

Migrating from AT32F415 to AT32F421

前言

这篇迁移指南旨在帮助您分析从现有的AT32F415器件迁移到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系列迁移到AT32F421系列，用户需要分析硬件迁移、软件迁移。

支持型号列表：

支持型号	AT32F421xx
------	------------

目录

1	AT32F421 与 AT32F415 异同	4
1.1	相同点概述	4
1.2	差异点概述	4
2	硬件迁移	5
3	启动模式兼容性	6
4	软件迁移	7
4.1	外设对比.....	7
4.2	功能区别.....	8
4.2.1	FLASH 接口.....	8
4.2.2	中断向量	8
4.2.3	DMA 接口	10
4.2.4	PWC 接口	11
4.2.5	ADC 接口.....	12
4.2.6	EXINT 中断源选择.....	12
4.2.7	GPIO 接口	12
4.2.8	比较器 CMP 接口.....	13
4.2.9	ERTC 接口.....	13
4.2.10	USART 接口	13
4.2.11	安全库区保护接口.....	13
4.2.12	新增 WKUP 引脚	13
4.2.13	新增深度睡眠低功耗.....	13
4.2.14	新增 TMR15、TMR16、TMR17 定时器.....	13
4.2.15	新增红外发射器	13
5	版本历史	14

表目录

表 1. 差异点概述.....	4
表 2. 硬件引脚兼容性	5
表 3. 启动模式	6
表 4. 外设兼容性.....	7
表 5. Flash 存储区地址差异	8
表 6. 中断向量差异	8
表 7. DMA 接口差异	10
表 8. PWC 接口差异.....	11
表 9. ADC 接口差异.....	12
表 10. ERTC 接口差异	13
表 11. 文档版本历史	14

1 AT32F421 与 AT32F415 异同

AT32F421系列微控制器基本兼容AT32F415系列，同时强化许多功能的关系，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
- 编译工具：完全相同，例如Keil、IAR

1.2 差异点概述

表 1. 差异点概述

	AT32F421	AT32F415
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 μ s
低功耗模式唤醒时间 (调节器处于低功耗模式)	450 μ s	360 μ s
待机模式唤醒时间	1250 μ s	600 μ s
SRAM 容量	分型号 8/16 KB	固定 32 KB
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	-
待机功耗	210 μ A (调节器处于低功耗模式)	680 μ A (调节器处于低功耗模式)

2 硬件迁移

除了与HEXT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CMP，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	启动程序代码区	选择启动程序代码区作为启动空间
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对应用户系统数据区的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系统数据区的nBOOT1位数值进行选择。

4 软件迁移

4.1 外设对比

AT32F421和AT32F415地址映射区别和总线所属关系如下

表 4. 外设相容性

外设	AT32F415		AT32F421		
	总线	基址	总线	基址	
USBOTG	AHB	0x50000000	N/A	N/A	
CRC		0x40023000	AHB	0x40023000	
FLASH		0x40022000		0x40022000	
CRM		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	
EXINT	0x40010400			0x40010400	
SCFG	N/A			N/A	0x40010000
IOMUX	APB2			0x40010000	N/A
PWC	APB1	0x40007000	APB1	0x40007000	
CAN		0x40006400	N/A	N/A	
I ² C2		0x40005800	APB1	0x40005800	
I ² C1		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	
WDT		0x40003000		0x40003000	

外设	AT32F415		AT32F421	
	总线	基址	总线	基址
WWDT		0x40002C00		0x40002C00
RTC		0x40002800		0x40002800
CMP		0x40002400		SCFG+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 功能区别

本章节描述AT32F421系列与AT32F415系列在各外设功能上的差异，描述主要列举AT32F421系列的行为特征。

4.2.1 FLASH 接口

- 启动程序代码区和用户系统数据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
启动程序代码区	0x1FFFAC00-0x1FFFF3FF	0x1FFFE400-0x1FFFF3FF
用户系统数据区	0x1FFFF800-0x1FFFFBFF	0x1FFFF800-0x1FFFF9FF

因寄存器FLASH_PSR中控制位功能有所不同，用户在由AT32F415移到AT32F421时一般不需要手动更改，只需要按照BSP库函数操作即可。

4.2.2 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	WDT	WDT
1	PVM	PVM
2	TAMPER	ERTC
3	ERTC	FLASH
4	FLASH	CRM
5	CRM	EXINT0_1
6	EXINT0	EXINT2_3
7	EXINT1	EXINT4_15
8	EXINT2	Reserved
9	EXINT3	DMA_CH1
10	EXINT4	DMA_CH2_CH3
11	DMA_CH1	DMA_CH4_CH5
12	DMA_CH2	ADC_CMP
13	DMA_CH3	TMR1_BRK TMR1_UP

位置	AT32F415	AT32F421
		TMR1_TRG TMR1_COM
14	DMA_CH4	TMR1_CH
15	DMA_CH5	Reserved
16	DMA_CH6	TMR3
17	DMA_CH7	TMR6
18	ADC1	Reserved
19	CAN1_TX	TMR14
20	CAN1_R0	TMR15
21	CAN1_R1	TMR16
22	CAN_SE	TMR17
23	EXINT5_9	I2C1_EVT
24	TMR1_BRK_TMR9	I2C2_EVT
25	TMR1_OVF_TMR10	SPI1
26	TMR1_TRG_HALL_TMR11	SPI2
27	TMR1_CH	USART1
28	TMR2	USART2
29	TMR3	Reserved
30	TMR4	Reserved
31	I2C1_EVT	Reserved
32	I2C1_ERR	I2C1_ERR
33	I2C2_EVT	Reserved
34	I2C2_ERR	I2C2_ERR
35	SPI1	Reserved
36	SPI2	Reserved
37	USART1	Reserved
38	USART2	Reserved
39	USART3	Reserved
40	EXINT10_15	Reserved
41	ERTCAIarm	Reserved
42	OTGFS1	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

位置	AT32F415	AT32F421
56	DMA2_CH1	Reserved
57	DMA2_CH2	Reserved
58	DMA2_CH3	Reserved
59	DMA2_CH4_5	Reserved
60	Reserved	Reserved
61	Reserved	Reserved
62	Reserved	Reserved
63	Reserved	Reserved
64	Reserved	Reserved
65	Reserved	Reserved
66	Reserved	Reserved
67	OTGFS	Reserved
68	Reserved	Reserved
69	Reserved	Reserved
70	CMP1	Reserved
71	CMP2	Reserved
72	ACC	Reserved

4.2.3 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

外设	DMA 请求	AT32F415	AT32F421
I ² C2	I2C2_Rx I2C2_Tx	DMA1_Channel5 DMA1_Channel4	DMA_Channel5 DMA_Channel4
I ² C1	I2C1_Rx I2C1_Tx	DMA1_Channel7 DMA1_Channel6	DMA_Channel3 DMA_Channel2
SDIO	SDIO	DMA2_Channel4	N/A
USART2	USART2_Rx USART2_Tx	DMA1_Channel6 DMA1_Channel7	DMA_Channel5 DMA_Channel4
SPI2/I ² S2	SPI2/I2S2_Rx SPI2/I2S2_Tx	DMA1_Channel4 DMA1_Channel5	DMA_Channel4 DMA_Channel5
TMR6	TIM6_UP	N/A	DMA_Channel3
TMR3	TMR3_UP TMR3_CH1 TMR3_TRIG TMR3_CH3 TMR3_CH4	DMA1_Channel3 DMA1_Channel6 DMA1_Channel6 DMA1_Channel2 DMA1_Channel3	DMA_Channel3 DMA_Channel4 DMA_Channel4 DMA_Channel2 DMA_Channel3
TMR2	TMR2_UP TMR2_CH1 TMR2_CH2 TMR2_CH3 TMR2_CH4	DMA1_Channel2 DMA1_Channel5 DMA1_Channel7 DMA1_Channel1 DMA1_Channel7	N/A
TMR4	TMR4_UP TMR4_CH1 TMR4_CH2 TMR4_CH3	DMA1_Channel7 DMA1_Channel1 DMA1_Channel4 DMA1_Channel5	N/A
UART4	UART4_Rx UART4_Tx	DMA2_Channel3 DMA2_Channel5	N/A
USART3	USART3_Rx USART3_Tx	DMA1_Channel3 DMA1_Channel2	N/A
TMR5	TMR5_UP TMR5_CH1 TMR5_CH2 TMR5_CH3 TMR5_CH4 TMR5_TRIG	DMA2_Channel2 DMA2_Channel5 DMA2_Channel4 DMA2_Channel2 DMA2_Channel1 DMA2_Channel1	N/A

- 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。

4.2.4 PWC 接口

表 8. PWC 接口差异

PWC 项目	AT32F415	AT32F421
工作电压	2.6~3.6V	2.4~3.6V
深度睡眠功耗	可设置深度睡眠模式下内部电压调节器处于低功耗模式来降低功耗	深度睡眠模式下内部电压调节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

PWC 项目	AT32F415	AT32F421
		耗
待机唤醒引脚	1 个 WKUP Pin	4 个 WKUP Pin

- AT32F421与AT32F415器件的PWC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位来进一步降低深度睡眠模式下的功耗。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。

4.2.5 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	反复/分割/序列/抢占自动转换		反复/分割/序列/抢占自动转换	
分辨率	12 位		12 位	
外部触发	普通组 TMR1 CH1 TMR1 CH2 TMR1 CH3 TMR2 CH2 TMR3 TRGOUT TMR4 CH4 EXINT line11 OCSWTRG TMR1_TRGOUT	抢占组 TMR1 TRGOUT TMR1 CH1 TMR1 CH4 TMR2 CH1 TMR2 TRGOUT TMR3 CH4 TMR4 TRGOUT EXINT line15 PCSWTRG	普通组 TMR1 CH1 TMR1 CH2 TMR1 CH3 TMR3 TRGOUT TMR15 CH1 EXINT line11 OCSWTRG	抢占组 TMR1 TRGOUT TMR1 CH4 TMR3 CH4 TMR15 TRGOUT EXINT line15 PCSWTRG
电源要求	2.6V 到 3.6V		2.4V 到 3.6V	

4.2.6 EXINT 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 IOMUX_EXINTCx寄存器进行外部中断的配置，AT32F421通过使用SYSCFG_EXINTCx寄存器进行配置。此处只是EXINTCx寄存器的映射地址发生了改变，EXINTx配置的意义一样。

4.2.7 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。

为在不同封装上优化外设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 IOMUX_REMAPx寄存器进行各外设引脚的复用配置。

AT32F421:

任何外设在使用到功能复用时，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_MUXL和GPIOx_MUXH这一组寄存器进行配置。

4.2.8 比较器 CMP 接口

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

4.2.9 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 EXINT 线	EXINT 21	EXINT 19
闹钟中断通道	ERTC_Alarm IRQ	ERTC_IRQ
时间戳/入侵事件中断通道	TAMPER IRQ	

4.2.10 USART 接口

- AT32F421器件在保留AT32F415的USART所有功能前提下，还新增TX/RX SWAP功能，通过寄存器控制位SWAP来开启。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。

4.2.11 安全库区保护接口

- AT32F421安全库区的设计与AT32F415相比有所优化，分为唯读区和指令区，无地址的限制

4.2.12 新增 WKUP 引脚

- 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，该4个WKUP Pin有各自独立的使能位。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。

4.2.13 新增深度睡眠低功耗

- AT32F421器件在保留AT32F415原有内部电压调节器模式的基础上，增设额外低功耗模式的使能。该额外低功耗模式通过在深度睡眠模式下，内部电压调节器处于低功耗模式时，进一步降低调节器输出电压来实现深度睡眠功耗的进一步降低。

4.2.14 新增 TMR15、TMR16、TMR17 定时器

- 新增TMR15、TMR16、TMR17定时器。

4.2.15 新增红外发射器

- 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。

5 版本历史

表 11. 文档版本历史

日期	版本	变更
2022.02.28	2.0.0	最初版本
2022.05.30	2.0.1	文中的“电压调压器”修改为“电压调节器”，并移除第二章节处重复的启动模式相关内容

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。

© 2022 雅特力科技 (重庆) 有限公司 保留所有权利