

# 基于HDMIRx CEC的电视待机唤醒方案的软件设计

吕亮<sup>1</sup>,龙华<sup>2</sup>

(1.东南大学 微电子学院,江苏 南京 210000;2.华为技术有限公司,广东 深圳 518000)

**摘要:**为减少在TV待机唤醒场景下遥控器的使用次数,且满足低功耗的需求,在分析CEC1.4协议的基础上,使用CPU与MCU协同工作的方式设计了一种HDMI\_CEC待机唤醒软件实现方案,并在单板上实现了方案中描述的具体功能。最后使用SL309仪器对实际功能进行了验证。从验证的结果来看,其完全符合TV待机唤醒的要求。该方案为低功耗场景下的TV待机唤醒提供了方法与思路。

**关键词:**HDMI;消费电子控制;电视;待机唤醒;低功耗

中图分类号: TN919

文献标识码: A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.211482

中文引用格式:吕亮,龙华.基于HDMIRx CEC的电视待机唤醒方案的软件设计[J].电子技术应用,2021,47(9):86-90,95.

英文引用格式:Lv Liang, Long Hua. Software design of TV standby-awake scheme based on HDMIRx CEC[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(9):86-90,95.

## Software design of TV standby-awake scheme based on HDMIRx CEC

Lv Liang<sup>1</sup>, Long Hua<sup>2</sup>

(1.School of Microelectronics, Southeast University, Nanjing 210000, China;

2.Huawei Technologies Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

**Abstract:** In order to reduce the usage of the television remote control and realize low power consumption in the standby-awake scenario, based on the analysis of the consumer electronics control(CEC) 1.4 protocol, the paper proposes an HDMI\_CEC standby-awake software scheme by cooperating the CPU and MCU, and implements the detailed functions on the single board described in the scheme. Finally, the actual function was verified by the SL309 instrument. In the verification results, it fully meets the requirements of TV standby-awake. The scheme provides methods and ideas for TV standby wake in low power consumption scenarios.

**Key words:** HDMI; CEC; TV; standby-awake; low power consumption

## 0 引言

当前,常见的高清视频接口有HDMI、VGA、DP和DVI<sup>[1-2]</sup>。HDMI作为当今主流的多媒体高速数字接口,依据最新的HDMI2.1协议,其支持8K甚至更高分辨率的数据传输<sup>[3]</sup>。其广泛应用于大多数知名品牌的电视、机顶盒等音视频设备上,甚至使用一个遥控器就可以控制多个音视频设备<sup>[4-5]</sup>。HDMI拥有5种不同的线缆,其分别拥有不同的引脚分布,如图1所示。而在实际场景中,种类A的线缆用得较多,其拥有19个引脚,图2为引脚

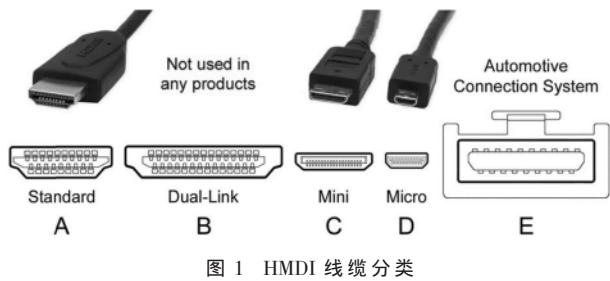


图1 HDMI线缆分类

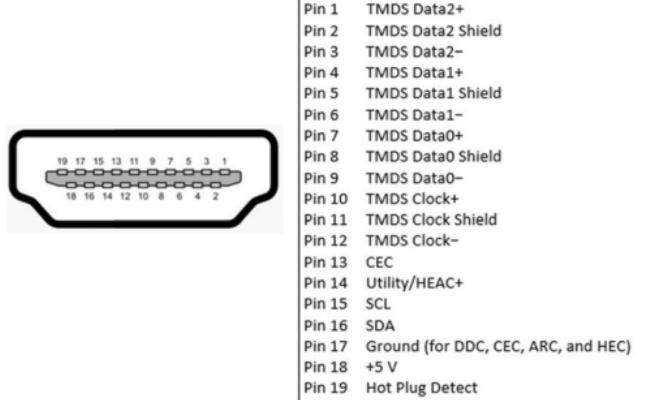


图2 线缆A引脚分布

的分布图。其中,CEC(Consumer Electronics Control)信号通过引脚13传输,作为HDMI接口的一部分。CEC总线作为控制信号被分离出来,使得在不增加数据占用带宽的情况下完成高速复杂的通信要求<sup>[6]</sup>。随着CEC应用范

围越来越大，不同的厂商赋予了 CEC 技术不同的名字，如：索尼的 Bravia Theater Sync、松下的 VIERALINK、三星的 ANYNET+ 和 LG 的 SIMPLELINK 等<sup>[7]</sup>。

CEC 系统的设计可以分为 CEC 控制器的设计和 CEC 软件部分的设计两部分。文献[8]和[9]通过 Verilog 仿真工具和 FPGA 的开发板完成了对 CEC 控制器的设计实现目的，这些方法可以作为 IP 广泛地应用到支持 HDMI 接口的 SoC 开发中。文献[10]考虑到部分 HDMI 转换芯片上没有包含 CEC 模块而采用 IO 模拟实现 CEC 协议的方法，从而取代了硬件 CEC 控制器的设计。文献[11] 通过 CEC 技术控制服务唤醒显示设备以使其从关机状态进入开机状态，其中采用了 MCU 处理关机状态下的 CEC 消息传送。文献[12]设计了一种电路以解决 MCU 芯片无法满足 CEC 总线漏电流的问题。以上文献中对于 CEC 软件系统虽有描述，但是对于其中的细节详细阐述少之又少。

本文通过对 CEC1.4 协议的分析，阐述了利用 CEC 技术实现 TV 待机唤醒的软件驱动方案。为了保证 TV 在待机状态下可以通过 CEC 来唤醒，提出了采用 CPU 与 MCU 协同工作的方式。在 TV 工作时，由 CPU 管理整个系统，MCU 处于复位状态；当 TV 待机后，CPU 将不进行工作，而由 MCU 负责。当 MCU 收到 CEC 相关消息后，会及时唤醒 CPU。该设计使得 TV 能在待机状态下得到唤醒，也满足了低功耗的要求。

## 1 CEC 协议概述

CEC 是一种在各音视频产品中提供上层控制功能的协议，其提供了一系列的特性来增强 HDMI 系统的功能和互通性。CEC 使用远程控制或自动改变设置来命令连接的 CEC 设备发生相应的变化<sup>[13]</sup>。所有在 CEC 线上的传输包括一个发起者(Initiator)和多个接收者(Follower)。发起者负责发送消息数据。接收者负责接收任何数据以及设置应答位。发起者提供时序和位前沿。若同一时刻，当超过一个发起者进行 CEC 数据传输时，可以使用控制信号线仲裁机制避免冲突。CEC 线采用半双工、串行的方式传输数据。在设备打开 CEC 的情况下，可以使用单个遥控器完成一系列的控制操作，如：待机唤醒、按键透传等。在 CEC 网络中会连接多个设备，各个设备通过 CEC 线通信与命令交互。

CEC 的帧结构=起始位+引导块+数据块，其中数据块中包含操作码和操作数。所有的引导块和数据块都是 10 bit，并拥有相同的数据结构，如图 3 所示。一条完整的 CEC 消息的数据结构如图 4 所示。

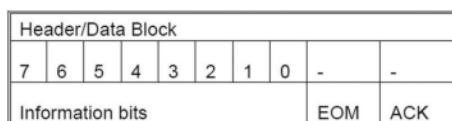


图 3 块结构

源逻辑地址	目的逻辑地址	操作码	操作数
-------	--------	-----	-----

图 4 一条消息的数据结构

表 1 CEC 逻辑地址

逻辑地址	设备类型
0	TV
1,2,9	Recording Device
3,6,7,10	Tuner
4,8,11	Playback Device
12,13	Reserved
14	Specific Use
15	Unregistered

当一个 CEC 设备连接到 CEC 网络中时，其会通过 Ping(即发送 Polling Message 消息)的方式获取到自身的逻辑地址。各个设备类型的逻辑地址如表 1 所示，其中总共有 16 个逻辑地址，而有些设备具有多个逻辑地址，如：录音设备就有 1、2、9 三个不同的逻辑地址。对于下文涉及的电视待机唤醒功能会使用到图 5 描述的场景。

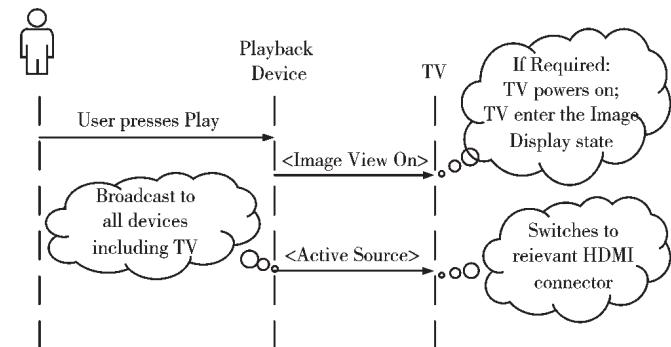


图 5 一键唤醒的场景

其中，Playback Devcie 可以是碟机等设备，当 TV 处于待机状态时，用户可以使用碟机的遥控器唤醒碟机后，碟机会发送<Image View On>或<Active Source>消息给 TV，来唤醒 TV。当 source 需要将输出显示在 TV 上时，source 必须同时发送<Image View On>消息和<Active Source>消息。其中，<Image View On>的操作码为 0x04，<Active Source>的操作码为 0x82。

## 2 系统实现

为了使 TV 在待机状态下的功耗降低，该方案采用 CPU 与 MCU 结合的方式，通过这两部分的交互实现 TV 中待机唤醒。图 6 是 CEC 的软件架构图，分为 CPU 和 MCU 两部分，两者通过公用的寄存器通信。

当系统上电后，CPU 开始运行，MCU 处于复位状态，CPU 负责 CEC 消息收发等工作。而当 TV 待机后，CPU 下电，MCU 开始运行，主要负责 CEC 唤醒检测。图 7 为电视待机唤醒检测的流程图。

### 2.1 MCU 模块设计

MCU 模块从上到下分为 User、Driver 层。User 层负责将收到的 CEC 消息转化为具体的功能控制。Driver 层负责 CEC 逻辑层的抽象和隔离、CEC 消息的收发，包括：(1) CEC 逻辑使能控制；(2) HPD(Hot Plug Detect)状态获取；(3) CEC EDID 的读取与解析；(4) CEC 消息的发送和

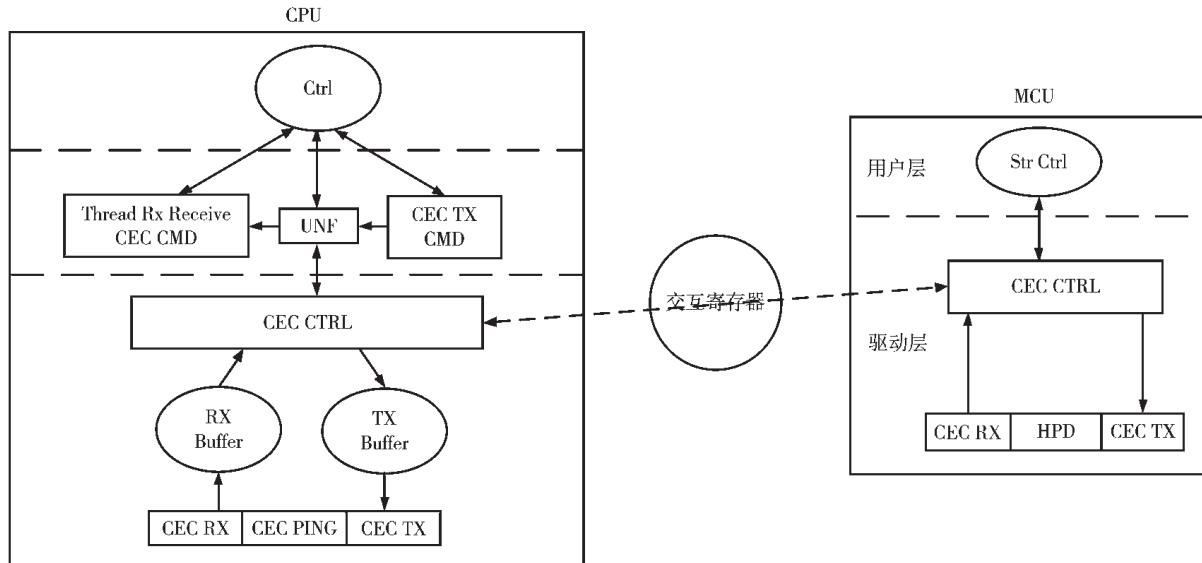


图 6 CEC 软件架构图

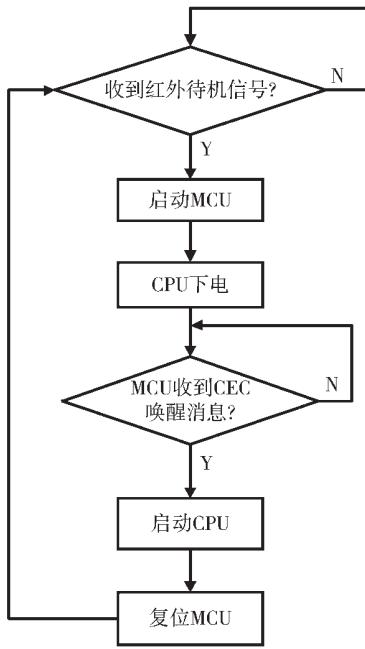


图 7 CPU/MCU 待机检测

读取;(5)CEC 日志的串口打印等。

MCU 中只做简单的消息收发处理。其中,接收的消息包括:`<Image View On>`、`<Text View On>`、`<Active Source>`、`<Give Device Power Status>`、`<Get Cec Version>`。发送的消息包括:`<Report Power Status>`、`<Cec Version>`。

图 8 为 MCU 的运行图,在 MCU 初始化后,MCU 会检测此时 CPU 运行在 boot 还是 kernel 阶段,并停在对应的阶段。当 CPU 下电后,MCU 跳出对应阶段,向下执行一系列的操作,最后在 while 循环中不断地检测 CEC 唤醒的消息,若收到`<Image View On>`、`<Text View On>`、`<Active Source>`中的某条消息,则唤醒 CPU。

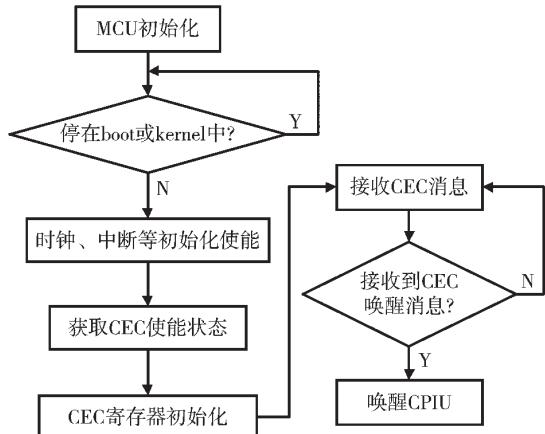


图 8 MCU 运行框图

## 2.2 CPU 模块设计

CPU 模块由 Middleware(中间件)、UNF、Driver 三个子模块组成。其中,中间件模块会主动获取 CEC 驱动中的 CEC 消息,同时也会发送具体的 CEC 消息给驱动,然后 CEC 驱动会把消息通过 CEC 线发送出去,中间件是 CEC 具体业务指令中控。UNF 模块是提供给中间件使用的接口层,里面包含一系列接口函数,中间件可以调用 UNF 中的接口函数将 CEC 消息传输给 CEC 驱动或获取 CEC 驱动的消息。Driver 模块实现 CEC 网络建立,CEC 消息接收发送的具体实现,消息池管理,各任务间的协同控制等。

为了防止在 CEC 总线上消息传输失败,整个系统方案中采用了 CEC 消息重传机制。当出现 CEC 控制器发送 CEC 消息到总线上失败时,软件中会对 CEC 控制器的重传次数进行配置,之后如果 CEC 消息发送失败,硬件就会自动进行 CEC 消息重传。根据协议中的要求次

数设置为最小值 2, 以保证从中间件传下来的所有 CEC 消息都能通过 CEC 驱动传输给指定的 CEC 设备。图 9 为重传机制的流程图。

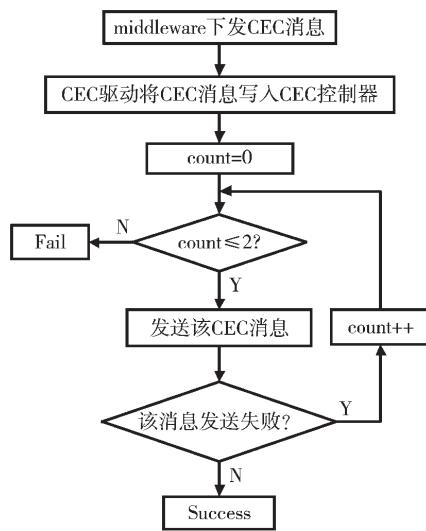


图 9 重传机制流程图

此外, 为保证 CEC 驱动可以将短时间内从中间件下发的 CEC 消息全部发送给其他的 CEC 设备, 在 CEC 驱动中增加了 CEC 消息队列, 最大可以存储 30 条从中间件传下来的 CEC 消息。以下为 CEC 消息和 CEC 消息队列的数据结构, 每条 CEC 消息都通过 CecMessage 结构体的形式储存, 并将全部的 CEC 消息保存在 CecQueue 结构体的 cec\_message 数组中。

```

typedef struct {
    char addr;                                // 源目的地址
    char ope;                                   // 操作码
    char opr[15];                              // 操作数
} CecMessage;

typedef struct {
    int front;                                 // 指向队列头
    int rear;                                  // 指向队列尾
    CecMessage cec_message[30];
} CecQueue;
  
```

图 10 为 CPU 的运行图, 当系统上电后, CPU 开始运行, CEC 驱动拥有单独的内核线程。在该线程中, 包括 CEC 消息的发送, CEC 中断的检测, CEC 消息的发送等。

### 3 功能验证

#### 3.1 验证平台

该系统采用基于 Cortex-A73 处理器并搭载 Linux 4.14 操作系统的单板实现软件设计, 搭载 A73 处理器的单板, 其以更低的功耗和更小的空间实现了更佳的性能与寿命<sup>[14]</sup>。该单板的硬件部分, 如 CEC 控制器等以及中间件中的软件程序编写, 均由其他成员完成设计。在 CEC 驱动编写完成后, 分别烧录到 CPU 和 MCU 中, 上电后

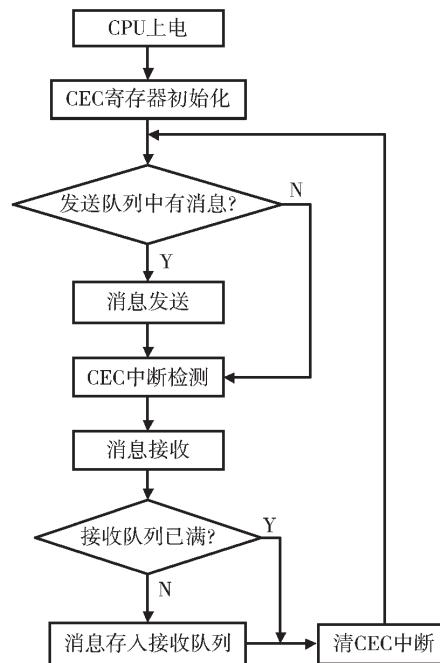


图 10 CPU CEC 运行框图

即开始运行。

SL309 是 CEC CTS 的认证仪器, 由 SimplayLabs 公司生产, 作为官方推荐的 CEC1.4 测试仪器, 其具有易用、UI 界面内容丰富等特点。实物见图 11, 其可以模拟出 CEC1.4 协议中提到的所有 CEC 设备, 并可以收发不同的 CEC 消息以验证单板上的 CEC 驱动实现是否符合 CEC 协议的要求。图 12 为 CEC 网络中的设备连接图, 碟机使用的是索尼 BDP-S1500, 该碟机支持 CEC 功能, 其连接 SL309, 再接本文所设计实现 CEC 功能的单板, 最后将单板接到 SONY TV 上。



图 11 SL309

#### 3.2 验证结果

首先打开所有连接的 CEC 网络中的设备, 并在 SONY TV 的 UI 中打开单板的 CEC 功能, 再使用单板的遥控器让单板进入待机状态, 此时可以看到, TV 的 UI 黑屏, 并通过串口工具可以看到单板已进入 MCU 模式。再观察 SL309 应用窗口中 DUT (Device Under Test) 发送了广播消息<Standby>, 如图 13 和图 14 所示。

从图 13 可以看出, 起始位(Start Bit)、数据位(Data Bit)时序符合协议的规定, 即单板发送的 CEC 消息符合 CEC1.4 协议中的要求。从图 14 中的方框可知, 单板已

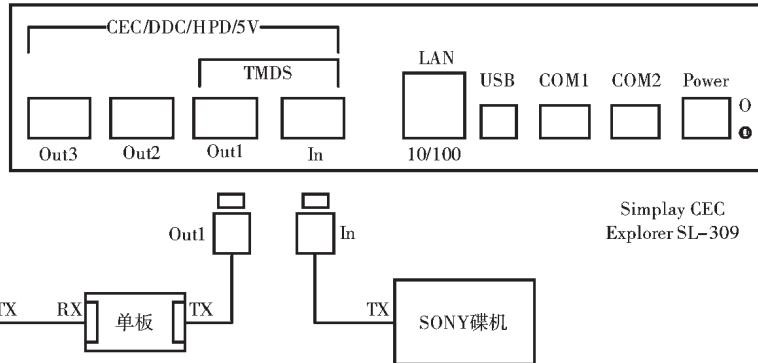


图 12 设备连接图

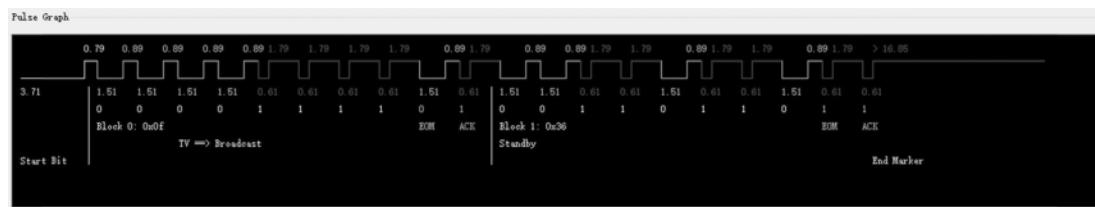


图 13 &lt;Standby&gt;消息时序图

R 11:03:57.111	TV ==> Audio System	GiveOSDName	05 46
R 11:03:57.223	IV ==> Playback Device 2	Ping	08
R 11:03:57.259	IV ==> Playback Device 2	Ping	08
R 11:03:57.394	IV ==> Recording Device 3	Ping	09
R 11:03:57.430	IV ==> Recording Device 3	Ping	09
R 11:03:57.559	IV ==> Playback Device 3	Ping	0b
R 11:03:57.595	IV ==> Playback Device 3	Ping	0b
R 11:03:57.733	IV ==> Reserved (0xc)	Ping	0c
R 11:03:57.769	IV ==> Reserved (0xc)	Ping	0c
R 11:03:57.906	IV ==> Reserved (0xd)	Ping	0d
R 11:03:57.942	IV ==> Reserved (0xd)	Ping	0d
R 11:03:58.081	IV ==> Specific Use	Ping	0e
R 11:03:58.117	IV ==> Specific Use	Ping	0e
R 11:04:02.617	IV ==> Broadcast	Standby	0f 36

图 14 SL309 收到的 CEC 消息

R 11:13:19.274	TV ==>	Broadcast	Standby	0f 36
R 11:13:19.836	Playback Device 1 ==>	TV	MenuStatus	40 8e 01
R 11:13:39.251	Playback Device 1 ==>	Playback Device 1	Ping	44
R 11:13:39.288	Playback Device 1 ==>	Playback Device 1	Ping	44
R 11:13:39.325	Playback Device 1 ==>	Playback Device 1	Ping	44
R 11:13:39.362	Playback Device 1 ==>	Playback Device 1	Ping	44
R 11:13:39.404	Playback Device 1 ==>	TV	TextViewOn	40 0d
R 11:13:39.475	Playback Device 1 ==>	Broadcast	ActiveSource	4f 82 10 00
R 11:13:39.594	Playback Device 1 ==>	TV	MenuStatus	40 8e 00
R 11:13:39.689	Playback Device 1 ==>	Broadcast	ReportPhysicalAddress	4f 84 10 00 04
R 11:13:39.832	Playback Device 1 ==>	Broadcast	DeviceVendorID	4f 87 08 00 46

图 15 碟机发送的消息

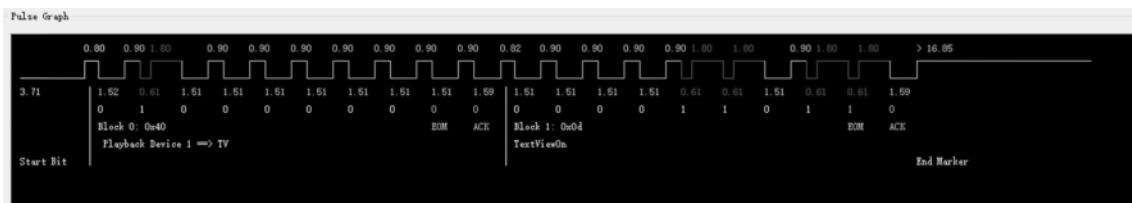


图 16 &lt;Text View On&gt;消息时序图

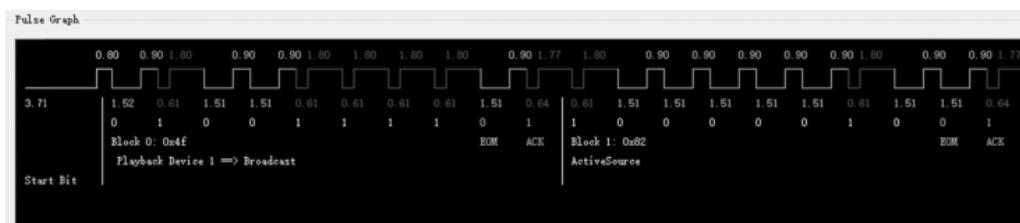


图 17 &lt;Active Source&gt;消息时序图

(下转第 95 页)



## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所