MG0017

从AT32F415移植到AT32F421

前言

本应用笔记旨在帮助您分析从现有的AT32F415器件移植到AT32F421器件所需的步骤。本文档收集了最重要的信息，并列出了需要注意的重要事项。

要将应用程序从AT32F415系列移植到AT32F421系列，用户需要分析硬件移植、外设移植和固件移植。

支持型号列表：

支持型号	AT32F421xx

目录

表目录

1 AT32F421 与 AT32F415 异同

AT32F421系列微控制器基本兼容AT32F415系列，同时也优化了许多功能关系，有些许地方与AT32F415不同，详述于本文档。

1.1 相同点概述

- 管脚定义：相同封装管脚定义相同。为扩增的外设作管脚复用定义延伸
- 函数库文件：函数库相同。部分头文件依照强化功能优化
- 编译工具：完全相同，例如Keil, IAR

1.2 差异点概述

表 1. AT32F421 与 AT32F415 差异概述

	AT32F421	AT32F415
系统		
系统时钟	主频 120 MHz, APB1 120 MHz, APB2 120 MHz	主频 150 MHz, APB1 75 MHz, APB2 75 MHz
启动时间	4.5 ms	600 µs
停机模式唤醒时间 (调压器处于低功耗模式)	450 µs	360 µs
待机模式唤醒时间	1250 µs	600 µs
SRAM 容量	分型号 8/16 KB	固定 32 KB
外设		
通用定时器	5 组，新增 TMR15~17 具互补输出定时器	8 组
基本定时器	TMR6	-
备份寄存器	5 组 32 位备份寄存器	20 个 32 位备份寄存器
CAN 接口	N/A	1 组
USB	N/A	1 组 USB2.0 OTG，支持 FS/LS 主机及 FS 设备模式
比较器	1 组，4 阶速度/功耗选择，消隐输出功能	2 组，2 阶速度/功耗选择
USART	TX/RX SWAP 功能	-
红外发射器	1 组	-
电气		
停机功耗	210 uA (调压器处于低功耗模式)	680 uA (调压器处于低功耗模式)

2 硬件移植

除了与 HSE 复用之 GPIO 所在的端口不同外，AT32F421 与 AT32F415 系列的各引脚兼容，所有外设共用这两个产品系列的相同引脚，唯一不同点是由于 AT32F421 与 AT32F415 在外设有所区别，比如 AT32F415 有两组 COMP，AT32F421 仅有一组，所以引脚复用功能也有所区别。具体引脚复用功能的区别请查看数据手册描述。

表 2. 硬件引脚兼容性

AT32F421	AT32F415
PF0	PD0
PF1	PD1

3 启动模式兼容性

AT32F415 与 AT32F421 系列在选择启动模式时都遵循如下表所示的对应关系

表 3. 启动模式

模式选择		启动模式	别名使用
BOOT1	BOOT0		
X	0	主 Flash	选择主 Flash 作为启动空间
0	1	系统存储器	选择系统存储器作为启动空间
1	1	嵌入式 SRAM	选择嵌入式 SRAM 作为启动空间

- AT32F415 系列 BOOT0 对应芯片 BOOT0 脚位，BOOT1 对应 PB2 脚位，启动模式就由对应脚位的外围电路电平所确定。
- AT32F421 系列 BOOT0 对应芯片 BOOT0 脚位，BOOT1 对应用户选择字节的 nBOOT1 位(nBOOT1 位默认值 1 对应 BOOT1 状态值 0)，其启动模式就由 BOOT0 脚位的外围电路电平和用户选择字节的 nBOOT1 位数值进行选择。AT32F421 用户选择字节详情请参考《RM_AT32F421_V1.xx》4.3.4 章节，可使用雅特力官方 ICP 工具来对启动模式选择中的 BOOT1 进行修改。

4 外设移植

4.1 存储器映射

以下详细的列出 AT32F415 与 AT32F421 地址映射区别和总线所属关系

表 4. 存储器映射关系差异

外设	AT32F415		AT32F421	
	总线	基址	总线	基址
USBOTG	AHB	0x50000000	N/A	N/A
CRC		0x40023000	AHB	0x40023000
EFC		0x40022000		0x40022000
RCC		0x40021000		0x40021000
DMA2		0x40020400	N/A	N/A
DMA		0x40020000	AHB	0x40020000
GPIOF		0x4001C000		0x48001400
GPIOD		0x40014000	N/A	N/A
GPIOC		0x40011000	AHB	0x48000800
GPIOB		0x40010C00		0x48000400
GPIOA		0x40010800		0x48000000
SDIO		0x40018000	N/A	N/A
ACC	APB2	0x40015800	N/A	N/A
TMR11		0x40015400	N/A	N/A
TMR10		0x40015000	N/A	N/A
TMR9		0x40014C00	N/A	N/A
TMR17		0x40014800	APB2	0x40014800
TMR16		0x40014400		0x40014400
TMR15		0x40014000		0x40014000
USART1		0x40013800		0x40013800
SPI1		0x40013000		0x40013000
TMR1		0x40012C00		0x40012C00
ADC		0x40012400		0x40012400
EXTI		0x40010400		0x40010400
SYSCFG	N/A	N/A		0x40010000
AFIO	APB2	0x40010000	N/A	N/A
PWR	APB1	0x40007000	APB1	0x40007000
CAN		0x40006400	N/A	N/A
I²C2		0x40005800	APB1	0x40005800
I²C1		0x40005400		0x40005400
UART5		0x40005000	N/A	N/A
UART4		0x40004C00	N/A	N/A
USART3		0x40004800	N/A	N/A
USART2		0x40004400	APB1	0x40004400
SPI2		0x40003800		0x40003800
IWDG		0x40003000		0x40003000

外设	AT32F415		AT32F421	
	总线	基址	总线	基址
WWDG		0x40002C00		0x40002C00
RTC		0x40002800		0x40002800
COMP		0x40002400		SYSCFG+0x1C
TMR14		0x40002000		0x40002000
TMR5		0x40000C00	N/A	N/A
TMR4		0x40000800	N/A	N/A
TMR3		0x40000400	APB1	0x40000400
TMR2		0x40000000	N/A	N/A

4.2 Flash 接口

系统存储区和用户选择字节区的基地址及大小有所区别，具体见下表

表 5. Flash 存储区地址差异

位置	AT32F415	AT32F421
系统存储区	0x1FFFAC00-0x1FFFF3FF	0x1FFFE400-0x1FFFF3FF
用户选择字节	0x1FFFF800-0x1FFFFBFF	0x1FFFF800-0x1FFFF9FF

寄存器 FLASH_ACR 中控制位功能有所不同，用户一般不需要手动更改，只需要按照 BSP 库函数操作即可。

4.3 中断向量

AT32F415与AT32F421对比在中断号及中断向量部分有以下区别

表 6. 中断向量差异

位置	AT32F415	AT32F421
0	WWDG	WWDG
1	PVD	PVD
2	TAMPER	ERTC
3	ERTC	EFLASH
4	EFLASH	RCC
5	RCC	EXTI0_1
6	EXTI0	EXTI2_3
7	EXTI1	EXTI4_15
8	EXTI2	Reserved
9	EXTI3	DMA_CH1
10	EXTI4	DMA_CH2_CH3
11	DMA_CH1	DMA_CH4_CH5
12	DMA_CH2	ADC_COMP
13	DMA_CH3	TMR1_BRK_UP_TRG_COM
14	DMA_CH4	TMR1_CC
15	DMA_CH5	Reserved
16	DMA_CH6	TMR3
17	DMA_CH7	TMR6

位置	AT32F415	AT32F421
18	ADC1	Reserved
19	CAN1_TX	TMR14
20	CAN1_RXS0	TMR15
21	CAN1_RXS1	TMR16
22	CAN_SCE	TMR17
23	EXTI5_9	I2C1_EV
24	TMR1_BRK_TMR9	I2C2_EV
25	TMR1_OV_TMR10	SPI1
26	TMR1_TRG_COM_TMR11	SPI2
27	TMR1_CC	USART1
28	TMR2	USART2
29	TMR3	Reserved
30	TMR4	Reserved
31	I2C1_EV	Reserved
32	I2C1_ER	I2C1_ER
33	I2C2_EV	Reserved
34	I2C2_ER	I2C2_ER
35	SPI1	Reserved
36	SPI2	Reserved
37	USART1	Reserved
38	USART2	Reserved
39	USART3	Reserved
40	EXTI10_15	Reserved
41	ERTCAlarm	Reserved
42	Reserved	Reserved
43	Reserved	Reserved
44	Reserved	Reserved
45	Reserved	Reserved
46	Reserved	Reserved
47	Reserved	Reserved
48	Reserved	Reserved
49	SDIO	Reserved
50	TMR5	Reserved
51	Reserved	Reserved
52	UART4	Reserved
53	UART5	Reserved
54	Reserved	Reserved
55	Reserved	Reserved
56	DMA2_CH1	Reserved
57	DMA2_CH2	Reserved
58	DMA2_CH3	Reserved
59	DMA2_CH4_5	Reserved
60	Reserved	Reserved

位置	AT32F415	AT32F421
61	Reserved	Reserved
62	Reserved	Reserved
63	Reserved	Reserved
64	Reserved	Reserved
65	Reserved	Reserved
66	Reserved	Reserved
67	USBOTG	Reserved
68	Reserved	Reserved
69	Reserved	Reserved
70	COMP1	Reserved
71	COMP2	Reserved
72	ACC	Reserved

4.4 DMA 接口

AT32F415与AT32F421对比在DMA部分有以下区别

表 7. DMA 接口差异

外设	DMA 请求	AT32F415	AT32F421
TMR17	TMR17_UP TMR17_CH1	N/A	DMA_Channel1/DMA_Channel2 DMA_Channel1/DMA_Channel2
TMR16	TMR16_UP TMR16_CH1	N/A	DMA_Channel3/DMA_Channel4 DMA_Channel3/DMA_Channel4
TMR15	TMR15_UP TMR15_CH1 TMR15_TRIG TMR15_COM	N/A	DMA_Channel5 DMA_Channel5 DMA_Channel5 DMA_Channel5
USART1	USART1_Rx USART1_Tx	DMA1_Channel5 DMA1_Channel4	DMA_Channel3/DMA_Channel5 DMA_Channel2/DMA_Channel4
SPI1/I²S1	SPI1/I2S1_Rx SPI1/I2S1_Tx	DMA1_Channel2 DMA1_Channel3	DMA_Channel2 DMA_Channel3
TMR1	TMR1_UP TMR1_CH1 TMR1_CH2 TMR1_CH3 TMR1_CH4 TMR1_TRIG TMR1_COM	DMA1_Channel5 DMA1_Channel2 DMA1_Channel3 DMA1_Channel6 DMA1_Channel4 DMA1_Channel4 DMA1_Channel4	DMA_Channel5 DMA_Channel2 DMA_Channel3 DMA_Channel5 DMA_Channel4 DMA_Channel4 DMA_Channel4
ADC	ADC	DMA1_Channel1	DMA_Channel1 DMA_Channel2
I²C2	I2C2_Rx I2C2_Tx	DMA1_Channel5 DMA1_Channel4	DMA_Channel5 DMA_Channel4
I²C1	I2C1_Rx I2C1_Tx	DMA1_Channel7 DMA1_Channel6	DMA_Channel3 DMA_Channel2

外设	DMA 请求	AT32F415	AT32F421
SDIO	SDIO	DMA2_Channel4	N/A
USART2	USART2_Rx	DMA1_Channel6	DMA_Channel5
	USART2_Tx	DMA1_Channel7	DMA_Channel4
SPI2/I²S2	SPI2/I2S2_Rx	DMA1_Channel4	DMA_Channel4
	SPI2/I2S2_Tx	DMA1_Channel5	DMA_Channel5
TMR6	TIM6_UP	N/A	DMA_Channel3
TMR3	TMR3_UP	DMA1_Channel3	DMA_Channel3
	TMR3_CH1	DMA1_Channel6	DMA_Channel4
	TMR3_TRIG	DMA1_Channel6	DMA_Channel4
	TMR3_CH3	DMA1_Channel2	DMA_Channel2
	TMR3_CH4	DMA1_Channel3	DMA_Channel3
TMR2	TMR2_UP	DMA1_Channel2	N/A
	TMR2_CH1	DMA1_Channel5	
	TMR2_CH2	DMA1_Channel7	
	TMR2_CH3	DMA1_Channel1	
	TMR2_CH4	DMA1_Channel7	
TMR4	TMR4_UP	DMA1_Channel7	N/A
	TMR4_CH1	DMA1_Channel1	
	TMR4_CH2	DMA1_Channel4	
	TMR4_CH3	DMA1_Channel5	
UART4	UART4_Rx	DMA2_Channel3	N/A
	UART4_Tx	DMA2_Channel5	
USART3	USART3_Rx	DMA1_Channel3	N/A
	USART3_Tx	DMA1_Channel2	
TMR5	TMR5_UP	DMA2_Channel2	N/A
	TMR5_CH1	DMA2_Channel5	
	TMR5_CH2	DMA2_Channel4	
	TMR5_CH3	DMA2_Channel2	
	TMR5_CH4	DMA2_Channel1	
	TMR5_TRIG	DMA2_Channel1	

■ DMA弹性映射模式

AT32F415具备DMA弹性映射模式，使用此功能可将DMA请求重映射到DMA1与DMA2的14个通道中的任意一个通道。而AT32F421，不具备DMA弹性映射模式。

