

AN14152

使用 FlexIO 和 smartDMA 模拟并行摄像头接口

Rev. 1 — 2024年2月21日

应用笔记

文档信息

信息	内容
关键词	AN14152, 并行摄像头接口, smartDMA, FlexIO
摘要	本文档介绍了如何使用 FLEXIO 实现并行摄像头接口，并且基于 RT595EVK 评估版和 OV7670 摄像头模块接收视频图像数据，并在 RK055HDMIPI4M 显示模块上实时显示。



1 简介

虽然 RT500 系列处理器缺乏专用的 MIPI CSI 接口，也没有专用的并行摄像头接口，但当某些应用需要相机接口时，可以使用 FlexIO 和 SmartDMA 的组合来实现。FlexIO 是 NXP 的高度可配置 IP 外设，可无缝集成到众多 MCU 产品中。SmartDMA 作为 Arm 内核的补充，旨在减轻 Arm 内核的负担。

本文档介绍了如何使用 FLEXIO 实现并行摄像头接口，并且基于 RT595EVK 评估版和 OV7670 摄像头模块接收视频图像数据，并在 RK055HDMIPI4M 显示模块上实时显示。

2 并行接口摄像头

并行摄像头通常具有 8/10/16/24 数据线以输出像素数据。本篇介绍的驱动仅支持 8 位数据线的摄像头。下面以摄像头模组 [OV7670](#) 为例。

2.1 OV7670 基本特性

OV7670 关键指标如下：

- 图像传感器矩阵：有效的像素矩阵大小为 640*480。
- 分辨率：支持 VGA、CIF 和更低的分辨率。
- 输出格式：包括 YUV(4:2:2)，Ycbcr(4:2:2)、RGB565/555、GRB4:2:2 等。
- 帧率：VGA 帧最大传输率为 30 FPS。
- 标准的 SCCB 接口兼容 I²C。

2.2 OV7670 管脚介绍

OV7670 传感器由电源接口、时钟接口、像素数据和控制接口组成。

- 时钟接口 XCLK 为系统时钟输入管脚，通常由 PWM 波驱动。
- 视频端口由视频数据和时序控制管脚组成。视频时序控制管脚包括 VSYNC、HREF、PCLK 等。数据端口具有 8/10/16/24 位宽数据线用于输出像素数据。常见的是 8 位宽，传输周期与像素位宽有关，RGB565 格式的像素需要两个周期，RGB888 格式的像素需要 3 个周期；
- 寄存器配置接口 SCCB 由 SIOC 和 SIOD 组成。
- I/O电源接口，电压支持 1.7 V 到 3.0 V。

电源接口这里不再介绍。如 [表 1](#) 所示。

表 1. 管脚功能描述

名称	PIN 方向	功能描述
SIO_D	I/O	SCCB 总线串行数据信号
SIO_C	I	SCCB 总线串行时钟信号
D0 - D7	O	YUV/RGB 视频数据信号，8 位宽
VSYNC	O	垂直输出同步信号
HREF	O	水平行同步信号
PCLK	O	像素时钟信号
XCLK	I	系统时钟输入信号

2.3 OV7670 时序图

OV7670 模块的时序如 图 1 所示，包含 510 行，包括 VSYNC 高电平期间的 480 行有效数据。每行包含 656 列数据，包括 HREF 高电平期间的 640 个有效像素，图像分辨率为 VGA (640*480)。每个像素 16 比特，两个 PCLK 周期输出一个像素数据，高字节在前，低字节在后。

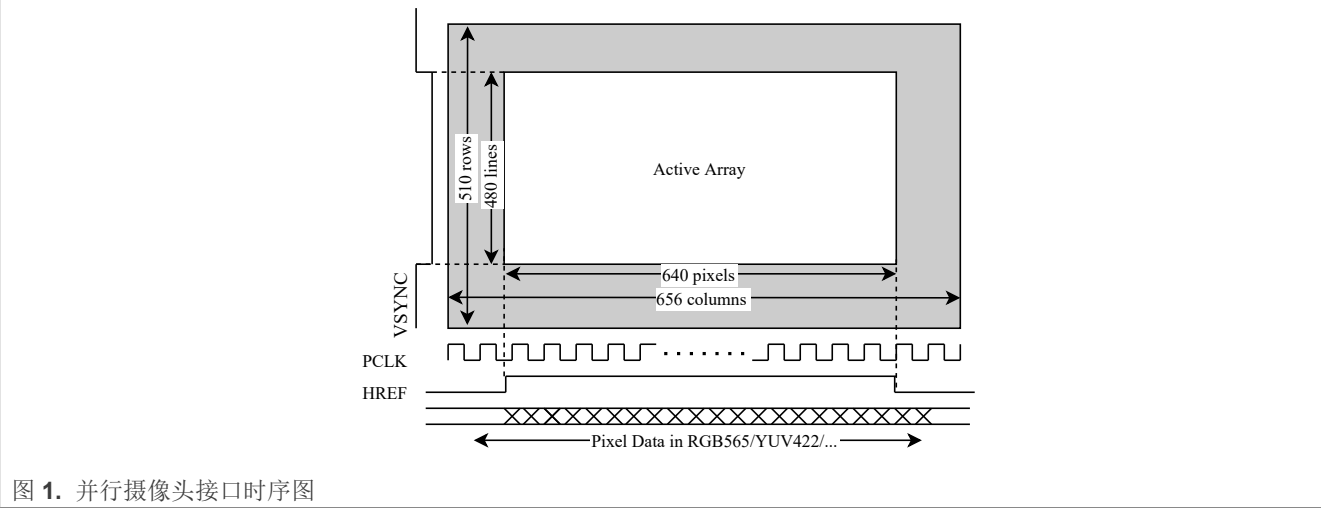


图 1. 并行摄像头接口时序图

每一帧的分辨率是可调的，图 2 说明了 VGA，QVGA (320*240) 和 QQVGA (160*120) 分辨率之间的时序差异。区别在 HREF 信号时序。

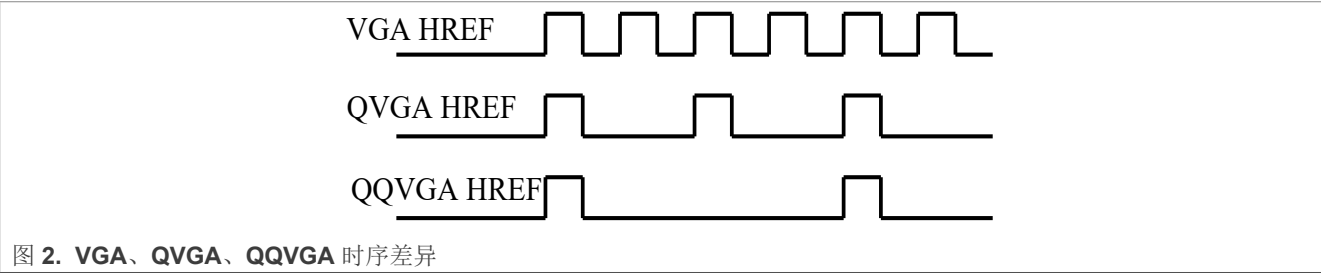


图 2. VGA、QVGA、QQVGA 时序差异

图 2 显示分辨率越低，HREF 消隐区越长。

3 系统描述

本章介绍硬件链接、FLEXIO 配置及内部连接。

Demo 基于 [RT595EVK板卡](#)，通过 OV7670 摄像头模块采集视频数据，在 [RK055AHD091](#) 模块上实时显示。FlexIO管脚的工作电压范围 1.71 V - 3.6 V。

3.1 系统框图

图 3 为 Demo 的系统框图，外部包括 OV7670 模块、LCD 模块和片外 PSRAM。RT595 内部包括 FlexIO、SmartDMA、CM33、XSPI、LCDIF 和 MIPI-DSI 单元。

上半部分为摄像头采集数据涉及的模块和路径，从左向右。下半部分为视频显示路径，从右向左。由于 Demo 选择的 LCD 屏分辨率为 1280*760，所以用到 PSRAM 存储图像显示数据。

CM33 负责将 SRAM 区域数据根据格式要求拷贝到 PSRAM 中，然后通知 LCDIF 从 PSRAM 中获取图像，输出到 LCD 面板

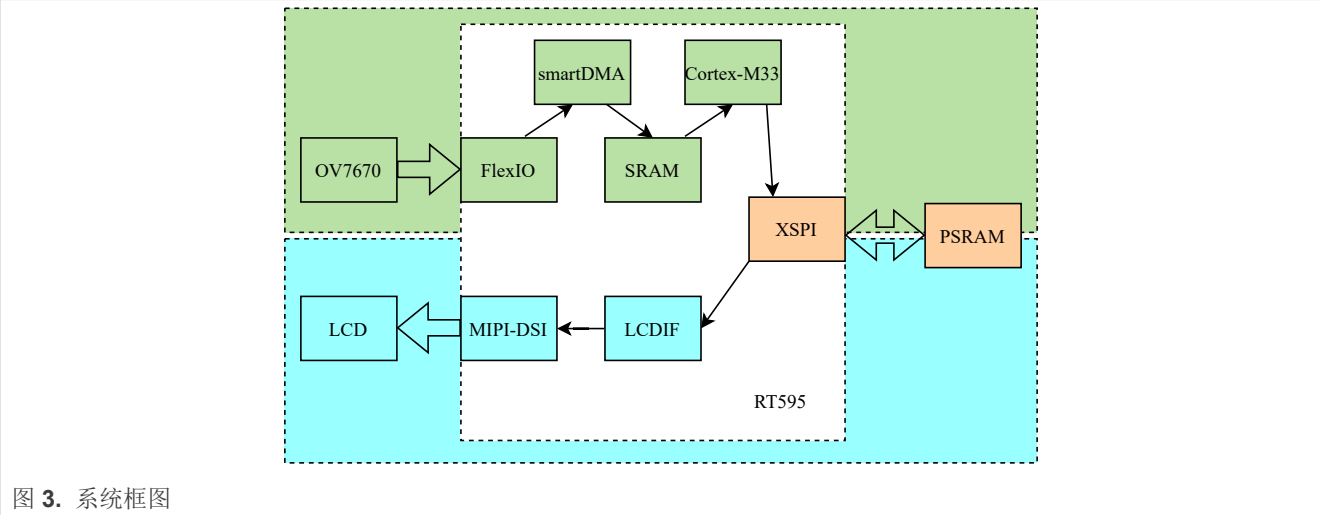


图 3. 系统框图

3.2 硬件连接

硬件连接如 图 4 所示，OV7670 通过杜邦线接到 [RT595EVK板卡](#) J43 接口。摄像头采集到的视频数据通过 J44(MIPI-DSI) 接口输出到 [RK055AHD091](#) LCD 屏幕。

