



Gowin AEC IP 用户指南

IPUG761-1.0,2021-01-28

版权所有© 2021 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
2021/01/28	1.0	初始版本。

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
IP	Intellectual Property	知识产权
LUT	Look-up Tables	查找表
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
AEC	Acoustic Echo Cancellation	声学回声消除
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	
IP 核应用	
芯片支持	GW1N 系列: GW1N-9、GW1N-9C GW1NR 系列: GW1NR-9、GW1NR-9C GW2A 系列 GW2AR 系列 GW2ANR 系列
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	Synplify Pro/GowinSynthesis
应用软件	Gowin Software

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(x_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(x_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 $e=s$)。

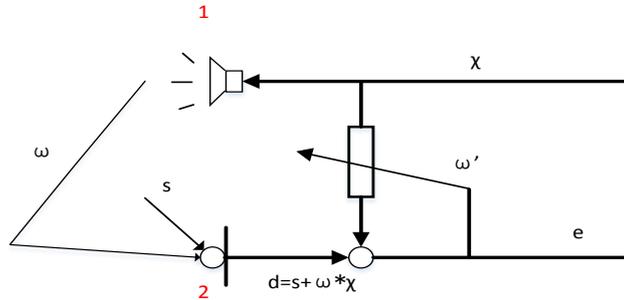
如图 2-1，其中“1”表示扬声器，“2”表示 mic。 x 为远端（扬声器）的输入。

- 周围环境造成的回声： $x_1=\omega*x$ ，其中 ω 为环境影响因子；
- mic 的输入： $d=s+\omega*x=s+x_1$ ，其中 s 为 mic 无影响的输入；
- 算法模拟的回声： $x_2=\omega'*x$ ， 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： $e = d - \omega'x = s + \omega x - \omega'x$ 。

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。

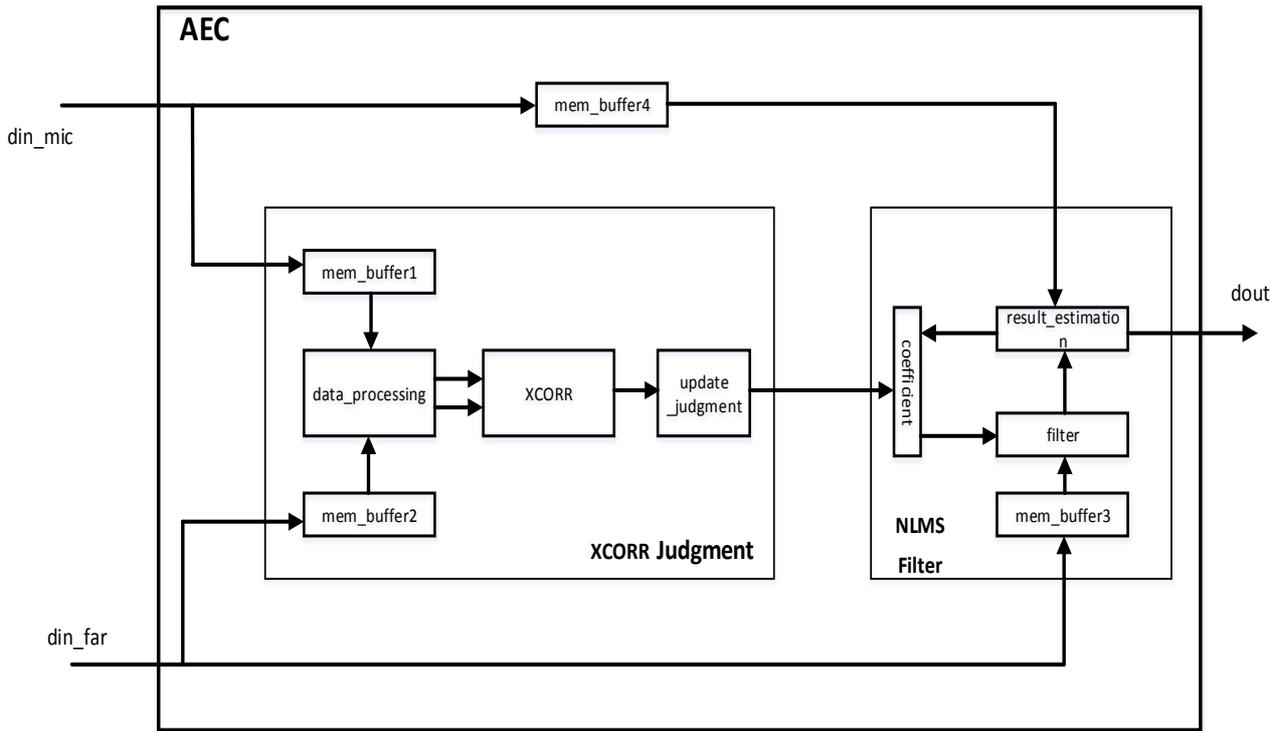
- 互相关判断：根据设定的阈值，判断获取到的两个序列的相关性，并给出标志。互相关运算的延迟周期（第一个数据输入到给出标志） T_{XCORR} 约为 $NUM * (LAG + 1) + 10$ 。
- NLMS：根据互相关运算给出的标志，判断是否更新 NLMS 的系数，然后对输入的数据完成滤波运算。NLMS 的延迟周期（一个数据输入到给出该数据滤波结果） T_{NLMS} 约为 $Tapsize * 2 + 400$ 。

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：

$$\begin{aligned}
 y(n) &= \mathbf{w}^T(n-1)\mathbf{u}(n) \\
 e(n) &= d(n) - y(n) \\
 \mathbf{w}(n) &= \mathbf{w}(n-1) + f(\mathbf{u}(n), e(n), \mu) \\
 f(\mathbf{u}(n), e(n), \mu) &= \mu e(n) \frac{\mathbf{u}^*(n)}{\mathbf{u}^H(n)\mathbf{u}(n)}
 \end{aligned}$$

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 8~32;
- 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			

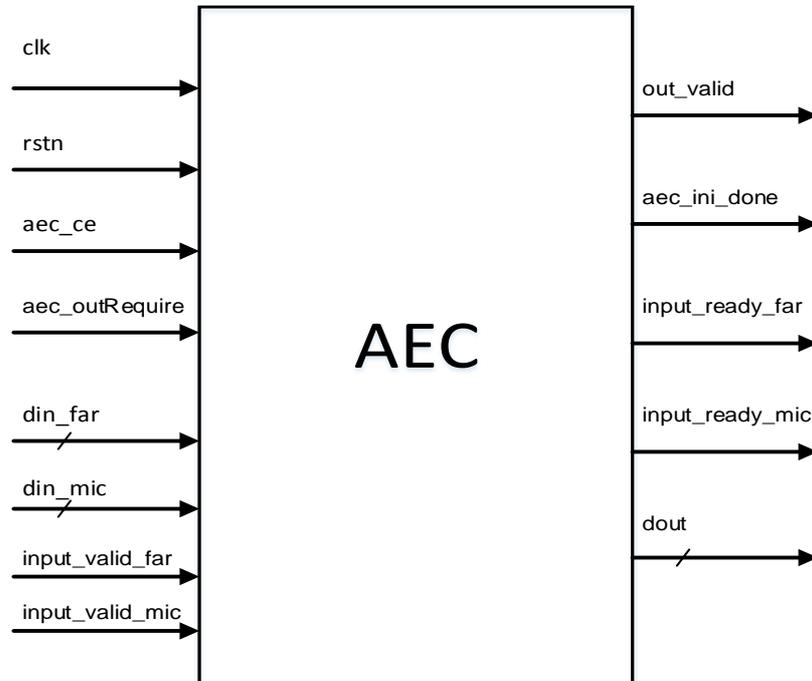
器件系列	速度等级	资源利用		备注
		REG	1848	

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 8~32，signed。

信号	方向	描述
din_mic	input	mic 输入信号，位宽 8~32，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 8~32，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

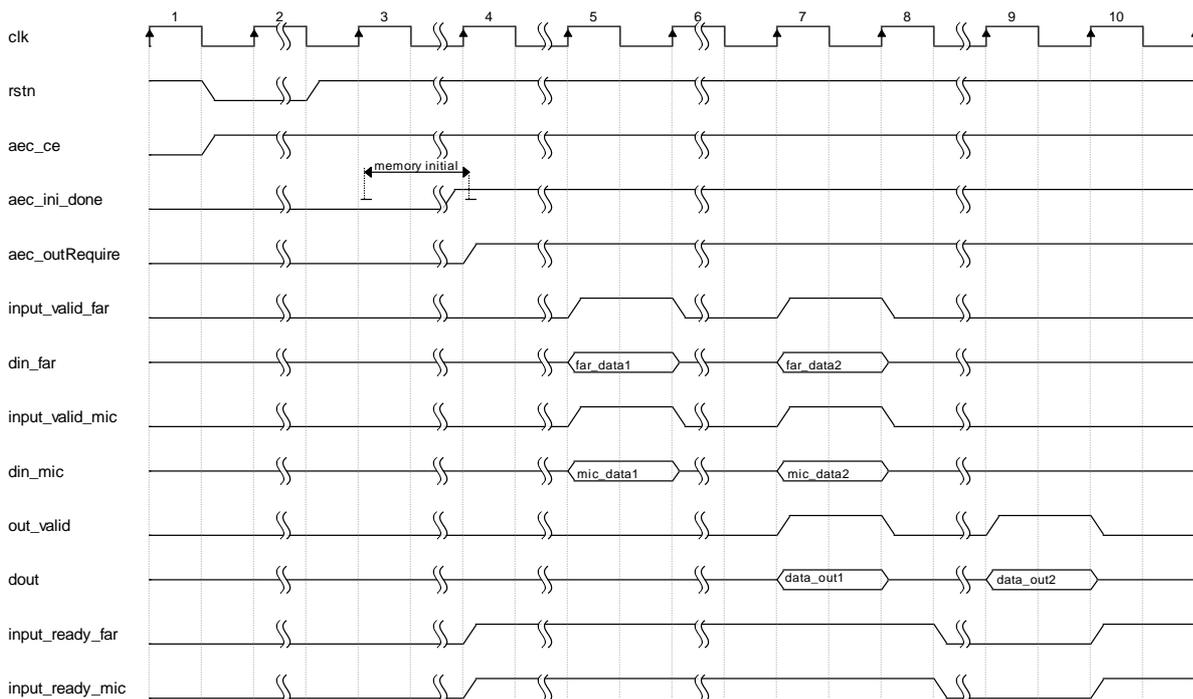
AEC 的时序图如图 4-2 所示。

- 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。

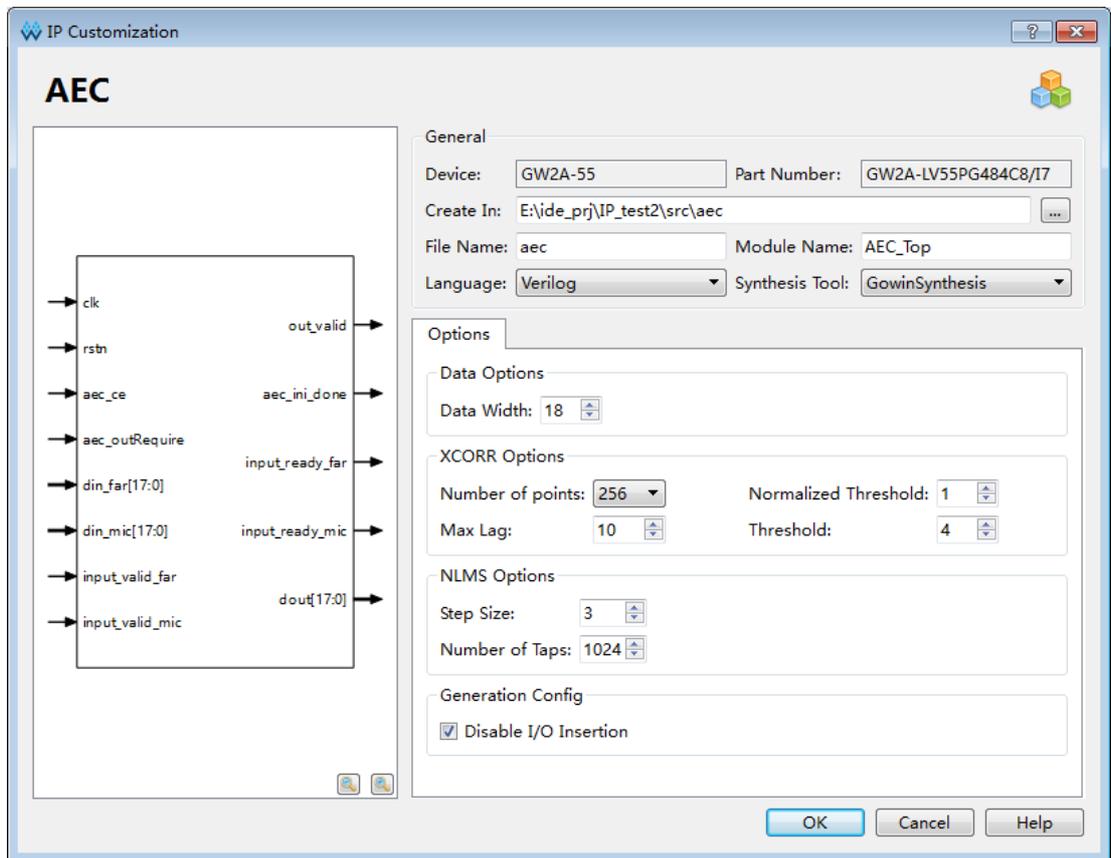
注!

- 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 $\text{Step Size}=3$ ，即 $\mu=1/2^3=0.125$ ； $\text{Step Size}=1$ ，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，8~32
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。

选项	参数	描述
	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。

