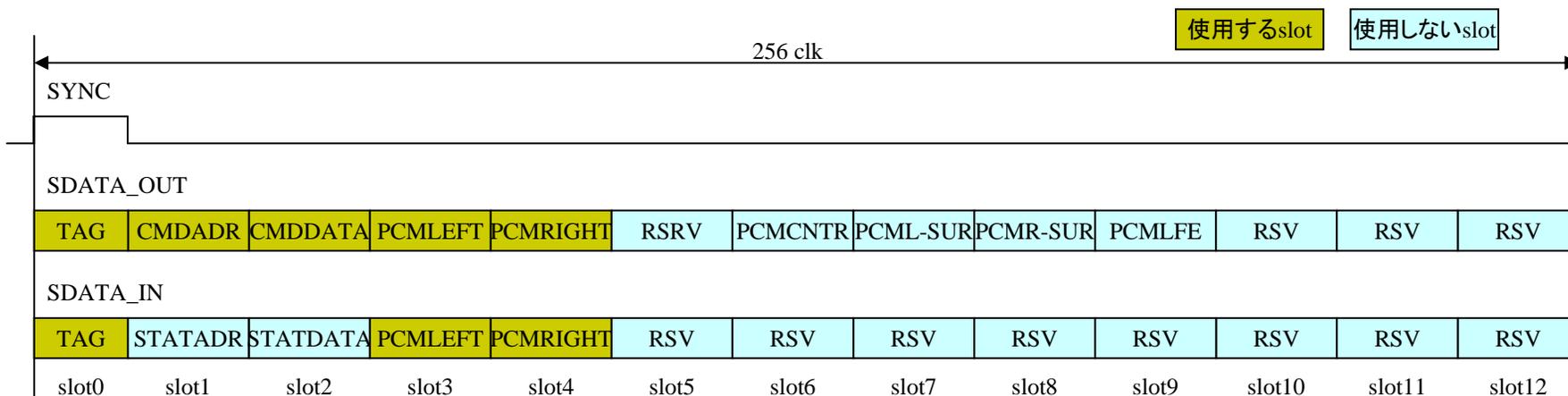


LM4550ドライバRTL

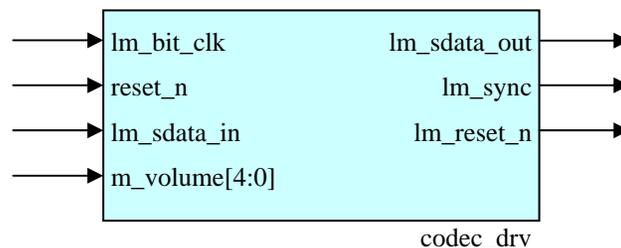
(有)エムジーウェーブ 鈴木

フレーム構成



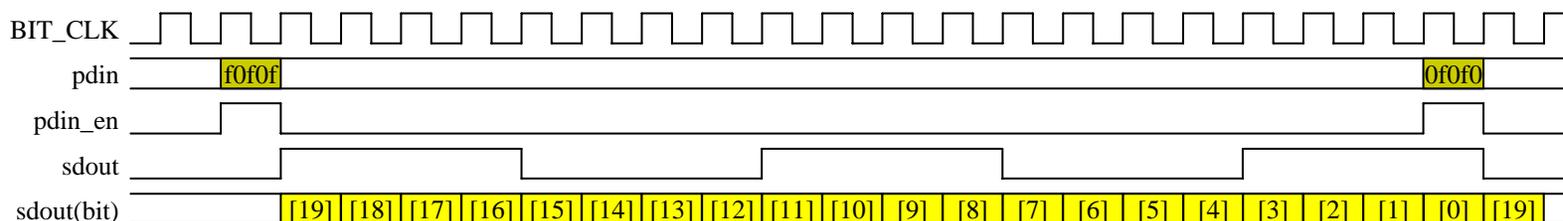
- LM4550へ出力するデータや入力するデータにはフレーム構成がある。
- 1フレームは256clkで構成されており、13slotに分割されている。slot0は16clk、それ以外のslotは20clkで構成される。
- ドライバはこのフレームを途切れなくLM4550に提供しなければならない。
- slot0の区間だけSYNC=1とすることで、フレームの先頭を示す(ドライバが出力する)
- slot0はTAGであり、フレーム全体の情報である。
- SDATA_OUTのslot1とslot2はコマンドアドレス指定とコマンドデータ指定であり、内部レジスタに値を設定するのに用いる。
- SDATA_OUTのslot3とslot4はD/A変換したい値を出力する。
- SDATA_INのslot3とslot4はA/D変換された信号値である。
- SDATA_OUT、SDATA_INは1ビットの信号なので、複数ビットから構成される信号値をSDATA_OUTへ出力するにはシリアル変換しなければならない。同様に、SDATA_INからシリアルで入力される信号はパラレル変換しなければならない。

