

TI WBMS 参数的自动化计算与配置优化

Yue, Tang

FAE/China CM

ABSTRACT

本文介绍了 TI 无线电池管理系统 (WBMS) 协议栈的配置参数, 并探讨了如何使用 Excel 工具来自动化生成及优化这些参数, 以提高效率和准确性。

Contents

1	引言	2
2	TI 无线电池管理系统 (WBMS) SDK 简介及关键参数.....	2
	2.1 SimpleLink™ 无线电池管理系统 (BMS) 软件开发套件 (SDK).....	2
	2.2 TI WBMS 协议栈关键参数	3
	2.2.1 关键参数简介	3
	2.2.2 超帧, 时隙和上下行的概念及时间的计算	5
	2.2.3 活动模式, 保持活动模式及存储模式.....	6
3	Excel 参数配置工具.....	7
	3.1 Excel 工具介绍及下载	8
	3.2 使用示例	8
4	参考文献	10

Figures

Figure 1.	TI WBMS 框图.....	2
Figure 2.	TI WBMS SDK 在线申请	3
Figure 3.	WBMS SDK 参数配置文件“user_config.h”.....	3
Figure 4.	节点数量, 超帧及上下行时间	5
Figure 5.	活动模式示意图	6
Figure 6.	KIA =18, SKIP=3, 保持活动模式示意图.....	7
Figure 7.	存储模式状态图	7
Figure 8.	配置参数计算界面.....	8
Figure 9.	DENYLIST 操作界面.....	8
Figure 10.	参数配置计算工具使用示例	9
Figure 11.	计算结果超出范围示例	9
Figure 12.	WBMS DENYLIST 表使用示例.....	10

引言

在当今快速发展的电动汽车领域，无线电池管理系统（WBMS）正逐渐成为提升电池监控和数据传输效率的关键技术。TI 公司推出的 WBMS 系统，通过其创新的无线技术，为电动汽车制造商提供了一种可靠、安全、经济高效的电池管理解决方案。本文旨在向读者提供一个全面的 WBMS 参数配置指导，详细介绍了协议栈的关键参数和相关概念，并展示了如何运用 Excel 自动化生成和优化配置参数，从而提升配置工作的效率和精确度。

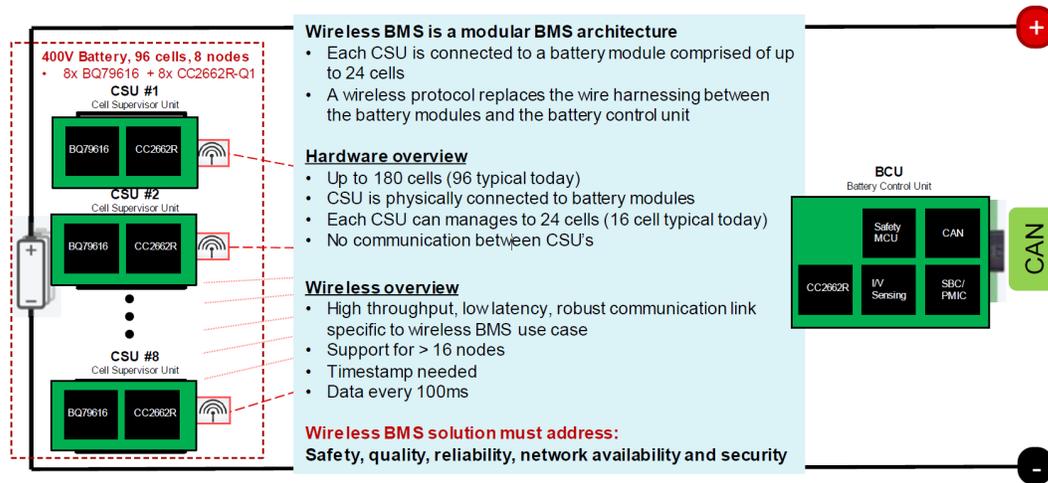


Figure 1. TI WBMS 框图

TI 无线电池管理系统（WBMS）SDK 简介及关键参数

SimpleLink™ 无线电池管理系统 (BMS) 软件开发套件 (SDK)

SimpleLink™ 无线电池管理 (BMS) 软件开发套件 (SDK) 为无线 BMS 和电缆更换应用提供了全面的软件包，并支持基于 SimpleLink 2.4GHz CC2662R-Q1 无线 MCU 的 TI 专有无无线 BMS 协议。该协议是根据 TÜV SÜD ASIL-D 功能安全概念进行定义和评估的。特性如下：

