

ZLG 致远电子

微文摘

ZLG MICRO DIGEST

2024/6 第6期

月刊



新一代高性能小巧型 ZigBee终端采集器



工业级性能



3KM超远距离传输



mesh自组网



网络自愈功能



数据加密



15级路由跳转



项目		描述
ZigBee	协议	ZLG Mesh
	频段	2400~2483.5MHz
	发射功率	-30 ~ 20dBm
	天线	吸盘天线 / 棒状天线 (2.4GHz)
RS-485	波特率	2400~115200bps
DI/DO	DI 输入电平	低电平 0~2.0V, 高电平 2.5~24V
	DO 负载 (Max)	最大负载电压 30V, 最大负载电流 5A
ADC	采集精度	12 位 ADC, 最大可识别电压 36V
按键	DEF	恢复出厂设置
	JOIN	无线组网功能
指示灯	状态指示灯	电源指示灯, RS-485 通信功能灯, ZigBee 通信功能灯
温度	工作温度	-40°C ~85°C
	存储温度	-40°C ~85°C
湿度	工作湿度	10%~95%RH(无凝霜)
	存储湿度	10%~95%RH(无凝霜)
供电	供电电压	DC 9~36V
	工作电流 (Max)	9V/200mA
体积	尺寸大小	84.0×63.0×30.0(mm)



致远电子官方网站



致远电子官方微信

CONTENTS

目录

技术平台

EsDA 平台

【AWTK 使用经验】如何响应物理按键	04
【AWTK 使用经验】如何添加中文输入法	06

ZWS 云平台

【产品应用】ZWS 云平台应用 (5)-raw 数据解析	08
【产品应用】ZWS 云平台应用 (6)- 设备命令	10

边缘计算

工控板 / 工控机

【行业分享】车路云协同，这次它真的来了吗？	11
【技术分享】指尖上的危机：别让静电毁了你的电路板	13

行业控制器

【技术分享】EtherCAT 分布式时钟简介	15
------------------------	----

互联互通

CAN-bus 总线

【CAN 总线知识】一文读懂 CAN 通讯错误帧	17
【CAN 总线知识】CAN 总线几种正常的“异常”波形	18

无线通讯

【解决方案】制造业数字化转型，无线解决方案为新质生产力赋能	19
国产蓝牙模组 蓝牙模组都有哪些工作模式？	21
国产蓝牙模组 低功耗蓝牙应用	22
国产蓝牙模组 蓝牙主从一体功能应用	24
【产品应用】致远新一代 LoRa 终端如何实现一键组网？	26

感知控制

电源与隔离

【铂电阻测温】三分钟带你了解热电阻参数选型	28
【铂电阻测温】铂电阻如何采集？	30
【铂电阻测温】如何保证热电阻采集的可靠性	32
【铂电阻测温】如何消除热电阻线阻的误差？	34
【铂电阻测温】如何消除 50Hz 工频对热电阻测温电路的扰动？	36

【AWTK使用经验】如何响应物理按键

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-05 11:39:46

AWTK 是基于 C 语言开发的跨平台 GUI 框架。《AWTK 使用经验》系列文章将介绍开发 AWTK 过程中一些常见问题与解决方案，例如：如何加载外部资源？如何设计自定义进度条？这些都会在系列文章进行解答。

在 ZTP800 示教器 设备上有许多按键，假设想在自己的 AWTK 程序中检测并使用这些按键响应事件，则需要使用 AWTK 绑定物理按键的功能。

本篇文章将借助一个检测按键的 demo 程序来介绍如何绑定物理按键并响应，该 demo 最终效果是按下任意物理按键时会显示该按键 key down，松开按键时会显示该按键 key up。



图 1 按键检测程序效果图

设计界面与绑定按键事件

用 AWTK Designer 打开一个新建工程，并且放置一个静态文本控件用显示按下或弹起的按键值。

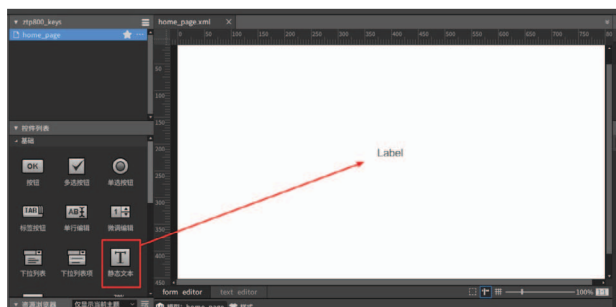


图 2 使用AWTK Designer设计界面

1. 绑定按键按下与弹起事件

接下来修改项目的 src/pages/home_page.c 代码文件，在初始化窗体时注册监听全局按键按下与弹起事件：

```
navigator_global_widget_on(EVT_KEY_DOWN, on_global_key_down, win);
navigator_global_widget_on(EVT_KEY_UP, on_global_key_up, win);
```

接着同样在 home_page.c 实现按键按下和弹起的回调函数，获取按键值并输出按键状态为按下还是抬起：

```
static ret_t on_global_key_down(void* ctx, event_t* e) { // 按键按下
    char ch[50] = {0};
    widget_t* win = WIDGET(ctx);
    key_event_t* evt = key_event_cast(e);
    widget_t* label = widget_lookup(win, "label", TRUE);
    const key_type_value_t* ktv = keys_type_find_by_value(evt->key);

    if (ktv == NULL || label == NULL || ktv->name == NULL) {
        return RET_BAD_PARAMS;
    }

    /* ktv->name 为 custom_keys.json 绑定键值对应的名称 */
    tk_snprintf(ch, sizeof(ch), "%s key down", ktv->name);
    widget_set_text_utf8(label, ch);

    return RET_OK;
}
```

```
static ret_t on_global_key_up(void* ctx, event_t* e) { // 按键抬起
    char ch[50] = {0};
    widget_t* win = WIDGET(ctx);
    key_event_t* evt = key_event_cast(e);
    widget_t* label = widget_lookup(win, "label", TRUE);
    const key_type_value_t* ktv = keys_type_find_by_value(evt->key);

    if (ktv == NULL || label == NULL || ktv->name == NULL) {
        return RET_BAD_PARAMS;
    }

    /* ktv->name 为 custom_keys.json 绑定键值对应的名称 */
    tk_snprintf(ch, sizeof(ch), "%s key up", ktv->name);
    widget_set_text_utf8(label, ch);

    return RET_OK;
}
```

```
if (ktv == NULL || label == NULL || ktv->name == NULL) {
    return RET_BAD_PARAMS;
}
```

```
/* ktv->name 为 custom_keys.json 绑定键值对应的名称 */
tk_snprintf(ch, sizeof(ch), "%s key up", ktv->name);
widget_set_text_utf8(label, ch);
```

```
return RET_OK;
}
```

2. 设定自定义按键值

在项目的资源目录 “assets/default/data/”（没有 data 文件夹可自行创建）新建一个名为 “custom_keys.json” 的配置文件，该配置文件记录按键名称与按键值对应关系。下面是记录“启动”与“F1”两个按钮键值示例：

```
{
  "START": {
    "value": 290
  },
  "F1": {
```



```
"value": 279
}
}
```

文件中“290”与“279”两个值可以从ZTP800示教器的用户手册中获取，之后在示教器上运行程序，按下“启动”与“F1”两个按键就能像文章开头效果图一样正确识别按键值并显示在静态文本控件中。

嵌入式Linux如何开启绑定物理按键功能

若经过上面步骤操作之后还没效果，可能是没有开启ENABLE_CUSTOM_KEYS宏。此时可以在AWTK编译选项中定义ENABLE_CUSTOM_KEYS=1，再进行编译AWTK与应用即可开启自定义按键功能，下图是在awtk-linux-fb移植层的awtk_config.py开启ENABLE_CUSTOM_KEYS宏的方法，其它平台可根据实际步骤开启该宏。

```
64 COMMON_CFLAGS+= -DHAS_STD_ALLOC -DHAS_STDIO -DHAS_FAST_HEAPCOPY -DWITH_VGAMMA5 -DWITH_UNICODE_BREAK '
65 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DLOAD_ASSET_WITH_MPMP-1 -DWITH_SOCKET-1 '
66 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DWITH_ASSET_LOADER -DWITH_FS_RES -DHAS_GET_TIME_US64+1 '
67 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DWITH_STATIC -DWITH_IMAGE_STATIC -DWITH_STR_FONT -DWITH_TEXT_BIDI-1 '
68 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DWITH_TYPE-APP_MOBILE -DWITH_FB '
69 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DENABLE_CUSTOM_KEYS=1 '
70 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DCUSTOM_KEYS_FILEPATH=\"asset://custom_keys.json\" '
71 COMMON_CFLAGS+=COMMON_CFLAGS+ -DCUSTOM_KEYS_FILEPATH=\"asset://custom_keys.json\" '
```

图3 配置awtk_config.py开启宏

RTOS如何绑定物理按键

如果想在RTOS平台绑定物理按键也是比较简单的，只需要在主循环通过按键扫描函数获取物理按键并设置供AWTK识别的按键值，再调用AWTK函数main_loop_post_key_event将该按键值发送到GUI界面即可。

下面是一段STM32F103移植层对接物理按键的代码示例，代码先调用底层KEY_Scan按键扫描函数获取实际物理按键，接着将按键值转换成给AWTK识别的值（如：TK_KEY_UP），最后通过main_loop_post_key_event发送给上层GUI主循环事件队列。

```
/* awtk-stm32f103ze-raw/awtk-port/main_loop_stm32_raw.c */
void dispatch_input_events(void) {
    int key = KEY_Scan(0);

    switch (key) {
        case KEY_UP: {
            key = TK_KEY_UP;
            break;
        }
        case KEY_DOWN: {
            key = TK_KEY_DOWN;
            break;
        }
        default: { key = 0; }
    }

    if (key) {
        main_loop_post_key_event(main_loop(), TRUE, key);
    } else {
        main_loop_post_key_event(main_loop(), FALSE, key);
    }
}
```



【AWTK使用经验】如何添加中文输入法

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-19 11:42:37

AWTK 是基于 C 语言开发的跨平台 GUI 框架。《AWTK 使用经验》系列文章将介绍开发 AWTK 过程中一些常见问题与解决方案，例如：如何加载外部资源？如何设计自定义进度条？这些都会在系列文章进行解答。

假设目前需要在 AWTK 程序中用到中文输入法，并且要自定义输入法的联想词，此时需要用到 AWStudio 添加软键盘和输入法。下面将介绍如何使用 AWStudio 在项目中添加中文输入法以及如何修改联想词，并且如何移植到嵌入式设备中。下图是实现中文输入法并移植到 ZTP800 示教器的效果图：



图 1 ZTP800中文输入法效果图

使用AWStudio添加软键盘

在 AWStudio 中带有软键盘的默认样式，用户可以直接使用该软键盘样式。创建该默认软键盘也比较简单，只需点击 AWStudio 的“新建窗体”按钮，接着选择“Keyboard”，确定后即可看到软键盘的 UI 文件生成。

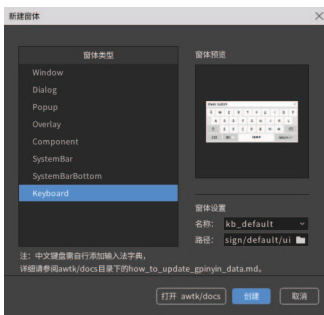


图 2 AWStudio添加默认软键盘

接着还需要从 awtk/3rd/gpinyin/data 目录将 gpinyin.dat 文件添加到项目资源目录的 data 目录下，例如：res/assets/default/raw/data/，这里可以在 AWStudio 的资源管理器中点击“导入”按钮添加到“其他数据”分类中。最后将软键盘与控件关联，修改 edit 控件的“keyboard”属性指定刚刚创建的软键盘窗体。



图 3 使用AWStudio导入gpinyin.dat

修改中文输入法联想词

联想词是指在输入了某个汉字或词组后，输入法根据该汉字或词组提供其常用的组词。

如果想要修改联想词的顺序或是增加新的词语等，需要修改 awtk/3rd/gpinyin/data 目录下的配置文件 rawdict_utf16_65105_freq.txt。配置文件包含了各个词语的汉字、使用频率和对应的拼音，使用频率数值越大，对应的联想词越靠前。

例如：下图的“爸爸”使用频率数值大于“巴巴”，那么当输入“baba”拼音时，“爸爸”的显示顺序会比“巴巴”靠前。

汉字	使用频率	拼音
巴巴	322.411748334	0 ba ba
爸爸	9814.0643895	0 ba ba
八百	373.484720623	0 ba bai
八宝	107.015331962	0 ba bao
芭比	182.651055928	0 ba bi

图 4 联想字库配置文件

修改完配置文件后，在 awtk 目录下打开终端，执行以下命令，该程序会生成一个新的 gpinyin.dat，按照前面步骤拷贝到项目资源目录，如：assets/default/raw/data/。

./bin/gpinyingen

将中文输入法移植到嵌入式 Linux 平台

嵌入式 Linux 的官方移植层 awtk-linux-fb 默认加入了中文输入法，用户在 PC 上根据文章前面步骤添加好中文输入法，使用 AWStudio 打包资源，将项目拷贝到交叉编译环境下使用 awtk-linux-fb 交叉编译应用即可。

将中文输入法移植到RTOS平台

将中文输入法代码文件加入编译

对于其它平台如 RTOS 平台添加中文输入法的步骤会复杂一些，需要将中文输入法相关的代码文件加入编译（比如将这些代码文件添加到 keil 编译），详细步骤如下：

1. 加入以下目录的代码文件：

awtk/3rd/gpinyin/src;

2. 加入代码文件:

awtk/src/input_engines/input_engine_pinyin.cpp;

3. 去掉下面的代码文件, 不加入编译:

awtk/src/input_engines/input_engine_null.cpp;

4. 加入下面的 include 路径:

awtk/3rd/gpinyin/include;

5. 加入 gpinyin.dat 到应用资源目录 data 文件夹内。

添加输入法宏

- 在平台对应移植层的 awtk_config.h 文件内定义宏:

WITH_IME_PINYIN

- 另外还需要取消以下两个宏的定义:

WITH_NULL_IM

WITHOUT_INPUT_METHOD



【产品应用】ZWS云平台应用(5)-raw数据解析

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-18 11:36:05

设备透传上报的原始 raw 数据，如何解析成更易读 JSON 数据格式？

传感器数据输出是二进制，这种方式的数据量小，传输速度快。但二进制数据不够直观，需要将数据解析成更易读的 JSON 数据格式。本文以温控器为例，在设备端采集的原始 raw 数据是：040B5417D49B99，通过数据解析脚本在 ZWS 云端转换成结构化的 JSON 格式：{ "temperature": 29, "humidity": 61}。



1. 建立设备模型

登录 ZWS 物联网云平台，创建设备类型：温控器。



2. 添加数据字段

进入设备类型的功能块编辑页面，添加温度、湿度数据字段。



3. 编写数据解析脚本

根据业务情况编写数据解析的脚本，提交到物联网云平台。



比如，温控器的数据格式如下：

数据帧	数据长度	温湿度数据	CRC16 校验
长度	1 字节	2 字节或 4 字节	2 字节
帧内容	0x00~0xFF	...	0xFFFF

那么，温控器数据解析脚本示例：

```
//GroovyUtils 为通用解析工具
import com.zlgcloud.iotplatform.iotmapping.commons.GroovyUtils
import java.nio.ByteBuffer;
```

```
/**
 * 将二进制报文解析成物模型的 map 数据
 *
 * @param rawData 二进制报文
 * @return 物模型数据
 * @description 方法名必须为 rawDataToJson，参数必须是 byte[] 类型
 */
```

```
static Map<String, Object> rawDataToJson(byte[] rawData) {
    Map<String, Object> map = new HashMap<>();
    Map<String, Object> dataMap = new HashMap<>();
    // 定义解析数据的 map，key 固定为 data，用于存放对应事件内字节的数据
    map.put("data", dataMap);
    // 设置数据模型配置中定义的数据点
    map.put("event_name", "thermostat_fn.Temp_data");
```

```
// 初始温度、湿度为 0
float temperature = 0;
int humidity = 0;
```

```
// 开始解析数据
ByteBuffer byteBuffer = ByteBuffer.wrap(rawData);
// 从第 0 个字节开始读取
int offset = 0;
// 读取长度
int dataLen = byteBuffer.get(offset);
offset += 1;
```

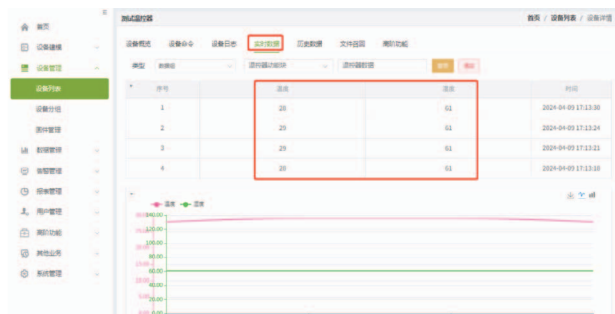
// 如果长度为 4，则同时解析温度和湿度数据；否则长度就为 2，只解析温度数据

```
if (dataLen == 4) {
    // 解析温度
    temperature = byteBuffer.getShort(offset);
```

```
if (temperature >= 4096) {  
    // 负值  
    temperature = -1 * (temperature - 4096);  
}  
temperature = temperature / 100;  
// 解析湿度  
offset += 2;  
humidity = byteBuffer.getShort(offset);  
humidity = humidity / 100;  
} else {  
    // 解析温度  
    temperature = byteBuffer.getShort(offset);  
    if (temperature >= 4096) {  
        // 负值  
        temperature = -1 * (temperature - 4096);  
    }  
    temperature = temperature / 100;  
}  
}  
  
// 将数据按数据模型配置定义的格式放入返回值中  
dataMap.put("temperature", temperature);  
dataMap.put("humidity", humidity);  
  
return map;  
}
```

4. 查看解析后的数据

云端添加温控器设备，通过 DTU 设备将温控器上线并上报 raw 数据，在设备详情的实时数据页面，就能查看解析后的温湿度数据。



小结

设备上报的原始 raw 数据，需要云端解析处理成 JSON 格式，才能直观监测。另外，不同类型的设备上报的数据格式也不一样，具体的解析脚本需要按照业务数据格式来编写，设备解析方式不一样。

产品推荐

Cat.1智能网联终端

CATCOM-100

远程管理，运维无忧 | 端到端远程设备透传
支持多种上云方式

[立即购买](#)

【产品应用】ZWS云平台应用(6)-设备命令

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-25 11:43:37

本文讲述使用 ZWS 物联网云平台远程下发设备命令的过程。

在生产生活中，很多设备自身有一些控制指令，比如，路灯的开关灯命令、电机的调整转速命令、空调的调温命令等等。当这些设备变成智能设备，连接物联网，可以远程下发控制命令，达到高效控制的操作。



那么，如何远程下发设备的控制命令？本文将介绍使用 ZWS 云平台远程下发设备命令的具体过程。

1. 云端定义设备命令

首先，不同业务设备所需的设备控制命令不一样，连接上 ZWS 云前，要先在云端定义设备的命令字段。



2. 下发设备命令

然后，基于设备类型创建一个设备，这里以电机设备为例，点击“查看”按钮，进入设备详情。



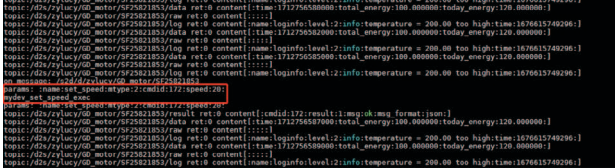
在设备命令页面，选择要下发的设备命令，点击【发送】，云端将命令下发。



3. 设备接收云端的远程命令

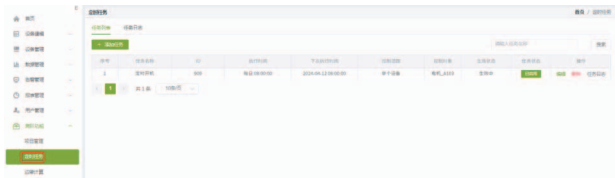
设备端基于 ZWS 的 SDK 订阅命令 Topic，收到云端下发的命令后执行

对应指令即可。



4. 定时下发设备命令

另外，云平台还支持定时下发设备命令，可以指定某个时间，定时下发设备命令。



产品推荐

Cat.1智能网联终端

CATCOM-100

远程管理，运维无忧 | 端到端远程设备透传
支持多种上云方式

立即购买



【行业分享】车路云协同，这次它真的来了吗？

原创 市场部 ZLG 致远电子 2024-06-12 11:35:24

随着科技的快速发展，“车路云协同”正在悄然发生变化。我们科幻电影《机械公敌》中威尔·史密斯驾驶的汽车能准确甄别交通状况并调整行驶状态的时代就要来了吗？

背景说明



“车路协同”已经不是什么新鲜名词，前些年搞得沸沸扬扬，但是最终都很难落地。想必你也发现了：短短几天时间，多地密集传来车路云一体化布局新进展。难道它真的来了吗？

北京

5月31日，北京市公共资源交易服务平台发布《北京市车路云一体化新型基础设施建设项目（初步设计、施工图设计）招标公告》，投资额为99.4亿元，将在全市选取约2324平方公里的范围，对6050个道路路口进行智能化改造。



福建

6月3日，福建省投资项目在线审批监管平台：福州智能网联车路云一体化示范区示范建设审批类项目公示。



内蒙古

6月4号，内蒙古自治区投资项目在线审批办事大厅官网消息，鄂尔多斯市新能源智能网联汽车车路云一体化应用示范项目已成功获得备案。

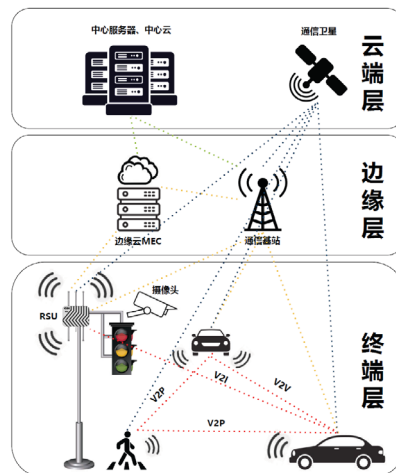


架构介绍

V2X 全称 Vehicle to Everything，顾名思义“汽车与所有事物的联系”。最早在 20 世纪 90 年代由欧美日等发达国家提出。这一概念的提出旨在通过车与道路基础设施以及其他交通参与者（如：车辆、行人、骑行者、基础设施）间的实时通信，实现信息交换，提升交通效率、安全性和行驶体验。

随着 5G 通信、物联网技术的普及和自动驾驶和智慧交通需求的增长，车路协同的发展出现了一些变化。在自动驾驶方面，单纯靠车辆一端实现自动驾驶的难度较高，但是道路智能化水平达到 C4 时，单车智能化水平只需达到 L2 即可实现自动驾驶。这为车路协同的发展打开了新思路。

“车路云一体化”则是在“车路协同”的基础上，进一步融入了“云”要素，形成了一个更高级别的智能交通生态系统。



边缘计算

车路云协同发展不仅需要车辆本身具有很强的车载算力、高精度传感器、操作系统等，同时还要求加强路侧感知、计算、通信的边缘计算基础设施建设，并与边缘云、数据中心云实现多级云边协同。

一般而言，车路云一体化主要涉及以下产品技术：

1. OBU

车载终端 (OBU)，用于实现车 (V2V)、路 (V2I)、人 (V2P)、云 (V2N) 等各种 V2X 通信功能，支持 LTE/5G-V2X 通信技术，可搭载丰富的 V2X 应用场景。可为辅助驾驶、高级自动驾驶提供车路协同应用支撑，空旷路况通信距离可达 1000 米，城市环境 300 到 500 米。

2. RSU

路侧终端 (RSU)，用于实现路侧与汽车以及路侧与行人之间可靠的高速数据通信，支持 LTE/5G-V2X 通信技术，可搭载丰富的 V2X 应用场景。可为面向辅助驾驶、高级自动驾驶提供车路协同应用支撑，空旷路况通信距离可达 1000 米，城市环境 500 到 800 米。

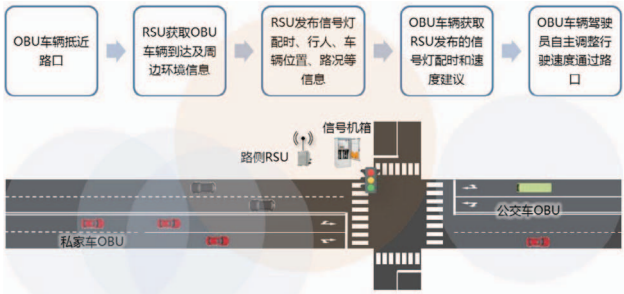
3. CCU

协同控制机 (CCU) 是一款协同控制设备，具备接入和管理路侧多种交通基础设施和感知设备，包括交通信号灯、流量监测器、智能摄像头、微波雷达、动态限速标识、车道指示器、可变情报板等，支持多源异构数据的融合，实现路侧设施数字化。

4. 云平台

云作为车路云一体化的核心组成部分，其主要实现包括实时收集路侧设备和车辆的各类信息，如交通流量、车辆位置、速度等，并通过强大的计算能力对这些信息进行快速分析处理，实时、准确地为车辆和道路基础设施提供决策支持，提高交通效率、安全，减少拥堵等。

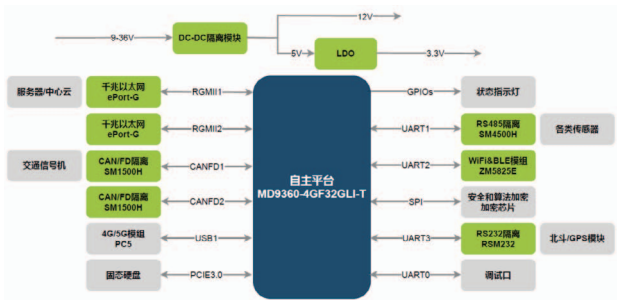
从上面的框架图不难看出：RSU 通过通信模组实现跟汽车 OBU 进行身份识别、车辆位置定位、车速、转向信息等，然后控制交通信号机控制信号灯和情报板等，实现交通的高效率和安全等。



ZLG 致远电子专注嵌入式研发二十余年，产品广泛应用于轨道交通、智慧医疗、工业自动化、电力电子等行业，关注 ZLG，带您了解更多行业信息！

应用方案

在车路云一体化应用中，RSU 是我们最常见的一种设备，那它是如何工作的呢？我们一起来看看。



图示 RSU 设备框架图

D9系列Cortex-A55®核心板

MD9340/MD9350

四/五核Cortex-A55® | 16路UART
4路CAN FD | 2路千兆以太网

立即购买

【技术分享】

指尖上的危机：别让静电毁了你的电路板

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-27 11:39:39

人体可能携带数千甚至数万伏的静电，尤其在干燥天气下。切记，不要直接用带静电的手触摸电路板，以免造成损坏。人手不能直接接触电路板是电子工程师的常识，这是为什么呢？

静电的危害

不同的环境下，人体携带的静电电压从几伏几百伏到几万伏不等。人手接触电子元器件（导体）会产生静电放电，使器件损坏，降低可靠性；严重时，静电放电造成器件击穿，使产品直接报废。

此外，静电放电过程同时辐射出某种频率下的无线电波，干扰周边微处理器，造成应用程序运行紊乱，严重影响设备的正常工作。



图1 注意静电（网图，如有侵权,联系删除）

因此在日常的生产、工作中需规范操作（包括正确佩戴静电环），尽量避免人手直接接触电子元器件，特别是在带电状态。

静电对核心板反馈回路的影响

以 M62xx-T 系列核心板（Cortex-A53 内核）为例进行测试，在上电状态下，工程师手指触摸图 2 所示红色圈注位置，可诱发系统重启现象。这是什么原因呢？

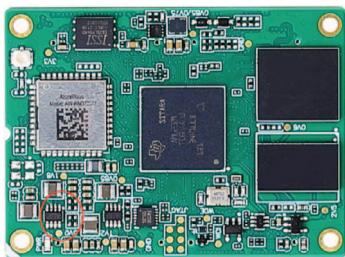


图2 M62xx-T系列核心板

图 2 红色圈注区域（R4，R6）是系统主电源 3.3V DC-DC 的负反馈及补偿网络（FB 部分），如图 3 所示。

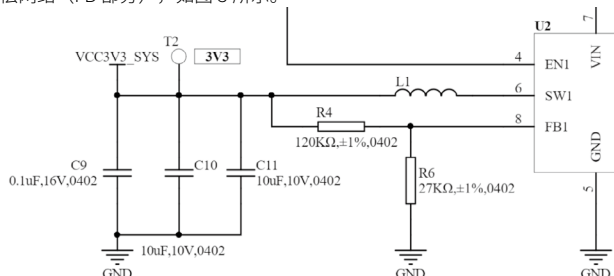


图3 系统电源电路

人手触摸（人体等效电阻等引入干扰）改变反馈回路特性（包括极点发生偏移），造成反馈回路震荡，导致 DC-DC 输出电压不稳定。DC-DC 的输出电压不稳定，轻者导致系统重启（DC-DC 自动调低输出电压），严重时烧坏电路板主芯片（DC-DC 自动调高输出电压），因此电路板带电禁止触摸。



