




Gowin AEC IP 用户指南

IPUG761-1.0.1,2023-12-08

版权所有 © 2023 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN高云、、Gowin、GowinSynthesis、云源以及高云均为广东高云半导体科技股份有限公司注册商标，本手册中提到的其他任何商标，其所有权利属其拥有者所有。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，或以禁止反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
2021/01/28	1.0	初始版本。
2023/12/08	1.0.1	数据位宽支持范围更新。

目录

目录	i
图目录	ii
表目录	iii
1 关于本手册	1
1.1 手册内容	1
1.2 相关文档	1
1.3 术语、缩略语	1
1.4 技术支持与反馈	2
2 概述	3
2.1 Gowin AEC IP 介绍	3
2.2 AEC 算法简介	3
2.3 Gowin AEC IP 的实现	4
2.3.1 Gowin AEC IP 结构与实现	4
2.3.2 算法公式	5
3 特征与性能	7
3.1 主要特征	7
3.2 最大频率	7
3.3 资源利用	7
4 功能描述	9
4.1 端口描述	9
4.2 时序说明	10
4.3 使用说明	11
5 调用及配置	13
6 参考设计	15

图目录

图 2-1 AEC 算法图例	4
图 2-2 AEC 实现框图	5
图 4-1 AEC IP 端口图.....	9
图 4-2 Gowin AEC IP 模式时序图	11
图 5-1 AEC 配置界面图.....	13

表目录

表 1-1 术语、缩略语	1
表 2-1 Gowin AEC IP 概述	3
表 2-2 NLMS 变量说明	6
表 3-1 Gowin AEC IP 占用资源	7
表 4-1 Gowin AEC IP 的 I/O 列表	9
表 5-1 配置选项说明	13

1 关于本手册

1.1 手册内容

Gowin® AEC IP 用户指南主要包括产品概述、特征性能、功能描述、调用配置及参考设计，旨在帮助用户快速了解 Gowin AEC IP 的产品特点及使用方法。

1.2 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 FPGA 产品相关文档。

- [DS100, GW1N 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS117, GW1NR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS102, GW2A 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS226, GW2AR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS961, GW2ANR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [SUG100, Gowin 云源软件用户指南](#)

1.3 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
AEC	Acoustic Echo Cancellation	声学回声消除
BSRAM	Block Static Random Access Memory	块状静态随机存储器
DSP	Digital Signal Processor	数字信号处理器
IP	Intellectual Property	知识产权
LUT	Look-up Table	查找表
NLMS	Normalized Least Mean Square	归一化的最小均方
XCORR	Cross Correlation	互相关

1.4 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 Gowin AEC IP 介绍

Gowin AEC IP 用于消除获取信号中的回声信息。IP 通过互相关运算判断获取信号中是否包含回声；利用 NLMS 自适应滤波器（以下简称 NLMS）滤除获取信号中相关性高的回声，实现回声消除。

表 2-1 Gowin AEC IP 概述

Gowin AEC IP	
逻辑资源	请参见表 3-1。
交付文件	
设计文件	Verilog (encrypted)
测试设计流程	
综合软件	GowinSynthesis®
应用软件	Gowin Software (V1.9.7.01Beta 及以上)

注！

可登录[高云半导体网站](#)查看芯片支持信息。

2.2 AEC 算法简介

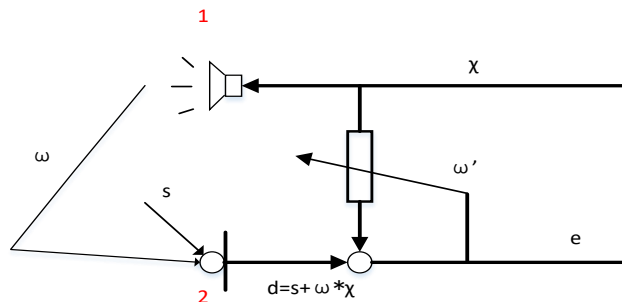
AEC 为声学回声消除。声学回声是在环境的影响下，扬声器的声音反馈到 mic 输入(χ_1)造成的。AEC 利用算法，从输入到 mic 的声音中(d)移除模拟估计环境反馈到 mic 输入的声音(χ_2)，得到模拟估计的无影响的 mic 输入(e)。理想情况下，可以完全模拟并去除环境影响的声音，从而获得无影响的 mic 输入(即 $e=s$)。