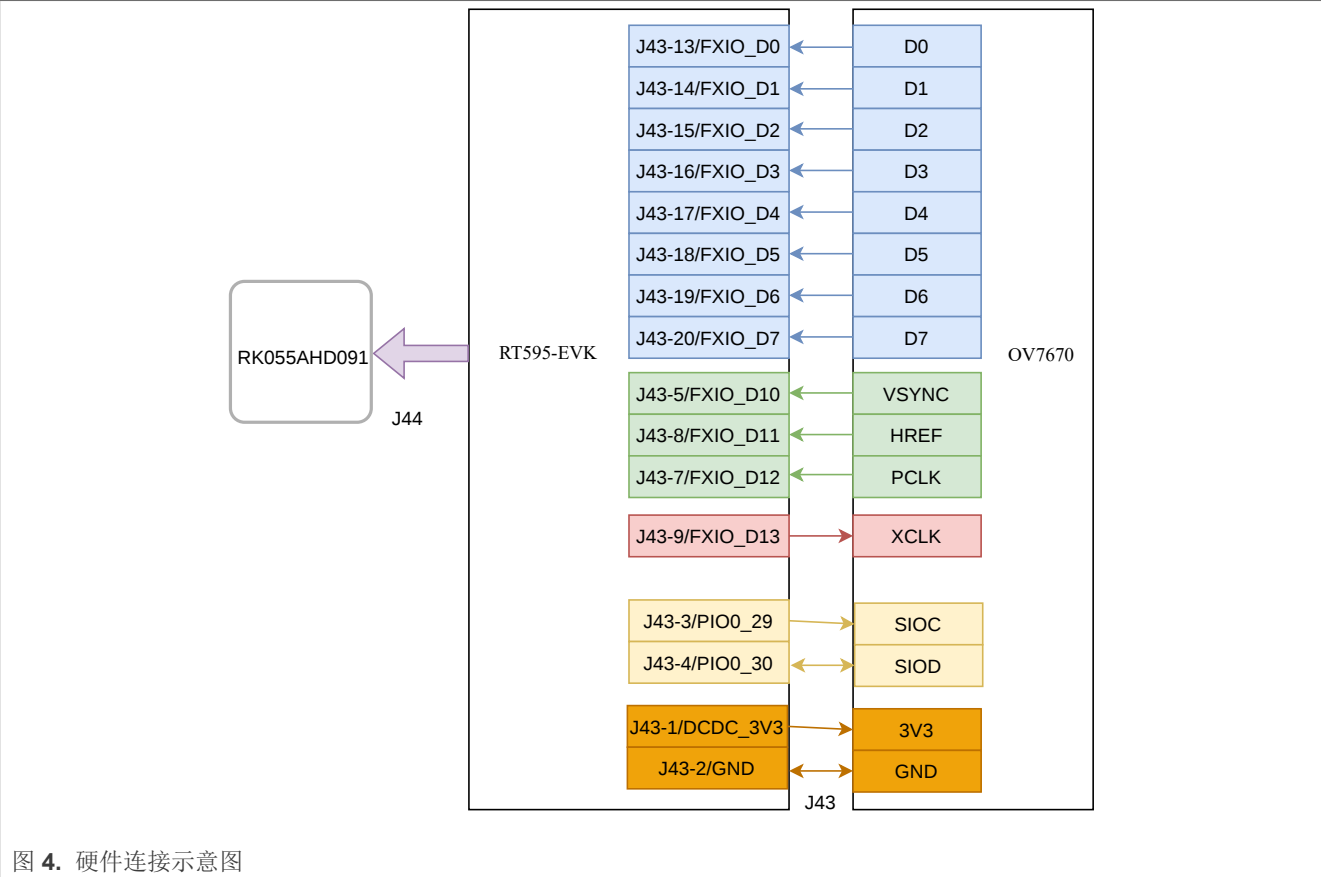


图 4. 硬件连接示意图

以下是关于 Camera 接口信号的描述：

- FXIO_D13 输出 PWM 信号为 OV7670 提供系统输入时钟 XCLK，OV7670 工作需要的时钟范围时10 M - 48 M，典型设置为 24 MHz，用户可以根据需要设置 XCLK 管脚和输出频率；
- FXIO_D0 - D7为帧的数据信号连接，包括 D0 - D7，用户可以根据需要设置其他管脚；
- FXIO_D10 - D12为帧控制线，包括 VSYNC, HREF 和 PCLK。
- PIO29/30 为 SCCB 信号线，包括 SIOC 和 SIOD，可以通过该总线访问 OV7670 的寄存器接口。

