

使用 Excel 生成 TI WBMS 命令帧

Yue, Tang

FAE/China CM

ABSTRACT

在无线电池管理系统（WBMS）中，无线微控制器单元（MCU）与电池监控芯片（AFE）的结合使用是实现高效电池监控的关键。这两种组件各自拥有独特的命令帧格式，其中 AFE 的命令帧需要嵌套在无线 MCU 的命令帧中进行传输，这增加了命令帧生成的复杂性。为了简化这一过程，本文介绍了一种使用 Excel 快速创建命令帧的方法，从而提高开发效率并减少人为错误。

Contents

1	引言	2
2	TI WBMS 系统概述	3
	2.1 WBMS 的架构和组件	3
	2.2 无线 MCU 和 AFE 芯片如何协同工作	4
3	命令帧格式详解	5
	3.1 WBMS Host 命令帧格式	5
	3.2 AFE 芯片命令帧格式（BQ79718-Q1）	6
4	Excel 命令生成工具简介及使用	7
	4.1 工具的设计目的	7
	4.2 工具的界面和使用方法	8
	4.3 Excel 工具的总结	11
5	参考文献	11

Figures

Figure 1.	TI Wireless BMS	2
Figure 2.	TI WBMS 方案组件	3
Figure 3.	TI WBMS 数据帧组成	5
Figure 4.	TI WBMS HOST 命令帧格式	5
Figure 5.	广播读取电压命令示例	6
Figure 6.	AFE 芯片完整数据手册申请	7
Figure 7.	AFE 命令帧格式	7
Figure 8.	AFE 广播读取电压	7
Figure 9.	Excel 命令生成工具界面	8
Figure 10.	PER 命令帧格式	9
Figure 11.	PER 命令校验和生成示例	9

Figure 12. BQ79718 CONTROL2 寄存器及 TSREF_EN 位	9
Figure 13. BQ 命令输入 HOST 命令生成	10
Figure 14. BQ 命令输入 HOST 命令生成	10
Figure 15. 时间戳换算示例.....	11

1 引言

随着电动汽车（EV）市场的迅速扩张，对于高效、可靠的电池管理系统（BMS）的需求日益增长。无线电池管理系统（WBMS）作为一种创新解决方案，通过消除传统的有线连接，不仅减轻了电池包的重量，还提高了系统的安全性和灵活性。

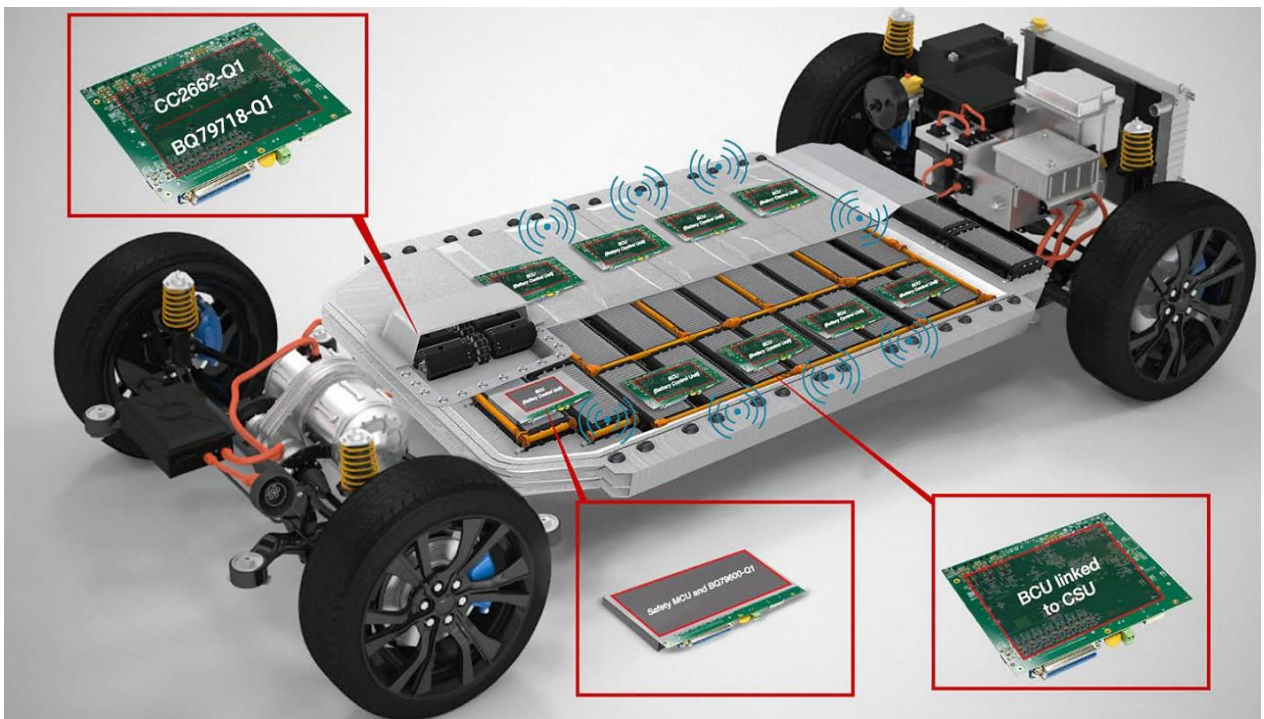


Figure 1. TI Wireless BMS

在 WBMS 中，无线微控制器单元（WIRELESS MCU）和模拟前端（AFE）芯片发挥着至关重要的作用。这两种组件的紧密协作是实现精确电池监控和健康管理的基礎。尽管无线 MCU 和 AFE 芯片的性能强大，它们各自的命令帧格式和校验机制也带来了一定的挑战。在传统的开发流程中，生成一条包含 AFE 命令的无线 MCU 命令帧需要繁琐的计算和精确的格式匹配，这不仅耗时而且容易出错。为了克服这些不便，本文将介绍一种使用 Excel 工具来自动化命令帧的生成的方法，从而提高开发效率并减少错误。

2 TI WBMS 系统概述

2.1 WBMS 的架构和组件

无线电池管理系统（WBMS）的架构设计确保了电池监控数据的高效和准确传输。请参见下图。

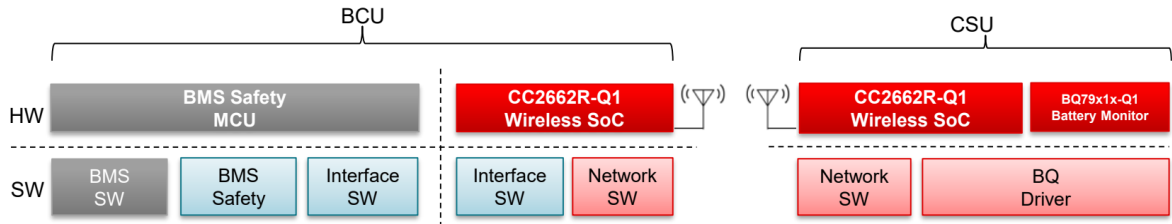


Figure 2. TI WBMS 方案组件

1. BCU（Battery Control Unit）：

- 安全微控制器（Safety MCU），针对 Auto BMS 应用，需要符合特定的功能安全等级，如 TI 的 TMS570 系列，AM263X-Q1 系列 MCU。
- WM（Wireless Main Node），采用 TI 的 CC2662-Q1 芯片。作为 WBMS 的无线通信中心，负责协调 BCU 和 CSU 之间的无线数据交换。使用 TI 专属的无线协议，支持高吞吐量和低延迟的通信。
- Safety MCU 通过串口与 WM 进行通信，通信速率设定为 921600 bps，需要遵循 WBMS 的通信协议来发送请求和接收响应，这些协议定义了数据包的结构、命令集和错误处理机制数据帧，采用 XOR 校验，确保数据传输的速度和可靠性。

2. CSU（Cell Supervisor Unit）：

- CSU 是位于电池包内部的节点，每个 CSU 包含一颗 CC2662-Q1 无线 MCU，TI WBMS 最大可支持 32 个 CSU。
- 每个 CSU 也包含一颗精密电池监控器即 AFE 如 TI 的 BQ79718-Q1, BQ79616-Q1，它直接与电池相连，负责实时监控电池的电压、温度和其他关键参数。
- CSU 的 AFE BQ 芯片与无线芯片 CC2662-Q1 通过串口进行通信，速率 1Mbps，遵循 AFE 的命令格式和协议，采用 CRC16 校验。
- CSU 与 BCU 之间采用无线通信，CSU 接收来自 BCU 的命令并将其传递给连接的 AFE 芯片。CSU 还负责将 AFE 收集的电池参数数据发送回 BCU，以便 BCU 进行进一步的分析和处理。

