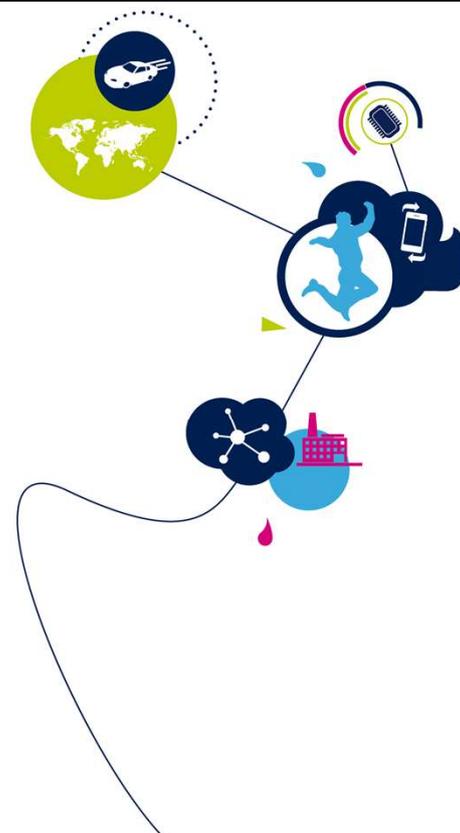


STM32H7 - HDMI-CEC

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的主要機能を説明します。

- 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

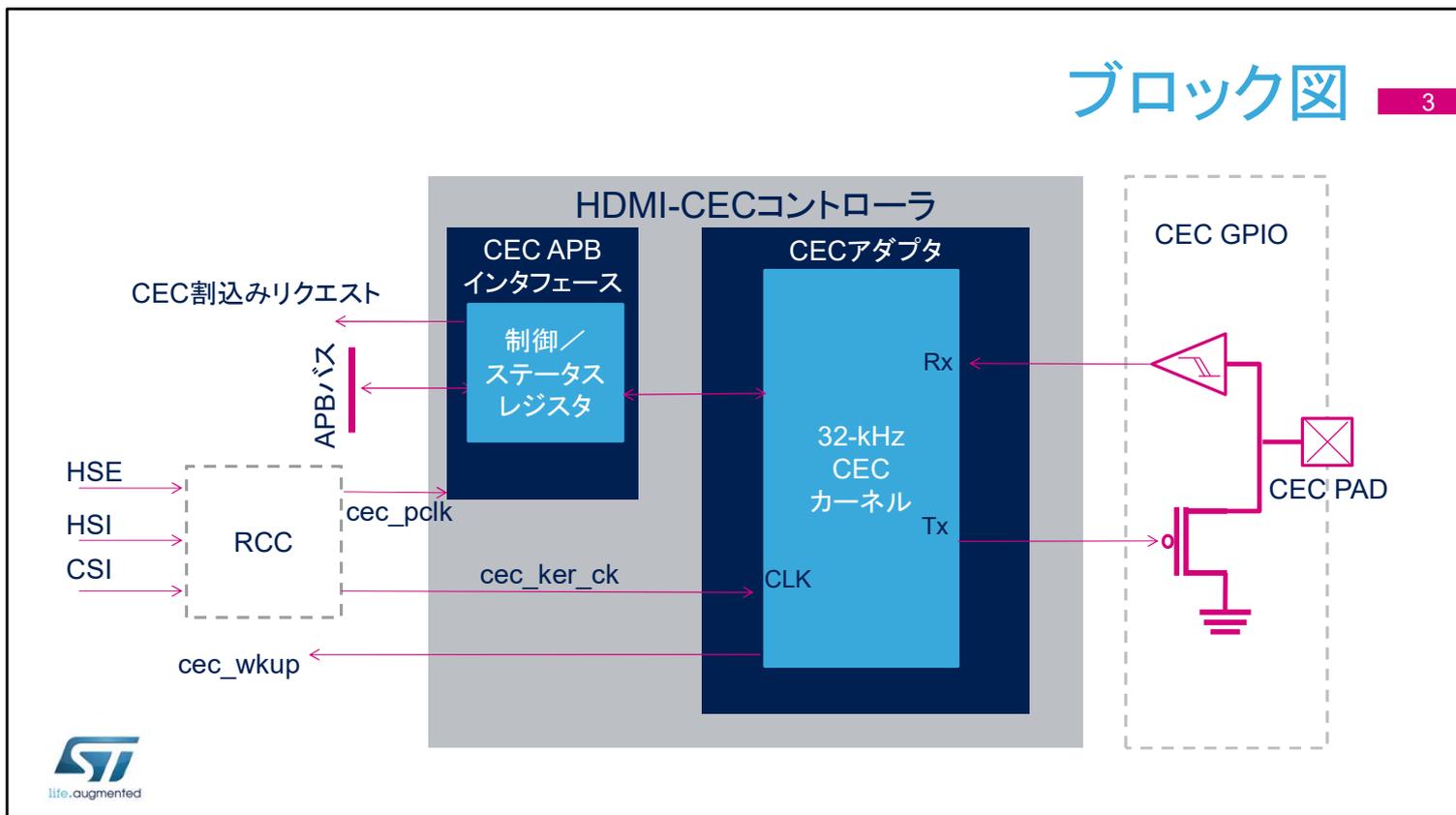
アプリケーション側の利点

- 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 (PCLK) と「CECアダプタ」用の32kHzカーネルクロックの2つのクロックを使用します。
 カーネルクロックは、LSE、HSE、またはHSIクロックソースの488分周から取得できます。

サポートするフレームフォーマット

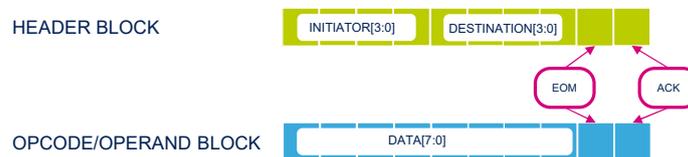
- メッセージ:

- 単一フレームで送信される。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可能



- ヘッダ、OPコード、オペラントブロック:

- 8ビットペイロード – 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) ビットが送信される



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 8ビット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。

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



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。

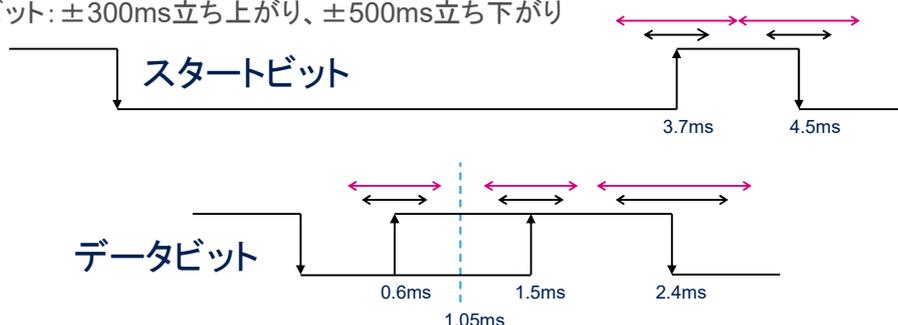
- RxToIビット

- 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

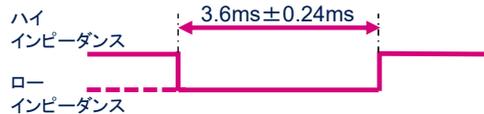


HDMI-CECコントローラは、2つのRX許容誤差マージンモードをサポートします。

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、立ち下がり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、その他のタイミングエラーはCEC仕様の対象外
 - ユーザがアクションを定義
- 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



- 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可能
 - 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ない
 - 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る
 - 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。

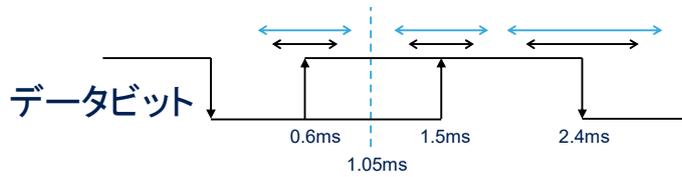
- 立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの間の周期が、HDMI-CEC仕様で定義されている許容誤差マージンを超えている。この場合、ビットタイミングエラー(BTE)が発行されます。
- 立ち下がりエッジの間の周期が、HDMI-CEC仕様で定義されている許容誤差マージンを超えている。この場合、ビット周期エラー(BPE)が発行されます。

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											Ok		LBPE
RxTol = 1											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BRESTOP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、LBPEGEN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。

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。

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。

モード	説明
RUN	アクティブ
SLEEP	アクティブ ペリフェラル割込みにより、CPUはSLEEPモードを終了
STOP	停止 レジスタ・コンテンツは保持
STANDBY	パワーダウン ドメインおよびシステムのSTANDBYモードを終了した後、ペリフェラルを再初期化する必要がある



ここでは、特定の低消費電力モードにおける周辺機器の状態を紹介します。

HDMI-CECコントローラは、RUNモードおよびSLEEPモードではアクティブですが、STOPモードでは停止します。

HDMI-CECコントローラは、STANDBYモードでは通信できません。HDMI-CECコントローラが無効になったり、システムがSTANDBYモードに切り替わる前に、すべての通信が完了していることを確認することが必要です。

- 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。