

LOONGSON

龙芯 1C103 处理器数据手册

V1.2

2023 年 7 月

龙芯中科技术股份有限公司

自主决定命运, 创新成就未来

北京市海淀区中关村环保科技示范园龙芯产业园 100095
Loongson Industrial Park, Zhongguancun Environmental Protection Park,
Haidian District, Beijing 100095. P.R.China



www.loongson.cn

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

电话 (Tel) : 010-62546668

传真 (Fax) : 010-62600826

阅读指南

《龙芯 1C103 处理器数据手册》主要介绍 龙芯 1C103 的接口结构、特性、电气规范及硬件设计指导。

修订历史

序号	版本号	更新内容
1	V0.1	初稿, 内部评估版本
2	V0.2	修正 QFN32 封装引脚编号, 新增安装模式引脚说明
3	V0.3	更新热参数
4	V0.4	新增芯片分类及订购信息, 修正目录格式
5	V0.5	修改 QFN32 封装引脚编号及引脚定义中对应关系
6	V1.0	正式版发布, 细化启动模式说明
7	V1.1	根据评审意见进行修改
8	V1.2	格式修订

目 录

目录	i
第一章 概述	1
1.1 特性	1
1.2 结构框图	2
1.3 芯片分级	3
1.4 文档约定	3
1.4.1 信号命名	3
1.4.2 信号类型	3
1.4.3 数值表示	3
1.4.4 寄存器域	3
第二章 引脚定义	4
2.1 引脚复用	4
2.2 启动模式	5
第三章 功能描述	6
3.1 时钟结构	6
3.2 上电复位	6
3.3 看门狗	6
3.4 输入保持功能	7
3.5 安装模式	8
3.6 安全特性	8
3.6.1 可靠性	8
3.6.2 易用性	8
第四章 电气特性	9
4.1 电源	9
4.1.1 推荐工作条件	9
4.1.2 绝对最大额定值	9
4.2 SPI Flash 接口特性	9
4.3 I2C 接口时序	9
4.4 ADC 特性	10

第五章 热特性	11
5.1 热参数	11
5.2 焊接说明	11
第六章 引脚排列和封装	13
第七章 封装机械尺寸	14
第八章 订购信息	15
8.1 表面标识	15

表 目 录

1.1 芯片分级	3
1.2 信号类型约定	3
2.1 QFN32 引脚复用关系	4
3.1 时钟定义	6
4.1 推荐工作条件	9
4.2 绝对最大额定值	9
4.3 SPI Flash 特性	9
4.4 I2C 特性	9
4.5 ADC 特性	10
5.1 龙芯 1C103 热特性参数和极限值	11
5.2 回流焊接参数	12

图 目 录

1.1 龙芯 1C103 结构图	2
3.1 时钟结构图	7
4.1 I2C 接口时序	10
6.1 QFN32 封装顶视图	13
7.1 QFN32 封装机械尺寸图	14
8.1 LS1C103 表面标识	15

第一章 概述

龙芯 1C103 是针对电机驱动应用而设计的微控制器芯片。该芯片集成 CPU、SRAM、Flash、PMU、ATIM、GTIM、BTIM、ADC、DMA、SPI、UART、I2C、RTC 等功能模块，具备驱动舵机、有刷电机、无刷电机 PWM 的原生支持，同时具备常见通信模块，可以满足高性价比的常见电机应用。

1.1 特性

龙芯 1C103 具有以下关键特性：

- LA132 处理器核
 - 32 位单发射
 - 顺序执行、三级流水
 - 无 cache、MMU
 - JTAG 调试接口支持断点、单步
 - 4KB 指令 SRAM、4KB 数据 SRAM
 - 主频 8/11/32MHz
- 片上 Flash
 - 64KB 容量
 - 每页 128 字节
- 定时器
 - BTIM,GTIM,ATIM 三种定时器
 - 支持 PWM 可调输出，输入捕获
 - 调试模式下暂停
- ADC
 - 10 路输入
 - 12 位分辨率
 - 最高采样率 250KSPS
- DMA
 - 4 个通道
 - 支持存储器到存储器，存储器到设备和设备到存储器传输
 - 支持循环传输
 - 支持以 1/2/4 字节为单位传输
- SPI 控制器

