

应用笔记

Application Note

文档编号: **AN1123**

APM32F402 迁移指南

版本: **V1.0**

1. 引言

对于嵌入式系统设计人员而言，能够在不同系列的微控制器之间轻松迁移应用程序是至关重要的。随着产品需求的不断提高，存储器大小、I/O 数量等资源的需求也相应增加，设计人员经常需要将应用程序移植到具有更高性能或更多资源的微控制器上。

本移植手册旨在帮助用户分析从现有的 APM32E103xx 器件迁移到 APM32F402xx 器件所需的步骤。本文档收集了最重要的信息，并列出了在迁移过程中需要注意的关键事项。迁移过程中涉及的主要方面包括硬件移植、外设移植、固件移植以及工具链的移植。

为了充分利用本手册中的信息，用户应熟悉 APM32F402xx 系列微控制器的特性和开发环境。可以参考以下相关的技术文档：

- APM32F402xx 系列用户手册和数据手册
- APM32F402xx 系列内核相关文档

本文将系统地介绍从 APM32E103xx 到 APM32F402xx 的迁移步骤，并提供实用的示例和代码，以帮助设计人员顺利完成应用程序的迁移工作，提升系统的整体性能和可靠性。本应用笔记适用的微控制器为 APM32F402。

通过本移植手册，设计人员可以更好地理解和应对在迁移过程中遇到的各种挑战，确保在新的微控制器平台上实现应用程序的最佳性能。

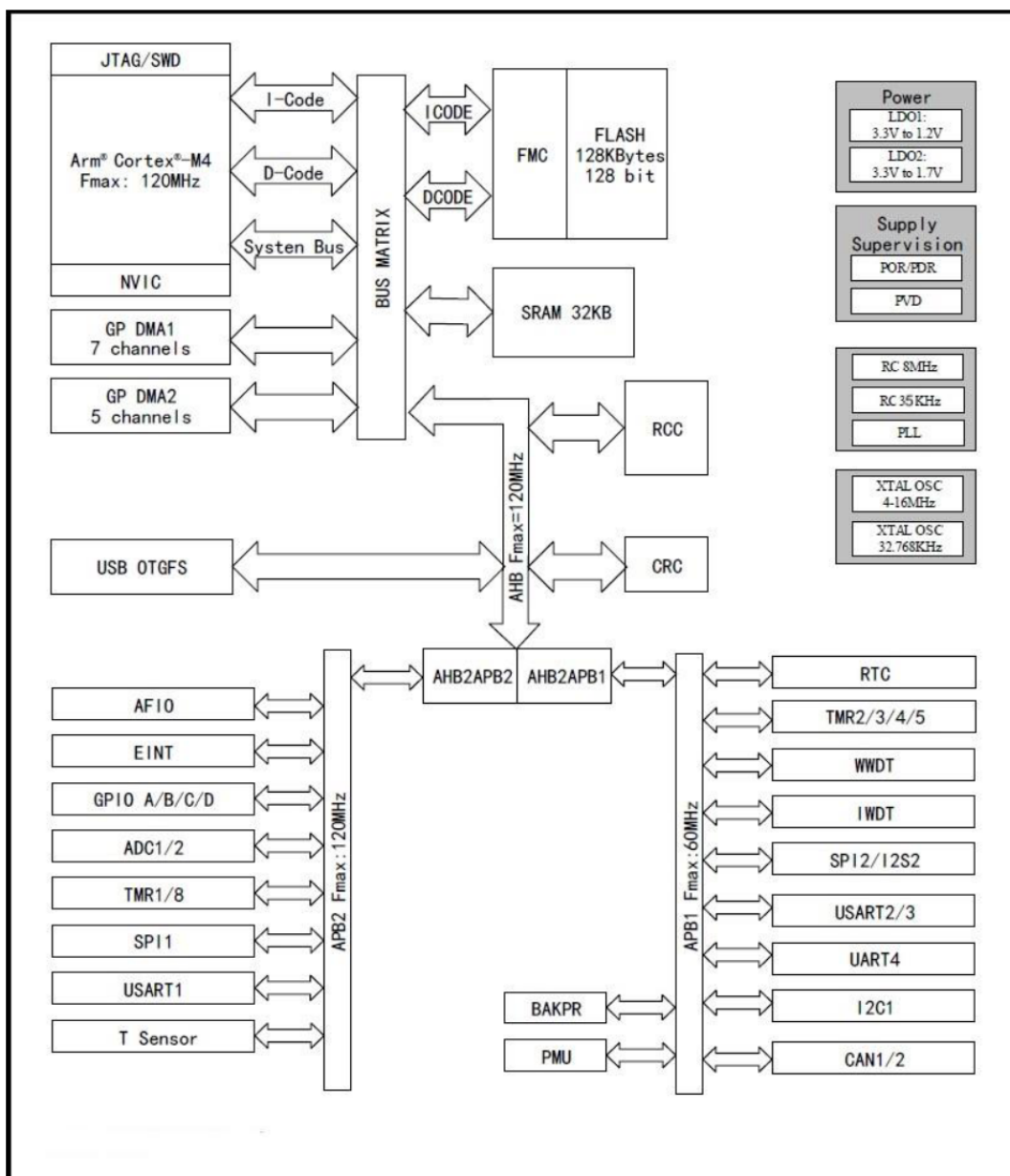
1.1. APM32F402xx 简介

产品中的 Arm® Cortex®-M4F 内核是带有 FPU 的，系统主要由四个驱动单元和三个被动单元构成。

四个驱动单元分别是连接 Arm® Cortex®-M4F 内核的 DCode 总线(D-bus)、系统总线(S-bus)、通用 DMA1 和 DMA2。三个被动单元分别是内部 SRAM、内部闪存存储器和 AHB 到 APB 的桥(AHB/APBx)，其中，AHB/APBx 连接所有的 APB 设备。这些都是通过一个多级的 AHB 总线构架相互连接的。

APM32F402xx 的架构如图 1 所示。

图 1 APM32F402xx 系统架构



目录

1.	引言	1
1.1.	APM32F402xx 简介	1
2.	启动模式	4
2.1.	启动配置	4
2.2.	内嵌 Bootloader	4
3.	外设	5
3.1.	资源比较一览表	5
3.2.	CPU 内核	6
3.3.	中断向量表差异	6
3.4.	存储器映射	8
3.5.	时钟树差异	9
4.	标准外设库	11
5.	工具链支持	15
5.1.	IDE 支持	15
