

1 引言

1.1 概述

本文介绍了 K32L2B 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE) 音频系统的硬件设计和主机控制器 (K32L2B) 的软件体系结构 (顶层设计)。本文档提供给那些想要对 K32L2B 低功耗蓝牙音频系统有系统性了解的用户。

如果需要更多关于 USB 适配器 (K32L2B Dongle)、耳机 (K32L2B Headset)、和 OTA (K32L2B OTA) 的介绍, 用户也可以参考相关的应用笔记。

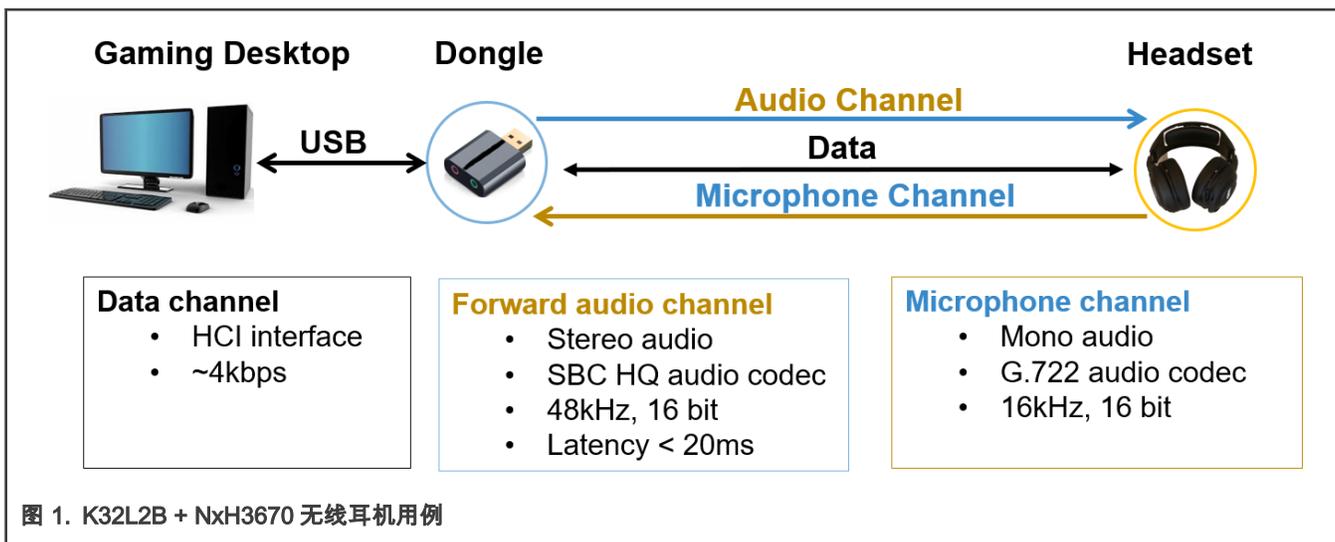
- [硬件介绍](#) : 介绍了 K32L2B Dongle 和耳机的硬件组成, 以及连接图。
- [系统概述](#) : 介绍了音频数据路径和软件框架。

1.2 摘要

本文档提供了关于如何基于 FRDM-K32L2B 开发板和 NxH3670 SDK 开发板的 K32L2B 低功耗蓝牙音频系统入门的必要信息。

目录

1	引言	1
1.1	概述.....	1
1.2	摘要.....	1
1.3	参考文件.....	2
2	硬件介绍	2
2.1	系统概述.....	2
2.2	K32L2B dongle.....	3
2.3	耳机.....	4
3	软件介绍	5
3.1	音频路径.....	5
3.2	应用程序框架.....	5
3.3	固件开发.....	8
4	验证	11
4.1	逻辑分析仪结果.....	11
4.2	游戏用户例程入门.....	12
5	结论	14



该系统由一个 USB 适配器 (dongle) 和一个耳机组成, 使用 K32L2B 作为主机控制器。

- Dongle : dongle 有一个 USB 接口, 连接到 PC。dongle 负责与耳机建立一个无线音频链接。
- 耳机 : 耳机有扬声器、麦克风和一些用户界面 (UI) 组件, 如按钮、滑块、旋转开关和 LED。耳机负责接收 dongle 发送的音频数据, 并将录制的音频发送给 dongle。

1.3 参考文件

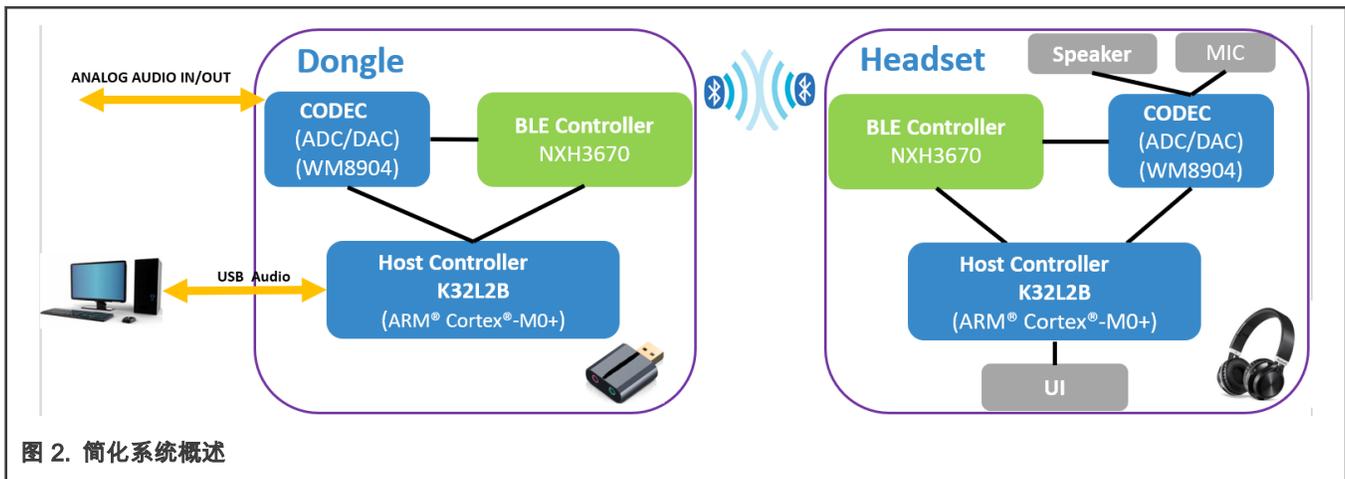
表 1. 参考资料

参考资料	定义
K32L2B dongle	带 NxH3670 的 K32L2B USB dongle
K32L2B 耳机	带 NxH3670 的 K32L2B 耳机
K32L2B OTA	K32L2B 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE) 音频系统 OTA 操作步骤
K32L2B 模拟 I2S 总线	用 FlexIO 模拟 I2S 总线主机

2 硬件介绍

2.1 系统概述

图 2 显示简化后的系统概述。



如 图 2 所示，音频传输过程包括以下步骤：

1. NxH3670 启动，然后通过 SPI 接口与 K32L2B 通信。
2. 假设 NxH3670 在 **第一步** 之后可以工作，我们使用 USB 接口将音频流从 PC 传输到主机控制器。将 48 KHz USB 音频转换为 I2S 信号，然后通过 I2S 主机(FlexIO 模拟的)传输到 dongle 的 NxH3670。
3. 音频流可以自动传输到耳机的 NxH3670。用户可以用耳机听到声音

