



U3158 智能视音频数字信号处理器

产品规格书

目 录

1 概述	1
1.1 功能框图	2
1.2 主要特点	2
1.2.1 CPU/DSP	2
1.2.2 图像	3
1.2.3 音频	3
1.2.4 时钟	4
1.2.5 外设	4
1.2.6 外部存储器接口	4
2 封装与管脚信息	5
2.1 概述	5
2.2 封装	5
2.3 管脚定义	6
3 电气规格	9
3.1 绝对最大额定值	9
3.2 推荐工作条件	9
3.3 芯片启动和复位	10

1 概述

U3158 芯片是一颗智能视音频数字信号处理器 DSP，由 4 个处理单元构成：CPU、VCU（Vector Computing Unit，向量处理器）、FEX（FFT-EXtensions，FFT 扩展）和 WDMA（Windowing Direct Memory Access，窗口式直接内存访问）。其中，CPU 是一种哈佛架构、3 级流水线、单发射、顺序执行的 32 位 CPU，支持按位计算，同时还扩展了部分 64 位指令。CPU 负责整个程序的调度、执行，包括程序烧录、启动、读取指令、解码指令，并控制指令的运行和外设控制。VCU、FEX 和 WDMA 作为协处理器由 CPU 控制，用于加速数字信号处理。WDMA 既可以用于加速 CPU 访问 PSRAM 或 SRAM，直接读取数据到寄存器，也可以单独执行图像滤波、图像缩放、二值化、膨胀/腐蚀、数据转移等指令。

U3158 CPU 基于自定义的指令集，支持复数指令、FPU（Float Processing Unit）、SIMD（Single Instruction Multiple Data，单指令多数据），最大支持 4 路 32 位整数/浮点数或者 8 路 16 位整数的并行计算。U3158 为每个外设定义了一个独立的 DMA 控制器，外设操作可完全并行。

特别需要强调的是，U3158 的系统架构和指令集是完全原创的，是研发人员 30 多年深耕视音频处理算法研究结晶。U3158 创新性地提出了一系列视音频处理专用指令和 DSP 加速机制，极大地提高了 U3158 的音视频算法实时处理效率，降低了处理功耗，U3158 的五大 DSP 加速机制包括：

- WDMA（Windowing DMA）：专利技术，通过二维开窗 DMA 技术，可以灵活且快速地从 PSRAM 或 SRAM 中读取图像块或矩阵数据到寄存器中。
- 寄存器自动映射 RA（Register Automapping）：寄存器自动映射 RA 也是 U3158 的专利技术，它能够把 128 位寄存器自动映射为 4 个 32 位或 2 个 64 位寄存器。在 RA 机制支持下，可以在单 cycle 内读取 128 位数据到一个 128 位寄存器中，这个 128 位寄存器可以被自动映射为 4 个 32 位寄存器，这 4 个 32 位寄存器可独立参与不同指令的计算，计算完成后在单 cycle 内把 128 位寄存器写入 RAM 中。RA 可把数据读写的效率提高 4 倍。
- 流式管线 Streaming Pipeline：在流式管线 Streaming pipeline 支持下，流媒体数据的当前帧被处理的同时，DSP 并行地在后台把下一帧数据读取到寄存器中，数据读取和数据处理可以完全并行，大大地提高了流媒体处理效率。
- SIMD（Single Instruction Multiple Data）：可实现单 cycle 内执行 4 次 32 位浮点乘加计算，或 4 次 32 位定点乘加计算，或 8 次 16 位定点乘加计算。
- 向量计算 Vector Computing：基于 VLIW（Very-Long-Instruction-Width，超长指令字）技术实现了一种向量计算，把需要多次重复执行的指令打包成一个 96 位的超长指令，每个指令包含指令码、数据起始地址、数据终止地址、数据格式以及各种操作标志等。在向量运算支持下，指令只需要读一次，可计算多达 2047 个数据，避免了在计算时多次读取指令和解码指令的开销，提高了执行效率。此外，U3158 还为 CPU 定制了大量的视音频处理专用指令，这些指令可归纳为两类：
- 视觉处理：视频 NN（Neural Network）、FAST 特征提取、ORB 特征提取、匹配光流、LK 光流、避障和眼动跟踪等典型视觉应用定制的指令。
- 音频处理：支持硬化的 FFT/IFF 运算指令，也支持多种复数、指数、对数、cos/sin、矩阵、能量计算等为音频应用定制的指令。

