

LOONGSON

龙芯 1C101 处理器数据手册

2018 年 9 月 29 日

龙芯中科技术有限公司

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 1C101 处理器数据手册》主要介绍龙芯 1C101 的接口结构、特性、电气规范及硬件设计指导。

修订历史

序号	更新日期	版本号	更新内容
1	2018-3-26	V0.1	初稿，内部评估版本
2	2018-9-29	V1.0	修正封装引出图，更新机械尺寸

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 文档约定	3
1.3.1 信号命名	3
1.3.2 信号类型	3
1.3.3 数值表示	3
1.3.4 寄存器域	3
第二章 引脚定义	5
2.1 QFP80 封装引脚	5
2.2 上电配置	8
第三章 功能描述	11
3.1 时钟结构	11
3.2 上电复位	12
3.3 看门狗	12
3.4 输入保持功能	12
3.5 安全特性	12
3.6 安装模式	13
第四章 电气特性	15
4.1 电源	15
4.1.1 推荐工作条件	15
4.1.2 绝对最大额定值	15
4.2 SPI Flash 接口特性	15
4.3 I2C 接口时序	15
4.4 ADC 特性	16

第五章 热特性	17
5.1 热参数	17
5.2 焊接说明	17
第六章 引脚排列和封装	19
第七章 封装机械尺寸	21

表 目 录

1.1	信号类型约定	3
2.1	QFP80 引脚定义	5
2.2	引脚复用关系	7
2.3	上电配置引脚	8
3.1	时钟定义	11
4.1	推荐工作条件	15
4.2	绝对最大额定值	15
4.3	SPI Flash 特性	15
4.4	I2C 特性	15
4.5	ADC 特性	16
5.1	龙芯 1C101 热特性参数和极限值	17
5.2	回流焊接参数	18

图 目 录

1.1 龙芯 1C101 结构图	2
3.1 时钟结构图	11
4.1 I2C 接口时序	16
6.1 QFP64 封装顶视图	19
7.1 封装机械尺寸图	21

第一章 概述

龙芯 1C101 是在龙芯 LS1C100 基础上针对门锁应用而优化设计的单片机芯片。该芯片集成 CPU、Flash、SPI、UART、I2C、RTC、TSENSOR、VPWM、ADC 等功能模块，在满足低功耗要求的同时，可以大幅减少板级成本。

1.1 特性

龙芯 1C101 具有以下关键特性：

- LS132R 处理器核
 - 32 位单发射
 - 顺序执行、三级流水
 - 无 cache、MMU
 - EJTAG 调试接口支持断点、单步
 - 4KB 指令 SRAM、4KB 数据 SRAM
 - 最高主频 10MHz
- 片上 Flash
 - 128KB 容量
 - 每页 128 字节
 - 支持代码加密
- SPI 控制器
 - 3 个片选
 - 独立的 Flash 接口，支持启动
- UART 控制器
 - 3 路两线串口
 - 1 路支持唤醒
- I2C 控制器
 - 1 路
 - 支持主从模式
 - 速率 100/400Kbps
- VPWM 控制器
 - 1 路
 - 支持 6K 采样率
 - 支持 ADPCM 压缩

- ADC
 - 6 路输入
 - 12 位分辨率
- 看门狗
 - 上电默认开启
 - 调试模式下暂停
- 定时器
 - 1 路
 - 支持单次、循环模式
 - 调试模式下暂停
- GPIO
 - 64 路复用 GPIO
 - 上电默认为 GPIO 功能，高阻态

