

Migrating from AT32F415 to AT32F425

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AT32F425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AT32F425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	AT32F425xx
------	------------

目录

1	AT32F425 与 AT32F415 异同	5
1.1	相同点概述	5
1.2	差异点概述	5
2	硬件迁移	6
3	启动模式兼容性	7
4	软件迁移	8
4.1	外设对比.....	8
4.2	功能区别.....	8
4.2.1	存储器映射	8
4.2.2	Flash 接口.....	9
4.2.3	中断向量	9
4.2.4	DMA 接口	11
4.2.5	PWC 接口	11
4.2.6	ADC 接口	12
4.2.7	EXINT 中断源选择.....	12
4.2.8	GPIO.....	12
4.2.9	IOMUX.....	12
4.2.10	实时时钟 ERTC 接口	13
4.2.11	SPI 接口.....	13
4.2.12	I ² C 接口.....	13
4.2.13	USART 接口	13
4.2.14	安全库区保护接口.....	13
4.2.15	TMR 接口.....	13
4.2.16	WDT 接口	13
4.3	外设增强.....	14
4.3.1	AT32F425 新增 WKUP 引脚.....	14
4.3.2	AT32F425 新增红外发射器.....	14

4.3.3	AT32F425 新增 TMR 的 16 位 RPR 寄存器	14
4.3.4	AT32F425 新增 HICK 自动时钟校准模块	14
4.3.5	AT32F425 新增 OTGFS 设备端点号和主机通道	14
5	版本历史	15

表目录

表 1. 差异点概述.....	5
表 2. 硬件引脚相容性	6
表 3. AT32F415 启动模式.....	7
表 4. AT32F425 启动模式.....	7
表 5. 外设相容性.....	8
表 6. 存储器映射关系差异	9
表 7. Flash 存储区地址差异	9
表 8. 中断向量差异	9
表 9. PWC 接口差异.....	11
表 10. ADC 接口差异.....	12
表 11. 文档版本历史	15

1 AT32F425 与 AT32F415 异同

AT32F425系列微控制器基本上兼容AT32F415系列，因对部分外设进行了升级和扩展，故有些地方与AT32F415存在软件上的不兼容，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

	AT32F425	AT32F415
系统时钟	主频 96 MHz, APB1 96 MHz, APB2 96 MHz	主频 150 MHz, APB1 75 MHz, APB2 75 MHz
启动时间	3.5ms	0.6ms
深度睡眠模式唤醒时间 (调节器处于低功耗模式)	450us	360us
待机模式唤醒时间	800us	600us
Flash 容量	16/32/64 KB	64/128/256 KB
SRAM 容量	20 KB	32 KB
16 位定时器	7 组	6 组
32 位定时器	1 组	2 组
基本定时器	2 组	-
ACC	支持	-
CMP	-	2 组
SDIO	-	1 组
USART	USART4 (支持同步通讯)	UART4 (不支持同步通讯)
内部温度传感器	-	支持
比较器	-	2 组
OTG 设备端点号	8 个 IN, 8 个 OUT (包含端点 0)	4 个 IN, 4 个 OUT (包含端点 0)
OTG 主机通道个数	16 个	8 个
工作电压	2.4V~3.6V	2.6V~3.6V
ESD	HBM: 6 KV, CDM: 2 KV	HBM: 5 KV, CDM: 1 KV
典型运行模式电流	13.5mA@72Mhz 外设全开	24.6mA@72Mhz 外设全开
典型睡眠模式电流	10.8mA@72Mhz 外设全开	19mA@72Mhz 外设全开
典型深睡眠模式(LDO 低功耗模式) 电流	123uA	680uA
典型待机模式电流	5.0uA	6.6uA

2 硬件迁移

AT32F425与AT32F415系列相同的封装下各引脚基本上兼容，因GPIO外设的不同，各引脚对应的外设功能需详细参考对应芯片的DataSheet。

表 2. 硬件引脚相容性

AT32F425					AT32F415				
LQFP64	LQFP4 8	QFN48	QFN32	引脚名	LQFP64	LQFP4 8	QFN48	QFN32	引脚名
1	1	1	1	Vdd	1	1	1	1	Vbat
5	5	5	2	PF0	5	5	5	2	PD0
6	6	6	3	PF1	6	6	6	3	PD1

3 启动模式兼容性

常规情况AT32F425与AT32F415都是在系统复位时加载启动模式。但当AT32F425加载为嵌入式SRAM启动模式后，BOOT状态会被锁定，此时系统复位无法加载新的启动模式，必须上电复位才能重新加载新的启动模式。

AT32F415在选择启动模式时遵循下表所示的对应关系，表格中BOOT0及BOOT1状态分别对应BOOT0和BOOT1引脚上的电平。

表 3. AT32F415 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

AT32F425在选择启动模式时遵循下表所示的对应关系，表格中BOOT0状态对应BOOT0引脚上的电平，nBOOT1对应用户系统数据区（USD）里边系统配置字节（SSB）的位nBOOT1的值。

表 4. AT32F425 启动模式

模式选择		启动模式	别名使用
nBOOT1	BOOT0		
X	0	主 Flash	选择主 Flash 作为启动空间
1	1	启动程序代码区	选择启动程序代码区作为启动空间
0	1	嵌入式 SRAM	选择嵌入式 SRAM 作为启动空间

4 软件迁移

4.1 外设对比

AT32F425在外设部分和AT32F415相对比大部分是兼容的，有少部分进行了功能的扩展或重新设计。故针对这些外设需在应用层级的程序开发中进行修改或参考新外设驱动进行全新开发。

表 5. 外设兼容性

外设	AT32F425	AT32F415	兼容性	
			引脚排列	固件驱动
PWC	Y	Y	NA	部分兼容
CRM	Y	Y	相同	部分兼容
CMP	NA	Y	NA	不兼容
FLASH	Y	Y	NA	部分兼容
GPIO	Y	Y	相同	不兼容
IOMUX	NA	Y	NA	不兼容
SCFG	Y	NA	NA	不兼容
EXINT	Y	Y	相同	部分兼容
DMA	Y	Y	NA	部分兼容
CRC	Y	Y	NA	完全兼容
I2C	Y	Y	相同	不兼容
USART	Y	Y	相同	部分兼容
SPI	Y	Y	相同	部分兼容
TMR	Y	Y	相同	部分兼容
WWDT	Y	Y	NA	完全兼容
WDT	Y	Y	NA	完全兼容
RTC	Y	Y	相同	部分兼容
ADC	Y	Y	相同	部分兼容
CAN	Y	Y	相同	完全兼容
OTGFS	Y	Y	相同	部分兼容
ACC	Y	NA	NA	不兼容
IRTMR	Y	NA	NA	不兼容
SDIO	NA	Y	NA	不兼容
DEBUG	Y	Y	NA	不兼容

4.2 功能区别

本章节描述AT32F425系列与AT32F415系列在各外设功能上的差异，描述主要列举AT32F425系列的行为特征。

4.2.1 存储器映射

- 以下详细的列出AT32F425与AT32F415地址映射区别和总线所属关系

表 6. 存储器映射关系差异

外设	AT32F425		AT32F415	
	总线	基址	总线	基址
GPIOF	AHB	0x48001400	AHB	0x40011C00
GPIOD		0x48000C00		0x40011400
GPIOC		0x48000800		0x40011000
GPIOB		0x48000400		0x40010C00
GPIOA		0x48000000		0x40010800
DMA2		N/A		N/A
SDIO1	N/A	N/A	0x40018000	
TMR11	N/A	N/A	APB2	0x40015400
TMR10				0x40015000
TMR9				0x40014C00
TMR17	APB2	0x40014800	N/A	N/A
TMR16		0x40014400		
TMR15		0x40014000		
SCFG		0x40010000		
IOMUX	N/A	N/A	APB2	0x40010000
ACC	APB1	0x40006C00	N/A	N/A
UART5	N/A	N/A	APB1	0x40005000
SPI3	APB1	0x40003C00	N/A	N/A
CMP	N/A	N/A	APB1	0x40002400
TMR14	APB1	0x40002000	N/A	N/A
TMR13		0x40001C00		
TMR7		0x40001400		
TMR6		0x40001000		
TMR5	N/A	N/A	APB1	0x40000C00
TMR4				0x40000800

4.2.2 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 7. Flash 存储区地址差异

位置	AT32F425	AT32F415
启动程序代码区	0x1FFFE400-0x1FFFF3FF	0x1FFFAC00-0x1FFFF3FF
用户系统数据区	0x1FFFF800-0x1FFFF9FF	0x1FFFF800-0x1FFFFBFF

4.2.3 中断向量

- AT32F425与AT32F415对比在中断号及中断向量部分有以下区别

表 8. 中断向量差异

位置	AT32F425	AT32F415
0	WWDT	WWDT
1	PVM	PVM

位置	AT32F425	AT32F415
2	ERTC	TAMPER
3	FLASH	ERTC
4	CRM	FLASH
5	EXINT1_0	CRM
6	EXINT3_2	EXINT0
7	EXINT15_4	EXINT1
8	ACC	EXINT2
9	DMA1_CH1	EXINT3
10	DMA1_CH3_2	EXINT4
11	DMA1_CH7_4	DMA1_CH1
12	ADC1	DMA1_CH2
13	TMR1_BRK_OVF_TRG_HALL	DMA1_CH3
14	TMR1_CH	DMA1_CH4
15	TMR2	DMA1_CH5
16	TMR3	DMA1_CH6
17	TMR6	DMA1_CH7
18	TMR7	ADC1
19	TMR14	CAN1_TX
20	TMR15	CAN1_RX0
21	TMR16	CAN1_RX1
22	TMR17	CAN1_SE
23	I2C1_EVT	EXINT9_5
24	I2C2_EVT	TMR1_BRK_TMR9
25	SPI1	TMR1_OVF_TMR10
26	SPI2	TMR1_TRG_HALL_TMR11
27	USART1	TMR1_CH
28	USART2	TMR2
29	USART4_3	TMR3
30	CAN1	TMR4
31	OTGFS1	I2C1_EVT
32	I2C1_ERR	I2C1_ERR
33	SPI3	I2C2_EVT
34	I2C2_ERR	I2C2_ERR
35	TMR13	SPI1
36	Reserved	SPI2
37	Reserved	USART1
38	Reserved	USART2
39	Reserved	USART3
40	Reserved	EXINT15_10
41	Reserved	ERTCAlarm
42	Reserved	OTGFS1_WKUP
43	Reserved	Reserved
44	Reserved	Reserved
45	Reserved	Reserved

位置	AT32F425	AT32F415
46	Reserved	Reserved
47	Reserved	Reserved
48	Reserved	Reserved
49	Reserved	SDIO1
50	Reserved	TMR5
51	Reserved	Reserved
52	Reserved	UART4
53	Reserved	UART5
54	Reserved	Reserved
55	Reserved	Reserved
56	Reserved	DMA2_CH1
57	Reserved	DMA2_CH2
58	Reserved	DMA2_CH3
59	Reserved	DMA2_CH5_4
60	Reserved	Reserved
61	Reserved	Reserved
62	Reserved	Reserved
63	Reserved	Reserved
64	Reserved	Reserved
65	Reserved	Reserved
66	Reserved	Reserved
67	Reserved	OTGFS1
68	Reserved	Reserved
69	Reserved	Reserved
70	Reserved	CMP1
71	Reserved	CMP2
72	Reserved	Reserved
73	Reserved	Reserved
74	Reserved	Reserved
75	Reserved	DMA2_CH7_6

4.2.4 DMA 接口

- AT32F425只有一个DMA控制器（DMA1），AT32F415有两个DMA控制器（DMA1和DMA2）。
- AT32F425的DMA只支持弹性映射，AT32F415的DMA支持固定映射和弹性映射。

4.2.5 PWC 接口

表 9. PWC 接口差异

PWR 项目	AT32F425	AT32F415
待机唤醒引脚	6 个 WKUP Pin	1 个 WKUP Pin
内部电压调节器	支持深度睡眠模式时开启内部电压调节器的额外低功耗功能。	不支持

- AT32F425与AT32F415器件的PWC接口差异如上表所示。AT32F425在AT32F415基础上增加用于待机唤醒的WKUP Pin，以满足更多的应用场景。AT32F425新增了进入深度睡眠模式时开启内部电压调节器的额外低功耗功能，开启此功能后可在深度睡眠模式实现更低的功耗标准，

4.2.6 ADC 接口

- AT32F425在AT32F415的ADC基础上进行了部分功能的扩展。硬件接口部分差异如下表。

表 10. ADC 接口差异

ADC	AT32F425		AT32F415	
通道	ADC_IN16 为 Vssa		ADC_IN16 为内部温度传感器	
过采样	支持 2 到 256 倍硬件过采样		不支持	
外部触发	普通通道	抢占通道	普通通道	抢占通道
	TMR1_TRGOUT	TMR1_CH2	TMR1_CH1	TMR1_TRGOUT
	TMR1_CH4	TMR1_CH3	TMR1_CH2	TMR1_CH4
	TMR2_TRGOUT	TMR2_CH4	TMR1_CH3	TMR2_TRGOUT
	TMR3_TRGOUT	TMR3_CH4	TMR2_CH2	TMR2_CH1
	TMR15_TRGOUT	TMR15_CH1	TMR3_TRGOUT	TMR3_CH4
	TMR1_CH1	TMR6_TRGOUT	TMR4_CH4	TMR4_TRGOUT
	EXINT_Line11	EXINT_Line15	EXINT_Line11	EXINT_Line15
	OCSWTRG	PCSWTRG	TMR1_TRGOUT	TMR1_CH4
			OCSWTRG	PCSWTRG
			TMR1_TRGOUT	TRM1_CH1

4.2.7 EXINT 中断源选择

- 在外部中断配置方式上，AT32F425和AT32F415存在一定的差异。AT32F415使用 IOMUX_EXINTCx寄存器进行外部中断的配置，AT32F425通过使用SCFG_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。

4.2.8 GPIO

- AT32F425和AT32F415的GPIO功能区别描述如下：

AT32F425:

GPIO配置通过 GPIOx_CFGR、GPIOx_OMODE 和 GPIOx_PULL 这三个寄存器来进行，这三个寄存器分别用于配置IO工作模式、输出模式和IO上下拉。IO上下拉配置能够对于通用输入/输出工作模式和复用功能工作模式生效。

AT32F415:

GPIO配置通过 GPIOx_CFGLR 和 GPIOx_CFGHR 两个寄存器来进行，这两个寄存器能够实现IO工作模式、输出模式和IO上下拉的配置。IO上下拉配置仅对输入工作模式时生效。

4.2.9 IOMUX

- AT32F425和AT32F415的IOMUX复用功能区别描述如下：

AT32F425:

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。

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IOMUX_REMAPx寄存器进行各外设引脚的复用配置。

4.2.10 实时时钟 ERTC 接口

- AT32F425与AT32F415在实时时钟部分主要功能无差异，只有细微的功能变化（AT32F415有闹钟B功能）。

4.2.11 SPI 接口

- AT32F425器件在保留AT32F415的SPI所有功能的前提下，新增了如下功能
 1. TI模式
通过SPI_CTRL2寄存器的TIEN控制位来开启；
 2. I2S全双工
通过SCFG_CFG2寄存器的I2S_FD控制位来进行配置使用。

4.2.12 I²C 接口

- AT32F425与AT32F415在I2C上有较大区别，两者软件上不兼容。

4.2.13 USART 接口

- AT32F425器件在保留AT32F415的USART所有功能的基础上，扩展了部分新功能
 1. 新增TX/RX SWAP功能。
 2. 新增RS485通讯模式。
 3. 新增7 bit数据长度模式。

4.2.14 安全库区保护接口

- AT32F425安全库区的设计与AT32F415相比有所优化，存在细微差异。

4.2.15 TMR 接口

- AT32F425的TMR外设新增了高级定时器（TMR1）通道5的相关内容，涉及到TMRx_CM3和TMRx_C5DT两个寄存器以及通道中断、标志等相关寄存器位。
- AT32F425的TMR外设新增了高级定时器（TMR1）TRGOUT2输出功能，可以通过TMRx_CTRL2寄存器的TRGOUT2EN控制位进行开启。
- AT32F425的TMR外设扩展高级定时器（TMR1）的重复周期寄存器（TMRx_RPR）为16位寄存器。
- AT32F425的TMR外设新增了定时器（TMR1/15/16/17）刹车输入滤波功能，可以通过TMRx_BRK寄存器的BKF控制位进行刹车输入滤波配置。

4.2.16 WDT 接口

- AT32F425的WDT外设新增了窗口功能，新增在deepsleep、standby模式下停止计数功能，其余功能相同，软件兼容，AT32F425向下兼容AT32F415。

4.3 外设增强

4.3.1 AT32F425 新增 WKUP 引脚

- AT32F425器件在保留AT32F415原有的WKUP引脚（WKUP1-PA0）基础上，还增加5个用于待机唤醒的WKUP引脚。

WKUP引脚2——PC13

WKUP引脚4——PA2

WKUP引脚5——PC5

WKUP引脚6——PB5

WKUP引脚7——PB15

该5个WKUP Pin有各自独立的使能位（此部分差异的详细细节请参考对应的芯片技术手册及数据手册）。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。

4.3.2 AT32F425 新增红外发射器

- 基于TMR16、USART1、或USART4与TMR17间的内部连接。TMR17用于提供载波频率，TMR16、USART1、或USART4提供要发送的主信号。红外输出信号在PB9或PA13上可用。

4.3.3 AT32F425 新增 TMR 的 16 位 RPR 寄存器

- TMR的RPR(重复周期)寄存器由原来的8位增加到16位，以支持在单脉冲模式下配置RPR实现多脉冲的功能，最多可一次发送65536个脉冲。

4.3.4 AT32F425 新增 HICK 自动时钟校准模块

- HICK 自动时钟校准模块（ACC）利用USB 模块产生的SOF 信号（周期为1 毫秒）作为参考信号，实现对HICK 时钟的采样和校准。主要功能就是实现对USB设备提供48MHz±0.25%精度的时钟。

4.3.5 AT32F425 新增 OTGFS 设备端点号和主机通道

- OTGFS在设备模式下，支持1个双向控制端点，7个IN端点和7个OUT端点。
- OTGFS在主机模式下，支持16个主机通道。

5 版本历史

表 11. 文档版本历史

日期	版本	变更
2021.12.6	2.0.0	最初版本
2022.1.11	2.0.1	调整优化格式，新增加OTGFS差异
2022.10.19	2.0.2	1. 文中的“电压调压器”修改为“电压调节器” 2. 增加功能区别章节“TMR接口”和“WDT接口”

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