

Q/LS

Q/SW-LS 0001-2023

龙芯中科技术股份有限公司企业标准

龙芯CPU统一系统架构规范

(适用于LA架构嵌入式系列)

V1.1

2024-12-30 发布

2024-12-30 实施

龙芯中科技术股份有限公司

批准

版权声明

本文档版权归龙芯中科技术股份有限公司所有，并保留一切权利。未经书面许可，任何公司和个人不得将此文档中的任何部分公开、转载或以其他方式散发给第三方。否则，必将追究其法律责任。

免责声明

本文档仅提供阶段性信息，所含内容可根据产品的实际情况随时更新，恕不另行通知。如因文档使用不当造成的直接或间接损失，本公司不承担任何责任。

龙芯中科技术股份有限公司

Loongson Technology Corporation Limited

地址：北京市海淀区中关村环保科技示范园龙芯产业园 2 号楼

Building No.2, Loongson Industrial Park,

Zhongguancun Environmental Protection Park, Haidian District, Beijing

电话(Tel): 010-62546668

传真(Fax): 010-62600826

版本信息

版本记录	文档名	龙芯CPU统一系统架构规范
	版本号	V1.1
	创建人	研发部
版本历史		
序号	版本号	更新内容
1	V1.0	1、发布文档初始版本V1.0版
2	V1.1	1、规范格式变更：使用形式统一的整体规范，具有唯一的版本号、目录及历史修改记录，原有子规范变为章节，取消原有子规范的版本号、目录、历史修改记录。V1.0规范的历史修改记录可查阅历史规范版本； 2、5.8CAN章节新增compatible属性"ls2k,sjal000"，同步更新Appendix D:2K1000LA设备树源码参考配置中can节点描述； 3、更新Appendix E:2K2000设备树源码参考配置：增加dc-hda节点描述； 4、更新5.9 I2C控制器节点属性； 5、更新5.15 SDIO控制器节点属性； 6、更新5.26 DMA控制器节点属性； 7、新增5.34 EMMC控制器，5.35 I2S控制器，5.36 AUDIO，5.37 SOUND节点描述； 8、更新Appendix A: 规范适用处理器型号列表：增加2K0300处理器型号； 9、更新Appendix B: 集显传参方式适用处理器型号列表：增加2K0300集显传参方式； 10、更新Appendix E:2K2000设备树源码参考配置：增加emmc和sdio节点描述； 11、新增Appendix F:2K0300设备树源码参考配置； 12、删除第一章 5 设备树节点配置规范，调整为附录G设备树节点配置指导； 13、更正G.36 AUDIO设备节点compatible为"loongson,ls-pcm-generic-audio"

前言

龙芯CPU统一系统架构规范是龙芯产品在嵌入式领域的开发指导规范，通过规范整机设计、固件开发、内核开发的技术要求，定义了整机、固件、系统的兼容性标准。

目录

前言	iv
第一章 龙芯CPU嵌入式系统固件与内核接口规范	1
1 范围	1
2 术语与约定	1
2.1 术语	1
2.2 约定	2
3 架构关系	2
4 固件与内核接口传参规范	2
4.1 传参约定	2
4.2 命令行传递的约定	3
4.2.1 initrd表	3
4.3 UEFI system table传递的约定	3
4.3.1 memory map表	3
4.3.2 initrd表	3
4.3.3 FDT表	4
4.4 内核集成FDT约定	4
4.5 集显的传参约定	4
4.6 其他约定	4
5 总结	4
第二章 龙芯2K系列SoC集显嵌入式软硬件设计规范	5
1 概述	5
1.1 适用范围	5
1.2 术语与定义	5
1.3 龙芯2K系列SoC集显设备树传参规范概述	6
2 多屏显示方案	7
2.1 透明视频转换芯片方案	8
2.2 非透明视频转换芯片方案	8
2.3 液晶屏显示配置方案	9
2.4 2K0500显示方案	10
2.5 多屏显示配置案例	11
3 设备树传参规范A	12
3.1 设备树传参规范A	13
3.2 传递EDID的配置方法	14
3.3 传递显示时序的配置方法	15
3.3.1显示时序中各个参数的意义	17
3.4 关闭某一路显示管线的方法	19
3.5 硬件克隆显示设备树配置方法	19
3.6 背光配置方法	20

4 设备树传参规范B	22
4.1 设备树传参规范B	23
4.2 LT8618 编码器设备树实现示例	24
4.3 SII9022 编码器设备树实现示例	24
4.4 透明类型编码器的实现示例	25
4.5 液晶屏显示设备实现示例	26
5 参考文献	26
Appendix A: 规范适用处理器型号列表	27
Appendix B: 集显传参方式适用处理器型号列表	28
Appendix C: 2K0500设备树源码参考配置	29
Appendix D: 2K1000LA设备树源码参考配置	47
Appendix E: 2K2000设备树源码参考配置	68
Appendix F: 2K0300设备树源码参考配置	77
Appendix G: 设备树节点配置指导	87
G.1 CPU	87
G.1.1 cpu-map	87
G.1.2 cpu	87
G.2 内存	88
G.2.1 memory	88
G.2.2 reserved-memory	88
G.2.3 memalloc	88
G.3 温度传感器	89
G.4 中断控制器	89
G.4.1 CPU中断控制器	89
G.4.2 传统IO中断控制器	89
G.4.3 扩展IO中断控制器	90
G.4.4 桥片IO中断控制器	91
G.4.5 MSI中断控制器	91
G.5 SPI控制器	91
G.6 GPIO	92
G.7 UART控制器	93
G.8 CAN	93
G.9 I2C控制器	93
G.10 PWM控制器	94
G.11 NAND控制器	94
G.12 电源管理模块	95
G.13 RTC	95
G.14 HPET控制器	96
G.15 SDIO控制器	96
G.16 GMAC控制器	97
G.16.1 配置为PLATFORM设备	97

G.16.2 配置为PCI设备	98
G.17 DWC2控制器	98
G.18 DWC3控制器	99
G.19 OHCI控制器	99
G.19.1 配置为PLATFORM设备	99
G.19.2 配置为PCI设备	100
G.20 EHCI控制器	100
G.20.1 配置为PLATFORM设备	100
G.20.2 配置为PCI设备	100
G.21 XHCI控制器	101
G.21.1 配置为PCI设备	101
G.22 HDA控制器	101
G.22.1 配置为PLATFORM设备	101
G.22.2 配置为PCI设备	101
G.23 SATA控制器	102
G.23.1 配置为PLATFORM设备	102
G.23.2 配置为PCI设备	102
G.24 PCIE	103
G.24.1 PCIE Host Bridge	103
G.24.2 PCIE Bridge	103
G.24.3 PCIE Device	104
G.25 RapidIO控制器	104
G.25.1 配置为PCI设备	104
G.26 DMA控制器	104
G.27 APB总线控制器	105
G.27.1 配置为PCI设备	105
G.28 REBOOT	105
G.29 POWEROFF	105
G.30 CHIPID	106
G.31 PINCTRL	106
G.32 根节点	106
G.33 其他配置	107
G.34 EMMC控制器	107
G.35 I2S控制器	108
G.36 AUDIO	108
G.37 SOUND	108

第一章 龙芯CPU嵌入式系统固件与内核接口规范

1 范围

本规范规定了固件与内核接口传参实现及设备树节点配置的要求，适用于龙芯LoongArch架构的2号系列CPU，具体CPU型号请参考附录A。建议其它系统厂商遵循此规范开发相关产品。本规范为通用规范，描述一般性的约定。针对不同的芯片，请参阅对应的芯片手册。

2 术语与约定

2.1 术语

本规范所用术语定义如下：

固件：Firmware，写入ROM、EPROM等非易失存储器中的程序，负责控制和协调集成电路。

BIOS：基本输入输出系统，Basic Input Output System，一组固化到主板上一个ROM芯片上的程序，它保存着计算机基本输入输出程序、系统设置信息、开机后自检程序和系统自启动程序。BIOS与硬件系统集成在一起，也被称为固件，本规范中固件和BIOS不做区分。

UEFI：统一的可扩展固定接口，Unified Extensible Firmware Interface，是Intel为全新类型的PC固件的体系结构、接口和服务提出的建议标准。主要目的是提供在OS加载之前在所有平台上一致、正确指定的启动服务，被看做是有近20多年历史的PC BIOS的继任者。

UEFI system table：包含了指向UEFI runtime、boot services和Configuration Table等内容的指针，具体可参考UEFI规范。

UEFI Configuration table：对应UEFI system table中的ConfigurationTable字段，包含了一个表数组，每个数组成员由GUID和对应表的指针构成，具体可参考UEFI规范。

BootLoader：引导加载程序，又称引导加载器、启动加载器或启动引导器，是由计算机固件（BIOS或UEFI）启动的软件，它负责用想要的内核参数加载内核，并根据配置文件初始化RAM磁盘。常见的BootLoader有：ELILO, SYSLINUX, EFI stub loader, GRUB等。

PMON：龙芯平台使用的一种兼有BIOS和BootLoader部分功能的开放源码软件。

U-Boot：一个主要用于嵌入式系统并且支持多种体系结构的引导加载程序。

FDT(Flattened Device Tree)：即设备树，是一种描述硬件资源的数据结构，以便操作系统内核可以使用和管理这些组件，可以通过bootloader将它传给内核。设备树主要由三大部分组成：头（header）、结构块（struct block）、字符串块（strings block）。

VBIOS(Video BIOS)：VBIOS是显卡的BIOS，VBIOS提供一些和显示相关的功能,并存放显示芯片与驱动程序之间的控制程序,另外还存放有显示卡型号、规格、生产厂家、出厂时间等信息。

CPU(central processing unit)：中央处理器，简称处理器。

2.2 约定

1. 本规范中的地址，未明确说明为虚拟地址时，均表示物理地址。

3 架构关系

龙芯2号CPU产品的固件与内核接口在系统各软件之间所处的层次关系如图3-1所示。

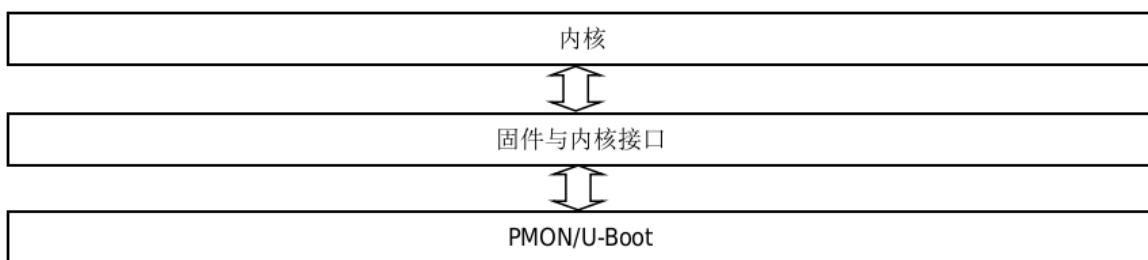


图3-1 接口与内核和固件之间的关系

4 固件与内核接口传参规范

固件与内核之间按照内核参数约定传递参数。

4.1 传参约定

固件传递给内核的参数包括标志、命令行地址、UEFI system table地址，分别通过a0、a1、a2三个寄存器传递给内核。寄存器及对应的参数说明见下表：

表4-1 传参寄存器及对应参数说明

寄存器名	参数大小	参数说明
a0	u64	UEFI规范兼容标记,为1 1:表示固件支持UEFI规范 0:表示固件不支持UEFI规范 注:当前规范版本仅支持UEFI兼容的 固件,固件可通过命令行的noefi禁止 内核的运行时功能
a1	u64	64位命令行物理地址
a2	u64	64位UEFI system table物理地址

4.2 命令行传递的约定

4.2.1 initrd表

当使用initrd时，用户可通过命令行向内核传递initrd信息，initrd信息的固定格式为“initrd=initrd_start,initrd_size”，initrd_start为initrd的起始64位物理地址，initrd_size为initrd的64位大小。

4.3 UEFI system table传递的约定

4.3.1 memory map表

memory map表的数据结构定义如下：

```
struct efi_boot_memmap {
    unsigned long    map_size;
    unsigned long    desc_size;
    u32              desc_ver;
    unsigned long    map_key;
    unsigned long    buff_size;
    efi_memory_desc_t map[];
};
```

其中，map_size为UEFI memory map buffer大小；desc_size为UEFI memory map 描述符大小；desc_ver为UEFI memory map描述符版本；map_key为UEFI memory map key；map为UEFI memory map起始地址；具体请参考UEFI规范。buff_size保留。

memory map表的地址存储在UEFI Configuration table中，内核在UEFI Configuration table中查找memory map GUID({800f683f-d08b-423a-a293-965c3c6fe2b4})获取memory map地址。

4.3.2 initrd表

initrd表的数据结构定义如下：

```
struct efi_initrd {
    unsigned long    base;
    unsigned long    size;
};
```

其中，base为initrd的起始64位物理地址，size为initrd的64位大小。

initrd表的地址存储在UEFI Configuration table中，内核在UEFI Configuration table中查找initrd GUID({5568e427-68fc-4f3d-ac74-ca555231cc68})获取initrd表地址。

4.3.3 FDT表

FDT表的地址存储在UEFI Configuration table中，内核在UEFI Configuration table中查找DEVICE_TREE_GUID({b1b621d5-f19c-41a5-830b-d9152c69aae0})获取FDT地址。

4.4 内核集成FDT约定

内核提供配置选项CONFIG_BUILTIN_DTB及CONFIG_BUILTIN_DTB_NAME来指定特定的FDT，用于集成到内核。当内核集成FDT时，内核解析并使用该FDT，不再使用固件提供的FDT。

4.5 集显的传参约定

集显的传参方式分为设备树传参和VBIOS传参两种。不同CPU型号适用不同的传参方式，请参考附录B。对于采用VBIOS传参方式的内置显卡，固件需要将VBIOS存放到内置显卡显存BAR空间的最后1MB内。

4.6 其他约定

UEFI Configuration table包含了memory map表，initrd表，FDT表等，详细描述参考章节4.3.1 memory map表，4.3.2 initrd表，4.3.3 FDT表。其中，传参涉及到memory map表、initrd表，FDT表的起始地址等地址均为64位物理地址且64K字节对齐。

initrd有两种传递方式（分别是命令行方式和systemtable方式，参见4.2.1和4.3.2），兼容UEFI规范的固件推荐使用UEFI system table传递。

5 总结

本规范的提出和制定旨在规范龙芯CPU嵌入式系统的固件和内核接口，重点规定了固件与内核接口传参实现及设备树节点配置等方面，使得内核具有更广泛的适应性及兼容性，能有效解决内核对具体板卡设备的依赖性，有利于龙芯系列产品基础软件的规范和统一。

第二章 龙芯2K系列SoC集显嵌入式软硬件设计规范

1 概述

1.1 适用范围

本文档适用于2K1000LA和2K0500型号处理器。

1.2 术语与定义

本规范所涉及到的术语及其定义如下：

1. **DT**: 设备树 (Device Tree) 的简称。
2. **BIOS**: Basic Input Output System的简写, 是一组固化到主板ROM芯片上的程序, 也被称为固件。它保存着系统配置信息、计算机基本输入输出设置程序、开机上点后自检和内存训练等程序。对于龙芯嵌入式SoC来说, 固件通常指的是龙芯维护的PMON。
3. **Encoder/Transmitter/Transcoder/Display bridge**: 都指显示编码器 (视频转换芯片), 用于将 DVO (RGB888) 信号转换为其它显示信号 (比如LVDS、HDMI、DVI、VGA和eDP等)。不同的厂商和芯片手册用不同的名字, 本文中出现的视频转换芯片等术语也是这里的显示编码器的意思。
4. **Connector**: 显示连接器, 也被称为显示接口。常见的显示器为VGA、DVI、HDMI和DP等显示接口, 而常用液晶屏多为eDP, LVDS或DPI等显示接口。
5. **EDID**: Extended display identification data, 扩展显示器识别数据。是VESA制定的有关显示器识别数据的标准。EDID通常存储在显示器的EEPROM中, EDID1.0到EDID1.3规范中EDID的容量都是128字节。
6. **DDC**: Display Data Channel, 显示数据通道。显示控制器驱动通过DDC探测显示器是否存在以及从显示器中获得EDID数据。
7. **DC**: Display Controller, 显示控制器。
8. **LSDC**: 龙芯2K系列SoC中显示控制器的Linux设备驱动程序, 代码位于龙芯产品Linux内核/drivers/gpu/drm/lsdc目录下, 它主要负责对龙芯UMA构架的芯片进行支持, 比如2K1000LA和2K0500。
9. **GPU**: 图形处理单元, 负责图形的渲染, 本规范中如不加特殊说明指的是龙芯2K系列SoC中的GC1000 GPU。
10. **显示管线**: 一条显示管线包括一个CRTC、一个Encoder、一个Connector、一个I2C设备等成分 (I2C是可选的, 必要时可以通过在设备树中提供显示时序参数的方式代替)。龙芯2K系

列SoC具备两条独立的显示管线，支持双屏扩展和克隆。下文中出现的显示输出也是显示管线的简化说法。

1.3 龙芯2K系列SoC集显设备树传参规范概述

龙芯2K系列SoC中集成显示控制器（DC）和图形处理器（GPU），部分型号的SoC芯片内部中还集成了显示编码器。龙芯2K系列SoC芯片内部具备两组独立的显示管线，2K1000LA中集成双路DVO显示输出，而2K0500集成了一路DVO输出接口和一路VGA输出接口。DVO输出接口除了接DPI（RGB888）接口的液晶屏幕之外，一般需要和外部显示编码器搭配使用才能形成完整的显示方案。2K1000LA/2K0500和不同的编码器或液晶屏幕组合，可以形成多种显示方案，本规范第二章将龙芯4.19产品内核已经支持的显示方案进行详尽说明，硬件工程师请参看本规范的第二章节。

用户可根据产品需求来进行硬件设计，包括外部显示编码器选型，是否需连接液晶屏幕以及是否需要双路显示输出等。由于Linux内核无法探测平台类型的硬件设备，所以需要使用设备树来描述设备属性，硬件设备之间的连接关系，与设备相匹配的驱动、设备驱动配置参数。并将这些信息传递给Linux内核。为了不限限制嵌入式应用的灵活性，龙芯集显设备驱动（LSDC）支持了两种设备树传参方式，在本规范文档中称之为设备树传参方式A和设备树传参方式B。

龙芯4.19内核中使用LSDC来作为嵌入式平台的显示驱动，LSDC显示驱动支持A和B两种设备树传参方案。设备树传参方案A可用于透明编码器、DPI（RGB888）接口的液晶屏的方案，支持通过设备树传EDID、显示时序、使用硬件克隆模式等功能。设备树传参方式B支持透明类型和非透明类型的编码器的硬件方案，设备树传参方式B基于DRM Bridge框架来实现编码器驱动，每个编码器驱动都是独立的设备驱动模块，设备驱动程序能根据设备树所传递的拓扑信息在运行时绑定编码器驱动模块，实现与LSDC设备驱动解耦。是符合上游内核社区设备树传参规范的方式。

设备树传参方式A和设备树传参方式B不同之处在于它们描述显示编码器和显示连接器的方式的不同，对于龙芯2K系列SoC本身的显示控制器设备节点和GPU设备节点，二者在描述方式上并无差别。

```
dc@0x400c0000 {  
    compatible = "loongson , display-subsystem";  
    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;  
    dvo0: dvo0 {  
        reg = <0>; /* 0 for display pipe 0 */  
    };  
    dvo1: dvo1 {  
        reg = <1>; /* 1 for display pipe 1 */  
    };  
};
```

图1-1 设备树传参方式A和设备树传参方式B的书写对比

龙芯4.19产品内核中的LSDC设备驱动虽然支持了两种设备树传参规范，但是初始化时只会选择一种传参规范来解析设备树，所以实际产品的设备树需要开发者根据需求选用其中一种规范来书写设备树文件。LSDC设备驱动区分设备树类型的方法为：在设备树的显示控制器设备节点中实现output-ports及其相关属性，表示用设备树传参方式A。在设备树的显示控制器设备节点中实现ports设备节点及其子节点，表示用设备树传参方式B。如图1-1中的设备树所示，dc@0x400c0000代表显示控制器的设备树节点，图1-1中左边文本框 dc@0x400c0000设备节点中有output-ports = <&dvo0 &dvo1>代码且没有ports属性，这种情况使用的就是设备树传参方式A；图1-1中右边文本框dc@0x400c0000设备节点中存在ports属性，代表使用的是设备树传参方式B。

LSDC设备驱动程序在初始化时，**优先检测**设备树显示控制器的设备节点中是否存在ports属性，如果存在则用设备树传参方式B解析设备树；如果显示控制器的设备节点中没有ports属性则检测output-ports属性，如果存在就用设备树传参方式A去解析设备树。

本规范第三章着重介绍设备树传参规范A规范的实现方式。本规范第四章介绍设备树传参规范B的实现方式。龙芯2K系列SoC的开发者根据需求选择一种传参方式。如果用非透明类型的显示编码器，推荐用设备树传参方式B来传参。固件维护工程师、编码器驱动开发工程师、设备树编写者需要参看本规范的第三、四章节。

2 多屏显示方案

龙芯2K系列SoC芯片内部具备两组独立的显示控制器，2K1000LA集成双路DVO显示输出，而2K0500内部集成了一路 DVO 接口和一路 VGA 接口。DVO输出接口除了接RGB888接口的液晶屏幕之外，一般需要和外部显示编码器搭配使用才能形成完整的显示方案。其中显示编码器分为透明类型的显示编码器和非透明类编码器，透明类的显示编码器指的是不需要程序配置的视频转换芯片。比如ADV7123、ADV7125、GM7123C等DVO转VGA视频转换芯片。非透明类编码器指

的是需要写驱动程序配置的编码器芯片，比如LT8618、SII9022、CH7033B等芯片，对于这类芯片应该根据显示编码器芯片手册推荐的电路图选择最佳的显示配置方案。

龙芯2K系列SoC芯片由于具备DVO 输出接口，可支持多种不同类型的显示编码器和硬件连接方案。本章2.1、2.2、2.3、2.4和2.5小节将介绍4种基础的多屏显示配置方案，实际的板卡基本上就是这四种显示方案的变种或组合。2.6小节列举出几款由龙芯设计的板卡的显示配置方案框图，作为参考介绍给读者。

2.1 透明视频转换芯片方案

在选用透明输出类型的显示编码器转换芯片时，不需要在内核态为转换芯片实现驱动。由于透明输出类型的显示编码器转换芯片只具备视频信号转换的功能不具备I2C通信功能。电路布线时，某一路显示连接器的I2C（SDA，SCL）引脚直接与这路显示管线所占用的I2C设备相连接，两路显示输出均采用透明类型的编码器的显示配置方案如图2-1所示。

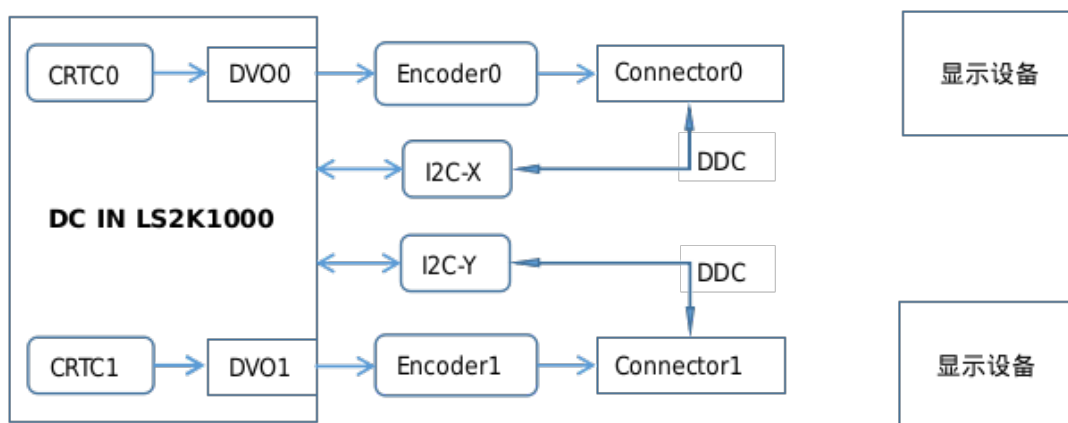


图2-1 由透明输出类型的显示编码器所组成的显示连接方案

虽然是透明视频转换芯片，不代表芯片是完全不受控制的。比如ADV7125编码器具备功耗控制和硬件复位等功能管脚。在对待机功耗和硬件复位功能有要求的场景下，可以连接到龙芯2K系列SoC的GPIO上，并且在设备树中描述连接信息，传递给设备驱动，软件层面可以对视频转换芯片进行控制。

2.2 非透明视频转换芯片方案

在非透明类型的显示编码转换芯片时，需要开发内核态编码器芯片驱动，芯片才能正常工作。绝大多数的非透明视频转换芯片都可以通过I2C接口来对编码器进行配置，两路输出均选用非透明的编码器的显示方案如图2-2所示。

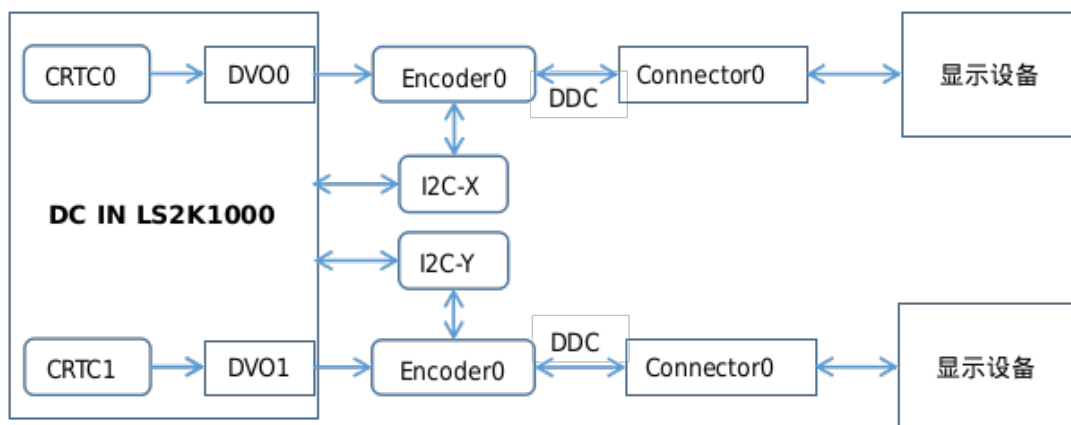


图 2-2: 非透明输出类型的显示编码器的显示连接方案

在主板设计时将视频转换芯片的I2C Master通信接口连接到显示连接器（VGA，DVI，HDMI等接口）的I2C引脚，将I2C Slave通信接口连接到该条显示管线所占用的I2C设备（这里指龙芯SoC中的I2C设备，可以是硬件I2C或GPIO模拟I2C）。显示编码转换芯片作为中间媒介将EDID数据从显示器读回，再把EDID送回给显示驱动。两条显示管线应该各自占用独立的I2C硬件功能单元，应尽量避免其他I2C slave设备与图形驱动共用硬件I2C的设计，如果I2C硬件功能单元不够用的情况，可以考虑使用通用GPIO资源来模拟I2C。如果硬件设计无法避免共用硬件I2C的情况，同一个I2C总线下的I2C设备从地址应该不同，避免通信冲突。

非透明的显示编码器除具备DDC功能外，还具备热插拔中断转发的功能。需要把显示连接器的热插拔中断功能管脚连接到显示编码器的热插拔中断输入引脚上，再将显示编码器的热插拔中断输出引脚连接到2K1000LA SoC的GPIO上。

2.3 液晶屏显示配置方案

在使用 DPI接口的液晶屏幕时，液晶屏幕接口可通过FPC排线接到2K1000LA的DVO输出接口上，无需视频编码转换芯片，适合低成本嵌入式类应用。这里以龙芯派的例子，给出了一种使用液晶屏幕显示方案的系统原理框图，如图2-3所示。

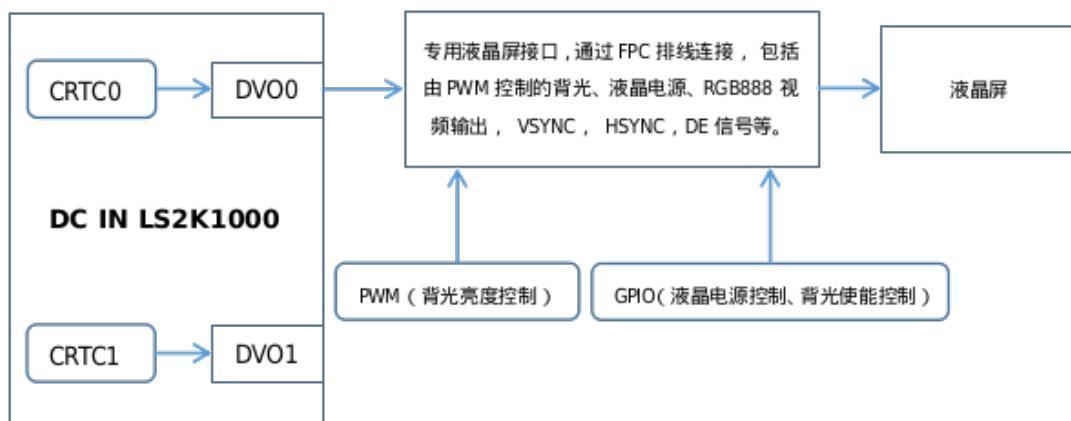


图 2-3: 液晶屏幕显示配置方案

由于DPI接口的液晶屏幕不具备I2C接口，无法通过I2C读取其显示屏幕的参数。因此需要通过

设备树传递EDID或显示时序。此外液晶屏幕需要通过PWM控制器和GPIO来控制液晶屏幕的背光亮度和屏幕电源开关的。这些控制管脚需要连接到LS2K SoC的PWM控制器和GPIO上。具体使用哪个PWM或那个GPIO本规范不做限制，要求所用硬件资源不要和其它子系统功能模块重叠，避免硬件资源冲突，以免限制整个系统应用的灵活性。

扩展双屏应用时部分2K1000LA的显示控制器不推荐使用水平分辨率不能被64整除的屏幕（比如800x480），如果一定要用这种显示屏幕，应将这种分辨率的屏幕连接到第二路显示管线上。单屏应用不存在这种问题。

2.4 2K0500显示方案

2K0500 Soc中集成两路显示，一路DVO显示，一路VGA显示。如果只需要一个VGA输出，那么可以直接使用2K0500的第二路显示管线；如果需要接其他接口(HDMI、DVI、LVDS、DPI)的显示设备，需要在第一路DVO显示输出上外接视频转换芯片，由于2K0500系统带宽有限，建议只使用一路显示输出。硬件连接方案如图2-4、图2-5、图2-6所示。

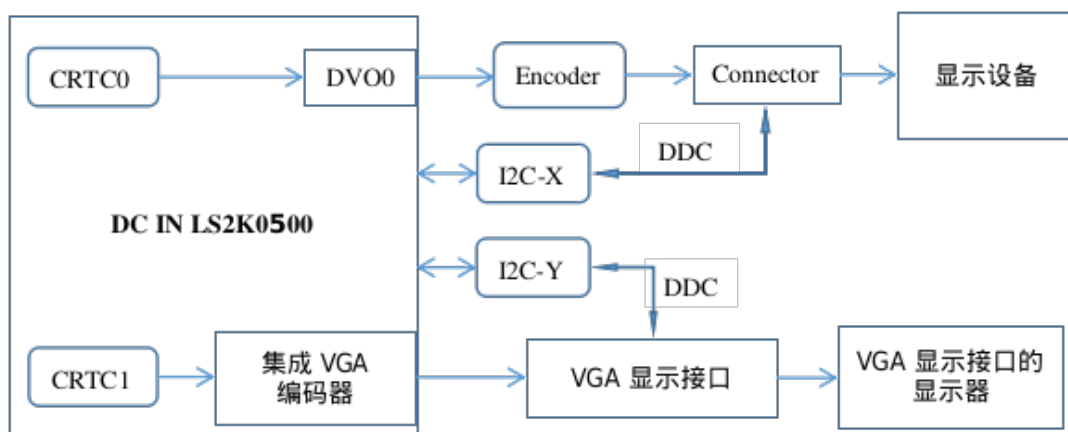


图2-4: 2K0500第一路显示管线采用透明式编码器的显示连接方案示意图

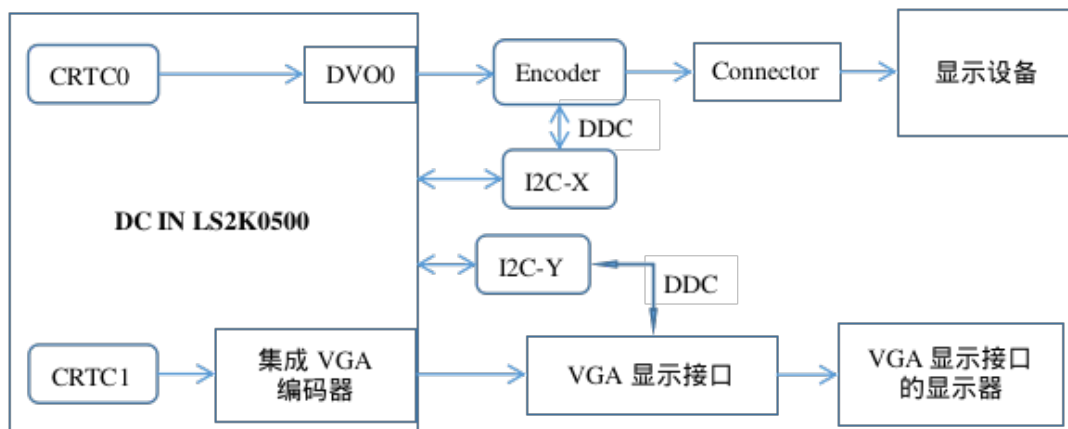


图2-5: 2K0500第一路显示管线采用非透明式编码器的显示连接方案示意图

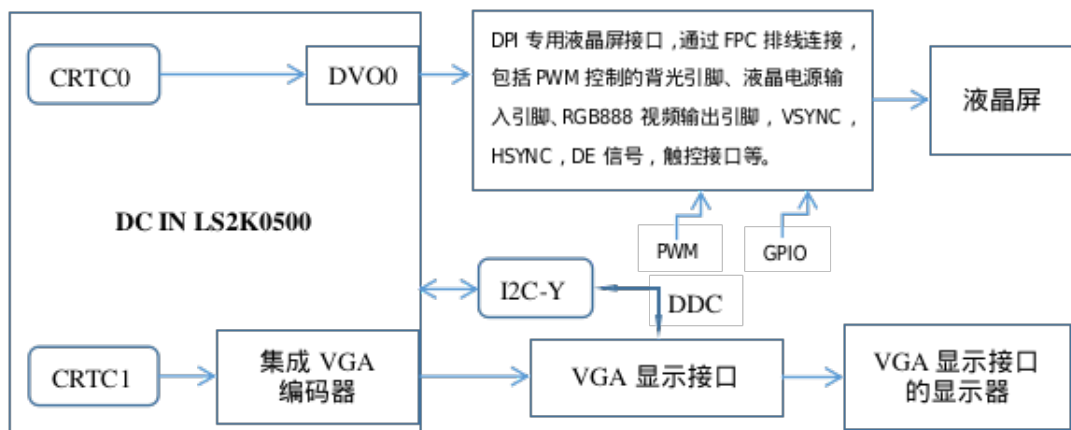


图2-6: 2K0500第一路显示管线采用液晶屏的显示连接方案示意图

2.5 多屏显示配置案例

推荐使用本章节中2.1、2.2、2.3、2.4、2.5小节所介绍的显示配置方案的组合，下面介绍几款有龙芯设计的板卡作为参考。

龙芯派（LS2K1000_PA1_UDB_V1.5）的显示配置方案如图2-7所示，主板的第一路显示配适的是飞凌嵌入式出品的1024x600(或800x480)的液晶屏幕。采用2K1000LA SoC中的PWM0控制背光亮度控制，GPIO3控制背光电源使能和背光调节使能。主板的第二路显示管线选用SII9022 DVO转HDMI编码器，使用2K1000LA SoC中的硬件I2C-1来配置SII9022和读取EDID，建议新设计的主板能够采用本章2.2章节所描述，采用非透明输出的方式使用SII9022编码器芯片。

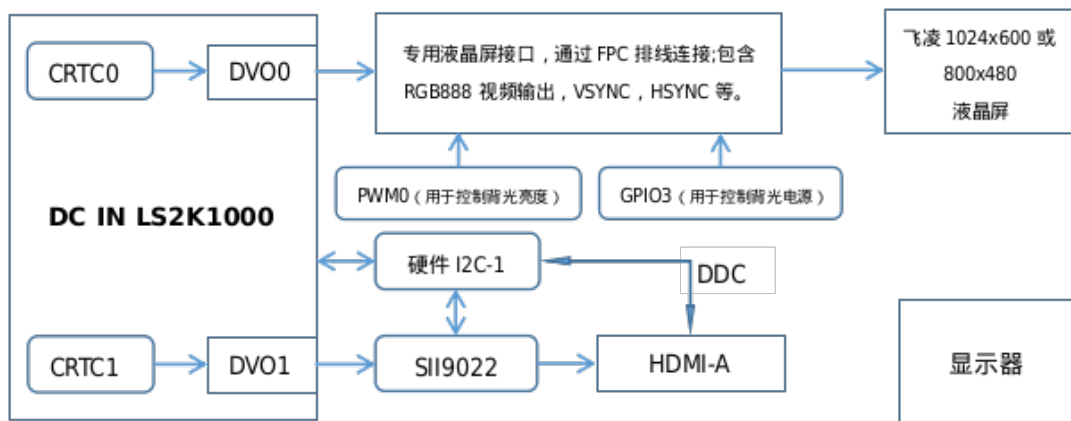


图2-7: 龙芯派显示配置方案

龙芯教育派的显示配置方案如图2-8所示，龙芯教育派只使用第一路显示输出。它选取了SII9022作为其第一路显示管线的编码器芯片，对编码器的配置方法与上文中介绍的龙芯派的第二路显示管线相同。新设计的产品推荐采用非透明输出的方式使用SII9022编码器芯片。

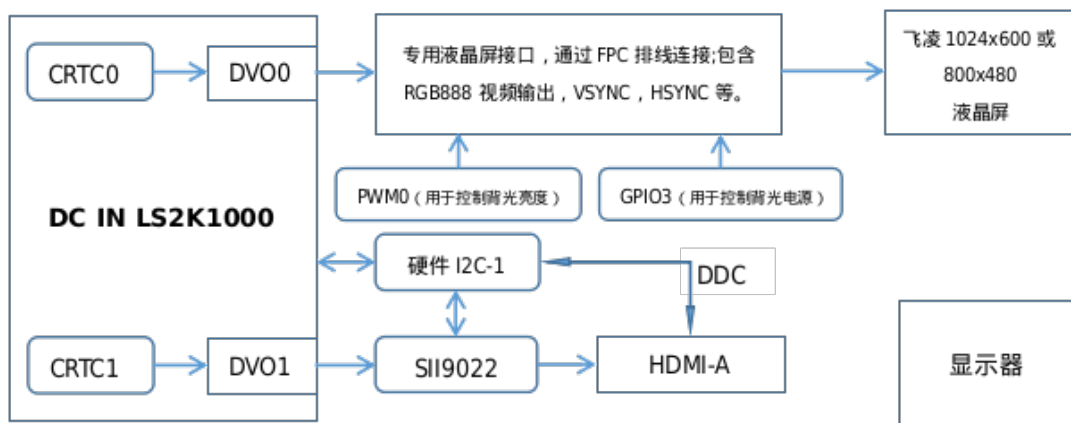


图2-8 2K1000LA 教育派显示输出配置方案

2K1000LA 开发板（LS2K1000_PC_EVB_V1.2）非透明的显示编码器除具备DDC功能外，还具备热插拔中断转发的功能。需要把显示连接器的热插拔中断功能管脚连接到显示编码器的热插拔中断输入引脚上，再将显示编码器的热插拔中断输出引脚连接到2K1000LA SoC的GPIO上。

显示配置如图2-9所示，该板卡两路输出均采用透明类型的编码器，是本章中2.1小节所介绍的显示连接方案的一个实例。值得注意的是由于2K1000LA中只有两个硬件I2C，I2C资源不够用，所以这款主板用的是GPIO模拟I2C来充当DDC总线的功能。

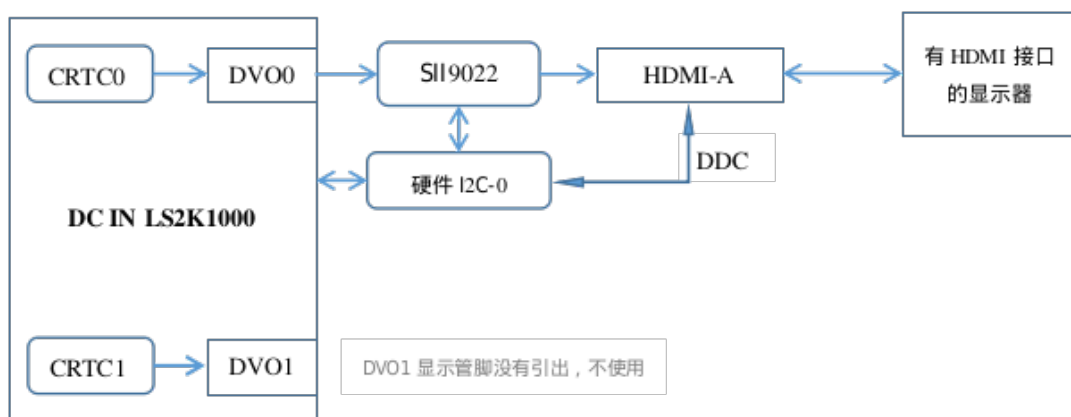


图2-9 2K1000LA测试（开发）机器显示输出配置方案

3 设备树传参规范A

设备树传参方式A是一种简单易用集显设备树传参规范。适用于主板设计时采用透明视频转换芯片的场景，如果在固件启动阶段对非透明类型的显示编码器进行配置，使之不需要LSDC设备驱动的干预就能正常显示，这种情况下，设备树传参方式A也是适用的。设备树传参方式A支持从设备树传EDID、支持从设备树传递多组显示时序、支持从设备树指定显示控制器工作在双屏硬件克隆工作模式等功能。除此之外，设备树传参规范A还承载着后向兼容性的历史责任。

本规范中为了节约篇幅本，章节中以片段的形式给出设备树示例。请读者结合龙芯4.19产品内核中arch/loongarch/boot/dts/loongson/目录中查看完整的设备树文件。

3.1 设备树传参规范A

龙芯2K系列SoC集显设备树的传参数基本实现方法如图3-1所示，图3-1中左边是显示控制器设备树节点，图3-1中右边是I2C设备树节点。固件工程师需要根据主板的设计来配置I2C应用于那一路显示管线。这里给出的样例表示的是第一路显示用的是i2c0，第二路显示管线用的i2c1。

```
dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson, display-subsystem";
    reg = <0 0x400c0000 0 0x00010000>;
    interrupt-parent = <&icu>;
    interrupts = <28>;
    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    dvo0: dvo@0 {
        reg = <0>;
        ddc-i2c-bus = <&i2c0>;
        connector = "vga-connector";
        status = "okay";
    };
    dvo1: dvo@1 {
        reg = <1>;
        connector = "dvi-connector";
        ddc-i2c-bus = <&i2c1>;
        status = "okay";
    };
};
```

图3-1 2K1000LA集显设备树示例

2K1000LA中的显示控制器有两路dvo显示输出，在设备树中用output-ports = <&dvo0 &dvo1>列举出来。其中&dvo0表示对dvo@0设备节点的引用，&dvo1表示对dvo@1设备节点的引用。如果有3路显示输出则可以写为output-ports = <&dvo0 &dvo1 &dvo2>，但是目前龙芯所有的显示控制器都只有两路显示输出。

LSDC驱动程序通过output-ports属性值找到dvo@0和dvo@1设备节点的，dvo@0和dvo@1中能包涵子设备节点。dvo@0 设备节点表示第一路显示管线的相关属性，表征2K1000LA 的dvo0输出接口及其下游配套的显示编码器、显示连接器等的一切属性的集合，用标号dvo0表示。dvo@1设备节点表示第二路显示管线的相关属性，表征2K1000LA的dvo1输出接口及其下游的一切属性的集合

，用标号dvo1表示。

dvo0和dvo1中status属性的值为 "ok" 、"okay" 或不设置都表示这路显示为可用的状态。

如果设备树中实现status属性并且值不是"ok" 或 "okay"，那么这条显示管线就会被驱动程序解析为不可用。如果两路显示中只使用其中的一路显示管线，可以把需要关闭的显示管线的status属性值改为"disabled"。LSDC设备驱动不会再占用这路显示管线原来所占用的显示输出接口以及I2C设备等硬件资源。

ddc-i2c-bus属性用来描述路显示管线用的i2c设备，格式为**ddc-i2c-bus** = <&i2c0>表示该路显示管线引用的是i2c0，如果引用i2c1则写成***ddc-i2c-bus*** = <&i2c1>。设备树中没有ddc-i2c-bus属性时，默认dvo0显示管线i2c0，dvo1显示管线用i2c1。推荐用户在设备树中通过ddc-i2c-bus设备节点提供该路显示管线所用的I2C设备。如果主板采用不支持DDC的液晶屏，那ddc-i2c-bus属性就不需要写，需要由设备树提供EDID或显示时序。如果通过设备树提供EDID或显示时序数据，那么这路显示管线就总被视为连接状态，LSDC设备驱动按照给定的显示时序（或显示模式）强制输出。驱动通过**ddc-i2c-bus** 属性所指定的I2C总线来探测显示器的插拔状态和读取EDID信息。

connector 属性用于指定连接器类型，需要根据主板的设计来填写。可选的值为: "vga-connector", "dvi-connector", "hdmi-connector", "dpi-connector", "lvds-connector"。例如龙芯派配套电容屏的connector 属性值为 "dpi-connector"。2K1000LA开发板主机（LS2K1000_PC_EVB_V1.2）主板的vga接口的 connector属性值为 "vga-connector"。dvi显示接口的connector属性值为 "dvi-connector"。

reg属性用于标识显示管线的硬件序号，从0开始，属于冗余设计。dvo@0设备节点中就写0，表示第一路显示输出；dvo@1设备节点中就写1，表示第二路显示输出。

compatible属性用于指定的显示控制器所兼容的设备驱动，LSDC设备驱动也通过compatible值来识别龙芯2K系列SoC的型号。支持"loongson,la2k0500-dc", "loongson,la2k1000-dc"和"loongson,display-subsystem"共计三个compatible属性值。2K0500使用"loongson,la2k0500-dc"，2K1000LA使用"loongson,la2k1000-dc"，如果compatible使用"loongson,display-subsystem"，设备驱动系统默认识别为2K1000LA中的显示控制器。

3.2 传递EDID的配置方法

图3-2给出通过设备树传递EDID数据的例子，需要注意的是EDID 需要由液晶屏幕厂商提供，图3-2中左边的文本框给出了简要说明。

假如主板的第二路显示管线（dvo1）连接了一个不支持 ddc 的液晶屏幕，设备树可以写成如右边文本框中的那样。

用户需要自己根据液晶屏幕的分辨率生成相应的 EDID 数据，放在 edid=[]；目前支持的 edid 长度为 128 字节，每个字节与每个字节用之间用空格或 Tab 键或回车键分隔开就行。

如果是第一路显示管线 dvo0 连接了一个不支持 ddc 的液晶屏幕，那就在 dvo@0 节点中填写 edid 属性。如果两路都接了不支持 ddc 的液晶屏，那两路都需要提供 edid。

edid blob 和显示时序可以同时提供。

由于历史原因，edid 比显示时序具有更高的优先级，设备树中提供了 edid，就优先用 edid。没有 edid 再检测设备树中有没有提供显示时序，如果时序也没有提供我们就去用 i2c 去读取显示器的 edid。

```
dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson, display-subsystem";
    reg = <0 0x400c0000 0 0x00010000>;
    interrupt-parent = <&i2c0>;
    interrupts = <28>;
    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    dvo0: dvo@0 {
        reg = <0>; /* 0 for display pipe 0 */
        ddc-i2c-bus = <&i2c0>;
        connector = "vga-connector";
        status = "ok";
    };
    dvo1: dvo@1 {
        reg = <1>; /* 1 for display pipe 1 */
        connector = "hdmi-connector";
        /* 1920x1080@60Hz */
        edid = [00 ff ff ff ff ff ff 00 1e 6d 54 5b 0b cc 04 00
                02 1c 01 03 6c 30 1b 78 ea 31 35 a5 55 4e a1 26
                0c 50 54 a5 4b 00 71 4f 81 80 95 00 b3 00 a9 c0
                81 00 81 c0 90 40 02 3a 80 18 71 38 2d 40 58 2c
                45 00 e0 0e 11 00 00 1e 00 00 00 fd 00 38 4b 1e
                53 0f 00 0a 20 20 20 20 20 00 00 00 fc 00 4c
                47 20 46 55 4c 4c 20 48 44 0a 20 20 00 00 ff
                00 38 30 32 4e 54 43 5a 39 38 33 37 39 0a 00 35
                ];
        status = "ok";
    };
};
```

图3-2 设备树传递EDID数据样例

3.3 传递显示时序的配置方法

嵌入式设备使用液晶屏幕通常没有DDC支持。从设备树传递显示屏的显示时序信息是常用的做法。图3-3所示的文本框给出通过设备树传递显示时序的例子。绝大多数液晶屏幕只支持一种显示分辨率，如果屏幕支持多个分辨率，设备树传参规范A也支持给定多组显示时序，详见图3-3。

右边 display-timing@0{} 属性中包含的信息是某品牌的一款液晶屏幕的时序 (1024x600@60Hz)。用户需要根据自己的液晶屏幕参数填写正确的显示时序。

display-timings 设备节点中的 native-mode 属性用于指定液晶屏所支持的最佳分辨率。开机进入桌面默认就会使用这个分辨率。

如果是第二路显示管线连接了这种液晶屏幕，那就 **dvo@1** 节点中填写 display-timings 设备节点及其包含的 native-mode 属性和显示时序参数子节点。如果两路显示都接了液晶屏，那就两路显示输出属性设备节点中都需要提供相应的显示时序。

注意：提供了显示时序的显示管线会被驱动程序认为总是处于连接的状态。操作系统会往这块屏幕上更新画面，即使用户不接这块屏幕。

```
dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson, display-subsystem";
    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;
    dvo0: dvo@0 {
        reg = <0>;
        status = "ok";
        connector = "dpi-connector";
        display-timings {
            native-mode = <&mode_1024x600_60>;

            mode_1024x600_60: display-timing@0 {
                clock-frequency = <51200000>;
                hactive = <1024>;
                hsync-len = <4>;
                hfront-porch = <160>;
                hback-porch = <156>;
                vactive = <600>;
                vfront-porch = <11>;
                vback-porch = <23>;
                vsync-len = <1>;
            };
        };
    };

    dvo1: dvo@1 {
        reg = <1>;
        status = "ok";
        connector = "hdmi-connector";
        type = "hdmi-a";
        ddc-i2c-bus = <&i2c1>;
    };
};
```

图3-3 设备树传递显示时序的示例

属于同一组的显示时序放于display-timing@0设备节点中，而display-timing@0又被包含在display-timings \{}设备节点中。多数显示液晶显示屏只支持一种显示分辨率，用户只需提供一组时序参数。mode_1024x600_60为display-timing@0设备节点的标号，它代表display-timing@0设备节点，起到被其它属性引用目的。display-timing@0中的所有属性都是必须的，用户只需改变<>中的数字。具体的每个参数典型值需要从液晶屏厂商提供的数据手册中获取。

如果显示屏幕支持多个分辨率，在 **display-timings {}** 设备节点中依次罗列 **display-timing#1**，**display-timing#2**，...，**display-timing#n** 设备节点即可。每组显示时序信息的设备节点名字互不相同。其中每个 **display-timing#n** (n = 1,2,...,n) 设备节点中都包含一组显示时序参数。

如果主板可以配适多种不同的屏幕，那么一个设备树文件的 **display-timings {}** 设备节点中也可以包含多组不同的显示时序参数。更换显示屏时，只须改动 **native-mode** 属性所指向的显示时序即可。起到工程意义上的便捷、复用的目的。

如果用户实际的板卡是第二路显示输出连接的液晶屏幕，请把 **display-timings {}** 设备节点及其包含的子设备节点写到 **dvo@1** 设备节点中。这里为了节约篇幅，略去了对 **dvo@1** 设备节点的书写。

```
dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson, display-subsystem";
    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;
    dvo0: dvo@0 {
        reg = <0>;
        status = "ok";
        display-timings {
            native-mode = <&mode_800x480_60>;

            mode_1024x600_60: display-timing#0 {
                clock-frequency = <51200000>;
                hactive = <1024>;
                hsync-len = <4>;
                hfront-porch = <160>;
                hback-porch = <156>;
                vactive = <600>;
                vfront-porch = <11>;
                vback-porch = <23>;
                vsync-len = <1>;
            };

            mode_800x480_60: display-timing#1 {
                clock-frequency = <30066000>;
                hactive = <800>;
                hfront-porch = <50>;
                hback-porch = <70>;
                hsync-len = <50>;
                vactive = <480>;
                vback-porch = <0>;
                vfront-porch = <0>;
                vsync-len = <50>;
            };
        };
    };
};
```

图3-4 display-timings设备节点中包含多组显示时序参数的设备树样例

3.3.1显示时序中各个参数的意义

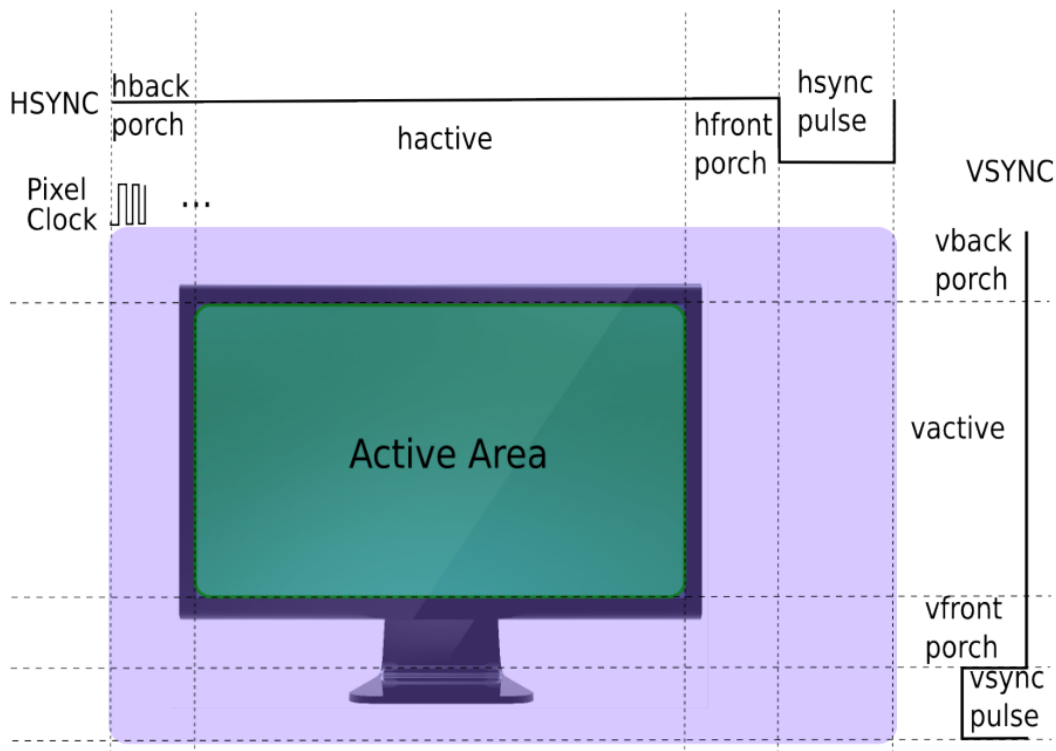


图3-5 液晶屏幕显示时序示意图

参数	意义
clock-frequency	单位为Hz，视频硬件在显示器上绘制像素的速率，一个时钟周期完成一个像素点的显示。这个参数表征的是视频硬件在一秒钟所绘制的显示个数。
hsync-len	水平同步信号的宽度，以像素个数为单位，用来告诉显示硬件换行的。hsync-len就是图 3-6中的hsync pulse。
hactive	水平像素数目，单位为个。表示显示屏一行中可显示像素个数，就是显示屏幕的水平分辨率。
hfront-porch	水平同步信号的前肩，表示从一行的有效数据结束到下一个水平信号开始之间的像素时钟的个数。
hback-porch	水平同步信号的后肩，表示从水平同步信号开始到一行的有效数据开始之前的像素时钟的个数。
vactive	垂直像素数目，单位为个。表示显示屏一列中可显示像素个数，就是显示屏幕的垂直分辨率。
vsync-len	垂直同步信号的宽度，以行为单位，用来告诉显示硬件这一帧画面显示完毕的，开始显示下一帧画面。vsync-len就是图3-6中的vsync pulse。
vfront-porch	垂直同步信号的前肩，表示一帧图像结束后，垂直同步信号以前的无效行数

参数	意义
vback-porch	垂直同步信号的后肩，表示一帧图像开始时，垂直同步信号以后的无效行数

3.4 关闭某一路显示管线的方法

龙芯2K系列SoC在某些应用场合可能只需要单路显示输出，这时需要关闭将不使用的那路显示输出，在设备树中将对应的显示管线的status属性的值改为disabled即可。如图3-6设备树样例所示。

如果主板只引出了第一路 dvo 显示，第二路显示接口没有被引出，则可以将第二路显示管线中的 status 属性改为 **disabled**。

当某一条显示管线中的 status 属性被设置为“disabled”值，那么这条显示管线中的其他属性即使写了也不会被使用，驱动程序不会再为这条显示管线分配资源。这里为了清晰和节约篇幅删去了其余属性。

```

dc@0x400c0000 {
    compatible = "longson, display-subsystem";
    reg = <0 0x400c0000 0 0x00010000>;
    interrupt-parent = <&icu>;
    interrupts = <28>;
    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    dvo0: dvo@0 {
        reg = <0>; /* 0 for display pipe 0 */
        ddc-i2c-bus = <&i2c1>;
        connector = "hdmi-connector";

        status = "ok";
    };
    dvo1: dvo@1 {
        reg = <1>; /* 1 for display pipe 1 */

        status = "disabled";
    };
};

```

图3-6: 禁止使用某一路显示管线的设备树书写样例

3.5 硬件克隆显示设备树配置方法

龙芯LS2K系列SoC中的显示控制器支持独特的硬件克隆工作模式，当开启时这种显示模式时，某一路显示管线会复制另一路显示管线的显示内容。从LSDC设备驱动角度来看，此时系统中只有一路可控的显示管线。使用硬件克隆方案可以降低显示控制对内存带宽的占用。图3-7给出了一个通过设备树来配置显示控制器工作在硬件克隆模式的例子。

如果想实现第二路显示管线 (dvo1) 克隆第一路显示管线 (dvo0) , 则可以在的 dvo1 设备节点中添加 **clone** 属性, 如右面文本框。

如果想第一路显示管线 (dvo0) 克隆第二路显示管线 (dvo1) , 则可以在的 dvo0@0 设备节点中添加 clone 属性。

请勿在两条显示输出管线的设备结点中同时添加 clone 属性。

```
dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson, display-subsystem";
    reg = <0 0x400c0000 0 0x00010000>;
    interrupt-parent = <&icu>;
    interrupts = <28>;

    output-ports = <&dvo0 &dvo1>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;

    dvo0: dvo@0 {
        reg = <0>; /* 0 for display pipe 0 */
        ddc-i2c-bus = <&i2c0>;
        connector = "hdmi-connector";
        status = "ok";
    };

    dvo1: dvo@1 {
        reg = <1>; /* 1 for display pipe 1 */

        clone;

    };
};
```

图3-7: 硬件克隆工作模式的设备树配置样例

3.6 背光配置方法

背光驱动是显示驱动的一部分, 图3-8给出背光设备的设备树样例, 左边背光设备节点的名字为backlight, 右边是背光所依赖的pwm控制器的设备树。其中lcd_backlight是背光设备节点的标号, 用于被其他设备节点所引用。pwm0是pwm控制器的设备树的标号, 背光设备节点引用了pwm0设备节点。

```

lcd_backlight: backlight {
    compatible = "pwm-backlight";
    pwms = <&pwm0 0 4000000>;
    brightness-levels = <
        0   1   2   3   4   5   6   7
        8   9  10  11  12  13  14  15
       16  17  18  19  20  21  22  23
       24  25  26  27  28  29  30  31
       32  33  34  35  36  37  38  39
       40  41  42  43  44  45  46  47
       48  49  50  51  52  53  54  55
       56  57  58  59  60  61  62  63
       64  65  66  67  68  69  70  71
       72  73  74  75  76  77  78  79
       80  81  82  83  84  85  86  87
       88  89  90  91  92  93  94  95
       96  97  98  99 >;
    default-brightness-level = <80>;
};

```

图3-8: 背光设备驱动节点及其属性（左）和PWM（右）设备树示例

compatible属性，属性的值为 "pwm-backlight"。表示基于pwm的背光设备驱动，其代码位于linux内核中的drivers/video/backlight/pwm_bl.c中。

pwms属性，属性的值为 <&pwm0* 0 4000000>，表示使用pwm0控制器来驱动液晶屏背光亮，选用哪一个控制器是主板设计时决定的。如果用pwm1来做背光控制，那么需要修改成pwms = <&pwm1* 0 4000000>。

pwm控制器的设备树节点中必须用#pwm-cells指定pwm控制器驱动接受参数的数量，这里#pwm-cells = <2> 表示pwm控制器驱动接受两个参数。背光设备驱动节点中的 pwms = <&pwm0* 0 4000000>中的 0 和 4000000就是这两个参数。第二个参数*0* 表示这个PWM驱动所驱动的PWM设备的序号，当前产品内核中每个PWM驱动实例都只驱动一个硬件PWM设备，所以固定填写0。第三个参数4000000则是用来设置背光驱动所用的PWM设备的工作周期，单位是纳秒。

brightness-levels属性用来存放用来指示背光亮度级别，这里给定100个背光级别，0 表示亮度最暗状态; 99 表示亮度最亮。

当PWM设备驱动的工作极性与正常期望相反时，给定PWM控制驱动的占空比越大，PWM控制器输出的电平平均越低，显示屏亮度越暗。在这种情况下可以将brightness-levels中的数值反过来写，如图3-9中所示。

```

lcd_backlight: backlight {
    compatible = "pwm-backlight";
    pwms = <&pwm0 0 4000000>;
    brightness-levels = <
        99 98 97 96 95 94 93 92
        91 90 89 88 87 86 85 84
        83 82 81 80 79 78 77 76
        75 74 73 72 71 70 69 68
        67 66 65 64 63 62 61 60
        59 58 57 56 55 54 53 52
        51 50 49 48 47 46 45 44
        43 42 41 40 39 38 37 36
        35 34 33 32 31 30 29 28
        27 26 25 24 23 22 21 20
        19 18 17 16 15 14 13 12
        11 10 9 8 7 6 5 4
        3 2 1 0 >;
    default-brightness-level = <80>;
};

```

图 3-9: 背光（左）和PWM（右）的设备树书写示例

default-brightness-level属性用于设定背光设备的默认工作档位，取值范围根据需求，在brightness-levels属性的最小值和最大值之间取值即可。

亮度级别设置越多，背光亮度调节越细腻，如果希望少一些，下面给出了一种精简背光调级的设备树写法。

```
brightness-levels = < 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 >;
```

```
default-brightness-level = <8>;
```

这时背光驱动只有10个档位（0~9），档位 0 最亮，档位 9 最暗。

4 设备树传参规范B

本章节所介绍的设备树规范又被称为OF GRAPH，读者可以结合Linux内核源码中的文档
Documentation/devicetree/bindings/graph.txt

Documentation/devicetree/bindings/video-interface.txt

本章节主要以示例的方式介绍DRM Bridge类型显示编码器驱动及其设备树书写规则。

4.1 设备树传参规范B

在显示控制器设备节点中实现ports节点。ports节点是显示控制器节点dc@0x400c0000的子节点，用于囊括龙芯2K系列SoC的所有输出端口。龙芯2K系列SoC有两条显示管线，有两个输出端口，因此ports设备节点中需要实现两个子设备节点port@0和port@1，每个port设备节点中只包含一个endpoint设备节点，简称端点，用来表示输出端口和外围设备之间的连接关系。port@0代表第一路显示管线及其输出端口，简称为端口0；port@1代表的是第二路显示管线的及其输出端口，简称为端口1。显示控制器设备节点的整体情况如图4-1所示。

```
dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson,display-subsystem";
    reg = <0x400c0000 0x00010000>;
    interrupt-parent = <&icu>;
    interrupts = <36>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;

    ports {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;

        port@0 {
            reg = <0>;
            dvo0 : endpoint {
                remote-endpoint
                =
                <&vga_encoder_in>;
            };

            port@1 {
                reg = <1>;
                dvo1 : endpoint {
                    remote-endpoint
                    =
                    <&hdmi_encoder_in>;
                };
            };
        };
    };
};
```

图 4-1: 设备树传参B规范下显示控制器设备节点的书写方法

endpoint设备节点用于被其它设备节点所引用。每个端点必须包含一个remote-endpoint属性，用于表示这个端口连接到哪个远程设备。同样地，这个远程设备的endpoint属性中也必须包含一个remote-endpoint属性，这个remote-endpoint属性对显示控制器中ports设备节点中的endpoint节点进行引用，描述两个物理设备之间的相互连接关系。

port、endpoint和remote-endpoint属性只用来表示连接关系，不能用来表示连接的类型和数据流方向。图4-1中所示的显示控制器设备节，port@0和port@1都是输出端口。图4-1中的vga_encoder_in和hdmi_encoder_in则是显示编码器设备节点的endpoint设备节点的标号，读者可以对照本章节中的图4-2和图4-4综合来看。用户需要根据板卡的硬件连接情况用设备树描述出来设备之间的连接信息。

设备树传参规范B 中除ports设备节点之外的属性和设备树传参规范A规范要求相同，比如compatible属性用来指定龙芯2K系列SoC中的显示控制器所兼容的设备驱动，LSDC设备驱动也通过compatible值来识别龙芯2K系列SoC的型号。支持 "loongson,la2k0500-dc", "loongson,la2k1000-dc", "loongson,display-subsystem" 三个compatible 属性值。2K0500使用"loongson,la2k0500-dc"

，2K1000LA使用"loongson,la2k1000-dc"，如果compatible值写成为"loongson,display-subsystem"，设备驱动系统将会把显示控制器识别为2K1000LA中的显示控制器。

本规范中为了节约篇幅本，章节中以片段的形式给出设备树示例。请读者结合龙芯4.19产品内核中arch/loongarch/boot/dts/loongson/目录中查看完整的设备树文件。

4.2 LT8618 编码器设备树实现示例

龙讯LT8618转换芯片设备树实例如图4-2所示。

```
i2c1: i2c@1fe01800 {
    compatible = "loongson,ls-i2c";
    reg = <0x1fe01800 0x8>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    lt8618 {
        compatible = "lontium,lt8618";
        reg = <0x39>;
        /* hpd-gpios = <&pioA 0 GPIO_ACTIVE_HIGH>; */
        /* reset-gpios = <&pioA 39 GPIO_ACTIVE_LOW>; */
        ports {
            #address-cells = <1>;
            #size-cells = <0>;
            port@0 {
                reg = <0>;
                hdmi_encoder_in: endpoint {
                    remote-endpoint = <&dvo1>;
                };
            };
            port@1 {
                reg = <1>;
                hdmi_encoder_out: endpoint {
                    remote-endpoint = <&hdmi_connector_in>;
                };
            };
        };
    };
};

hdmi-connector {
    type = "hdmi-a";
    status = "ok";
    port@0 {
        hdmi_connector_in: endpoint {
            remote-endpoint = <&hdmi_encoder_out>;
        };
    };
};
```

图 4-2： LT8618 DVO转HDMI设备树节点书写示例

4.3 SII9022 编码器设备树实现示例

图4-3给出了SII9022编码器当作非透明编码器使用的设备树写法的示例。

```
i2c1: i2c@1fe01800 {
    compatible = "loongson,ls-i2c";
    reg = <0x1fe01800 0x8>;
    interrupt-parent = <&cpu>;
    interrupts = <31>;

    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;

    sil9022acnu {
        compatible = "sil,sil9022";
        reg = <0x39>;

        hpd-gpios = <&gpioA 0 GPIO_ACTIVE_HIGH>;
        interrupt-parent = <&gpioA>;

        ports {
            #address-cells = <1>;
            #size-cells = <0>;
            port@0 {
                reg = <0>;
                hdmi_encoder_in: endpoint {
                    remote-endpoint = <&dv01>;
                };
            };
            port@1 {
                reg = <1>;
                hdmi_encoder_out: endpoint {
                    remote-endpoint = <&hdmi_connector_in>;
                };
            };
        };
    };
};

hdmi-connector {
    type = "hdmi-a";
    status = "ok";
    port@0 {
        hdmi_connector_in: endpoint {
            remote-endpoint = <&hdmi_encoder_out>;
        };
    };
};
```

图 4-3: SII9022非透明类型编码器的设备树书写示例

4.4 透明类型编码器的实现示例

```
vga-encoder {
    compatible = "adi,adv7123", "dumb-vga-dac";

    ports {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;

        port@0 {
            reg = <0>;
            vga_encoder_in: endpoint {
                remote-endpoint = <&dv00>;
            };
        };

        port@1 {
            reg = <1>;
            vga_encoder_out: endpoint {
                remote-endpoint = <&vga_connector_in>;
            };
        };
    };
};

vga-connector {
    ddc-i2c-bus = <&i2c0>;
    port {
        vga_connector_in: endpoint {
            remote-endpoint = <&vga_encoder_out>;
        };
    };
};
```

图 4-4: 透明设备树书写示例

4.5 液晶屏显示设备实现示例

```
panel: display@0 {
    #if 1
        compatible = "avic,tm070ddh03"; /* 1024X600
    */
    #else
        compatible = "innolux,at070tn92"; /* 800x480
    */
    #endif

    backlight = <&lcd_backlight>;
    power-supply = <&vdd_lcd>;
    status = "ok";
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;

    port@0 {
        reg = <0>;
        panel_in: endpoint@0 {
            remote-endpoint = <&dvo0>;
        };
    };
};
```

图 4-5: DPI液晶显示屏示例

5 参考文献

- [1] <https://www.kernel.org/doc/html/latest/devicetree/usage-model.html>
- [2] <https://www.devicetree.org/specifications/>

Appendix A: 规范适用处理器型号列表

2K0500, 2K1000LA, 2K2000, 2K0300处理器。

Appendix B: 集显传参方式适用处理器型号列表

处理器型号	集显传参方式
2K0500	设备树
2K1000LA	设备树
2K2000	VBIOS
2K0300	设备树

Appendix C: 2K0500设备树源码参考配置

```
#include <dt-bindings/interrupt-controller/irq.h>
#include <dt-bindings/gpio/gpio.h>

/dts-v1/;
/ {
    model = "Loongson-2K0500 Reference Board";
    compatible = "loongson,loongson3";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;

    aliases {
        ethernet0 = &gmac0;
        ethernet1 = &gmac1;
        serial0 = &cpu_uart0;
        spi0 = &spi0;
        i2c0 = &i2c0;
        i2c1 = &i2c1;
        i2c2 = &i2c2;
        i2c3 = &i2c3;
        i2c4 = &i2c4;
        i2c5 = &i2c5;
    };

    chosen {
        stdout-path = "serial0:115200n8";
        bootargs = "earlycon";
    };

    memory {
        device_type = "memory";
        reg = <0 0x00200000 0 0x0ee00000
              0 0x90000000 0 0x60000000>;
    };

    reserved-memory {
        #address-cells = <2>;
        #size-cells = <2>;
        ranges;

        linux,cma {
```

```
        compatible = "shared-dma-pool";
        reusable;
        size = <0x0 0x20000000>;
        linux,cma-default;
    };
};

cpus {
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    cpu-map {
        cluster0 {
            core0 {
                cpu = <&cpu0>;
            };
        };
    };
};

cpu0: cpu@10000 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "loongarch";
    clock-frequency = <500000000>;
    reg=<0>;
};

};

cpuic: interrupt-controller {
    compatible = "loongson,cpu-interrupt-controller";
    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <1>;
};

liointc0: interrupt-controller@1fe11400 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";
    reg = <0 0x1fe11400 0 0x40>,
        <0 0x1fe11040 0 0x8>;
    reg-names = "main", "isr0";

    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <2>;
    interrupt-parent = <&cpuic>;
};
```

```

interrupts = <2>;
interrupt-names = "int0";

loongson,parent_int_map = <0xffffffff>, /* int0 */
                        <0x00000000>, /* int1 */
                        <0x00000000>, /* int2 */
                        <0x00000000>; /* int3 */
};

liointc: interrupt-controller@1fe11440 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";
    reg = <0 0x1fe11440 0 0x40>,
        <0 0x1fe11048 0 0x8>;
    reg-names = "main", "isr0";

    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <2>;

    interrupt-parent = <&cpuic>;
    interrupts = <4>;
    interrupt-names = "int2";

    loongson,parent_int_map = <0x00000000>, /* int0 */
                            <0x00000000>, /* int1 */
                            <0xffffffff>, /* int2 */
                            <0x00000000>; /* int3 */
};

extioic: interrupt-controller@0x1fe11600 {
    compatible = "loongson,ls2k0500-eiointc";
    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-parent = <&cpuic>;
    interrupts = <3>;
};

soc {
    compatible = "ls,nbus", "simple-bus";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;
    ranges = <0 0x10000000 0 0x10000000 0 0x10000000
              0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x20000000
              0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x10000000>;
};

```

```

0 0x40000000 0 0x40000000 0 0x40000000
0xfe 0x00000000 0xfe 0x00000000 0 0x40000000>;

isa@16400000 {
    compatible = "isa";
    #size-cells = <1>;
    #address-cells = <2>;
    ranges = <1 0 0 0x16400000 0x4000>;
};

generic_conf0: generic_conf@1fe10100 {
    compatible = "syscon";
    reg = <0 0x1fe10100 0 0x0004>;
};

cpu_uart0: serial@0x1ff40800 {
    compatible = "ns16550a";
    reg = <0 0x1ff40800 0 0x10>;
    clock-frequency = <100000000>;
    interrupt-parent = <&extioic>;
    interrupts = <2>;
    no-loopback-test;
};

pctrl:pinctrl@1fe00420 {
    compatible = "loongson,ls2k-pinctrl";
    reg = <0 0x1fe00420 0 0x18>;
    hda_default:hda {
        mux1 {
            groups = "hda";
            function = "hda";
        };
    };
};

dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson,la2k0500-dc", "loongson,display-subsystem";
    reg = <0 0x1f010000 0 0x10000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <28 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0x00000000 0xffffffff>;

    output-ports = <&dvo0 &vga>;
};

```

```
#address-cells = <1>;
#size-cells = <0>;

dc_identify {
    model = "loongson,2k500";
    compatible = "loongson,ls2k";
};

dvo0: dvo@0 {
    /* 0 for connector 0 (DVO0) */
    reg = <0>;
    ddc-i2c-bus = <&i2c4>;
    connector = "dvi-connector";
    status = "ok";
};

vga: vga@1 {
    /* 1 for connector 1 (DVO1) */
    reg = <1>;
    ddc-i2c-bus = <&i2c5>;
    connector = "vga-connector";
    status = "ok";
};

ahci@0x1f040000 {
    compatible = "snps,spear-ahci";
    reg = <0 0x1f040000 0 0x10000>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
    interrupts = <75>;
};

pmc: acpi@0x1ff6c000 {
    compatible = "loongson,ls2k0500-pmc", "syscon";
    reg = <0x0 0x1ff6c000 0x0 0x58>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
    interrupts = <56>;
    loongson,suspend-address = <0x0 0x1c000500>;
};

reboot {
    compatible = "syscon-reboot";
    regmap = <&pmc>;
};
```



```

        offset = <0x30>;
        mask = <0x1>;
    };

    poweroff {
        compatible = "syscon-poweroff";
        regmap = <&pmc>;
        offset = <0x14>;
        mask = <0x3c00>;
        value = <0x3c00>;
    };

    dwc2@0x1f080000 {
        compatible = "loongson,loongson2-dwc2";
        reg = <0 0x1f080000 0 0x40000>;
        interrupt-parent = <&extioic>;
        interrupts = <73>;
        dma-mask = <0x0 0xffffffff>;
        dr_mode = "otg";
        /* Optional for that dr_mode = "host" or dr_mode = "peripheral" */
    };

    gmac0: ethernet@0x1f020000 {
        compatible = "snps,dwmac-3.70a";
        reg = <0 0x1f020000 0 0x10000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <12 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-names = "macirq";
        mac-address = [ 64 48 48 48 48 60 ];/* [>mac 64:48:48:48:48:60 <]*/
        phy-mode = "rgmii";
        bus_id = <0x0>;
        dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    };

    gmac1: ethernet@0x1f030000 {
        compatible = "snps,dwmac-3.70a";
        reg = <0 0x1f030000 0 0x10000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <14 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-names = "macirq";
        mac-address = [ 64 48 48 48 48 61 ];/* [>mac 64:48:48:48:48:61 <]*/
        phy-mode = "rgmii";
        bus_id = <0x1>;
    };

```

```

        dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    };

    ohci@0x1f058000 {
        compatible = "generic-ohci";
        reg = <0 0x1f058000 0 0x8000>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <72>;
    };

    ehci@0x1f050000 {
        compatible = "generic-ehci";
        reg = <0 0x1f050000 0 0x8000>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <71>;
    };

    usb2_phy: usb2phy@dwc3 {
        compatible = "usb-dummy-phy";
    };

    usb3_phy: usb3phy@dwc3 {
        compatible = "usb-dummy-phy";
    };

    dwc3@0x1f060000 {
        compatible = "synopsys,dwc3";
        reg = <0 0x1f060000 0 0x10000>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <74>;
        usb-phy = <&usb2_phy>, <&usb3_phy>;
        dr_mode = "host";
    };

    pci@0x16000000 {
        compatible = "loongson,ls2k-pci";
        device_type = "pci";
        bus-range = <0x1 0x6>;
        #size-cells = <2>;
        #address-cells = <3>;

        reg = < 0xfe 0x00000000 0 0x20000000>;
        ranges = <0x02000000 0 0x40000000 0 0x40000000 0 0x40000000>
    };

```

```

        0x01000000 0 0x00004000 0 0x16404000 0x0 0x4000>;

pci_bridge@0,0 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";

    reg = <0x0000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pci_bridge@1,0 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";

    reg = <0x0800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <1 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 1 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

};

#ifdef LS2K500_HAVE_PCI
ls2k500pci@0x17100000 {
    compatible = "loongson,ls2k500-pci";
    #interrupt-cells = <1>;
    bus-range = <0x10 0x14>;
    #size-cells = <2>;
    #address-cells = <3>;
    linux,pci-domain = <2>;

    #if 0
    pci-gpios = <&pioA 0 0>, <&pioA 1 0>;
    interrupt-map-mask = <0xf800 0 0 7>;
    interrupt-map =
        <0x0f8000 0 0 1 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>, /* Slot 9 */
        <0x0f8000 0 0 2 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,

```

```

        <0x0f8000 0 0 3 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <0x0f8000 0 0 4 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <0x0f8800 0 0 1 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>, /* Slot 10 */
        <0x0f8800 0 0 2 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <0x0f8800 0 0 3 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <0x0f8800 0 0 4 &liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;

#else

    pci-gpios = <&pioB 22 0>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 28 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;

#endif

    reg = < 0x0 0x17100000 0 0x10000
          0x0 0x17110000 0 0x10000
          0x0 0x1fe11100 0 0x100 >;
    ranges = <0x02000000 0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x10000000
             0x01000000 0 0x00008000 0 0x17008000 0x0 0x4000>;
};

#endif

pioA:gpio@0x1fe10430 {
    compatible = "loongson,loongson3-gpio";
    reg = <0 0x1fe10430 0 0x20>;
    gpio-controller;
    #gpio-cells = <2>;
    ngpios = <64>;
    conf_offset = <0>;
    out_offset = <0x10>;
    in_offset = <0x8>;
    in_start_bit = <0>;
    inten_offset = <0xb0>;
    gpio_base = <0>;
    support_irq;
    interrupts-extended =
        /*
         * Every 32 gpios share a interrupt line. We need to disable
         * unnecessary GPIO interrupts in the firmware.
         */
        <&liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 26
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 26
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 26
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 26
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,

```

[illegible]


```

        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<&liointc1 29
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    can0: can@1ff44000 {
        compatible = "nxp,sja1000";
        reg = <0 0x1ff44000 0 0x1000>;
        nxp,external-clock-frequency = <100000000>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <10>;
    };

    can1: can@1ff45000 {
        compatible = "nxp,sja1000";
        reg = <0 0x1ff45000 0 0x1000>;
        nxp,external-clock-frequency = <100000000>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <11>;
    };

    spi0: spi@0x1fd00000 {

```

```
compatible = "loongson,ls-spi";
#address-cells = <1>;
#size-cells = <0>;
reg = <0 0x1fd00000 0 0x10>;
spidev@0 {
    compatible = "rohm,dh2228fv";
    spi-max-frequency = <100000000>;
    reg = <0>;
};

spi1: spi@0x1fd40000 {
    compatible = "loongson,ls-spi";
    reg = <0 0x1fd40000 0 0x10>;
    status = "disabled";
};

/* SPI2~5 has only one CS, which is set by SPCS */
spi2: spi@0x1ff50000 {
    compatible = "loongson,ls-spi";
    reg = <0 0x1ff50000 0 0x10>;
    spi-nocs;
    status = "disabled";
};

spi3: spi@0x1ff51000 {
    compatible = "loongson,ls-spi";
    reg = <0 0x1ff51000 0 0x10>;
    spi-nocs;
    status = "disabled";
};

spi4: spi@0x1ff52000 {
    compatible = "loongson,ls-spi";
    reg = <0 0x1ff52000 0 0x10>;
    spi-nocs;
    status = "disabled";
};

spi5: spi@0x1ff53000 {
    compatible = "loongson,ls-spi";
    reg = <0 0x1ff53000 0 0x10>;
    spi-nocs;
```



```
        status = "disabled";
    };

    i2c0: i2c@0x1ff48000 {
        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;
        reg = <0 0x1ff48000 0 0x0800>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <14>;
        eeprom@57 {
            compatible = "atmel,24c16";
            reg = <0x57>;
            pagesize = <16>;
        };
    };

    i2c1: i2c@0x1ff48800 {
        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
        reg = <0 0x1ff48800 0 0x0800>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <15>;
        status = "disabled";
    };

    i2c2: i2c@0x1ff49000 {
        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
        reg = <0 0x1ff49000 0 0x0800>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <16>;
        status = "disabled";
    };

    i2c3: i2c@0x1ff49800 {
        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
        reg = <0 0x1ff49800 0 0x0800>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <17>;
        status = "disabled";
    };

    i2c4: pixi2c@0x1ff4a000{
        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
```

```

        reg = <0 0x1ff4a000 0 0x0800>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <18>;
    };

i2c5: pxi2c@0x1ff4a800 {
    compatible = "loongson,ls2k-i2c";
    reg = <0 0x1ff4a800 0 0x0800>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
    interrupts = <19>;
};

dma0: dma@0x1fe10c00 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe10c00 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&generic_conf0 0x0 0x0>;
    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
    interrupts = <67>;
};

dma1: dma@0x1fe10c10 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe10c10 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&generic_conf0 0x0 0x0>;
    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
    interrupts = <68>;
};

dma2: dma@0x1fe10c20 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe10c20 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&generic_conf0 0xc000 0xc000>; /* 0xc000 for
sdiol*/
    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
    interrupts = <69>;
};

```

```

dma3: dma@0x1fe10c30 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe10c30 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&generic_conf0 0x0 0x0>;
    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
    interrupt-parent = <&extioic>;
    interrupts = <70>;
};

sdio0@0x1ff64000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio";
    reg = <0 0x1ff64000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <31 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    dmas = <&dma3>;
    dma-names = "sdio_rw";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    clock-frequency = <0 125000000>;
    bus-width = <4>;
    cd-debounce-delay-ms = <0>;
    /* cd-gpios = <&pioA 44 GPIO_ACTIVE_LOW>; */
    /* Use this pin for irq hotplug detect SD card that */
    /* need rework hardware and remove non-removable */
    non-removable;
    /* broken-cd; */
    /* broken-cd for polling mode to hotplug detect SD */
    /* card but consumes lots of CPU resources */
};

sdio1@0x1ff66000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio";
    reg = <0 0x1ff66000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&extioic>;
    interrupts = <58>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    dmas = <&dma2>;
    dma-names = "sdio_rw";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    clock-frequency = <0 125000000>;
};

```

```

        bus-width = <4>;
        cd-debounce-delay-ms = <0>;

        cd-gpios = <&pioB 22 GPIO_ACTIVE_LOW>;
        status = "disabled";
    };

    hpet0: hpet@1ff68000{
        compatible = "loongson,loongson2-hpet";
        reg = <0 0x1ff68000 0 0x1000>;
        clock-frequency = <125000000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <21 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    rtc0: rtc@0x1ff6c100{
        compatible = "loongson,ls2k0500-rtc", "loongson,ls7a-rtc";
        reg = <0 0x1ff6c100 0 0x1000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <8 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    hda@0x1f070000 {
        compatible = "loongson,ls2k-audio";
        reg = <0 0x1f070000 0 0xffff>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <4 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        pinctrl-0 = <&hda_default>;
        pinctrl-names = "default";
    };

    nand@0x1ff58040 {
        compatible = "loongson,ls-nand";
        reg = <0 0x1ff58040 0 0x0
            0 0x1ff58000 0 0x20>;
        interrupt-parent = <&extioiic>;
        interrupts = <31>;
        interrupt-names = "nand_irq";
        dmas = <&dma0>;
        dma-names = "nand_rw";
        dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
        #address-cells = <2>;
        #size-cells = <2>;
    };

```

```
nand-cs = <0x0>;
status = "disabled";

number-of-parts = <0x2>;
partition@0 {
    label = "kernel_partition";
    reg = <0 0x00000000 0 0x01e00000>;
};
partition@0x01e00000 {
    label = "os_partition";
    reg = <0 0x01e00000 0 0x0>;
};
};
};
```

Appendix D: 2K1000LA设备树源码参考配置

```
#include <dt-bindings/thermal/thermal.h>
#include <dt-bindings/interrupt-controller/irq.h>
#include <dt-bindings/gpio/gpio.h>

/dts-v1/;
/ {
    model = "Loongson-2K1000 Reference Board";
    compatible = "loongson,ls2k";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;

    aliases {
        ethernet0 = &gmac0;
        ethernet1 = &gmac1;
        serial0 = &cpu_uart0;
        serial1 = &uart1;
        serial2 = &uart2;
        serial3 = &uart3;
        i2c0 = &i2c0;
        i2c1 = &i2c1;
        i2c2 = &i2c2;
        i2c3 = &i2c3;
    };

    chosen {
        stdout-path = "serial0:115200n8";
        bootargs = "earlycon";
    };

    memory {
        device_type = "memory";
        reg = <0 0x00200000 0 0x06e00000
            0 0x08000000 0 0x07000000
            0 0x90000000 1 0xe0000000>;
    };

    reserved-memory {
        #address-cells = <2>;
        #size-cells = <2>;
        ranges;
```

```

linux,cma {
    compatible = "shared-dma-pool";
    reusable;
    size = <0x0 0x20000000>;
    linux,cma-default;
};

};

memalloc@0x90000000 {
    compatible = "loongson,ls-memalloc";
    reg = <0 0x90000000 0 0x20000000>;
};

cpus {
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    cpu-map {
        cluster0 {
            core0 {
                cpu = <&cpu0>;
            };
            core1 {
                cpu = <&cpu1>;
            };
        };
    };
};

cpu0: cpu@0 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "loongarch";
    clock-frequency = <1000000000>;
    reg=<0>;
    /* Node:kHz DVFS:vid[0:5] */
    /* loongson,dvfs-vid-points = <
        333333 0x11
        400000 0x10
        500000 0x01
        666666 0x00
        1000000 0x00
    >; */
};

```

```

cpul: cpu@1 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "loongarch";
    clock-frequency = <1000000000>;
    reg=<1>;
    /* Node:kHz DVFS:vid[0:5] */
    /* loongson,dvfs-vid-points = <
        333333 0x11
        400000 0x10
        500000 0x01
        666666 0x00
        1000000 0x00
    >; */
};

};

cpuic: interrupt-controller {
    compatible = "loongson,cpu-interrupt-controller";
    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <1>;
};

liointc0: interrupt-controller@1fe11400 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";
    reg = <0 0x1fe01400 0 0x40>,
        <0 0x1fe01040 0 0x8>,
        <0 0x1fe01140 0 0x8>;
    reg-names = "main", "isr0", "isr1";

    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <2>;
    interrupt-parent = <&cpuic>;
    interrupts = <2>;
    interrupt-names = "int0";

    loongson,parent_int_map = <0xffffffff>, /* int0 */
        <0x00000000>, /* int1 */
        <0x00000000>, /* int2 */
        <0x00000000>; /* int3 */
};

liointc1: interrupt-controller@1fe11440 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";

```



```

reg = <0 0x1fe01440 0 0x40>,
      <0 0x1fe01048 0 0x8>,
      <0 0x1fe01148 0 0x8>;
reg-names = "main", "isr0", "isr1";

interrupt-controller;
#interrupt-cells = <2>;

interrupt-parent = <&cpuic>;
interrupts = <3>;
interrupt-names = "intl";

loongson,parent_int_map = <0x00000000>, /* int0 */
                        <0xffffffff>, /* int1 */
                        <0x00000000>, /* int2 */
                        <0x00000000>; /* int3 */
};

soc {
    compatible = "ls,nbus", "simple-bus";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;
    ranges = <0 0x10000000 0 0x10000000 0 0x10000000
              0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x20000000
              0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x10000000
              0 0x40000000 0 0x40000000 0 0x40000000
              0xfe 0x00000000 0xfe 0x00000000 0 0x40000000>;

    dma-coherent;

    scfg: scfg@1fe00000 {
        compatible = "loongson,ls2k-chipid";
        reg = <0 0x1fe00000 0 0x3ffc>;
        little-endian;
    };

    cpu_uart0: serial@0x1fe20000 {
        compatible = "ns16550a";
        reg = <0 0x1fe20000 0 0x10>;
        clock-frequency = <125000000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        no-loopback-test;
    };
};

```

```
};

uart1: serial@0x1fe20100 {
    compatible = "ns16550a";
    reg = <0 0x1fe20100 0 0x10>;
    clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    no-loopback-test;
};

uart2: serial@0x1fe20200 {
    compatible = "ns16550a";
    reg = <0 0x1fe20200 0 0x10>;
    clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    no-loopback-test;
};

uart3: serial@0x1fe20300 {
    compatible = "ns16550a";
    reg = <0 0x1fe20300 0 0x10>;
    clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    no-loopback-test;
};

pctrl:pinctrl@1fe00420 {
    compatible = "loongson,ls2k-pinctrl";
    reg = <0 0x1fe00420 0 0x18>;

    sdio_default:sdio {
        sdio_mux {
            groups ="sdio";
            function ="sdio";
        };

        sdio_det_mux {
            groups ="pwm2";
            function ="gpio";
        };
    };
};
```

```
};

pwm1_default:pwm1 {
    mux {
        groups = "pwm1";
        function = "pwm1";
    };
};

pwm0_default:pwm0 {
    mux {
        groups = "pwm0";
        function = "pwm0";
    };
};

i2c1_default:i2c1 {
    mux {
        groups = "i2c1";
        function = "i2c1";
    };
};

i2c0_default:i2c0 {
    mux {
        groups = "i2c0";
        function = "i2c0";
    };
};

nand_default:nand {
    mux {
        groups = "nand";
        function = "nand";
    };
};

can0_default:can0 {
    mux {
        groups = "can0";
        function = "can0";
    };
};
```



```

        interrupt-parent = <&liointc1>;
        interrupts = <11 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        loongson,suspend-address = <0x0 0x1c000500>;
    };

    reboot {
        compatible = "syscon-reboot";
        regmap = <&pmc>;
        offset = <0x30>;
        mask = <0x1>;
    };

    poweroff {
        compatible = "syscon-poweroff";
        regmap = <&pmc>;
        offset = <0x14>;
        mask = <0x3c00>;
        value = <0x3c00>;
    };

    dwc2@0x40000000 {
        compatible = "loongson,loongson2-dwc2";
        reg = <0 0x40000000 0 0x40000>;
        interrupt-parent = <&liointc1>;
        interrupts = <17 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        dma-mask = <0x0 0xffffffff>;
        dr_mode = "otg";
        /* Optional for that dr_mode = "host" or dr_mode = "peripheral" */
    };

    ohci@0x40070000 {
        compatible = "generic-ohci";
        reg = <0 0x40070000 0 0x8000>;
        interrupt-parent = <&liointc1>;
        interrupts = <19 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        /* Need disable or remove this node when ohci can be scanned by pci */
    };

    ehci@0x40060000 {
        compatible = "generic-ehci";
        reg = <0 0x40060000 0 0x8000>;
        interrupt-parent = <&liointc1>;
        interrupts = <18 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

```

```

        /* Need disable or remove this node when ehci can be scanned by pci */
    };

    i2c2: i2c@1fe21000 {
        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
        reg = <0 0x1fe21000 0 0x8>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <22 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;
        pinctrl-0 = <&i2c0_default>;
        pinctrl-names = "default";

        eeprom@57{
            compatible = "atmel,24c16";
            reg = <0x57>;
            pagesize = <16>;
        };
    };

    i2c3: i2c@1fe21800 {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;

        compatible = "loongson,ls2k-i2c";
        reg = <0 0x1fe21800 0 0x8>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <23 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        pinctrl-0 = <&i2c1_default>;
        pinctrl-names = "default";

        codec@1a{
            compatible = "codec_uda1342";
            reg = <0x1a>;
        };
    };

    i2c0: i2c-gpio@0 {
        compatible = "i2c-gpio";
        gpios = <&pioA 1 0 /* sda */
                &pioA 0 0 /* scl */
                >;
        /*i2c-gpio,sda-open-drain;*/
    };

```

```

/*i2c-gpio,scl-open-drain;*/
i2c-gpio,delay-us = <5>; /* ~100 kHz */
#address-cells = <1>;
#size-cells = <0>;
eeprom@50 {
    compatible = "dvi-eeprom-edid";
    reg = <0x50>;
};

};

i2c1: i2c-gpio@1 {
    compatible = "i2c-gpio";
    gpios = <&pioA 32 0 /* sda */
        &pioA 33 0 /* scl */
        >;
    /*i2c-gpio,sda-open-drain;*/
    /*i2c-gpio,scl-open-drain;*/
    i2c-gpio,delay-us = <5>; /* ~100 kHz */
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    eeprom@50 {
        compatible = "eeprom-edid";
        reg = <0x50>;
    };
};

dc@0x400c0000 {
    compatible = "loongson,display-subsystem";
    reg = <0 0x400c0000 0 0x00010000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <28 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0x00000000 0xffffffff>;
};

gpu@0x40080000 {
    compatible = "vivante,gc";
    reg = <0 0x40080000 0 0x00040000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0x00000000 0xffffffff>;
};

rtc0: rtc@lfe27800{

```



```

compatible = "loongson,ls2k1000-rtc", "loongson,ls7a-rtc";
reg = <0 0x1fe27800 0 0x100>;
interrupt-parent = <&liointc1>;
interrupts = <8 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pwm0: pwm@1fe22000{
    compatible = "loongson,ls2k-pwm";
    reg = <0 0x1fe22000 0 0x10>;
    clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <24 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #pwm-cells = <2>;
    pinctrl-0 = <&pwm0_default>;
    pinctrl-names = "default";
};

pwm1: pwm@1fe22010{
    compatible = "loongson,ls2k-pwm";
    reg = <0 0x1fe22010 0 0x10>;
    clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <25 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #pwm-cells = <2>;
    pinctrl-0 = <&pwm1_default>;
    pinctrl-names = "default";
};

gmac0: ethernet@0x40040000 {
    compatible = "snps,dwmac-3.70a";
    reg = <0 0x40040000 0 0x8000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <12 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <13 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "macirq", "eth_wake_irq";
    mac-address = [ 64 48 48 48 48 60 ];/* [>mac 64:48:48:48:48:60 <]*/
    phy-mode = "rgmii";
    bus_id = <0x0>;
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    snps,multicast-filter-bins = <256>;
};

gmac1: ethernet@0x40050000 {

```

```

compatible = "snps,dwmac-3.70a";
reg = <0 0x40050000 0 0x8000>;
interrupt-parent = <&liointc0>;
interrupts = <14 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
             <15 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
interrupt-names = "macirq", "eth_wake_irq";
mac-address = [ 64 48 48 48 48 61 ];/* [>mac 64:48:48:48:48:61 <]*/
phy-mode = "rgmii";
bus_id = <0x1>;
dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
snps,multicast-filter-bins = <256>;
};

apbdma_conf: apbdma_conf@1fe00438{
    compatible = "syscon";
    reg = <0 0x1fe00438 0 0x8>;
};

dma0: dma@1fe00c00 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe00c00 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&apbdma_conf 0x00000007 0x0>; /* configured for
nand. */

    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
};

dma1: dma@1fe00c10 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe00c10 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&apbdma_conf 0x00038000 0x8000>; /* configured
for sdio. */

    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
};

dma2: dma@1fe00c20 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe00c20 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&apbdma_conf 0x001c0000 0x80000>; /* configured
for i2s. */

    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
};

```

```

};

dma3: dma@1fe00c30 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    reg = <0 0x1fe00c30 0 0x8>;
    loongson,apbdma-conf = <&apbdma_conf 0x00e00000 0x600000>; /*
configured for i2s. */
    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
};

dma4: dma@1fe00c40 {
    compatible = "loongson,loongson2-apbdma";
    loongson,apbdma-conf = <&apbdma_conf 0x0 0x0>;
    reg = <0 0x1fe00c40 0 0x8>;
    #dma-cells = <0>;
    dma-channels = <1>;
};

sdio@0x1fe2c000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio";
    reg = <0 0x1fe2c000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <31 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    clock-frequency = <0 125000000>;
    bus-width = <4>;
    cd-debounce-delay-ms = <0>;

    cd-gpio = <&pioA 22 GPIO_ACTIVE_LOW>;
    dmas = <&dma1>;
    dma-names = "sdio_rw";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    pinctrl-0 = <&sdio_default>;
    pinctrl-names = "default";
};

spi0: spi@1fff0220{
    compatible = "loongson,ls-spi";
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    reg = <0 0x1fff0220 0 0x10>;

```

```
spidev@0{
    compatible = "rohm,dh2228fv";
    spi-max-frequency = <100000000>;
    reg = <0>;
};

hpet0: hpet@1fe24000{
    compatible = "loongson,loongson2-hpet";
    reg = <0 0x1fe24000 0 0x15f>;
    clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <21 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

nand@0x1fe26040{
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls-nand";
    reg = <0 0x1fe26040 0 0x0
        0 0x1fe26000 0 0x20>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <12 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "nand_irq";
    pinctrl-0 = <&nand_default>;
    pinctrl-names = "default";
    nand-cs = <0x2>;
    dmas = <&dma0>;
    dma-names = "nand_rw";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;

    number-of-parts = <0x2>;
    partitions {
        compatible = "fixed-partitions";
        #address-cells = <2>;
        #size-cells = <2>;

        partition@0 {
            label = "kernel_partition";
            reg = <0 0x00000000 0 0x01400000>;
        };

        partition@0x01400000 {
            label = "os_partition";
```

```

        reg = <0 0x01400000 0 0x0>;
    };

};

/* CAN controller nodes:
 * If you want to use the "can" function,enable the "can"
 * controller by configure general configuration register 0.
 */
can0: can@1fe20c00{
    compatible = "ls2k,sja1000";
    reg = <0 0x1fe20c00 0 0xff>;
    nxp,external-clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <16 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    pinctrl-0 = <&can0_default>;
};

can1: can@1fe20d00{
    compatible = "ls2k,sja1000";
    reg = <0 0x1fe20d00 0 0xff>;
    nxp,external-clock-frequency = <125000000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <17 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    pinctrl-0 = <&can1_default>;
};

tsensor: tsensor@1fe01500 {
    compatible = "loongson,ls2k-tsensor";
    reg = <0 0x1fe01500 0 0x30>;
    id = <0>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <7 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #thermal-sensor-cells = <1>;
};

fan0: pwm-fan {
    compatible = "pwm-fan";
    cooling-min-state = <0>;
    cooling-max-state = <3>;
    #cooling-cells = <2>;
    pwms = <&pwm1 0 100000 0>;
    cooling-levels = <255 153 85 25>;
    /* The duty cycle is defined in reverse in 2k1000la */

```

```
};

thermal-zones {
    cpu_thermal: cpu-thermal {
        polling-delay-passive = <1000>;
        polling-delay = <5000>;
        thermal-sensors = <&tsensor 0>;

        trips {
            cpu_alert: cpu-alert {
                temperature = <33000>;
                hysteresis = <2000>;
                type = "active";
            };

            cpu_crit: cpu-crit {
                temperature = <85000>;
                hysteresis = <5000>;
                type = "critical";
            };
        };
    };

    cooling-maps {
        map0 {
            trip = <&cpu_alert>;
            cooling-device =
                <&fan0 THERMAL_NO_LIMIT
                THERMAL_NO_LIMIT>;
        };
    };
};

vpu@0x79000000 {
    compatible = "loongson,ls-vpu";
    reg = <0 0x79000000 0 0xffff>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <30 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pcie@0 {
    compatible = "loongson,ls2k-pci";
    device_type = "pci";
};
```

```

bus-range = <0x1 0x16>;
#size-cells = <2>;
#address-cells = <3>;

reg = < 0xfe 0x00000000 0 0x20000000>;
ranges = <0x2000000 0x0 0x60000000 0 0x60000000 0x0 0x20000000 /*
mem */
        0x01000000 0 0x00008000 0 0x18008000 0x0 0x8000>;

ehci {
    reg = <0x2100 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <18 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    status = "disabled";
};

ohci {
    reg = <0x2200 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <19 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    status = "disabled";
};

vpu {
    reg = <0x8000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    status = "disabled";
};

dwc2@0,4,0 {
    reg = <0x2000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    status = "disabled";
};

apb@0,2,0 {
    reg = <0x1000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    status = "disabled";
};

gmac0@0,3,0 {
    reg = <0x1800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <12 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<13
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;

```

```

        status = "disabled";
    };

    gmac1@0,3,1 {
        reg = <0x1900 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <14 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,<15
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        status = "disabled";
    };

    gpu@0,5,0 {
        reg = <0x2800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        status = "disabled";
    };

    dc@0,6,0 {
        reg = <0x3000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        status = "disabled";
    };

    hda@0,7,0 {
        reg = <0x3800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <4 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    ahci@0,8,0 {
        reg = <0x4000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <19 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    pcie0_port0: pci_bridge@9,0 {
        compatible = "pciclass060400",
            "pciclass0604";
        reg = <0x4800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&liointc1>;

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

```



```

};

pcie0_port1: pci_bridge@10,0 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x5000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <1 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 1 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pcie0_port2: pci_bridge@11,0 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x5800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <2 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 2 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pcie_port3: pci_bridge@12,0 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x6000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <3 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 3 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pciel_port0: pci_bridge@13,0 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x6800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <4 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

```

```
        interrupt-parent = <&liointc1>;

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 4 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    pciel_port1: pci_bridge@14,0 {
        compatible = "pciclass060400",
            "pciclass0604";
        reg = <0x7000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <5 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&liointc1>;

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &liointc1 5 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    dma@0,f,0 {
        reg = <0x7800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        status = "disabled";
    };
};
};
};
```

Appendix E: 2K2000设备树源码参考配置

```
// SPDX-License-Identifier: GPL-2.0
/*
 * loongson ls2k2000 Soc board device tree source
 */

#include <dt-bindings/interrupt-controller/irq.h>

/dts-v1/;
/ {
    model = "Loongson-2K2000 Reference Board";
    compatible = "loongson,ls2k2000";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;

    aliases {
        serial0 = &cpu_uart0;
    };

    chosen {
        stdout-path = "serial0:115200n8";
        bootargs = "earlycon";
    };

    memory {
        device_type = "memory";
        reg = <0 0x00200000 0 0x0ee00000
              0 0x90000000 1 0xe0000000>;
    };

    reserved-memory {
        #address-cells = <2>;
        #size-cells = <2>;
        ranges;

        linux,cma {
            compatible = "shared-dma-pool";
            reusable;
            size = <0x0 0x2000000>;
            linux,cma-default;
        };
    };
};
```

```
};
cpus {
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    cpu-map {
        cluster0 {
            core0 {
                cpu = <&cpu0>;
            };
            core1 {
                cpu = <&cpu1>;
            };
        };
    };
};

cpu0: cpu@1 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "loongarch";
    clock-frequency = <1400000000>;
    reg=<0>;
};
cpu1: cpu@2 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "loongarch";
    clock-frequency = <1400000000>;
    reg=<1>;
};

cpuic: interrupt-controller {
    compatible = "loongson,cpu-interrupt-controller";
    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <1>;
};

iointc: interrupt-controller@1fe01400 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";
    reg = <0 0x1fe01400 0 0x40>,
        <0 0x1fe01440 0 0x8>,
        <0 0x1fe01448 0 0x8>;
    reg-names = "main", "isr0", "isr1";
};
```

```

interrupt-controller;
#interrupt-cells = <1>;
interrupt-parent = <&cpuic>;
interrupts = <2>;
interrupt-names = "int0";

loongson,parent_int_map = <0xffffffff>, /* int0 */
                        <0x00000000>, /* int1 */
                        <0x00000000>, /* int2 */
                        <0x00000000>; /* int3 */
};

extioic: interrupt-controller@0x1fe01600 {
    compatible = "loongson,ls2k2000-eiointc";
    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-parent = <&cpuic>;
    interrupts = <3>;
};

platic: interrupt-controller@0x10000040 {
    compatible = "loongson,pch-pic-1.0";
    reg = <0x0 0x10000000 0x0 0x400>;
    interrupt-controller;
    interrupt-parent = <&extioic>;
    loongson,pic-base-vec = <0>;
    #interrupt-cells = <2>;
};

msi: interrupt-controller@0x1fe01140 {
    compatible = "loongson,pch-msi-1.0";
    reg = <0 0x1fe01140 0 0x8>;
    interrupt-controller;
    loongson,msi-base-vec = <64>;
    loongson,msi-num-vecs = <192>;
    interrupt-parent = <&extioic>;
};

soc {
    compatible = "ls,nbus", "simple-bus";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;
    ranges = <0 0x10000000 0 0x10000000 0 0x10000000

```

```

0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x20000000
0 0x40000000 0 0x40000000 0 0x40000000
0xfe 0x00000000 0xfe 0 0 0x40000000>;

pcie@0 {
    compatible = "loongson,ls2k-pci";
    device_type = "pci";
    #size-cells = <2>;
    #address-cells = <3>;
    msi-parent = <&msi>;

    reg = <0xfe 0x00000000 0 0x20000000>;
    ranges = <0x02000000 0 0x40000000 0 0x40000000 0 0x40000000
        0x01000000 0 0x00008000 0 0x18400000 0x0 0x8000>;

    gmac0@0,3,0 {
        reg = <0x1800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <12 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };

    gmac1@0,3,1 {
        reg = <0x1900 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <14 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };

    gmac2@0,3,2 {
        reg = <0x1a00 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <17 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };

    xhci0: usb@0,4,0 {
        reg = <0x2000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <48 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };

    gpu@0,6,0 {
        reg = <0x3000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };

```

```
dc@0,6,1 {
    reg = <0x3100 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <28 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;
};

dc-hda@0,6,2 {
    reg = <0x3200 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <23 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;
};

hda@0,7 {
    reg = <0x3800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <58 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;
};

ahci@0,8 {
    reg = <0x4000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <16 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;
};

pci_bridge@0,9 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x4800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <32 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 32 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pci_bridge@0,0xa {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x5000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <33 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;
};
```

```

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 33 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    pci_bridge@0,0xb {
        compatible = "pciclass060400",
            "pciclass0604";
        reg = <0x5800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <34 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 34 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    pci_bridge@0,0xc {
        compatible = "pciclass060400",
            "pciclass0604";
        reg = <0x6000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <35 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 35 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    pci_bridge@0,13 {
        compatible = "pciclass060400",
            "pciclass0604";
        reg = <0x6800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <36 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;

        #interrupt-cells = <1>;
        interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
        interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 36 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    };

    pci_bridge@0,14 {

```



```

compatible = "pciclass060400",
            "pciclass0604";
reg = <0x7000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
interrupts = <37 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
interrupt-parent = <&platic>;

#interrupt-cells = <1>;
interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 37 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pci_bridge@0,0xf {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x7800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <40 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 40 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

pci_bridge@0,0x10 {
    compatible = "pciclass060400",
                "pciclass0604";
    reg = <0x8000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <30 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;

    #interrupt-cells = <1>;
    interrupt-map-mask = <0 0 0 0>;
    interrupt-map = <0 0 0 0 &platic 30 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

rio0@0,0x18 {
    reg = <0xc000 0x0 0x0 0x0 0x0>;
    interrupts = <3 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-parent = <&platic>;
};

xhcil: usb@0,25,0 {
    reg = <0xc800 0x0 0x0 0x0 0x0>;

```

```

        interrupts = <22 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };

    riol@0,0x1b {
        reg = <0xd800 0x0 0x0 0x0 0x0>;
        interrupts = <2 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-parent = <&platic>;
    };
};

emmc0@0x79990000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio_1.2";
    reg = <0 0x79990000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&platic>;
    interrupts = <51 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    clock-frequency = <0 100000000>;
    bus-width = <8>;
    cap-mmc-highspeed;
    mmc-hs200-1_8v;
    no-sd;
    no-sdio;
};

sdio0@0x79991000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio_1.2";
    reg = <0 0x79991000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&platic>;
    interrupts = <50 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    clock-frequency = <0 100000000>;
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    bus-width = <4>;
    cap-sd-highspeed;
    no-mmc;
    no-sdio;
};

pmc: acpi@0x100d0000 {

```

```
compatible = "loongson,ls2k2000-pmc", "syscon";
reg = <0x0 0x100d0000 0x0 0x58>;
interrupt-parent = <&extioiic>;
interrupts = <47>;
loongson,suspend-address = <0x0 0x1c000500>;
};

rtc0: rtc@0x100d0100 {
    compatible = "loongson,ls2k2000-rtc", "loongson,ls7a-rtc";
    reg = <0x0 0x100d0100 0x0 0x100>;
    interrupts = <44>;
    interrupt-parent = <&extioiic>;
};

reboot {
    compatible = "syscon-reboot";
    regmap = <&pmc>;
    offset = <0x30>;
    mask = <0x1>;
};

poweroff {
    compatible = "syscon-poweroff";
    regmap = <&pmc>;
    offset = <0x14>;
    mask = <0x3c00>;
    value = <0x3c00>;
};

cpu_uart0: serial@0x1fe001e0 {
    #device_type = "serial";
    compatible = "ns16550a";
    reg = <0 0x1fe001e0 0 0x10>;
    clock-frequency = <100000000>;
    interrupt-parent = <&iointc>;
    interrupts = <10>;
    no-loopback-test;
};
};
```

Appendix F: 2K0300设备树源码参考配置

```
#include <dt-bindings/interrupt-controller/irq.h>
#include <dt-bindings/gpio/gpio.h>

/dts-v1/;
/ {
    model = "Loongson-2K0300 Reference Board";
    compatible = "loongson,ls2k";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;

    aliases {
        serial0 = &cpu_uart0;
        serial1 = &cpu_uart1;
        i2c0 = &i2c0;
        i2c2 = &i2c2;
        i2c3 = &i2c3;
        ethernet0 = &gmac0;
        ethernet1 = &gmac1;
    };

    chosen {
        stdout-path = "serial0:115200n8";
        bootargs = "earlycon";
    };

    memory {
        device_type = "memory";
        reg = <0 0x00200000 0 0x0ee00000
              0 0x90000000 0 0x70000000>;
    };

    cpus {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;
        cpu-map {
            cluster0 {
                core0 {
                    cpu = <&cpu0>;
                };
            };
        };
    };
};
```

```
};

cpu0: cpu@10000 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "loongarch";
    clock-frequency = <1000000000>;
    reg=<0>;
};

};

cpuic: interrupt-controller {
    compatible = "loongson,cpu-interrupt-controller";
    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <1>;
};

liointc0: interrupt-controller@16001400 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";
    reg = <0 0x16001400 0 0x40>,
        <0 0x16001040 0 0x8>;
    reg-names = "main", "isr0";

    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <2>;
    interrupt-parent = <&cpuic>;
    interrupts = <2>;
    interrupt-names = "int0";

    loongson,parent_int_map = <0xffffffff>, /* int0 */
        <0x00000000>, /* int1 */
        <0x00000000>, /* int2 */
        <0x00000000>; /* int3 */
};

liointc1: interrupt-controller@16001440 {
    compatible = "loongson,liointc-2.0";
    reg = <0 0x16001440 0 0x40>,
        <0 0x16001048 0 0x8>;
    reg-names = "main", "isr0";

    interrupt-controller;
    #interrupt-cells = <2>;
```

```

interrupt-parent = <&cpuic>;
interrupts = <4>;
interrupt-names = "int2";

loongson,parent_int_map = <0x00000000>, /* int0 */
                        <0x00000000>, /* int1 */
                        <0xffffffff>, /* int2 */
                        <0x00000000>; /* int3 */
};

soc {
    compatible = "ls,nbus", "simple-bus";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;

    ranges = <0 0x10000000 0 0x10000000 0 0x10000000
              0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x20000000
              0 0x20000000 0 0x20000000 0 0x10000000
              0 0x40000000 0 0x40000000 0 0x40000000>;

    wdt: syscon@16124000 {
        compatible = "syscon";
        reg = <0 0x16124000 0 0x000c>;
    };

    reboot {
        compatible = "syscon-reboot";
        regmap = <&wdt>;
        offset = <0x00>;
        mask = <0x1>;
    };

    cpu_uart0: serial@0x16100000 {
        compatible = "ns16550a";
        reg = <0 0x16100000 0 0x10>;
        clock-frequency = <100000000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        no-loopback-test;
    };

    cpu_uart1: serial@0x16100400 {

```

```

compatible = "ns16550a";
reg = <0 0x16100400 0 0x10>;
clock-frequency = <100000000>;
interrupt-parent = <&liointc0>;
interrupts = <1 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
no-loopback-test;
};

i2c0: i2c@16108000 {
    compatible = "loongson,lsfs-i2c";
    reg = <0 0x16108000 0 0x400>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <4 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    clock-frequency = <100000000>;
    eeprom@50 {
        compatible = "atmel,24c64";
        reg = <0x50>;
        pagesize = <16>;
    };
};

i2c2: i2c@1610a000 {
    compatible = "loongson,lsfs-i2c";
    reg = <0 0x1610a000 0 0x400>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <5 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #address-cells = <2>;
    clock-frequency = <100000000>;
};

i2c3: i2c@1610b000 {
    compatible = "loongson,lsfs-i2c";
    reg = <0 0x1610b000 0 0x400>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <5 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    clock-frequency = <100000000>;

    codec@10{
        compatible = "es8323";

```

```

        reg = <0x10>;
    };

};

dma0: dma@0x1612c000 {
    compatible = "loongson,lsia-dma";
    reg = <0 0x1612c000 0 0xff>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <23 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <24 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <25 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <26 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <27 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <28 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <29 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
        <30 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    #dma-cells = <2>;
};

i2s: i2s@0x16114000 {
    compatible = "loongson,ls2k0300-i2s";
    reg = <0 0x16114000 0 0x10>;
    clock-frequency = <100000000>;
};

audio: audio@0x16114000 {
    compatible = "loongson,ls-pcm-generic-audio";
    reg = <0 0x16114000 0 0x10>;
    dmas = <&dma0 1 0xa92>,
        <&dma0 0 0xa82>;
    dma-names = "i2s_play", "i2s_record";
};

sound {
    compatible = "loongson,ls-sound";
    loongson,i2s-controller = <&i2s>;
    loongson,audio-codec = <&audio>;
};

can0: can@0x16110000 {
    compatible = "loongson,ls-canfd";
    reg = <0 0x16110000 0 0x400>;
    ls,clock-frequency = <100000000>;
};

```



```

        #interrupt-cells = <2>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <8 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        dmas = <&dma0 0 0xaae>;
        dma-names = "rx";
        status = "disabled";
    };

    can1: can@0x16110400 {
        compatible = "loongson,ls-canfd";
        reg = <0 0x16110400 0 0x400>;
        ls,clock-frequency = <100000000>;
        #interrupt-cells = <2>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <9 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        dmas = <&dma0 1 0xaae>;
        dma-names = "rx";
        status = "disabled";
    };

    can2: can@0x16110800 {
        compatible = "loongson,ls-canfd";
        reg = <0 0x16110800 0 0x400>;
        ls,clock-frequency = <100000000>;
        #interrupt-cells = <2>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <10 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        dmas = <&dma0 2 0xaae>;
        dma-names = "rx";
        status = "disabled";
    };

    can3: can@0x16110c00 {
        compatible = "loongson,ls-canfd";
        reg = <0 0x16110c00 0 0x400>;
        ls,clock-frequency = <100000000>;
        #interrupt-cells = <2>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <11 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        dmas = <&dma0 3 0xaae>;
        dma-names = "rx";
        status = "disabled";
    };

```

```

spi0: spi@0x16010000 {
    compatible = "loongson,ls-spi";
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    reg = <0 0x16010000 0 0x10>;
    spidev@0 {
        compatible = "rohm,dh2228fv";
        spi-max-frequency = <100000000>;
        reg = <0>;
    };
};

dc@0x16090000 {
    compatible = "loongson,la2k0300-dc", "loongson,display-subsystem";
    reg = <0 0x16090000 0 0x10000>;
    interrupt-parent = <&liointel>;
    interrupts = <19 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0x00000000 0xffffffff>;
    output-ports = <&vga>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;

    dc_identify {
        model = "loongson,2k300";
        compatible = "loongson,ls2k";
    };

    vga: vga@0 {
        /* 0 for connector 0 (DVO0) */
        reg = <0>;
        ddc-i2c-bus = <&i2c2>;
        connector = "vga-connector";
        status = "ok";
    };
};

gmac0: ethernet@0x16020000 {
    compatible = "snps,dwmac-3.70a";
    reg = <0 0x16020000 0 0x10000>;
    interrupt-parent = <&liointel>;
    interrupts = <17 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
};

```

```

interrupt-names = "macirq";
mac-address = [ 64 48 48 48 48 60 ];/* [>mac 64:48:48:48:48:60 <]*/
phy-mode = "rgmii";
bus_id = <0x0>;
dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
};

gmac1: ethernet@0x16030000 {
    compatible = "snps,dwmac-3.70a";
    reg = <0 0x16030000 0 0x10000>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <18 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "macirq";
    mac-address = [ 64 48 48 48 48 61 ];/* [>mac 64:48:48:48:48:61 <]*/
    phy-mode = "rgmii";
    bus_id = <0x1>;
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
};

otg@0x16040000 {
    compatible = "loongson,loongson2-dwc2";
    reg = <0 0x16040000 0 0x40000>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <16 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0x0 0xffffffff>;
};

ohci@0x16088000 {
    compatible = "generic-ohci";
    reg = <0 0x16088000 0 0x8000>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <15 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0x0 0xffffffff>;
};

ehci@0x16080000 {
    compatible = "generic-ehci";
    reg = <0 0x16080000 0 0x8000>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <14 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
};

```

```
emmc0@0x16140000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio_1.2";
    reg = <0 0x16140000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&liointc0>;
    interrupts = <31 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    clock-frequency = <0 100000000>;
    bus-width = <8>;
    cap-mmc-highspeed;
    mmc-hs200-1_8v;
    no-sd;
    no-sdio;
};

sdio1@0x16148000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio_1.2";
    reg = <0 0x16148000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    clock-frequency = <0 100000000>;
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    bus-width = <4>;
    cap-sd-highspeed;
    no-mmc;
    no-sdio;
};

emmc1@0x16148000 {
    #address-cells = <2>;
    compatible = "loongson,ls2k_sdio_1.2";
    reg = <0 0x16148000 0 0x1000>;
    interrupt-parent = <&liointc1>;
    interrupts = <0 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
    dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
    clock-frequency = <0 100000000>;
    bus-width = <8>;
    cap-mmc-highspeed;
    no-sd;
```

```
        no-sdio;
        status = "disabled";
    };

    sdio0@0x16140000 {
        #address-cells = <2>;
        compatible = "loongson,ls2k_sdio_1.1";
        reg = <0 0x16140000 0 0x1000>;
        interrupt-parent = <&liointc0>;
        interrupts = <31 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
        interrupt-names = "ls2k_mci_irq";
        dma-mask = <0xffffffff 0xffffffff>;
        clock-frequency = <0 100000000>;
        bus-width = <4>;
        cap-sd-highspeed;
        no-mmc;
        no-sdio;
        status = "disabled";
    };
};
```

Appendix G: 设备树节点配置指导

本附录规定了龙芯2号系列平台设备树节点配置的要求。该系列设备树具体配置请参考其他附录。

对于既可以配置为PLATFORM设备，也可以配置为PCI设备的节点，如GMAC控制器，USB控制器（EHCI/OHCI/XHCI/OTG），HDA控制器，SATA控制器，DC控制器，GPU控制器，VPU控制器等，本节对两者的配置规范都进行了描述。

对于硬件上以固定地址形式存在的设备，其设备节点配置为PLATFORM设备；对于硬件上以PCI形式存在的设备，部分配置为PCI设备节点，部分配置为PLATFORM设备节点。

对于硬件上以PCI形式存在，其设备节点配置为PLATFORM形式的设备，同时还需要配置其PCI形式的节点，节点中配置属性status值为"disabled"，避免内核PCI子系统对设备重新初始化。

设备的具体形态请参考对应的处理器用户手册。

G.1 CPU

G.1.1 cpu-map

必须配置子节点及属性：

(1) cluster

包含指定数量的core。

(2) core

值：cpu = <&cpuN>。cpuN为对应的cpu节点。

G.1.2 cpu

必须配置属性：

(1) device_type

值："cpu"。

(2) compatible

值："loongarch"。

(3) reg

CPU的核号。

(4) clock-frequency

CPU频率，单位HZ。

G.2 内存

G.2.1 memory

必须配置属性：

(1) device_type

值："memory"。

(2) reg

可用内存的起始地址及大小。

G.2.2 reserved-memory

必须配置属性：

(1) #address-cells

如果根节点定义了#address-cells，必须与根节点#address-cells保持一致。如果根节点没有定义#address-cells，与内核定义的OF_ROOT_NODE_ADDR_CELLS_DEFAULT保持一致。

(2) #size-cells

如果根节点定义了#size-cells，必须与根节点#size-cells保持一致。如果根节点没有定义#size-cells，与内核定义的OF_ROOT_NODE_SIZE_CELLS_DEFAULT保持一致。

(3) ranges

该属性为空值。

linux,cma子节点必须配置属性：

(1) compatible

值："shared-dma-pool"。

(2) reusable

空值。

(3) size

定义区域的大小。

(4) linux,cma-default

空值。标识该区域作为cma分配的缺省区域。

G.2.3 memalloc

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls-memalloc"。

(2) reg

分配内存区域的起始地址及大小。

G.3 温度传感器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls2k-tsensors"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) id

温度传感器编号。

(6) #thermal-sensor-cells

定义描述该节点属性的单位个数。

G.4 中断控制器

G.4.1 CPU中断控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,cpu-interrupt-controller"。

(2) interrupt-controller

空值，标识为中断控制器。

(3) #interrupt-cells

定义解析一个中断属性所需要的单位个数。

G.4.2 传统IO中断控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,liointc-2.0"。

(2) interrupt-controller

空值，标识此节点为中断控制器。

(3) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。结合reg-names配置使用。

(4) reg-names

reg中依次对应的寄存器空间名称，依次为"main", "isr0", "isr1", ..., "isrN"。其中，"main"标识为中断控制器寄存器基地址；"isr0"~"isrN"依次标识为路由至CPU核0~N的中断状态寄存器，故按照CPU核数进行配置。

(5) #interrupt-cells

定义解析一个中断属性所需要的单位个数。

(6) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(7) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断号。值2, 3, 4, 5分别对应下面的HWI0~HWI3，且只能配置一个值。

(8) interrupt-names

依次标识interrupts中所配置的中断名称，为"int0", "int1", "int2", "int3"的子集。

(9) loongson,parent_int_map

包含4个32位数的元组，依次表示路由至CPU核中断引脚HWI0~HWI3的中断。HWI0~HWI3对应的interrupt-names分别为"int0", "int1", "int2", "int3"。

G.4.3 扩展IO中断控制器

必须配置属性：

(1) compatible

支持以下几种compatible属性：

"loongson,ls2k0500-eointc";

"loongson,ls2k2000-eointc";

不同平台使用的compatible不同，请参考平台相关的dts文件。

(2) interrupt-controller

空值，标识此节点为中断控制器。

(3) #interrupt-cells

定义解析一个中断属性所需要的单位个数。

(4) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(5) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(6) interrupt-names

表示interrupts所配置的中断名称。

使用扩展IO中断，需要使能扩展IO中断使能位，由固件负责使能，缺省开启状态。

G.4.4 桥片IO中断控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,pch-pic-1.0"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-controller

空值，标识此节点为中断控制器。

(4) #interrupt-cells

定义解析一个中断属性所需要的单位个数。

(5) loongson,pic-base-vec

定义该中断控制器描述的起始中断向量号。

(6) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

G.4.5 MSI中断控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,pch-msi-1.0"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-controller

空值，标识此节点为中断控制器。

(4) loongson,msi-base-vec

msi中断控制器支持的起始中断向量号。

(5) loongson,msi-num-vecs

msi中断控制器支持的中断向量数量。

(6) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

G.5 SPI控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls-spi"

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

G.6 GPIO

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls2k-gpio"和"loongson,loongson3-gpio"。

不同平台使用的compatible不同，具体参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) ngpios

gpio的个数。

(4) gpio-controller

空值，标识为gpio控制器。

(5) #gpio-cells

描述节点属性使用的单位数量。

(6) conf_offset

gpio方向控制寄存器偏移地址。

(7) out_offset

gpio输出设置寄存器偏移地址。

(8) in_offset

gpio输入采样寄存器偏移地址。

(9) inten_offset

gpio中断使能寄存器偏移地址。

(10) in_start_bit

该属性用于兼容3A3000处理器型号，在2K系列平台，定义为0。

(11) gpio_base

定义节点描述的gpio base号。gpio节点支持最多描述64个gpio，如果处理器支持多于64个gpio，需要定义2个gpio节点来描述，第2个gpio节点的gpio_base从64开始。

(12) support_irq

空值，标识gpio支持中断。

(13) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(14) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(15) interrupts-extended

该属性的作用与interrupt-parent和interrupts的组合使用是一致的。二者选其一即可。

G.7 UART控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："ns16550a"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) clock-frequency

定义uart时钟频率。

(4) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(5) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.8 CAN

必须配置属性：

(1) compatible

支持以下几种compatible属性：

"nxp,sja1000";

"ls2k,sja1000";

不同平台使用不同的compatible属性，请参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) nxp,external-clock-frequency

定义外部时钟频率。

G.9 I2C控制器

必须配置属性：

(1) compatible

支持以下几种compatible属性：

"loongson,ls2k-i2c";

"loongson,lsfs-i2c";

不同平台使用的compatible不同，请参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) clock-frequency

输入时钟频率。

G.10 PWM控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls2k-pwm"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) clock-frequency

输入时钟频率。

(4) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(5) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(6) #pwm-cells

定义描述该节点属性的单位个数。

G.11 NAND控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls-nand"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) interrupt-names

定义中断名称。

(6) dmas

使用的DMA控制器节点句柄。

(7) dma-names

值: "nand_rw"。

(8) dma-mask

dma bit位掩码。

(9) nand-cs

定义片选信号。

(10) number-of-parts

nand的分区数量。

partition子节点配置请参考相应规范和示例。

G.12 电源管理模块

必须配置属性:

(1) compatible

支持以下几种compatible属性:

"loongson,ls2k0500-pmc", "syscon";

"loongson,ls2k1000-pmc", "syscon";

"loongson,ls2k2000-pmc", "syscon";

不同平台使用的compatible不同, 请参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中, 使用的中断。

如果固件支持休眠唤醒, 可以增加如下属性配置:

(5) loongson,suspend-address

休眠时, 固件程序入口地址。

G.13 RTC

必须配置属性:

(1) compatible

支持以下几种compatible属性:

"loongson,ls2k0500-rtc", "loongson,ls7a-rtc";

"loongson,ls2k1000-rtc", "loongson,ls7a-rtc";

"loongson,ls2k2000-rtc", "loongson,ls7a-rtc";

不同平台使用的compatible不同，请参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.14 HPET控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,loongson2-hpet"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) clock-frequency

输入时钟频率。

(4) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(5) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.15 SDIO控制器

必须配置属性：

(1) compatible

支持以下几种compatible属性：

"loongson,ls2k_sdio";

"loongson,ls2k_sdio_1.2";

不同平台使用的compatible不同,具体参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) interrupt-names

中断名称。

(6) dmas

sdio控制器使用的dma控制器。

(7) dma-names

定义dma通道名称。

(8) dma-mask

设置dma控制器的bit位掩码。

(9) clock-frequency

输入时钟频率。

(10) cd-gpio

sdio detect引脚使用的gpio。通过gpio中断方式检测热插拔。

(11) non-removable

可选配置属性。该属性标识不支持热插拔。

(12) broken-cd

可选配置属性。该属性标识轮询方式检测热插拔。

(13) bus-width

设置SDIO控制器的总线宽度。

(14) cap-sd-highspeed

使能SDIO控制器工作在高速50M模式。

(15) no-mmc

可选配置属性。该属性标识SDIO驱动去掉对mmc的支持。

(16) no-sdio

可选配置属性。该属性标识SDIO驱动去掉对SDIO的支持。

G.16 GMAC控制器

G.16.1 配置为PLATFORM设备

必须配置属性：

(1) compatible

值："snps,dwmac-3.70a"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) interrupt-names

依次标识interrupts中所配置的中断名称。

(6) phy-mode

phy接口操作模式。

(7) bus_id

mii总线号。

(8) mac-address

非必须属性。如果需要，可以通过该属性设置mac地址。

(9) dma-mask

定义dma掩码bit位数。

(10) snps,multicast-filter-bins

定义MAC地址Hash过滤组播报文的Hash表位数。

G.16.2 配置为PCI设备

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性：

(4) status

值："disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.17 DWC2控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,loongson2-dwc2"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(5) dma-mask

设置dma bit位掩码。

(6) dr_mode

可设置工作模式为: "host", "peripheral"和"otg"。

G.18 DWC3控制器

必须配置属性:

(1) compatible

值: "synopsys,dwc3"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中, 使用的中断。

(5) usb-phy

设置usb_phy, 指向节点usb2_phy和usb3_phy。

(6) dr_mode

可设置工作模式为: "host", "peripheral"和"otg"。

G.19 OHCI控制器

G.19.1 配置为PLATFORM设备

必须配置属性:

(1) compatible

值: "generic-ohci"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中, 使用的中断。

G.19.2 配置为PCI设备

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性：

(4) status

值："disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.20 EHCI控制器

G.20.1 配置为PLATFORM设备

必须配置属性：

(1) compatible

值："generic-ehci"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.20.2 配置为PCI设备

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性：

(4) status

值: "disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.21 XHCI控制器

G.21.1 配置为PCI设备

必须配置属性:

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性:

(4) status

值: "disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.22 HDA控制器

G.22.1 配置为PLATFORM设备

必须配置属性:

(1) compatible

值: "loongson,ls2k-audio"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.22.2 配置为PCI设备

必须配置属性:

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性：

(4) status

值："disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.23 SATA控制器

G.23.1 配置为PLATFORM设备

必须配置属性：

(1) compatible

值："snps,spear-ahci"。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.23.2 配置为PCI设备

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性：

(4) status

值："disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.24 PCIE

G.24.1 PCIE Host Bridge

必须配置属性：

(1) compatible

值："loongson,ls2k-pci"。

(2) reg

配置空间基地址及大小。

(3) ranges

MEM地址空间以及IO地址空间。

(4) device_type

值："pci"。

(5) bus-range

定义总线号范围。

(6) #size-cells

解析子节点size域使用的单元个数。

(7) #address-cells

解析子节点address域使用的单元个数。

(8) msi-parent

如果使用msi中断，配置该属性指向msi中断控制器。

G.24.2 PCIE Bridge

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) #interrupt-cells

定义解析一个中断属性所需要的单位个数。

(5) interrupt-map

该属性描述了PCIE Bridge路由到的中断控制器节点及中断号。

(6) interrupt-map-mask

该属性用于设置interrupt-map属性的mask，结合interrupt-map使用。

G.24.3 PCIE Device

参考规范中其他章节关于设备“配置为PCI设备”的描述。

G.25 RapidIO控制器

G.25.1 配置为PCI设备

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

可选配置属性：

(4) status

值："disabled"。如果设备与其它设备功能（管脚）复用，且选择其它设备功能，可以配置该属性，禁用该设备。

G.26 DMA控制器

必须配置属性：

(1) compatible

支持以下几种compatible属性：

"loongson,loongson2-apbdma";

"loongson,lsia-dma";

不同平台使用的compatible不同，请参考平台相关的dts文件。

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) loongson,apbdma-conf

指向APBDMA配置寄存器，配置DMA控制器应用于具体设备。

(4) #dma-cells

定义解析dma属性所需要的单位个数。

(5) dma-channels

DMA通道数量。

(6) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(7) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中，使用的中断。

G.27 APB总线控制器

G.27.1 配置为PCI设备

必须配置属性：

(1) reg

5-cell PCI resource。第1个cell的bit8-bit15为devfn值。

(2) status

值："disabled"。在某些型号的处理器的APB总线控制器是PCI设备形式，但APB下挂载的UART、I2C、PWM、RTC、NAND等多种控制器类型不是PCI设备形式，这些控制器均配置为PLATFORM形式的设备节点，分配固定地址。APB总线控制器不能再被内核PCI子系统重新初始化，所以需要建立APB总线控制器的PCI设备节点，且配置属性status="disabled"。

G.28 REBOOT

必须配置属性：

(1) compatible

值："syscon-reboot"

(2) regmap

指向pmc设备节点。

(3) offset

电源管理模块的reboot相关控制器寄存器偏移。

(4) mask

访问寄存器的bit位掩码。

G.29 POWEROFF

必须配置属性：

(1) compatible

值："syscon-poweroff"

(2) regmap

关联电源管理设备节点。

(3) offset

电源管理模块poweroff相关控制器寄存器偏移。

(4) mask

访问寄存器的bit位掩码。

(5) value

设置寄存器的值。

G.30 CHIPID

必须配置属性：

(1) compatible

值： "loongson,ls2k-chipid"

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) little-endian

小端模式。

G.31 PINCTRL

必须配置属性：

(1) compatible

值： "loongson,ls2k-pinctrl"

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

具体设备的管脚复用配置及pinctrl设备节点的引用方式，请参考附录相应平台的设备树源码参考配置。

处理器管脚复用由固件根据板卡配置，PINCTRL不作为管脚复用配置规范，用户可根据需要选择使用。

G.32 根节点

必须配置属性：

(1) model

格式：“处理器名称+空格+板卡描述”。其中，处理器名称值固定不可更改，对应cpuinfo中的model name。不同平台的处理器名称不一样，描述如下：

2K0500: "Loongson-2K0500 Reference Board";

2K1000LA: "Loongson-2K1000 Reference Board";

2K2000: "Loongson-2K2000 Reference Board";

G.33 其他配置

设备树中还配置了spidev, eeprom, audio codec, thermal-zone, nand partition, i2c-gpio等设备节点及属性, 不属于处理器相关设备, 用户可根据需求选择使用, 配置方法可参考附录, 也可查询相关约定。

G.34 EMMC控制器

必须配置属性:

(1) compatible

值"loongson,ls2k_sdio_1.2";

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) interrupt-parent

路由到的中断控制器节点句柄。

(4) interrupts

在interrupt-parent对应的中断控制器中, 使用的中断。

(5) interrupt-names

中断名称。

(6) dma-mask

设置dma控制器的bit位掩码。

(7) clock-frequency

输入时钟频率。

(8) bus-width

设置EMMC控制器的总线宽度。

(9) cap-mmc-highspeed

使能EMMC控制器工作在高速50M模式。

(10) mmc-hs200-1_8v

该属性结合cap-mmc-highspeed, 可让EMMC控制器最高工作在200M, 实际工作频率由clock-frequency决定。

(11) no-sd

可选配置属性。该属性标识EMMC驱动去掉对sd memory的支持。

(12) no-sdio

可选配置属性。该属性标识EMMC驱动去掉对SDIO的支持。

G.35 I2S控制器

必须配置属性：

(1) compatible

值"loongson,ls2k0300-i2s";

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) clock-frequency

输入时钟频率。

G.36 AUDIO

必须配置属性：

(1) compatible

值"loongson,ls-pcm-generic-audio";

(2) reg

设备处于父级总线地址空间的基地址及大小。

(3) dmas

audio使用的dma控制器。

(4) dmas-name

定义dma通道名称。

G.37 SOUND

必须配置属性：

(1) compatible

值"loongson,ls-sound";

(2) loongson,i2s-controller

指向i2s设备节点。

(3) loongson,audio-codec

指向audio设备节点。