



摘要

本文档提供有关 CC33xx 系列器件和 Wi-Fi® 功能以及 TI 专有增强功能的信息。本文档并不提供完整的应用程序编程接口 (API) 集，而是提供对这些特性的简要概述。CC33xx Linux® 软件包基于开源 mac802.11 实现方案；有关完整的 API，请参阅：<https://elixir.bootlin.com/linux/latest/source/net/mac80211>。

内容

1 引言	2
1.1 范围.....	2
1.2 本文档中使用的首字母缩写词.....	2
1.3 CC33xx 规格.....	3
2 常规特性	4
2.1 支持的速率.....	4
2.2 A-MPDU 和 A-MSDU.....	6
2.3 BA 会话.....	6
2.4 保持活动.....	7
2.5 WLAN 唤醒 (WoW).....	7
2.6 天线分集.....	7
2.7 服务质量 (QoS).....	7
2.8 安全.....	8
2.9 Wi-Fi 配置.....	9
2.10 Wi-Fi 电源管理模式.....	10
3 单一角色：站点	10
3.1 扫描.....	10
3.2 Wi-Fi 6.....	11
3.3 多播滤波.....	11
3.4 优选网络.....	11
3.5 信道切换.....	11
3.6 Wi-Fi 电源管理模式.....	12
4 单一角色：AP	12
4.1 隐藏 SSID.....	12
4.2 已连接站点的最大数量.....	13
4.3 老化.....	13
5 多角色多通道	13
5.1 AP-STA.....	13
5.2 STA-STA.....	13
6 Wi-Fi/低功耗蓝牙共存	13
7 参考文献	14
8 修订历史记录	14

插图清单

图 2-1. A-MSDU 和 A-MPDU 帧结构.....	6
图 6-1. CC33xx 器件中的共存.....	14

表格清单

表 1-1. CC33xx 系列.....	2
表 1-2. 首字母缩写词表.....	2

表 1-3. CC33xx 规格.....	3
表 2-1. CC33xx 802.11a/g 支持的 PHY 速率.....	5
表 2-2. CC33xx 802.11b 支持的 PHY 速率.....	5
表 2-3. QoS 访问类别.....	8
表 2-4. QoS TID.....	8

商标

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds in the U.S. and other countries.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

1.1 范围

此文档涵盖了整个 CC33xx 系列，如 [CC33xx 系列表](#) 所示。

表 1-1. CC33xx 系列

CC33xx	说明
CC3300	单频带 2.4GHz Wi-Fi 6
CC3301	单频带 2.4GHz Wi-Fi 6 和低功耗蓝牙

1.2 本文档中使用的首字母缩写词

表 1-2. 首字母缩写词表

首字母缩写词	说明
AC	访问类别
ACK	响应
ACS	自动通道选择
ADDBA	添加块响应
AES	高级加密标准
AIFSN	仲裁帧间间隔数
A-MPDU	聚合 MAC 协议数据单元
A-MSDU	聚合 MAC 服务数据单元
AP	Wi-Fi 接入点
BA	块响应
BLE	低功耗蓝牙
BPSK	二进制相移键控
BT	蓝牙
CCK	补偿编码键控
COEX	共存
CW	争用窗口
DELBA	删除块响应
EAP	可扩展身份验证协议
EDCA	增强型分布式信道接入
ELP	超低功耗
GI	防护间隔
LAN	局域网
LGI	长防护间隔
MAC	媒体访问控制
MCS	调制编码方案
MIMO	多输入、多输出
MR	多角色

表 1-2. 首字母缩写词表 (续)

首字母缩写词	说明
MRMC	多角色多通道
OFDMA	正交频分多路复用接入
P2P	Wi-Fi 对等模式
PBC	按钮配置
PHY	物理 (层)
PS	节能
PTA	数据包流量仲裁
QAM	正交振幅调制
QPSK	正交相移键控
RADIUS	远程身份验证拨入服务
RSN	稳健的安全网络
RSSI	接收信号强度指示器
RX	接收
SIG	短防护间隔
SSID	服务集标识符 (Wi-Fi 网络名称)
STA	Wi-Fi 站点
TID	传输 ID
TIM	流量指示图
TSF	时序同步功能
TWT	目标唤醒时间
TX	发送
TXOP	传输机会
U-APSD	计划外自动节能传输
UPSD	计划外节能传输
WoW	WLAN 唤醒
WLAN	无线局域网
WMM	无线多媒体
WPS	Wi-Fi 保护设置

1.3 CC33xx 规格

表 1-3. CC33xx 规格

角色	特性	说明
基站 (STA)	Wi-Fi 6/802.11ax	OFDMA 触发帧 TWT
	滤波	多播
	优选网络	支持 (WPA 请求方)
	WLAN 唤醒	支持
	Wi-Fi 电源管理模式	标准特性 U-APSD 目标唤醒时间 (TWT) TI 特定的特性 自动节能模式 保持活动 长睡眠间隔

