

# 使用 *miniDSP Codec* 提升智能手机的音频效能

王凡 Ryan Wang (Fan)

South China OEM Team

## 摘要

Texas Instruments 推出的超低功耗 miniDSP 音频 Codec 集成了双 miniDSP 内核，可在耗电极低的工作状态下为电池供电的便携式产品提供高性能的语音及音乐处理能力。本文以智能手机应用为例介绍了 miniDSP Codec 的典型应用及设计注意事项。

## 内容

1	miniDSP Codec 简介 .....	1
2	智能手机音频系统概述 .....	5
3	miniDSP Codec 应用注意事项 .....	8
4	总结 .....	12
5	参考文献 .....	12

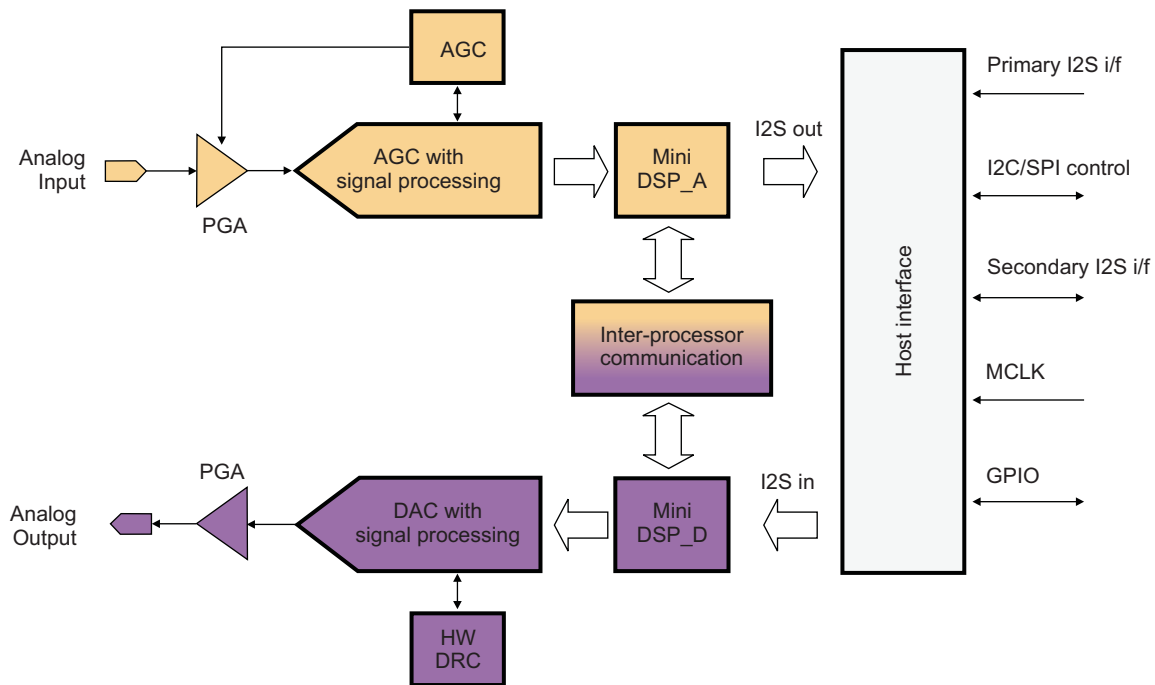
## 图表列表

1	miniDSP Codec 和常规 Codec 的对比 .....	3
2	AIC3254 miniDSP D 的预置处理模式（节选） .....	3
3	AIC3254 miniDSP A Adaptive Filtering 控制寄存器（P8_R1） .....	12

## 1 miniDSP Codec 简介

德州仪器半导体公司（Texas Instruments）推出的内嵌 miniDSP 的音频编解码器（简称 miniDSP Codec）具有两个可编程的 miniDSP 内核。如图 1 所示，miniDSP A 位于 ADC 信号路径上，主要负责 ADC 采样后的数字音频流处理，miniDSP D 位于 DAC 路径上主要负责 I2S 总线输入的数字音频流处理。miniDSP A 和 miniDSP D 之间也有互联的内部数据总线可用于数据交换及共享代码空间。

miniDSP 内核是完全可编程的，支持录音和回放的专用算法。例如：多段均衡（Multi-Band Equalization）、动态噪声消除（Dynamic Noise Filter）、回声消除（Echo Cancellation）等算法。miniDSP Codec 具有非常优秀的电源管理功能，在提供强大的音效处理能力的同时兼顾了低功耗特性，非常适合电池供电的便携式产品应用，例如智能手机，多媒体播放器，导航仪，电子相框等。



ZHCA113-001

图 1. miniDSP Codec 内部简化框图

TI miniDSP Codec 系列产品目前包括以下器件：

- TLV320AIC3253
- TLV320AIC3254
- TLV320AIC36
- TLV320AIC3111
- TLV320AIC3120

本文以 TLV320AIC3254 为例介绍 miniDSP Codec 的典型应用及设计注意事项，部分内容也适用于下列包含 miniDSP 内核的 ADC 或 DAC 器件：

- TLV320ADC3101
- TLV320ADC3001
- TLV320DAC3120

## 1.1 miniDSP Codec 与常规 Codec 在手机应用中的对比

### 音频 Codec

在手机系统中主要提供两种功能：第一种是音频信号路径的选择及混音管理。例如：选择将音乐信号传输到耳机还是喇叭；通话时选择内置麦克风还是耳机麦克风等。第二种是音频信号音质处理和效果增强。例如：播放音乐时的高低音调节；语音通话时的背景噪声消除功能等。

对于路径选择及混音管理功能来说，miniDSP Codec 的优势在于提供了一个灵活、可编程的数字路径选择及混音管理功能。miniDSP 内部可对任意通道进行混音、拆分，并且可在任何路径上放置滤波器及音效处理控件。对于音质处理功能来说，miniDSP Codec 可利用内嵌的 miniDSP 引擎支持灵活及强大的音效处理算法，来改善手机的通话音质或增强音乐回放时的效果。表 1 总结了 miniDSP codec 和常规 Codec 之间的主要区别以供参考。

表 1. miniDSP Codec 和常规 Codec 的对比

	常规 Codec	miniDSP Codec
数字均衡器 (EQ)	路径固定, 一般 5 段 / 声道	路径无限制, 个数仅受内存限制
动态范围控制 (DRC)	算法固定, 提供简单调节功能	可编程, 支持多段 DRC, 参数调节灵活
自动增益 (AGC)	算法固定, 提供简单调节功能	可编程, 参数调节灵活
模拟/数字混音	硬件提供固定混音路径	可编程, miniDSP 内部支持任意路径混音/拆分
噪声消除	无法支持	通过音效算法库支持, 并不断升级
回声消除	无法支持	通过音效算法库支持, 并不断升级
特殊音效算法 (SRS等)	无法支持	通过音效算法库支持, 并不断升级
终端产品可升级性	无升级空间	可通过更新固件来升级音效算法以提升音质

## 1.2 miniDSP Codec 工作模式简介

常规 Codec 在应用中仅需通过 I2C 或 SPI 总线对少量寄存器进行初始化即可正常工作。miniDSP Codec 提供了两种工作模式来满足不同的应用需求:

- 预置处理模式 (Processing Block Mode)

为了兼容常规 Codec 的配置模式, miniDSP Codec

内部存储了若干组预置处理模式的代码, 不同的预置处理模式提供了不同的音效处理能力及功耗特性。用户无需对 miniDSP 进行编程, 只要按需求选择一个预置处理模式即可完成配置。这种工作模式简化了 miniDSP Code 的应用方式, 提供了类似常规 Codec 的使用方法。

表 2 列举了 TLV320AIC3254 miniDSP D 的部分预置处理模式, 可见 miniDSP D 支持的不同预置处理模式主要的区别为:

1. 支持的插值滤波器类型及声道类型。
2. 支持的 EQ 个数。
3. 是否支持动态范围调整 (DRC), 环绕立体声 (3D), 哔哔声发生器 (Beep Generator)。
4. 资源占用及功耗等级。

表 2. AIC3254 miniDSP D 的预置处理模式 (节选)

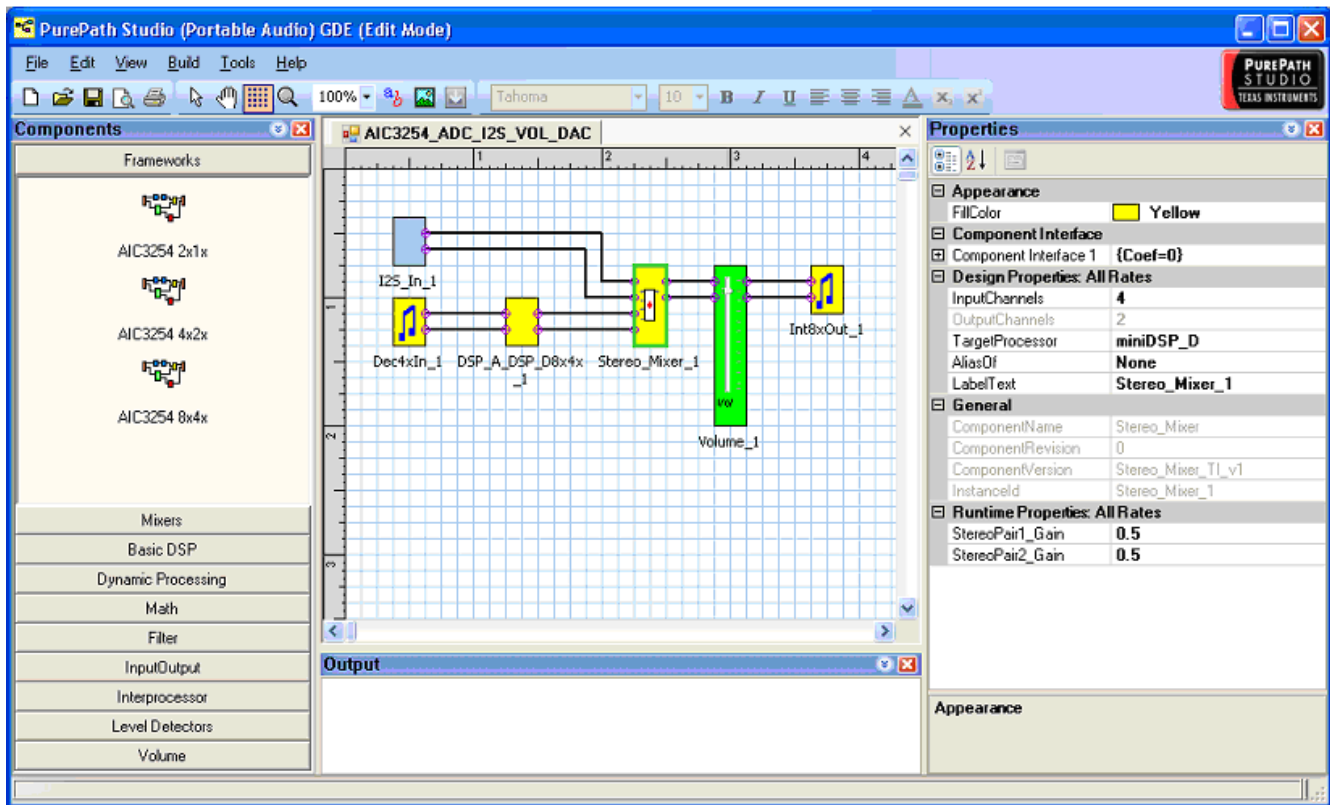
Processing Block No.	Interpolation Filter	Channel	1st Order IIR Available	Number of Biquads	DRC	3D	Beep Generator	RC Class
PRB_P1	A	Stereo	No	3	No	No	No	8
PRB_P2	A	Stereo	Yes	6	Ye	No	No	12
PRB_P3	A	Stereo	Yes	6	No	No	No	10
PRB_P4	A	Left	No	3	No	No	No	4

同 miniDSP D 类似, miniDSP A 也有不同的预置处理模式供选择。请参考器件的用户手册来获取详情。

- miniDSP 编程模式

miniDSP 编程模式下, 用户需要在启动时通过 I2C 或 SPI 对 miniDSP

的程序进行加载。所有的滤波器、音效等控件均按照用户需求自行定义及配置。相比预置处理模式, miniDSP 编程模式下 Codec 的功能更强, 使用更灵活性。



ZHCA113-002

图 2. PurePath™ Studio (Portable Audio) GDE 开发界面

若选择使用 miniDSP 编程模式，用户必须自行开发 miniDSP 的程序。为了简化含有 miniDSP 的低功耗音频编解码器的软件开发工作，TI 推出了独有的图形化编程开发环境 PurePath™ Studio (Portable Audio) Graphic Development Environment (简称,GDE)。GDE 的开发界面如图 2 所示。用户按以下简单步骤即可完成 miniDSP 的应用开发：

1. 选择目标器件，确定音频采样率等初始配置。
2. 选择控件库中提供的输入输出模块，完成模拟和数字音频信号路径规划。
3. 选择音量、滤波器、音效处理等模块，放置于所需路径并初步设定效果参数。
4. 与 TI 演示板（EVM）连接，下载程序测试功能及效果。实时调整以确定效果参数。
5. 产生 C 语言头文件代码，供给手机系统驱动使用。

可见 GDE

是一套完善、易用的开发工具，开发人员无需懂得编程语言。该工具可以简化终端产品应用开发难度，缩短开发周期。有关 GDE

的更多详情，请参考：[http://focus.ti.com.cn/cn/docs/toolsw/folders/print/aicpurepath\\_studio.html](http://focus.ti.com.cn/cn/docs/toolsw/folders/print/aicpurepath_studio.html)

### 1.3 Control Software GUI 介绍

Control Software GUI（简称 CS）是配套 TI miniDSP Codec 演示板使用的用户界面软件。如图 3 所示，CS 提供了完整的 Codec 寄存器配置选项，包括时钟、模拟输入/输出、电源管理等。CS 和 GDE 的关系是相辅相成的。GDE 主要用于编辑和生成 miniDSP 内核的代码，而 Codec 的时钟、电源、模拟输入输出部分的管理功能则由 CS 来完成。若用户选择使用 miniDSP 的预置处理模式（PRB 模式），仅使用 CS 即可完成 miniDSP Codec 应用代码的编写和调试。

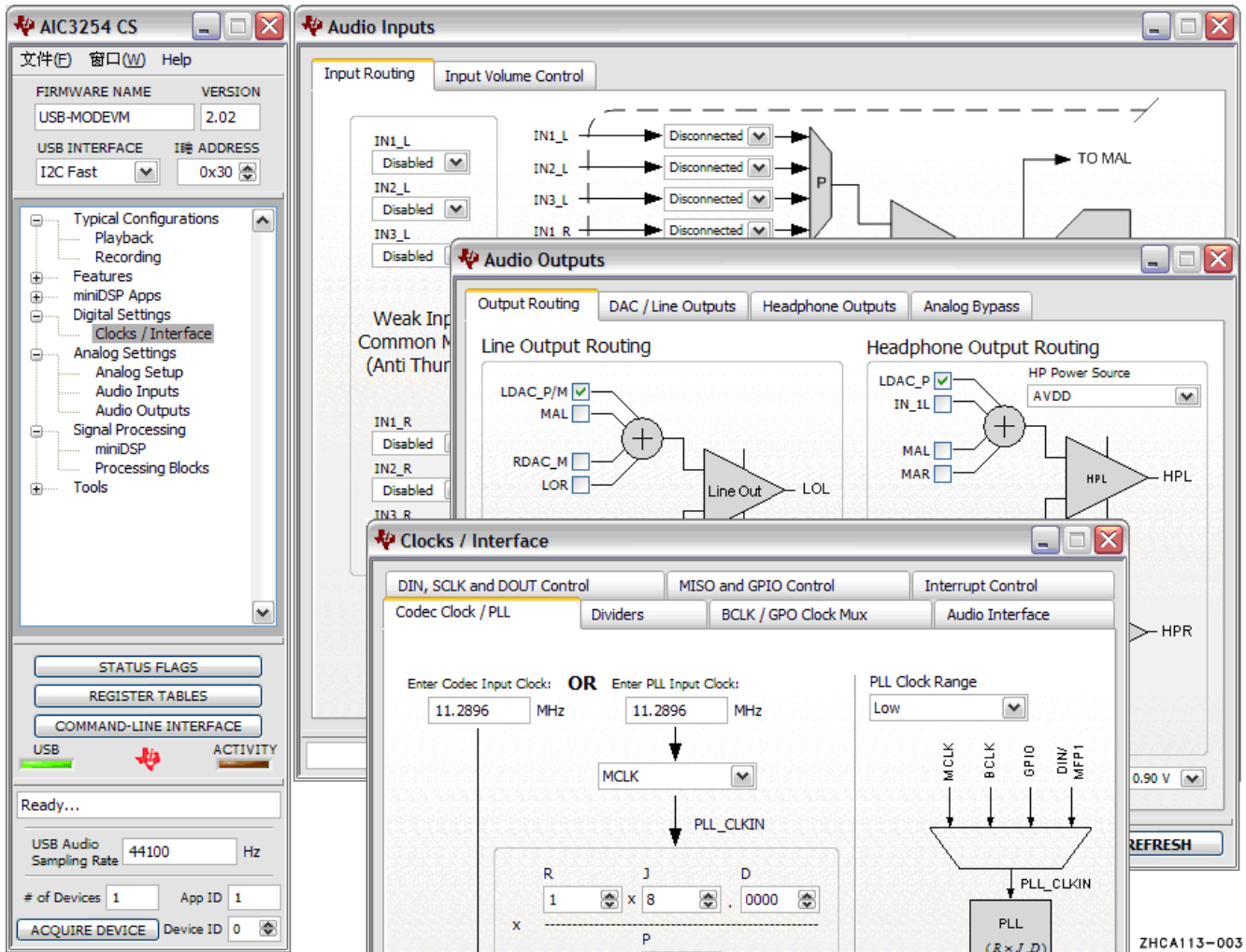


图 3. Control Software 用户界面

CS 还提供了寄存器命令记录器 ( COMMAND-LINE-INTERFACE

) 来协助用户记录对寄存器的操作。该功能可以方便用户记录寄存器调试结果, 快速验证寄存器设置。

## 2 智能手机音频系统概述

目前的手机产品可分为功能型手机 ( Feature Phone ) 和智能型手机 ( Smart Phone

) 两大类。功能型手机一般无独立的应用处理器 ( Application Processor, 简称 AP

), 主要采用单芯片结构。该单芯片内集成了基本的应用处理器及基带芯片 ( Base Band, 简称 BB

), 一般运行的是各大厂商自行开发的固件。功能型手机一般多为中低端产品, 主平台芯片多数自带简单功能的音频编解码器。

主流的智能型手机硬件平台采用应用处理器 +

基带芯片的双芯片结构。操作系统和应用程序在应用处理器内执行, 射频通讯软件在基带芯片内执行。 AP

和 BB 之间使用 AT ( Attention

) 命令来沟通。智能型手机对通话音质和多媒体播放性能要求较高, 一般均外加功能强大的音频编解码器来满足功能及性能的需求。

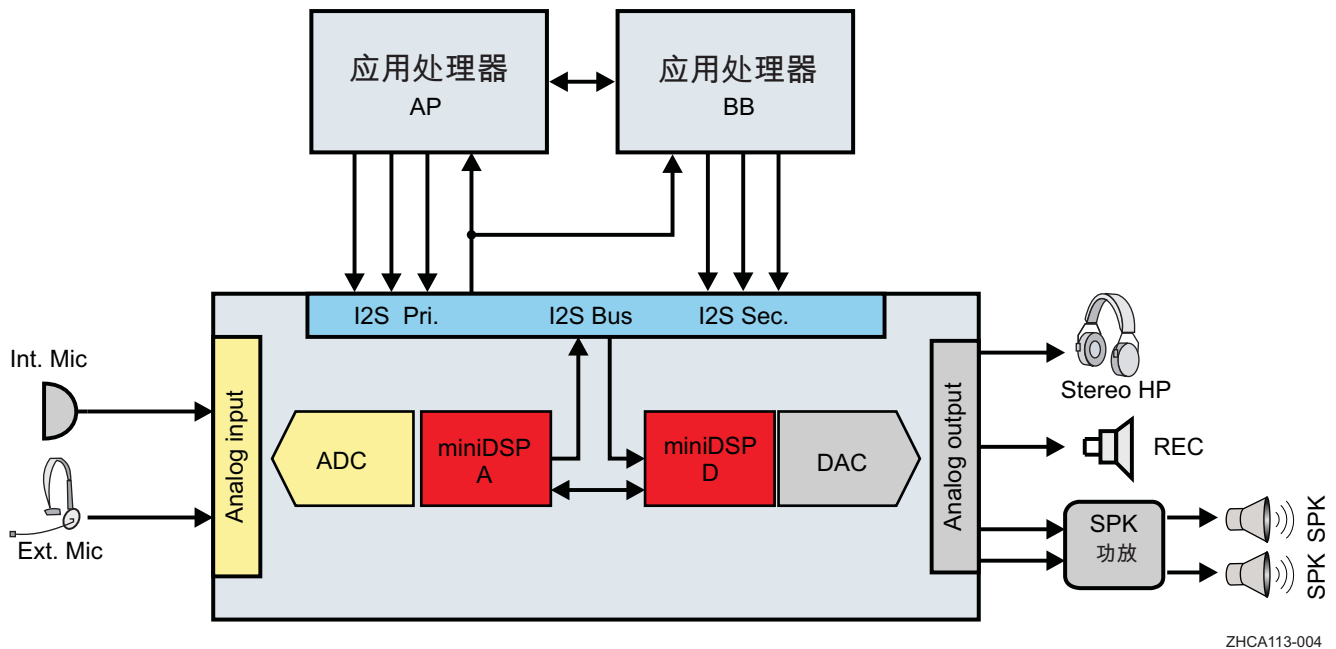


图 4. 使用 miniDSP Codec 的智能手机典型框图

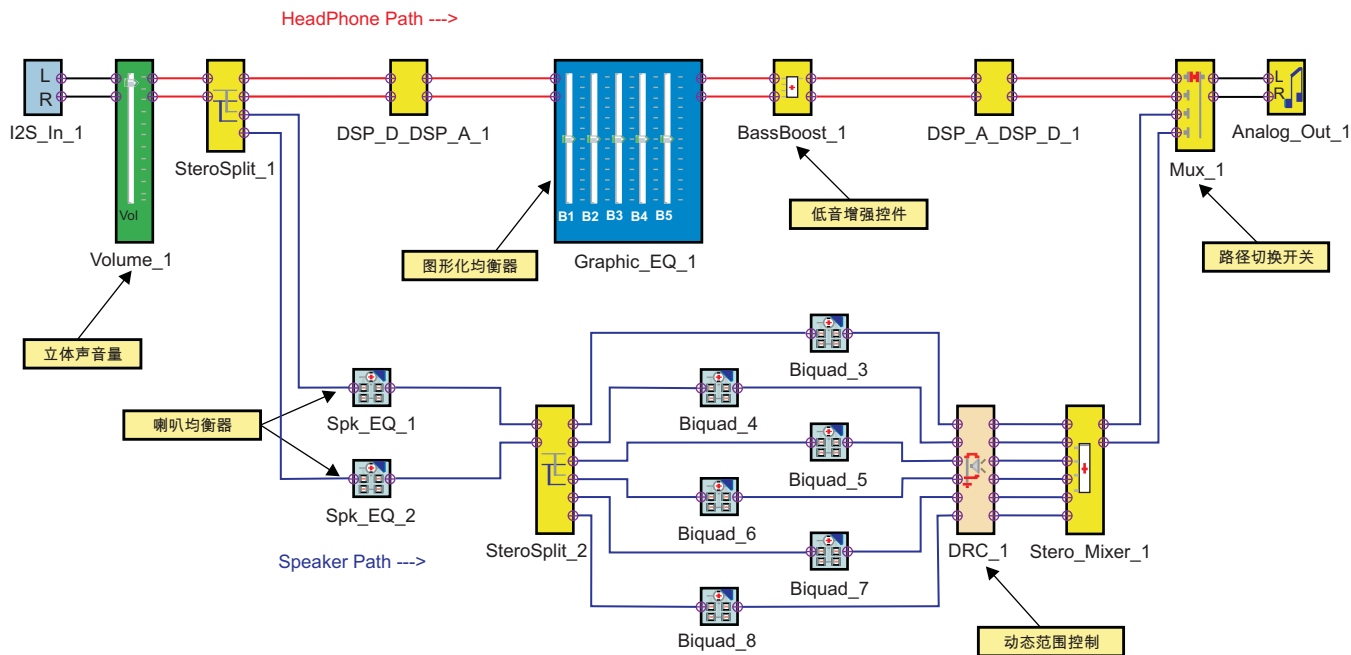
图 4 是 miniDSP Codec 在智能型手机中的典型应用框图。根据手机应用的工作模式，miniDSP Codec 的工作状态可分为音乐回放模式及语音通话模式两种。音乐回放模式下，应用处理器将数字音乐信号通过 I2S 总线传输给 miniDSP Codec。miniDSP 根据用户设定的程序对音乐信号进行处理，处理后的音乐被输出到耳机或者外放进行播放。

语音通话模式下 miniDSP Codec 的 ADC 开启，麦克风的模拟输入信号被 ADC 采样后传输给基带芯片。基带芯片将接受到的麦克风语音信号通过天线发射给接收方，该路径也称作语音通话的上行链路（Uplink）。下行链路（Downlink）的信号流程是由基带处理器将天线接收到的对方语音信号通过 I2S 总线传输给 miniDSP Codec 的 DAC 部分，该信号经过处理后被输出到受话器、耳机或者外放进行播放。可见在智能手机系统中音频 Codec 是手机音频系统的核心，负责所有模拟及数字音频路径及混音管理，同时提供音效处理及音质优化功能。

## 2.1 miniDSP Codec 在音乐回放模式中的典型应用

音乐回放 (Music Playback) 是手机的必备功能，miniDSP Codec 内置的 miniDSP 引擎可提供常规 Codec 所不具备的强大音效处理能力以及可持续升级性。图 5 是 miniDSP 在手机音乐回放模式中的典型应用程序示例。

在该示例中，I2S 音频数据经过“立体声音量”控件后分为耳机路径（上方）和喇叭路径（下方）两个支路。耳机路径中的“图形化均衡器（Graphic EQ）”可以提供 5 段高低音调节功能来实现 Pop、Jaz 和 Classic 等不同类型音乐对频响曲线的要求。“低音增强控件（BassBoost）”可利用谐波原理增强耳机的低频效果。喇叭路径中的“喇叭均衡器（Speaker EQ）”和“动态范围控制（DRC）”控件可用于补偿喇叭的频率响应曲线和限制输出幅度。在输出部分的“路径切换开关”可用于在拔插外置耳机时，根据需要切换 miniDSP 内的耳机路径或喇叭路径。

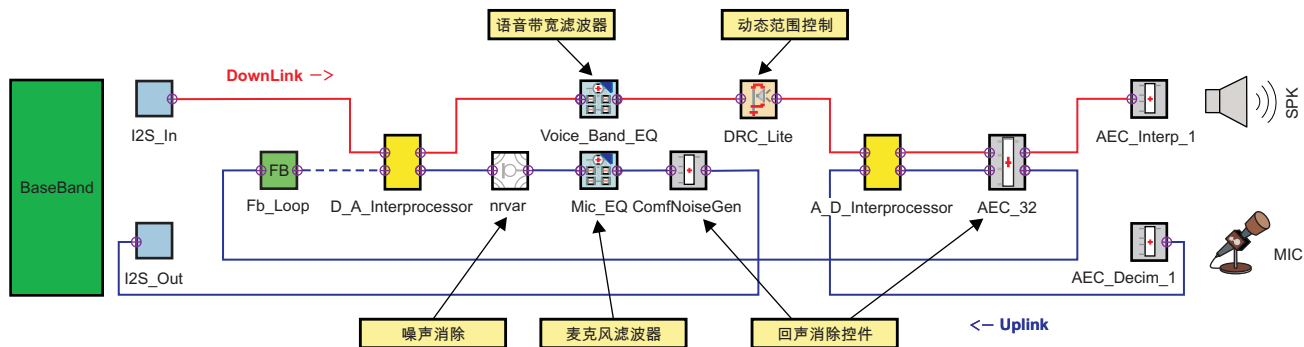


ZHCA113-005

图 5. 音乐回放模式 miniDSP 典型应用程序示例

## 2.2 miniDSP Codec 在语音通话模式中的典型应用

语音通话模式下，miniDSP Codec 通过 I2S 总线与基带芯片（BB）通讯。该模式下 I2S 总线的采样率通常为 8kHz，用于传输语音信号。miniDSP Codec 的主要功能为改善通话质量，优化语音清晰度。



ZHCA113-006

图 6. 语音通话模式 miniDSP 典型应用程序示例

如图 6 所示，语音通话模式下，下行 (Downlink) 语音数据通过 I2S 总线由基带芯片（BaseBand）传输给 miniDSP Codec。经过“语音带宽滤波器（Voice\_Band\_EQ）”滤除语音带外杂讯，然后送入“动态范围控制（DRC）”控件对下行信号做限幅处理后输出到耳机、受话器或者喇叭。上行（Uplink）语音数据由麦克风采集后首先经过“回声消除（AEC）”控件，该控件也同时采集下行语音数据来运行回声消除算法。消除回声后的上行语音数据又经过“噪声消除（NR）”和“麦克风滤波器（Mic\_EQ）”控件进行降噪和滤波处理，再通过 I2S 总线送往基带芯片并发射出去。

### 3 miniDSP Codec 应用注意事项

由于 miniDSP Codec 具有特殊的内核架构，在使用中和常规 Codec 相比具有一定的特殊性。本节总结了部分应用注意事项供参考。

#### 3.1 合理利用和分配内存资源

miniDSP 的内存分为指令内存（Instruction RAM）和系数内存（Coefficient RAM）两部分。由于存储控件是有限的，所以并非控件库中的所有模块都可以同时被编译并执行。

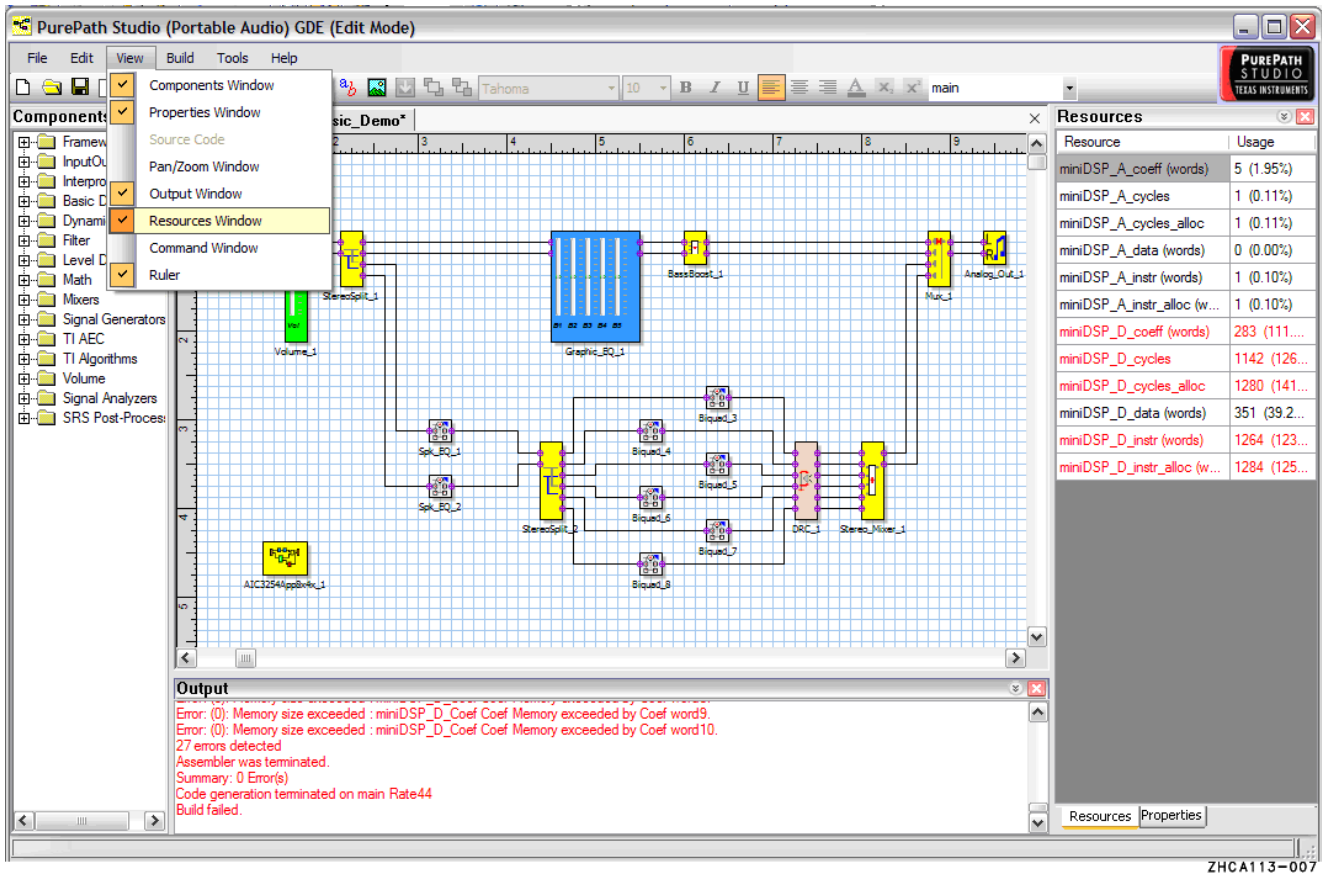


图 7. GDE 的资源窗口

使用 GDE 完成 miniDSP 的流程图后首先要生成代码并检查是否有内存溢出的错误。如图 6 所示，用户可在 View 下拉菜单内找到 Resources 窗口，打开后可查看 miniDSP A 和 D 的资源使用情况。若有内存溢出发生，GDE 会自动报错并自动以红色显示内存溢出的详情。

部分内存溢出的错误可以通过重新对 miniDSP A 和 D 合理分配代码占用来修正。例如，若 miniDSP D 的存储空间已满而 miniDSP A 的存储空间尚有空余。可以将部分控件从 miniDSP D 中转移到 miniDSP A 中运行。GDE 控件库内提供了 DSP\_A\_DSP\_D 和 DSP\_D\_DSP\_A 两个组件，它们可以用于连接 A 和 D 两个内核进行数据交换。

另外用户可以使用切换应用场景的方法来解决部分内存不足的问题，例如将 miniDSP 的程序分为音乐播放时的程序和语音通话时的程序两部分。这两部分程序的应用场景是独立的，用户可为两种应用场景编写各自的代码，并在应用场景切换时切换相应的 miniDSP 的程序即可。



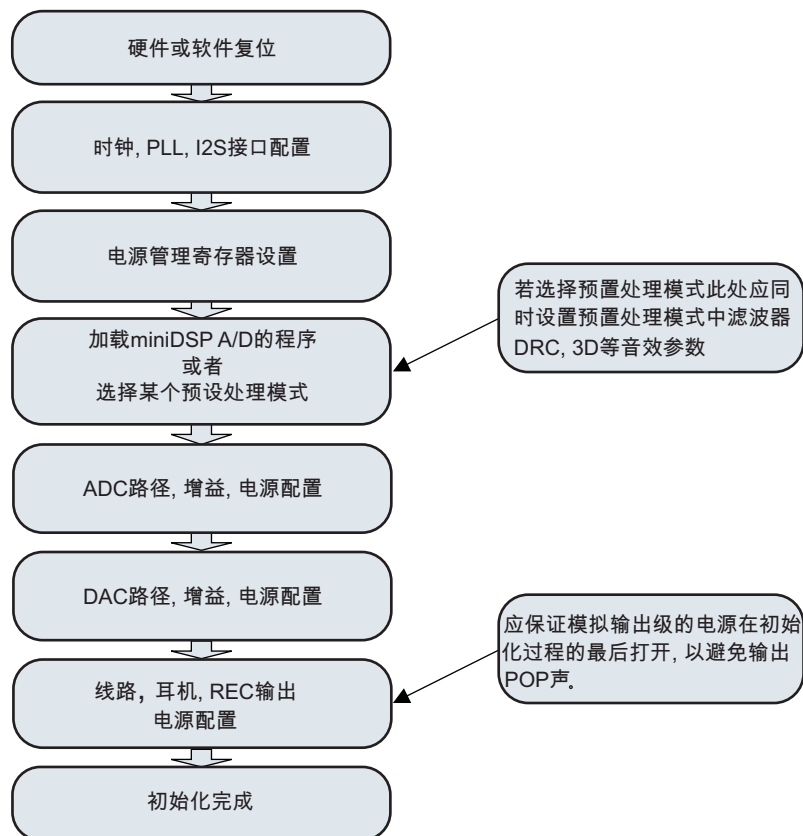
### 3.2 miniDSP Codec 寄存器初始化时序

#### miniDSP Codec

的寄存器可以分为两类：一类是常规寄存器，包括电源管理，时钟设置和路径选择等设置，通常称为 **Analog Block Registers**。该类寄存器同普通 Codec 是相似的；另一类是 miniDSP 程序寄存器。miniDSP 的程序是通过 I2C 总线下载到内部运行的，所以 miniDSP 的所有内存地址均映射到特定的 I2C 地址。地址映射也提供了相应的接口让用户可以在 Codec 运行时调节 miniDSP 程序中的控件参数，例如调节 miniDSP 中音量控件的音量，或改变混音器的混音比例。

#### 初始化 miniDSP Codec

必须严格遵循正确的时序，不适合的时序可能会引起程序加载异常或者模拟输出产生 POP 声等问题。在初始化之前，首先通过 **RESET** 管脚或者软件复位寄存器（Page 0/Register 1）对 Codec 进行复位，复位后 Codec 内部所有寄存器将恢复默认状态。之后用户需要配置时钟、电源管理、ADC 和 DAC 通道的寄存器及 miniDSP 程序等。推荐的配置顺序如图 8 所示：



ZHCA113-008

图 8. miniDSP Codec 初始化时序

### 3.3 运行时的 miniDSP 程序切换

一般情况下，当 miniDSP Codec 的程序通过 I2C 总线下载后就可持续运行无需进行重新加载。但在下列两种情况下，miniDSP 的内核程序需要在运行时进行切换：

- Codec 的采样频率改变。例如由音乐播放频率由 48kHz 切换到 44.1kHz。采样频率的变化导致 Codec 时钟必须重新配置，并且 miniDSP 程序中所有跟采样频率有关的滤波器参数等均需要更新。所以当采样频率切换时，miniDSP 也需要重新加载符合新采样频率的固件。

- 内存限制。如 3.1 节所述，由于 miniDSP 的内存是有限的，导致无法将所有处理功能集中于单一程序中一次性下载并执行，尤其是某些占用资源较多的音效（例如 SRS、回声消除等）会因为内存资源的限制而无法同时加载执行。解决方法即根据不同应用场景的需要，在场景切换的同时切换相应的 miniDSP 程序。

miniDSP 的程序切换实际上就是使用新固件进行 miniDSP 的重新初始化。miniDSP 内核程序更新前后均需要按照正确的时序来配置电源、时钟及模拟输入输出。错误的时序将导致更新时模拟输出出现 POP 声，甚至 miniDSP 程序写入失败。正确的 Codec 初始化时序请参考 3.2 节。

### 3.4 miniDSP 驱动头文件

GDE 支持将 miniDSP 程序编译成 C 语言的头文件格式（.h File）来提供给驱动程序调用。手机操作系统只需要在驱动程序中引用头文件内的数组便可完成 miniDSP 内核程序的加载。如图 9 所示，驱动代码头文件生成选项可在 GDE 的 Tools→Option→Build 菜单中找到并打开。使能该功能后，GDE 会在目标程序目录下生成 main\_RateXX\_pps\_driver.h 文件（XX 代表采样率）。

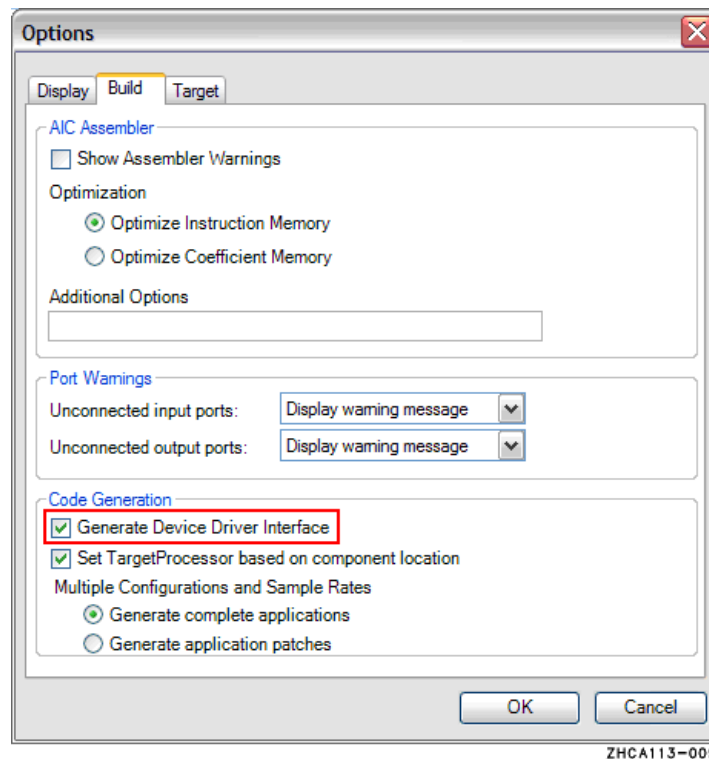
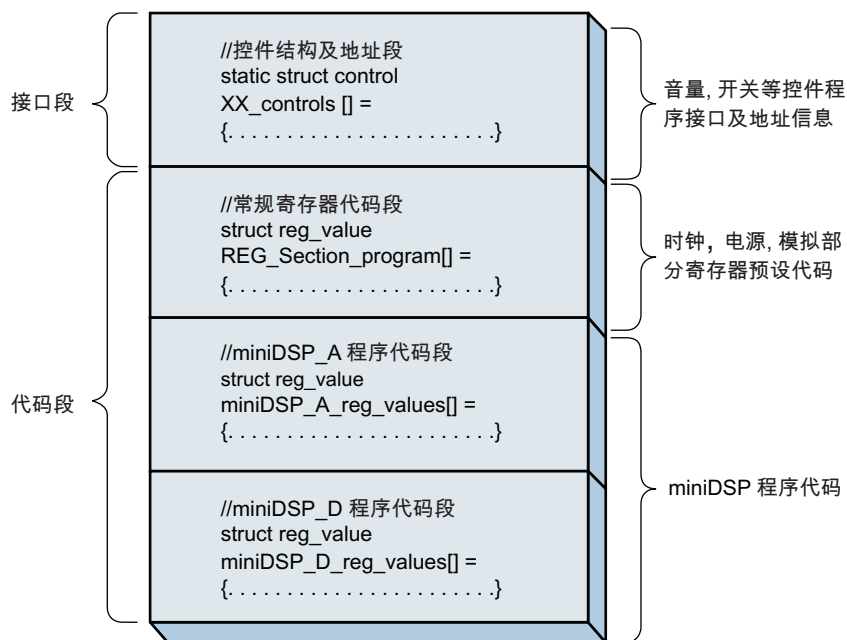


图 9. 驱动头文件生成选项

头文件结构如图 10 所示，主要分为接口段和代码段两部分。接口段主要包括每个音量、开关、音效控件的名称信息及地址信息，用来提供给驱动程序一个接口来控制它们。代码段包括三个子段落：常规寄存器代码段、miniDSP A 程序代码段和 miniDSP D 程序代码段。驱动程序需要引用代码段内的数组来完成寄存器及 miniDSP 的程序写入。



ZHCA113-010

图 10. 驱动头文件结构示例

需要注意的是常规寄存器代码段内的参数通常是 GDE 按照器件 EVM 板产生的默认参数，该参数并不一定适用于实际的用户系统。例如用户系统使用了与 EVM 板不同的 MCLK 时钟频率，则用户必须手动更改常规寄存器代码段内的 PLL 参数来满足实际需求。

同理，GDE

并不关心用户使用哪一个模拟输出。选择耳机、受话器或者喇叭输出的工作应由智能手机的系统按照实际需求来决定。所以，一般常规寄存器代码段仅对电源、时钟等固定参数做上电初始化。而模拟路径的选择及输出级的开关、静音等功能均由系统来管理。

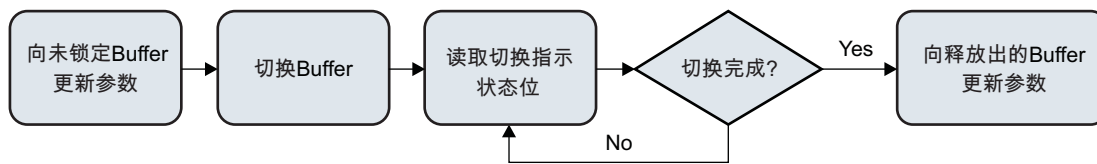
### 3.5 Adaptive Filtering

注：并不是所有的 miniDSP 器件均支持 Adaptive Filtering 功能，请参考相应器件的手册获得详细支持信息。

当 miniDSP Codec

运行在普通模式下，滤波器、音效等控件的参数将被锁定无法实时更改。这种模式适用于不需要实时调节参数的场合。若用户希望实时调节滤波器参数或改变某个混音器的混音比例等，则需要启用 Adaptive Filtering 模式。

Adaptive Filtering 模式下系数内存（Coefficient Memory）将分为 Buffer A 和 Buffer B 两块，两块内存内容完全一致，相互备份。miniDSP 工作时将锁定 Buffer A 或者 Buffer B 其中的一个，从中获取参数信息。控制接口（I2C 或 SPI）可以读写未锁定的另一块 Buffer。当用户更新了未锁定 Buffer 内的参数后，可通过操作特定寄存器来通知 miniDSP 切换到更新后的 Buffer 来使用新的参数。原先被锁定的 Buffer 将被释放，用户需对它更新相同的参数以确保两块 Buffer 的参数同步。图 11 给出了标准的 Adaptive Filtering 更新参数操作时序图供参考。



ZHCA113-011

图 11. Adaptive Filtering 更新参数操作时序

以 AIC3254 的 miniDSP A 为例，表 3 列出了 miniDSP A 的 Adaptive Filtering 控制寄存器，用户可通过 D2 开启 Adaptive Filtering 功能。miniDSP 运行时，若 D1 的值为 0，则表明 miniDSP 正在使用 Buffer A，用户可以通过 I2C 更新 Buffer B 内的参数。更新结束后，用户向 D0 写入 1 通知 miniDSP 切换到 Buffer B 的新参数。切换完成后 D0 的值会自动清零，用户需要读取 D0 的值来确保 Buffer 的切换已经完成。当确认切换完成后，用户需要将同样的参数值写入释放出来的 Buffer A 以确保参数同步。

表 3. AIC3254 miniDSP A Adaptive Filtering 控制寄存器 (P8\_R1)

BIT	读/写	复位值	功能
D7-D3	R	00000	保留
D2	R/W	0	ADC Adaptive Filtering 控制 0: 禁止 miniDSP A 的 Adaptive Filtering 功能 1: 启动 miniDSP A 的 Adaptive Filtering 功能
D1	R	0	ADC Adaptive Filtering 内存 Buffer 标志位 0: miniDSP A 锁定 Buffer A，控制端口可读写 Buffer B 1: miniDSP A 锁定 Buffer B，控制端口可读写 Buffer A
D0	R/W	0	ADC Adaptive Filtering Buffer 切换控制 0: 在下次运算前不执行 Buffer 切换操作 1: 在下次运算前执行 Buffer 切换操作 *Buffer 切换完成后，该 bit 自动清零

为了简化用户的程序流程，当 miniDSP 正在运行时，Buffer A 和 Buffer B 的页面地址被设计成均指向未锁定的 Buffer。这个设置允许用户在切换 Buffer 后无需修改写入地址即可向释放出来的 Buffer 内存更新参数。在 miniDSP 停止运行的时候，Buffer A 和 Buffer B 的页面地址均恢复正常模式，用户需使用它们各自的地址进行参数更新。

#### 4 总结

本文以智能手机为例，介绍了 miniDSP 音频 Codec 在便携式设备中的典型应用及注意事项。相对于传统音频 Codec，miniDSP 音频 Codec 从根本上改变了一成不变的固定音效处理模式。miniDSP 内核提供给用户一个强大和灵活的开发空间，并具有持续的可升级性。最终可提升终端产品的性能及生命周期。

#### 5 参考文献

1. TLV320AIC3254, Ultra Low Power Stereo Audio Codec With Embedded miniDSP data sheet (SLAS549)
2. TLV320AIC36, Low Power Stereo Audio Codec With Embedded miniDSP data sheet (SBAS387)
3. Design and Configuration Guide for the TLV320AIC3204 & TLV320AIC3254 Audio Codec (SLAA404C)
4. Coefficient RAM Access Mechanisms (SLAA425A)

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">http://www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">http://www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">http://www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">http://www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">http://www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">http://www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">http://www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">http://www.ti.com.cn/microcontrollers</a>	无线通信	<a href="http://www.ti.com.cn/wireless">www.ti.com.cn/wireless</a>
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">http://www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
RF/IF 和 ZigBee® 解决方案	<a href="http://www.ti.com.cn/radiofre">www.ti.com.cn/radiofre</a>		
	TI E2E 工程师社区		<a href="http://e2e.ti.com/cn/">http://e2e.ti.com/cn/</a>

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated