CTESIUS 系列 LTU32

无源 UHF RFID 温度传感芯片

使用手册

JOHAR Tech. Confidential

悦和科技
JOHAR TECHNOLOGY

浙江悦和科技有限公司

版本：1.1 2020 年 3 月

版本历史

版本	生效	修改内容	修改者
1.0	2019/08/16	初版	Q. Zhu
1.1	2020/03/05	勘误	Q. Zhu

JOHAR Tech. Confidential

权利及隐私声明

本手册中所述的芯片应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。悦和科技对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。悦和科技对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将悦和科技的电子器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障悦和科技免于承担法律责任，并加以赔偿。在悦和科技知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

JOHAR Tech. Confidential

目录

版本历史 i

权利及隐私声明 ii

目录 iii

1. 描述 1
2. 功能 2
   - 2.1 存储器模块 2
   - 2.2 模块框图 2
   - 2.3 内置温度传感器 3
   - 2.4 芯片天线接口描述 3
   - 2.5 RF 通信接口 4
   - 2.6 天线参考设计 4
   - 2.7 电源管理模块 4
   - 2.8 调制、解调模块 4
   - 2.9 非易失性存储器 5
3. 连接特性 6
   - 3.1 阻抗参数 6
   - 3.2 正向链路信号特性参数 7
   - 3.3 反向链路信号特性参数 7
4. 封装形式及管脚定义 8
5. 存储器 10
   - 5.1 存储器分布图 10
   - 5.2 保留区数据 11
   - 5.3 逻辑位置与物理位置的对应关系 11
   - 5.4 EPC 存储区 11
   - 5.5 TID 存储区 11
6. 锁定操作及灭活操作 12
   - 6.1 锁定操作 12
   - 6.2 灭活操作 12
7. 传感数据获取及处理 13
   - 7.1 普通传感数据获取方式 13
   - 7.2 SELSENSE 传感数据获取方式 13
   - 7.3 传感数据校验及校准参数读出 14
   - 7.4 温度传感数据转换 15
   - 7.5 芯片版本定义与兼容性 16
8. 极限参数 17
9. 波形范例 18

服务与销售 20

JOHAR Tech. Confidential

1. 描述

本手册定义了一款符合 EPC™ Global Class1 Gen2 通信协议的 LTU32 系列芯片。本芯片需要与符合 Gen 2 协议的工作在 UHF RFID 频段内的读写器配合使用。

LTU32 是一款无源无线温湿度传感芯片。芯片利用先进的超高频无线电波能量收集（Energy Harvesting）技术，通过 840MHz-960MHz 的 RF 电磁波获得能量。芯片内置 512 比特可擦写非易失性数据储存单元，供存储用户信息等数据。射频芯片通讯接口支持 EPC Global C1G2 v1.2 通信接口，可搭配各型 UHF RFID 读写设备搭建无源无线传感系统。

- 配合偶极子天线工作时读取灵敏度可达约-18dBm
- EPC 段存储空间为 96 bits；TID 段存储空间为 128 bits，其中 80 bits 为芯片序列号
- 使用全球领先的存储器 IP，25℃环境中重复擦写次数高达 100,000 次，数据保存年限达 100 年。
- 支持 SELSENSE 功能，支持批量传感操作，节省大量时间

关键参数：

参数	单位	最小	典型	最大	备注
工作频率	MHz	840		960	
灵敏度	dBm		-18		匹配 2dBi 标签天线
输入阻抗	Ω		25-j220		@922.5MHz
温度传感范围	℃	-40		150	
温度传感精度	℃		±1		
温度传感分辨率	℃		0.01		
数据保存	年	10	>100		25℃
写入循环次数	次	100,000			
ESD	kV		±2		HBM

表 1.1

参考文档：

1. EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communication at 860 MHz – 960 MHz Version 1.2.0
2. Tag Performance Parameters and Test Methods Version 1.1.3
3. EPC Tag Data Standard – defines the Electronic Product Code™ and specifies the memory contents of Gen 2 RFID Tags Release 1.10

IOHAR Tech Confidential

2. 功能

2.1 存储器模块

优化单品级标签读取性能，LTU32 芯片提供 96 bits EPC 字段存储空间及唯一 TID 号。LTU32 系列芯片可以被灭活也能支持 Access 及 Lock 命令。

