

CrossLink-NX
RGB888 to MIPI DSI (Hard D-PHY)
リファレンスデザインユーザーマニュアル

macnica

Aug-2022

免責事項

本ドキュメントに含まれる情報、及び本ドキュメントの対象であるリファレンスデザインの内容、動作、特性、品質に対して、マクニカはいかなる保証も行いません。

また、本ドキュメントに含まれる情報、及び本ドキュメントの対象であるリファレンスデザインは全て現状有姿にて提供され、これに対する改版や技術サポートのご依頼に関しては理由の如何を問わずお控え頂くようお願いしております。お客様ご用途における使用可否の判断、使用の際の動作確認、お客様製品への実装における適合性や安全性の確認、法的要件の確認はお客様にて実施頂きますようお願いいたします。これらに対してもマクニカは一切の責任を負うことが難しく、いかなる保証もいたしかねます。また、本ドキュメントの情報、及びドキュメントの対象であるリファレンスデザインはマクニカの所有物であり、予告なしに変更を加えることがございますので予めご了承ください。

Table of Contents

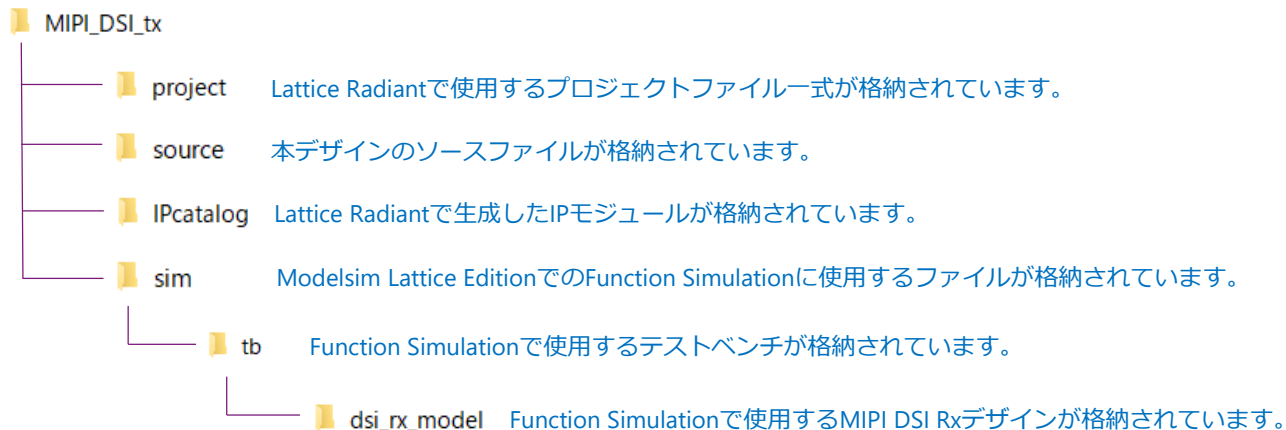
1. デザイン概要
2. デザインフォルダ構成
3. 回路ブロック図
4. デザインポート説明
5. 各モジュール概要
6. ファンクションシミュレーション