4.5 PWR 接口

表 8. PWR 接口差异

PWR 项目	AT32F415	AT32F421
工作电压	2.6~3.6V	2.4~3.6V
停机功耗	可设置停机模式下内部电压调压器处于低功耗模式来降低功耗	停机模式下内部电压调压器处于低功耗模式时还可使能额外低功耗模式来进一步降低功耗
待机唤醒引脚	1 个 WKUP Pin	4 个 WKUP Pin

- 描述：

  AT32F421与AT32F415器件的PWR接口差异如上表所示。AT32F421主要在功耗部分做了一些优化，其可适应更宽范围的电源供电，并通过新增Bit位来进一步降低停机模式下的功耗。同时AT32F421在AT32F415基础上还增加3个用于待机唤醒的WKUP Pin（WKUP2-PC13、WKUP6-PB5、WKUP7-PB15），以满足更多的应用场景。

- 例程参考

  PWR范例地址：

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\PWR\STOP

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\PWR\STANDBY_WKUPx

4.6 ADC 接口

AT32F415与AT32F421在ADC上对比有如下区别

表 9. ADC 接口差异

ADC	AT32F415		AT32F421	
通道数	16 通道+2 内部通道		15 通道+3 内部通道	
转换模式	单一/连续/间断/扫描		单一/连续/间断/扫描	
分辨率	12 位		12 位	
外部触发	规则组 TMR1 CC1 TMR1 CC2 TMR1 CC3 TMR2 CC2 TMR3 TRGO TMR4 CC4 EXTI line11 SWSTR TMR1_TRGO	注入组 TMR1 CC1 TMR1 CC2 TMR1 CC3 TMR3 TRGO TMR15 CC EXTI line11 SWSTR	规则组 TMR1 CC1 TMR1 CC2 TMR1 CC3 TMR3 TRGO TMR15 CC1 EXTI line11 SWSTR	注入组 TMR1 TRGO TMR1 CC4 TMR3 CC4 TMR15 TRGO EXTI line15 JSWSTR
电源要求	2.6V 到 3.6V		2.4V 到 3.6V	

4.7 EXTI 中断源选择

在外部中断配置方式上，AT32F415和AT32F421存在一定的差异。AT32F415使用AFIO_EXTICRx寄存器进行外部中断的配置，AT32F421通过使用SYSCFG_EXTICRx寄存器进行配置。此处只是EXTICRx寄存器的映射地址发生了改变，EXTIx配置的意义一样。

4.8 GPIO 接口

AT32F421与AT32F415的GPIO功能复用区别描述如下：

- AT32F415

  I/O用作复用功能的配置取决于所使用的外设模式。例如，USART Tx引脚应配置为复用功能推挽，而USART Rx引脚应配置为输入悬空或输入上拉。

  为在不用封装上优化外设I/O功能数量，可将某些复用功能重新映射到其他引脚上。采用AFIO_MAPx寄存器进行各外设引脚的复用配置。

- AT32F421

  任何外设再使用到功能复用时，都必须将I/O配置为复用功能，之后才能正确使用I/O功能。

  引脚复用及映射采用GPIOx_AFRL和GPIOx_AFRH这一组寄存器进行配置。

4.9 比较器 COMP 接口

- 描述：

  COMP控制寄存器AT32F421与AT32F415不兼容。AT32F421支持消隐输出功能。

- 例程参考

  比较器COMP范例地址

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F415\Examples\COMP

4.10 ERTC 接口

AT32F415 与 AT32F421 的 ERTC 差异如下：

表 10. ERTC 接口差异

ERTC	AT32F415	AT32F421
闹钟 B	有	无
唤醒定时器	有	无
粗略数字校准	有	无
时间戳/入侵事件 EXTI 线	EXTI 21	EXTI 19
闹钟中断通道	ERTC_Alarm IRQ	ERTC_IRQ
时间戳/入侵事件中断通道	TAMP_STAMP IRQ	

- 描述：

  增强型实时时钟(ERTC)是一个独立的BCD定时器/计数器。它支持下列功能

  - 日历具有秒、分、小时(12或24小时格式)、星期几、日、月、年，格式为BCD(二进码十进数)
  - 提供二进制格式的亚秒值
  - 自动调整每月的天数为28、29(闰年)、30、还是31天
  - 为补偿天然石英的偏差，可通过512 Hz的外部输出对ERTC进行校准

- 例程参考

  增强型ERTC范例地址

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\ERTC

4.11 SPI 接口

无改动

4.12 I²C 接口

无改动

4.13 USART 接口

- 描述：

  AT32F421器件在保留AT32F415的USART所有功能提前下，还新增TX/RX SWAP功能，通过寄存器控制位SWAP来开启（详情请参考16.6.6章节）。SWAP功能可实现USART的TX与RX管脚的交换，该功能适用于USART的包括异步、同步、单线半双工、智能卡、IrDA等任意模式。

- 例程参考

  SWAP功能范例地址

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\USART\Swap

4.14 安全库区保护接口

- 描述

  AT32F421安全库区的设计与AT32F415相比有所优化，因此设定也有所区别

  AT32F415：分为sLib-Code和sLib-Data区，Flash前4KB不能配置sLib

  AT32F421：分为sLib-Code/Data和sLib-Code区，无地址的限制

- 使用范例

  程序范例请参考： AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Utilities\AT32F421_SLIB_Demo

5 外设增强

5.1 AT32F421 新增 WKUP 引脚

- 描述：

  AT32F421器件在保留AT32F415原有的WKUP引脚（WKUP1-PA0）基础上，还增加3个用于待机唤醒的WKUP引脚

  - WKUP引脚1——PA0
  - WKUP引脚2——PC13
  - WKUP引脚6——PB5
  - WKUP引脚7——PB15

  该4个WKUP Pin有各自独立的使能位（详情请参考2.4.2章节）。其使能后，对应引脚上的唤醒事件可实现待机唤醒。应用可根据实际需求，使能其中任意一个或多个来唤醒待机模式。

- 例程参考

  WKUP Pin唤醒待机模式范例地址

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\PWR\STANDBY_WKUP

5.2 AT32F421 新增停机低功耗

- 描述：

  AT32F421器件在保留AT32F415原有内部电压调压器开关的基础上，增设额外低功耗模式的使能。该额外低功耗模式通过在停机模式下，内部电压调压器处于低功耗模式时，降低调压器输出电压来实现停机功耗的进一步降低。

  额外低功耗模式的开关通过新增控制寄存器位LPDS1来控制（详情请参考2.4.3章节）。雅特力提供的BSP已对其进行了封装，使用时只需在进入停机模式的函数（PWR_EnterSTOPMode）中调用对应的参数即可。

  另外进入停机模式时，需配合将RCC_AHBEN[4] (FLASHEN)设置为1，才能获得最小停机模式功耗。

  需要注意：

  1） 该额外低功耗模式仅在芯片进入停机模式，且LPDS = 1（即内部电压调压器处于低功耗模式）时才有效；

  2） 若应用未使用雅特力提供的BSP，而通过直接操作寄存器方式来开启额外低功耗模式时，需在配置LPDS和PDDS之前进行LPDS1的配置。

- 例程参考

  额外低功耗模式范例地址

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\PWR\STOP

5.3 AT32F421 新增 TMR15、TMR16、TMR17 定时器

- 描述：

  新增TMR15、TMR16、TMR17定时器。TMR15拥有两路捕获比较通道，并且通道1带有互补输出（刹车、死区）；TMR16、TMR17拥有一路捕获比较通道，并且带有互补输出（刹车、死区）。

- 例程参考

  TMR16 PWM输出例程

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\TMR\TMR16_PWMOutput

5.4 AT32F421 新增红外发射器

- 描述：

  基于TMR16、USART1、或USART2与TMR17间的内部连接。TMR17用于提供载波频率，TMR16、USART1、或USART2提供要发送的主信号。红外输出信号在PB9或PA13上可用。

- 例程参考

  红外定时器输出

  AT32F4xx_StdPeriph_Lib_V1.x.x\Project\AT_START_F421\Examples\IRTMR\IRTMR_Output

6 版本历史

表 11. 文档版本历史

日期	版本	变更
2020.07.30	1.0.0	最初版本
2020.10.10	1.0.1	修正4.6章节AT32F421 ADC通道数描述，修改了2章节的内容描述

重要通知 - 请仔细阅读

买方自行负责对本文所述雅特力产品和服务的选择和使用，雅特力概不承担与选择或使用本文所述雅特力产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本文档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本文档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为雅特力授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在雅特力的销售条款中另有说明，否则，雅特力对雅特力产品的使用和/或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途(及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况)，或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

雅特力产品并非设计或专门用于下列用途的产品：(A) 对安全性有特别要求的应用，如：生命支持、主动植入设备或对产品功能安全有要求的系统；(B) 航空应用；(C) 汽车应用或汽车环境；(D) 航天应用或航天环境，且/或(E) 武器。因雅特力产品不是为前述应用设计的，而采购商擅自将其用于前述应用，即使采购商向雅特力发出了书面通知，风险由购买者单独承担，并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

经销的雅特力产品如有不同于本文档中提出的声明和/或技术特点的规定，将立即导致雅特力针对本文所述雅特力产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大雅特力的任何责任。