1.2 结构框图

芯片以龙芯 LS132R 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。

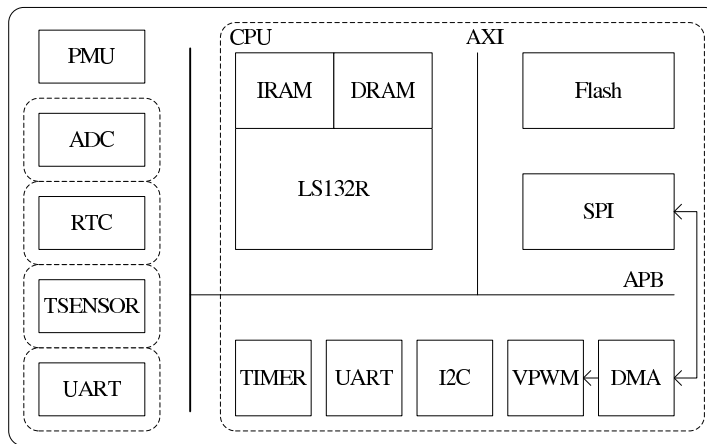


图 1.1: 龙芯 1C101 结构图

1.3 文档约定

1.3.1 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 \bar{n} 结尾，高有效信号则不带 \bar{n} 。

1.3.2 信号类型

表 1.1: 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

1.3.3 数值表示

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

功能相同但标号有别的引脚（如 TS00,TS01,...）使用方括号加数字范围的形式简写（如 TS[15:0]）。类似地，寄存器域也采用这种表示方式。

1.3.4 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 1C101 定义了有多种封装形式，其中 QFP80 为完全引出版，所有功能均引出。其它封装引出脚为 QFP80 的真子集，其定义与 QFP80 的同名引脚一致，因此本章只介绍 QFP80 封装时的引脚定义。

2.1 QFP80 封装引脚

表 2.1: QFP80 引脚定义

序号	名称	类型	描述
1	EJTAG_TCK/GPIO49	I	EJTAG 时钟
2	EJTAG_TRST	I	EJTAG 复位
3	EJTAG_TDI/GPIO50	I	EJTAG 数据输入
4	EJTAG_TDO/GPIO51	O	EJTAG 数据输出
5	EJTAG_TMS/GPIO52	I	EJTAG 模式选择
6	SPI_CLK/GPIO53	O	SPI 时钟
7	SPI_MISO/GPIO54	I	SPI 数据输入
8	SPI_MOSI/GPIO55	O	SPI 数据输出
9	SPI_CSN1/GPIO56	O	SPI 片选 1
10	SPI_CSN2/GPIO57	O	SPI 片选 2
11	SPI_CSN3/GPIO58	O	SPI 片选 3
12	GPIO59	I/O	通用输入输出
13	GPIO60	I/O	通用输入输出
14	GND	G	地
15	VPWM_DP/GPIO61	O	语音输出数据正端
16	VPWM_DN/GPIO62	O	语音输出数据负端
17	GPIO63	I/O	通用输入输出
18	VIO	P	IO 电源
19	DOTESTn	I	测试模式
20	RSTn	I	系统复位
21	CLK32IN	I	32.768KHz 晶体振荡器输入
22	CLK32OUT	O	32.768KHz 晶体振荡器输出，可接晶振
23	GPIO00	I/O	通用输入输出
24	GPIO01	I/O	通用输入输出
25	PULSE0/GPIO02	O	脉冲输出
26	PULSE1/GPIO03	O	脉冲输出
27	IIC_SCL/GPIO04	O	I2C 时钟
28	IIC_SDA/GPIO05	I/O	I2C 数据
29	ADC_IO	I	ADC 通道 0/断电检测输入
30	ADC_I1	I	ADC 通道 1
31	UART0_RX/GPIO06	I	串口 0 数据输入

