

## 第 22 章 SEI エディター

### 22.1 概要と起動

昨今の SRAM ベースの FPGA ではいわゆるソフトエラーが問題になる用途が少なくありません。ラティス・セミコンダクターの FPGA には、ソフトエラー検出マクロ "SED" が集積されていますので、そのような用途では SED マクロをユーザーデザインに組み込むことで、信頼性を向上することができます。

他方、ソフトエラーを任意に生起させて、実装機能が期待通りの動作するかどうかを検証することは、その性質上必ずしも容易ではありません。SEI (Soft-Error Injection) エディターは、ECP5 ファミリー、MachXO2/3 シリーズをサポートし、単一ビットエラーをコンフィグレーション・ビットストリームに挿入するエミュレーション（模擬的に発生させる）機能です。

起動するにはアイコンメニュー（図 22-1）から  をクリックするか、メニュー Tools → SEI Editor を選択します。

図 22-1. SEI エディターの起動

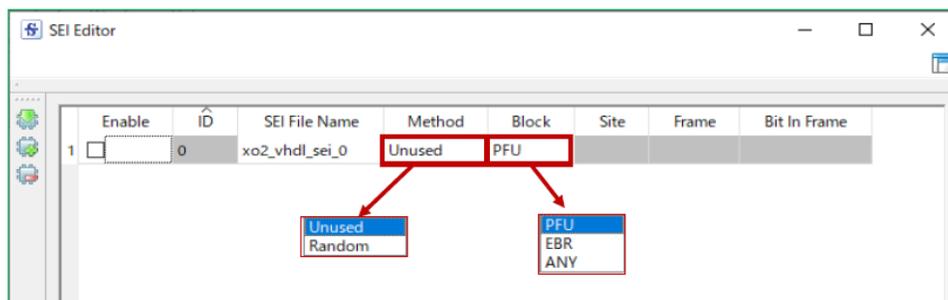


なお、PAR プロセスまで完了していないと、アイコンはグレイアウトして有効になりませんのでご注意ください。

#### 22.1.1 操作ステップ

起動後の画面表示例を図 22-2 に示します。灰色のセルは編集できません。

図 22-2. 初期画面例（デタッチした状態）



ウィンドウの左側にアイコンが三つあります。それらの機能は次の通りです。

-  (Run) : 実行。"Enable" された全てについてエラー挿入を行います
-  (Add) : 行を追加します
-  (Delete) : 行を削除します。

註：本 Lattice Diamond 日本語マニュアルは、日本語による理解のため一助として提供しています。作成にあたっては各トピックについて可能な限り正確を期しておりますが、必ずしも網羅的あるいは最新でない可能性や、オリジナル英語版オンラインヘルプや各種ドキュメントと不一致がある可能性があり得ます。疑義が生じた場合は技術サポート担当者にお問い合わせ頂くか、または最新の英語オリジナル・ソースを参照するようお願い致します。

[Enable] のボックスにチェックすることで、エラー挿入の実行を行います。

[ID] は識別番号です。

[SEI File Name] は生成されるビットファイル名です。MachXO2/3 シリーズの場合でも、生成されるファイルはビットストリーム・ファイルです。

[Method] はエラー混入の対象選択方法で、ユーザーが指定できます。”Unused” はユーザーの回路実装で未使用ブロック、”Random” はツールが任意に選択する箇所です。前者は回路動作に、影響を与えませんが、後者は影響するかもしれませんし、しないかもしれません。ダブルクリックすることでプルダウンが表示されます。

[Block] は対象ブロックで、ユーザーが指定できます。”PFU” と ”EBR”、および ”Any” があります。デバイスによっては ”DSP” が選択できます。ダブルクリックすることでプルダウンが表示されます。なお、[Method] として ”Random” を選ぶと ”Unclassified” や ”Routing” (配線リソース) がブロックとして選択されることがあります。

### 22.1.2 実行

行を追加して四行にした後に実行した結果の例を図 22-3 と図 22-4 に示します。

図 22-3. 実行結果例 (1)

	Enable	ID	SEI File Name	Method	Block	Site	Frame	Bit In Frame
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	xo2_vhdl_sei_0	Unused	PFU	R9C2A	data frame 257	bit 1015
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	xo2_vhdl_sei_1	Unused	EBR	EBR_R6C14	data frame 170	bit 396
3	<input checked="" type="checkbox"/>	2	xo2_vhdl_sei_2	Unused	ANY	R5C17D	data frame 140	bit 258
4	<input checked="" type="checkbox"/>	3	xo2_vhdl_sei_3	Random	PFU	R7C7B	data frame 202	bit 761

Summary: 4 / 333 have inserted the soft error to trigger the SED/SEC based 4 of SEI patterns

図 22-4. 実行結果例 (2)

	Enable	ID	SEI File Name	Method	Block	Site	Frame	Bit In Frame
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	xo2_vhdl_sei_0	Unused	PFU	R8C6B	data frame 229	bit 809
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	xo2_vhdl_sei_1	Unused	EBR	EBR_R6C17	data frame 332	bit 288
3	<input checked="" type="checkbox"/>	2	xo2_vhdl_sei_2	Unused	ANY	R7C19D	data frame 201	bit 164
4	<input checked="" type="checkbox"/>	3	xo2_vhdl_sei_3	Random	Routing		data frame 255	bit 979

Summary: 4 / 333 have inserted the soft error to trigger the SED/SEC based 4 of SEI patterns

実行結果は実行毎に変わります。

[Site] は PFU/EBR/DSP の行・列 (Row/Column) 番号です。実行結果で [Block] が ”Routing” や ”Unclassified” になると、このセルは空白のままです。

[Frame] と [Bit In Frame] に関して、ビットストリームは ”フレーム” と呼ばれる単位になっています (デバイスによってフレームごとのビット数は異なる) が、[Frame] と [Bit In Frame] は、そのフレーム番号とフレーム内の何ビット目にエラーを混入したかをレポートします。

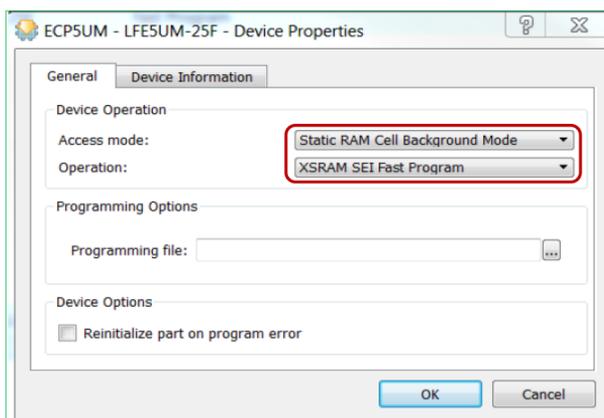
実行後は [SEI File Name] に示されるファイルがインプリメンテーション・フォルダー下に生成されます。

## 22.2 ソフトエラー有りビットファイルのプログラミング

生成したソフトエラー有りビットストリーム・ファイルを用いてソフトエラー検出 (SED) 機能を検証する場合は、幾つかのポイントを理解しておく必要があります。

まず、プログラミングの実行前に SED マクロ機能はオフにしておきます。次にビットストリーム・ファイルのロードにはバックグラウンド・モードを用います。「Access mode」を "Static RAM Cell Background Mode" に、「Operation」を "XSRAM SEI Fast Program" にします (図 22-5)。

図 22-5. ソフトエラー検証時のプログラマー設定



コンフィグレーション完了後に SED マクロの動作を ON にすると、エラー検出フラグがアサートされるはずですが、通常はフラグ出力を外部ポートに引き出すなどの回路実装にしておき、その後のユーザーレベルでの対処のためのトリガとします。

## 22.3 再コンフィグレーションによる "SEC"

ソフトエラーが検出された場合に、ボードや装置レベルでどのように回復するかはユーザーの設計に委ねられています。一つの選択肢として、ECP5 と MachXO3LF ファミリーでは『再コンフィグレーションによるソフトエラー修復 (Soft Error Correction)』のための動作をサポートしています。

ここでの "再コンフィグレーション (Re-configuration)" とは、何らかのエラーを含むコンフィグレーション SRAM の値を、エラーのない元々のコンフィグレーション・データで上書きすることで、ユーザー回路の動作に影響を与えずに修復できます。動作完了後に、通常の場合のようなデバイス初期化は行われません。この機能の実現には以下の点を考慮・設定しておく必要があります。

1. スプレッドシート・ビューで "BACKGROUND\_RECONFIG" オプションを "ON" に設定します ([Global Preferences] タブの "sysConfig" セクション)
2. 論理合成で "分散メモリー" を使わない (EBR を使う) を指定しておきます
3. 再コンフィグレーションのトリガを与えられるように PROGRAMn ピンが使用できるようにしておきます (外部コントローラから I2C/SPI インターフェイスなどを用いてコンフィグレーションする場合は、"Refresh" コマンドを与えることが PROGRAMn ピンのトグルと等価です)

特に 2 については、コンフィグレーション SRAM を上書きすることが、デザインで使っているメモリーの値に影響を与えてはならないためです。

MSPI モードによる外付け SPI フラッシュメモリーからのコンフィグレーションを用いる場合についてなど、より詳細についてはテクニカルノート (TN1292/MachXO3、TN-02207/ECP5) をご参照ください。