表 1-3. CC33xx 规格 (续)

角色	特性	说明
接入点 (AP)	隐藏 SSID	支持
	已连接站点的最大数量	多达 16 个站点连接 *取决于是否启用 QoS
	老化	支持
通用 (STA 或 AP)	802.11b/g	支持
	802.11a	支持 (取决于平台)
	802.11n	支持
	A-MSDU 和 A-MPDU	支持, 但有例外情况
	BA 会话	TX : 4/RX : 8 *每个链路
	保持活动	支持
	QoS (WMM)	支持
	Wi-Fi 保护设置 (WPS)	支持
	天线分集	支持
	信道切换	支持
	Wi-Fi 电源管理模式	电源模式 有效 标准特性 传统节能模式
安全性	STA 和 AP 个人 : WPA3 ; WPA2-PSK ; WPS PBC + PIN ; 开放式 仅限 STA 模式 企业 : WPA3 GCMP 支持 + 192 位密钥、EAP 方法 (TLS、TTLS、TTLS-MSCHAP、PEAPv0-MSCHAP 和 PEAPv1-TLS)	
多角色多通道	AP-STA	支持
	STA-STA	支持
所有角色	Wi-Fi 蓝牙共存	支持

2 常规特性

2.1 支持的速率

CC33xx 器件支持 SISO20 PHY 速率。CC330x SimpleLink™ Wi-Fi 6 和低功耗 Bluetooth® 中记录了不同速率下的预期 RF 性能 (TX 和 RX)。对于传输, 速率和 TX 功率由器件的链路自适应算法进行选择, 以更大程度地提高数据传输速率, 并尽可能地降低器件的功耗。

以下各小节详细介绍了不同的速率及其调制。

2.1.1 11ax 速率

MCS 索引	调制	码速率	数据速率 (Mb/s)		
			0.8μs GI	1.6μs GI	3.2μs GI
0	BPSK	1/2	4.3	4.0	3.6
		1/2	8.6	8.1	7.3
1	QPSK	1/2	8.6	8.1	7.3
		1/2	17.2	16.3	14.6
2		3/4	25.8	24.4	21.9

MCS 索引	调制	码速率	数据速率 (Mb/s)			
			0.8 μ s GI	1.6 μ s GI	3.2 μ s GI	
3	16-QAM	1/2	17.2	16.3	14.6	
		1/2	34.4	32.5	29.3	
4		3/4	25.8	24.4	21.9	
		3/4	51.6	48.8	43.9	
5		64-QAM	2/3	68.8	65.0	58.5
6			3/4	77.4	73.1	65.8
7	5/6		86.0	81.3	73.1	

2.1.2 11n 速率

MCS 索引	调制	码速率	数据速率 [Mb/s]	
			0.4 μ s GI	0.8 μ s GI
0	BPSK	1/2	7.2	6.5
1	QPSK	1/2	14.4	13
2	QPSK	3/4	21.7	19.5
3	16-QAM	1/2	28.9	26
4	16-QAM	3/4	43.3	39
5	64-QAM	2/3	57.8	52
6	64-QAM	3/4	65	58.5
7	64-QAM	5/6	72.2	65

2.1.3 11a/g 速率

表 2-1. CC33xx 802.11a/g 支持的 PHY 速率

数据速率 [Mb/s]	调制	码速率
6	BPSK	1/2
9	BPSK	3/4
12	QPSK	1/2
18	QPSK	3/4
24	QAM-16	1/2
36	QAM-16	3/4
48	QAM-64	1/2
54	QAM-64	3/4

2.1.4 11b 速率

表 2-2. CC33xx 802.11b 支持的 PHY 速率

调制	数据速率 (Mb/s)	定义位置
DBPSK	1	802.11
DQPSK	2	
CCK	5.5	802.11b
CCK	11	

2.2 A-MPDU 和 A-MSDU

帧聚合通过使用单个 PHY 或 MAC 标头来发送多个数据帧，降低了 802.11 协议的开销并提高了数据吞吐量。实现帧聚合主要有两种方法：聚合 MAC 服务数据单元 (A-MSDU) 和聚合 MAC 协议数据单元 (A-MPDU)。

MSDU 和 MPDU 之间的主要区别在于信息如何通过各自的层传输。

- MSDU 在 MAC 层的上部与更高层之间传输信息。
- MPDU 在 MAC 层的下部与 PHY 层之间传输信息。

除了层间传输的差异之外，聚合单元时的帧结构也存在差异。

- 每个单独的 MSDU 都会接收一个 MSDU 子帧标头，以创建 MSDU 子帧。然后，将其中的两个或更多子帧插入带标头和标尾的 802.11 MAC 帧中。一旦插入，组合帧就被视为 A-MSDU 并使用单个 MAC 标头进行传输。
- 与 MSDU 不同的是，每个 MPDU 都有自己的 802.11 MAC 标头和标尾，然后在同一 PHY 标头下传输。

在帧聚合中，这些技术组合在一起，以便多个 MSDU 可以连接成单个 MPDU 并进行传输。这些聚合交换序列通过一个协议来实现，该协议使用单个块 ACK 来响应 (ACK) 多个 MPDU。有关块 ACK 会话的更多信息，请参阅节 2.3。CC33x 既能够以 A-MPDU 格式发送和接收数据，也能够以 A-MSDU 格式接收数据。

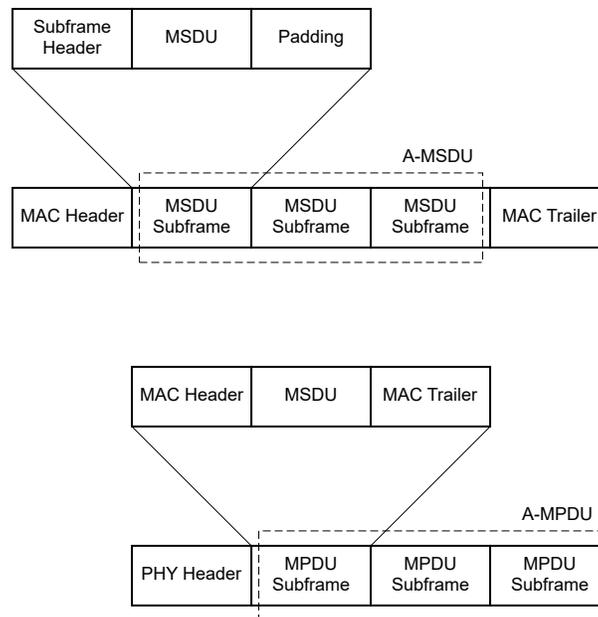


图 2-1. A-MSDU 和 A-MPDU 帧结构

2.3 BA 会话

块响应 (BA) 是 802.11e IEEE Wi-Fi 协议中引入的一项特性，并在 802.11n Wi-Fi 协议 (通常称为 Wi-Fi 4) 中成为强制性功能。它与 A-MPDU 和 A-MSDU 结合使用以提高通道效率。如节 2.2 中所述，BA 会话用于在单个 BA 帧中同时响应多个 MPDU，而不是为每个 MPDU 或帧传输单个 ACK。BA 协议只能与 QoS 数据帧结合使用 (在节 2.7 中讨论)，可能的链路数量取决于器件和传输方向 (TX/RX)。CC33xx 在进行数据传输 (TX) 时每个器件链路支持四个 BA 会话，而在接收数据 (RX) 时每个器件链路支持八个 BA 会话。

此 BA 会话通过在 AP 和 STA 之间传输初始化帧 (称为 ADDBA 帧) 的请求和响应交换来进行初始化。该初始化包括指定参数的信息交换，例如 QoS 传输 ID (TID) 和缓冲区大小。初始化后，可以通过单个块传输并响应多个 QoS 数据帧 (帧数取决于缓冲区大小)。重复该过程，直到 BA 会话发起方 (负责发送称为 DELBA 帧的会话终止请求) 发起的 BA 会话终止。

2.4 保持活动

2.4.1 STA

保持活动特性与下述特性结合使用，可确保当 CC33xx 用作站点时，可在没有活动的时间段内保持与 AP 的连接。作为许多协议的一部分，该器件本质上不需要传回任何可能导致 AP 认为它是不活动器件的数据。考虑到这一点，保持活动特性会自动与以下协议并行实现。

如果 55 秒后，CC33xx 尚未向 AP 传输任何流量，则器件会发送空帧。此空帧告知 AP 该站点仍处于活动状态，不应强制关闭网络。

2.4.2 AP

当 CC33xx 器件处于 AP 模式时，它会跟踪所连接的站点是否有活动。如果站点没有活动，CC33xx 器件会启动计时器，如果在该时间范围内没有发送数据，它会向相关站点发送数据包，以查看该站点是否仍处于连接状态。如果站点没有响应，CC33xx 会断开站点连接以节能。

2.5 WLAN 唤醒 (WoW)

WoW 模式允许主机进入睡眠状态（低功耗模式），而 CC33xx 芯片仍然保持活动状态，就像处于 STA 模式下一样。可以通过 3 种不同的触发方式来唤醒主机：

- **WoW - 任意帧**：通过固件发送到主机的任何帧唤醒
- **WoW - 魔术包**：仅在发送特定数据包时，主机才会被唤醒
- **WoW - 模式**：通过包含 8 种用户定义的不同模式之一的数据包来唤醒

2.6 天线分集

CC33xx 使用外部单刀双掷 (SPDT) 开关，在 2.4GHz 和 5GHz 频段上支持双天线分集。CC33xx 算法根据 RSSI 水平研究和分析最佳信号路径。它选择两条路径中较好的一条来传输和/或接收射频信号，以提高正确接收数据包的可能性并尽可能地提高吞吐量。

2.7 服务质量 (QoS)

IEEE 802.11 服务质量 (QoS) 特性的目的是为不同的流量类型（语音、视频或尽力传送的流量）分配不同的数据包传输优先级。属于延迟敏感型应用程序的数据包会被分配更高的优先级，因此，从统计学角度来看，这些数据包比优先级更低的数据包更早传输的机会更高。

当启用 QoS 时，将在 MAC 层中使用一种称为增强型分布式通道接入 (EDCA) 的技术，以根据数据包的优先级正确传输数据包。

EDCA 中的优先级称为访问类别 (AC)，平均而言，较高优先级流量的 AC 与较低优先级流量的 AC 相比，前者等待发送的时间更短。可根据每个 AC 中预期的流量设置争用窗口 (CW)，对于流量较大的类别，需要更宽的窗口。CW_{min} 值和 CW_{max} 值分别根据 aCW_{min} 和 aCW_{max} 值计算得出，这些值是为 802.11e 支持的每个物理层定义的。

EDCA 提供四种不同的 AC（优先级从最低到最高）：

- 后台 (AC_BK)
- 尽力传送 (AC_BE)
- 视频 (AC_VI)
- 语音 (AC_VO)

在 AP 和 STA 模式下，CC33xx 器件在软件和硬件上都支持 EDCA：当软件维护 AC 类别中的不同队列时，硬件实时确定从哪个 AC 队列发送哪个数据包。表 2-3 展示了对应于 CW 最小值和最大值、AIFSN 和最大 TXOP 的默认 EDCA 值。仲裁帧间隔 (AIFSN) 是发送器在启动退避周期（基于争用窗口）之前推迟的时长，因此 AIFSN 数字越小，帧被传输的概率就越高。TXOP（传输机会）是一个参数，指定客户端可以向 AP 发起传输的时间间隔。

表 2-3. QoS 访问类别

AC	CWmin	CWmax	AIFSN	最大 TXOP
后台 (AC_BK)	15	1023	7	0
尽力传送 (AC_BE)	15	1023	3	0
视频 (AC_VI)	7	15	2	3.008 ms
语音 (AC_VO)	3	7	2	1.504 ms

实际的 EDCA 参数由 AP 端发布。当以 AP 角色运行 CC33xx 器件时，您可以在 TI 配置文件中配置 EDCA 参数。没有从 STA 角色禁用 QoS 的选项（默认情况下启用），但 hostapd.conf 文件中有一个用于禁用 QoS 的选项。

只有当帧从具有 QoS 信息的网络到达时，才将其作为 QoS 帧来处理。每个不含 QoS 信息的帧都作为非 QoS 帧处理。非 QoS 帧的默认参数与尽力传送帧相同（当 AP 不支持 QoS 时也是如此）。

EDCA QoS 与 Wi-Fi 联盟 WMM 认证兼容，但做了少量修改。WMM 定义了八个不同的 TID（流量 ID 0-7），而每个流量 ID (TID) 都获得特定的 AC 处理。

对于 CC33xx 器件，支持 4 个 TID 进行传输，同时支持 8 个 TID 进行接收。WMM 概述的八个 TID 如表 2-4 所示，并注明了支持传输的 TID。

表 2-4. QoS TID

TID	AC	传输
0	AC_BE	支持
1	AC_BK	支持
2	AC_BK	
3	AC_BE	
4	AC_VI	支持
5	AC_VI	
6	AC_VO	
7	AC_VO	支持

2.8 安全

无线加密和身份验证仅允许连接具有相应身份验证和加密类型的器件。要将无线器件连接至特定路由器，该器件还需要正确的密钥（密码）。

2.8.1 身份验证类型

CC33xx 支持以下三种身份验证类型：开放式、个人和企业。但是，支持哪些类型取决于 CC33xx 所处的模式。

- STA 模式：开放式、个人、企业
- AP 模式：开放式和个人

第一种身份验证类型为开放式，它指的是不需要密码即可加入的 AP。

第二种是个人身份验证，其中为 AP 配置了密码，而 AP 本身使用密码来对于对等器件进行身份验证。支持的个人身份验证类型包括：

- Wi-Fi 保护接入 v2 (WPA2)
- Wi-Fi 保护接入 v3 (WPA3)

第三种是企业身份验证（在 STA 模式中受支持），其中 AP 后面的 RADIUS（远程身份验证拨入服务）服务器对于对等器件进行身份验证。下面列出了支持的企业身份验证类型：

- WPA3 GCMP 支持 + 192 位
- EAP 方法
 - TLS

- TTLS
- TTLS-MSCHAP
- PEAPv0-MSCHAP
- PEAPv1-TLS

2.8.2 加密类型

每种加密类型都可以与任何身份验证类型一起使用。

- 开放式 (无加密)
- AES (高级加密标准)

2.9 Wi-Fi 配置

Wi-Fi 配置是指通过向 Wi-Fi 站点加载 SSID 和适当的安全凭证来将 Wi-Fi 站点连接到 AP 的过程。配置可以通过三种主要方法完成：软 AP 配置、低功耗蓝牙配置和 WPS。

2.9.1 AP 配置

启用此模式后，未配置的 CC33xx 器件最初设置为具有预定义 SSID 的 AP。当 CC33xx 器件作为 AP 运行时，用户可以连接并输入所需的凭证。输入安全凭证后，器件会从 AP 模式切换到 STA 模式，并使用之前提供的凭证连接到网络。

2.9.2 低功耗蓝牙配置

在低功耗蓝牙配置模式下，低功耗蓝牙角色处于活动状态，用户可以通过蓝牙连接到 CC33xx 器件。连接后，用户可以发送必要的凭证，然后器件可利用 STA 模式连接到所需的 AP。CC33xx 器件的一个优点是它可以同时激活低功耗蓝牙和 STA 模式。

2.9.3 Wi-Fi 保护设置 (WPS)

WPS 方法是建立 Wi-Fi 连接的另一种方法。支持 WPS 的器件会在信标和探测中声明此功能。采用这种方法时，连接是安全的，并且数据交换是加密的。WPS 连接方法可通过两种方式调用：硬件和软件。硬件和软件过程均使用以下两种 WPS 连接方法之一进行调用：PBC 或 PIN。当一个器件启动 WPS 连接过程后，第二个器件有两分钟时间来响应连接启动器器件。两分钟后，连接启动器停止该过程。任一 WPS 方法都有一个优点，即可以在不知道隐私密钥的情况下加入安全的 Wi-Fi 网络。

缺点是在 WPS 连接过程中，没有定义特定的 SSID。这种限制可能会导致以下情况：两个独立的站点同时启动 WPS 过程 (例如，在两分钟的时间范围内)，而对等站点不知道要连接到其中的哪个站点。这种情况称为 WPS 重叠。仅当一个站点终止 WPS 连接过程时，对等站点才能连接。

2.9.3.1 WPS PBC

可以通过在 wirelesslanconnect 上运行专用命令来调用 WPS 按钮连接方法。

2.9.3.2 WPS 引脚

PIN 方法是另一个用于建立 WPS 连接的选项。在这种情况下，一个 Wi-Fi 器件的标签上印有预定义的 PIN 密钥，长度通常为 8 位，而另一个 Wi-Fi 器件在启动 WPS 连接过程后插入此密钥。带有预定义密钥的一面称为标签，而插入密钥的器件称为键盘。两者都与 PIN 方法相关。插入密钥后，连接过程与 PBC 方法相同。

2.10 Wi-Fi 电源管理模式

2.10.1 功率级别

2.10.1.1 活动

在此模式下，芯片上的 WLAN 始终保持唤醒状态，即使没有流量、扫描等活动也是如此。此模式具有更高的功耗，但也具有更佳的吞吐量和更低的延时。

2.10.2 节能传输

2.10.2.1 传统节能模式

在此模式下，CC33xx 器件的行为取决于它是充当 STA 还是 AP，但在任何一种情况下，它都会以与下述协议一致的方式进行操作。

根据此节能协议，当 STA 检测到 AP 在信标帧中有其对应的数据时，它会向 AP 发送名为 PS-POLL 的触发数据包。作为响应，AP 将第一个排队的帧发送到 STA；如果此帧中的“更多数据”字段打开，则它将向 AP 发送另一个 PS-POLL 帧。STA 会继续发送 PS-POLL 帧以接收所有排队的帧，直到没有剩余数据包。此后，站点返回睡眠状态，直到下一个侦听间隔。

此方法适用于数据使用量非常低的情况，因为它需要额外的开销来接收每个数据包。

3 单一角色：站点

3.1 扫描

在 STA 模式下，扫描功能用于查找和连接可用通道上的可用 AP。CC33xx 器件可配置为使用被动或主动扫描。根本区别在于，在主动扫描期间，器件在切换通道时主动发送探测，而在被动扫描中，器件侦听每个通道中是否有 AP 发出的信标。

3.1.1 活动

当站点处于活动模式时，它会向各种通道发送探测请求，以搜索可用的 AP。一旦在某个通道上广播探测请求，CC33xx 器件就会保留在该通道上，以在指定的时间段（称为停留时间）内等待响应。如果该器件在停留时间内没有收到响应，它将转到下一个通道并广播另一个探测请求。如果该器件确实收到探测响应，其中包含某些参数，例如 SSID、定时同步功能 (TSF)、稳健的安全网络 (RSN) 等，则它会将此 AP 添加到可用于连接的 AP 列表中。

然后，器件移至下一个通道并重复该过程，直到扫描完所有通道。活动的扫描完成后，用户可以查看 AP，并选择一个 AP 以使用相应的凭证进行连接。

3.1.2 无源

当器件使用被动扫描时，它会花一定的时间量侦听每个通道，以接收表明有 AP 可供连接的信标。一段时间后，器件切换到下一个通道并重复该过程。从 AP 发送到站点的信标包含信息元素 (IE)，例如 SSID、RSN 和国家/地区代码，这些信息元素使器件能够了解是否允许它在该通道上进行传输。

与主动扫描相比，被动扫描通常需要更长的时间才能完成，因为器件需要在每个通道上花更多的时间，以便 AP 有足够的时间发送信标。主动扫描遵循类似的过程，在等待必要的时间段后，器件切换到不同的通道以继续侦听信标帧。扫描完成后，可用的 AP 将作为可能的连接存储在存储器中。

3.2 Wi-Fi 6

CC33xx 支持通常称为 Wi-Fi 6 的 IEEE 802.11ax 标准。下面列出了一些 Wi-Fi 6 特性：

- **正交频分多址 (OFDMA)** - 在 Wi-Fi 6 中，每个通道的子载波频率数量已增至 4 倍，子载波间隔已减少到之前 802.11 修订版的子载波间隔的四分之一。这样可以实现更好的均衡，从而增强通道的稳健性和性能。
- **触发帧** - 借助这一技术，AP 向所有连接的站点发送触发信号，以便它们全部同时发送数据。它用于上行链路 OFDMA 中，以协调在同一时间以及在 TWT 中向 AP 传输数据的客户端。
- **目标唤醒时间 (TWT)** - 与传统 Wi-Fi 6 器件相比，此特性使 Wi-Fi 6 器件能够更高效地睡眠。Wi-Fi 6 AP 可以与参与的 STA 协商使用目标唤醒时间 (TWT) 功能来定义各个站点访问介质的特定时间或一组时间。这可以更好、更高效地实现节能机制，直接延长产品的电池寿命。

备注

有关更多信息，请参阅最新的软件版本说明。

3.3 多播滤波

多播滤波在硬件内完成。初始化时，多播滤波被禁用，所有多播帧都发送到主机。器件经初始化后，将自动启用多播滤波，用户可以注册特定的多播地址以开始接收数据包。只对来自自己注册地址的帧进行滤波，而丢弃所有其他多播帧。CC33xx 软件支持多达 20 个不同的可配置多播组。多播滤波仅适用于 STA 角色，因为 AP 角色应将所有多播帧分发到所有其他器件。

3.4 优选网络

优选网络或配置文件是指您已明确预定义或由支持 WLAN 的器件获悉并存储的 Wi-Fi 网络。优选网络定义包括 SSID、安全类型、它是隐藏网络还是非隐藏网络以及网络的优先级。

这些网络在 WLAN 请求方配置文件中定义，一旦在扫描过程中发现，就可以自动连接。假定保存了正确的凭证，打算调用连接的器件或应用程序会启动扫描阶段，并连接到所发现的优选网络之一。关于何时以及是否开始扫描阶段的决定因操作系统和管理 Wi-Fi 连接的应用程序而异。通常，一旦在器件上启用了 Wi-Fi，并且在请求方中定义了一个或多个配置文件，就会开始扫描。

获得扫描结果后，器件会检查一个或多个适用的网络，并将它们与存储的配置文件进行比较。当发现与存储的配置文件之一匹配时，器件会启动与网络的连接。如果网络具有相同的网络名称和安全类型，则认为该网络适用于连接。但是，对于具有安全性的网络，只有当所有凭证都正确时，连接过程才会成功。如果配置文件的安全类型匹配但安全密钥是错误的，连接过程将启动，但完整的连接将失败。

扫描周期结束后，如果与存储的配置文件列表存在多个匹配项，则管理连接过程的器件或应用程序根据优先级、安全类型和 RSSI 选择了 Wi-Fi 网络。

3.5 信道切换

动态频率选择 (DFS) 是应用于 5GHz 信道 52 至 140 (雷达工作信道) 的过程。信道切换是一种动态切换 5GHz 无线电工作频率的机制，旨在避免与雷达系统进行同信道操作。

该功能的作用是在检测到雷达信号时，确保 STA 不会在 DFS 工作的信道中传输任何数据包。

AP 必须检测雷达信号，并通过使用信标和探测响应帧发送信道切换通告 (CSA) 给所有连接的站点，告知它们 AP 即将切换到新信道。收到信道切换通告后，STA 可以选择不执行指定的切换，而是采取其他替代措施。

当 CC33xx 处于 STA 模式时，会启用信道切换功能。

3.6 Wi-Fi 电源管理模式

由于降低器件的电流消耗非常重要，因此 CC33xx 具有极低功耗 (ELP) 级别，可用于下文所述的许多节能模式。ELP 是一种器件电源状态，在该状态下，器件处于睡眠状态，以大幅降低活动之间的功耗。此器件会根据下文所述的 Wi-Fi 电源管理协议的要求进入此状态。

3.6.1 节能传输

3.6.1.1 计划外异步节能传输 (U-APSD)

计划外自动节能传输 (U-APSD) 机制也称为无线多媒体 (WMM) 节能。如在 VOIP 中一样，传统的节能方法可能会降低由短帧组成的周期性双向流量的质量。由于 VOIP 数据应在固定时间 (对于 VOIP 呼叫为 20 毫秒) 周期性地向发送数据，所以传统机制不够高效。构建 U-APSD 机制是为了优化传统机制。

从根本上说，U-APSD 是一种轮询方案，与传统的节能传输类似。然而，在 U-APSD 模式下，任何传输的帧都在节能模式下用作轮询帧，并触发 AP 从与传输的数据包相同的访问类别 (AC) 中释放缓冲帧 (AP 释放的帧数是可配置的并在连接阶段确定)。例如，语音数据包仅释放语音缓冲数据包。如果没有传输的数据包，STA 会发送 QoS 空数据包 (在 AP 在其信标中公开它具有特定关联站点的数据后)，这会轮询缓冲的数据。这对于双向流量流 (例如 VOIP 呼叫) 非常有效。

当 STA 从节能模式中唤醒以传输数据时，STA 会利用该模式来获取从 AP 缓冲的任何数据。仅当 STA 和 AP 配置为启用 WMM 时，此特性才有效。

3.6.1.2 目标唤醒时间 (TWT)

与传统 Wi-Fi 6 器件相比，Wi-Fi 6 的这个特性使器件能够更高效地睡眠。有关更多信息，请参阅节 3.2。

3.6.2 TI 特定的特性

3.6.2.1 自动节能模式

在此模式下，STA 自动在活动模式和节能模式之间切换。当 STA 以空闲模式连接并且不需要发送或传输任何数据时，STA 处于节能模式。然而，如果 STA 必须在网络中执行任何活动，例如接收流量，它会在节能位关闭的情况下发送一个空数据帧。这样，从那一刻起，STA 就处于活动模式，直到活动完成为止。经过预先配置的时长后，节能位已开启的空数据帧会发送到接入点，并且 STA 返回节能模式。这可确保在功耗与更佳性能之间达到平衡。

3.6.2.2 长睡眠间隔

CC33xx 器件具有可配置的长睡眠间隔 (LSI) 功能，可降低器件的功耗。CC33xx 可配置为在特定间隔内睡眠，以便每“n”个 DTIM (传递流量指示消息) 唤醒一次。这就实现了一种权衡，即器件能够显著降低功耗，但当器件仍处于睡眠状态时，接收到的 DTIM 之间可能会丢失多播/广播帧。

当器件处于睡眠状态时，数据将在 CC33xx 连接到的 AP 内缓冲，直到下一个 DTIM (指示 CC33xx 唤醒)，此时器件会接收数据。如果缓冲区在站点能够检索数据之前达到容量，则可能会发生丢失数据的潜在权衡。器件处于休眠状态的时间量可根据 DTIM 间隔 (每个 DTIM 之间发送的信标数量) 进行配置。因此，CC33x 能够在发送的指定信标间隔内针对单个广播而唤醒。

有关配置 LSI 特性的指南，请参阅 CC33xx SDK。

4 单一角色：AP

4.1 隐藏 SSID

隐藏 SSID 是一种使站点更难确定网络名称的方法。使用隐藏 SSID 时，网络 ID (SSID) 不会在 AP 信标中进行广播。

除了来自具有特定 SSID 的探测请求之外，AP 不向任何器件回复探测响应。这种方法不安全，因为可以使用监听器从探测请求中查看特定 AP 的 SSID。使用无线器件扫描环境时，将找不到具有隐藏 SSID 的 AP。

必须对要连接的无线器件执行连接扫描，这意味着使用 SSID 传输单播探测请求。

4.2 已连接站点的最大数量

当 CC33xx 作为 AP 运行时，它能够支持多达四个或十六个站点，具体取决于是否启用了 QoS。该器件具有固定数量的存储器，用于缓冲传输到已连接站点的数据。每个站点所需的存储器量取决于是否启用 QoS，因为每个站点都需要额外的存储器来支持访问类别 (AC) 队列。

如果启用了 QoS，则必须为所有受支持的站点启用它；因此，每个站点需要四个队列来容纳四个不同的 AC，因此总共需要十六个队列。相反，当 CC33xx 尚未启用 QoS 时，每个站点均可利用一个队列所需的存储器空间，从而允许器件支持十六个不同的站点。有关 QoS 的更多信息，请参阅节 2.7。

4.3 老化

老化机制的目的是通过对已断开连接的站点解除关联和取消身份验证来节省 AP 资源。如果站点在可配置的秒数（默认为 300 秒，即 5 分钟）内未发送任何内容，则 CC33xx 发送一个空数据帧。如果站点未应答帧中的数据，则将其解除关联，然后由 AP 取消身份验证。

当外部连接的站点突然发生网络丢失时，通常会使用老化机制，从而释放分配的空间。它具有默认配置，但也可以根据需要进行更改。

5 多角色多通道

CC33xx 器件支持多角色多通道 (MRMC) 操作。支持的角色组合如下所述。

5.1 AP-STA

CC33xx 可以具有活动的 AP 和 STA 角色，允许器件连接到 CC33xx，同时 C33xx 也连接到单独的 AP。利用 AP-STA 特性，CC33xx 可以支持多个站点（如节 4.2 中所述），同时还可连接到 AP。这可以让器件充当从多个站点到单个 AP 的桥接器或网关。

5.2 STA-STA

CC33xx 可充当两个不同的站点 (STA-STA)，其中，它能够同时连接到两个不同的 AP，但无法将 Wi-Fi 6 与这两个 AP 一起使用。该器件可将 Wi-Fi 6 特性与其中一个 STA 角色结合使用，并可将 Wi-Fi 802.11n (Wi-Fi 4) 与另一个 STA 角色结合使用。

6 Wi-Fi/低功耗蓝牙共存

Wi-Fi 和低功耗蓝牙均在 CC33xx 上实现，因此无需单独的器件即可实现低功耗蓝牙和 Wi-Fi。这提供了一种更紧凑、价格更低廉的解决方案，可对 Wi-Fi 和低功耗蓝牙信号的传输进行出色的协调。这种协调是使用共存 (COEX) 硬件模块实现的，该模块能够对内部 Wi-Fi 和低功耗蓝牙信号以及以相同 2.4GHz 频率运行的外部 SOC 信号进行多路复用空中接入。

为 CC33xx 器件实现的 COEX 接口与支持数据包流量仲裁 (PTA) 的其他 2.4GHz 技术兼容。这是 IEEE 802.15.2 推荐和描述的方法之一。

2.4GHz 频带上的任何信号传输均使用同一天线，因此 COEX 模块可根据为不同信号分配的优先级，最大限度地减少和处理实时空中接入冲突。

来自 BLE Core 和 WiFi 模块的信号均经过 COEX 硬件并进行多路复用，以从天线传输。还可以连接外部 SOC，该 SOC 也将通过 COEX 硬件进行多路复用，以通过同一天线进行传输。

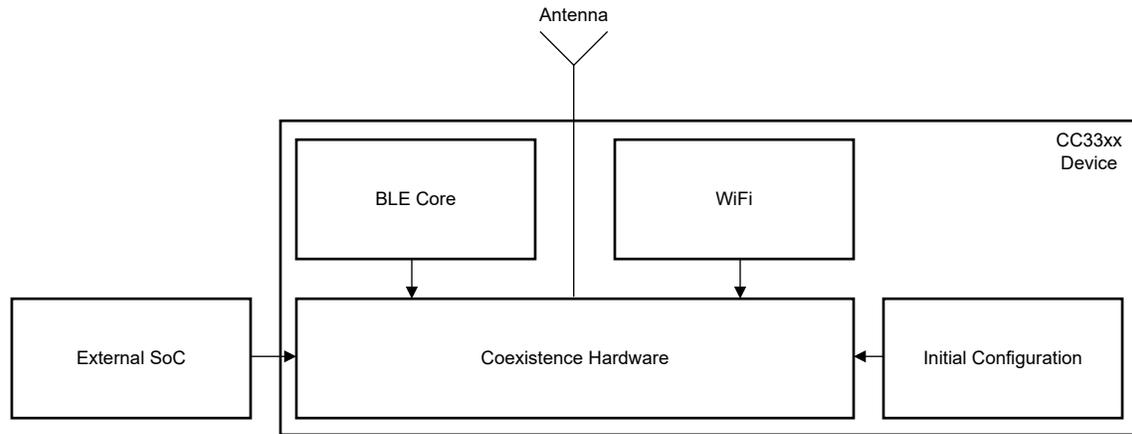


图 6-1. CC33xx 器件中的共存

7 参考文献

- 德州仪器 (TI) : [CC330x SimpleLink™ Wi-Fi 6 和低功耗 Bluetooth® 配套 IC 数据表](#)

8 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (December 2023) to Revision B (April 2024)	Page
• 更新了节 1.2。	2
• 更新了表 1-3。	3
• 添加了节 2.5	7
• 添加了节 2.6	7
• 添加了节 3.5	11

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司