序号	名称	类型	描述
32	UART0_TX/GPI007	O	串口 0 数据输出
33	UART1_RX/GPI008	I	串口 1 数据输入
34	UART1_TX/GPI009	O	串口 1 数据输出
35	UART2_RX/GPI010	O	串口 2 数据输入
36	UART2_TX/GPI011	O	串口 2 数据输出
37	BS0/GPI012	I	启动配置 0
38	XIN	I	8MHz 晶体振荡器输入，可接晶振
39	XOUT	O	8MHz 晶体振荡器输出
40	BS1/GPI013	I	启动配置 1
41	ADC_I4/GPI014	A	ADC 通道 4
42	ADC_I5/GPI015	A	ADC 通道 5
43	ADC_I6/GPI016	A	ADC 通道 6
44	VRVDD	P	VR 电源输入
45	VR0UT	A	VR 电源输出，接 10nF 电容到地
46	ADC_I7/GPI017	A	ADC 通道 7
47	GND	G	地
48	TSCAP	A	触摸按键外置电容
49	VIO	P	电源
50	TS00/GPI018	A	触摸按键 0
51	TS01/GPI019	A	触摸按键 1
52	TS02/GPI020	A	触摸按键 2
53	TS03/GPI021	A	触摸按键 3
54	TS04/GPI022	A	触摸按键 4
55	TS05/GPI023	A	触摸按键 5
56	TS06/GPI024	A	触摸按键 6
57	TS07/GPI025	A	触摸按键 7
58	TS08/GPI026	A	触摸按键 8
59	TS09/GPI027	A	触摸按键 9
60	TS10/GPI028	A	触摸按键 10
61	TS11/GPI029	A	触摸按键 11
62	TS12/GPI030	A	触摸按键 12
63	TS13/GPI031	A	触摸按键 13
64	TS14/GPI032	A	触摸按键 14
65	TS15/GPI033	A	触摸按键 15
66	GPI034	I/O	通用输入输出
67	GPI035	I/O	通用输入输出
68	GPI036	I/O	通用输入输出
69	GPI037	I/O	通用输入输出
70	GPI038	I/O	通用输入输出
71	GPI039	I/O	通用输入输出
72	GPI040	I/O	通用输入输出
73	GPI041	I/O	通用输入输出
74	GPI042	I/O	通用输入输出
75	GPI043	I/O	通用输入输出

序号	名称	类型	描述
76	FLASH_CLK/GPIO44	O	SPI Flash 时钟
77	FLASH_MOSI/GPIO45	O	SPI Flash 数据输出
78	FLASH_MISO/GPIO46	O	SPI Flash 数据输入
79	FLASH_CSN/GPIO47	O	SPI Flash 片选
80	FLASH_CSB/GPIO48	O	SPI Flash 第二片选

引脚的复用关系定义如下：

表 2.2: 引脚复用关系

GPIO	引脚	主功能	第一复用	第二复用
0	GPIO00	gpio[0]	i2c_scl	gpio[0]
1	GPIO01	gpio[1]	i2c_sda	gpio[1]
2	PULSE0	pulse0	-	gpio[2]
3	PULSE1	pulse1	-	gpio[3]
4	IIC_SCL	i2c_scl	-	i2c_scl
5	IIC_SDA	i2c_sda	-	i2c_sda
6	UART0_RX	uart0_rx	-	uart0_rx
7	UART0_TX	uart0_tx	-	uart0_tx
8	UART1_RX	uart1_rx	-	uart1_rx
9	UART1_TX	uart1_tx	-	uart1_tx
10	UART2_RX	uart2_rx	-	gpio[10]
11	UART2_TX	uart2_tx	-	gpio[11]
12	*BS0	gpio[12]	-	gpio[12]
13	*BS1	gpio[13]	-	-
14	ADC_I4	gpio[14]	-	-
15	ADC_I5	gpio[15]	-	-
16	ADC_I6	gpio[16]	-	-
17	ADC_I7	gpio[17]	-	-
18	TS00	gpio[18]	i2c_scl	-
19	TS01	gpio[19]	i2c_sda	-
20	TS02	gpio[20]	spi_clk	flash_clk
21	TS03	gpio[21]	spi_miso	flash_miso
22	TS04	gpio[22]	spi_mosi	flash_mosi
23	TS05	gpio[23]	spi_csn	flash_csn[0]
24	TS06	gpio[24]	-	spi_csn[1]
25	*TS07	gpio[25]	-	gpio[18]
26	TS08	gpio[26]	-	gpio[19]
27	TS09	gpio[27]	-	-
28	TS10	gpio[28]	-	-
29	TS11	gpio[29]	-	-
30	TS12	gpio[30]	uart0_rx	-
31	TS13	gpio[31]	uart0_tx	-
32	TS14	gpio[32]	i2c_scl	gpio[20]
33	TS15	gpio[33]	i2c_sda	gpio[21]

GPIO	引脚	主功能	第一复用	第二复用
34	GPIO34	gpio[34]	uart0_rx	-
35	GPIO35	gpio[35]	uart0_tx	-
36	GPIO36	gpio[36]	uart1_rx	-
37	GPIO37	gpio[37]	uart1_tx	-
38	GPIO38	gpio[38]	uart2_rx	-
39	GPIO39	gpio[39]	uart2_tx	-
40	GPIO40	gpio[40]	-	-
41	GPIO41	gpio[41]	-	-
42	GPIO42	gpio[42]	-	-
43	GPIO43	gpio[43]	-	-
44	FLASH_CLK	flash_clk	pulse0	-
45	FLASH_MOSI	flash_mosi	pulse1	-
46	FLASH_MISO	flash_miso	-	-
47	FLASH_CSN	flash_csn	-	-
48	*FLASH_CSB	flash_sfccsn	-	-
49	EJTAG_TCK	ejtag_tck	-	-
50	EJTAG_TDI	ejtag_tdi	uart0_rx	-
51	*EJTAG_TDO	ejtag_tdo	uart0_tx	-
52	EJTAG_TMS	ejtag_tms	-	-
53	SPI_CLK	spi_clk	-	gpio[22]
54	SPI_MISO	spi_miso	-	gpio[23]
55	SPI_MOSI	spi_mosi	-	gpio[24]
56	SPI_CSN1	spi_csn[1]	-	gpio[25]
57	SPI_CSN2	spi_csn[2]	-	-
58	SPI_CSN3	spi_csn[3]	-	-
59	GPIO59	gpio[59]	uart1_rx	vpwm_dp
60	GPIO60	gpio[60]	uart1_tx	vpwm_dn
61	VPWM_DP	vpwm_dp	uart2_rx	-
62	VPWM_DN	vpwm_dn	uart2_tx	-
63	GPIO63	gpio[63]	-	-

其中带 * 号的表示上电配置引脚。

2.2 上电配置

芯片启动时会读取引脚上的配置电平，从而决定启动模式。相关配置说明见表2.3。这些配置引脚应根据需要进行上下拉。

表 2.3: 上电配置引脚

引脚	说明
BS0	新封装启动模式选择，上拉为 SPI 启动（若 BS1 下拉则此脚可不拉）
BS1	封装兼容选择，上拉为 1C101 封装，下拉兼容 1C100
TS07	老封装启动模式选择，上拉为 SPI 启动（仅 BS1 下拉时有效，若 BS1 上拉则此脚可不拉）

引脚	说明
FLASH_CSB	新封装安装模式，上拉为 Flash_CSB 启动（若 BS1 下拉则此脚可不拉）
EJTAG_TDO	新封装 EJTAG 引脚复用，上拉可复用为 GPIO，下拉只能作为 EJTAG

注：若 EJTAG 被锁定，则 SPI 启动选项自动失效，只能从片内 Flash 启动。

第三章 功能描述

3.1 时钟结构

龙芯 1C101 包含以下时钟

表 3.1: 时钟定义

时钟名	频率	说明
clk_int32k	12.8 ~58KHz	片内振荡器, 是外部时钟的备份
clk_ext32k	32.768KHz	石英振荡器
clk_32k		片内 32K 工作时钟
clk_int32m	25.6 ~33.6MHz	片内振荡器, 可用于语音输出
clk_ext8m	8MHz	石英振荡器
clk_8m		片内 8M 工作时钟
ejtag_tck	8MHz	EJTAG 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。

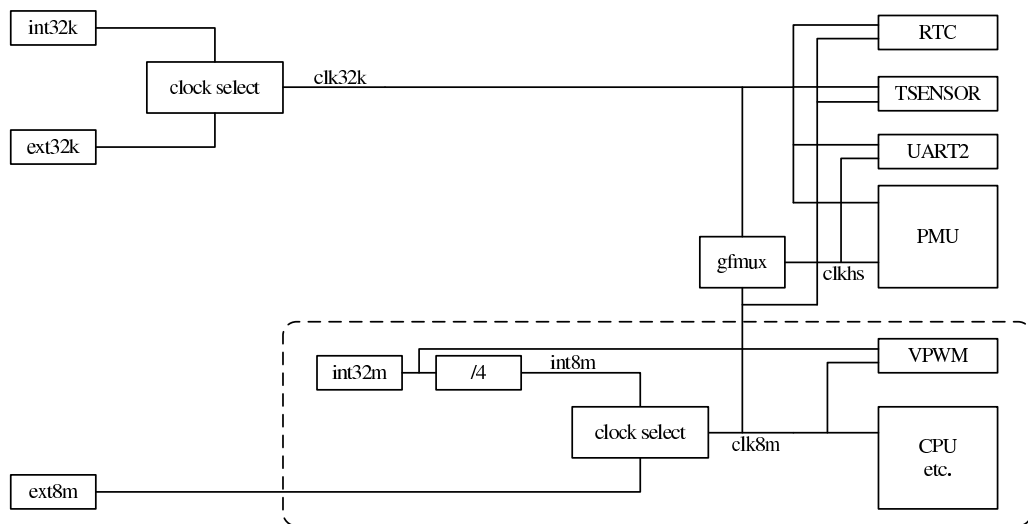


图 3.1: 时钟结构图

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。

片内时钟的频率精度不高，对于精度要求高的应用建议连接片外时钟晶体。芯片中有逻辑可测试 32K 时钟与 8M 时钟的关系，在只用一个晶体时提供校准能力，参见 TsCtrl.test_en。芯片出厂时在常温下测试了内部 8M 时钟的频率，并写入 0xbf0201b0 指向的数据字中，单位为 KHz。

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 1nF 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。

在调试模式下 (EJTAG_TRST 为高，且 CPU 被 EJTAG 中断)，看门狗计数器将暂停计数。EJTAG_TRST 引脚内置约 50KΩ 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 1C101 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 50KΩ。

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 (!GPIO_EN[i] & GPIO_O[i])。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 5KΩ，以便正确改变状态。

3.5 安全特性

龙芯 1C101 的安全包括两个层次：

1. 运行安全：CPU 只能执行内部代码，外界无法控制其运行
2. 代码安全：关键代码无法读出，存储时随机加密

前者基于 Flash 的 OTP 功能实现。Flash 初始化完成后读出配置字，生成 EJTAG 锁定和 OTP 锁定两个信号。EJTAG 锁定有效时，外部调试主机将无法使芯片进入调试模式，并且 SPI 启动也将被禁用。后者在 Flash 内部实现，保护区域的代码只允许指令读，存取时自动加解密。

3.6 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_CS_B 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_CS_B 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。

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
VIO	IO 电源	2.97	3.3	3.63
VRVDD	VR 电源	2.97	3.3	3.63

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
VIO	IO 电源	-0.3	4.5	V
VRVDD	VR 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

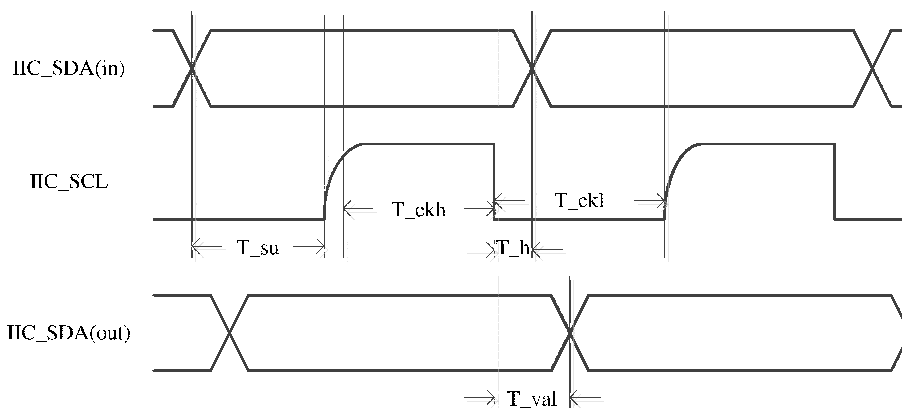


图 4.1: I2C 接口时序

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 1C101 热特性参数和极限值

参数	值
最大电流	5mA
最高环境温度	85°C
最低环境温度	-40°C
最高存储温度	125°C
最低存储温度	-55°C

5.2 焊接说明

龙芯 1C101 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})(t _s)	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