- 独立的 Flash 接口，支持启动
- UART 控制器
 - 2 路两线串口
- I2C 控制器
 - 1 路
 - 支持主从模式
 - 速率 100/400Kbps
- 看门狗
 - 上电默认开启
 - 调试模式下暂停
- GPIO
 - 29 路复用 GPIO
 - 上电默认为 GPIO 功能，高阻态
- 低功耗
 - CPU 域可关断
 - APB 模块独立的时钟门控开关

1.2 结构框图

芯片以龙芯 LA132 处理器为计算核心，采用 32 位 AXI+APB 两级总线连接片上资源和外围接口。芯片的结构如图1.1所示。

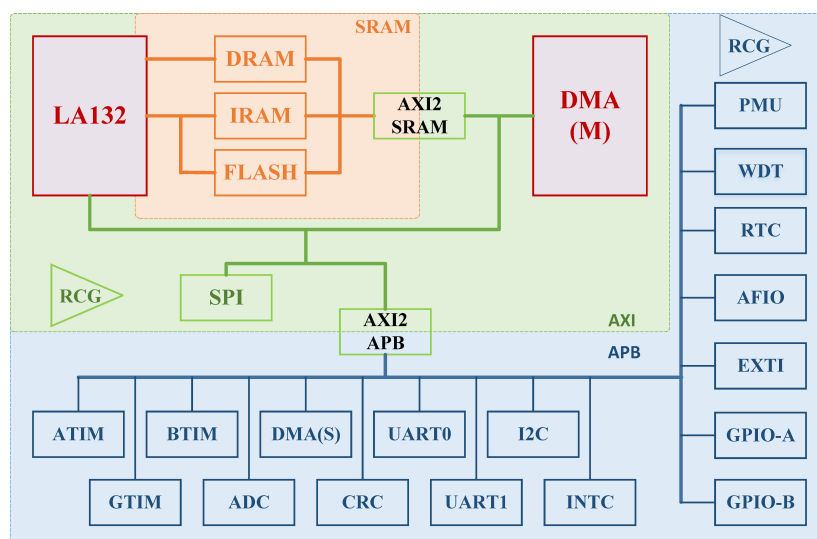


图 1.1: 龙芯 1C103 结构图

1.3 芯片分级

表 1.1: 芯片分级

芯片标识	封装	处理器频率	工作温度 (环境温度)
LS1C103	塑封	8/11/32MHz	-40°C~85°C

1.4 文档约定

1.4.1 信号命名

信号名的选取以方便记忆和明确标识功能为原则。低有效信号以 n 结尾，高有效信号则不带 n。

1.4.2 信号类型

表 1.2: 信号类型约定

代码	描述
A	模拟
DIFF I/O	双向差分
DIFF I	差分输入
DIFF O	差分输出
I	输入
I/O	双向
O	输出
OD	开漏输出
P	电源
G	地

1.4.3 数值表示

16 进制数表示为 'hxx，2 进制数表示为 'bxx，其他数字为 10 进制数。

1.4.4 寄存器域

寄存器域以 [寄存器名].[域名] 的形式加以引用。如 ChipCtrl.dram_pd 指芯片配置寄存器 (ChipCtrl) 的 dram_pd 域。

第二章 引脚定义

龙芯 1C103 封装形式为 QFN32, 所有信号复用关系见下表。

2.1 引脚复用

芯片引脚分为固定功能和 GPIO 复用两类, 可复用的引脚除作为 GPIO 外还有主功能、第一复用、第二复用、模拟复用, 配置寄存器见用户手册。使用时, 不允许多个引脚定义成相同功能, 尤其是输入。

固定功能引脚包括电源、地和 RSTN, 其余均可复用为 GPIO, 如下表。

表 2.1: QFN32 引脚复用关系

引脚号	引脚名	主功能	第一复用	第二复用	模拟复用	GPIO 输入
1	PA00	tim1_ch1	-	-	-	-
2	PA01	tim1_ch1n	uart0_tx	uart1_tx	-	-
3	PA02	tim1_ch2	-	-	-	-
4	PA03*	tim1_ch2n	uart1_tx	spi_clk	-	SAMP1
5	PA04	tim1_ch3	-	-	-	-
6	PA05*	tim1_ch3n	spi_csb	uart0_tx	-	SAMP_TM
7	VDDA	-	-	-	-	-
8	VDD	-	-	-	-	-
9	PA14	uart0_rx	i2c_scl	-	-	-
10	PA15	uart0_tx	i2c_sda	-	-	-
11	PB00	i2c_scl	uart1_tx	-	XIN	-
12	PB01	i2c_sda	uart1_rx	-	-	-
13	PB02	uart1_tx	i2c_scl	-	CLK32IN	tim1_etr
14	PB03	uart1_rx	i2c_sda	-	CLK32OUT	tim2_etr
15	PB04	spi_clk	uart1_tx	i2c_scl	-	-
16	PB05	spi_mosi	uart1_rx	i2c_sda	-	-
17	PA06	uart0_rx	i2c_sda	tim2_ch4	ADC7	batfail
18	PA07	tim2_ch1	spi_clk	uart1_rx	ADC6	-
19	PA08	tim2_ch2	uart1_rx	uart1_tx	ADC5	-
20	PA09	tim2_ch3	uart0_rx	i2c_scl	ADC4	-
21	PA10	tim2_ch4	uart0_tx	i2c_sda	ADC3	-
22	PA11	i2c_scl	spi_miso	uart0_rx	ADC2	-
23	PA12	i2c_sda	spi_mosi	uart1_rx	ADC1	-
24	PA13	uart0_tx	i2c_scl	tim1_ch4	ADC0	tim1_brk
25	PB06	spi_miso	uart0_tx	uart1_tx	ADC9	-
26	PB07	spi_csb	uart0_rx	uart1_rx	ADC8	-
27	PB08	jtag_tck	spi_clk	tim2_ch1	-	-
28	PB09*	jtag_tdo	spi_mosi	tim2_ch2	-	SAMP0

引脚号	引脚名	主功能	第一复用	第二复用	模拟复用	GPIO 输入
29	PB10	jtag_tdi	spi_miso	tim2_ch3	-	-
30	PB11	jtag_tms	spi_csb	tim2_ch4	-	-
31	PB12	jtag_trst	tim1_ch4	-	-	-
32	RSTN	-	-	-	-	-
33	GND	-	-	-	-	-

其中带 * 号的表示上电配置引脚。

2.2 启动模式

龙芯 1C103 中设置了 3 个引脚来配置启动模式：PA03/PA05/PB09。

PA05 的采样时机为复位低电平（latch 实现），采样为高时为测试模式（复位高电平后有效）。PA05 的 PAD 在复位过程中使能了下拉，默认为功能模式。如需测试模式，在复位时给 PA05 高电平。

PB09 的 primary 功能为 JTAG_TDO，用该脚的状态来判断 JTAG 相关引脚功能。当配置为 JTAG 模式时，JTAG 相关引脚上电后仅作为 JTAG 使用，无法配置为其他复用。当配置为 GPIO 模式时，即使配置为主复用也无法连接 JTAG 调试。

PB09 和 PA03 采用三态判断（如复位小节），在 32k 复位过程中进行采样，采样值和含义如下表。其中 PB09 和 PA03 的采样值（4 位）分别为 s0 和 s1，为 4'h0 表示外部下拉，为 4'hf 表示外部上拉，其他值表示外部无上下拉。

当使用外部 SPI 模式启动时，使用 PB04、PB05、PB06、PB07 作为 spi_flash 引脚；当使用安装模式 0 启动时，使用 PB08、PB09、PB10、PB11 作为 spi_flash 引脚；当使用安装模式 1 启动时，使用 PA03、PA05、PA11、PA12 作为 spi_flash 引脚。

信号脚	采样值	含义
PA03	s1==4'hf & s0==4'h0	SPI 启动
	s1==4'hf & s0!=4'h0	安装模式 1
	s1==4'h0	ISP 标志位
	其他	内部 flash 启动
PB09	s0==4'hf	安装模式 0
	s0==4'h0	JTAG 模式
	其他	正常模式 GPIO

第三章 功能描述

3.1 时钟结构

龙芯 1C103 包含以下时钟

表 3.1: 时钟定义

时钟名	属性	频率	说明
clk_int32k	P	12.8 ~58KHz	片内振荡器, 是外部时钟的备份
clk_ext32k	P	32.768KHz	石英振荡器
clk_32k	G		片内 32K 工作时钟
clk_int32m	P	25.6 ~33.6MHz	片内振荡器, 用于 FLASH 内部升压, CPU 子系统时钟
clk_ext8m	P	8MHz	石英振荡器, 测量用参考时钟, 可选为 CPU 子系统时钟
clk_bus	G	8MHz /11MHz	片上总线时钟
clk_cpu	G	32MHz /11MHz /8MHz	CPU/RAM 时钟
clk_hs	G	32KHz /11MHz	电源管理时钟
clk_adc	G	32MHz	ADC 时钟

启动和复位时默认使用片内时钟。时钟选择模块持续检测片外时钟, 并向软件反馈状态。当片外时钟正常时软件可以发起切换操作。切换到外部时钟后, 如果片外时钟停止, 将自动切回内部时钟并产生中断。

时钟结构如图3.1所示。

顶层 RCG 负责生成 32K 时钟, 8M 时钟由 CPU 域内部生成并送出作为总线时钟。根据 CPU 域电源状态, 32K 和 8M 选出 clkhs, 用于电源管理。在 CPU 域掉电时为 32K, 上电后为 8M。

3.2 上电复位

芯片内部集成上电复位功能, 上电期间复位引脚 RSTN 将驱动为低。外部下拉 RSTN 引脚也可以将芯片复位。RSTN 引脚内置约 400KΩ 上拉电阻, 建议外部增加 10nF 对地电容。

芯片内置复位来源寄存器 (CmdSts.RstSrc), 软件可以根据其值判定是一次上电复位或外部复位 (2'b00), 还是一次看门狗复位 (2'b01 / 2'b10), 或是休眠唤醒 (2'b11)。

3.3 看门狗

片内集成不可关闭的看门狗, 初始化为 4 秒复位。引导代码可以将其设置其它值。看门狗配置带校验, 如果配置出错将立即复位。

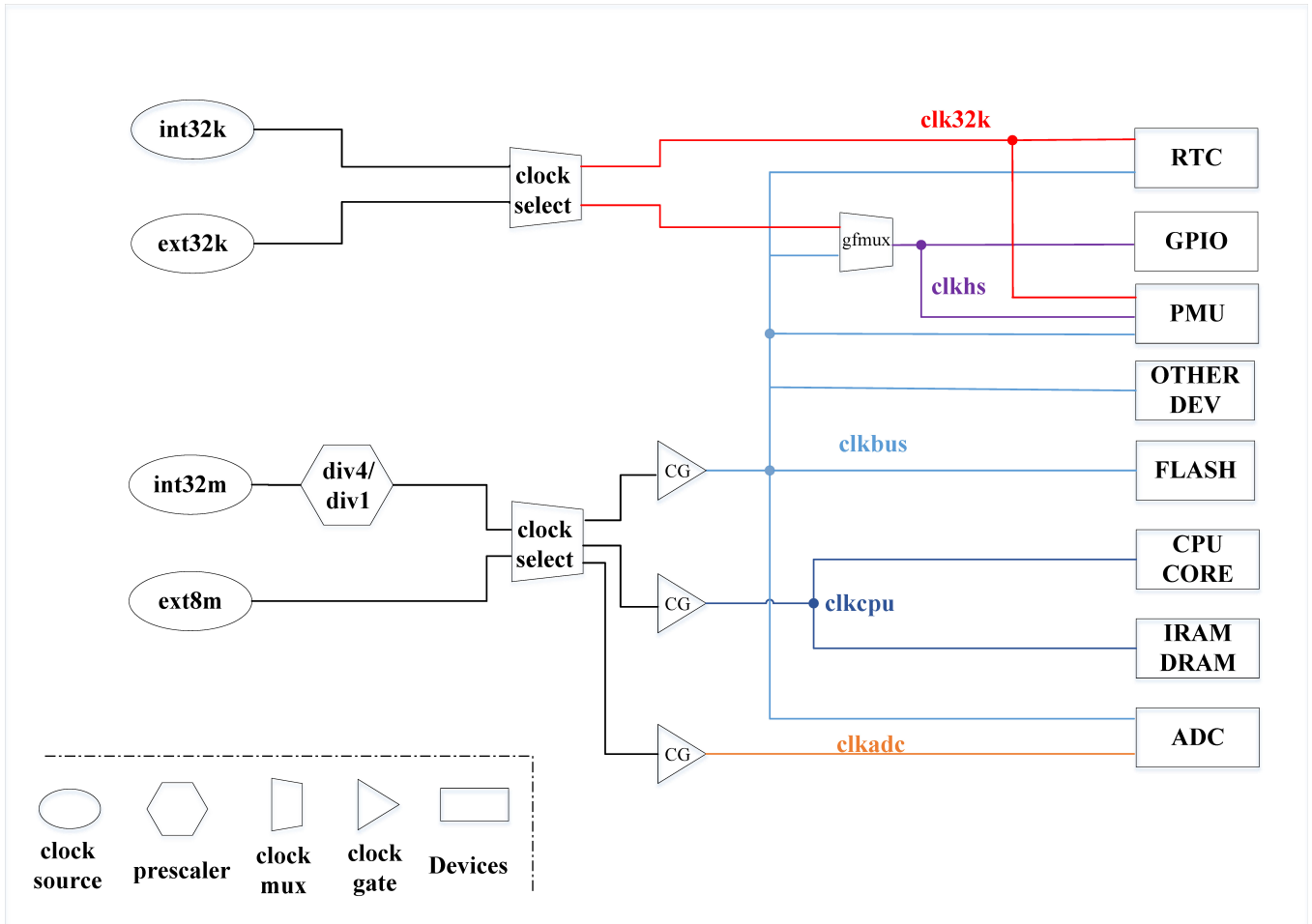


图 3.1: 时钟结构图

在调试模式下 (JTAG_TRST 为高, 且 CPU 被 JTAG 中断), 看门狗计数器将暂停计数。JTAG_TRST 引脚内置约 $50K\Omega$ 弱下拉, 可以悬空。

3.4 输入保持功能

低功耗应用场合要求所有数字引脚的电平处于确定状态。为简化软硬件实现, 龙芯 1C103 支持输入保持功能。该功能打开后会在引脚处引入正反馈, 如果采样到的电平为高, 则开启上拉; 反之, 如果采样到的电平为低, 则开启下拉。上下拉电阻约为 $50K\Omega$ 。

输入保持功能有一个全局使能位 (ChipCtrl.ihold_en), 和每个 IO 的独立控制位处于输入状态时。需注意的是, 如果一个输入引脚未处于 GPIO 状态时, 同样可以打开输入保持功能。打开输入保持功能的输入引脚, 外部驱动应当小于 $5K\Omega$, 以便正确改变状态。