3.3 FlexIO 配置

用户可以灵活配置 FlexIO 的管脚连接、移位器数量、缓冲区长度和定时器。在 FlexIO 模拟并行总线时，数据信号管脚必须连续分配。

由于 SmartDMA 的 CameraAPI 的约束，FlexIO 的配置需要使用全部 8 个移位器，缓冲区长度为 256 比特，数据从 D0 到 D7 管脚输入。定时器1输入为 FlexIO 工作时钟，频率为 48 MHz，输出 XCLK，频率 12 MHz。Timer0 控制数据移入。

表 2. 并行摄像头接口配置

寄存器	配置值	描述
TIMCFG0	0x0126_6600	无起始停止位，定时器在触发信号上升沿使能和复位，下降沿使能；移位时钟为管脚输入，上升和下降沿减计数，输出默认为0，使能后不会被复位。
TIMCMP0	0x0000_003f	比较寄存器值，（63+1）个沿（32 上升 + 32 下降）。
TIMCTL0	0x0164_00c0	单周期 16 比特输入捕捉模式。

表 2. 并行摄像头接口配置...续上页

寄存器	配置值	描述
		FXIO_D12 管脚作为 Timer0 输入，输出被去使能。 内部触发信号，FXIO_D11管脚输入作为触发信号，高有效。
TIMCFG1	0x0000_0000	无起始停止位，定时器总是使能，永不复位或去使能； 使用 FlexIO 时钟源（48 MHz）
TIMCMP1	0x0000_0101	比较寄存器值，高低均为（1 + 1），12 MHz 输出。
TIMCTL1	0x00c3_0d02	双 8 比特 PWM 高有效模式。 FXIO_D13 用作输出，高有效。 内部触发源，定时器激活时为低。
SHIFTCFG0 - 6	0x0007_0100	无起始和结束位，移位器 N 的输入是移位器 N+1 的输出，寄存器位宽 32 位，并行宽度为 8 比特。
SHIFTCFG7	0x0007_0000	无起始和结束位，寄存器位宽 32 位，并行 8 比特宽，输入源为 FXIO_D0 - FXIO_D7 管脚。
SHIFTCTL0 - 7	0x0000_0001	接收模式，Timer0 溢出时将移位器内容存储到缓冲区 FXIO_D0 用作移位器输入起始管脚，上升沿移入。
SHIFTSIEN	0x0000_0001	使能移位器 0 的状态标志中断。

内部移位器和定时器资源分配和连接如 图 5 所示。

- 定时器：定时器1输入时钟为 FLEXIO 工作时钟，通过 FXIO_D13 输出 12 MHz 的 XCLK 信号；Timer0 控制信号为 HREF，上升沿使能，下降沿去使能，计数时钟为 PCLK，数据在移位时钟驱动下进入移位器，移位时钟频率等于 PCLK 频率。
- 移位器：使用了全部的 8 路移位器，FXIO_D0 - FXIO_D7 管脚数据，在 Timer0 驱动下，被送入移位器7，每次移入 8 位数据，移位器7输出到移位器6，以此类推，移位器1输出到移位器0。最后，Timer0 的存储事件驱动移位器将数据送入缓冲寄存器区域。若使能了 FLEXIO 的移位状态中断，同时会产生 smartDMA 请求，请求 smartDMA 将数据搬出移位缓冲寄存器。

