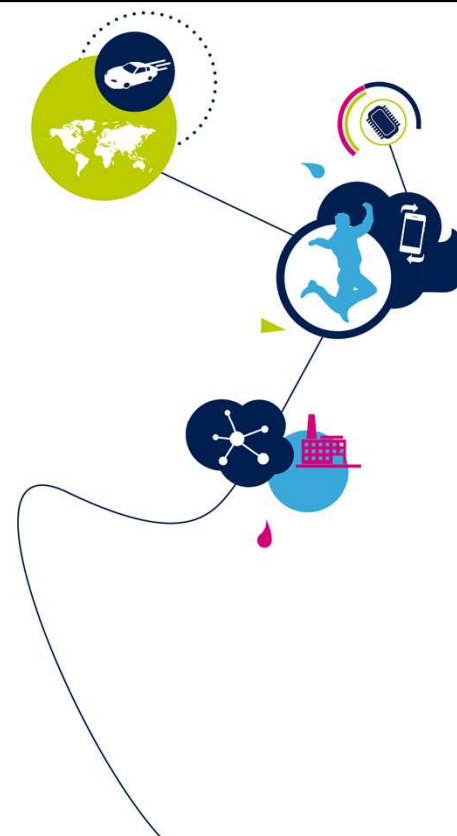
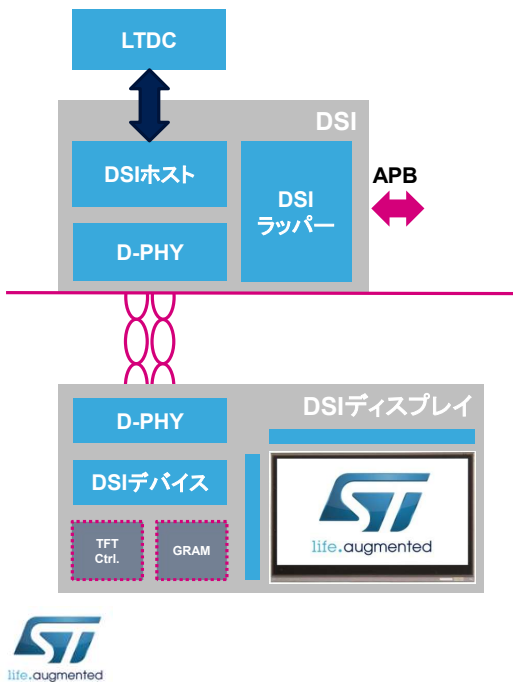


STM32H7 – DSIホスト

ディスプレイ・シリアル・インタフェース・ホスト
1.0版



こんにちは、STM32ディスプレイシリアルインタフェースホスト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、グラフィカルディスプレイをマイクコントローラに接続するインタフェースの機能について説明します。



- DSIホストは、外部DSIディスプレイとの通信インターフェースを提供
 - 完全な設定が可能
 - コマンドモードとビデオモードをサポート
 - レーンあたり最高500Mビット/秒 (STM32H7では2レーン)

アプリケーション側の利点

- ピン数の少ない(4または6)ディスプレイとのインターフェースが可能
- 非常に速いリフレッシュ時間(2レーン使用時1Gビット/秒)
- 高度に統合されたソリューション(内部D-PHY)
- 既存のプロジェクトへの統合が簡単(LTDCを使用)

STM32H7マイクロコントローラに内蔵したDSIホストは高速ピンドの通信インターフェースを提供し、ピン数の少ないディスプレイとマイクロコントローラとの通信を可能にします。このインターフェースは完全な設定が可能で、現在市場で入手できるDSIディスプレイを簡単に接続できます。アプリケーションには少ないピン数でも簡単に接続できる利点があります。

すべてのディスプレイタイプを効率的にサポートする柔軟性の高い動作モード

- 3つの動作モード
 - ビデオモード
 - APBコマンドモード
 - 適応コマンドモード
- STM32H7で最高1Gビット/秒(レーンあたり500Mビット/秒)の非常に速い転送
- ユーザはデータレーンの数を選択(最大2)
 - ピン数はバンド幅要件に正確に適合
- LTDCと深く統合
 - LTDCは「ストリーマ」として留まり、DSIホストにデータを供給