2.2 无线 MCU 和 AFE 芯片如何协同工作

无线微控制器单元（MCU）和模拟前端（AFE）芯片在无线电池管理系统（WBMS）中协同工作，以实现电池状态的有效监控和管理。以下是它们如何协同工作的详细描述：

1. 数据采集：

- AFE 芯片（如 BQ79718）直接与电池单元相连，负责采集电池的关键参数，如电压和温度。
- AFE 芯片通过内置的模拟至数字转换器（ADC）将模拟信号转换为数字信号，这些数字信号随后通过串行通信接口（如 I2C 或 SPI）发送给无线 MCU。

2. 数据处理与转发：

- 无线 MCU 接收来自 AFE 芯片的数据，并根据 WBMS 协议对数据进行处理。
- MCU 执行数据校验、格式转换和封装等操作，将数据打包成符合 WBMS 通信协议的命令帧。
- 无线 MCU 随后通过无线模块将处理后的数据发送给其他节点，如无线主节点（WM）或电池控制单元（BCU）。

3. 命令执行与响应：

- 当无线 MCU 接收到来自 BCU 的命令（例如，调整电池充放电策略或查询特定电池参数）时，它会将这些命令转换为 AFE 芯片能够理解的格式。
- 无线 MCU 通过串行接口将命令发送给 AFE 芯片，AFE 芯片执行相应的操作，并将结果反馈给无线 MCU。

4. 通信与协调：

- 无线 MCU 和 AFE 芯片之间的通信需要遵循预定义的协议和格式，以确保数据的准确性和命令的正确执行。
- 无线 MCU 还负责管理与无线网络中其他节点的通信，确保数据在各个节点之间有效传输。

5. 安全与监控：

- 无线 MCU 和 HOST 芯片都包含安全特性，如加密和身份验证机制，以保护传输的数据不被未经授权访问或篡改。
- 它们还包含故障检测和诊断功能，以便在电池状态异常时及时发出警报并采取适当措施。

通过这种紧密的协同工作，无线 MCU 和 AFE 芯片共同构建了一个高效、可靠的电池监控系统，能够实时监控电池状态，优化电池性能，并确保电动汽车的安全运行。

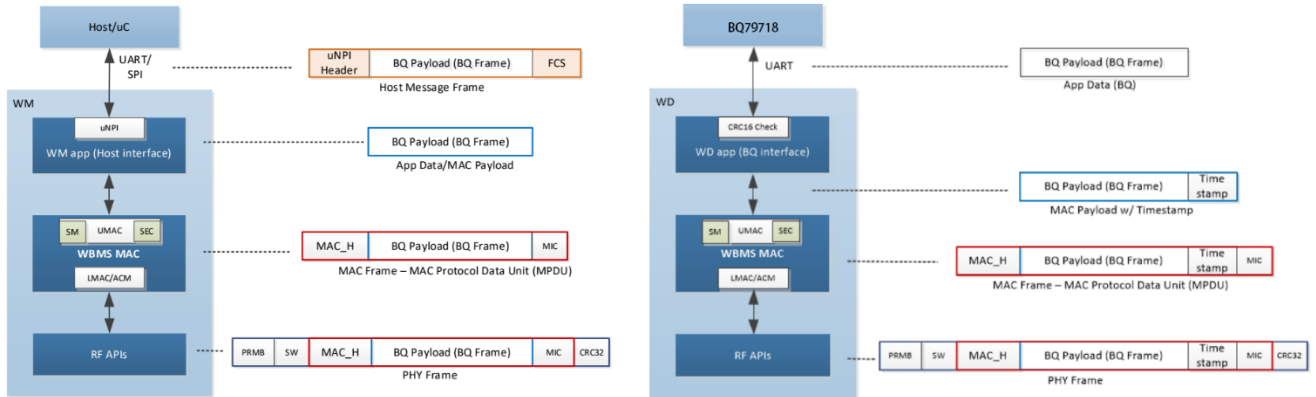


Figure 3. TI WBMS 数据帧组成

3 命令帧格式详解

3.1 WBMS Host 命令帧格式

WBMS (Wireless Battery Management System) 的 Host 命令帧格式是用于在 Host (如 PC 或主控制器) 和 Wireless Main Node (WM) 之间进行通信的一种结构化数据包格式。以下是 WBMS Host 命令帧的详细解释:

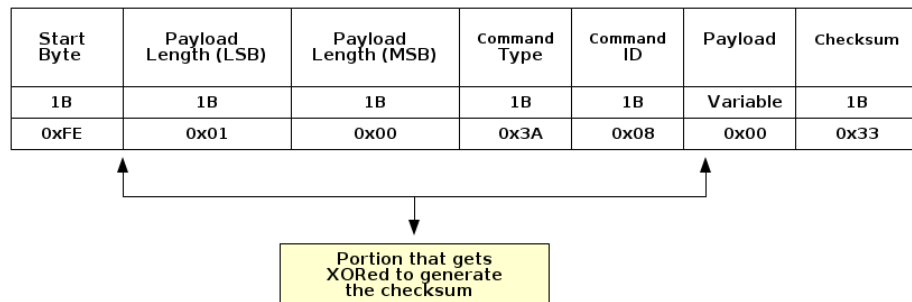


Figure 4. TI WBMS HOST 命令帧格式

1. 起始字节 (Start Byte) :

- 固定值 0xFE, 用于标识帧的开始。

2. 长度字段 (Payload Length) :

- 用户数据的长度, 不包含 Command Type 和 ID, 双字节, 先 LSB 后 MSB。

3. 命令类型 (Command Type) :

- 指示命令帧的类型, 有如下三种

- 0x3A: 同步请求
- 0x5A: 异步请求
- 0x7A: 同步响应

4. 命令 ID (Command ID) :

- 特定的命令操作提供唯一标识符。请参考 [SIMPLELINK-WBMS-SDK](#) 的文档了解支持的命令及作用，不同的命令 Payload 的定义是不同的。

5. 有效载荷 (Payload) :

- 包含命令的具体数据，例如要写入的值、查询的数据类型或其他与命令相关的信息。

6. 校验和 (Checksum) :

- 用于错误检测的字段，采用 XOR，计算不包含起始字符 0xFE
- 接收方使用相同的算法来验证接收到的命令帧是否在传输过程中被篡改或损坏。

命令示例:

如下是一条用于广播读取 CSU 电压的命令 (HOST 通过串口发给 WM) :

FE 07 00 5A 0A 00 C0 05 80 17 0D EB E3 (十六进制)

1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	Variable	1 Byte
0xFE	Length (LSB)	Length (MSB)	CMD Type	CMD ID	NODE ID	BQ Request Payload	FCS
FE	07	00	5A	0A	00	C0 05 80 17 0D EB	E3

Figure 5. 广播读取电压命令示例

- CMD ID 为 0x0A，表示 WBMS_CMD_WD_BQ_RAW_FRAME 即透传 BQ 命令。
- Payload 是 NODE ID 和 BQ Request Payload，长度为 7 Bytes。其中 BQ Request Payload 请参考下面章节关于 AFE 芯片的命令格式。
- NODE ID 为 0，表示广播地址。注：每一个 WDEVICE 节点在加入网络后会被分配 1-32 的地址。

3.2 AFE 芯片命令帧格式 (BQ79718-Q1)

请访问 BQ79718-Q1 [产品页面](#)，并申请获取完整数据手册。请确保了解该芯片的内部寄存器映射和命令帧格式。

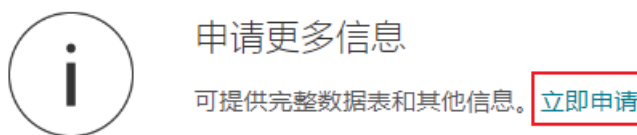


Figure 6. AFE 芯片完整数据手册申请

推荐仔细阅读应用笔记《[BQ79616-Q1 软件设计参考](#)》，有对 AFE 命令帧格式的详细说明。

如下是对命令帧结构和每个字段作用的概要描述：

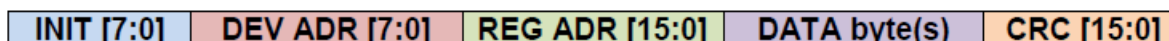


Figure 7. AFE 命令帧格式

- INIT 字符用于标识命令帧的开始，使接收设备能够同步并准备接收后续的数据。
- DEV ADR 字段用于指定接收命令的设备地址，确保命令能够发送到正确的设备。
- REG ADR 字段指示将要读取或写入的寄存器的地址，广播命令不包含该字段。
- DATA 字段包含实际的数据负载，其长度可以是 1 到 128 字节。
- CRC 字段用于验证整个命令帧在传输过程中是否保持不变，从而确保数据的完整性。

命令示例：广播读取寄存器 0x580（起始地址），连续读取 $0x17 + 1 = 24$ 个 Bytes。

C0 05 80 17 0D EB

1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	Variable	1 Byte	1 Byte
INIT	DEV ADR	REG ADR[H]	REG ADR[L]	DATA byte(s)	CRC[H]	CRC[L]
C0	None	0x05	0x80	0x17	0x0D	0xEB

Figure 8. AFE 广播读取电压

4 Excel 命令生成工具简介及使用

4.1 工具的设计目的

WBMS SDK 的文档中包含了 Host 命令帧格式的介绍，但没有给出具体的参考命令的实例，并且也没有包含 AFE 命令格式的说明。两种采用不同校验算法的命令帧格式嵌套在一起，这使得初次使用的客户无从下手。本工具旨在简化无线电池管理系统（WBMS）中命令帧的生成，通过自动化处理 WBMS Host 和 AFE 芯片的特定帧格式和校验算法，帧长度等，用户只需按照 AFE 命令帧格式输入部分数据，即可自动生成完整的 Host 命令帧，大大减少了手动计算的复杂性和出错率。该工具提供了一个易于使用的界面，初学者也能够快速生成正确的嵌套命令帧，从而提高开发效率。

4.2 工具的界面和使用方法

工具获得请点击[下载](#)，界面如下图。

WBMS Host命令帧XOR校验和计算 !!!开头结尾不要有空白				备注
FE 01 00 3A 09 00 32	最终结果		http://www.ip33.com/bcc.html	在线计算校验
FE 01 00 3A 09 00 00	输入	32	XOR校验和,计算不包含FE和最后一个字节校验和	
		校验和		
输入BQ命令生成WBMS Host命令帧				
D0 03 0A 01	输入BQ命令	0F 84	D0 03 0A 01 0F 84	
0	输入NodeID	00	00 D0 03 0A 01 0F 84	07 00
			FE 07 00 5A 0A 00 D0 03 0A 01 0F 84 00	04
			FE 07 00 5A 0A 00 D0 03 0A 01 0F 84 04	校验和
浮点数和十六进制4字节互转(PER 计算)				
A4707D3F	0.99	四字节转浮点数	http://www.speedfly.cn/tools/hexconvert/	在线工具
0.3	9A99993E	浮点数转四字节		
时间戳换算 (1 tick = 10us)				
2D F1 03 00	0003F12D	258349		2583 ms
WBMS参数计算 WBMS DENYLIST WBMS命令生成 WBMS常用HOST命令帧 (+)				

Figure 9. Excel 命令生成工具界面

黄色是用户可输入区，绿色是生成的结果，可直接复制用于后续操作，灰色也是计算过程自动生成的一些结果，绿色和灰色部分均无需用户修改。

工具目前支持如下四种功能（从上到下）：

1. WBMS Host 命令帧校验和计算

请参考 [SIMPLELINK-WBMS-SDK](#) 的文档，构建 Host 命令帧，并输入到黄色区，在绿色区“最终结果”会自动生成附带校验和的完整命令帧。注：输入时校验和字节可填任意字符，确保命令格式完整。

如下是读取节点 PER（Packet-Error-Rate）命令示例：

输入（黄色）：**FE 01 00 3A 09 00 00**

输出（绿色）：**FE 01 00 3A 09 00 32**

Command ID:

WBMS_CMD_WD_PER (0x09)

Description:

This API is used to get the Packet-Error-Rate (PER) of a node.

Frame Format:

The following is the synchronous request structure for getting the PER of a node. The structure contains the attribute node ID (without uNPI header and FCS).

1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte
0xFE	Length (LSB): 0x01	Length (MSB): 0x00	CmdType: 0x03A	CmdID: 0x09	NodeID	FCS

Figure 10. PER 命令帧格式

WBMS Host命令帧XOR校验和计算 !!!开头结尾不要有空格		
FE 01 00 3A 09 00 32	最终结果	
FE 01 00 3A 09 00 00	输入	32
	校验和	