图4 主板带电禁止触摸（网图，如有侵权,联系删除）

如何预防静电

1. 防静电无绳手腕带



图5 防静电无绳手腕带（网图，如有侵权,联系删除）

根据“电晕放电”效应和尖端放电原理，当累积的电荷超过一定值时因电位差向空间放电，从而达到消除静电的目的。特点：方便、可靠，流动岗位才允许佩戴。静电耗散时间：小于 0.5s。

2. 防静电手腕带



图6 防静电手腕带（网图，如有侵权,联系删除）

边缘计算

人体皮肤与手腕带上的导静电材料直接接触，当手腕带接地时，通过接地系统将人体运动产生的静电迅速泄放。静电泄放时间：小于 0.1s。

3. 防静电 PU 涂层手套



图7 防静电PU涂层手套（网图，如有侵权,联系删除）

防静电 PU 手套可进一步预防人体静电通过手部接触传导至电路板。手背导电丝间距：10mm。

核心板对静电防护措施

核心板对静电的保护措施此处以 ZLG 致远电子的 M62xx-T 系列核心板为例进行说明，如图 8 所示为 M62xx-T 核心板，图 9 为 M62xx-T 评估板 (M62xx-EV-Board)。

M62xx-T 系列核心板是 ZLG 致远电子基于 TI 公司 AM62x 系列处理器开发的高性能嵌入式核心板，板内集成了 DDR4、eMMC、QSPI Flash、硬件看门狗和 WIFI/ 蓝牙模块（可选）等外设。核心板采用的 AM62x 系列处理器具有多达四核 64 位 Arm® Cortex®-A53，主频高达 1.4GHz，另外还带频率高达 400MHz 的单核 Arm® Cortex®-M4F MCU，为实时应用提供了优异的性能。

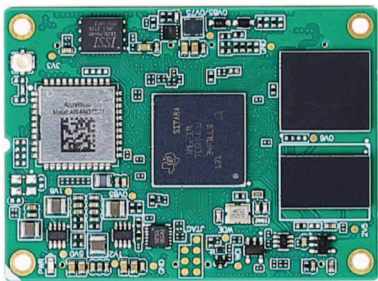


图8 M62xx-T系列核心板

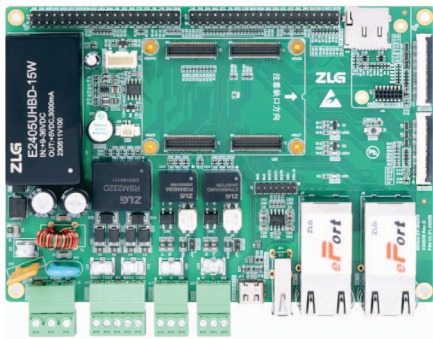


图9 M62xx-T评估板(M62xx-EV-Board)

M62xx-T 系列核心板配合评估底板可从硬件进行静电防护，通过的电磁兼容试验如下：

- 静电放电抗扰度：接触放电 $\pm 4\text{KV}$ ；
- 电快速瞬变脉冲群：干扰频率 5KHz 100KHz 脉冲群周期 300 (1 $\pm$ 20%) ms；
- 雷击（浪涌）抗扰度：直流电源接口 $\pm 2\text{KV}$ 电容耦合，信号控制端口 $\pm 1\text{KV}$ 直接耦合，1 次 / 分钟；
- 传导骚扰抗扰度：直流电源接口 3V CDN 耦合，信号控制端口 3V 电磁耦合，试验频率 150KHz~ 80MHz；
- 传导骚扰：GB/T 9254.1-2021 CLASS A，频率范围：150kHz~30MHz。

如需了解更多产品详情，可填写申请表单，
我们会有专人与您联系。

点击申请

【技术分享】EtherCAT 分布式时钟简介

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-03 11:36:41

分布式时钟是 EtherCAT 技术亮点之一，其精准同步使得整个系统都运行在统一的时钟下，每个 EtherCAT 从站的同步性远小于 1 μ s。本文将介绍引入分布式时钟同步的原因并阐述三种同步模式。

由于 EtherCAT 系统中可能存在各从站时钟计数不一致的现象，为了精确地控制从站设备何时接收输出数据和何时提供输入信息，确保数据传输的准确性和实时性，EtherCAT 设备系统需要实现时间同步，而引入分布式时钟可以有效解决 EtherCAT 系统时钟同步问题。

EtherCAT 网络中各个从站之间时钟计数不一致的原因

- 时钟偏移：由于各个站点启动顺序不同，初始化流程不同，导致各个从站本地时钟开始计数的时间不一致。
- 时钟漂移：受温度、物理特性等因素影响，各个时钟的晶振频率并不完全一致，因此随着运行时间的增加，原来一致的时钟也会逐渐产生偏差。

时钟偏移和时钟漂移的解决思路

1. 针对时钟偏移采取偏移补偿法

- 记录主站时间并广播一个锁存各从站时钟的报文；
- 依次读取各从站被锁存的时间，计算其他从站与第一个从站的时间差；
- 将各个从站的时钟差值附加到从站的本地时钟上。

2. 针对时钟漂移采取漂移补偿法

- 在从站中选择第一个支持分布式时钟功能的从站时钟作为参考时钟；
- 在位移补偿之后，主站在每个周期中对参考时钟的时钟计数执行单读单写（RMW）的指令，读取其时间并广播到其他从站中；
- 其他从站将自身的时间与接收到的参考时间进行对比，动态调整计数器的加值。

分布式时钟的三种同步模式

1. Free Run 模式

每个从站的定时周期都不一样，在每个定时周期到来的时候，每个从站将执行自己的程序，检查通道上有没合适的输入数据，如果有合适的的数据就令其有效，并放到对应的同步管理器通道上等待主站取走。如图 1 所示，其中 T1 为本地微处理器从 ESC 复制数据并计算输出数据的时间，T2 为输出硬件延时，T3 为输入锁存偏移时间。

缺点：Free Run 模式下，由于每个从站的时钟快慢不一致，所以没有任何同步性可言。

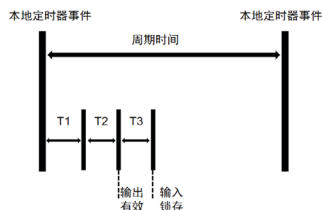


图 1 Free Run 同步模式

2. SM 同步机制（Sync Manager 同步管理器）

SM 指的是同步管理器同步，当数据帧在到达对应的从站的时候，会触发一个叫同步管理器事件的信号，当从站接收到这个信号的时候，会进行中断服务例程（即中断保存当期任务，去执行插入的中断例程）。换言之，SM 同步模式是根据数据帧到达特定从站的时候触发的 SM 事件信号来进行同步。

缺点：对于特定的帧来说，它到达每一个从站的时间必然不同，当系统很庞大的时候，每个从站接收到数据帧的时间会相差很大，越在后边的从站接收到数据帧的时间越晚，同步性效果越差。

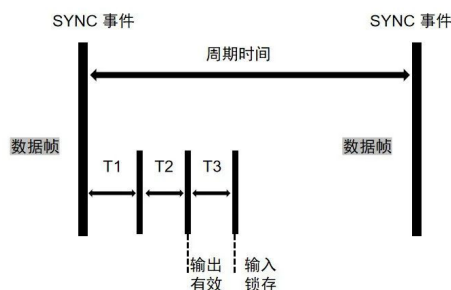


图 2 SM 同步模式

3. DC 同步机制

这种模式就是高精度的时间同步模式。如图 3 所示，数据帧在 SYNC 信号提前 T1 时间到达，从站在 SYNC 事件之前已经完成数据交换和控制计算，当接收 SYNC 信号后立即执行输出操作，从而提高了同步性能。可以理解为某个从站数据帧到达后不立即处理，因为有些从站还没接收到数据，等待一个指定的时间，和其他从站一起处理数据，这时候能够达到较好的同步效果。

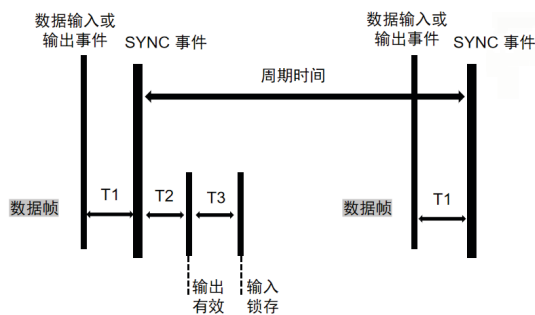


图 3 DC 同步模式

快速配置分布式时钟

ZLG 致远电子推出了一系列高性能 EtherCAT 主站控制器和 PCIe EtherCAT 通讯卡，为了方便用户的使用，这些 EtherCAT 主站控制器和通讯卡均提供全面的上位机配置软件 AWStudio。用户可以通过 AWStudio 快速扫描从站设备，并可灵活配置分布式时钟。

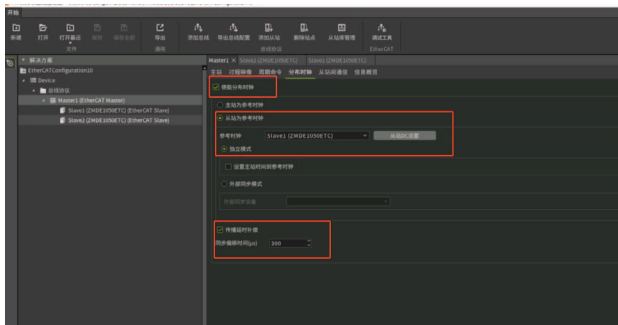


图4 AWStudio 分布式时钟配置界面

AWStudio 分布式时钟配置步骤：

1. 首先打开分布式时钟使能；
2. 然后选择参考时钟，可以选择主站或者某一个从站作为参考时钟，通常以第一个从站作为参考时钟；
3. 最后设置同步偏移时间，同步偏移时间 (Toffset) 根据以下公式计算：

$$T_{offset}(n) = T2(n) - T1 - T_{delay}(n)$$

其中，T2(n) 为由主站发送时钟报文到达第 n 个从站的时间，T1 为第一个从站作为参考时钟的时间，Tdelay(n) 为参考时钟到各从站的传输延时。

广州致远电子以 EtherCAT 工业以太网协议为向导，开发了一系列 EtherCAT 主站控制器和通讯卡。这些 EtherCAT 主站控制器和 PCIe EtherCAT 通讯卡可以快速、有效、便捷地构建数控智能化设备。通过支持固件更新、配置文件下载、数据记录与监控、远程控制与诊断、分布式文件系统等功能，更能够适应工厂智能化、信息化产业的需求。

表1 EtherCAT主站控制器

型号	内核	主频	内存	存储	以太网	无线	CAN	RS485	M.2	D/DO	AI/AO	HDMI
ZMC200E	arm Cortex®-A8	800MHz	256MB	256MB	1*EtherCAT+2*NET	—	1路	1路	—	16/16	—	—
ZMC600E	Cortex®-A53P2+BSF+4	1GHz	1GB	4GB	1*EtherCAT+3*NET	—	2路	2路	—	16/16	—	—
ZMC801E	Cortex®-A53P2+BSF+4	1GHz	1GB	4GB	1*EtherCAT+3*NET	—	2路	2路	—	16/16	2/0	—
ZMC902E	Cortex®-A33P2+BSF+4	1GHz	1GB	4GB	1*EtherCAT+3*NET	—	3路	2路	—	16/16	—	—
ZMC903E	Cortex®-A33P2+BSF+4	1GHz	1GB	4GB	1*EtherCAT+2*NET	Wi-Fi/BT	2路	2路	—	8/8	—	—
ZMC811E	Cortex®-A53P2+BSF+4	1GHz	1GB	4GB	1*EtherCAT+2*NET	Wi-Fi/BT	1路	2路	—	8/8	6/2	—
ZML900E	Cortex®-A55P4+BSF+2	2GHz	4GB	8GB	2*EtherCAT+2*NET	Wi-Fi/BT	1路	1路	支持	16/16	—	支持



图5 EtherCAT主站控制器系统框图

表2 PCIe EtherCAT主站通讯卡

型号	结构	EtherCAT	线路冗余	热插拔	CAN/CAN FD	DI/DO	编码器	PWM
HP PCIe-2E	PCIe 半高	1路主站, 2网口	支持	支持	—	—	—	—
PCIe-4E	PCIe 全高	2路主站, 4网口	支持	支持	—	—	—	—
PCIe-2E	PCIe 全高	1路主站, 2网口	支持	支持	—	—	—	—
MiniPCIe-2E	MiniPCIe	1路主站, 2网口	支持	—	—	—	—	—



图6 PCIe EtherCAT通讯卡

如需了解更多产品详情，可填写申请表单，
我们会有专人与您联系。

点击申请

【CAN总线知识】一文读懂CAN通讯错误帧

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-11 11:39:52

CAN 总线通信技术广泛应用于多个行业，是每个总线设计工程师必学的一个通讯网络。然而，对于 CAN 通信中的错误帧，许多人仅停留在表面了解，缺乏深入理解，这导致许多工程师在面对总线通信故障时感到无从下手。

错误标定

检测到错误条件的站通过发送错误标志指示错误。对于“错误主动”的节点，错误信息为“主动错误标志”，对于“错误被动”的节点，错误信息为“被动错误标志”。站检测到无论是位错误、填充错误、形式错误，还是应答错误，这个站会在下一位时发出错误标志信息。

只要检测到的错误的条件是 CRC 错误，错误标志的发送开始于 ACK 界定符之后的位（其他的错误条件除外）。如图 1 所示：

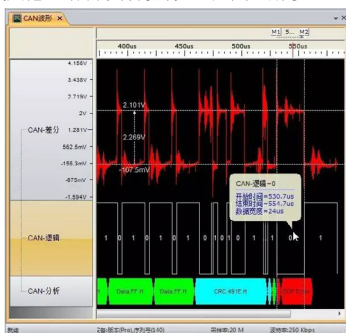


图1 CRC错误帧

故障界定

至于故障界定，单元的状态可能为以下三种之一：“错误主动”、“错误被动”、“总线关闭”。

1. “错误主动”的单元可以正常地参与总线通讯并在错误被检测到时发出主动错误标志。

2. “错误被动”的单元不允许发送主动错误标志。“错误被动”的单元参与总线通讯，在错误被检测到时只发出被动错误标志。而且，发送以后，“错误被动”单元将在初始化下一个发送之前处于等待状态。（见“挂起发送”）

