



**安路科技 ELF2 系列 FPGA  
数据手册**

DS004 (v1.0) 2017 年 11 月

---

# 目 录

目 录.....	1
1 简介.....	5
1.1 ELF2 器件系列特性.....	5
1.2 ELF2 器件介绍.....	8
2 ELF2 架构概述.....	9
2.1 PFB 模块.....	10
2.1.1 SLICE.....	11
2.1.2 PFB 操作模式.....	13
2.1.3 寄存器.....	14
2.2 互连 ( Routing ).....	15
2.3 嵌入式存储器模块 ( BRAM ).....	16
2.3.1 BRAM9K.....	16
2.3.2 BRAM32K.....	31
2.3.3 大容量存储器.....	34
2.4 时钟资源.....	42
2.4.1 全局时钟.....	42
2.4.2 输入输出时钟.....	45
2.4.3 快速时钟.....	46
2.5 锁相环 PLL.....	47
2.5.1 简介.....	47
2.5.2 动态相移.....	49
2.5.3 动态配置.....	50
2.5.4 时钟反馈模式.....	52
2.5.5 展频和小数分频.....	54
2.5.6 占空比调制.....	56
2.6 数字信号处理 ( DSP ).....	57
2.6.1 体系结构.....	57

---

---

2.6.2	操作模式 .....	60
2.7	输入输出逻辑单元 ( IOL ) .....	63
2.7.1	输入寄存器逻辑 .....	63
2.7.2	输出寄存器逻辑 .....	68
2.8	输入输出缓冲器 ( IOB ) .....	73
2.8.1	IOB 简介 .....	73
2.8.2	I/O 分组 .....	74
2.8.3	高速 LVDS 接口 .....	75
2.8.4	高速 LVDS 发送预加重 .....	79
2.8.5	MIPI IO .....	80
2.8.6	兼容 5V 输入 .....	80
2.9	ELF2 FPGA 配置说明 .....	84
2.9.1	配置模式 .....	84
2.9.2	配置流程 .....	86
2.9.3	MSPI 配置模式 .....	88
2.9.4	从动串行配置模式 .....	88
2.9.5	从动并行配置模式 .....	89
2.9.6	主动并行配置模式 .....	90
2.9.7	JTAG 配置模式 .....	91
2.9.8	DUAL BOOT 功能 .....	91
2.9.9	MULT BOOT 功能 .....	92
2.9.10	FPGA I/O 引脚在配置阶段的设置 .....	93
2.9.11	FPGA 加密下载 .....	93
2.9.12	DNA 安全功能 .....	94
2.10	内置 MCU .....	95
2.11	内嵌 ADC 模块 .....	96
2.12	高速接口 IP .....	98
2.13	电源监控模块 .....	99
2.14	内置环形振荡器 .....	99
2.15	内嵌温度传感器简介 .....	100

---

---

<b>3 直流和交流特性</b> .....	<b>101</b>
3.1 直流电气特性.....	101
3.1.1 最大绝对额定值.....	101
3.1.2 推荐基本操作条件.....	102
3.1.3 单电源器件静态供电电流- A/B Devices <sup>1,2</sup> .....	103
3.1.4 单电源器件深睡眠供电电流- A/B Devices <sup>1,2</sup> .....	103
3.1.5 双电源器件静态供电电流- C/D Devices <sup>1,2</sup> .....	104
3.1.6 热插拔规格.....	104
3.1.7 上电复位电压阈值.....	105
3.1.8 I/O 管脚电容.....	105
3.1.9 I/O 直流电气特性.....	106
3.1.10 单端 I/O 直流电学特性.....	108
3.1.11 差分 I/O 电学特性.....	110
3.1.12 MIPID-PHY 电学特性.....	111
3.1.13 电源监测模块电学特性.....	112
3.2 交流电气特性.....	113
3.2.1 时钟性能.....	113
3.2.2 嵌入数字信号处理模块 (DSP) 规格.....	113
3.2.3 锁相环(PLL)规格.....	114
3.2.4 存储器模块 (BRAM) 规格.....	115
3.2.5 高速 I/O 接口性能.....	116
3.2.6 配置模块和 JTAG 规格.....	117
3.2.7 ADC 性能.....	118
<b>4 引脚和封装</b> .....	<b>119</b>
4.1 引脚定义和规则.....	119
4.2 EF2L1500 引脚信息：LQFP100.....	120
4.3 EF2L1500/4500 引脚信息：LQFP144.....	123
4.4 EF2L1500/2500/4500 引脚信息：ftBGA256.....	127
4.5 EF2L2500 引脚信息：XWFN42.....	132

---

---

4.6	EF2M4500 引脚信息 : LQFP64 .....	133
4.7	封装信息.....	134
4.7.1	XWFN42 封装规格 .....	134
4.7.2	LQFP64 封装规格.....	135
4.7.3	LQFP100 封装规格.....	136
4.7.4	LQFP144 封装规格.....	137
4.7.5	ftBGA256 封装规格 .....	138
5	订购信息 .....	139
6	版本信息 .....	141

# 1 简介

## 1.1 ELF2 器件系列特性

- **灵活的逻辑结构**
  - 共有 4 种器件，规模从 1,500 到 4,500 LUTs
  - 最大用户 IO 数量达 206
- **低功耗器件**
  - 先进的 55nm 低功耗工艺
  - 支持单电源和双电源两种模式
  - 支持深睡眠模式，功耗将至 100uA 以下
- **内置 FLASH**
  - 无需外部配置器件
  - 支持快速上电启动
- **支持分布式和嵌入式存储器**
  - 最大支持 35 Kbits 分布存储器
  - 最大支持 700Kbits 嵌入块存储器
  - 容量块存储器 9K 和 32K，可配置为真双口，多种组合模式，专用 FIFO 控制逻辑
  - 额外 128Kbits、256Kbits 存储器支持
- **源同步输入/输出接口**
  - 输入/输出单元包含 DDR 寄存器支持 DDRx1、DDRx2 模式
- **可配置逻辑模块(PLBs)**
  - 优化的 LUT4/LUT5 组合设计
  - 双端口分布式存储器
  - 支持算数逻辑运算
  - 快速进位链逻辑
- **高性能，灵活的输入/输出缓冲器**
  - 可配置支持以下单端标准
    - LVTTTL、LVCMOS (3.3/2.5/1.8V/1.5/1.2V)
    - PCI
    - SSTL 3.3V and 2.5V (Class I and II)
    - SSTL 1.8V and 1.5V (Class I)
    - HSTL 1.8V and 1.5V (Class I)
  - 通过配置支持以下差分标准
    - LVDS, Bus-LVDS, MLVDS, RSDS, LVPECL
  - 支持热插拔
  - 可配置上拉/下拉模式
  - 片内 100 欧姆差分电阻
  - 可配置施密特触发器，最大 0.5V 迟滞
  - 支持 5V 直接输入
  - 优化 MIPI HS/LP IO 支持

## ■ 时钟资源

- 16 路全局时钟
- 针对高速 I/O 接口设计的 2 路 IOCLK
- 优化全局时钟的 2 路快速时钟
- PLLs 用于频率综合
  - 7 路时钟输出
  - 分频系数 1 到 128
  - 支持 5 路时钟输出级联
  - 动态相位选择
  - 支持展频 SSC
  - 支持小数分频

## ■ 配置模式

- 主模式串行 SPI (MSPI)
- 从模式串行 (SS)
- 从模式并行 x8 (SP)
- JTAG 模式 (IEEE-1532)

## ■ BSCAN

- 兼容 IEEE-1149.1

## ■ 增强安全设计保护

- 每个芯片拥有唯一的 64 位 DNA
- 位流支持 AES 加密

## ■ 嵌入式硬核 IP

- ADC
  - 12 比特逐次逼近寄存器型 (SAR)
  - 8 个模拟输入
  - 1MHz 采样速率 (MSPS)
- 集成电压监控模块
- 内置环形振荡器
- 内置温度传感器

## ■ 丰富封装形式

- 标准尺寸：TQFP/BGA
- 小尺寸：XWFN42

表 1.1-1: ELF2 FPGA 系列选型表

Series <sup>1</sup>	Device	LUTs	DFFs	Dis-RAM (Kbs)	BRAM					DSP	PLL	Flash	MCU	Max User I/O
					9K	32K	128K	256K	Total (KBits)					
L	EF2L1500	1500	1500	12	6	3	1	1	546	8	1	4Mb	-	213
	EF2L2500	2500	2500	20	9	4	1	1	607	12	1	4Mb	-	213
	EF2L4500	4480	4480	35	12	6	1	1	700	15	1	4Mb	-	207
M	EF2M4500	4480	4480	35	12	6	1	1	700	15	1	4Mb	M3	207

表 1.1-2 : ELF2 FPGA 封装

Packages	ELF2L1500	ELF2L2500	ELF2L4500	ELF2M4500
42 XWFN (4.2x4.2, 0.35mm pitch)		30/14		
64 LQFP (10x10, 0.5mm pitch)				51
100 LQFP (14x14, 0.5mm pitch)	80			
144 LQFP (20x20, 0.5mm pitch)	114		114	114
256 fpBGA (17x17, 1.0mm pitch)	206		206	

注释：30/14 表示用户可用 IO 数/用户可用差分输出 (LVDS) 对



---

## 1.2 ELF2 器件介绍

安路最新的 ELF2 系列 FPGA 有 4 个器件，定位低成本、低功耗可编程市场。ELF2 器件旨在用于大批量，成本敏感的应用，使系统设计师在降低成本的同时又能够满足不断增长的带宽要求。

ELF2 器件系列建立在一个优化的低功耗工艺基础之上，并通过最低的成本实现较高的功能性。针对工业用户以及通信等行业中的低成本的小型应用，ELF2 器件无疑是最理想的选择。

安路信息提供丰富的设计工具帮助用户有效地利用 ELF2 平台实现复杂设计。业界领先的综合和布局布线工具，为用户设计高质量产品提供有力保障。

## 2 ELF2 架构概述

ELF2 系列器件由查找表逻辑模块（PLB）阵列构成核心资源，输入输出缓冲器分布在四边。嵌入式块存储单元（BRAM9K/BRAM32K）和数据信号处理模块（DSP）嵌在 PLB 中间。

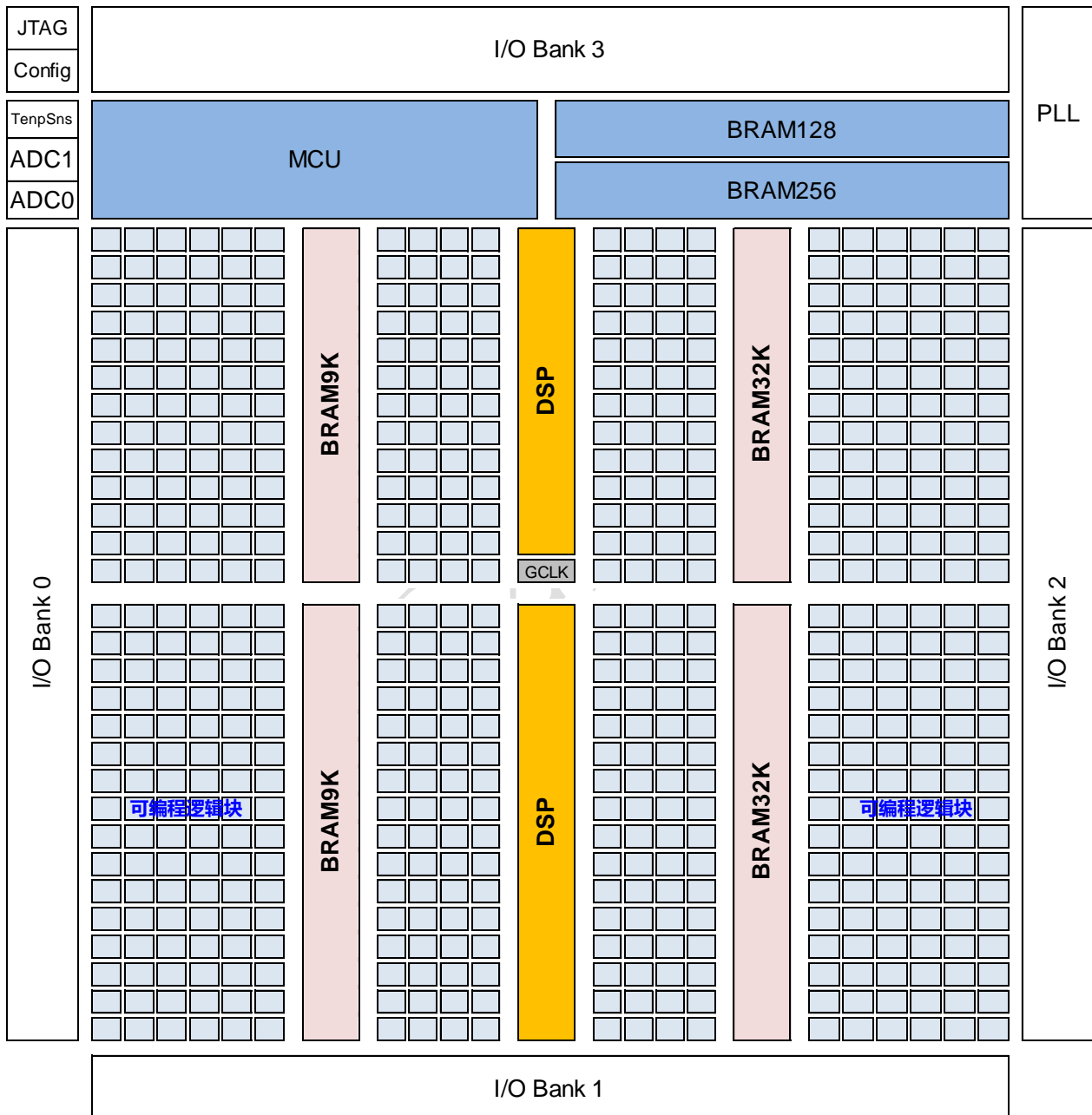


图 1.2-1 : ELF2-4500 器件简化框图

查找表逻辑模块分为两种，逻辑可编程模块（LSLICE）和存储逻辑可编程模块（MSLICE）。两种模块均支持逻辑、算数功能，不同的是 MSLICE 支持分布式 RAM 和 ROM 功能。逻辑可编程

模块 (LSLICE) 和存储逻辑可编程模块 (MSLICE) 均经过设计优化, 便于用户快速有效地实现复杂设计。

ELF2 系列器件包含多列嵌入式存储器模块 (BRAM), 存储器模块规模为 9K, 支持快速数据访问。每一个存储模块可独立配置为 1-18 位宽的单口或双口应用。

ELF2 的输入输出缓冲器 (I/O Buffer) 划分为 4 个组, 支持单端和双端的多种电平标准。BANK0/2 的 I/O 可以配置成 LVDS 发送/接收对。

ELF2 系列内部嵌有 1 个多功能 PLL 块, 在器件右上角, 有专门的时钟线连接到 PLL 输入。PLL 具有对时钟分频/倍频/移相等功能。

## 2.1 PFB 模块

可编程逻辑块 (PLB) 按照行/列规则排布成二维阵列, 每个 PLB 包括可编程互连 (Routing) 和可编程功能块 (Programmable Functional Block, PFB)。PFB 是 FPGA 的可编程功能核心。ELF2 器件内部 PFB 可实现: 逻辑, 算术, 分布式 RAM (distribute RAM), ROM 功能以及信号锁存。PFB 内部包含 4 个 SLICE, 编号 0~3。SLICE 0,1 为 MSLICE 类型, SLICE 2,3 为 LSLICE 类型。

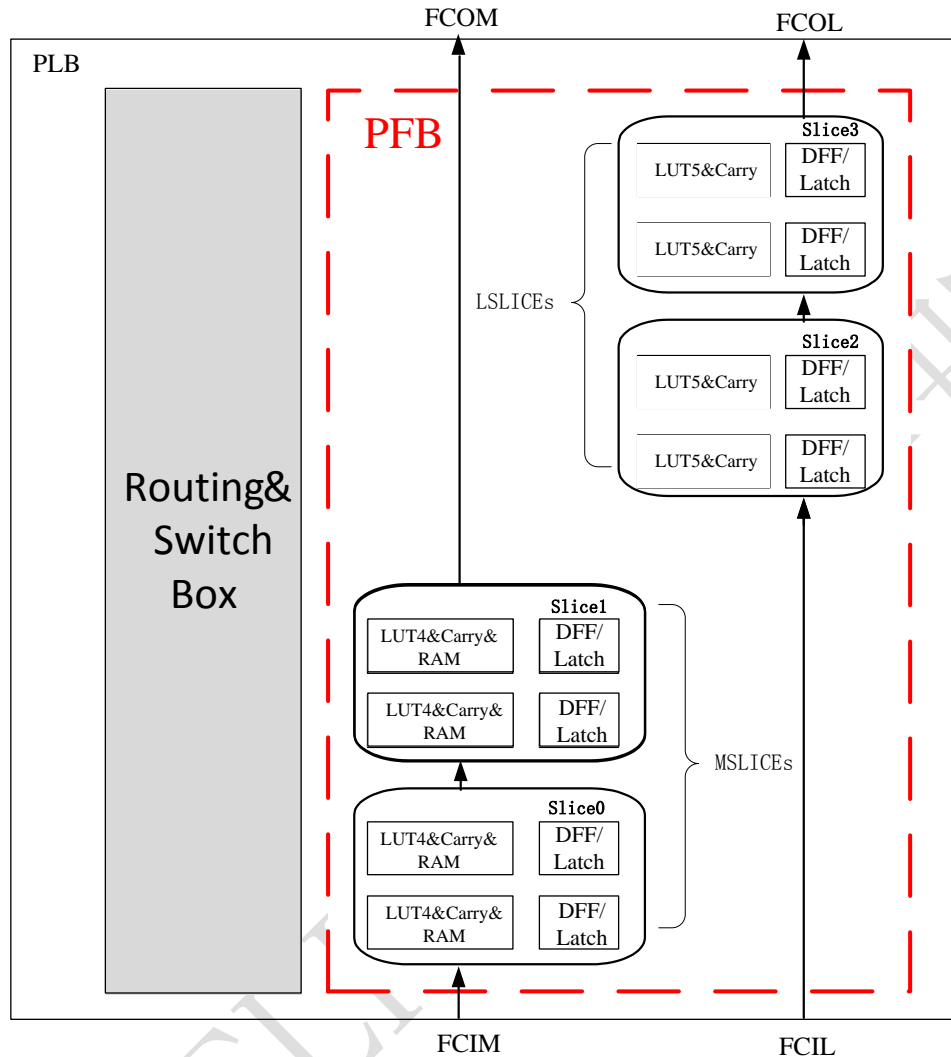


图 2.1-1：可编程功能块 ( PFB ) 结构图

### 2.1.1 SLICE

ELF2 PFB 内包含两种 SLICE：MSLICE 和 LSLICE。

#### MSLICE

MSLICE 包含 2 个 LUT4s 和两个寄存器以及 2 级进位链，MSLICE 额外可配置成基于 LUT 的分布式 RAM ( distribute RAM ) 功能。PFB 内的 SLICE 0,1 为 MSLICE 类型，可组合配置成为 16x4 的 RAM。MSLICE 内部逻辑可实现 LUT4s 间的连接，可以实现输入数大于 4 的函数，如 LUT5。两个 MSLICE 组合可实现 LUT6。

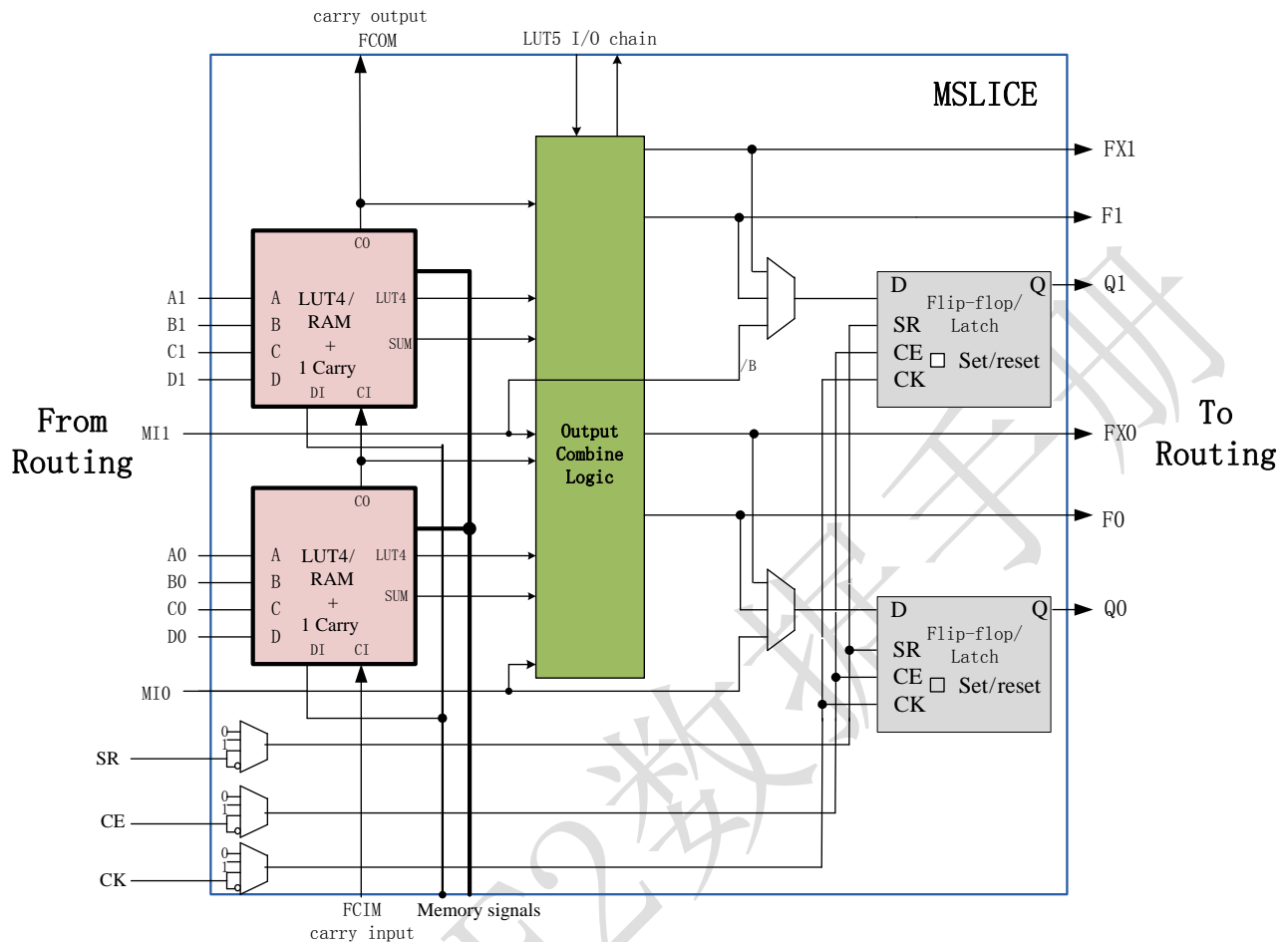


图 2.1-2 : MSLICE 结构图

如图 2.1-2 所示，MSLICE 内部有两个 4 输入查找表（LUT4），并带有 RAM 写入译码器，结合 PFB 内部的分布式 RAM 控制逻辑，每个 LUT4 可实现 16x1 bits RAM 存储器，2 个 MSLICE 配合一个 RAM 控制器实现 16x4 的双口 RAM。MSLICE 中每个 LUT4 结合内部进位逻辑以及进位输入（FCIM）可以实现 1 位全加器。一个 MSLICE 可实现 2 位加/减法，并实现快速进/借位输出（FCOM）。

MSLICE 和 LSLICE 内部寄存器相同，可配置成 DFF 或者 LATCH。

### LSLICE

LSLICE 包含 2 个增强型 LUT5s 和两个寄存器以及 4 级进位链。PFB 内的 SLICE 2,3 为 LSLICE 类型。LSLICE 内部逻辑可实现：将一个 LUT5s 拆成 2 个 LUT4s；实现更多输入函数，如 LUT5，LUT6。两个 LSLICE 组合可实现 LUT7。

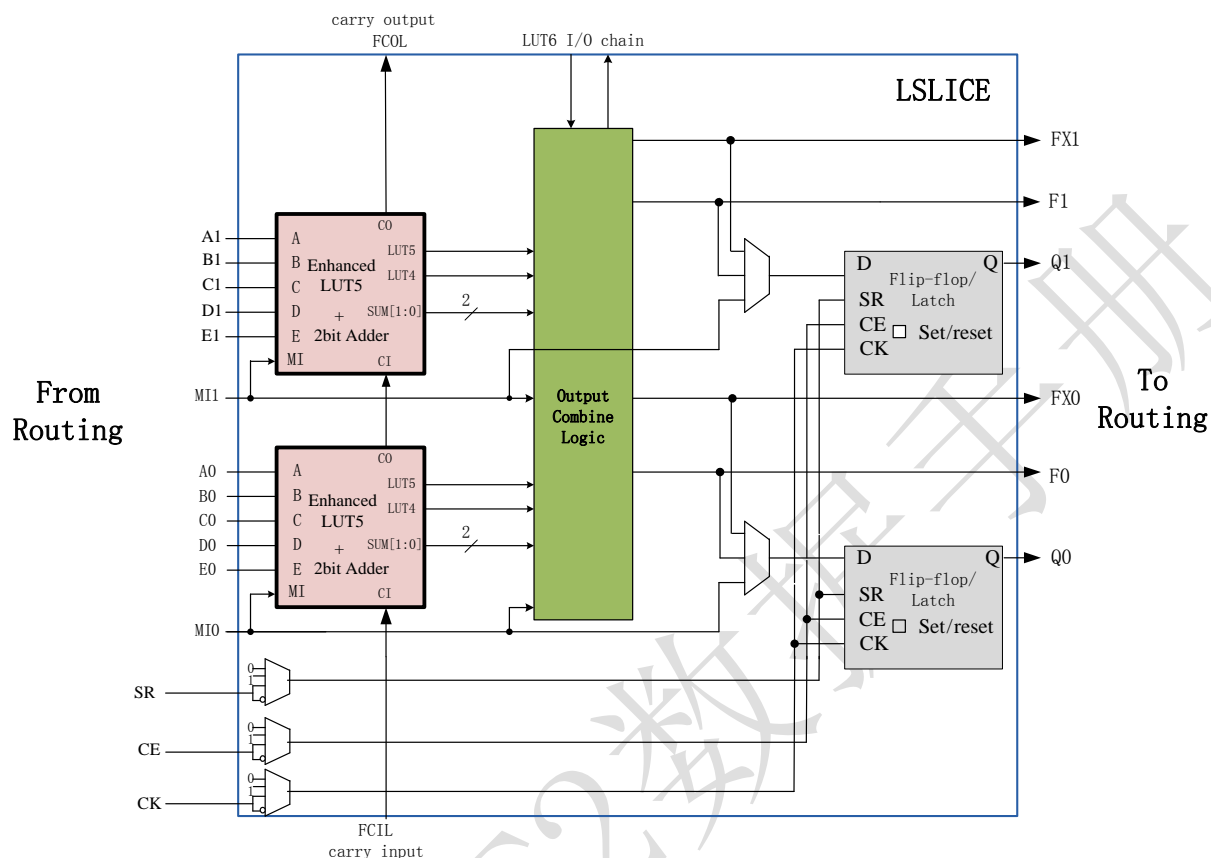


图 2.1-3 : LSLICE 结构图

如图 2.1-3 : LSLICE 结构图所示，LSLICE 内部有 4 个 4 输入查找表 (LUT4)，以及选择逻辑，可组合实现多种逻辑功能：4 个 LUT4；2 个 LUT4 + 1 个 LUT5；2 个 LUT5；一个 LUT6 等。每个 enhanced LUT5 结合内部进位逻辑以及进位输入可以实现 2 位全加器。一个 LSLICE 可实现 4 位加/减法，并实现快速进/借位输出 (FCOL)。

### 2.1.2 PFB 操作模式

MSLICE 有 4 种操作模式：逻辑，算术，分布式 RAM 和 ROM。

LSLICE 有 3 种操作模式：逻辑，算术和 ROM。

#### 逻辑模式

在逻辑模式中，MSLICE 中的 LUT4 配置成 4 输入组合逻辑查找表，任意 4 输入函数都可以用这个查找表实现。LSLICE 中的 enhanced LUT5 可配置成多种组合的逻辑查找表。SLICE 内的 LUT 还可以通过内部输出组合电路级联成更大的查找表。

**表 2.1-1: 为常见逻辑实现**

LUT5	1 MSLICE	1/2 LSLICE
MUX4	1 MSLICE	1/2 LSLICE
LUT6	2 MSLICE	1 LSLICE
LUT7		3 LSLICE

### 算术模式

算术模式会利用 SLICE 内部快速进位链实现快速、高效的算术功能，MSLICE 和 LSLICE 都支持算术模式。可支持的算术逻辑有：加法，减法，带控制选择的加/减法器，计数器，乘法器以及比较器。

PFB 内部共有两条进位链，分别连接纵向 MSLICE 和纵向 LSLICE。可级联纵向相邻的 PFB 实现宽比特位算术逻辑。

### 分布式 RAM 模式

MSLICE 可配置成此模式，两个 MSLICE：SLICE0 和 SLICE1 相结合可配置成 16x4 的简单双口 RAM（一口写/一口读）。

### ROM 模式

所有 SLICE 在 LUT 逻辑下可用作 ROM 模式，用户可以通过软件设置 ROM 初值。

## 2.1.3 寄存器

PFB 内每个 SLICE 包含 2 个可配置寄存器。可锁存 LUT 的输出或者来自互连的 MI 输入。寄存器配置选项:

- 边沿触发的锁存器 (DFF) 或 电平使能锁存器 (LATCH)
- 同步或异步进行复位 0 或置位 1
- 是否带有 ClockEnable 使能

- CLK/CE/SR 带有上升沿/下降沿/0/1 选择

## 2.2 互连 ( Routing )

可编程互连实现 FPGA 内部各个功能块之间的信号传输。ELF2 系列器件内部拥有丰富的互连资源，包括线间选通开关、线缓冲器以及信号走线。ELF2 系列互连线全部带有缓冲器，从而实现高速信号传输和可靠的信号完整性。

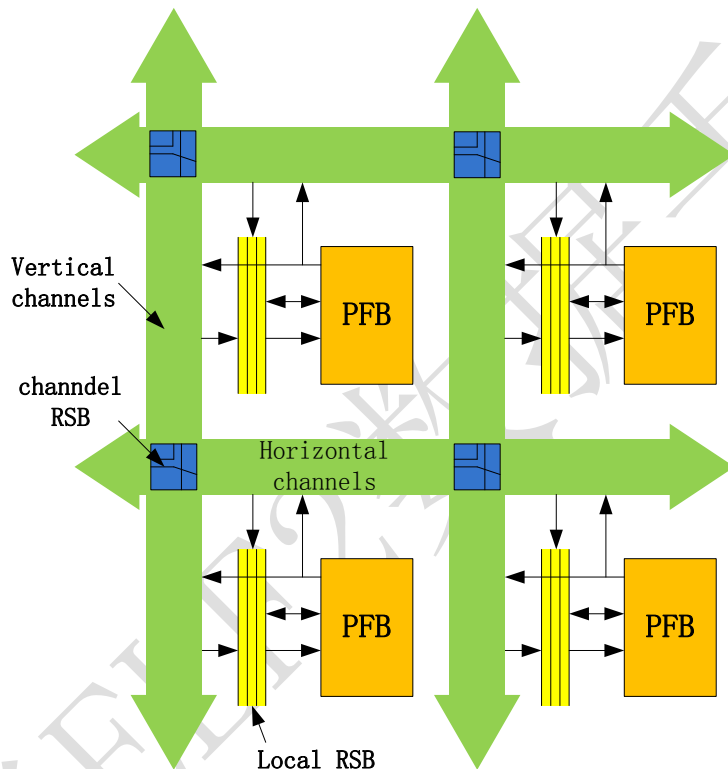


图 2.2-1 : ELF2 互连架构

PFB 间信号通过水平通道和垂直通道传输。PFB 可以直接驱动水平/垂直通道。通道之间通过 channel RSB(routing switch box) 进行切换。通道上传输的信号通过 local RSB 进入 PFB。



## 2.3 嵌入式存储器模块 ( BRAM )

ELF2 系列器件支持多种 Size 的嵌入式存储器模块 ( BRAM )。合计四种类型：BRAM9K、BRAM32K、BRAM128K 和 BRAM256K。

### 2.3.1 BRAM9K

#### 2.3.1.1 简介

BRAM9K 每块容量 9Kbits，在芯片中按列排布，分布在 PFB 的阵列中。

BRAM9K 可实现：

- 单口 RAM/ROM
- 双口 RAM
- 简单双口 RAM ( 也称为伪双口 )
- FIFO ( BRAM9K 内嵌有硬件 FIFO 控制器 )

BRAM9K 模块支持的功能特色有：

- 9216 ( 9K ) bits / 每块
- A/B 口时钟独立
- 可单独配置 A/B 口数据位宽，真双口从 x1 到 x9，支持 x18 简单双口 ( 一写一读 )
- 9 或 18 位写操作时带有字节使能 ( Byte Enable ) 控制
- 输出锁存器可选择 ( 支持 1 级流水线 )
- 支持 RAM/ROM 模式下数据初始化 ( 通过初始化文件在配置过程中对 BRAM9K 进行数据初始化 )
- 支持多种写操作模式。可选择只写 ( Normal )，先读后写 ( Read before Write )，写穿通 ( Write through ) 三种模式

表 2-2-1 为 BRAM9K 特色

类别	特性
容量	9K
配置(深度 x 位宽)	8192 x 1   4096 x 2   2048 x 4 1024 x 8 或 9   512 x 16 或 18
奇偶位 ( Parity bits )	8+1   16+2
字节使能 ( Byte enable )	有, 可选择
输入地址/数据寄存器	有
单口模式(Single-port mode)	支持
简单双口模式(Simple dual-port mode)	支持
真双口模式(True dual-port mode)	支持
ROM 模式	支持
FIFO 模式	支持
数据输出寄存器	有, 可选择
独立数据输出寄存器使能	有
Read-during-write	输出旧数据(read before write) 输出写数据 ( write through )
工作前 RAM 初始化	支持

### 字节使能 ( Byte Enable )

BRAM9K 支持字节使能功能, 可在写操作时对写入数据按字节屏蔽, 被屏蔽的字节不会被写入 RAM。字节使能 ( Byte Enable[1:0] ) 信号分别对应写入数据的 `datain[15:8]`和 `datain[7:0]`。

## 写操作时并行读操作 ( Read-during-Write )

ELF2 系列的 BRAM9K 支持同端口的 read-during-write 。read-during-write 是指在单口 RAM 或真双口 RAM 模式时，用户在写入数据的同时，读出同一地址的数据到输出端口。而默认非 rdw 选择，输出数据保持不变 ( No change ) 。

RDW 模式下用户有两种选择：读出旧数据(Read Before Write)；读出新数据即正要写入的数据(Write Through)。

### 2.3.1.2 RAM 存储器模式

BRAM9K 按工作模式分为 RAM 存储器模式 ( 包括 ROM ) 和 FIFO 模式。两种模式下 BRAM9K 用户端口名称和设置略有不同。

BRAM9K 在 RAM 模式下是 A/B 口独立的双口 RAM，支持多种模式的同步 RAM 操作和 ROM 操作。

### 2.3.1.3 RAM 存储器模式下的端口信号

BRAM9K 的控制信号、时钟输入信号 A/B 口完全独立，输入控制信号有：

- 片选信号 ( ChipSelect )
- 时钟使能 ( Clock Enable )
- 输入/输出寄存器复位控制信号 ( RST )
- 写/读操作 ( WE )
- 数据输出寄存器锁存使能 ( OCE )
- 字节使能 ( Byte Enable[1:0] )

**表 2.3-1：控制信号逻辑**

操作	CLK	CS	CLOCKENABLE	RST	WE
写操作	上升沿	1	1	0	1
读操作	上升沿	1	1	0	0
IDLE	X	1	0	0	x
Save power	X	0	0	0	x

BRAM9K 的端口如下表：

**表 2.3-2：RAM 模式下的端口信号**

A 端口名	方向	说明
dia[8:0]	输入	A 端口数据输入，简单双口 18 位输入端口模式时作为低 9 位数据输入
addra[12:0]	输入	A 端口地址输入，[12:4]作为 word 地址一直有效，[3:0]取决于 bit 模式。 在 18 位模式时，addra[1:0]复用为字节使能信号 Byte Enable[1:0]。
Doa[8:0]	输出	A 端口数据输出，简单双口 18 位输出端口模式时作为低 9 位数据输出
clka	输入	A 端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向），简单双口 18 位模式时作为输入地址/数据端口时钟
rsta	输入	A 端口复位信号，默认高有效（可反向），可配置同步/异步复位
cea	输入	A 端口时钟有效控制信号，默认高有效（可反向）。
Wea	输入	A 端口写入/读出操作控制，1 为写入操作，0 为读出操作；18 位写入模式时固定为 1。
Csa[2:0]	输入	A 端口 3 位片选信号（可反向），csa[2:0]=3' b111 时 BRAM 被选中进行操作。3 位信号可分别独立设置是否反向。
Ocea	输入	A 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_A=“OUTREG”）才有效。

B 端口名	方向	说明
dib[8:0]	输入	B 端口数据输入，18 位输入端口模式时作为高 9 位数据输入
addrb[12:0]	输入	B 端口地址输入，[12:4]作为 word 地址一直有效，[3:0]取决于 bit 模式
dob[8:0]	输出	B 端口数据输出，18 位输出端口模式时作为高 9 位数据输入
clkb	输入	B 端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向），简单双口 18 位模式时作为输出地址/数据端口时钟
rstb	输入	B 端口复位信号，默认高有效（可反向），可配置同步/异步复位
ceb	输入	B 端口时钟有效控制信号，默认高有效（可反向）。
Web	输入	B 端口写入/读出操作控制，1 为写入操作，0 为读出操作；18 位读出模式时固定为 0。
Csb[2:0]	输入	B 端口 3 位片选信号（可反向）， $csb[2:0]=3'b111$ 时 BRAM 被选中进行操作。3 位信号可分别独立设置是否反向。
Oceb	输入	B 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（ $REGMODE\_B = "OUTREG"$ ）才有效。

### 多位片选信号逻辑说明：

BRAM9K 在 RAM 和 FIFO 模式下的 CS 由可反向的 3 位片选输入生成。其逻辑如下图所示（CSA，CSB 在 RAM 模式/CSW，CSR 在 FIFO 模式）：

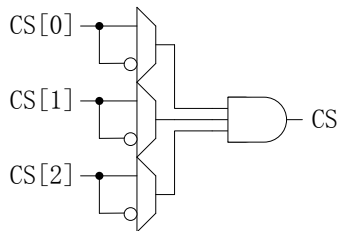


图 2.3-1 : CS 控制逻辑

CS 的配置属性：“SIG”表示对应 CS[x]输入信号直通，“INV”表示信号反向。

利用 3 位 CS 输入反向配置可以不需要额外逻辑就能实现地址译码，方便地对 2~8 块 RAM 进行深度扩展。

### 18 位模式时的字节使能 ( Byte Enable ) :

BRAM9K 支持字节使能功能，可在写操作时对写入数据按字节屏蔽，被屏蔽的字节不会被写入 RAM。字节使能 ( Byte Enable[1:0] ) 信号分别对应写入数据的 `datain[15:8]` 和 `datain[7:0]`。例如，`Byte Enable[1:0]=00`，两字节都不会被写入；`Byte Enable[1:0]=01`，低位字节写入 ( dia )。在 18 位模式时，字节使能 `Byte Enable[1:0]` 信号和端口 `addra[1:0]` 复用。

### 写操作时并行读操作 ( Read-during-Write ) :

ELF2 系列的 BRAM9K 支持同端口的 read-during-write。read-during-write 是指在单口 RAM 或真双口 RAM 模式时，用户在写入数据的同时，同时读出同一地址的数据，输出到输出端口。而默认选择只写模式 ( Normal )，输出数据保持不变。

RDW 模式下用户有两种选择：读出旧数据(Read Before Write)；读出新数据(Write Through)。

#### 2.3.1.4 RAM 存储器模式下的常见配置

##### ■ 单口模式 ( Single-Port Mode )

单口模式支持对非同时发生的对同一地址的读或写操作。BRAM9K 内部有两套读写控制逻辑分别管理 A 口和 B 口，因此 BRAM9K 可以支持实现两个单口模式的 RAM 或 ROM。通常 ROM 也工作在此模式下。

BRAM9K 在单口模式下支持的位宽

- 8192 x 1 ( 独立的 A 口或 B 口实现 )
- 4096 x 2 ( 独立的 A 口或 B 口实现 )
- 2048 x 4 ( 独立的 A 口或 B 口实现 )
- 1024 x 8, 1024 x 9 ( 独立的 A 口或 B 口实现 )
- 512 x 16, 512 x 18 ( A 口 B 口联合实现 )

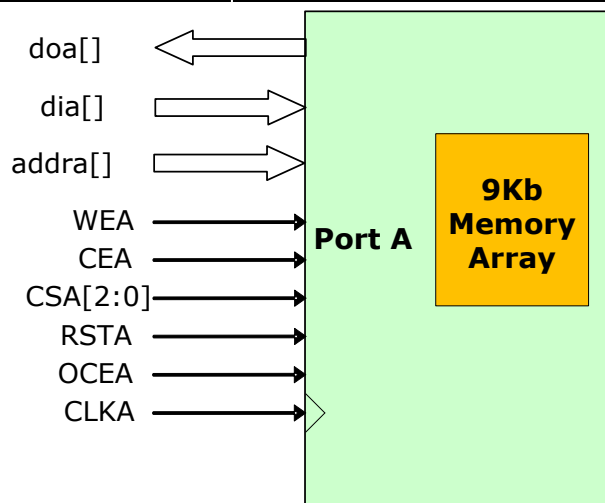


图 2-2-1 : 利用 A 口实现的 9 位宽 ( 及以下 ) 单口 RAM

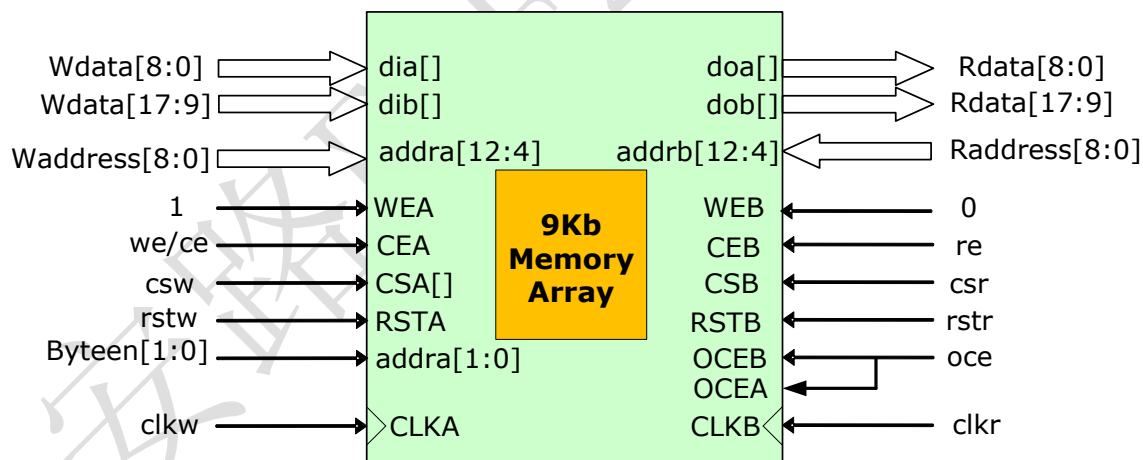
#### ■ 简单双口模式 ( Simple Dual-Port Mode )

当用一块 BRAM9K 配置成 18 位写入或 18 位读出时，其不支持真双口模式，支持单口和简单双口模式。简单双口模式的配置连接如下。18 位模式时，A 端口控制信号作为写入控制信号，B 端口控制信号作为读出控制信号。18 位写入时，DIB[8:0] 作为高 9 位数据输入，DIA[8:0] 作为低 9 位数据输入；18 位读出时，DOB[8:0] 作为高 9 位数据输出，DOA[8:0] 作为低 9 位数据输出。

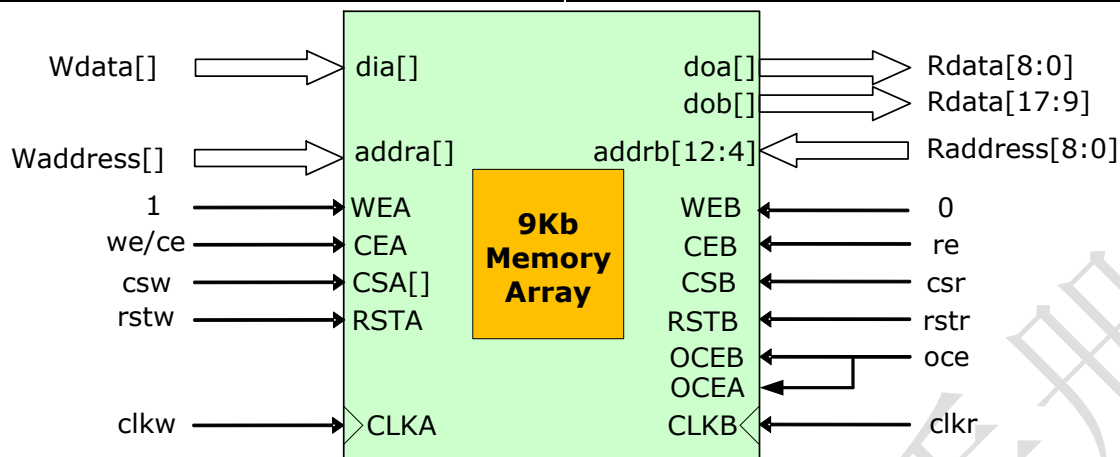
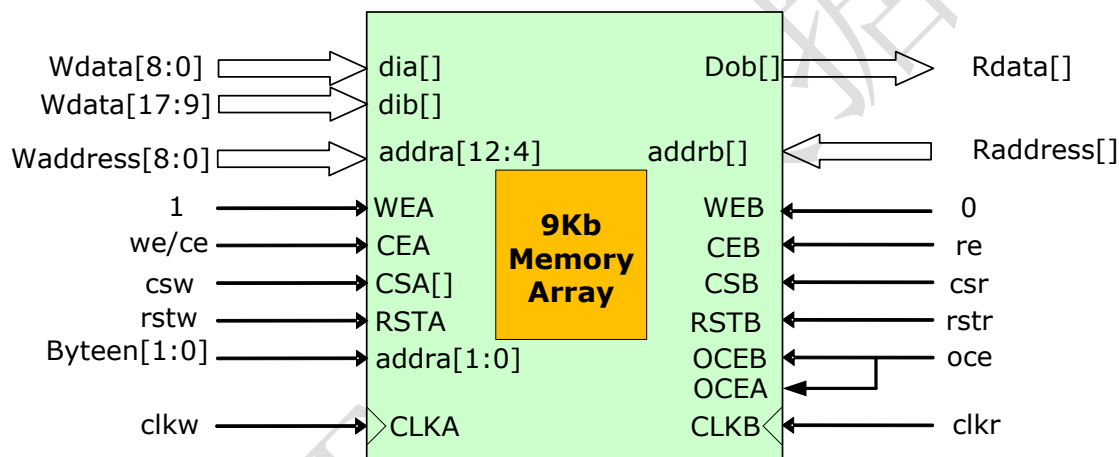
当用户使用 8/16 位宽时，禁止使用 DIA[9]，DIB[9]，DOA[9]，DOB[9]，防止因为读写位宽不同造成的内部数据映射失配。

**表 2.3-3 : 9/18 位简单双口模式时数据端口连接关系**

模式	BRAM9K RAM 端口	用户端口
W=18 位 , R=18 位	DIA[8:0]	wdata[8:0]
	DIB[8:0]	wdata[17:9]
	DOA[8:0]	Rdata[8:0]
	DOB[8:0]	Rdata[17:9]
W<=9 位 R=18 位	DIA[]	Wdata[]
	DOA[8:0]	Rdata[8:0]
	DOB[8:0]	Rdata[17:9]
W=18 位 R<=9 位	DIA[8:0]	wdata[8:0]
	DIB[8:0]	wdata[17:9]
	DOB[]	Rdata[]


**图 2.3-2 : 简单双口 18 位写/18 位读端口连接**




 图 2.3-3 : 简单双口模式  $\leq 9$  位写/18 位读端口连接

 图 2.3-4 : 简单双口模式 18 位写/ $\leq 9$  位读端口连接

BRAM9K 简单双口模式下支持 A 口/B 口不同位宽的混合端口宽度选择。

**表 2.3-4：为简单双口模式下支持的混合端口位宽配置**

Read Port	Write Port						
	8Kx1	4Kx2	2Kx4	1Kx8	512x16	1Kx9	512x18
8Kx1	√	√	√	√	√		
4Kx2	√	√	√	√	√		
2Kx4	√	√	√	√	√		
1Kx8	√	√	√	√	√		
512x16	√	√	√	√	√		
1Kx9						√	√
512x18						√	√

**表 2.3-5：混合宽度时，WORD ( 16/18 ) 和低位地址映射关系**

	端口宽度	地址位宽度	DOB[8]	DOA[8]	最低4位地址addr[3:0]值对应的WORD内部数据位																	
					0						1						0					
	18	9		0	0																	
	9	10	1	0	1						0											
	4	11	X	X	3			2			1			0								
	2	12	X	X	7		6		5		4		3		2		1		0			
	1	13	X	X	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
18/16位 WORD内部 数据位			17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		

■ 真双口模式 ( True Dual-Port Mode )

真双口模式支持 A 口/B 口的所有独立读写操作组合：两读，两写，一读和一写。

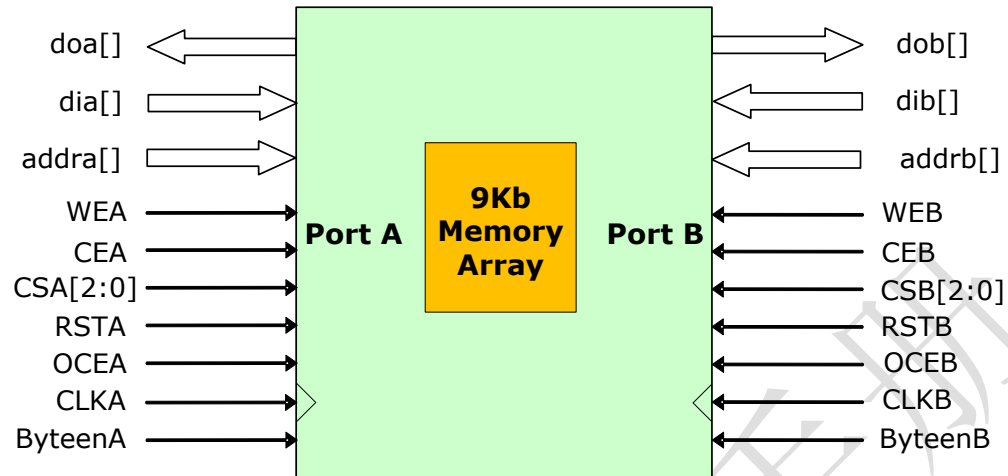

 图 2.3-5 : 位宽 $\leq 9$  位时 A/B 双口 RAM

表 2.3-6 : 真双口模式下支持的混合端口位宽配置

<i>Read Port</i>	<i>Write Port</i>				
	<i>8Kx1</i>	<i>4Kx2</i>	<i>2Kx4</i>	<i>1Kx8</i>	<i>1Kx9</i>
8Kx1	√	√	√	√	
4Kx2	√	√	√	√	
2Kx4	√	√	√	√	
1Kx8	√	√	√	√	
1Kx9					√

### ■ ROM 模式

BRAM9K 支持 ROM 模式。ROM 内容保存在初始化文件中，在芯片编程下载时写入 BRAM9K 中。初始化值可以在 IP 生成是用 MIF 文件设置。ROM 输出可选择带寄存器或不带寄存器锁存。ROM 的读出操作和单口 RAM 的读操作时序相同。

### 2.3.1.5 FIFO 模式

BRAM9K 内部集成 FIFO 控制器，硬件支持同步/异步 FIFO 模式。FIFO 模式下 BRAM9K 位宽设置和简单双口 RAM 设置相同，最高可支持 18bit 输入和输出。

表 2.3-7 : FIFO 模式下的端口信号

输入端口名	方向	说明
dia[8:0]	输入	FIFO 数据输入，16/18 位输入端口模式时作为低 9 位数据输入
dib[8:0]	输入	只在 16/18 位输入端口模式时作为高 9 位数据输入，其他位宽不使用。
Clkw	输入	FIFO 写端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向）
rst	输入	FIFO 内部写指针/读指针复位信号（可反向）
we	输入	FIFO 写使能，1 为写入操作，0 无操作。
Csw[2:0]	输入	FIFO 写端口 3 位片选信号（可反向），类似 RAM 模式。
Ocea	输入	A 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_A=“OUTREG”）才有效。
输出端口名	方向	说明
doa[8:0]	输出	只在 18 位输出端口模式时作为低 9 位数据输出，其他位宽时不使用。
Dob[8:0]	输出	<=9 位时作为数据输出，18 位输出端口模式时作为高 9 位数据输出。
Clkr	输入	读端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向）
rprst	输入	FIFO 读指针复位信号
re		FIFO 读使能，1 为读操作，0 无操作。
Csr[2:0]	输入	FIFO 读端口 3 位片选信号（可反向），类似 RAM 模式。
Ocea	输入	doa 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有 18 位输出端口模式并且当输出寄存器被使用时（REGMODE_A=“OUTREG”）才有效。
Oceb	输入	dob 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_B=“OUTREG”）才有效。

FIFO 标志名	方向	说明
empty_flag	输出	FIFO 读空标志, 和 clkr 同步。
Aempty_flag	输出	FIFO 几乎读空标志, 和 clkr 同步。相对读空提前量由 AE_POINT 参数决定。
Full_flag	输入	FIFO 满标志, 和 clkw 同步。FIFO 满容量由 FULL_POINTER 参数决定。
Afull_flag	输入	FIFO 几乎满标志, 和 clkw 同步。FIFO 几乎满容量由 AF_POINTER 参数决定。

表 2.3-8 : FIFO 模式支持的混合端口位宽配置

<i>Read Port</i>	<i>Write Port</i>						
	<i>8Kx1</i>	<i>4Kx2</i>	<i>2Kx4</i>	<i>1Kx8</i>	<i>512x16</i>	<i>1Kx9</i>	<i>512x18</i>
8Kx1	√	√	√	√	√		
4Kx2	√	√	√	√	√		
2Kx4	√	√	√	√	√		
1Kx8	√	√	√	√	√		
512x16	√	√	√	√	√		
1Kx9						√	√
512x18						√	√

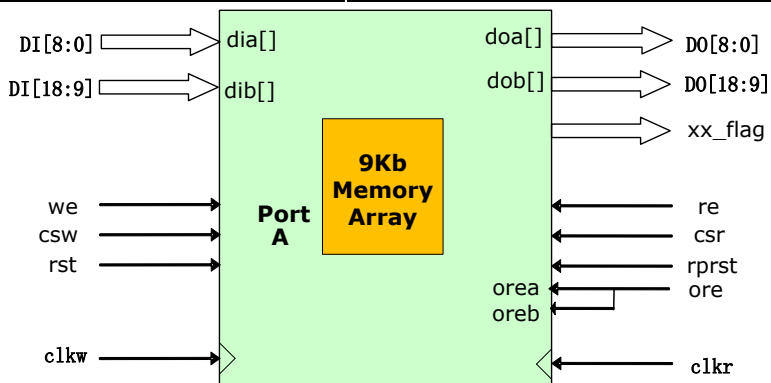


图 2.3-6: 18 位进/18 位出 FIFO 模式

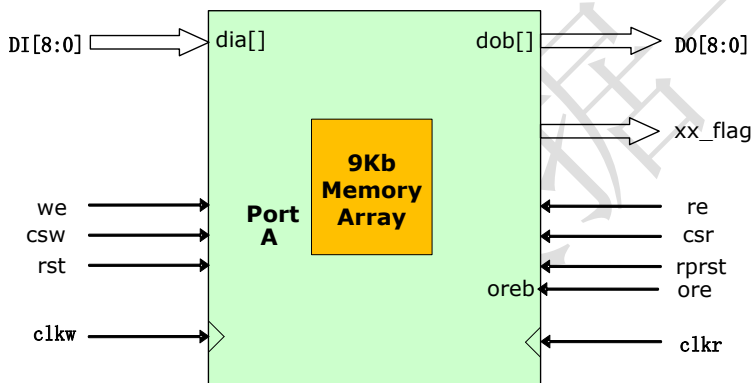


图 2.3-7: <=9 位进/<=9 位出 FIFO 模式

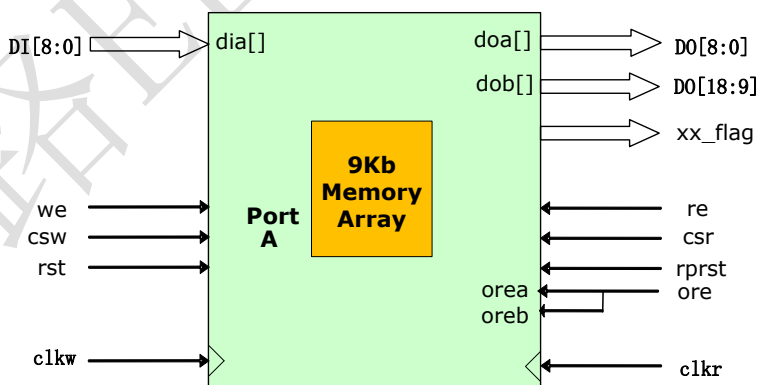
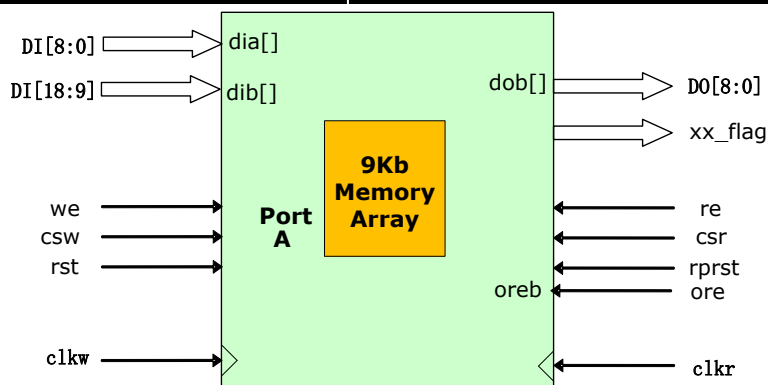


图 2.3-8 : 9 位进/18 位出 FIFO 模式


**图 2.3-9 : 18 位进/9 位出 FIFO 模式**

空满标志属性的设置:

FIFO 模式下用户可以通过软件设置 FIFO 空满标志属性。空标志(empty\_flag), 几乎空标志(almost\_empty), 满标志(full\_flag), 几乎满标志(almost\_full)。当内部计数器计数到标志值时会在 FF/AF/EF/AE 相应端口输出高电平。

**表 2.3-9 : FF/AF/EF/AE 属性设置**

FIFO 属性名称	描述	设置范围
FF	Full flag	1 to Max
AF	Almost full	1 to Full-1
AE	Almost empty	1 to Full-1
EF	Empty setting	0

FIFO 模式下常用配置 :

FIFO 模式的 csw/csr 和 RAM 模式中的 csa/csb 接口逻辑类似。当 FIFO 写满或读空时为了避免指针溢出, 可以通过互连资源将满信号反向后接入 csw 端, 空信号反向后接入 csr 端。反向逻辑可以利用 csw/csr 内部的反向与逻辑实现。

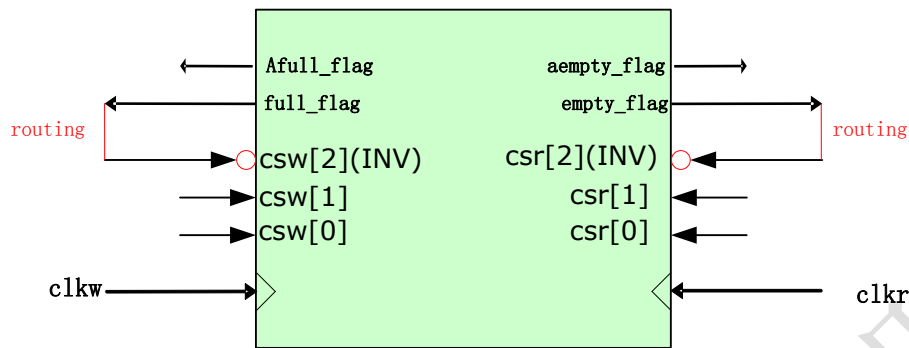


图 2.3-10: 单个 BRAM9K FIFO 模式连接

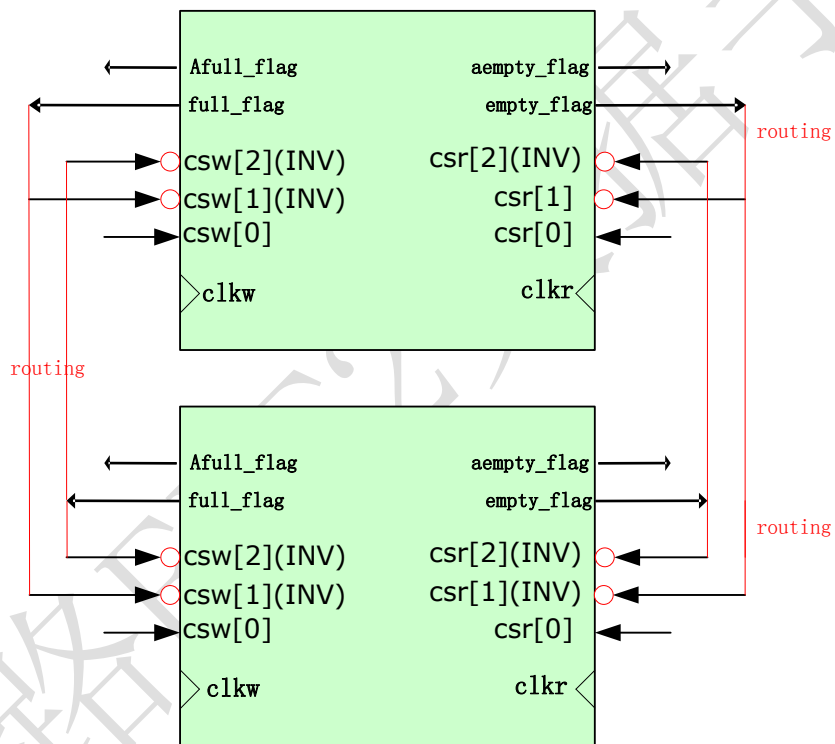


图 2.3-11 : 两个 BRAM9K FIFO 级联模式连接

### 2.3.2 BRAM32K

为了达到更高的存储容量，ELF2 系列器件中设计了嵌入式真双口存储器模块 BRAM32K，类似于 BRAM9K，BRAM32K 单独占有一列。

BRAM32K 可实现：



- 单口 RAM
- 双口 RAM

BRAM32K 模块支持的功能特色：

- 32K bits / 每块，可设置为 2K\*16 或 4K\*8
- A/B 口时钟独立
- 可单独配置 A/B 口数据位宽，支持 8 位/16 位两种宽度
- 输出锁存器可选择（支持 1 级流水线）
- 支持两种写操作模式。可选择只写（Normal），写穿通（Write through）

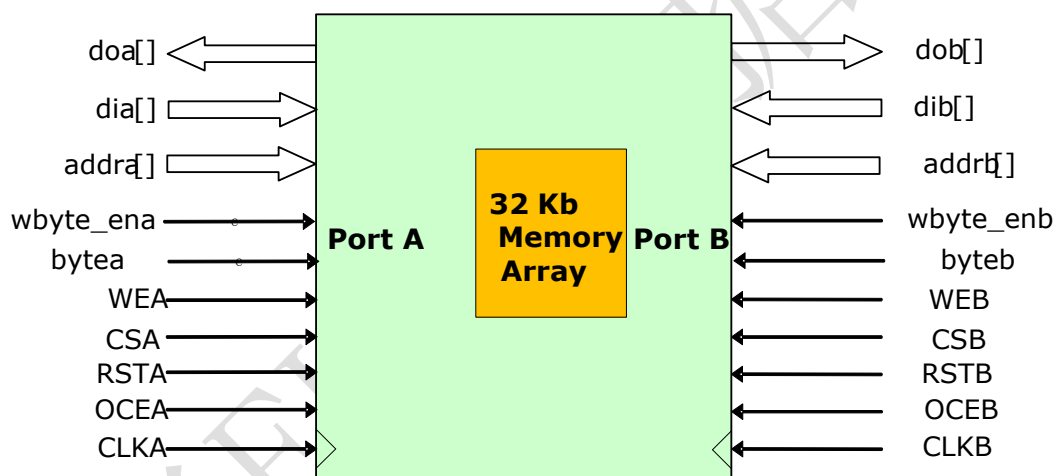


图 2.3-12 : BRAM32K 双口 RAM

表 2.3-10 : BRAM32K 端口信号

A 端口名	方向	说明
dia[15:0]	输入	A 端口数据输入，8 位输入端口模式时 dia[7:0]有效。
Addra[10:0]	输入	A 端口地址输入，2K 深度。
Wbyte_ena	输入	A 口 16 位模式时，使能 8 位写模式，高有效。8 位模式时接 0。

Bytea	输入	8 位模式时作为最低位地址输入；16 位模式 wbyte_ena=1 时，bytea=1 选择高 8 位写入，bytea=0 选择低 8 位写入。
Doa[15:0]	输出	A 端口数据输出，8 位输出端口模式时只 doa[7:0]有效
clka	输入	A 端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向）
rsta	输入	A 端口数据输出寄存器同步复位信号，默认高有效（可反向）
csa	输入	A 端口片选，默认高有效（可反向）。
Wea	输入	A 端口写入/读出操作控制，1 为写入操作，0 为读出操作；
oce_a	输入	A 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_A=“OUTREG”）才有效。
<b>B 端口名</b>	<b>方向</b>	<b>说明</b>
dib[15:0]	输入	B 端口数据输入，8 位输入端口模式时 dib[7:0]有效
addrb[10:0]	输入	B 端口地址输入，2K 深度
wbyte_enb	输入	B 口 16 位模式时，使能 8 位写模式，高有效。8 位模式时接 0。
Byteb	输入	8 位模式时作为最低位地址输入；16 位模式 wbyte_enb=1 时，byteb=1 选择高 8 位写入，byteb=0 选择低 8 位写入。
Dob[15:0]	输出	B 端口数据输出，8 位输出端口模式时 dob[7:0]有效
clkb	输入	B 端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向）。
Rstb	输入	B 端口数据输出寄存器同步复位信号，默认高有效（可反向）
csb	输入	B 端口时钟有效控制信号，默认低有效（可反向）。
Web	输入	B 端口写入/读出操作控制，0 为写入操作，1 为读出操作。
Oceb	输入	B 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_B=“OUTREG”）才有效。

### 2.3.3 大容量存储器

#### 2.3.3.1 大容量存储器模块简介

本器件增加了 BRAM128K 和 BRAM256K 各一个，其主要用于 MCU 存储数据和指令，如果不使用时 MCU 也可以全部由 FPGA 控制。

#### 2.3.3.2 BRAM128K

BRAM128K :

- 128K 内部基于 128 位单口 128Kbit BRAM，外部只允许 1 个口访问 BRAM。
- 128K BRAM 只允许 MCU/FPGA 中的一个访问 BRAM。

128K BRAM 的两种可能的应用场景：

情景 1：纯 MCU 模式，和 MCU 一起使用，128 位宽访问，对 FPGA 不可见。

情景 2：纯 FPGA 模式，不被 MCU 使用，128K BRAM 被 FPGA 使用，32 位单口访问。

BRAM128K 模块支持的功能特色：

- 单口 RAM/ROM，支持上电初始化
  - 128Kbits
  - MCU 模式时，128 位宽读写，写操作带有字节使能（Byte Enable）控制，可实现 16 字节分别写入。
  - FPGA 模式时，写入读出数据位宽 32 位，写操作带有字节使能（Byte Enable）控制，可实现 4 字节分别写入。
  - 输出锁存器可选择（支持 1 级流水线）
  - 支持 RAM/ROM 模式下数据初始化
  - 支持 2 种写操作模式。可选择只写（Normal）和写穿通（Write through）
- MCU 模式下，固定工作在无输出锁存器，Normal 模式。

**表 2.3-11 : BRAM128K 特色**

Feature	BRAM128K
容量	128K
配置(深度 x 位宽)	1K x 128 ( MCU 模式 ) 4K x 32 ( FPGA 模式 )
字节使能 ( Byte enable )	有
输入地址/数据寄存器	有
单口模式(Single-port mode)	只支持单口
ROM 模式	支持
数据输出寄存器	有, 可选择
独立数据输出寄存器使能	有
数据输出寄存器初始化	有, 只支持异步复位 ( 上电复位为 0 )
Read-during-write	保持不变(normal) 输出写数据 ( write through )
工作前 RAM 初始化	支持

### 2.3.3.3 BRAM256K

BRAM 256K 内部基于 32 位真双口核心。BRAM256K 为真双口, 因此允许 2 个端口同时访问 BRAM。

**表 2.3-12 : 256K BRAM 通过 A/B 口被访问**

外部访问端口	内部 BRAM 端口
MCU_A 口	A 口
FPGA_A 口	A 口
FPGA_B 口	B 口

256K BRAM 使用场景：

情景 1：纯 MCU 模式，32 位单口，可初始化。

情景 2：纯 FPGA 模式，MCU 不能使用，32 位双口，可初始化。

情景 3：MCU/FPGA 混合模式，32 位双口，MCU 通过 A 端口访问 BRAM，FPGA

用 B 口访问 RAM 块。可初始化。

256K 可实现：

- 单口 RAM/ROM
- 真双口 RAM

256K 模块支持的功能特色：

- 256K bits 每块
  - A/B 口时钟独立
  - A/B 口数据位宽 32 位，写操作带有字节使能（Byte Enable）控制，4 位控制 4 个字节的分别写入。
  - 输出锁存器可选择（支持 1 级流水线）
  - 支持 RAM/ROM 模式下数据初始化（和 BRAM9K 相同的初始化接口，9 位数据接口只使用低 8 位）
  - 支持两种写操作模式：可选择只写（Normal）和写穿通（Write through）
- MCU 模式下，A 端口需配置成 MCU 使用，无输出锁存器，Normal 模式。

**表 2.3-13 : BRAM256 特色**

Feature	BRAM256K
容量	256K
配置(深度 x 位宽)	8K x 32
字节使能 ( Byte enable )	支持 , 4 位控制
输入地址/数据寄存器	有
单口模式(Single-port mode)	支持
真双口模式(True dual-port mode)	支持
ROM 模式	支持
数据输出寄存器	有, 可选择
独立数据输出寄存器使能	有
数据输出寄存器初始化	有, 只支持异步复位 ( 上电复位为 0 )
Read-during-write	保持不变(normal) 输出写数据 ( write through )
工作前 RAM 初始化	支持

### 2.3.3.4 FPGA 模式下 BRAM128K/256K 存储器通用控制逻辑说明。

#### 控制信号说明：

在 FPGA 模式下，128K/256K 和 MCU 的输入控制信号有：片选信号 cs，写/读操作（we），字节写操作使能（wbyte），数据输出寄存器锁存使能（oprce），数据输出寄存器异步复位（rst）。

**表 2.3-14：写操作控制信号逻辑**

操作	CLK	CS	we	Wbyte[3:0]	RST	OPRCE
32位写操作	上升沿	1	1	4' b1111	0	X
32位读操作	上升沿	1	0	x	0	X
不工作	X	0	X	x	0	X

注意：即使不使用输出寄存器，RST 输入也必须为 0。

**表 2.3-15：字节使能**

Wbyte_en[3]	Byte3 写使能	=1，di<31:24>写入；=0，不写
Wbyte_en[2]	Byte2 写使能	=1，di<23:16>写入；=0，不写
Wbyte_en[1]	Byte1 写使能	=1，di<15:8>写入；=0，不写
Wbyte_en[0]	Byte0 写使能	=1，di<7:0>写入；=0，不写

**表 2.3-16：读操作控制信号逻辑**

操作	CLK	CS	OPRCE	rst	we	Wbyte<3:0>
无输出寄存器读操作	上升沿	1	X	0	0	X
有输出寄存器读操作	x	1	1（延迟1个周期）	0	0	X
Save power	x	0	0	0	X	X

### 2.3.3.5 FPGA 模式下 BRAM128K/256K 端口和模式说明

#### FPGA 模式下 BRAM128K 端口和模式说明

**表 2.3-17 : BRAM128K 与 FPGA 间端口信号说明**

端口名	方向	说明
di[31:0]	输入	FPGA 数据输入。
addr [11:0]	输入	地址输入，4K 深度。
wbyte[3:0]	输入	字节写入使能，对应 4 个字节，1 允许写入。
do [31:0]	输出	数据输出
clk	输入	时钟输入，默认上升沿有效（在 PIB 中可反向）
rst	输入	数据输出寄存器异步复位信号，高有效（在 PIB 中可反向）
cs	输入	使能输入，高有效（在 PIB 中可反向）。
we	输入	写入/读出操作控制，1 为写入操作，0 为读出操作；
oprce	输入	软件名 ocea，A 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_A=“OUTREG”）才有效。

**表 2.3-18 : BRAM128K 配置参数**

参数名	模式	值	说明
REGMODE	MCU/FPGA	“NOREG”	（默认值）A 端口数据输出无寄存器，ocea/rsta 无效。
	FPGA	“OUTREG”	A 端口数据输出带有寄存器，数据输出延迟 1 个周期，ocea/rsta 控制信号有效。
WRITEMODE_A (在 OUTREG 模式时有效)	MCU/FPGA	“NORMAL”	写模式选择 1（默认值）。 写操作不会对输出 doa 产生影响（no change）。
	FPGA	“WRITETHROUGH”	写模式选择 2。 写操作会将正在写入的数据同时读出到 doa。

#### ■ FPGA 模式下 BRAM256K 端口和模式说明



**表 2.3-19 : BRAM256K 与 FPGA 间端口信号说明**

A 端口名	方向	说明
dia[31:0]	输入	FPGA A 端口数据输入。
addra [12:0]	输入	A 端口地址输入，8K 深度。
wbytea[3:0]	输入	A 端口字节写入使能，对应 4 个字节，1 允许写入。
doa [31:0]	输出	A 端口数据输出
clka	输入	A 端口时钟输入，默认上升沿有效（在 PIB 中可反向）
rsta	输入	A 端口数据输出寄存器异步复位信号，高有效（在 PIB 中可反向）
csa	输入	A 端口使能输入，高有效（在 PIB 中可反向）。
wea	输入	A 端口写入/读出操作控制，1 为写入操作，0 为读出操作；
oprcea	输入	软件名 ocea，A 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_A=“OUTREG”）才有效。
B 端口名	方向	说明
dib [31:0]	输入	B 端口数据输入
addrb [12:0]	输入	B 端口地址输入，8K 深度
wbyteb[3:0]	输入	B 端口字节写入使能，对应 4 个字节，1 允许写入。
dob [31:0]	输出	B 端口数据输出，8 位输出端口模式时 dob[7:0]有效
clkb	输入	B 端口时钟输入，默认上升沿有效（可反向）。
rstb	输入	B 端口数据输出寄存器同步复位信号，默认高有效（可反向）
csb	输入	B 端口使能信号，默认高有效（可反向）。
web	输入	B 端口写入/读出操作控制，1 为写入操作，0 为读出操作。
oprceb	输入	软件名 oceab，B 端口数据寄存器时钟使能，默认高有效（可反向）。只有当输出寄存器被使用时（REGMODE_B=“OUTREG”）才有效。

BRAM 内部带有上升沿触发的地址/数据/控制信号锁存器，根据 CS/WE 两个控制信号逻辑写入/读出 RAM 阵列。

输出带有异步 latch，latch 的数据更新由 WRITEMODE 模式控制，normal 模式时，latch 会在读操作时才更新数据；write\_through 模式时，写操作时也会更新 latch 数据；默认为 normal 模式。

后面带有可选择的 clk 同步输出数据缓冲器，可提高 BRAM 的最高工作频率，但是数据输出会延迟 1 个周期 ( latency=1 )。由 REGMODE 参数控制，默认不使用寄存器，无 latency，此时 clk->do 的延迟最大为 4ns。

rsta 和 oprcea 只对输出寄存器有效，默认模式下（不使用输出寄存器）时，rsta 必须接 0。

**表 2.3-20：用 BRAM256K 的 RAM 可以设置的工作模式如下**

参数名	模式	值	说明
REGMODE_A	MCU/FPGA	“NOREG”	（默认值）A 端口数据输出无寄存器，ocear/rsta 无效。
	FPGA	“OUTREG”	A 端口数据输出带有寄存器，数据输出延迟 1 个周期，ocear/rsta 控制信号有效。
REGMODE_B	FPGA	“NOREG”	（默认值）B 端口数据输出无寄存器，ocebr/rstb 无效。
	FPGA	“OUTREG”	B 端口数据输出 dob 带有寄存器，数据输出延迟 1 个周期，ocebr/rstb 控制信号有效。
WRITEMODE_A (在 OUTREG 模式时有效)	MCU/FPGA	“NORMAL”	写模式选择 1（默认值）。 写操作不会对输出 doa 产生影响（no change）。
	FPGA	“WRITETHROUGH”	写模式选择 2。 写操作会将正在写入的数据同时读出到 doa。
WRITEMODE_B (在 OUTREG 模式时有效)	FPGA	“NORMAL”	写模式选择 1（默认值）。 写操作不会对输出 dob 产生影响。
	FPGA	“WRITETHROUGH”	写模式选择 2。 写操作会将正在写入的数据同时读出到 dob。

注：模式中 MCU/FPGA 表示使用 MCU 时必须配置成此模式。

## 2.4 时钟资源

ELF2 系列 FPGA 包含 3 种时钟资源，第一个是给核心逻辑、嵌入式存储器、IOL 和 DSP 使用的全局时钟（GCLK），第二个是支持高速输入/输出接口串并转换的输入输出时钟（IOCLK），第三个是支持时钟快速输入到 IOCLK 和 PLL 输入的快速时钟。

### 2.4.1 全局时钟

ELF2 系列全局时钟资源包含专门的时钟输入，缓冲器和布线网络。时钟资源提供 16 个低延迟、低偏斜、互联的全局时钟网络。全局时钟网络能够为 FPGA 各个模块提供统一的高性能、低抖动、低偏斜时钟源，同时全局时钟也可用于高扇出信号，时钟架构如图 2.3-1 所示。

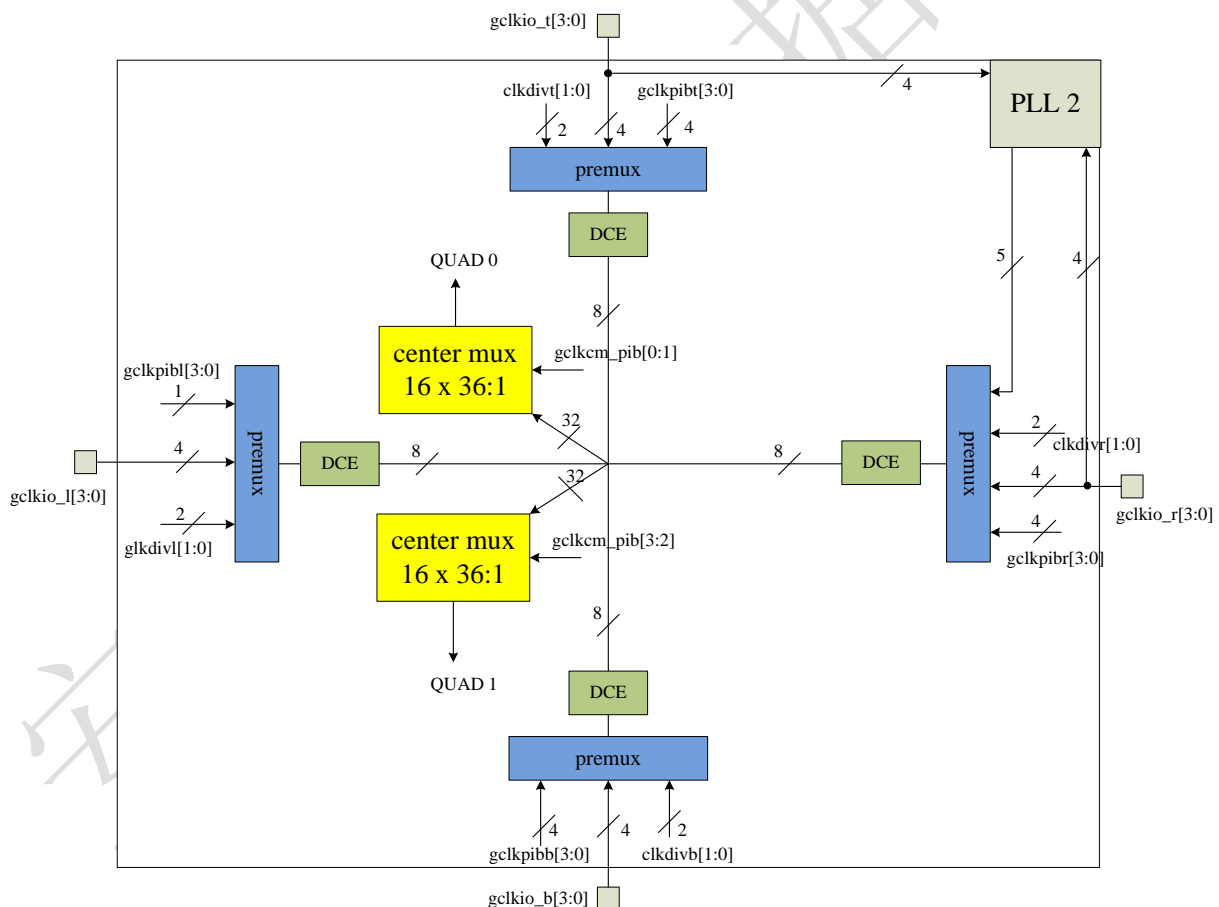


图 2.4-1：全局时钟分布网络

注：ELF2\_4K 以下资源只有 PLL2

在全局时钟传输路径上有两级多路选择器，第一级为 8:1，用于从 PLL 输出、时钟管脚、内部分频器、内部逻辑反馈中选择一路作为全局时钟的驱动；在 8:1 多路选择器的输出端，插入了一级动态时钟使能逻辑，可以实现无毛刺的时钟动态使能；从四个边共送进 32 路时钟资源，经过在传输路径上的延时平衡，分别送到位于芯片中间的第二级 36:1 多路选择器，进而分别送到 4 个象限驱动用户逻辑 DFF。

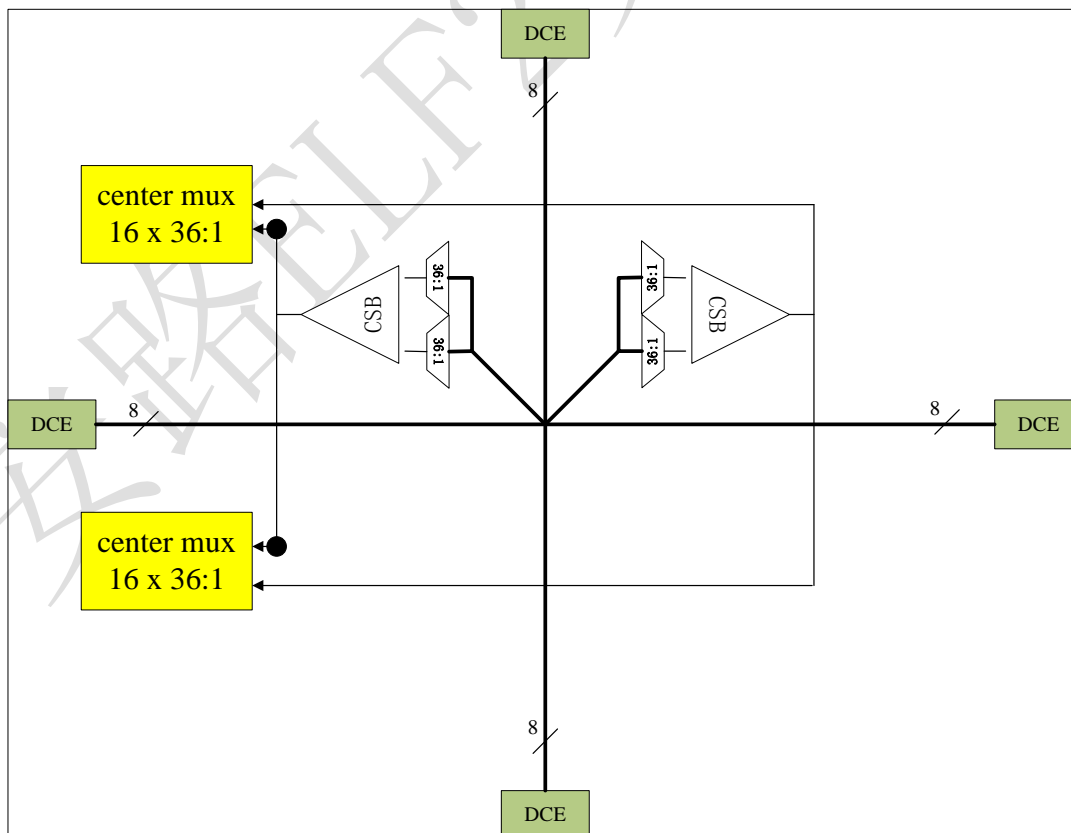
整个芯片以水平和垂直中间线为四个象限，每个象限有 16 路独立的全局时钟资源。

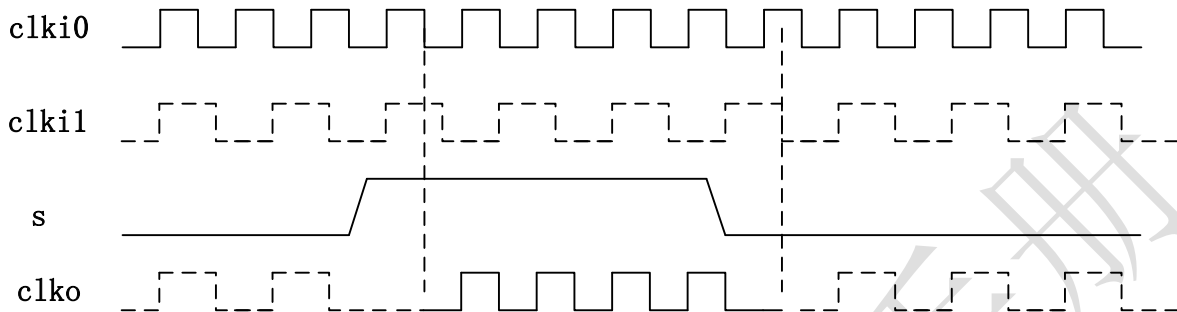
### 2.4.1.1 动态时钟使能(DCE)

动态时钟使能(DCE)模块允许用户逻辑控制动态控制时钟网络。当选定时钟被禁止，所有被该时钟驱动的逻辑都静止，从而减少功耗。

### 2.4.1.2 时钟切换模块(CSB)

每个 ELF2 器件有 2 个全局时钟动态时钟切换模块。时钟切换模块把所有 32 路全局时钟第一级多路选择器的输出作为输入。动态时钟切换器的设计允许将其配置成一个具有两个时钟输入的同步或异步无毛刺信号 2:1 多路复用器。



**图 2.4-2 : CSB 框图**

**图 2.4-3 : CSB 时钟切换时序图**
**表 2.4-1 : DCS 操作模式**

模式	S		描述
	1	0	
CSB	clki0	clki1	下降沿触发, 锁存状态为低
CSB_1	clki0	clki1	上升沿触发, 锁存状态为高
BUFGCE	0	clki1	使能高有效, 非使能状态输出低
BUFGCE_1	0	clki1	使能高有效, 非使能状态输出高
BUFGCEB	clki0	0	使能低有效, 非使能状态输出低
BUFGCEB_1	clki0	0	使能低有效, 非使能状态输出高
BUFG0	clki0	clki0	时钟缓冲器
BUFG1	clki1	clki1	时钟缓冲器
BUFGMUX	clki0	clki1	有毛刺时钟切换

## 2.4.2 输入输出时钟

输入输出时钟 (IOCLK) 是可以在 ELF2 器件中使用的一种时钟缓冲器。IOCLK 驱动 I/O 列内一个独立于全局时钟资源的专用时钟网。这样，BUFIO 就可以理想地适合源同步数据采集（传送/接收器时钟分配）。IOCLK 可以由位于同一时钟区域的 clock capable I/O 驱动，也可以由 PLL 输出驱动。典型的 I/O 组中有两个 IOCLK。每个 IOCLK 可驱动同一区域/组中的一个 I/O 时钟网络。IOCLK 不能驱动逻辑资源（PLB、BRAM 等），因为 IOCLK 时钟网络只能覆盖同一组或时钟区域内的 I/O 列。

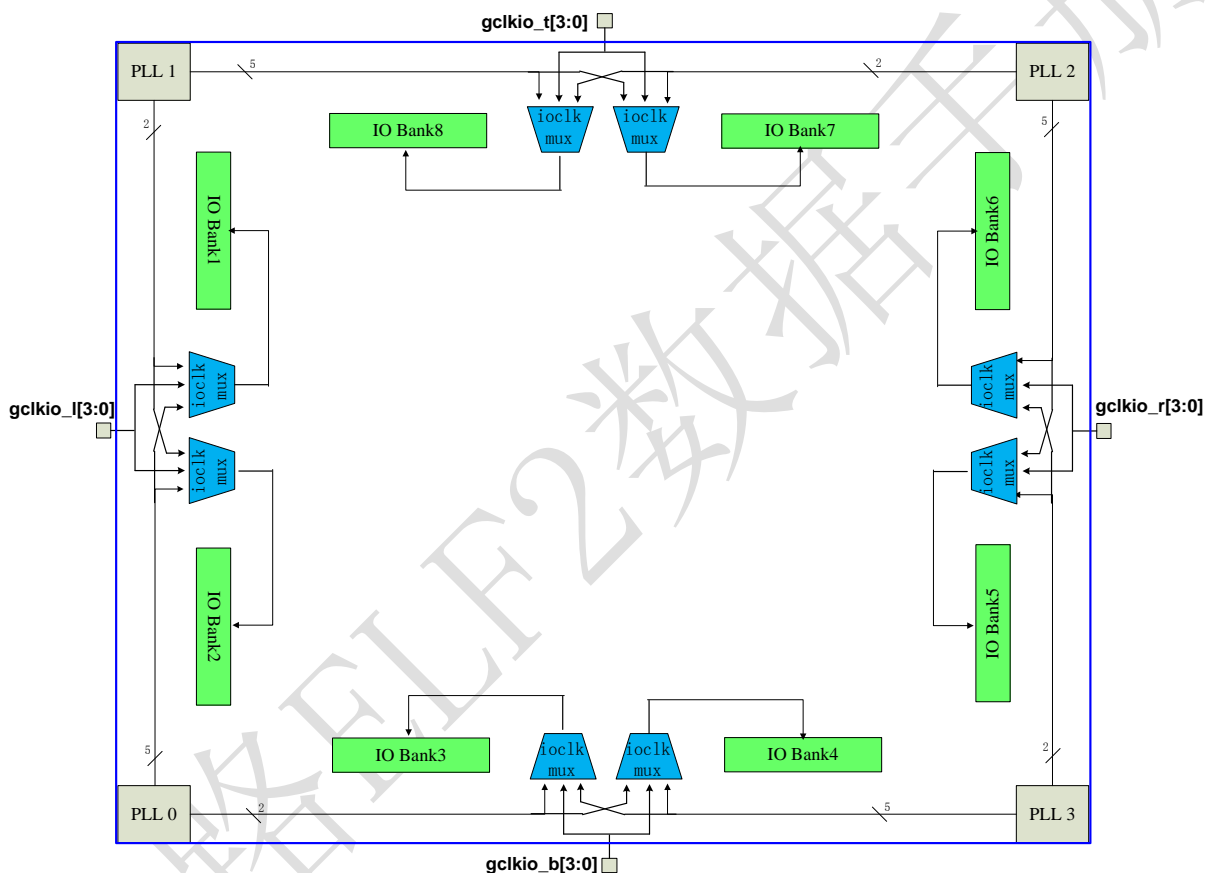
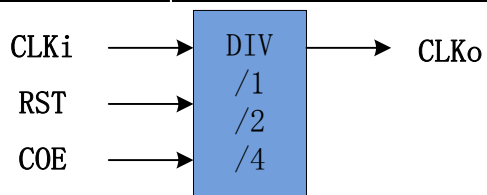
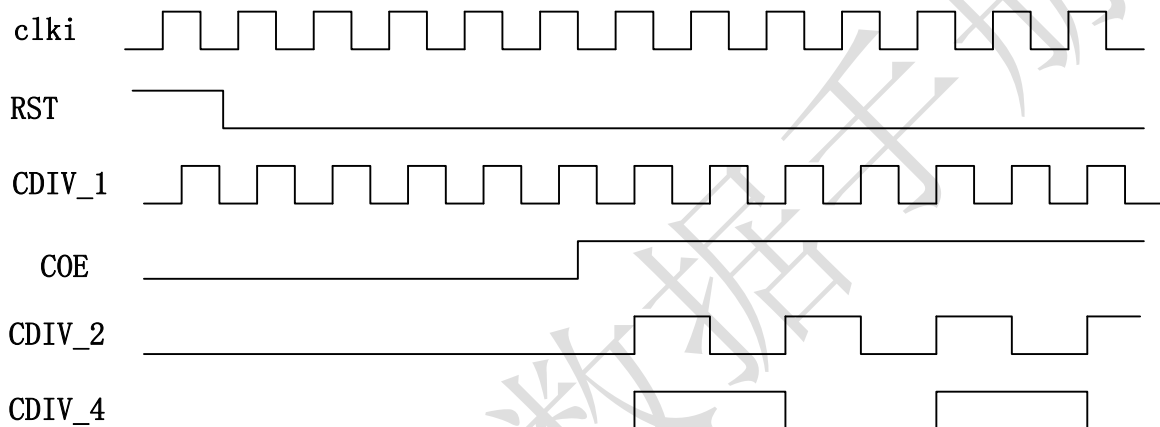


图 2.4-4 : IOCLK 架构图

注：ELF2-4K 以下资源只有 PLL2

### 2.4.2.1 时钟分频器

ELF2 器件在每个 I/O 组中都有两个时钟分频器。时钟分频器把输入时钟分频，其输入来自于相同 I/O 组的输入输出时钟。输出分频系数可以是 1/2/4 中的任意一个。


**图 2.4-5 : 时钟分频器**

**图 2.4-6 : 时钟分频器时序**

### 2.4.3 快速时钟

快速时钟用以实现单时钟输入快速布线到多个 IOCLK 和 PLL 输入的应用，这使得客户实现时钟共享输入应用时更加灵活。

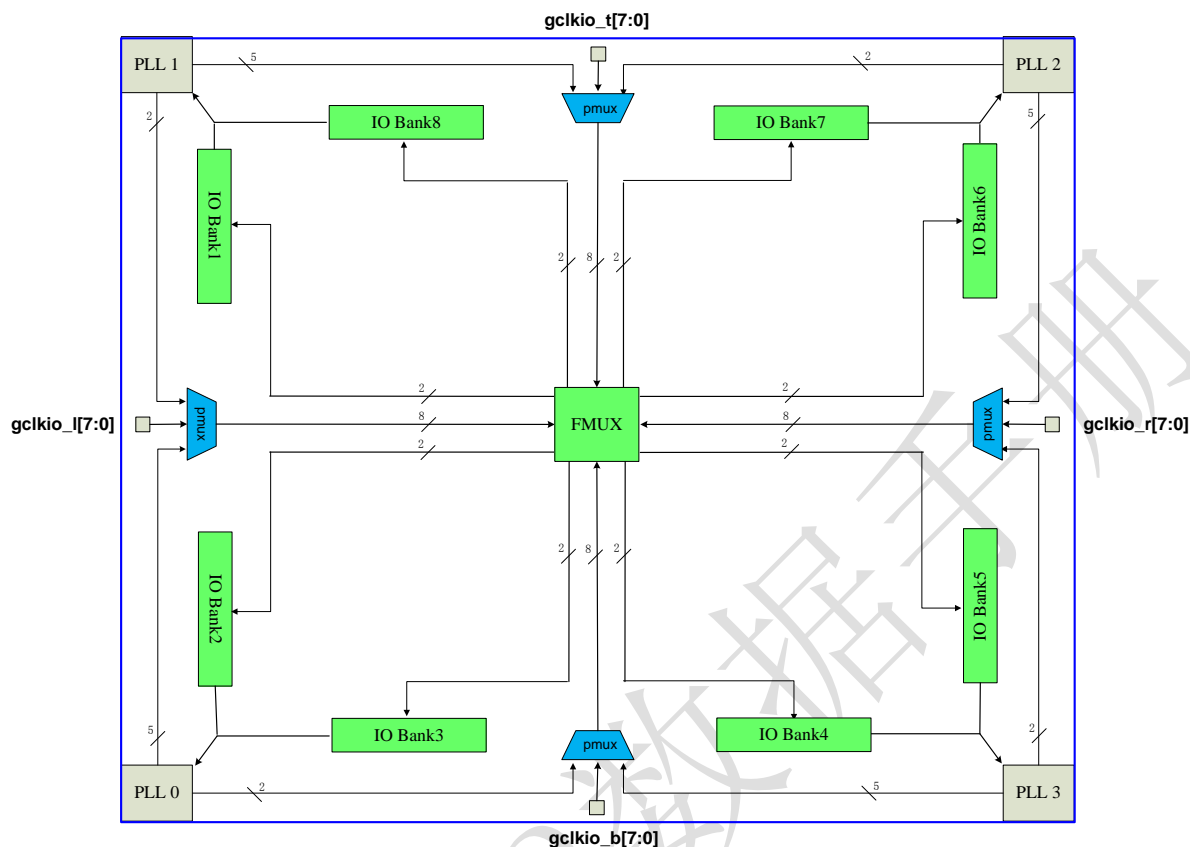


图 2.4-7：快速时钟架构图

## 2.5 锁相环 PLL

### 2.5.1 简介

ELF2 系列 FPGA 内嵌 1 个多功能锁相环 (PLL2)，可实现高性能时钟管理功能。可以实现时钟分频、倍频、展频、小数分频、占空比调整、输入和反馈时钟对准、多相位时钟输出等功能。

PLL 参考时钟输入有：时钟网络输出、互连输出和内部振荡器输出。

PLL 反馈时钟输入有：时钟网络输出、内部寄存器时钟节点、互连输出、PLL 内部反馈时钟以及相移时钟 C0~C4。

PLL 输出 C5 和 C0 共用了一个来自 VCO 的相位选择器，输出细调相位必须相同。

PLL 输出 C6 和 C1 共用了一个来自 VCO 的相位选择器，输出细调相位必须相同。



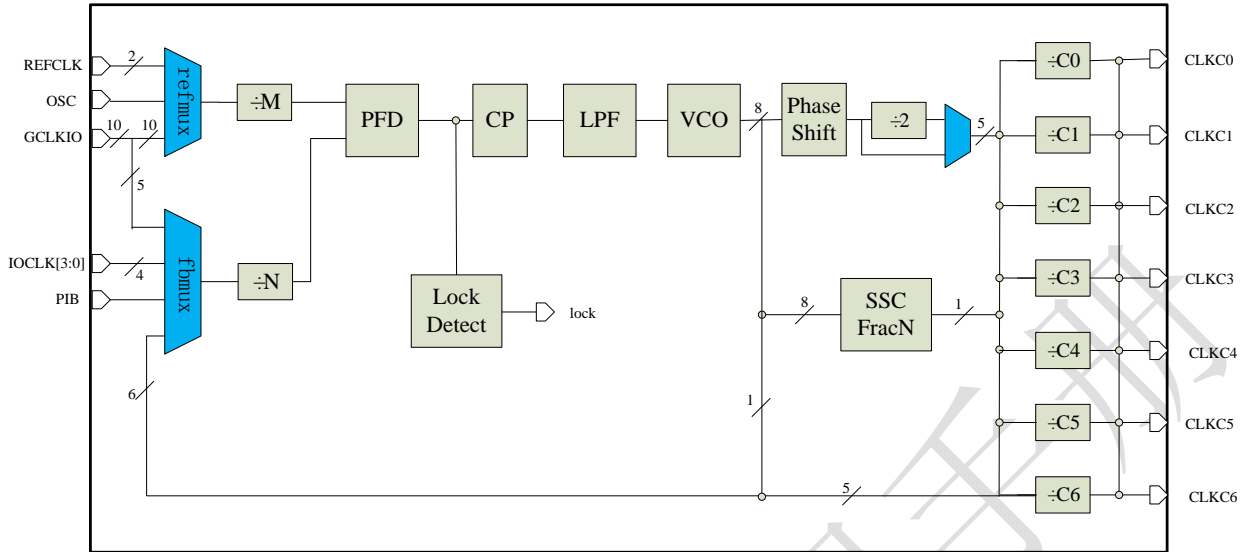


图 2.5-1 : ELF2 PLL 架构图

PLL 有专门的输出驱动芯片的专用时钟输出管脚，已获得更好的抖动性能。

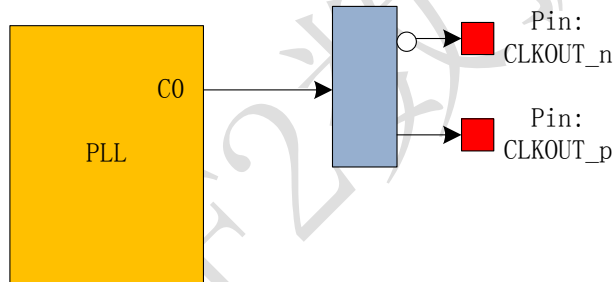


图 2.5-2 : ELF2 C0 直接输出到时钟输出 IO 管脚 (差分模式)

表 2.5-1: ELF2 PLL 特性表

Feature	ELF2 PLL
输入时钟频率范围	10-400 Mhz
输出时钟频率范围	4-400 Mhz
VCO 频率范围	300-1200 Mhz
输出端口数	7 (C0~C4 相位完全独立)
参考时钟分频系数(M)	1 to 128
反馈时钟分频系数(N)	1 to 128

输出时钟分频系数(C0-4)	1 to 128
相移分辨率	45° ( 相对 VCO )
输出端口可选相位偏移量 ( ° )	0 , 45 , 90 , 135 , 180 , 225 , 270 , 315
用户动态相移控制	支持 ( +/-每单位 45 度相移, 相对 VCO )
锁定状态输出	Lock
专用时钟输出管脚	支持
展频输出	支持
小数分频	支持
占空比调整	支持

## 2.5.2 动态相移

ELF2 系列 PLL 支持动态相移功能。ELF2 系列 PLL 控制属性分为静态和动态配置两种。静态配置由用户通过软件设置生成码流，经过上电下载后不能更改。

静态配置参数包括：

- 参考/反馈时钟输入/输出选择
- 参考时钟分频系数(M)
- 反馈时钟分频系数(N)
- 输出时钟分频系数(C0-4)

动态相移是指用户可以通过向 PLL 控制输入接口发送信号，改变 PLL 5 个时钟输出 C0-C4 的相位。ELF2 动态相移控制通过递加/递减的方式调节相位。递进步长为输出时钟的 45 度除以输出分频数。用户通过 PSCLKSEL[2:0]信号选择对某一路输出进行相移。PSSTEP 的每一个脉冲递增或递减一格相位，PSDONE 低到高的跳变表示完成一次相位移动。

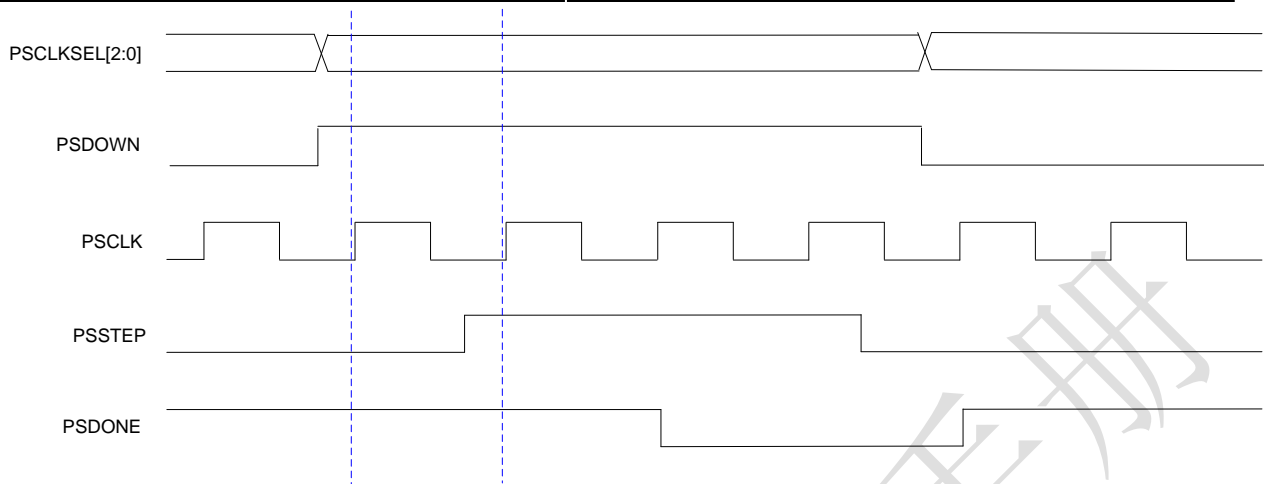


图 2.5-3 : PLL 动态相移控制时序

### 2.5.3 动态配置

动态配置是用户可以在 PLL 工作过程中通过专门的输入输出接口直接控制锁相环的配置参数，包括：

- 参考时钟分频系数(M)
- 反馈时钟分频系数(N)
- 输出时钟分频系数(C0-4)
- 输出相位 P

PLL 的每个参数都存储在 32\*8 的 RAM 空间中。动态配置功能通过 AL\_PHY\_PLL 中的类似 MEMORY 访问的 8 位动态接口来实现。

表 2.5-2 : 用户动态配置端口列表

AL_PHY_PLLIF 端口	方向	说明
DCLK	输入	时钟输入，上升沿有效
DCS	输入	片选输入，高有效，clk 上升沿锁存
DADDR<5:0>	输入	读写地址，clk 上升沿被锁存
DWE	输入	写使能，高有效，clk 上升沿锁存
DWDATA<7:0>	输入	写入数据
DRDATA<7:0>	输出	数据无延迟输出，PLL 配置数据读出端口

**表 2.5-3 : PLL 内部 32BYTE 控制位列表**

地址	Bit<7:0>	说明
5' h01	0, Refclk_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为参考时钟分频系数
5' h02	0, fdbkclk_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为反馈时钟分频系数
5' h03	0, channel0_del<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 0 延迟系数
5' h04	0, channel0_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 0 分频系数
5' h05	0, channel1_del<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 1 延迟系数
5' h06	0, channel1_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 1 分频系数
5' h07	0, channel2_del<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 2 延迟系数
5' h08	0, channel2_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 2 分频系数
5' h09	0, channel3_del<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 3 延迟系数
5' h0A	0, channel3_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 3 分频系数
5' h0B	0, channel4_del<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 4 延迟系数
5' h0C	0, channel4_div<6:0>	Bit<7>=0, bit<6:0>为通道 4 分频系数
5' h0D	保留	
5' h12	C2<1:0>,C1<2:0>,C0<2:0>	Bit<2:0>为通道 0 相位, Bit<5:3>为通道 1 相位, Bit<7:6>为通道 2 相位的 bit1,0
5' h13	0,C4<2:0>,C3<2:0>,C2<2>	Bit<0>为通道 2 相位 bit2, Bit<3:1>为通道 3 相位, Bit<6:4>为通道 4 相位, Bit<7>=0

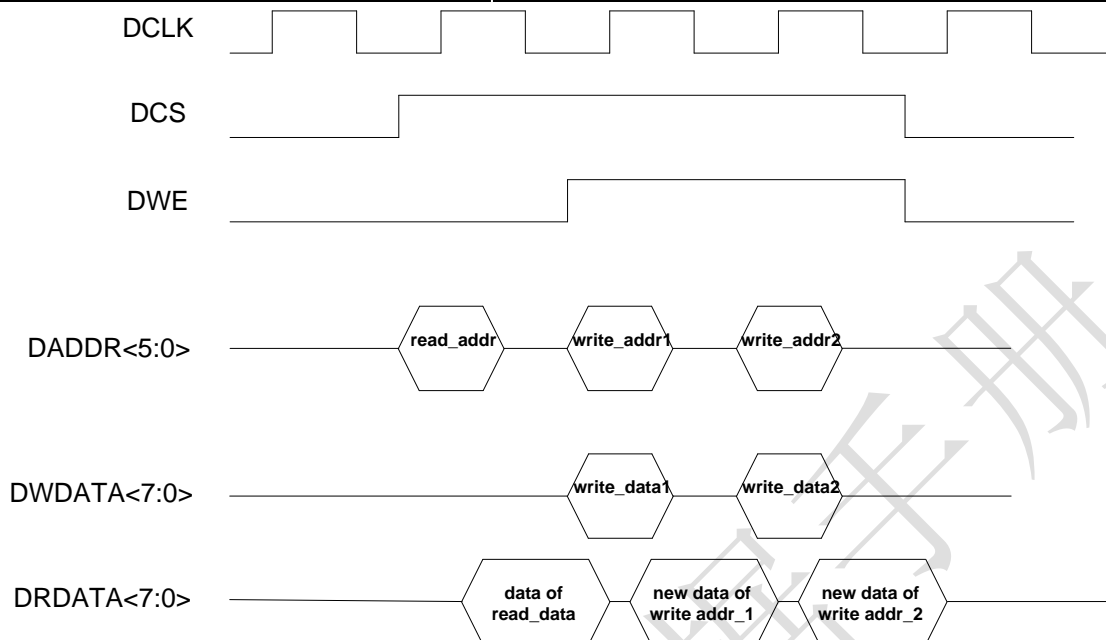


图 2.5-4 : PLL 动态配置控制时序

## 2.5.4 时钟反馈模式

ELF2 系列 PLL 支持 4 种反馈模式。每种模式都支持时钟分频/倍频和相移。

### 2.5.4.1 源同步模式 ( Source-Synchronous Mode )

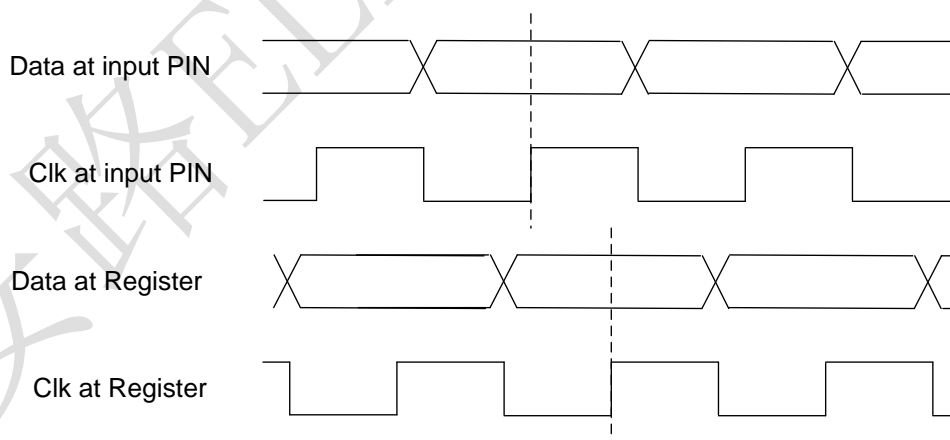


图 2.5-5 : 源同步模式

如图 2.4-5 源同步模式通过动态相移功能，调节时钟相位保证数据端口到 IOB 输入寄存器的延迟和时钟输入端口到 IOB 寄存器的延迟相等（数据和时钟输入端口模式相同情况下）。

### 2.5.4.2 无补偿模式 ( No Compensation Mode )

在无补偿模式，PLL 不对时钟网络延迟进行补偿，PLL 采用内部自反馈，这会提高 PLL 的抖动特性。

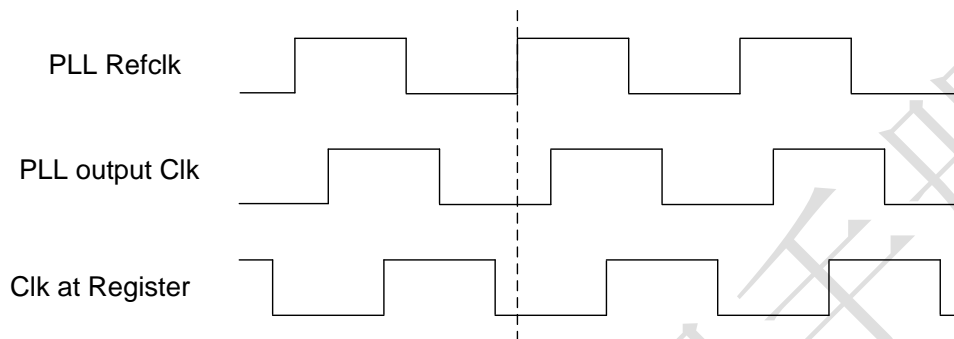


图 2.5-6 : 无补偿模式 ( 相位不对齐 )

### 2.5.4.3 普通模式

普通模式中，PLL 会补偿 GCLK 网络延迟，保证内部寄存器输入时钟相位和时钟管脚相位一致。

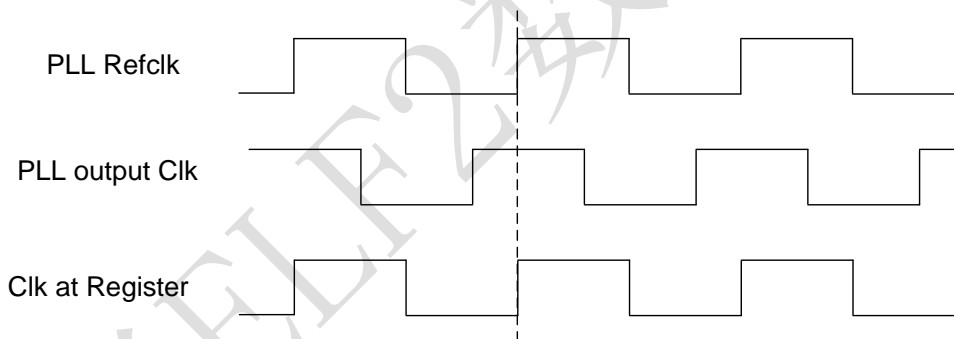


图 2.5-7 : 普通模式 ( 1/2 时钟相位对齐 )

### 2.5.4.4 零延迟缓冲模式

零延迟缓冲模式，时钟输出管脚相位和 PLL 参考时钟输入管脚相位对齐。

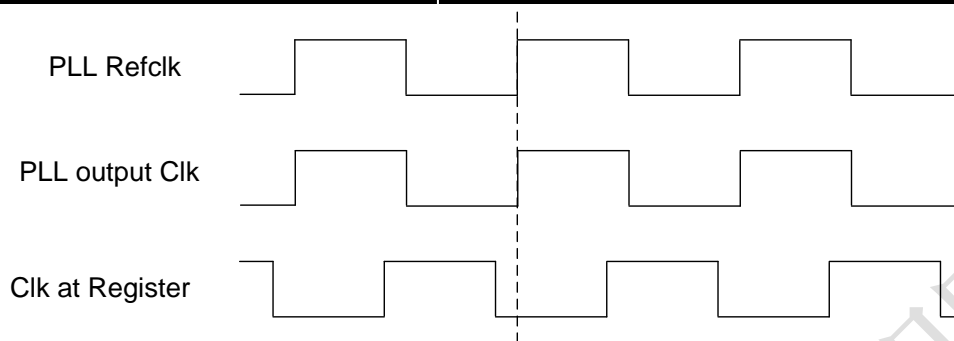


图 2.5-8 : 零延迟缓冲模式 ( 1/3 信号相位对齐 )

### 2.5.5 展频和小数分频

ELF2 系列 PLL 使用展频技术，将能量分布在一个较宽的频带范围内，减小电磁干扰 EMI 对系统产生的影响。ELF2 系列 PLL 提供中心展频和向下展频两种展频方式，展频宽度可达 3%，采用三角波调制，调制频率和调制宽度均可编程。使用展频功能时，PLL 输出的所有时钟都会被调制。

Delta-sigam 调制器 ( DSM ) 和相位插值器共同实现 ELF2 系列 PLL 小数分频功能，DSM 动态的选择 8 路相位中的一路作为 VCO 的输出，平均值代表设定的小数值。

ELF2 系列 PLL 有 3 种工作模式：整数分频，小数分频和展频。展频可以和整数分频或者和小数分频一起使用。关闭小数分频和展频，PLL 工作于整数分频模式，此时 PLL 具有最好的 jitter 性能。

当 ELF2 系列 PLL 同时工作于小数分频和展频模式时，相对于整数分频来说，random jitter 会增加 30-50%。

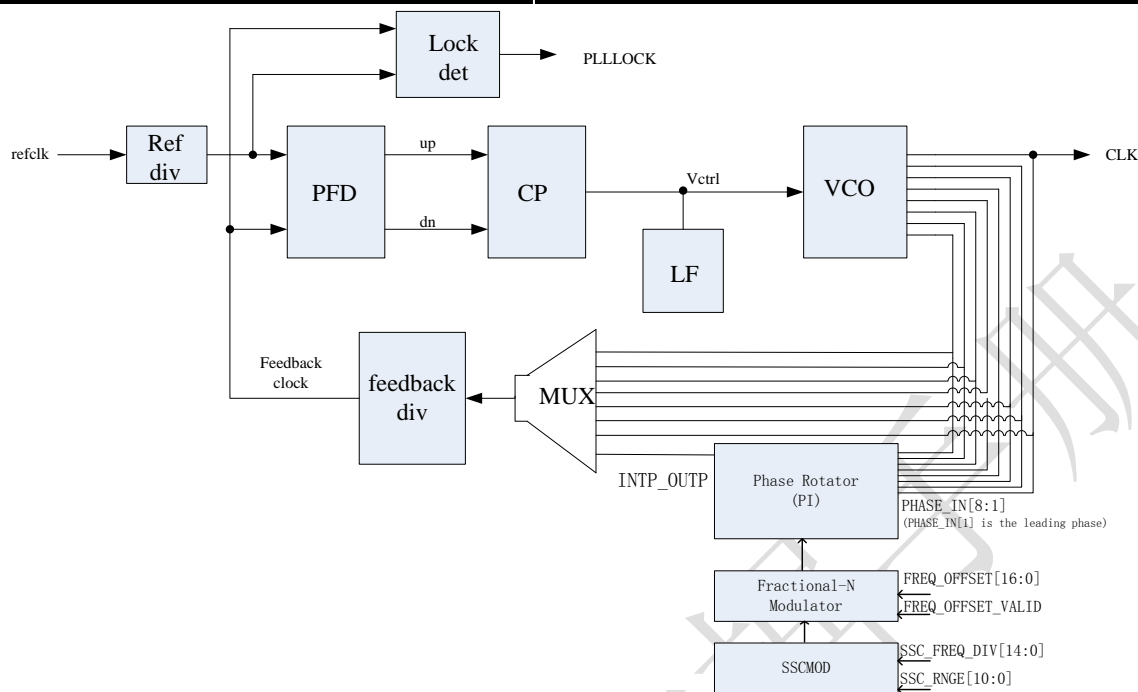


图 2.5-9 : ELF2 系列 PLL 系统架构

### 2.5.5.1 小数分频

如图 2.5-9 所示，小数分频通过相位插值器 (PI) 产生输出时钟 (INTP\_OUT)，和 VCO 输出的八个相位相比，产生偏移量，形成小数值。最高支持 +/-5% 的偏移量，精度为 1ppm。

### 2.5.5.2 展频

ELF2 系列 PLL 的展频发生器通过调制频率来减少 EMI 对系统的干扰，通过编程选择向下或者中心调制，调制范围和调制频率，调制方式是三角波。

- 可编程向下调制和中心调制
- 可编程调制范围 (0%-3%)
- 三角波调制方式
- 可编程调制 (三角波) 频率

### 2.5.5.3 整数分频

当 ELF2 系列 PLL 关闭展频和小数分频功能，PLL 工作在整数分频模式，具有最好的 jitter 性能。



## 2.5.6 占空比调制

ELF2 系列 PLL 使用占空比调制技术，可以产生可变占空比的输出时钟，仅支持 C0，C1 两路输出。占空比调制通过改变 post-scale 分频器的设定来实现。TD 软件利用输入频率，倍频和分频来决定占空比的选择。

### 2.5.6.1 相位设定

ELF2 系列 PLL 相位调整通过下面的公式计算：

$$\text{Phase}_c = (\text{MC1\_DEL}_x + 1) / (\text{MC1\_DIV}_x + 1) * 360 \text{ 度}$$

MC1\_DEL<sub>x</sub> 是相位调整计数器的值, MC1\_DIV<sub>x</sub> 是 post-scale divider 计数器的值.

### 2.5.6.2 占空比调制

每路输出时钟占空比调制需要 8 个控制位，总共需要 16 位。

当标志位 MC1\_DUTY50\_N 设定为 0, ELF2 系列 PLL 工作在 50%占空比模式下，根据 post-scale divider 设定的值, 有 divided by even 和 divided by odd 两种选项。

例：*divided by even*

$$\text{MC1\_DUTY}[6:0] = (\text{MC1\_DIV}_x + 1) / 2$$

$$\text{MC1\_DUTY50\_N} = 0$$

例：*divided by odd*

$$\text{MC1\_DUTY}[6:0] = \text{INT}((\text{MC1\_DIV}_x + 1) / 2 + 1)$$

$$\text{MC1\_DUTY50\_N} = 0$$

当标志位 MC1\_DUTY50\_N 设定为 1, ELF2 系列 PLL 工作在可变占空比模式下, 占空比调制的精度由 MC1\_DIV<sub>x</sub> 决定, 通过下面的表达式计算：

$$\text{DutyCycle} = (\text{MC1\_DIV}_x + 1 - \text{MC1\_DUTY}_x) / (\text{MC1\_DIV}_x + 1)$$

MC1\_DUTY<sub>x</sub> 是 duty cycle 计数器的值, DutyCycle 表示需要调整时钟占空比的百分比, 比如 12.5%, 25%等。

例：如果 MC1\_DIV<sub>x</sub> = 7 ( 除频为 8 ) , 设定占空比为 12.5%。

$$\text{MC1\_DUTY}_x = \text{MC1\_DIV}_x + 1 - \text{DutyCycle} * (\text{MC1\_DIV}_x + 1) = 7 + 1 - 12.5\% * (7 + 1) = 7$$

## 2.6 数字信号处理 ( DSP )

ELF2 器件结合了片上资源与外部接口，这有助于提高性能、减少系统成本，以及降低数字信号处理(DSP)系统的功耗。ELF2 器件本身或者作为 DSP 器件的协处理器，都可用于提高 DSP 系统的性价比。

### 2.6.1 体系结构

嵌入式乘法器可以配置成一个  $18 \times 18$  乘法器，或者配置成两个  $9 \times 9$  乘法器。每个嵌入式乘法器均由以下几个单元组成：

- 乘法器级
- 输入与输出寄存器
- 输入与输出接口

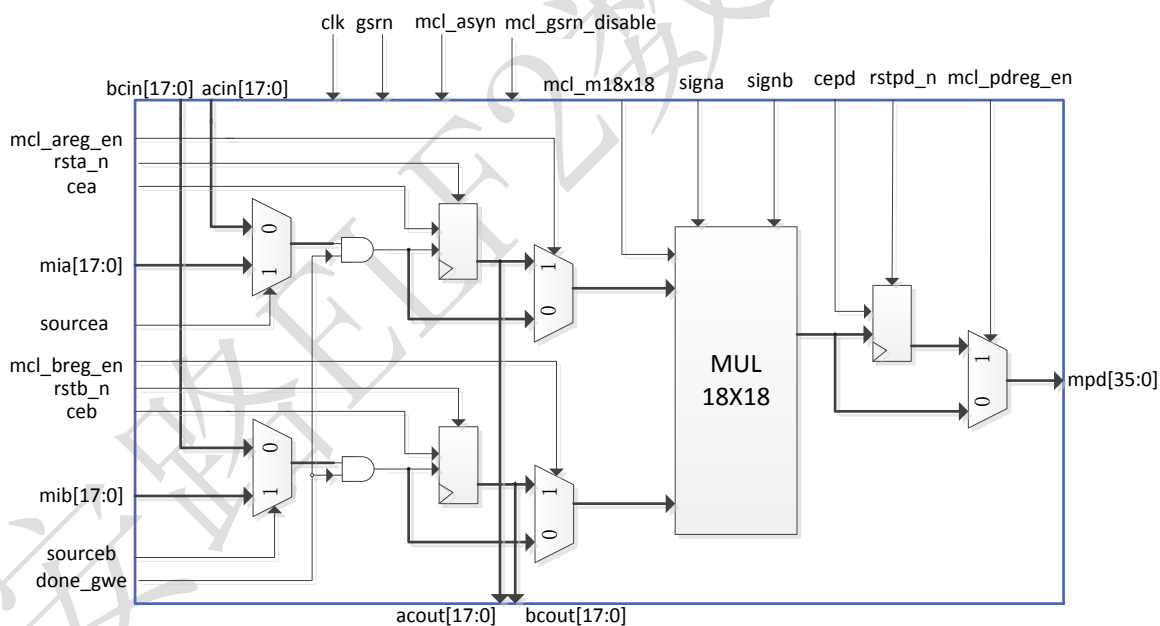


图 2.6-1：乘法器模块的体系结构

#### 输入寄存器

根据乘法器的操作模式，可以将每个乘法器输入信号连接到输入寄存器，或直接以 9bit 或 18 bit 的形式连接到内部乘法器。可以分别设置乘法器的每个输入是否使用输入寄存器。例如：将乘法器 mia 信号连接到输入寄存器，将 mib 信号直接连接到内部乘法器。

下列控制信号可用于嵌入式乘法器中的每一个输入寄存器：

- 时钟
- 时钟使能
- 同步/异步清零

同一个嵌入式乘法器中的所有输入与输出寄存器均由同一时钟信号驱动，时钟使能信号以及异步清零信号驱动可以独立配置。

### 乘法器级

嵌入式乘法器模块的乘法器级支持 9x9 或者 18x18 乘法器，并支持这些配置之间的其它乘法器。根据乘法器的数据宽度或者操作模式，单一嵌入式乘法器能够同时执行一个或者两个乘法运算。

乘法器的每一个操作数都是一个唯一的有符号或者无符号数。signa 与 signb 信号控制乘法器的输入，并决定值是有符号的还是无符号的。如果 signa 信号为高电平，则 mia 操作数是一个有符号数值。反之，mia 操作数便是一个无符号数值。

表 2.6-1：为乘法器符号表示给出了不同符号类型的操作数的乘积结果对应的符号类型。如果任何一个操作数为有符号数，则乘积的结果为有符号数。

表 2.6-1：为乘法器符号表示

MIA		MIB		乘积
signa	逻辑值	Signb	逻辑值	
无符号	0	无符号	0	无符号
无符号	0	有符号	1	有符号
有符号	1	无符号	0	有符号
有符号	1	有符号	1	有符号

每一个嵌入式乘法器模块只有一个 signa 信号和一个 signb 信号，用于控制模块输入数据的符号表示。如果嵌入式乘法器有两个 9 x9 乘法器，那么这两个乘法器的 mia 输入与 mib 输入将分别共享同一个 signa 信号和同一个 signb 信号。可以在运行时动态改变 signa 和 signb 信号，以修改输入操作数的符号表示。可以通过专用的输入寄存器发送 signa 以及 signb。不管符号表示如何，乘法器都会支持全精度。

## 输出寄存器

根据乘法器的操作模式，可以用 18 bit 或 36 bit 的形式来使用输出寄存器对嵌入式乘法器的输出进行寄存。下面的控制信号可用于嵌入式乘法器中的每一个输出寄存器：

- 时钟
- 时钟使能
- 步/异步清零

同一个嵌入式乘法器中的所有输入与输出寄存器均由同一时钟信号驱动，时钟使能信号以及异步清零信号驱动可以独立配置。

**表 2.6-2 : 乘法器端口说明**

名称	方向	位宽	描述
mia	输入	18	来自 PIB 的 dsp 操作数输入。具有寄存器输入模式
acin	输入	18	来自前一级 dsp 的 acout 端口上的级联数据输入。具有寄存器输入模式
acout	输出	18	连接到下一级 dsp 的 acin 端口上的级联数据输出
mib	输入	18	来自 PIB 的 dsp 的另一操作数输入。具有寄存器输入模式
bcin	输入	18	来自前一级 dsp 的 bcout 的级联数据输入。具有寄存器输入模式
bcout	输出	18	连接到下一级 dsp 的 bcin 端口上的级联数据输出
cea	输入	1	输入寄存器时钟使能信号。当 cea 为高电平时，输入有效
ceb	输入	1	输入寄存器的时钟使能信号。当 ceb 为高电平时，输入有效
cepd	输入	1	输出寄存器的时钟使能信号。当 cepd 为高电平时，输出有效
clk	输入	1	clk 是 dsp 的输入时钟，共同作用于内部所有的寄存器

rsta_n	输入	1	输入寄存器的复位信号。输入为低电平时，寄存器的输出为“0”
rstb_n	输入	1	输入寄存器的复位信号。输入为低电平时，寄存器的输出为“0”
rstpd_n	输入	1	输出寄存器的复位信号。输入为低电平时，寄存器的输出为“0”
sourcea	输入	1	第一级数据选择器的控制端。当 sourcea 为高电平时，MUX 的输出是 a，当 sourcea 为低电平时，MUX 的输出是 acin
sourceb	输入	1	第一级数据选择器的控制端。当 sourceb 为高电平时，MUX 的输出是 b，当 sourceb 为低电平时，MUX 的输出是 bcin
mpd	输出	36	dsp 的乘积数据输出

## 2.6.2 操作模式

根据不同的应用需要，可以选择如下两种的乘法器工作模式的一种：

- 一个  $18 \times 18$  乘法器
- 两个  $9 \times 9$  独立的乘法器

通过使用 ELF2 器件的嵌入式乘法器，可以实现乘法加法器和乘法累加器功能，该功能的乘法器部分由嵌入式乘法器来实现，而加法器或者累加器功能则在逻辑单元中实现。

### 2.6.2.1 18 位乘法器

通过配置每一个嵌入式乘法器，来支持 10 到 18 位输入位宽的单一  $18 \times 18$  乘法器。图 2.6-1 给出了配置后的嵌入式乘法器，以支持一个 18 位乘法器。

所有的 18 位乘法器输入数据与结果均被独立地发送至寄存器。乘法器输入数据可以是有符号整数、无符号整数，或者两者的组合。另外，也可以动态修改 signa 与 signb 信号，并且通过专用的输入寄存器发送这些信号。

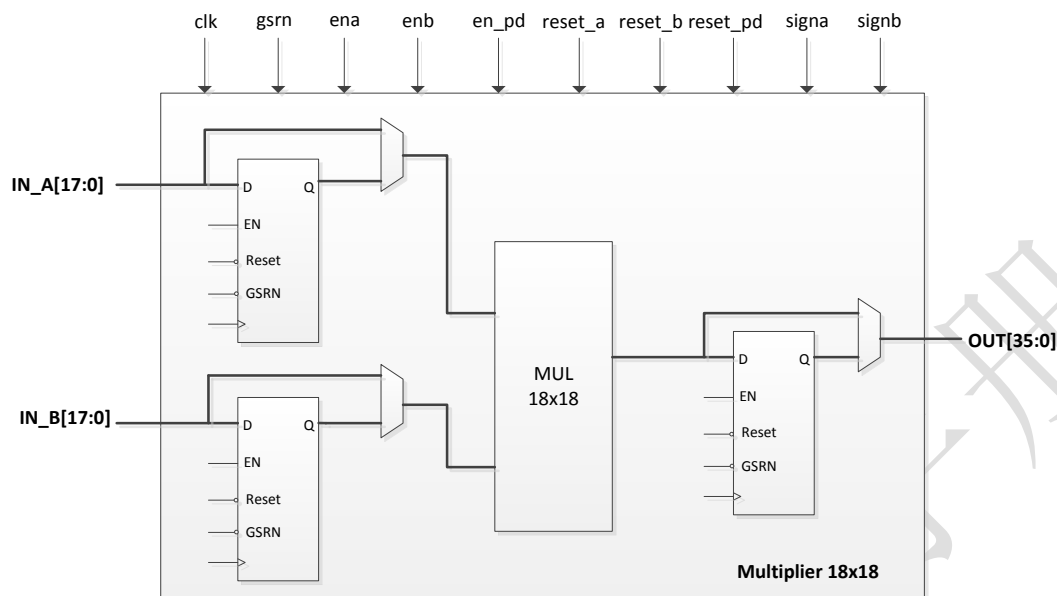


图 2.6-1 : 18 位乘法器模式

### 2.6.2.2 9 位乘法器

通过配置每一个嵌入式乘法器，以支持最多 9 位输入位宽的两个 9x9 乘法器。图 2.6-2 给出了配置后的嵌入式乘法器，以支持两个 9 位乘法器。

所有的 9 位乘法器输入数据与结果均被独立地发送至寄存器。乘法器输入数据可以是有符号整数、无符号整数，或者两者的组合。同一嵌入式乘法器模块中的两个  $9 \times 9$  乘法器共享同一个 signa 和 signb 信号。因此，用于驱动同一嵌入式乘法器的所有 mia 输入数据必须要有相同的符号表示。同样，用于驱动同一嵌入式乘法器的所有 mib 输入数据也必须要要有相同的符号表示。

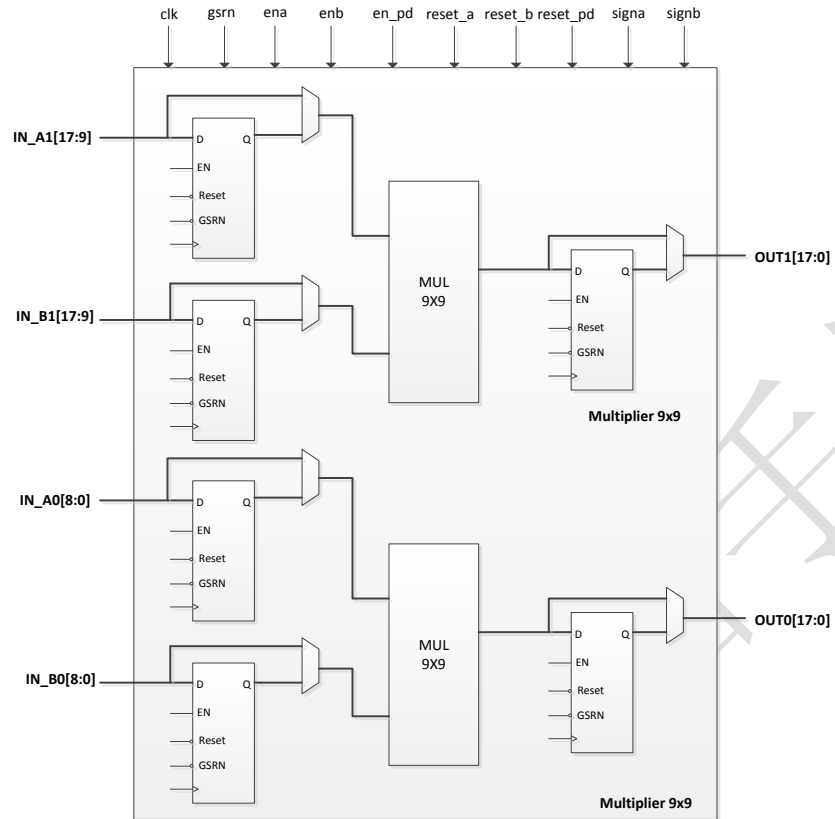


图 2.6-2 : 9 位乘法器模式

## 2.7 输入输出逻辑单元 ( IOL )

ELF2 器件的 IOL 逻辑支持多种工作模式。本章节主要介绍如何配置 IOL 资源支持多种工作模式。与两种 IOB 类型相匹配，ELF2 器件有两种对应的 IOL 类型，支持的工作模式如表 2.7-1 所示。

表 2.7-1 : IOL 支持工作模式

模式		IOLB 基本型	IOLE 增强型
输入	BYPASS	√	√
	SDR	√	√
	iDDR <sub>x1</sub>	√	√
	iDDR <sub>x2</sub>		√
输出	BYPASS	√	√
	SDR	√	√
	oDDR <sub>x1</sub>	√	√
	oDDR <sub>x2</sub>		√

### 2.7.1 输入寄存器逻辑

输入输出逻辑 ( IOL ) 中的输入寄存器用来处理高速接口，将其降低为内部核心逻辑可以处理的频率。输入寄存器中均包含可配置延时单元作为数据采样处理辅助。在此基本功能基础上增强了对通用双边沿数据(GDDR)的支持。



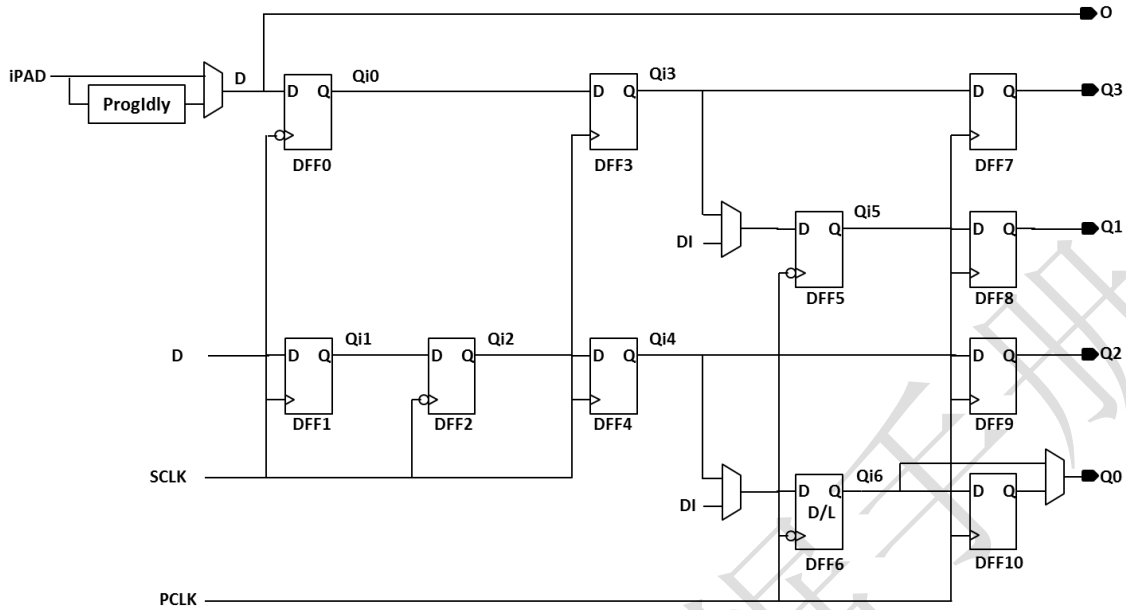


图 2.7-1: 输入寄存器框图

### 2.7.1.1 普通输入模式

普通模式下的 IO 逻辑如图 2.7-2 所示，此模式下信号直接进入 FPGA 内部逻辑。

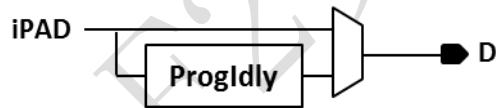


图 2.7-2: 普通输入模式框图

### 2.7.1.2 SDR 输入模式

相比普通模式，如图 2.7-3 所示，SDR 模式使用了 IOL 寄存器，可以有效地改善 IO 的时序性能。

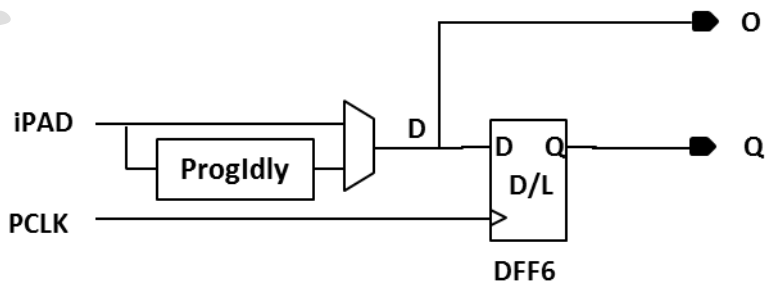


图 2.7-3: SRD 输入模式框图

### 2.7.1.3 DDR 输入模式

ELF2 器件 IOL 中有专用的寄存器用以支持 iDDR<sub>x1</sub> 和 iDDR<sub>x2</sub> 模式。

#### iDDR<sub>x1</sub> 同沿输入模式

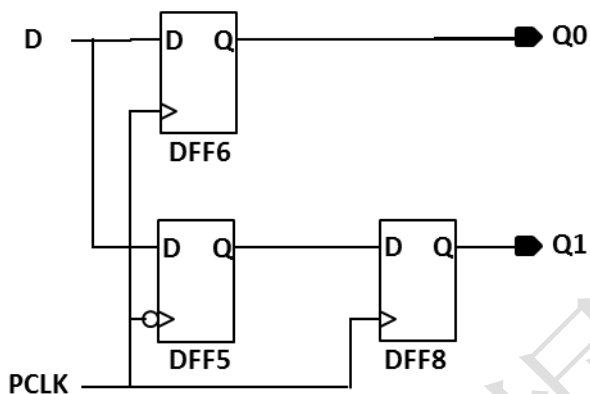


图 2.7-4: iGDDR 同沿输入模式框图

在 iDDR<sub>x1</sub> 同沿模式，DFF5 和 DFF6 分别在下降沿和上升沿采样输入数据，DFF8 把 Q1 数据同步到时钟上升沿。由于 DFF8 的引入 Q1 数据相对于 Q0 要晚一个时钟周期，时序如图 2.7-5 所示。

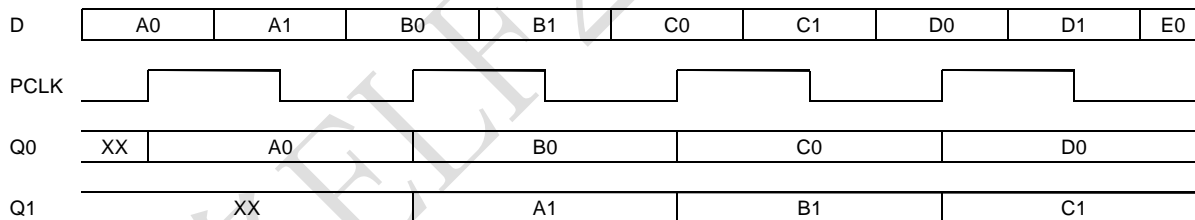


图 2.7-5: iGDDR 同沿输入模式

## iDDRx1 同沿 Pipelined 输入模式

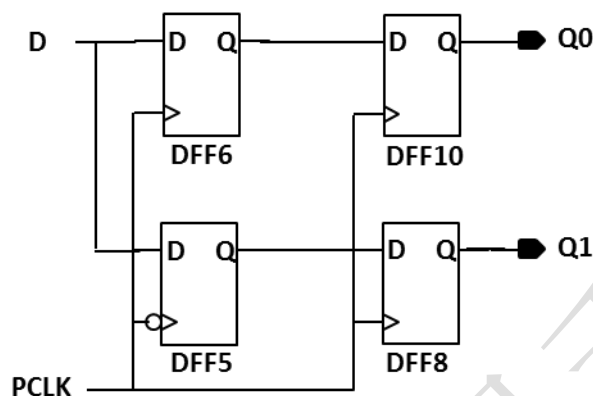


图 2.7-6: iGDDR 同沿 Pipelined 输入模式框图

在 iDDRx1 同沿模式中 Q1 相对于 Q0 要晚一个时钟周期，为补偿该延时，引入 DFF10，如图 2-6-6 所示。时序如图 2.7-7 所示。

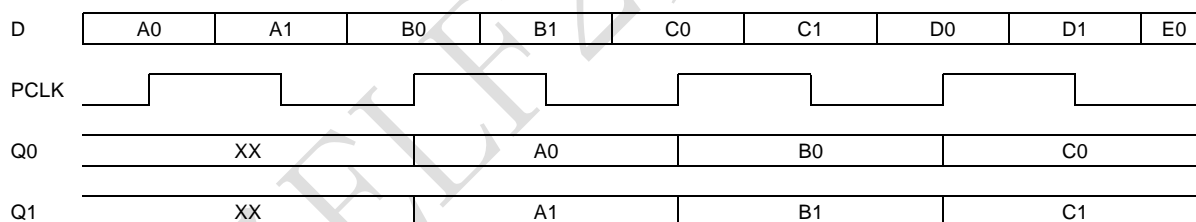


图 2.7-7: iGDDR 同沿 Pipelined 输入模式

## iDDRx2 输入模式

iDDRx2 模式下，可以支持更高的 IO 速度。PAD 与 FPGA 内部逻辑速率比为 4:1。该模式下第一级采样 DFF 由 SCLK 触发，实现高速数据的采样和 1:2 的分离。第二级分离 DFF 由 FPGA 系统时钟 PCLK 触发，实现数据与内核逻辑的同频。PCLK 为 SCLK 速度的一半。

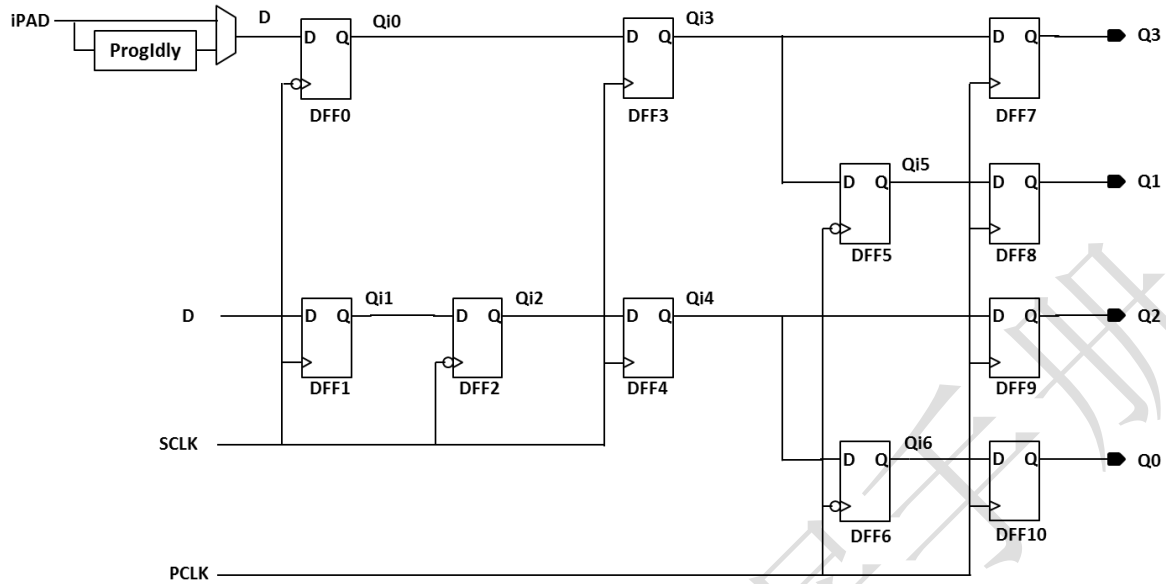


图 2.7-8: iDDRx2 输入模式

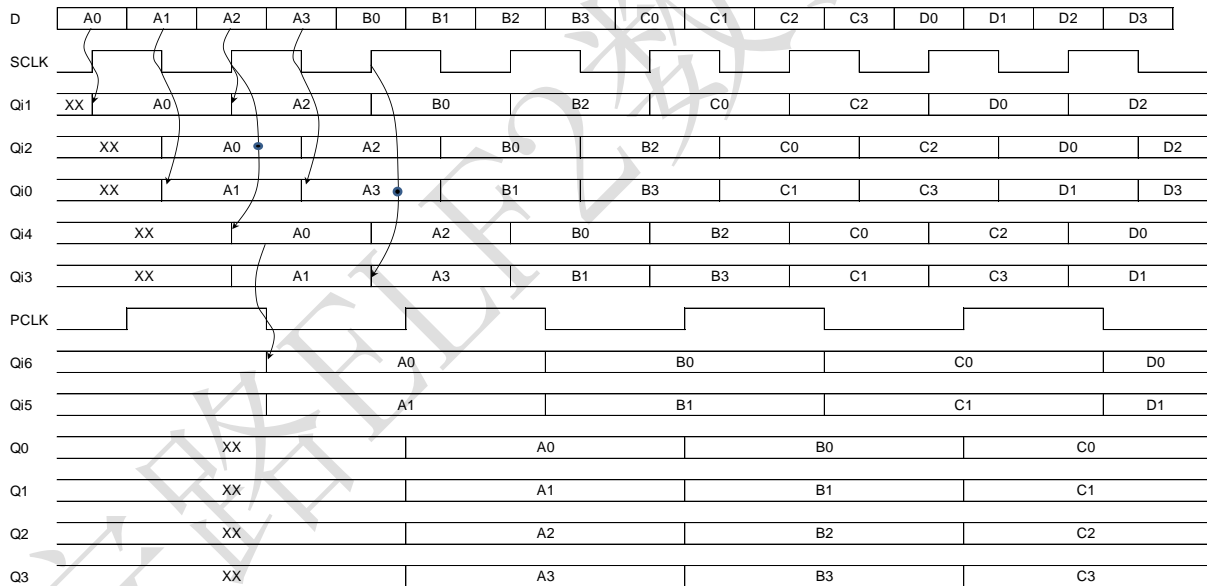


图 2.7-9: iDDRx2 输入模式时序

### 2.7.1.4 输入延时单元

每一个 IOL 逻辑单元内都包含一个可编程输入延时单元，加强对源同步功能的支持。支持静态控制延迟的方式。IOLB 和 IOLE 支持的可调范围如所示。

表 2.7-2 : IOL 输入延时调整范围

IOL 类型	可调整 Step	步进精度	最大延时
IOLB	8	50ps	0.7ns
IOLE	32	35ps	1.2ns

### 2.7.2 输出寄存器逻辑

输入输出逻辑 ( IOL ) 中的输出寄存器用来处理内部核心逻辑到高速 I/O 接口的时序。图 2.7-10 给出了输出寄存器框图。

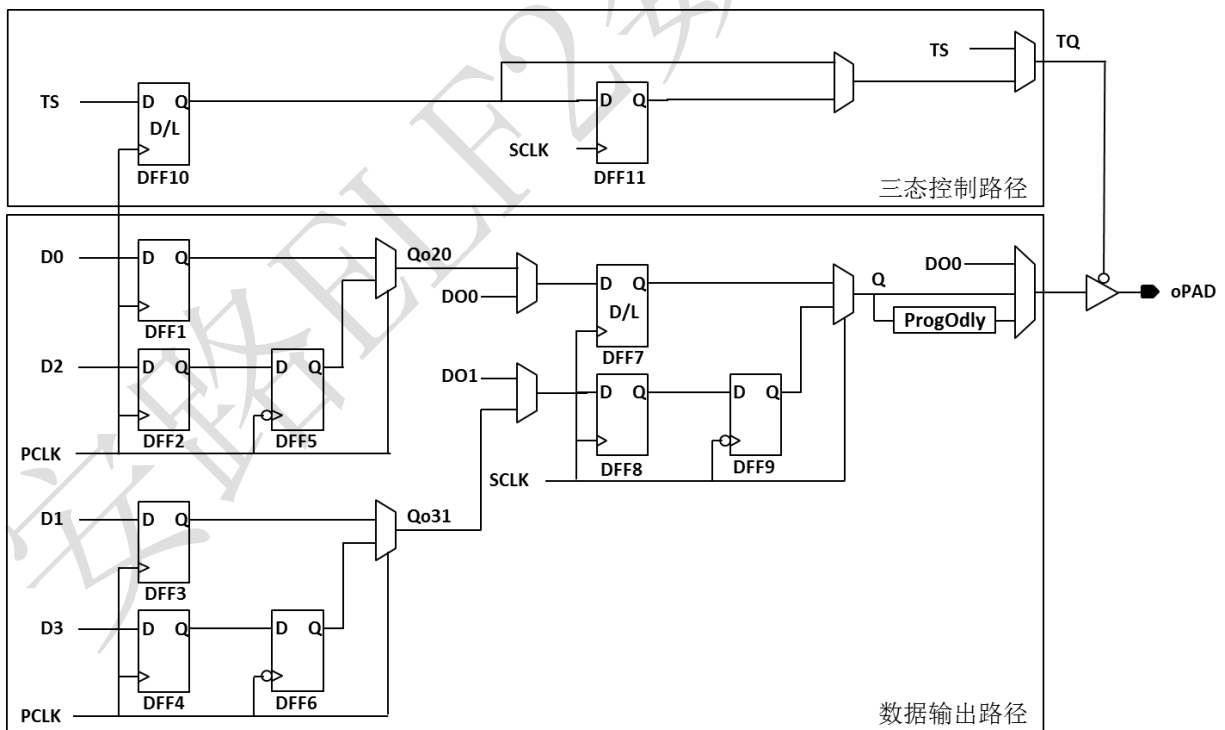


图 2.7-10: 输出寄存器框图

### 2.7.2.1 普通输出模式

普通输出模式下的 IO 逻辑如图 2.7-11 所示，此模式下信号直接从 FPGA 内部逻辑输出到 PAD。

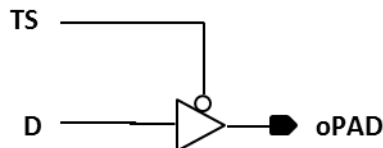


图 2.7-11: 普通输入模式框图

### 2.7.2.2 SDR 输出模式

相比普通模式，如图 2.7-12 所示，SDR 模式使用了 IOL 寄存器，可以有效地改善 IO 的时序性能。

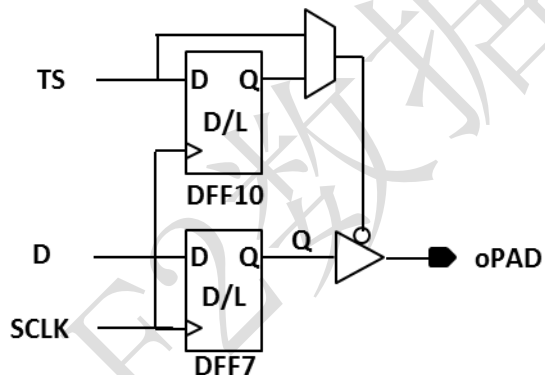


图 2.7-12: SRD 输出模式框图

### 2.7.2.3 DDR 输出模式

ELF2 器件 IOL 中有专用的寄存器用以支持 oDDRx1 和 oDDRx2 模式。

### oDDR<sub>x</sub>1 输出模式

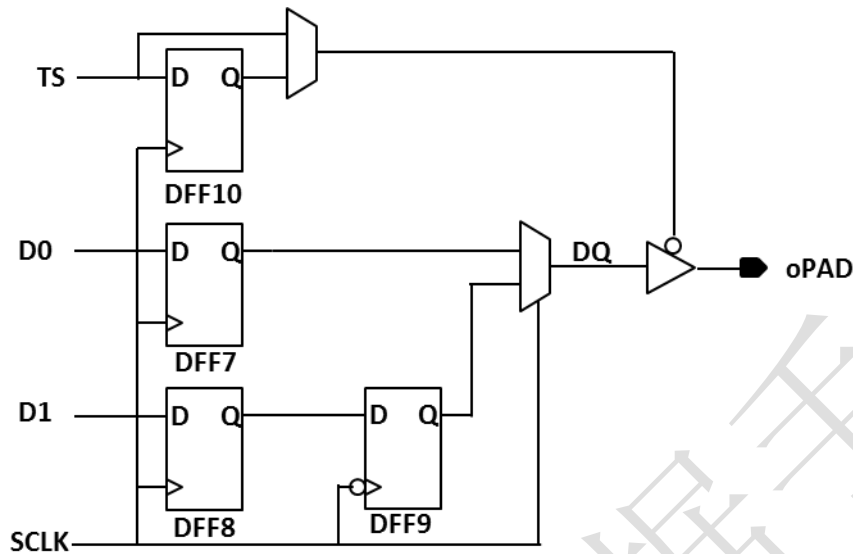


图 2.7-13: oDDR<sub>x</sub>1 输出模式框图

在 oDDR<sub>x</sub>1 模式，数据 DO0 和 DO1 被 SCLK 同沿采样进 DFF7 和 DFF8，并分别在上升沿和下降沿输出到 oPAD，时序如图 2.7-14 所示。

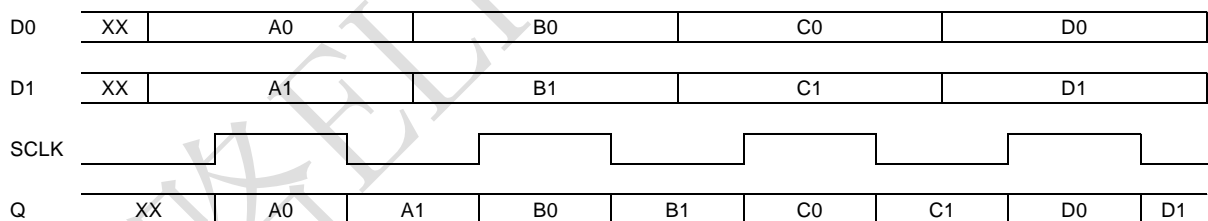
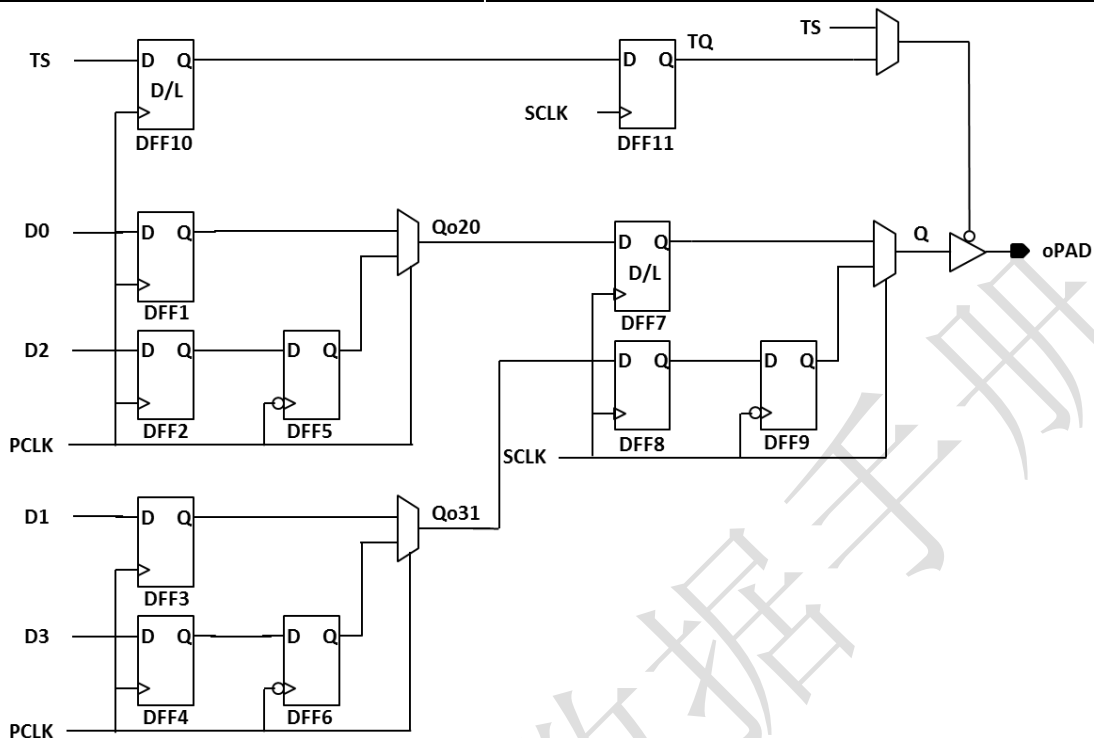
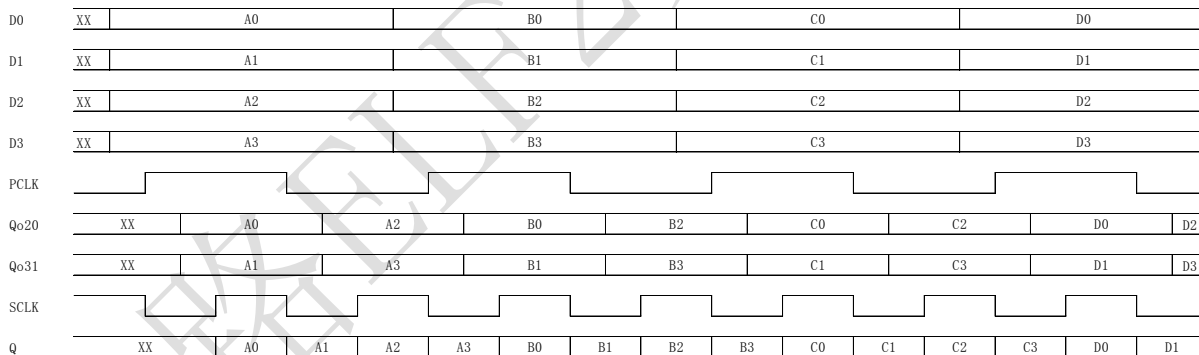


图 2.7-14: oGDDR 输出模式

### oDDR<sub>x</sub>2 输出模式

oDDR<sub>x</sub>2 模式下，可以支持更高的 IO 速度。PAD 与 FPGA 内部逻辑速率比为 4:1。该模式下第一部分 DFF 由 FPGA 系统时钟 PCLK 触发，实现数据的采样和 2:1 并串转换。第二部分 DFF 由高速 SCLK 触发，实现数据高速串行输出。PCLK 为 SCLK 速度的一半。


**图 2.7-15: oDDRx2 输出模式**

**图 2.7-16: oDDRx2 输出模式时序**

### oDDRx2L 输出模式

与 oDDRx2 相比，oDDRx2L 模式直接使用内部 SCLK 的 2 分频作为 PCLK，节省 1 个 CLK。数据输出比 oDDRx2 模式晚一个 SCLK 时钟周期。



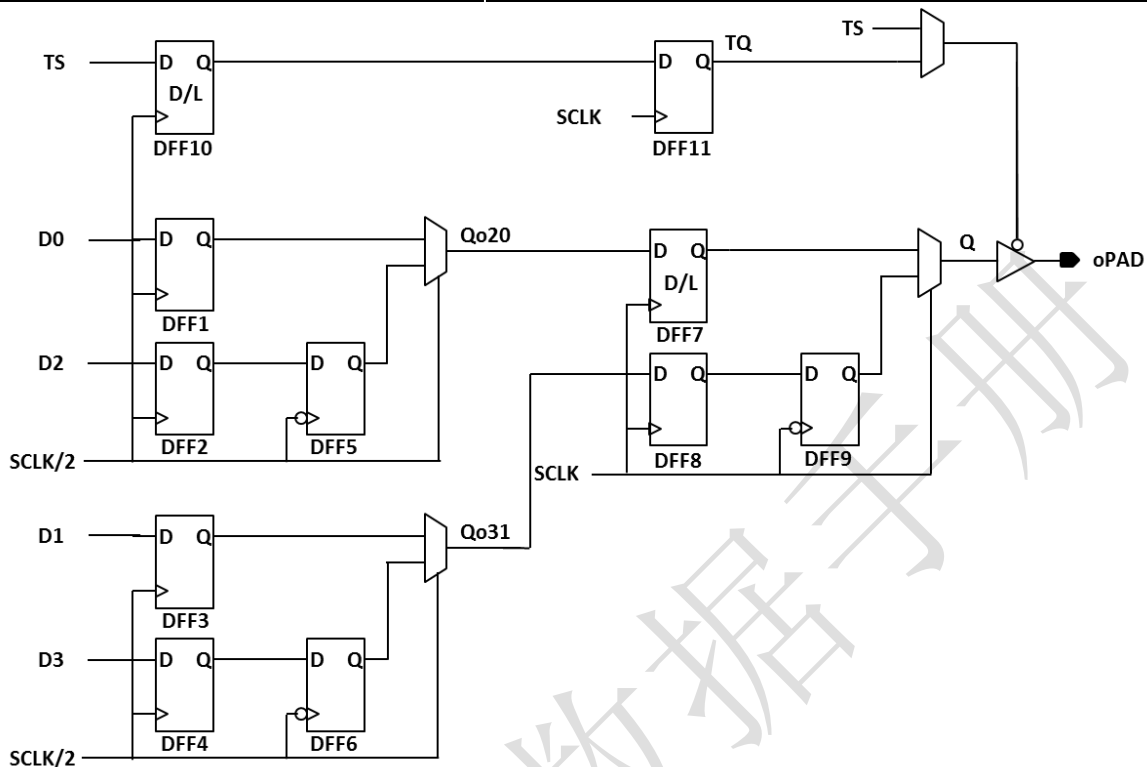


图 2.7-17: oDDRx2L 输出模式

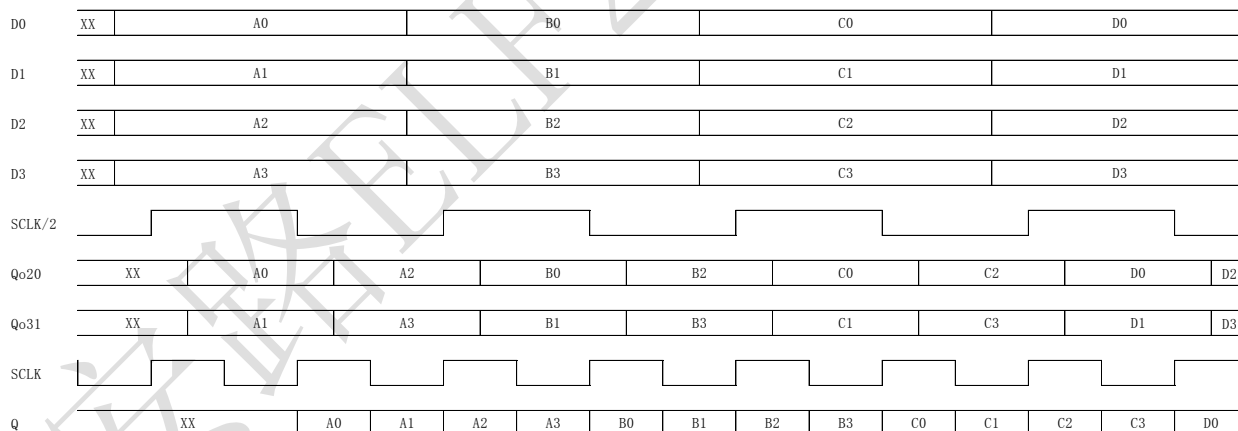


图 2.7-18: oDDRx2L 输出模式时序

### 2.7.2.4 输出延时单元

每一个 IOLE 逻辑单元内都包含一个可编程输出延时单元，总共支持 4 级调节，每级延时 100ps。支持静态控制延迟的方式。

## 2.8 输入输出缓冲器 ( IOB )

### 2.8.1 IOB 简介

ELF2 有两种类型 I/O : 基本型 IOBB 和增强型 IOBE。ELF2 具有可配置高性能 I/O 驱动器和接收器, 可支持种类繁多的标准接口。强大的功能集包括输出强度和斜率的可编程控制。

每个 IOBE 包含输入、输出和三态驱动器。这些驱动器可以按照各种 I/O 标准配置。差分 I/O 使用在一个模块中的两个 IOBE。

IOBE 支持电平标准 :

- 单端 I/O 标准 ( LVCMOS、LVTTTL、HSTL、SSTL、GTL、PCI )
- 差分 I/O 标准 ( LVDS、LVPECL、BLVDS、差分 HSTL 和 SSTL )

IOBE 支持上述电平标准的同时, IOBE 支持以下配置项 :

- 输出驱动能力调节
- 输出 Slew Rate 调节
- 弱上拉/下拉电阻选择配置
- PCI Clamp 使能
- Bus Hold 功能使能

图 2.8-1 : 基本 IOBE 框图所示为基本 IOBE 及其与内部逻辑和器件焊盘的连接。

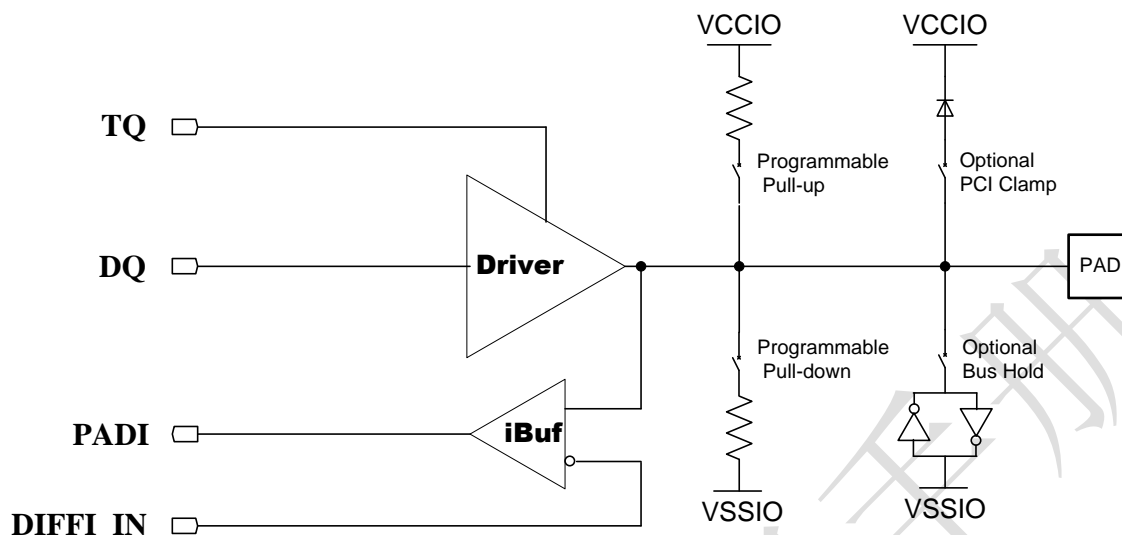


图 2.8-1：基本 IOBE 框图

各 IOBE 直接连接 IOLE 组成输入输出逻辑对，该逻辑对包含输入和输出逻辑资源，可用于数据和 IOBE 的三态控制。

IOBB 支持电平标准：

- 单端 I/O 标准 (LVCMOS、GTL)
- 差分 I/O 标准 (LVDS 输入、LVPECL 输入)

IOBB 支持以下配置项：

- 弱上拉/下拉电阻选择配置
- Bus Hold 功能使能

## 2.8.2 I/O 分组

ELF2 器件有 4 个 I/O 组：每个边有一个用户 I/O 组。组 0 位于左边。

每一个 I/O 组包含两个参考电压输入。每一个 I/O 组由对应的 VCCIO 供电。

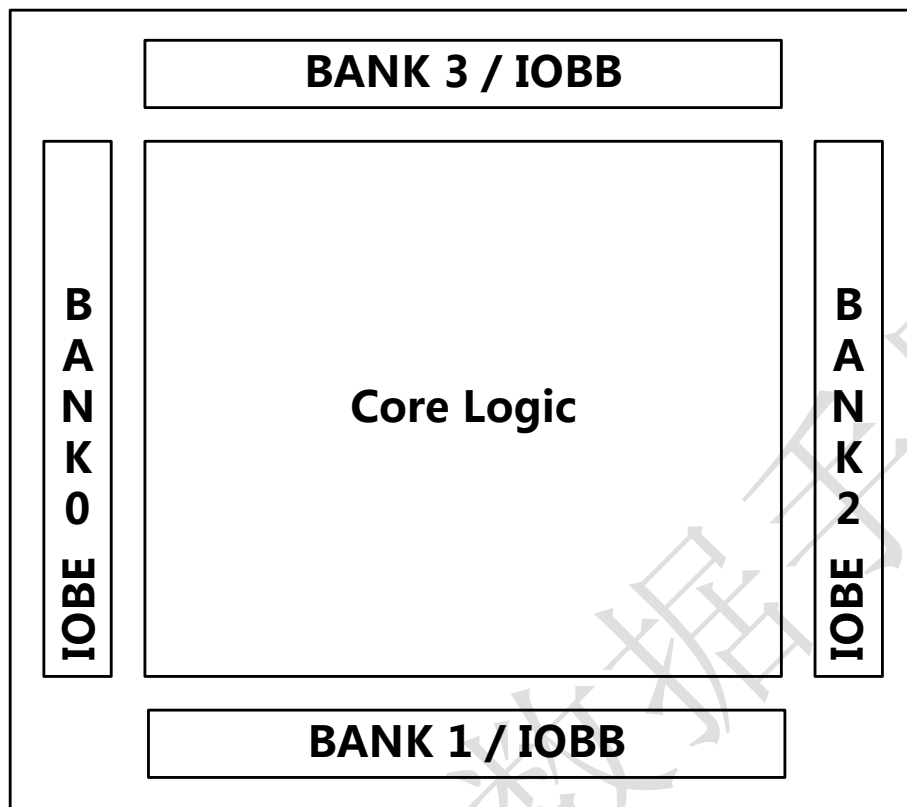


图 2.8-2 : I/O 组示意图

备注：实际 IO 电源域划分请参考封装文件

### 2.8.3 高速 LVDS 接口

ELF2 系列器件支持的差分标准见

表 2.8-1 : ELF2 支持的差分标准.

安路ELF2数据手册

**表 2.8-1 : ELF2 支持的差分标准**

差分标准	I/O Location	接收		发送	
		支持	外部电阻	支持	外部电阻
LVDS	左/右	Yes	No	Yes	No
	上/下/左/右	Yes	Yes	Yes	3 电阻
RSDS	左/右	Yes	No	Yes	No
	上/下/左/右	Yes	Yes	Yes	3 电阻
mini-LVDS	左/右	Yes	No	Yes	No
	上/下/左/右	Yes	Yes	Yes	3 电阻
PPDS	左/右	Yes	No	Yes	No
	上/下/左/右	Yes	Yes	Yes	3 电阻
BLVDS	上/下/左/右	Yes	Yes	Yes	Yes
LVPECL	左/右	Yes	No	-	-
	上/下/左/右	Yes	Yes	Yes	3 电阻

备注：该表位置信息基于 EF2L2500XG42B 封装，其他封装请以封装文件为准

True LVDS 与 Emulated LVDS 均可作为 LVDS25 标准输入。

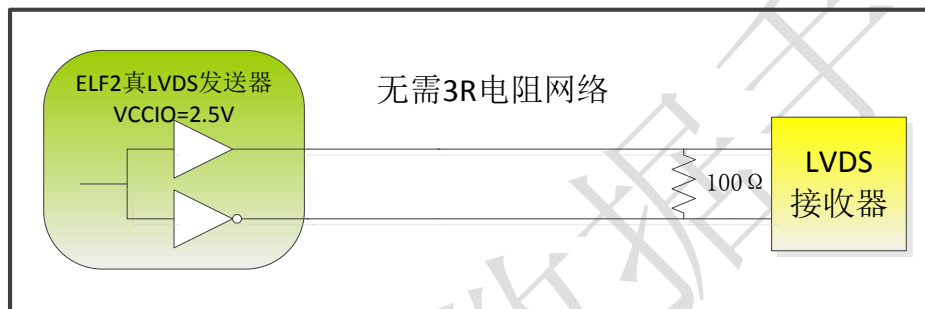
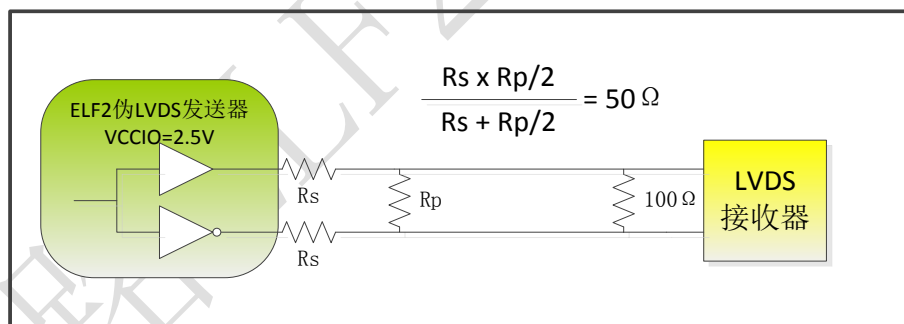
作为输出时，True LVDS 采用 LVDS25 标准直接输出 LVDS 电平标准，无需外部匹配电阻，如图 2.8-3 : True LVDS 输出所示。

Emulated LVDS 作为输出时采用 LVDS25E 标准，最大输出频率 166MHz，且要外接 3R 电阻网络对输出电压摆幅进行衰减以满足 LVDS 标准，如图 2.8-4 : Emulated LVDS 输出 3R 电阻网络所示。可以通过改变电阻网络值来降低功耗或者改善噪声容限。

表 2.7-2 给出了 Emulated LVDS 推荐电阻值。

**表 2.8-2 : Emulated LVDS 推荐电阻值**

电阻	电阻值 ( 欧姆 )	
	IOBB	IOBE
R <sub>S</sub>	300	175
R <sub>P</sub>	120	140


**图 2.8-3 : True LVDS 输出**

**图 2.8-4 : Emulated LVDS 输出 3R 电阻网络**

## 2.8.4 高速 LVDS 发送预加重

传输通道最明显的影响是其低通的特性，即会对高频信号进行比较大的衰减。对于一个方波信号来说，其高次谐波对于信号形状的影响很大，如果所有高次谐波全部被衰减掉了，方波看起来就象个正弦波了。

预加重 (Pre-emphasis) 是一种在发送端事先对发送信号的高频分量进行补偿的方法。这种方法是增大信号跳变边沿后第一个 bit (跳变 bit) 的幅度 (预加重)。由于跳变 bit 代表了信号里的高频分量，所以这种方法有助于提高发送信号里的高频分量，进而改善信号传输质量。

ELF2 的高速 LVDS 发送接口支持的预加重可配置选项如表 2.8-3 所示。

**表 2.8-3 : 预加重配置选项**

VCCIO (V)	Vod (mV)	Pre-Emphasis (dB)		
		Low	Medium	High
1.8	150	1.5	2.9	4.4
	200	1.5	2.9	4.4
	250	1.2	2.3	3.5
	300	1.1	2.1	3.2
	300	1.3	2.6	3.9
	330	1.2	2.3	3.5
	350	1.1	2.1	3.2
2.5	150	1.5	2.9	4.4
	200	1.5	2.9	4.4
	250	1.5	2.9	4.4
	350	1.5	2.9	4.4
	400	1.3	2.6	3.9
	450	1.2	2.3	3.5
	500	1.1	2.1	3.2



## 2.8.5 MIPI IO

ELF2 增强型 IOBE 内置了 MIPI HS 接收器端接电阻及其他 HS/LP 切换的处理电路，不需要板上额外电阻，使用一对 IO 端口即可实现对 MIPI HS /LP 功能的支持，可兼容 MIPI D-PHY 的 IO 电气标准，方便用户使用。

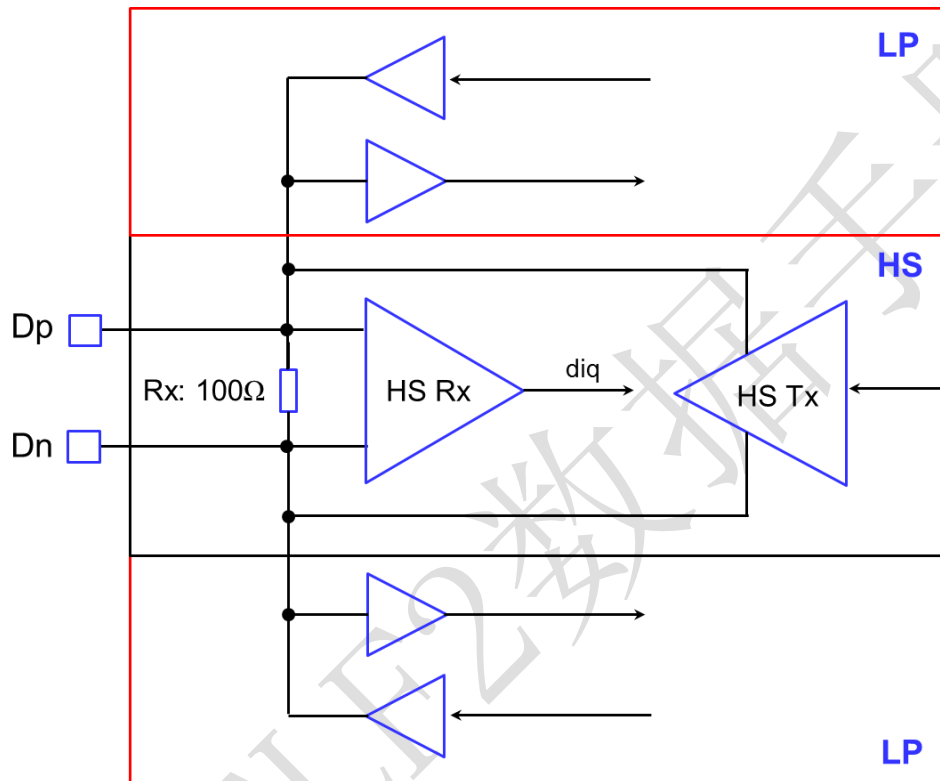


图 2.8-5 : MIPI IO 结构框图

## 2.8.6 兼容 5V 输入

ELF2 有两种类型 I/O：基本型和增强型。其中基本型 IOBB 支持 5V 直接输入；增强型 IOBE 可以工作在 1.2-3.3V 电压范围，不能直接接收 5V 输入。如果 5V 电压信号驱动到 ELF2 器件的输入，需要外部串接电阻和打开 ELF2 I/O 内部的 PCI 箝位二极管把输入端口接收到的电压降到器件安全范围内，如图 2.8-6 所示。

电阻 R 值依赖于 PCI 箝位二极管的电流特性，二极管的电压电流特性见表 2.8-4。

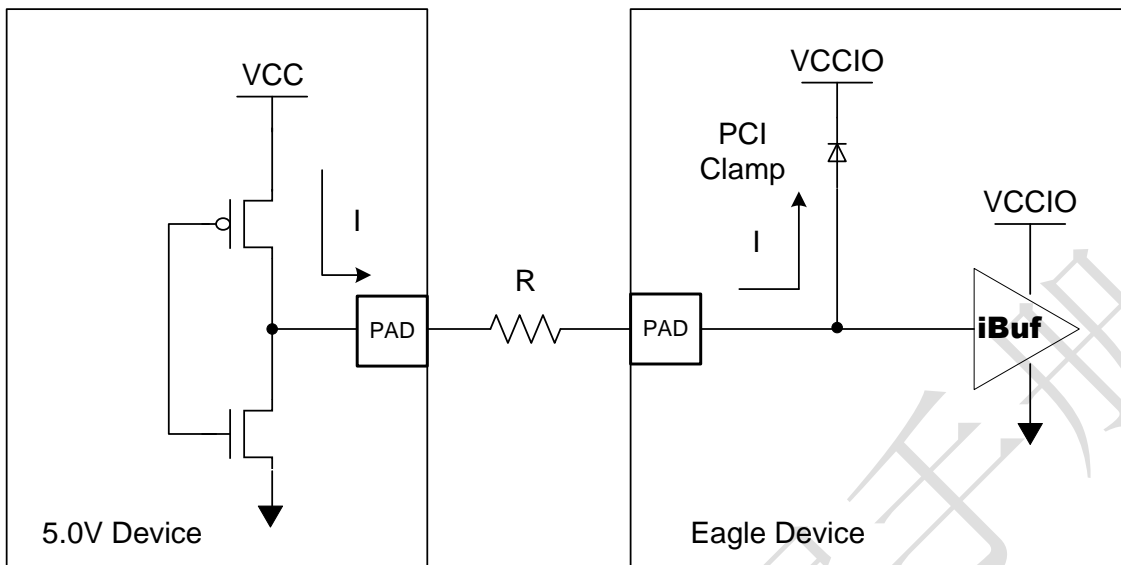


图 2.8-6 : 5V 输入驱动 ELF2 器件

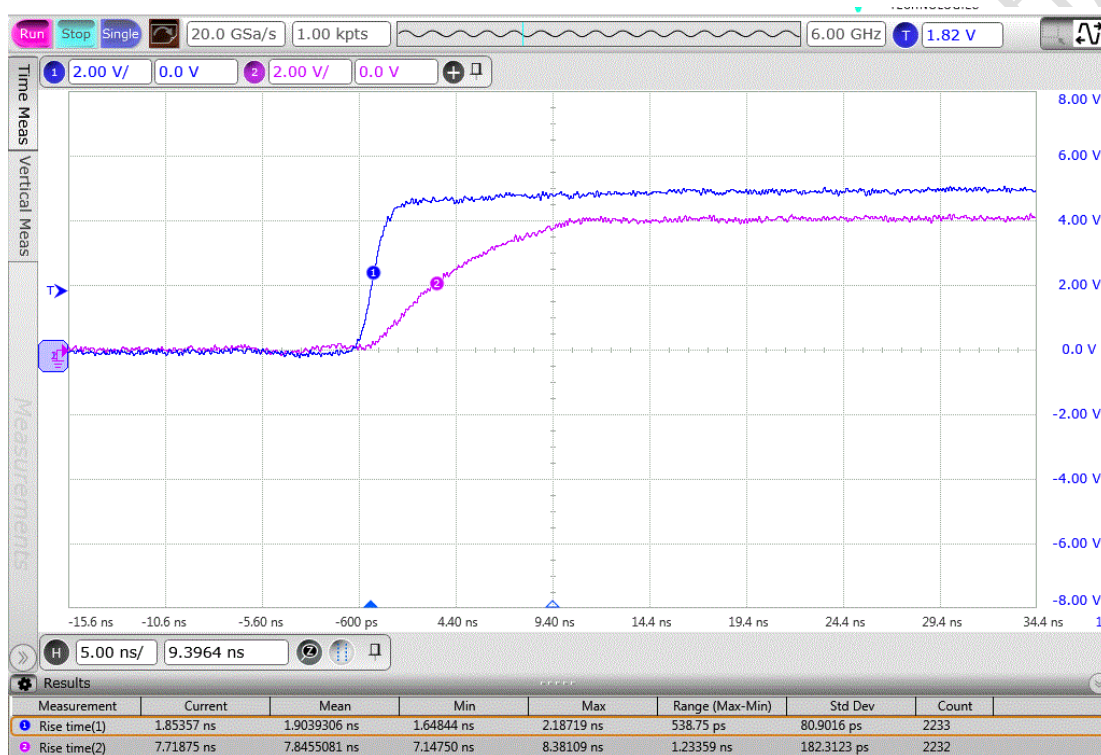
表 2.8-4 : PCI 箝位二极管的电流特性

$V_D$ (V)	$I_{max}$	Unit
0.0	0.92	$\mu A$
0.1	9.2	$\mu A$
0.2	20	$\mu A$
0.3	30.4	$\mu A$
0.4	43.3	$\mu A$
0.5	76.5	$\mu A$
0.6	0.15	mA
0.7	0.36	mA
0.8	2.85	mA
0.9	9.42	mA

为支持 5V 输入，建议 VCCIO 电压工作在 2.5-3.0V 范围。I/O 器件最大容限绝对电压为  $V_{IMAX}=3.7V$ ，设置  $V_{CCIO}=2.5V$ ，取分压后 IO 输入端接收到的电压  $V_I=3.3V$ ，则二极管上的压降为  $V_{DIO} = V_I - V_{CCIO} = 3.3 - 2.5 = 0.8V$ 。  $IDIO @0.8V = 2.85mA$ ，  $R = (5 - 3.3)V/2.85 mA = 596\Omega$ 。

在输入端箝位通路分别串接不同阻值电阻，在 ELF2 接收端测量波形如图 2.8-7-图 2.8-8 所示。

串接电阻  $R=330 \Omega$ ，上升时间为 7.8ns，下降时间为 12ns，见图 2.8-7。



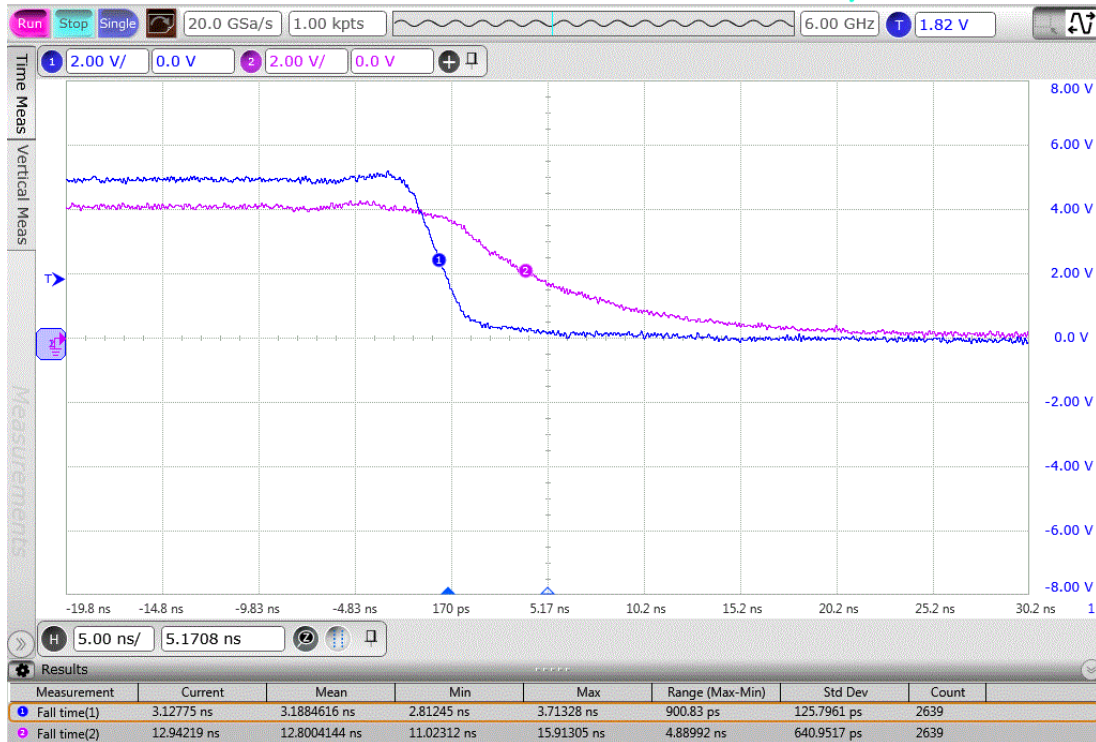
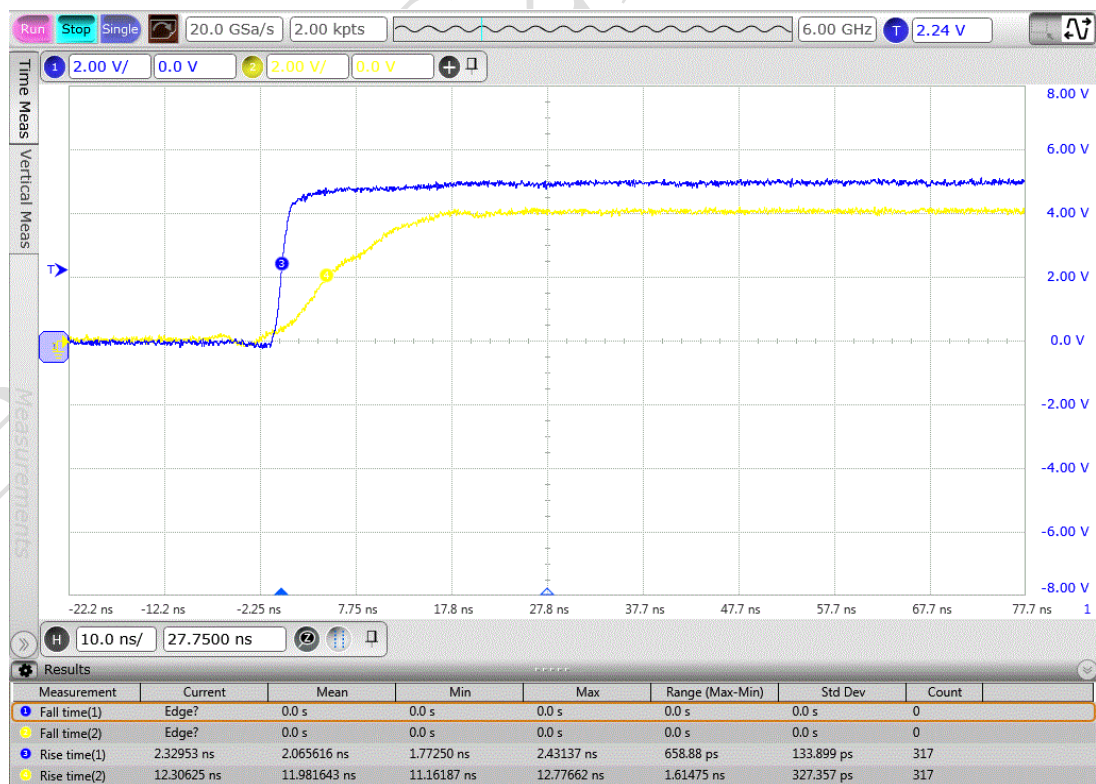


图 2.8-7 : 5V 输入驱动 ELF2 器件接收端波形 @R=330 Ohm

串接电阻 R=600 Ohm , 上升时间为 12ns , 下降时间为 21ns , 见图 2.8-8。



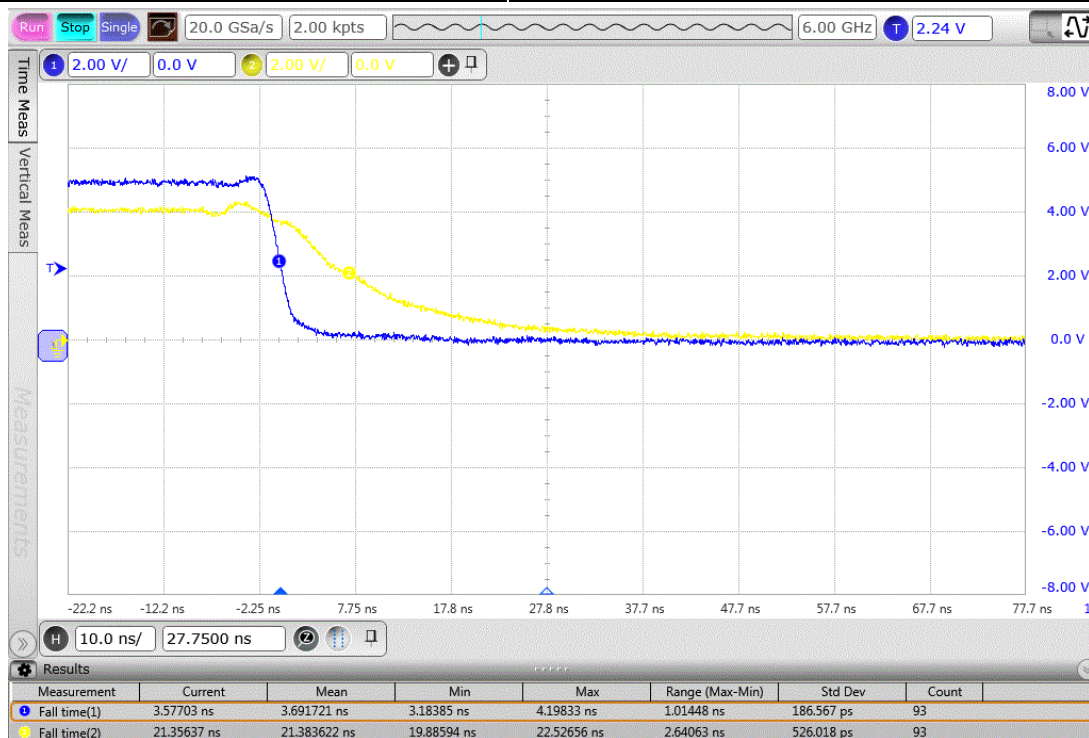


图 2.8-8 : 5V 输入驱动 ELF2 器件上升/下降沿 @R=600 Ohm

## 2.9 ELF2 FPGA 配置说明

ELF2 FPGA 内置 4Mbit spi flash。配置是通过往芯片内部装载配置数据来实现，支持内部和外部下载。ELF2 芯片有一部分引脚是专用配置引脚，另一部分是复用引脚，TD 软件提供复用引脚的配置功能，在配置完成之后可以用做一般输入输出。

### 2.9.1 配置模式

ELF2 支持 5 种配置方式，分别是从动串行，从动并行，内部 SPI 模式，APB 模式和 JTAG 配置模式。其中从动串行、从动并行和 JTAG 是外部下载模式，内部 SPI 模式和 APB 模式是内部下载模式。内部 SPI 模式支持 x1,x2,x4 位宽。APB 模式需要内部 MCU 模块支持。配置模式由内部 feature 寄存器决定，默认为内部 SPI 模式 x1。具体选择关系见表 2.9-1。

ELF2 系列 FPGA 配置位流最大~2M bits，长度与 BRAM 初始化数据长度相关。

### 2.9.1.1 ELF2 配置模式

**表 2.9-1 : ELF2 配置模式及引脚**

配置模式									
配置引脚名	类型	SS	SP	MP	MSPI			APB	JTAG
		从动串行	从动并行	主动并行	内部 SPI			APB	JTAG
		Slave Serial	Slave Parallel	Master Parallel	X1	X2	X4	-	-
PROGRAMN	复用 IO	PROGRAMN						-	-
INITN	复用 IO	INITN						-	-
DONE	复用 IO	DONE						-	-
SCLK	复用 IO	SCLK			-			-	-
CSN	复用 IO	CSN			-			-	-
TMS TCK TDI TDO JTAGEN	复用 IO	-						-	TMS TCK TDO TDI JTAGEN
D[7:2]	复用 IO	-	D[7:2]	D[7:2]	-			-	-
D[1]	复用 IO	-	D[1]	D[1]	-			-	-
D[0]/DIN	复用 IO	DIN	D[0]	D[0]	-			-	-

下面是 ELF2 复用配置引脚：

- 配置时钟引脚 ( SCLK )
- 配置开始信号引脚 ( PROGRAMN )
  - 配置完成引脚 ( DONE )
  - 配置错误指示引脚 ( INITN )
- 模式配置片选引脚 ( CSN )
- 配置级联数据输出脚 ( DOUT )

- 边界扫描相关引脚 ( TDI , TDO , TMS , TCK, JTAGEN ) ,
- 配置数据输入引脚 ( D[7:0] ) , D[0]可以作为从模式下的 DIN

DONE/INITN 是带内部弱上拉的开漏输出。

## 2.9.2 配置流程

ELF2 FPGA 芯片的整个配置过程可以分三个部分。首先,在芯片上电复位或者系统复位信号有效后进入复位,等待内部信号和电源稳定后,系统进入初始化阶段,装载 feature 寄存器值,内部配置信息清除,初始化完成后,FPGA 开始接受配置数据写入,写入完成后,FPGA 芯片启动阶段,如图 2.9-1 所示。

### 上电初始化过程

ELF2 FPGA 芯片上电后,系统需要经过初始化过程才能进入配置下载状态。另外,用户如果需要重新对配置数据下载,拉低 PROGRAMN 后,系统进入初始化过程,初始化过程中,FPGA 装载 feature 寄存器,然后将清除内部所有配置点,复位内部寄存器。

### 配置数据写入

ELF2 FPGA 初始化完成后,INITN 信号变为高电平,此时用户配置数据可以写入 ELF2 FPGA。

INITN 信号变为高的时候,FPGA 根据 feature 寄存器内容确定配置模式。JTAG 可以在任何模式中进入。

配置过程中,INITN 信号变低表示配置出错,出错后可以选择重新加载。

### 启动阶段

ELF2 FPGA 完成所有配置点和块 RAM 的数据写入之后,进入启动过程。ELF2 FPGA 启动主要完成以下功能:

- a) 释放 DONE 信号。DONE 信号从低电平变为高电平表示 ELF2 FPGA 顺利完成数据配置,反之则表示没有顺利完成配置。
- b) 释放全局三态信号 GTS,全局三态信号 GTS 的释放,能够释放所有 I/O 管脚。
- c) 释放全局复位/置位信号 GSR,允许所有的触发器改变状态。
- d) 释放全局写使能信号 GWE,允许所有的 RAM 和触发器能够被写入。

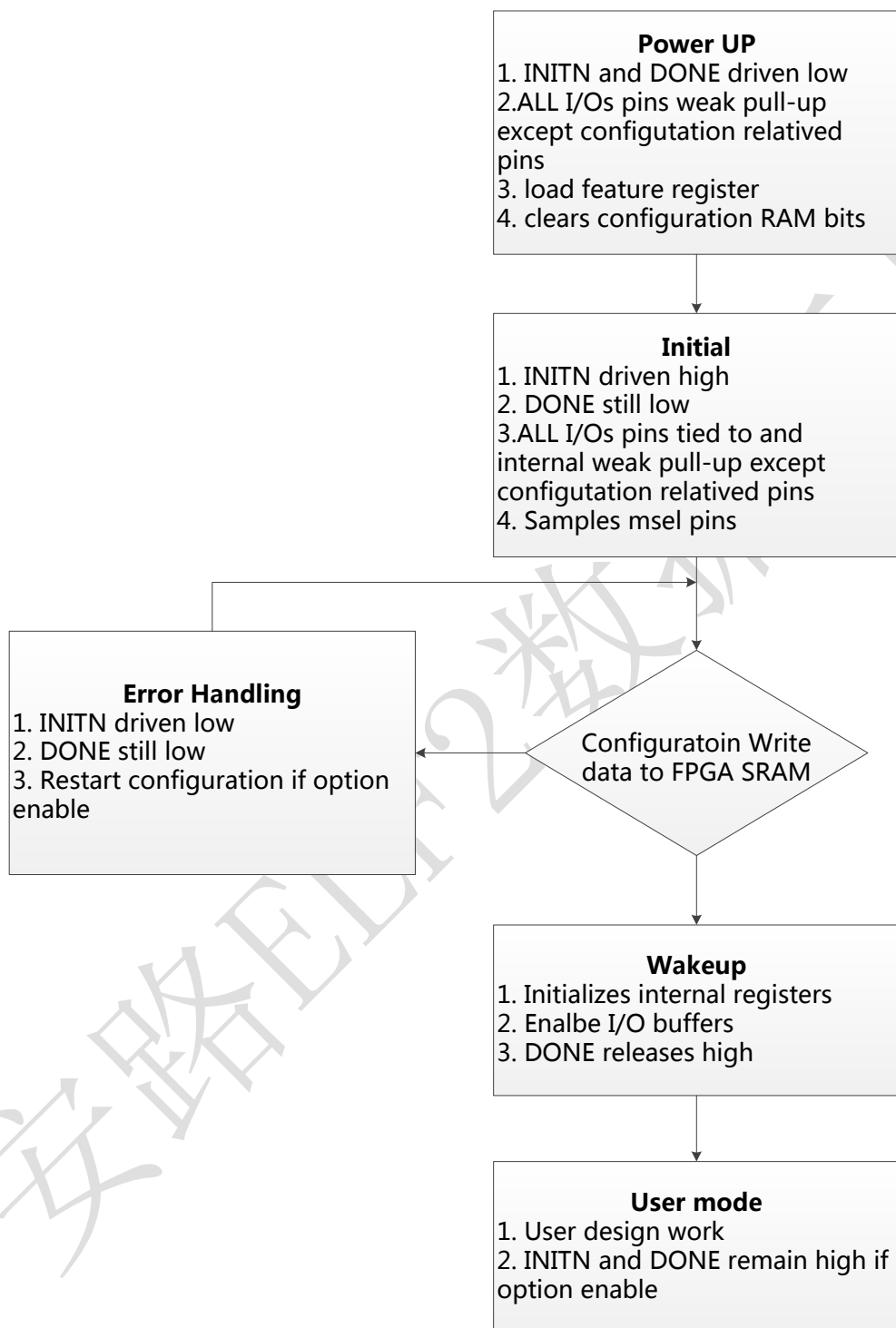


图 2.9-1 : ELF2 MSPI 配置流程



### 2.9.3 MSPI 配置模式

在 MSPI 模式下，ELF2 通过内部 Flash 进行配置。该模式下配置时钟由内部振荡器产生，用户能够选择下载频率范围。芯片上电时设定为一个默认的低频率值，用户可以通过位流软件频率选项来更改频率，频率范围从 2MHz~30MHz。MSPI 支持 x1,x2,x4 位宽模式，可通过 feature 寄存器设定。

内部 FLASH 数据写入可以使用安路 FPGA 下载器通过 JTAG 在线写入，批量生产时也可通过安路离线下载器写入。

图 2.9-2 是 ELF2 MSPI 配置方式连接图，PROGRAMN 信号控制复位 ELF2 FPGA 配置，其中 INITN 和 DONE 信号为带内部上拉的开漏输出信号，DONE 信号变高，表示配置成功，芯片开始工作。

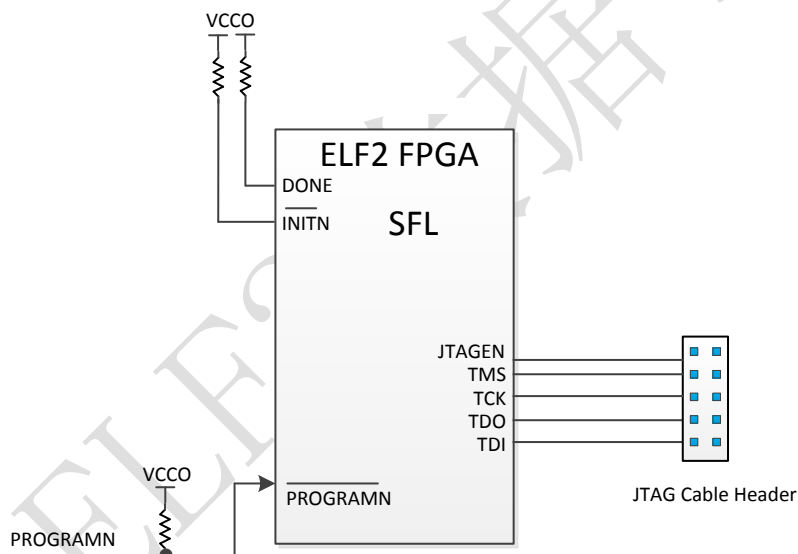
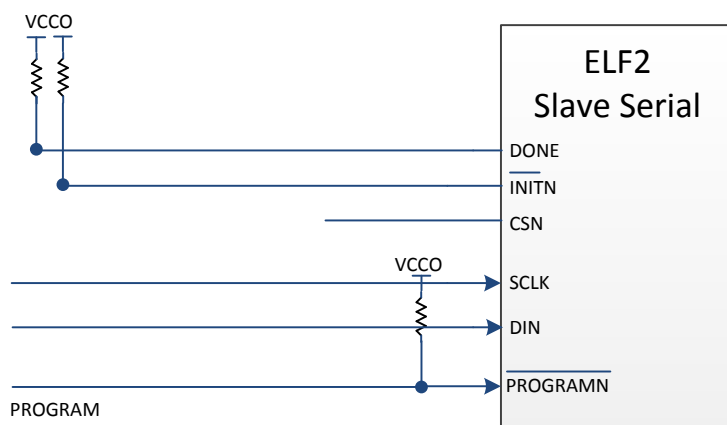
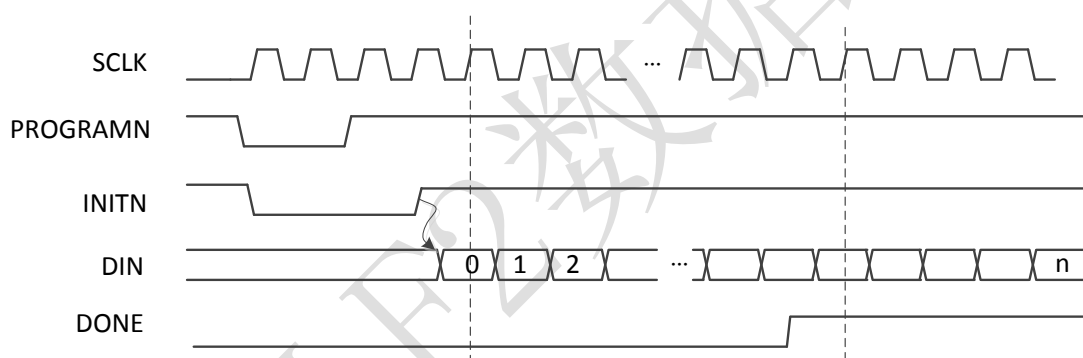


图 2.9-2 : ELF2 MSPI 配置方式

### 2.9.4 从动串行配置模式

从动串行 (SS) 模式下，FPGA 可以通过 MCU 进行加载。TD 软件可以生成 bin 文件用于 MCU 加载。

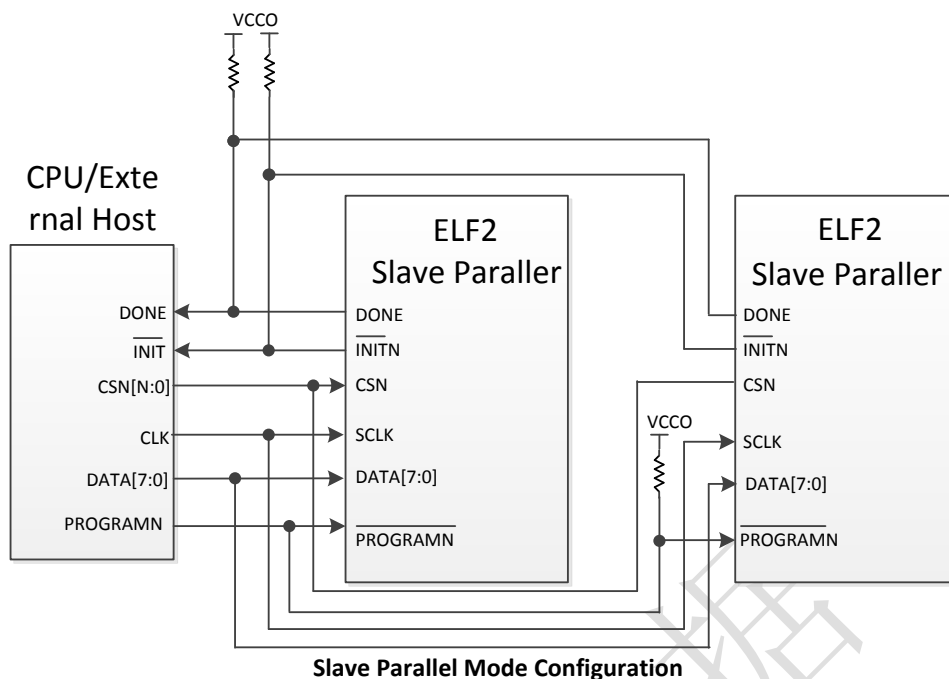
MCU 通过 SCLK、DIN 信号使用串行方式将数据写入 FPGA。ELF2 FPGA 芯片在每个 SCLK 的上升沿接收数据，数据发送完成后，DONE 拉高表示配置完成，如果配置出错，会将 INITN 信号拉低。


**图 2.9-3 : ELF2 串行配置方式**

**图 2.9-4 : ELF2 串行配置模式时序图**

### 2.9.5 从动并行配置模式

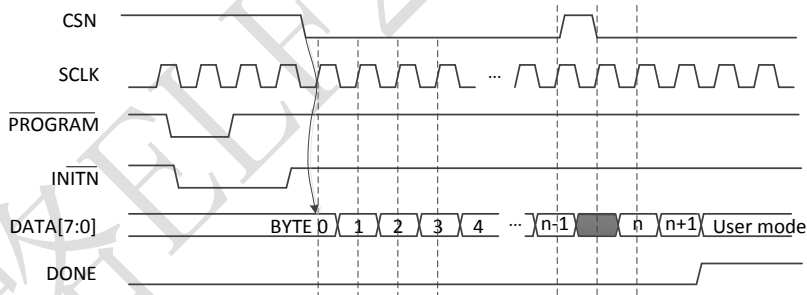
从动并行配置适合通过 MCU 或者 CPU 等控制器使用。从动并行通过 8 位并行数据写入能够达到较快的配置速度。

如图 2.9-5 所示，其中多个 CSN 信号可以选择多个配置芯片。



**图 2.9-5 : ELF2 从动并行配置方式**

从动并行配置模式时序如图 2.9-6 所示。开始的初始化过程和串行配置一致，初始化完成之后，在片选 CSN 有效时，在时钟的上升沿配置数据写入。同样，配置完成后，DONE 信号会变高。



**图 2.9-6 : ELF2 从动并行配置时序图**

### 2.9.6 主动并行配置模式

主动并行配置和从动并行配置类似，差别在于 SCLK 时钟由 FPGA 提供。

### 2.9.7 JTAG 配置模式

ELF2 FPGA 还可以通过 JTAG 方式进行配置。JTAG 方式配置是通过配置引脚 ( TDI , TDO , TMS , TCK, JTAGEN ) 进行的。在 INITN 信号变高后, JTAG 可以通过指令中断其他模式, 进入 JTAG 配置模式。

TDI , TDO , TMS , TCK, JTAGEN 为复用 IO。当 TDI , TDO , TMS , TCK 配置为专用 IO 时, JTAGEN 可配置成用户 IO。当 TDI , TDO , TMS , TCK 配置成用户 IO 时, JTAGEN=1 可以将 TDI , TDO , TMS , TCK 强制变成专用 IO。

JTAG 配合使用安路公司专用的 USB 下载线, 配合 TD 软件进行, 可以通过软件查看配置是否成功。

### 2.9.8 DUAL BOOT 功能

ELF2 在 MSPI 模式下支持 Dual Boot 功能。当 Primary 位流下载失败后, ELF2 FPGA 自动跳转到用户设定的地址去读取 golden 位流。图 2.9-7 所示为 Dual Boot 下内部 SPI Flash 的数据空间分配。

Dual boot flash map	
0x000000	Primary bitstream
.....	
0x040000	Golden address
.....	
0x041000	Golden bitstream
.....	

图 2.9-7 : ELF2 Dual Boot SPI Flash 的数据空间分配

### 2.9.9 MULT BOOT 功能

MSPI 模式下,用户可以使用 TD 软件设置 Mult Boot 功能。当进入用户模式后,应用本身可以通过接口触发信号 mult\_bootn=0,从指定的内部 SPI Flash 地址重新开始下载位流。这个指定的地址可以选择用户接口提供或 TD 软件提供。

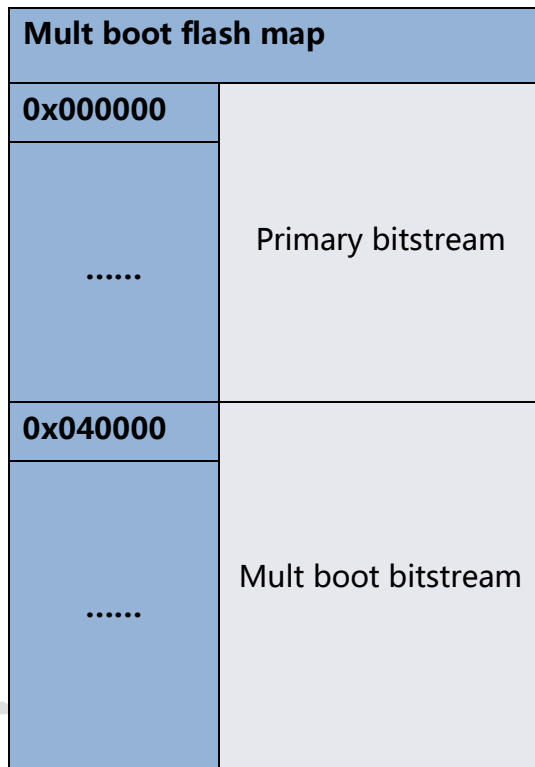


图 2.9-8 : ELF2 Mult Boot SPI Flash 的数据空间分配

### 2.9.10 FPGA I/O 引脚在配置阶段的设置

在配置阶段，FPGA 的专用引脚有上拉/下拉电阻，用户 I/O 引脚在配置过程中有可选的上拉电阻。HSWAPEN 控制位来决定 I/O 引脚上是否使能上拉电阻，此信号在 feature 寄出器中设置。

在 ELF2 中，HSWAPEN 是一位控制寄存器 CTRL[31],默认值为 1，该寄存器为只能由位流改写。如表 2.9-2 所示，配置相关信号配置前后上下拉状态说明。

**表 2.9-2 : ELF2 Configuration Pin Termination**

Pin	配置成功前		配置成功后
	HSWAPEN=0(enable)	HSWAPEN=1(disable)	
<b>PROGRAMN</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 ProgPin 设置
<b>INITN</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 InitPin 设置
<b>DONE</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 DonePin 设置
<b>SCLK</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 SpiPin 设置
<b>CSN</b>	Pull-down to Gnd	Pull-down to Gnd	User I/O
<b>TMS TCK TDO TDI JTAGEN</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 JtagPin 设置
<b>D[7:2]</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	User I/O
<b>D[1]</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 SpiPin 设置
<b>D[0]/DIN</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 SpiPin 设置
<b>CSON/DOUT</b>	Pull-up to Vccio	Pull-up to Vccio	软件 SpiPin 设置
<b>Others</b>	Pull-up to Vccio	High-Z	User I/O

### 2.9.11 FPGA 加密下载

ELF2 提供 128bit AES 位流加密功能，支持除 JTAG 外的所以模式。用户 AES key 存储在片上 eFUSE 中, ELF2 提供 AES key 的保护机制，当使能 AES key 保护后，AES key 将禁止读写，以保证用户数据安全。

### 2.9.12 DNA 安全功能

ELF2 FPGA 在生产过程中为每块芯片提供一个唯一的 64 位 DNA 数据，这个数据不能被修改和擦除，用户可以利用 DNA 进行用户设计保护。TD 软件将提供 IP 接口，使用户读出 DNA 数据。如图 2.9-9、图 2.9-10 所示。Usr\_dna\_in 为移位数据输入，用于接口测试使用。

Dna\_clk 时钟频率范围 0~20MHz，dna\_shift 建议采用时钟下降沿送出，保证时序要求。

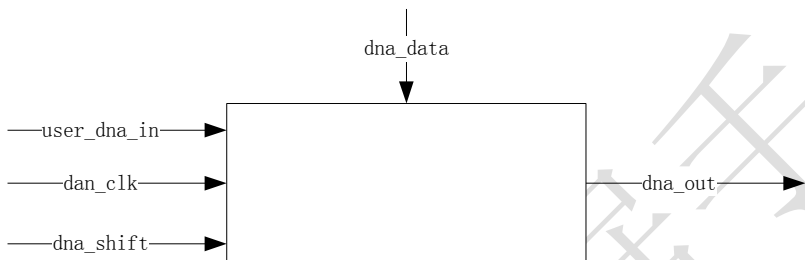


图 2.9-9 : ELF2 DNA IP

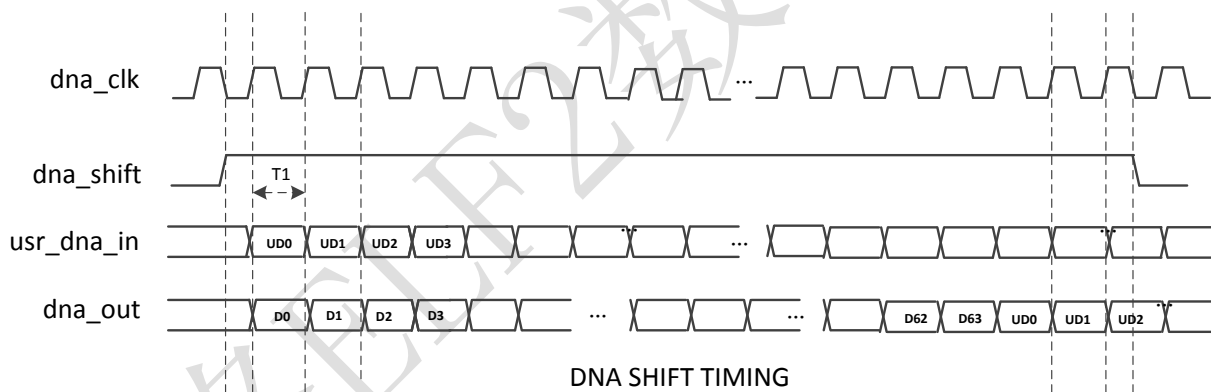


图 2.9-10 : ELF2 DNA 时序图

## 2.10 内置 MCU

将在下一版补充该内容



## 2.11 内嵌 ADC 模块

ELF2 内嵌有一个 8 通道 12 位 1MSPS ADC，位于芯片的 BANK3。ADC 其需要独立的 3.3V 模拟工作电压和模拟地以及一个独立的 VREF 电压输入。8 个通道输入和用户 IO 复用，当用户不需要 ADC 时可以用作普通用户 IO 使用。当使用 ADC 时，BANK3 的 VCCIO 电压应不低于 ADC 模拟电源电压。

表 2.11-1 : ADC 外部/内部端口

芯片端口名	端口类型	说明
ADC_VDDA	外部电源 PAD	3.3V 模拟电源输入
ADC_VSSA	外部电源 PAD	3.3V 模拟地
ADC_VREF	外部 PAD	独立输入，采样参考模拟电位输入，输入电压范围 2.0V~3.3V，不大于 VDDA
ADC_HC<7:0>	外部 PAD	8 路采样信号输入，和用户 IO 复用
内部端口名	端口方向	说明
clk	输入	ADC 工作时钟
pd	输入	ADC 低功耗掉电模式
channel_s<2:0>	输入(来自 FPGA)	ADC 通道选择信号输入
soc	输入(来自 FPGA)	ADC 采样使能信号输入，高有效
eoc	输出(到 FPGA)	ADC 转换完成输出，高有效
b<11:0>	输出(到 FPGA)	对应通道的 ADC 转换结果

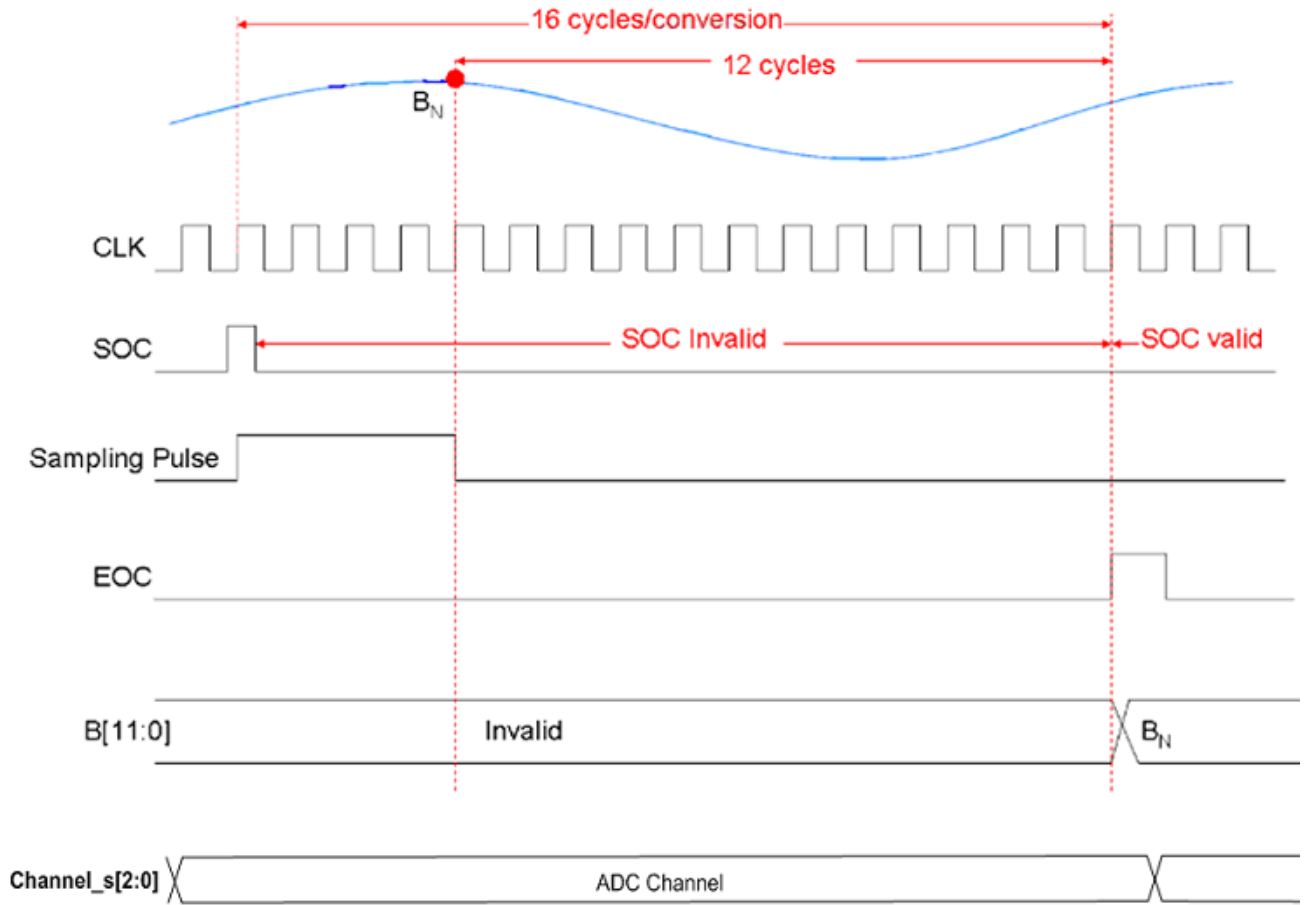


图 2.11-1 : ELF2 ADC 采样控制时序

## 2.12 高速接口 IP

将在下一版补充该内容

## 2.13 电源监控模块

ELF2 器件包含一个电源监控模块，在恶劣电源应用环境下实现对电源的实时监控。当受监控电源低于设定电平时，pwr\_dwn\_n 从“H”变为“L”给出电源工作不正常标识。用户可以使用该模块对不同的电源进行监控，在发送电源异常时能够进行记录或者采取相应的措施。

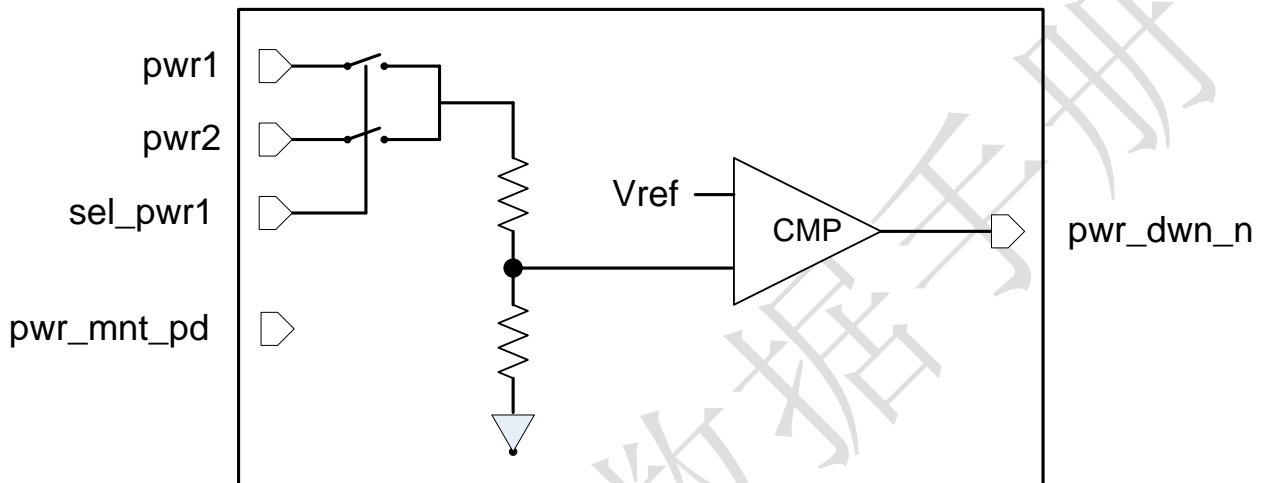


图 2.13-1：电源监控模块框图

## 2.14 内置环形振荡器

ELF2 器件包含一个 CMOS 环形振荡器，环形振荡器的输出可以作为全局时钟的输入，也可以作为 PLL 的参考时钟。环形振荡器中心频率 266MHz，在全局时钟路径上，插入的可配置分频器可以对 OSC 的频率进行 1-128 任意整数分频。可以动态配置分频系数，不使用时可以关闭 OSC 以节省功耗。

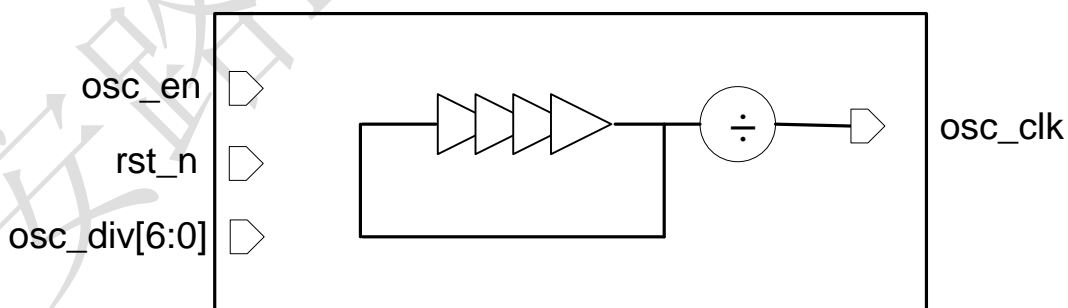


图 2.14-1：内置环形振荡器模块框图

## 2.15 内嵌温度传感器简介

芯片内部嵌有一个温度传感二极管，其输出电压正比于芯片温度。

$$V_{out} = 12 \cdot \ln 8 \cdot kT/q = 2.1502$$

其中，k=boltzman 常数=1.3806\*10<sup>-23</sup> J/K

T=Kelvin 温度=摄氏度+273.15

q=1.6022\*10<sup>-19</sup> C

按照摄氏度为单位，t 为当前摄氏温度，V<sub>out</sub> 为：

$$V_{out} = 0.594 + 0.00213t \text{ (V)}$$

温度二极管输出 V<sub>out</sub> 连接到 ADC1 的 7 号通道。用户可以通过访问此通道的 ADC 输出得到 V<sub>out</sub> 的电压值。

$$\text{ADC 输出值} = (V_{out}/V_{ref}) \cdot 2^{12}$$

其中 V<sub>ref</sub> 为 ADC 输入参考电压值。

摄氏温度 C = ( D \* V<sub>ref</sub> \* 1000 / 2048 - 594 ) / 2.13

其中包含至少一个减法和乘法操作。

用户可以用芯片内 BRAM32K 基于查表法计算当前摄氏度值，简化设计。如图 2.15-1 所示。

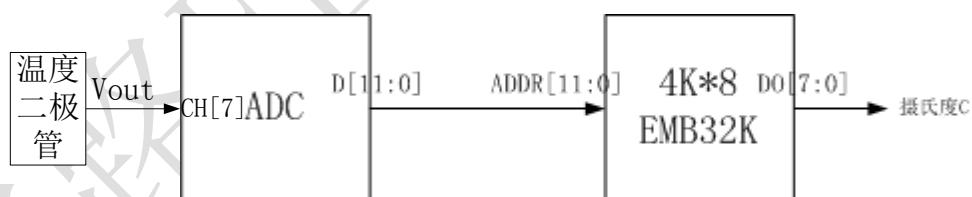


图 2.15-1 : 温度传感器 IP 框图

## 3 直流和交流特性

所有参数指最差的供电电压和结点温度。如无特殊说明，以下信息适用于：同一商业和工业级别规定的交流和直流特性。所有参数均为电压对地时的值。

### 3.1 直流电气特性

#### 3.1.1 最大绝对额定值

表 3.1-1：为最大绝对额定值

SYMBOL	参数	最小	最大	单位
V <sub>CC</sub>	内核供电电压	-0.5	1.32	V
V <sub>CCAUX</sub>	辅助电源	-0.5	3.75	V
V <sub>CCIO</sub>	I/O驱动供电电压	-0.5	3.75	V
V <sub>bat</sub>	深睡眠保持电压	-0.5	3.75	V
V <sub>I</sub>	直流输入电压	-0.5	3.75	V
V <sub>ESDHBM</sub>	人体模型静电放电电压		±2000	V
V <sub>ESDCDM</sub>	机器模型静电放电电压		±500	V
T <sub>STG</sub>	存储温度	-65	150	°C
T <sub>J</sub>	结点温度	-40	125	°C

超过以上最大绝对额定值可能会导致器件永久性损坏。这些值仅表示在该额定值下操作不会损坏器件，但不表示器件在此极限值下功能正常。器件的功能性操作或基于此的任何条件最大绝对额定值可能会造成器件永久损坏。器件长期在极值条件下运行，会严重的影响器件的可靠性。

信号转换过程中，输入信号过冲/下冲可能超过上表中给出数值，但必须同时满足电流小于 100mA 和脉冲宽度小于 20ns 两个条件。

### 3.1.2 推荐基本操作条件

**表 3.1-2 : 为推荐基本操作条件 1**

SYMBOL	参数		最小	典型	最大	单位
$V_{CC}$	内核供电电压		1.14	1.2	1.26	V
$V_{CCAUX}$	辅助电源		2.375	2.5/3.3	3.63	V
$V_{CCIO}^3$	I/O 供电电压 @ 3.3V		3.135	3.3	3.465	V
	I/O 供电电压 @ 2.5V		2.375	2.5	2.625	V
	I/O 供电电压 @ 1.8V		1.71	1.8	1.89	V
	I/O 供电电压 @ 1.5V		1.425	1.5	1.575	V
	I/O 供电电压 @ 1.2V		1.14	1.2	1.26	V
$V_I$	直流输入电压	增强型IOBE	-0.5	-	3.6	V
		基础型IOBB	-0.3	-	5.5	V
$V_{bat}$	深睡眠保持电压		2.7	3.0	3.3	V
$V_O$	输出电压		0	-	$V_{CCIO}$	V
$T_J$	结点温度	商业	0	-	85	°C
		工业	-40	-	100	°C
$T_{RAMP}$	电源缓变率		10	-	100	V/ms
$I_{Diode}$	PCI-clamp 二极管电流		-	-	10	mA

1. 器件工作时要求所有 I/O 的  $V_{CCIO}$  必须连接好电源
2. 所有输入缓冲器由  $V_{CCIO}$  供电

### 3.1.3 单电源器件静态供电电流- A/B Devices<sup>1,2</sup>

**表 3.1-3 : 静态电源电流**

SYMBOL	参数	器件	典型	单位
I <sub>bat</sub>	深睡眠保持电源	所有器件	0	mA
I <sub>VCCIO</sub>	I/O 组电源, @V <sub>CCIO</sub> =2.5V	所有器件	0	mA
I <sub>VCCAUX</sub>	辅助电源	ELF2L1500	11	mA
		ELF2L2500	11	mA
		ELF2L4500	11	mA
		ELF2M4500	11	mA

1. 该表中的数值基于通用的推荐操作条件，室温下 ( $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ ) 使用典型器件测得。
2. 典型值为空白器件，没有输出电流负载，高阻抗状态下，并当所有上拉/下拉电阻器在 I/O 引脚禁止时，测量的所有 I/O 驱动的静态电源电流。

### 3.1.4 单电源器件深睡眠供电电流- A/B Devices<sup>1,2</sup>

**表 3.1-4 : 静态电源电流**

SYMBOL	参数	器件	典型	单位
I <sub>bat</sub>	深睡眠保持电源	所有器件	45	uA
I <sub>VCCIO</sub>	I/O 组电源, @V <sub>CCIO</sub> =2.5V	所有器件	2	uA
I <sub>VCCAUX</sub>	辅助电源	所有器件	24	uA

1. 该表中的数值基于通用的推荐操作条件，室温下 ( $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ ) 使用典型器件测得。
2. 器件处于功能禁止状态，只有 MCU 的保持电路处于待机状态。



### 3.1.5 双电源器件静态供电电流- C/D Devices<sup>1,2</sup>

**表 3.1-5 : 静态电源电流**

SYMBOL	参数	器件	典型	单位
I <sub>VCC</sub>	内核供电电压	ELF2L1500	1.5	mA
		ELF2L2500	1.5	mA
		ELF2L4500	1.5	mA
		ELF2M4500	1.5	mA
I <sub>VCCIO</sub>	I/O 组电源, @V <sub>CCIO</sub> =2.5V	所有器件	0	mA
I <sub>VCCAUX</sub>	辅助电源	所有器件	0.3	mA

1. 该表中的数值基于通用的推荐操作条件，室温下 ( $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ ) 使用典型器件测得。
2. 典型值为空白器件，没有输出电流负载，高阻抗状态下，并当所有上拉/下拉电阻器在 I/O 引脚禁止时，测量的所有 I/O 驱动的静态电源电流。

### 3.1.6 热插拔规格

**表 3.1-6 : 热插拔规格**

SYMBOL	参数	最大	单位
I <sub>IOPIN(DC)</sub>	DC电流, 每个I/O	1	mA
I <sub>IOPIN(AC)</sub>	AC电流, 每个I/O	8 <sup>1</sup>	mA

备注：电源缓变率等于或大于 10ns。

### 3.1.7 上电复位电压阈值

**表 3.1-7 : 上电复位电压阈值**

SYMBOL	参数	最小	典型	最大	单位
V <sub>CC_PORUP</sub>	V <sub>CC</sub> 上电检测阈值	0.95	1	1.05	V
V <sub>CCAUX_PORUP</sub>	V <sub>CCAUX</sub> 上电检测阈值	1.45	1.5	1.55	V
V <sub>CC_PORDN</sub>	V <sub>CC</sub> 掉电检测阈值	-	-	0.8	V
V <sub>CCAUX_PORDN</sub>	V <sub>CCAUX</sub> 掉电检测阈值	-	-	1.4	V
V <sub>SRAM_PORDN</sub>	SRAM电源掉电检测阈值	-	-	0.8	V

### 3.1.8 I/O 管脚电容

**表 3.1-8 : ELF2 器件管脚电容**

SYMBOL	参数	QFP	FBGA	单位
C <sub>IOTB</sub>	上下管脚输入电容	7	6	pF
C <sub>IOLR</sub>	左右管脚输入电容	8	7	pF

### 3.1.9 I/O 直流电气特性

**表 3.1-9 : IOBE 推荐基本操作条件**

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
$I_{IL}, I_{IH}$	输入漏电流	$0 \leq V_I \leq V_{CCIO} - 0.5V$	-10	-	10	$\mu A$
$I_{IH}$	输入漏电流	$V_{CCIO} - 0.5V \leq V_I \leq V_{IH\_MAX}$	-	-	150	$\mu A$
$I_{PU}$	I/O 弱上拉电流		35	-	250	$\mu A$
$I_{PD}$	I/O 弱下拉电流		35	-	250	$\mu A$
$I_{BHLS}$	总线保持 0 维持电流		40	-	-	$\mu A$
$I_{BHHS}$	总线保持 1 维持电流		40	-	-	$\mu A$
$I_{BHLO}$	总线保持 0 改写电流	$0 \leq V_I \leq V_{CCIO}$	-	-	350	$\mu A$
$I_{BHHO}$	总线保持 1 改写电流	$0 \leq V_I \leq V_{CCIO}$	-	-	350	$\mu A$
$V_{BHT}$	总线保持触发电平	-	$V_{IL\_max}$	-	$V_{IH\_min}$	V
$V_{HYST}$	施密特触发器 <sup>1</sup> 输入磁滞	$V_{CCIO} = 3.3V, HYST = Large$	-	450	-	mV
		$V_{CCIO} = 3.3V, HYST = Small$	-	250	-	mV
		$V_{CCIO} = 2.5V, HYST = Large$	-	250	-	mV
		$V_{CCIO} = 2.5V, HYST = Small$	-	150	-	mV
		$V_{CCIO} = 1.8V, HYST = Large$	-	125	-	mV
		$V_{CCIO} = 1.8V, HYST = Small$	-	60	-	mV
		$V_{CCIO} = 1.5V, HYST = Large$	-	100	-	mV
		$V_{CCIO} = 1.5V, HYST = Small$	-	40	-	mV

表 3.1-10 : IOBB 推荐基本操作条件

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
$I_{IL}, I_{IH}$	输入漏电流					uA
$I_{IH}$	输入漏电流					uA
$I_{PU}$	I/O 弱上拉电流					uA
$I_{PD}$	I/O 弱下拉电流					uA
$I_{BHLS}$	总线保持 0 维持电流					uA
$I_{BHHS}$	总线保持 1 维持电流					uA
$I_{BHLO}$	总线保持 0 改写电流					uA
$I_{BHHO}$	总线保持 1 改写电流					uA
$V_{BHT}$	总线保持触发电平					V
$V_{HYST}$	施密特触发器 <sup>1</sup> 输入磁滞					mV
						mV
						mV
						mV
						mV
						mV
						mV
						mV

### 3.1.10 单端 I/O 直流电学特性

**表 3.1-11 : ELF2 器件 IOBE 单端 I/O 标准规格**

标准	$V_{IL}$ (V)		$V_{IH}$ (V)		$V_{OL}$ 最大	$V_{OH}$ 最小	$I_{OL}$	$I_{OH}$
	最小	最大	最小	最大	(V)	(V)	(mA)	(mA)
LVTTTL33 LVCMOS33	-0.3	0.8	1.9	$V_{CCIO}+0.3$	0.4	$V_{CCIO} - 0.4$	4	-4
							8	-8
							12	-12
							16	-16
							20	-20
					0.2	$V_{CCIO} - 0.2$	0.1	-0.1
LVCMOS25	-0.3	0.7	1.7	$V_{CCIO}+0.3$	0.4	$V_{CCIO} - 0.4$	4	-4
							8	-8
							12	-12
							16	-16
LVCMOS18	-0.3	$0.35 \cdot V_{CCIO}$	$0.65 \cdot V_{CCIO}$	$V_{CCIO}+0.3$	0.4	$V_{CCIO} - 0.4$	4	-4
							8	-8
							12	-12
LVCMOS15	-0.3	$0.35 \cdot V_{CCIO}$	$0.65 \cdot V_{CCIO}$	$V_{CCIO}+0.3$	0.4	$V_{CCIO} - 0.4$	4	-4
							8	-8

表 3.1-11 : ELF2 器件 IOBE 单端 I/O 标准规格 (续)

标准	V <sub>IL</sub> (V)		V <sub>IH</sub> (V)		V <sub>OL</sub> 最大	V <sub>OH</sub> 最小	I <sub>OL</sub>	I <sub>OH</sub>	标准	V <sub>IL</sub> (V)
	最小	最大	最小	最大						
LVCMOS12	-0.3	0.35*V <sub>CCIO</sub>	0.65*V <sub>CCIO</sub>	V <sub>CCIO</sub> +0.3			0.4	V <sub>CCIO</sub> - 0.4	2	-2
									4	-4
									0.2	V <sub>CCIO</sub> - 0.2
PCI33	-0.3	0.3*V <sub>CCIO</sub>	0.5*V <sub>CCIO</sub>	V <sub>CCIO</sub> +0.3			0.1*V <sub>CCIO</sub>	0.9*V <sub>CCIO</sub>	1.5	-0.5
PCIX33	-0.3	0.35*V <sub>CCIO</sub>	0.5*V <sub>CCIO</sub>	V <sub>CCIO</sub> +0.3			0.1*V <sub>CCIO</sub>	0.9*V <sub>CCIO</sub>	1.5	-0.5

表 3.1-12 : ELF2 器件 IOBB 单端 I/O 标准规格

标准	V <sub>IL</sub> (V)		V <sub>IH</sub> (V)		V <sub>OL</sub> 最大	V <sub>OH</sub> 最小	I <sub>OL</sub>	I <sub>OH</sub>
	最小	最大	最小	最大				
LVTTTL33	-0.3	0.8	1.9	V <sub>CCIO</sub> +0.3	0.4	V <sub>CCIO</sub> - 0.4	20	20
LVCMOS33								
LVCMOS25	-0.3	0.7	1.7	V <sub>CCIO</sub> +0.3	0.4	V <sub>CCIO</sub> - 0.4	16	16
LVCMOS18	-0.3	0.35*V <sub>CCIO</sub>	0.65*V <sub>CCIO</sub>	V <sub>CCIO</sub> +0.3	0.4	V <sub>CCIO</sub> - 0.4	12	12
LVCMOS15	-0.3	0.35*V <sub>CCIO</sub>	0.65*V <sub>CCIO</sub>	V <sub>CCIO</sub> +0.3	0.4	V <sub>CCIO</sub> - 0.4	8	8
LVCMOS12	-0.3	0.35*V <sub>CCIO</sub>	0.65*V <sub>CCIO</sub>	V <sub>CCIO</sub> +0.3	0.4	V <sub>CCIO</sub> - 0.4	4	4

### 3.1.11 差分 I/O 电学特性

表 3.1-13 : ELF2 推荐差分操作条件

参数	描述	测试条件	最小	典型	最大	单位
$V_{IP}, V_{IN}$	输入电平	$V_{CCIO}=2.5$	0	-	2.4	V
$V_{ID}$	输入差分摆幅		100	500	800	mV
$V_{ICM}$	输入共模电压	$V_{CCIO}=2.5$	0.05	-	2.35	V
$I_{IN}$	输入电流	上电过程	-	-	$\pm 15$	$\mu A$
$V_{OD}$	标准差分输出摆幅	$ V_{OP} - V_{ON} , R_T = 100 \text{ ohm}$	150	250	350	mV
$V_{OD}$	差分输出大摆幅	$ V_{OP} - V_{ON} , R_T = 100 \text{ ohm}$	450	480	550	mV
$\Delta V_{OD}$	差分输出摆幅变化				50	mV
$V_{OCM}$	输出共模电压	$(V_{OP} + V_{ON})/2, R_T = 100 \text{ ohm}$	0.8			V
$\Delta V_{OCM}$	输出共模电压偏差				50	mV

**3.1.12 MIPID-PHY 电学特性**
**表 3.1-14 : ELF2 推荐差分操作条件**

模式	参数	描述	最小	典型	最大	单位
发送	高速					
	V <sub>CMTX</sub>	HS Transmit Static Common Mode Voltage	150	200	250	mV
	V <sub>OD</sub>	HS Transmit Differential Voltage	140	200	270	mV
	V <sub>OHHs</sub>	HS Output High Voltage	-	-	360	mV
	Z <sub>OS</sub>	Single-ended Output Impedance	40	50	62.5	Ω
	ΔZ <sub>OS</sub>	Single-ended Output Impedance Mismatch	-	-	10	%
	低功耗					
	V <sub>OH</sub>	Output High Level	1.1	1.2	1.3	V
	V <sub>OL</sub>	Output Low Level	-50	-	50	mV
	Z <sub>OLP</sub>	Output Impedance of LP Transmitter	110	-	-	Ω
接收	高速					
	V <sub>CMRX</sub>	Common-Mode Voltage HS Receive Mode	70	-	330	mV
	V <sub>IDTH</sub>	Differential Input High Threshold	-	-	70	mV
	V <sub>IDTL</sub>	Differential Input Low Threshold	-70	-	-	mV
	V <sub>IHHS</sub>	Single-ended Input High Voltage	-	-	460	mV
	V <sub>ILHS</sub>	Single-ended Input Low Voltage	-40	-	-	mV
	V <sub>TERM-EN</sub>	Single-ended Threshold for HS Termination Enable	-	-	450	mV
	Z <sub>ID</sub>	Differential Input Impedance	80	100	125	Ω
	低功耗					
	V <sub>IH</sub>	Logic 1 Input Voltage	880	-	-	mV
V <sub>IL</sub>	Logic 0 Input Voltage, not in ULP State	-	-	550	mV	
V <sub>IL-ULPS</sub>	Logic 0 Input Voltage, in ULP State	-	-	300	mV	
V <sub>HYST</sub>	Input Hysteresis	25	-	-	mV	



### 3.1.13 电源监测模块电学特性

表 3.1-15 : 电源监测模块监测电平

Level Selection	监测电平 (V)
1	1.86
2	2.00
3	2.17
4	2.36
5	2.60
6	2.89
7	3.25

## 3.2 交流电气特性

本章节提供 ELF2 核心和周边模块的性能参数，时序参数及其典型值是常规的设计重要参数，也是器件的基本性能参数。这些参数反映了器件在最差条件下的实际性能。

### 3.2.1 时钟性能

**表 3.2-1 : 推荐最大时钟操作频率**

器件	性能			单位
	6	7	8	
所有器件	500	440	400	MHz

### 3.2.2 嵌入数字信号处理模块 ( DSP ) 规格

**表 3.2-2 : ELF2 嵌入 DSP 规格**

模式	性能			单位
	6	7	8	
M9x9 (All registers)	400	350	320	MHz
M18x18 (All registers)	400	350	320	MHz

### 3.2.3 锁相环(PLL)规格

**表 3.2-3 : ELF2 器件的 PLL 规格**

参数	描述	最小	典型	最大	单位
$f_{IN}$	输入时钟频率	10	-	400	MHz
$f_{PFD}$	鉴频鉴相器 ( PFD ) 输入频率	10	-	400	MHz
$f_{VCO}$	锁相环内部振荡器频率范围	300	-	1200	MHz
$f_{OUT}$	输出时钟频率	-	-	600	MHz
交流特性					
$f_{INDUTY}$	输入时钟占空比	40	-	60	%
$t_{INJITTER}^1$	输入时钟抖动, $f_{PFD} \geq 20$ MHz	-	-	800	ps p-p
	输入时钟抖动, $f_{PFD} < 20$ MHz	-	-	0.02	UI
$t_{OUTDUTY}$	输出时钟占空比	45	50	55	%
$t_{OUTJITTER}^2$	输出时钟周期抖动(Period Jitter), $f_{OUT} > 100$ MHz	-	-	160	ps p-p
	输出时钟周期抖动(Period Jitter), $f_{OUT} < 100$ MHz	-	-	0.009	UI
	Output Clock Cycle-to-cycle Jitter, $f_{OUT} > 100$ MHz	-	-	200	ps p-p
	Output Clock Cycle-to-cycle Jitter, $f_{OUT} < 100$ MHz	-	-	0.01	UI
	Output Clock Phase Jitter, $f_{OUT} > 100$ MHz	-	-	180	ps p-p
	Output Clock Phase Jitter, $f_{OUT} < 100$ MHz	-	-	0.013	UI
$t_{LOCK}^3$	PLL 锁定时间	-	-	15	ms
$t_{DLOCK}$	动态锁定时间 ( 切换、重配置之后 )	-	-	15	ms
$t_{PLL\_PS}$	PLL 相移精度	-	-	$\pm 125$	ps
$t_{RST}$	复位脉冲最小宽度	1	-	-	ns
$t_{RSTREC}$	复位恢复时间	1	-	-	ns
$t_{CONFIGPLL}$	PLL 相位动态配置时间	-	3.5	-	cycles

表 3.2-3 : ELF2 器件的 PLL 规格 ( 续 )

参数	描述	最小	典型	最大	单位
$f_{SCANCLK}$	SCANCLK 频率	-	-	100	MHz
$f_{SSCmod}$	展频调制频率	30		33	kHz
$Amp_{SSC}$	展频调制幅度	-3.1		3.1	%
$f_{offset}$	小数分频频率偏移	-5		5	%

1. 参考时钟允许的最大输入抖动。为得到低抖动的输出时钟，必须提供干净的参考时钟。
2. 周期抖动通过对 PLL 输出采样 10,000 次测量得到。相邻周期间抖动采样 1000 次。相位抖动采样 2000 次。参考时钟抖动 30ps。
3.  $t_{lock}$  之后，在输出端得到稳定时钟。

### 3.2.4 存储器模块 ( BRAM ) 规格

表 3.2-4 : ELF2 存储器模块规格

存储器	模式	性能			单位
		6	7	8	
BRAM9K	FIFO 512 x 18	250	220	200	MHz
	单口 512 x 18	250	220	200	MHz
	简单双口 512 x 18	250	220	200	MHz
	真双口 1024 x 9	250	220	200	MHz

### 3.2.5 高速 I/O 接口性能

**表 3.2-5 : 高速 I/O 接口性能**

输入/输出标准	描述	最大	单位
<b>最大输入频率</b>			
LVDS25	LVDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
RSDS25	RSDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
MINILVDS	Mini-LVDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
MIPI HS	VCCIO = 2.5V	500	MHz
PPDS25	PPDS	400	MHz
LVPECL33	LVPECL, VCCIO = 3.0V	400	MHz
BLVDS25	BLVDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
MLVDS25	MLVDS, VCCIO = 2.5V	300	MHz
LVTTL33	LVTTL, VCCIO = 3.3V	166	MHz
LVC MOS33	LVC MOS, VCCIO = 3.3V	166	MHz
LVC MOS25	LVC MOS, VCCIO = 2.5V	166	MHz
LVC MOS18	LVC MOS, VCCIO = 1.8V	166	MHz
LVC MOS15	LVC MOS, VCCIO = 1.5V	166	MHz
LVC MOS12	LVC MOS, VCCIO = 1.2V	166	MHz
PCI33		133	MHz
<b>最大输出频率</b>			
LVDS25	LVDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
LVDS25E	LVDS, Emulated, VCCIO = 2.5V	300	MHz
RSDS25	RSDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
RSDS25E	RSDS, Emulated, VCCIO = 2.5V	300	MHz
MINILVDS	MINILVDS, VCCIO = 2.5V	400	MHz
MINILVDS25E	Mini-LVDS, Emulated, VCCIO = 2.5V	300	MHz
PPDS	Ponit-to-ponit LVDS	400	MHz
LVPECL33E	LVPECL, Emulated, VCCIO = 3.0V	300	MHz
BLVDS25E	BLVDS, Emulated, VCCIO = 2.5V	300	MHz
MLVDS25E	MLVDS, Emulated, VCCIO = 2.5V	300	MHz
LVTTL33	LVTTL, VCCIO = 3.3V	166	MHz
LVC MOS33	LVC MOS, VCCIO = 3.3V	166	MHz
LVC MOS25	LVC MOS, VCCIO = 2.5V	166	MHz
LVC MOS18	LVC MOS, VCCIO = 1.8V	166	MHz
LVC MOS15	LVC MOS, VCCIO = 1.5V	166	MHz
LVC MOS12	LVC MOS, VCCIO = 1.2V	100	MHz
PCI33		133	MHz

### 3.2.6 配置模块和 JTAG 规格

**表 3.2-6 : ELF2 器件配置模式时序规格**

下载模式	最小	典型	最大	单位
主模式串行 PROM (MS)	4.5	-	50	MHz
主模式串行 SPI (MSPI)	4.5	-	50	MHz
主模式并行 x8 (MP)	4.5	-	50	MHz
从模式串行 (SS)	-	50	-	MHz
从模式并行 x8 (SP)	-	50	-	MHz

**表 3.2-7 : ELF2 器件 JTAG 时序规格**

符号	参数	最小	最大	单位
$t_{JCP}$	TCK 周期	40	-	ns
$t_{JCH}$	TCK 高电平时间	20	-	ns
$t_{JCL}$	TCK 低电平时间	20	-	ns
$t_{JPSU\_TDI}$	TDI 建立时间	1	-	ns
$t_{JPSU\_TMS}$	TMS 建立时间	3	-	ns
$t_{JPH}$	JTAG 端口保持时间	10	-	ns
$t_{JPCO}$	JTAG 端口时钟到输出延时	-	15	ns
$t_{JPZX}$	JTAG 端口有效输出到高阻转换时间	-	15	ns
$t_{JPXZ}$	抓取寄存器建立时间	-	15	ns
$t_{JSSU}$	抓取寄存器保持时间	5	-	ns
$t_{JSH}$	更新寄存器建立时间	10	-	ns
$t_{JSCO}$	更新寄存器时钟到输出延时	-	25	ns
$t_{JSZX}$	更新寄存器高阻到有效输出	-	25	ns
$t_{JSXZ}$	更新寄存器有效输出到高阻	-	25	ns

### 3.2.7 ADC 性能

表 3.2-8 : ADC 性能

参数	性能
工作电压	3.3V 模拟电源和 3.3V 数字电源
最高采样速率	1Mhz
通道数	8
采样范围	$0.01 * V_{REF} \sim 0.99 * V_{REF}$
动态性能	>81dB SFDR >62dB SINAD
线性度性能	INL<1 LSB, DNL<0.5 LSB
最高时钟频率	16Mhz

## 4 引脚和封装

### 4.1 引脚定义和规则

表 4.1-1 : 引脚定义规则

引脚名称	方向	描述
<b>普通 I/O</b>		
NC	-	无连接
GND	-	电源地
VCC	-	内部核心模块电源
VCCIOx	-	I/O 组电源
VCCAUX	-	辅助电源
Vbat	-	深睡眠模式保持电源
GND_PLLx	-	PLL 地
<b>JTAG 专用引脚</b>		
TCK	输入	TCK 输入边界扫描时钟
TDI	输入	边界扫描数据输入
TDO	输出	边界扫描数据输出
TMS	输入	边界扫描模式选择
JTAGEN	输入	JTAG 使能
<b>配置专用管脚</b>		
CSN	输入	并行下载模式片选信号, 低有效
PROGRAMN	输入	全局复位输入, 低有效
CCLK	I/O	
DONE	I/O	专用配置状态引脚, 在配置完成后会输出高, 源端开路
INITN	I/O	专用配置状态引脚, 输出高表示 FPGA 准备好配置, 源端开路
<b>ADC 功能管脚</b>		
ADC_CHx	输入	ADC 模拟信号输入
ADC_VREF	输入	ADC 参考电压
ADC_VDDA	输入	ADC 供电



## 4.2 EF2L1500 引脚信息 : LQFP100

编号	BA NK	引脚说明	编号	BA NK	引脚说明
1	0	IO_BE1N_0,D1	21	0	IO_BE9N_GCLKIOB_5,D5
2	0	IO_BE1P_0,D0	22	0	GND
3	0	IO_BE2N_GCLKIOB_1_0	23	0	VCCIO0
4	0	IO_BE2P_GCLKIOB_0_0	24	0	IO_BE10P_0,D6
5	0	VCCIO0	25	0	IO_BE10N_0,D7
6	0	GND	26	1	VCCIO1
7	0	IO_BE3N_0,D3	27	1	IO_R1P_1
8	0	IO_BE3P_0,D2	28	1	IO_R1N_1
9	0	IO_BE4P_0	29	1	IO_R2P_1
10	0	IO_BE4N_0	30	1	IO_R2N_1
11	0	VCCIO0	31	1	IO_R3P_1
12	0	IO_BE5P_GCLKIOB_2_0	32	1	IO_R3N_1
13	0	IO_BE5N_GCLKIOB_3_0	33	1	GND
14	0	IO_BE6P_0,DPCLKIO_4	34	1	IO_R4N_GCLKIOR_1_1, LVDSTX_1N
15	0	IO_BE6N_0	35	1	IO_R4P_GCLKIOR_0_1, LVDSTX_1P
16	0	IO_BE7P_0	36	1	IO_R5P_1
17	0	IO_BE7N_0	37	1	IO_R5N_1,DPCLKIO_5
18	0	IO_BE8P_0	38	1	IO_R6N_GCLKIOR_3_1, LVDSTX_1N
19	0	IO_BE8N_0	39	1	IO_R6P_GCLKIOR_2_1, LVDSTX_1P
20	0	IO_BE9P_GCLKIOB_4,D4	40	1	IO_R7N_1,LVDSRX_1N

41	1	IO_R7P_1,LVDSTX_1P	61	2	IO_T_2,GPIO8,USRCLK,ADC1_CH2
42	1	IO_R8P_1	62	2	IO_TE5N_GCLKIOT_3_2
43	1	IO_R8N_1	63	2	IO_TE5P_GCLKIOT_2_2
44	1	GND	64	2	IO_TE6N_GCLKIOT_1_2
45	1	IO_R9P_1,SCLK	65	2	IO_TE6P_GCLKIOT_0_2
46	1	VCCIO1	66	2	IO_T_2
47	1	IO_R9N_1	67	2	IO_T_2,GPIO7_ADC1_CH1
48	1	IO_R10N_1	68	2	IO_T_2,GPIO6,DPCLKIO_8, ADC1_CH0
49	1	IO_R10P_1	69	2	IO_T_2,GPIO5,ADC0_REF
50	-	VCCAUX	70	2	IO_TE7P_2,GPIO0,ADC1_CH4
51	2	IO_TE1N_2,GPIO4	71	2	IO_TE7N_2,GPIO1,ADC1_REF
52	2	IO_TE1P_2,GPIO3	72	2	GND
53	2	IO_TE2N_2	73	2	VCCIO2
54	2	IO_TE2P_2	74	2	IO_T_2
55	2	VCCIO2	75	-	ADC_VDD
56	2	GND	76	3	IO_L_3 , DONE
57	2	IO_TE3N_2,GPIO13	77	3	IO_L_3, INITN
58	2	IO_TE3P_2,GPIO12	78	3	IO_L_3, ADC0_CH0
59	2	IO_TE4N_2,GPIO11	79	3	GND
60	2	IO_TE4P_2,GPIO10	80	3	VCCIO3

81	3	IO_L_3,PROGRAMN	91	3	IO_L_3,TCK
82	3	IO_L_3,JTAGEN	92	3	GND
83	3	IO_L1N_3,DPCLKIO_1	93	3	VCCIO3
84	3	IO_L1P_3	94	3	IO_L_3,TDI
85	3	IO_L2N_GCLKIOL_1_3, ADC0_CH1,LVDSRX_0N	95	3	IO_L_3,TDO
86	3	IO_L2P_GCLKIOL_0_3, ADC0_CH2 ,LVDSRX_0P	96	3	IO_L4P_3
87	3	IO_L3N_GCLKIOL_3_3, ADC0_CH3,LVDSTX_0N	97	3	IO_L4N_3
88	3	IO_L3P_GCLKIOL_2_3, ADC0_CH4,LVDSTX_0P	98	3	IO_L5N_3
89	3	IO_L_3	99	3	IO_L5P_3
90	3	IO_L_3,TMS	100	-	VCCAUX

### 4.3 EF2L1500/4500 引脚信息 : LQFP144

编号	BANK	引脚说明	编号	BANK	引脚说明
1	0	IO_BE1N_0,D1	21	0	IO_BE8P_0,DPCLKIO_4
2	0	IO_BE1P_0,D0	22	0	IO_BE8N_0
3	0	IO_BE2N_0	23	0	IO_BE9P_0
4	0	IO_BE2P_0	24	0	IO_BE9N_0
5	0	IO_BE3N_GCLKIOB_1_0	25	0	IO_BE10P_0
6	0	IO_BE3P_GCLKIOB_0_0	26	0	IO_BE10N_0
7	0	VCCIO0	27	0	IO_BE11P_GCLKIOB_4_0,D4
8	0	GND	28	0	IO_BE11N_GCLKIOB_5_0,D5
9	0	IO_BE4P_0	29	0	GND
10	0	IO_BE4N_0	30	0	VCCIO0
11	0	IO_BE5P_0,D2	31	0	IO_B_0
12	0	IO_BE5N_0,D3	32	0	IO_BE12P_0
13	0	IO_BE6P_0	33	0	IO_BE12N_0
14	0	IO_BE6N_0	34	0	IO_BE13P_0,D6
15	0	IO_B_0	35	0	IO_BE13N_0,D7
16	0	VCCIO0	36	-	VCCAUX
17	0	IO_B_0,DPCLKIO_3	37	1	VCCIO1
18	0	GND	38	1	IO_R1P_1
19	0	IO_BE7P_GCLKIOB_2_0	39	1	IO_R1N_1
20	0	IO_BE7N_GCLKIOB_3_0	40	1	IO_R2P_1

41	1	IO_R2N_1	61	1	IO_R11P_1
42	1	IO_R3P_1	62	1	IO_R11N_1
43	1	IO_R3N_1	63	1	GND
44	1	IO_R4N_1	64	1	GND
45	1	IO_R4P_1	65	1	IO_R12N_1
46	1	GND	66	1	VCCIO1
47	1	IO_R5P_1	67	1	IO_R12P_1
48	1	IO_R5N_1	68	1	IO_R13P_1,SCLK
49	1	IO_R6N_GCLKIOR_1_1, LVDSTX_1N	69	1	IO_R13N_1
50	1	IO_R6P_GCLKIOR_0_1, LVDSTX_1P	70	1	IO_R14N_1
51	1	VCCIO1	71	1	IO_R14P_1
52	1	IO_R7P_1	72	-	VCCAUX
53	1	GND	73	2	IO_TE1N_2,GPIO4
54	1	IO_R7N_1,DPCLKIO_5	74	2	IO_TE1P_2,GPIO3
55	1	IO_R8N_GCLKIOR_3_2, LVDSTX_1N	75	2	IO_TE2N_2,GPIO13
56	1	IO_R8P_GCLKIOR_2_2, LVDSTX_1P	76	2	IO_TE2P_2,GPIO12
57	1	IO_R9P_1,DPCLKIO_6	77	2	IO_TE3N_2,GPIO11
58	1	IO_R9N_1	78	2	IO_TE3P_2,GPIO10
59	1	IO_R10P_1,LVDSRX_1P	79	2	VCCIO2
60	1	IO_R10N_1,LVDSTX_1N	80	2	GND

81	2	IO_TE4N_2,D13	101	2	GND
82	2	IO_TE4P_2,D12	102	2	VCCIO2
83	2	IO_TE5N_2,GPIO9,DPCLKIO_7, ADC1_CH3	103	2	IO_T_2
84	2	IO_TE5P_2,GPIO8,ADC1_CH2	104	2	IO_TE11P_2
85	2	IO_TE6N_2,D11	105	2	IO_TE11N_2
86	2	IO_TE6P_2,D10	106	2	IO_TE12P_2
87	2	IO_TE7N_GCLKIOT_3_2	107	2	IO_TE12N_2
88	2	VCCIO2	108	-	VCCAUX
89	2	IO_TE7P_GCLKIOT_2_2	109	3	IO_L_3,DONE
90	2	GND	110	3	IO_L_3,INITN
91	2	IO_TE8N_GCLKIOT_1_2	111	3	IO_L1N_3,ADC0_CH5
92	2	IO_TE8P_GCLKIOT_0_2	112	3	IO_L1P_3,ADC0_CH0
93	2	IO_T_2,D9	113	3	IO_L2N_3
94	2	IO_T_2,GPIO7,ADC1_CH1	114	3	IO_L2P_3
95	2	IO_T_2,GPIO6,DPCLKIO_8, ADC1_CH0	115	3	IO_L3P_3,ADC0_CH6
96	2	IO_T_2,GPIO5,ADC0_VREF	116	3	GND
97	2	IO_TE9N_2,GPIO1,ADC1_VREF	117	3	IO_L3N_3,ADC0_CH7
98	2	IO_TE9P_2,GPIO0,ADC1_CH4	118	3	NC
99	2	IO_TE10N_2	119	3	IO_L_3,PROGRAMN
100	2	IO_TE10P_2	120	3	IO_L_3,JTAGEN

121	3	IO_L4N_3,DPCLKIO_1	133	3	IO_L7N_3,LVDSTX_0N
122	3	IO_L4P_3	134	3	GND
123	3	VCCIO3	135	3	VCCIO3
124	3	GND	136	3	IO_L_3,TDI
125	3	IO_L5N_GCLKIOL_1_3, ADC0_CH1,LVDSRX_0N	137	3	IO_L_3,TDO
126	3	IO_L5P_GCLKIOL_0_3, ADC0_CH2,LVDSRX_0P	138	3	IO_L8N_3
127	3	IO_L6N_GCLKIOL_3_3, ADC0_CH3,LVDSTX_0N	139	3	IO_L8P_3
128	3	IO_L6P_GCLKIOL_2_3, ADC0_CH4,LVDSTX_0P	140	3	IO_L9P_3
129	3	VCCIO3	141	3	IO_L9N_3
130	3	IO_L_3,TMS	142	3	IO_L10P_3
131	3	IO_L_3,TCK	143	3	IO_L10N_3
132	3	IO_L7P_3,DPCLKIO_2, LVDSTX_0P	144	3	VCCAUX

#### 4.4 EF2L1500/2500/4500 引脚信息 : ftBGA256

编号	BANK	引脚说明	编号	BANK	引脚说明
M7	1	IO_LE1P_1	R3	1	IO_L_1,TCK
M8	1	IO_LE1N_1	R13	1	IO_L11P_1,DPCLKIO_2,LVDSTX_OP
P7	1	IO_L2P_1	R14	1	IO_L11N_1,LVDSTX_ON
P8	1	IO_L2N_1	T12	1	IO_L12N_1
R8	1	IO_L_1,DONE	T13	1	IO_L12P_1
R7	1	IO_L_1,INITN	M6	1	IO_L_1,TDO
P11	1	IO_L3P_1,ADC0_CH0	N7	1	IO_L_1,TDI
P12	1	IO_L3N_1,ADC0_CH5	T15	1	IO_L13N_1
T7	1	IO_L4N_1	T14	1	IO_L13P_1
T8	1	IO_L4P_1	R15	1	IO_L14P_1
R9	1	IO_L5P_1,ADC0_CH6	R16	1	IO_L14N_1
R10	1	IO_L5N_1,ADC0_CH7	P16	1	IO_L15N_1
N11	1	IO_L_1,PROGRAMN	P15	1	IO_L15P_1
N10	1	IO_L_1,JTAGEN	P14	1	IO_L_1
P9	1	IO_L6P_1			
P10	1	IO_L6N_1,DPCLKIO_1			
M9	1	IO_L7N_GCLKIOL_1_1, LVDSRX_0N,ADC0_CH1			
M10	1	IO_L7P_GCLKIOL_0_1, LVDSRX_0P,ADC0_CH2			
T10	1	IO_L8P_1			
T11	1	IO_L8N_1			
N9	1	IO_L9N_GCLKIOL_3_1, LVDSTX_0N,ADC0_CH3			
N8	1	IO_L9P_GCLKIOL_2_1, LVDSTX_0P,ADC0_CH4			
R11	1	IO_L10P_1			
R12	1	IO_L10N_1			
P4	1	IO_L_1,TMS			



N15	2	IO_BE1P_2		H13	2	IO_BE16N_2
N14	2	IO_BE1N_2		F16	2	IO_BE17P_2,DPCLKIO_3
N13	2	IO_BE2P_2		G16	2	IO_BE17N_2
N12	2	IO_BE2N_2		G15	2	IO_BE18P_GCLKIOB_2_2
M16	2	IO_BE3P_2		H15	2	IO_BE18N_GCLKIOB_3_2
N16	2	IO_BE3N_2		F13	2	IO_BE19P_2
M12	2	IO_BE4P_2		F12	2	IO_BE19N_2
M13	2	IO_BE4N_2		G12	2	IO_BE20P_2,DPCLKIO_4
L11	2	IO_BE5P_2,D0		G13	2	IO_BE20N_2
M11	2	IO_BE5N_2,D0		E15	2	IO_BE21P_2
L14	2	IO_BE6P_2		F15	2	IO_BE21N_2
M14	2	IO_BE6N_2		E14	2	IO_BE22P_2
L15	2	IO_BE7P_2		F14	2	IO_BE22N_2
M15	2	IO_BE7N_2		E13	2	IO_BE23P_2
L12	2	IO_BE8P_GCLKIOB_0_2		E12	2	IO_BE23N_2
L13	2	IO_BE8N_GCLKIOB_1_2		D16	2	IO_BE24P_GCLKIOB_4_2,D4
J15	2	IO_BE9P_2		E16	2	IO_BE24N_GCLKIOB_5_2,D5
K15	2	IO_BE9N_2		D14	2	IO_BE25P_2
K16	2	IO_BE10P_2		D13	2	IO_BE25N_2
L16	2	IO_BE10N_2		C15	2	IO_BE26P_2
J12	2	IO_BE11P_2		D15	2	IO_BE26N_2
K12	2	IO_BE11N_2				
J13	2	IO_BE12P_2				
K13	2	IO_BE12N_2				
H16	2	IO_BE13P_2				
J16	2	IO_BE13N_2				
J14	2	IO_BE14P_2,D2				
K14	2	IO_BE14N_2,D3				
G14	2	IO_BE15P_2				
H14	2	IO_BE15N_2				
H12	2	IO_BE16P_2				

B16	3	IO_BE1P_3	D5	3	IO_R3N_3
C16	3	IO_BE1N_3	C8	3	IO_R4N_3
A15	3	IO_BE2P_3	B8	3	IO_R4P_3
B15	3	IO_BE2N_3	B6	3	IO_R5P_3
B14	3	IO_BE3P_3	B7	3	IO_R5N_3
C14	3	IO_BE3N_3	A7	3	IO_R6N_3
A13	3	IO_BE4P_3	A6	3	IO_R6P_3
A14	3	IO_BE4N_3	E7	3	IO_R7P_3
B13	3	IO_BE5P_3	E6	3	IO_R7N_3
C13	3	IO_BE5N_3	D7	3	IO_R8N_GCLKIOR_1_3,LVDSTX_1N
B11	3	IO_BE6P_3	D8	3	IO_R8P_GCLKIOR_0_3,LVDSTX_1P
B12	3	IO_BE6N_3	A5	3	IO_R9P_3
A11	3	IO_BE7P_3	A4	3	IO_R9N_3,DPCLKIO_5
A12	3	IO_BE7N_3	A9	3	IO_R10N_GCLKIOR_3_3,LVDSTX_1N
D11	3	IO_BE8P_3	A10	3	IO_R10P_GCLKIOR_2_3,LVDSTX_1P
D12	3	IO_BE8N_3	C6	3	IO_R11P_3,DPCLKIO_6
C11	3	IO_BE9P_3	C7	3	IO_R11N_3
C12	3	IO_BE9N_3	B5	3	IO_R12N_3,LVDSRX_1N
E10	3	IO_BE10P_3,D6	B4	3	IO_R12P_3,LVDSTX_1P
E11	3	IO_BE10N_3,D7	B2	3	IO_R13P_3
C4	3	IO_BE11P_3	B3	3	IO_R13N_3
C5	3	IO_BE11N_3	A3	3	IO_R14N_3
E8	3	IO_BE12P_3	A2	3	IO_R14P_3
E9	3	IO_BE12N_3	C3	3	IO_R15P_3,SCLK
B9	3	IO_BE13P_3	C2	3	IO_R15N_3
B10	3	IO_BE13N_3	D4	3	IO_R16N_3,GPLL2_OUTN
C9	3	IO_R1P_3	D3	3	IO_R16P_3,GPLL2_OUTP
C10	3	IO_R1N_3	B1	3	IO_R17P_3
D10	3	IO_R2N_3	C1	3	IO_R17N_3
D9	3	IO_R2P_3	P2	3	XTALi
D6	3	IO_R3P_3	P3	3	XTALo

D1	0	IO_TE1N_0,MISO/IO0	K1	0	IO_TE15N_0,D9
D2	0	IO_TE1P_0	J1	0	IO_TE15P_0,D8
E5	0	IO_TE2N_0,GPIO4	K4	0	IO_TE16N_0,SPICSN,BUSY
E4	0	IO_TE2P_0,GPIO3	K5	0	IO_TE16P_0,GPIO7,ADC1_CH1
E2	0	IO_TE3N_0,GPLL2IN	L2	0	IO_TE17N_0,CSON,DOUT
E3	0	IO_TE3P_0,GPLL2IP	K2	0	IO_TE17P_0,GPIO6,DPCLKIO_0,ADC1_CH0
F4	0	IO_TE4N_0,WPB/IO2	L4	0	IO_TE18N_0,HOLDB/IO3
F3	0	IO_TE4P_0	L5	0	IO_TE18P_0,GPIO5,ADC0_VREF
F1	0	IO_TE5N_0,D15	M1	0	IO_TE19N_0,MCLK
E1	0	IO_TE5P_0,D14	L1	0	IO_TE19P_0,CSN
F6	0	IO_TE6N_0	M4	0	IO_TE20N_0,GPIO1,ADC1_VREF
F5	0	IO_TE6P_0	M5	0	IO_TE20P_0,GPIO0,ADC1_CH4
G2	0	IO_TE7N_0,GPIO13	L3	0	IO_T_0
F2	0	IO_TE7P_0,GPIO12	N3	0	IO_TE21N_0,MOSI/IO1
H3	0	IO_TE8N_0	N4	0	IO_TE21P_0,GPIO2,ADC1_CH5
G3	0	IO_TE8P_0	N2	0	IO_TE22N_0
H1	0	IO_TE9N_0,GPIO11	M2	0	IO_TE22P_0
G1	0	IO_TE9P_0,GPIO10	R2	0	IO_TE23N_0,GPIO15,ADC1_CH6
H5	0	IO_TE10N_0,D13	R1	0	IO_TE23P_0,GPIO14
H4	0	IO_TE10P_0,D21	P1	0	IO_TE24N_0
G5	0	IO_TE11N_0,GPIO9, DPCLKIO_7,ADC1_CH3	N1	0	IO_TE24P_0
G4	0	IO_TE11P_0,GPIO8, USRCLK,ADC1_CH2	T4	1	IO_TE1N_1
J5	0	IO_TE12N_0,D11	T5	1	IO_TE1P_1
J4	0	IO_TE12P_0,D10	T3	1	IO_TE2N_1
J2	0	IO_TE13N_GCLKIOT_3_0	T2	1	IO_TE2P_1
H2	0	IO_TE13P_GCLKIOT_2_0	R5	1	IO_TE3N_1
K3	0	IO_TE14N_GCLKIOT_1_0	R4	1	IO_TE3P_1
J3	0	IO_TE14P_GCLKIOT_0_0	P6	1	IO_TE4N_1
P5	1	IO_TE4P_1	T6	1	IO_TE6N_1
N6	1	IO_TE5N_1	R6	1	IO_TE6P_1

N5	1	IO_TE5P_1	G7	-	VCCAUX
A1	-	GND	K7	-	VCCAUX
A16	-	GND	G10	-	VCCAUX
F11	-	GND	K10	-	VCCAUX
G8	-	GND	G6	-	VCCIO0
G9	-	GND	H6	-	VCCIO0
H7	-	GND	J6	-	VCCIO0
H8	-	GND	K6	-	VCCIO0
H9	-	GND	L7	-	VCCIO1
H10	-	GND	L8	-	VCCIO1
J7	-	GND	L9	-	VCCIO1
J8	-	GND	L10	-	VCCIO1
J9	-	GND	J11	-	VCCIO2
J10	-	GND	K11	-	VCCIO2
K8	-	GND	H11	-	VCCIO2
K9	-	GND	G11	-	VCCIO2
L6	-	GND	F7	-	VCCIO3
T1	-	GND	F8	-	VCCIO3
T16	-	GND	F9	-	VCCIO3
A8	-	VCCAUX	F10	-	VCCIO3
T9	-	VCCAUX	P13	-	NC

## 4.5 EF2L2500 引脚信息 : XWFN42

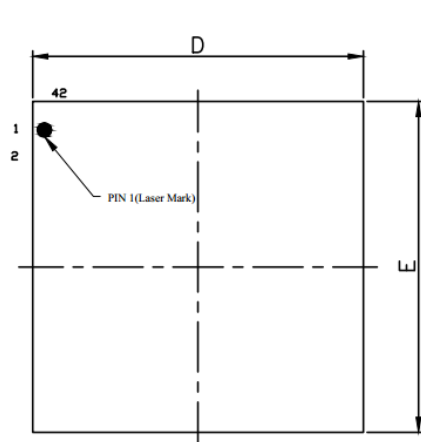
编号	BANK	引脚说明	编号	BANK	引脚说明
1	-	ADC_VSS	26	2	VCCIO2
2	0	IO_L1N_0	27	2	GND
3	0	IO_L1P_0	28	2	IO_R4N_2
4	0	GND	29	2	IO_R5P_2
5	0	IO_L2N_0	30	2	IO_R4P_2
6	0	IO_L2P_0	31	2	IO_R5N_2
7	0	VCCIO0	32	2	GND
8	0	TMS	33	3	IO_TE1N_3
9	0	TCK	34	3	IO_TE1P_3
10	0	TDI	35	3	IO_T_GCLKIOT_3_3
11	0	TDO	36	3	VCCIO3
12	0	IO_L3N_0	37	3	GND
13	0	IO_L3P_0	38	3	IO_T_3,ADC1_CH5
14	0	IO_L4P_0	39	3	VCCIO3
15	0	IO_L4N_0	40	0	IO_L5P_0
16	1	VCCIO1	41	0	IO_L5N_0
17	1	GND	42	-	VCCAUX
18	1	IO_B_GCLKIOB_4_1			
19	1	VCCIO1			
20	2	IO_R1P_2			
21	2	IO_R1N_2			
22	2	IO_R2P_2			
23	2	IO_R2N_2			
24	2	IO_R3P_GCLKIOR_0, LVDSTX_1P			
25	2	IO_R3N_GCLKIOR_1, LVDSTX_1N			

## 4.6 EF2M4500 引脚信息：LQFP64

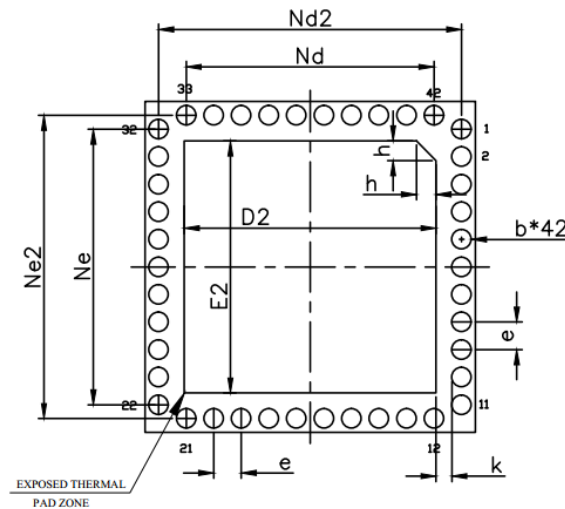
安路ELF2数据手册

## 4.7 封装信息

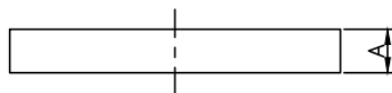
### 4.7.1 XWFN42 封装规格



TOP VIEW



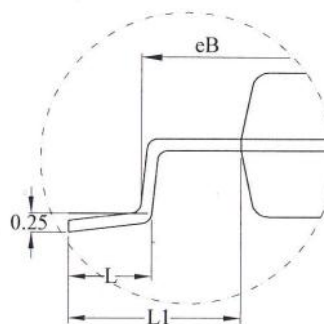
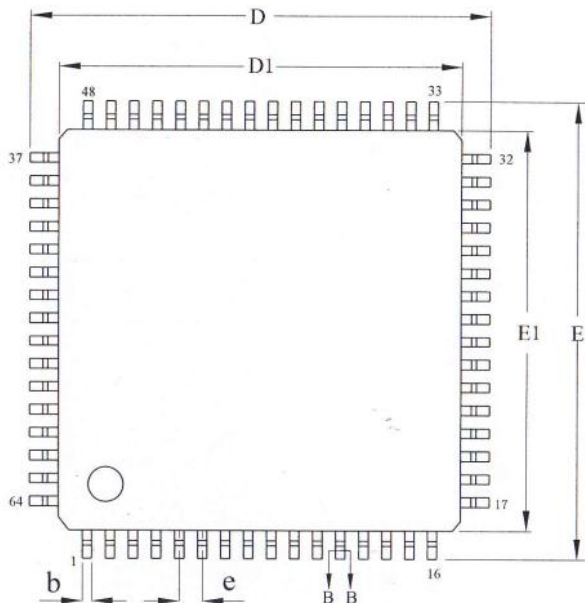
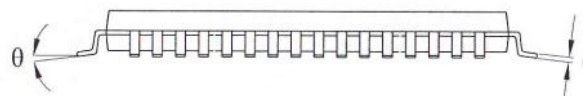
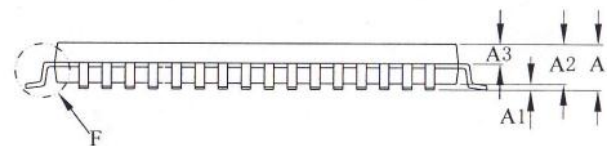
BOTTOM VIEW



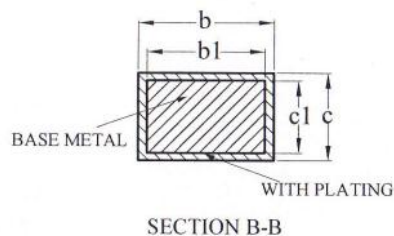
SIDE VIEW

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.50	0.55	0.60
b	0.20	0.25	0.30
D	4.10	4.20	4.30
E	4.10	4.20	4.30
D2	3.10	3.20	3.30
E2	3.10	3.20	3.30
Nd	3.15BSC		
Nd2	3.85BSC		
Ne	3.50BSC		
Ne2	3.85BSC		
e	0.35BSC		
k	0.20REF		
h	0.20	0.25	0.30

\*\* 特殊设计: 无

**4.7.2 LQFP64 封装规格**


DETAIL: F

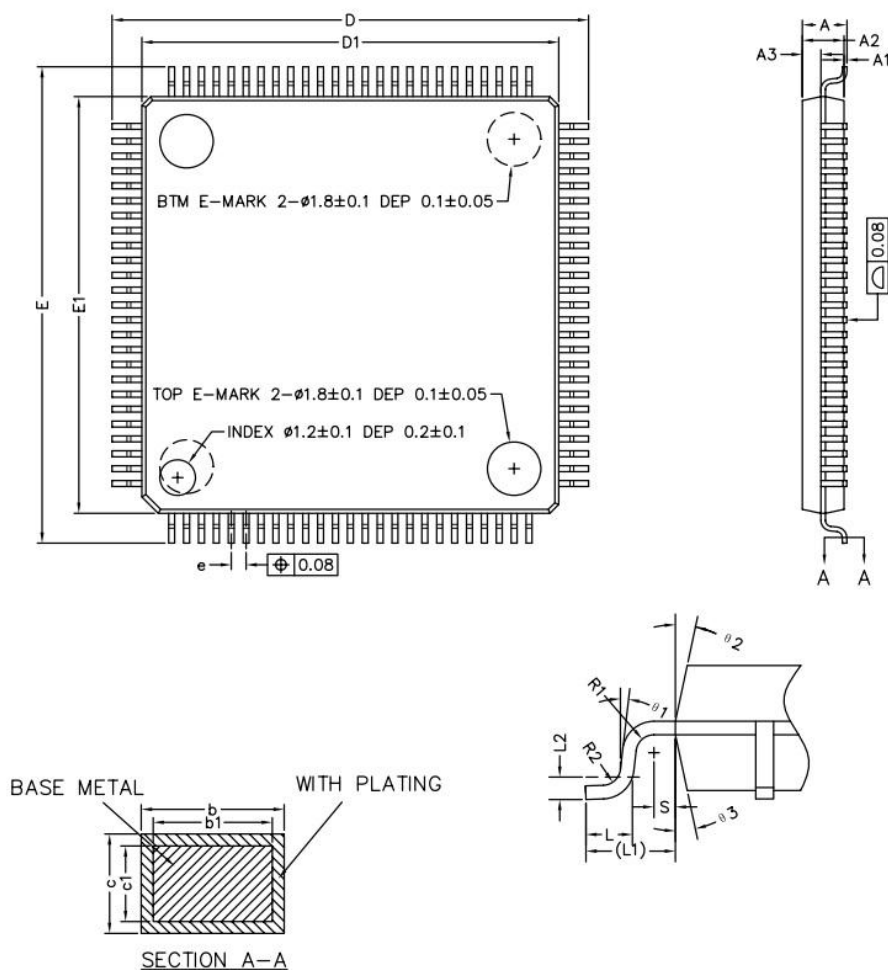


SECTION B-B

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.18	—	0.26
b1	0.17	0.20	0.23
c	0.13	—	0.17
c1	0.12	0.13	0.14
D	11.80	12.00	12.20
D1	9.90	10.00	10.10
E	11.80	12.00	12.20
eB	11.25	—	11.45
E1	9.90	10.00	10.10
e	0.50BSC		
L	0.45	—	0.75
L1	1.00REF		
$\theta$	0	—	7°



### 4.7.3 LQFP100 封装规格

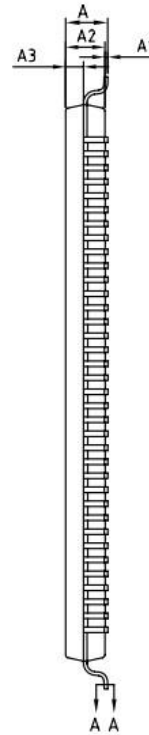
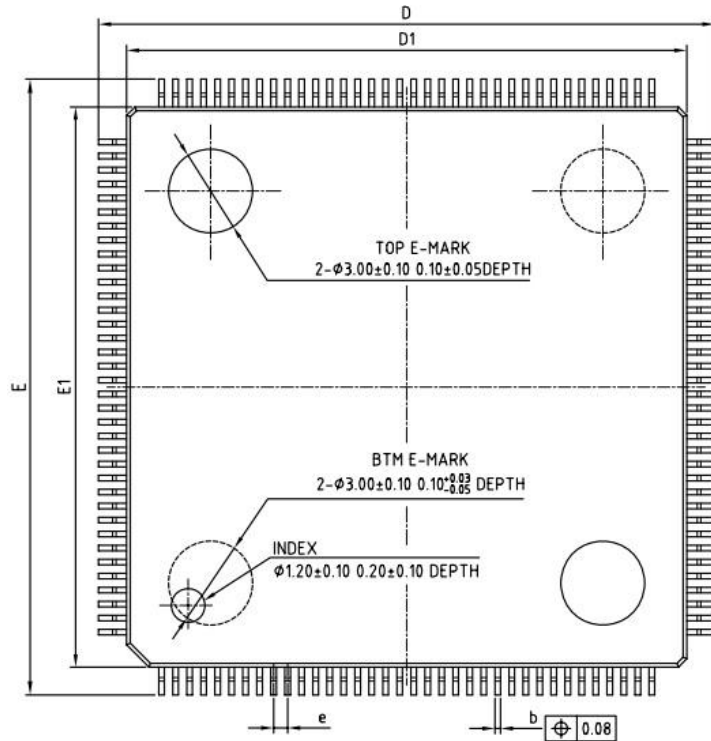


COMMON DIMENSIONS  
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.17	—	0.27
b1	0.17	0.20	0.23
c	0.13	—	0.18
c1	0.12	0.127	0.134
D	15.80	16.00	16.20
D1	13.90	14.00	14.10
E	15.80	16.00	16.20
E1	13.90	14.00	14.10
e	0.40	0.50	0.60
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
L2	0.25BSC		
R1	0.08	—	—
R2	0.08	—	0.20
S	0.20	—	—
$\theta$	0°	3.5°	7°
$\theta 1$	0°	—	—
$\theta 2$	11°	12°	13°
$\theta 3$	11°	12°	13°

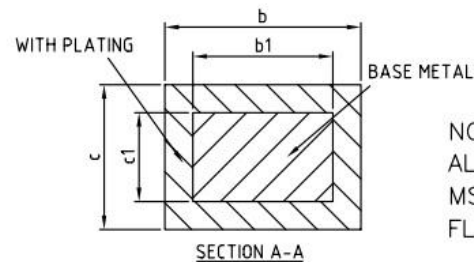
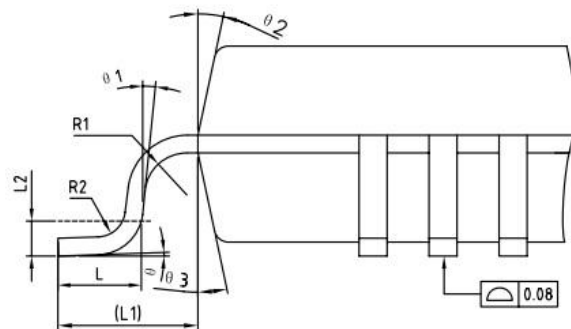
NOTES:  
 ALL DIMENSIONS REFER TO JEDEC STANDARD  
 MS-026 BED DO NOT INCLUDE MOLD FLASH  
 OR PROTRUSIONS.

### 4.7.4 LQFP144 封装规格



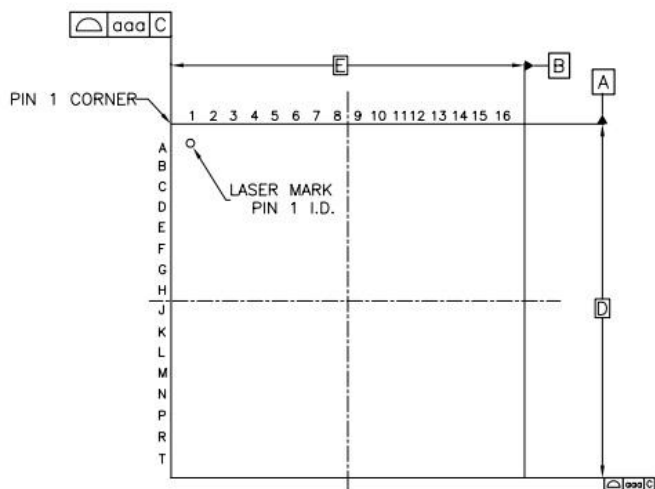
COMMON DIMENSIONS  
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.17	—	0.27
b1	0.17	0.20	0.23
c	0.127	—	0.18
c1	0.119	0.127	0.135
D	21.80	22.00	22.20
D1	19.90	20.00	20.10
E	21.80	22.00	22.20
E1	19.90	20.00	20.10
e	0.40	0.50	0.60
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
L2	0.25BSC		
R1	0.08	—	—
R2	0.08	—	—
$\theta$	0°	—	7°
$\theta 1$	0°	—	—
$\theta 2$	11°	12°	13°
$\theta 3$	11°	12°	13°

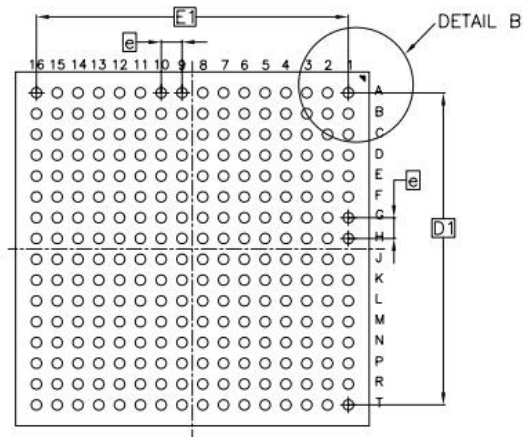


NOTES:  
 ALL DIMENSIONS REFER TO JEDEC STANDARD  
 MS-026 BFB DO NOT INCLUDE MOLD  
 FLASH OR PROTRUSIONS.

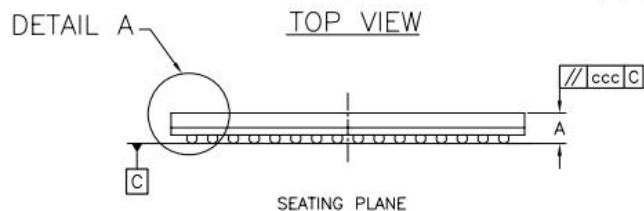
### 4.7.5 ftBGA256 封装规格



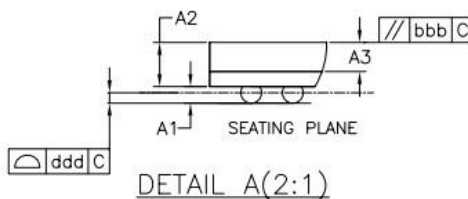
TOP VIEW



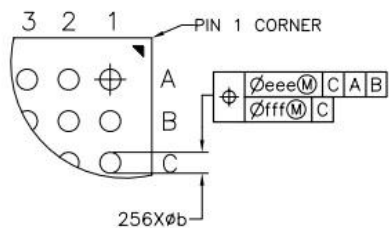
BOTTOM VIEW



SEATING PLANE



DETAIL A(2:1)



DETAIL B(2:1)

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	1.46	1.56
A1	0.35	0.40	0.45
A2	1.02	1.06	1.10
A3	0.70 BASIC		
D	16.90	17.00	17.10
D1	15.00 BASIC		
E	16.90	17.00	17.10
E1	15.00 BASIC		
e	1.00 BASIC		
b	0.45	0.50	0.55
aaa	0.10		
bbb	0.20		
ccc	0.20		
ddd	0.12		
eee	0.15		
fff	0.08		

## 5 订购信息

表 5-4.7-1: 器件号缩写

器件名称	类别	查找表容量	封装类型
ELF2	L	1500	BG256

### ■ 产品系列

- ◇ ELF2 系列

### ■ 类别

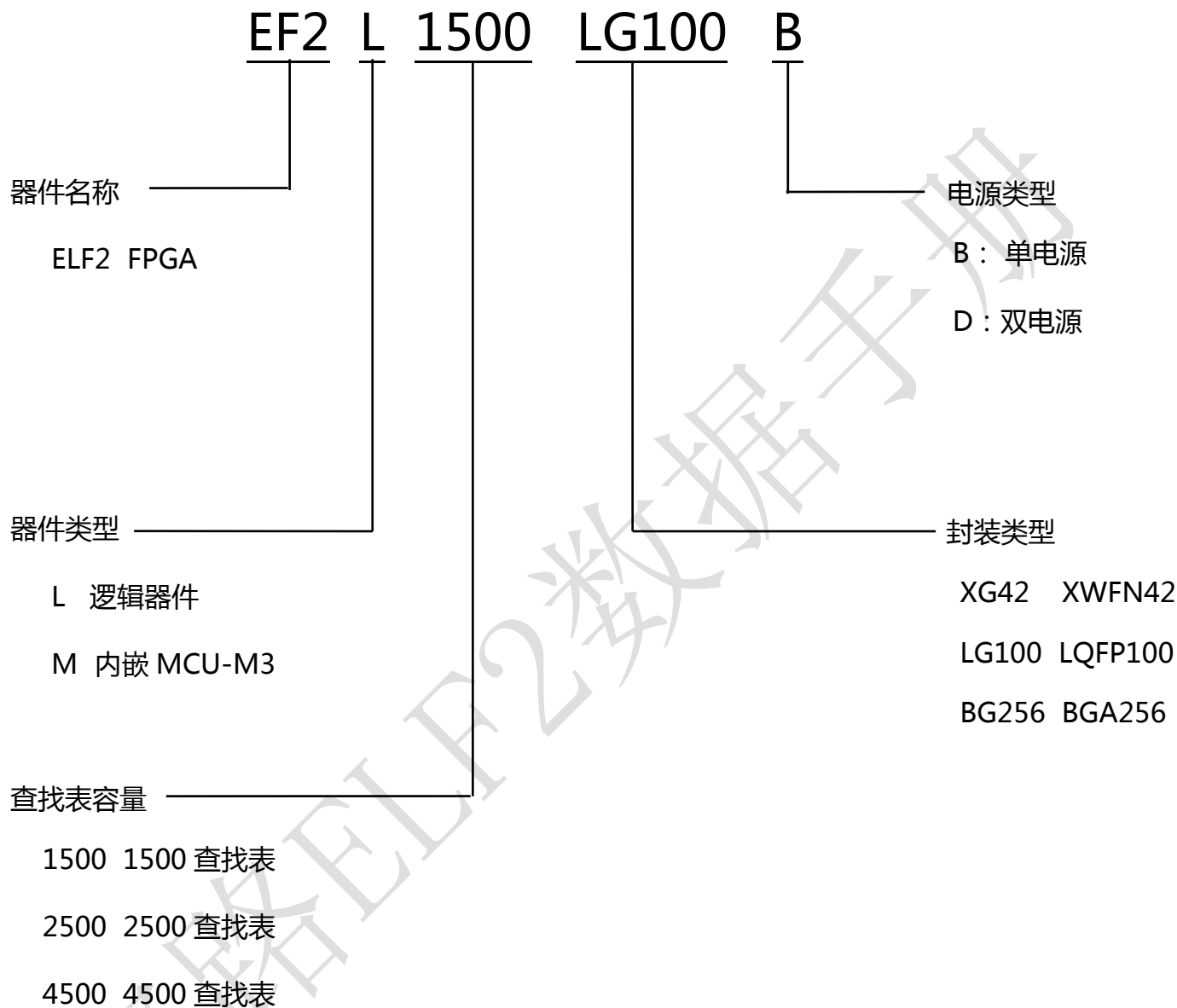
- ◇ L 逻辑器件
- ◇ M 内嵌 MCU-M3

### ■ 查找表容量

- ◇ 1500 1500 查找表
- ◇ 2500 2500 查找表
- ◇ 4500 4500 查找表

### ■ 封装类型：<类型><#>

- ◇ LG LQFP , lead free
- ◇ XG XWFN , lead free
- ◇ BG FBGA , substrate
- ◇ # 引脚数 ( 144 指 144 个引脚 , 256 指 256 个引脚 )



## 6 版本信息

日期	版本	修订记录
15/10/2017	0.1	首次发布中文版
11/12/2017	0.11	修改 IO 定义,修改下载模式定义
20/12/2017	1.0	修改 IO 封装文件定义