

## Application Note

**FPD-LINK III DS90UB94x および DS90UB92x デバイスで、誤った HDCP トリガ AV ミュート モードを回避する方法**

Violet Lei, Shelly Xie

## 概要

FPDLINK III DS90UH94x デシリアライザは、ブランキング期間 (DE = LOW の場合) 中に値 0x666666 が受信されるとデシリアライザが入力する AV ミュートと呼ばれるモードを実装しています。デシリアライザが AV ミュート モードに移行すると、デバイスは出力ビデオ信号とオーディオ信号をミュートして、画面が暗くなります。非常にまれな状況では、ブランキング期間中にシステムの SoC が信号 (0x666666) を送信するとき、またはシステムのモジュールが大きなノイズ干渉を発生させるように設計されていない場合、DS90UB94x デシリアライザが誤って AV ミュートに移行する可能性があります。

このアプリケーション ノートでは、システム レベルとチップ レベルの両方で誤って AV ミュートに移行するデバイスの原因を分析し、この AV ミュート モードの発生を防止する包括的な設計を提供します。これにより、誤って AV ミュート モードへ移行したためにシステムの画面が黒く表示されるのを防止します。

## 1 はじめに

HDCP 対応の DS90UH94x デバイスでは、AV ミュート機能により、デシリアライザからのオーディオ信号とビデオ信号の両方の伝送をブロックできます。この機能は、HDCP 以外の DS90UB94x デバイスでの使用を意図していません。ただし、特定の条件では、DS90UB94x デシリアライザが誤って AV ミュートモードに移行する可能性があります。ブランキング期間中に定義されたデータパターン 0x666666 を検出すると、本デバイスは AV ミュート状態をトリガします。分析により、まれに、DS90UB94x デシリアライザが AV ミュート コマンド パターンに一致するランダム データを受信し、意図せず AV ミュートモードがアクティブ化されることが確認されています。

FPDLINK が誤って AV ミュートモードに移行して画面が暗転するのを防止するために、TI は、システムとチップの観点で複数のソリューションを適用し、FPDLINK が AV ミュートを誤ってトリガするのを制限しています。このアプリケーションノートでは、FPDLINK が AV ミュートモードに移行した原因と設計について詳しく説明します。



図 1-1. HDCP 著作権保護

## 2 AV ミュート モード

### 2.1 HDCP での AV ミュート モード

HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection) は、デジタル コピー保護の一形態としてインテル社が開発しました。この目的は、著作権で保護されたコンテンツがソース デバイスからディスプレイ デバイスに移動するときに違法に傍受されるのを防ぐことです。HDCP のコアは、ハンドシェイクと呼ばれるプロセスです。これは、送信元と受信者の間で行われる迅速で継続的な対話です。

1. 認証: ソース デバイスとレシーバ デバイスは、公開鍵 (KSV) を交換し、両方がライセンスされ承認されているデバイスであることを検証します。送信元と受信者は、これらのキーを、既知の侵害されたハードウェアの失効リストと照合してチェックします。
2. 暗号化: 認証されると、共有秘密鍵が作成されます。ソース デバイスはこのキーを使用してビデオ データを暗号化またはスクランブルし、不正なデバイスでは読解できないようにします。
3. 復号化と監視: 受信側は、同じキーを使用してデータをリアルタイムで復号化します。その後、デバイスは数秒ごとに接続を継続的に監視します。

このプロセスは非常に繊細です。誤った順序でデバイスをオンにしたり、ケーブルが緩んだりしてハンドシェイクの中断が発生すると、送信が停止し、画面が空白になります。この脆弱性により、すべてのデバイスの電源を入れ直すだけで、ハンドシェイク全体のクリーンな再ネゴシエーションが強制され、問題が解決することがよくあります。

AV ミュートは、ビデオを一時的にブランクにして音声を一時的に一時停止する機能であり、HDCP も管理します。HDCP のコンテキストでは、AV ミュートを使用すると、ビデオ解像度を変更している間も HDCP リンクを維持することができます。これにより、認証をアクティブな状態に維持しながら暗号化を一時停止できます。ソース デバイスがビデオ解像度を変更すると、一時的に信号が失われる可能性があります。AV ミュートを使用すると、ビデオとオーディオが一時停止し、同時に HDCP 暗号化も一時停止するため、システムは HDCP リンクを維持し、中断することなく新しい解像度を再認証できます。

