

# AFE77xx 开发流程简介

Chen Andy

KAT/Field Applications

## ABSTRACT

AFE77xx 主要应用于无线通信系统的收发器，内部集成了接收，发射和反馈链路，同时接口也是基于 JESD204B 的串行接口，一颗芯片集成了 AD、DA、PLL、Serders、modulator 等，结构复杂，寄存器也比较多，本文介绍其整个开发过程，结合 Ti 的评估板，以及特殊的接口工具可以实现不需要查阅 AFE77 的寄存器列表，从而实现 Small cell 以及 RRU 的开发。

## Contents

### 1. AFE77xx 简介

#### 1.1 AFE 基本介绍

AFE77 系列是基于零中频架构的收发器，其工作频段是 600M-6GHz，主要应用与无线通信系统，可以支持 TDD 单模，FDD 单模，FDD 多模等无线标准，可以从下面框图看到，器件集成了调制器，本振，Tx DAC, Rx ADC, 以及反馈 ADC。可以同时支持 4 个发射 4 个接收系统，发射和接收链路都是基于零中频设计的，反馈链路是基于射频 ADC 架构的，所以可以支持 600M 发射带宽

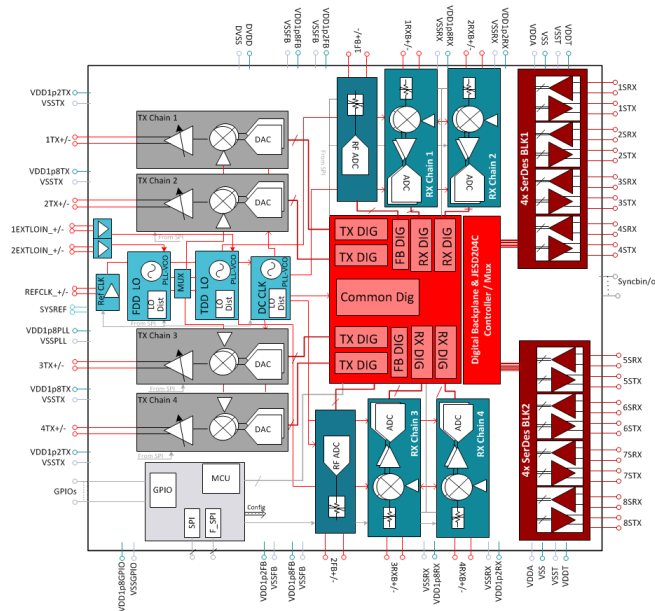


图 1

## 1.2 AFE77 支持模式

AFE77 是一系列收发器，有 AFE7769, AFE778x 等，不同的型号支持的模式不一样，AFE77 可以分成两个部分，每个部分是 2T2R1F。但我们可以简单的以本振数的多少来决定所能支持的模式，比如里面 AD/DA 肯定是需要一个本振来做采样时钟的，这样 4T4R 是需要至少两个本振的，一个用来做采样时钟，一个用来做移频本振，所以两个本振就只能支持 4T4R TDD 单模系统，如果是 FDD 单模系统至少就需要 3 个本振了，最复杂的 FDD 多模，2T2R1F 是一个 FDD 模式，另外 2T2R1F 是另一种模式，这样就需要至少 5 个本振了。

## 1.2 AFE77 主要特点

AFE77 接收和发射链路是基于零中频架构的，必然就会带来本振泄露和边带镜像的问题，所以需要对本振进行校准从而降低本振和边带镜像信号的幅度，和一般的收发器不同，AFE77 的校准算法是集成在芯片内部的，无需客户二次开发，只需要客户自己使能校准算法，由于校准算法集成，所以无需外部 CPU 干预，这样速度快。以往从使用经验来看，客户需要二次开发的系统，由于是外部 CPU 执行校准算法，会引起校准结果不稳定，比如发射 DSA 调整了，可能会引起本振和镜像信号的波动而引起杂散模板测试失败，而 AFE77 的算法是集成在芯片内部，所以校准结果比较稳定，不会因为外部链路的调整而引起比较大的波动。当然 AFE77 还有很多优点，比如反馈是射频直采的等，但最明显，能大大简化客户开发难度的就是集成了校准算法。

## 2. AFE77 评估系统

TI 开发了 EVM 评估板，客户可以基于自己的需要评估 AFE77 的发射，接收性能，硬件需求是 TSW14J56 数据收发板，AFE77 评估板，如下图所示：

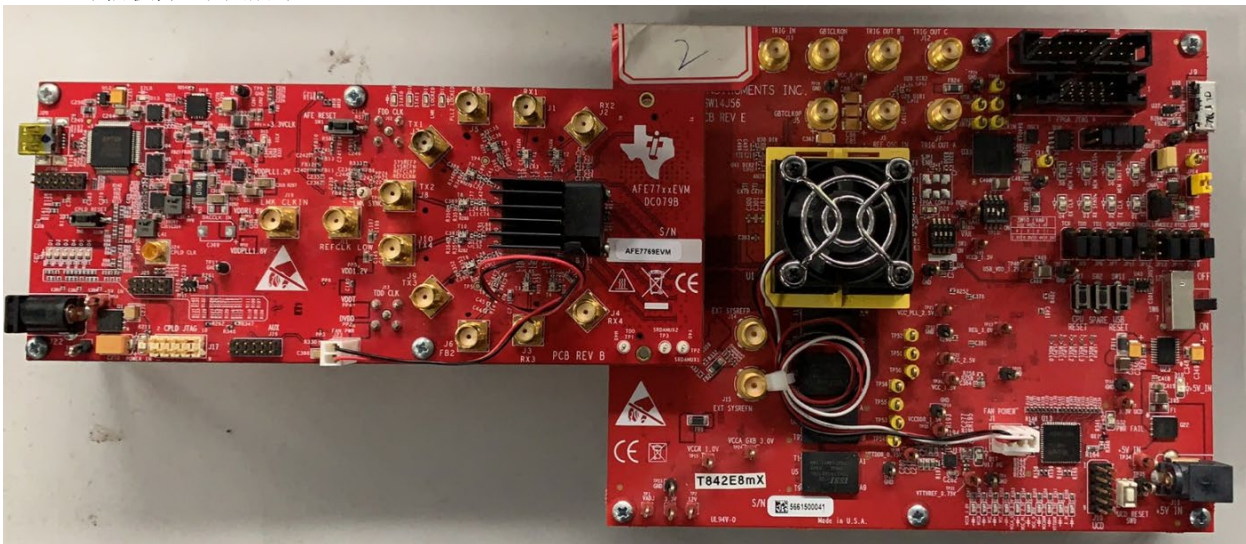


图 2

软件需求：

HSDCpro: <https://www.ti.com.cn/tool/cn/DATA CONVERTER PRO-SW?keyMatch=HSDC%20PRO&tisearch=Search-CN-everything>

Latte: 需要从 Ti 的相关人员获取。

AFE77library : 需要从 TI 相关人员获取

HSDC pro 是控制 TSW14J56 的 GUI，可以发射数据到 AFE77 评估 Tx 链路，也可以抓取数据来测试接收链路。

界面如下:



图 3

Latte 是基于 Python 的控制 AFE77 评估板的 GUI，可以配置，设置 AFE77 的相关参数，其界面如下:

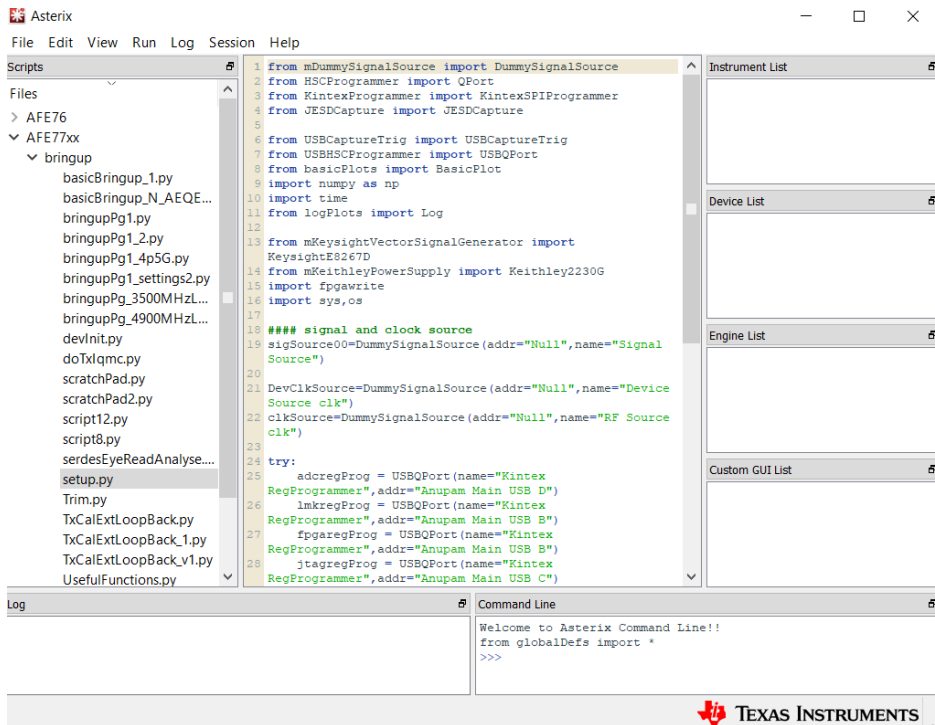


图 4

### 3. AFE77 开发流程

Step1: 搭建 TI AFE77 评估平台

Step2: 提供应用需求, TI 提供 AFE77 python 控制脚本

Step3: 基于第二步的脚本测试 AFE77, 并熟练控制 AFE77, 设置本振, DSA 等。

Step4: 开发客户自己的硬件平台, 并预留 SPI 接口

Step5: Ti 会提供 USB2SPI 工具, 如下所示, 可以直接将客户自己的电路板连接到 AFE77 GUI, 并用以上 step3 已经验证过的 python 脚本去调试自己的电路板, 这样就可以集中在硬件调试, 从而不用怀疑软件, 因为脚本已经在 Ti 的评估班上验证过。同时可以用这套系统去测试很多功能, 例如本振校准, Rx DSA 校准等。

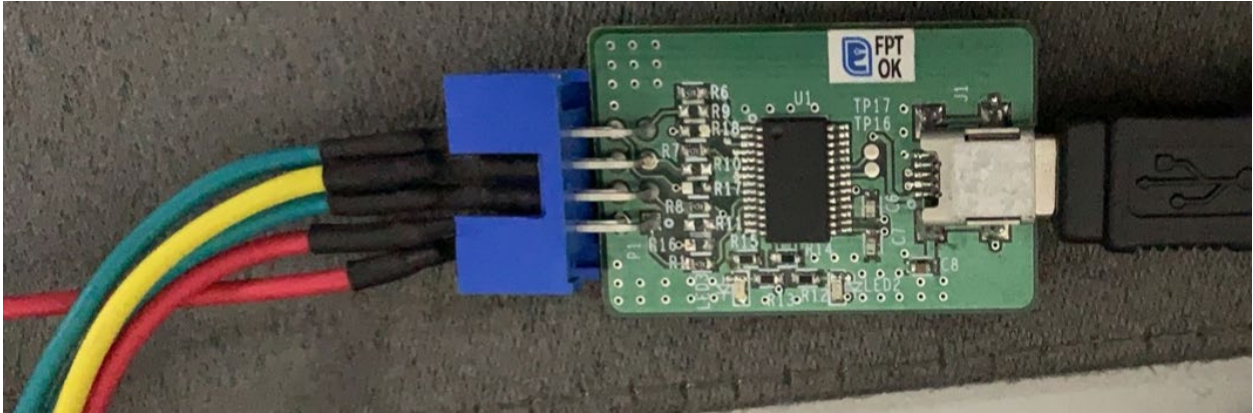
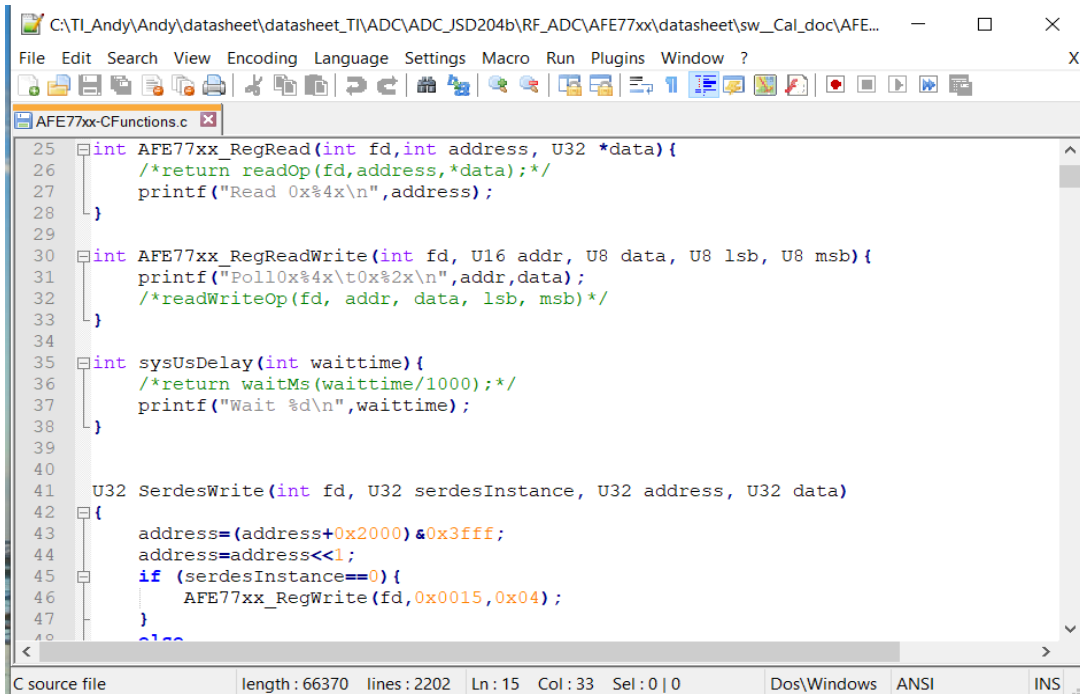


图 5

Step6: TI 会提供例子 C 代码, 例如移动本振, 设置 DSA, AGC 等, 客户集成例子代码到自己的开发环境。



```

25 int AFE77xx_RegRead(int fd,int address, U32 *data){
26     /*return readOp(fd,address,*data);*/
27     printf("Read 0x%4x\n",address);
28 }
29
30 int AFE77xx_RegReadWrite(int fd, U16 addr, U8 data, U8 lsb, U8 msb){
31     printf("Poll0x%4x\t0x%2x\n",addr,data);
32     /*readWriteOp(fd, addr, data, lsb, msb)*/
33 }
34
35 int sysUsDelay(int waittime){
36     /*return waitMs(waittime/1000);*/
37     printf("Wait %d\n",waittime);
38 }
39
40
41 U32 SerdesWrite(int fd, U32 serdesInstance, U32 address, U32 data)
42 {
43     address=(address+0x2000)&0x3fff;
44     address=address<<1;
45     if (serdesInstance==0){
46         AFE77xx_RegWrite(fd,0x0015,0x04);
47     }
48     else

```

图 6



Step7: Latte python 除了给客户提提供测试代码，同时会在 latte 安装文件夹\lib\下生成一个寄存器配置文件，如下图所示。注意，客户需要在自己的软件系统里完成底层 SPI 读写寄存器的命令，例如 SPIWrite, SPIRead 等，这样当系统载入这个寄存器文件的时候，就会解析配置文件的命令。

Step8: 测试 Step6 里的所有函数，并得到结果

综合来看我们的开发过程分两步，首先利用 TI GUI 调试硬件，然后切换至客户自己的系统完成软件切换。这里还可以看到开发全部过程不需要直接去设置 AFE77 的寄存器，从而大大简化开发过程，大大缩短 time2 market 的时间，从以往的开发经验看，两个工程师 4-5 个月就可以完成整个过程的开发，从而快速小批量产品。

```

\\EXTERNAL-ACTION: Toggle HW Reset

\\START: Resetting the Device

SPIWrite 0000,30,0,7
SPIWrite 0000,b0,0,7
SPIWrite 0000,30,0,7
SPIWrite 0000,30,0,7
SPIWrite 0000,30,0,7
SPIRead 0003,0,7

\\Read  chip_type=0x0;  Address(0x3[7:0],)

SPIRead 0004,0,7
SPIRead 0005,0,7

\\Read  chip_id=0x0;  Address(0x4[7:0],0x5

SPIRead 0006,0,7

\\Read  chip_ver=0x0;  Address(0x6[7:0],)

SPIRead 0007,0,7
SPIRead 0008,0,7

\\Read  vendor_id=0x0;  Address(0x7[7:0],0x8

\\END: Done resetting the Device
    
```

图 7

## 参考文献

1. HSDC pro userguide: SLWU087D.pdf
2. AFE7769 数据手册

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

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 © 2021 德州仪器半导体技术（上海）有限公司