目前的 K32L2B 低功耗蓝牙音频系统包括 FRDM-K32L2B 开发板和 NxH3670 SDK 开发板 (KL27 dongle 和耳机开板提供基本的音频功能)。

本平台可以：

- 将音频流从 PC 发送到耳机。
- 从耳机接收控制信号和在耳机端录制音频传送到 PC。
- 通过 Over The Air (OTA) 更新固件。

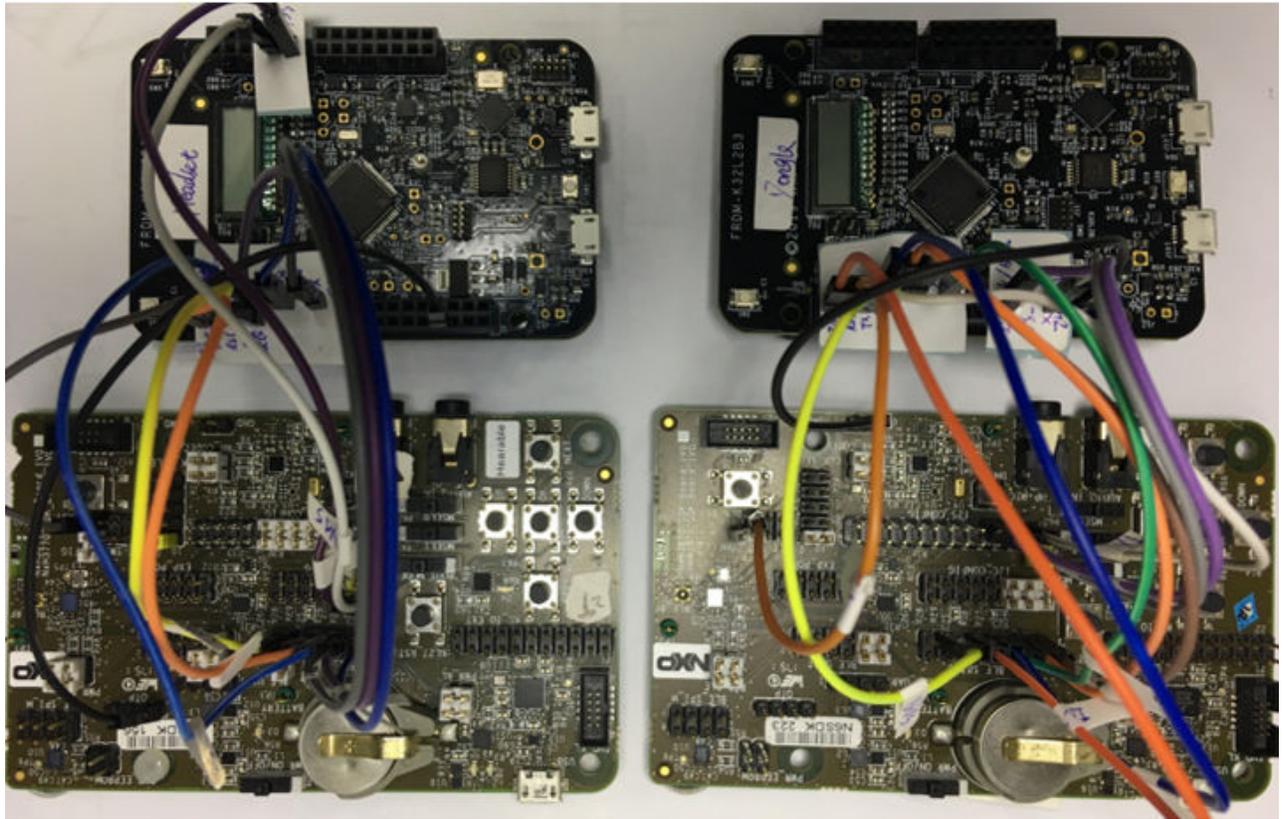


图 3. K32L2B 低功耗蓝牙音响系统

如 图 3 所示，

- 在 dongle 部分，主控制器为 K32L2B，低功耗蓝牙设备为 KL27 dongle 板上的 NxH3670。K32L2B 通过 SPI 接口与 NxH3670 进行配置和通信。K32L2B 通过 FlexIO 模拟的 I2S 总线将音频数据传输到 NxH3670。
- 在耳机部分，主控制器为 K32L2B，低功耗蓝牙设备为 KL27 耳机板上的 NxH3670。K32L2B 通过 SPI 接口配置 NxH3670 并与之通信，并使用 I2C 接口配置 CODEC。

2.2 K32L2B dongle

本节介绍基于 FRDM-K32L2B 和 KL27 dongle 板的 K32L2B dongle 目前的硬件设计。图 4 显示了组件和接口。

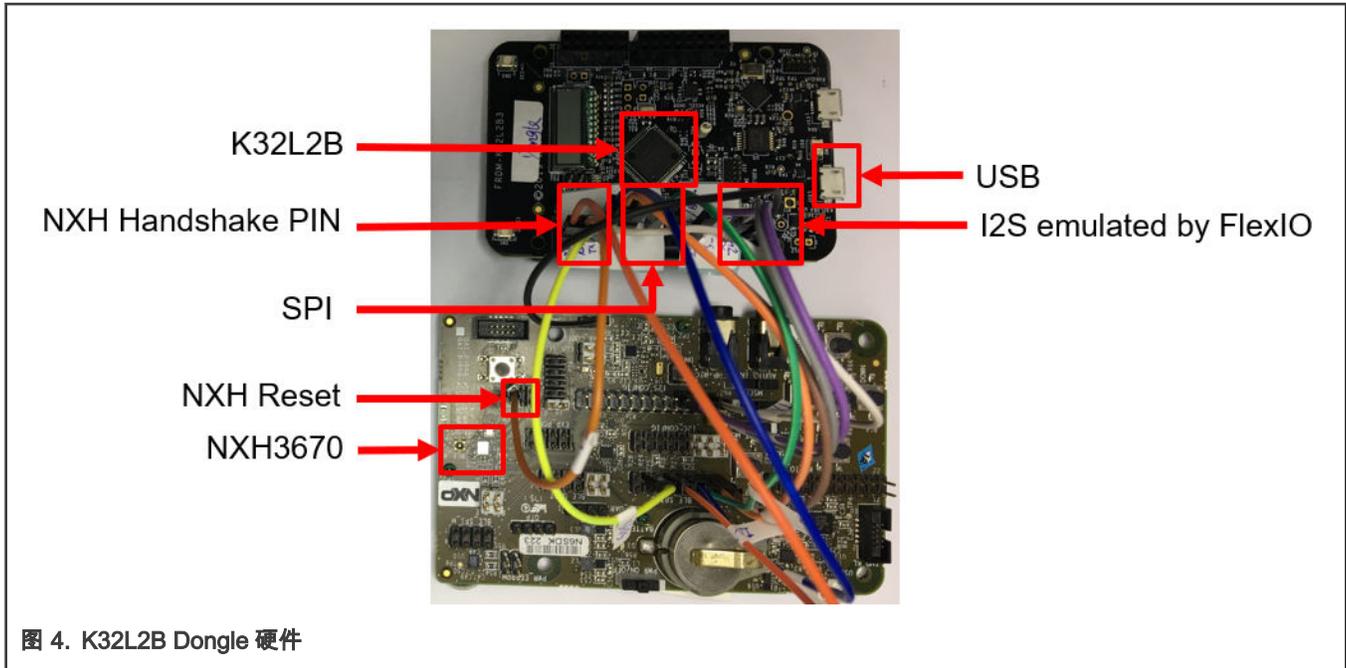


图 4. K32L2B Dongle 硬件

用户可以使用 USB 电缆连接 J13 (FRDM-K32L2B) 与 PC 用来供电和下载固件。

2.3 耳机

本节介绍基于 FRDM-K32L2B 和 KL27 耳机板的 K32L2B 耳机的硬件设计。图 5 显示组件和接口。

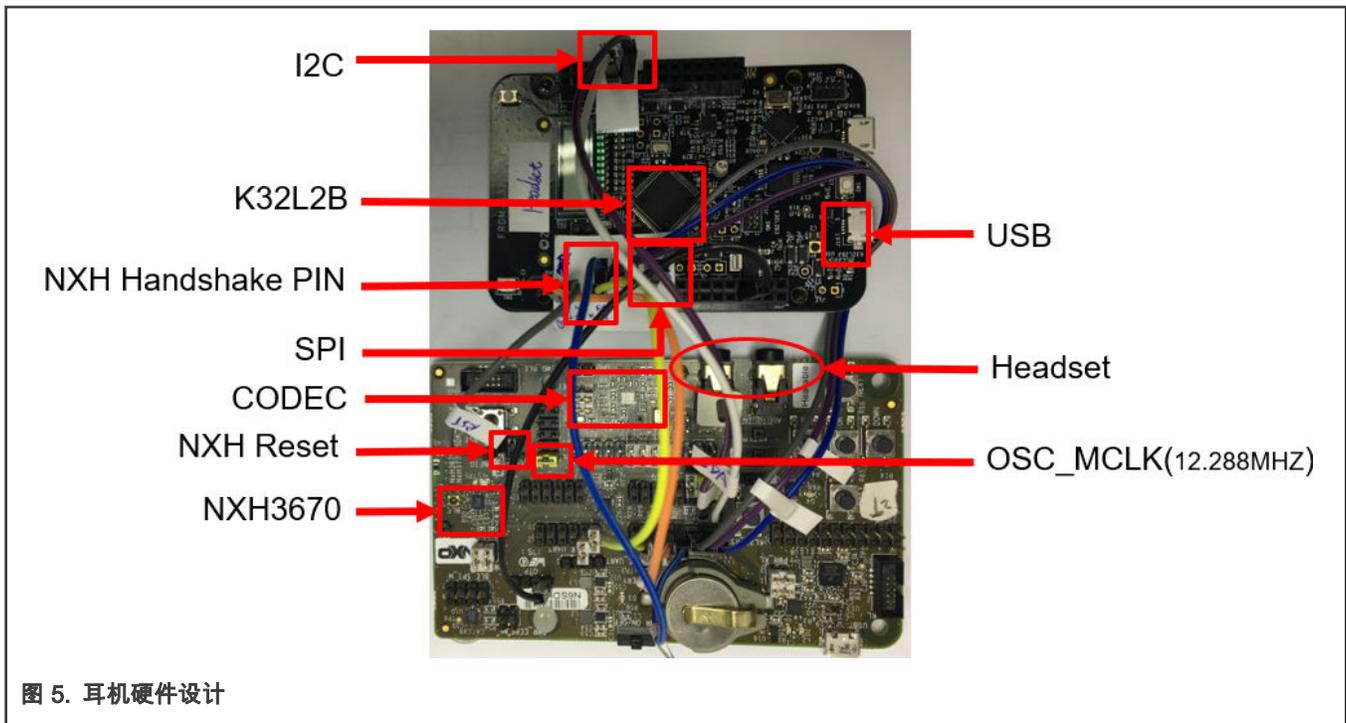


图 5. 耳机硬件设计

注意

- 在耳机设计中，我们使用 I2C 配置 CODEC。
- 该 NxH3670 与 CODEC 通信使用 I2S (如 图 5 所示，所附 9-10、11-12 和 13-14 的跳线表明，它们可以直接传输数据，而不需要 K32L2B 的额外操作)。
- 用户必须确保跳线 9-10 (J10 CLK_SELECT, 图 5 中的黄色跳线 OSC_MCLK (12.288 MHz)) 的存在，因为它被用来获得 12.288 兆赫的频率，然后可以提供 24.576 兆赫的频率给 I2S_MCLK。

3 软件介绍

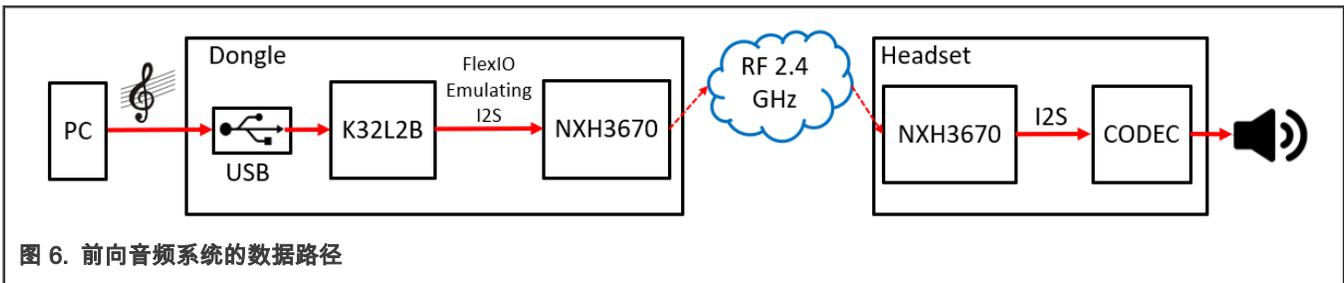
3.1 音频路径

低功耗蓝牙音频系统由两个通道组成：

1. 前向通道将音频从 PC 传输到耳机。
2. 后向通道将麦克风信号从耳机发送到 PC。

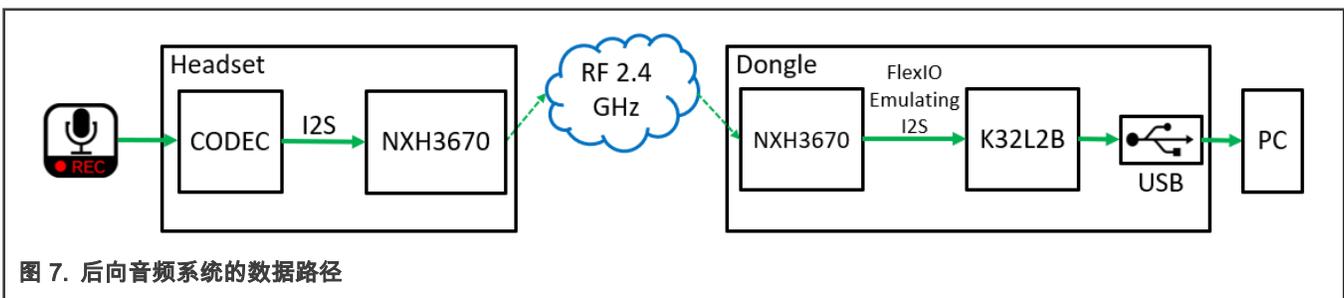
3.1.1 前向音频通道

- 前向通道是立体声道。
- 射频将前向通道传输为 16 位@48 KHz 采样率。
- FlexIO 和 USB 信号仿真的 I2S 总线使用 48 KHz 采样率。



3.1.2 后向音频通道

- 后向通道是单声道，仅左通道被使用。
- 射频将后向通道传输为 16 位@16 KHz 采样率。
- FlexIO 和 USB 信号仿真的 I2S 总线使用 48 KHz 采样率。



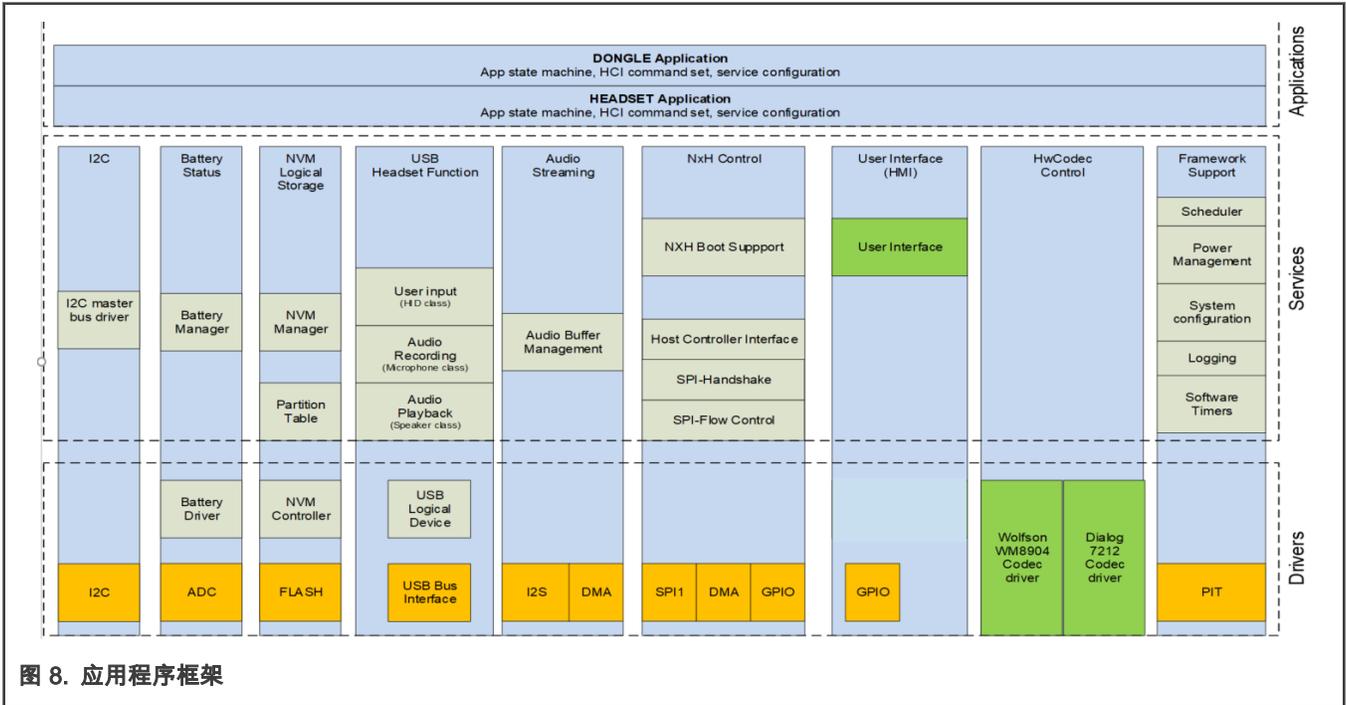
3.2 应用程序框架

应用框架定义了参考应用的软件体系结构。重点是模块化、代码重用和软件可维护性。

1. 顶层是应用层，这是严格的应用规范。

2. 下面的层称为服务层。
3. 服务层下面是驱动层，它控制硬件。
4. 板支持包 (BSP) 包含板级相关的软件，如硬件初始化、GPIO 引脚配置、时钟设置等。