ドライバ構成



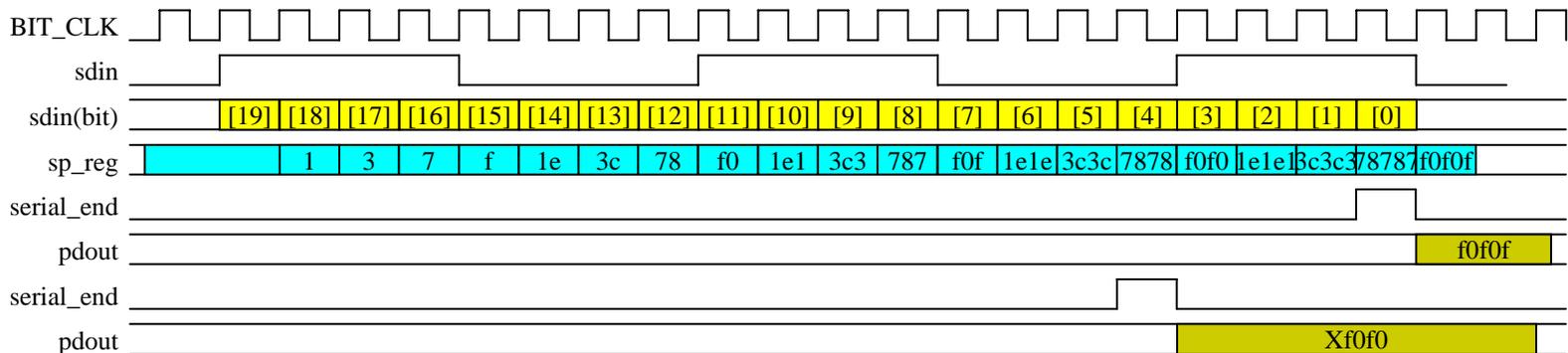
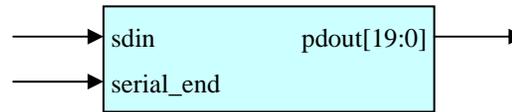
- lm_bit_clk LM4550から出力されている12.228MHzの信号で、ドライバはこれをクロックとして使用する。
- reset_n ボードに搭載されているリセットボタンから入力する。ボタンがクリックされると'0'となる。
- lm_sdata_in LM4550からのデータ入力。
- m_volume Line Outのボリューム。
- lm_sdata_out LM4550へのデータ出力。
- lm_sync LM4550へのフレームヘッダ出力
- lm_reset_n LM4550へのリセット出力。常に'1'を出力する。

parallel-serial変換モジュール



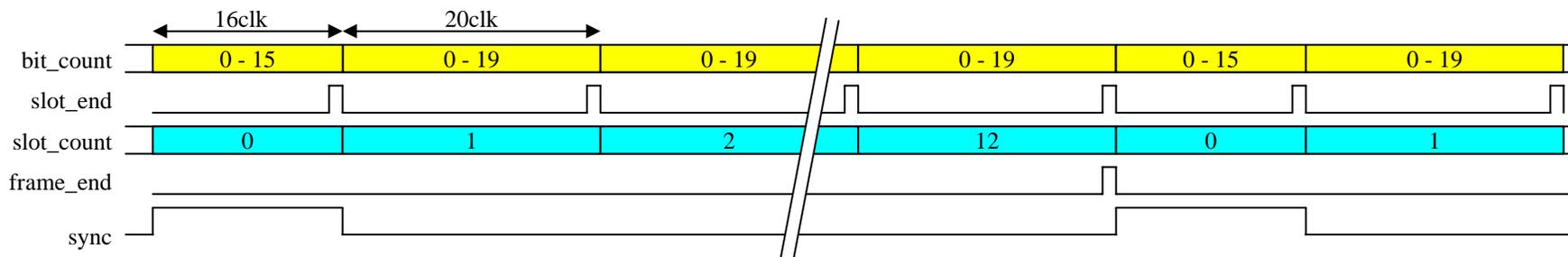
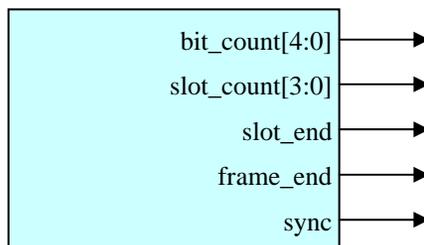
- パラレル入力の信号を1clkごとにシリアル出力するモジュールである。
- pdinは出力したい20bitの値である。
- pdin_en='1'のタイミングでpdinが取り込まれ、次のクロックからsdoutにシリアル化されて出力される。
- シリアライズの方法はMSBからLSBである。
- 連続してシリアル出力する場合は、前のデータの最終ビットが出力されるタイミングでpdin_en='1'とする。
- 16bitの信号をシリアル出力したい場合は、LSBに4ビットの'0'を接続して20bitとし、pdinに入力する。そして16bitのシリアル出力をしたタイミング(sdout(bit)=[4]のタイミング)でpdin_en='1'として次のデータを入力すればよい。

serial-parallel変換モジュール



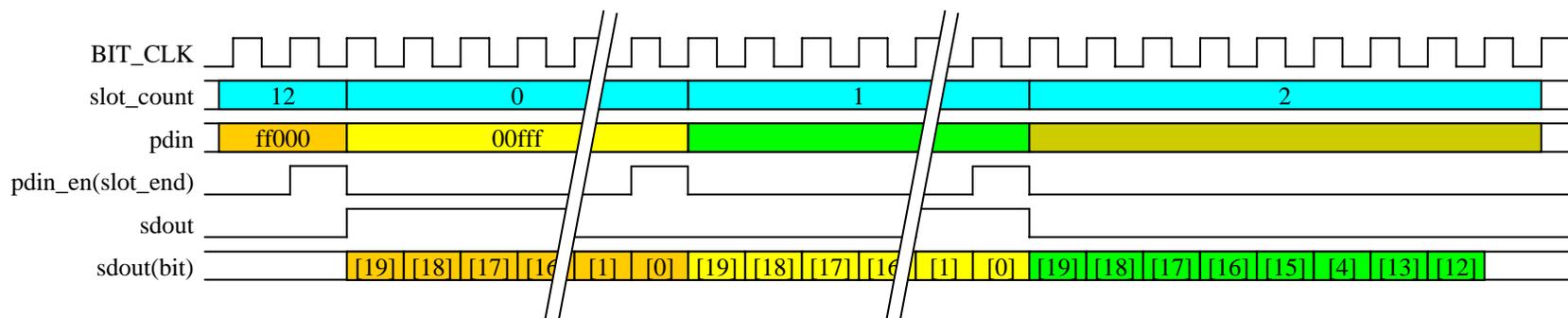
- シリアル入力されたビットをパラレルの値に変換するモジュールである。
- パラレル化できるビット数は最大20bitである。
- sdinはシリアル入力である。
- sp_regは内部のレジスタで、1clkごとにsdinをLSBからビットシフトインしながら保持する。
- シリアル化を完了したいタイミングでserial_end='1'とすることで、次のclkでパラレル化された値をpdoutに出力する。
- 上記の例では、20bitのシリアル信号をパラレル変換するので、sdinの20bit目(sdin(bit)=[0])のタイミングでserial_end='1'としている。
- 16bitのシリアル信号をパラレル変換したい場合は、16bit目(sdin(bit)=[4])のタイミングでserial_end='1'とする。これにより、pdoutの下位16bitにパラレル化された値が出力される。上位4bitは不定なので使用しない。

フレームカウンタ



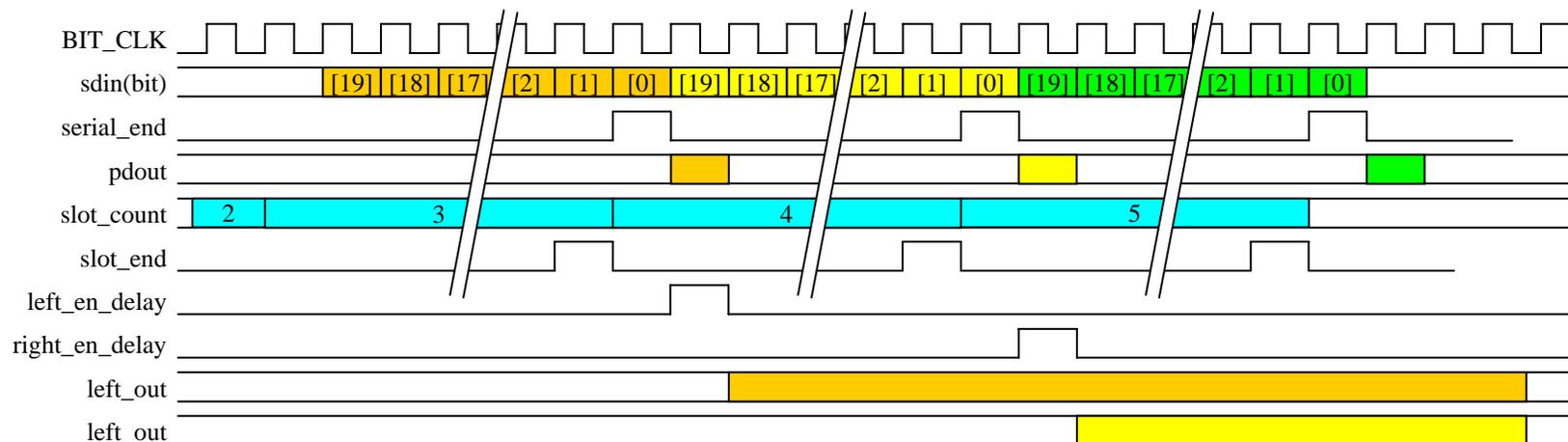
- フレームを作るためのカウンタである。
- スロット内のビット数をカウントするビットカウンタ(出力はbit_count)と、スロット数をカウントするスロットカウンタ(出力はslot_count)で構成する。
- ただし、slot0は16bit、それ以外のスロットは20bitであることに注意が必要である。
- ビットカウンタが最後のビットを示したら、slot_end=1を出力する。これにより、次のクロックから新しいスロットが開始を知ることができる。
- スロットカウンタが最後のスロットを示し、かつslot_end=1なら、frame_end=1を出力する。これにより、次のクロックから新しいフレームが開始を知ることができる。
- slot_count=0の区間だけsync=1を出力する。

スロット制御 – 出力



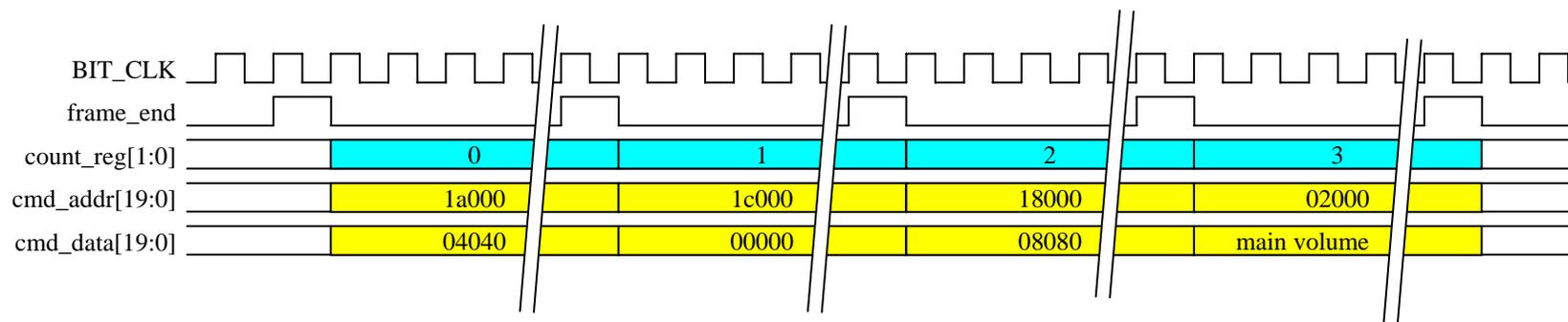
- LM4550を正しく動作させるためには、必要なslotに適切な値を出力しなければいけない。本実習では、SDATA_OUTはslot0からslot4、SDATA_INはslot3、slot4を使用する。
- 必要なデータを出すにはparallel-serial変換モジュールを制御する。入力の場合はserial-parallel変換モジュールを制御する。
- 制御は、フレームカウンタが出力するslot_countを用いる。
- parallel-serial変換モジュールpdin_enにフレームカウンタのslot_endを接続した場合のタイミングは上図のようになる。pdin_en=1のタイミングでpdinを取り込むことを考慮すると、slot0の出力データはslot_count=12の最後のタイミングにpdinへ入力できていけばよい。同様に、slot1の出力データは、slot_count=0の最後のタイミングにpdinへ入力できていけばよい。

スロット制御 – 入力



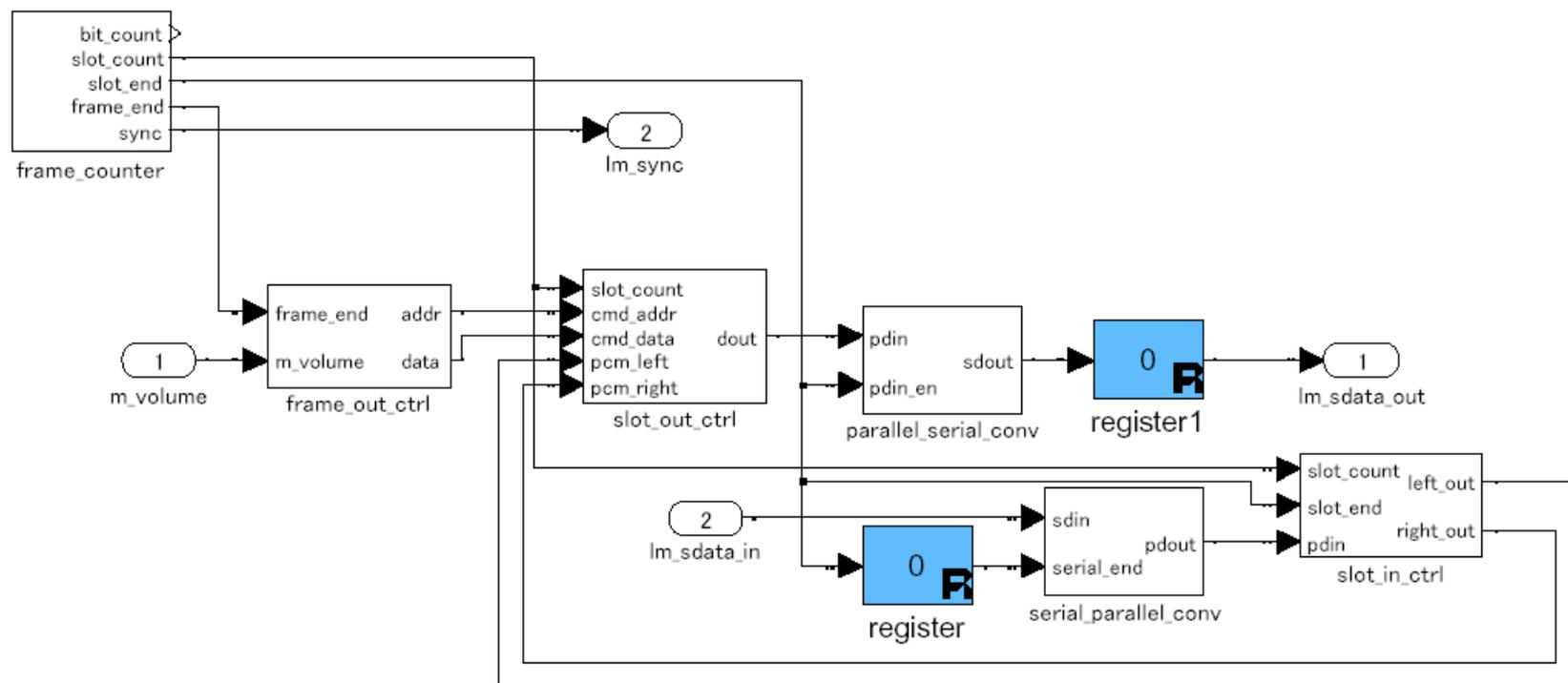
- SDATA_INからの入力は、serial-parallel変換モジュールのsdinに接続してパラレル値へ変換する。
- slot_count及びslot_endとsdinのタイミングを上図に示す。AC97の仕様により、slot_countに対してSDATA_INは1clk遅れていることに注意する。つまり、slot_countが更新された次のclkから新しいslotのデータがSDATA_INから入力される。
- よって、serial_endにはslot_endを1clk遅延させた信号を入力すると、正しくパラレル値に変換することができる。
- パラレル値に変換された値は、slot_end=1から2clk遅れてpdoutから出力される。よって、slot_count=3 && slot_end=1を検出した信号をレジスタで2clk遅延させることでleft_en_delayを生成し、それをイネーブルとしてpdoutをラッチしてleft_outとする。
- 同様に、slot_count=4 && slot_end=1を検出した信号をレジスタで2clk遅延させることでright_en_delayを生成し、それをイネーブルとしてpdoutをラッチしてright_outを生成する。