如图 2-1，其中“1”表示扬声器，“2”表示 mic。 χ 为远端（扬声器）的输入。

- 周围环境造成的回声： $\chi_1=\omega*\chi$ ，其中 ω 为环境影响因子；
- mic 的输入： $d=s+\omega*\chi=s+\chi_1$ ，其中 s 为 mic 无影响的输入；
- 算法模拟的回声： $\chi_2=\omega'*\chi$ ， ω' 为算法模拟的环境影响因子；
- 算法模拟的 mic 无影响的输入： $e= d-\chi_2= s+\omega*\chi-\omega'*\chi$ 。

从上述的公式可以看出，当 $\omega = \omega'$ ， $e = s$ ；即算法估计的环境影响因子与实际的影响因子相等时，得到不受回声影响的 mic 输入。

图 2-1 AEC 算法图例



2.3 Gowin AEC IP 的实现

2.3.1 Gowin AEC IP 结构与实现

Gowin AEC IP 主要包含两大模块：互相关判断（XCORR）模块、NLMS 模块，实现框图如图 2-2 所示。互相关判断模块与 NLMS 模块并行；互相关判断模块缓存 NUM 个数据将会进行一次计算；每输入一个 din_mic 数据，NLMS 模块将会进行一次计算。

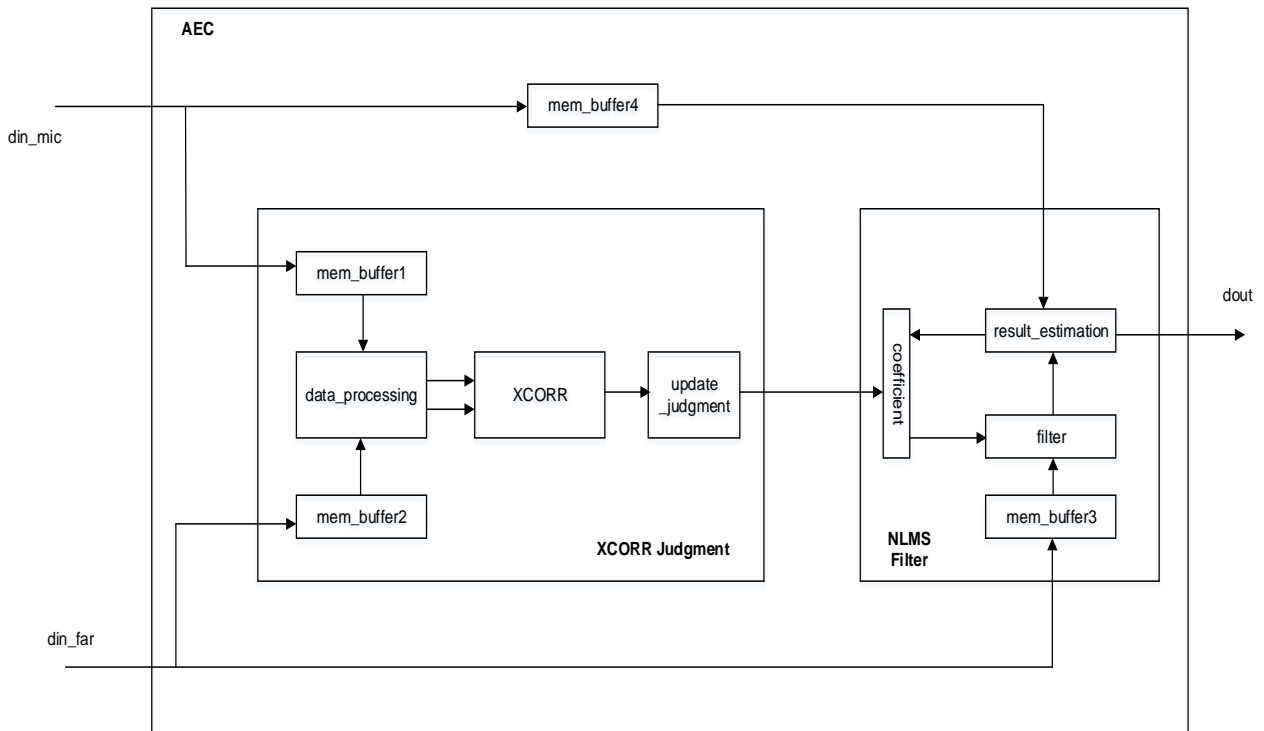
- 互相关判断：根据设定的阈值，判断获取到的两个序列的相关性，并给出标志。互相关运算的延迟周期（第一个数据输入到给出标志） T_{XCORR} 约为 $NUM * (LAG + 1) + 10$ 。
- NLMS：根据互相关运算给出的标志，判断是否更新 NLMS 的系数，然后对输入的数据完成滤波运算。NLMS 的延迟周期（一个数据输入到给出该数据滤波结果） T_{NLMS} 约为 $Tapsize * 2 + 400$ 。

注！

- NUM：配置 Number of points 的值；
- LAG：配置 Max Lag 的值；
- Tapsize：配置 number of Taps 的值。

因为 IP 的 din_mic 存在 NUM 深度的缓存，NLMS 的输出会固定延迟 NUM 个数据；如第 1 个数据的有效输出，将在第 NUM 个 din_mic 输入后输出，第 2 个数据的有效输出，将在第 NUM+1 个 din_mic 输入后输出。

图 2-2 AEC 实现框图



2.3.2 算法公式

互相关公式

互相关公式如下，简化为 $r(h)=XCORR(x(n), y(n), h)$ ；即判断 $x(n)$ 、 $y(n)$ 在 h 延迟下的相关性。

$$r_{xy}(h) = \begin{cases} \sum_{n=0}^{N-h-1} x(n+h)y^*(h) & 0 \leq h \leq N-1 \\ r_{yx}^*(h) & -(N-1) \leq h \leq 0 \end{cases}$$

互相关判断的算法公式如下：

条件 1: $F1 = \max|XCORR(x(n), y(n), h)|; F1 \geq Threshold_1$

条件 2: $F2 = \max \frac{|XCORR(x(n), y(n), h)|}{XCORR(|x(n)|, |y(n)|, h)}; F2 \geq Threshold_2$

当同时满足条件 1 与条件 2 时，给出更新系数的标志，否则不更新系数。其中：

- $x(n)$, $y(n)$: 表示长度为 n 的序列
- h : 最大延迟数
- $r(h)$: 长度为 $(h*2+1)$ 的序列
- $Threshold_1$ / $Threshold_2$: 互相关判断的阈值。

注！

互相关公式的参数定义以及使用，即 XCORR 的使用，可以参考 MATLAB 的 `xcorr` 函数。

NLMS 公式

NLMS 的公式如下：

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

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

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

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

表 2-2 NLMS 变量说明

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

3 特征与性能

3.1 主要特征

- 数据位宽支持 8~18
- 互相关的点数支持 256/512/1024/2048
- 互相关的阈值可调
- 互相关的最大延迟可调
- NLMS 的自适应步长可调
- NLMS 的抽头数支持 32~2048

3.2 最大频率

Gowin AEC IP 的最大频率主要根据所用器件及其速度等级（speed grade of the devices）确定，以 GW2A-55 系列 FPGA 为例，可达到 70M。

3.3 资源利用

Gowin AEC IP 通过 Verilog 语言实现。因使用器件的密度、速度、等级不同以及 IP 配置模式不同，其性能和资源利用情况可能不同。

以 GW2A-55 系列 FPGA，默认配置为例，介绍 Gowin AEC IP 的资源利用情况，其资源利用情况如表 3-1 所示，有关在其他高云 FPGA 上的应用验证，请关注后期发布信息。

表 3-1 Gowin AEC IP 占用资源

器件系列	速度等级	资源利用		备注	
GW2A-55	C8/I7	LUT		2727	-
		BSRAM		7	
		DSP	MULT18X18	1	
			MULTADDALU18X18	6	
			MULTALU36X18	2	
ALU54D	2				

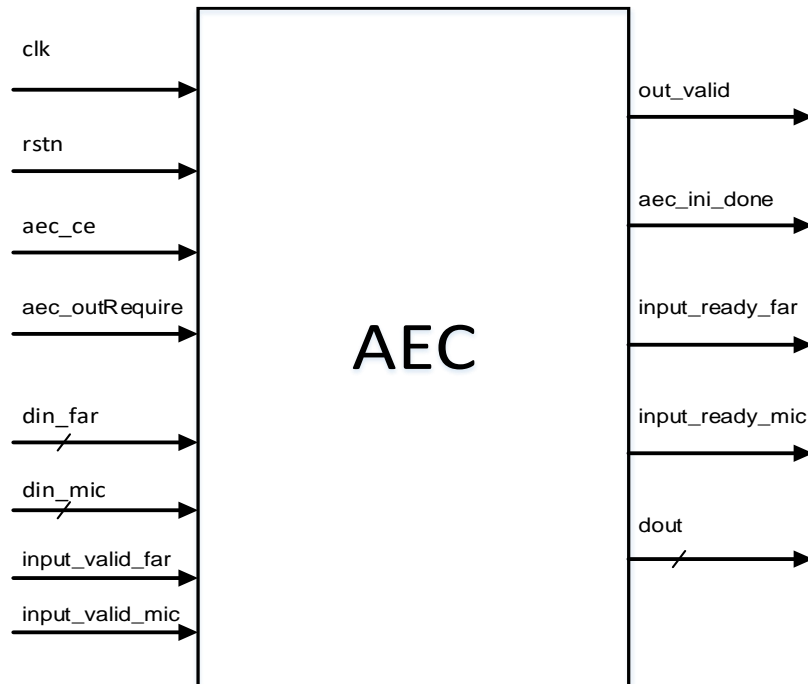
器件系列	速度等级	资源利用		备注
		REG	1848	

4 功能描述

4.1 端口描述

Gowin AEC IP 的 IO 端口如下图 4-1 所示。

图 4-1 AEC IP 端口图



有关 Gowin AEC IP 的 IO 端口详情，如表 4-1 所示。

表 4-1 Gowin AEC IP 的 I/O 列表

信号	方向	描述
clk	input	时钟
rstn	input	复位(低电平有效)
aec_ce	input	模块工作使能，AEC 一直工作的条件下，可设置为常 1。
aec_outRequire	input	请求输出的握手使能，为 1 时，out_valid 才会被拉高。
din_far	input	远端输入信号，位宽 8~18，signed。

信号	方向	描述
din_mic	input	mic 输入信号，位宽 8~18，signed。
input_valid_far	input	远端输入使能
input_valid_mic	input	mic 输入使能
out_valid	output	输出信号有效标志
aec_ini_done	output	复位后，内部 RAM 初始化完成标志。
input_ready_far	output	可接受远端信号的握手标志
input_ready_mic	output	可接受 mic 信号的握手标志
dout	output	输出信号，位宽 8~18，signed。

注!

din_far、din_mic、dout 位宽一致，由配置参数“Data Width”值决定。

4.2 时序说明

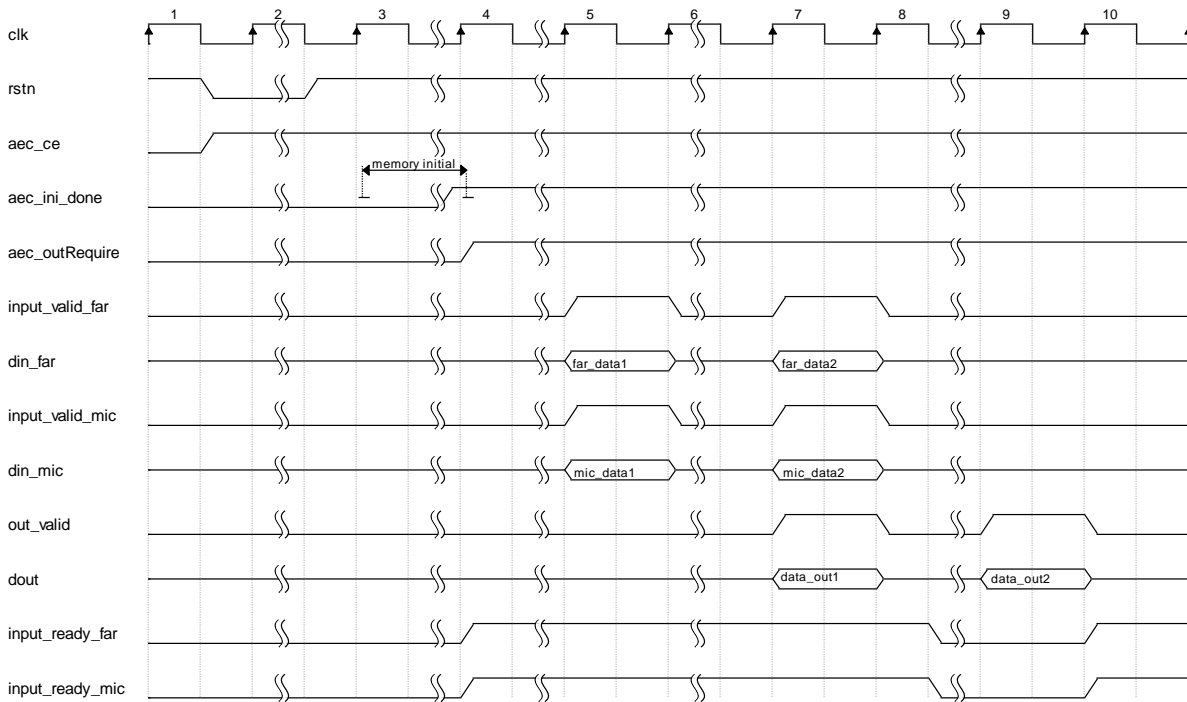
AEC 的时序图如图 4-2 所示。

- 数据的输入输出有效说明：当 input_valid_far 为高电平时，din_far 数据有效；din_mic 同理。当 out_valid 为高电平时，输出信号 dout 有效。
- 握手信号说明：input_ready_far、input_ready_mic 可以为 AEC 的前一级模块提供握手。aec_outRequire 影响 AEC 模块的 out_valid 信号。out_valid 信号可以为 AEC 的下一级模块提供握手。

注!

- 假设存在 $A > B > C$ ；A、B、C 均为工程中使用的模块。其中 B 模块的数据输入由 A 模块提供，B 模块的数据输出给 C 模块；则 A 模块称为 B 模块的前一级模块，C 模块称为 B 模块的下一级模块。
- 若 input_ready_far/input_ready_mic 为 0，则表示当前 IP 正在进行计算，不能够接收数据。

图 4-2 Gowin AEC IP 模式时序图



4.3 使用说明

Gowin AEC IP 的典型使用

Gowin AEC IP 推荐根据音频的采样频率，给 IP 的 `din_far` 与 `din_mic` 同时输入数据，同时，将 `aec_outRequire` 拉高，IP 将输出一个处理后的数据。

音频的采样频率需与 IP 的工作频率相匹配；保证 IP 在两个采样点之间，可以完成互相关判断与 NLMS 的运算。即同时满足 $1/f_s > T_{XCORR}/f$ ， $1/f_s > T_{NLMS}/f$ 。

举例如下：采样获取到 `data1`，令 `input_valid_far = input_valid_mic = aec_outRequire = 1`；将数据输入给 IP，同时 IP 将会输出上次的计算的结果。

注！

- IP 的输出数据会先输出 0，直到第 NUM 个，才会输出第一个有效数据，输出数据会一直保持，直到下一个 `out_valid` 到来。
- f_s : 音频采样率；
- f : 系统时钟频率；

配置参数使用说明

- **Data width:** 配置数据位宽，该 IP 中，输入输出数据位宽一致。即 `din_mic`、`din_far`、`dout` 数据位宽一直保持一致。
- **Number of points:** 互相关的序列长度，影响 IP 的数据缓存大小，以及互相关计算的周期。
- **Max Lag:** 互相关的最大延迟，对互相关计算的周期影响大。

- **Normalized Threshold:** 互相关归一化阈值，对应上文互相关公式的 Threshold_2 ，影响互相关的判断结果。
- **Threshold:** 互相关阈值，对应上文互相关公式的 Threshold_1 ，影响互相关的判断结果。
- **Step Size:** NLMS 的自适应步长，对应上文 NLMS 中的 μ ，影响 NLMS 的滤波效果。
- **Number of Taps:** NLMS 的抽头数，影响 NLMS 的滤波效果。

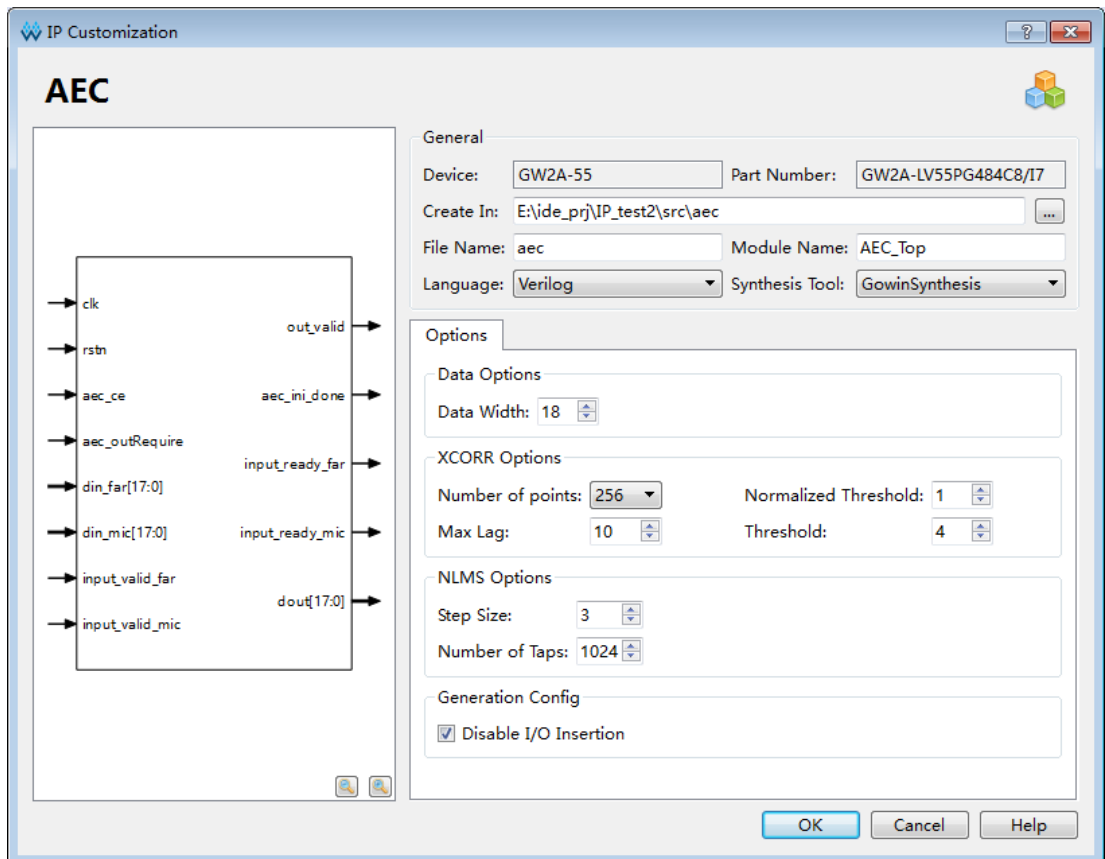
注!

- Threshold_2 、 Threshold_1 、 μ 的浮点值均小于 1，实现时为了减少 DSP 的使用采取了移位的方式取值。例如 **Step Size=3**，即 $\mu=1/2^3=0.125$ ；**Step Size=1**，即 $\mu=1/2^1=0.5$ 。
- 互相关的参数理解，可以对比参考 MATLAB 中的 `xcorr` 函数。

5 调用及配置

在高云半导体云源®软件界面菜单栏“Tools”下，可启动 IP Core Generator 工具，完成调用并配置 Gowin AEC IP。Gowin AEC IP 配置界面如图 5-1 所示。

图 5-1 AEC 配置界面图



Gowin AEC IP 的配置描述可参考表 5-1。

表 5-1 配置选项说明

选项	参数	描述
Data Options	Data width	数据位宽，8~18

选项	参数	描述
XCORR Options	Number of points	互相关的序列长度 256/512/1024/2048
	Normalized Threshold	归一化阈值参数, 1~10
	Max Lag	数据最大延迟, 1~256
	Threshold	阈值, 1~10
NLMS Options	Step Size	NLMS 滤波器自适应步长, 1~18
	Number of Taps	NLMS 滤波器的抽头数, 32~2048

6 参考设计

可参考 [RefDesign](#) 内相关测试案例。