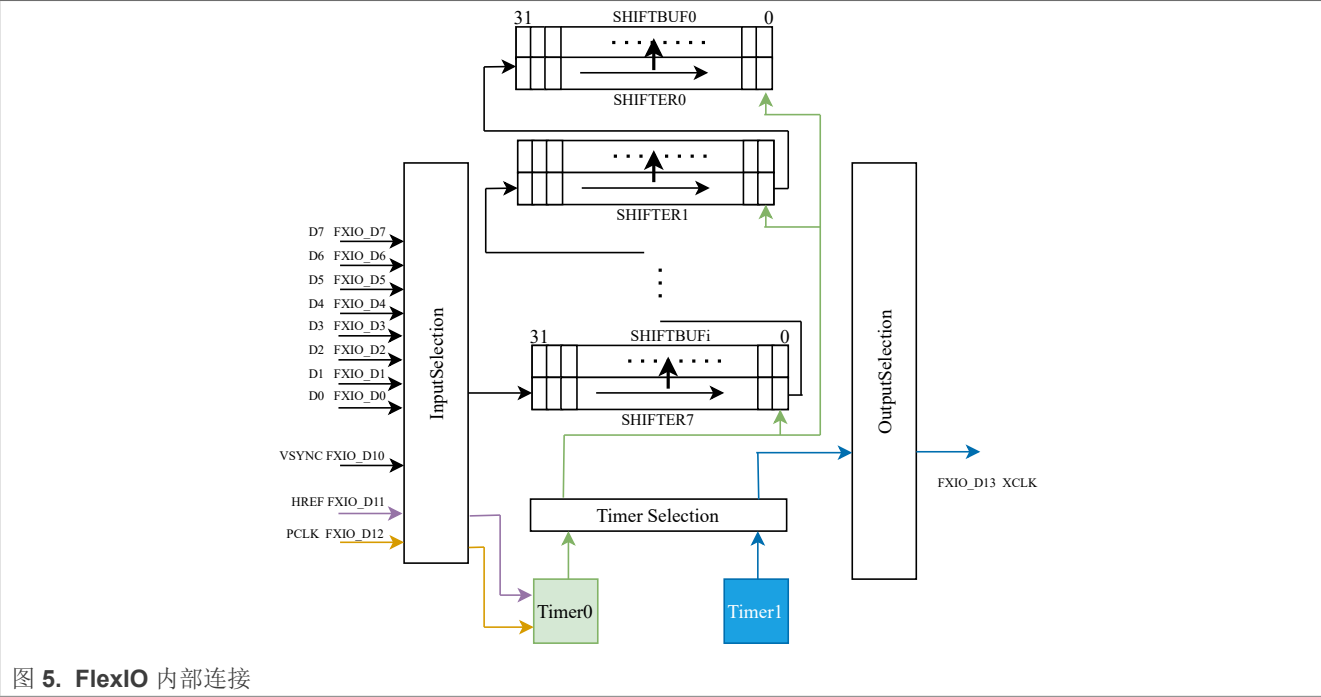


图 5. FlexIO 内部连接

数据采集过程如下：

1. Timer1 输出 XCLK 信号，驱动 OV7670 采集视频数据。
2. VSYNC 的 ISR 中更新 FrameBuffer 指针，使用 kSMARTDMA_FlexIO_FIFO2RAM_DMA索引启动smartDMA的搬数功能，smartDMA 执行基本的操作后等待 FlexIO 中断信号。
3. 当 HREF 出现上升沿时，表示一行新的数据开始，FlexIO 的 Timer0 在 HREF 的上升沿被使能。
4. Timer0 在 PCLK 驱动下开始减计数，同时控制移位器将数据输入。每个 PCLK 周期移入 8 比特数据。
5. 当 Timer0 减计数为零时，产生比较事件。
6. FlexIO 在比较事件的驱动下，将 8 路移位器中的数据存储到相应的SHIFTBUF0~7中。
7. 当缓冲区有有效数据时，FlexIO 设置状态标志，产生中断信号。
8. smartDMA 捕捉到中断信号后，将数据从 SHIFTBUF0 - 7 拷贝到 SRAM 中，每次拷贝 32 个字节。
9. 数据从移位器移入 SHIFTBUF 以后，Timer0 会再次从 TIMCMP 寄存器加载初始值，重复[步骤3](#)到[步骤7](#)。
10. 当 HREF 出现下降沿时，表示一行数据的结束，FlexIO 的 Timer0 在 HREF 的下降沿时停止工作；直到新的一行到来，重复[步骤2](#)到[步骤9](#)。
11. 传输完一帧后，VSYNC 变为低电平，同时 smartDMA 触发中断信号通知 Arm 核数据采集完成。
12. Arm 核在回调函数中更新帧采样完成标志。
13. Arm 核根据帧采样完成标志执行后续数据拷贝和触发显示流程。

4 软件流程

Demo 涉及的主要文件清单如 表 3 所示：

表 3. 文件列表

文件名	说明
camera_config.h	Demo 配置头文件
FlexIO_camera.c	Demo 主体程序
fsl_smartdma.c/h	SmartDMA 驱动
fsl_ov7670.c/h	OV7670 驱动
fsl_camera.h/ fsl_camera_device.h	SCCB 驱动
fsl_sccb.c/h	

4.1 数据流

数据流如 图 6 所示，数据从摄像头采集进来，再经过中间的拷贝操作，最后经过 LCDIF 和 MIPIDSI 推送到 LCD 面板上。

- 视频采集流程：OV7670 传感器采集摄像头数据，通过数据端口进入 FlexIO 模块，然后 smartDMA 将 FlexIO 的缓冲区数据拷贝到 SRAM 区域。图像采集帧率 15 fps，帧分辨率为 320*240，每个像素 2 字节。
- 图像数据再由 CM33 从 SRAM 拷贝到 PSRAM，根据需要决定是否拷贝。
- 图像显示流程：通过 LCDIF 和 MIPIDSI 模块将 PSRAM 区域帧数据推送到 LCD 面板。

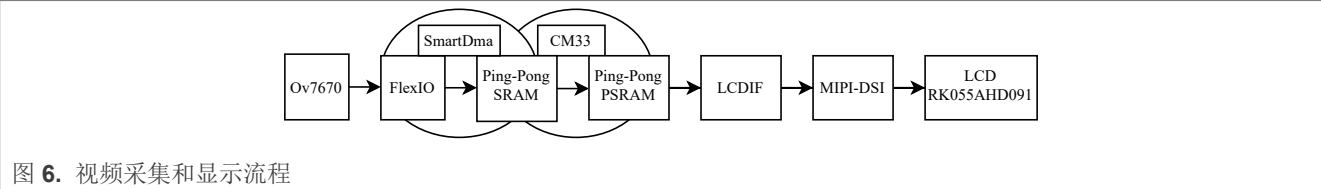


图 6. 视频采集和显示流程

4.2 camera_config.h

这个配置文件包含了大部分参数的配置宏定义。用户可以通过修改相关宏值来匹配特定硬件设计。

- XCLK，系统时钟
 - DEMO_FLEXIO_TIMER_PWM 定义选择的 XCLK 定时器，选择 Timer1。
 - DEMO_FLEXIO_PWM_TO_XCLK 定义 XCLK 输出管脚，选择 FXIO_D13。
 - DEMO_FLEXIO_PWM_FREQ_HZ 定义 OV7670 的输入时钟 XCLK 频率，这里为 12 MHz。
- 移位时钟
 - DEMO_FLEXIO_TIMER_DATA 定义移位定时器号，选择 Timer0。
 - DEMO_FELXIO_HREF_IDX 定义 HREF 输入管脚，选择 FXIO_D11。
 - DEMO_FELXIO_PCLK_IDX 定义像素时钟信号。FXIO_D12 为移位定时器计数信号。
- 移位器
 - 定义了数据输入管脚和数据位宽、移位器数量和起始编号。
 - DEMO_FLEXIO_DATA_START_IDX 定义数据输入起始管脚，这里为 FXIO_D0。如果用户的起始管脚不是 FXIO_D0，可以修改这个值。

- **DEMO_FLEXIO_CAMERA_DATA_WIDTH** 定义数据宽度，为 **8-bit**。因此，结合前一个宏定义，摄像头数据输入从 **FXIO_D0** 到 **FXIO_D7**。
- **VSYNC**
这部分定义了 **VSYNC** 中断相关信息。
 - **DEMO_VSYNC_PORT** 定义了 **VSYNC** 的 **GPIO** 端口，选择 **Port 4**。
 - **DEMO_VSYNC_PIN** 定义了 **VSYNC** 的 **PIN** 管脚，选择 **PIO4_30**。
 - **DEMO_VSYNC_IRQ** 定义了 **VSYNC** 中断类型为 **GPIO_INTA**，上升沿采样。
- **OV7670 配置**
用户可以配置摄像头采集帧率、FlexIO 工作时钟频率等。
 - **DEMO_CAMERA_XCLK_FREQ** 和 **DEMO_FLEXIO_PWM_FREQ_HZ** 定义 **OV7670** 工作时钟，需要保持一样。
 - **DEMO_CAMERA_PIXEL_FORMAT** 定义了像素格式，格式为 **RGB565**。
 - **DEMO_CAMERA_BPP** 定义每个像素字的节数，每个像素 **2 Bytes**。
 - **DEMO_CAMERA_FRAME_RATE** 定义帧率，为 **15 Hz**。
 - **DEMO_CAMERA_FLEXIO_DIV** 定义FlexIO时钟分频因子，值为 **8** 时， **FlexIO** 的工作时钟频率为 **48 MHz**。
 - **DEMO_CAMERA_FRAMEBUF_NUM** 定义了 **SRAM** 区存储帧的数据块数。
 - **DEMO_CAMERA_WIDTH** 和 **DEMO_CAMERA_HEIGHT** 定义了每一帧像素大小，宽度为 **320**，高度为 **240**。

4.3 smartDMA 驱动

SmartDMA 是 RT500 微控制器上的新型微引擎，与 Cortex-M33 内核并行运行。SmartDMA 执行事件/IO 驱动处理并访问共享数据，无需内核干预。

smartDMA 驱动由两部分构成：

1. 配置和调度函数。
2. smartDMA 固件程序两部分。

驱动函数如 [表 4](#) 所示，主要包括无固件加载初始化，有固件加载初始化，注册回调函数、复位和执行固件程序等。

表 4. smartDMA 函数

API 名称	功能描述
SMARTDMA_Reset()	复位 smartDMA
SMARTDMA_Init()	复位并开启时钟，同时拷贝加载固件。用户可以根据需要指定不同的固件。
SMARTDMA_InitWithoutFirmware()	复位并开启时钟，不加载固件。
SMARTDMA_InstallFirmware()	安装加载固件，
SMARTDMA_Boot()	触发 smartDMA 运行指定程序，用户可以指定 API 索引，
SMARTDMA_Deinit()	去使能并关闭时钟。
SMARTDMA_HandleIRQ()	中断服务程序
SMARTDMA_InstallCallback()	设置中断回调函数

以上为 smartDMA 的配置和控制函数。图像采集固件程序将在 SDK2.15 版本发布，对应 API 索引为 kSMARTDMA_FlexIO_FIFO2RAM_DMA。

SmartDMA 的初始化流程如下：

- 1. 配置 inputmux，例如将 FlexIO 中断映射到 smartDMA。
- 2. 为 smartDMA 相关的 SRAM 区上电。
- 3. SMARTDMA_Init() 有固件加载初始化 smartDMA。
- 4. SMARTDMA_InstallCallback() 注册中断回调函数。
- 5. 中断使能，例如，使能 FlexIO 和 smartDMA 的中断。

SmartDMA 的执行程序流程如下：

- 1. 设置待执行特定功能程序的参数。
- 2. 调用 SMARTDMA_Reset() 复位 SmartDMA。
- 3. 调用 SMARTDMA_Boot(), 传入 API 索引和对应参数等信息，启动特定固件程序。
- 4. 待 smartDMA 执行完成后会产生中断信号，通知 Arm 核执行完成。

4.4 初始化

数据采集链路初始化主要由 FlexIO_camera() 函数负责，包括 PIN、FlexIO、SmartDMA以及 Camera 单元的初始化工作。如 图 7 所示：

- 1. Camera 相关的管脚初始化，主要包括SCCB接口和DVP接口。
- 2. SmartDMA 初始化，包括开启时钟，注册固件，注册回调函数等。
- 3. SCCB 接口初始化，这里对应 FlexComm4。
- 4. FlexIO 初始化，配置 FlexIO 单元，包括时钟配置，XCLK 定时器设置，数据通路的移位器和定时器设置，使能移位器状态中断。
- 5. OV7670 初始化，包括配置像素格式，像素大小，分辨率，帧速率等信息。
- 6. 中断使能，包括 VSYNC 中断和 smartDMA 中断。

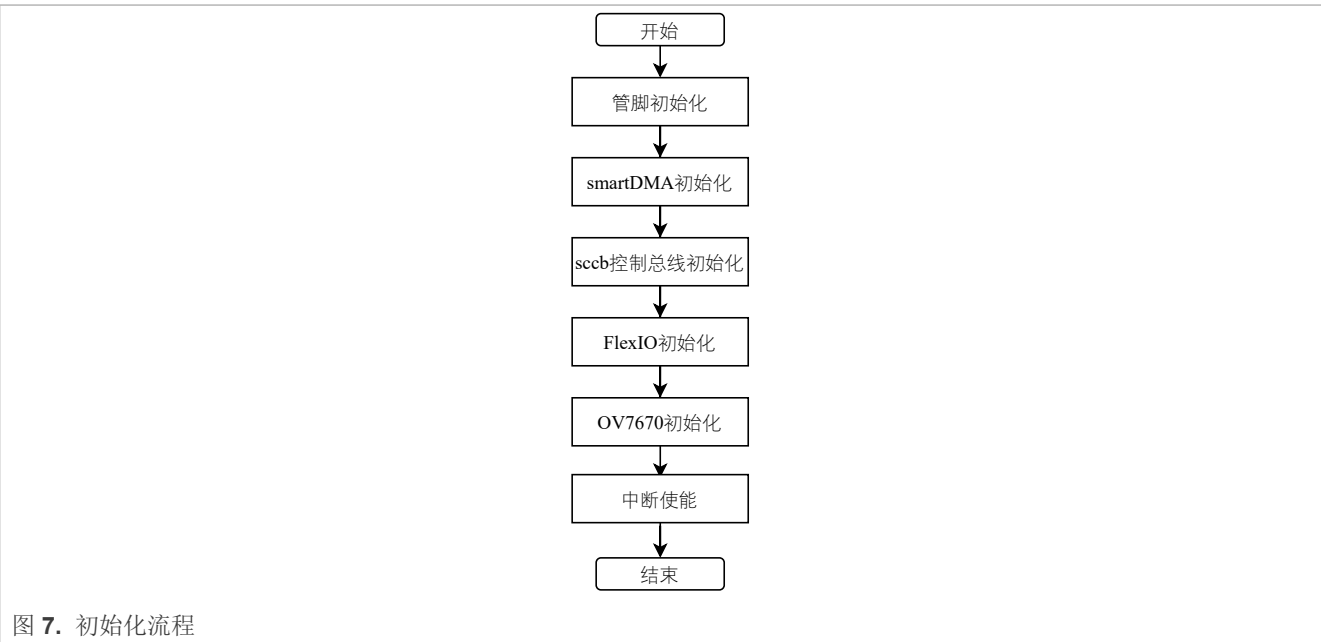
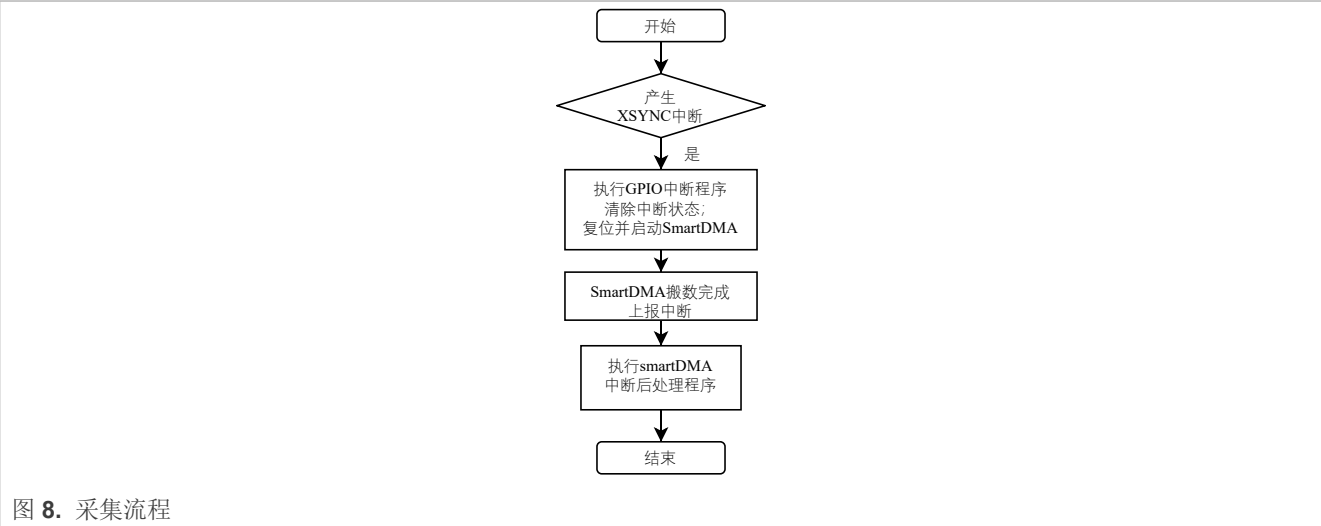


图 7. 初始化流程

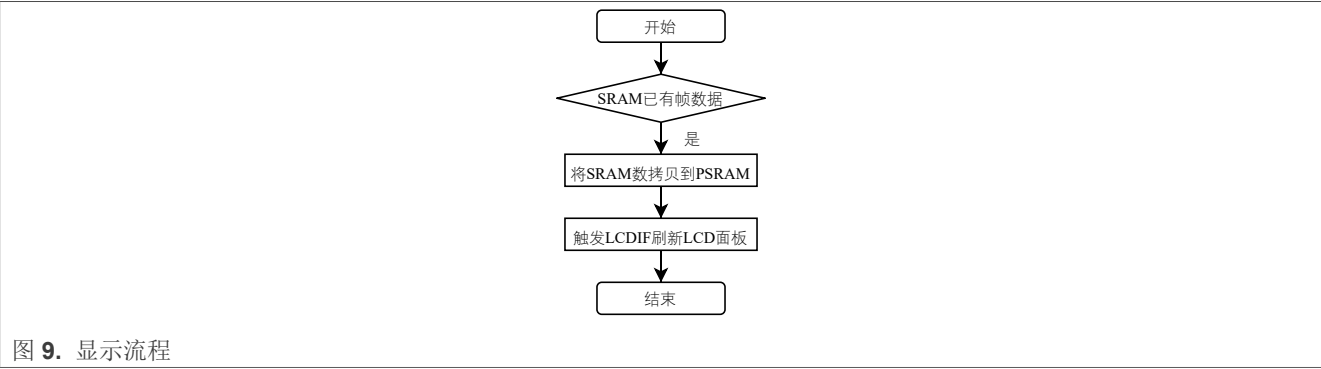
4.5 视频采集流程

smartDMA 负责将 FlexIO 缓冲区数据拷贝到 SRAM 区域，VSYNC 作为启动 smartDMA 的同步信号。具体触发过程为：当 VSYNC 上升沿到来时，产生 GPIO_INTA 中断，在中断服务程序中使用 kSMARTDMA_FlexIO_FIFO2RAM_DMA 索引启动 SmartDMA 的搬数功能。SmartDMA 搬数结束后上报中断，通知 CM33 当前帧数据搬运完成。如 图 8 所示。



4.6 视频显示流程

当 smartDMA 搬数完成后，触发中断，CM33 在回调函数中置帧数据搬运完成标志，当标志变量被置位后，CM33 将图像数据从 SRAM 缓冲区拷贝到 PSRAM。然后通知 LCDIF 单元将数据刷新到 LCD 面板上。用户可以根据实际情况省略数据拷贝操作。大概流程如 图 9 所示。



5 结论

本笔记介绍如何使用 FlexIO 和 smartDMA 实现并行摄像头接口，使用 OV7670 摄像头模块采集视频数据，使用 RK055HDMIPI4M 显示采集结果。图 10为实际效果。



图 10. 采集和显示

6 参考文档

- 使用 FlexIO 在 i.MX RT 上模拟并行摄像头接口（文档 [AN12686](#)）
- [SCCB protocol specification](#)
- [OV7670 datasheet](#)
- i.MX RT500 Low-Power Crossover MCU Reference Manual（文档 [RT500RM](#)）

7 修订记录

表 5 汇总了自初始版以来对本文档所做的更改。

表 5. 修订记录

文档号	日期	说明
AN14152_ZH v.1	2024 年 2 月 21 日	初次发布

Legal information

Definitions

Draft — A draft status on a document indicates that the content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included in a draft version of a document and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

Right to make changes — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Suitability for use — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

Terms and conditions of commercial sale — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <https://www.nxp.com/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

Suitability for use in non-automotive qualified products — Unless this document expressly states that this specific NXP Semiconductors product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications.

In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without NXP Semiconductors' warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies NXP Semiconductors for any liability, damages or failed product claims resulting from customer design and use of the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' standard warranty and NXP Semiconductors' product specifications.

Translations — A non-English (translated) version of a document, including the legal information in that document, is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

Security — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support established security standards or specifications with known limitations. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products. Customer's responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer's applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately. Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP.

NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at PSIRT@nxp.com) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

NXP B.V. — NXP B.V. is not an operating company and it does not distribute or sell products.

Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names, and trademarks are the property of their respective owners.

NXP — wordmark and logo are trademarks of NXP B.V.

AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, µVision, Versatile — are trademarks and/or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved.

i.MX — is a trademark of NXP B.V.

内容

1 简介2

2 并行接口摄像头2

2.1 OV7670 基本特性 2

2.2 OV7670 管脚介绍 2

2.3 OV7670 时序图3

3 系统描述4

3.1 系统框图4

3.2 硬件连接4

3.3 FlexIO 配置5

4 软件流程8

4.1 数据流 8

4.2 camera_config.h 8

4.3 smartDMA 驱动 9

4.4 初始化 10

4.5 视频采集流程 11

4.6 视频显示流程 11

5 结论12

6 参考文档12

7 修订记录12

Legal information13

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.