程序存储器
- L0 SARAM
在一个周期只能访问一次
空间 $4K * 16$ RAM
数据存储器 and 程序存储器

● Flash 和 OTP

空间 $32K * 16$ 分为4个 $8K * 16$ 的段
一个OTP存储空间 $1K * 16$

特殊的存储流水线

数据存储器 and 程序存储器

Flash存储器可以擦除的最小单元是一个扇区

● BOOT ROM

Boot ROM是出厂时已固化好引导装载程序的只读存储器。

F2802x的Boot ROM大小为8K×16位，位于地址0x3F E000–0x3F FFFF。

Boot ROM还包含用于数学计算的数学表与函数等

	数据空间	程序空间
0x3F E000	IQmath表	
0x3F EC86	IQmath函数	
0x3F F4B0	引导装载函数	
0x3F F8D2	Flash API库	
0x3F FFB9	ROM版本	
0x3F FFC0	ROM校验和	
0x3F FFFF	复位向量 CPU向量表	

3.3 存储空间

	Data Space	Prog Space
0x00 0000	<i>M0 Vector RAM (Enabled if VMAP = 0)</i>	
0x00 0040	M0 SARAM (1K x 16, 0-Wait)	
0x00 0400	M1 SARAM (1K x 16, 0-Wait)	
0x00 0800	Peripheral Frame 0	Reserved
0x00 0D00	PIE Vector - RAM (256 x 16) (Enabled if VMAP = 1, ENPIE = 1)	
0x00 0E00	Peripheral Frame 0	
0x00 2000	Reserved	
0x00 6000	Peripheral Frame 1 (4K x 16, Protected)	Reserved
0x00 7000	Peripheral Frame 2 (4K x 16, Protected)	
0x00 8000	L0 SARAM (4K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, Dual Mapped)	
0x00 9000	Reserved	
0x3D 7800	User OTP (1K x 16, Secure Zone + ECSL)	
0x3D 7C00	Reserved	
0x3D 7C80	Calibration Data	
0x3D 7CC0	Get_mode function	

0x3D 7CE0	Reserved
0x3D 7E80	Calibration Data
0x3D 7EB0	Reserved
0x3D 7FFF	PARTID
0x3D 8000	Reserved
0x3F 0000	FLASH (32K x 16, 4 Sectors, Secure Zone + ECSL)
0x3F 7FF8	128-Bit Password
0x3F 8000	L0 SARAM (4K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, Dual Mapped)
0x3F 9000	Reserved
0x3F E000	Boot ROM (8K x 16, 0-Wait)
0x3F FFC0	<i>Vector (32 Vectors, Enabled if VMAP = 1)</i>

表3-2 存储器容量及范围

类型	容量	地址范围
SARAM M0	1K×16位	0x00 0000~0x00 03FF
SARAM M1	1K×16位	0x00 0400~0x00 07FF
SARAM L0	4K×16位	0x00 8000~0x00 8FFF
SARAM L0	4K×16位	0x3F 8000~0x3F 8FFF
FLASH	32K×16位	0x3F 0000~0x3F 7FFF
OTP	1K×16位	0x3D 7800~0x3D 7BFF
Boot ROM	8K×16位	0x3F E000~0x3F FFFF
外设帧0	2K×16位	0x00 0800~0x000 DFF
外设帧1	4K×16位	0x00 6000~0x00 6FFF
外设帧2	4K×16位	0x00 7000~0x00 7FFF
PIE向量	256×16位	0x00 0D00~0x00 0DFF

表3-3 Flash扇区地址范围

扇区	地址范围
0x3F 0000~0x3F 1FFF	扇区D（8K×16位）
0x3F 2000~0x3F 3FFF	扇区C（8K×16位）
0x3F 4000~0x3F 5FFF	扇区B（8K×16位）
0x3F 6000~0x3F 7F7F	扇区A（8K×16位）
0x3F 7F80~0x3F 7FF5	当使用CSM模块该区域必须编程为 0x0000
0x3F 7FF6~0x3F 7FF7	引导至Flash的入口地址
0x3F 7FF8~0x3F 7FFF	128位的安全密码区

外设帧

外设帧是TMS320F28027的CPU定时器、Flash、中断向量、片内外设（例如SCI、SPI、ADC、ePWM、eCAP及比较）等寄存器的映像空间，TMS320F28027的外设帧包含3个外设空间，外设空间分类如下：

- 外设帧0：直接映射到CPU存储器总线的外设，包括PIE、Flash、CPU定时器、CSM和ADC；
- 外设帧1：映射到32位外设总线的外设，包括GPIO、ePWM、eCAP和比较模块；
- 外设帧2：映射到16位外设总线的外设，包括系统控制、SCI、SPI、ADC和XINT。

3.3.3 CSM对存储空间的影响

- CSM 功能特点

对存储空间访问需要输入正确的密码防止存储空间信息被盗

- CSM 安全等级

用正确的密码执行了 PMF?	操作模式	程序提取地址	安全性描述
没有	安全	安全存储器之外	只允许提取安全存储器的内容。
没有	安全	安全存储器之内	CPU 拥有所有存储器的访问权。 JTAG 端口不能读取被保护的存储器的内容。
是	不安全	任何地方	CPU 和 JTAG 端口可以全权访问安全存储器。

● CSM 能保护的片上资源

Address	Block
0x00 0A80 - 0x00 0A87	Flash Configuration Registers
0x00 8000 - 0x00 83FF or 0x00 8000 - 0x00 8BFF or 0x00 8000 - 0x00 8FFF	L0 SARAM (1K X 16) L0 SARAM (3K X 16) L0 SARAM (4K X 16)
0x3F 4000 - 0x3F 7FFF or 0x3F 0000 - 0x3F 7FFF	Flash (16K X 16) Flash (32K X 16)
0x3D 7800 - 0x3D 7BFF	User One-Time Programmable (OTP) (1K X 16)
0x3D 7C00 - 0x3D 7FFF	TI One-Time Programmable (OTP) ⁽¹⁾ (1K X 16)
0x3F 8000 - 0x3F 83FF or 0x3F 8000 - 0x3F 8BFF or 0x3F 8000 - 0x3F 8FFF	L0 SARAM (1K X 16) L0 SARAM (3K X 16) L0 SARAM (4K X 16)

对SARAM, BOOT ROM, PIE矢量表, 外设寄存器没有保护作用

● CSM 寄存器

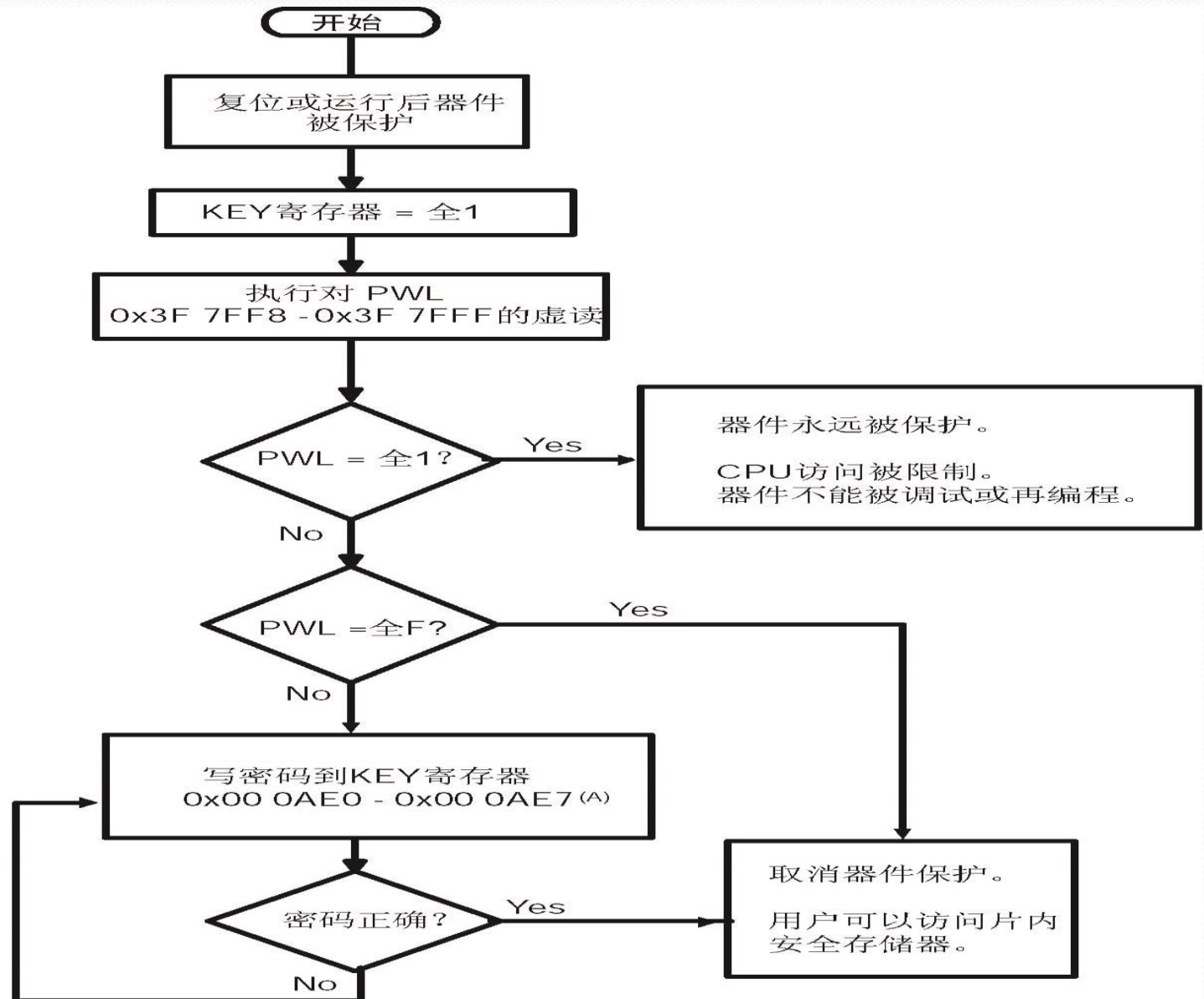
Memory Address	Register Name	Reset Values	Register Description
KEY Registers			
0x00 - 0AE0	KEY0 ⁽¹⁾	0xFFFF	Low word of the 128-bit KEY register
0x00 - 0AE1	KEY1 ⁽¹⁾	0xFFFF	Second word of the 128-bit KEY register
0x00 - 0AE2	KEY2 ⁽¹⁾	0xFFFF	Third word of the 128-bit KEY register
0x00 - 0AE3	KEY3 ⁽¹⁾	0xFFFF	Fourth word of the 128-bit key
0x00 - 0AE4	KEY4 ⁽¹⁾	0xFFFF	Fifth word of the 128-bit key
0x00 - 0AE5	KEY5 ⁽¹⁾	0xFFFF	Sixth word of the 128-bit key
0x00 - 0AE6	KEY6 ⁽¹⁾	0xFFFF	Seventh word of the 128-bit key
0x00 - 0AE7	KEY7 ⁽¹⁾	0xFFFF	High word of the 128-bit KEY register
0x00 - 0AEF	CSMSCR ⁽¹⁾	0x002F	CSM status and control register

● CSM 寄存器

Password Locations (PWL) in Flash Memory - Reserved for the CSM password only

0x3F - 7FF8	PWL0	User defined	Low word of the 128-bit password
0x3F - 7FF9	PWL1	User defined	Second word of the 128-bit password
0x3F - 7FFA	PWL2	User defined	Third word of the 128-bit password
0x3F - 7FFB	PWL3	User defined	Fourth word of the 128-bit password
0x3F - 7FFC	PWL4	User defined	Fifth word of the 128-bit password
0x3F - 7FFD	PWL5	User defined	Sixth word of the 128-bit password
0x3F - 7FFE	PWL6	User defined	Seventh word of the 128-bit password
0x3F - 7FFF	PWL7	User defined	High word of the 128-bit password

● PMF(Password Match Flow) 流程图



● PMF(Password Match Flow) 流程图

对PWL读取判断:

1.All zero:
permanently secured

2.All Fs:
Unsecure

3.Correct password :
unsecure

3.3.4 DSP片内存储的使用方法

- 问题：如何划分存储器的类型和功能？
- 程序空间？ or 数据空间？

在28027的任何工程中，包含二个链接器的命令(CMD)文件，它来指明存储器的划分！

链接器的命令(CMD)文件

MEMORY{

PAGE 0: /* Program Memory */

FLASH: origin = 0x3F0000, length = 0x8000

PAGE 1: /* Data Memory */

M0SARAM: origin = 0x000000, length = 0x400

M1SARAM: origin = 0x000400, length = 0x400

}

SECTIONS

{

.text:> FLASH PAGE = 0

.ebss:> M0SARAM PAGE = 1

.cinit:> FLASH PAGE = 0

.stack:> M1SARAM PAGE = 1

}

Flash & OTP 存储

Flash & OTP 特点

- 多块的结构 -- 最小的flash存储空间
- 拥有代码安全性 -- CSM模块
- 更好的性能 -- 可配置的等待时间&flash流水线

Flash & OTP 工作模式

- 复位&睡眠模式
- 备用模式
- 激活&读取模式

Flash & OTP 使用要点

- 流水线是否启用
- 等待周期设置

Flash & OTP 相关寄存器

名称 ⁽¹⁾⁽²⁾ ↵	地址↵	大小 (x16)↵	描述↵
FOPT↵	0x0A80↵	1↵	Flash 选项寄存器↵
保留↵	0x0A81↵	1↵	保留↵
FPWR↵	0x0A82↵	1↵	Flash 功率模式寄存器↵
FSTATUS↵	0x0A83↵	1↵	状态寄存器↵
FSTDBYWAIT ⁽³⁾ ↵	0x0A84↵	1↵	Flash 休眠到待机等待寄存器↵
FACTIVEWAIT ⁽³⁾ ↵	0x0A85↵	1↵	Flash 待机到活动等待寄存器↵
FBANKWAIT↵	0x0A86↵	1↵	Flash 读访问等待状态寄存器↵
FOTPWAIT↵	0x0A87↵	1↵	OTP 读访问等待状态寄存器↵

Flash & OTP 相关寄存器

FOPT 确定是否开启flash流水线模式寄存器

位↵	域↵	值↵	描述(1)(2)(3)↵
15-1↵	保留↵	↵	↵
0↵	ENPIPE↵	<div>↵ ↵ ↵ ↵ 0↵ 1↵</div>	<p>Flash 管道模式使能位。当该位被置位时 Flash 管道模式激活。管道模式通过预取指令来提高指令提取的性能。</p> <p>当管道模式被使能时，Flash 等待状态（分页访问和随机访问）必须大于 0。↵</p> <p>在 Flash 器件上，ENPIPE 影响 Flash 和 OTP 内容的提取。↵</p> <p>Flash 管道模式无效。（默认）↵</p> <p>Flash 管道模式有效。↵</p>

Flash & OTP 相关寄存器

FPWR 确定flash工作模式寄存器

位↵	域↵	值↵	描述(1)(2)↵
15-2↵	保留↵	↵	↵
1-0↵	PWR↵	↵ ↵ 00↵ 01↵ 10↵ 11↵	Flash 功率模式位。写这两位来改变 Flash 组和泵的当前功率模式。 泵和组处于休眠模式（功率最低）。↵ 泵和组处于待机模式。↵ 保留（无影响）。↵ 泵和组处于活动模式（功率最高）。↵

Flash & OTP 相关寄存器

FATATUS flash 状态标志位寄存器

位	域	值	描述(1)(2)
15-9	保留		保留。
8	3VSTAT	<div>0 1</div>	<p>Flash 电压 (V_{DD3VFL}) 状态锁存位。当该位置位时，该位指示泵模块的 3VSTAT 信号变成一个高电平。这个信号指示 Flash 3.3V 的电源超出了允许的范围。</p> <p>写 0 被忽略。</p> <p>当读出该位为 1 时，表明 Flash 3.3V 的电源超出了允许的范围。通过写入 1 来清除该位。</p>
7-4	保留		保留

FATATUS flash 状态标志位寄存器

3	ACTIVEWAITS	<p>0 组和泵从待机状态转为活动状态的等待计数器状态位。该位指示相应的等待计数器是否超出了访问的等待时间。</p> <p>1 计数器没有在计数。</p> <p>0 计数器正在计数。</p>
2	STDBYWAITS	<p>0 组和泵从休眠状态转为待机状态的等待计数器状态位。该位指示相应的等待计数器是否超出了访问的等待时间。</p> <p>1 计数器没有在计数。</p> <p>0 计数器正在计数。</p>

Flash & OTP 相关寄存器

FATATUS flash 状态标志位寄存器

位	域	值	描述(1)(2)
1-0	PWRS		功率模式状态位。这些位指示 Flash/OTP 当前处于哪种功率模式。只有适当的计时延迟到期后，PWRS 位才能设置成新的功率模式。
		00	泵和组处于休眠模式（功率最低）。
		01	泵和组处于待机模式。
		10	保留。
		11	泵和组正常工作，处于读取模式（功率最高）。

FBANKWAIT flash 等待寄存器

位↵	域↵	值↵	描述(1)(2)(3)↵
15-12↵	保留↵	↵	保留。↵
11-8↵	PAGEWAIT↵	<div>↵</div> <div>↵</div> <div>↵</div> <div>↵</div> <div>↵</div> <div>↵</div> <div>0000↵</div> <div>↵</div> <div>0001↵</div> <div>↵</div> <div>0010↵</div> <div>↵</div> <div>0011↵</div> <div>↵</div> <div>...↵</div> <div>1111↵</div>	<p>Flash 分页读的等待状态。这些寄存器位用 CPU 时钟周期来指定 Flash 存储区一个分页读操作的等待状态数目（0..15 个 SYSCLKOUT 周期）。↵</p> <p>有关一个分页 Flash 访问所需的最短时间请见器件特定的数据手册。↵</p> <p>你必须将 RANDWAIT 的值设置成大于或等于 PAGEWAIT 的值。没有提供硬件来检测大于 RANDWAIT 的 PAGEWAIT 值。↵</p> <p>每个分页 Flash 访问使用零个等待状态，或者，每次访问共使用 1 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>每个分页 Flash 访问使用 1 个等待状态，或者，每次访问共使用 2 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>每个分页 Flash 访问使用 2 个等待状态，或者，每次访问共使用 3 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>每个分页 Flash 访问使用 3 个等待状态，或者，每次访问共使用 4 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>...↵</p> <p>每个分页 Flash 访问使用 15 个等待状态，或者，每次访问共使用 16 个 SYSCLKOUT 周期（默认）。↵</p>

FBANKWAIT flash 等待寄存器

7-4↵	保留↵	↵	保留↵
3-0↵	RANDWAIT↵	↵ ↵ ↵ ↵ ↵ ↵ ↵ 0000↵ 0001↵ ↵ 0010↵ ↵ 0011↵ ↵ ...↵ 1111↵	<p>Flash 随机读等待状态。这些寄存器位用 CPU 时钟周期来指定 Flash 存储区一个随机读操作的等待状态数目（1..15 个 SYSCLKOUT 周期）。</p> <p>有关一个随机 Flash 访问所需的最短时间请见器件特定的数据手册。↵</p> <p>RANDWAIT 的值必须设置成大于 0。也就是说，必须使用至少 1 个随机等待状态。另外，你必须将 RANDWAIT 的值设置成大于或等于 PAGEWAIT 的值。本器件将不检测和纠正大于 RANDWAIT 的 PAGEWAIT 值。↵</p> <p>非法值。RANDWAIT 必须设置成大于 0。↵</p> <p>每个随机 Flash 访问使用 1 个等待状态，或者，每次访问共使用 2 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>每个随机 Flash 访问使用 2 个等待状态，或者，每次访问共使用 3 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>每个随机 Flash 访问使用 3 个等待状态，或者，每次访问共使用 4 个 SYSCLKOUT 周期。↵</p> <p>...↵</p> <p>每个随机 Flash 访问使用 15 个等待状态，或者，每次访问共使用 16 个 SYSCLKOUT 周期（默认）。↵</p>

Flash & OTP 相关寄存器

FOTPWAIT OTP等待寄存器

位↵	域↵	值↵	描述 (1)(2)(3)↵
15-5↵	保留↵	0↵	保留。↵
4-0↵	OTPWAIT↵	↵ ↵ ↵ ↵ ↵	OTP 读等待状态。这些寄存器位用 CPU 时钟周期来指定 OTP 一个读操作的等待状态数目（1.31 个 SYSCLKOUT 周期）。详情请见“Flash/OTP 的 CPU 读或提取访问”相关章节。OTP 中没有页面模式。↵ OTPWAIT 的值必须设置成大于 0。也就是说，必须使用最少 1 个等待状态。有关一次 OTP 访问所需的最短时间请见器件特定的数据手册。↵
		00000↵	非法值。OTPWAIT 必须设置成大于等于 1。↵
		00001↵ ↵	每个 OTP 访问将使用 1 个等待状态，每次访问共使用 2 个 SYSCLKOUT 周期。↵
		00010↵ ↵	每个 OTP 访问将使用 2 个等待状态，每次访问共使用 3 个 SYSCLKOUT 周期。↵
		00011↵ ↵	每个 OTP 访问将使用 3 个等待状态，每次访问共使用 4 个 SYSCLKOUT 周期。↵
		...↵	...↵
		11111↵	每个 OTP 访问将使用 31 个等待状态，每次访问共使用 32 个 SYSCLKOUT 周期。↵

3.4 程序的引导装载

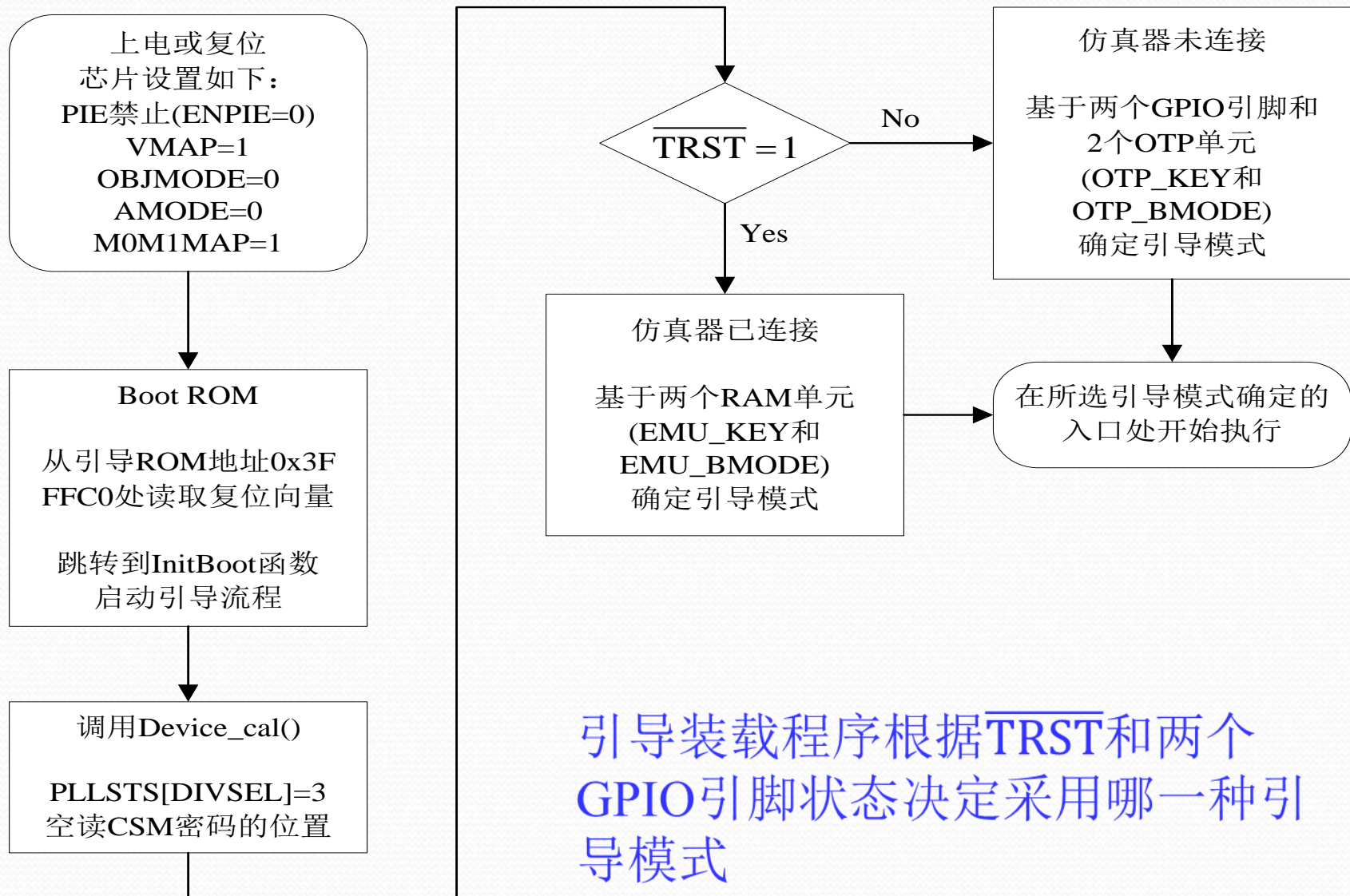


表3-10 引导模式选择

模式	GPIO37/TDO	GPIO34/COMP2OUT	$\overline{\text{TRST}}$	引导装载模式
3	1	1	0	模式获取
2	1	0	0	wait
1	0	1	0	SCI
0	0	0	0	并行I/O
EMU	x	x	1	仿真

1. 仿真引导

在这种情况下，仿真头已连接到器件（ $\overline{\text{TRST}}=1$ ）且引导ROM从PIE向量表的前两个单元得到引导模式。

2. 独立引导

在这种情况下，仿真头未连接到器件（ $\overline{\text{TRST}}=0$ ），则引导模式通过引导模式引脚的状态来确定。

WAIT

SCI

8位并行IO

GetMode

表3-14 独立引导模式

$\overline{\text{TRST}}$	GPIO37 TDO	GPIO3 4	OTP KEY 读0x3D 7BFE	OTP BMODE 读0x3D 7BFF	所选的引导模式
0	0	0	x	x	并行I/O
0	0	1	x	x	SCI
0	1	0	x	x	Wait
0	1	1	!= 0x55AA	x	GetMode: Flash
			0x55AA	0x0001	GetMode: SCI
				0x0003	GetMode: Flash
				0x0004	GetMode: SPI
				0x0005	GetMode:I2C
				0x0006	GetMode: OTP
				Other	GetMode: Flash

总结使用要点：

- 1, 如何配置各个存储器空间？有待后面进一步讲解
- 2, 如何进行Flash设置？
- 3, 如何进行代码保护？ 不同的芯片不同的做法
- 4, BOOT