



Gowin IIR Filter IP ユーザーガイド

IPUG758-1.1J, 2021-04-16

著作権について（2021）

著作権に関する全ての権利は、**Guangdong Gowin Semiconductor Corporation** に留保されています。

GOWIN、Gowin、及びGOWINSEMIは、当社により、中国、米国特許商標庁、及びその他の国において登録されています。商標又はサービスマークとして特定されたその他全ての文字やロゴは、それぞれの権利者に帰属しています。何れの団体及び個人も、当社の書面による許可を得ず、本文書の内容の一部もしくは全部を、いかなる視聴覚的、電子的、機械的、複写、録音等の手段によりもしくは形式により、伝搬又は複製をしてはなりません。

免責事項

当社は、GOWINSEMI Terms and Conditions of Sale（GOWINSEMI取引条件）に規定されている内容を除き、（明示的か又は黙示的に拘わらず）いかなる保証もせず、また、知的財産権や材料の使用によりあなたのハードウェア、ソフトウェア、データ、又は財産が被った損害についても責任を負いません。本文書における全ての情報は、予備的情報として取り扱われなければなりません。当社は、事前の通知なく、いつでも本文書の内容を変更することができます。本文書を参照する何れの団体及び個人も、最新の文書やエラッタ（不具合情報）については、当社に問い合わせる必要があります。

バージョン履歴

日付	バージョン	説明
2021/01/06	1.0J	初版。
2021/04/16	1.1J	読み出し書き込みタイミングの説明を更新。

目次

目次.....	i
図一覧.....	iii
表一覧.....	iv
1 本マニュアルについて	1
1.1 マニュアル内容	1
1.2 関連ドキュメント.....	1
1.3 用語、略語.....	2
1.4 テクニカル・サポートとフィードバック.....	2
2 概要.....	3
2.1 Gowin IIR Filter IP の紹介	3
2.2 主な機能	4
2.3 最大周波数.....	4
2.4 リソース使用率	4
3 機能の説明	5
3.1 アルゴリズムの概要	5
3.2 Gowin IIR Filter IP の構造と機能.....	5
3.3 初期化係数ファイル	5
4 ポートの説明.....	7
5 タイミングの説明.....	9
5.1 係数リロードのタイミング	9
5.2 Gowin IIR Filter IP の読み出し/書き込みタイミング.....	10
6 構成および呼び出し	12
7 リファレンスデザイン	15
8 提供されるファイル.....	16

8.1 ドキュメント	16
8.2 リファレンスデザイン	16

図一覧

図 3-1 Gowin IIR Filter IP の基本構造	5
図 4-1 Gowin IIR Filter IP のポート図	7
図 5-1 係数リロードのタイミング	9
図 5-2 Gowin IIR Filter IP の読み出し/書き込みタイミング	10
図 5-3 MATLAB の例	11
図 6-1 IP 構成 GUI を開く	12
図 6-2 Gowin IIR Filter IP の構成	13
図 6-3 Option タブ	13

表一覧

表 1-1 用語、略語.....	2
表 2-1 Gowin IIR Filter IP	3
表 2-2 リソース利用率（GW2A-18 C8/I7）	4
表 4-1 Gowin IIR Filter IP の IO ポート一覧.....	7
表 6-1 Gowin IIR Filter IP の構成オプション	14
表 8-1 ドキュメント一覧.....	16
表 8-2 Ref. Design フォルダのコンテンツ一覧	16

1 本マニュアルについて

1.1 マニュアル内容

本マニュアルは、ユーザーが Gowin IIR Filter IP を使いこなせるよう、その概要、機能、ポート、タイミング、構成と呼び出し、およびリファレンスデザインなどについて説明します。

1.2 関連ドキュメント

GOWIN セミコンダクターのウェブサイト www.gowinsemi.com/ja から、以下の関連ドキュメントがダウンロード、参考できます：

- GW1N シリーズ FPGA 製品データシート ([DS100](#))
- GW1NR シリーズ FPGA 製品データシート ([DS117](#))
- GW2A シリーズ FPGA 製品データシート ([DS102](#))
- GW2AR シリーズ FPGA 製品データシート ([DS226](#))
- GW2ANR シリーズ FPGA 製品データシート ([DS961](#))
- Gowin ソフトウェア ユーザーガイド ([SUG100](#))

1.3 用語、略語

表 1-1 に、本マニュアルで使用される用語、略語、及びその意味を示します。

表 1-1 用語、略語

用語、略語	正式名称	意味
FPGA	Field Programmable Gate Array	フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ
IIR	Infinite Impulse Response	無限インパルス応答
IP	Intellectual Property	設計資産
DSP	Digital Signal Processing	デジタル信号処理
SRAM	Static Random Access Memory	スタティック RAM
BSRAM	Block Static Random Access Memory	ブロック SRAM

1.4 テクニカル・サポートとフィードバック

GOWIN セミコンダクターは、包括的な技術サポートをご提供しています。使用に関するご質問、ご意見については、直接弊社までお問い合わせください。

Web サイト : www.gowinsemi.com/ja

E-mail : support@gowinsemi.com

2 概要

2.1 Gowin IIR Filter IP の紹介

Gowin IIR Filter IP は、主に高いカットオフ周波数を必要とする高データスループットのフィルタリングに使用されます。FIR フィルターと比較して、IIR フィルターは必要なハードウェアが少なく、より速く応答できます。Gowin IIR Filter IP は、マルチチャネルおよび乗算器の時分割多重化をサポートすると同時に、動作中に係数をリロードできるため、便利で柔軟に使用できます。

表 2-1 Gowin IIR Filter IP

IIR Filter IP	
IP コアの適用	
ロジックリソース	表 2-2 参照。
提供されるファイル	
設計ファイル	Verilog (暗号化)
リファレンスデザイン	Verilog
テストベンチ	Verilog
テストおよび設計フロー	
合成ソフトウェア	Synplify Pro
統合開発環境	Gowin ソフトウェア

2.2 主な機能

- 入力データビット幅は 2～36 ビット。
- 係数ビット幅は 2～36 ビット。
- 出力データビット幅は 2～36 ビット。
- タップ数は 2～64（チップのリソース数によって異なる）。
- チャンネル数は 1～32（チップのリソース数によって異なる）。
- 乗算器数は 1～48（チップのリソース数によって異なる）。
- 係数はリロード可能。

2.3 最大周波数

Gowin IIR Filter IP の最大周波数は、使用されるデバイスのスピードグレードとパラメータの構成によって決まります。例えば、GW2A-18 シリーズ FPGA の場合、最大周波数は 90MHz です。

2.4 リソース使用率

Gowin IIR Filter IP のリソース使用率は、主にタップ数などによって決まります。リソース使用率はデバイスによって異なる場合があります。GW2A-18 シリーズ FPGA を例に、Gowin IIR Filter IP の各構成におけるリソース使用率を表 2-2 に示します。

表 2-2 リソース利用率（GW2A-18 C8/I7）

シリーズ	スピードグレード	Order Size	Channels	Multipliers	Logics	Registers	DSP Macros	BSRAMs
GW2A-18	C8/I7	12	1	4	1577	1298	4	2

3 機能の説明

3.1 アルゴリズムの概要

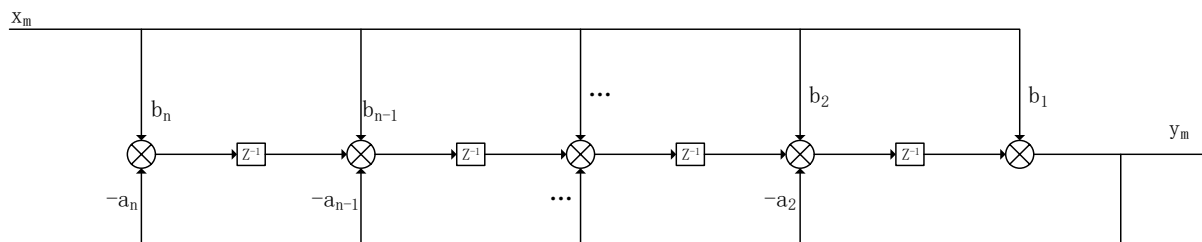
IIR Filter の差動計算式は次のとおりです：

$$a_1 y_n = b_1 x_n + b_2 x_{n-1} + \cdots + b_{n_b+1} x_{n-n_b} \\ - a_2 y_{n-1} - \cdots - a_{n_a+1} y_{n-n_a}$$

3.2 Gowin IIR Filter IP の構造と機能

Gowin IIR Filter IP では、データは入力から出力までパイプラインで処理されるので、結果を迅速に取得できます。そのため、データおよび係数幅が大きく、オーダーが小さい設計に適しています。その基本構造は図 3-1 に示すとおりです。

図 3-1 Gowin IIR Filter IP の基本構造



3.3 初期化係数ファイル

Gowin IIR Filter IP は係数の初期化をサポートしています。Gowin IIR Filter IP を呼び出す場合は、2 つの初期化係数ファイル（フィードフォワード係数ファイルとフィードバック係数ファイル）を指定する必要があります。フィルター形式が次の場合：

$$a_1 y_n = b_1 x_n + b_2 x_{n-1} + \cdots + b_{n_b+1} x_{n-n_b} - a_2 y_{n-1} - \cdots - a_{n_a+1} y_{n-n_a}$$

フィードバック係数ファイルで、データを次の位置に配置する必要があります。

ります。

a_1
 a_2
...
 a_n

フィードフォワード係数ファイルで、データを次の位置に配置する必要があります。

b_1
 b_2
...
 b_n

その中で、データは 10 進数のプレーンテキストデータです。初期化係数のサイズは、選択した係数幅の範囲内でなければなりません。そうでないと、GUI はデータエラーを警告します。

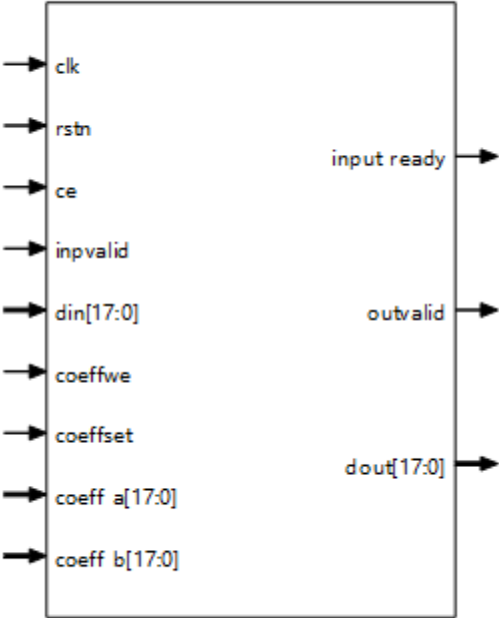
マルチチャネルの場合、係数ファイルのデータの配置は次のようになります。

チャンネル 0 のデータ 0 (Coeff 0 0)
チャンネル 0 のデータ 1 (Coeff 0 1)
...
チャンネル 0 のデータ $n-1$ (Coeff 0 $n-1$)
チャンネル 1 のデータ 0 (Coeff 1 0)
チャンネル 1 のデータ 1 (Coeff 1 1)
...
チャンネル 1 のデータ $n-1$ (Coeff 1 $n-1$)
...
チャンネル $M-1$ のデータ 0 (Coeff $M-1$ 0)
チャンネル $M-1$ のデータ 1 (Coeff $M-1$ 1)
...
チャンネル $M-1$ のデータ $n-1$ (Coeff $M-1$ $n-1$)

4ポートの説明

Gowin IIR Filter IP の IO ポートの詳細は、図 4-1 に示すとおりです。

図 4-1 Gowin IIR Filter IP のポート図



Gowin IIR Filter IP の IO ポートの詳細を表 4-1 に示します。

表 4-1 Gowin IIR Filter IP の IO ポート一覧

信号	方向	ビット幅	説明
clk	入力	1	入力クロック信号
rstn	入力	1	リセット信号、アクティブLow。
ce	入力	1	モジュールイネーブル信号
coeffwe	入力	1	係数をリロードする時にHighに設定
coeffset	入力	1	係数のリロードが完了すると、次のクロックサイクルがHighに設定され、係数のリロードが完了したことを示す。
coeff_a	入力	2-18	フィードバック係数

信号	方向	ビット幅	説明
coeff_b	入力	2-18	フィードフォワード係数
inpvalid	入力	1	高レベルは、この時点で入力データが有効であることを示す。
ibstart	入力	1	最初のチャネルデータが入力されるたびにHighに設定（この信号はマルチチャネルにのみ存在）
din	入力	2-18	入力信号
input_ready	出力	1	入力指示信号。高レベルはデータを入力できることを示す。
outvalid	出力	1	出力有効信号。高レベルは、出力信号がこの時点で有効であることを示す。
obstart	出力	1	高レベル出力ときの最初のチャネルデータ（この信号はマルチチャネルにのみ存在）
dout	出力	2-36	出力信号

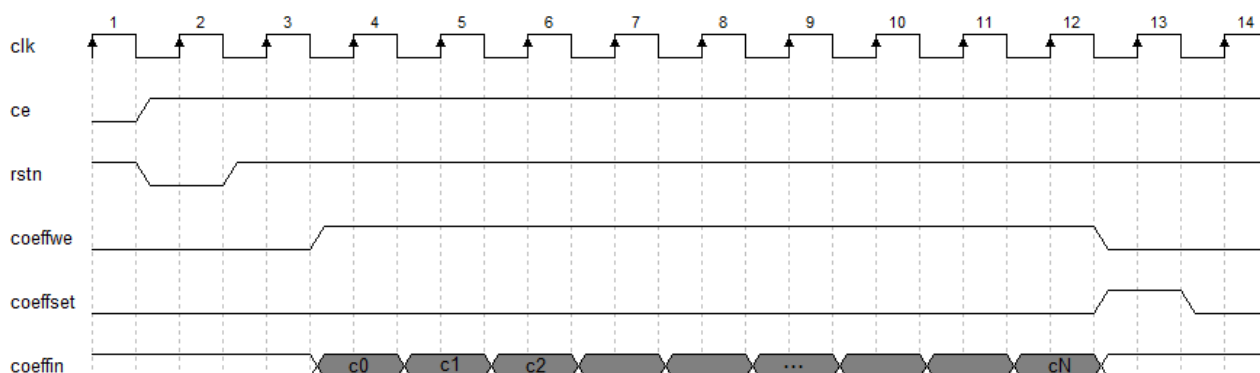
5 タイミングの説明

このセクションでは、主に Gowin Advanced FIR Filter IP のタイミングについて説明します。

5.1 係数リロードのタイミング

係数リロードのタイミングを図 5-1 に示します。

図 5-1 係数リロードのタイミング

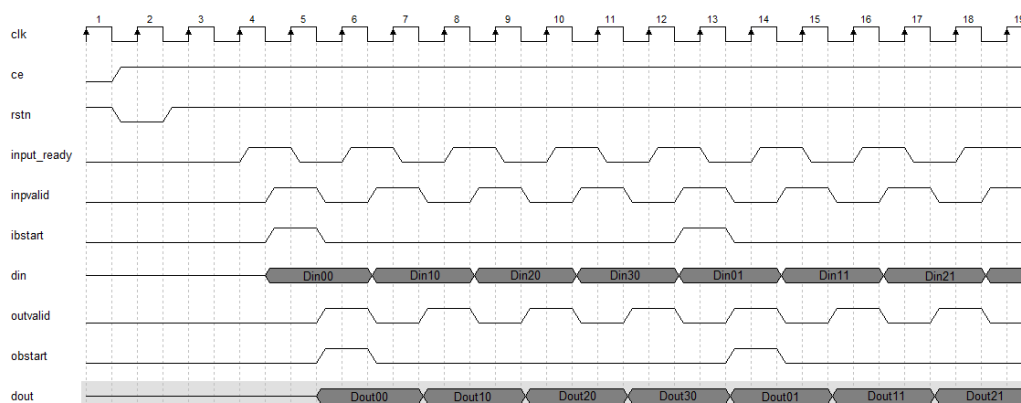


係数をリロードする場合、**COEFFWE** 信号を **High** に設定する必要があります。クロックサイクルごとに係数が書き込まれます。書き込み係数の数は、構成されたタップの数と同じである必要があります（マルチチャネルの書き込み係数の数は、タップの数とチャネルの数の積です）。係数のリロードが完了すると、次のクロックサイクルで **COEFFSET** 信号を **High** に設定する必要があります。

係数を書き込むときは、**coeff_a** と **coeff_b** を同期して書き込む必要があります。マルチチャネルの係数の順序は、初期化ファイルと同じです。

5.2 Gowin IIR Filter IP の読み出し/書き込みタイミング

図 5-2 Gowin IIR Filter IP の読み出し/書き込みタイミング



Gowin IIR Filter IP モードの読み出し/書き込みタイミングを図 5-2 に示します。input_ready が High の場合、Gowin IIR Filter IP は入力データを受信する準備ができています。データの入力中、invalid 信号を High にプルアップする必要があります。invalid が High の場合、計算のためにクロックサイクルごとにデータが入力されます。マルチチャンネルの場合、チャンネル 0 のデータ、チャンネル 1 のデータ、…最後のチャンネルのデータの順になります。数クロックサイクル遅延すると、出力信号 dout が取得できます。それと同時に、outvalid 信号も High になり、この時点で出力が有効であることを示します。

マルチチャンネルの場合、データの入力順は次のようになります。

チャンネル 0 のデータ 0 (Data 0 0)

チャンネル 1 のデータ 0 (Data 1 0)

...

チャンネル M-1 のデータ 0 (Data M-1 0)

チャンネル 0 のデータ 1 (Data 0 1)

チャンネル 1 のデータ 1 (Data 1 1)

...

チャンネル M-1 のデータ 1 (Data M-1 1)

...

チャンネル 0 のデータ n-1 (Data 0 n-1)

チャンネル 1 のデータ n-1 (Data 1 n-1)

...

チャンネル M-1 のデータ n-1 (Data M-1 n-1)

IIR 係数のデータ形式の変換は、次の MATLAB の例を参照してください。

図 5-3 MATLAB の例

```
% generate coefficient
[coeff_b,coeff_a] = butter(n,Wn,options);

% Convert to fixed point
scale_a_length=Feedback_Coefficient_Scale_Length;
scale_b_length=user_define;
% note :
%      DOUT_WIDTH=DIN_WIDTH+scale_b_length-scale_a_length;
coeff_a_fi=round(coeff_a*2^(scale_a_length-1));
coeff_b_fi=round(coeff_b*2^(scale_b_length-1));

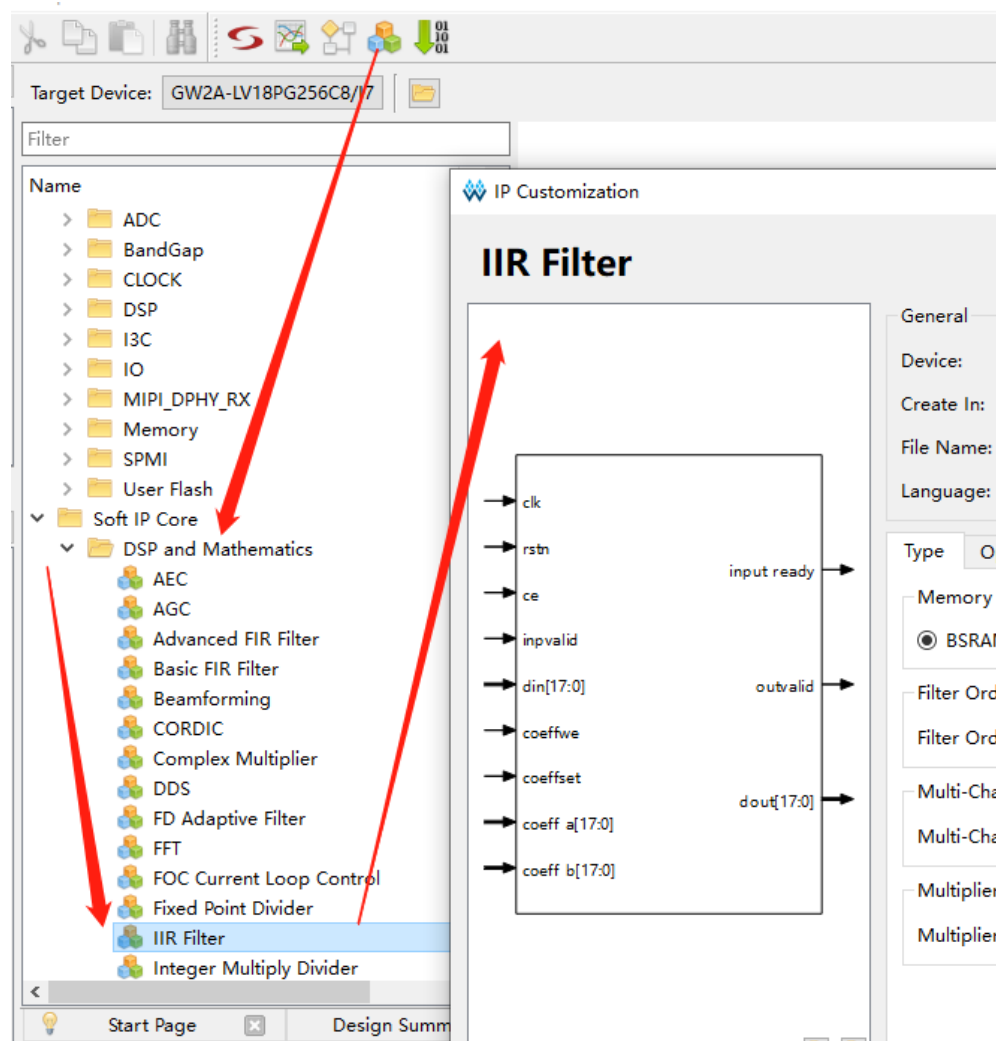
% tofile
coeff_a_file = "./data/coeff_a.dat";
coeff_b_file = "./data/coeff_b.dat";
save(coeff_a_file, coeff_a_fi);
save(coeff_b_file, coeff_b_fi);
```

その中で、DIN_WIDTH、DOUT_WIDTH、および Feedback_Coefficient_Scale_Length は、それぞれ IP の構成 GUI の Input Data Width、Output Data Width、Feedback Coefficient Scale Length オプションを使用して構成できます。

6 構成および呼び出し

Gowin ソフトウェアで、Tools > IP Core Generator > DSP & Mathematic > IIR Filter を開いたあと、呼び出しと構成を行うことができます。または図 6-1 に示すように IIR Filter を開きます。

図 6-1 IP 構成 GUI を開く



IIR Filter IP の構成 GUI は、図 6-2 と図 6-3 に示すとおりです。

図 6-2 Gowin IIR Filter IP の構成

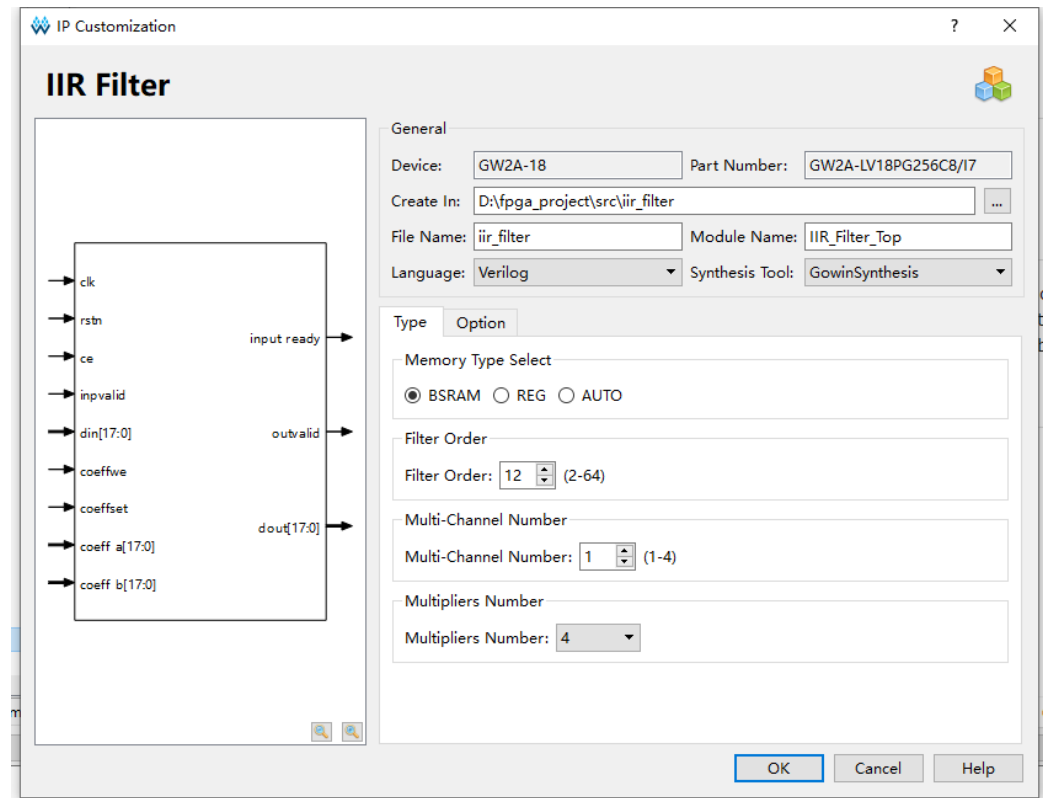
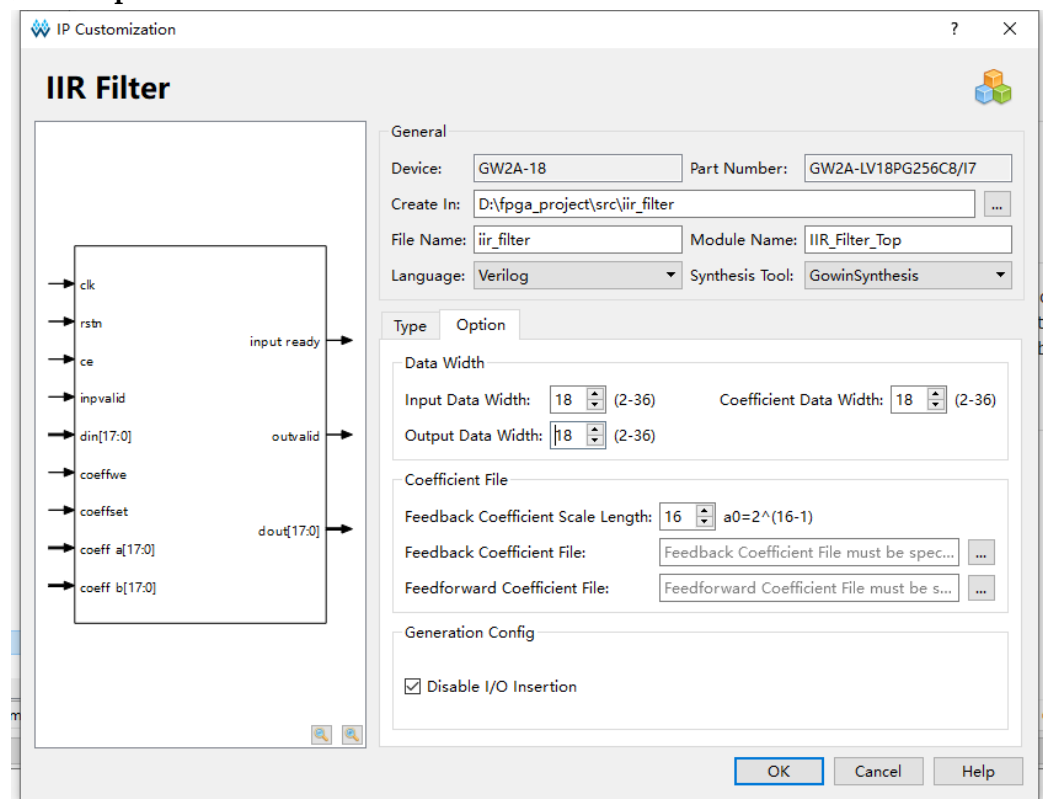


図 6-3 Option タブ



- File Name フィールドで IP に名前を付けることができます。

- **Module Name** フィールドで IP のトップモジュールに名前を付けることができます。
- **Type** タブで IP の動作モードなどを構成できます。
- **Options** タブで IP の動作モードなどを構成できます。

Gowin IIR Filter IP の構成オプションは表 6-1 に示すとおりです。

表 6-1 Gowin IIR Filter IP の構成オプション

オプション	説明
Type	
Memory Type Select	係数のメモリタイプ
Filter Order	フィルターのオーダー（2～64）。
Channel Number	チャンネル数（1～4）。
Multipliers Number	乗算器数（2～48）。
Option	
Input Data Width	入力データビット幅（2～18ビット）。
Coefficient Data Width	入力係数のビット幅（2～18ビット）。
Output Data Width	出力データビット幅（2～36ビット）。
Feedback Coefficient Scale Length	フィードバック係数スケール長（1～17ビット）。
Coefficient File	初期化係数ファイル。指定する必要あり。

7 リファレンスデザイン

RefDesign 内の関連するテストケースを参照してください。

8 提供されるファイル

提供されるファイルには主に、ドキュメント、デザインのソースコード、およびリファレンスデザインが含まれています。

8.1 ドキュメント

フォルダにはユーザーガイド (PDF ファイル) があります。

表 8-1 ドキュメント一覧

名称	説明
Gowin IIR Filter IPユーザーガイド (IPUG758)	即ち、本マニュアル

8.2 リファレンスデザイン

Ref. Design フォルダには、主に Gowin IIR Filter IP 用のネットリストファイル、リファレンスデザイン、制約ファイル、トップレベルファイル、およびプロジェクトフォルダなどが含まれています。

表 8-2 Ref. Design フォルダのコンテンツ一覧

名称	説明
exp_iir.v	リファレンスデザインのトップモジュールおよびステイミュラス生成モジュール
lir_filter.vo	ネットリストファイル
default.cst	物理制約ファイル
fpga_project.gao	出力データをキャプチャします
iir_filter	プロジェクトフォルダ