1.1 功能框图

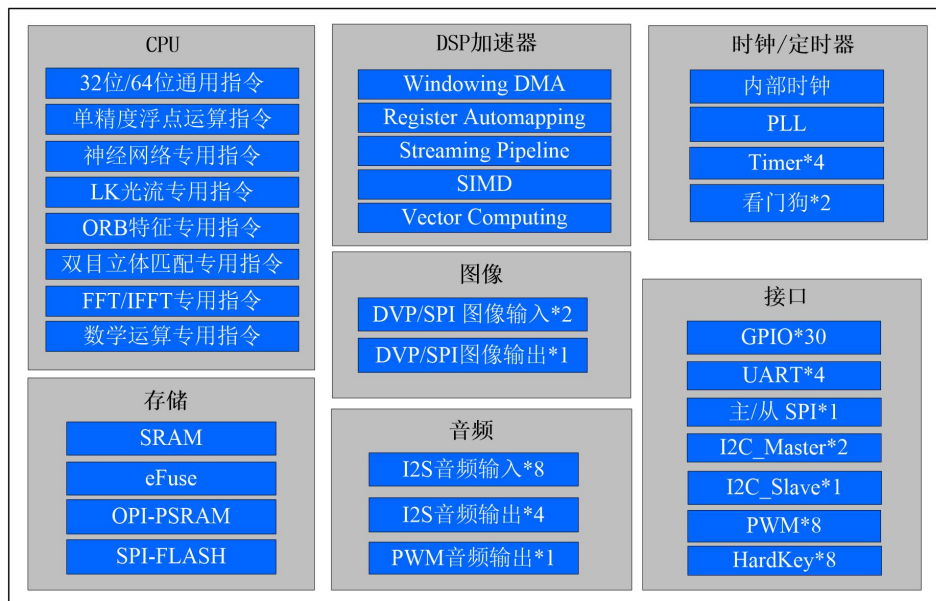


图 1 U3158 功能框图

1.2 主要特点

1.2.1 CPU/DSP

- 自定义指令集内核
 - 32 位 CPU，支持部分 64 位指令
 - 支持 IEEE754 兼容的单精度浮点运算单元，4 次浮点 MAC/Cycle
 - 神经网络计算专用指令
 - FAST 特征检测专用指令
 - 特征匹配专用指令
 - LK 光流专用指令
 - 双目立体匹配专用指令
 - 眼动跟踪专用指令
 - FFT/IFFT 指令
 - 复数指令
 - 指数/对数、cos/sin 等数学计算专用指令
 - 支持 12 个中断输入
- 窗口式直接内存访问 WDMA
 - 支持神经网络计算加速，直接读取内存数据到 CPU 寄存器
 - 支持 FAST 特征点检测加速
 - 支持矩阵乘法计算加速
 - 支持图像裁剪、缩放和双线性插值

- 支持图像二值化
- 支持图像膨胀/腐蚀计算
- 支持图像 2*2、3*3、5*5 和 7*7 的双通道卷积滤波计算
- 支持快速内存复制
- 向量处理器 VCU
 - 支持 41 个向量计算指令
 - 指令最大支持 2047 个输入数据
 - 支持处理 16 位和 32 位的实数和复数
 - 支持 FIR 和 IIR 滤波和自相关计算
 - 支持矩阵转置和矩阵乘法
 - 支持和 CPU 并行执行
- FFT 扩展 FEX
 - 基-2 的硬件 FFT 加速
 - 支持 8~1024 点的 FFT 计算
 - 最多支持 8 个 FFT 计算串行执行
- 内置 272KB SRAM
- 内置 OPI 接口的 4MB PSRAM
- 内置 256 位的 eFuse，支持算法保护

1.2.2 图像

- 2 路 DVP/SPI 图像输入 8/10Bit, 最大支持 1024*768 的彩色图或灰度图, 彩色图支持 yuv422、rgb565 和 rgb555 三种格式
- 1 路 DVP/SPI 图像输出, 最大支持 1024*768 的彩色图或灰度图, 彩色图支持 yuv422 和 rgb565 两种格式
- DVP 图像输入接口支持帧同步和行同步信号自动反向
- SPI 图像输入接口支持自动解析比亚迪的 MTK 协议和展讯协议, 可作为 SPI 主设备, 也可以作为 SPI 从设备, 支持全双工, 支持 DSPI 和 QSPI
- SPI 图像输出接口作为 SPI 主设备, 支持输出比亚迪的 MTK 协议
- 支持 SPI 接口的 LCD 显示屏
- DVP/SPI 图像输入、输出接口最大支持 100MHz 的时钟, 图像输入、输出过程支持自动缩放和裁剪图像, 图像输入过程支持自动双缓存切换
- 支持自动转换输入图像为 Only Y, yuv444 或 rgb888

1.2.3 音频

- 4 路 I2S 音频输入, 支持最大 8 声道输入, 采样频率最大为 192KHz, 采样位数最大 32 位
- 2 路 I2S 音频输出, 支持最大 4 声道输出, 支持采样频率最大为 192KHz, 采样位数最大 32 位
- 1 路 PWM 音频输出, 单声道
- 支持标准模式, 左对齐, 右对齐和 DSP 格式的数据

1.2.4 时钟

- 最大时钟 240MHz
- 内置时钟源，可输出 5.48MHz~18.63MHz 的时钟，也可以接外部 12MHz 有源/无源晶振作为时钟源
- 1 个 Profiling 设备，用于应用程序统计 CPU 运行的时钟个数

1.2.5 外设

- 1 个 I2C 从设备，最大支持 1MHz 的时钟
- 2 个 I2C 主设备，最大支持 1MHz 的时钟，支持多主仲裁
- 4 个通用定时器/计数器
- 2 个看门狗定时器
- 1 个专用 SPI 设备，可以作为 SPI 主设备，也可以作为 SPI 从设备，支持全双工，支持 DSPI、QSPI 和 FLASH_SPI，最大支持 50MHz 的时钟
- 最多支持 4 个 UART 串口，支持自动检测帧头，支持接收超时设置
- 最多支持 30 个 GPIO
- 最多支持 8 个按键输入，支持硬件去抖动
- 最多支持 8 路 PWM 脉冲输出，支持死区设置，支持中心点对齐和边缘对齐
- 每个设备都有独立的 DMA
- 支持低功耗模式

1.2.6 外部存储器接口

- 1 个 SPI FLASH 接口，支持 DSPI 和 QSPI，最大支持 100MHz 的时钟

2 封装与管脚信息

2.1 概述

U3158 芯片采用 WLCSP72 的封装，总共 72 个 pad，芯片大小为 4.96mm×5.26mm×0.697mm，芯片 pad 之间的间隙为 0.6mm，芯片的封装参考图 2，芯片的管脚定义参考表 1。

2.2 封装

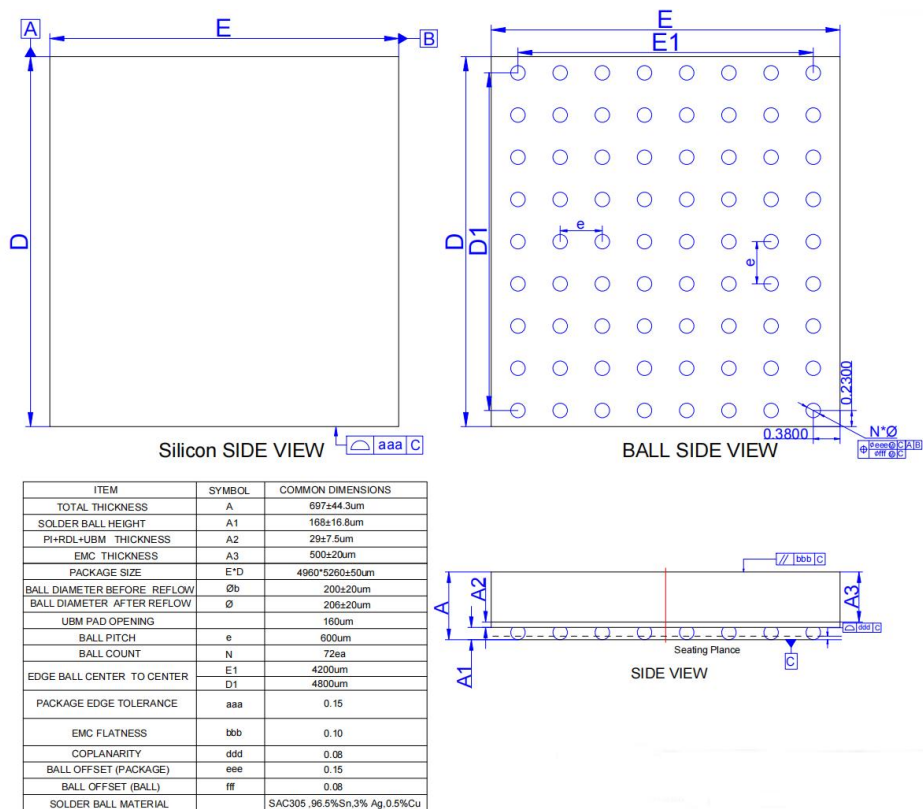


图 2 U3158 芯片封装

2.3 管脚定义

表 1 U3158 芯片管脚定义

PIN	NAME	IO Type ^[1]	Driver ^[2]	管脚复用或功能描述
E6	VDD_CORE	POWER	/	内核电源
H2			/	
D2			/	
A4			/	
D6	VDDIO	POWER	/	IO 电源
E1			/	
B4			/	
D1	VDD_2V5	POWER	/	eFuse 烧录电源，仅用于烧录 eFuse，正常使用时需接 GND
D7	GND	GND	/	地
F8			/	
G6			/	
H3			/	
F2			/	
G2			/	
E2			/	
F1			/	
B5	IMG1_PCLK	IO	0/1	SPI1_CLK/MTK0_CLK
A5	IMG1_FV	IO	0/1	GPIO4/UART3_TX
A6	IMG1_LV	IO	0/1	GPIO5/UART3_RX
A7	IMG1_DAT0	IO	0/1	SPI1_DAT0/MTK0_DAT0
B6	IMG1_DAT1	IO	0/1	SPI1_DAT1/MTK0_DAT1
A8	IMG1_DAT2	IO	0/1	GPIO6/SPI1_DAT2/MTK0_DAT2
B7	IMG1_DAT3	IO	0/1	GPIO7/SPI1_DAT3/MTK0_DAT3
B8	IMG1_DAT4	IO	0/1	GPIO8/SPI1_CS/MTK0_CS
D8	IMG1_DAT5	IO	0/1	GPIO9
C8	IMG1_DAT6	IO	0/1	GPIO10/TIME_PWM4_P
C7	IMG1_DAT7	IO	0/1	GPIO11/TIME_PWM5_P
E8	IMG1_DAT8	IO	0/1	I2C1_SCL/UART1_TX
C6	IMG1_DAT9	IO	0/1	I2C1_SDA/UART1_RX
H6	IMG2_PCLK	IO	0/1	SPI2_CLK/MTK1_CLK/I2S_SCK
J5	IMG2_FV	IO	0/1	GPIO24

PIN	NAME	IO Type ^[1]	Driver ^[2]	管脚复用或功能描述
H5	IMG2_LV	IO	0/1	GPIO25
J4	IMG2_DAT0	IO	0/1	SPI2_DAT0/MTK1_DAT0/I2S_WS
G5	IMG2_DAT1	IO	0/1	SPI2_DAT1/MTK1_DAT1
F5	IMG2_DAT2	IO	0/1	SPI2_DAT2/MTK1_DAT2/I2S_IN0
H4	IMG2_DAT3	IO	0/1	SPI2_DAT3/MTK1_DAT3/I2S_IN1
J3	IMG2_DAT4	IO	0/1	SPI2_CS/MTK1_CS/I2S_IN2
J2	IMG2_DAT5	IO	0/1	GPIO17/I2S_IN3, 作为 GPIO 时只能输出, 不能输入, 且作为 GPIO17 时 GPIO9 的输出使能也需要为 1, 此时如果 IMG1_DAT5 脚作为 GPIO9 时也只能输出
F3	IMG2_DAT6	IO	0/1	GPIO26/TIME_PWM4_N/I2S_OUT0, 作为 GPIO 时只能输出, 不能输入
G4	IMG2_DAT7	IO	0/1	GPIO27/TIME_PWM5_N/I2S_OUT1, 作为 GPIO 时只能输出, 不能输入
F4	IMG2_DAT8	IO	0/1	I2C2_SCL/TIME_PWM6_N/UART2_TX
G3	IMG2_DAT9	IO	0/1	I2C2_SDA/TIME_PWM7_N
D5	IMG_O_CLK	IO	0/1	SPI3_CLK/MTK2_CLK
E5	IMG_O_FV	IO	0/1	GPIO12/TIME_PWM6_P
F6	IMG_O_LV	IO	0/1	GPIO13/TIME_PWM7_P
G8	IMG_O_DAT0	IO	0/1	SPI3_DAT0/MTK2_DAT0
G7	IMG_O_DAT1	IO	0/1	SPI3_DAT1/MTK2_DAT1
H8	IMG_O_DAT2	IO	0/1	SPI3_DAT2/MTK2_DAT2/TIME_PWM0_N
F7	IMG_O_DAT3	IO	0/1	SPI3_DAT3/MTK2_DAT3/TIME_PWM1_N
E7	IMG_O_DAT4	IO	0/1	SPI3_CS/MTK2_CS
J8	IMG_O_DAT5	IO	0/1	GPIO14
H7	IMG_O_DAT6	IO	0/1	GPIO15/TIME_PWM2_N
J7	IMG_O_DAT7	IO	0/1	GPIO16/TIME_PWM3_N
J6	I2S_MCLK	O	0/1	SENSOR_MCLK
C3	CLK_SEL	I	/	时钟选择输入, 1: 选择外部输入时钟作为时钟源, 关闭内部时钟, 0: 使能内部时钟, 选择内部时钟作为源
C1	CLK_P	I	/	外部时钟输入脚, 接外部无源/有源晶振; 接有源晶振时, 从 CLK_P 脚输入时钟; 使用内部时钟时悬空
C2	CLK_N	O	/	
J1	RST_N	I	/	芯片复位输入, 低电平复位
H1	DBG_I2C_SDA	IO	0/1	I2C 调试接口, 不用于 U3158 调试时, 可以作为

PIN	NAME	IO Type ^[1]	Driver ^[2]	管脚复用或功能描述
G1	DBG_I2C_SCL	IO	0/1	I2C 从设备，地址固定位 0x28
B3	SPI_CS	IO	0/1	GPIO21
B1	SPI_CLK	IO	0/1	GPIO20
B2	SPI_DAT0	IO	0/1	GPIO22
A1	SPI_DAT1	IO	0/1	GPIO23
A2	SPI_DAT2	IO	0/1	GPIO0/TIME_PWM0_P/音频 PWM_P
A3	SPI_DAT3	IO	0/1	GPIO1/TIME_PWM1_P/音频 PWM_N
D3	FLASH_CLK	IO	0/1	GPIO28
E3	FLASH_CS	IO	0/1	GPIO29
E4	FLASH_DAT0	IO	0/1	GPIO30
C4	FLASH_DAT1	IO	0/1	GPIO31
D4	FLASH_DAT2	IO	0/1	GPIO2/TIME_PWM2_P/UART0_TX
C5	FLASH_DAT3	IO	0/1	GPIO3/TIME_PWM3_P/UART0_RX

注：

[1] IO Type 分五类：I 是指该管脚只接受信号输入，O 是指该管脚只做信号输出，IO 是指该管脚既可做输入也可做输出，POWER 是指该管脚为电源输入，GND 是指该管脚为地。

[2] Driver：管脚作为输出口时，支持两种驱动电流，默认为 0，选择弱驱动。如果用户需要增加驱动电流，可以通过把 GPIO 的设备寄存器设置为 1，选择强驱动。

[3] TIME_PWM_P 为 PWM 脉冲输出，TIME_PWM_N 为 TIME_PWM_P 的反向脉冲，TIME_PWM_P 默认为低电平，输出脉冲时为高电平，TIME_PWM_N 默认为高电平，输出脉冲时为低电平。

[4] I2C1 和 I2C2 为 I2C 主设备。

[5] UART2 串口设备只支持发送数据，不支持接收数据。

[6] 芯片复位后所有管脚默认作为管脚名称对应功能的管脚，复用功能开启后自动切换为复用功能的管脚，有多个复用功能时最左边的复用功能优先级最高，如管脚 IMG1_DAT8，默认作为第 1 路图像输入的数据脚，第一个 I2C1 主设备打开后自动切换为 I2C1 的时钟脚，UART1 设备打开后自动切换为 UART1 的数据发送脚，I2C1 和 UART1 都打开时，自动切换为 I2C1 的时钟脚。

3 电气规格

3.1 绝对最大额定值

U3158 芯片的绝对最大额定值（Absolute Maximum Ratings）如表 2 所示，严禁超出这些参数，否则可能导致芯片永久性损坏。

表 2 U3158 绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
存储温度	-55	125	℃
工作温度	-40	85	℃
VDD_CORE 供电电源	-	1.21	V
VDDIO 供电电源	-	1.98	V
VDD_2V5 烧录源	-	2.75	V
IO 口输入电压	-0.3	2.14	V
最大人体模型静电放电（ESD）应力电压：任意引脚对任意电源引脚（任意极性），或任意引脚对所有非电源引脚集合（任意极性）。最多进行三次应力测试。	-	2000	V

3.2 推荐工作条件

U3158 内核电压推荐值是 1.1V，IO 电压（即 VDDIO）有三种 1.8V、2.5V 和 3.3V，如表 3 所示。不同 VDDIO 电压下，高电平和低电平的输入输出电压值如表 4 所示。

表 3 U3158 电源的推荐工作条件

电源	描述	最小值	推荐值	最大值	单位
VDD_CORE	内核电源	0.99	1.10	1.21	V
VDDIO	IO 电源	1.62	1.80	1.98	V
VDD_2V5	eFuse 烧录电源	2.25	2.50	2.75	V

表 4 不同 VDDIO 电压下 IO 电平参数

VDDIO 电源	IO 电平	最小值	最大值	单位
1.8V	高电平输出	VDDIO - 0.45	-	V
	低电平输出	-	0.45	V
	高电平输入	0.65 * VDDIO	VDDIO + 0.3	V
	低电平输入	-0.3	0.35 * VDDIO	V

3.3 芯片启动和复位

U3158 芯片启动后复位管脚 RST_N 需至少保持 1ms 的低电平，烧录电源 VDD_2V5 只有烧录 eFuse 时需要，正常使用时需接 GND。内核电源 VDD_CORE 和 IO 电源 VDDIO 参考图 3 的上电时序，也可以同时上电。上电时序参数如表 5 所示。

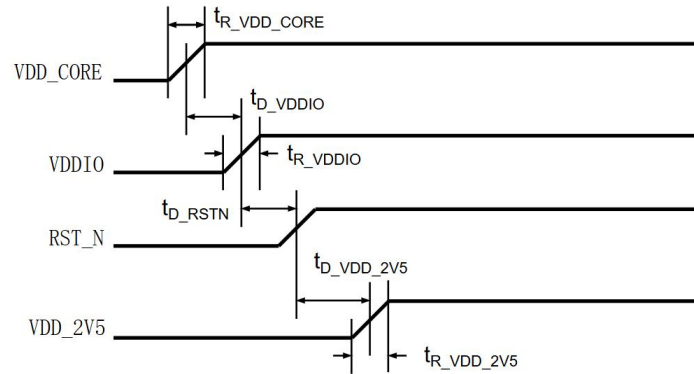


图 3 U3158 上电时序图

表 5 U3158 上电时序参数

延时参数	参数说明	最小值	最大值	单位
$t_{R_VDD_CORE}$	内核电源上升沿时间	0	5	ms
t_{D_VDDIO}	IO 电源相对于内核电源的延时时间	-0.5	1	ms
t_{R_VDDIO}	IO 电源上升沿时间	0	5	ms
t_{D_RSTN}	复位延时时间	1	-	ms
$t_{D_VDD_2V5}$	eFuse 烧录电源相对于复位信号的延时时间	0.5	-	ms
$t_{R_VDD_2V5}$	eFuse 烧录电源的上升沿时间	0	5	ms