



Gowin NLMS Adaptive Filter

ユーザーガイド

IPUG541-1.1J, 2020-03-27

著作権について（2020）

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。

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

「GOWINSEMI®」、「LittleBee®」、「Arora」、及びGOWINSEMIのロゴは、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、www.gowinsemi.com.cnにおいて記載されているそれぞれの権利者に帰属しています。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
2019/02/25	1.0J	初版。
2020/03/27	1.1J	サポートされるデバイスを更新。

目次

目次.....	i
図一覧.....	ii
表一覧.....	iii
1 本マニュアルについて	1
1.1 マニュアル内容	1
1.2 サポートされるデバイス	1
1.3 関連ドキュメント	1
1.4 用語、略語.....	2
1.5 テクニカル・サポートとフィードバック	2
2 概要.....	3
2.1 NLMS Adaptive Filter IP の紹介	3
2.2 主な特徴	3
2.3 最大周波数.....	4
2.4 リソース使用率	4
3 ポートの説明.....	5
4 GUI パラメータ	6
4.1 概要.....	6
4.2 Gowin NLMS Adaptive Filter のパラメータ	6
5 動作原理.....	7
5.1 アルゴリズムの概要	7
5.2 Gowin NLMS Adaptive Filter IP の実装	8
6 タイミングの説明.....	9
6.1 入力信号のタイミング	9
6.2 出力信号のタイミング	10
6.3 入力間隔	10
7 構成および呼び出し	11
8 リファレンスデザイン	13

図一覧

図 3-1 NLMS Adaptive Filter のインターフェース	5
図 5-1 Gowin NLMS Adaptive Filter IP の実装の説明図.....	8
図 6-1 NLMS Adaptive Filter の入力信号のタイミング	9
図 6-2 NLMS Adaptive Filter の出力信号のタイミング	10
図 7-1 ツールバーアイコンから IP 構成インターフェースを開く	11
図 7-2 NLMS Adaptive Filter の構成インターフェース	12
図 8-1 NLMS Adaptive Filter のリファレンスデザインの構造	13

表一覧

表 1-1 用語、略語	2
表 2-1 NLMS Adaptive Filter IP	3
表 3-1 NLMS Adaptive Filter の IO 一覧	5
表 4-1 Gowin NLMS Adaptive Filter のパラメータ	6

1 本マニュアルについて

1.1 マニュアル内容

Gowin NLMS Adaptive Filter IP ユーザーガイドには、主に IP の特徴、信号の定義、ポートの説明、タイミングの説明、構成と呼び出し、リファレンスデザインなどが含まれています。ユーザーが Gowin NLMS Adaptive Filter IP の特徴及び使用方法を迅速に理解できるように作成されています。

1.2 サポートされるデバイス

本ユーザーガイドに記載される情報は、以下の製品に適用されます。

1. GW1N シリーズ : GW1N-2、GW1N-2B、GW1N-4、GW1N-4B、GW1N-6、GW1N-9
2. GW1NR シリーズ
3. GW2A シリーズ
4. GW2AR シリーズ
5. GW1NS シリーズ : GW1NS-4、GW1NS-4C
6. GW1NRF シリーズ : GW1NRF-4B

1.3 関連ドキュメント

GOWIN セミコンダクターウェブサイト 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：

1. GW1N シリーズ FPGA 製品データシート (DS100)
2. GW1NR シリーズ FPGA 製品データシート (DS117)
3. GW2A シリーズ FPGA 製品データシート (DS102)
4. GW2AR シリーズ FPGA 製品データシート (DS226)
5. GW1NS シリーズ FPGA 製品データシート (DS821)
6. GW1NRF シリーズ FPGA 製品データシート (DS891)
7. Gowin YunYuan ソフトウェア ユーザーガイド (SUG100)

1.4 用語、略語

本マニュアルに使用されている関連用語、略語及び関連解釈を表 1-1 に示します。

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
NLMS	Normalized Least Mean Square	正規化最小二乗平均
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

1.5 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 NLMS Adaptive Filter IP の紹介

Gowin NLMS Adaptive Filter IP は、NLMS（Normalized Least Mean Square、正規化最小二乗平均）アルゴリズムを採用し、DSP リソースを合理的に使用してより正確な計算結果を実現する適応フィルタです。さらに、タップ数（16～1024）とステップサイズが構成可能です。音声通信システムのエコー除去に使用できます。

表 2-1 NLMS Adaptive Filter IP

NLMS Adaptive Filter IP	
IP コアアプリケーション	
サポートされるデバイス	● GW1N シリーズ : GW1N-2、GW1N-2B、GW1N-4、GW1N-4B、GW1N-6、GW1N-9 ● GW1NR シリーズ ● GW2A シリーズ ● GW2A シリーズ
ロジックリソース	表 2-2 および表 2-3 を参照。
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
アプリケーションソフトウェア	Gowin YunYuan

2.2 主な特徴

1. 構成可能なデータ幅（8～36 ビット）。
2. 構成可能なステップサイズ。
3. 構成可能なタップ数（16～1024）

2.3 最大周波数

NLMS Adaptive Filter IP の最大周波数（最大 100MHz）は、主に使用されるデバイスのスピードグレード（speed grade of the devices）によって決まります。

2.4 リソース使用率

NLMS Adaptive Filter を Verilog で実装します。パフォーマンスとリソース使用率は、IP の構成、使用されているデバイスの集積度、速度、およびグレードによって異なる場合があります。

表 2-2 に、GW2A-55 とデータ幅 18bits の場合のリソース使用率を示します。

表 2-2 NLMS Adaptive Filter のリソース使用率

シリーズ	スピード グレード	mu	tapsize（タップ数）	LOGICS	REGS	DSP Macro	BSRAM
GW2A-55	C8/I7	3	32	1007	1047	5	2
			1024	1014	1080	5	5

注記：

実際のリソース使用率は、YunYuan ソフトウェアのバージョンによって異なる場合があります。

3ポートの説明

NLMS Adaptive Filter の IO の詳細は、図 3-1 と表 3-1 に示すとおりです。

図 3-1 NLMS Adaptive Filter のインターフェース



表 3-1 NLMS Adaptive Filter の IO 一覧

信号	方向	ビット幅	説明
rst_n	入力	1	リセット信号、アクティブ Low
clk	入力	1	クロック信号
ini	入力	1	係数およびデータメモリをクリアするための初期化信号
wr_en	入力	1	書き込みイネーブル信号
i_data	入力	8～18	入力信号
i_desire	Input	8～18	期待される入力信号
o_err	出力	8～18	出力エラー信号、つまりエコーを除去した後の信号
out_sig	出力	1	出力指示信号。High の場合、フィルタリングが完了し、出力が有効であることを意味します
input_rdy	出力	1	1 つの計算サイクルが完了したことを示します

4 GUI パラメータ

4.1 概要

表 4-1 に示すように、Gowin NLMS Adaptive Filter は、実際のニーズに応じて構成する関連パラメータをユーザーに提供しています。

4.2 Gowin NLMS Adaptive Filter のパラメータ

表 4-1 Gowin NLMS Adaptive Filter のパラメータ

番号	パラメータ名	オプション	説明
1	Number of Taps	16～1024	タップ数
2	Adaption Step Size	3/4/5	適応ステップサイズ (3、4、5 はそれぞれ 2^{-3} 、 2^{-4} 、 2^{-5} を表します)
3	Data Width	8～18	idata、idesire、および o_err のビット幅 (符号付き)

注記：

入力データまたは入力データのビット幅が小さい場合、計算の精度が不十分になる可能性があります。

5 動作原理

5.1 アルゴリズムの概要

NLMS(Normalized Least Mean Square) Adaptive Filter は正規化最小二乗平均アルゴリズムを採用しており、その計算式は次のとおりです。

$$y(n)=\mathbf{w}^T(n-1)\mathbf{u}(n)$$

$$e(n)=d(n)-y(n)$$

$$\mathbf{w}(n)=\mathbf{w}(n-1)+f(\mathbf{u}(n),e(n),\mu)$$

そのうち：

$$f(\mathbf{u}(n),e(n),\mu)=\mu e(n)\frac{\mathbf{u}^*(n)}{\mathbf{u}^H(n)\mathbf{u}(n)}$$

式の変数は次のとおりです。

変数	説明
n	The current time index
$\mathbf{u}(n)$	The vector of buffered input samples at step n
$\mathbf{u}^*(n)$	The complex conjugate of the vector of buffered input samples at step n
$\mathbf{w}(n)$	The vector of filter weight estimates at step n
$y(n)$	The filtered output at step n
$e(n)$	The estimation error at step n
$d(n)$	The desired response at step n
μ	The adaptation step size

Gowin NLMS Adaptive Filter IP により実装されたこのアルゴリズムでは、 $\mathbf{u}(n)$ は入力信号 i_data で、 $d(n)$ は期待される入力信号 i_desire で、 $e(n)$ は出力エラー信号 o_err です。

5.2 Gowin NLMS Adaptive Filter IP の実装

図 5-1 Gowin NLMS Adaptive Filter IP の実装の説明図

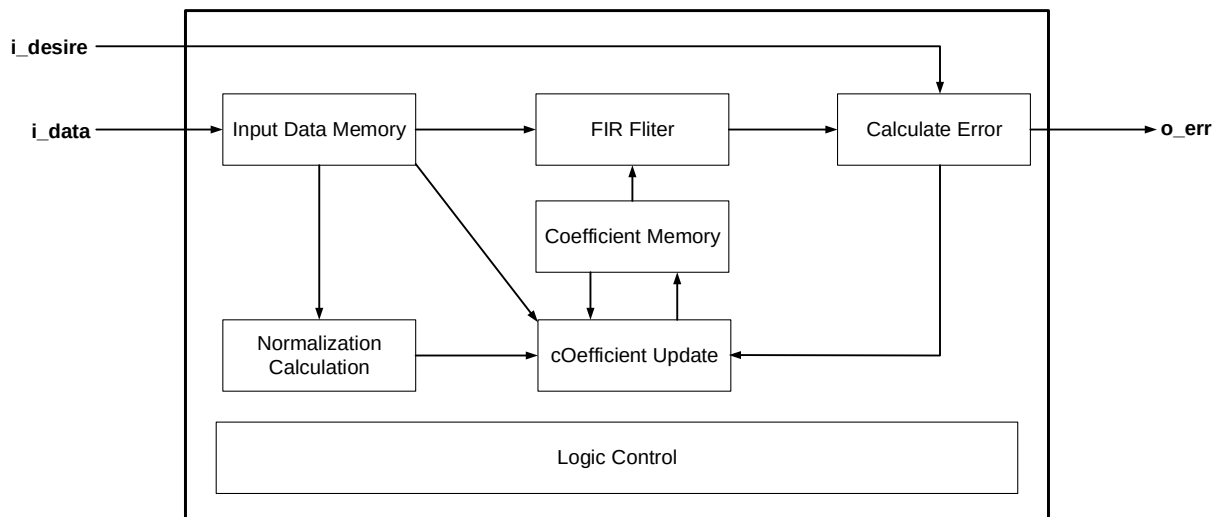


図 5-1 に示すように、入力データは IP に送信された後、まず入力データメモリに保存されます。そして FIR フィルターを通過した後、フィルタリング結果が出力されます。この結果と期待される入力信号を比較して出力エラー信号を計算します。次に、入力データメモリに保存されたデータが正規化計算のために再度読み出されます。最後に、正規化計算の結果、エラー値、係数、および入力データメモリ内のデータを使用して係数を更新し、更新後の係数が係数メモリに保存され、これで完全な計算プロセスが完了します。

6 タイミングの説明

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

6.1 入力信号のタイミング

図 6-1 NLMS Adaptive Filter の入力信号のタイミング

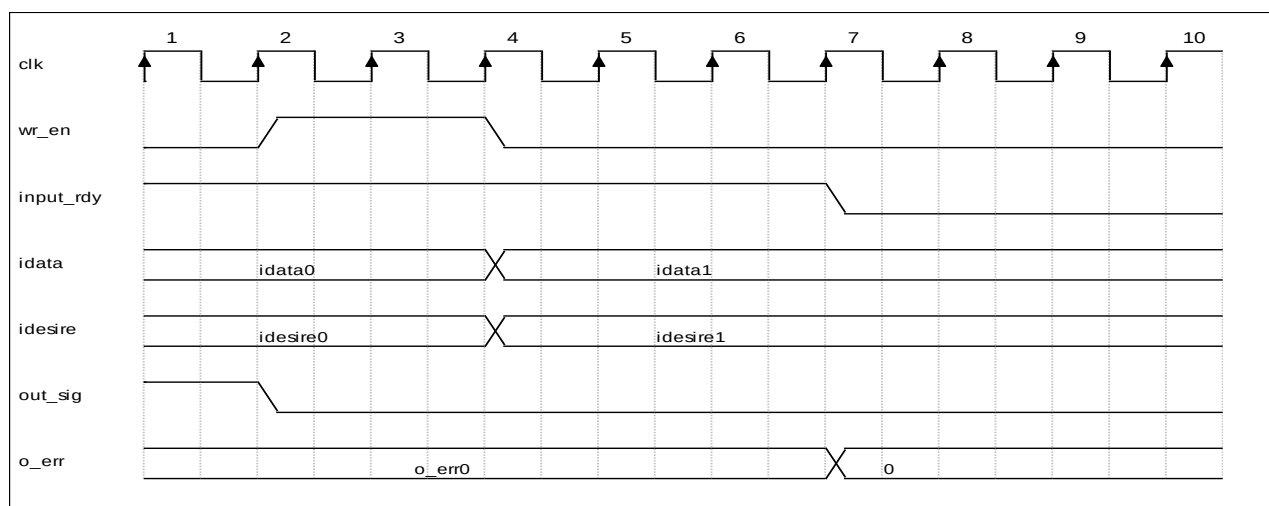


図 6-1 に示すように、**wr_en** が High の場合、**out_sig** はリセットされます。**wr_en** が Low になるとき、NLMS Adaptive Filter はこの時点の **idata** および **idesire** を入力して計算します（図に示すように、**idata0** および **idesire0** が使用されます）。3 クロックサイクルの遅延後、**input_rdy** はリセットされます。これは、**wr_en** をこの時点で High にプルアップできないことを意味します。さらに、**o_err** もリセットされ、前の計算サイクルの出力データがクリアされます。

6.2 出力信号のタイミング

図 6-2 NLMS Adaptive Filter の出力信号のタイミング

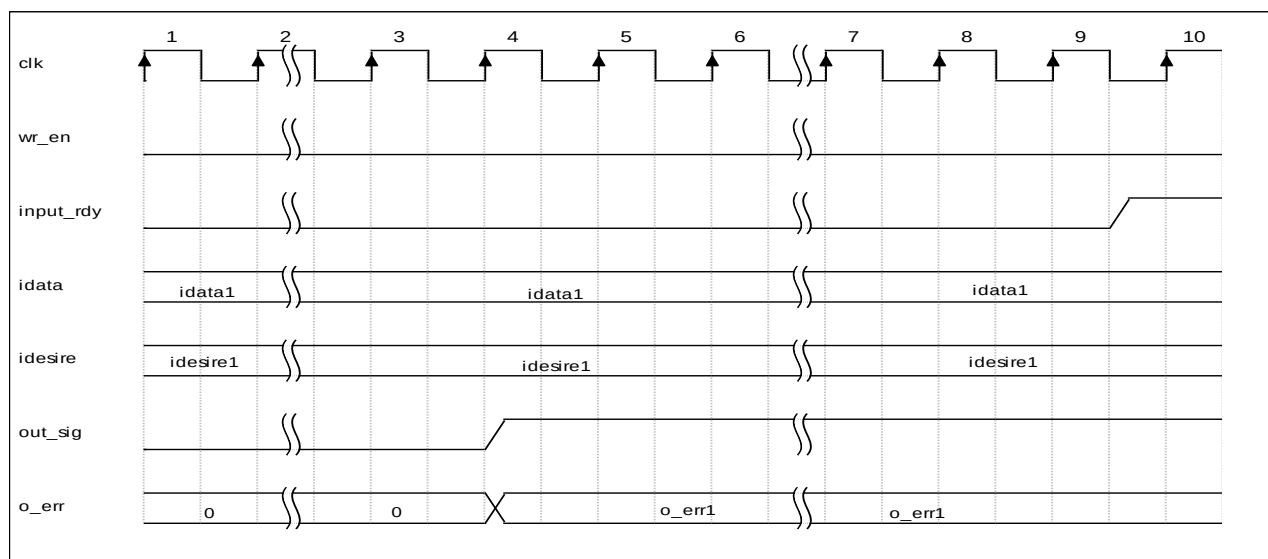


図 6-2 に示すように、

データが入力されあと、NLMS Adaptive Filter IP は一定時間後出力エラー信号の計算を完了します。**out_sig** 信号は High になると同時に、**o_err** は出力されます。一定時間後、係数の更新が完了し、**input_rdy** 信号が High にプルアップされ、データの再度入力準備ができたことを示します。

6.3 入力間隔

NLMS Adaptive Filter には多くの計算が必要なため、時間がかかります。計算が完了していない(**input_rdy** 信号が High にプルアップされていない)うちに次のデータを入力すると、エラーが発生します。このようなエラーを回避するためには、**input_rdy** が High であることが検出されたときに入力するか、一定のレートで入力します。以下は、参照としてデータ入力間隔時間を実装するアルゴリズムを提供します。

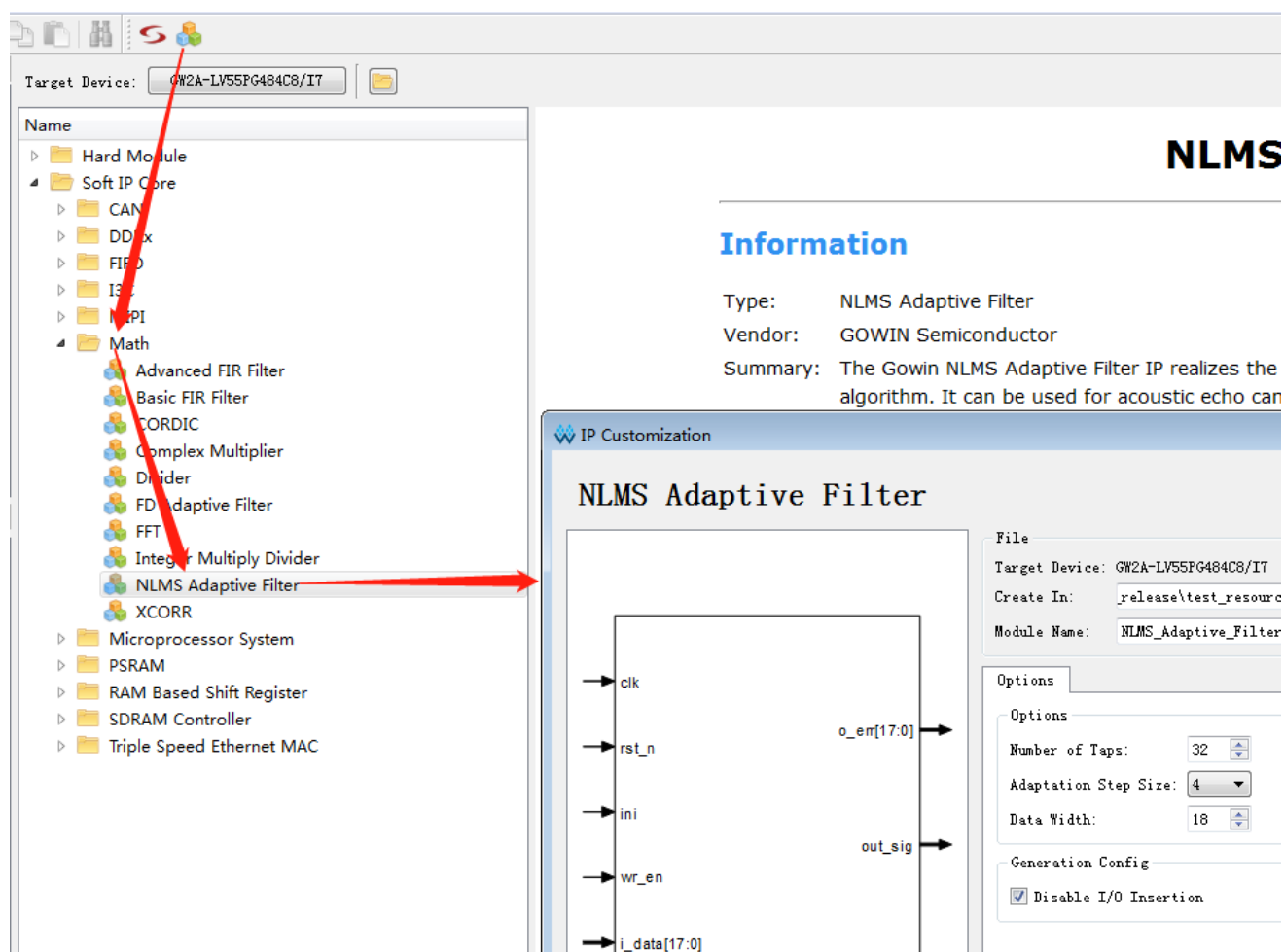
入力 **clk** 周波数が f_c Hz、タップ数が n 、 $f_{w\max}$ が最大入力データ周波数であると仮定すると、次のようになります。

$$f_{w\max} = \frac{f_c}{2n+300}$$

7 構成および呼び出し

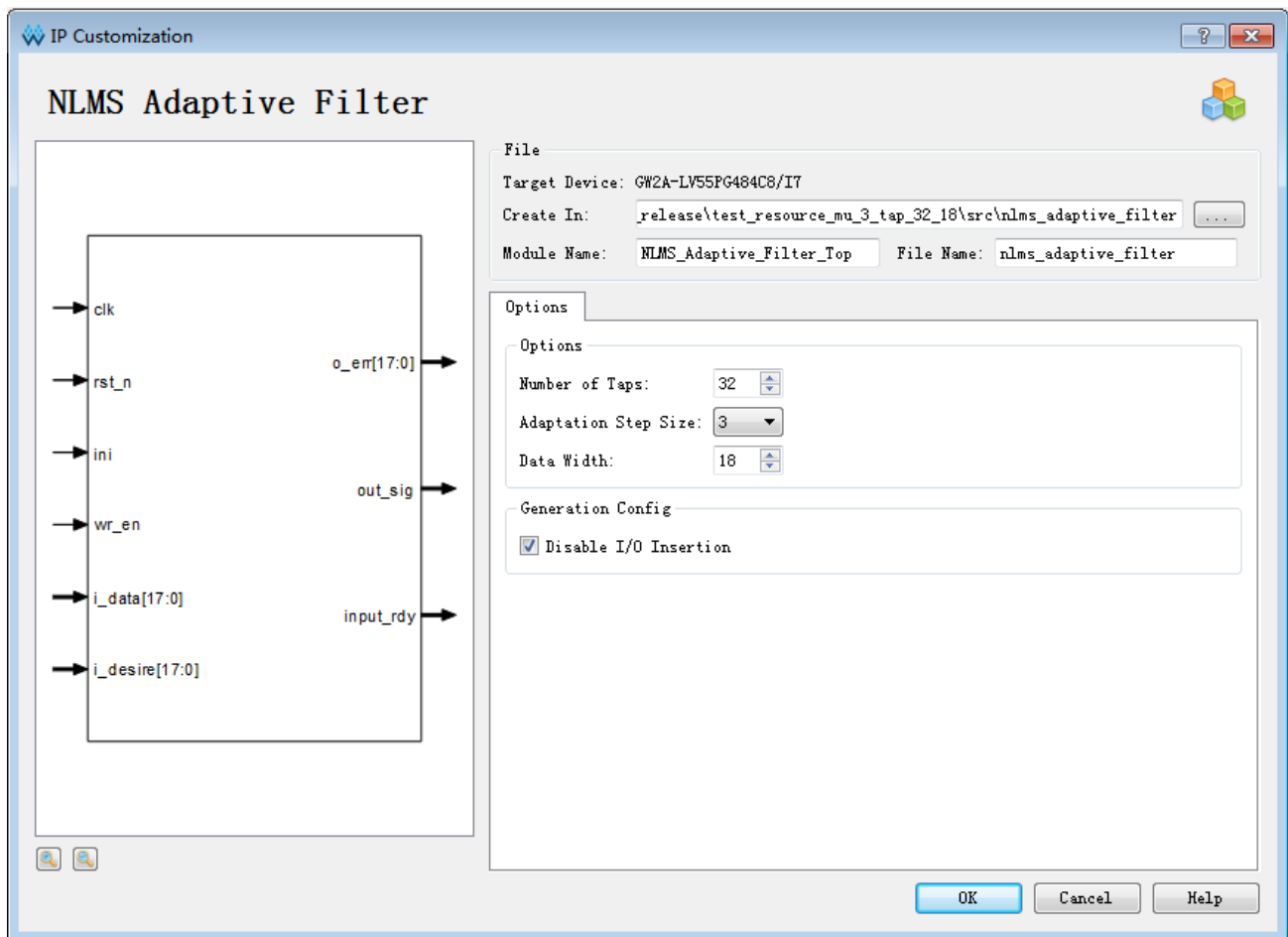
Gowin YunYuan ソフトウェアインターフェースのメニューバーツールで、IP Core Generator を起動し、Soft IP Core > Math > NLMS Adaptive Filter を開いたあと、呼び出しと構成を行うことができます。または図 7-1 に示すように NLMS Adaptive Filter を開きます。

図 7-1 ツールバーアイコンから IP 構成インターフェースを開く



NLMS Adaptive Filter の構成インターフェースを図 7-2 に示します。

図 7-2 NLMS Adaptive Filter の構成インターフェース



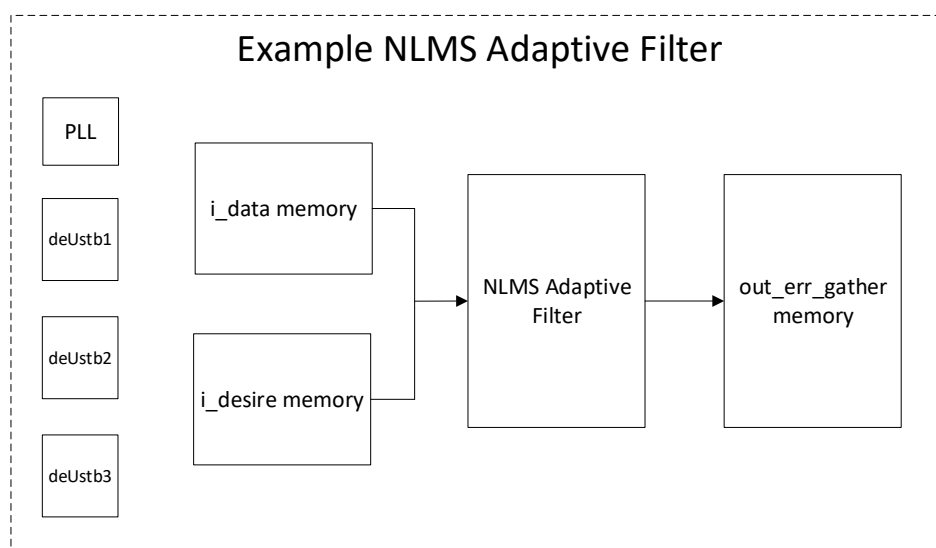
1. **File Name** フィールドで IP に名前を付けることができます。
2. **Module Name** フィールドで **NLMS Adaptive Filter** のトップモジュールに名前を付けることができます。

8 リファレンスデザイン

このセクションでは、NLMS Adaptive Filter のリファレンスデザインの構造とその動作手順について説明します。

図 8-1 に示すように、NLMS Adaptive Filter は、位相同期回路 PLL、キージッタ除去モジュール deUstb1、deUstb2、deUstb3、入力データメモリ i_data memory、期待される入力信号メモリ i_desire memory、NLMS Adaptive Filter、および出力データメモリ out_err_gather memory で構成されています。

図 8-1 NLMS Adaptive Filter のリファレンスデザインの構造



この設計例では、入力データと期待される入力信号は既に対応するメモリに保存されているため、ユーザーは対応するキーを押すだけです。ユーザーは、シミュレーションまたは GAO を使用して信号をキャプチャできます。詳細については、NLMS Adaptive Filter RefDesign を参照してください。