STM32H7マイクロコントローラに内蔵されたDSIホストは3つの動作モードを提供し、少ないピン数でグラフィックディスプレイと最高1Gビット/秒で通信できるよう最適化されています。データレーンの数は、アプリケーションのニーズに正確に適合するよう設定できます。DSIホストは、LCD-TFTディスプレイコントローラ(LTDC)と深く統合され、アプリケーションの開発と移植を容易にします。

すべてのディスプレイタイプを効率的にサポートする柔軟性の高い動作モード

- ビデオモード
 - DSIホストは、DSIを介してHSYNCおよびVSYNC信号を含むLTDC出力を送信(ストリーミング)
- APBコマンドモード
 - DSIホストは、DSIを介してDCSまたはカスタムコマンドを送信(SPIまたはFMCインタフェースを備えたシリアルLCDと同様)
 - コマンドは、DSIホストAPBインタフェースを使用して起動
- 適応コマンドモード
 - DSIホストは1つの完全なLTDCフレームをキャプチャし、それを一連のDCSコマンドに自動的に変換して、ディスプレイのグラフィックRAMを更新(以前はSPIまたはFMCを介して行われていた処理)
 - グラフィックRAMの更新を管理する最も効率的な方法



グラフィカルデータをディスプレイに伝達する 3つの操作モードを利用できます。

- ビデオモードは、RGBデータおよびLTDCによって直接生成された関連の同期信号をハイスピードリンクでストリーミング配信します。DSIホストとLTDCが有効化されるとすぐにストリーミングが開始されます。この継続的なリフレッシュは、グラフィックRAMを持たないディスプレイとインタフェースで接続する最良の方法です。
- APBコマンドモードは、レガシーシリアルインタフェース(SPI、FMC)を使用して行われるように、構成用のハイスピードリンクを介してコマンドを送信します。コマンドは、DSIホストのAPBインタフェースを使用して起動されます。
- 適応コマンドモードは、固有の内部グラフィックRAMを持つディスプレイとインタフェース接続する最良の方法です。DSIホストは、LTDCからのフルフレームを1つだけキャプチャし、それを一連の書込みコマンドに変換して、ディスプレイ用グラフィックRAMを更新します。このワンショットリフレッシュは、DSIホストに制御ビットを自動的にセットします。

バスの効率的利用ができる複数のビデオモード

- ビデオモードでは、DSIは次の動作モードをサポート
 - 同期パルスによる非バーストモード:
ペリフェラルが同期パルス幅を含む元のビデオタイミングを正確に再構成できるようにする
 - 同期イベントによる非バーストモード:
上記と同様、同期パルス幅を正確に再構築する必要がないため、単一の同期イベントを代わりに使用
 - バーストモード:
RGBピクセルパケットは時間圧縮されている
これにより、スキャンライン中の低電力モード(電力を節約)の時間や他の送信をDSIリンクに多重化するための時間を長く取れる
- ホストは3つのモードをすべてサポートするが、ディスプレイは、少なくともモードの1つをサポートするよう求められる



DSIホストのビデオモードは、モバイルインダストリープロセッサインタフェース(MIPI)のDSI仕様で定義されている3つの動作モードをサポートしています。

- 同期パルスによる非バースト: 同期信号とデータが正確に送信され、ターゲットディスプレイがバッファリングなしの同期パルス幅を含む元のビデオタイミングを再構成できるようにします。
- 同期イベントモードによる非バーストは前のモードと同様ですが、同期パルス幅の情報を必要としないディスプレイ用です。
- バーストモードは、最もエネルギー効率の高いモードです。RGBピクセルパケットは時間圧縮されるため、ライン送信中に低電力モードへの移行や他のコマンドの送信ができます。

DSIホストは3つのモードをすべてサポートする必要があります。ディスプレイはこれら3つのモードのうち、少なくとも1つのモードをサポートできれば問題ありません。

DSIホストAPBレジスタ経由でコマンドを送信

- 転送を処理するAPBインタフェース
 - DCS(ディスプレイコマンド設定)または汎用コマンドを送信
 - ディスプレイ設定やメンテナンスに使用
 - ハイスピードまたは低電力で送信可能
 - 一部のディスプレイは、初期化フェーズでのみ低電力通信を受け付け
 - コマンドパケットは各タイプともLPまたはHSで設定可能
 - 2つのビデオパケットの間でDSIホストに時間がある場合、ビデオの送信中にコマンドを送信可能
 - スケジューリングは、DSIホストレジスタにプログラムされたタイミングに基づく
- すべてのコマンドはDCS仕様に一覧表示(ソフトウェアのみ)
 - 汎用コマンド(非DCS)を実装できません(ディスプレイの仕様を参照)



