

## **ADF7024上的自主IR校准**

**作者：Liam O’Hora和Conor O’Mahony**

### **简介**

外差无线电(例如ADF7024收发器)利用混频器将接收到的射频(RF)信号下变频至中频(IF)。干扰信号位于镜像频率范围内，同样会向下混频至目标频率。干扰信号会降低接收器的灵敏度，阻塞目标通道。

理论上，采用IQ接收架构的理想收发器经配置可防止镜像频率混频至目标通道。该理论假设混频器正交路径的增益平衡和相位正交性完全一致。实际应用中，由于混频器不完美，会存在一些不平衡。镜像校准过程通过固件下载模块调整混频器的增益和相位，直到正交信号实现最佳平衡，提供最大的镜像抑制能力。

本应用笔记描述用于ADF7024收发器IC的完全自主镜像抑制(IR)校准固件下载模块。该固件可通过默认配置自主优化镜像抑制，只需少量用户输入。

该下载提供IR校准扩展选项，但本应用笔记仅讨论基本操作。

固件二进制下载文件(rom\_ram\_7024\_2\_2\_IRcal\_dragon\_filter\_visu.dat)包含于ADF7024设计资源包中，可在ADF7024产品页面下载，网址是：[www.analog.com/ADF7024](http://www.analog.com/ADF7024)。

## 目录

简介.....	1	运行IR校准 .....	4
修订历史.....	2	IR校准结果 .....	6
完全自主镜像抑制校准.....	3	高级操作.....	6
用于IR校准的寄存器.....	3		
IR校准固件下载程序.....	4		

## 修订历史

2014年10月—修订版0：初始版

## 完全自主镜像抑制校准

ADF7024提供可供下载的IR校准模块，优化工作时的镜像抑制性能。校准过程完全自主。

IR校准固件控制ADF7024接收器。IMAGE\_REJECT\_CAL\_CONFIG寄存器(地址0x319)采用IR校准固件进行内部编程，无需用户设置。该固件将一个内部产生的镜像频率RF源施加到RF输入，然后监控接收信号强度指示(RSSI)输出。它通过这种方式为算法选择适当的Rx频率。注意，退出IR校准算法时不会恢复初始频率值，因此用户必须在IR校准之后重新载入所需的Rx频率值。

然后，IR校准算法反复最小化混频滤波器的正交增益和相位误差，以最大程度提高镜像抑制性能。注意，IR校准算法采用数据包RAM作为操作中的临时存储器，从而覆盖数据包RAM中一切原来的数据。

校准后，再将新的优化相位和增益值载入IMAGE\_REJECT\_CAL\_PHASE(地址0x118)和IMAGE\_REJECT\_CAL\_AMPLITUDE(地址0x119)。休眠模式下，配置寄存器会保存这些校准值；器件唤醒时，会自动重新应用这些值，这样所需的校准次数可降至最少。

**表1. 用于配置IR校准算法的数据包RAM寄存器**

地址(十六进制)	寄存器	数值	说明
0x010	IR_CAL_CTRL1	0xC0	默认IR校准控制值
0x011	IR_CAL_CTRL2	0x04	默认IR校准控制值

**表2. 地址0x118: RADIO\_IMAGE\_REJECT\_CAL\_PHASE**

位	名称	R/W	说明
7	保留	R/W	置0
[6:0]	IMAGE_REJECT_CAL_PHASE	R/W	设置IQ相位调节

**表3. 地址0x119: RADIO\_IMAGE\_REJECT\_CAL\_AMPLITUDE**

位	名称	R/W	说明
7	保留	R/W	置0
[6:0]	IMAGE_REJECT_CAL_AMPLITUDE	R/W	设置IQ幅度调节

通过重复发送IR校准命令CMD\_IR\_CAL (0xBD)，可多次执行IR校准。校准后的结果每次都存储在地址0x118和0x119中。为获得可重复结果，应使用多次IR校准尝试的平均值，并作为0x118和0x119地址设置的最终值。

一般而言，用户必须确定何时、以及在何种条件下下载并运行IR校准模块。ADI建议至少在器件上电初始化过程中执行一次IR校准。

镜像抑制性能取决于温度。因此，为了保持最佳镜像抑制性能，同时建议每当温度变化超过10°C时，就启动校准程序。ADF7024片内温度传感器确定温度变化何时超过此限值。

注意，运行IR校准算法时，这些数据包RAM的位置将供新功能使用，如表1所示。算法未运行时，它们将返回ADF7024参考手册(UG-698)中的默认定义。本手册包含于ADF7024设计资源包中，需要注册才可使用。

### 用于IR校准的寄存器

表1至表3描述用于IR校准的寄存器。

## IR校准固件下载程序

固件二进制下载文件(rom\_ram\_7024\_2\_2\_IRcal\_dragon\_filter\_visu.dat)包含于[ADF7024设计资源包](#)中,可在[ADF7024](#)产品页面下载,网址是:[www.analog.com/ADF7024](http://www.analog.com/ADF7024)。

IR校准固件模块必须存储在程序RAM (PRAM)中,从地址0x0000开始。

程序RAM只能利用存储器块写入命令写入。将SPI\_MEM\_WR设为0x1E。

将固件模块写入程序RAM的操作序列如下:

1. 确保[ADF7024](#)处于PHY\_OFF状态。
2. 发出CMD\_RAM\_LOAD\_INIT命令。
3. 利用串行外设接口(SPI)存储器块写入命令将模块写入程序RAM。
4. 发出CMD\_RAM\_LOAD\_DONE命令。
5. 确认状态字表示CMD\_READY和FW\_STATE值为PHY\_OFF。

程序RAM是易失性存储器,每次收发器从休眠状态唤醒时必须重新加载。

## 运行IR校准

以硬件复位下载并运行IR校准的完整序列如图1所示。

完成正常初始化后,主机处理器将根据“IR校准固件下载程序”部分描述的序列把IR校准固件下载至[ADF7024](#)中。

进入PHY\_ON状态之前,确保RADIO\_CONTROL寄存器(地址0x11A)中的BB\_CAL位(位6)置1,以便使能PHY\_ON状态转换过程中的中频滤波器带宽(IFBW)校准。

在PHY\_ON状态下,将0xC0和0x04 IR校准配置参数编程设置为数据包RAM地址0x010和地址0x011,如表1中定义所示。然后,发送CMD\_IR\_CAL便可执行IR校准。

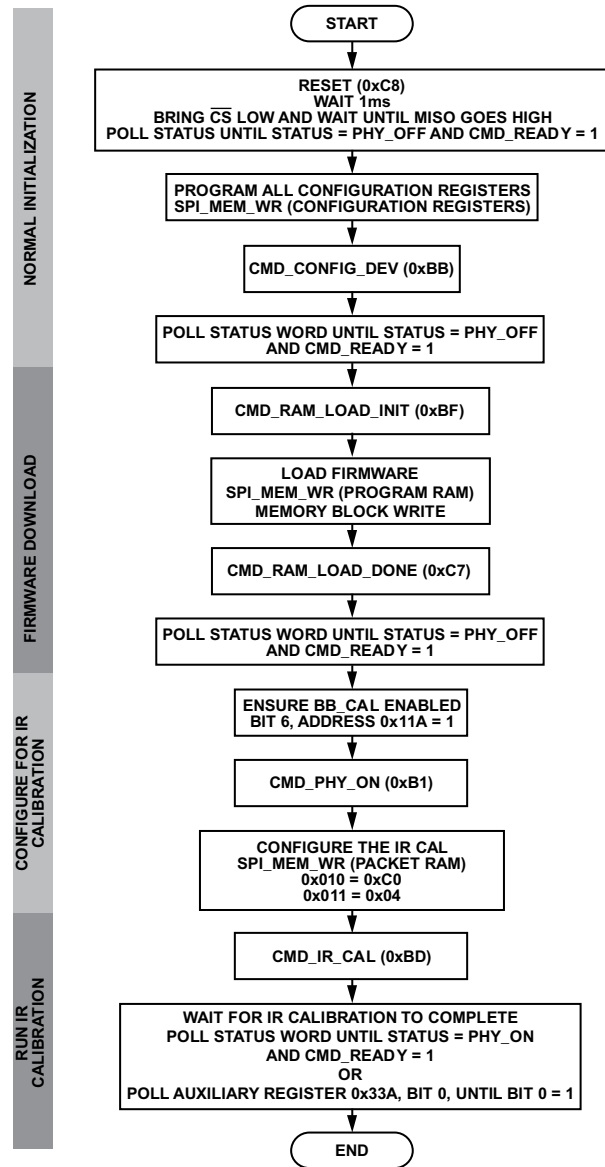
主机必须等待完成IR校准操作,然后才读取更新后的RADIO\_IMAGE\_REJECT\_CAL\_PHASE和RADIO\_IMAGE\_REJECT\_CAL\_AMPLITUDE寄存器,这很重要。无法通过检查状态字确认IR\_CAL状态。

建议通过两种方法来确认IR\_CAL是否完成。方法如下:

- IR\_CAL完成操作且置位CMD\_READY后,固件状态返回PHY\_ON时,IR校准完毕。
- 另外,也可以检查内部校准状态寄存器(0x33A)的位0。注意,[ADF7024参考手册\(UG-698\)](#)未详细说明该功能,因为它仅在IR校准固件工作时才有意义。校准状态寄存器详情如表4所示。位0决定IR校准是否完成。

**表4. 地址0x33A: IR校准状态**

位	名称	R/W	说明
[7:1]	保留	R	保留
0	MCR_IMAGE_REJECT_CALIBRATION_STATUS	R	0: IR校准未完成 1: IR校准已完成



NORMAL INITIALIZATION  
 FIRMWARE DOWNLOAD  
 CONFIGURE FOR IR CALIBRATION  
 RUN IR CALIBRATION

12564-001

图1. IR校准配置

## 平均IR校准值

通过求IR校准值的平均值，可以获得可重复性更高的结果，这要求通过主机处理器进行控制。该程序的实例如图2所示。

主机处理器有一个迭代计数器ITERATION\_CNT。它发送一个CMD\_IR\_CAL命令并重复该次数，等待完成校准，然后将结果回读并求均值。均值随后在循环结束时被编程返回至IMAGE\_REJECT\_CAL\_PHASE(地址0x118)和IMAGE\_REJECT\_CAL\_AMPLITUDE(地址0x119)中。

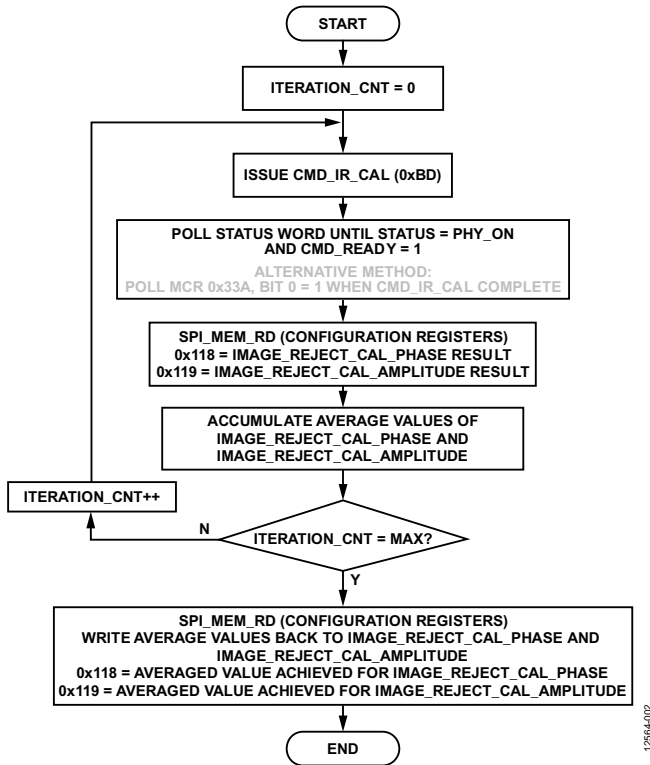


图2. 平均IR校准值主机编程示例流程图

## IR校准结果

每次IR校准的结果均存储在配置寄存器RADIO\_IMAGE\_REJECT\_CAL\_PHASE(地址0x118)和寄存器RADIO\_IMAGE\_REJECT\_CAL\_AMPLITUDE(地址0x119)中，并覆盖寄存器中的任何原有数值。

如果主机保留均值(如图2所示)，则当完成求平均操作时，主机会将均值回写入地址0x118和地址0x119。

休眠模式下，配置寄存器会保存这些校准值；发送CMD\_CONFIG\_DEV (0xBB)命令时，会自动重新应用这些值。

校准后，镜像衰减的典型性能改善情况如图3所示。

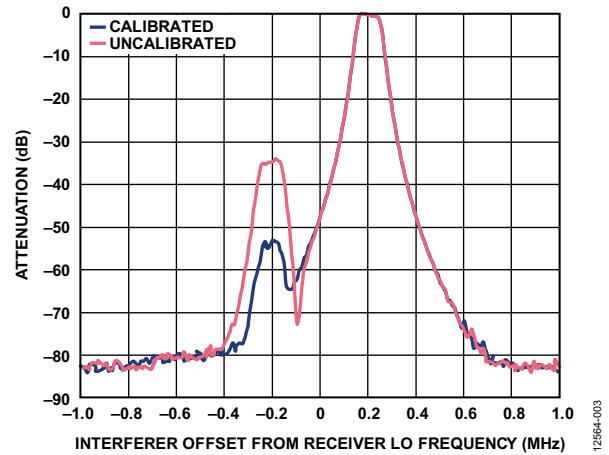


图3. 校准和未校准镜像的镜像衰减 (915 MHz, 中频滤波器带宽 = 100 kHz)

## 高级操作

本应用笔记描述IR校准固件模块的基本操作。本文不探讨更为高级的技巧，如加快校准时间的播种算法，或者使用外部基准电压源以获得更稳定的校准码。如需使用更高级的选项，请联系ADI公司。