Sensor 调试指南

文档版本　V1.0

发布日期　2024-12-21

前 言

概述

本文为对接不同 Sensor 的程序员而写，目的是供您在进行 Sensor 对接的过程中提供对接步骤及注意事项的参考。该指南主要包括一款新 Sensor 对接的驱动开发流程、新 Sensor 在 SDK 中的适配等。

说明

未经特殊说明，以 XM7606V13 指代 XM76 系列所有芯片。

产品版本

与本文档相对应的产品版本如下。

产品名称	产品版本

读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

- 技术支持工程师
- 软件开发工程师

修订记录

修订记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

修订日期	版本	修订说明
2024-12-21	V1.0	DI 版本发布。

目 录

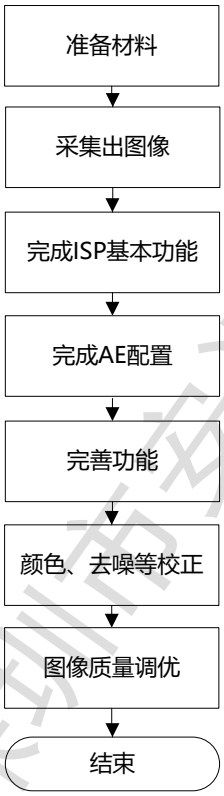
插图目录

1 Sensor 调试指南

1.1 调试流程

请按照如图 1-1 所示流程进行调试。

图1-1 Sensor 调试流程图



1.2 准备材料

1.2.1 确认主芯片规格

支持 Master 模式，支持线性、WDR 接口模式，支持输入频率上限。

1.2.2 Sensor datasheet

- 确认图像传输接口模式，输出频率。
- 确认曝光时间、增益如何设置，帧率如何修改。
- 确认在 WDR 模式下的以上两项。

1.2.3 Initialize Settings

获取 Sensor Initialize Settings，一般至少要准备最大规格和标准分辨率两种序列。

1.3 采集图像

1.3.1 硬件准备就绪

首先验证是否可以读写 Sensor 寄存器。

利用 i2c_read/ i2c_write 命令，或 ssp_read/ssp_write 命令，测试 Sensor 寄存器读写。

该命令集成在默认的文件系统中，可直接调用。

1.3.2 完成初始化序列配置

配置初始化序列，建议参考版本发布包里面的 sensor 驱动，以便于快速开发。为了方便调试，此时要排除 AE 配置及帧率配置的干扰。

步骤 1 准备 Sensor 驱动

- 可以基于一款规格相近 Sensor（master/slave, i2c/spi, wdr/linear）驱动修改，尝试编译出 Sensor 库。具体可参看 isp/sensor/xxx_sensor 目录下的 xxx_sensor.c, xxx_sensor_master.c 和 xxx_sensor_ctl.c 文件进行修改。
- 修改 xxx_sensor_set_image_mode 函数，及 xxx_sensorg_capability 中的 max_width，max_height 参数，使该 senosr 分辨率、帧率可以被正确设置。

- 时钟配置由各模块自己管理，在 xxx_sensor.c 中的 xxx_sensor_property 可以设置 sensor 输入时钟。

步骤 2 Sensor 初始化序列

- 实现 xxx_sensor_init_image 函数。参考 sensor 手册或者 sensor 厂家提供的 sensor 序列实现这个函数。
- 在 xxx_sensor_ctl.h 填写 sensor 寄存器的基地址 sensor_i2c_addr，地址的比特位宽 sensor_addr_byte，寄存器的比特位宽信息 sensor_data_byte。
- 在 xxx_sensor.c 和 xxx_sensor_master.c 文件中，注释掉全部 xxx_sensor_write_reg，并在 xxx_sensor_master_init_reg_info 函数里，把 reg_num 配置为 0。以使 AE 不配置 sensor，排除干扰。

----结束

1.3.3 Sensor 输出

本部分是基于 mpp 目录下的 sample 做整个通路的输出说明。主要在已完成了 sensor 序列的前提下做的。其步骤主要包括：MIPI、VI、ISP 以及 VPSS 的配置。这些配置可以参考已有 sensor 的配置进行简单修改即可。如果已经有集成的环境直接配置参数就可以运行，比如 PQTool 的启动脚本，对应 sensor 的目录有启动的配置文件，只需要配置正确即可。

步骤 1 在完成初始化的配置之后，可在 ISP 目录下编译即可生成新的 Sensor 的库，新库的路径为 mpp/lib/ libsns_xxx.a 和 mpp/lib/ libsns_xxx.so。

步骤 2 基于 mpp 的 sample 对新 Sensor 进行验证。在 sample/sample_base.mk 文件中新增一款 sensor 的编译配置 SENSOR_TYPE，然后添加对应的 libsns_xxx.a 文件

步骤 3 在 sample_comm.h 中的 sample_comm_sensor_type 中添加该 sensor 类型，注意和 sample/sample_base.mk 文件中新增的 SENSOR_TYPE 一致。

步骤 4 配置 sensor 属性,在 sample_comm_vi.c 中 sample_comm_vi_get_sensor_info 函数中添加这个 sensor 的宽高信息,像素格式等。
sample_comm_vi_get_framerate_by_sensor 函数中添加这个 sensor 帧率的大小。

步骤 5 配置 VI 属性。在 sample_comm_vi.c 中 sample_comm_vi_get_default_dev_info 函数,sample_comm_vi_get_default_pipe_info 函数,
sample_comm_vi_get_default_chn_info 函数中添加这个 sensor 类型的 dev,pipe,chn 属性等。

步骤 6 编译并运行相应的应用程序 sample_vio，如果一切顺利，此时整个系统已经运行。可以通过 cat /proc/umap/isp 或者 cat /proc/umap/mipi_rx 等查看信息。

步骤 7 如果 ISP 没有中断，请先检查 Sensor 输入时钟、输出信号及 Sensor 寄存器配置是否正常。具体操作请查阅《XMxx 专业型 HD IP Camera SoC 用户指南》或 《XMxx ultra-HD Mobile Camera SoC 用户指南》。

----结束

1.4 ISP 基本功能

本章节涉及 Sensor 部分，请仔细阅读 Sensor 的 Datasheet，或联系 Sensor 原厂 FAE。

结构体说明请参考《ISP 开发参考》。

驱动文件一般分为 xxx_sensor.c, xxx_sensor.h, xxx_sensor_ctrl.c, xxx_sensor_ctrl.h, xxx_sensor_ex.h, xxx_sensor_master.c, xxx_sensor_master.h, xxx_sensor_slave.c, xxx_sensor_slave.h 文件，xxx_sensor_ex.h,和 xxx_sensor_ctrl.c 文件，分别用于 ISP 功能和初始化序列，xxx_sensor_ex.h 文件用于存放定义的驱动文件中的全局变量。

驱动文件的 isp_register_sensor 函数，是 sensor 驱动向 Firmware 注册函数的接口。在 isp_register_sensor()函数内部实现对 ISP,AE,AWB 的注册。

开发流程

ISP 基本功能，请按如下顺序实现：

1. xxx_sensor_init (),xxx_sensor_exit()
2. xxx_sensor_set_image_mode(),xxx_sensor_set_wdr_mode ()
3. xxx_sensor_init_image ()
4. xxx_sensor_get_isp_default (),xxx_sensor_get_isp_black_level ()

注意事项

- xxx_sensor_init ()

  初始化 sensors 的 img_mode，wdr_mode 等参数和 i2c 等操作，实现参考类似 sensor 的驱动即可。
- xxx_sensor_exit()

  退出 i2c 等操作，实现参考类似 sensor 的驱动即可。
- xxx_sensor_set_image_mode()

该函数用于区分不同分辨率，用 sensor_context 中的 image_mode 传递分辨率模式。

请注意返回值，返回“0”表示重新配置 Sensor，会调用 xxx_sensor_init_image ()；返回“0x80010005”表示不支持当前的分辨率大小。

请注意 sensor_context 中 fl_std 和 fl 的区别。fl_std 是当前分辨率及 WDR 模式下，标准帧率（一般为 30fps）时的总行数。fl 是实际总行数，该参数会在其它函数中，由于降帧的原因，基于标准行数 fl_std 及帧率修改。

- xxx_sensor_set_wdr_mode ()

  该函数用于区分不同 WDR 模式，用 sensor_context 中的 wdr_mode 传递。

  不同 WDR 模式，一般会修改 AE 相关函数，ISP default 内各个参数以及初始化序列。

- xxx_sensor_init_image ()

  请根据不同的分辨率及 WDR 模式配置不同序列。

- xxx_sensor_get_isp_default ()

  该函数配置基本是调试或校正参数，可以在调试及校正时修改参数。

  请注意不同 WDR 模式参数可能不一样，比如 Gamma，DRC 等。具体请参考《ISP 开发参考》。

- xxx_sensor_get_isp_black_level ()

  在这个函数里面配置 RAW 数据四个通道的黑电平。

须知

有些类型的 sensor 的黑电平会随着 gain 值的变化而漂移，这时需要在不同的 ISO 值下分别校正出对应的黑电平值，在 xxx_sensor_get_isp_black_level ()函数内进行相应的实现。

1.5 完成 AE 配置

完成 AE 配置后，图像就基本正常了。

开发流程

AE 配置，请按如下顺序实现：

1. xxx_sensor_init_reg_info ()

2. xxx_sensor_get_ae_common_default (), xxx_sensor_calc_again (), xxx_sensor_calc_dgain ()
3. xxx_sensor_get_max_inttime ()
4. xxx_sensor_update_gains (), xxx_sensor_update_inttime ()
5. xxx_sensor_set_fps (), xxx_sensor_set_slow_framerate ()

注意事项

- xxx_sensor_init_reg_info ()

  该函数用于配置需要确保同步性的 sensor、ISP 寄存器，如曝光时间、增益及总行数等。虽然这些寄存器可以通过直接调用 xxx_sensor_write_reg ()来配置，但无法保证同步性，可能出现闪烁。所以这些寄存器请一定要用该函数配置。

  delay_frame_num 是寄存器配置延时。举个例子，很多 Sensor 的增益是下一帧生效，但曝光时间是下下帧生效，所以需要增益晚一帧配置，以使增益和曝光时间同时生效，这时就需要用 Delay 的功能。配置 cfg_to_valid_delay_max 是控制 ISP 与 sensor 同步，ISP 包括 ISP Dgain 和 WDR 曝光比等参数，可通过检查 ISP Dgain 是否与 sensor gain 同步来检查参数正确性。

  - update 用于控制该寄存器是否更新，如果不用修改，可以置为 false。
- xxx_sensor_get_ae_common_default ()
  - 请根据 sensor 修改参数。accu_type 是计算精度的类型，常用 XMEDIA_ISP_AE_ACCURACY_TYPE_LINEAR 及 XMEDIA_ISP_AE_ACCURACY_TYPE_TABLE。而 XMEDIA_ISP_AE_ACCURACY_TYPE_DB 因为 CPU 计算精度问题，除非精度很低的，均由 TABLE 的方式代替。
  - LINEAR 方式是指曝光时间或增益以固定步长线性递增。比如每一步增长 0.325 倍，或曝光时间每一步增长 1。步长由 accuracy 决定。
  - TABLE 方式一般用于增益，指每一步可以达到的增益通过查表的方式，在 xxx_sensor_calc_again ()或 xxx_sensor_calc_dgain ()函数中计算得到。此时 accuracy 失去意义，不生效。

  AE 默认计算顺序是先分配曝光时间，其次 again，然后 digain，最后 isp dgain。可以通过设置 ae_route_attr 或 ae_ext_route_attr 来调整分配顺序。
- xxx_sensor_calc_again ()或 xxx_sensor_calc_dgain ()

  这两个函数输入、输出完全一致，分别对应 Again 和 Dgain 的 TABLE 方式。下面以 Again 为例说明。

  - again_lin 同时做输入和输出。做输入是 AE 计算出来的期望增益，1024 表示 1 倍。在该函数中，要查询到一个 sensor 可以实现的，小于该增益的最大增益。并重新赋给该参数作为向 AE 的输出。

- again_db 是输出，AE 内部不用于运算，只是作为函数 xxx_sensor_update_gains（）的输入。一般用于传递当前增益的 sensor 寄存器值。

例如：某 sensor 增益按 0.3dB 递增。sensor 寄存器值从 0 开始，每增加 1，对应增益分别为 0dB, 0.3dB, 0.6dB, 0.9dB…

离线算出一个将 dB 转化为线性倍数的查找表，为 1024, 1060, 1097, 1136…

在函数中将输入的增益与查找表比对，假如输入为 1082，那查出来可用的最大增益是 1060，返回 1060 为实际生效的增益。

- xxx_sensor_get_max_inttime ()

  该函数只在 xto1 WDR 模式下生效，用于计算不同曝光比的时候，曝光时间的最大值。

  一般是行合成模式才需要。因为行合成模式，曝光时间的限制为长曝光时间加短曝光时间的和要小于一帧长度。所以不同曝光比下，最大曝光时间有差异，需要重新运算。

- xxx_sensor_update_gains (), xxx_sensor_update_inttime ()

  这两个函数，是根据输入的 Again、Dgain 或曝光时间配置 sensor 寄存器。精度模式采用 TABLE 时，输入参数值为对应 xxx_sensor_calc_again ()和 xxx_sensor_calc_dgain ()函数中返回的 again_db、dgain_db。

  精度模式采用 Linear 时，输入参数为生效的增益、曝光时间除以 accuracy。比如 accuracy 为 0.0078125，实际生效增益为 1.5 倍时，输入值为 1.5 / 0.0078125 = 192。

  Xto1 WDR 模式，需要分别配置长短每一帧的曝光时间。cmos_inttime_update() 会被调用 X 次，分别传入不同帧曝光时间，第一次传入短帧。

- xxx_sensor_set_fps (), xxx_sensor_set_slow_framerate ()

  xxx_sensor_set_fps ()函数为手动帧率配置函数，需要根据传入的帧率配置 sensor 对应的寄存器，实现改变 sensor 帧率的功能，并返回实际生效的帧率及最大曝光行数。

  xxx_sensor_set_slow_framerate ()函数为自动降帧配置函数，可以在 xxx_sensor_master_get_min_fps 里面设置降帧后的最低 fps，需要根据当前曝光实际需要的最大曝光行数配置 sensor 对应的寄存器，实现 sensor 的降帧功能，并返回实际生效的最大曝光行数。

1.6 完善功能

完善所有其它的函数，确保所有功能工作正常。

由于 AE 中的同步性最容易出错，请重点验证同步。

1.7 颜色、去噪等校正

请根据《图像质量调试工具使用指南》校正 sensor 参数。

1.8 图像质量调优

图像质量调优请参阅对应的《ISP 图像调优指南》。

2 WDR Sensor 注意事项

2.1 帧合成 WDR 模式

2.1.1 Sensor 驱动部分

- xxx_init_image 函数使用线性模式的初始化序列。
- 帧 WDR sensor 驱动优先参考发布包里面已有的驱动,例如 gc2053。根据参考把 xxx_sensor_set_wdr_mode 函数，xxx_sensor_get_max_inttime 函数，xxx_sensor_update_inttime 函数适配完成。
- 重点关注 xxx_sensor_init_reg_info 函数，一般情况下，Sensor 的曝光时间寄存器会被轮流配置为长帧曝光时间值和短帧曝光时间值，因此 xxx_sensor_init_reg_info 函数需要保证以下配置：

  多一组 sensor 寄存器的配置，用于设置短帧的曝光时间，这组配置曝光时间寄存器的地址和线性模式下曝光时间寄存器的地址完全一致，所以就有 reg_num= 线性模式下的 reg_num+1(组)，新的 sensor 寄存器配置的 reg_addr 和线性模式下的 reg_addr 一样。

  长帧曝光时间的 delay_frame_num= 短帧曝光时间的 delay_frame_num+ 1；

  长帧和短帧曝光时间的 update 一直设置为 TRUE。

须知

一般来说，帧 WDR 推荐是先配置短帧的曝光时间，再配置长帧的曝光时间，这样可以减少运动的拖影。

2.1.2 Sensor 输出

请参考 1.3.3 章节 “Sensor 输出”的内容配置 mipi，vi，isp 等的配置。大部分的配置和线性一致，只是 vi 的 WDR 模式选择 XMEDIA_VIDEO_WDR_MODE_2TO1_FRAME，isp 的 WDR 模式也是选择 XMEDIA_VIDEO_WDR_MODE_2TO1_FRAME 即可。

2.2 Built-in WDR 模式

Built-in WDR 模式下 Sensor 输出的 raw 数据是压缩格式，因此需要使用 EXPANDER 模块实现解压缩功能。具体方法是在 xxx_sensor_get_isp_default 函数中配置 xmedia_isp_expander_attr 结构体，其详细描述见《ISP 开发参考》。参考配置如下 (以 OS02K10 为例) :

```
static const xmedia_isp_expander_attr xxx_sensor_expander = {
    1, /* enable */
    12, /* bit_depth_in */
    16, /* bit_depth_out */
    5, /* knee_point_num */
    /* xmedia_video_point */
    {
        {32,   16384},
        {48,   32768},
        {160, 262144},
        {256, 1048576},
        {257, 1048576},
    },
};
```