- 支持基于星形信标网络的无线协议。该协议经过优化，可替代电池管理系统中的电线和线束。
- 根据 ISO26262 以 Black Channel 原理运行的软件提供了数据完整性机制，以协助系统集成商在系统级别符合 ASIL-D 标准。
- Simple Link 无线 BMS 评估套件 (CC2662RQ1-EVM-WBMS) 上提供了可配置的无线 BMS 演示和 GUI，使设计人员能够加快评估。
- 使用具有密钥刷新和密钥管理功能的 AES-128 加密进行安全通信。
- 支持 Code Composer Studio™ 集成开发环境 (IDE)。

请前往 [SIMPLELINK-WBMS-SDK](#) 页面，申请获得 SDK：



Figure 2. TI WBMS SDK 在线申请

TI WBMS 协议栈关键参数

关键参数简介

以下是 TI 无线电池管理系统（WBMS）中需要配置的关键参数的总结，这些配置参数都包含在 SDK 工程中的“user_config.h”文件里。

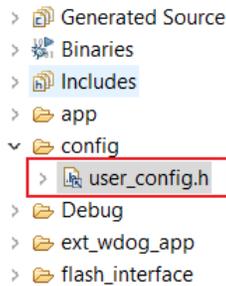


Figure 3. WBMS SDK 参数配置文件“user_config.h”

1. 网络地址（Network Address）：

- USER_CFG_MAC_NETWORK_ADDR：这是一个唯一的标识符，用于区分不同的 WBMS 网络。它不仅用于生成频率跳变表，还用于过滤来自其他网络的数据包。在多网络环境中，确保每个网络都有唯一的网络地址是必要的，以避免数据包冲突和网络干扰。

2. 上行链路时隙数量（Number of Uplink Slots）：

- USER_CFG_N_UL_SLOTS：这个参数定义了网络中可以有多少个无线设备节点（WD）。每个 WD 都被分配一个上行链路时隙，因此这个参数也决定了超帧（SF）结构中上行链路时隙的数量。

3. 上行链路时隙时间（Uplink Slot Time）：

- USER_CFG_T_SLOT_UL_TIME：这个参数设置了每个上行链路时隙的持续时间。时隙时间必须足够长，以容纳最大数据包的大小。如果测试数据包长度设置为 200 字节，则上行链路时隙时间需要相应地更长。

4. 下行链路时隙时间（Downlink Slot Time）：

- USER_CFG_T_SLOT_DL_TIME：这个参数设置了下行链路时隙的持续时间。与上行链路时隙时间类似，下行链路时隙时间也必须足够长，以容纳最大数据包的大小。

5. 最大重试次数（Maximum Packet Retries）：

- USER_CFG_MAX_PKT_TX_RETRIES：这个参数定义了在未收到确认（ack）的情况下，无线主节点（WM）重传数据包的最大次数。这是为了确保数据包能够可靠地传输。

6. 保持活动间隔（Keep-Alive Interval）：

- USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT：在保持活动模式下，这个参数设置了无线主节点和无线设备节点之间通信的间隔。这个间隔是以超帧为单位的，它决定了节点在低功耗模式下唤醒和发送心跳消息的频率。

7. 最小无线设备节点数量（Minimum Number of Wireless Device Nodes）：

- USER_CFG_MIN_PNW_DEVICES：这个参数定义了在网络形成过程中必须发现的最小设备节点数量。如果在这个数量以下的设备没有在扫描超时时间内被发现，则网络形成将失败。

8. 扫描超时（Scan Timeout）：

- USER_CFG_SCAN_TIMEOUT：这个参数设置了 WM 在网络扫描过程中的超时值。如果在这个时间内没有找到足够的设备节点，则网络形成会提示失败。

9. 密钥刷新闻隔（Key Refresh Interval）：

- USER_CFG_KEY_REFRESH_INTERVAL：这个参数定义了给定网络密钥下可以加密的数据包的最大数量。达到这个数量后，无线主节点将尝试开始密钥刷新过程，以保持通信的安全性。

10. 最大密钥刷新重试次数（Maximum Key Refresh Retries）：

- USER_CFG_MAX_KEY_REFRESH_RETRIES：这个参数定义了密钥刷新失败后的最大重试次数。这是为了确保在密钥刷新过程中出现问题时，系统能够有足够的机会恢复。

11. 拒绝列表（Deny List）：

- USER_CFG_DENYLIST：这个参数用于从频率跳变表中移除疑似干扰的频道。通过设置拒绝列表，可以减少网络干扰，提高通信的可靠性。

12. 测试数据包长度（Test Packet Length）：

- USER_CFG_TEST_PKT_LEN：这个参数设置了 WBMS 库发送的测试数据包的有效载荷长度。测试数据包用于在没有应用层数据包的情况下，检查网络的连通性和性能。

13. WD 初始扫描超时（WD Scan Init Timeout）：

- USER_CFG_WD_SCAN_INIT_TIMEOUT 这个参数定义了 WD 在初始状态下扫描 WM 的超帧 (Super frame) 数量。初始超时时间是 WD 在进入存储模式之前，连续扫描以寻找 WM 的时间。初始超时设置得较长可以增加 WD 找到 WM 的机会，但也意味着在初始阶段会消耗更多的能量。

14. WD 周期扫描回退时间 (Periodic Scan Back off Time)

- USER_CFG_PERIODIC_SCAN_BACKOFF_TIME 这个参数定义了 WD 在存储模式下，无线电模块关闭的时间长度，即 WD 在两次扫描之间休眠的时间。这个时间通常是以微秒 (us) 为单位。通过增加这个时间间隔，可以减少 WD 的能耗。

以上参数的配置对于确保 WBMS 网络的稳定性、安全性和高效性至关重要。开发者需要根据具体的应用需求和环境条件来细致地调整这些参数。

超帧，时隙和上下行的概念及时间的计算

以下参数相互关联，共同决定了网络的超帧结构、时隙分配以及保持活动模式的运作：

- 1. Downlink 和 Uplink:** 下行是指通讯方向从 WM (发送) 到 WD (接收)，上行则是 WD (发送) 到 WM (接收)。
- 2. Super Frame:** 超帧是 WBMS 网络中时间同步的基本单位，包含 1 个下行链路时隙和 N 个上行链路时隙 (由 USER_CFG_N_UL_SLOTS 定义)。
- 3. Slot:** 时隙是超帧中的单个通信时间段，可以是上行链路时隙或下行链路时隙。每个时隙都有一个特定的持续时间，由 USER_CFG_T_SLOT_UL_TIME 和 USER_CFG_T_SLOT_DL_TIME 定义。

相关公式如下：

- 总上行链路时隙时间 (Total Uplink Slot Time) : $t_{\{UL\}} = (USER_CFG_T_SLOT_UL_TIME * 16) * USER_CFG_N_UL_SLOTS$ 其中 $t_{\{UL\}}$ 是以微秒 (us) 为单位的总上行链路时隙时间。
- 总下行链路时隙时间 (Total Downlink Slot Time) : $t_{\{DL\}} = (USER_CFG_T_SLOT_DL_TIME * 16)$ 其中 $t_{\{DL\}}$ 是以微秒 (us) 为单位的总下行链路时隙时间。
- 超帧总时间 (Total Super frame Time) : $t_{\{SF\}} = t_{\{DL\}} + (USER_CFG_T_SLOT_UL_TIME * 16) * USER_CFG_N_UL_SLOTS$ 其中 $t_{\{SF\}}$ 是以微秒 (us) 为单位的超帧总时间。

如下是一个 3 节点网络例子 (USER_CFG_N_UL_SLOTS =3) 示意图：



Figure 4. 节点数量，超帧及上下行时间

活动模式，保持活动模式及存储模式

在 TI 无线电池管理系统（WBMS）中，活动模式（Active Mode）、保持活动模式（Keep-Alive Mode，简称 KA 模式）和存储模式（Storage Mode）是描述系统能耗和通信行为的三种不同工作模式。

➤ 活动模式（Active Mode）：

- 定义：活动模式是网络节点正常运行的状态，节点在这个模式下积极参与网络通信，执行其主要的监测和控制任务。
- 特点：在活动模式下，无线主节点（WM）和无线设备节点（WD）都会定期发送和接收数据包，以确保网络的实时监控和控制。这种模式下，节点的功耗相对较高，因为它们需要持续地进行通信和处理数据。
- 应用场景：活动模式适用于需要连续监测和快速响应的应用，例如电池状态的实时更新、故障诊断和系统控制。

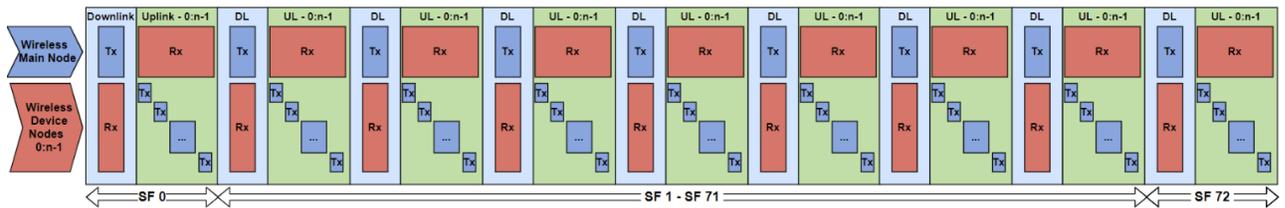


Figure 5. 活动模式示意图

➤ 保持活动模式（Keep-Alive Mode）：

- 定义：保持活动模式是一种低功耗操作模式，用于在网络节点之间维持基本的通信连接，同时减少能耗。
- 特点：在保持活动模式下，节点会周期性地发送心跳消息或保持活动消息，以告知网络它们仍然在线并可通信。这种模式下，节点的通信活动减少，从而降低了功耗。在不需要频繁数据交换的情况下，这种模式可以延长电池寿命。
- 应用场景：保持活动模式适用于那些不需要持续数据传输但仍需保持网络连接的场景，例如在设备处于待机状态或低负载条件下的监控系统。

如下两个参数的设置与保持活动模式紧密相关：

- **USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT**：这个参数定义了保持活动模式下，无线主节点（Wireless Main Node, WM）和无线设备节点（WD）之间通信的间隔，以超帧为单位。需注意，保持活动模式间隔应小于 **300ms**。
- **USER_CFG_SKIPRX_INT**：这个参数定义了保持活动模式（Keep-Alive Mode）下，无线主节点（WM）可以跳过接收操作的间隔（KAI）的个数。即在指定数量的超帧周期内，WM 将不会尝试接收来自无线设备节点（WD）的数据，请参考如下示意图

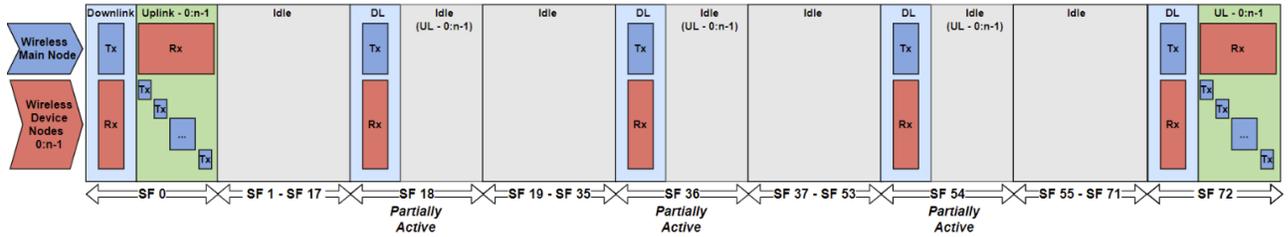


Figure 6. KIA = 18, SKIP = 3, 保持活动模式示意图

➤ 存储模式 (Storage Mode):

- 定义：存储模式是一种节能模式，WD 没有与 WM 连接。WD 会定期关闭无线电模块以减少能量消耗。在这种模式下，WD 会周期性地唤醒以侦听无线主节点（Wireless Main Node, WM）的扫描。
- 特点：
 1. 低功耗：通过关闭无线电模块，显著降低 WD 的能耗。
 2. 周期性唤醒：WD 按照设定的时间间隔唤醒，侦听 WM 的扫描广播。
 3. 可配置的扫描超时：可以通过参数 `USER_CFG_WD_SCAN_INIT_TIMEOUT` 配置 WD 在初始状态下的扫描超时。
 4. 可配置的休眠时间：可以通过参数 `USER_CFG_PERIODIC_SCAN_BACKOFF_TIME` 配置 WD 在两次扫描之间的休眠时间。
- 应用场景：存储模式适用于在电池模组需要长期存储或者长途运输的场景，避免持续侦听扫描而产生的高功耗导致电池过放。

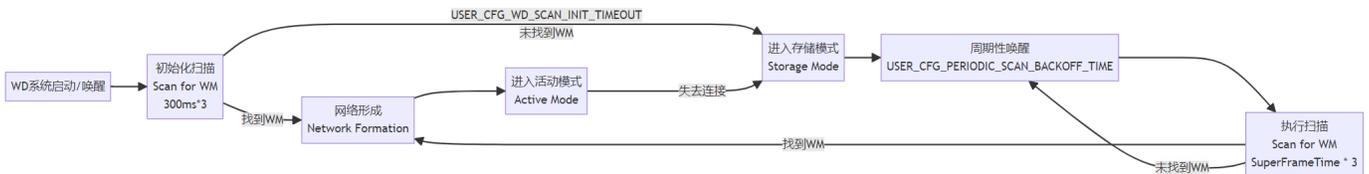


Figure 7. 存储模式状态图

Excel 参数配置工具

WBMS 的参数配置涉及复杂的计算和相互依赖的关系，手动计算和配置参数既耗时又容易出错，使用 Excel 可以通过预定义的公式和逻辑来自动计算参数，减少人为输入错误，确保参数配置的准确性。这对于系统的稳定性和性能至关重要。

Excel 工具介绍及下载

工具获得请点击[下载](#)，界面如下图所示。目前支持配置参数计算，DENYLIST 生成及串口命令生成。蓝色是与“user_config.h”文件对应的宏定义，黄色单元格用户可输入，灰色单元格是默认参数或者是计算结果，无需更改。绿色表示计算结果符合要求，而红色表示不符合，需重新调整。

A	B	C	D
1 参数 (蓝色部分需填入“user_config.h”文件)	Value (黄色-用户输入, 灰色-计算结果无需更改)	Unit	备注Comments
2 USER_CFG_N_UL_SLOTS	15		根据网络WD的数量修改, 例如15节点网络请填写15
3 USER_CFG_T_SLOT_DL_TIME	250		根据下行数据包长度修改, 建议使用默认值250
4 USER_CFG_T_SLOT_UL_TIME	70		根据上行数据包长度修改, 建议使用默认值70
5 USER_CFG_T_SLOT_UL2DL_TIME	40		建议使用默认值40
6 USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT	14	14.0	灰色是计算出的推荐值, 黄色可用户自行输入
7 USER_CFG_SCAN_TIMEOUT	32767		WM扫描超时值 (超帧数), 超时后停止扫描
8 USER_CFG_WD_SCAN_INIT_TIMEOUT	32767		WD初始侦听扫描超时值 (超帧数), 超时后将进入Storage mode
9 USER_CFG_PERIODIC_SCAN_BACKOFF_TIME	5000000	us	进入Storage mode后, 唤醒接收扫描间隔时间
10 USER_CFG_DENYLIST	0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF	us	可保持默认值 或通过“WBMS_DENYLIST”表进行配置
11 1 UNIT	16	us	
12			
13 基于蓝色部分输入参数的计算结果			
14 tSUPERFRAME_US	21440	us	超帧时长
15 tTOTAL_DL_SLOT_TIME_US	4000	us	下行链路时长
16 tTOTAL_UL_SLOT_TIME_US	16800	us	上行链路时长
17 tTOTAL_UL2DL_SLOT_TIME_US	640	us	总的上行到下行链路转换时间
18 Keep-Alive Interval	300.2	ms	接近并小于300ms, 红色时, 修改“USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT”的值
19 WM_SCAN_TIMEOUT	703	s(秒)	WMAIN启动网络后持续扫描的时间
20 WD_SCAN_INIT_TIMEOUT	703	s(秒)	WD初始侦听扫描的持续时间
21			
22 包长与数据通讯时间估算			
23 Payload Lengh	200	Bytes	公式如下:
24 Down Link Time	896	us	header_len = 18B + ack_bytes (1B-4B), footer_len = 4B
25 Up Link Time	872	us	header_len = 14B, footer_len = 4B
26 Convert to DL_TIME	56		tpkt = (payload_len + header_len + footer_len) * 8 ÷ 2Mbps
27 Convert to UL_TIME	55		

