

TAS57xx 数字音频功放 AGL 功能模块使用及调试

Jacky Wang

North West China OEM Team

摘要

本文介绍了目前广泛应用于一些 TAS57xx 系列数字功放中的自动增益限制器 (Automatic Gain Limiter, AGL) 模块的工作原理和使用方法, 并对比了不同的 AGL 参数配置的差异。同时, 也给出了一个典型的使用案例来解释 AGL 的工作流程。本文以 TAS5727 为例进行相关的实际测试及波形截图, 这些结果同样适用于其它带有 AGL 模块的 TAS57xx 数字功放产品。截止到目前, 以下产品都采用了 AGL 模块做输出限幅功能: TAS5717, TAS5719, TAS5727, TAS5729MD, TAS5733L, TAS5751M 和 TAS5753MD。

目录

1	AGL 简介	3
2	AGL 模块概述	3
	2.1. 触发阈值(Threshold, T)	4
	2.2. 动作速率(Attack Rate, Ar) 和释放速率 (Release Rate, Rr)	5
	2.3. 平滑时间常数(Softening Time Constant)	6
3	AGL 的几种配置形式	6
	3.1. AGL 关闭 (默认)	6
	3.2. 1 段式 AGL.....	7
	3.3. 2 段串联式 AGL.....	8
4	AGL 的使用及调试	8
	Step-1: 扫描 AGL 关闭时的输入输出基准曲线	8
	Step-2: 设置动作阈值 Threshold	10
	Step-3: 设置平滑时间常数.....	10
	Step-4: 将音频信号分成两个频段 (针对两段式 AGL)	11
	Step-5: 配置动作 (Attack Rates) 和释放 (Release Rates)	12
	Step-6: 验证和最终微调	12
5	小结	12
	参考文献	12

图例

Figure 1.	TAS5727 片上数字信号处理流程	3
Figure 2.	AGL 反馈式结构	4
Figure 3.	不同的 AGL 阈值对应的输出功率大小与输入幅值的关系曲线	5
Figure 4.	不同的动作速率输出波形效果	5
Figure 5.	不同的释放速率输出波形效果	6
Figure 6.	不同的平滑时间常数输出波形效果	6
Figure 7.	AGL 默认关闭模式下的音频信号流程	7

Figure 8.	1 段式 AGL 信号流程	7
Figure 9.	2 段串联式 AGL 信号流程	8
Figure 10.	默认条件下的输出功率与输入幅度参考曲线（对数及线性坐标）	9
Figure 11.	AGL 关闭时输出功率和 THD+N 的频响曲线	9
Figure 12.	AGL 关闭时对应的输出功率	10
Figure 13.	动作阈值为-3dB 时的输出功率	10
Figure 14.	动作阈值为-5.25dB 时的输出功率	10
Figure 15.	不同的平滑时间常数对 THD+N 的影响	11
Figure 16.	4 阶 Linkwitz Riley 频率穿越响应曲线	12

1 AGL 简介

TAS57xx 系列音频功放产品主要以中功率数字 I²S 输入为主，其典型功率范围在 10W~30W 之间。音频功放的功率输出驱动能力往往会超过系统扬声器的额定功率，而此时就需要输出功率限制的方法以保证功放的输出功率在扬声器的额定功率范围之内免受损坏。

自动增益限制器(Automatic Gain Limiter, AGL)是一个用户可配置的动态范围压缩(DRC)模块，在一些 TAS57xx 产品（例如 TAS5727）中可以使用，用来有效地限制功放的输出功率。

TAS5727 内部的数字信号处理流程如下图 1 所示，其内部包含两个 AGL 模块（红框标注）。每个 AGL 模块有两个输入（左声道和右声道），并且可独立设置，配置成 1 段式或 2 段式 DRC 结构。（注意：本文会将 AGL 和 DRC 两个名词互换使用，因为二者实现的功能一样。）

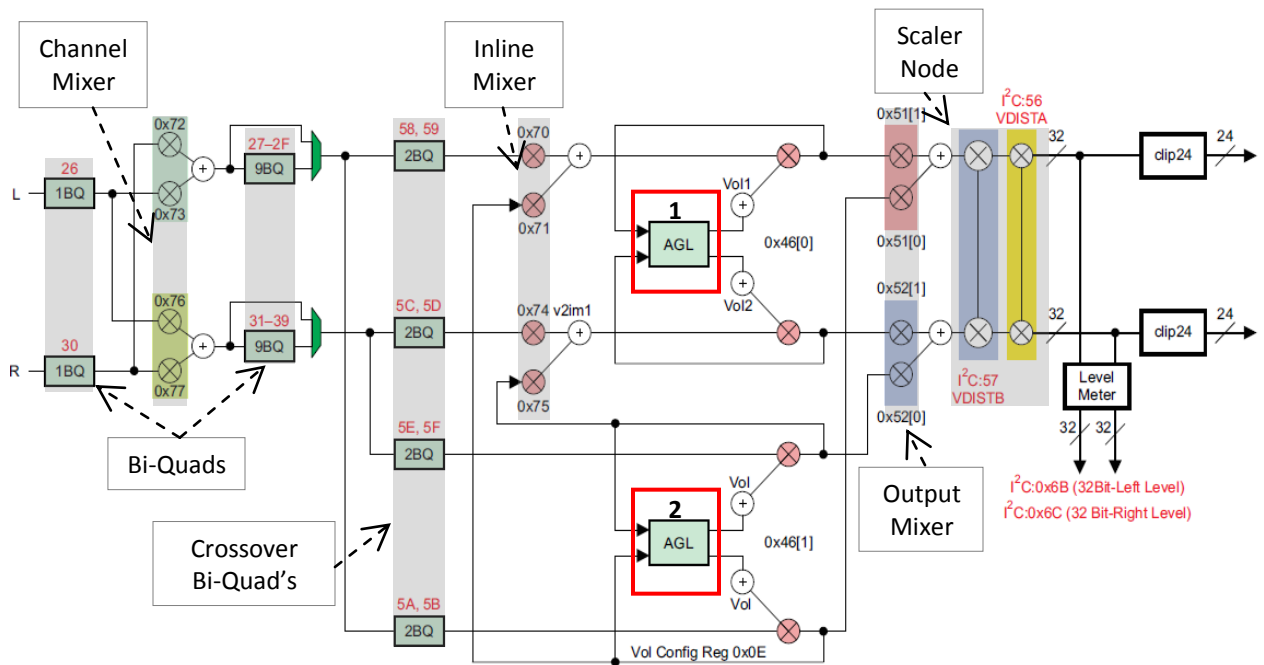


Figure 1. TAS5727 片上数字信号处理流程

2 AGL 模块概述

当 AGL 模块被使能后，会通过一个反馈式的结构持续监测音频流输出，如图 2 所示。AGL 模块拾取音量模块后级信号作为其输入信号，并用一个平均滤波器确定其信号大小。AGL 模块的输出为一个系数因子，基于用户定义的 AGL 参数计算得到。该系数因子后面会被乘到音频信号流中，得到 AGL 模块压缩后的输出信号。

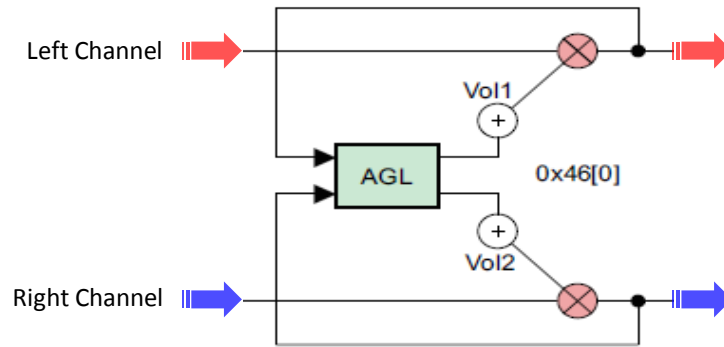


Figure 2. AGL 反馈式结构

AGL 模块包含 4 个用户可配置参数：

1. 触发阈值(Threshold)
2. 动作速率(Attack Rate)
3. 释放速率(Release Rate)
4. 平滑时间常数(Softening Time Constant)

2.1. 触发阈值(Threshold, T)

触发阈值设定决定了 AGL 模块何时进行压缩动作。如果音频信号大小低于设定的阈值，AGL 模块不会做任何动作，信号会直通过去不做压缩。如果音频信号大小等于或高于设定的阈值，AGL 模块就会进行压缩处理。阈值大小的单位定义 dB，其范围为+12dB~-60dB。需要注意的是这里所说阈值指的是动作阈值(Attack Threshold)，释放阈值(Release Threshold)由片上数字音频处理单元自动计算得到。

下图 3 展示了不同的 AGL 阈值对应的输出功率（单位 W）与输入幅度（单位 dBFS）的关系曲线。其中黑线表示的是 AGL 功能关掉时输入、输出的参考曲线。其它曲线则是调整不同的动作阈值时对应的输出功率，从图中可以看出，当输入幅度增加超过动作阈值后，输出功率就会被压缩，并不随输入幅度的增大而增大。

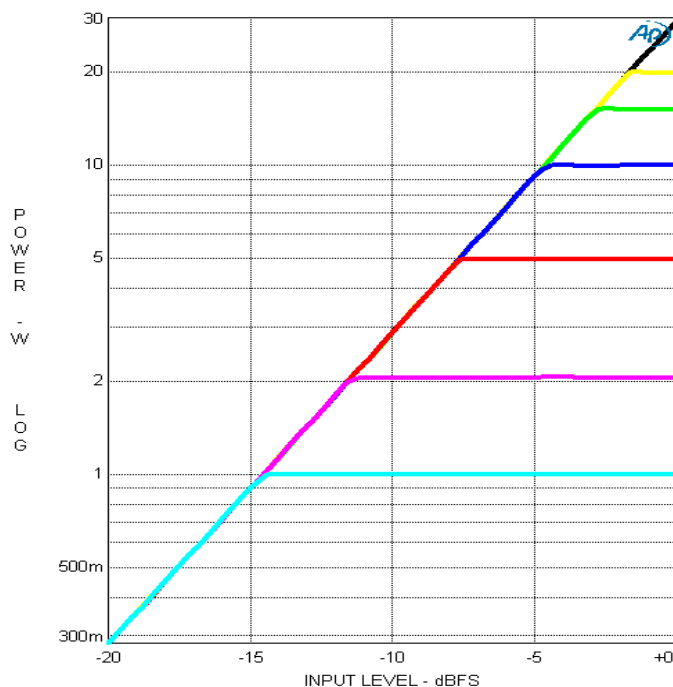


Figure 3. 不同的 AGC 阈值对应的输出功率大小与输入幅值的关系曲线

2.2. 动作速率(Attack Rate, Ar) 和释放速率 (Release Rate, Rr)

动作速率和释放速率分别定义为 AGC 模块动作时进行功率压缩和释放的周期长短，其单位为 V/ms。下图 4 及图 5 展示了不同的动作和释放速率输出信号的变化波形，测试信号为 1kHz 突发类型正弦信号，平滑时间常数设为 0ms。图 4 为改变不同的动作速率的输出效果，图 5 为不同的释放速率的输出效果。

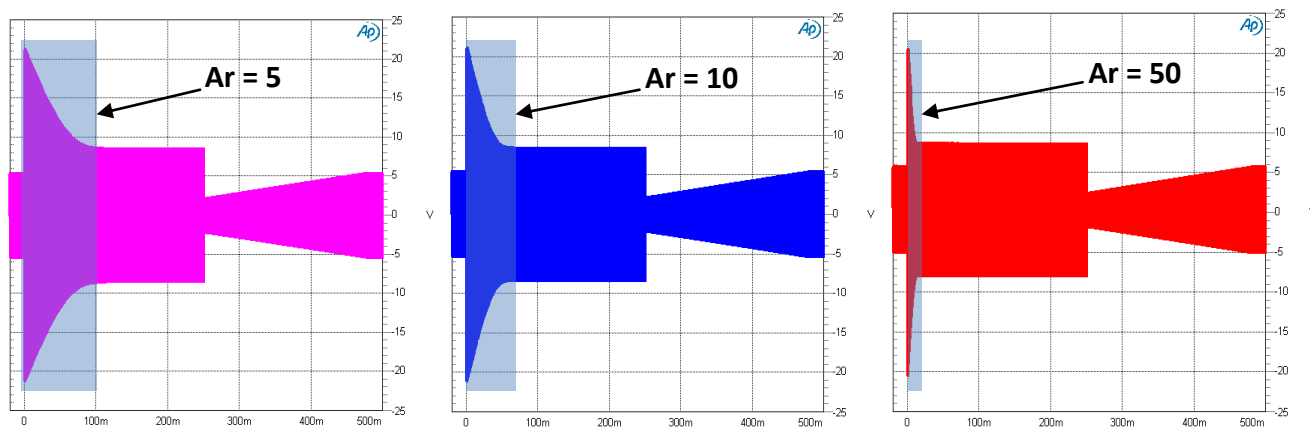


Figure 4. 不同的动作速率输出波形效果

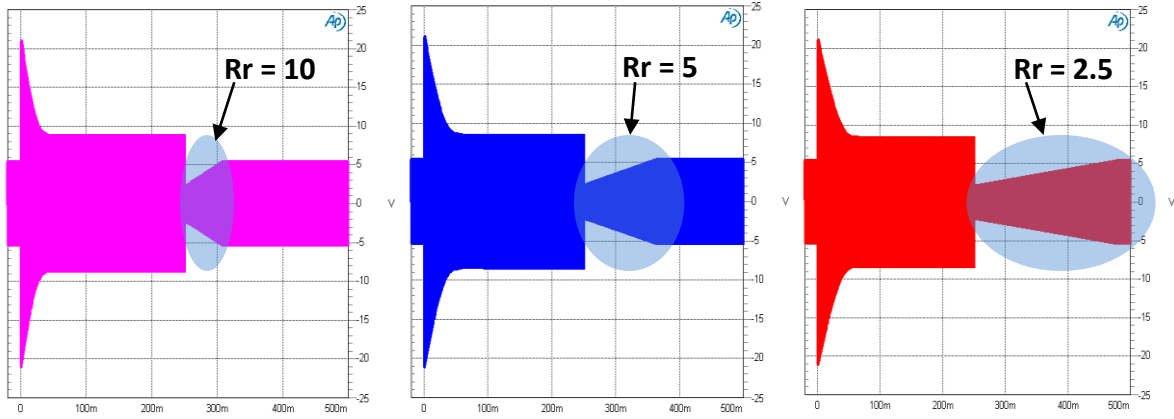


Figure 5. 不同的释放速率输出波形效果

2.3. 平滑时间常数(Softening Time Constant)

平滑时间常数设定了平均滤波器的窗口大小，单位定义为 ms。下图 6 展示了不同的平滑滤波器时间常数设置对 1kHz 突发正弦信号的控制效果。增大时间常数看上去是可以对信号的压缩起到一定的平滑作用。另一方面，平滑时间常数对输出信号的失真指标也会有比较明显的影响，特别是对低频信号，参考下面章节的说明。

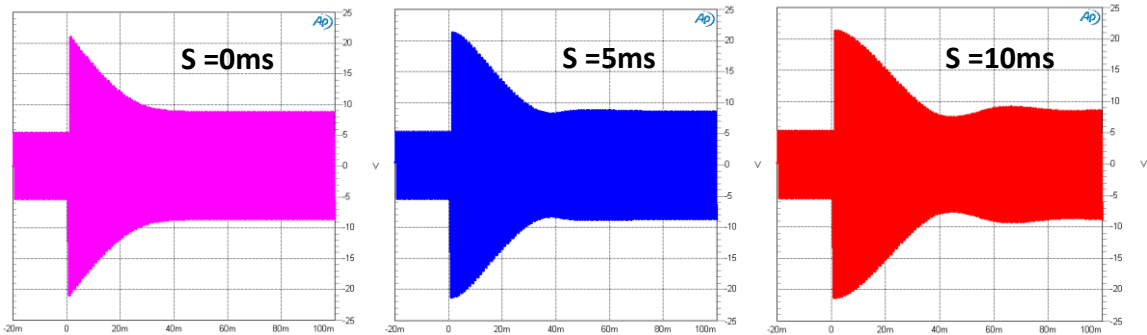


Figure 6. 不同的平滑时间常数输出波形效果

3 AGL 的几种配置形式

AGL 模块可以被配置成 1 段式或 2 段式，即是否采用分频的形式对全频信号压缩，还是分频段进行压缩。下图 7~9 解释了 AGL 3 种配置形式中的信号流走向：默认模式（AGL 关闭）、1 段式和串联形式的 2 段式。

3.1. AGL 关闭（默认）

在默认模式下，AGL-1 和 AGL-2 处于关闭状态，不使能。输入的音频信号进入 DAP 片上数字信号处理单元而不经任何压缩，如下图 7 所示。

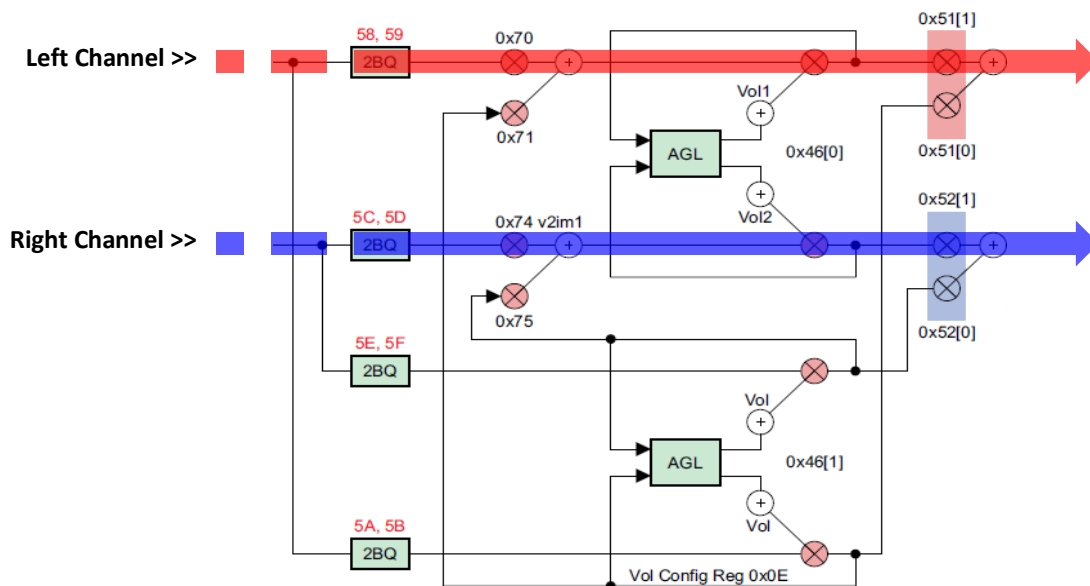


Figure 7. AGL 默认关闭模式下的音频信号流程

3.2. 1 段式 AGL

当配置成 1 段式 AGL 时，整个音频频段内（20Hz~20kHz）的信号由 AGL-1 进行压缩，AGL-2 保持关闭状态。如下图 8 所示。

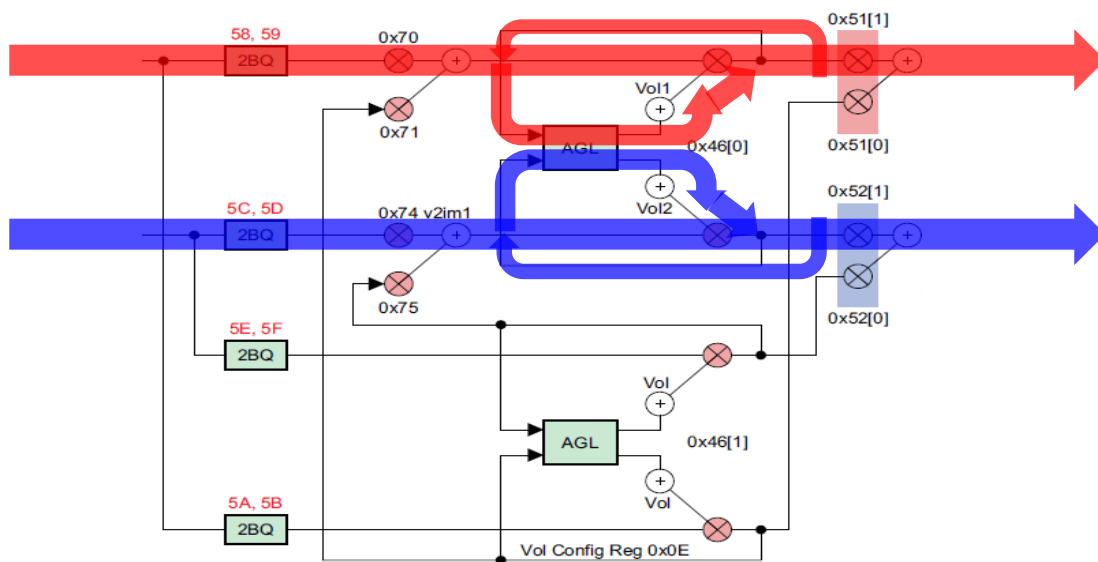


Figure 8. 1 段式 AGL 信号流程

3.3. 2 段串联式 AGL

当配置成 2 段串联式 AGL 模式时，送进来的音频信号被分成两条路径进行分频，分频滤波器采用 4 阶 Linkwitz Riley 型高通和低通。低频部分信号由 AGL-2 进行压缩处理，然后与高频部分混频，合成后的信号（高频段+AGL-2 压缩后的低频段）再经过 AGL-1 进行压缩处理。

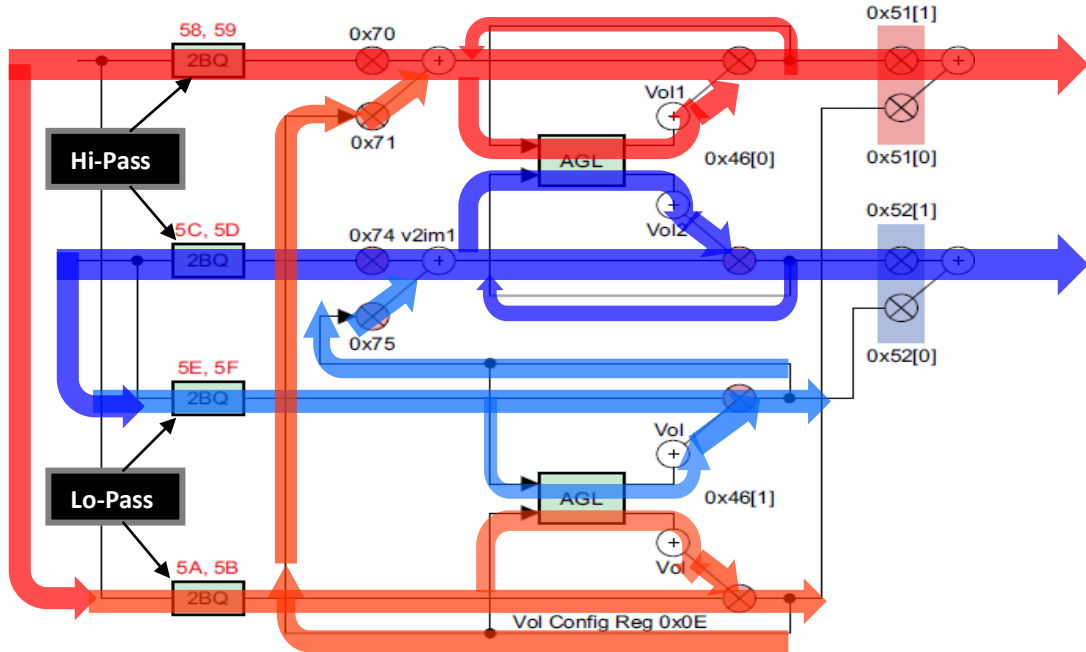


Figure 9. 2 段串联式 AGL 信号流程

4 AGL 的使用及调试

在本章部分，我们会具体以一个 TAS5727 实例说明 AGL 模块的调试及使用步骤。示例中功放供电电压为 24V，负载阻抗为 8Ω（实际使用 8Ω 功率电阻替代），目标输出功率为 10W。

Step-1: 扫描 AGL 关闭时的输入输出基准曲线

在进行 AGL 功能调试前，需要先关掉 AGL 使用 AP 扫描几组输入输出的基准曲线，如下图 10 所示。可以看到默认条件下功放满量程输入时的输出功率约为 30W，明显高于我们的 10W 目标输出功率。

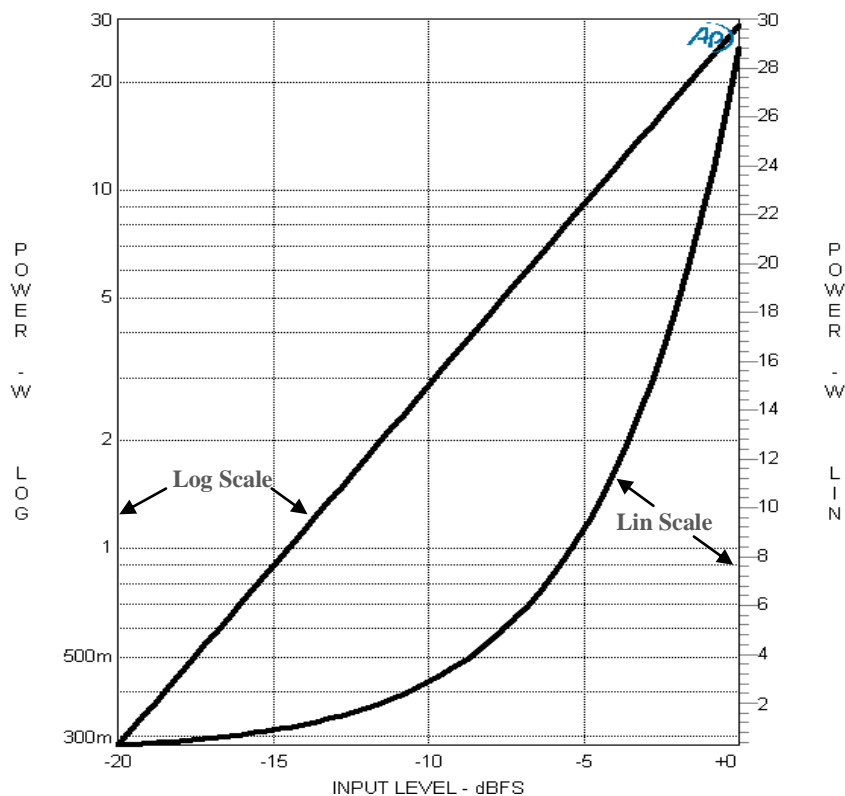


Figure 10. 默认条件下的输出功率与输入幅度参考曲线（对数及线性坐标）

下图 11 展示了 AGL 关闭时输出功率和 THD+N 与频率的曲线关系。输入幅值缩放为 10W 输出。在进行后面的 AGL 调试时，可以以该曲线作为参考，使得 AGL 动作时也可以得到类似的频响曲线。

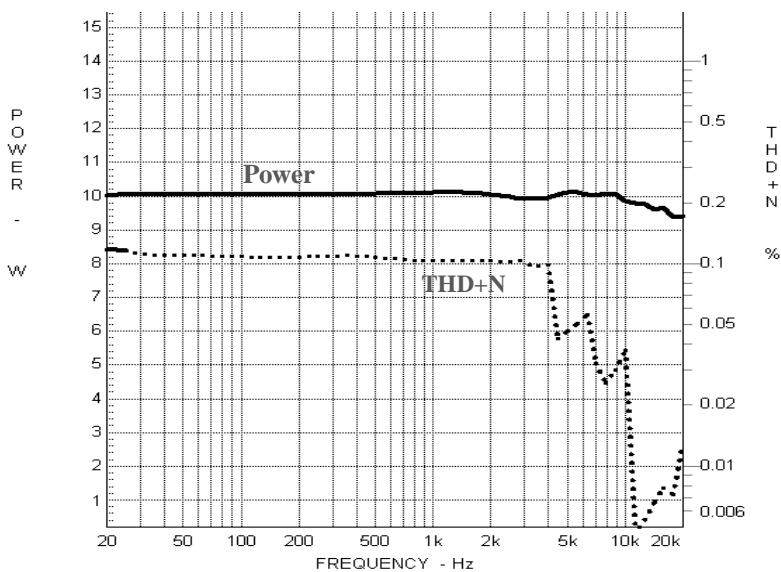


Figure 11. AGL 关闭时输出功率和 THD+N 的频响曲线

Step-2: 设置动作阈值 Threshold

扫完参考的频响曲线后，就可以使能 AGL 模块进行调试。调试时输入信号采用 1kHz 满量程幅值单音频信号，并将系统音量调到最大。调试时先使用默认的平滑时间常数(Softening Time)，动作时间和释放时间先随意设定一个值，比如 10V/ms。然后调小 AGL-1 的阈值参数直到输出功率达到目标功率值。

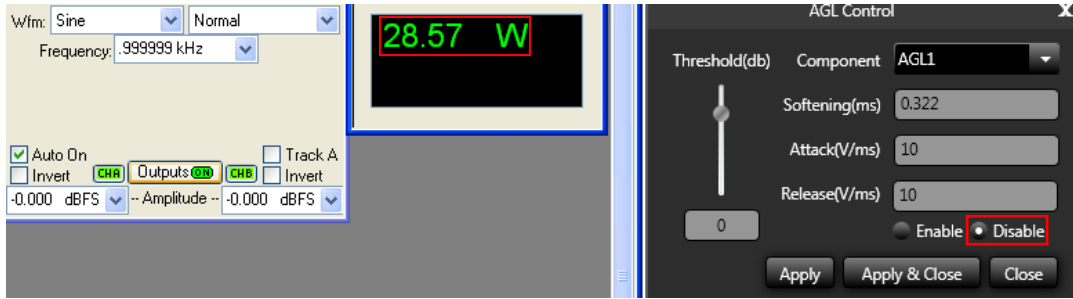


Figure 12. AGL 关闭时对应的输出功率

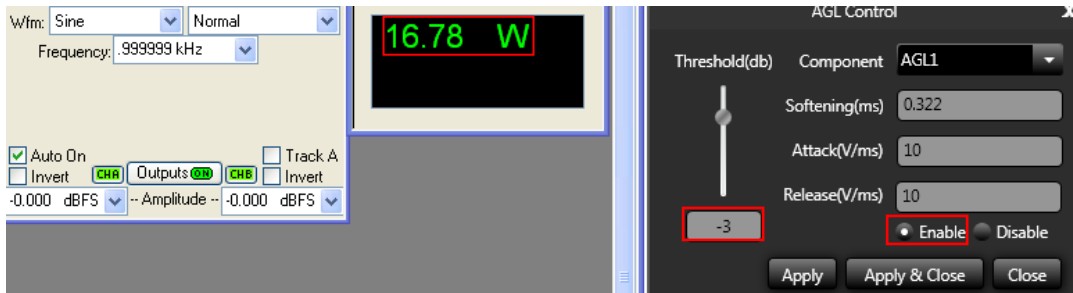


Figure 13. 动作阈值为-3dB 时的输出功率

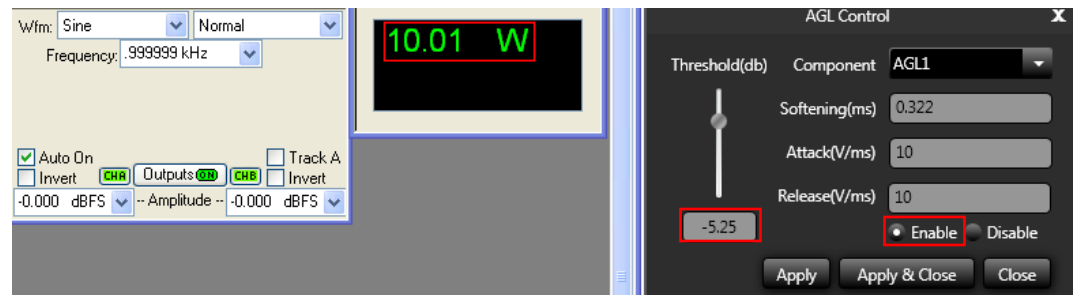


Figure 14. 动作阈值为-5.25dB 时的输出功率

Step-3: 设置平滑时间常数

当动作阈值设定完达到目标输出功率时，再扫一次“Pout & THD vs. Frequency”曲线并跟第一步中 AGL 关闭时的曲线对比。从下图 15 中可以看到，采用默认的平滑时间常数（约 0.3ms），1kHz 以下的 THD+N 要明显高于参考曲线。

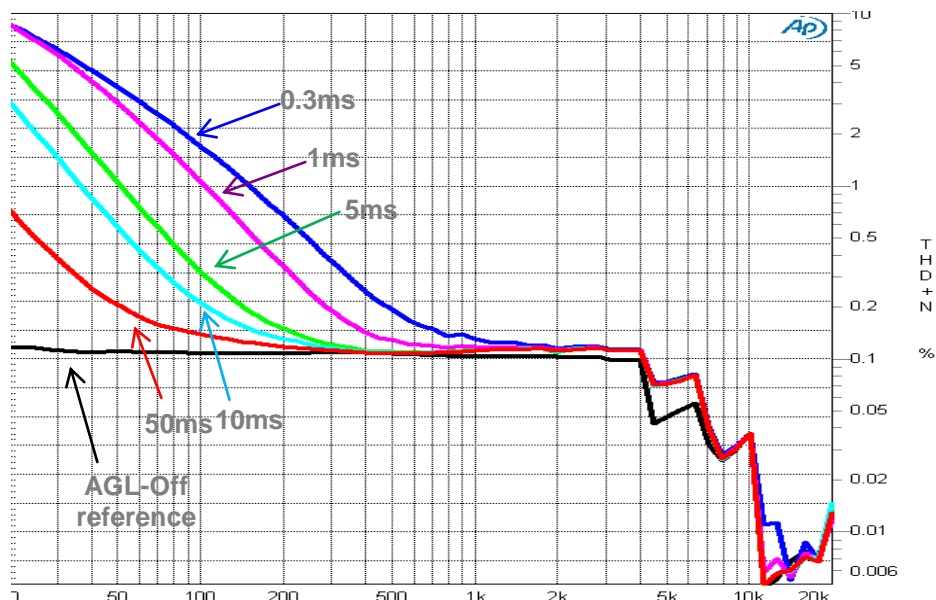


Figure 15. 不同的平滑时间常数对 THD+N 的影响

低频部分较高的失真主要是由于平滑时间常数的时间过短导致的。频率越低，周期越长，往往需要更长的响应时间，比如 1kHz 信号周期为 1ms，100Hz 则为 10ms。增大时间常数可以明显改善 THD+N 的性能指标。另一方面，如果平滑时间常数设置的过大，又会影响高频部分的压缩和扩张效果。从上图 15 中可以看出，平滑时间窗口设置为 5~10ms 对于 300Hz 以上的信号也有比较好的效果。从实际应用中讲，一般扬声器的频率响应很难下潜到更低的频率，调试中可以增加一段高通滤波器 EQ 将扬声器无法响应的低频部分滤除，可以改善由于平滑时间常数带来的低频失真问题。另外一个方法则是采用两段式的 AGL 配置，将低频、高频分开调试。

Step-4: 将音频信号分成两个频段（针对两段式 AGL）

两段式 AGL 配置可以将音频信号分成两个独立的频段，每个频段由各自的 AGL 模块来进行压缩控制，可以对高低频的信号进行灵活优化。

调试中使用两个级联的 2 阶 Butterworth 高低通滤波器形成一个 4 阶的 Linkwitz-Riley 频率穿越，将音频信号分成两个频段然后再合成一个平坦的频率响应。设定完频率穿越滤波器后，内部的混音器可以被配置成再将两段合并成一个频段。下图 16 左图展示了频率穿越点为 350Hz 的频响曲线，红线代表高频段（350Hz 高通滤波器频响），蓝线代表低频段（350Hz 低通滤波器频响），绿线代表两个频段合成后的曲线。将频响曲线频率穿越处放大看（图 16 右图），低频部分有较小的增益衰减，主要是由于合成时时延导致的。

进行两段式 AGL 配置时，AGL-2 模块要被使能并进行相应的设置。AGL-2 模块对应的为低频段，平滑时间常数设定的要相对长一些。在串联式 2 段 AGL 配置中，由于 AGL-2 处理过的信号会再经过 AGL-1，推荐 AGL-2 的动作阈值设定的要相对低一些。

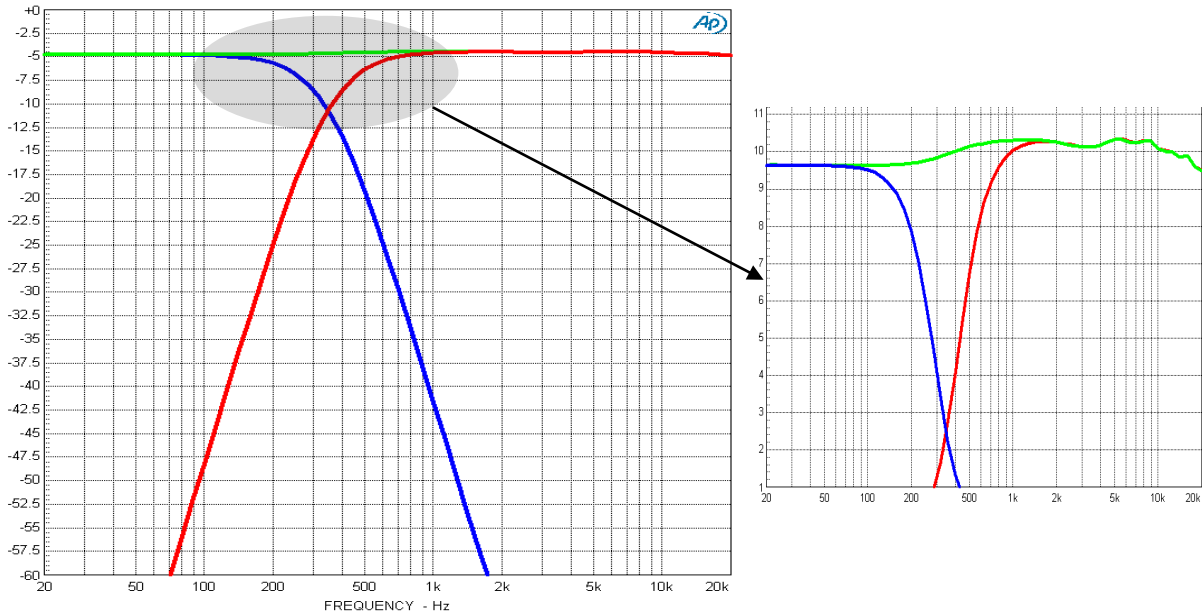


Figure 16. 4阶 Linkwitz Riley 频率穿越响应曲线

Step-5: 配置动作（Attack Rates）和释放（Release Rates）

动作和释放速率的设置相对主观一些，取决于系统要求。实际调试中推荐用户基于听音测试和突发信号测试来调整最佳的参数。需要注意的是，平滑时间常数也会影响动作和释放速率的周期，平滑时间常数越大，动作和释放的速率会越慢。

Step-6: 验证和最终微调

本步骤中可以再次扫一遍“Pout, THD+N vs. Frequency”曲线验证是否接近第一步中的参考曲线。同时在低频、中频和高频信号部分扫描“Pout vs. Input level”曲线验证在压缩动作区域频率响应是否平坦。另外，可以使用突发模式测试微调动作和释放速率参数。最后进行实际的听音测试，有必要的话再对 AGL 响应的参数进行微调

5 小结

本文简要介绍了 Automatic Gain Limiter (AGL) 模块以及相应的参数和配置方法，并结合一个实例介绍了 AGL 模块的调试步骤，方便用户在实际产品中进行调试使用。

参考文献

1. *TAS5727 datasheet*

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司