フレーム制御



- SDATA_OUTのslot1はCMDADR、slot2はCMDDATAを常に出力している。フレーム制御はCMDADRとCMDDATAの出力を制御することで、音量などの制御を行う。
- 本実習で制御する項目は、以下の通りである。
 - A/D変換の入力選択 addr 0x1a, data 0x0404
 - A/D変換の音量設定 addr 0x1c, data 0x0000
 - D/A変換後の音量設定 addr 0x18, data 0x0808
 - Line outの音量設定 addr 0x02, data main volume
- フレームカウンタが出力するframe_endを利用して図のcount_regのような2bitのカウンタを作る。2bitなのでカウント値は0から3を繰り返す。
- count_reg=0ならA/D変換の入力選択をLM4550の制御レジスタに設定する。レジスタアドレスは0x1aで、データは0x0404を設定する。これでLine inがA/D変換器に入力される。
- 同様に、count_reg=1ならA/D変換の音量設定、count_reg=2ならD/A変換後の音量設定、count_reg=3ならLine outの音量設定を行う。
- Line outの音量設定は、ボリューム設定値を入力ポートm_volumeを設定する。その場合、[16:12]と[8:4]にm_volumeをマッピングし、[19:17]と[11:9]と[3:0]は0を設定する。
- cmd_addrとcmd_dataはスロット制御(出力)の入力に接続され、cmd_addrはslot1、cmd_dataはslot2としてSDATA_OUTから出力される。

全体構成ブロック図



- このブロック図は、これまで説明してきたサブブロックの接続関係を示したものである。lm_bit_clk, reset_n, lm_reset_nは記入されてない。
- parallel_serial_conv parallel-serial変換モジュール
- serial_parallel_conv serial-parallel変換モジュール
- frame_counter フレームカウンタ
- slot_out_ctrl スロット制御(出力)
- slot_in_ctrl スロット制御(入力)
- frame_out_ctrl フレーム制御