3. “总线关闭”的单元不允许在总线上有任何的影响（比如，关闭输出驱动器）。

三个状态的转换方式如图 2 所示：

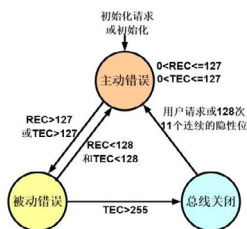


图2 CAN状态转换图

在每一总线单元里使用两种计数以便故障界定：发送错误计数、接收错误计数。

这些计数按以下规则改变（注意，在给定的报文发送期间，可能要用到的规则不只一个）：

1、当接收器检测到一个错误，接收错误计数就加 1。在发送主动错误

标志或过载标志期间所检测到的错误为位错误时，接收错误计数器值不加 1。

2、当错误标志发送以后，接收器检测到的第一个位为“显性”时，接收错误计数数值加 8。

3、当发送器发送一错误标志时，发送错误计数数值加 8。

例外情况 1：发送器为“错误被动”，并检测到一应答错误（注：此应答错误由检测不到一“显性”ACK 以及当发送被动错误标志时检测不到一“显性”位而引起）。

例外情况 2：发送器因为填充错误而发送错误标志（注：此填充错误发生于仲裁期间。引起填充错误是由于：填充位（填充位）位于 RTR 位之前，并已作为“隐性”发送，但是却被视为“显性”）。

例外情况 1 和例外情况 2 时，发送错误计数数值不改变。

4、发送主动错误标志或过载标志时，如果发送器检测到位错误，则发送错误计数数值加 8。

5、当发送主动错误标志或过载标志时，如果接收器检测到位错误（位错误），则接收错误计数数值加 8。

6、在发送主动错误标志、被动错误标志或过载标志以后，任何节点最多容许 7 个连续的“显性”位。以下的情况，每一发送器将它们的发送错误计数数值加 8，及每一接收器的接收错误计数数值加 8：

当检测到第 14 个连续的“显性”位后；

在检测到第 8 个跟随着被动错误标志的连续的“显性”位以后；

在每一附加的 8 个连续“显性”位顺序之后。

7、报文成功传送后（得到 ACK 及直到帧末尾结束没有错误），发送错误计数数值减 1，除非已经是 0。

8、如果接收错误计数数值介于 1 和 127 之间，在成功地接收到报文后（直到应答间隙接收没有错误，及成功地发送了 ACK 位），接收错误计数数值减 1。如果接收错误计数数值是 0，则它保持 0，如果大于 127，则它会设置一个介于 119 到 127 之间值。

9、当发送错误计数数值等于或超过 128 时，或当接收错误计数数值等于或超过 128 时，节点为“错误被动”。让节点成为“错误被动”的错误条件致使节点发出主动错误标志。

10、当发送错误计数数值大于或等于 256 时，节点为“总线关闭”。

11、当发送错误计数数值和接收错误计数数值都小于或等于 127 时，“错误被动”的节点重新变为“错误主动”。

12、在总线监视到 128 次出现 11 个连续“隐性”位之后，“总线关闭”的节点可以变成“错误主动”（不再是“总线关闭”），它的错误计数值也被设置为 0。

备注 1：

一个大约大于 96 的错误计数数值显示总线被严重干扰。最好能够预先采取措施测试这个条件。

备注 2：

起动 / 睡眠：如果起动期间内只有 1 个节点在线，以及如果这个节点发送一些报文，则不会有应答，并检测到错误和重复报文。由此，节点会变为“错误被动”，而不是“总线关闭”。

车载多通道CAN(FD)数据记录终端

CANFDDTU-400EWGR

智能网联汽车总线三合一测试利器

立即购买



【CAN总线知识】 CAN总线几种正常的“异常”波形

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-24 11:32:48

CAN 波形一定都是标标准准的方波吗？其实并非如此，今天就把 CAN 总线上的幅值“异常”归类。

CAN-bus信号产生原理

众所周知，一个标准 CAN 节点由微处理器、控制器、收发器构成。多个节点成总线型架构挂在一起，两个端节点上并有终端电阻。其结构简图如下图所示。

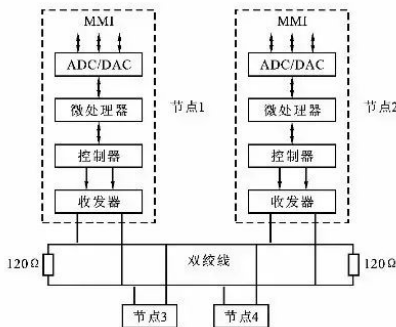


图1 CAN-bus节点网络结构

可以看出，与总线直接相连的是 CAN 节点的收发器，其内部电路等效如下图所示，CAN-H、CAN-L 直接由三极管驱动，近似可以看成电流型输出。结合上文所述网络架构中的终端电阻，节点发出信号时电流流过终端电阻产生电压信号，当同一时间多个节点同时发出信号时就会使总线上的电流高于单一节点发出的电流，使得我们观察电压信号时出现突增的现象。

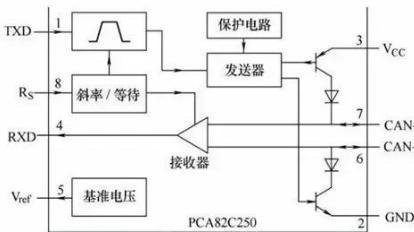


图2 CAN收发器结构

CAN-bus是总线型结构，通常状态下一般只有一个节点占有总线。那么有几种情况会导致多个节点同时发出，进而导致幅值出现“异常”呢，下文通过致远电子 CANScope 分析仪的几个测试案例总结一下。

应答位上的幅值“异常”

最常见的，当 CAN 网络上存在 3 个以上的节点时，应答位上的幅值要明显高于同一报文的其他位置，如下图所示。可以看到报文在 ID 段、数据段、CRC 校验段处的幅值均比较一致，但是到应答位处时幅值出现突增。这是为什么呢，大家都知道 CAN-bus 总线拥有自动应答机制，即当某一节点发送完一帧报文时，所有总线中的其余非只听节点均会在应答位处做出响应，如果报文被成功识别则发出一个显性位作为应答信号。

结合上文所述，应答位此时 CAN 总线上的电流是若干节点电流叠加的综合，所以应答位的幅值高就很容易讲通了。

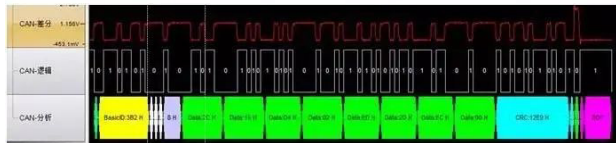


图3 应答位上的幅值“异常”

ID段上的幅值“异常”

CAN-bus 总线的一大特点就是多主结构，即网络中所有节点功能对等，没有主从机的概念，所有节点均可自由收发数据。保证多主结构得以实现的关键在于 CAN 总线的仲裁机制也称为优先级机制。当网络中同时有多个节点同时发送数据时会在 ID 段处产生仲裁，优先级高的节点会最终占有总线。

如下图所示，可以看到在图中的标记处波形出现了“台阶”。正是在于在“台阶”出现前有两个节点同时发出数据，导致幅值增高，在“台阶”处某一节点由于优先级高占有总线，另一个节点暂时退出，使得幅值又回归平常。

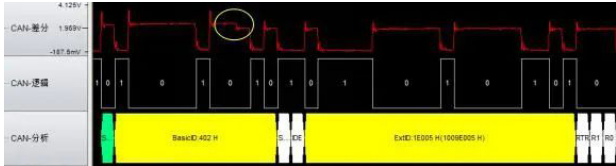


图4 ID段上的幅值异常

错误帧上的幅值“异常”

再看看这个案例，可以看到在波形的后半部分也出现了台阶式的幅值增高，光标卡住的显性电平区间可以看到宽度明显超过了 5 个标准位宽，按照 CAN 总线的位填充规则（不能存在连续六个相同的显性位或隐性位）表明这是一条错误帧。但是不要误会，并不是因为这个幅值“异常”而导致的错误帧，我们知道 CAN 总线有错误重发机制，以保证总线传输数据的可靠性。这种可靠性正是通过错误帧的“一票否决制”实现的。

当网络中某一节点识别到一条认为是有问题报文后会发送六个连续的显性位（即错误帧），投出这一否决票通知网络上所有其他节点，本条报文无效。此后其他节点会以“跟票”的形式全部发出六个显性位错误帧。所以此时多个节点重叠部分的错误帧的幅值就会高一些了。



图5 错误帧上的幅值异常

CAN隔离网关网桥中继器集线器

CANBridge+

无限级联通讯 | 灵活转换组合 | 64组ID过滤

[立即购买](#)

【解决方案】制造业数字化转型，无线解决方案为发展新质生产力赋能

原创 市场部 ZLG 致远电子 2024-06-04 11:35:25

数字化转型为形成新质生产力提供重要动能，在制造业中，通过引入智能制造、工业互联网等技术，实现生产过程的智能化、数字化，可提高产品质量和生产效率，实现更高效、更精准的生产。

制造业的数字化趋势

数字化转型为形成新质生产力提供重要动能，工业和信息化部数据显示，2023 年我国工业互联网核心产业规模达 1.35 万亿元，已全面融入 49 个国民经济大类。截至 2023 年底，我国已培育 421 家国家级示范工厂以及 1 万多家省级数字化车间和智能工厂。

在制造业中，智能工厂、数字化车间在提升要素生产率、发展新质生产力方面作用明显。通过引入智能制造、工业互联网等技术，实现生产过程的智能化、数字化，可提高产品质量和效率。实现更高效、更精准的生产。

无线解决方案

致远电子为用户提供 LoRa、ZigBee 整机系统解决方案，为用户加快产业融合部署步伐，快速实现数字化转型提供动能。

1. LoRa 方案系统架构

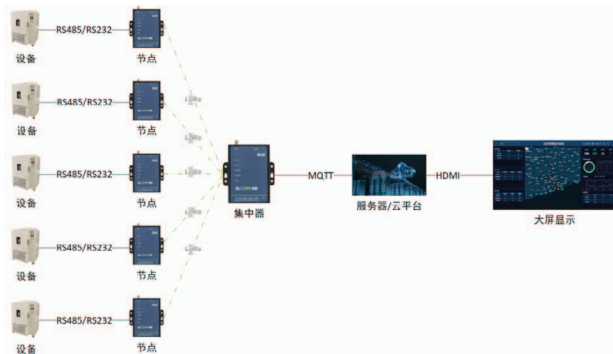


图1 LoRa方案系统架构图

智能LoRa数据通信网关 GLCOM-NET

LoRa无线技术 | 自组网 | 无线数据透明传输

立即购买

2. ZigBee 方案系统架构

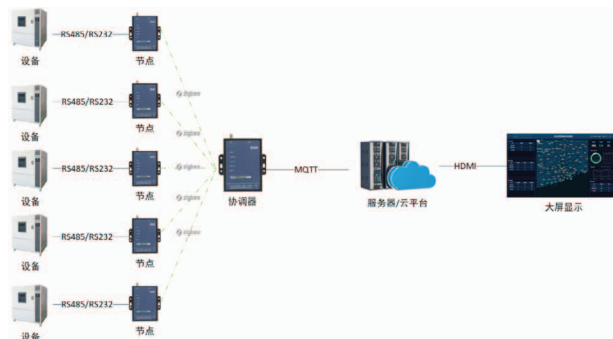


图2 ZigBee方案系统架构图

智能ZigBee数据通信网关 GZCOM-NET

ZigBee无线技术 | 自组网 | 无线数据透明传输

立即购买

无论是 LoRa 还是 ZigBee 的方案，重点在于数据的采集与云平台对数据处理后的展示，致远电子提供“云、边、端”整体方案，即终端展示、边缘采集、云平台大模型数据处理。



图3 “云、边、端”整体方案

在实际的应用中，LoRa、ZigBee 系统方案突出优势是解决了设备组网难、信号传输质量差、设备数据来源识别难、设备异常定位难的痛点，主要体现在如下：

- 用户在现场布置各节点时零散分布，通常是多个节点对应一个主站，组网的便捷性可让用户无需在整个部署区域来回奔跑，实现主站与节点之间的快速组网；
- 信号质量好，数据传输不丢包，解决设备在现场布置信号干扰大的问题，信号质量好，也是保障设备组网成功的重要条件之一；
- 指令精准下发至对应的从机设备，解决多节点数据上行和下行准确

互联互通 ▼

区分的难点，即采集的数据上行至后台服务器时，可通过节点唯一的 ID 号进行设备识别，甄别各数据来源；

- 针对节点或主站异常时，可精准定位问题设备，实现通信快速修复及备份方案启动的难点。

成功案例

1. 用户需求

在生产测试过程中，用户需要周期性查看外部因素变化是否会导致产品本身出现异常；

减少 RS485/RS232 以及以太网总线的部署；

测试设备外壳都是金属箱，最远端测试箱至监控室设备有 50 米，需稳定传输不丢包；

能独立区分各设备数据来源。

测试区域示意如下所示：

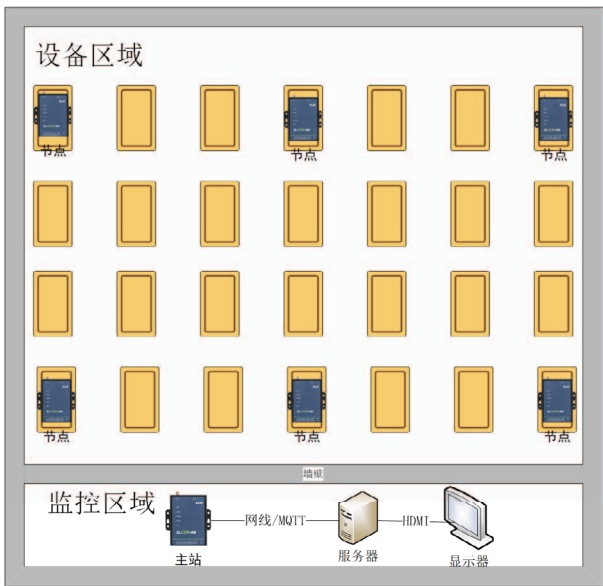


图4 测试区域示意图

2. 实际解决

通过现场安装调试，最远端设备可稳定传输不丢包，最远端的信号质量为优；

设备区分数据来源时，产品内部实现了主题区分，一个主机管理多个从机，主机根据需要给不同的从机发送数据，主机具备一对多发送数据的功能，其原理如下所示：

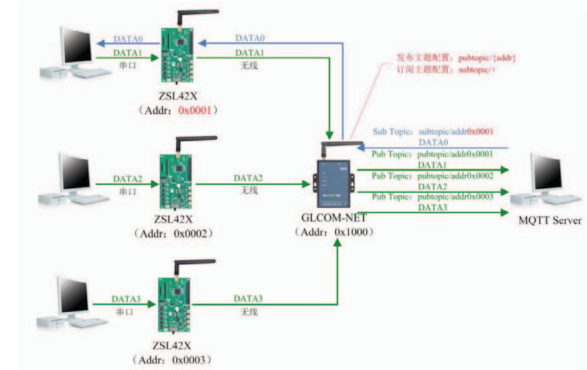


图5 原理图

3. 现场安装



图6 现场安装图

除 LoRa、ZigBee 标准设备组建的系统方案外，致远电子还推出了支持 EAI（Embedded Artificial Intelligence，嵌入式人工智能）的高算力无线边缘计算网关。

基于 AI 算法的功能提供公共的模型管理、数据获取和预处理功能，不仅能够充分利用设备的样本数据和计算能力，而且具有降低数据传送成本、保证数据安全以及保证推理决策的实时性等优点，为制造业数字化转型再提速！

国产蓝牙模组 | 蓝牙模组都有哪些工作模式？

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-06 11:38:37

蓝牙是无线通信中重要的通信协议之一，广泛应用于各种物联网通信领域。蓝牙设备在各种应用场景扮演着不同的角色，而蓝牙应用场景与其工作模式息息相关。本期文章将带你了解蓝牙的工作模式。

主机模式/从机模式

主机模式：蓝牙模块能够扫描从机的广播信号并主动建立连接，可以和一个或多个从设备进行连接通信，主机定期扫描周围处于广播状态的设备发送的广播信息，连接后主从双方可以发送接收数据。如智能手机，数据传输中做主机的蓝牙模块。

从机模式：蓝牙模块首先进入广播状态，等待被主机扫描，当主机扫描到从设备建立连接后，可以和主机设备进行数据收发，从机不能主动建立连接，只能等待主机扫描连接。与广播者模式的区别在于从设备模式的蓝牙模块是可以被连接，定期和主机进行连接和数据传输，在数据传输过程中作从机，而处于广播者模式的设备是不可被连接，如蓝牙手表手环，蓝牙鼠标等。

主从一体工作模式

主从一体工作模式是指蓝牙模块可以同时作为主设备和从设备。其可以在两个角色间切换，工作在从模式时，等待其它主设备来连接，需要时转换为主模式，向其它设备发起连接。主从一体额外增加了蓝牙模块的功能，促使成本优化和增强其易用性，优化系统架构。

ZM8258P 是广州致远电子股份有限公司推出的一款国产主从一体蓝牙模组，产品支持远 BLE5.2 协议、主从一体应用，具有低功耗、低成本、远距离、小尺寸等特点。



广播者/观察者模式

广播模式：蓝牙模块定期持续的向周围发送一定长度的广播数据包，该数据可以被扫描者搜索到。模块可以在低功耗的模式下持续的进行广播，应用于极低功耗，小数据量，单向传输的应用场合。蓝牙广播通道的重要功能就是用于发现设备，发起连接和发放数据。

观察者模式：该模式下模块为非连接，相对广播者模式的一对多发送广播，观察者可以一对多接收数据。在该模式中，设备可以仅监听和读取

空中的广播数据，不能发起连接，只能持续扫描从机。观察者工作模式可应用于数据采集集中器的应用场合，如传感器集中器采集等功能。

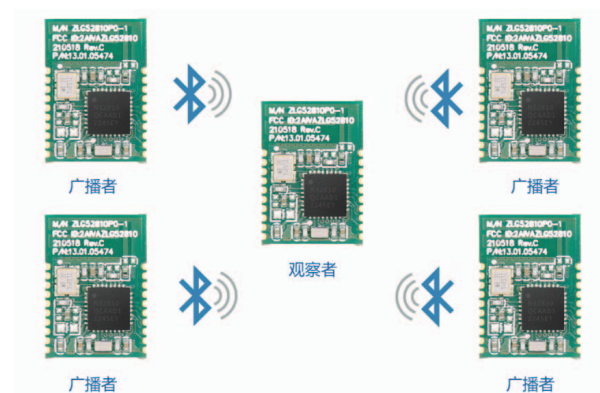


图2 广播者 / 观察者模式

iBeacon模式

iBeacon 是苹果公司于 2013 年 9 月发布的一种基于低功耗蓝牙的通信协议，通信协议名称：iBeacon，工作方式是：iBeacon 是一个低功耗的蓝牙信标，基于 BLE 技术，工作在广播模式，利用 BLE 中名为“通告帧”（Advertising）的广播帧，定期发送通告帧，支持 BLE 的设备可以接收到。广播的发射功率可以调整，不停广播蓝牙设备的 mac 地址、UUID 等固定字节的字符串信息。

常见应用于精确营销，如博物馆、展厅的信息推送或者购物中心服务商向顾客发送折扣卷及进店积分等。如果把它放在室内固定的位置，可以作为定位器，手机打开蓝牙连接之后通过 APP 就可以获取其位置，同时会推送设置好的信息到手机上。蓝牙 iBeacon 是一种低功耗协议，也是一种低功耗蓝牙设备，在智能领域有非常广泛的前景。



图3 iBeacon模式

国产蓝牙模组 | 低功耗蓝牙应用

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-13 11:39:31

蓝牙技术联盟于 2010 年推出了蓝牙 4.0 规范，其中低功耗蓝牙的出现满足了小型电池供电设备进行低功耗无线连接的需求，因此得到广泛应用。本文将带你深入了解低功耗蓝牙的应用。

低功耗蓝牙简介

2010 年，蓝牙技术联盟 SIG 将低功耗无线技术重新命名为“蓝牙低功耗”（Bluetooth LE），推出蓝牙 4.0 规范。蓝牙低功耗（Bluetooth Low Energy）技术，也称为 Bluetooth® Smart，从蓝牙 V4.0 开始作为核心规范的一部分，是专门针对基于物联网（IoT）设备构建的功能和应用程序设计的蓝牙版本，最大的特点是降低了成本和功耗。它可以满足小型电池供电的设备进行低功耗无线连接的要求，并大大延长电池寿命，甚至仅需纽扣电池即可工作几年。目前，蓝牙低功耗技术已被广泛使用，主要应用包括：定位标签，资产跟踪，运动及健身传感器，医疗传感器，智能手表，遥控器，玩具等。

广州致远电子股份有限公司针对不同的应用场景，推出了多个系列低功耗蓝牙模组，包括 ZLG52810 系列从机蓝牙模组、ZM52820 系列主从蓝牙模组和 ZM8258 系列主从蓝牙模组。产品满足小型电池供电的设备进行低功耗无线通信的需求，并且支持两种低功耗模式，最低功耗可达到 nA 级别。用户可根据设备使用场景，通过 AT 指令配置合适自身设备工作的功耗模式。

- 普通休眠模式：串口停止工作，模组功耗达 uA 级别，协议栈可正常运行，通过唤醒引脚唤醒或模组收到 BLE 数据唤醒。
- 深度休眠模式：大部分外设关闭，协议栈停止运行，进入深度休眠模式，最低功耗功耗可达到 nA 级别，如需设备工作可通过唤醒引脚唤醒蓝牙模组。

主从一体国产蓝牙模组 ZM8258P

主从一体，多主多从 | 支持8路数据传输通道 | BLE5.2

立即购买



低功耗蓝牙如何实现低功耗？

1. 更短的广播时间

BLE 有 40 个信道，其中 37、38、39 为广播信道，也叫作主广播信道。主广播信道最大广播 31 个字节，其余 37 个是数据信道也叫作次广播信道，当需要广播发送大数据包时，就要通过次广播信道发送长度介于 0-255 字节的数据包。为实现低功耗，蓝牙广播一般在 3 个主广播信道上各广播一次，每次广播时射频的开启时间也由传统的 22.5ms 减少到 0.6-1.2ms。

2. 更低的待机功耗

低功耗蓝牙设计了用深度休眠状态来替换传统蓝牙的空闲状态，在深度休眠状态下，主机长时间处于超低的负载循环状态，同时休眠状态关闭了很多接口，只在需要运作时由控制器来启动，节省了最多的能源，实现了深度休眠。

3. 软件层面的优化

- 高效率的编码方式可以用更少的时间发送同等数量数据从而降低功耗；
- 与传统蓝牙相比，低功耗蓝牙支持超短数据包，这使得发送时所需的时间更少，同时较快的启动时间缩短发射和接收的等待时间；
- 占用较少的资源，低功耗蓝牙仅采用一个协议来实现服务器发现，名称发现，信息的读取和写入，比采用多个协议的经典蓝牙所需的开销更少，从而降低功耗；
- 低功耗蓝牙协议中采用了客户端 - 服务器架构，将任务合理分配到客户端和服务端来实现，降低了系统的通信开销。

常见的低功耗应用场景

1. 智能门锁

在智能门锁的应用场景中，通过门锁内安装蓝牙模块，人们可以通过 APP 实时读取智能锁的蓝牙信息，然后进行配对，向服务器发送解锁请求，服务器将解锁命令发送给手机，手机接收到解锁信息后，通过门锁里面的蓝牙模块把指令发送给智能锁门，开锁方便、快捷、安全。



图1 智能门锁应用

2. 智慧医疗

目前健康医疗设备通常是可穿戴产品，通过蓝牙模块，可接收和分析接收到的健康数据，起到对数据实时监控的作用。典型产品如：手环、手表、健康体重秤、血糖计、血压计、脉搏血氧仪、心率带、活动传感器等。



图2 医疗保健产品

3. 智能照明

低功耗蓝牙智能 MESH 灯，利用低功耗蓝牙技术和 MESH 组网技术，只需在智能手机上安装一个 app，即可实现灯光的智能组网控制更加方便，灵活，同时支持遥控器设备。



图3 智能照明系统

4. HID设备的应用

采用低功耗蓝牙技术，相较传统蓝牙键盘鼠标，具有功耗更低、配对连接更加快速方便的特点。在客户现有的鼠标、键盘上可以增加 BLE 实现产品的快速升级。



图4 HID设备

5. 智能家电

在传统家电上，例如豆浆机、电饭煲等，通过低功耗蓝牙控制，将其升级为更加智能的家电设备。通过智能手机对家电进行开关、预约等各种控制，还可以对家电设备进行故障自检、固件升级等功能。

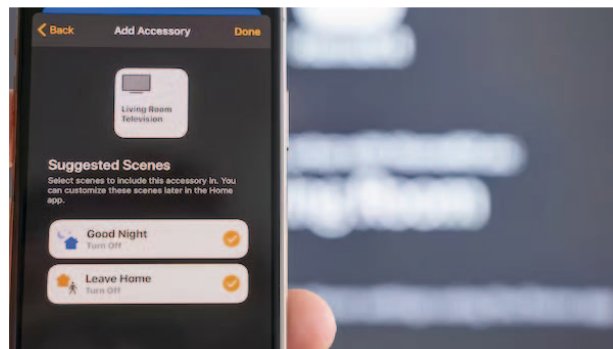


图5 智能家电产品

6. iBeacon应用

iBeacon 基于低功耗蓝牙广播给手机发送信息，能帮助商家优化经营策略，利用用户的地理位置提供服务。采用低功耗蓝牙性能更稳定可靠，功耗更低，让设备保持更长的工作时间。



图6 iBeacon应用场景

国产蓝牙模组 | 蓝牙主从一体功能应用

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-20 11:45:53

随着科技快速发展，蓝牙技术在各个行业应用中变得非常广泛。今天，我们来分享一种非常热门的主从一体蓝牙模块。我们将对它的模式、概念、应用、选购等进行探讨，让读者深入了解这种蓝牙模块。

蓝牙的工作模式

蓝牙模块支持多种类型的运行模式，主设备模式、从设备模式、主从一体工作模式、广播站模式、Mesh 组网模式、广播模式、iBeacon 模式。在众多工作模式中，主从一体工作模式是蓝牙模块最为常用，也是当下最热门的。工作在该模式下的蓝牙产品既可以单独作为主机或者从机使用，也可以同时作为主机和从机，同时连接从设备和被其他主设备连接，极大提高蓝牙模块的灵活使用与应用。

ZM8258 是广州致远电子股份有限公司推出的一款国产主从一体蓝牙模组，产品支持远 BLE5.2 协议、主从一体应用，具有低功耗、低成本、远距离、小尺寸等特点。



什么叫蓝牙主从一体

蓝牙主从一体工作模式是指蓝牙模块可以同时作为主设备和从设备。其可以在两个角色间切换，工作在从模式时，等待其它主设备来连接，需要时，转换为主模式，向其它设备发起连接调用。主从一体提供了扩展蓝牙模块的能力，在蓝牙 4.1 协议规范后，添加了“链路层拓扑”的功能，就可以允许蓝牙模块同时作为主设备和从设备，在任何角色组合中操作，例如蓝牙 HUB 终端。

当具备主从一体的蓝牙模块工作时，该蓝牙模块可以作为主设备搜集其它外围从节点设备的信息，同时作为一个从设备将搜集到信息上报给主控终端如手机。这样的好处就是外围的从节点设备信息可以不局限在本地保存，通过主从一体的蓝牙模块发挥中继器的作用，搜集后上传给云端或集中控制器保存或显示。

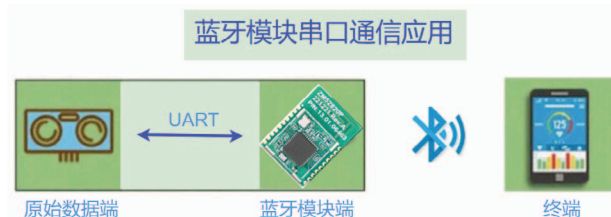
主从一体额外增加了蓝牙模块的功能，成本优化和易用性。如果蓝牙模块以前在封闭系统中作为主设备工作，那现在还可以同时作为从机连接到智能手机，从而实现新的连接维度，在主从一体工作模式下，一个蓝牙模块就可以扮演两种角色，从而可以优化系统架构。



蓝牙主从一体应用

1. 串口通信

广州致远电子股份有限公司研发的蓝牙模块都是 BLE 蓝牙模块，支持数据传输，UART 接口，支持 Android、IOS 数据传输，简单易用，不需要复杂设置就可实现数据的快速传输。



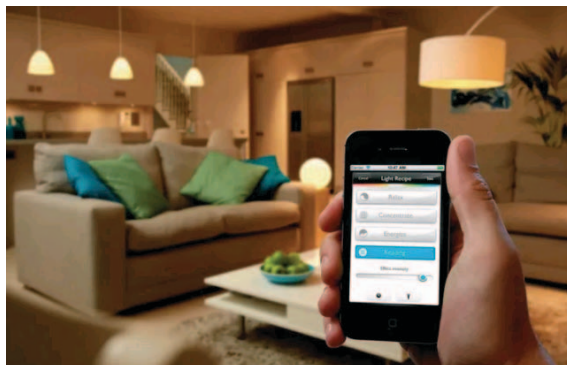
2. 数据采集

支持温度、湿度“等众多传感器数据采集应用，比如可以将温度传感器连接至蓝牙模块的 UART 接口，可以实现温度读取功能，再通过串口将采集的温度数据传输给到接收设备，如手机、平板、PC 或云平台等监控实时数据。



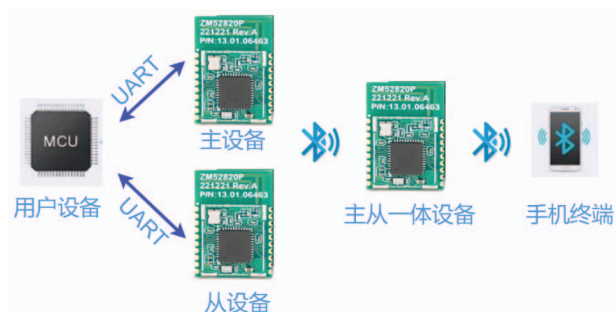
3. 智能控制

支持对接手机，可通过手机 APP 访问。比如可以将蓝牙模块嵌入到智能窗帘的电机或者是智能灯具中，通过手机 APP 来实现电机调速、LED 灯亮度调节。



4. 一对多数据传输

一对一传输，一对多传输，支持工作于主机模式、从机模式、主从一体，一主多从等工作模式，可满足物联网应用一对一、一对多的数据传输。



如何选择主从一体蓝牙模块

对于不同的应用场景，用户在选择主从一体蓝牙模块时，应根据设备的功能需求通讯距离、功耗要求、性能稳定等因素，综合考虑选择合适的从一体蓝牙模块。在购买主从一体蓝牙模块的时候，用户应该选择质量可靠，性能稳定，价格合理的品牌，同时了解产品的资质生产工艺等情况，确保所选的蓝牙模块能够满足自己的需求。

结语

主从一体蓝牙模块作为一种蓝牙通讯模块，具有功耗、高速率传输、易于集成、多种应用场景和简化开发流程等优势，已经广泛应用于各种智能设备中。对于促进智能物联网的发展，提高智能设备用户体验起到了积极的促进作用。在未来，随着智能设备市场的发展，主从一体蓝牙模块的使用会更加广泛，并为用户提供更好的服务。

【产品应用】 致远新一代LoRa终端如何实现一键组网？

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-17 11:34:18

GLCOM-NODE-100 是新一代的高性能 LoRa 终端采集器，支持 5KM 超远距离传输，低功耗指定节点唤醒，快速自组网和一键组网功能，本期文章将带大家了解这款终端的一键组网是如何实现的。

LoRa网络组成

LoRa 的自组网 (Mesh Networking) 是一种用于在多个节点之间建立动态和能够自我管理的网络的技术。网络中的节点会在同一个协议下完成数据加密、传输、路由等步骤。有些协议还会根据节点检测到的 RSSI 信号强度动态调整发射机功率，以节省资源的方式将数据安全地从源端传递到终端。

LoRa 网络的拓扑结构主要有如下 3 种类型：

1. 树形网络: 每个子节点都会连接到一个父节点，形成类似树枝的结构。这种网络结构有利于简化路由和管理，如果某个节点出现故障，其所有下游节点都会受到影响。
2. 星形网络: 所有节点都直接连接到一个中心节点，形成放射状的结构。这种网络结构十分简化，如果中心节点故障，会导致整个网络瘫痪。
3. 网状网络: 每个节点都可以与多个其他节点连接，是最复杂的结构。即使部分节点失效，数据仍可以通过其他路径传输。

GLCOM-NODE-100 使用的是一主多从的星形网络拓扑结构，如图 1 所示。在自组网模式下，主机自动选择周围没有被使用的物理信道形成一个独立的网络，并且能够自动分配一个唯一的本地网络地址给从机。从机在使能了自组网功能后就不需要进行任何的配置操作，并且加入网络后就能够和主机进行通信。理想情况下，一个主机最多可以连接 100 个从机。

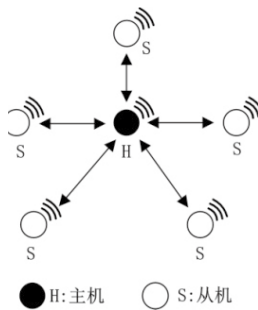


图1 GLCOM-NODE-100自组网拓扑结构

小巧型LoRa终端采集器

GLCOM-NODE-100

工业级性能 | 5KM超远距离传输 | 入网效果清晰可查
快速自组网 | 低功耗指定节点唤醒 | 中继组网传输

立即购买

主从机的工作流程

主机的工作流程通过 JOIN 按钮控制。当未按住 JOIN 按钮时，主机工作在正常模式，此时从机不能加入网络。当按住 JOIN 按钮时，主机工作在组网模式，此时主机允许从机加入网络。

从机有两个工作流程，一个是入网申请，一个是退网申请，也是通过 JOIN 按钮控制。当短按 JOIN 按钮时（持续时间在 3 秒以下），从机工作在入网申请状态。当长按 JOIN 按钮时（持续时间在 3 秒以上），从机工作在退网申请状态。当未按下 JOIN 按钮时，从机使用存储的物理信道和调制参数进入正常工作状态。

主从机的各种工作状态如图 2 所示。



图2 主机（左）和从机（右）的工作状态指示

一键组网操作步骤

在使用自组网功能之前，需要使用致远电子开发的无线配置工具 WirelessTool 对主机和从机设备进行设置，设置完毕后就可以通过 JOIN 按钮来控制设备的工作状态了。

首先以 1 号设备作为主机，连接上配置工具后，点击【设备地址 0x6】，填入 1 号设备地址。然后点击【设备类型 0xb】，默认为【从机设备】，选择【主机设备】，将 1 号设备设置为主机。最后点击【保存参数】，如图 3 所示。

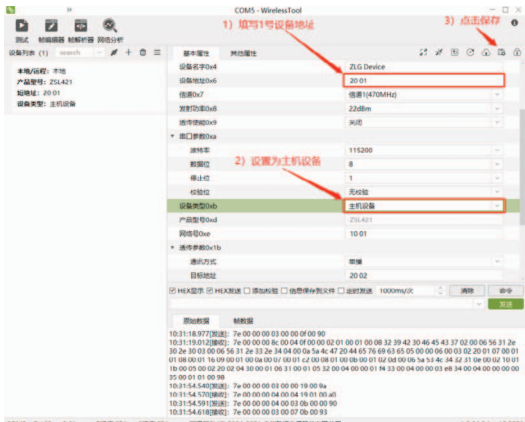


图3 主机参数设置

主机开启自组网使能，首先点击【其他属性】，进入其他属性设置页面。然后点击【自组网使能 0x26】，默认为【关闭】，选择【使能】来启用自组网功能。最后点击【保存参数】，如图 4 所示。

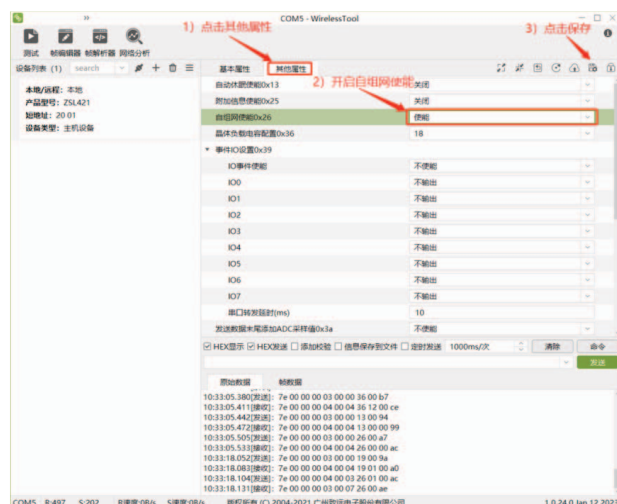


图4 启用自组网功能

其次以 2 号设备作为从机，连接上配置工具后点击【设备地址 0x6】，填入 2 号设备地址。然后点击【设备类型 0xb】，默认为【从机设备】，选择【从机设备】，将 2 号设备设置为从机。最后点击【保存参数】，如图 5 所示。

从机开启自组网使能的步骤和主机相同，因此不再赘述。

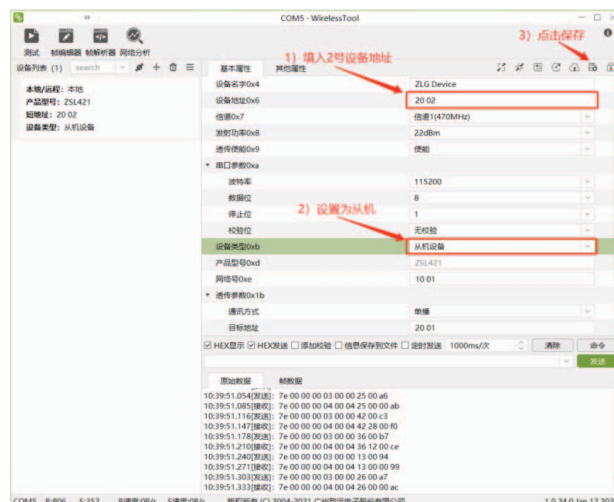


图5 从机参数设置

在完成以上的设置之后，从机需要入网时，首先按住主机的 JOIN 按钮，此时主机 LoRa 灯常亮，允许从机入网。短按未入网从机的 JOIN 按钮，当从机入网成功后，从机 LoRa 灯隔 3 秒单闪。当从机都完成入网后，松开主机的 JOIN 按钮，即可进入正常工作状态。从机需要退网时，长按从机的 JOIN 按钮即可。

【铂电阻测温】三分钟带你了解热电阻参数选型

原创 模块设计部 ZLG致远电子 2024-06-07 11:39:53

温度检测已经广泛应用于我们的生活与工业现场中，测温电路的精准性愈发重要，该如何提升测温电路的准确性？本文将以前热电阻测温方案为例，从热电阻的选型参数出发，为大家简单阐述提升测温准确性的方向。

铂热电阻具有良好的长期稳定性和精度，是常用的工业测温传感元件。近年来，薄膜印刷生产工艺使得贵金属铂的用量减少，铂热电阻成本大幅度下降，逐步被普及应用。铂热电阻在与后级电路搭配使用时，关注其标称电阻、温度系数、精度等级三个基本参数，我们可以决定铂热电阻的选型，了解温度电阻转换特性、测量电流、接线方式这些参数可帮助我们尽可能少的引入额外电路误差，搭建精准的测温电路。

标称电阻

标称电阻是铂热电阻在冰点 0℃ 度时的电阻值。标称电阻为 100Ω 的 PT100 最常用，也有标称电阻为 200Ω、500Ω、1000Ω 的 PT200、PT500、PT1000。



温度系数

温度系数 TCR 是铂热电阻在水的冰点和沸点之间每单位温度的平均电阻值变化。不同组织采用不同的温度系数作为其标准，欧洲 IEC60751 和中国 GB/T30121 采用的温度系数为 0.003851，美国 ASTM E1137 采用的温度系数为 0.003902，0.003851 目前是国内和大多数国家中认可的行业标准。

温度系数的计算过程如下，以 PT100 为例。

$$TCR = (R_{100} - R_0) / (R_0 \times 100)$$

沸点 100℃ 时的阻值 $R_{100}=138.51\Omega$ ，冰点 0℃ 时的阻值 $R_0=100\Omega$ ，将差值 38.51 除标称电阻，再除 100℃，结果就是平均温度系数。

精度等级

IEC60751 中规定了铂热电阻的精度等级、允许误差。以 A 级铂热电阻为例，最大温度误差由两部分组成，0℃ 时的标称电阻值偏差导致的固定误

差 0.15℃，加上温度系数漂移引入的误差 $0.002 \times |T|$ 。其中 T 是实际温度测量范围，T 不超过精度等级表中的应用温度范围 -30~+300℃ 时，则铂热电阻不超出精度等级的允许误差。

精度等级	允许误差 (℃)	应用温度范围 (℃)	
		线绕铂电阻	薄膜铂电阻
IEC class AA	$\pm(0.1+0.0017 \cdot T)$	-50~+250	0~+150
IEC class A	$\pm(0.15+0.002 \cdot T)$	-100~+450	-30~+300
IEC class B	$\pm(0.3+0.005 \cdot T)$	-196~+600	-50~+500
IEC class C	$\pm(0.6+0.01 \cdot T)$	-196~+600	-50~+600

当被测温度为 100℃ 时，级铂热电阻总的误差为 $0.15+0.002 \times 100=0.35\text{℃}$ 。在选型时，铂热电阻的标称电阻、温度系数标准、精度等级及应用温度范围，是我们的选择依据。

温度电阻转换特性

铂热电阻的温度电阻转换关系用以下公式描述，分 0℃ 以下、0℃ 以上两种情况：

- 当 $T \leq 0\text{℃}$ ： $RT=R_0 \cdot (1+A \cdot T+B \cdot T^2+C \cdot (T-100) \cdot T^3)$
- 当 $T \geq 0\text{℃}$ ： $RT=R_0 \cdot (1+A \cdot T+B \cdot T^2)$

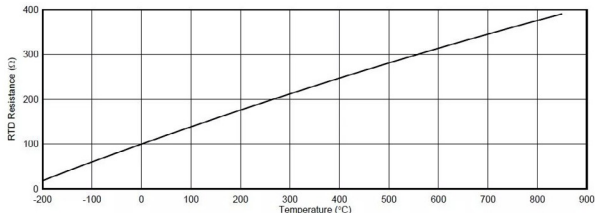
其中，R 是温度为 T 时的阻值，R0 是 0℃ 时的阻值；A B、C 是 IEC60751 中规定的三个常数。

$$A: 3.9083 \times 10^{-3} \text{℃}^{-1}$$

$$B: -5.775 \times 10^{-7} \text{℃}^{-2}$$

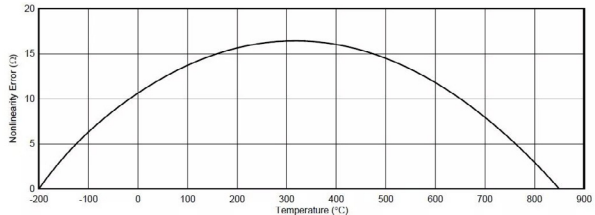
$$C: -4.183 \times 10^{-12} \text{℃}^{-4}$$

直接用电阻值 RT 代入公式中可求解被测温度 T，但需要求解三次方程，计算复杂。



为了简化计算，使用公式输出 PT100 在 -200~+850℃ 范围内的温度电阻值曲线，如下图。PT100 的阻值变化在 18~400Ω 范围内，有近似线性的温度电阻值转换关系。

如果用 -200℃ 和 +850℃ 两个端点直接做两点线性校准，尝试简化计算，温度范围内的温度电阻值曲线如下图。这时最大的非线性误差超过 16Ω，误差比较大。



根据公式生成温度电阻值表，再在查找表中进行小范围的线性插值，是既计算简单又可以实现精确逼近的方法。在 IEC60751 中附有 1°C 为间隔的温度电阻值查询表。

测量电流

铂热电阻几乎都使用直流电流激励进行测量，测量电流不可避免的会在电阻中产生热量，引入自热误差。铂热电阻手册中有标注测量电流、自热系数，两个参数，典型测量电流 I 为 0.3~1mA，自热系数 S 为 0.015°C / mW 左右。