図 2-1 は HDCP の暗号化と復号化のプロセスを示します。通常、DE = LOW 中に暗号化された情報を送信します。

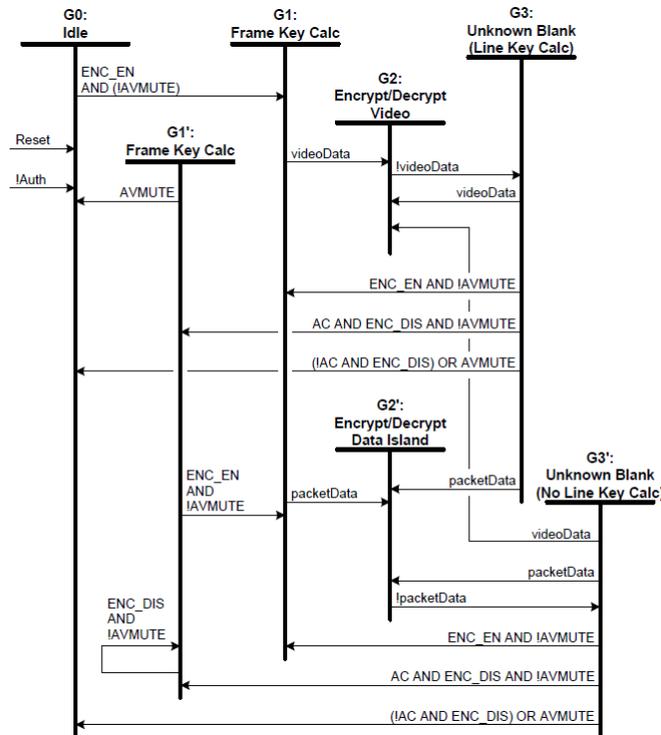


図 2-1. HDCP 暗号化および復号化の状態図 (EESS)

## 2.2 FPD-Link HDCP デバイス ファミリー — UB および UH

FPD-Link III および IV デバイスには、以下のルールに従って名前が付けられます。図 2-2 を参照してください。このホワイトペーパーでは、デバイスが HDCP をサポートしているかどうかを区別するために UB と UH を使用します。

DS90U~~X~~ ~~xx~~-Q1



Letter      Number

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

図 2-2. FPD-Link の命名規則

このシリアライザには、HDCP v1.4 仕様に従う HDCP 暗号機能が実装されています。シリアライザは、HDCP 対応ソースに接続すると、オーディオビジュアル コンテンツの HDCP 暗号化を行います。HDCP 制御チャネルを使用して、HDCP 認証と共有キー生成が実行されます。HDCP 制御チャネルは、シリアル リンクのフォワード チャネルとバックワード チャネルに埋め込まれています。HDCP キーの格納には、内蔵不揮発性メモリ (NVM) が使用されます。秘密の HDCP キーは、製造時に TI によってロードされ、デバイスの外部からアクセスすることはできません。

表 2-1. FPD-Link III と IV デバイス

| SerDes       | HDCP FPD-Link III IV なし | HDCP FPD-Link III IV あり |
|--------------|-------------------------|-------------------------|
| シリアライザ       | 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            |
| デシリアライザ      | 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            |                         |

UH デバイスは、ブランキング期間 (DE = LOW) 中に特別に定義されたデータ パターン 666666 を受信すると、HDCP の AV ミュート機能をサポートします。ブランキング期間中に 555555 パターンが存在する場合、UH デバイスは AV ミュートステータスを終了します

デバイスが AV ミュート状態になると、デバイスはオーディオ出力とビデオ出力の両方をミュートして、画面が黒くなります。

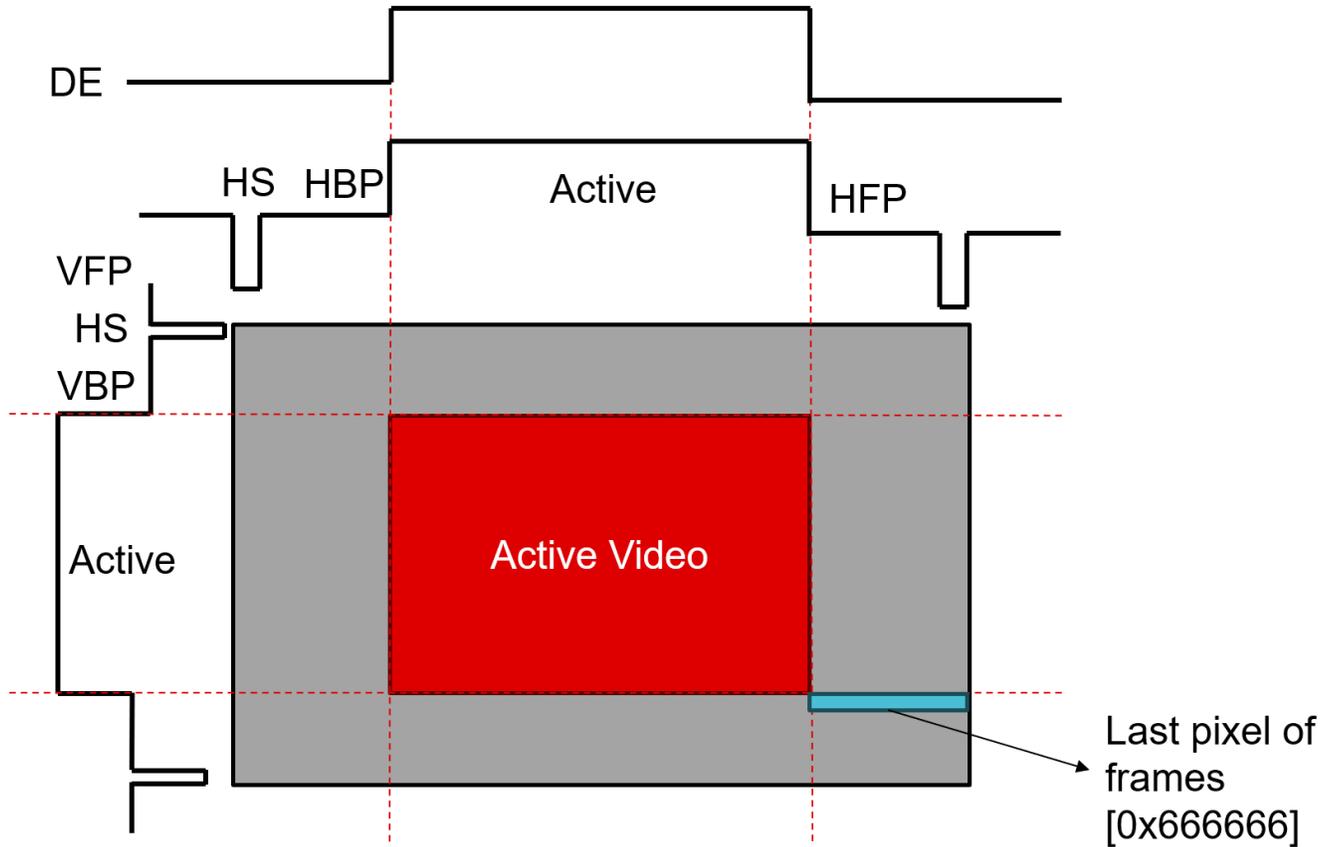


図 2-3. UH デバイスで AV ミュート モードに移行する方法

### 3 UB デバイスが誤って AV ミュート状態に移行する

デフォルトでは、UB シリアライザは、ブランキング期間中 (DE = LOW の場合) に発生するビデオ データを含むすべてのビデオ データを送信します。UB シリアライザは、HDCP (UH) シリアライザのように機能させ、ブランキング期間中にビデオ データをブロックすることもできます。

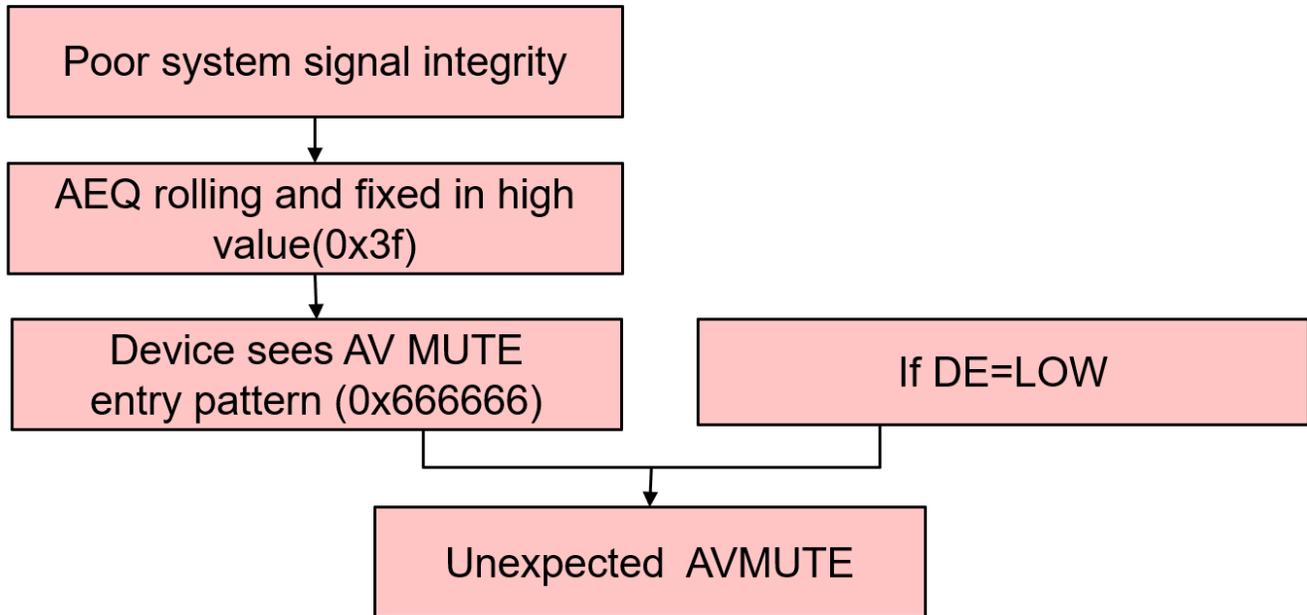


図 3-1. AV ミュートに移行する 2 つの方法

IVI UB シリアライザに FPD-Link III を使用する場合、ブランキング期間 (DE = LOW) 中にビデオ データを送信できません。ブランキング期間中に特定のパターン (0x666666) が送信されると、コンパニオン デシリアライザは AV ミュート モードに移行します。AV ミュート モードに移行すると、FPD-Link デバイスのロック、リンク、PLL、BIST などのデバイス診断メッセージはすべて通常どおり表示されますが、画面が黒くなります。

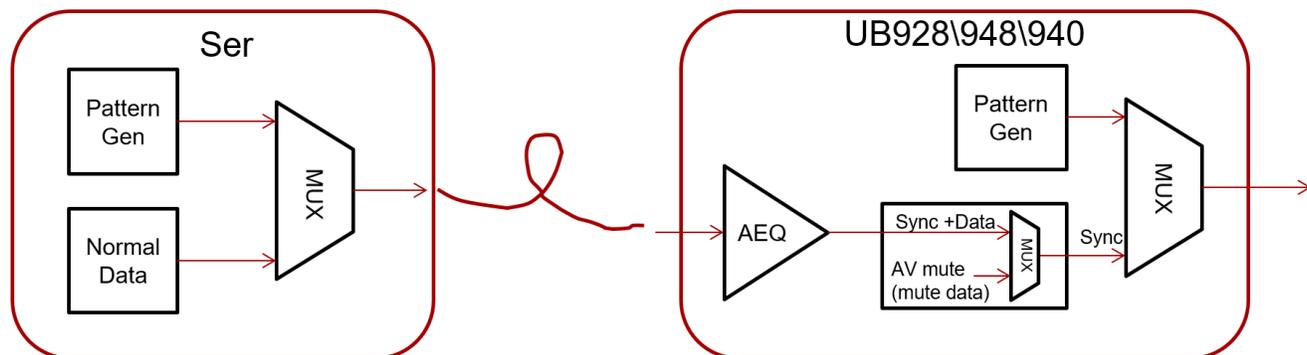


図 3-2. 影響を受けるデシリアライザ

#### 注

シリアライザと DS90UB928\948\940-Q1 デシリアライザペアのいずれかが誤って AV ミュートに移行する可能性があります。DS90UB940N-Q1 はこの問題の影響を受けません。

FPD-Link レシーバ入力には、通信チャネルおよび相互接続部品による信号の劣化を補償するためのアダプティブ イコライザ (AEQ) が組み込まれています。各 RX ポートの信号路は、長期的なケーブル経年劣化と温度変化についてケーブル特性を連続的に監視します。AEQ は主に、自動車に取り付けられたケーブルの製品寿命にわたり、チャネル損失を適応および補償することを目的としています。

AEQ は、RX レシーバのイコライゼーション設定の最適化を試みます。この適応には、温度の影響による挿入損失の補償、曲げや屈曲による経年劣化の補償が含まれます。最大ケーブル到達距離を決定するには、ジッタ、スキュー、符号間干渉 (ISI)、クロストークなど、シグナル インテグリティに影響を及ぼす要因も考慮する必要があります。FPD-Link III レシーバ入力には、通信チャネルおよび相互接続部品による信号の劣化を補償するためのアダプティブ イコライザ (AEQ) が組み込まれています。各 RX ポートの信号路は、長期的なケーブル経年劣化と温度変化についてケーブル特性を連続的に監視します。AEQ は主に、自動車に取り付けられたケーブルの製品寿命にわたり、チャネル損失を適応および補償することを目的としています。AEQ は、RX レシーバのイコライゼーション設定の最適化を試みます。この適応には、温度の影響による挿入損失の補償、曲げや屈曲による経年劣化の補償が含まれます。最大ケーブル到達距離を決定するには、ジッタ、スキュー、符号間干渉 (ISI)、クロストークなど、シグナル インテグリティに影響を及ぼす要因も考慮する必要があります。

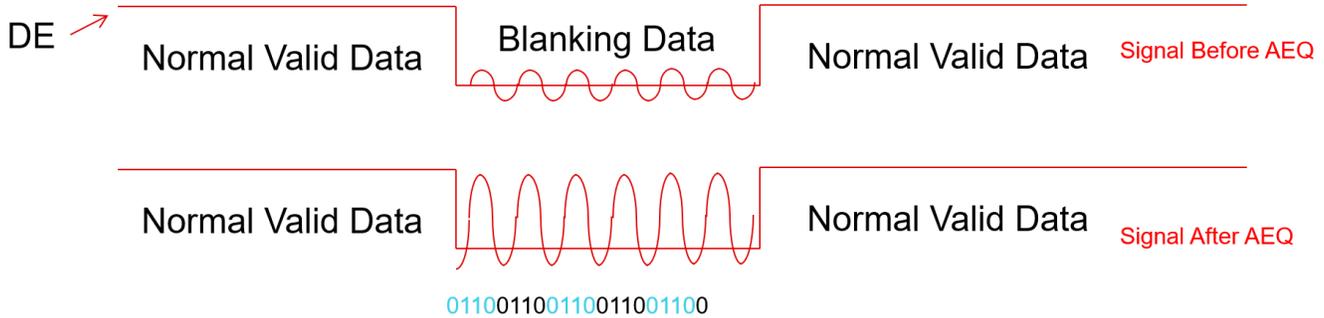


図 3-3. AEQ がブランキング データを 0x666666 と誤って識別

FPD3 デシリアライザがすでにシリアライザにロックされていてロックが解除された場合、AEQ アルゴリズムは EQ 値をインクリメントし、シリアライザへの再ロックを試みます。デシリアライザは、シリアライザに正常に再ロックできるまで、このプロセスを繰り返します。EQ が最大 EQ 値に達すると、このプロセスは最小 EQ 値から再開します。システム作業環境が安定していない場合、UB928\948\940 がロック状態と解除状態を何度も繰り返し、安定した状態で再ロックしたときに、最終的な EQ 値が 0x3F のように非常に高い値になる場合があります。

AEQ が 0x3F などの高い値の場合、ブランキング期間内にシステムに周期的ノイズが存在すると、AEQ はこのノイズを増幅し、DS90UB94x デシリアライザはそれ特殊をパターン 666666 と解釈して AV ミュート モードに移行することがあります。図 3-3 はこの状況を示します。

#### 4 AV ミュート モードへの移行を防ぐ方法

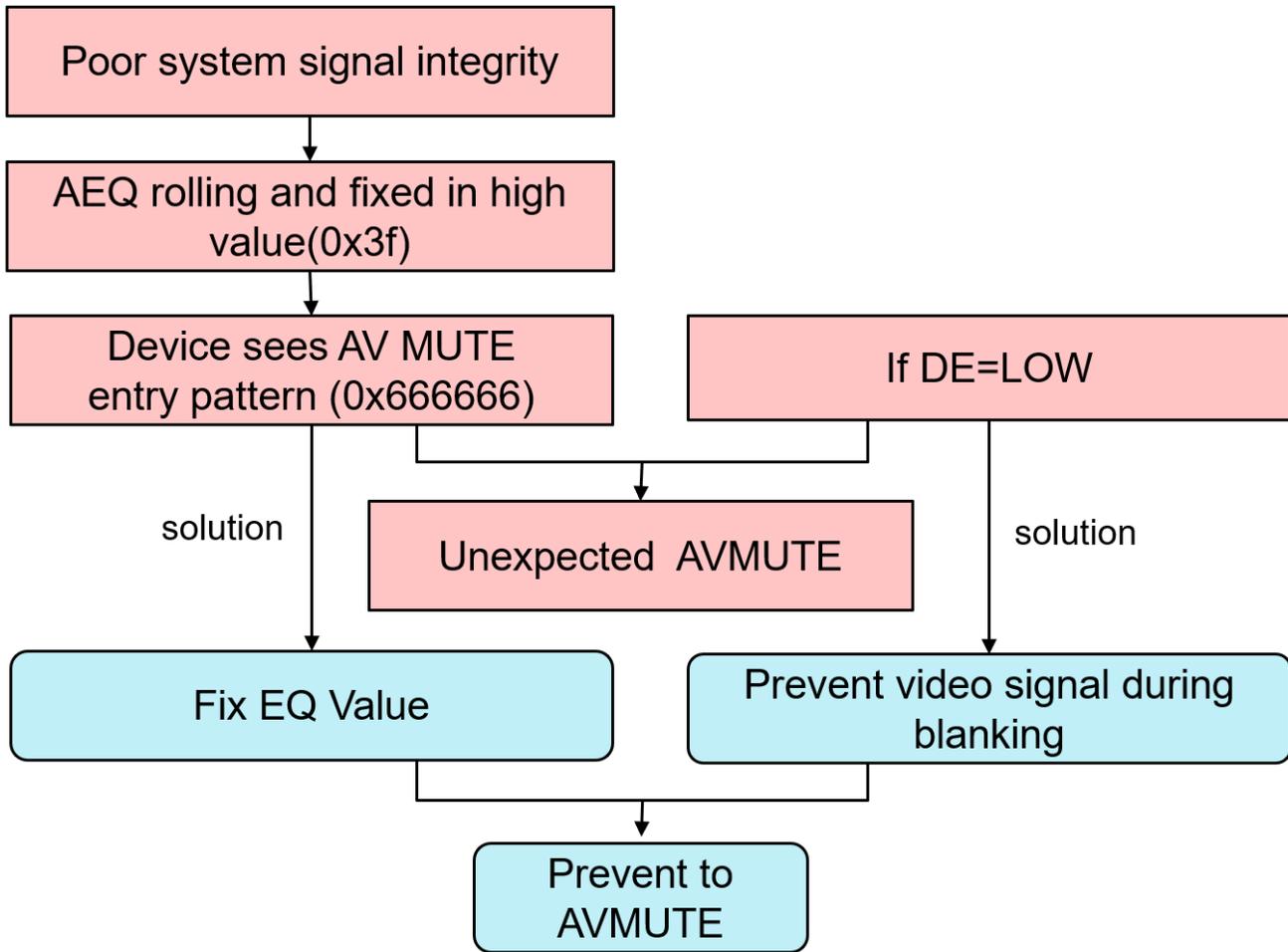


図 4-1. AV ミュート モードへの移行を防ぐ方法

注

予期しない AV MUTE 状態が検出された場合、TI に対になっているシリアライザのデータパス制御設定を確認することを推奨します。この設定は、デシリアライザからはアクセスできません

## 4.1 ブランキング期間中のビデオ信号送信を防止

UB バージョンの FPD-Link 互換シリアルライザと組み合わせて使用すると、DE\_GATE レジスタを設定 (表 4-x を確認) すれば、ビデオ信号がブランキング期間中に送信されなくなります。これにより、通常動作中に AV ミュートモードに移行しなくなります。デフォルトでは、データ イネーブル (DE) 信号はアクティブ High であると想定されます。DE がアクティブ Low の場合、DE\_POLARITY レジスタの設定も必要です。

DE が永続的に LOW の場合、デシリアルライザは AV ミュート条件をチェックしません。そのため、HSYNC/VSNC のみのモードで動作している場合、AV ミュートは問題にはなりません。

DE\_GATE レジスタ:

DE 信号で RGB データをゲーティングします。このビットが設定されている場合、DS90UB947-Q1 は DE 信号を使用して RGB ビデオ データをゲーティングします。

1: DE で RGB データをゲーティングします。

0: DE とは無関係に RGB データを転送します。

表 4-1. ペアリング シリアルライザの DE\_GATE レジスタを設定する

| デバイスを設定する                    | DE_GATE レジスタを設定する |
|------------------------------|-------------------|
| 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 EQ 値を修正する

図 4-1 に示すように、ビデオソースがブランキング期間中にランダム データを送信し続けた場合、UB928\948\940 は AV ミュート コマンド パターンに一致するランダム データを受信すると、誤って AV ミュート状態に移行する可能性があります。

AEQ を強制的に適用し、EQ 値を固定するには、初期化時にデシリアルライザに適用される以下のレジスタ設定を使用します。

```
Des_ID = 0x58
## *****
## EQ 値を修正
## *****
board.Writel2C (Des_ID, 0x34, 0x03) #Select Port0&1、Port0 を使用する場合は変更します
board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0x21) #Force AEQ をレベル 1 にします
board.Writel2C (Des_ID, 0x01, 0x05) #softreset
board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #ダブルチェック用の読み戻し。0x3B = 0x01, EQ = 1
## 次のコードで適切なギアを選択します
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0x41) #Force AEQ をレベル 2 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x02, EQ = 2
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0x61) #Force AEQ をレベル 3 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x03, EQ = 3
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0x81) #Force AEQ をレベル 4 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x04, EQ = 4
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xA1) #Force AEQ をレベル 5 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x05, EQ = 5
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xC1) #Force AEQ をレベル 6 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 6
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xE1) #Force AEQ をレベル 7 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 7
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xE3) #Force AEQ をレベル 8 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 8
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xE5) #Force AEQ をレベル 9 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 9
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xE7) #Force AEQ をレベル 10 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 10
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xE9) #Force AEQ をレベル 11 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 11
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xEB) #Force AEQ をレベル 12 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 12
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xED) #Force AEQ をレベル 13 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x01, EQ = 13
# board.Writel2C (Des_ID, 0x44, 0xEF) #Force AEQ をレベル 14\15 にします
# board.Readl2C (Des_ID, 0x3B) #読み戻しレジスタ 0x3B = 0x3F, EQ = 14\15
```

### 4.3 EQ 値を求める方法

方法 1: システムリンクの S パラメータをテストします

S パラメータのテスト結果の例 (10m 同軸) からわかるように、1GHz での 10m のケーブル損失は約 13dB であり、これは 1m のケーブル損失と約 2dB のコネクタ損失に相当します。ホストからディスプレイへの損失は、さまざまなケーブル、および温度変化や経年劣化などの影響を考慮して、最大 5dB を超えないようにする必要があります。

UB948 は、表 4-1 に基づき、1GHz で 5dB の EQ = 0x02 補償が可能であり、システムでの損失を完全に補償できません。そのため、この場合、EQ = 0x2 に設定します。



図 4-2. S パラメータのテスト結果の例 (10m 同軸)

表 4-2. ケーブル損失範囲に対する推奨固定 AEQ 設定範囲

| 許容されるイコライザ範囲 | 損失範囲 (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: MAP (マージン分析プログラム) テスト

アナログ ローチパッド (ALP) 開発キットに含まれる MAP は、どの EQ レベルとストローク位置の組み合わせがエラーやロック損失を示さないかを見て取れる図を作成します。これらの図を使用するとアイの状態を診断することができます。合格点 (緑) の正方形が多ければ、アイ開口が広いことを示します。特定のテスト手順については、『FPD-Link マージン分析プログラム (MAP) ユーザーガイド』を参照してください。

MAP (図 4-3) の分析に基づくと、EQ = 0x01 の場合、周囲が緑色になり、大きなヘッドルームを示すことが分かります。このため、この状況では TI は EQ = 0x01 に設定することを推奨します。

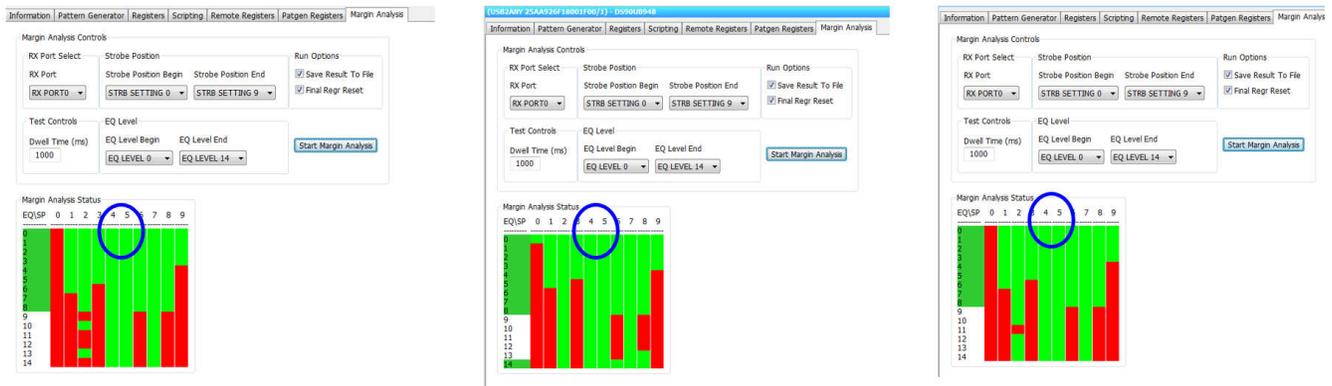


図 4-3. 異なる温度における MAP テスト結果の例

## 5 まとめ

不安定なリンク環境では、FPDLINK デシリアライザがロック解除を繰り返し、EQ 値が特定のシステムの正常範囲外で動作する状態になる可能性があります。この極端な環境では、EQ によってノイズが増幅され、HDCP 非対応デバイスであってもデシリアライザがこのノイズを AV ミュート モードに入る信号と解釈してしまう可能性があります。本資料で提案している設計は、この信号が認識されるのを防ぐことによって誤って AV ミュート モードに移行する問題を解決するだけでなく、このタイプの環境で EQ 範囲を安定させることを目的としています。

## 6 参考資料

デジタル コンテンツ保護、『[HDCP 仕様](#)』、Web ページ。

テキサス インストルメンツ、『[DS90UH94X アダプティブ イコライザおよびスタートアップ](#)』、ホワイト ペーパー。

テキサス インストルメンツ、『[DS90UH948-Q1 車載用 2K FPD-Link III から OpenLDI への HDC 搭載デシリアライザ](#)』、データシート。

テキサス インストルメンツ、『[DS90UB948-Q1 車載用 2K FPD-Link III から OpenLDI へのデシリアライザ](#)』、データシート。

テキサス インストルメンツ、『[FPD-Link マージン分析プログラム \(MAP\) ユーザー ガイド](#)』、ユーザー ガイド。

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月