1. デザイン概要

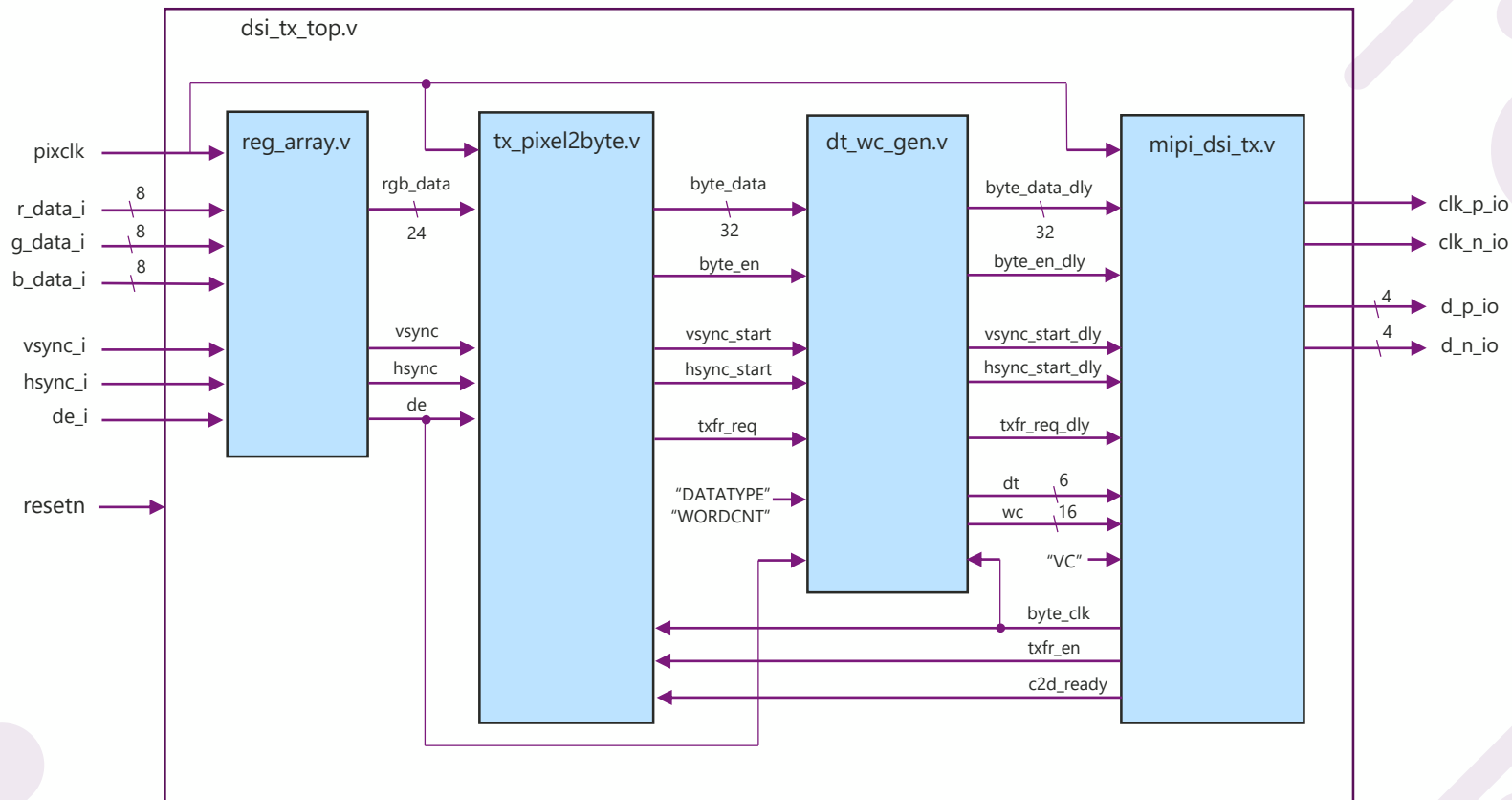
- 本デザインはCrossLink-NXのHard D-PHYを用いたパラレル（RGB888） to DSIリファレンスデザインです。
- 送信データはFull-HD（1080 60p）を想定しており、ピクセルクロックは148.5MHzとして各種IP設定を行っています。
- MIPI DSI Txレーン数は4Lane、D-PHYでのシリアライズ設定は8:1としており、バイトデータは32bitの設定です。
- 送信データレートは、 $2200(H) \times 1125(V) \times 24(bit) \times 60(fps) / 4(lane) = 891Mbps/Lane$ となっています。
- 本デザインではLattice社IP “CSI-2/DSI D-PHY Transmitter (v1.7.1)” と “Pixel to Byte Converter (v1.4.0)” を使用しています。IPのユーザーガイドについては以下を参照してください。
 - CSI-2/DSI D-PHY Transmitter
http://www.latticesemi.com/view_document?document_id=52453
 - Pixel to Byte Converter
http://www.latticesemi.com/view_document?document_id=52809
- デザイン動作はModelSim Lattice Editionでのファンクションシミュレーションにて確認しています。実機上での確認はしておりません。
- 本デザインはRadiant3.2でコンパイルされており、論理合成ツールはSynplify Proを使用しています。

2. デザインフォルダ構成

本デザインのフォルダ構成を以下に示します。



3. 回路ブロック図



4. デザインポート説明

ポート名	入出力方向	説明
pixclk	入力	RGB888入力ピクセルクロック
resetrn	入力	リセット入力 (Active-Low)
r_data_i [7:0]	入力	Red入力データ (8bit)
g_data_i [7:0]	入力	Green入力データ (8bit)
b_data_i [7:0]	入力	Blue入力データ (8bit)
vsync_i	入力	V Sync信号入力
hsync_i	入力	H Sync信号入力
de_i	入力	データイネーブル信号入力
clk_p_io	出力	MIPI D-PHY差動クロック出力 (Positive)
clk_n_io	出力	MIPI D-PHY差動クロック出力 (Negative)
d_p_io	出力	MIPI D-PHY差動データ出力 (Positive)
d_n_io	出力	MIPI D-PHY差動データ出力 (Negative)

5. 各モジュール概要

■ top.v

本デザインのトップモジュールです。DSIパケットで使用するVC、DT、WCはトップモジュールからパラメータとして与えます。

■ reg_array.v

RGB888入力データおよび同期信号をインプットレジスタにてピクセルクロックでリタイミングすることを目的としたレジスタアレイです。

■ dt_wc_gen.v

Data Type (dt) と Word Count (wc) をショートパケットのパケットヘッダ、ロングパケットのパケットヘッダそれぞれに対して生成します。また、CSI-2/DSI D-PHY Transmitterが要求する以下の入力タイミングを満たすようにタイミング調整を行います。

3.2. Short Packet Transmission in CSI-2/DSI Interfaces

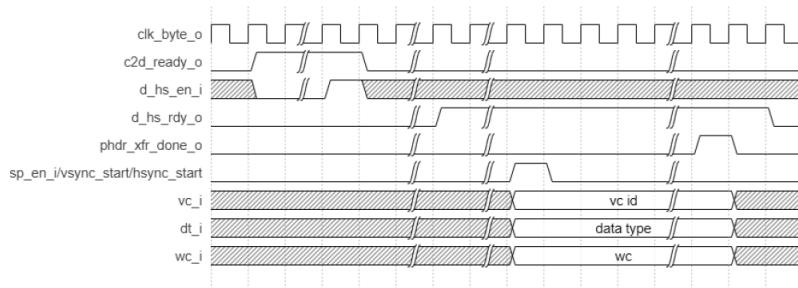


Figure 3.3. D-PHY Tx Input Bus for Short Packet Transmission in CSI-2/DSI Interfaces

3.3. Long Packet Transmission in CSI-2/DSI Interface

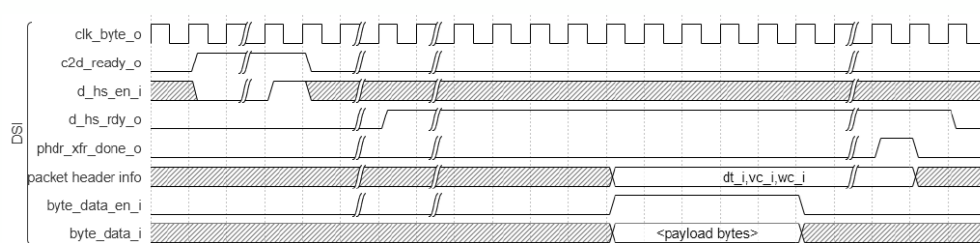
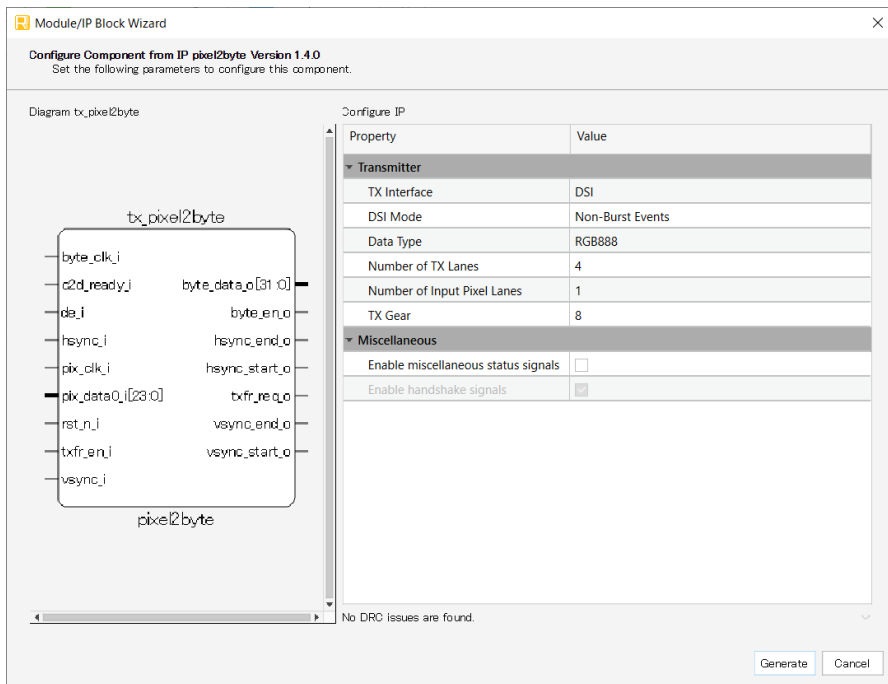