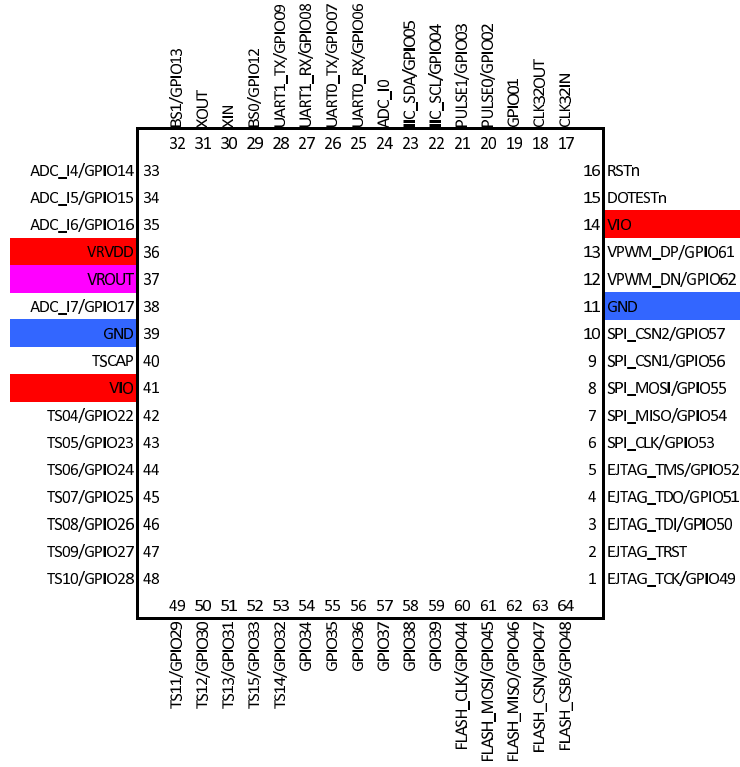


图 6.1: QFP64 封装顶视图

第七章 封装机械尺寸

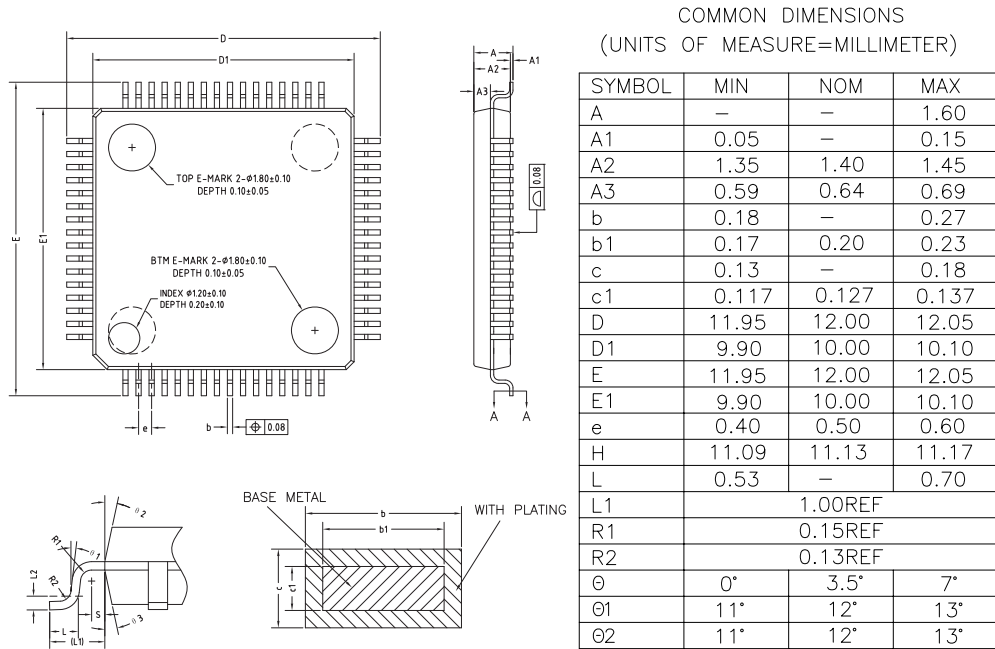


图 7.1: 封装机械尺寸图