图 8 显示整个应用程序体系结构。



用户可以根据需要设计自己所需的应用程序或服务。本文档简要介绍了用于控制其他服务和应用程序的状态机。用户可以根据自己的意愿决定在一个状态下执行什么服务。例如：

- 未初始化的 USB 服务的状态是未初始化的，然后通过调用 API `initialize (&cfg)` 并成功执行，状态将从未初始化更改为停止。

图 9 显示强制要求的 API 和相应的状态机。

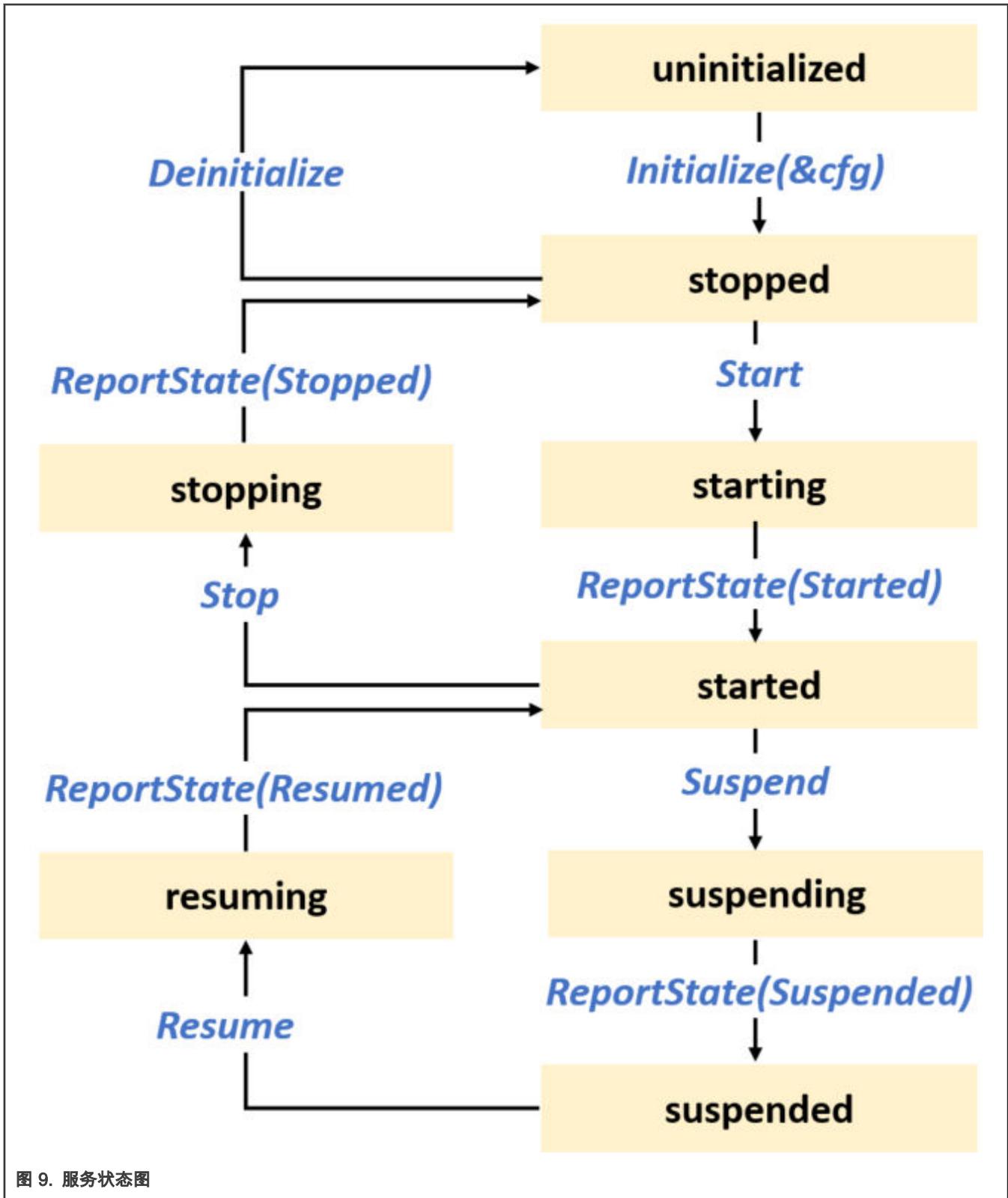


图 9. 服务状态图

例如，状态可以通过调用 ReportState(Started) 从 Starting 跳到 Started。

```
FRAMEWORK_ServiceReportState (&g_XXXServiceApi, kSTATE_Started);
```

3.3 固件开发

3.3.1 环境的设置

本节介绍如何设置 MDK 环境。[表 2](#) 描述了每个步骤中所需的材料。

表 2. 固件开发所需的材料

名单	说明
PC	主机设备连接到开发板上
调试器	<ul style="list-style-type: none"> 板调试器上为默认 CMSIS-DAP 固件。 如果用户希望使用 JLink.exe 下载不带 IDE 的 Bin 文件，请将默认 CMSIS-DAP 固件替换为 J-LINK 固件。
IDE	MDK (v5.26.2.0)
Demos	用于游戏用例的 K32L2B+NxH3670.Zip，包括： <ul style="list-style-type: none"> 可以通过 JLink.exe 下载的 bin 文件。 演示版的调试版本，可用于重新开发。

3.3.2 基于 MDK 的软件

本文档包含五个演示例程：

- Dongle
- K32L2B_Headset
- K32L2B_OTA_Dongle
- K32L2B_OTA_Headset
- k32l2b_SSB

[图 10](#) 和 [图 11](#) 列出了两个演示例程，供用户在要将演示例程移植到其他板上时用作参考。

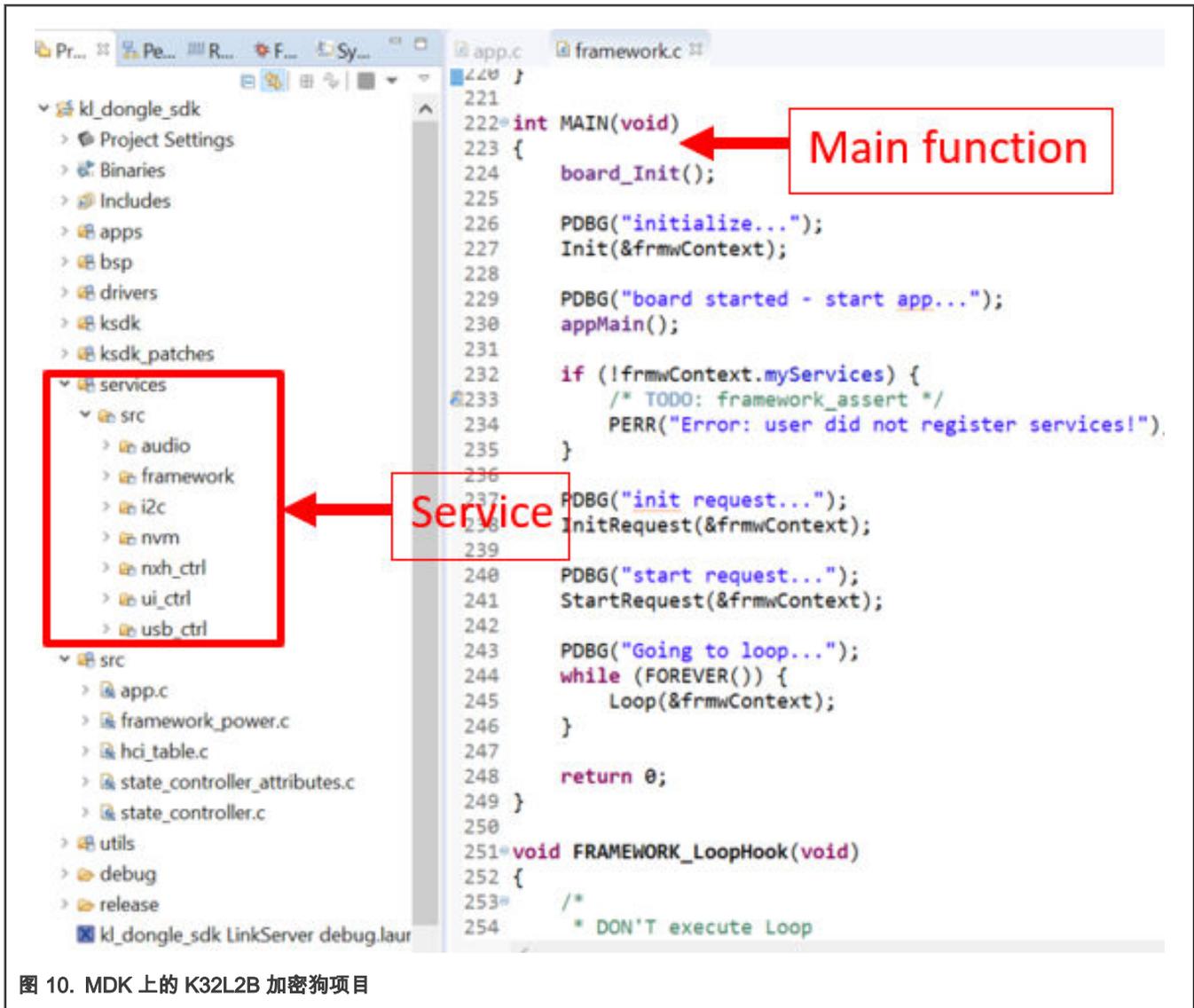


图 10. MDK 上的 K32L2B 加密狗项目

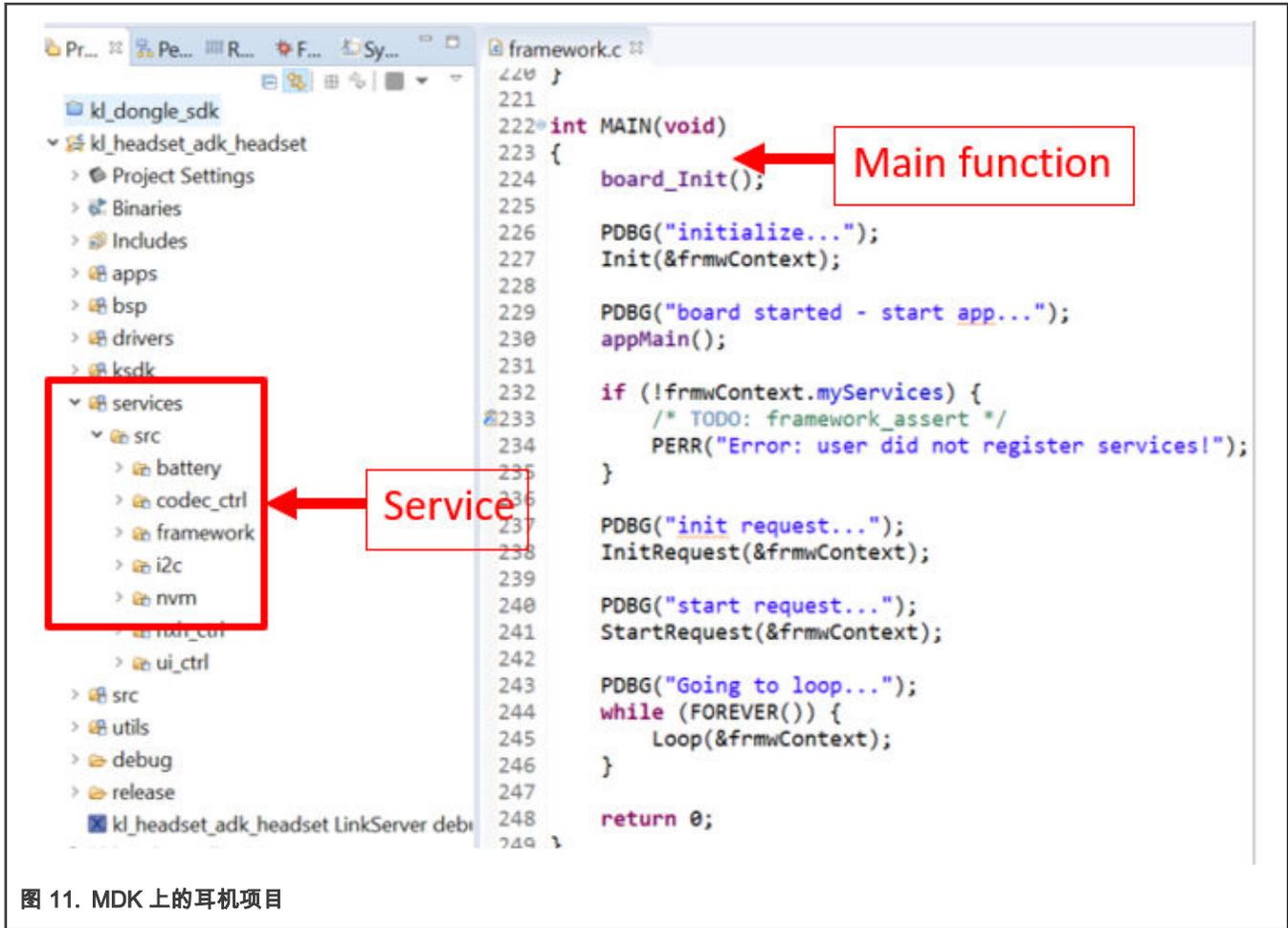


图 11. MDK 上的耳机项目

如果用户希望使用 JLink.exe 下载 Bin 文件，请确保他们在板上调试器中有 J-LINK 固件（MDK 可用于检查），如 图 12 所示。

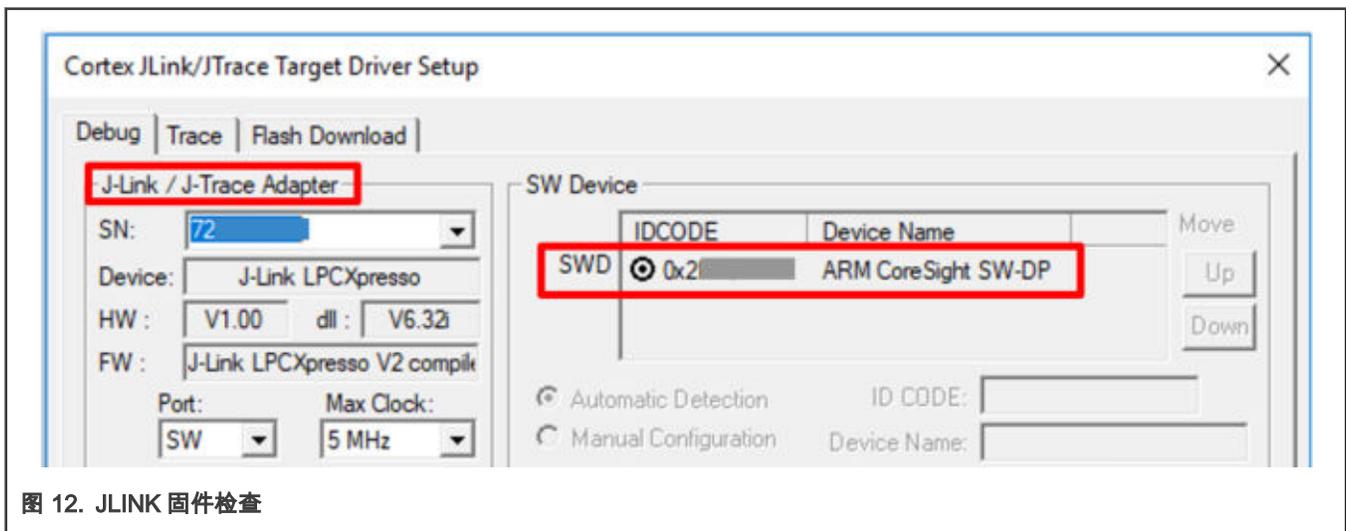


图 12. JLINK 固件检查

如果用户想从 PC 下载 Bin 文件到 K32L2B 上，则需要以下文件：

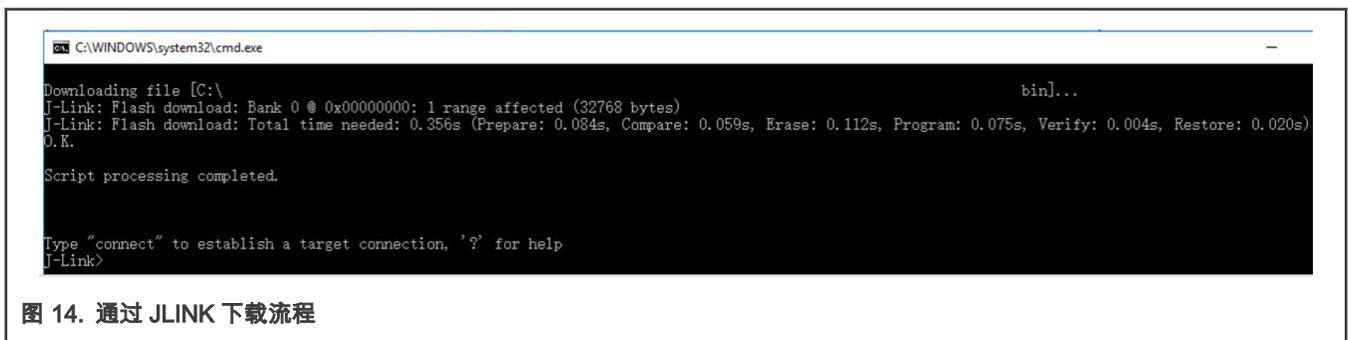
- J-LINK.exe
- JLinkARM.dll
- XXXX.bat

- XXXX.txt
- Bin



例如，如 图 13 所示：

- bat.bat：它的内容是调用 JLink.exe-Commander Script bat.txt，它负责调用 JLink.exe。
- bat.txt：它定义在哪里下载指定的 Bin 文件。
- Bin.bin：用户可以根据实际需要提供相关的 bin 文件。



4 验证

4.1 逻辑分析仪结果

图 15，图 16，和图 17 可以帮助用户确保 K32L2B 低功耗蓝牙音频系统工作良好。

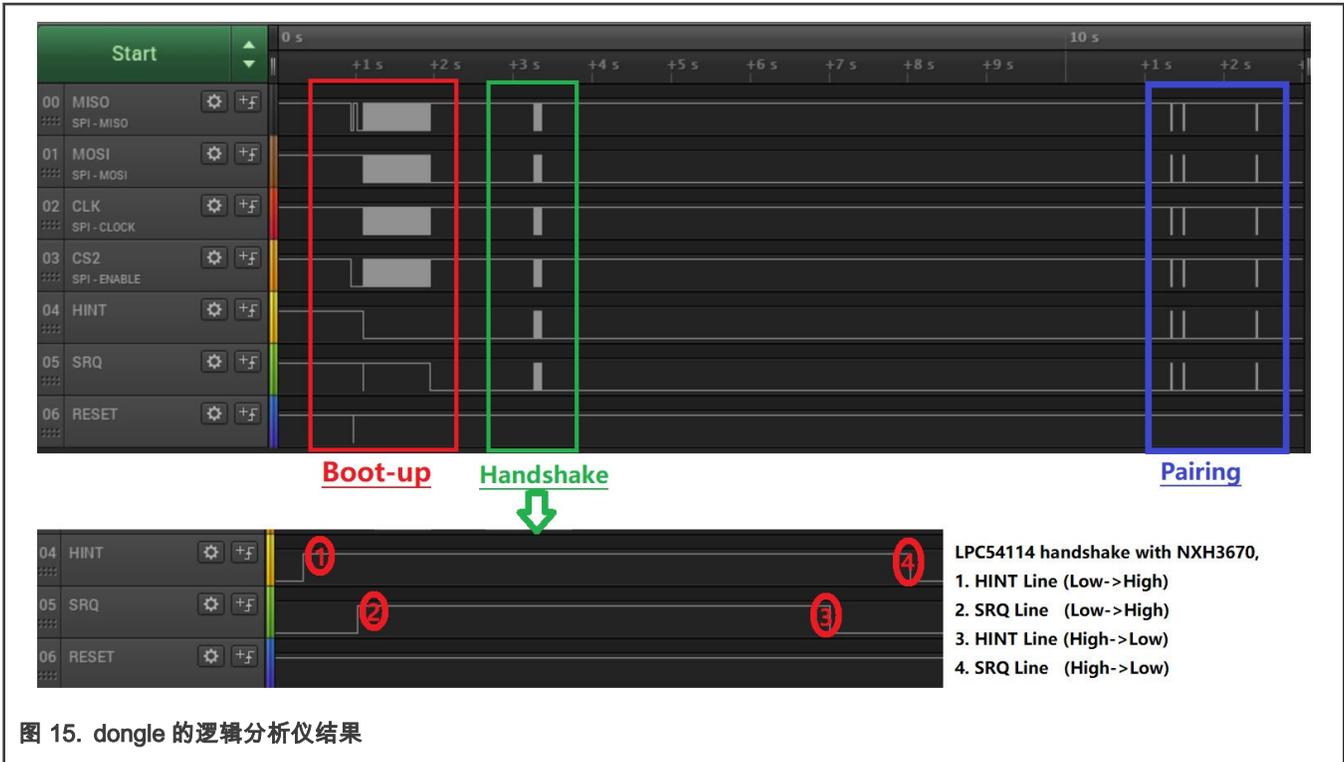


图 15. dongle 的逻辑分析仪结果

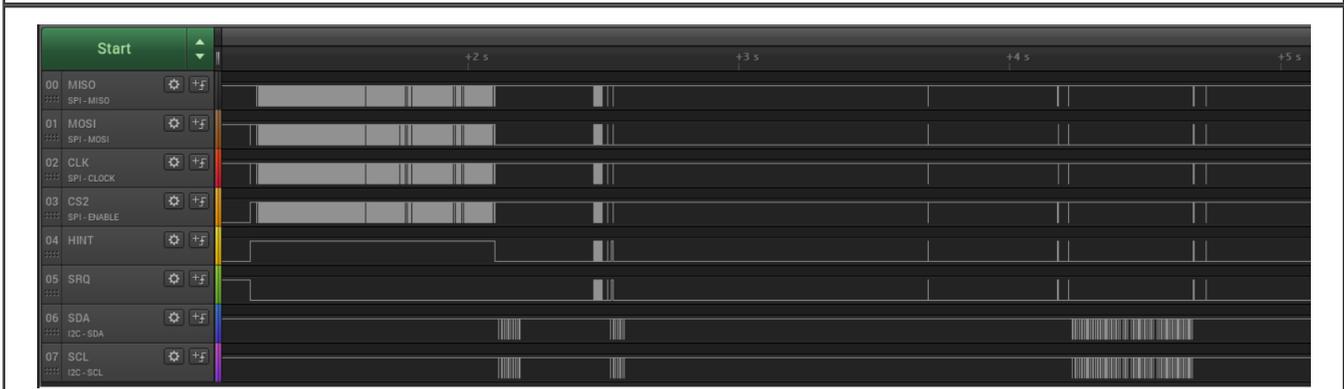


图 16. 耳机的逻辑分析器结果

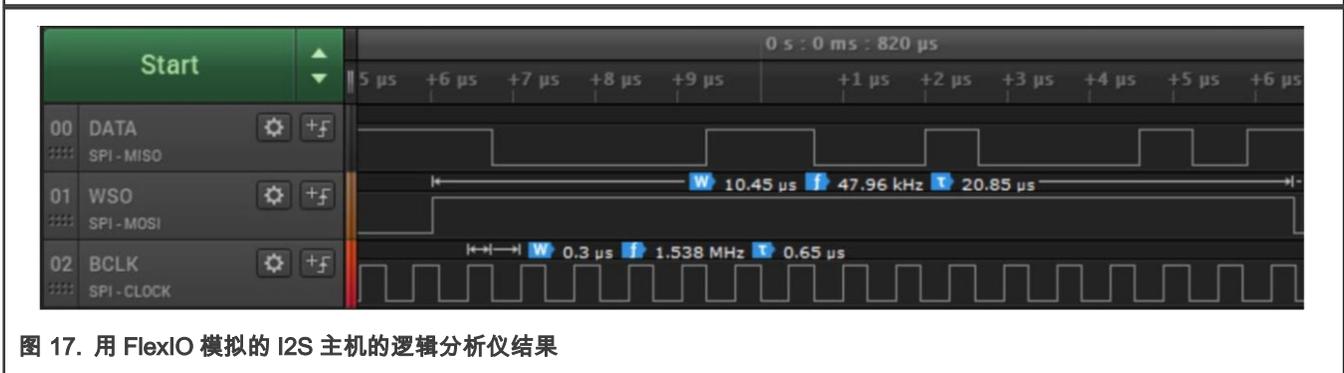


图 17. 用 FlexIO 模拟的 I2S 主机的逻辑分析仪结果

4.2 游戏用户例程入门

本应用为用户提供两个例子：

- 播放音频
- OTA

4.2.1 播放音频

用户可以按照下面的步骤验证 K32L2B 低功耗蓝牙音频系统的音频播放功能。

1. 按照硬件设计介绍连接硬件。
2. 确保相关例程都已经正确下载，无论使用 IDE 或 JLINK.exe。使用 PWRON/OFF 按钮打开 NxH3670 电源，然后启动、运行并与之通信。
3. 等待 dongle 配对并成功连接耳机。两个 NxH3670 先配对后连接。
 - 对于 SDK Dongle 板，红色 LED 在配对时闪烁，配对时打开，连接时关闭。
 - 对于 K32L2B dongle，蓝色 LED 在配对时打开，配对时关闭，红色 LED 在连接时关闭。
4. 选择耳机作为播放音乐的播放设备。用 USB 线缆连接 J10 和 PC 机。

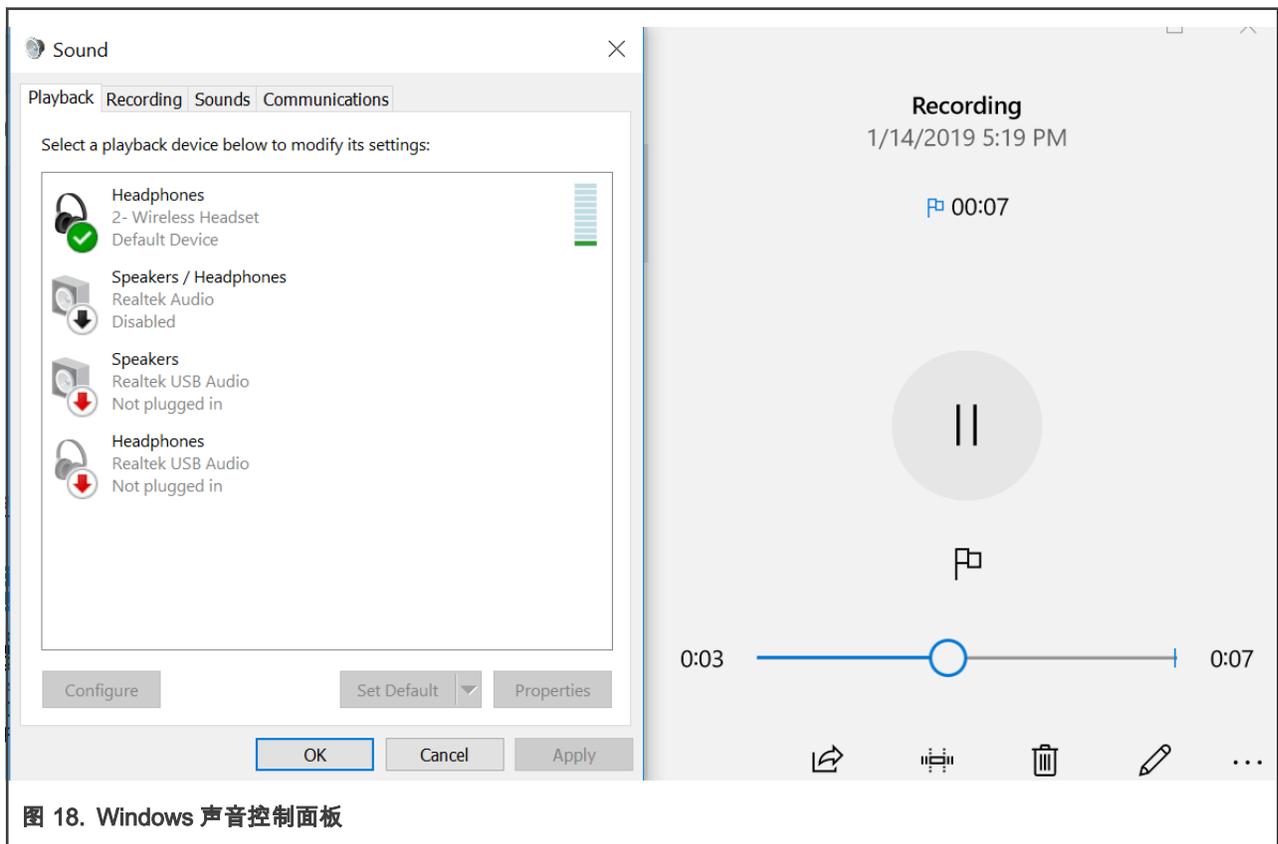


图 18. Windows 声音控制面板

4.2.2 OTA

用户可以通过 OTA 更新具有新功能的新固件。

How To Reach Us

Home Page:

nxp.com

Web Support:

nxp.com/support

Limited warranty and liability — Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use NXP products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits based on the information in this document. NXP reserves the right to make changes without further notice to any products herein.

NXP makes no warranty, representation, or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does NXP assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. “Typical” parameters that may be provided in NXP data sheets and/or specifications can and do vary in different applications, and actual performance may vary over time. All operating parameters, including “typicals,” must be validated for each customer application by customer’s technical experts. NXP does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. NXP sells products pursuant to standard terms and conditions of sale, which can be found at the following address: nxp.com/SalesTermsandConditions.

Right to make changes - NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Security — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified or documented vulnerabilities. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer’s applications and products. Customer’s responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer’s applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately. Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP. NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at PSIRT@nxp.com) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

NXP, the NXP logo, NXP SECURE CONNECTIONS FOR A SMARTER WORLD, COOLFLUX, EMBRACE, GREENCHIP, HITAG, ICODE, JCOP, LIFE, VIBES, MIFARE, MIFARE CLASSIC, MIFARE DESFire, MIFARE PLUS, MIFARE FLEX, MANTIS, MIFARE ULTRALIGHT, MIFARE4MOBILE, MIGLO, NTAG, ROADLINK, SMARTLX, SMARTMX, STARPLUG, TOPFET, TRENCHMOS, UCODE, Freescale, the Freescale logo, AltiVec, CodeWarrior, ColdFire, ColdFire+, the Energy Efficient Solutions logo, Kinetis, Layerscape, MagniV, mobileGT, PEG, PowerQUICC, Processor Expert, QorIQ, QorIQ Qonverge, SafeAssure, the SafeAssure logo, StarCore, Symphony, VortiQa, Vybrid, Airfast, BeeKit, BeeStack, CoreNet, Flexis, MXC, Platform in a Package, QUICC Engine, Tower, TurboLink, EdgeScale, EdgeLock, eIQ, and Immersive3D are trademarks of NXP B.V. All other product or service names are the property of their respective owners. AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, µVision, Versatile are trademarks or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved. Oracle and Java are registered trademarks of Oracle and/or its affiliates. The Power Architecture and Power.org word marks and the Power and Power.org logos and related marks are trademarks and service marks licensed by Power.org. M, M Mobileye and other Mobileye trademarks or logos appearing herein are trademarks of Mobileye Vision Technologies Ltd. in the United States, the EU and/or other jurisdictions.

© NXP B.V. 2020-2021.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: salesaddresses@nxp.com

Date of release: 2020 年 1 月
Document identifier: AN12645