life.augmented

APBコマンドモードは、DSIホストのAPBレジスタインタフェースを経由したコマンドを送信に使用します。

起動時の表示設定やアプリケーション実行中のメンテナンス作業のため、汎用コマンドまたは表示コマンドセット(DCS)のコマンドを送信できます。

一部のディスプレイは起動時に低電力通信しか受け付けられないため、すべてのコマンドをハイスピードモードまたは低電力モードで送信します。

ビデオストリーミング中にコマンドの送信が可能: DSIホストスケジューラは、プログラムされたタイミングに従って、ビデオ送信中にコマンドを挿入する十分な時間があるかどうか自動的に判断します。

すべてのコマンドはソフトウェアで完全にプログラム可能です。つまり、DSIホストはすべての標準DCSコマンドおよびディスプレイ固有のすべてのカスタムコマンドをサポートしています。

LTDCによる自動GRAMリフレッシュモード！CPUやDMAが不要

- グラフィックRAMリフレッシュ転送操作
 - LTDCと組み合わせて使用
 - DSIホストがLTDCを制御し、1フレームを有効化
 - LTDCからのRGBデータは、DCSのロングライト・コマンドパケット内に書き込まれる
 - リフレッシュが完了するとLTDCは停止し、DSIリンクがLP-Stopに戻る
 - グラフィックRAMを更新する最も効率的な方法
- ユーザは、ホスト側のフレームバッファの準備ができたときに1ビットをセットするだけで、ディスプレイのリフレッシュを制御
- ディスプレイはリンクの最大速度でフレッシュされる
 - LTDCの入力では潜在的なバンド幅制限に注意



適応コマンドモードは、固有のグラフィックRAMを持つディスプレイとインタフェース接続するための高度に最適化した動作モードです。

CPUやDMAコントローラに負荷をかけずに、LTDCでディスプレイのグラフィックRAM (GRAM) を自動的に更新します。

グラフィックRAMのリフレッシュ操作は、LTDCと連動して行われます。

- DSIホストはLTDCを制御して1フレームだけ有効化します。
- LTDCからのRGBデータがキャプチャされ、一連のDCSロングライトコマンドパケットに送信されてディスプレイに送られます。
- グラフィックRAMが完全にリフレッシュされるとDSIホストは自動的にLTDCを停止し、DSIリンクは低電力STOPモードになります。

ユーザは、フレームバッファの送信準備完了時に1ビットを設定するだけで、ディスプレイのリフレッシュ操作を制御します。

リンクの最大速度で表示をリフレッシュできるため、LTDC側のバンド幅要件(フレームバッファ読取り時のメモリバンド幅など)に特別な注意を払う必要があります。

GRAMのリフレッシュを簡単に同期させる

- 適応コマンドモードでは、ティアリング現象の信号伝達により、ディスプレイと完全に同期させてリフレッシュ操作を行うことが可能
- リンク経由のティアリング現象
 - DCS SET_TEAR_ONコマンドがAPBコマンドモード・インタフェース経由で発行されると、DSIホストはバスコントロールをディスプレイに送る
 - プログラムされたスキャンラインに達すると、ディスプレイはティアリング現象トリガを送信し、バスコントロールをDSIホストに送る
 - 割込みが発生し、ユーザはGRAMリフレッシュを起動できる
- ピン経由のティアリング現象
 - プログラムされたスキャンラインに達するとピンがトグルする
 - 割込みが発生し、ユーザはGRAMリフレッシュを起動できる



ティアリング現象により、ディスプレイとDSIホストを完全に同期させて、固有のグラフィックRAMを持つディスプレイのリフレッシュ操作を行うことができる。

ティアリング現象は、次の2つの方法で信号を伝達できる。

- 追加のピンを必要としないリンク経由
- 追加ピンを使用

リンク経由でティアリング現象が伝えられると、DSIホストはSET_TEAR_ONコマンドを送信し、バス制御をディスプレイに渡します。ディスプレイのスキャンラインがプログラムされたレベルに達すると、ディスプレイはDSIホストにトリガを送信しバスの制御をDSIホストに戻します。

割込みが発生し、グラフィックRAMのリフレッシュが起動します。ティアリング現象がピン経由で伝えられた場合、ディスプレイのスキャンラインがプログラムされたレベルに達した時点で、ディスプレイは専用GPIOを切り替えてDSIホストをトリガします。追加のピンが必要となりますが、このメカニズムではリンクを経由したDSIホストとディスプレイ間の複数の交換が避けられます。ピンで割込みを発生させて、グラフィックRAMリフレッシュの起動をトグルできます。

MCU視点では適応コマンドモードを推奨

- ビデオモード
 - ディスプレイ側では低コストのディスプレイ・コントローラを使用可能
 - ただし、LTDCには現在と同じ制約が継続される
 - イメージ計算とイメージストリーミングの同時発生
 - ダブルバッファリングのため、通常は外部にSRAM/SDRAMが必要
 - FMCで広バンド幅が必要
- 適応コマンドモード
 - ディスプレイ側ではディスプレイ・コントローラが少し高価になる
 - より高度の統合ソリューション
 - MCU側で必要なフレームバッファは1つだけで、内部のMCU SRAM内に確保できることが多い
 - イメージ計算とGRAMリフレッシュが同時に発生しない: ボトルネックがない



life.augmented

ビデオモードと適応コマンドモードのどちらを選択するかで、ソリューションのアーキテクチャとコストに大きな違いが生じます。MCU視点からは、コスト最適化ソリューションとして適応コマンドモードが推奨されます。

ビデオモードはディスプレイ側にグラフィックRAMを必要としないため、このソリューションは大型ディスプレイによく使用され、コスト削減効果があります。MCU側のバンド幅とメモリ使用量に関する制約は、現在のLTDCベースのソリューションと同じです。ほとんどの場合、フレームバッファのためのダブルバッファリングには外部RAMが必要です。

適応コマンドモードには、グラフィックRAMを備えたディスプレイが必要です。ディスプレイのコストは少し高くなる可能性がありますが、480x480ピクセル未満のほとんどのディスプレイにはグラフィックRAMが組み込まれています。その結果、フレームバッファが内部のMCU RAMに収まる可能性があるため、小さなディスプレイを使用する適応コマンドモードでは、外部RAMが常に必須というわけではありません。これによりMCUのバンド幅の問題が大幅に軽減されます。また、外部RAMが不要になることから全体のBOMコストが下がり、ソリューション統合の負担も軽くなります。

DSIのビデオモードとコマンドモード

- ビデオモードによる操作モードをサポート
 - タイミングの正確なストリーミング
 - 電力消費削減のためのバーストモード
 - すべてのRGBカラーモードをサポート(RGB565/666/888)
- APBインタフェースで従来のコマンドをサポート
 - ディスプレイに向けたシンプルなDCSコマンドまたはカスタムコマンド
 - 起動時の表示設定用
- 適応コマンドモードをサポート
 - 最も効率的なGRAM更新法
 - GRAMの更新に必要なのは1ビットだけ！



DSIホストは、以下のビデオモードオペレーションをサポートします。

タイミングの正確なストリーミング

ブランキング期間中の消費を削減するバーストモード

バンド幅の使用を最適化する複数のRGBカラーエンコーディングフォーマット

DSIホストは、APBインタフェース経由でコマンドをサポートします。

- DCSまたは汎用コマンドは、ビデオモードが起動中でもディスプレイに発行できます。
- コマンドは、起動時の表示設定とアプリケーションの実行時のメンテナンスに使用します。

DSIホストは、適応コマンドモードを使用して、CPUまたはDMAコントローラを使用せずにディスプレイのグラフィックRAMの更新ができます。このモードはLTDCを使用して書込みコマンドをディスプレイに送信します。

対応するピクセルクロック

- DSIバンド幅とLTDCピクセルクロックの関係
 - 対象ディスプレイのカラーコーディング (bpp) に依存
 - 対応するLTDCクロック: $1\text{Gビット/秒} / 16\text{bpp} = 62.5\text{MHz}$ 16bpp
 - 対応するLTDCクロック: $1\text{Gビット/秒} / 24\text{bpp} = 41.5\text{MHz}$ 24bpp
- アプリケーションの例
 - バンド幅が最大200Mビット/秒のデータレーン1本を使用する200MHz DSI
 - 16bppのディスプレイの場合: $\text{PCLK} = 200/16 \sim 10\text{ MHz}$ ($\sim 400 \times 400 / 60\text{ Hz}$)
 - 500Mビット/秒のデータレーン2本を使用する $\sim 1\text{Gビット/秒}$ のバンド幅
 - 24bppのディスプレイの場合: $\text{PCLK} = 1000/24 \sim 40\text{ MHz}$ ($\sim 800 \times 600 / 60\text{ Hz}$)



パフォーマンスの点で、対応するピクセルクロックとDSIホストの設定の間には関係があります。

カラーコーディング、使用するデータレーンの数、およびデータレーンの速度に応じて、対応するピクセルクロックを決定できます。

例えば、500Mビット/秒のレーンを2本使用し、合計1Gビット/秒とした場合、等価ピクセルクロックの最大値は、16ビット/ピクセルのコーディングで62.5MHz、24ビット/ピクセルのコーディングで41.5MHzとなります。

アプリケーションとしては、例えば、 400×400 ピクセルの小型ディスプレイを200Mビット/秒、1レーンで16ビット/ピクセルで動作させたり、 800×600 ピクセルの大型ディスプレイを500Mビット/秒の2データレーンで24ビット/ピクセルで動作させたりすることができます。

対応するピクセルクロック

- DSIホストは、コントローラのリンクで発生可能性があるすべてのイベントに対して割込みソースを備える
 - 詳細はリファレンスマニュアルを参照
- DSIホストは以下の割込みも生成
 - レギュレータイベント
 - PLLイベント
 - ティアリング現象イベント
- 固有のDMAマスタを持っているLTDCで動作するため、DSIホストはDMAリクエストを行う必要なし



DSIホストは、通信のすべてのタイミングとイベントを監視する多くの割込みを備えています。すべての割込みソースの詳細については、リファレンスマニュアルを参照してください。

プロトコル関連の割込みに加えて、DSIホストは以下を管理する割込みも行います。

- レギュレーターイベント
- PLLイベント
- ティアリング現象イベント

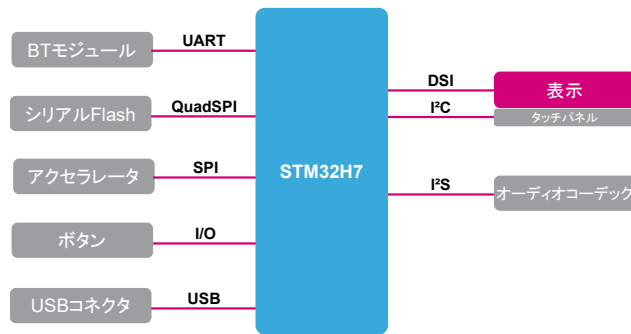
DSIホストはデータのフェッチにLTDCを使用するため、DMAコントローラは必要ありません(LTDCは固有のDMAマスタを搭載)。

Mode	Description
RUN	アクティブ
SLEEP	アクティブ アクティブ・ペリフェラル割込みにより、デバイスはSLEEPモードを終了
STOP	停止 ペリフェラル・レジスタの内容は保持される
STANDBY	パワーダウン STANDBYモード終了後に再初期化する必要あり



DSIホストは、RUNモードとSLEEPモードでアクティブになります。DSIホストの割り込みにより、デバイスはSLEEPモードを終了します。STOPモードでは、DSIホストは停止し、そのレジスタの内容は保持されます。STANDBYモードでは、DSIホストはパワーダウンし、その後、再初期化する必要があります。

- 接続およびユーザ・インタフェースも使用したアプリケーション：
 - 400x400 24bppディスプレイ、GRAM内蔵(外部RAMは不要)
 - グラフィック・プリミティブを格納するQSPI



ウェアラブルアプリケーションには、低電力管理機能と高品質のユーザインタフェースが必要です。これは、DSIホストを使用し、4つまたは6つのピンのみを経由してディスプレイとインタフェース接続を行うことで実現できます。このようなデバイスの駆動に必要なピン数が少ないため、高度に最適化されたシステム統合が可能になります。

- このペリフェラルにリンクされている以下のトレーニング・モジュールを参照
 - RCC (DSIクロック制御、DSI有効/リセット)
 - 割込み (DSI割込みマッピング)
 - GPIO (ティアリング現象用DSI入力)
 - LTDC (DSIピクセルソース、タイミング制御)

RCC、割込み、LTDC、およびGPIOに関するトレーニングスライドを参照すれば、追加情報が得られます。