3.5 安装模式

安装模式用于简化出厂时的固件烧写。在该模式下，芯片会从安装卡上的 SPI Flash 启动，运行其中的安装程序。安装程序可以烧写片内 Flash 以及主板上的 SPI Flash。应注意的是在烧写 SPI Flash 时，软件应当在片内 RAM 中运行。

电路设计方面，主板上 FLASH_CSB 应当加以弱下拉（比如 $50K\Omega$ ），并与时钟、数据以及电源地拉出到专用的引出点，以便与安装卡对接。安装卡上将 FLASH_CSB 上拉（比如 $5K\Omega$ ），使得插卡后芯片自动切换成安装模式。如果主板上不用 SPI Flash，而是希望将 FLASH* 接口复用为 GPIO，建议只复用为 GPIO 输出。

3.6 安全特性

本芯片的安全特性实现了运行安全：CPU 只能执行内部代码，外界无法控制其运行。

基于 Flash 的 OTP 功能实现。Flash 初始化完成后读出配置字，生成 jtag_lock 和 otp_lock 两个信号，并随后释放处理器核的复位。jtag_lock 有效时，JTAG 送给处理器核的关键控制信号 jtagbrk/proben/trap 会被强制为 0，并且 SPI 启动也将被禁用。

3.6.1 可靠性

- 外部复位输入和测试模式控制均采用内部时钟同步，过滤后使用
- 无法关闭的看门狗复位（初始为 4 秒）
- 看门狗配置加校验，避免误写或者不完全复位
- 调试模式暂停功能同时检查 cpu 输出的 debug_mode 和 TRST 引脚

3.6.2 易用性

实现了小地址空间，该空间会一直打开，无法关闭。不跑飞的情况下不会有坏处。

CPU 访问虚地址 0 时根据 ERL 状态不同，转成物理地址是 $0x40000000$ 和 $0x00000000$ 两种情况。为简化软件处理，这两种地址都可以命中小地址空间。

第四章 电气特性

4.1 电源

4.1.1 推荐工作条件

表 4.1: 推荐工作条件

电源	描述	Min	Typ	Max	单位
VDD	IO/VR 电源	2.97	3.3	3.63	V
VDDA	ADC/参考电压电源	2.97	3.3	3.63	V

4.1.2 绝对最大额定值

表 4.2: 绝对最大额定值

电源	描述	Min	Max	单位
VDD	IO/VR 电源	-0.3	4.5	V
VDDA	ADC/参考电压电源	-0.3	4.5	V

4.2 SPI Flash 接口特性

T 为 SCK 时钟周期。

表 4.3: SPI Flash 特性

参数	描述	最小	典型	最大	单位
Tckh	SCK 时钟高电平时间	0.5T-1	-	-	ns
Tckl	SCK 时钟低电平时间	0.5T-1	-	-	ns
Tval	SCK 下降沿到数据输出的延迟	6	-	90	ns
Tsu	数据输入建立时间	83	-	-	ns
Th	数据输入保持时间	1	-	-	ns

4.3 I2C 接口时序

波形如图4.1所示。

表 4.4: I2C 特性

参数	描述	最小	典型	最大	单位
Tckh	SCL 时钟高电平时间	4	-	-	us
Tckl	SCL 时钟低电平时间	5	-	-	us
Tval	SCL 下降沿到数据输出的延迟	5	-	-	us
Tsu	数据建立时间 (SDA 变化到 SCL 上升)	0	-	-	us

参数	描述	最小	典型	最大	单位
Th	数据保持时间 (SCL 下降到 SDA 变化)	0	-	-	us

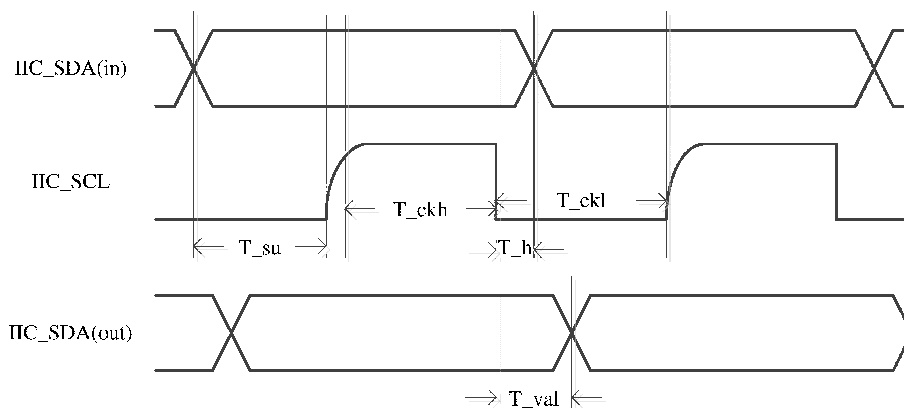


图 4.1: I2C 接口时序

4.4 ADC 特性

表 4.5: ADC 特性

参数	描述	最小	典型	最大	单位
INL	Integral Non-Linearity		±3	±6	LSB
DNL	Differential Non-Linearity		±2	±4	LSB
SNR	Signal-To-Noise Rate		56		dB
SNDR	Signal-To-Noise and Distortion Rate		54		dB
Resolution	分辨率		12		bit
ENOB	有效精度		9.5		bit

第五章 热特性

5.1 热参数

表 5.1: 龙芯 1C103 热特性参数和极限值

参数	值
最高环境温度	85°C
最低环境温度	-40°C
最高存储温度	150°C
最低存储温度	-65°C

5.2 焊接说明

龙芯 1C103 采用无铅封装，建议回流焊接参数如表5.2所示

表 5.2: 回流焊接参数

Profile Feature		Pb-Free Assembly
Average ramp-up rate (T _{smax} to T _p)		3°C/second max.
Preheat	Temperature Min (T _{smin})	150°C
	Temperature Max (T _{smax})	200°C
	Time (T _{smin} to T _{smax})(ts)	60 – 180 seconds
Time maintained above	Temperature (T _L)	217°C
	Time (t _L)	60 – 150 seconds
Peak Temperature (T _p)		245°C
Time within 5°C of actual Peak Temperature (t _p)		20 – 40 seconds
Rampdown Rate		6°C/second max.
Time 25°C to Peak Temperature		8 minutes max.

第六章 引脚排列和封装

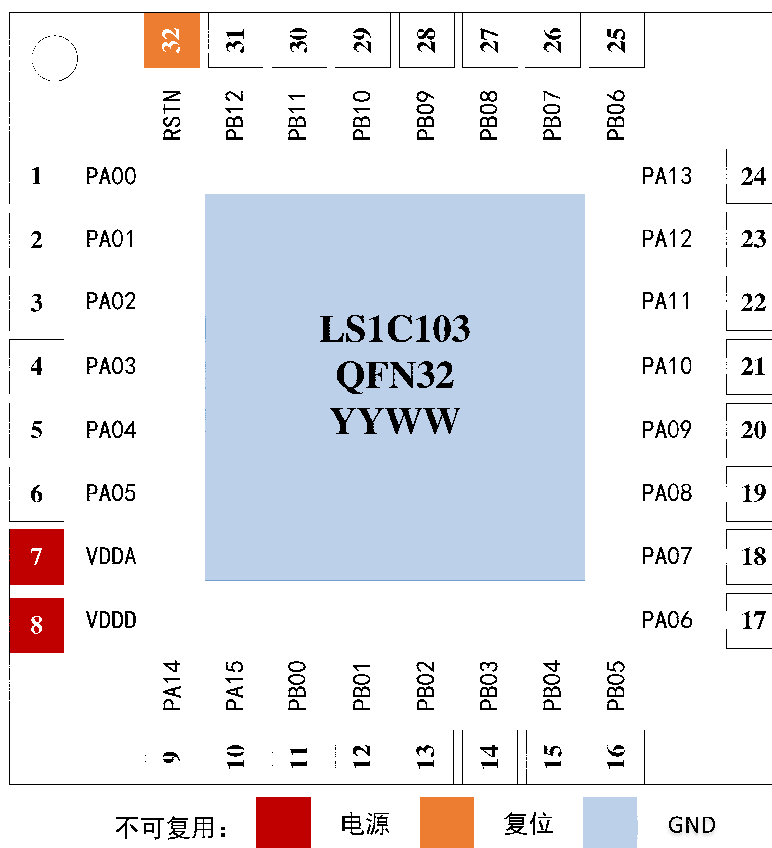


图 6.1: QFN32 封装顶视图

第七章 封装机械尺寸

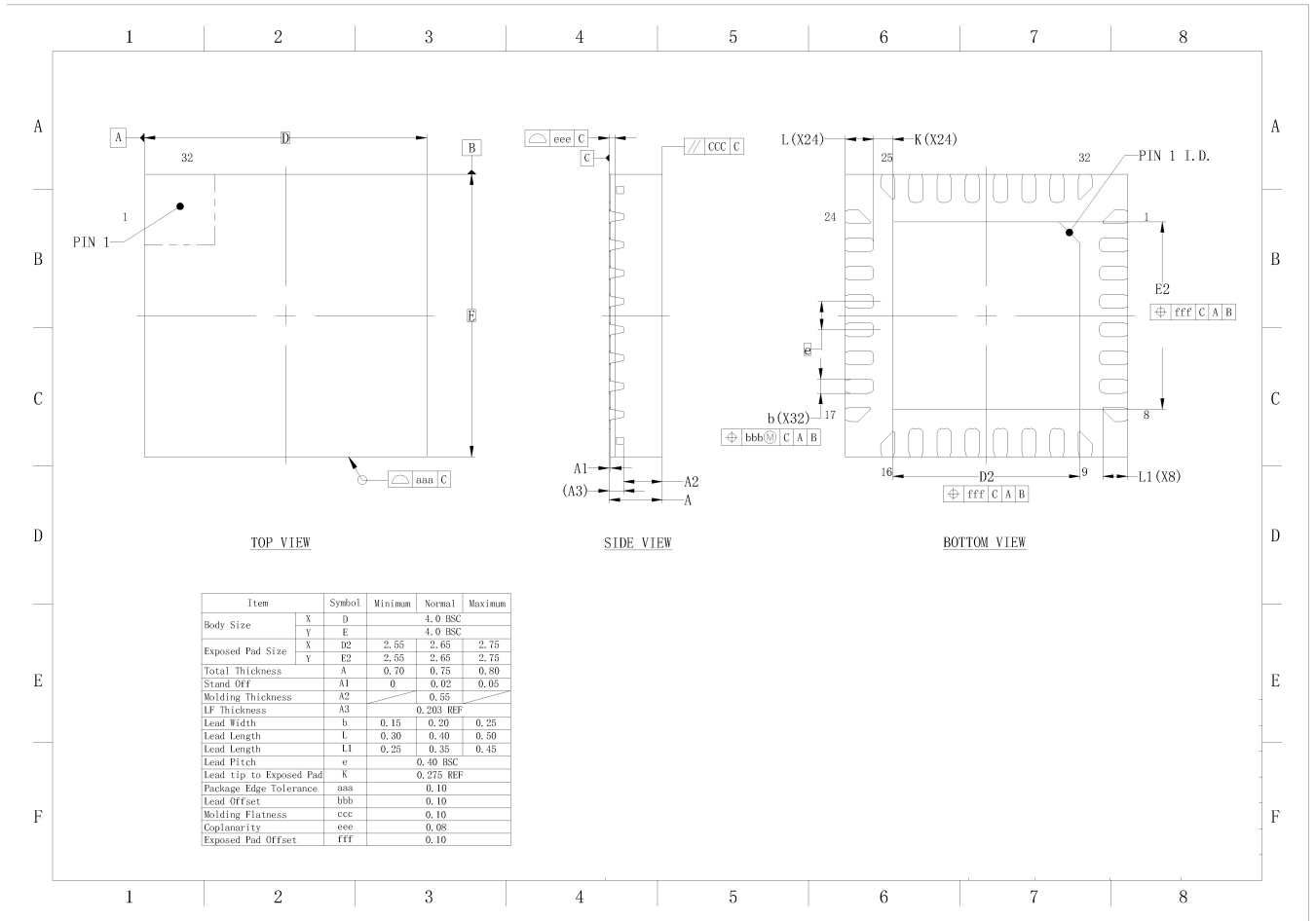


图 7.1: QFN32 封装机械尺寸图

第八章 订购信息

8.1 表面标识

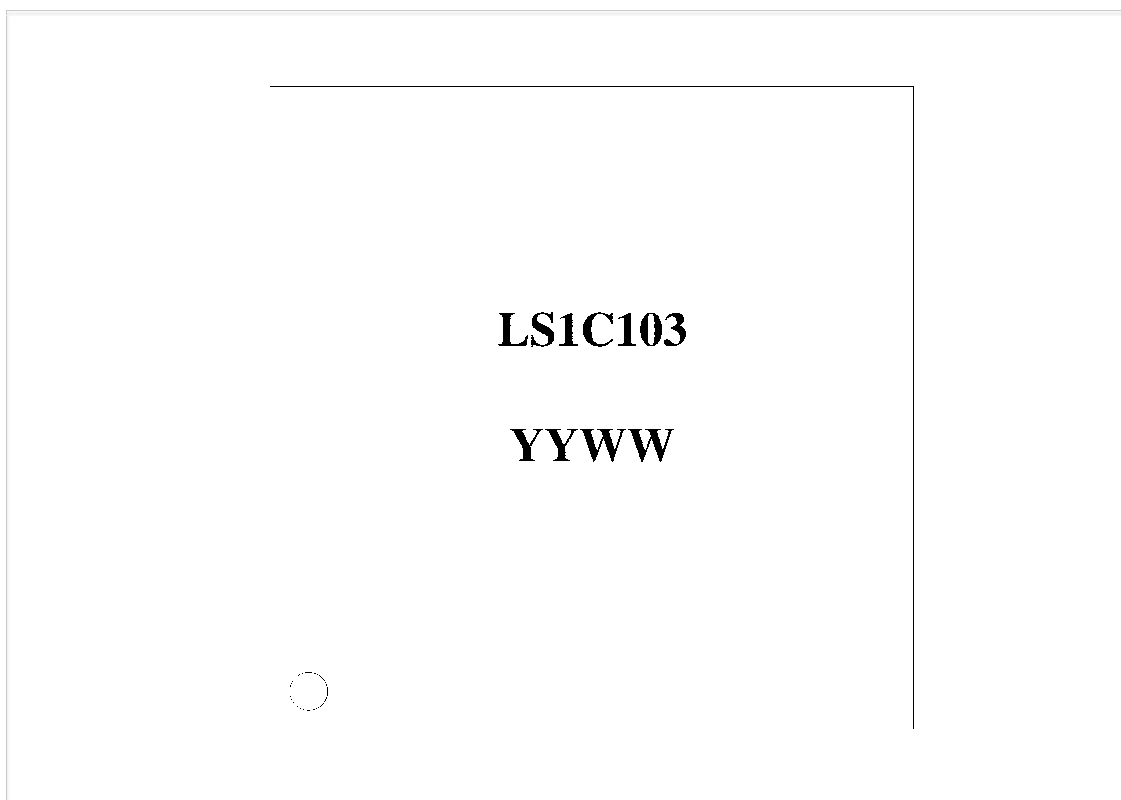


图 8.1: LS1C103 表面标识

- a) o : 定位点;
- b) LS1C103 : 器件标识号;
- c) YYWW : YY = 封装年份, WW = 星期数。