



Gowin NLMS Adaptive Filter

用户指南

IPUG541-1.0,2019-02-25

版权所有©2019 广东高云半导体科技股份有限公司

未经本公司书面许可，任何单位和个人都不得擅自摘抄、复制、翻译本档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

免责声明

本档并未授予任何知识产权的许可，并未以明示或暗示，或以禁止发言或其它方式授予任何知识产权许可。除高云半导体在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外，高云半导体概不承担任何法律或非法律责任。高云半导体对高云半导体产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保，包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等，均不作担保。高云半导体对档中包含的文字、图片及其它内容的准确性和完整性不承担任何法律或非法律责任，高云半导体保留修改档中任何内容的权利，恕不另行通知。高云半导体不承诺对这些档进行适时的更新。

版本信息

日期	版本	说明
2019/02/25	1.0	初始版本。

目录

目录	i
图目录	ii
表目录	ii
1 关于本手册	1
1.1 手册内容	1
1.2 适用产品	1
1.3 相关文档	1
1.4 术语、缩略语	2
1.5 技术支持与反馈	2
2 概述	3
2.1 NLMS Adaptive Filter IP 介绍	3
2.2 主要特征	4
2.3 最大频率	4
2.4 资源利用	4
3 端口描述	5
4 GUI 参数	6
4.1 概述	6
4.2 Gowin NLMS Adaptive Filter 参数	6
5 工作原理	7
5.1 算法简介	7
5.2 Gowin NLMS Adaptive Filter IP 实现	8
6 时序说明	9
6.1 输入信号时序	9
6.2 信号输出时序	10
6.3 输入间隔	10
7 配置及调用	11
8 参考设计	13

图目录

图 3-1 NLMS Adaptive Filter 接口框图	5
图 5-1 Gowin NLMS Adaptive Filter IP 实现框图	8
图 6-1 NLMS Adaptive Filter 输入信号时序图	9
图 6-2 NLMS Adaptive Filter 信号输出时序图	10
图 7-1 工具栏图标打开 IP 配置界面	11
图 7-2 NLMS Adaptive Filter 配置界面	12
图 8-1 NLMS Adaptive Filter 参考设计实例结构	13

表目录

表 1-1 术语、缩略语	2
表 2-1 NLMS Adaptive Filter IP	3
表 3-3-1 NLMS Adaptive Filter 的 IO 端口列表.....	5
表 4-1 Gowin NLMS Adaptive Filter 参数	6

1 关于本手册

1.1 手册内容

Gowin NLMS Adaptive Filter IP 用户指南主要内容包括功能简介、信号定义、端口描述、时序说明、配置调用、参考设计等。主要用于帮助用户快速了解 Gowin NLMS Adaptive Filter IP 的产品特性、特点及使用方法。

1.2 适用产品

本手册中描述的信息适用于以下产品：

1. GW1N 系列 FPGA 产品：GW1N-2、GW1N-2B、GW1N-4、GW1N-4B、GW1N-6、GW1N-9
2. GW1NR 系列 FPGA 产品
3. GW2A 系列 FPGA 产品
4. GW2AR 系列 FPGA 产品

1.3 相关文档

通过登录高云半导体网站 www.gowinsemi.com.cn 可以下载、查看以下相关文档：

1. GW1N 系列 FPGA 产品数据手册
2. GW1NR 系列 FPGA 产品数据手册
3. GW2A 系列 FPGA 产品数据手册
4. GW2AR 系列 FPGA 产品数据手册
5. Gowin 云源软件用户指南

1.4 术语、缩略语

表 1-1 中列出了本手册中出现的相关术语、缩略语及相关释义。

表 1-1 术语、缩略语

术语、缩略语	全称	含义
FPGA	Field Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
NLMS	Normalized Least Mean Square	归一化最小均方
IP	Intellectual Property	知识产权
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理
SRAM	Static Random Access Memory	静态随机存储器

1.5 技术支持与反馈

高云半导体提供全方位技术支持，在使用过程中如有任何疑问或建议，可直接与公司联系：

网址：www.gowinsemi.com.cn

E-mail: support@gowinsemi.com

Tel: +86 755 8262 0391

2 概述

2.1 NLMS Adaptive Filter IP 介绍

Gowin NLMS Adaptive Filter IP 是基于 NLMS(Normalized Least Mean Square, 归一化最小均方)算法的自适应滤波器, 合理利用 DSP 资源实现了较精确的计算结果。支持 16-1024 抽头数及自适应步长可配置。可被应用于语音通信系统中回音消除部分。

表 2-1 NLMS Adaptive Filter IP

NLMS Adaptive Filter IP	
IP 核应用	
芯片支持	<ul style="list-style-type: none"> ● GW1N 系列: GW1N-2、GW1N-2B、GW1N-4、GW1N-4B、GW1N-6、GW1N-9 ● GW1NR 系列 ● GW2A 系列 ● GW2A 系列
逻辑资源	请参见表 2-2 及表 2-3。
交付文件	
设计文件	Verilog (encrypted)
参考设计	Verilog
TestBench	Verilog
测试设计流程	
综合软件	Synplify_Pro
应用软件	GoWinYunYuan

2.2 主要特征

1. 数据位宽支持 8-18 位 bits。
2. 自适应步长可配置
3. 抽头数量支持 16-1024。

2.3 最大频率

NLMS Adaptive Filter IP 的最大频率主要根据所用器件的速度等级 (speed grade of the devices) 确定，可达到 100M。

2.4 资源利用

通过 Verilog 语言实现 NLMS Adaptive Filter，因对 IP 的配置不同，其资源利用情况会有很大不同；此外，因使用器件的密度、速度和等级不同，其性能和资源利用情况也可能不同。

以 GW2A-55，输入数据位宽为 18bits 为例，选取一些配置下的资源利用情况如表 2-2 所示。

表 2-2 NLMS Adaptive Filter 占用资源

器件系列	速度等级	mu	tapsize (抽头数量)	LOGICS	REGS	DSP Macros	BSRAMS
GW2A-55	C8/I7	3	32	1007	1047	5	2
			1024	1014	1080	5	5

注！

实际资源利用情况还与云源软件版本相关，以实际综合结果为准。

3 端口描述

有关 NLMS Adaptive Filter 的 IO 端口详情，IO 端口框图如图 3-1 所示，IO 端口列表如表 3-3-1 所示。

图 3-1 NLMS Adaptive Filter 接口框图

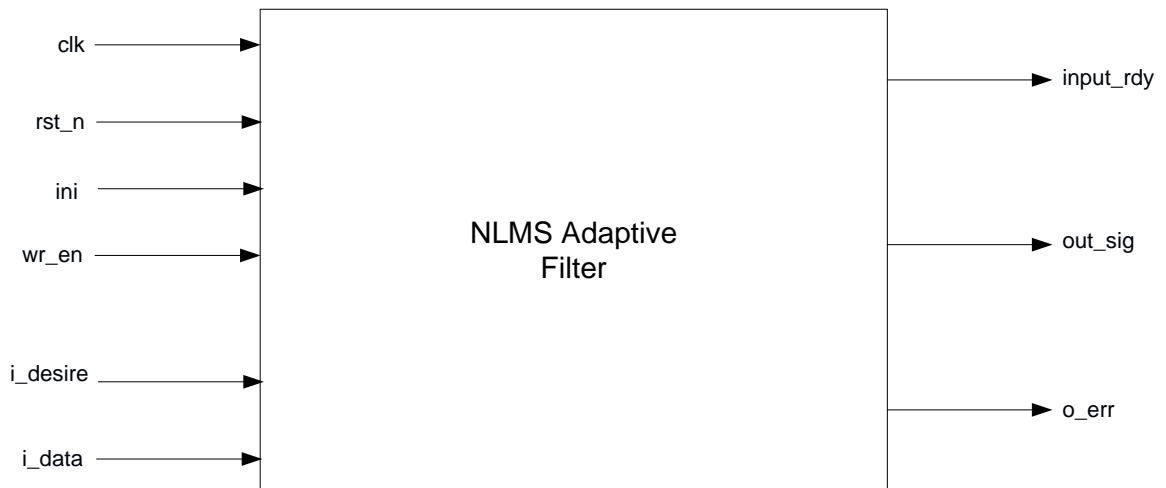


表 3-3-1 NLMS Adaptive Filter 的 IO 端口列表

信号	方向	位宽	描述
rst_n	Input	1	复位信号，低电平有效
clk	Input	1	时钟信号
ini	Input	1	初始化信号，用于给系数及数据存储寄存器置零
wr_en	Input	1	写使能信号
i_data	Input	8-18	输入信号
i_desire	Input	8-18	输入期望信号
o_err	Output	8-18	输出误差信号，即滤除回声后的信号
out_sig	Output	1	输出指示信号，高电平时表示滤波完成，输出有效
input_rdy	Output	1	表示一次计算周期完成，可再次输入数据

4 GUI 参数

4.1 概述

Gowin NLMS Adaptive Filter 提供了相关参数，供用户根据实际需求进行配置，具体如表 4-1 所示。

4.2 Gowin NLMS Adaptive Filter 参数

表 4-1 Gowin NLMS Adaptive Filter 参数

序号	参数名称	选项	描述
1	Number of Taps	16-1024	抽头数量
2	Adaption Step Size	3/4/5	自适应步长（3、4、5 分别表示 2^{-3} 、 2^{-4} 、 2^{-5} ）
3	Data Width	8-18	idata、idesire 与 o_err 的位宽，带符号位

注！

如果输入位宽过窄，或者是输入数据太小，可能导致计算精度不足。

5 工作原理

5.1 算法简介

NLMS(Normalized Least Mean Square) Adaptive Filter, 归一化最小均方自适应滤波器, 是基于归一化最小均方算法, 其计算公式如下:

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

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

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

其中:

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

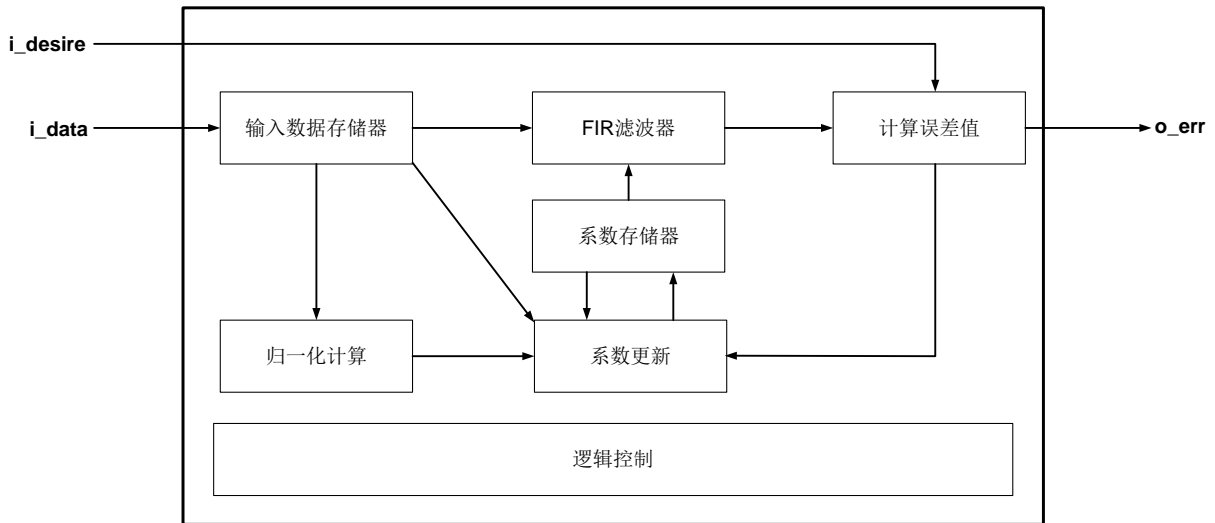
公式中变量值如下:

Variable	Description
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 实现了该算法, 以 $\mathbf{u}(n)$ 为输入信号 i_data , $d(n)$ 为输入期望信号 i_desire , $e(n)$ 为输出误差信号 o_err 。

5.2 Gowin NLMS Adaptive Filter IP 实现

图 5-1 Gowin NLMS Adaptive Filter IP 实现框图



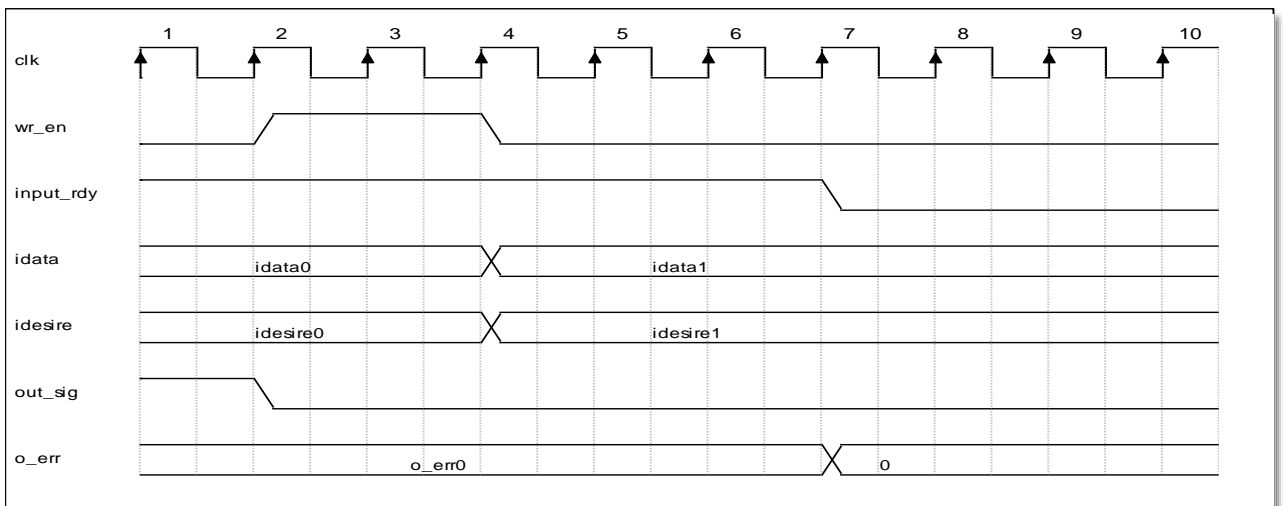
NLMS Adaptive Filter IP 实现框图如上图 5-1 所示，输入数据送入 IP 后被存储进输入数据存储器中，后经过 FIR 滤波器，输出滤波结果，与输入期望信号做差后计算得到输出的误差信号。而后再次读取输入数据存储器中的存储的数据进行归一化计算。最后同时使用归一化计算结果、误差值、系数以及输入数据存储器中的数据进行系数更新，完成更新后重新存储至系数存储器中，至此完成一次完整的计算过程。

6 时序说明

本节旨在介绍 Gowin NLMS Adaptive Filter IP 的时序情况。

6.1 输入信号时序

图 6-1 NLMS Adaptive Filter 输入信号时序图

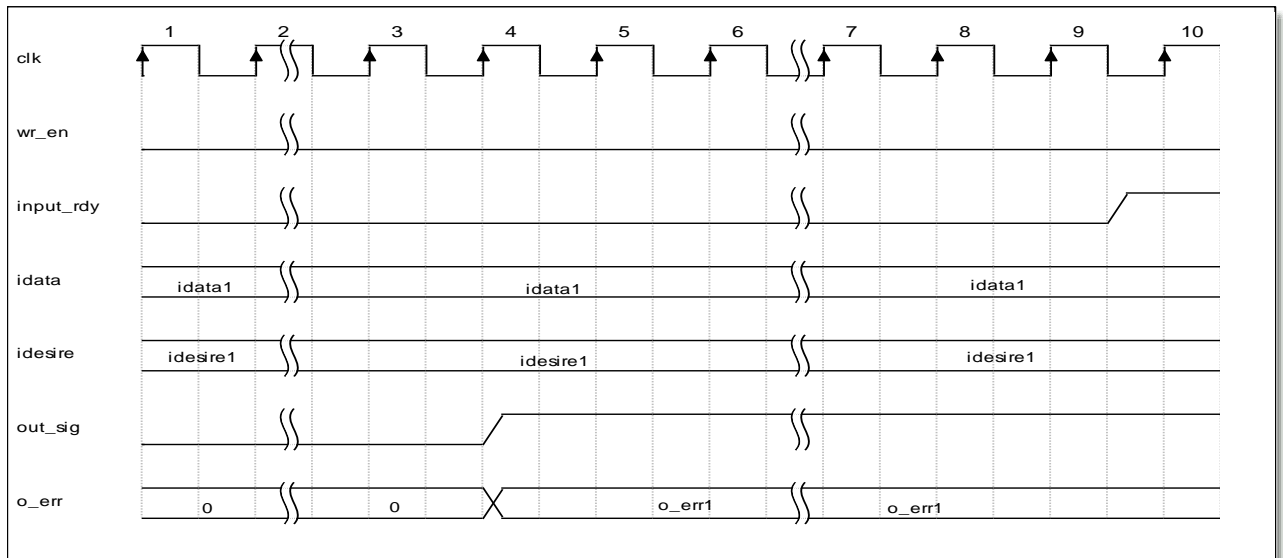


NLMS Adaptive Filter 输入信号时序如上图 6-1 所示。

在示意图中，当 wr_en 为高电平时，则 out_sig 置零；当 wr_en 变为低电平时，NLMS Adaptive Filter 将输入此时的 idata 及 idesire 进行计算（如图中所示，使用的是 idata0 与 idesire0 进行计算）。延时三个时钟周期后，input_rdy 将置零，表示此时不可再将 wr_en 置为高电平；同时，o_err 也置零，上一计算周期输出数据被清除。

6.2 信号输出时序

图 6-2 NLMS Adaptive Filter 信号输出时序图



NLMS Adaptive Filter 输出信号时序如上图 6-2 所示。

当数据输入后一定时间，NLMS Adaptive Filter IP 完成输出误差信号计算，**out_sig** 信号拉高，表示输出为有效，同时 **o_err** 输出结果；再经过一定时间的计算完成系数更新，**input_rdy** 信号拉高，表明可以再次接受输入信号。

6.3 输入间隔

因为 NLMS Adaptive Filter 涉及到大量的数学计算，所以计算过程耗费较多时间。如果一次计算过程没有完成（**input_rdy** 信号未拉高），又进行写输入数据操作，将导致输出结果错误。在使用过程中，我们可以在检测到 **input_rdy** 拉高后再输入新的数据，也可以以一个固定的速率输入。以下提供一个较简单的数据输入间隔时间的算法作为参考。

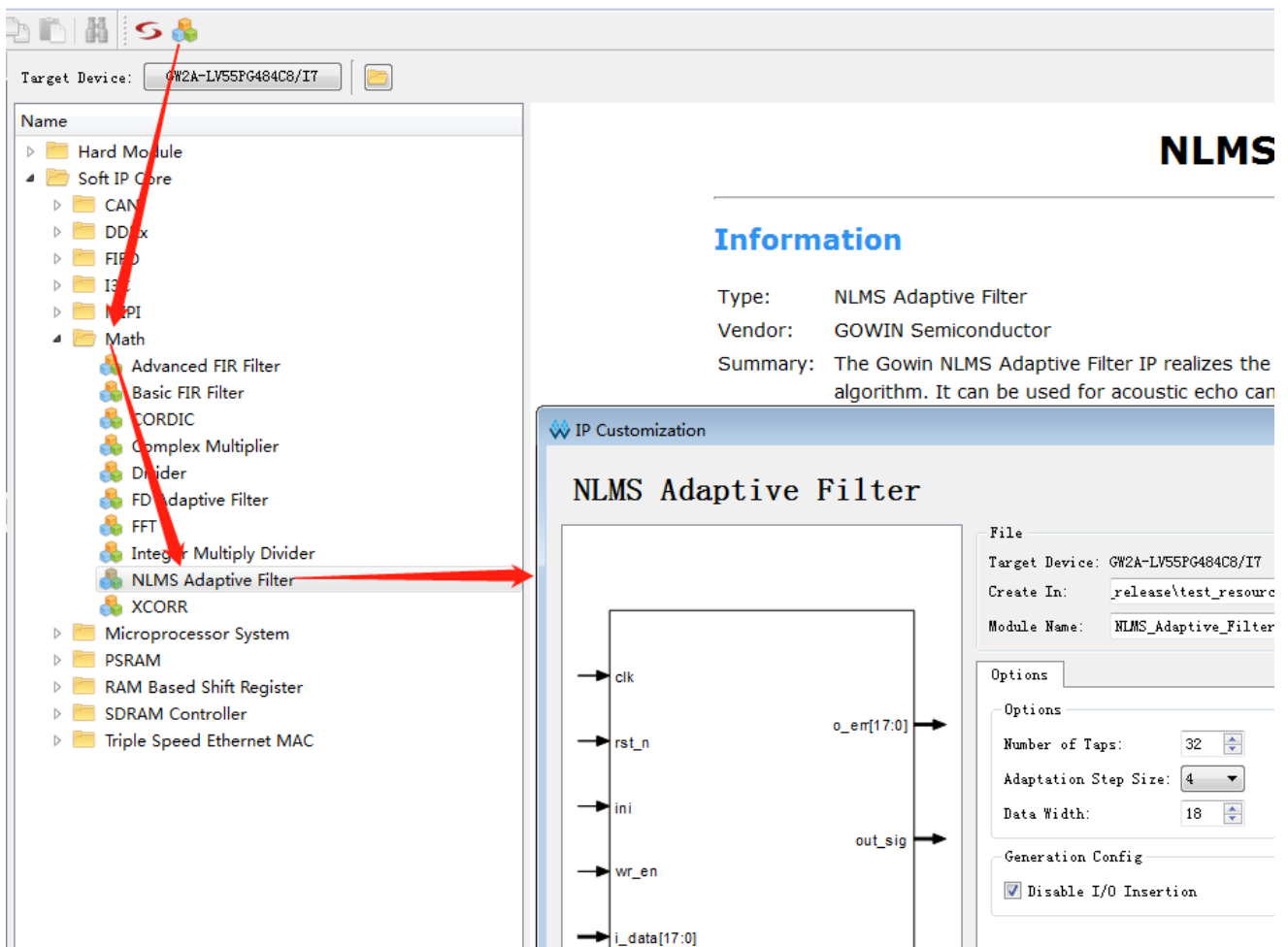
假设输入 **clk** 频率为 f_c Hz，抽头数为 n ，使用 $f_{w\max}$ 表示输入数据的最大频率，则：

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

7 配置及调用

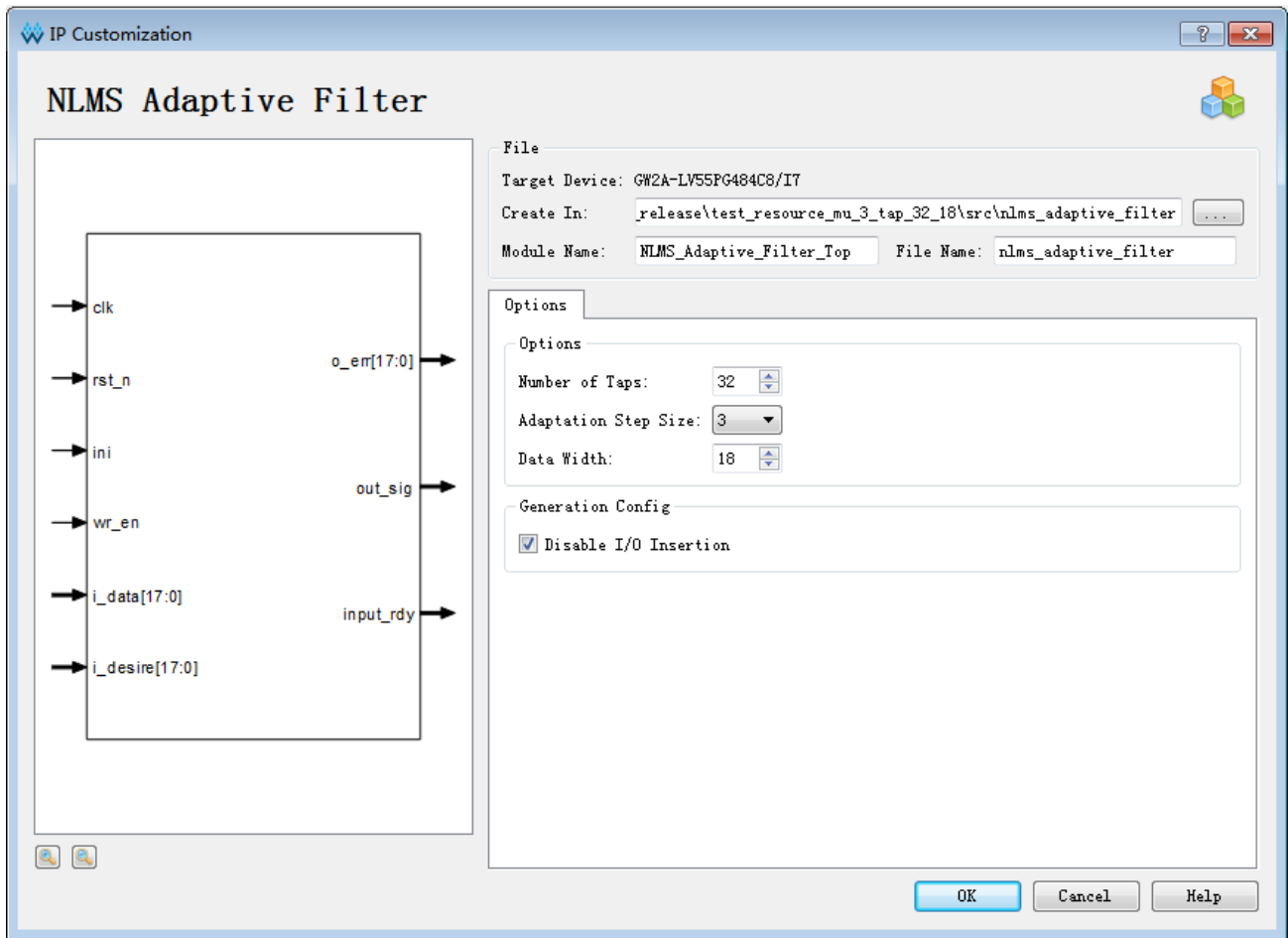
在高云云源软件界面菜单栏 Tools 下，可启动 IP Core Generator 工具，在 Math 分类下，可以找到 NLMS Adaptive Filter 完成调用与配置；也可使用工具栏图标，如图 7-1 所示。

图 7-1 工具栏图标打开 IP 配置界面



NLMS Adaptive Filter 配置界面如图 7-2 所示。

图 7-2 NLMS Adaptive Filter 配置界面



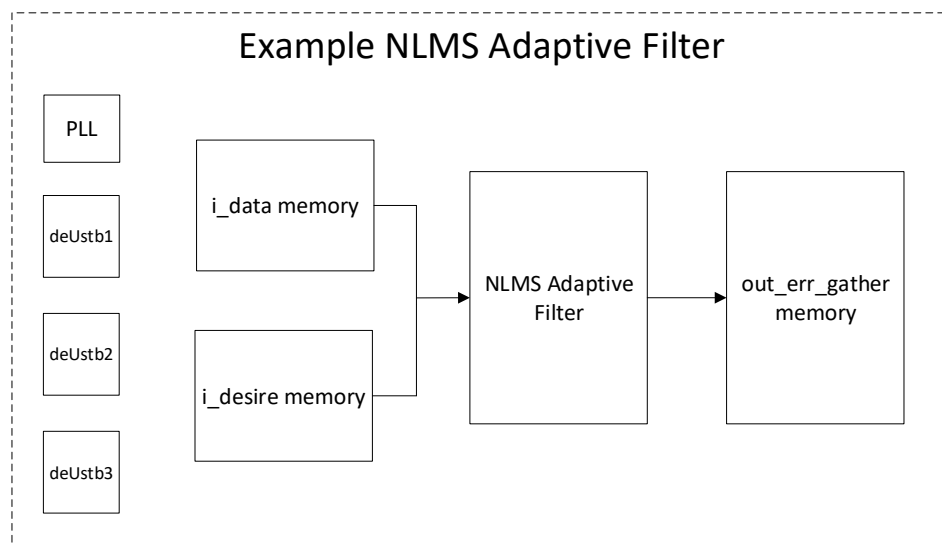
1. 可通过修改 File Name，配置 NLMS Adaptive Filter 产生文件名称；
2. 可通过修改 Module Name，配置产生的 NLMS Adaptive Filter 顶层模块名称。

8 参考设计

本节简要介绍 NLMS Adaptive Filter 的参考设计实例结构及其运行步骤。

NLMS Adaptive Filter 的设计实例基本结构如图 8-1 所示，由锁相环 PLL，按键消抖模块 deUstb1、deUstb2、deUstb3，输入数据存储寄存器 i_data memory，输入期望信号存储器 i_desire memory，NLMS Adaptive Filter 以及输出数据存储寄存器 out_err_gather memory 组成。

图 8-1 NLMS Adaptive Filter 参考设计实例结构



在本设计实例中，已将输入数据及输入期望信号存储于相应存储器中，用户只需要通过按键进行复位、初始化及“开始”动作，即能开始运行。用户可通过仿真或者使用 GAO 抓取信号，具体使用方法请参考 NLMS Adaptive Filter RefDesign。

