

# H2821E用户指南 (小熊派修订版)

Version 1.0  
2025 年 5 月 6 日

## 目录

H2821E 用户指南 .....	1
目 录 .....	2
1 产品概述 .....	4
1.1 功能描述 .....	4
1.2 电气特性 .....	8
1.3 应用场景 .....	8
2 系统 .....	9
2.1 复位 .....	9
2.2 时钟 .....	10
2.3 功耗模式控制 .....	11
2.4 处理器子系统 .....	12
2.5 中断系统分配 .....	13
2.6 存储器空间映射 .....	14
2.7 RTC .....	17
2.8 Timer .....	18
2.9 WatchDog .....	18
3 电源管理 .....	19
3.1 电源拓扑 .....	19
3.2 内部常见电源参数 .....	19
3.3 极限工作电压和负载电流 .....	24
4 时钟 .....	25
4.1 32M XO 时钟 .....	25
4.2 32MHz 时钟输出 .....	26
4.3 27.12MHz RC 时钟 .....	28
4.4 32K 实时时钟 .....	28
5 BLE & SLE .....	31
5.1 BLE .....	31
5.2 SLE .....	34
5.3 WLAN 与 B/SLE 共存 .....	37
6 NFC .....	41
6.1 特性 .....	41
6.2 性能 .....	42
7 安全特性 .....	43
7.1 对称加密算法 .....	43
7.2 TRNG 真随机数模块 .....	43
8 外围设备 .....	44
8.1 GPIO .....	44
8.2 UART .....	44
8.3 I2S .....	44

8.4 I2C.....	45
8.5 SPI.....	46
8.6 QDEC.....	46
8.7 KEY_SCAN.....	46
8.8 PWM.....	47
8.9 PDM.....	47
8.10 USB.....	47
<b>9 AFE.....</b>	<b>48</b>
9.1 特性.....	48
9.2 GAFE.....	48
9.3 AAFE.....	49
9.4 比较器.....	51
<b>10功耗.....</b>	<b>53</b>
<b>A 缩略语.....</b>	<b>54</b>

# 1 产品概述

## 1.1 功能描述

H2821E 是一款高度集成 2.4GHz SoC BLE&SLE 芯片，集成 BLE5.4/SLE1.0 和 RF 电路，RF 包含功率放大器 PA、低噪声放大器、TX/RX Switch、集成电源管理等模块，支持 1M/2M/4M 3 种带宽，最大支持 12Mbit/s 速率。

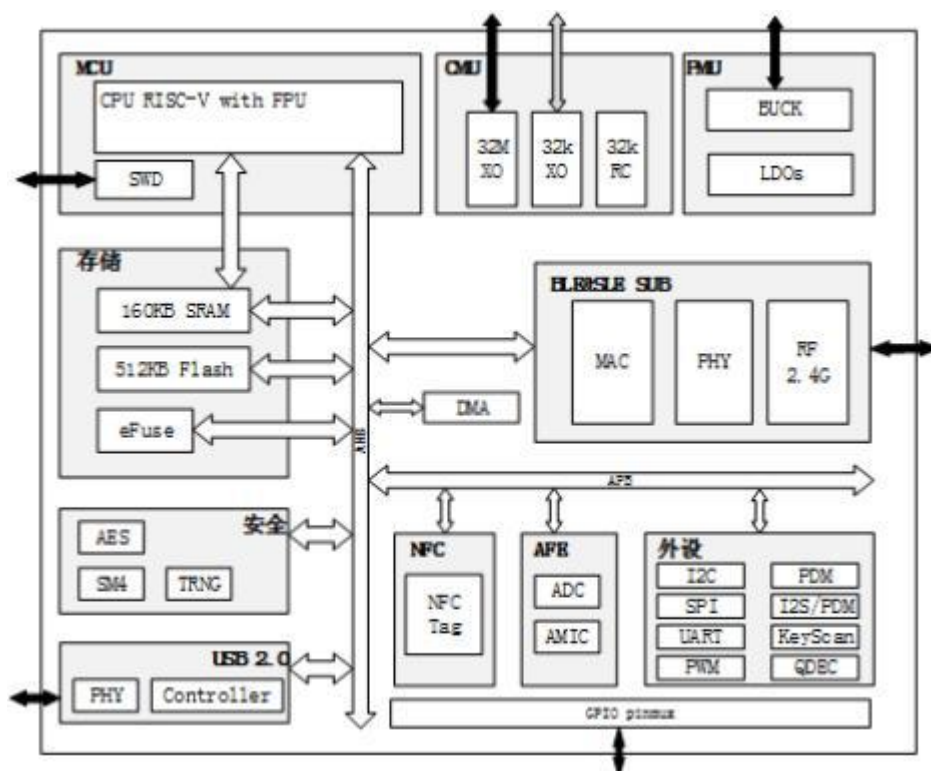
H2821E 集成高性能 32bit 微处理器 (MCU)，硬件安全引擎以及丰富的外设接口，外设接口包括 SPI、UART、I2C、PWM、GPIO、USB2.0、NFC Tag、PDM、

I2S/PCM、QDEC、KEYSCAN 键盘扫描电路，支持 8 路 13bit 分辨率 ADC、ADC 支持对接音频 AMIC，内置 SRAM 和合封 Flash，并支持在 Flash 上运行程序。

H2821E 支持 LiteOS，并配套提供开放、易用的开发和调试运行环境。

H2821E 适应于 PC 配件、IOT 等物联网智能终端领域。

图1-1 SLE01 框图



SLE01 集成了如下功能：

- BLE (Bluetooth Low Energy) (4.0/4.1/4.2/5.0/5.1/5.2/5.3/5.4) Baseband+RF。
- SLE (SparkLink Low Energy) (1.0) 。
- 支持内置 PA, 集成 TX/RX switch; 支持 TX 最大发送功率 8dBm。
  - BLE 灵敏度 (dBm)
    - LE1M: -97
    - LE2M: -94
    - LR125K: -103
  - SLE 灵敏度 (dBm)
    - 2MGFSK, rate1: -93
    - 2MQPSK, rate3/4: -95
    - 2M8PSK, rate3/4: -90
    - 4MGFSK, rate1: -90
    - 4MQPSK, rate3/4: -92
- 支持 BLE 和 SLE 双模共存。
- RISC-V 高性能 32bit CPU, 最大主频支持 64MHz, 支持浮点, 支持 SWD。
- 支持 SRAM 160KB。
- 内置 1MB Flash。
- 支持加密: AES (Advanced Encryption Standard)、SM4 和 TRNG (True Random Number Generator) 。
- 支持丰富的对外接口。
  - AFE (Analog Front-End)
    - 传感器通路 (General Analog Front-End): 支持 8 ch 13bit 1.6MSPS SARADC, 支持单端/差分/扫描模式, 支持过采样和 buf 功能。
    - 音频通路 (Audio Analog Front-End): 支持复用 13bit SARADC, 降采样到 16kSPS/8kSPS; 支持 40dB 倍放大。
  - 支持 2×I2C (The Inter-Integrated Circuit), 可配置为 Master 和 Slave。
  - 支持 1 路 2 通道 I2S (Integrated Interchip Sound) /PCM (Pulse Code Modulation) 。
  - 支持 2 通道 PDM (Pulse Density Modulation) 接口。
  - 支持 3×SPI (Serial Peripheral Interface), 支持 master 和 slave 模式可配。

- 支持 3×UART ( Universal Asynchronous Receiver-Transmitter ) , 最大速率 4Mbit/s, 其中 2 个 4 线 UART。
- 支持 2×PWM ( Pulse Width Modulation) 。
- 支持 USB2.0 ( Universal Serial Bus) , 支持 FS/HS mode, 最大支持 480Mbit/s。
- 支持 NFC Type2 Tag 功能, 支持 NFC 场唤醒功能。
- 支持 QDEC ( QuaDrature EnCoding ) 接口。
- 支持 KeyScan 功能。
- 支持 32 个 GPIO ( General-Purpose Input/Output) 。
- 支持电源电压直接输入 (1.8V ~ 3.6V) 。
- 支持 32kHz RC 振荡器。
- 支持 32MHz 晶振, 支持 32kHz 晶振。

### 1.1.1 BLE 主要特性

- 支持 BLE 5.4。
- 支持 LE1M、LE2M、Long Range。
- 支持内置 PA, 集成 TX/RX switch。 ●

灵敏度

- LE1M: -97dBm。
- LE2M: -94dBm。
- LR125K: -103dBm。
- 发射功率支持 8dBm。
- 支持最多连接 8 条链路, 8 条链路 BLE 和 SLE 共享。
- 支持 BLE 白名单、可解析。
- 支持 HID 人机接口设备。
- 支持 BLE 业务间隙扫频功能。
- 支持 BLEAFH 跳频。

### 1.1.2 SLE 主要特性

- 支持 SLE 1.0 协议。
- 支持无线帧类型 1 ( GFSK 帧) 和无线帧类型 2 (低时延帧) 。
- 支持 G 帧和 T 帧。
- 支持广播、发现和接入功能。

- 支持单播功能。
- 支持组播功能。
- 支持高精度测距

### 1.1.3 MCU 主要特性

SLE01 支持独立的 RISC-V。

- 支持最高主频 64MHz。
- 支持 D-Cache 4KB。
- 支持 I-Cache 8KB。
- 支持 I-TCM 80KB （包含与 EM 共享的 16KB）/D-TCM 64KB。
- 支持 PC/LR/SP 的 Trace。
- 支持浮点运算。
- 支持多种外设，如： SPI、I2C、PDM、PWM、UART、PCM、QDEC、KeyScan 等。
- 支持 USB2.0。
- 支持 NFC Tag。
- 支持加密： AES、SM4 和 TRNG。

### 1.1.4 Flash 主要特性

- 合封 Flash 大小 1MB。
- 支持 XIP 访问。
- 支持 CPU 访问。

### 1.1.5 AFE 主要特性

- 传感器通路 (General Analog Front-End)
  - 支持 8 通道单端/差分/扫描模式。
  - 支持过采样和 BUF 功能。
  - 支持最高 1.6Msps 13b SARADC
- 音频通路 (Audio Analog Front-End)
  - 支持 40dB 放大
  - 支持复用 13b SARADC，降采样到 16ksps/8ksps
- 比较器模块
  - 支持 4 通道差分或 8 通道单端模式

- 单端模式内置 6bit 参考电压选择
- 数字域内置可选的事件滤波器

### 1.1.6 共存主要特性

- 支持 B/SLE 和 WLAN , 3/4 线片外共存 (实时性高)。
- 支持 B/SLE 和 WLAN, 通过 UART 共存 (实时性低)。

## 1.2 电气特性

SLE01 芯片具有以下电气特性：

- 芯片支持电源电压范围： 1.8V ~ 3.6V。
- 芯片支持欠压保护和过压保护功能。
- 封装 QFN48, 尺寸为 6mm×6mm×0.85mm。
- 芯片环境温度： -40℃~+85℃。

## 1.3 应用场景

SLE01 芯片适用于以下场景：

- 鼠标、键盘。
- Tag、遥控器、牙刷等消费领域。
- IOT 设备。



## 2.1 复位

### 2.1.1 概述

复位模块根据输入控制信号产生各模块的复位信号，支持整个芯片全局复位和各个模块的单独复位。

复位信号异步生效， 同步撤离。

### 2.1.2 复位控制

复位控制的输入信号分为：

- 全局复位控制
- 单独模块复位控制

芯片可以使用的复位控制方式如表 2-1 所示。

表2-1 复位控制

复位方式	来源	复位时间	复位范围	复位后芯片模式
管脚复位	GPIO 管脚	1ms	全芯片	Work
Watch Dog 复位控制	Watch Dog 模块输出，软件可以屏蔽	-	CPU 对应子系统	Work
ULP Watch Dog 复位控制	ULP Watch Dog 模块输出，软件可以屏蔽	-	全芯片	Work
全局软复位控制	软件配置	-	全芯片	Work
子系统软复位控制	软件配置	-	各子系统	Work

模块软复位控制	CRG ( Clock and Reset Generator) 寄存器， 软件配置	软件控制	模块	保持
模块硬复位控制	芯片模块， 软件可以屏蔽	-	模块	保持

### 说明

管脚复位时，管脚拉低时间需大于 1ms。

## 2.1.3 复位信号

表 2-2 描述了复位信号的含义。

表2-2 复位信号/管脚

信号名称	含义	复位时间	I/O	说明
P0.21 pin	复位管脚， 低电平有效。	1ms	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>拉低此信号，芯片复位并下电， 10ms 后自动上电解复位。</li> <li>复位整个芯片包括测试和调试逻辑。</li> <li>该功能默认被屏蔽， 需要配置寄存器解除屏蔽。</li> <li>可以通过配置寄存器选择其他管脚作为复位管脚， 支持 P0.00 ~ P0.31。</li> </ul>

## 2.2 时钟

### 2.2.1 概述

时钟管理模块对芯片时钟输入、生成、控制进行统一的管理，其功能包括：

- 时钟输入的管理和控制。
- 时钟分频和控制。
- 各模块工作时钟的生成。

## 2.2.2 时钟分配

表2-3 正常工作时主要时钟分配

模块名称	时钟频率（单位：MHz）	模块名称	时钟频率（单位：MHz）
CPU	64	WDT（WatchDog）	0.032
CPU Bus	64	RTC（Real-Time Clock）	0.032
Timer	32	UART_H	64
GPIO	32	UART_L	32
Efuse	0.032	USB PHY	32
BT MAC	32	USB MAC	64
BT PHY	32	I2C	32
晶体	32	SPI	64
PMU OSC	0.032	I2S	8（晶体分频）
NFC	13.56	-	-

## 2.2.3 时钟控制

- 时钟分频和时钟源选择控制。
- 时钟门控管理。

## 2.3 功耗模式控制

### 2.3.1 概述

芯片的低功耗模式用于有效减少芯片的功耗，芯片提供多种低功耗的控制来动态降低芯片的功耗：

- 系统工作模式控制

除了 Work 模式之外，各种模式对功耗都有一定的减少作用，可以根据实际的功耗要求和功能要求选择不同的工作模式。

- 时钟门控和时钟频率调整

提供时钟关断功能，可以关闭没有必要的时钟，减少芯片的功耗。

系统工作的时钟频率可以进行调整，在满足功能的情况下可以调节时钟频率，动态降低芯片功耗。

- 模块级低功耗控制

提供模块级的低功耗控制，可以在某模块不工作的情况下，关断该模块或使模块处于低功耗状态，以减少芯片的功耗。

## 2.3.2 系统工作模式

系统工作模式分为以下三种模式：

- Work

正常工作状态，所有电源供电均打开，完成正常业务。

- Light Sleep

浅睡模式为可快速恢复业务收发的睡眠模式，关闭收发时钟以降低功耗。此时 CPU 配置为 WFI (Wait For Interrupt) 模式，等待中断唤醒后恢复收发，IO 保持供电 (VDDIO)，可通过外围设备 (GPIO、RTC、Timer、UART、SPI、USB、KEY\_SCAN、QDEC、NFC) 中断唤醒系统。

- Deep Sleep

深睡模式相比浅睡模式牺牲业务恢复的速度，关闭更多电源 (CLDO) 以进一步降低功耗。唤醒后，TCM 中数据依然保持，CPU 可以从睡眠前的 PC 处继续执行，部分 IO 保持供电 (VDDIO)，可通过外围设备 (部分 GPIO、RTC、NFC) 中断唤醒系统。

## 2.4 处理器子系统

系统提供一个自研处理器作为主控 CPU，完成各种系统任务和控制工作。

该芯片 CPU 具有以下功能特点：

- 处理器的工作频率最高可达 64MHz。
- 支持直接模式和向量模式的中断方式，支持 64 个非标准外部中断。
- 支持边沿和电平两种中断触发方式。
- 支持 PMP (Physical Memory Protection) 功能，遵循 RISC-V Privileged Architecture Specification v1.10 标准。
- 支持 SWD (Serial Wire Debug) 调试接口。

## 2.5 中断系统分配

支持电平中断触发方式。支持优先级可编程，优先级配置寄存器（共 3bit）可配置 8 级的优先级。

中断系统包括：

- CPU 的内部标准中断：中断编号 0 ~ 25。
- CPU 外部的非标准中断：所支持的非标准中断编号如表 2-4 所示。

表2-4 非标准中断编号列表

中断编号	中断描述	中断编号	中断描述
12	NMI 中断（WDT 中断）	58	-
26	-	59	SPI_MS0 中断。
27	-	60	SPI_MS0 中断。
28	GADC 采样完成中断	61	SPI_MS0 中断。
29	GADC 校准值超阈值告警中断	62	I2C0 中断。
30	HADC 采样完成中断	63	I2C1 中断。
31	HADC 校准值超阈值告警中断	64	BT_BB_BT_IRQ 中断。
32	CPU PC/LR 锁存完成中断	65	BT_BB_BLE_IRQ 中断。
33	ULP_GPIO 中断	66	-
34	GPIO0 中断	67	I2S 中断。
35	-	68	RF_REG & RF_PLL_REG 下电访问超时中断。
36	BT_TOOGLE 上升沿中断	69	NFC 中断。
37	BT_TOOGLE 下降沿中断	70	AFE_CMP_ALARM 中断。
38	KEY_SCAN 唤醒中断	71	PWM0 中断。
39	UART_L0 中断	72	PWM1 中断。

40	CLDO/SYSLDO 调压请求完成中断	73	OSC_EN_WKUP 中断。
41	UART_H0 中断	74	OSC_EN_SLEEP 中断。
42	UART_L1 中断	75	M_TTCAN_INT0 中断。
43	SFC 中断	76	M_TTCAN_INT1 中断。
44	PDM 中断	77	BUCK/MICLDO 调压请求完成中断。
45	-	78	PMU_CMU_ERR 中断。
46	KEY_SCAN 中断	79	ULP 中断。
47	MCU 唤醒中断	80	-
48	MCU 睡眠中断	81	-
49	M_RTC_0 中断	82	-
50	M_RTC_1 中断	83	PULSE_CAPTURE 中断。
51	M_RTC_2 中断	84	-
52	M_RTC_3 中断	85	clk_32k_det_done_sts 中断。
53	M_TIMER0 中断	86	ULP_WKUP 中断。
54	M_TIMER1 中断	87	TSensor 中断。
55	M_TIMER2 中断	88	QDEC 中断。
56	M_TIMER3 中断	89	USB 中断。
57	M_SDMA 中断	-	-

## 2.6 存储器空间映射

### 2.6.1 概述

CPU 共有 4 组 ITCM\_MEM\_BANK、2 组 DTCM\_MEM\_BANK，其中 4 组可灵活复用。

这些 MEM 主要提供 3 个功能：

1. CPU TCM: ITCM\_MEM\_BANK\_0~3、 DTCM\_MEM\_BANK\_0~1 可以分配给 CPU 作为 TCM 使用。
2. BT EM ( Extended MEM) : ITCM\_MEM\_BANK\_2~3 可以独立分配给 BT MAC 作为 EM 使用。
3. 数据采集: ITCM\_MEM\_BANK\_1、 DTCM\_MEM\_BANK\_1 可以独立分配给数据采集模块使用。

表2-5 SHARE\_RAM 介绍

MEM 分组	大小	说明
ITCM_MEM_BANK_0	32KB	CPU TCM
ITCM_MEM_BANK_1	32KB	CPU TCM/数据采集
ITCM_MEM_BANK_2	16KB	CPU TCM/BT EM
ITCM_MEM_BANK_3	16KB	CPU TCM/BT EM
DTCM_MEM_BANK_0	32KB	CPU TCM
DTCM_MEM_BANK_1	32KB	CPU TCM/数据采集

## 2.6.2 配置寄存器

每一组 TCM\_MEM\_BANK, 都有一组独立寄存器负责控制它的复用关系

注意: BASE\_ADDRESS=0x5200\_0000

表2-6 SHARE\_MEM 配置寄存器

OFF SET	REG NAME	WIDTH	ATTRIBUTE	DEFAULT	DESCRIPTION
0xF90	TCM_SHARE	16	RW	0x3030	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [15:14]: reserved。</li> <li>• [13]: ITCM_MEM_BANK_3 时钟门控。 1'b1: 打开时钟; 1'b0: 关闭时钟。</li> </ul>

OFF SET	REG NAME	WIDTH	ATTRIBUTE	DEFAULT	DESCRIPTION
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• [12]: ITCM_MEM_BANK_2 时钟门控。 1'b1: 打开时钟; 1'b0: 关闭时钟。</li> <li>• [11:10] : reserved</li> <li>• [9:8]: ITCM_MEM_BANK_2~3 复用选择。 2'b00: ITCM_MEM_BANK_2~3 由 CPU 使用; 2'b01: ITCM_MEM_BANK_3 由 BT_EM 使用; 2'b11: ITCM_MEM_BANK_2~3 由 BT_EM 使用。</li> <li>• [7:6] : reserved。</li> <li>• [5]: DTCM_MEM_BANK_1 时钟门控。 1'b1: 打开时钟; 1'b0: 关闭时钟。</li> <li>• [4]: ITCM_MEM_BANK_1 时钟门控。 1'b1: 打开时钟; 1'b0: 关闭时钟。</li> <li>• [3:1] : reserved。</li> <li>• [0]: ITCM_MEM_BANK_1 和</li> </ul>



OFF SET	REG NAME	WIDTH	ATTRIBUTE	DEFAULT	DESCRIPTION
					DTCM_MEM_BANK_1 复用选择。  1'b1: MEM 用于数据采集;  1'b0: MEM 用于 CPU 访问。

配置说明如下:

- 步骤 1 配置 TCM\_MEM\_BANK\_(x) 的时钟门控寄存器为 0, 关闭时钟。
- 步骤 2 配置 TCM\_MEM\_BANK\_(x) 的复用选择寄存器, 配置复用给对应模块。
- 步骤 3 配置 TCM\_MEM\_BANK\_(x) 的时钟门控寄存器为 1, 打开时钟。

----结束

## 2.6.3 切换过程异常访问上报

## 2.7 RTC

### 2.7.1 概述

该系统支持一个 RTC 模块, 主要实现定时、计数功能, 可以供操作系统用作系统时钟, 也可以供应用程序用作定时和计数。

### 2.7.2 功能描述

- 32bit 位宽的 free running 递加计数器。
- 计数器上电复位后默认不使能, 需要初始化。
- 计数时钟为 32kHz 时钟。
- 支持配置中断产生寄存器阈值, 计数器递加到阈值时产生中断。
- 支持计数器值实时读取。
- RTC 内部提供 4 组独立的寄存器, 4 组独立的中断, 基地址分别为:

- RTC0: 0x5702\_4100
- RTC1: 0x5702\_4200
- RTC2: 0x5702\_4300
- RTC3: 0x5702\_4400

## 2.8 Timer

### 2.8.1 概述

本系统支持 1 个 Timer 模块，主要实现定时、计数功能，可以供操作系统用作系统时钟，也可以供应用程序用作定时和计数。

### 2.8.2 功能描述

- 32bit 减法定时器/计数器。
- 计数时钟为晶振时钟。
- 支持 3 种计数模式：自由运行模式、周期模式和单次计数模式。
- 当前的计数值可随时读取。
- 中断使能时，当前计数值递减到 0 会产生中断。

## 2.9 WatchDog

### 2.9.1 概述

本系统支持 2 个 WatchDog（WatchDog 和 ULP WatchDog），可以用于系统异常情况下，一定时间内发出复位信号，以复位 CPU 相关系统或整个芯片。

### 2.9.2 功能描述

- 内部具有一个 32bit 减法计数器，计数时钟源固定为 PMU OSC（32kHz）。
- 支持超时时间间隔（即计数初值）可配置。
- 支持寄存器锁定，防止寄存器被误改。
- 支持超时中断产生。
- 支持复位信号产生。
- 支持调试模式。

# 3 电源管理

## 3.1 电源拓扑

SLE01 的外部电源只需接电池电源 VBAT，内部有 PMU，提供内部电路所需要的电源。

LDO 模式：板级上 DCC 管脚到 VDD 管脚之间加电阻（ $10k\Omega \sim 1M\Omega$ ），省去板级电感和 buck 输出电容，此时 BUCK 不工作，配置 HI-Z 态（不会从 DEC4 有下拉电流）；

板级上 MICBIAS 管脚接到 DEC4，由 MICBIAS 给 1P1 电源供电。

BUCK 模式：板级没有特殊配置，BUCK 正常工作。

## 3.2 内部常见电源参数

### 3.2.1 BUCK 参数（管脚 DEC4）

BUCK 参数如表 3-1 所示。

表3-1 BUCK 参数说明

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入电压	-	1.8	3.3	3.6	V	VBAT
输出电压	-	0.9	1.1	1.3	V	通过寄存器配置可调。
输出电流	-	50	-	-	mA	-
输出电压精度 (normal)	$V_{IN}=1.8\sim 3.6V$ ; $V_{OUT}=1.1V$ ; $I_{LOAD}=0 \sim MAX$	-3	0	3	%	-

输出电压精度 (sleep)	$V_{IN}=1.8\sim3.6V$ ; $V_{OUT}=1.1V$ ; $I_{LOAD}=0 \sim$ MAX	-6	-	6	%	-
线性调整率	-	-	-	-	%	-
负载调整率	空载到满载。	-	-	20	mV	-
输出缓启	输出缓启动时间。	-	-	200	$\mu s$	-
	输出缓启动过冲。	-	-	10	mV	-
正常功耗模式	-	-	90	-	$\mu A$	-
低功耗模式 (deepsleep)	-	-	10	-	$\mu A$	-
电源纹波	Vripple_ccm	-	-	10	15.0	mVpp
	Vripple_dcm	-	-	-	30.0	mVpp
效率	$I_{LOAD}=5\sim25mA$ (正常模式)	-	85	-	%	-
效率	$I_{LOAD}=25\sim130mA$ (正常模式)	-	80	-	%	0805, 2.2 $\mu H$ , DCR=0.17m $\Omega$ , 饱和电流 0.9A。
静态电流	无负载。	-	-	5	$\mu A$	VBAT
片外电容	-	-	10	-	$\mu F$	-

### 3.2.2 CLDO 参数 (管脚 DEC1)

CLDO 参数如表 3-2 所示。

表3-2 CLDO 参数说明

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
----	----	-----	-----	-----	----	----

输入电压	-	-	1.1	-	V	输入电压为 BUCK 输出。
输出电压	-	0.9	1.0	1.2	V	以 50mV 步进调节, 去掉最低 0.7V 的电压范围。
输出电流	-	1	-	-	mA	-
输出电压精度	-	-3	0	3	%	-
输出负载调整率	空载到满载	-	-	20.0	mV	-
负载调整率	空载到满载	-	-	20	mV	-
输出缓启	输出缓启动时间	-	-	138	μs	-
	输出缓启动过冲	-	-	36	mV	-
瞬态响应	30mA/μs 电流变化 1mA ~	-	3.6	-	mV	-
	30mA/30mA ~ 1mA					
静态电流	无负载	-	0.2	-	μA	VBAT
片外电容	-	-	1	-	μF	-
外部输出电容	-	-	-	1	μF	-

### 3.2.3 XLDO 参数 (管脚 DEC3)

XLDO 参数如表 3-3 所示。

表3-3 XLDO 参数说明

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入电压	-	-	1.1	-	V	BUCK 输出

输出电压	-	-	1	-	V	-
输出电压精度	-	-3	-	3	%	trim 调整后精度。
输出电流	-	6	-	10	mA	-
线性调整率	-	-	-	10	mV/V	-
负载调整率	-	-	-	10	mV/mA	从空载到满载。
电源抑制	10Hz ~ 10kHz	50	60	-	dB	-
	1MHz	20	25	-	dB	-
输出噪声	@1k , 2mA	-	-	-	-	与 DCDC 转换器级联。
	@10k , 2mA	-	-	75	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$	
	@100k , 2mA	-	-	24.5	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$	
	@1M , 2mA	-	-	17.5	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$	
	@10M , 2mA	-	-	-	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$	
开关杂散	2.5MHz	-	30	-	$\mu V$	-
静态电流	-	-	150	-	$\mu A$	-
待机电流	-	-	0.1	-	$\mu A$	-
外部输出电容	-	-	1	-	$\mu F$	-

### 3.2.4 BIASLDO 参数

参数如表 3-4 所示。

表3-4 BIASLDO 参数说明

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入电压	-	1.8	3.3	3.6	V	BUCK 精度 $\pm$ 3%。
输出电压	-	1.1	1.8	3.3	V	-

输出电压精度	-	-3	-	3	%	默认: 4'b0000: 1.1V 档位: 4'b0000: 1.1V; 4'b0001: 1.3V; 4'b0010: 1.5V; 4'b0011: 1.8V; 4'b0100: 2.0V; 4'b0101: 2.2V; 4'b0110: 2.5V; 4'b0111: 2.8V。
输出电流	-	-	-	75	mA	输入 2.5V 带 载到 75mA; 输入 2.5V 以 下带载 10mA。
线性调整率	$V_{IN}=1.8V \sim 3.6V$ $I_{OUT}=5mA$	-	-	0.4	%	-
负载调整率	-	-	-	70	mV/ mA	从空载到满 载。
电源抑制	10Hz ~ 10kHz	50	60	-	dB	-
	1MHz	20	25	-	dB	-

输出缓启	输出缓启动时间	-	120	-	$\mu\text{V}$	-
	输出缓启动过冲	-	-	10%	$\mu\text{s}$	-
噪声	-	-	-	20Hz ~ 20kHz, 积分噪声 $8\mu\text{V}_{\text{rms}}$ , 噪声关注 1mA/输出 2V 的情况; 外部电路有处理。	$\mu\text{V}$	-
静态电流	无负载	-	30	-	$\mu\text{A}$	VBAT 域

### 3.3 极限工作电压和负载电流

#### 须知

1. 极限工作电压参数如表 3-5 所示，超过这些数值，可能导致芯片损坏。
2. 针对 VBAT 的浪涌测试：。
  - 3.9V 以上的电压不做任何保证，即使短时间加载，也有可能造成芯片的永久性损伤。
  - 性能保证工作电压范围： 1.8V~3.6V。
  - 上电时间： 最快  $10\mu\text{s}$ ，最慢 20ms。

表3-5 工作电压参数

参数	符号	负载电流 最小值 (mA)	负载电流 最大值 (mA)	电压最小 值 (V)	电压最大 值 (V)
电池电源	VBAT <sup>a</sup>	-	-	1.8	3.6
a: VBAT 对应管脚: VDD1, VDD2					



# 4 时钟

## 4.1 32M XO 时钟

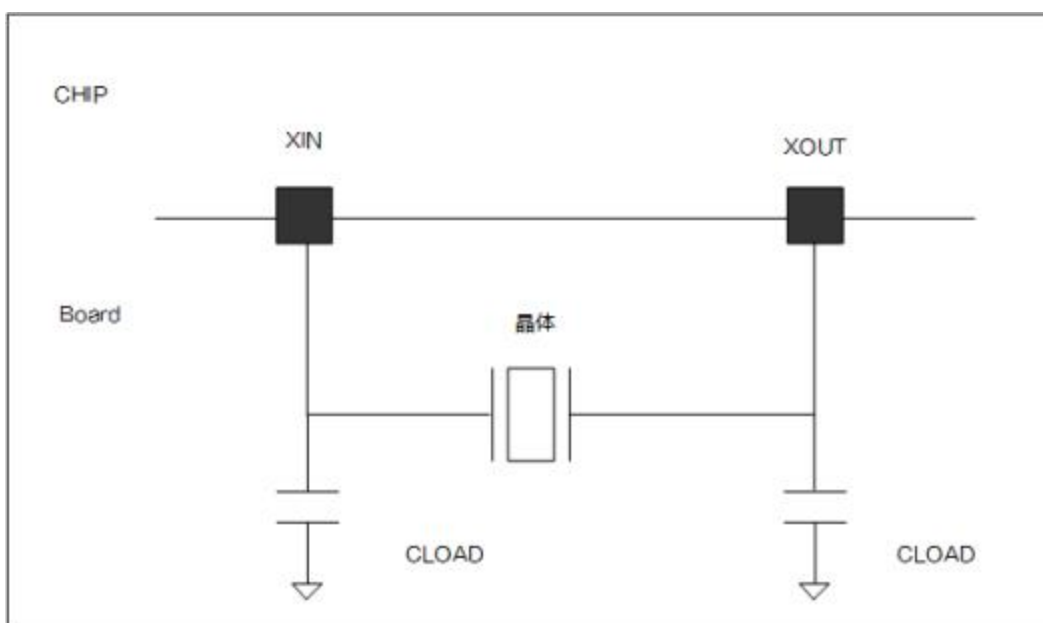
SLE01 需要外部晶体 (XO) 提供参考时钟；芯片内部 PLL 提供时钟倍频功能。外部晶体提供产生内部电路工作需要的参考时钟，外部参考时钟频率 32MHz。

SLE01 支持晶体 XO（无源双端模式）和单端时钟（例如 TCXO 等在此统称为单端时钟）两种参考时钟输入模式。

### 4.1.1 晶体输入模式

在晶体 (XO) 模式时，SLE01 使用 XO 输入参考时钟，电路结构如图 4-1 所示。其中，XIN 管脚和 XOUT 管脚，用于接片外晶体。

图4-1 XO 输入参考时钟的电路结构图



#### 说明

- CLOAD：请参阅项目实际选型中，所使用晶体的参考负载值。并根据具体单板型号做电容微调，已达到最优频率区间。

- 为保证最快的启动速度 and 最优的起振条件，晶体选择尽量遵循  $ESR \leq 60\Omega$ ，晶体动态电感  $L_m \leq 19.63mH$ ，负载电容选择  $\leq 8pF$  的器件。

## 4.1.2 晶振输入模式

对外部参考时钟的电气、性能等特性的要求如表 4-1 所示。

表4-1 参考时钟特性需求

参数	说明		最小值	典型值	最大值	单位
输出频率	-		-	32	-	MHz
输出信号幅度	正弦波或者方波，AC 耦合		0.75	-	0.9	V
占空比	-		45	50	55	%
相位噪声	参考时钟 32MHz	@10kHz offset	-	-	-140	dBc/Hz
		@100kHz offset	-	-	-148	dBc/Hz
		@1MHz offset	-	-	-153	dBc/Hz

## 4.2 32MHz 时钟输出

SLE01 芯片内部的 32MHz XO 时钟支持差分输出，频点 32MHz，可以作为其他需要共时钟的设备的时钟输入，特性如表 4-2 所示。

表4-2 XO 输出时钟特性需求

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
输出频率	-	-	32	-	MHz
供电电压	-	-5%	1	+5%	V
环境温度	-	-40	-	+125	°C
输出信号幅度	方波	-5%	1	+5%	V
稳定时间 <sup>a</sup>	普通模式	-	-	5	ms
	快启模式	-	-	1	ms
电流消耗	工作电流	-	0.3 <sup>b</sup> /0.75 <sup>c</sup>	-	mA

	关闭电流	-	10	-	μA	
占空比	-	45	50	55	%	
频率稳定度	-	-20	-	20	ppm	
频率校准范围	校准范围	-20	-	20	ppm	
	校准精度	-3	-	3	ppm	
XO 输出时钟	XO 输出到 USB CLK 的性能-jitter	-	-	15 (1kHz~1M Hz)	ps	
	XO 输出到 ADC	-	-	10 (1kHz~16	ps	
	CLK 的性能-jitter				MHz)	
	XO 输出到 AFE CLK 的性能-jitter		-	-	40 (1kHz~16 MHz)	ps
	XO 输出到 ADPLL CLK 的性能-相噪	@1kHz offset	-	-	- 120	dBc/H z
		@10kHz offset	-	-	- 138	dBc/H z
		@100kHz offset	-	-	- 144	dBc/H z
		@1MHz offset	-	-	- 153	dBc/H z
		@10MHz offset	-	-	- 156	dBc/H z
	时钟外驱性能-相噪	@10kHz offset	-	-	- 138	dBc/H z
		@100kHz offset	-	-	- 144	dBc/H z
		@1MHz offset	-	-	- 153	dBc/H z

a：表示 XO 起振后的稳定时间。

b：低功耗模式。

c：高性能模式

## 4.3 27.12MHz RC 时钟

SLE01 芯片支持产生 27.12MHz RC 时钟电路，适用于低功耗处理。

27.12MHz RC 时钟性能等特性如表 4-3 所示。

表4-3 27.12MHz RC 时钟特性需求

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
输出频率	-	-	27.12	-	MHz
输出信号幅度	方波 (Vpp)	-	1.2	-	V
输出占空比	-	45	50	55	%
频率稳定度	温度变化 (-40°C ~+125°C)	-2	-	+2	%
供电电压	RC 的供电电压	1.14	1.2	1.26	V
电流消耗	正常工作电流 @27.12MHz	-	150	-	μA
	关闭	-	10	-	μA
稳定时间	频偏 $\leq \pm 2\%$	-	-	5	μs

### 说明

SLE01 默认 RTC 时钟频率为内部提供的 27.12MHz RC 时钟。

## 4.4 32K 实时时钟

SLE01 支持无源双端模式（即 32.768kHz 晶体）或单端时钟（例如 TCXO）两种参考 时钟输入， 内部分频实现实时时钟。

- 无源双端模式

无源双端模式的电路需在 XIN，XOUT 间跨接晶体， 以及两个对地电容，如图 4-2 所示。为了使时钟正常工作， 请选择符合表 4-4 参数需求的晶体。时钟工作特性如表 4-5 所示。

图4-2 实时时钟电路拓扑示意图

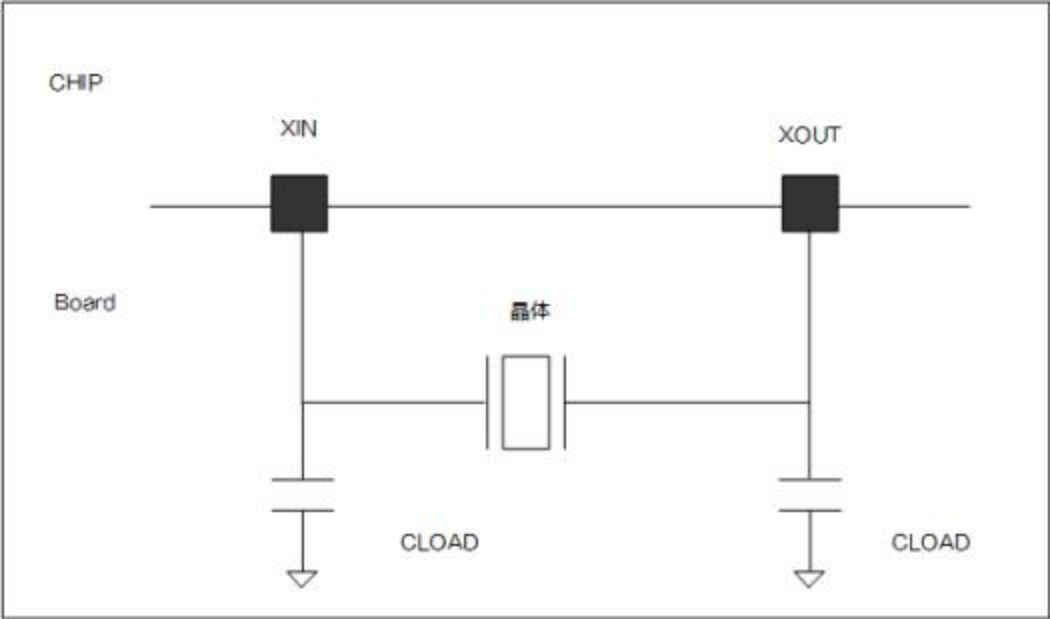


表4-4 32.768kHz 晶体需求

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
f	晶体标称频率	-	32.768	-	kHz
C <sub>L</sub>	负载电容	-	7	12.5	pF
R <sub>s</sub>	等效串联电阻	-	-	70	kΩ

表4-5 实时时钟特性

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
DL	驱动功耗	-	-	1	μW
I	振荡电流消耗	-	400	-	nA
t <sub>stab</sub>	起振至稳定时间	-	-	1	s

- 单端时钟模式

单端时钟可采用直接耦合或交流耦合的形式输入，需满足表 3 的需求，时钟频偏视实际应用而定。

表4-6 单端时钟输入特性需求

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
Vt	输入阈值	0.2	0.4	0.55	V
dutycycle	输入时钟占空比	45	50	55	%

# 5 BLE & SLE

---

## 5.1 BLE

### 5.1.1 特性

- 支持蓝牙低功耗 5.4
  - Adaptive Frequency Hopping (AFH)。
  - Low Energy Physical Layer。
  - LE Link Layer Topology。
  - Low Energy Direct Test Mode。
  - LE Data Packet Length Extension。
  - AES Encryption。
  - Low duty cycle directed advertising。
  - Link Layer Privacy。
  - LE Advertising Extension。
  - LE 2M PHY。
  - LE Long Range。
  - LE Channel Selection Algorithm #2。
  - LE Channel Classification。
  - High Duty Cycle Non-Connectable Advertising。

- 支持干扰检测。
- 支持最多同时 8 条 ACL 链路。
- 支持标准测试模式。
- 支持 BLE 和 SLE 并发。
- 支持低功耗模式。
- 支持 BLE/WLAN 共存。
- 支持 TX 功率产线校准。

## 5.1.2 性能

BLE 接收性能如表 5-1 所示， 发射性能如表 5-2 所示。

表5-1 BLE 接收性能

ITEM	SUB ITEM	最小 值	典型 值	最大 值	单位	备注
Frequency range	-	2402	-	2480	MHz	-
Rx sensitivity	LE,30.8%PER,1Mbit/s	-	-97	-	dBm	-
	LE,30.8%PER,2Mbit/s	-	-94	-	dBm	-
	LE,30.8%PER,500Kbit/s	-	-99	-	dBm	-
	LE,30.8%PER,125Kbit/s	-	-102	-	dBm	-
Interference Performance LE,30.8%PE R	C/I cochannel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 1MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 2MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I $\geq 3$ MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 1MHz adjancet to image channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I image channel	-	TBD	-	dB	-
Interference Performance LE2M,30.8% BER	C/I cochannel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 2MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 4MHz adjacent	-	TBD	-	dB	-



ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
	channel					
	C/I $\geq 6$ MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 2 MHz adjacent to image channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I image channel	-	TBD	-	dB	-
Interference Performance LR125K, 30.8 %BER	C/I cochannel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 1 MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 2 MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I $\geq 3$ MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 1 MHz adjacent to image channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I image channel	-	TBD	-	dB	-
Interference Performance LR500K, 30.8 %BER	C/I cochannel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 1 MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 2 MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I $\geq 3$ MHz adjacent channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I 1 MHz adjacent to image channel	-	TBD	-	dB	-
	C/I image channel	-	TBD	-	dB	-

### 说明

本章提供的性能数据均在芯片口测试获取。

表5-2 BLE 发射性能

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
------	----------	-----	-----	-----	----	----

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
Frequency range	-	2402	-	2480	MHz	-
BLE Tx Power at RF port (normal)	-	-	6	-	dBm	【1】
BLE Tx Power at RF port (high power)	-	-	8	-	dBm	【1】
Power control step	-	-	2	-	dB	-
LE In-Band Emissions (1M)	M-N =2MHz	-	TBD	-	dBm	-
	M-N  ≥ 3MHz	-	TBD	-	dBm	-
LE In-Band Emissions (2M)	M-N =4MHz	-	TBD	-	dBm	-
	M-N =5MHz	-	TBD	-	dBm	-
	M-N  ≥ 6MHz	-	TBD	-	dBm	-

#### 说明

【1】：从 ATE 的 FT 分布数据来看，最小值的分布基本集中在“典型值-0.5dB”以上，此为估计值。

## 5.2 SLE

### 5.2.1 特性

- 支持星闪 1.0 协议。
  - 支持 G 帧、T 帧。
  - 支持广播数据最大长度为 255Byte。
  - 支持链路数据最大长度为 2047Byte（产品级可配置）。

- 支持无线帧类型 1 GFSK 帧（1M/2M/4M）。
- 支持无线帧类型 2（PSK 超低时延帧）。
 

支持无线帧类型 2 QPSK（1M/2M/4M）/8PSK（1M/2M/4M）的调制方式，  
3/4 和 1 的 Polar 码率，16:1/无导频的导频密度。
- 支持异步链路数据单播。
- 支持同步链路组播。
- 支持广播、发现和接入功能。
- 支持信道评估功能。
- 支持 AFH 功能。
- 支持发射功率控制。
- 支持 SM4 加密。
- 支持 AES 加密。
- 支持 CRC 校验。
- 支持 BLE/SLE 和 WLAN 系统间共存（片外共存）。
- 最大支持 8 个连接数。
- BLE/SLE 分时工作。

## 5.2.2 性能

SLE 接收性能如表 5-3 所示，发射性能如所示。

表5-3 SLE 接收性能

ITEM	SUB ITEM	最小 值	典型 值	最大 值	单位	备注
Frequency range	-	2402	-	2480	MHz	-
Rx sensitivity	SLE，10%PER，帧类型 1，1Mbit/s。	-	-96.5	-	dBm	-
	SLE，10%PER，帧类型 1，2Mbit/s。	-	-93.5	-	dBm	-
	SLE，10%PER，帧类型 1，4Mbit/s。	-	-90.5	-	dBm	-

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
	SLE , 10%PER, 帧类型 2, BW=1MHz QPSK: 3/4 码率。	-	-99.0	-	dBm	-
	SLE , 10%PER, 帧类型 2, BW=1MHz 8PSK: 3/4 码率。	-	-94.5	-	dBm	-
	SLE , 10%PER, 帧类型 2, BW=2MHz QPSK: 3/4 码率。	-	-96.0	-	dBm	-
	SLE , 10%PER, 帧类型 2, BW=2MHz 8PSK: 3/4 码率。	-	-92.0	-	dBm	-
	SLE , 10%PER, 帧类型 2, BW=4MHz QPSK: 3/4 码率, pilot 16: 1。	-	-93.0	-	dBm	-
	SLE , 10%PER, 帧类型 2, BW=4MHz 8PSK: 3/4 码率, pilot 16: 1。	-	-88.0	-	dBm	-

### 说明

本章提供的性能数据均在芯片口测试获取。

表5-4 SLE 发射性能

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
Frequency range	-	2402	-	2480	MHz	-
SLE Tx Power at RF port (normal)	无线帧类型 1	-	6	-	dBm	【1】
SLE Tx Power at RF port	无线帧类型 2	-	2	-	dBm	【1】

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
(normal)						
SLE Tx Power at RF port (high power)	无线帧类型 1	-	8	-	dBm	【1】
SLE Tx Power at RF port (high power)	无线帧类型 2	-	4	-	dBm	【1】
Power control step	-	-	-	-	dB	-
SLE In-Band Emissions (1M)	$ M-N =2\text{MHz}$	-	-	-	dBm	-
	$ M-N \geq 3\text{MHz}$	-	-	-	dBm	-
SLE In-Band Emissions (2M)	$ M-N =4\text{MHz}$	-	-	-	dBm	-
	$ M-N =5\text{MHz}$	-	-	-	dBm	-
	$ M-N \leq 6\text{MHz}$	-	-	-	dBm	-

#### 说明

【1】：从 ATE 的 FT 分布数据来看，最小值的分布基本集中在“典型值-0.5dB”以上，此为估计值。

## 5.3 WLAN 与 B/SLE 共存

B/SLE 支持 AFH 自适应跳频，尽量避开 WLAN 干扰频点，以提升共存性能。同时，支持 B/SLE 和 WLAN 通过四线方案共存，B/SLE 输出 BT\_Active、BT\_Status、BT\_Freq 申请信道并指示 B/SLE 的工作状态（TX 或者 RX、优先级、频点），WLAN 根据优先级和业务状态进行仲裁，并将仲裁结果通过 Wlan\_Active 告知 B/SLE，以对 B/SLE 和 WLAN 的并发进行控制。

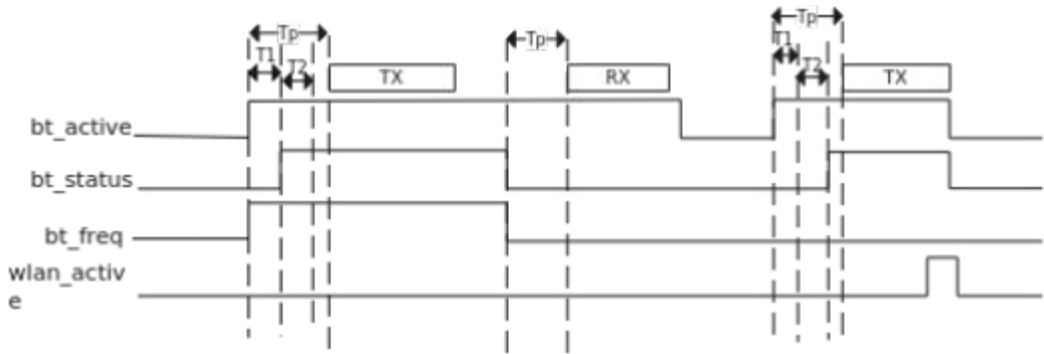
B/SLE 支持三种共存模式。

5.3.1 共存模式 1

表5-5 共存接口信号定义

信号名	方向	位宽	说明
BT_Active	O	1	B/SLE 业务申请指示信号，高有效。
BT_Status	O	1	B/SLE 业务状态指示信号，复用业务优先级和收发状态信号。 1 表示高优先级或者 TX。
BT_Freq	O	1	B/SLE 业务是否处于限制频段的指示信号。有效时表示 WLAN 可忽略其业务请求指示信号。
Wlan_Active	I	1	WLAN 业务状态指示信号，针对 B/SLE 的业务请求，有效时禁止 B/SLE 的请求。

图5-1 共存模式 1 信号时序图



提前空口  $T_p$  发起申请信号 BT\_Active，发起申请后  $T_1$  内，为一段保护时间（可配置为 0）， $T_2$  时间内 BT\_Status 表示 2 档优先级， $T_2$  后，BT\_Status 为 1 表示发送，为 0 表示接收。

BT\_Freq 表示 B/SLE 业务是否处于限制频段的指示信号，有效时表示 WLAN 可忽略 B/SLE 的共存申请。

Wlan\_Active 为外部输入打断信号，默认为 0，打断时拉高。打断时，B/SLE 立即进入下电流程，下电流程结束，拉低申请信号 BT\_Active。

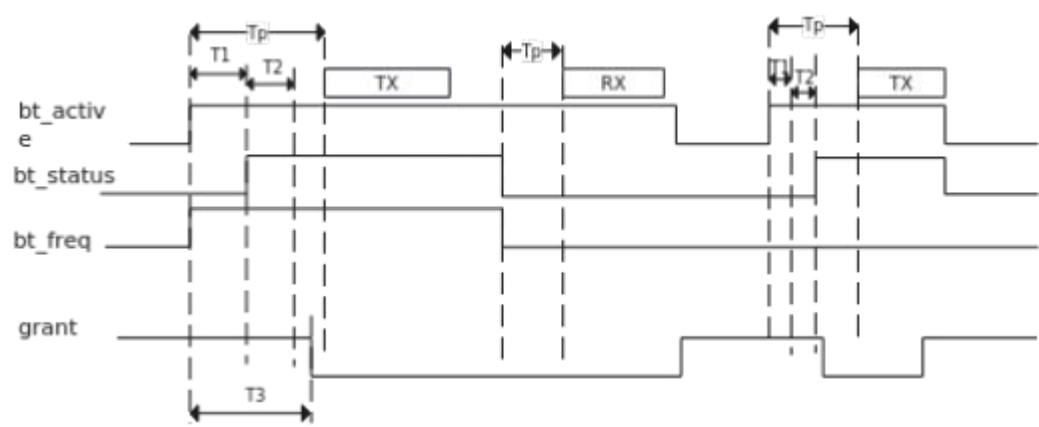
5.3.2 共存模式 2

相比于共存模式 1，接口模式 2 依然采用四线共存方案，B/SLE 作为共存的申请方，WLAN 是共存的仲裁方，表 5-6 的方向以 B/SLE 方所见。与共存模式 1 的差别在于对端输入的为 Grant 信号。主要用于与外部厂家共存对接。

表5-6 共存接口信号含义

信号名	方向	位宽	描述/说明
BT_Active	O	1	B/SLE 业务申请指示信号，高有效。
BT_Status	O	1	B/SLE 业务状态指示信号，复用业务优先级和收发状态信号。 1 表示高优先级或者 TX。
BT_Freq	O	1	B/SLE 业务是否处于限制频段的指示信号。有效时表示 WLAN 可忽略其业务请求指示信号。
Grant (Wlan_Active)	I	1	默认值为 1，在发起申请后， PTA 仲裁 B/SLE 可获取信道时拉低。在 B/SLE 完成释放或者 WLAN 打断时重新拉高。

图5-2 共存模式 2 信号时序图



提前空口 Tp 发起申请信号 BT\_Active，发起申请后 T1 内，为一段保护时间（可配置为 0），之后 T2 时间内 BT\_Status 表示 2 档优先级，T2 之后，BT\_Status 为 1 表示发送，为 0 表示接收。

BT\_Freq 表示 B/SLE 业务是否处于限制频段的指示信号，有效时表示 WLAN 可忽略 B/SLE 的共存申请。

Grant 为外部输入打断信号，默认为 1。打断时， B/SLE 立即进入下电流程，下电流程结束，拉低申请信号 BT\_Active。

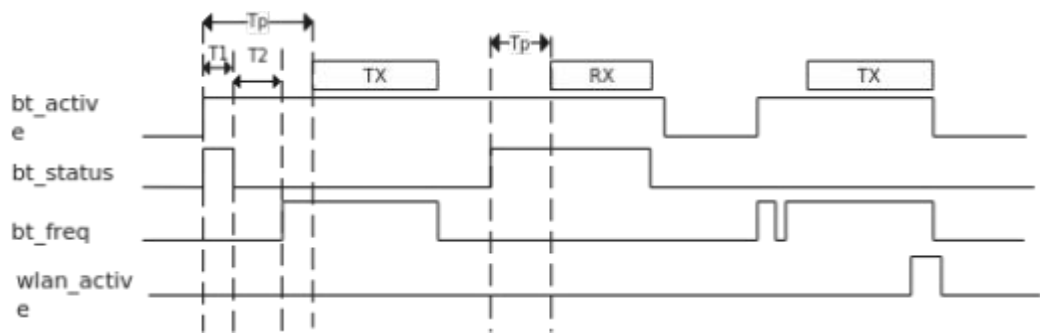
### 5.3.3 共存模式 3

接口模式 3 依然采用四线共存方案， B/SLE 作为共存的申请方， WLAN 是共存的仲裁方。

表5-7 共存接口信号定义

信号名	方向	位宽	描述/说明
BT_Active	O	1	B/SLE 业务申请指示信号，高有效。
BT_Status1 (BT_Freq)	O	1	B/SLE 优先级高位， 同时复用表示 B/SLE TX 业务申请（该模式下 BT_FREQ 与该 PIN 等价）。
BT_Status0 (BT_Status)	O	1	B/SLE 优先级低位， 同时复用表示 B/SLE RX 业务申请。
Wlan_Active	I	1	B/SLE 的业务请求的仲裁结果，有效时禁止 B/SLE 的请求。

图5-3 共存模式 3 信号时序图



提前空口  $T_p$  发起申请信号 BT\_Active，发起申请后  $T_1$  内， {BT\_Freq, BT\_Status} 组成 2bit，表示 4 档优先级。之后  $T_2$  为一段保护时间，信号无意义， $T_2$  之后，BT\_Status 高电平表示接收， BT\_Freq 为高电平表示发送。

打断时， B/SLE 立即进入下电流程，下电流程结束，拉低申请信号 BT\_Active。



NFC 子系统支持 TAG 功能，用于防丢器、蓝牙配对。

## 6.1 特性

- 支持卡模拟模式，不支持读卡器模式和点对点模式。
- 支持 TAG 存储规格：1KB。
- 支持用户数据容量可配置：≤988Byte。
- 支持 UID 4Byte/7Byte/10Byte 可配置。
- 支持奇偶校验功能和 CRC 校验功能。
- 支持最大帧长 34Byte。
- 支持 ISO/IEC 14443-2/3 TYPE-A 技术。
- 支持 NFC Forum T2T。
- 支持工作在  $13.56\text{MHz} \pm 7\text{kHz}$  频段。
- 支持 106kbit/s 数据速率。
- 支持被动负载调制 (PLM) 。
- 支持无源场检测，ACTIVATE 状态有源：
  - 待机状态支持无源方案，场供电自检测外部场。
  - ACTIVATE 状态支持有源方案，不支持无源场供电方案。
- 支持场恢复时钟（仅支持 CDR 模式）。

- 支持 SOC 共时钟。
- 支持非接触式接口， 可通过 SOC 访问全部地址空间。
- 支持 API 接口控制 NFC 芯片行为。
- 支持同 SOC 共享 Flash。

## 6.2 性能

- 支持通信距离不小于 2.5cm ( Demo 天线  $20 \times 25 \text{ mm}^2$  ) , 0 , 2cm 平面, 每个平面中心点位刷卡成功率 SPEC: 99%。
- 支持场检测唤醒门限: 1V。
- 支持卡仿真 RX 灵敏度: 输入电压单端  $V_{PP} > 1.5V$ 。
- 支持卡仿真 RX 解调功能的场强范围: 1.5~7.5 A/m。

## 7

## 安全特性

安全模块主要实现了安全应用下的哈希运算、数据认证、数据加解密和真随机数产生等功能。

特性如下：

- 支持 AES128 加解密算法，包括 ECB、CTR、CBC、OFB、CCM 和 GCM 模式。
- 支持 SM4 加解密算法，包括 ECB、CTR、CBC、OFB 模式。
- 支持通过总线读取真随机数，随机数生成速率 12Mbit/s。

## 7.1 对称加密算法

- 支持加密类型可配置为 AES128，AES 算法设计符合 NIST Publication FIPS-197，密钥采用 128bit 规格。
- 支持加密类型可配置为 SM4，SM4 算法设计符合 GB/T 32907-2016 信息安全技术 SM4 分组密码算法。

## 7.2 TRNG 真随机数模块

TRNG 随机数模块支持生成可以支持生成真随机数，用于进行加密的 IV 向量、密钥等随机数功能需求，随机数模块具有以下特性：

- 硬件实现的不确定性随机 bit 生成器（NRBG）并且与确定性随机 bit 生成器（DRBG）耦合。
- 支持 8 个 GARO，启动时间大约为 0.6s。
- 支持 APB 接口，用于配置和随机数获取。
- TRNG 生成速率达到 12Mbit/s。

# 8 外围设备

## 8.1 GPIO

支持 1 组 GPIO (General Purpose Input/Output), 共 32 个 GPIO 可用。

每个管脚可以配置为输入或者输出。这些管脚用于生成特定应用的输出信号或采集特定应用的输入信号。作为输入管脚时, GPIO 可作为中断源; 作为输出管脚时, 每个 GPIO 都可以独立地清 0 或置 1。

### 说明

GPIO 具体管脚个数、管脚与其他管脚复用的说明请参见《H2821E 硬件用户指南》。

## 8.2 UART

通用异步收发器 UART 是一个异步串行的通信接口, UART 的主要功能是和外部芯片的 UART 进行对接, 从而实现两芯片间的通信。

芯片提供 3 个 UART 单元。

UART 具有以下功能特点:

- 支持 64×8bit 的发送 FIFO 和 64×10bit 的接收 FIFO (First In First Out)。
- 支持数据位和停止位的位宽可编程:
  - 数据位可通过编程设定为 5/6/7/8 bit。
  - 停止位可通过编程设定为 1/2 bit。
- 支持奇、偶校验方式或无校验。
- 支持传输速率可编程、支持整数小数分频。
- 支持接收 FIFO 中断、发送 FIFO 中断、接收超时中断、错误中断。
- 支持中断状态查询。
- 支持通过编程禁止 UART 模块或 UART 发送/接收功能以降低功耗。
- UART\_L1/UART\_H0 支持硬件流控, UART\_L0 不支持硬件流控。

## 8.3 I2S

SLE01 I2S 接口支持 Master 模式和 Slave模式。支持的接口配置选项如表 8-1 所示。

表8-1 I2S 接口配置选项

描述		最小值	典型值				最大值	单位
I2S sample rate	The I2S sample rate is communicated by command	-	8	16	44.1	48	-	ksp/s
I2S word select freq	Equals exactly the sample rate	-	8	16	44.1	48	-	kHz
I2S word select	-	62.5						ns
cycle-to-cycle jitter								
I2S word select	-	-250					250	ppm
freq jump								
I2S word select	-	-	0.05				-	ppm/s
drift								
I2S word select	10 ppm accurate word select clock (strobe) frequency measurement when averaged over 2 seconds							
shape								
Audio BW 8k	External sample rate,-3dB wrt 400Hz	-	3.2				-	kHz
Audio BW 16k	External sample rate,-3dB wrt 400Hz	-	6.4				-	kHz
Audio BW 44.1k	External sample rate,-3dB wrt 400Hz	15k					-	kHz
Audio BW 48k	External sample rate,-3dB wrt 400Hz	15k					-	kHz
Sample clock ppm at release	-	-	1000				-	ppm

## 8.4 I2C

I2C 控制器实现标准 I2C 主设备功能，兼容 Philips I2C 总线协议，可完成对 I2C 总线上的从设备的数据发送和接收。

SLE01 I2C 支持以下基本特性：

- 支持标准模式（100kbit/s）、快速模式（400kbit/s）、高速模式（3.4Mbit/s）。
- 支持 7bit/10bit 寻址模式。
- 为了便于扩展，支持 Master Mode 和 Slave Mode（主要工作模式）。
- 支持 I2C 进行中断上报和中断处理。
- 支持 I2C SDL、SDA 管脚的上下拉软件可配置。

## 8.5 SPI

SPI 接口是同步串行通信接口，连接一个从设备一共是四根信号线，包括时钟信号、从设备使能信号、输入数据线、输出数据线。

SPI 支持以下基本特性：

- 支持串行传输的数据位宽可配置，配置值从 4bit ~ 32bit。
- 支持 TX、RX 分别与 DMA 控制器硬件握手。
- 支持每种中断都单独可屏蔽。
- 支持数据延迟采样，采样值可配置。

## 8.6 QDEC

正交解码器（QDEC）提供对正交编码的传感器信号的缓冲解码。适用于机械和光学传感器。

为匹配应用需求，采样周期和累积可以配置。QDEC 提供以下内容：

- 从片外正交编码器解码数字波形。
- 采样累加消除了对应用的硬件实时要求。
- 可选的输入去抖动滤波器（波形毛刺小于 3ms）。
- 用于光学编码器的可选 LED 输出信号，支持 LED 极性配置和 LED 使能控制，禁用 LED 输出。

## 8.7 KEY\_SCAN

键盘扫描（KEY\_SCAN）提供键盘矩阵扫描功能的硬件实现，适用于各类矩阵键盘。

- 支持矩阵键盘 18×8 寸尺配置。
- 支持按键防抖，防抖时间 1ms ~ 40ms 可调。
- 支持高电平扫描、低电平扫描模式。

- 最高支持 10 键同时上报，支持长按键检测，支持按键按下、抬起事件上报。
- 支持行列扫描变换。
- 支持软件防鬼键功能（鬼键、只上报前两个按键）。

## 8.8 PWM

PWM 接口全称为脉冲宽度调制接口，支持输出范围为 488Hz ~ 16MHz 的 PWM 波形，PWM 共有 12 路，可以输出指定占空比的波形。

PWM 共有如下所示的各类特性：

- 工作时钟为 32MHz，计数位宽为 16bit。
- 12 路 PWM 支持分组配置，同一组内 PWM 可以保证相位同步。
- PWM 支持个性化配置频率、相位、占空比、极性、输出高阻、输出使能、循环周期数信息。
- PWM 支持配置刷新平滑切换。
- PWM 支持简易 DMA 配置功能。
- PWM 支持中断异常上报。

## 8.9 PDM

PDM 接口全称为脉冲密度调制接口，支持外接 DMIC 进行音频采样，包含一个输出到 DMIC 的采样时钟 CLK 端口，一个接收 DMIC 采样信号的 DIN 端口。输出采样时钟支持 3.072MHz/1.536MHz/768kHz，支持左右声道切换，左右声道同时采样、单声道采样。

## 8.10 USB

USB 接口设备提供一组差分对双向端口信号 DP、DM 进行串口通信，SLE01 的 USB 接口支持 USB2.0 协议的 FS（full-speed）、HS（high-speed）两种模式，串口速率分别到达 12Mbit/s 和 480Mbit/s，高速模式下 DP/DM 电压 400mV，而全速模式下 DP/DM 端口的交互电压为 800mV；

## 9.1 特性

AFE (Analog Front-End) 主要包含 2 个部分：

- GAFE (General Analog Front-End)：8 通道 13b 1.6Msps SAR ADC，提供过采样和 buf 功能，用于 Tag-ID 测量、Battery 电压测量、NTC 温度测量等低频单端/差分测量场景。
- AAFE (Audio Analog Front-End)：40dB 前级放大，复用 SARADC，数字域降采样到 16ksps 或 32ksps，适用于模拟麦克风采样场景。

## 9.2 GAFE

典型应用如下：

- 传感器检测。
- 电压测量。
- 温度测量。

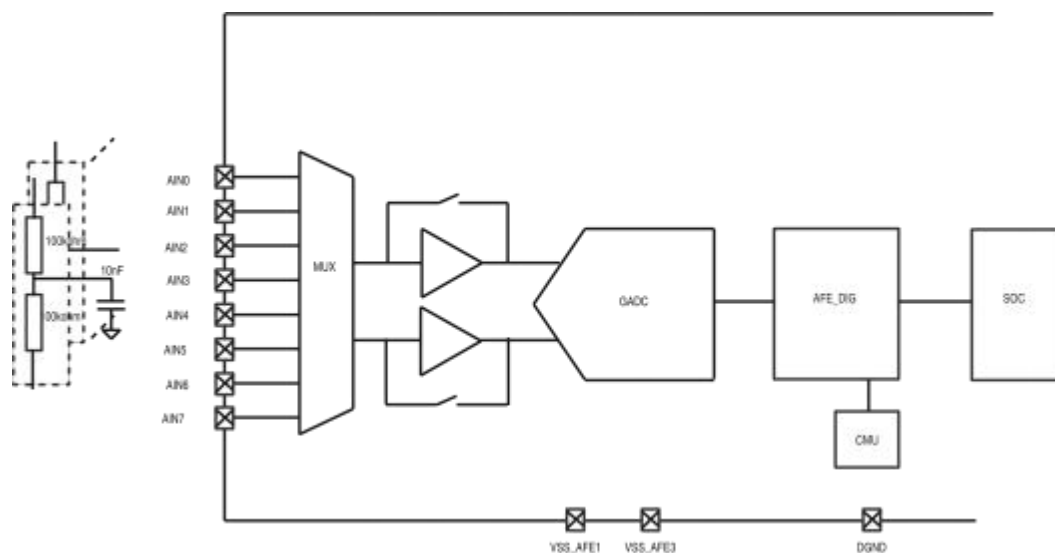
支持的数字功能：

- GADC One-shot 转换或者连续转换。
- 集成片上平均滤波功能。
- 集成 GADC 失配和失调前台校准。
- 提供斩波模式。

系统框图如图 9-1 所示。

图9-1 SLE01GAFE 系统框图





关键参数如表 9-1 所示。

表9-1 GAFE 关键参数

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
参考电压	-	-	1.5	-	V	-
GADC 关键性能	分辨率	-	13	-	bit	-
	采样率	0.4M	-	1.6M	sps	-
	DNL	-	±1	-	LSB	-
	INL	-	±3	-	LSB	-
	短接噪声	-	800	-	μV <sub>rms</sub>	-
	功耗	-	-	-	mA	-
工作温度	-	-	-	-	°C	-

## 9.3 AAFE

典型应用： 模拟麦克风采集。

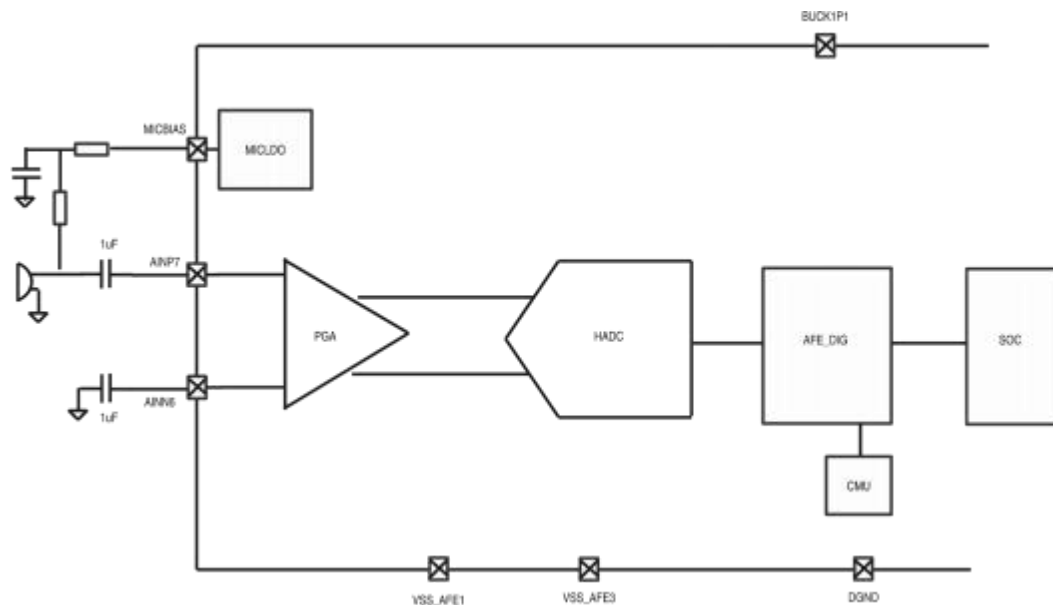
数字功能如下：

- 集成片上平均滤波功能，降采样到音频 16ksps 或 8ksps。

- PGA 增益寄存器可配置。

系统框图如图 1 SLE01AAFE 系统框图所示。

图9-2 SLE01AAFE 系统框图



关键参数如表 9-2 所示。

表9-2 AAFE 关键参数

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
参考电压	-	-	1.5	-	V	-
GADC 关键性能	分辨率	-	13	-	bit	-
	采样率	800k	-	1.6M	sps	-
	DNL	-	±1	-	LSB	-
	INL	-	±3	-	LSB	-
	短接噪声	-	500	-	μV <sub>rms</sub>	-
	功耗	-	1	-	mA	-
PGA 关键性能	PGA 输入阻抗	-	20	-	kΩ	-
	PGA 增益	14/15/16/17/18/19/20			dB	-

	功耗	-	TBD	-	mA	-
工作温度	-	-	-	-	℃	-

## 9.4 比较器

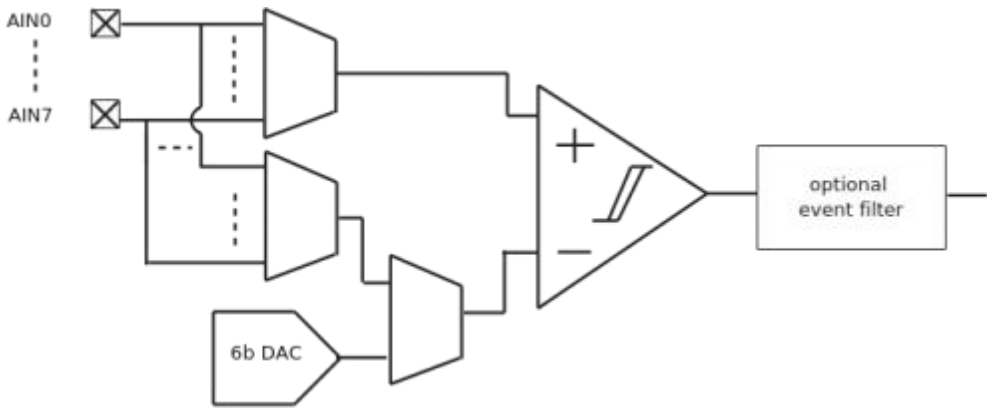
典型应用： 电平 crossing 监测。

数字功能如下：

- 可配置的 4 输入差分或 8 输入单端模式。
- 可配置的 6bit 内置电压参考（单端模式）。
- 可配置的迟滞电压范围。
- 可配置的功耗/延迟挡位。
- 可配置的数字域事件滤波器。

系统框图如图 9-3 所示。

图9-3 SLE01Comparator 系统框图



关键参数如表 9-3 所示。

表9-3 Comparator 关键参数

ITEM	SUB ITEM	最小值	典型值	最大值	单位	备注
迟滞电压	-	-	30	-	mV	-
延迟	lower power	-	380	-	ns	20mV Overdrive

	normal	-	220	-	ns	20mV Ovdrdrive
	high speed	-	150	-	ns	20mV Overdrive
静态电流	lower power	-	2.4	-	μA	-
	normal	-	6	-	μA	-
	highi speed	-	12	-	μA	-

# 10 功耗

SLE01 功耗数据的测试环境：

- 环境温度 25°C。
- 电池电压 VBAT=3.3V。

表10-1 SLE01 Only 功耗数据

功耗场景	电流消耗@VBAT (Typical)
PowerOff	TBD
DeepSleep(160K RAM Ret, 32k RC)	5.5μA
DeepSleep(32K RAM Ret, 32k XO)	2.2μA
BLE TX (全芯片) @0dBm	5.5mA
BLE RX (全芯片)	4.2mA
MCU Active ( 32MHz)	TBD
BLE sniff 500ms	TBD

# A 缩略语

## A

<b>AAFE</b>	Audio Analog Front-End	音频通路模拟前端
<b>ADC</b>	Analog-to-Digital Converter	模数转换器
<b>AES</b>	Advanced Encryption Standard	高级加密标准
<b>AFE</b>	Analog Front-End	模拟前端

## B

<b>BLE</b>	Bluetooth Low Energy	低功耗蓝牙
<b>BT</b>	Bluetooth	蓝牙

## C

<b>CPU</b>	Central Processing Unit	中央处理单元
------------	-------------------------	--------

## G

<b>GAFE</b>	General Analog Front-End	普通模拟前端
<b>GPIO</b>	General-Purpose Input/Output	通用输入输出

## I

<b>I2C</b>	The Inter-Integrated Circuit	集成电路总线
<b>I2S</b>	Integrated Interchip Sound	集成电路内置音频

<b>IoT</b>	Internet of Things	物联网
<b>L</b>		
<b>LNA</b>	Low Noise Amplifier	低噪声放大器
<b>M</b>		
<b>MCU</b>	Main Control Unit	主控制器单元
<b>P</b>		
<b>PA</b>	Power Amplifier	功率放大器
<b>PCM</b>	Pulse-Code Modulation	脉冲编码调变
<b>PDM</b>	Pulse Density Modulation	脉冲密度调制
<b>PER</b>	Packet Error Rate	误包率
<b>PMP</b>	Physical Memory Protection	物理内存保护
<b>PMU</b>	Power Management Unit	电源管理单元
<b>PWM</b>	Pulse-width Modulation	脉冲宽度调制
<b>Q</b>		
<b>QDEC</b>	QuaDrature EnCoding	正交编码器
<b>R</b>		
<b>RAM</b>	Random Access Memory	随机存取存储器
<b>RF</b>	Radio Frequency	射频
<b>RPA</b>	Resolvable Private Address	可解析私人地址
<b>RSA</b>	Rivest-Shamir-Adleman	RSA 加密算法
<b>RX</b>	Receiver	接收器
<b>S</b>		

<b>SAR</b>	Successive Approximations Register	逐次逼近寄存器
<b>SHA</b>	Secure Hash Algorithm	安全散列算法
<b>SLE</b>	SparkLink Low Energy	星闪低功耗
<b>SOC</b>	System On Chip	片上系统
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface	串行外设接口
<b>SRAM</b>	Static Random Access Memory	静态随机存取存储器
<b>SWD</b>	Serial Wire Debug	串行线调试
<b>T</b>		
<b>TRNG</b>	True Random Number Generator	真随机数生成器
<b>TX</b>	Transmitter	发送器
<b>U</b>		
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver & Transmitter	通用异步收发器
<b>USB</b>	Universal Serial Bus	通用串行总线
<b>V</b>		
<b>VBAT</b>	Voltage of Battery	电池电压
<b>W</b>		
<b>WFI</b>	Wait For Interrupt	等待中断
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Networks	无线局域网
<b>X</b>		
<b>XIP</b>	Executed In Place	芯片内执行