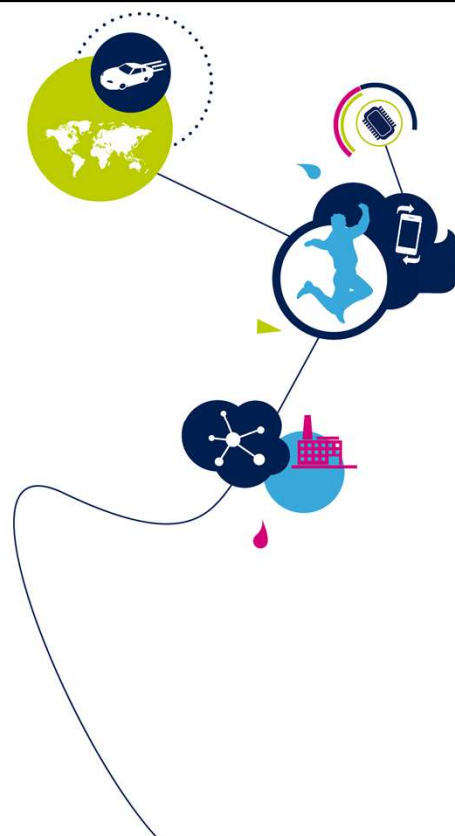


STM32MP1-HDMI-CEC

HDMI-CEC コントローラ
1.0 版



こんにちは、STM32 HDMI-CEC コントローラモジュールのプレゼンテーションへようこそ。このプレゼンテーションでは、ユーザー環境にあるさまざまなオーディオビジュアル製品について、それらすべての間で高品位な制御機能を実現するコントローラの主な機能を説明します。

- デバイス管理インタフェースの提供
 - HDMI-CEC v1.4 仕様に準拠
 - 2つのクロックソースオプションを用いた32kHz CEC カーネル
 - 複数の論理アドレスをサポート(OAR)
 - 設定可能な Rx 許容誤差マージン
 - 受信エラー検出
 - 送信エラー検出

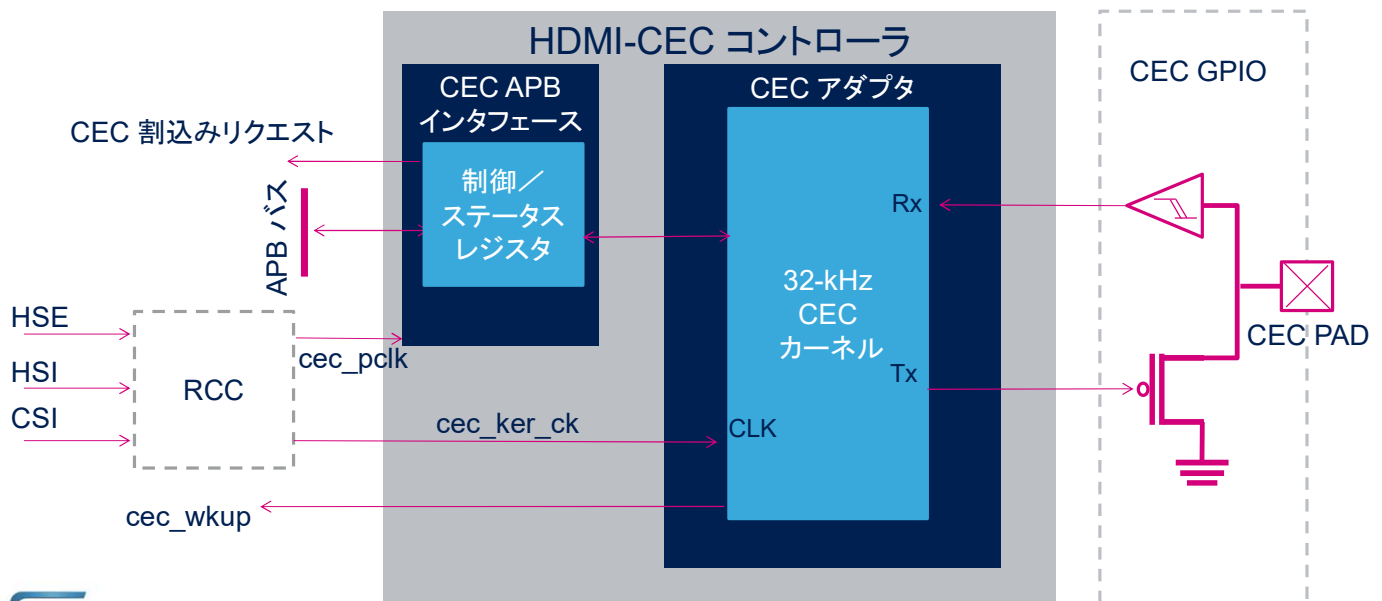
アプリケーション側の利点

- 必要なのは 1ピンのみ
- バス固有のシーケンシング、プロトコル、アービトレーション、タイミングを制御
- さまざまなオーディオビジュアル製品とデバイスパラメータを交換



STM32 マイクロコントローラ内に統合された HDMI-CEC コントローラはハードウェア管理インタフェースを提供するもので、これにより STM32 はユーザ環境でさまざまな製品とデバイスパラメータを交換できるようになります。

この目的に沿って、設定可能なクロックソース、ペリフェラルアドレス、および多数の受信／送信イベントフラグが使用されます。アプリケーションは、デバイスパラメータの交換に使用されるピン数の少ない標準インタフェースから恩恵を受けられます。



HDMI-CEC は、「High-Definition Multimedia Interface」-「Consumer Electronics Control」の略です。コントローラは HDMI-CEC v1.4 仕様に準拠しています。さまざまなオーディオビジュアル製品とのインタフェースに必要な機能を提供します。

「CEC アダプタ」と「CEC アドバンストペリフェラルバス (APB) インタフェース」で構成されています。
 「CEC アダプタ」はフレームのデコードやチェックなどの機能を提供し、「CEC APB インタフェース」は制御およびステータスレジスタ、データインレジスタとデータアウトレジスタ、および同期割り込みリクエストを管理します。

HDMI-CEC コントローラには、「APB インタフェース」用の APB クロック (CEC_PCLK) と「CEC アダプタ」用の 32kHz カーネルクロック (CEC_KER_CK) の 2 つのクロックを使用します。カーネルクロックは、HSE、CSI、または HSI クロックソースから取得できます。

サポートするフレームフォーマット

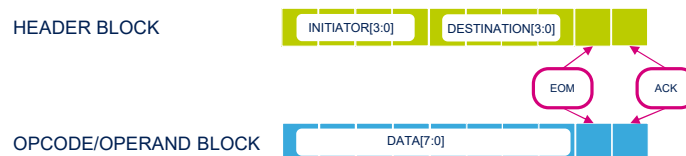
- **メッセージ:**

- 単一フレームで送信されます。このフレームは、スタートビットとそれに続くヘッダブロックによって構成され、これにオプションとして OP コードと可変長のオペラントブロックを含めることもできます。



- **ヘッダ、OP コード、オペラントブロック:**

- 8bit ペイロード – 最初に最上位ビットが送信され、その後にメッセージ終了 (EOM) ビットと確認応答 (ACK) ビットが送信されます。



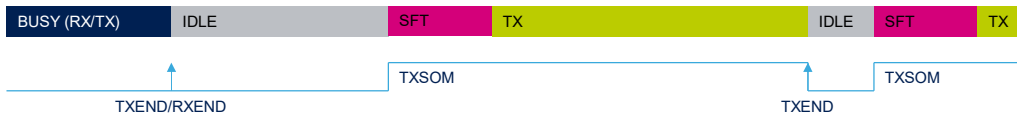
サポートされているフレームフォーマットは、スタートビットとそれに続くヘッダブロックによって構成され、これにオプションとして OP コードと可変長のオペラントブロックを含めることもできます。ヘッダ、OP コード、オペラントブロックは 8bit ペイロードで構成され (最上位ビットが最初に送信される)、その後にメッセージ終了 (EOM) ビットと確認応答 (ACK) ビットが送信されます。

信号フリータイム(SFT)設定

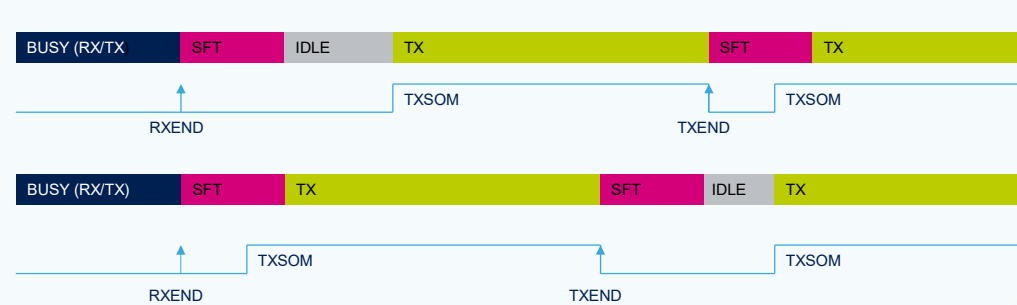
5

SFT タイマの自動開始

SFTOPT = 0 の場合、TXSOM (メッセージコマンドの TX スタート) で SFT をカウント



SFTOPT = 1 の場合、TXEND/RXEND/TXERR/RXERR で SFT をカウント



送信コマンドが送られると、HDMI-CEC は、プログラムされた信号フリータイム(SFT)値に依存する非アクティブの公称データビット周期数が経過した後にスタートビットを送信します。SFT=0x0 設定では、HDMI-CEC コントローラが SFT 値を自動的に計算し、HDMI-CEC 規格への準拠を保証します。また、さまざまな固定値に設定することもできます。

SFTOPT ビットが "0" にセットされている場合、送信開始コマンドがソフトウェアによりセットされる(TXSOM ビットが "1" にセットされる)と、HDMI-CEC コントローラは SFT 値のカウントを開始します。

SFTOPT ビットが "1" にセットされている場合、バスアイドル条件またはラインエラー条件が検出されると、HDMI-CEC コントローラは SFT 値のカウントを開始します。TXSOM ビットが "1" に設定されている場合、SFT タイマが完了すると遅延なく直ちに送信が開始されます。

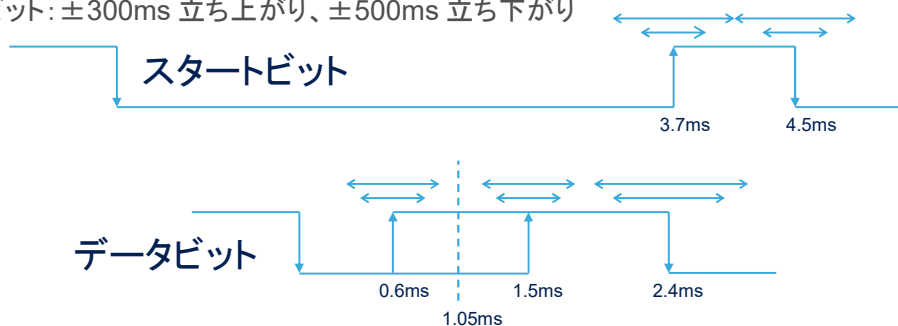
- RxTol ビット

- 標準許容誤差 (CEC 仕様に準拠)

- スタートビット: $\pm 200\text{ms}$ 立ち上がりと立ち下がり
- データビット: $\pm 200\text{ms}$ 立ち上がり、 $\pm 350\text{ms}$ 立ち下がり

- 拡張された許容誤差

- スタートビット: $\pm 400\text{ms}$ 立ち下がりと立ち下がり
- データビット: $\pm 300\text{ms}$ 立ち上がり、 $\pm 500\text{ms}$ 立ち下がり

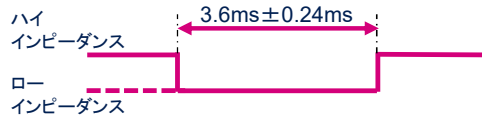


HDMI-CEC コントローラは、2 つの RX 許容誤差マージンモードをサポートします。

1 番目の CEC 仕様に準拠した標準許容誤差モードは、スタートビットの立ち上がりと立ち下がり時間で $\pm 200\mu\text{s}$ 、データビットの立ち上がりエッジで $\pm 200\mu\text{s}$ 、データビットの立ち下がりエッジで $\pm 350\mu\text{s}$ です。

2 番目のモードは拡張された許容誤差モードです。このモードでは、立ち上がりと立ち下がり遷移のスタートビットのタイミングが $\pm 400\mu\text{s}$ 、データビットの立ち上がりエッジで $\pm 300\mu\text{s}$ 、データビットの立ち下がりエッジで $\pm 500\mu\text{s}$ に拡張されます。

- エラーは、立ち下がリエッジ間の周期が最小のデータビット周期よりも短い場合(つまり、有効なビットとしては短すぎる場合)に定義されます。その他のタイミングエラーは CEC 仕様の対象外です – ユーザがアクションを定義します。
- エラー通知(エラービット)は、CEC ラインにおいて公称データビット周期(公称値で 3.6ms)の 1.4 倍から 1.6 倍の長さで続くローインピーダンスの周期です。



- メッセージは喪失したものとみなされ、以下の条件により再送信することができます。
 - メッセージは、直接アドレス指定されたメッセージでは確認応答されません。
 - メッセージは、ブロードキャストメッセージでは否定応答されます。
 - CEC ライン上で予期しないローインピーダンスが検出されました(ラインエラー)。



受信データビット(スタートビットを除く)は、次の場合に無効と見なされます。

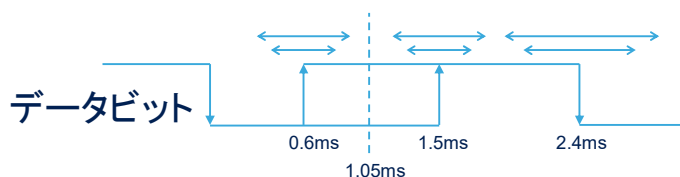
- 立ち上がりエッジと立ち下がリエッジの間の周期が、HDMI-CEC 仕様で定義されている許容誤差マージンを超えている。この場合、ビットタイミングエラー(BTE)が発行されます。
- 立ち下がリエッジの間の周期が、HDMI-CEC 仕様で定義されている許容誤差マージンを超えている。この場合、ビット周期エラー(BPE)が発行されます。

BTE エラーまたは BPE エラーが検出された場合、CEC ペリフェラルは、エラービットを生成して他のフォロウおよび主にイニシエータに通知します。エラービットは、CEC ラインにおいて公称データビット周期(公称 3.6ms)の 1.4 倍から 1.6 倍の長さで続くローインピーダンスの周期です。

メッセージは喪失したものとみなされ、以下の条件により再送信することができます。

- メッセージは、直接アドレス指定されたメッセージでは確認応答されません。
- メッセージは、ブロードキャストメッセージでは否定応答されます。
- CEC ライン上で予期しないローインピーダンスが検出されました(ラインエラー)。

ビットタイミングエラー検出



立ち上がりエッジ	0.0	0.3	0.4	0.8	0.9	1.2	1.3	1.7	1.8
RxTol = 0		BRE	"1"		BRE		"0"		BRE
RxTol = 1		BRE	"1"		BRE		"0"		BRE

立ち下がりエッジ	0.0	0.3	0.4	0.8	0.9	1.2	1.3	1.7	1.8	1.9	2.05	2.75	2.9
RxTol = 0						SBPE					OK		LBPE
RxTol = 1						SBPE					OK		LBPE



- BRE: Bit Rising Error (ビット立ち上がりエラー)
- SBPE: Short Bit Period Error (ショートビット周期エラー)
- LBPE: Long Bit Period (ロングビット周期)

このスライドでは、メッセージ受信時のさまざまなビットタイミングエラーについて説明します。

- ビット立ち上がりエラー (BRE) は、RxTol で設定された Rx ウィンドウの外のデータビット内で立ち上がりエッジが検出されたときにハードウェアによって設定されます。BRE の検出時にビット BRESTP が "1" の場合、CEC メッセージの受信はオプションで中止され、ビット BREGEN が "1" の場合、CEC ラインでエラービットがオプションで生成されます。
- ショートビット周期エラー (SBPE) は、RxTol マージンによる予想よりも前にデータビットを終了する立ち下がりエッジが検出されると、ハードウェアによって設定されます。SBPE が検出されると CEC ラインでエラービットが常に生成され、受信が中止されます。CEC ラインが再びアイドルになると、CEC は次のスタートビットの待機を開始します。
- ロングビット周期エラー (LBPE) は、最大 RxTol マージンの後に立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジが検出されたときにハードウェアによって設定されます。LBPE 検出メッセージにより、LPBPEGEN が "1" に設定されている場合、受信は常に中止され、CEC ラインでエラービットがオプションで生成されます。

HDMI-CEC 割込み(1/2)

割込みイベント	説明
RXBR	Rx バイト受信
RXEND	受信終了
RXOVR	Rx オーバーラン
BRE	Rx ビット立ち上がりエラー
SBPE	Rx ショートビット周期エラー
LBPE	Rx ロングビット周期エラー
RXACKE	Rx 確認応答喪失エラー

ここでは、HDMI-CEC の受信割込みイベントの概要を示します。受信ブロック転送が完了したか、または受信エラーが発生した場合、受信中に割込みが生成されます。

HDMI-CEC 割込み(2/2)

割込みイベント	説明
ARBLST	アービトレーション喪失
TXBR	Tx バイトリクエスト
TXEND	送信終了
TXUDR	Tx バッファアンダーラン
TXERR	Tx エラー
TXACKE	Tx 確認応答喪失エラー

ここでは、HDMI-CEC の送信割込みイベントの概要を示します。送信ブロック転送が完了するか、または送信エラーが発生した場合、送信中に割込みが生成されます。

システムモード	説明
RUN	アクティブ
SLEEP (MPU または MCU がサブシステム状態)	アクティブ
STOP + LP-STOP	ペリフェラルはアクティブではありませんが、HDMI-CEC コントローラからの v により、デバイスはデータ受信時に STOP モードからウェイクアップします。
LPLV-STOP	非アクティブ。ペリフェラルレジスタの内容は保持されます。
STANDBY	ペリフェラルはパワーダウンされ、STANDBY モード終了後に再初期化する必要があります。

HDMI-CEC ペリフェラルは、RUN モードおよび SLEEP モードでアクティブとなります。

STOP モードではアクティブではありませんが、このペリフェラルには CPU クロックとは独立したクロックドメインがあるため、HDMI-CEC コントローラからの割込みにより、データ受信時にデバイスは STOP モードからウェイクアップします。

STANDBY モードでは、ペリフェラルはパワーダウン状態であり、STANDBY を終了した後に再初期化する必要があります。

- 以下は、HDMI-CEC コントローラに関連するペリフェラルのリストです。詳細については、必要時にこれらのトレーニングを参照してください。
 - リセットおよびクロック制御(RCC)
 - 割込み(NVIC)
 - 汎用入力／出力(GPIO)



これは、HDMI-CEC モジュールに関連するペリフェラルのリストです。ユーザは、HDMI-CEC インタフェースを正しく構成して使用するために、これらのペリフェラル間のすべての関係を良く理解する必要があります。