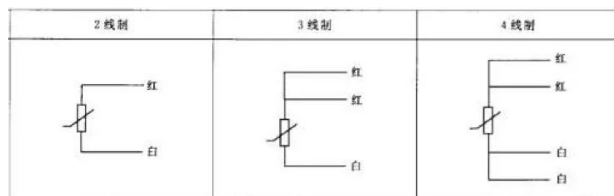
根据自热系数可计算测量电流引入的温度误差，根据以下公式。

$$\Delta T = P \times S = (I^2 \times R) \times S$$

例如给定 1mA，在 PT100 阻值最大 400Ω 时，产生的自热温度约为 0.01°C，这种情况下误差几乎可以忽略。在铂电阻自热系数不影响的情况下，测量电流优先设定到最大值，电流过小时输出电压值幅度变小，信噪比降低。1mA 是比较常用的测量电流值。

接线方式

铂热电阻的输出引线方式有二线制、三线制、四线制，其中二线制引线电阻引入的误差无法消除；三线制无引线电阻误差，但引线数量最多；三线制基于三个根引线在同等物理尺寸条件下，引线电阻值相等，两次测量电阻值之后通过计算可消除引线误差，是用得最多的方式。



总结

测温电路的精准程度除却热电阻的前期选型，还需要后续硬件设计与软件算法的优化，ZLG 致远电子针对铂热电阻测量，提供三线制接口的 PT100 接口模块 TPS02RAH，内置激励电流源在内的高稳定性测量电路、24 位 ADC、电阻温度值线性化算法，4000Vrms 电气隔离，连接铂热电阻就可以通过 IIC 数字接口读出温度值。

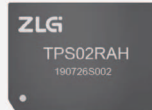


双通道热电阻隔离测温模块

TPS02RAH 系列

2通道PT100热电阻测量 | 内置电气隔离
-200~850°C测温范围

立即购买



【铂电阻测温】铂电阻如何采集？

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-14 11:36:53

温度传感电路是许多工业系统的重要组成部分，在温度传感元件之中，金属铂制成的热电阻 PT100 可保证长期稳定性，宽温度范围内最精确。本文介绍几种 PT100 采集电路方案，分析精密温度采集电路的设计要点。

常规的电路方案

1. 使用 ADI 和 TI 公司的高集成 ADC 芯片完成采集。电路需要少量的外围无源元件，先从 ADC 读取采样值，再在 MCU 中进行查表换算，将采样值换算成温度值。
2. 使用国产的信号链芯片自行搭建。随着国内基础模拟信号链芯片的日益完善，考虑使用国产器件完成同等性能的电路，如图 1。这样能降低物料供应链的风险、进一步优化成本，实现温度采集，这类基础物理量采集电路的自主可控。图 1 电路主要由 24 位 Sigma-Delta 型 ADC、运放、模拟开关、LDO、MCU 等组成，这些基础元件的国产芯片已经成熟可用，并且有可替换的国产型号。

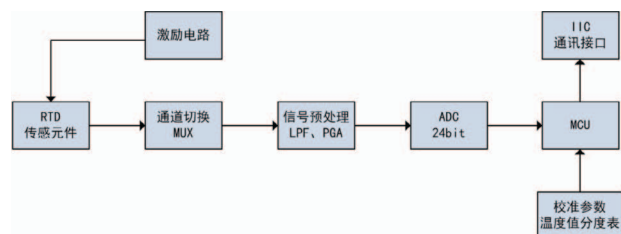


图1 国产信号链搭建的电路方案

搭建精密温度采集电路的要点

1. 使用比率法测量。电路实现如图 2，测量精度和稳定性在理论上只与精密参考电阻相关，能够避开国产 24 位 ADC 器件自身增益误差、增益漂移等的不完美。

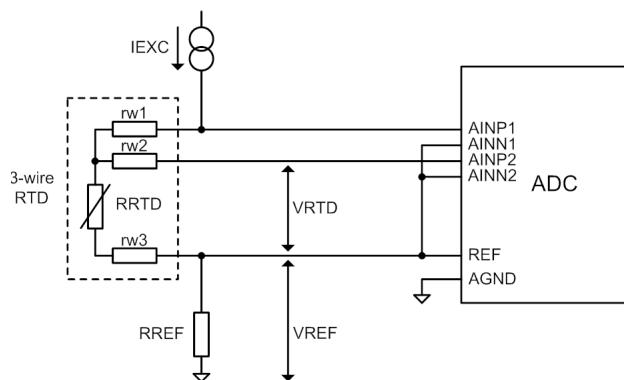


图2 比率法测量电路

上述电路 IEXC 为激励电流源，VRTD 是 PT100 两端的电压值，VREF 是 ADC 基准输入端的电压值，有如下两个表达式。

$$V_{RTD} = R_{RTD} \times I_{EXC}$$

$$V_{REF} = R_{REF} \times I_{EXC}$$

合并之后，得到 RRTD 的表达式。

$$\begin{aligned} R_{RTD} &= \frac{V_{RTD}}{V_{REF}} \times R_{REF} \\ &= \frac{\frac{Code_{RTD}}{Code_{full_scale}} \times V_{REF}}{V_{REF}} \times R_{REF} \\ &= \frac{Code_{RTD}}{Code_{full_scale}} \times R_{REF} \end{aligned}$$

CodeRTD 是 ADC 采集 RTD 两端电压得到的二进制代码，Codefull_scales 是 ADC 满量程时的二进制代码，从 RRTD 表达式可以看到，RRTD 测量值仅与 Code 的比率值和精密参考电阻相关。当使用 10ppm 电阻做为参考电阻时，该比率测量电路可以获得 10ppm 左右的测量电路温漂性能，却不需要精密电压基准。

2. 考虑出厂校准。在比率法中，精密参考电阻决定了整体电路的增益误差，精密电阻自身精确度一般为 0.1%，并且比率法不能修正 ADC 的失调电压误差。当需要获得 0.1% 及更高的电路精确度时，需要对电路进行出厂校准。
3. 抗工频干扰。PT100 测量电路是典型的低速精密模拟电路，1mA 激励时，传感元件两端的电压值约在 300mV 以下，容易受到 50Hz 工频干扰信号影响，需要对采集数据做陷波或滤波处理。
4. 验证工作环境温度和 EMC 性能。搭建好的整体测量电路，需要在 -40~+85°C 环境温度下，验证实际测量精度和漂移；验证 ESD 静电放电和 EFT 群脉冲干扰环境下的工作稳定性，以满足工业环境应用的可靠性要求。

ZAM6222两路热电阻采集模块

ZAM6222 是一款针对 PT100 的工业双通道热电阻测温模块，基于国产基础信号链元件和比率法进行设计，已集成完整的精密温度测量信号链路，图 3 为其内部框图。ZAM6222 出厂基于 Fluke5522A 校准器的校准体系进行校准，温度检测精度可达 0.02%±0.1°C，温度测量范围 -200~800°C，电路温漂最大 15ppm。模块支持 50Hz 工频干扰抑制功能，整体电路经过 -40~+85°C 环境温度下的测量精度和温漂验证，支持 4000V 的 ESD 和 1000V 的 EFT 性能。

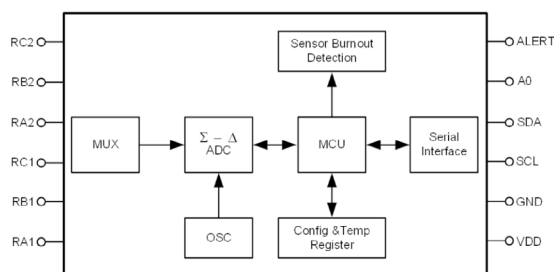


图3 ZAM6222内部框图

ZAM6222 内部完成温度查表转换，可以通过 I2C 接口直接读取以 “°C” 为单位的测温数据。用该模块实现两路 PT100 热电阻温度采集的典型电路如图 4，可见外围电路简洁。相对于电路设计、调试、校准和验证的时间和设备投入，ZAM6222 提供了免复杂设计、免复杂调试、直接读取温度值的简洁方案。

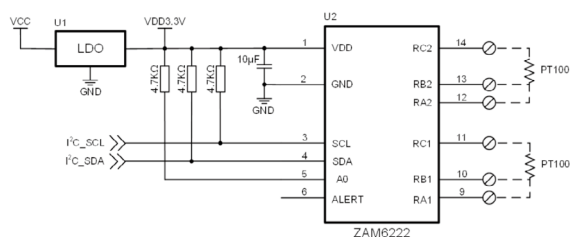


图4 ZAM6222典型应用电路

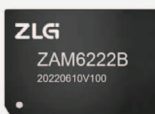
双通道热电阻测温模块

ZAM6222系列

支持2路PT100传感器 | 通信接口：IIC

精度（°C）：0.02%±0.1

[立即购买](#)



【铂电阻测温】如何保证热电阻采集的可靠性

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-21 11:34:02

在工业应用中，常用热电阻测量设备的工作温度，从而实现对设备运行状态的监测。若测温系统异常，会直接增大工业设备损坏风险。因此，如何保障测温系统对设备的可靠及有效监测显得尤为重要。

热电阻测温具有测温范围大、精度高、稳定性好的特点，被广泛应用于工业测温中。常见热电阻测温电路的简化框图如下图所示：

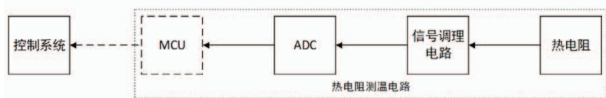


图1 热电阻测温电路简化框图

测温电路主要包括：热电阻、信号调理电路、模数转换器（ADC），有些应用还会加入微处理器（MCU）。测温电路的输出会接入后级的控制系统。

在实际的热电阻测温中，诸多因素会影响到测温系统的稳定性和可靠性。为应对这些挑战，需要在设计温度采集电路的时候采用可靠的方案，从而能更好地保障测温系统的稳定运行，避免设备损坏造成的损失。

影响测温可靠性的因素



图2 影响测温可靠性的因素

1. 高电压环境的挑战

在高电压环境中，热电阻测温面临的挑战之一就是高压电信号通过接触热电阻传导进低工作电压的测温系统和控制系统，这将严重威胁到整个系统的稳定和安全。

2. 静电放电的威胁

在工业测温应用中，人体的静电放电会对测温系统造成威胁。静电的电压通常会达到数千伏，这一能量的释放有可能直接造成系统宕机，严重时甚至会直接损坏电路元件。

3. 工频信号的影响

在测温应用中，工频信号可能会通过热电阻传导进测温电路，或通过电源耦合进信号链中，从而造成测温数据跳动大的情况。

4. 工作温度的影响

工业环境温度范围为 -40℃ ~85℃，在高低温环境下有部分电路会出现温漂过大而影响测温精度，甚至有部分元件会出现无法正常工作的情况。

可靠测温的参考设计

在了解完影响测温可靠性的因素后，接下来一一介绍解决方法来应对

这些挑战。

1. 电源隔离与接口隔离

对测温电路的电源和数字输出接口进行隔离，不仅可以保护后级低压系统的安全，还可以隔离 50Hz 工频信号，从而使测温数据更稳定。

2. 静电保护电路的设计

在供电端增加 ESD 管，测量端不能采用漏电流大的静电保护器件，一般在测温端采用串电阻的方式，可有效衰减静电冲击。

3. 工频抑制的方法

热电阻测温中有多种方法可以实现工频抑制效果。可以通过隔离电源和输出接口实现，也可以通过设计低通滤波电路或陷波器来实现，还可以在 MCU 中加入数字滤波算法来实现。

4. 工业级器件选型

在方案设计阶段需要选择符合工业级标准的低温漂元器件，以保障在工业温度下的测温精度和电路稳定性。

可靠的测温产品

为保障测温电路的高可靠性，致远电子将传统热电阻测温电路的信号调理电路、模数转换器、微处理器进行了集成，推出了 TPS02RAH 高精度测温模块。

1. 产品简介



TPS02RAH 是一款针对 PT100 的工业双通道隔离热电阻测温模块，具有抗干扰性强、可靠性高、检测精度高、温漂小的特点。

产品特性如下：

- 双通道 PT100 热电阻测量；
- -200℃ ~850℃测温范围，0.02%±0.1℃测温误差；
- 10ppm/℃温漂；
- 内置电源与数字隔离，电气隔离耐压为 4000Vrms；
- 测量端静电放电抗扰度：接触 ±4kV；
- 内置滤波电路和滤波算法，具有工频抑制功能；
- 工作环境为 -40℃ ~85℃。

2. 产品应用

2.1 锂电池化成成分容测温

锂电池在装配完成时是没有电的，必须充电激活。首次充电就被称为“化

成”，用于激活电池体内的活性材料。而分容则是化成后对电池进行充电放电，通过容量测试筛选出合格电池的过程。

化成压床需要加热加压，同时检测电芯的温度情况，分容也在充放电过程需要测量温度。锂电池化成分容过程对测温存在着测温点多、测温精度高、工作环境温度高、测量温漂小的需求。针对这一测温需求，致远电子为行业客户设计了如下方案：

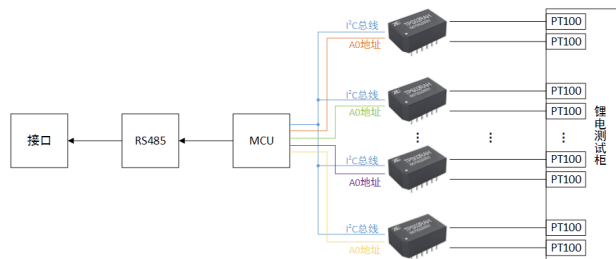


图3 TPS02RAH在锂电池化成分容的测温应用

该方案主要包括：RS485 接口、微处理器（MCU）、TPS02RAH 测温模块和热电阻测温传感器。

针对锂电池化成分容测温点多数的需求，TPS02RAH 的输出接口为 I2C，支持主机动态更改模块 I2C 地址，实现了单 I2C 总线挂载多个 TPS02RAH 测温模块的功能。

针对测温精度高、工作环境温度高、测量温漂小的需求，TPS02RAH 通过隔离和滤波电路，实现了 $0.02\% \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的测温精度和 $10\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 温漂，满足了客户的测温需求。

2.2 电机测温

电机将电能转换成机械能的过程中不可避免地产生了大量的热损耗，从而使得电机温度升高，导致电机某些部件老化，因此需要对电机的温度进行监测。

电机温度检测部位有三个，即电机外壳、定子绕组与轴承。电机外壳与定子绕组为静态部位，可用热电阻、热电偶进行温度检测，电机轴承为动态部件，可用红外温度传感器进行检测。主流的电机测温均采用三线制 PT100 热电阻检测定子绕组的温度。

电机测温的难点在于电机运行时会产生电磁干扰，从而影响到了测温的精度。致远电子为这一应用的客户推荐了如下方案：

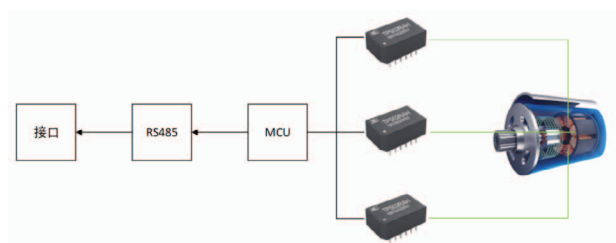


图4 TPS02RAH在电机温度检测上的应用

电机绕组温度检测，需要在电机定子的绕组内埋线，每相都预埋 2 只三线制的 PT100 温度传感器。因此，该方案使用了 3 个 TPS02RAH 测量电机绕组的 6 个温度点。

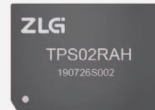
为应对电磁干扰带来的挑战，TPS02RAH 内置电源和数字隔离，通过内置滤波电路和保护电路，能够有效抵抗电磁干扰带来的影响。经测试，TPS02RAH 的群脉冲抗扰度为 $\pm 1\text{kV}$ ，在工频磁场抗扰度测试中达到了 A 等级。

双通道热电阻隔离测温模块

TPS02RAH系列

2通道PT100热电阻测量 | 内置电气隔离
-200~850℃测温范围

立即购买



【铂电阻测温】如何消除热电阻线阻的误差？

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-26 11:32:56

工业现场复杂，PT100 传感器与控制器距离可能很远。由于 PT100 阻值随温度变化（0.385Ω/℃），长导线的电阻对测量精度有影响。要提高测量准确性，必须解决导线引起的误差问题。

常用铂热电阻 PT100 是一种具有正温度系数的感温传感器，即随温度升高，传感器自身阻值呈正相关的变化，如图 1，被测对象的温度每上升 1℃，PT100 的阻值随之增加 0.385Ω，在 -200℃~850℃ 的区间内，铂热电阻 PT100 良好的线性度，为开发者开发提供了高精度测量的保障，这是 PT100 应用广泛的原因之一。

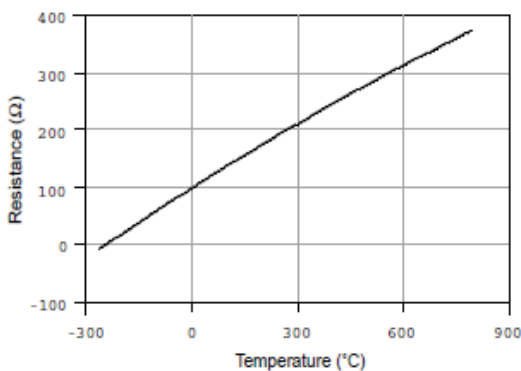


图1 PT100曲线

PT100 可作为高精度测温传感器，功能优异，但是在工业环境复杂的情况下，传感器冗长的导线会带来线阻抗，这对于 0.385Ω/℃，若想保证 0.1 度的精度，即需要保证线阻抗引来的误差必须小于 38.5mΩ，而为了不引入传感器 PT100 自身热效应带来的误差，PT100 的恒流源电流一般设置在 0.1mA~1mA，若恒流源设置在 1mA，由式 1.1 计算可得，误差电压须小于 38.5uV，这是排除噪声影响下的估算。

$$u_{error} = I * R_{error} \tag{1.1}$$

因此，想要得到高精度测温效果，必须消除传感器线阻抗带来的误差影响，行业内一般接线有三种方式，如表 1。

表1 PT100通用接法

两线制接法	三线制接法	四线制接法

由表 1 可以看出，两线制接法线阻抗误差最大，且无法排除；四线制接法也称开尔文氏接法，最为精准且简单，但是需要接口资源比较多；三线制接法可以通过计算排除线误差，节约接口资源，但是需要三根线等阻抗，这也是比较容易实现的。

针对复杂的工业环境，客户对于高精度测温产品的需求，ZLG 致远电子推出一款双通道高精度热电阻 PT100 隔离测温模块 TPS02RAH，可以实现 -200℃~850℃ 的区间内测量精度为 0.02%±0.1℃，10ppm 低温漂指标。

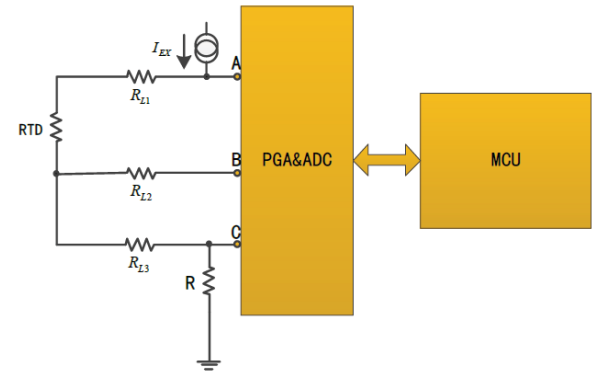


图2 三线制接法运用

如图 2，三线制接法采集电压信号，由后端 PGA 提供增益放大，经 ADC 模数转换，输出数字信号给 MCU 处理，由于 A，B，C 三线均存在线阻抗 RL1，RL2，RL3。这里可以通过安装标准三线制 PT100，可保证：

$$R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} \tag{1.2}$$

恒流源流经共模电阻 R，为 ADC 提供一定的共模电压，ADC 差分输入通道分别测量 AB，AC 两端电压，。已知：

$$\begin{cases} u_{AB} = I_{EX} * (R_{L1} + RTD) \\ u_{AC} = I_{EX} * (R_{L1} + R_{L3} + RTD) \end{cases} \tag{1.3}$$

结合式 1.2，经过计算处理：

$$u_o = 2 * u_{AB} - u_{AC} = I_{EX} * RTD \tag{1.4}$$

通过式 1.4，可以得到完全消除线阻抗误差的 PT100 测量值，实现高精度温度测量。三线制接法可以在实现与四线制相同测量精度的同时，节省出一个接线端子，这对于对用户开发小型化产品优势很大，三线制接法只要保证 A，B，C 等阻抗，即可保证线阻抗的引入误差基本可忽略不计。

ZLG 致远电子 TPS02RAH 在三线制接法的基础上，对恒流源做优化处理，利用运放负反馈原理，提高恒流源稳定性，并为 ADC 输入提供一定共

模电压，为 ADC 差分测量提供保证，并赋予监测报警功能。具体测量数据如表 2。

表2 ZLG测温方案验证数据

源表输出值（℃）	实际测量值（℃）	误差值（℃）	精度误差(%)	要求精度
-199	-199.02	-0.02	0.0100	0.02%±0.1℃
0	-0.001	-0.001	0	
200	199.99	-0.01	0.0050	
400	399.99	-0.01	0.0025	
600	599.94	-0.06	0.0010	
800	799.93	-0.07	0.0087	

双通道热电阻隔离测温模块

TPS02RAH系列

2通道PT100热电阻测量 | 内置电气隔离

-200~850℃测温范围

立即购买

ZLG

TPS02RAH

190726S002

【铂电阻测温】 如何消除50Hz工频对热电阻测温电路的扰动？

原创 研发部 ZLG 致远电子 2024-06-28 11:34:13

50Hz 工频电磁场干扰是硬件开发中难以避免的问题，特别是敏感测量电路中，工频电磁场会使测量信号淹没在工频波形里，严重影响测量稳定度，故消除工频电磁场干扰是敏感测量电路设计中不可逃避的挑战。

PT100 是当前应用最为广泛的测温方案，各位工程师在应用此方案时是否会遇到这样的问题：

为什么 PT100 测温电路会存在周期性小波动？该如何解决？

其实出现这样的现象主要可能是存在如下几个原因：

- 50Hz 工频电磁场的影响；
- 周围电机或者继电器等开关动作造成的群脉冲干扰；
- 传导进去系统的工频共模干扰。

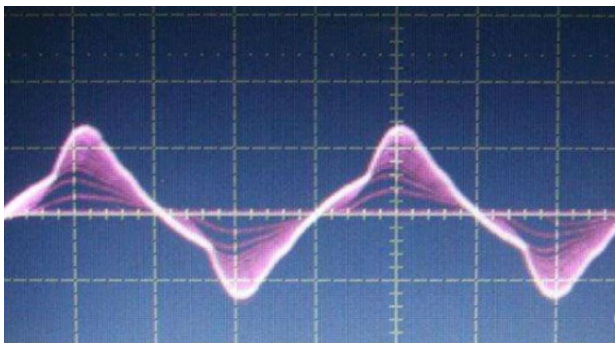


图1 工频电磁场波形

由于是测量电路存在周期性波动，那工频电磁场扰动的可能性更大，用示波器观测工频电磁场波形如图 1，一般认为 50Hz 工频电磁场干扰是由两方面原因产生：

- 50Hz 工频干扰通过传导进入系统；
- 50Hz 工频干扰通过空间耦合进入系统。

针对上述问题，消除 50Hz 工频电磁场干扰的方法也相对明确，有下述四种方案可供电路设计者去参考：

- 利用电气隔离，阻断工频干扰的传导路径；
- 敏感电路处搭建共模抑制和滤波电路，滤除进入输入通道的工频扰动；
- 软件中构建 IIR 陷波或者 FIR 带阻数字滤波器，消除工频干扰对测量结果的影响；
- 降低测量引线回路面积，增加屏蔽，减弱空间耦合效应。

ZLG 推出一款双通道热电阻隔离测温模块 TPS02RAH，转为敏感电路

而设计，充分考虑 50Hz 工频干扰，如图 2，我司采用多种方案抑制工频干扰，使得 TPS02RAH 模块分辨率可达 0.01℃，且可以长时间稳定运行。

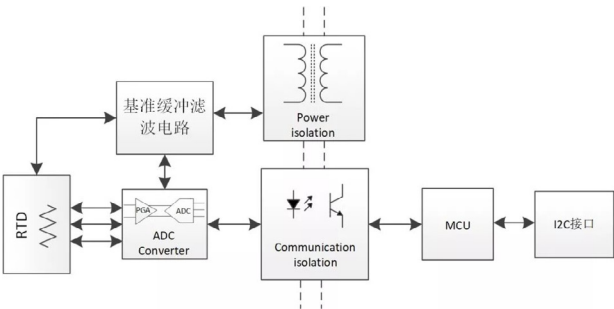


图2 TPS02RAH系统方案

如上图系统方案所示，针对 50Hz 工频干扰，在“基准缓冲电路”中，采用硬件滤波电路，降低 50Hz 工频对 ADC 芯片基准电压的影响。如图 3，本质上是一个电压跟随缓冲电路结合低通滤波器，R1C1 针对 50Hz 滤波，R2R3C2C3 针对 50Hz 高次谐波的过滤。

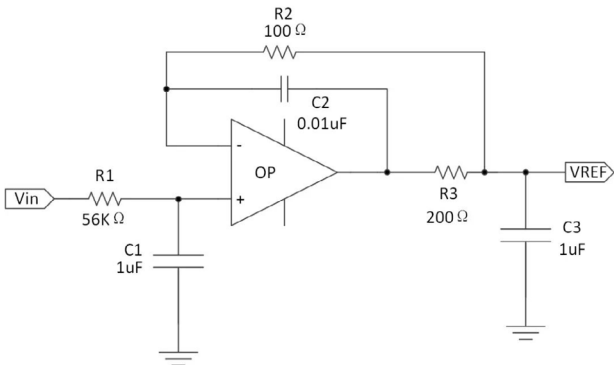


图3 缓冲滤波电路

具体 -3dB 频率响应计算如式 1

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

ADC 芯片内部 PGA 采用仪表放大器结构大幅度衰减共模工频干扰，且内置数字处理器，对输入信号进行数字滤波处理，其中数字滤波算法频率响应如图 4 所示，数字滤波算法的陷波点在 10Hz、20Hz、40Hz、80Hz 频率的整数倍处响应，所以选择 10Hz 频率的输出，可以一定程度的衰减 50Hz 工频扰动。

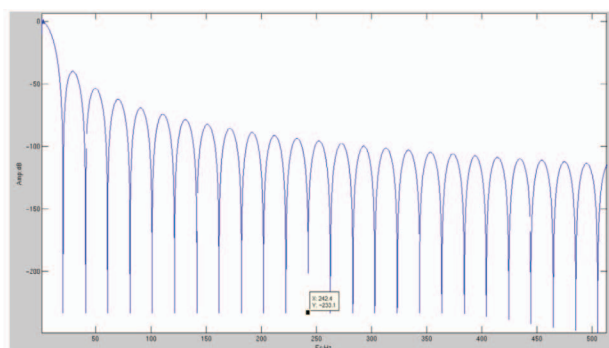


图4 数字滤波器频率响应

结合电气隔离方案从源头处防止 50Hz 工频从电源处传导进入系统影响敏感信号采集端。模块采用四层板布局，大面积敷铜接地，让地阻抗降到极低，系统的信号回路尽可能缩短，从而抑制 50Hz 工频干扰的产生。

上述四种方案均运用在我司高精度测温模块 TPS02RAH 上，对于 50Hz 工频电磁场干扰，TPS02RAH 有很强的适应性，现将我司 TPS02RAH 与一款 RTD 非隔离测量方案做对比：

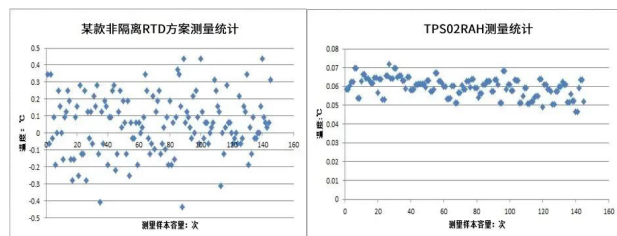


图5 相关产品实测数据

如图 5，在相同环境下，利用福禄克 5520A 源表模拟 RTD 测试相关产品，模拟温度为 0°C，测量 145 次，统计相关数据。测试使用 PC 的 USB 接口供电，因此与 5520A 源表之间存在常见的 50Hz 工频干扰信号。图 5 的测试数据之中，非隔离 RTD 测量方案存在一定的波动，波动范围在 [-0.44, 0.44]°C，而 TPS02RAH 测量的波动范围在 [0.046, 0.072]°C，受 50Hz 工频电磁场影响非常小，用以验证以上抗 50Hz 工频电磁场影响的设计有效性。在供电情况复杂或存在不确定性的应用环境中，使用内置电气隔离的 TPS02RAH 模块，可以方便、稳定地实现 PT100 温度测量。

双通道热电阻隔离测温模块

TPS02RAH系列

2通道PT100热电阻测量 | 内置电气隔离

-200~850°C测温范围

立即购买

ZLG

TPS02RAH

180726S002

2024/5 第5期

微文摘
ZLG MICRO DIGEST



ZLG致远电子官方微信

广州致远电子股份有限公司

更多详情请访问
www.zlg.cn

欢迎拨打全国服务热线
400-888-4005