Figure 3.4. D-PHY Tx Input Bus for Long Packet Transmission in CSI-2/DSI Interface

5. 各モジュール概要

■ tx_pixel2byte.v

CSI-2/DSI D-PHY Transmitter IPに入力するバイトデータと同期信号タイミングパルスをピクセルデータとV Sync, H Syncから生成するモジュールです。Pixel to Byte Converter IPを使用しています。設定は以下の通りです。



Module/IP Block Wizard

Configure Component from IP pixel2byte Version 1.4.0
Set the following parameters to configure this component.

Diagram tx_pixel2byte

Property	Value
Transmitter	
TX Interface	DSI
DSI Mode	Non-Burst Events
Data Type	RGB888
Number of TX Lanes	4
Number of Input Pixel Lanes	1
TX Gear	8
Miscellaneous	
Enable miscellaneous status signals	<input type="checkbox"/>
Enable handshake signals	<input checked="" type="checkbox"/>

No DRC issues are found.

Generate Cancel

■ Tx Interface
DSIを選択しています。

■ DSI Mode
“Non-Burst Events”を選択しています。DSI規格の“Non-Burst with Sync Events”に相当し、V Sync, H Syncの開始エッジのみショートパケットを生成するモードです。

■ DataType
RGB888を選択しています。

■ Number of TX Lanes
4Laneに設定しています。

■ Number of Input Pixel Lanes
本デザインではRGB888入力1chのため、1Laneに設定しています。

■ TX Gear
8に設定しています。D-PHYモジュールにて8:1シリアライズを行う設定です。

5. 各モジュール概要

■ mipi_dsi_tx.v

Pixel to Byte Converter IPにて生成されたバイトデータとvsync_start/hsync_startパルス、及びパケットヘッダで使用するVC、DT、WCからDSIパケットを生成してD-PHYで送信するモジュールです。CSI-2/DSI D-PHY Transmitter IPを使用しています。設定は以下の通りです。

Property	Value
Transmitter	
TX Interface Type	DSI
D-PHY TX IP	Hard D-PHY
Number of TX Lanes	4
TX Gear	8
Interleaved Input Data	<input type="checkbox"/>
CIL Bypass	<input checked="" type="checkbox"/>
Bypass Packet Formatter	<input type="checkbox"/>
Enable Frame Number Increment in Packet Formatter	<input type="checkbox"/>
Frame Number MAX Value Increment in Packet Formatter [1 - 255]	1
Enable Line Number Increment in Packet Formatter	<input type="checkbox"/>
EoTp Enable	<input type="checkbox"/>
Enable LMMI Interface	<input type="checkbox"/>
Enable AXI4-Stream Interface	<input type="checkbox"/>
Enable Periodic Skew Calibration	<input type="checkbox"/>
Clock	
Target TX Line Rate (Mbps per Lane) [160 - 1500]	891

■ Tx Interface
DSIを選択しています。

■ D-PHY TX IP
“Hard D-PHY”を選択しています。

■ Number of TX Lanes
4Laneに設定しています。

■ TX Gear
8に設定しています。D-PHYモジュールにて8:1シリアライズを行う設定です。

■ CIL Bypass
Control and Interface Logic (CIL)のバイパス設定です。デフォルトのままチェックを入れており、バイパスする設定にしています。CILはデータとクロックの状態遷移のコントロールを行うハードブロックで、使用しない場合はソフトロジックが使用されます。

■ Bypass Packet Formatter
バイトデータからDSIパケットを生成する際に規格上必要なSync Code (0xB8) とtHS-TRAIL期間のデータ反転を自動で行う回路のバイパス設定です。本デザインではIPに自動生成することを意図してチェックを外しています。

5. 各モジュール概要

Module/IP Block Wizard

Configure Component from IP dphy_tx Version 1.7.1
Set the following parameters to configure this component.

Diagram mipi_dsi_tx

Configure IP

Property	Value
Transmitter	
TX Interface Type	DSI
D-PHY TX IP	Hard D-PHY
Number of TX Lanes	4
TX Gear	8
Interleaved Input Data	<input type="checkbox"/>
CIL Bypass	<input checked="" type="checkbox"/>
Bypass Packet Formatter	<input type="checkbox"/>
Enable Frame Number Increment in Packet Formatter	<input type="checkbox"/>
Frame Number MAX Value Increment in Packet Formatter [1 - 255]	1
Enable Line Number Increment in Packet Formatter	<input type="checkbox"/>
EoTp Enable	<input type="checkbox"/>
Enable LMMI Interface	<input type="checkbox"/>
Enable AXI4-Stream Interface	<input type="checkbox"/>
Enable Periodic Skew Calibration	<input type="checkbox"/>
Clock	
Target TX Line Rate (Mbps per Lane) [160 - 1500]	891

No DRC issues are found.

Generate Cancel

■ EoTp Enable

End of Transmission packet (EoTp)の付与設定です。デフォルト設定（チェック無し）で、EoTpを付与しない設定にしています。

■ Enable LMMI Interface

Hard D-PHYモジュール内蔵のPLLレジスタ設定用のLMMI Interface使用有無の設定です。使用しないためチェックを外しています。

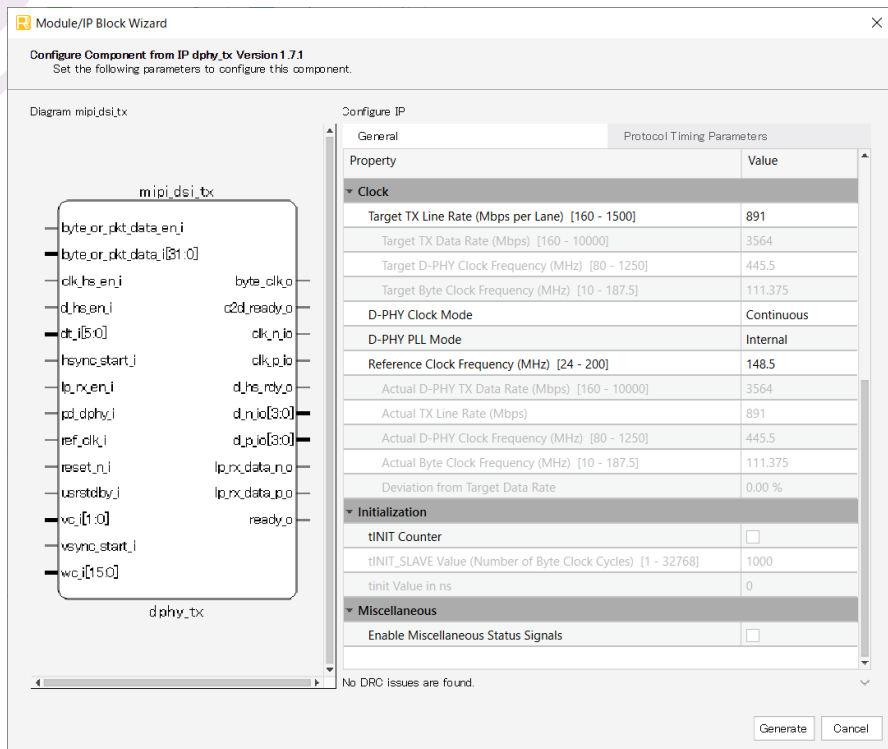
■ Enable AXI4-Stream Interface

バイトデータおよびパケットヘッダ情報をAXI4-Stream Interfaceで入力する場合にチェックを入れます。本デザインでは使用しないためチェックを外しています。

■ Enable Periodic Skew Calibration

チェックを入れるとSkew Calibrationパターンの送信トリガ用ポートが追加されます。本デザインでは使用しないためチェックを外しています。

5. 各モジュール概要



Module/IP Block Wizard

Configure Component from IP dphy_tx Version 1.7.1
Set the following parameters to configure this component.

Diagram mipi_dsl_tx

Configure IP

Property	Value
Clock	
Target TX Line Rate (Mbps per Lane) [160 - 1500]	891
Target TX Data Rate (Mbps) [160 - 10000]	3564
Target D-PHY Clock Frequency (MHz) [80 - 1250]	445.5
Target Byte Clock Frequency (MHz) [10 - 187.5]	111.375
D-PHY Clock Mode	Continuous
D-PHY PLL Mode	Internal
Reference Clock Frequency (MHz) [24 - 200]	148.5
Actual D-PHY TX Data Rate (Mbps) [160 - 10000]	3564
Actual TX Line Rate (Mbps)	891
Actual D-PHY Clock Frequency (MHz) [80 - 1250]	445.5
Actual Byte Clock Frequency (MHz) [10 - 187.5]	111.375
Deviation from Target Data Rate	0.00 %
Initialization	
tINIT Counter	<input type="checkbox"/>
tINIT_SLAVE Value (Number of Byte Clock Cycles) [1 - 32768]	1000
tinit Value in ns	0
Miscellaneous	
Enable Miscellaneous Status Signals	<input type="checkbox"/>

No DRC issues are found.

Generate Cancel

■ **Target TX Lane Rate (Mbps per Lane)**
RGB888 1080 60pを4Laneで送信するため、
 $2200(H) \times 1125(V) \times 24(\text{bit}) \times 60(\text{fps}) / 4(\text{lane}) = 891$ と設定しています。

■ **D-PHY Clock Mode**
Clock LaneでLPモードを使用するかどうかの設定です。LPモードに入らず常に出力するため“Continuous”を選択しています。

■ **D-PHY PLL Mode**
D-PHYモジュール内部のPLLを使用するため“Internal”を選択しています。

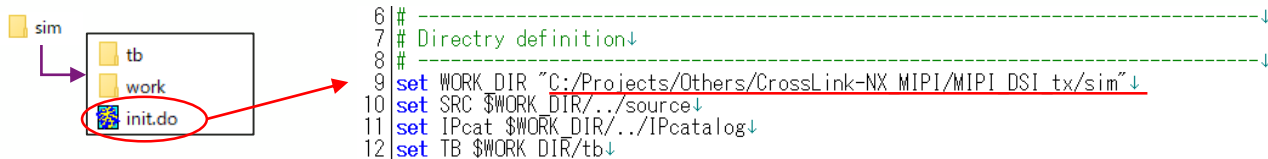
■ **Reference Clock Frequency**
RGB888 1080 60pパラレル入力のピクセルクロックを使用する構成のため、
148.5MHzに設定しています。

■ **tINIT Counter**
D-PHYモジュールのイニシャライゼーション完了を遅らせるディレイカウンタの使用有無設定です。D-PHY Rxデバイスが起動時に要求するStop State (LP-11) の時間を満たすための調整用に必要に応じて使用します。本デザインでは使用していません。

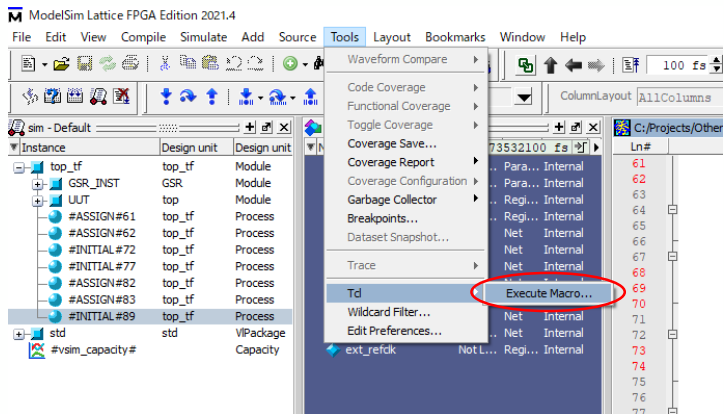
■ **Enable Miscellaneous Status Signal**
デバッグ用途に使用される各種信号をポートに出力するかどうかの設定です。本デザインではチェックを外しています。

6. ファンクションシミュレーション

ファンクションシミュレーションを実施するには、ModelSim Lattice Editionを使用します。
シミュレーション開始前にinit.doファイル内の以下のディレクトリ指定をユーザー環境のsimフォルダのパスに変更する必要があります。
Init.doファイルはsimフォルダの中に格納されています。



Model Simを起動後、Tools > Tcl > Execute Macro からinit.doファイルを起動します。

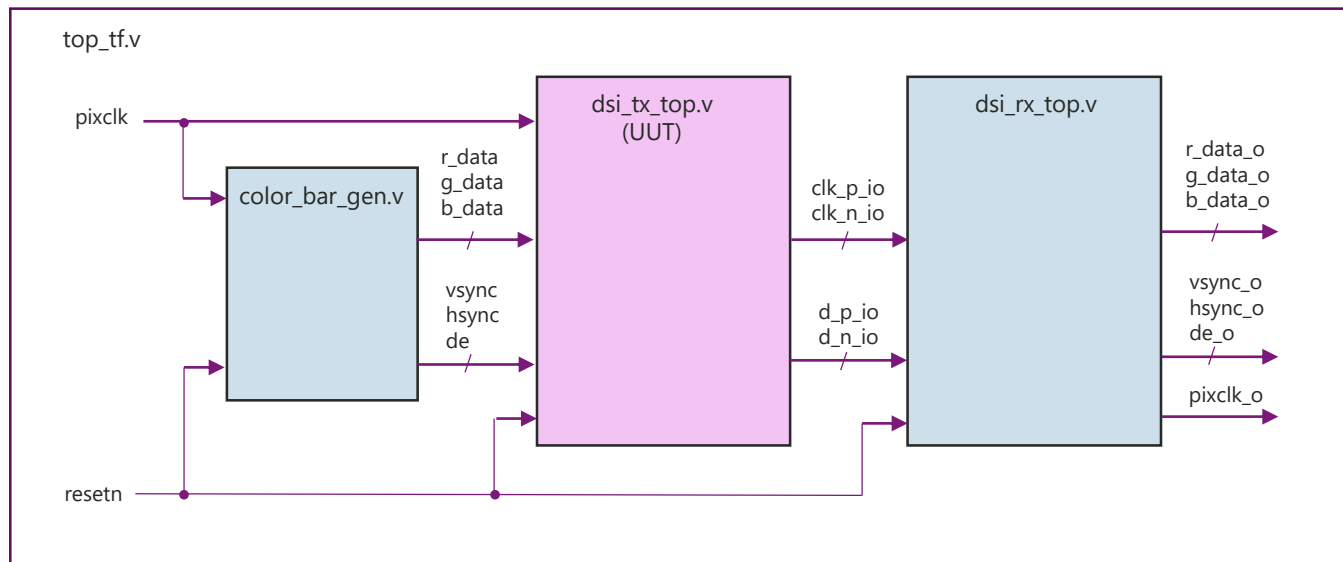


Init.doの編集方法、doファイルでのシミュレーション詳細については、以下のページの「ModelSim Lattice Edition DO マクロ ユーザーガイド」を参照してください。

<https://www.macnica.co.jp/business/semiconductor/articles/lattice/132003/>

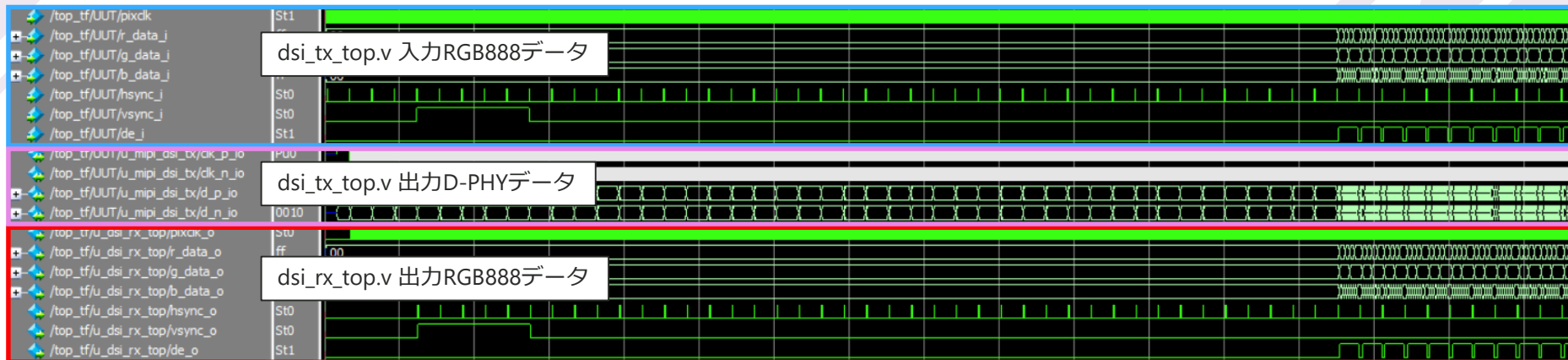
6. ファンクションシミュレーション

テストベンチ構成概要図



テストベンチ上でシミュレーション対象のdsi_tx_top.vに対し、Full-HD (1080 60p), RGB888のカラーバーデータをcolor_bar_gen.vから入力しています。dsi_tx_top.v以下のデザインでMIPI DSIに変換されたデータをMIPI DSIの受信モデルであるdsi_rx_top.vで受信し、再びRGB888のデータに変換して、正しくカラーバーデータが出力されているか確認しています。dsi_rx_top.v以下のデザインは本リファレンスデザイン同様にLattice社のIPを含んだデザインで構成されています。

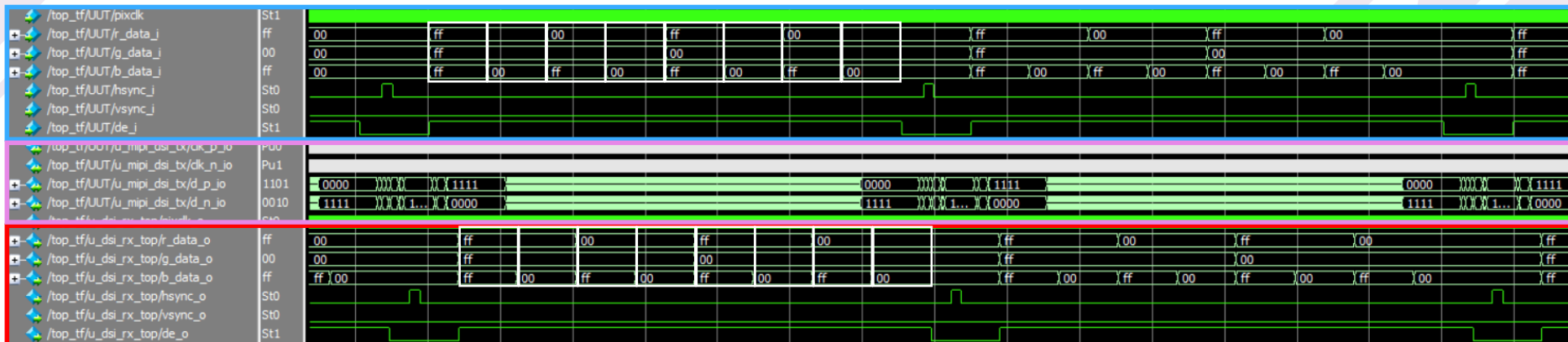
6. ファンクションシミュレーション



上図はVブランキング～Active Video出力開始後、数ラインの区間のシミュレーション波形です。
カラーバジェネレータからのRGB888入力を本デザインにてMIPI D-PHY (DSI) に変換した信号が観測できます。
また、受信モジュールを介したRGB888データがV Syncの立ち上がりエッジを起点に出力されていることが確認できます。

6. ファンクションシミュレーション

White Yellow Cyan Green Magenta Red Blue Black



上図はActive Video区間の拡大波形です。ds_i_tx_top.vに入力されているRGB888カラーバーデータがMIPI D-PHYデータに変換され、受信モデルの出力として等しいRGB888カラーバーデータが出力されていることが確認できます。

Revision History

Date	Revision	Page	Change Information
2022/08/30	1.0		First Revision