Figure 8. 配置参数计算界面

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1 通道编号	频道 (Mhz)	是否排除	计算结果												
2 37	2402		FF	FF	FF	FF	FF								
3 0	2404	1													
4 1	2406	1													
5 2	2408	1													
6 3	2410	1													
7 4	2412	1													
8 5	2414	1													
9 6	2416	1													
10 7	2418	1													
11 8	2420	1													
12 9	2422	1													
13 10	2424	1													
14 38	2426														
15 11	2428	1													
16 12	2430	1													
17 13	2432	1													
18 14	2434	1													
19 15	2436	1													
20 16	2438	1													
21 17	2440	1													
22 18	2442	1													
23 19	2444	1													
24 20	2446	1													
25 21	2448	1													
26 22	2450	1													
27 23	2452	1													

Figure 9. DENYLIST 操作界面

使用示例

以下是使用该 Excel 工具的示例:

- 配置一个 15 个 WD 的网络, 满足 100 MS FTTI 上传一次数据, WM 组网时间 20 秒, 5 秒间隔存储模式, 并在保持连接模式 (Keep-Alive Mode) 时功耗优化。

在 Excel 工具的“WBMS 参数设置”中黄色区域输入：

- USER_CFG_N_UL_SLOTS : 15
- USER_CFG_MAX_PKT_TX_RETRIES : 3
- USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT : 14
- USER_CFG_SCAN_TIMEOUT : 950
- USER_CFG_PERIODIC_SCAN_BACKOFF_TIME : 5000000

则在下面的计算结果区可以看到：

- tSUPERFRAME_US : 21440 us
- tFTTI : 86 mms, 满足小于 100 ms FTTI 要求, 重传次数符合要求
- KEEP ALIVE INTERVAL : 300.2 ms, 非常接近 300 ms, 在保持连接模式功耗得到优化
- WM_SCAN_TIMEOUT: 20 S

A	B	C	D
参数 (蓝色部分对应“user_config.h”文件)	Value (黄色-用户输入, 灰色-计算结果无需更改)	Unit	备注Comments
USER_CFG_N_UL_SLOTS	15		根据网络WD的数量修改, 例如15节点网络请填写15
USER_CFG_T_SLOT_UL_TIME	70	16us	根据上行数据包长度修改, 建议使用默认值70
USER_CFG_T_SLOT_DL_TIME	250	16us	根据下行数据包长度修改, 建议使用默认值250
USER_CFG_T_SLOT_UL2DL_TIME	40	16us	建议使用默认值40
USER_CFG_MAX_PKT_TX_RETRIES	3		最大重传次数
USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT	14	14.0	灰色是计算出的推荐值, 黄色可用户自行输入
USER_CFG_SKIPRX_INT	3		使用默认值3, 在KA模式下, WM跳过设定值*KAI 不进行接收
USER_CFG_DENYLIST	0xFF, 0xE3, 0xFF, 0xFF, 0xFF		可保持默认值 或通过“WBMS_DENYLIST”表进行配置
USER_CFG_SCAN_TIMEOUT	950	SF	WM扫描超时值 (超帧数), 超时后停止扫描
USER_CFG_MIN_PNW_DEVICES	15		在网络形成过程中必须发现的最小设备节点数量
USER_CFG_SYNC_LOSS_THRESHOLD	16	SF	WD在进入失去同步状态前可容忍的超帧数量
USER_CFG_WD_SCAN_INIT_TIMEOUT	950		WD初始侦听扫描超时值 (超帧数), 超时后将进入 Storage mode
USER_CFG_PERIODIC_SCAN_BACKOFF_TIME	5000000	us	进入 Storage mode后, 唤醒接收扫描间隔时间
1 UNIT	16	us	
基于蓝色部分输入参数的计算结果			
tSUPERFRAME_US	21440	us	超帧时长
tTOTAL_DL_SLOT_TIME_US	4000	us	下行链路时长
tTOTAL_UL_SLOT_TIME_US	16800	us	上行链路时长
tTOTAL_UL2DL_SLOT_TIME_US	640	us	总的上行到下行链路转换时间
tFTTI	86	ms	Fault-Tolerant Time Interval (tftti), 与重传次数相关
KEEP ALIVE INTERVAL	300.2	ms	接近并小于300ms, 红色时, 修改“USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT”的值
WM_SCAN_TIMEOUT	20	S(秒)	WMMAIN启动网络后持续扫描的时间
WD_SCAN_INIT_TIMEOUT	20	S(秒)	WD初始侦听扫描的持续时间

Figure 10. 参数配置计算工具使用示例

➤ 请注意, 当计算结果提示红色时, 请相应调节输入区的值。如对于 15 个节点的网络, 当 USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT 设置成 15 时, 显示红色, 表示输入的参数不合适。

基于蓝色部分输入参数的计算结果			
tSUPERFRAME_US	21440	us	超帧时长
tTOTAL_DL_SLOT_TIME_US	4000	us	下行链路时长
tTOTAL_UL_SLOT_TIME_US	16800	us	上行链路时长
tTOTAL_UL2DL_SLOT_TIME_US	640	us	总的上行到下行链路转换时间
tFTTI	86	ms	Fault-Tolerant Time Interval (tftti), 与重传次数相关
KEEP ALIVE INTERVAL	321.6	ms	接近并小于300ms, 红色时, 修改“USER_CFG_KEEP_ALIVE_INT”的值
WM_SCAN_TIMEOUT	20	S(秒)	WMMAIN启动网络后持续扫描的时间
WD_SCAN_INIT_TIMEOUT	20	S(秒)	WD初始侦听扫描的持续时间

Figure 11. 计算结果超出范围示例

- 如需要配置 USER_CFG_DENYLIST，请转到 Excel 的“WBMS DENYLIST”表，默认值是“0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF”，表示所有数据通道均使能。如设计让 10, 11, 12 通道不参与跳频，将对应通道从“1”改成“0”，则计算结果为“0xFF, 0xE3, 0xFF, 0xFF, 0xFF”，该结果也会自动同步到“WBMS 参数计算”表中，可直接拷贝到“user_config.h”中，如下图所示：

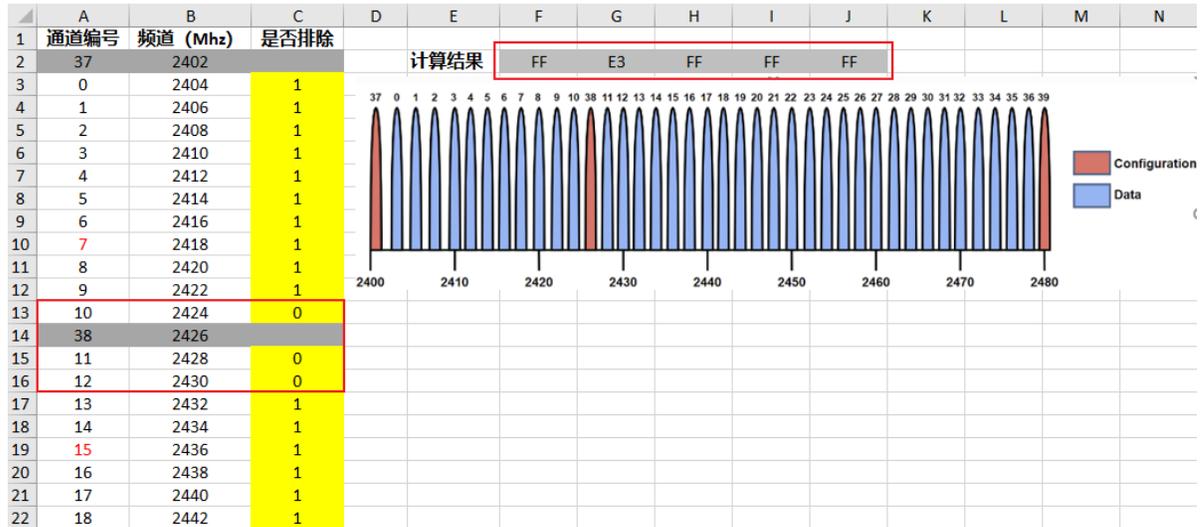


Figure 12. WBMS DENYLIST 表使用示例

最后，在通过 Excel 找到最佳的参数配置后，将相关参数对应地填入到“user_config.h”文件中。

参考文献

1. [CC2662R-Q1 SimpleLink™ 无线 BMS MCU 数据表 \(Rev. C\)](#)
2. [BQ79616-Q1 数据手册](#)
3. [SIMPLELINK-WBMS-SDK Document and User guide](#)
4. [用于构建可靠高效电动汽车的无线电池管理系统 \(WBMS\) 解决方案](#)
5. [The next generation Wireless BMS using the CC2662R-Q1](#)
6. [More miles, less wires: Revolutionizing automotive battery management](#)
7. [Using wireless technologies to replace cables in car access and battery management](#)
8. [Comparing wired vs. wireless solutions in automotive battery management systems](#)
9. [Connect: Trends in automotive communication](#)
10. [Three questions to ask about wireless BMS for hybrid and electric vehicles](#)

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated