

## Application Note

# 在 FPD-LINK III DS90UB94x 和 DS90UB92x 器件中如何避免 HDCP 误触发 AV 静音模式

---



Violet Lei, Shelly Xie

## 摘要

FPDLINK III DS90UH94x 解串器实现了一种称为 AV 静音的模式，在消隐周期（当 DE=LOW 时）接收到值 0x666666 时，解串器就会进入该模式。当解串器进入 AV 静音模式时，器件会使输出视频信号和音频信号静音，从而导致黑屏。在极少数情况下，当系统中的 SoC 在消隐期间发送信号 (0x666666) 时或系统中的模块设计不当而导致大量噪声干扰时，DS90UB94x 解串器可能会无意中进入 AV 静音。

本应用手册分析了器件在系统级和芯片级无意中进入 AV 静音的原因，并提供了一种全面的设计来防止发生这种 AV 静音模式，从而防止系统因意外进入 AV 静音模式而出现黑屏。

---

## 1 简介

在支持 HDCP 的 DS90UH94x 器件中，AV 静音特性使用户能够阻止来自解串器的音频和视频信号传输。此功能不适用于非 HDCP DS90UB94x 器件；但是，在特定条件下，DS90UB94x 解串器可能会无意中进入 AV 静音模式。在消隐期间检测到定义的数据模式 0x666666 时，该器件会触发 AV 静音状态。分析证实，在极少数情况下，DS90UB94x 解串器可以接收与 AV 静音命令模式匹配的随机数据，从而导致意外激活 AV 静音模式。

为了防止 FPDLINK 错误地进入 AV 静音模式并导致黑屏，TI 从系统和芯片的角度应用了多种解决方案来限制 FPDLINK 错误地触发 AV 静音。本应用手册详细介绍了导致 FPDLINK 进入 AV 静音模式的原因和设计。



图 1-1. HDCP 版权保护

## 2 AV 静音模式

### 2.1 HDCP 中的 AV 静音模式

HDCP (高带宽数字内容保护) 由英特尔公司作为一种数字复制保护形式开发。其目的是防止受版权保护的内容在从源设备传输到显示设备时被非法截获。HDCP 的核心是称为握手的过程。这是源和接收器之间快速、连续的对话。

1. 身份验证：源设备和接收设备会交换公钥 (KSV)，以验证两者是否都是经过许可和授权的设备。源和接收器会根据已知已泄露硬件的撤销列表来检查这些密钥。
2. 加密：完成身份验证后，它们将创建一个共享密钥。源设备使用此密钥对视频数据进行加密或扰频，使其无法被任何未经授权的设备理解。
3. 解密和监测：接收器使用相同密钥实时解密数据。然后，这些设备持续地每隔几秒监测一次连接。

这个过程非常敏感。如果握手中断 (以错误的顺序打开设备或电缆松动)，传输将会停止，导致屏幕空白。因此，所有器件进行简单的下电上电通常即可解决问题，因为这会强制对整个握手进行干净的重新协商。

AV 静音是一项暂时消隐视频和暂停音频的功能，它还负责管理 HDCP。在 HDCP 环境中，使用 AV 静音有助于在视频分辨率变化期间保持 HDCP 链路，并且这可以在保持身份验证处于活动状态的同时暂停加密。当源设备更改视频分辨率时，这可能会导致信号暂时丢失。使用 AV 静音可以暂停视频和音频，同时暂停 HDCP 加密，从而允许系统维护 HDCP 链路并且不间断地重新验证新分辨率。

图 2-1 显示了 HDCP 的加密和解密过程，该过程通常在 DE=LOW 期间传输加密信息。

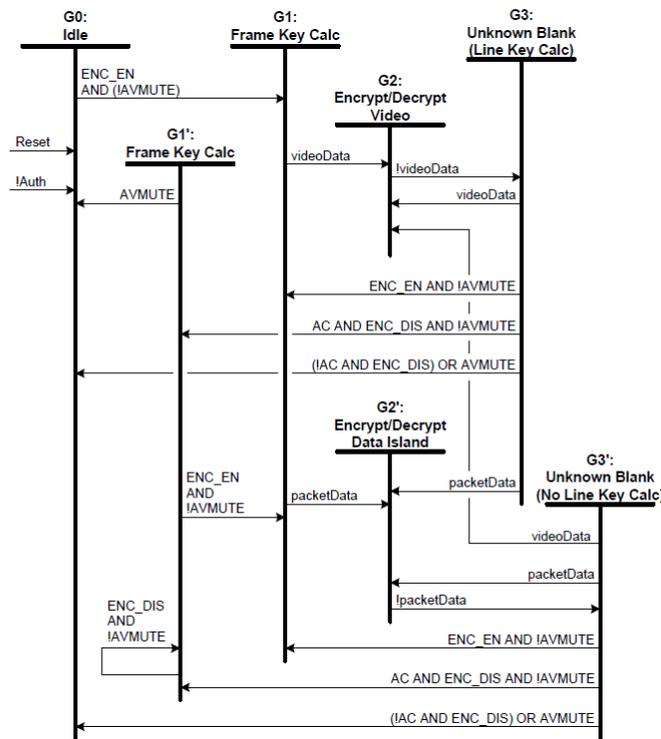


图 2-1. HDCP 加密和解密状态图 (EES)

## 2.2 FPD-Link HDCP 器件系列 - UB 和 UH

FPD-Link III 和 IV 器件根据以下规则命名；请参阅 图 2-2。在本文中，UB 和 UH 用于区分器件是否支持 HDCP。

DS90U~~X~~ ~~xxx~~-Q1



Letter      Number

- B: without HDCP
- H: with HDCP
- Odd=Serializer
- Even=Deserializer

图 2-2. FPD-Link 命名规则

根据 HDCP v1.4 规范在串行器中实现 HDCP 密码功能。该串行器在连接到支持 HDCP 的源时提供视听内容 HDCP 加密。HDCP 认证和共享密钥的生成是使用嵌入在串行链路正向和反向通道中的 HDCP 控制通道执行的。片上非易失性存储器 (NVM) 用于存储 HDCP 密钥。保密的 HDCP 密钥由 TI 在制造过程中加载，在器件外部无法访问。

表 2-1. FPD-Link III 和 IV 器件

串行器/解串器	无 HDCP FPD-Link III IV	有 HDCP FPD-Link III IV
串行器	DS90UB925Q-Q1	DS90UH925Q-Q1
	DS90UB927Q-Q1	DS90UH927Q-Q1
	DS90UB929Q-Q1	DS90UH929Q-Q1
	DS90UB941AS-Q1	DS90UH941AS-Q1
	DS90UB947Q-Q1	DS90UH947Q-Q1
	DS90UB949Q-Q1	DS90UH949Q-Q1
	DS90UB949A-Q1	DS90UH949A-Q1
	DS90UB981-Q1	DS90UH981-Q1
	DS90UB983-Q1	DS90UH983-Q1
解串器	DS90HB983-Q1	DS90HH983-Q1
	DS90UB926Q-Q1	DS90UH926Q-Q1
	DS90UB928Q-Q1	DS90UH928Q-Q1
	DS90UB948-Q1	DS90UH948-Q1
	DS90UB940-Q1	DS90UH940-Q1
	DS90UB940N-Q1	DS90UH940N-Q1
	DS90UB988-Q1	DS90UH988-Q1
	DS90UB984-Q1	DS90UH984-Q1
DS90HB984-Q1	DS90HH984-Q1	

在消隐期间 (DE = LOW) 接收专门定义的数据模式 666666 时，UH 器件支持 HDCP 的 AV 静音功能。当消隐期间存在 555555 模式时，UH 器件会退出 AV 静音状态

一旦器件进入 AV 静音状态，器件就会将音频和视频输出同时静音，从而导致黑屏。

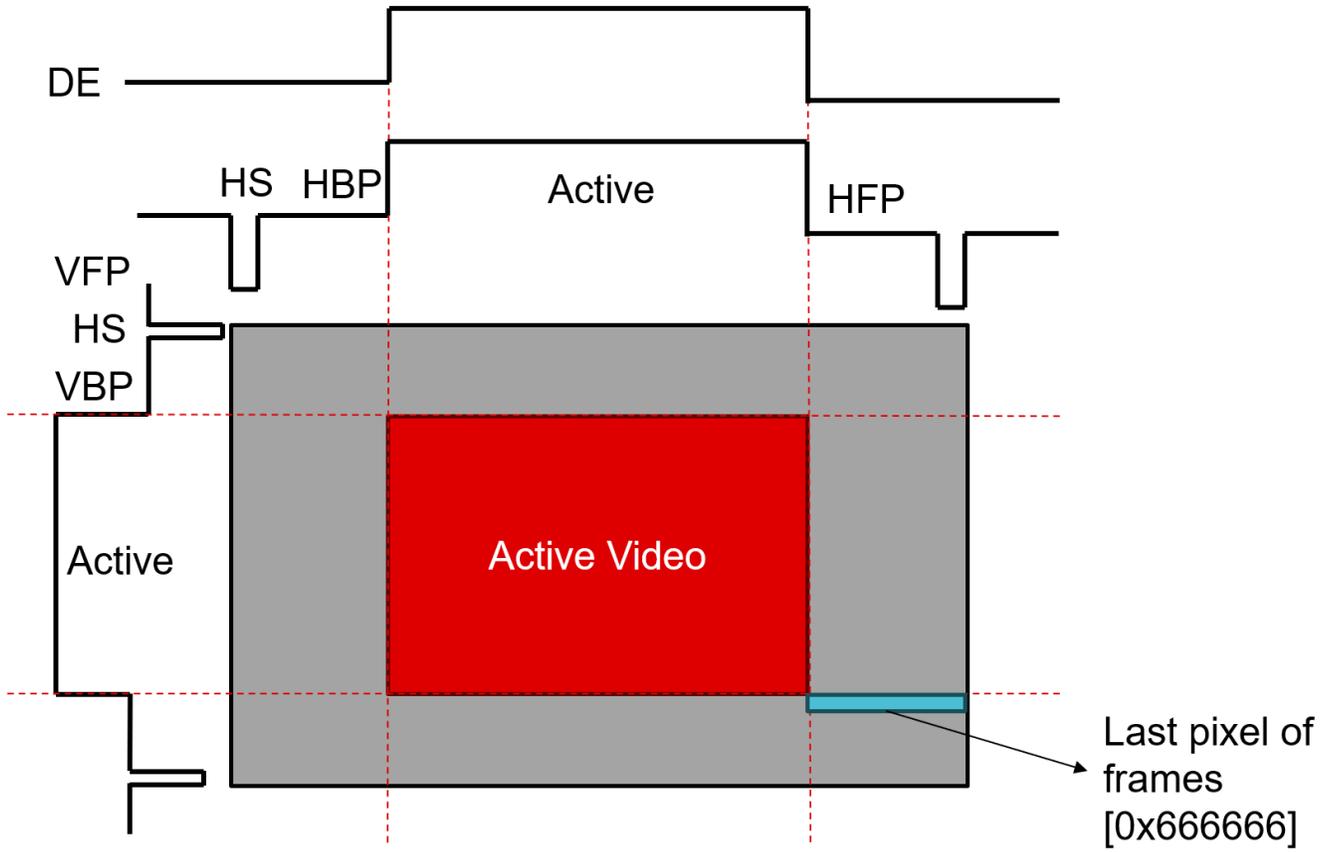


图 2-3. 在 UH 器件中如何进入 AV 静音模式

### 3 UB 器件可能错误地进入 AV 静音状态

默认情况下，UB 串行器会发送所有视频数据，包括在消隐间隔（当 DE = LOW 时）期间发生的数据。UB 串行器可以实现 HDCP (UH) 串行器等功能，并在消隐间隔期间阻止视频数据。

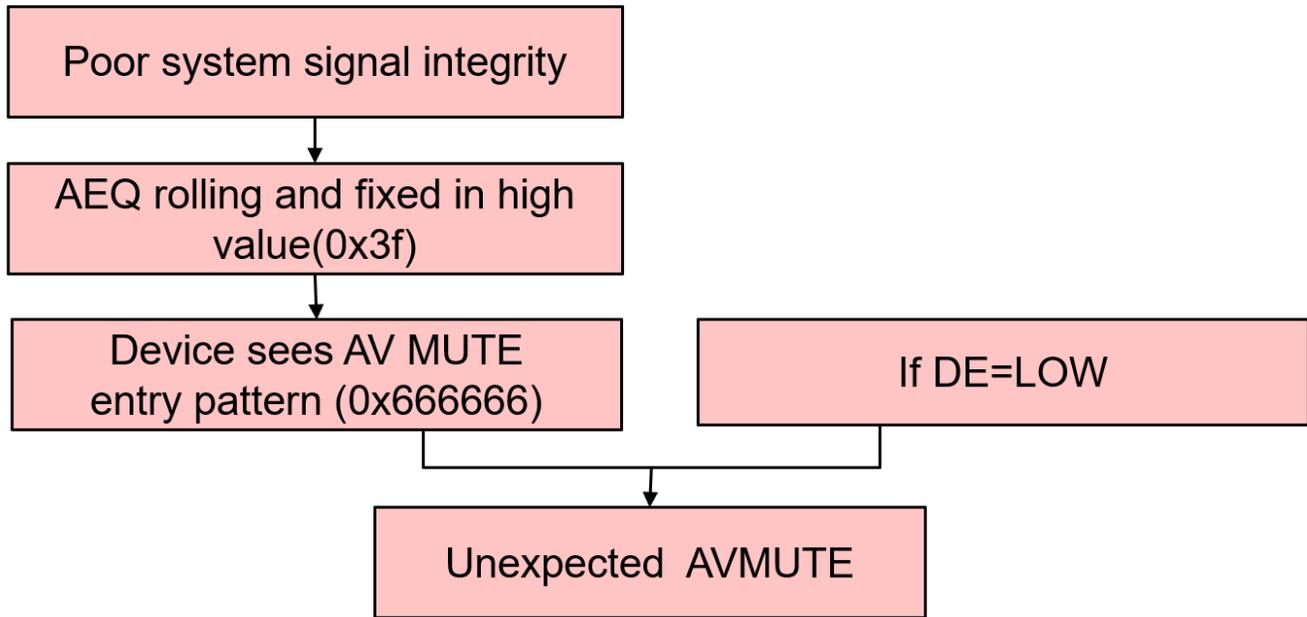


图 3-1. 进入 AV 静音的两种方式

对 IVI UB 串行器使用 FPD-Link III 时，可以在消隐期间 (DE = LOW) 发送视频数据。如果在消隐期间发送特定模式 (0x666666)，则配套解串器进入 AV 静音模式。进入 AV 静音模式时，诸如 FPD-Link 器件的锁定、链路、PLL 和 BIST 等器件诊断之类的消息都是正常的，但屏幕是黑屏。

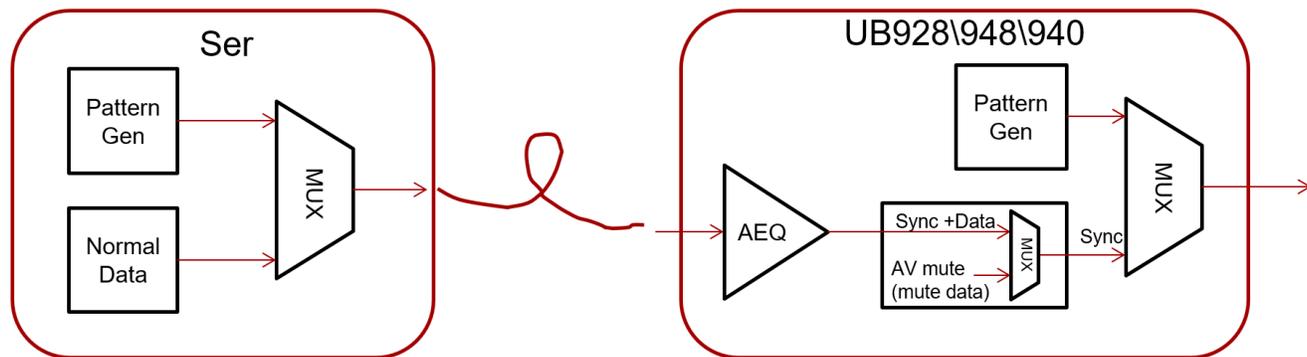


图 3-2. 受影响的解串器

#### 备注

当任何串行器和 DS90UB928\948\940-Q1 解串器对时，可能会错误地进入 AV 静音；DS90UB940N-Q1 不受此问题影响。

FPD-Link 接收器输入包含自适应均衡器 (AEQ)，以补偿通信通道和互连元件的信号衰减。每个 RX 端口信号路径都持续地监测电缆特性，以了解是否存在长期电缆老化和温度变化。AEQ 主要用于适应和补偿安装在汽车中的电缆在使用寿命内的通道损耗。

AEQ 会尝试优化 RX 接收器的均衡设置。这种适应包括补偿因温度影响而产生的插入损耗，以及因弯曲而导致的老化退化。为了确定最大电缆长度，还必须考虑影响信号完整性的因素，例如抖动、偏斜、码间干扰 (ISI)、串扰

等。FPD-Link III 接收器输入包含自适应均衡器 (AEQ)，以补偿通信通道和互连元件的信号衰减。每个 RX 端口信号路径都持续地监测电缆特性，以了解是否存在长期电缆老化和温度变化。AEQ 主要用于适应和补偿安装在汽车中的电缆在使用寿命内的通道损耗。AEQ 会尝试优化 RX 接收器的均衡设置。这种适应包括补偿因温度影响而产生的插入损耗，以及因弯曲而导致的老化退化。为了确定最大电缆长度，还必须考虑影响信号完整性的因素，例如抖动、偏斜、码间干扰 (ISI)、串扰等。

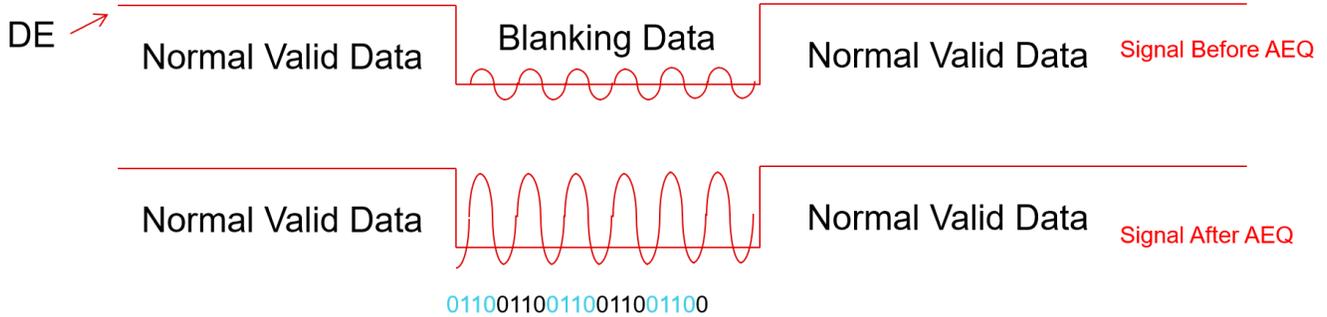


图 3-3. AEQ 将消隐数据错误地识别为 0x666666

如果 FPD3 解串器已锁定到串行器，随后锁定丢失，则 AEQ 算法将会增大 EQ 值，并尝试重新锁定到串行器。解串器会重复此过程，直到它能够成功地重新锁定到串行器。如果 EQ 达到最大 EQ 值，此过程以最小 EQ 值重新开始。如果系统工作环境不稳定，UB928\948\940 可能会多次进入和退出锁定状态，当其重新锁定在稳定状态时，最终的 EQ 值可能会达到非常高的值，例如 0x3F。

当 AEQ 为较高的值时，例如 0x3F；如果系统在消隐期内存在一些周期性噪声，AEQ 将会增强此噪声，DS90UB94x 解串器可能会将其解读为特殊模式 666666，并进入 AV 静音模式。图 3-3 显示了这种情况。

#### 4 如何防止进入 AV 静音模式

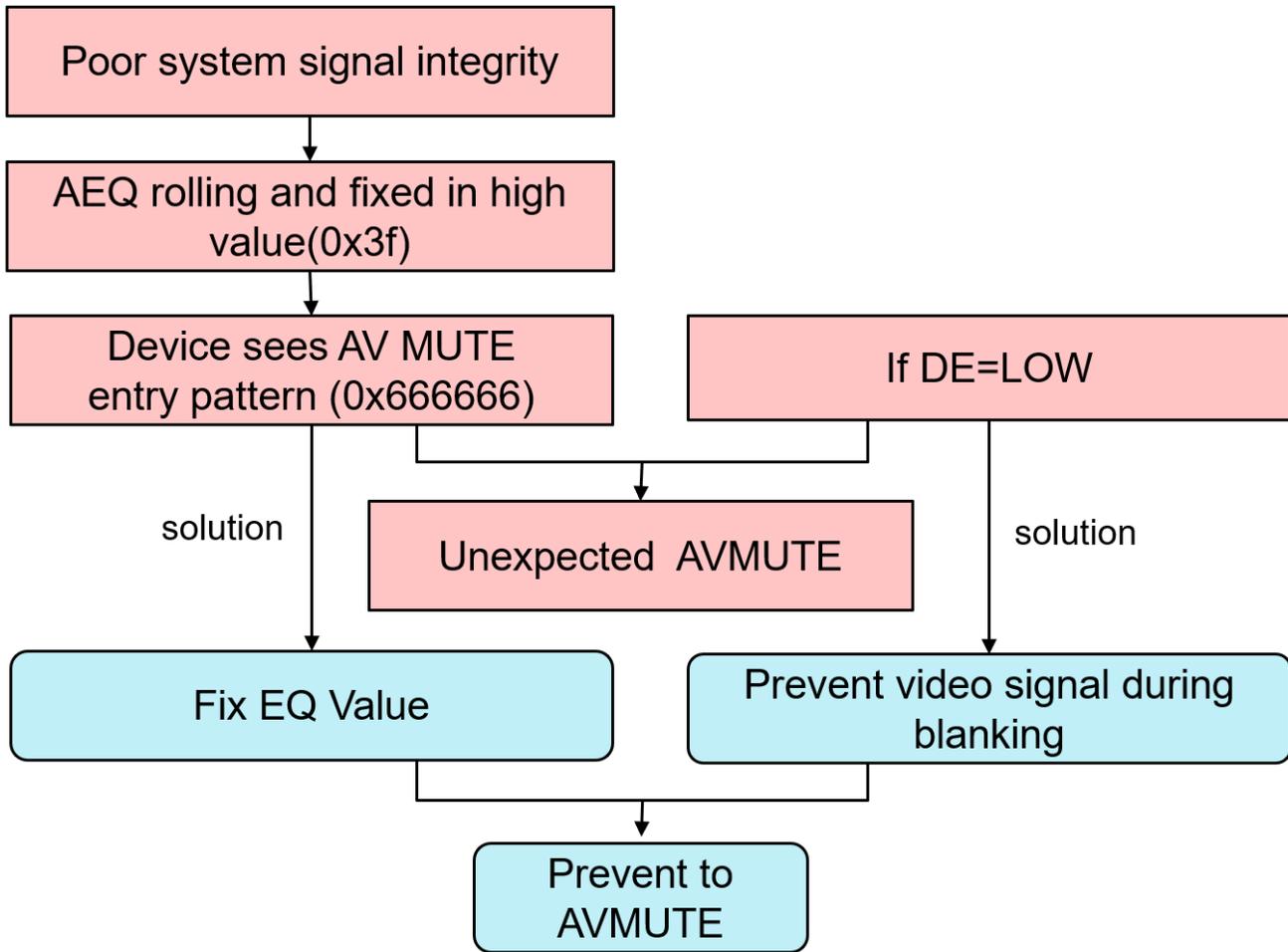


图 4-1. 如何防止进入 AV 静音模式

#### 备注

如果出现意外 AV 静音状态，TI 建议验证已配对串行器的数据路径控制设置。此保护设置无法从解串器访问

## 4.1 在消隐间隔期间防止视频信号

与 UB 版本 FPD-Link 兼容串行器配对使用时，设置 DE\_GATE 寄存器（查看表 4-x）可防止在消隐间隔期间发送视频信号。这可以验证在正常运行期间不会进入 AV 静音模式。默认情况下，假定数据使能 (DE) 信号为高电平有效。如果 DE 为低电平有效，则还需要设置 DE\_POLARITY 寄存器。

DE 永久为低电平时，解串器不会检查 AV 静音条件，因此在使用仅 HSYNC/VSING 模式显示时，AV 静音不是问题。

DE\_GATE 寄存器：

使用 DE 信号选通 RGB 数据。设置该位后，DS90UB947-Q1 将使用 DE 信号来选通 RGB 视频数据。

1：使用 DE 选通 RGB 数据。

0：RGB 数据独立于 DE 传输。

表 4-1. 设置配对串行器中的 DE\_GATE 寄存器

设置器件	设置 DE_GATE 寄存器
DS90UB925Q-Q1	0x04 [4] =0
DS90UB927Q-Q1	0x04 [4] =0
DS90UB929Q-Q1	0x04 [4] =0
DS90UB941AS-Q1	0x04 [4] =0
DS90UB947Q-Q1	0x04 [4] =0
DS90UB949A-Q1	0x04 [4] =0
DS90UB981-Q1/DS90UB681-Q1	0x5A [6] =1
DS90UB983-Q1/DS90UB943A-Q1	0x5A [6] =1
DS90HB983-Q1	0x5A [6] =1

## 4.2 固定 EQ 值

如图 4-1 所示，请注意：如果视频源在消隐间隔期间继续发送随机数据，则 UB928\948\940 在接收到与 AV 静音命令模式匹配的随机数据时可能会无意中进入 AV 静音状态。

要强制运行 AEQ 并固定 EQ 值，请在初始化期间使用应用于解串器的以下寄存器设置：

```

Des_ID=0x58
## *****
## 固定 EQ 值
## *****
board.Writel2C(Des_ID,0x34,0x03) # 选择端口 0 和 1，如果仅使用端口 0 需要更改此值
board.Writel2C(Des_ID,0x44,0x21) # 强制将 AEQ 设置为 1 级
board.Writel2C(Des_ID,0x01,0x05) # 软复位
board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读以进行复查。0x3B=0x01，EQ=1
## 在以下代码中选择适当的一个档位
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0x41) # 强制将 AEQ 设置为 2 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x02，EQ=2
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0x61) # 强制将 AEQ 设置为 3 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x03，EQ=3
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0x81) # 强制将 AEQ 设置为 4 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x04，EQ=4
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xA1) # 强制将 AEQ 设置为 5 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x05，EQ=5
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xC1) # 强制将 AEQ 设置为 6 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=6
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xE1) # 强制将 AEQ 设置为 7 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=7
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xE3) # 强制将 AEQ 设置为 8 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=8
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xE5) # 强制将 AEQ 设置为 9 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=9
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xE7) # 强制将 AEQ 设置为 10 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=10
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xE9) # 强制将 AEQ 设置为 11 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=11
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xEB) # 强制将 AEQ 设置为 12 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=12
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xED) # 强制将 AEQ 设置为 13 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x01，EQ=13
# board.Writel2C(Des_ID,0x44,0xEF) # 强制将 AEQ 设置为 14\15 级
# board.Readl2C(Des_ID,0x3B) # 回读寄存器 0x3B=0x3F，EQ=14\15
    
```

### 4.3 如何确定 EQ 值

方法 1：测试系统链路的 S 参数

从 S 参数测试结果示例 ( 10m 同轴电缆 ) 中可以看出，1GHz 时 10m 的电缆损耗约为 13dB，对应于 1m 的电缆损耗和约 2dB 的连接器损耗。考虑到不同的电缆以及温度变化、老化等因素的影响，主机到显示器的损耗不得超过 5dB 的最大值。

根据表 4-1，UB948 在 1GHz 下对 5dB 可产生 EQ=0x02 的补偿，这可以完全补偿系统中的损耗。因此，在这种情况下，设置 EQ=0x2。



图 4-2. S 参数测试结果示例 ( 10m 同轴电缆 )

表 4-2. 电缆损耗范围的建议固定 AEQ 设置范围

可接受的均衡器范围	损耗范围 (dB)
0-1	0-3
1-2	3-4
2-3	4-6
3-4	6-9.5
4-5	9.5-10.5
5-9	10.5-13.5
10-15	13.5-16
15	>16

方法 2：测试 MAP ( 裕度分析程序 )

Analog LaunchPad (ALP) 开发套件中包含的 MAP 会生成图表，显示哪些 EQ 电平和选通位置组合显示无错误或失锁。这些图表可用于诊断眼图的状态，通过 ( 绿色 ) 方框的数量越多表示眼图张开度越大。有关具体的测试程序，请参阅 FPD-Link 裕度分析程序 (MAP) 用户指南。

根据 MAP (图 4-3) 的分析，还显示当 EQ = 0x01 时，周边为绿色，表示余量很大。因此，在这种情况下，TI 建议设置 EQ = 0x01。



图 4-3. 不同温度下的 MAP 测试结果示例

## 5 总结

在不稳定链路环境中，FPDLINK 解串器可能会经历反复的锁定丢失，并可能进入 EQ 值在给定系统正常范围之外运行的状态。在这种极端环境中，EQ 可能会放大噪声，使得解串器将此噪声解读为信号，即使在不支持 HDCP 的器件上也会进入 AV 静音模式。本文档提出的设计旨在通过阻止识别该信号并通过帮助稳定此类环境中的 EQ 范围来解决意外进入 AV 静音模式的问题。

## 6 参考资料

数字内容保护，[HDCP 规范](#)，网页。

德州仪器 (TI)，《[DS90UH94X 自适应均衡器和启动](#)》，白皮书。

德州仪器 (TI)，《[具有 HDCP 的 DS90UH948-Q1 汽车级 2K FPD-Link III 转 OpenLDI 解串器](#)》，数据表。

德州仪器 (TI)，《[DS90UB948-Q1 汽车级 2K FPD-Link III 转 OpenLDI 解串器](#)》，数据表。

德州仪器 (TI)，《[FPD-Link 裕度分析程序 \(MAP\) 用户指南](#)》，用户指南。

## 重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月