Figure 11. PER 命令校验和生成示例

2. BQ (AFE) 命令及嵌入并生成完整 Host 命令帧

当需要生成一条 BQ 的命令时，请仔细阅读手册关于命令帧的描述。

示例：Enable 所有节点 (WD) 的 TSREF, 即设置 **0x30A** 寄存器的位 B0 为 **1**，广播命令。

下图是 AFE 数据手册中 **0x30A** 寄存器的描述

CONTROL2 Register Address: 0x30A ⁽¹⁾							
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1 ⁽²⁾	B0
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	PROG_GO	I2C_EN	RSVD	TSREF_EN
0	0	0	0	0	0	0	1
R	R	R	R	R/W-AC	R/W	R	R/W
RSVD		Reserved					
PROG_GO		Enables programming for the OTP. Requires that the OTP_PROG_UNLOCK1 and OTP_PROG_UNLOCK2 registers are set to the correct codes: 0 = Ready. 1 = Start OTP programming.					
I2C_EN		I2C enable. For a base device this bit is ignored: 0 = I2C is not enabled. 1 = I2C is enabled.					
TSREF_EN		See Power Supplies description: 0 = TSREF is not enabled. 1 = TSREF is enabled.					

Figure 12. BQ79718 CONTROL2 寄存器及 TSREF_EN 位

输入BQ命令生成WBMS Host命令帧					
D0 03 0A 01	1	输入BQ命令	0F 84	D0 03 0A 01 0F 84	3
0	2	输入NodeID	00	00 D0 03 0A 01 0F 84	07 00
				FE 07 00 5A 0A 00 D0 03 0A 01 0F 84 00	04
				FE 07 00 5A 0A 00 D0 03 0A 01 0F 84 04	4 校验和

Figure 13. BQ 命令输入 HOST 命令生成

如 Figure 13 所示：

- 在位置 “1” 输入：D0 03 0A 01
- 在位置 “2” 输入：0，表示为广播地址。
- 在位置 “3” 自动计算生成了完整 BQ 命令帧（带 CRC 校验）
 - 即 D0 03 0A 01 0F 84
- 在位置 “4” 自动计算生成了完整 Host 命令帧（BQ 命令帧嵌套其中）
 - 即 FE 07 00 5A 0A 00 D0 03 0A 01 0F 84 04

3. 浮点数和 4 字节互相转换

一些特定的 Host 命令帧的数据部分包含浮点数，比如 PER（Packet-Error-Rate），通过串口发送时，需要把浮点数转换为 4 个十六进制字节。这里实现了双向转换，对数据帧内容的分析有一定帮助。如下图：当输入 A4707D3F 时，右边显示 0.99。当输入浮点数 0.3 时，右边显示十六进制 4 字节：9A99993E。

浮点数和十六进制4字节互转(PER 计算)					
A4707D3F	0.99	四字节转浮点数	http://www.speedfly.cn/tools/hexconvert/	在线工具	
0.3	9A99993E	浮点数转四字节			

Figure 14. BQ 命令输入 HOST 命令生成

4. 时间戳换算

在 WBMS 中，时间戳通常附加在以下位置：

- 命令帧：**在发送给无线 MCU 或 AFE 芯片的命令帧中加入时间戳，以便在接收端进行时间相关的处理。
- 数据记录：**在记录电池状态和其他关键参数的数据日志时，每个数据点都会附带一个时间戳。
- 事件通知：**当系统检测到重要事件（如电池异常）时，事件通知消息中会包含时间戳，以指示事件发生的具体时间。

示例：

Host 发往 WMain 请求读取第 12 串电芯的电压（寄存器 0x580）
FE 07 00 5A 0A 00 C0 05 80 01 8C 25 BA

WMain 发往 Host，回复读到的数据，其中蓝色部分为时间戳
FE 0D 00 5A 0A 00 01 00 05 80 FF FF 01 5E 2D F1 03 00 59

在 Excel 工具“时间戳换算”输入：2D F1 03 00，换算出来为 4004ms。
 注：WBMS 网络组网成功后，从零开始计时。

时间戳换算 (1 tick = 15.5us)			
2D F1 03 00	0003F12D	258349	4004 ms

Figure 15. 时间戳换算示例

4.3 Excel 工具的总结

Excel 工具简化和加速无线电池管理系统（WBMS）中命令帧的生成过程，特别是在处理 WBMS Host 和 AFE 芯片各自的命令帧格式和校验方式时，根据用户输入的参数和选择的命令类型，自动生成符合 WBMS 协议的命令帧，减少手动编码的错误和时间消耗。

5 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. [BQ79616-Q1 软件设计参考](#)
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](#)

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