5.2.	仿真器支持	15
6.	版本历史	16

2. 启动模式

2.1. 启动配置

APM32F402 启动模式进入方式和 APM32E103 保持一致，通过配置 BOOT[1:0]引脚参数，可以切换三种不同的启动模式。

2.2. 内嵌 Bootloader

APM32F402 共内嵌两套 Bootloader，共支持 USART, I2C, SPI, CAN, OTG FS 五种通讯协议，可通过选项字节 NROMSEL 切换。APM32E103 内嵌一套 Bootloader，仅支持 USART，具体差异见表 1。

表 1 Bootloader 对比表

APM32F402		APM32E103
NROMSEL = 1	NROMSEL = 0	
USART1(PA9\PA10) USART2(PA2\PA3)	I2C1(PB6\PB7) SPI1(PA2\PA3\PA4\PA5) CAN2(PB5\PB6) OTG_FS(PA11\PA12)	USART1(PA9\PA10)

注意：使用 OTG_FS 功能时，需将 PA9 连接外部 VBUS 引脚或者 5V 电源引脚。

3. 外设

在进行从 APM32E103 到 APM32F402 的迁移过程中，了解两种微控制器在外设资源方面的差异至关重要。外设资源的选择和配置不仅直接影响系统的性能和功能，还关系到应用程序的实现和优化。本章将详细比较两种微控制器的外设资源。

3.1. 资源比较一览表

为了清晰展示 APM32E103 和 APM32F402 在外设资源上的差异，表 2 以 APM32F402 最大封装作为基准，对比这两款微控制器的主要外设资源。

表 2 APM32F402 与 APM32E103 外设资源对比表

产品		APM32F402RB	APM32E103RC
封装		LQFP64	LQFP64
内核及最大工作频率		Arm® 32-bit Cortex®-M4F@120MHz	Arm® 32-bit Cortex®-M3@120MHz
Flash(KB)		128	512
SRAM(KB)		32	128
GPIOs		51	51
通信接口	USART/UART	3/1	3/2
	SPI/I2S	2/1	3/2
	I2C	1	2
	I2C3	0	1
	USB D	0	1
	USB OTG FS	1	0
	CAN	2	2
	SDIO	0	1
定时器	16 位高级	2	2
	32 位通用	1	0
	16 位通用	3	4
	16 位基本	0	2
	系统滴答定时器	1	1
	看门狗	2	2
实时时钟		1	1
12 位 ADC	单元	2	3
	通道	16	16
12 位 DAC	单元	0	2
	通道	0	2

3.2. CPU 内核

与 APM32E103 微控制器相比，APM32F402 基于的 ARM Cortex-M4F 内核额外支持 FPU，使其能够高效地执行浮点运算。

3.2.1. 浮点运算单元（FPU）

APM32F402 支持 FPU，这使得其在需要高精度计算的应用中具有显著优势。浮点运算单元（FPU）能够显著提高浮点运算的速度和精度，与没有 FPU 的内核相比，执行浮点运算的性能提升显著。

3.3. 中断向量表差异

APM32F402 使用的中断序号最大可支持中断线为 66，所有中断都是经过嵌套向量中断控制器（NVIC）给到 CPU。外部中断控制器（EINT）提供外部中断（GPIO）。

表 3 中断及异常功能对比

功能	APM32F402	APM32E103
中断数	66	65
中断优先级（位）	4	4

中断向量表上，APM32F402 与 APM32E103 并不相同，两者之间的差异可参考表 4。

表 4 中断向量对比表

Vector ID	APM32F402	APM32E103
0	WWDT	WWDT
1	PVD	PVD
2	TAMPER	TAMPER
3	RTC	RTC
4	FLASH	FLASH
5	RCM	RCM
6	EINT0	EINT0
7	EINT1	EINT1
8	EINT2	EINT2
9	EINT3	EINT3
10	EINT4	EINT4
11	DMA1 Channel 1	DMA1 Channel 1

Vector ID	APM32F402	APM32E103
12	DMA1 Channel 2	DMA1 Channel 2
13	DMA1 Channel 3	DMA1 Channel 3
14	DMA1 Channel 4	DMA1 Channel 4
15	DMA1 Channel 5	DMA1 Channel 5
16	DMA1 Channel 6	DMA1 Channel 6
17	DMA1 Channel 7	DMA1 Channel 7
18	ADC1_2	ADC1_2
19	CAN1 TX	USBD1 HP / CAN1 TX
20	CAN1 RX0	USBD1 LP / CAN1 RX0
21	CAN1 RX1	CAN1 RX1
22	CAN1 SCE	CAN1 SCE
23	EINT9_5	EINT9_5
24	TMR1 BRK	TMR1 BRK
25	TMR1 UP	TMR1 UP
26	TMR1 TRG	TMR1 TRG
27	TMR1 CC	TMR1 CC
28	TMR2	TMR2
29	TMR3	TMR3
30	TMR4	TMR4
31	I2C1 EV	I2C1 EV
32	I2C1 ER	I2C1 ER
33	Reserved	I2C2 EV
34	Reserved	I2C2 ER
35	SPI1	SPI1
36	SPI2	SPI2
37	USART1	USART1
38	USART2	USART2
39	USART3	USART3
40	EINT15_10	EINT15_10
41	RTC Alarm	RTC Alarm
42	OTG FS WKUP	USBD WakeUp
43	TMR8 BRK	TMR8 BRK

Vector ID	APM32F402	APM32E103
44	TMR8 UP	TMR8 UP
45	TMR8 TRG COM	TMR8 TRG COM
46	TMR8 CC	TMR8 CC
47	Reserved	ADC3
48	Reserved	EMMC
49	Reserved	SDIO
50	TMR5	TMR5
51	Reserved	SPI3
52	UART4	UART4
53	Reserved	UART5
54	Reserved	TMR6
55	Reserved	TMR7
56	DMA2 Channel 1	DMA2 Channel 1
57	DMA2 Channel 2	DMA2 Channel 2
58	DMA2 Channel 3	DMA2 Channel 3
59	DMA2 Channel 4_5	DMA2 Channel 4_5
60	FPU	Reserved
61	CAN2 TX	USB2 HP / CAN2 TX
62	CAN2 RX0	USB2 LP / CAN2 RX0
63	CAN2 RX1	CAN2 RX1
64	CAN2 SCE	CAN2 SCE
65	OTG FS	Reserved

3.4. 存储器映射

APM32F402 的 Flash 较 APM32E103 增加了自适应实时存储器加速器, 能够提高 Flash 的执行速度。等待周期的可配置范围也更大。表 5 是 APM32F402 与 APM32E103 的 Flash 功能对比表。

表 5 APM32F402 与 APM32E103 Flash 功能对比表

功能	APM32F402	APM32E103
容量	最大 128KB	最大 512KB
Flash 等待周期	0 (0 < SYSCLK ≤ 30) 1 (30 < SYSCLK ≤ 60)	0 (0 < SYSCLK ≤ 24) 1 (24 < SYSCLK ≤ 48)

	2 (60 < SYSCLK ≤ 90) 3 (90 < SYSCLK ≤ 120)	2 (48 < SYSCLK ≤ 72) 3 (72 < SYSCLK ≤ 96) 4 (96 < SYSCLK ≤ 120)
Sleep 模式	支持	支持
Standby 模式	支持	支持
Stop 模式	支持	支持
FACC 加速	支持	不支持

APM32F402 的存储器映射如表 6 所示。

表 6 APM32F402 的存储器映射

块	名称	地址范围	大小 (字节)
主存储块	页 0	0x0800 0000 – 0x0800 03FF	1K
主存储块	页 1	0x0800 0400 – 0x0800 07FF	1K
主存储块	页 2	0x0800 08400 – 0x0800 0BFF	1K
主存储块
主存储块	页 127	0x0801 FC00 – 0x0801 FFFF	1K
信息块	系统存储区	0x1FFF E400 – 0x1FFF F7FF	5K
信息块	选项字节	0x1FFF F800 – 0x1FFF F80F	16

3.5. 时钟树差异

APM32F402 时钟使用与 APM32E103 类似，支持 AHB、APB1、APB2 等，但也存在部分时钟的区别，差异如表 7 所示。

表 7 时钟结构对比表

时钟	APM32F402	APM32E103
LSICLK	支持	支持
LSECLK	支持	支持
HSICLK	支持	支持
HSECLK	支持	支持
FMCLK	支持	支持
SYSCLK	支持	支持
HCLK	支持	支持
PCLK1	支持	支持

PCLK2	支持	支持
OTG FS CLK	支持	不支持
USBD CLK	不支持	支持
FPUCLK	不支持	支持
SMCCLK	不支持	支持
SDRAMCLK	不支持	支持
SDIOCLK	不支持	支持
TMRxCLK	支持	支持
ADCCLK	支持	支持
I2SxCLK	支持	支持

4. 标准外设库

APM32F402 的标准固件库和 APM32E103 基本保持一致，但由于部分 IP 的差异，也在命名和实现方式上存在显著差异，因此在迁移过程中，需要对现有固件库进行详细分析和适配。

本章节将介绍如何从 APM32E103 系列的固件库迁移到 APM32F402 系列，重点描述驱动库有差异的部分。

4.1.1. CAN 模块

APM32F402 的 CAN 模块在 FCTRL 寄存器中新增了对 CAN2 起始存储区地址的配置位域，差异 API 如下。

表 8 CAN API 差异

APM32F402	APM32E103
CAN_ConfigFilter(CAN_FilterConfig_T* filterConfig)	CAN_ConfigFilter(CAN_T * can, CAN_FilterConfig_T* filterConfig)
CAN_SlaveStartBank(uint8_t bankNum)	/

4.1.2. FMC 模块

APM32F402 的 FMC 模块与 APM32E103 的 FMC 模块基本兼容，但也新增了一系列功能，如 APM32F402 等待周期设置扩展为 32 个，差异 API 如下。

表 9 FMC API 差异

APM32F402	APM32E103
FMC_EnableInstructionCache	/
FMC_DisableInstructionCache	/
FMC_EnableDataCache	/
FMC_DisableDataCache	/
FMC_ResetInstructionCache	/
FMC_ResetDataCache	/
FMC_EnablePrefetch	/
FMC_DisablePrefetch	/

4.1.3. PMU 模块

APM32F402 的 PMU 模块与 APM32E103 的 PMU 模块基本兼容，但也新增了一系列 API，差异 API 如下。

表 10 PMU API 差异

APM32F402	APM32E103
PMU_EnterSleepMode	/

4.1.4. RCM 模块

APM32F402 的 RCM 模块与 APM32E103 的 RCM 模块基本兼容，主要差异来自于 IP 差异，差异 API 如下。

表 11 RCM API 差异

APM32F402	APM32E103
/	RCM_ConfigFPUCLK
RCM_EnableAHBPeriphReset	/
RCM_DisableAHBPeriphReset	/

