

TAS5711/31/31M 数字音频功放 3D 音效使用及调试

Jacky Wang

North West China OEM Team

摘要

本文介绍了针对 TAS5711/31/31M 内部集成的数字信号处理单元实现 3D 音效的算法使用及调试指导，方便用户了解该功能的使用及调试方法，丰富产品的使用功能及音效体验。

目录

1	TAS5711/31/31M 系列数字音频功放简介	1
2	TAS5711/31/31M 3D 音效算法简介及实现流程	2
2.1	3D 音效算法简介	2
2.2	TAS5711/31/31M 片内数字音频处理器(DAP)实现 3D 音效的信号流程	2
3	基于 TAS5711/31/31M GUI 及 EVM 进行 3D 音效调试	4
4	小结	6
	参考文献	6
	附录	
	3D 音效【关】示例配置代码（同时进行功放初始化）	7
	3D 音效【开】示例配置代码	8
	3D 音效【关】示例配置代码（不进行功放初始化）	9

图例

Figure 1.	TAS5711/31/31M 3D 音效信号处理流程	3
Figure 2.	Biquard Filter 系数设置格式（以 0x29 寄存器为例）	3
Figure 3.	利用 TAS5711/31/31M Biquard Filter 实现 2 个采样周期的延迟	4
Figure 4.	TAS5711/31/31M 3D 音效信号处理流程详解	4
Figure 5.	TAS57xx EVM 接线示意图	5
Figure 6.	TAS57x1 GDE GUI 参数调试示意图	5

1 TAS5711/31/31M 系列数字音频功放简介

TAS5711/31/31M 系列数字音频功放目前被广泛应用于消费类音频产品中，像数字电视、便携式无线音箱、条形音箱等等。该系列音频功放支持数字 I2S 音频格式输入，片上集成丰富的数字音频处理功能，像数字音量控制、EQ、Mixer 以及 DRC 等等。同时该系列芯片支持单芯片 2.1 模式，非常方便应用于中小功率的消费类音频应用中。片上集成的丰富信号处理单元还可以实现虚拟 3D 环绕音效功能，可以带给用户额外的功能体验。

TAS5711/31/31M 系列数字音频功放性能指标参数比较见表 1。

表 1 TAS5711/31/31M 系列数字音频功放性能指标参数比较

参数指标	TAS5711	TAS5731	TAS5731M
输出功率	20W×2	20W×2	30W×2
功率级 MOSFET 导通阻抗	180mΩ	80mΩ	80mΩ
电源电压 (PVCC)	8V~26V	8V~21V	8V~24V
电源电压 (AVDD/DVDD)	3.3V	3.3V	3.3V
EQ 段数	21	21	21
支持采样速率	8kHz~48kHz	8kHz~48kHz	8kHz~48kHz
支持扬声器配置	2.0/2.1	2.0/2.1	2.0/2.1
DRC	支持	支持	支持
封装	HTQFP-48 (7mm×7mm)	HTQFP-48 (7mm×7mm)	HTQFP-48 (7mm×7mm)

从表 1 中可以看到，TAS5711/31/31M 主要的区别在于输出功率、供电电压范围以及功率级 MOSFET 导通阻抗大小，其数字信号处理部分的资源和功能是一样的。

2 TAS5711/31/31M 3D 音效算法简介及实现流程

2.1 3D 音效算法简介

目前可以实现 3D 音效的算法由简单到复杂非常多，根据 DSP 的资源和信号处理流程而异。可以实现在 TAS5711/31/31M 片内的数字音频处理器上的基本 3D 音效算法如方程 1 所示：

$$\begin{aligned}
 L_{3D} &= L - hpf\left\{\frac{1}{2}(R - L)\right\} \\
 R_{3D} &= R - hpf\left\{\frac{1}{2}(L - R)\right\}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

由于在大多数的音乐信号中，低频部分的信号大多是单声道的且没有指向性（例如，左右声道的低频分量往往是相同的，是经过混音处理的）。因此，在实现 3D 音效时，需要先使用高通滤波器滤除该部分低频分量，保留具有指向性的高频分量。再经过混音和相位更改后分别再叠加到左右声道上，就可以产生虚拟的 3D 环绕音效。

此外，通过增加系数 a, b, c, d 到上述方程中，更改这些系数可以调整不同的 3D 环绕声效果，如方程 2 所示。

$$\begin{aligned}
 L_{3D} &= a \cdot L - b \cdot hpf\left\{\frac{1}{2}(R - L)\right\} \\
 R_{3D} &= c \cdot R - d \cdot hpf\left\{\frac{1}{2}(L - R)\right\}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

2.2 TAS5711/31/31M 片内数字音频处理器(DAP)实现 3D 音效的信号流程

TAS5711/31/31M 内部集成了丰富灵活的音频信号处理，可以根据上述的 3D 音效算法，设计如图 1 所示的音效信号处理流程。

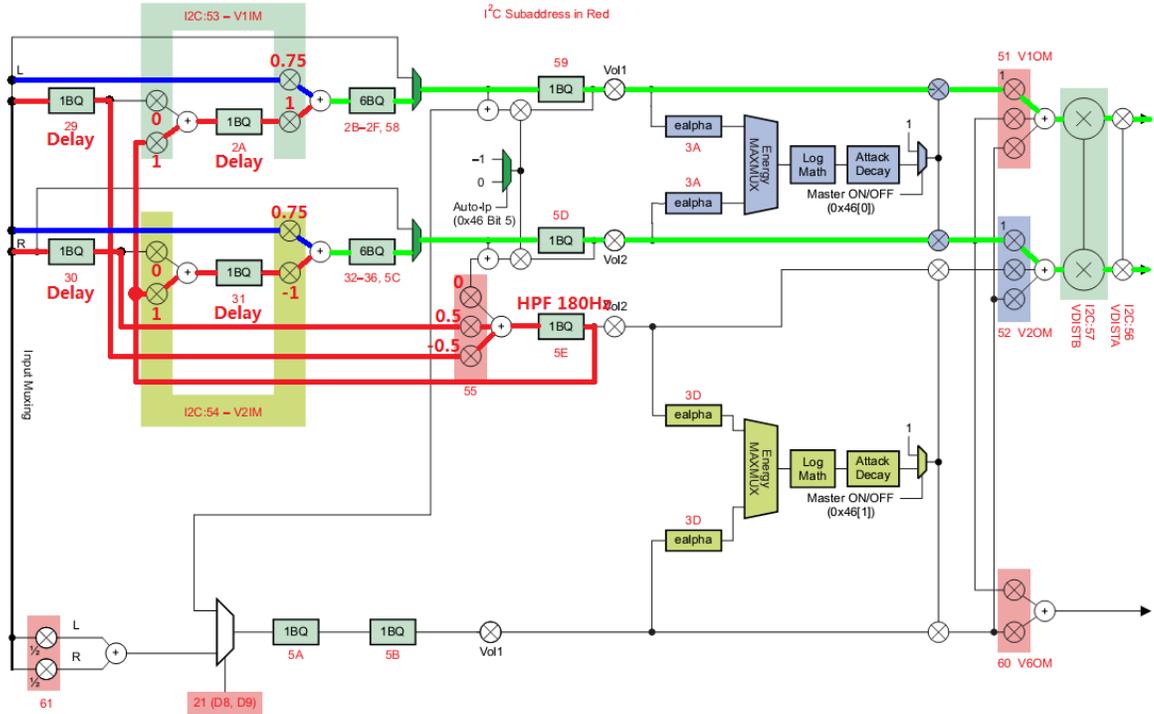


Figure 1. TAS5711/31/31M 3D 音效信号处理流程

从 I2S 送进来的 L/R 声道的音频信号，会分成两个支路分别做 Mixer 处理（参考图 2 中上下两条信号路径，各自做了 0.75 倍的混音处理）。其中的一条 L/R 支路信号先经过 BQ 延迟处理，左加右减后进行叠加，然后做高通滤波处理（示例为 180Hz 1 阶 Butterworth High Pass Filter），再经过 EQ 相位延迟，混音系数调整，再叠加回原来的 L/R 声道信号中，就实现了虚拟的 3D 环绕音效（参考图 4 信号流程的详细图解）。

利用 TAS5711/31/31M 内部的 Biquad Filter 可以实现 2 个采样周期的延迟，如图 3 所示。相应的 BQ 寄存器参数配置如下（以 0x29 寄存器为例，设置 b0/b1/a1/a2 为 0，b2 为 1）：

X29 00 00 00 00 00 00 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

0x29	ch1_bq[0]	20	u[31:26], b0[25:0]	0x0080 0000
			u[31:26], b1[25:0]	0x0000 0000
			u[31:26], b2[25:0]	0x0000 0000
			u[31:26], a1[25:0]	0x0000 0000
			u[31:26], a2[25:0]	0x0000 0000

Figure 2. Biquad Filter 系数设置格式（以 0x29 寄存器为例）

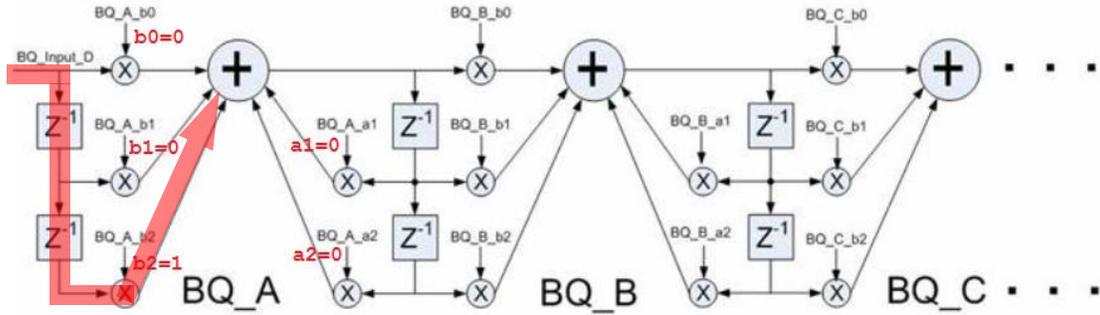


Figure 3. 利用 TAS5711/31/31M Biquard Filter 实现 2 个采样周期的延迟

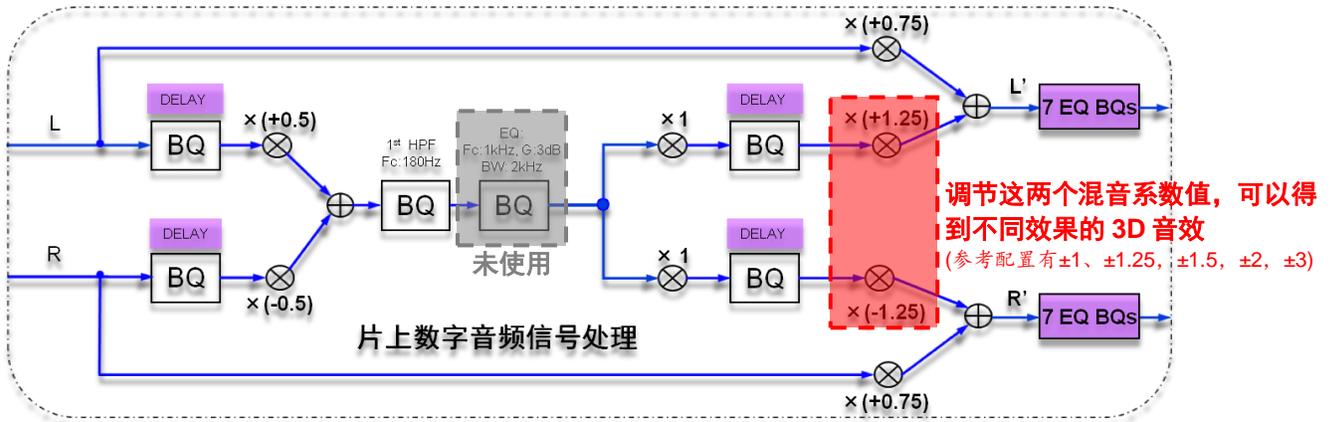


Figure 4. TAS5711/31/31M 3D 音效信号处理流程详解

3 基于 TAS5711/31/31M GUI 及 EVM 进行 3D 音效调试

可以使用 TAS57x1 EVM 以及上位机 GDE GUI 软件进行 3D 音效调试，对给定的扬声器安装位置及特性调试出最佳的效果。TAS57x1 EVM 接线及搭建参考图 5 所示。



Figure 5. TAS57xx EVM 接线示意图

打开 TAS5711/31 的 GDE GUI 软件（可在 TI 网站免费下载），利用自带的 I2C Memory Tool 和脚本文件，可以方便的对上述描述的 3D 音效进行调试。将附录所示的完整配置参数保存成 .cfg 格式的命令脚本文件，可以直接将其写入到功放芯片中，调整相应的混音系数及其它参数，就可以调试不同的 3D 音效效果。

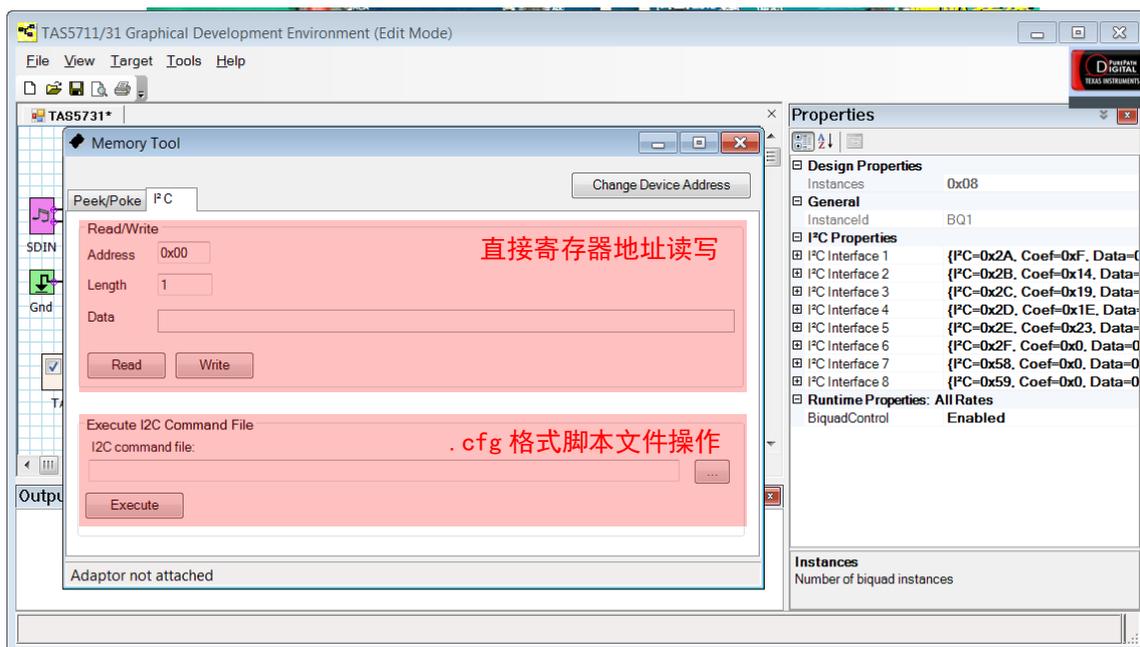


Figure 6. TAS57x1 GDE GUI 参数调试示意图

4 小结

本文介绍了如何利用 TAS5711/31/31M 内部自带的 DSP 处理流程实现 3D 音效的方法以及调试步骤，以增强产品设计的差异化并丰富音频效果。该系列数字功放产品目前被广泛应用于消费类音频产品中，增加 3D 音效的产品功能，可以提升终端用户的聆听体验及增加产品的卖点。

参考文献

1. *TAS5711/31/31M datasheet*
2. *TAS5711/31/31M EVM User's Guide*


```

!以下为低音通道EQ, 不使用, 设置为All-pass
X5A 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
X5B 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

!(Below) Bank switch control (no automatic bank switching)
X50 0F 70 80 00

!(Below) Input Mux Register(BD mode)
!Channel1 BD Mode, SDIN-L to Channel1, Channel2 BD Mode, SDIN-R to Channel2
X20 00 89 77 72

!(Below)PWM Output MUX Register (Note: Writes to this register affect Inter-Channel Delay.
A=PWM1(+), B=PWM3(-),C=PWM4(-),D=PWM2(+))
X25 01 02 31 45

/*****3D 音效关*****/
!在进行3D 音效配置前, 先进行软件静音Mute 操作
X06 07

!左声道3D 音效用EQ, 设置成All-pass
X29 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
X2A 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

!右声道3D 音效用EQ, 设置成All-pass
X30 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
X31 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

! (CH1) input mixer      0_1_1_0
X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00
! (CH2) input mixer      0_1_1_0
X54 00 00 00 00 00 00 80 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00
!3D 音效左右声道高频部分混音, 0_0.5_-0.5
X55 00 00 00 00 00 40 00 00 0F C0 00 00 00 00 00 00 00 00

!3D 音效用EQ, 设置成All-pass
X5E 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

!解除软件静音操作
X06 00
/*****3D 音效关*****/

X07 1C !Master Volume Register (0xFF = Mute,10dB)
X08 30 !Channel 1 Volume
X09 30 !Channel 2 Volume
X0A 30 !Channel 3 Volume
X06 00 !Soft Mute Register (mute off)
X03 A0 !System Control Register 1(opt.)
X04 05 !Serial Data Interface Register
X05 08 !System Control Register 2(exit hard mute, 2.0mode mode, BD mode for sub channel )
X0E D1 !Micro Register(ch3, ch4 volume =register 0X0A, ch3=ch2)
X10 02 !Modulation Limit(opt.)
X1A 95 !Split Capacitor Charge Period(703.1ms.)
X1C 02 !Back-end Error Register(opt.)
X11 B8 !Inter-Channel Delay Channel 1
X12 60 !Inter-Channel Delay Channel 2
X13 A0 !Inter-Channel Delay Channel 3
X14 48 !Inter-Channel Delay Channel 4

```

3D 音效【开】示例配置代码

```

/*****3D 音效开*****/
!在进行3D 音效配置前, 先进行软件静音Mute 操作
X06 07

!左声道3D 音效用EQ, 延迟2 个采样周期。该配置为固定值, 无需更改。
X29 00 00 00 00 00 00 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00

```

```
X2A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

!右声道 3D 音效用 EQ, 延迟 2 个采样周期。该配置为固定值, 无需更改。

```
X30 00 00 00 00 00 00 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
X31 00 00 00 00 00 00 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
! (CH1) input mixer          0_1_0.75_1 (加粗部分值可为 1/1.25/1.5/2/3)
```

```
X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 00 80 00 00 00
```

```
! (CH1) input mixer          0_1_0.75_1.25
```

```
!X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 00 a0 00 00
```

```
! (CH1) input mixer          0_1_0.75_1.5
```

```
X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 00 c0 00 00
```

```
! (CH1) input mixer          0_1_0.75_2
```

```
!X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 01 00 00 00
```

```
! (CH1) input mixer          0_1_0.75_3
```

```
X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 01 80 00 00
```

此部分音效强度可使用下拉菜单进行选择

```
! (CH2) input mixer          0_1_0.75_-1 (加粗部分值可为 -1/-1.25/-1.5/-2/-3)
```

```
X54 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 03 80 00 00
```

```
! (CH2) input mixer          0_1_0.75_-1.25
```

```
!X54 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 0f 60 00 00
```

```
! (CH2) input mixer          0_1_0.75_-1.5
```

```
X54 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 03 40 00 00
```

```
! (CH2) input mixer          0_1_0.75_-2
```

```
X54 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 03 00 00 00
```

```
! (CH2) input mixer          0_1_0.75_-3
```

```
X54 00 00 00 00 00 80 00 00 00 60 00 00 02 80 00 00
```

此部分音效强度可使用下拉菜单进行选择

```
!3D 音效左右声道高频部分混音, 0_0.5_-0.5
```

```
X55 00 00 00 00 00 40 00 00 0f c0 00 00
```

!3D 音效用 1 阶高通滤波器, 截止频率 180Hz

```
X5E 00 7E 61 1E 0F 81 9E E2 00 00 00 00 00 7C C2 3C 00 00 00 00
```

!解除软件静音操作

```
X06 00
```

```
!*****3D 音效开*****/
```

3D 音效【关】示例配置代码（不进行功放初始化）

```
!*****3D 音效关*****/
```

!在进行 3D 音效配置前, 先进行软件静音 Mute 操作

```
X06 07
```

!左声道 3D 音效用 EQ, 设置成 All-pass

```
X29 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
X2A 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

!右声道 3D 音效用 EQ, 设置成 All-pass

```
X30 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
X31 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
! (CH1) input mixer          0_1_1_0
```

```
X53 00 00 00 00 00 80 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00
```

```
! (CH2) input mixer          0_1_1_0
```

```
X54 00 00 00 00 00 80 00 00 00 80 00 00 00 00 00 00
```

!3D 音效左右声道高频部分混音, 0_0.5_-0.5

```
X55 00 00 00 00 00 40 00 00 0f c0 00 00
```

!3D 音效用 EQ, 设置成 All-pass

```
X5E 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

!解除软件静音操作

```
X06 00
```

```
!*****3D 音效关*****/
```

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示的保证或陈述，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