存储器区段	描述
User	用户可编辑部分 – 128 bits
	传感器参数 – 32 bits
TID （无法修改）	公司 / 型号名称 – 32bits
	序列号 – 48bits
	工厂配置区 – 48bits
EPC	96 bits
Reserved	工厂配置区
	Kill Password
	Access Password

表 2.1

2.2 模块框图

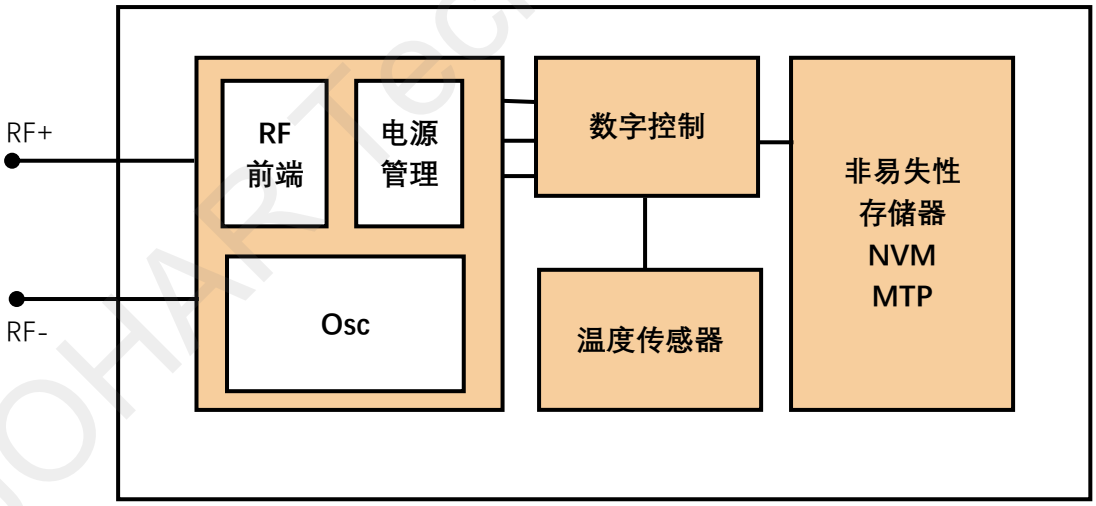


图 2.1

JOHAR Tech. Confidential

2.3 内置温度传感器

随着低功耗电路设计技术的发展以及更多应用场景的出现，集成在 RFID 标签上的温度传感器不仅需要低功耗，传感精度和分辨率等指标也需要与分立式传感器相当。本传感器温度信号采用了非线性读取，后端数字可根据预设参数实现快速的线性化，方便温度数据原始数据读出后与摄氏（华氏）温度之间的转换。

校准后（出厂后）关键区段温度数据精度达到±1℃，全温度段误差曲线如下图所示：

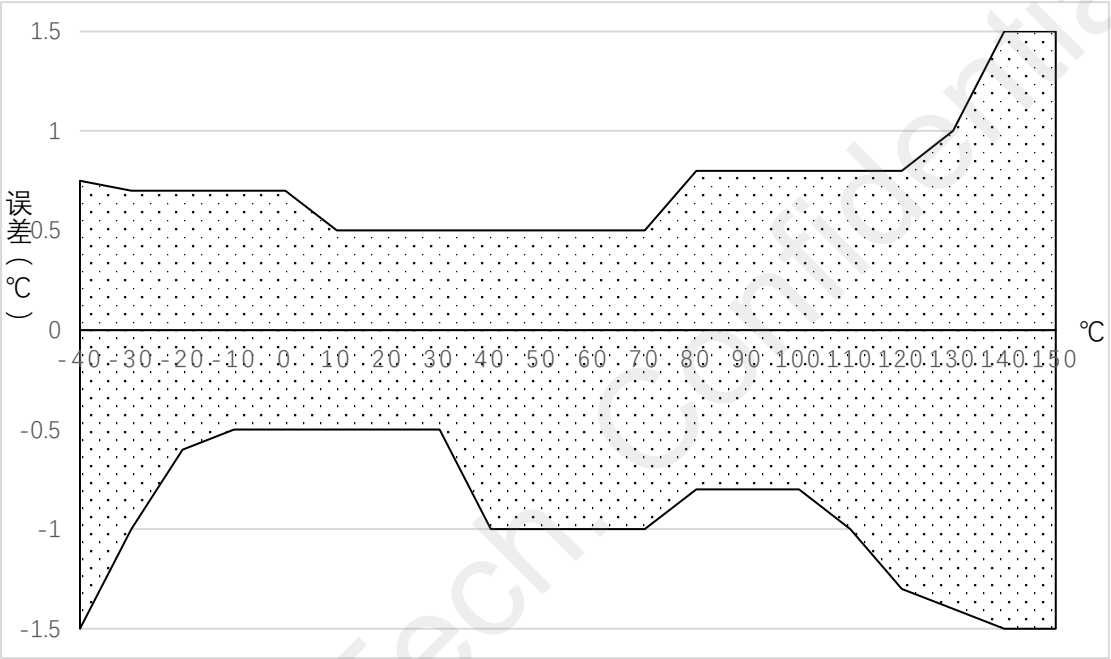


图 2.2

2.4 芯片天线接口描述

LTU32 系列芯片提供给用户两个外接天线接口，分别为 RF+及 GND。

符号	编号	描述
RF+	1	
GND	2	

表 2.2

LTU32 系列芯片的所有操作及交互包括能量获取，空气通讯接口，传感器工作，命令执行等均通过此天线接口进行。须保证 RF+及 GND 完好连接于天线两端。

JOYAR Technology Confidential

2.5 RF 通信接口

- 支持 EPC Global C1G2, ISO/IEC18000-6C，无线数据传输
- 载波频率为 840MHz-960MHz，支持全世界所有的 UHF RFID 频段，芯片可在全世界任何地点使用
- 正向数据频率 40-160 Kbit/s，反向数据频率: 40-640 Kbit/s
- 先进的防碰撞算法，可靠的多标签性能
- 低功耗设计以达到较长的读写、传感距离

2.6 天线参考设计

所有的 LTU32 系列芯片均提供切实可靠的参考天线设计给使用者。参考设计包括但不仅限于 FR4 PCB、FPC、PVC 等。所有参考天线设计均受浙江悦和科技有限公司及其关联子公司保密条款保护。(单位：mm)

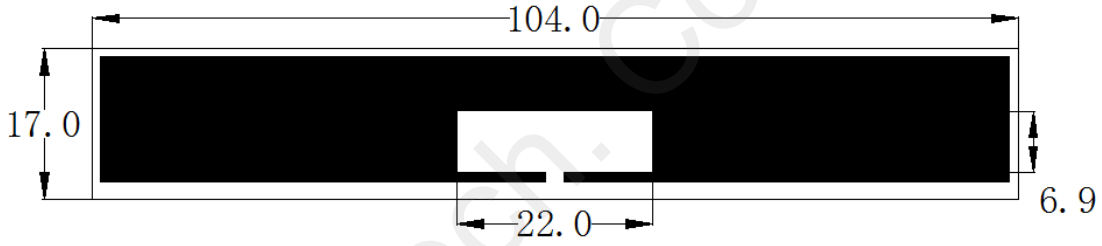


图 2.3

2.7 电源管理模块

使用 LTU32 系列芯片所生产的标签只能被主动的 RFID 读写器激活。当标签进去到 RF 场时，电源管理模块将电磁场转化为直流电信号，整流后为芯片其他模块供电。

2.8 调制、解调模块

LTU32 系列芯片支持读写器所有的三种调制方式分别为 DSB-ASK、SSB-ASK 及 PR-ASK，并能以 PIE 解码方式解调。标签依靠反射射频波的方式与读写器通信，标签通过不断转换对射频波的吸收、反射两种状态来达到发送信号的目的。反射信号支持 FM0 及 Miller2、4、6 共四种方式及 Gen2 协议规定的所有通讯速率。

JOHAR Tech. Confidential

2.9 非易失性存储器

LTU32 系列芯片集成世界领先的非易失性存储器 IP 模块，该模块特别为 RFID 低功耗应用做了特殊优化。向该非易失性存储器模块写入数据所需的额外电路均已集成在芯片内部。LTU32 系列芯片所使用的非易失性存储器模块 25℃环境中支持 100,000 次的写入循环及 100 年的数据保存期限。

JOHAR Tech. Confidential

3. 连接特性

定义：
正向链路：读写器至标签
反向链路：标签至读写器

3.1 阻抗参数

为了让 LTU32 系列芯片发挥出更好的潜在性能，设计一款尽量匹配芯片阻抗值的天线是非常有必要的。下图是芯片的阻抗模型，这些参数只是为了标签更好的芯片阻抗的匹配共轭，并不代表芯片的真实输入阻抗值。

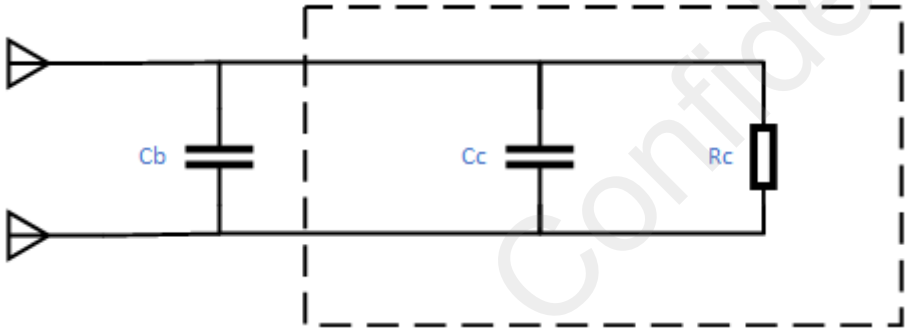


图 3.2

参数	单位	数值	备注
Cc	pF	0.78	芯片等效输入电容
Rc	kOhm	2	芯片等效输入电阻
Cb	pF	-	-
灵敏度	dBm	-18	25℃，调制深度 90% 盘点及温度传感 匹配 2dBi 标签天线

表 3.1

JOHAR Tech. Confidential

3.2 正向链路信号特性参数

参数	单位	最小	典型	最大	备注
载波频率	MHz	840		960	
最大场强	dBm		+17		
调制方式			DSB-ASK SSB-ASK PR-ASK		
编码方式			PIE		
调制深度	%	80		100	
上升时间	s	0		0.33Tari	
下降时间	s	0		0.33Tari	
Tari	μs	6.25		25	
PIE 比		1.5:1		2:1	
占空比	%	48		82.3	
脉冲宽度	μs	Max(0.265Tari,2)		0.525Tari	

表 3.2

3.3 反向链路信号特性参数

参数	单位	最小	典型	最大	备注
调制方式			ASK		
编码方式			FM0 Miller2,4,8		
占空比	%	45	50	55	

表 3.3

JOHAR Tech. Confidential

4. 封装形式及管脚定义

封装形式：0202DFN-6L

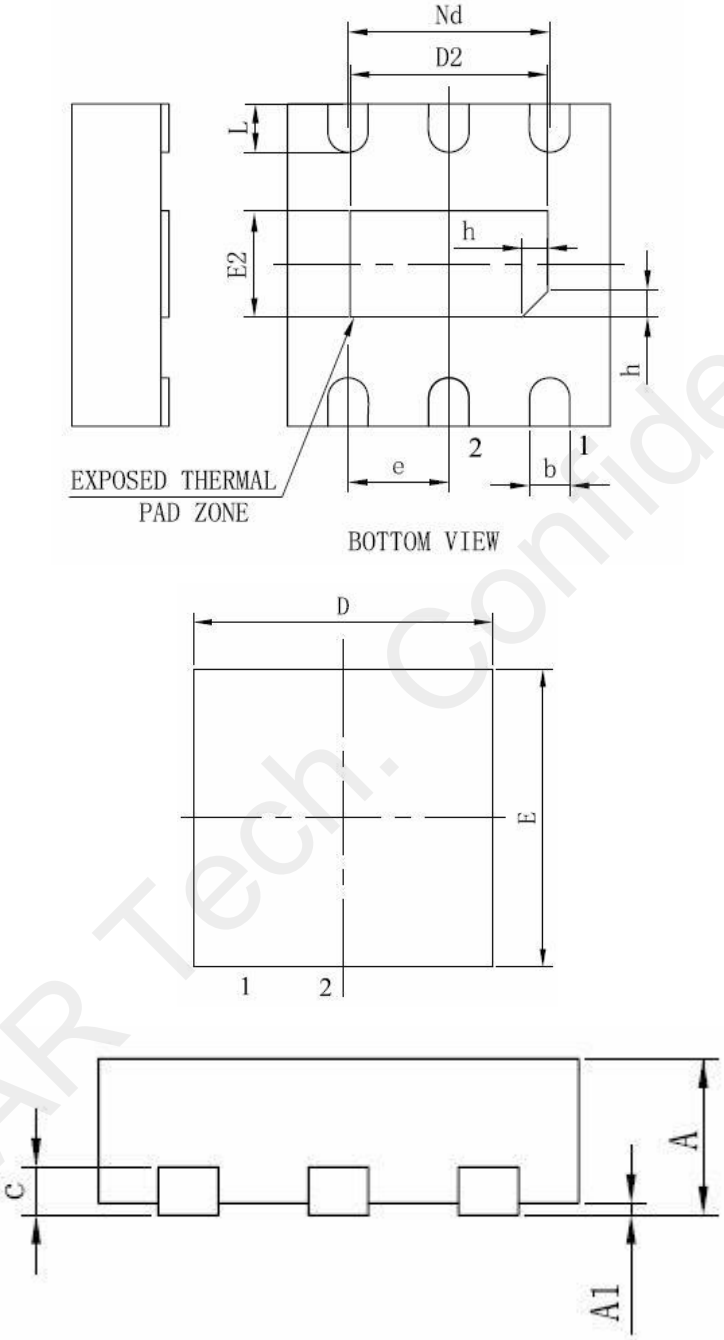


图 4.1

尺寸（mm）:

标识	A	A1	b	c	D	D2	e	Nd	E	E2	L	h
Min		-	0.25	0.18	1.95	1.00	0.65 BSC	1.30 BSC	1.95	0.50	0.25	0.10
Nom		0.02	0.30	0.20	2.00	1.23			2.00	0.68	0.30	0.15
Max	0.60	0.05	0.35	0.25	2.05	1.45			2.05	0.85	0.40	0.20

表 4.1

JOHAR Tech. Confidential

管脚定义

0202DFN-6L 管脚定义:

管脚编号	管脚名称	功能
1	RF+	连接天线
2	N/A	无
3	N/A	无
4	GND	连接天线
5	N/A	无
6	N/A	无

表 4.2

JOHAR Tech. Confidential

5. 存储器

5.1 存储器分布图

LTU32 系列芯片的存储器由四部分组成：RFU 区、EPC 区、TID 区、User 区。存储器的所有部分都能够通过 RF 通讯接口进行操作。

<table>
<tr><th>区</th><th>指针(HEX)</th><th>存储器类型</th><th>普通功能</th><th>SELSENSE 功能</th><th>R/W</th></tr>
<tr><td rowspan="6">RES</td><td>00</td><td>NVM</td><td colspan="2" rowspan="2">灭活密码</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>01</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>02</td><td>NVM</td><td colspan="2" rowspan="2">访问密码</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>03</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>04</td><td>NVM</td><td colspan="2">配置参数</td><td>-</td></tr>
<tr><td>05</td><td>NVM</td><td colspan="2">锁定状态</td><td>R</td></tr>
<tr><td rowspan="8">EPC</td><td>00</td><td>寄存器</td><td colspan="2">Stored CRC</td><td>R</td></tr>
<tr><td>01</td><td>NVM</td><td>Stored PC</td><td>0x3000/0x3400</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>02</td><td>NVM</td><td colspan="2" rowspan="4">EPC</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>03</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>04</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>05</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>06</td><td>寄存器</td><td rowspan="2">0x0000</td><td>传感数据 1</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>07</td><td>寄存器</td><td>传感数据 2</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td rowspan="7">TID</td><td>00</td><td>NVM</td><td colspan="2" rowspan="5">TID</td><td>R</td></tr>
<tr><td>01</td><td>NVM</td><td>R</td></tr>
<tr><td>02</td><td>NVM</td><td>R</td></tr>
<tr><td>03</td><td>NVM</td><td>R</td></tr>
<tr><td>04</td><td>NVM</td><td>R</td></tr>
<tr><td>05</td><td>NVM</td><td colspan="2" rowspan="3">配置参数</td><td>R</td></tr>
<tr><td>06</td><td>NVM</td><td>R</td></tr>
<tr><td>07</td><td>NVM</td><td>R</td></tr>
<tr><td rowspan="10">User</td><td>00</td><td>NVM</td><td colspan="2" rowspan="6">用户数据</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>01</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>02</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>03</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>04</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>05</td><td>NVM</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>06</td><td>寄存器/NVM</td><td rowspan="2">用户数据</td><td>传感数据 1</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>07</td><td>寄存器/NVM</td><td>传感数据 2</td><td>R/W</td></tr>
<tr><td>08</td><td>NVM</td><td colspan="2">转换参数</td><td>R</td></tr>
<tr><td>09</td><td>NVM</td><td colspan="2">芯片版本定义</td><td>R</td></tr>
</table>

表 5.1 标签存储器

JOHAR Tech. Confidential

5.2 保留区数据

LTU32 系列芯片含有 Kill Password，Access Password，因此 LTU32 系列芯片可以被灭活也支持 Access 及 Lock 命令。保留区还包含数十 bits 的工厂配置参数，传感器配置参数及传感数据加密参数等。上述数据不对开发者及终端用户开放。

5.3 逻辑位置与物理位置的对应关系

MSB（Most Significant Bit）对应最大地址的位置，LSB（Least Significant Bit）对应最小地址的位置。举例来说一个 16 bits 宽的数据，Bit 15 就是它的 MSB，Bit 0 则是它的 LSB。对于一个 N bits 宽的数据来说，它的最左边位是它的 MSB，它的最右边位是它的 LSB。

5.4 EPC 存储区

根据 EPC Global C1 Gen2 协议中的定义，EPC 区的 0x00~0x0F 为一个 16 bits 宽的循环冗余校验数(Cyclic Redundancy Check, CRC16)。EPC 区的 0x10~0x1F 是协议控制位（Protocol-Control Bits (PC)），其中 0x1F~0x1B 定义盘点时返回 EPC 数据的长度，0x1A~0x10 分别是 1 bit 的存储器用户区指示（User-Memory Indicator, UMI），1 bit 的协议扩展控制指示符（Extended Protocol Control Indicator）以及 9 bits 宽的系统编号标识符（Numbering System Identifier）。LTU32 系列芯片支持 EPC 长度设置为 0~6 之间的任意值。

读写器可以通过设置 Membank=01_2 来获取 EPC 区中的数据，存储器地址使用 EBV（Extensible-Bit-Vector）格式。LTU32 系列芯片支持最大 96 bits 的 EPC 长度，出厂时 EPC 值也被设定为 64 bits。

如果使用 SELSENSE 功能时，使用 Acknowledge 命令返回的 EPC 长度会被自动调整为 96 bits，其中后 32 bits 数据为传感数据。

5.5 TID 存储区

LTU32 系列芯片包含 128 bits 数据，TID 区的数据由工厂写入，写入后唯一且无法修改。TID 区数据的 50h-7Fh 数据中为 48 bits 的工厂配置数据。

JOHAR Tech. Confidential

6. 锁定操作及灭活操作

CTESIUS 芯片支持锁定及灭活功能，功能遵循 EPC Global C1G2 v1.2 中相关所述。

6.1 锁定操作

可通过读取 RES 区 0x05 位置数据查询查询锁定状态，具体定义如下

[15:10]	[9:8]	[7:6]	[5:4]	[3:2]	[1:0]
空	灭活密码	访问密码	EPC 区	TID 区	USR 区

表 6.1

位置	状态	描述
密码	00	开放或保护状态均可读写
	01	开放或保护状态可读写，永久不可锁定
	10	保护状态可读写，开放状态不可读写
	11	任何状态均不可读写
区块	00	开放或保护状态均可读写
	01	开放或保护状态可读写，永久不可锁定
	10	保护状态可读写，开放状态可读不可写
	11	任何状态均不可读写

表 6.2

6.2 灭活操作

1. 灭活密码为全 0 时（32 bits 密码全为 0）无法灭活芯片。
2. 灭活操作不可逆。

JOHAR Tech. Confidential

7. 传感数据获取及处理

7.1 普通传感数据获取方式

温度传感数据获取命令

INVENTORY	CW	REQ_RN	CW	WRITE 命令	CW	READ 命令
				USR 区 0x40		USR 区 0x06 USR 区 0x07

表 7.1

传感数据解析

位置（HEX）	USR 区 0x06 [15:12]	USR 区 0x06 [11:0]	USR 区 0x07 [15:12]	USR 区 0x07 [11:0]
含义	HEADER	SEN_DATA[23:12]	HEADER	SEN_DATA [11:0]

表 7.2

7.2 SELSENSE 传感数据获取方式

在协议约定的 SELECT 命令中稍作修改，转换成 CTESIUS 芯片专有的 SELSENSE 命令。此模式下，传感数据通过 Acknowledge 命令返回 EPC 的方式返回传感数据。

温度传感数据获取命令

SELSENSE	CW	SELECT	CW	QUERY	CW	ACK
Target=111b Action=100b						传感数据 随 EPC 数据返回

表 7.3

传感数据解析

位置（HEX）	EPC 区 0x06 [15:12]	EPC 区 0x06 [11:0]	EPC 区 0x07 [15:12]	EPC 区 0x07 [11:0]
含义	HEADER	SEN_DATA[23:12]	HEADER	SEN_DATA [11:0]

表 7.4

JOHAR Tech. Confidential

7.3 传感数据校验及校准参数读出

传感数据需通过校验，否则数据无效；传感数据 HEADER 需要为 0xF，否则数据无效。

SEN_DATA[2] = NOT(SEN_DATA[14] XOR SEN_DATA[11] XOR SEN_DATA[8] XOR SEN_DATA[5])

SEN_DATA[1] = NOT(SEN_DATA[13] XOR SEN_DATA[10] XOR SEN_DATA[7] XOR SEN_DATA[4])

SEN_DATA[0] = NOT(SEN_DATA[12] XOR SEN_DATA[9] XOR SEN_DATA[6] XOR SEN_DATA[3])

校准参数（**负数由补码形式表示**）储存于 USR 段地址为 0x08，将取出的数据由十六进制转换为十进制，并记为 Δ1

JOHAR Tech. Confidential

7.4 温度传感数据转换

1. 将 SEN_DATA[18:3]转换为十进制记为 D2;
2. 温度数据（℃）为 11109.6/(24+(D2+Δ1)/375.3)-290;
3. **如果温度数据大于 125，则将温度数据乘以 1.2 再减去 25 获得最终温度。**

温度数据获取与计算范例

1. 获取原始温度数据

传感模式	数据存储区	地址（十六进制）	原始温度数据（十六进制无符号数）
普通	USER	06	*F208*
	USER	07	*F36E*
SELSENSE	EPC	06	*F208*
	EPC	07	*F36E*

表 7.5

2. SEN_DATA[23:0] = 0x20836E

3. 获取校准参数

数据存储区	地址（十六进制）	数据（十六进制有符号数）
USER	08	*003A*

表 7.6

负数由补码形式表示

Δ1 = 58

4. D2 (DEC)= 4205

5. 获得摄氏度格式温度数据

Treal (℃) = 11109.6/(24+(4205+58)/375.3)-290=24.19

JOHAR Tech. Confidential

7.5 芯片版本定义与兼容性

芯片版本定义数据位于 USR 区 Pointer=0x09，具体定义如下表所示：

USR 区 0x09 [15:12]	**芯片版本**
0000b	LTU31
0001b	LTU31
0010b	LTU32（本数据手册版本）
其他	不明

表 7.6

如果用户需要同时兼容各型芯片，伪代码如下：

```
if ((USR Bank 0x09 [15:12] == 0000b) or (if (USR Bank 0x09 [15:12] == 0001b)) begin
    Treal (℃) =11984.47/(21.25+D1+D2/2752+Δ2)-301.57
end
else if (USR Bank 0x09 [15:12] == 0010b) begin
    Treal_tmp(℃) =11109.6/(24+(D2+Δ1)/375.3)-290
    if (Treal_tmp >= 125) begin
        Treal = Treal_tmp*1.2-25
    end
    else begin
        Treal = Treal_tmp
    end
end
```

JOHAR Tech. Confidential

8. 极限参数

对 LTU32 系列芯片施加超出本节所列的压力可能对芯片造成永久性损坏。长时间在极限参数条件下工作可能会影响设备可靠性。

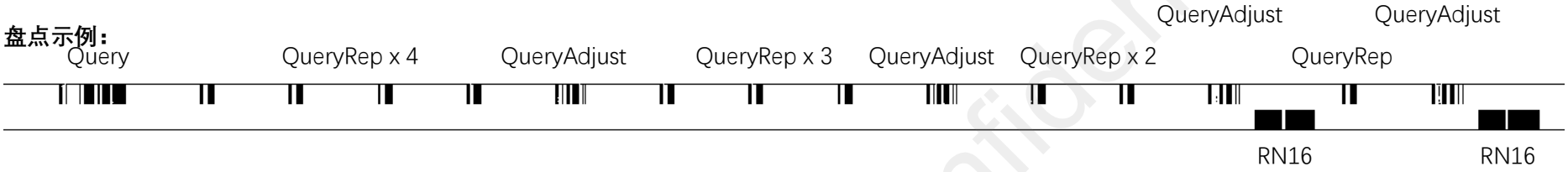
参数	单位	最小	典型	最大	备注
工作温度	℃	-40		+150	
储存温度	℃	-40		+200	150℃~200℃温度区间内，数据保存时间会相对缩短
装配温度	℃			+175	
外形保证温度	℃			+250	
温度变化率	℃/s			10	
ESD	kV		±2		人体模型（HBM）

表 8.1

JOHAR Tech. Confidential

9. 波形范例

盘点示例：

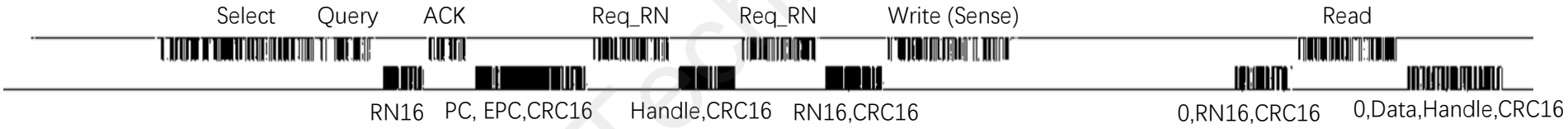


Query: DR=0; M=00; TRext=1; Sel=01; Session=0; Target=0; Q=4;

QueryRep: Session=0;

QueryAdjust: Session=0; UpDn=011;

传感过程示例 1（2-word 传感数据）：



Tag: StoredPC=1800; EPC=0x6100_1234_ABCD

Select: Target=010; Action=100; MemBank=01; Pointer=00100000; Lenth=48(DEC); Mask=0x6100_1234_ABCD; Truncate=0;

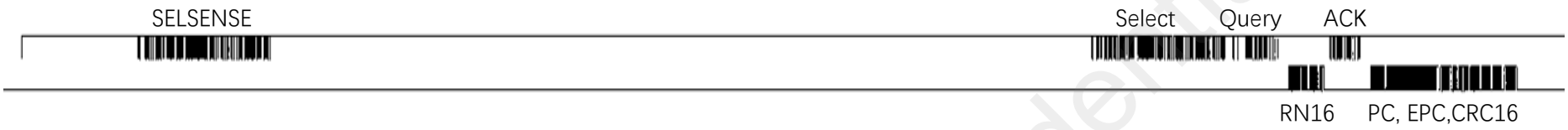
Query: DR=0; M=00; TRext=1; Sel=01; Session=10; Target=1; Q=0;

Write: Membank=11; WordPtr=0x40; Data=0;

Read: Membank=11; WordPtr=0x06; WordCount=2;

JOHAR Tech. Confidential

传感过程示例 2（SELSENSE，使用 SELECT 命令获取传感数据方案）：



Tag: StoredPC=1800; EPC=0x6100_1234_ABCD

Select1: Target=111; Action=100; MemBank=01; Pointer=00100000; Lenth=48(DEC); Mask=0x6100_1234_ABCD; Truncate=0;

Select2: Target=010; Action=100; MemBank=01; Pointer=00100000; Lenth=48(DEC); Mask=0x6100_1234_ABCD; Truncate=0;

Query: DR=0; M=00; TRext=1; Sel=01; Session=10; Target=1; Q=0;

注：当使用 SELSENSE 命令获取传感数据方案方案时：

1. SELSENSE 命令 Target 为 111b 时，传感器启动。Action 部分为传感器配置部分，上位机可编辑。其余部分无效，可随意填写。除启动传感器外，该命令不会改变标签芯片所处的状态。

2. SELSENSE 命令与 Select 命令之间的时间间隔应不小于 15ms。SELSENSE 命令格式与普通 Select 命令一致。

3. 当使用 SELSENSE 命令启动传感器后，StortedPC 的 MSB5-bit 自动变成 00110（StortedPC 为 0x3000 或 0x3400）。如未使用 SELSENSE 命令启动传感器，此时 StortedPC 值与存储器中储存的一致。

4. 当使用 SELSENSE 命令启动传感器后，传感数据通过 ACK 命令返回， ACK 返回的 EPC LSB 32-bit 为传感数据。

JOHAR Tech. Confidential

服务与销售

订购信息

型号	封装	芯片	描述
LTU32-F	0202DFN-6L	LTU32	
LTU32-B	金凸点	LTU32	铁圈蓝膜出货
LTU32-W	Wafer	LTU32	未减薄，未划开，厚度约 31mil

浙江悦和科技有限公司
地址：浙江省杭州市余杭区余杭街道文一西路 1818-2 号中国人工智能小镇 12 号楼 506
邮编：311100
电话：（86-571）8856 0873

JOHAR Tech. Confidential