4.1.5. TMR 模块

APM32F402 的 TMR 驱动库兼容 APM32E103 的 TMR 驱动库。但部分 API 的传参个数和返回值有所差异。

- 驱动库 API 命名差异
 - 无差异
- 驱动库 API 差异
 - 数量差异请参考表 12
 - 传参类型请参考表 13
 - 传参个数无差异
- 驱动库宏定义命名差异
 - 无差异
- 驱动库枚举体差异

- 差异请参考表 14

表 12 TMR 模块驱动库 API 数量差异表

APM32F402	APM32E103
TMR_ConfigRemap	/
TMR_ReadRemap	/

表 13 TMR 模块驱动库 API 传参类型差异差异表

APM32F402	APM32E103
TMR_ConfigCounter(TMR_T* tmr, uint32_t counter)	TMR_ConfigCounter(TMR_T* tmr, uint16_t counter)
TMR_ConfigAutoreload(TMR_T* tmr, uint32_t autoReload)	TMR_ConfigAutoreload(TMR_T* tmr, uint16_t autoReload)
TMR_ConfigCompare1(TMR_T* tmr, uint32_t compare1)	TMR_ConfigCompare1(TMR_T* tmr, uint16_t compare1)
TMR_ConfigCompare2(TMR_T* tmr, uint32_t compare2)	TMR_ConfigCompare2(TMR_T* tmr, uint16_t compare2)
TMR_ConfigCompare3(TMR_T* tmr, uint32_t compare3)	TMR_ConfigCompare3(TMR_T* tmr, uint16_t compare3)
TMR_ConfigCompare4(TMR_T* tmr, uint32_t compare4)	TMR_ConfigCompare4(TMR_T* tmr, uint16_t compare4)
uint32_t TMR_ReadCaputer1(TMR_T* tmr)	uint16_t TMR_ReadCaputer1(TMR_T* tmr)
uint32_t TMR_ReadCaputer2(TMR_T* tmr)	uint16_t TMR_ReadCaputer2(TMR_T* tmr)
uint32_t TMR_ReadCaputer3(TMR_T* tmr)	uint16_t TMR_ReadCaputer3(TMR_T* tmr)
uint32_t TMR_ReadCaputer4(TMR_T* tmr)	uint16_t TMR_ReadCaputer4(TMR_T* tmr)
uint32_t TMR_ReadCounter(TMR_T* tmr)	uint16_t TMR_ReadCounter(TMR_T* tmr)

表 14 TMR 模块驱动库 API 枚举体差异表

APM32F402	APM32E103
TMR_REMAP_T	/

4.1.6. USB OTG 模块

APM32F402 USB 模块与 APM32E103 USB 模块存在差异，可通过下文简要了解，具体使用可参考 APM32F402 SDK OTG 例程。

- IP 差异
 - APM32F402 的 USB 模块为 OTG_FS 模块，支持主机模式和设备模式。APM32E103 的 USB 模块为 USB_D 模块，仅支持设备模式。
- API 差异

- 具体 API 差异见驱动库
- 使用流程差异
 - APM32F402 多出了角色识别检测和 VBUS 检测的引脚使用。数据引脚相同。
 - APM32F402 和 APM32E103 的中断向量存在差异，具体见

表 15 USB 中断使用差异

APM32F402	APM32E103
OTG_FS_WKUP_IRQn (42)	USBD2_HP_CAN2_TX_IRQn (61)
OTG_FS_IRQn (65)	USBD2_LP_CAN2_RX0_IRQn (62)

- 配置流程差异
 - OTG FS 和 USB2 的数据缓冲区配置存在差异。
 - APM32F402 的 USB 和 CAN 不存在冲突情况，APM32E103 的 USB 和 CAN 存在冲突。

5. 工具链支持

在嵌入式开发中，IDE、仿真器等工具链的使用至关重要。以下是 APM32F402 支持的 IDE 和仿真器。

5.1. IDE 支持

APM32F402 IDE 支持情况：

- MDK-ARM
- IAR-EWARM V8.50.5.26295
- ECLIPSE-EMB

5.2. 仿真器支持

APM32F402 仿真器支持情况：

- Geehy-Link（WinUSB）、DAP Link（固件版本为 CMSIS-DAP V2 及以上）
- J-Link

6. 版本历史

表 16 文件版本历史

日期	版本	变更历史
2024.12	V1.0	新建

声明

本手册由珠海极海半导体有限公司（以下简称“极海”）制订并发布，所列内容均受商标、著作权、软件著作权相关法律法规保护，极海保留随时更正、修改本手册的权利。使用极海产品前请仔细阅读本手册，一旦使用产品则表明您（以下称“用户”）已知悉并接受本手册的所有内容。用户必须按照相关法律法规和本手册的要求使用极海产品。

1、权利所有

本手册仅应当被用于与极海所提供的对应型号的芯片产品、软件产品搭配使用，未经极海许可，任何单位或个人均不得以任何理由或方式对本手册的全部或部分内容进行复制、抄录、修改、编辑或传播。

本手册中所列带有“®”或“™”的“极海”或“Geehy”字样或图形均为极海的商标，其他在极海产品上显示的产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

2、无知识产权许可

极海拥有本手册所涉及的全部权利、所有权及知识产权。

极海不应因销售、分发极海产品及本手册而被视为将任何知识产权的许可或权利明示或默示地授予用户。

如果本手册中涉及任何第三方的产品、服务或知识产权，不应被视为极海授权用户使用前述第三方产品、服务或知识产权，也不应被视为极海对第三方产品、服务或知识产权提供任何形式的保证，包括但不限于任何第三方知识产权的非侵权保证，除非极海在销售订单或销售合同中另有约定。

3、版本更新

用户在下单购买极海产品时可获取相应产品的最新版的手册。

如果本手册中所述的内容与极海产品不一致的，应以极海销售订单或销售合同中的约定为准。

4、信息可靠性

本手册相关数据经极海实验室或合作的第三方测试机构批量测试获得，但本手册相关数据难免会出现校正笔误或因测试环境差异所导致的误差，因此用户应当理解，极海对本手册中可能出现的该等错误无需承担任何责任。本手册相关数据仅用于指导用户作为性能参数参照，不构成极海对任何产品性能方面的保证。

用户应根据自身需求选择合适的极海产品，并对极海产品的应用适用性进行有效验证和测试，以确认极海产品满足用户自身的需求、相应标准、安全或其它可靠性要求；若因用户未充分对极海产品进行有效验证和测试而致使用户损失的，极海不承担任何责任。

5、合规要求

用户在使用本手册及所搭配的极海产品时，应遵守当地所适用的所有法律法规。用户应了解产品可能受到产品供应商、极海、极海经销商及用户所在地等各国有关出口、再出口或其它法律的限制，用户（代表其本身、子公司及关联企业）应同意并保证遵守所有关于取得极海产品及/或技术与直接产品的出口和再出口适用法律与法规。

6、免责声明

本手册由极海“按原样”（as is）提供，在适用法律所允许的范围内，极海不提供任何形式的明示或暗示担保，包括但不限于对产品适销性和特定用途适用性的担保。

极海产品并非设计、授权或担保适合用于军事、生命保障系统、污染控制或有害物质管理系统中的关键部件，亦非设计、授权或担保适合用于在产品失效或故障时可导致人员受伤、死亡、财产或环境损害的应用。

如果产品未标明“汽车级”，则表示不适用于汽车应用。如果用户对产品的应用超出极海提供的规格、应用领域、规范，极海不承担任何责任。

用户应该确保对产品的应用符合相应标准以及功能安全、信息安全、环境标准等要求。用户对极海产品的选择和使用负全部的责任。对于用户后续在针对极海产品进行设计、使用的过程中所引起的任何纠纷，极海概不承担责任。

7、责任限制

在任何情况下，除非适用法律要求或书面同意，否则极海和/或以“按原样”形式提供本手册及产品的任何第三方均不承担损害赔偿责任，包括任何一般、特殊因使用或无法使用本手册及产品而产生的直接、间接或附带损害（包括但不限于数据丢失或数据不准确，或用户或第三方遭受的损失），这涵盖了可能导致的人身安全、财产或环境损害等情况，对于这些损害极海概不承担责任。

8、适用范围

本手册的信息用以取代本手册所有早期版本所提供的信息。

©2024-2025 珠海极海半导体有限公司 – 保留所有权利