

深入理解 FPD Link DS90Ux92x 中断机制

Alpha Han

摘要

FPD Link DS90Ux92x 系列产品，通常会被用在车载娱乐里面连接主机和显示屏，而这样的应用里面，通常会有中断信号需要从解串器传回到串行器，比如触摸屏控制器的中断信号。但是通常 FPD Link DS90Ux92x 的中断信号又不是直接映射的，所以，深入理解 FPD Link DS90Ux92x 中断机制对 FPD Link 产品的应用就显的特别重要。本文档对 FPD Link DS90Ux92x 常见的中断问题和行为做了一些深入的解释，可以帮助使用者更好的理解 FPD Link 的中断行为，缩短调试时间，设计出更加稳定的软硬件系统。

Contents

1. 中断信号的连接	1
1.1 典型系统连接框图	1
1.2 INTB 和 REM_INTB 的差别	2
1.3 如何使能 INTB 和 REM_INTB	2
2. INTB 的中断机制和行为	3
2.1 INTB 的基本行为	3
2.2 INTB 的 delay	4
2.3 INTB 的触发条件	4
2.4 INTB 的记忆效果	4
2.5 INTB 的中断清除和新中断事件的冲突	5
3. 结论	6
4. 参考资料	6

1. 中断信号的连接

1.1 典型系统连接框图

下图 1 是一个典型的汽车娱乐系统中中断信号的连接方式。从下图来看，中断信号从中断源经过解串器连接到串行器后输出到处理器。另外，从图上可以看到，从串行器到处理器有两个中断信号，其中 INTB 信号存在于所有的 DS90Ux92x 串行器产品上，但是 REM_INTB 只存在于 DS90UH925A，DS90UB921 和 DS90Ux929 上，其他的串行器产品只有 INTB 信号。

本文下面以 DS90UB921 为例，解释 FPD Link DS90Ux92x 的中断机制。

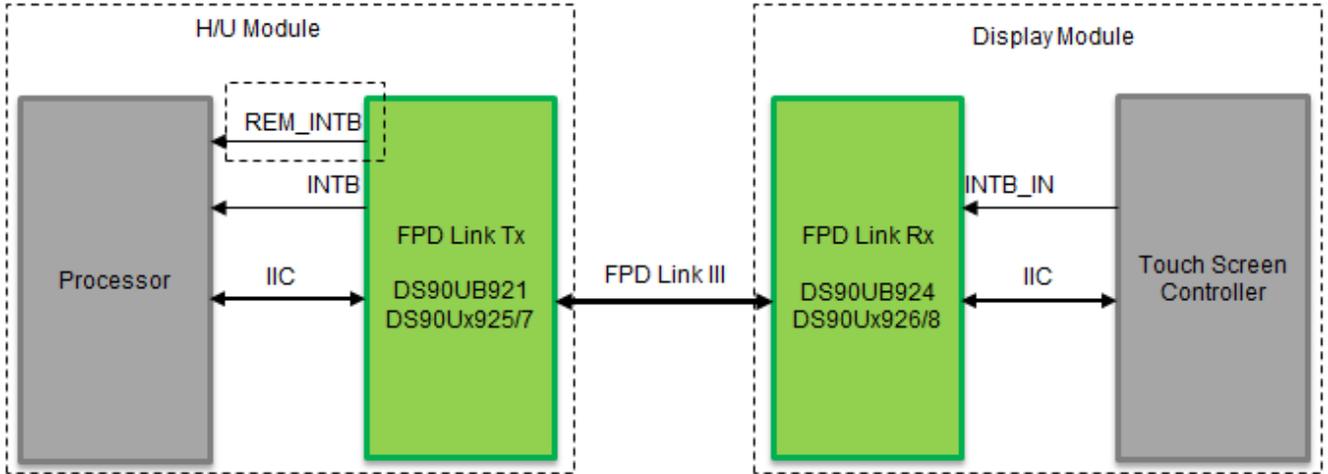


图 1: 典型的 FPD Link 中断连接方式

1.2 INTB 和 REM_INTB 的差别

一般来说，当串行器有 REM_INTB 引脚信号的时候，推荐使用 REM_INTB 信号作为中断，这样可以简化中断处理程序的设计。

从 DS90UB921 的 datasheet 里面可以看到 REM_INTB 是解串器 INTB_IN 的一个映射状态。也就是说解串器的 INTB_IN 的信号是透传到串行器 REM_INTB 引脚上的，所以对于系统来说，就好像 FPD Link 的串行器和解串器不存在一样，中断处理程序比较好设计。但是这里有一个问题需要注意，当串行器和解串器没有正常连接的时候，REM_INTB 引脚为低，对处理器而言，这有可能是一个异常的中断，需要忽略。

而串行器的 INTB 信号和解串器的 INTB_IN 信号不是映射的关系，INTB 本身就是一个中断源，而它的触发条件是解串器的 INTB_IN 信号。所以当处理器收到 INTB 信号的时候，需要先处理串行器的中断，比如先读串行器 DS90UB921 的中断状态寄存器(ISR) 0xC7,确定中断源，当 0xC7 寄存器 bit0 和 bit5 都为 1 时，说明解串器的 INTB_IN 引脚有中断信号，然后再去处理解串器后面的中断。这个时候，处理器是在中断处理程序里面处理另外一个中断，而真实中断源的中断行为又是有所差异的(比如电阻触摸屏控制器 TSC2007，在检测到触摸事件的时候，会产生中断，但是在处理触摸事件的时候，又会产生新的中断，但是这些新的中断是无效的，需要忽略)，这时候，理解 FPD Link 的中断机制就显得特别的重要。

1.3 如何使能 INTB 和 REM_INTB

REM_INTB 信号是默认使能的，直接使用就可以了。

INTB 信号是默认关闭的，需要通过串行器 DS90UB921 的寄存器打开，简单如下，具体可以参考 datasheet 里面的描述。

需要注意的是 REM_INTB 和 INTB 信号是不能同时使用的，当使用 REM_INTB 是，请不要使能 INTB 信号。基本的 FPD Link 的 INTB 中断设置和处理过程如下，但是在设计系统的中断处理程序的时候，需要考虑到解串器的中断特性，做一些相应的优化。

步骤	中断设置	注释
1	读 DS90UB921 0xC7 寄存器	清除 DS90UB921 遗留中断
2	设置 DS90UB921 0xC6 bit5 和 bit0 为 1	使能 DS90UB921 从解串器来的中断
3	处理器等待 DS90UB921 INTB 为低	等待 DS90UB921 发出中断请求
4	收到中断后，读 DS90UB921 0xC7 寄存器	读 DS90UB921 中断状态寄存器
5	确定为解串器 INTB_IN 中断后，处理 INTB_IN 的中断	确定中断源，处理寄存器的中断
6	处理完中断后，回第三步等待新中断	等待新中断

2. INTB 的中断机制和行为

2.1 INTB 的基本行为

中断使能后，INTB 默认为高电平，当有新中断事件后，INTB 会转变为低电平，而且 INTB 会一直维持低电平直到处理器读中断状态寄存器 0xC7 后，转变成高电平，等待新的中断事件。



图 2: 典型的连续触发的 INTB 和 INTB_IN 的关系

2.2 INTB 的延时

FPD Link 的中断延时和 PCLK 的频率有一定的关系，下面两张图是在 DS90UB921 和 DS90UB928 EVM 上用默认的内部 33MHz PCLK 和外部 20MHz PCLK 条件下，测试到的延时。从测试结果来看，当 PCLK 为 33MHz 是，延时大致为 14uS，当 PCLK 等于 20MHz 时，延时大致为 21uS。



图 3: PCLK=33MHz 中断延时

图 4: PCLK=20MHz 中断延时

2.3 INTB 的触发条件

INTB 的触发条件是解串器的 INTB_IN 引脚有下降沿。也就是说，如果 INTB_IN 维持低电平，串行器不会识别到中断事件。所以如果连接到解串器的中断源是一个电平中断信号，DS90UB921 有可能漏检测中断。这样，就要求处理器在收到中断后，要处理掉中断源所有的中断事件。

另外，在实际的项目中，一个常见的问题是中断源在中断处理过程中会产生一些假的中断信号，比如电阻式的触摸屏控制器 TSC2007。在这种情况下，DS90UB921 会在中断过程中被拉低，造成一直产生不了新中断的情况，现象是触摸屏没有响应。

在标准的中断处理流程中，进中断之后，处理器首先会屏蔽同一个中断源的新的中断，然后读 DS90UB921 的 ISR 寄存器，这就使能了 UB921 接收新中断的功能，如果在中断处理过程中有新的中断产生，DS90UB921 的 INTB 信号会持续保持为低，这样处理器就会一直不能识别这个中断。一个可行的方案是在退出中断程序之前，再读一次 DS90UB921 的 ISR 寄存器，清除掉这些异常的中断。

2.4 INTB 的记忆效果

在 INTB 使能之前，如果有中断事件产生，DS90UB921 会记住一次中断事件，而且只能记住一次中断事件。

也就是说，如果在 INTB 使能之前，如果有一个中断事件产生，或者有其他的事件（比如解串器失锁又重新锁定）造成有一次记忆的中断，会造成在使能中断后，DS90UB921 会产生一次中断。所以在 INTB 使能前，通常需要先读一次 0xC7 中断状态寄存器，保证使能 DS90UB921 中断后能够接收新的中断。

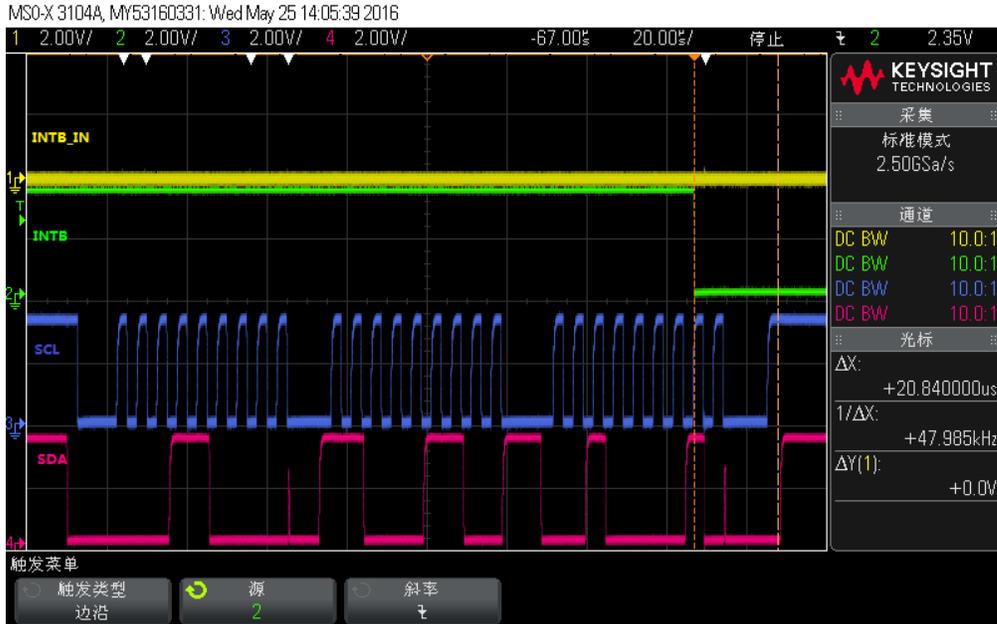


图 5: 中断的记忆效果 (在中断使能前, 已经有中断事件发生)

2.5 INTB 的中断清除和新中断事件的冲突

在清除 DS90UB921 的中断过程中, 如果同时有新的中断事件产生, 这时候可能会发生中断清除冲突的问题。也就是说 DS90UB921 的 INTB 信号会维持低电平, 不会被拉高。这种情况对于使用下降沿触发的处理器而言, 会造成一直检测不到新的中断。如果是应用在触摸屏里面, 有可能表现出触摸屏一直没有响应的问题。

这就要求在设计中断处理程序的时候考虑到中断冲突的情况。一个简单可行的方法是处理器在读 ISR 寄存器 0xC7 清除中断后, 延时一小段时间 (通常 uS 级别) 后再读取中断口的电平信号, 确认中断是否清除成功。如果清除不成功, 需要再进行一次中断处理程序, 确认所有的中断事件都被清除。

通常情况下, 这个事件出现的概率非常低, 所以比较难发现和调试。常见的一些应用场景包括电容屏的压力测试, 在中断处理过程会产生新中断的电阻屏应用等等。



图 6: 中断清除和新中断的冲突

3. 结论

在应用 FPD Link 的中断功能的时候，特别是设计中断驱动的时候，要充分考虑到 FPD Link 的中断行为和中断机制，这样，才能设计出比较可靠的系统。否则，在中断比较频繁或者系统处理器比较繁忙，响应较慢的时候，有可能会发生遗漏中断或者中断没有响应的情况。另外，建议使用串行器 REM_INTB 的功能，因为中断信号是直接映射的，不需要有额外的中断处理工作。

4. 参考资料

1. DS90UB925 datasheet (SNLS407D)
2. DS90UB921 datasheet (SNLS488)
3. DS90UB926 datasheet (SNLS422A)
4. DS90UB925 EVB guide
5. DS90UB926 EVB guide

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 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, 并有权根据 JESD48 最新标准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 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。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。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件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 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接权限制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中 TI 信息的重要部分, 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。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated