

RFID原理与应用

课程内容





感知识别

第一篇

射频识别技术
原理、协议及系统设计



RFID系统 第一章 组件原理

射频识别技术
原理、协议及系统设计

本章学习目标：

- ✚ 掌握RFID的系统组成；
- ✚ 了解RFID阅读器的分类；
- ✚ 掌握RFID阅读器的结构和工作原理；
- ✚ 了解RFID射频标签的分类；
- ✚ 掌握RFID射频标签结构和工作原理；
- ✚ 理解RFID技术的软件系统组成。



2.1 RFID系统组件

2.2 阅读器

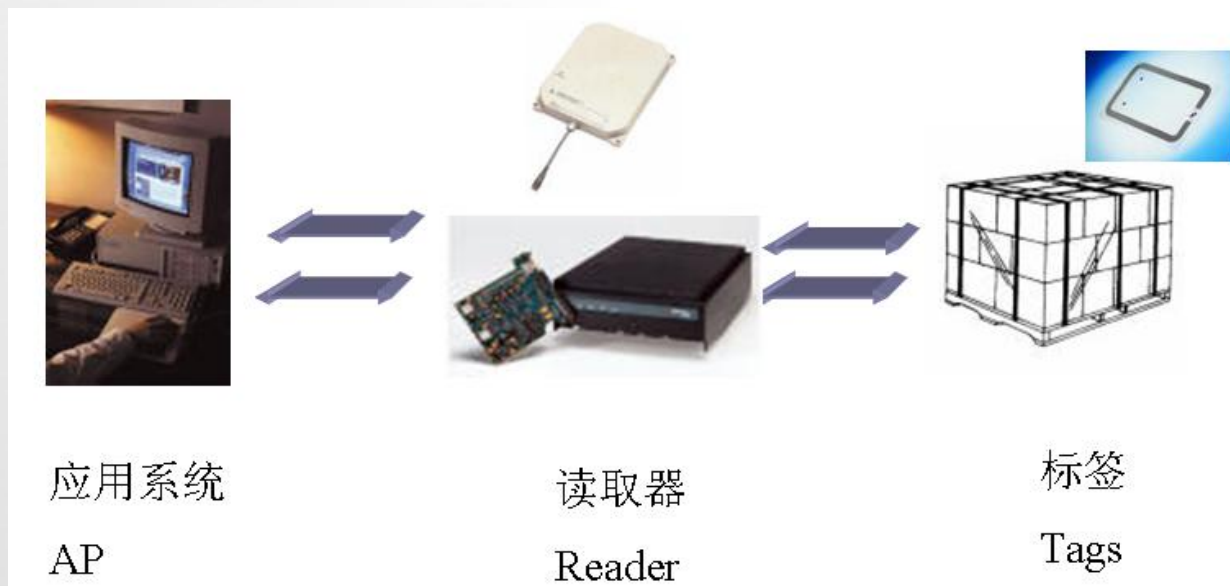
2.3 射频标签

2.4 软件系统组成

2.5 小结

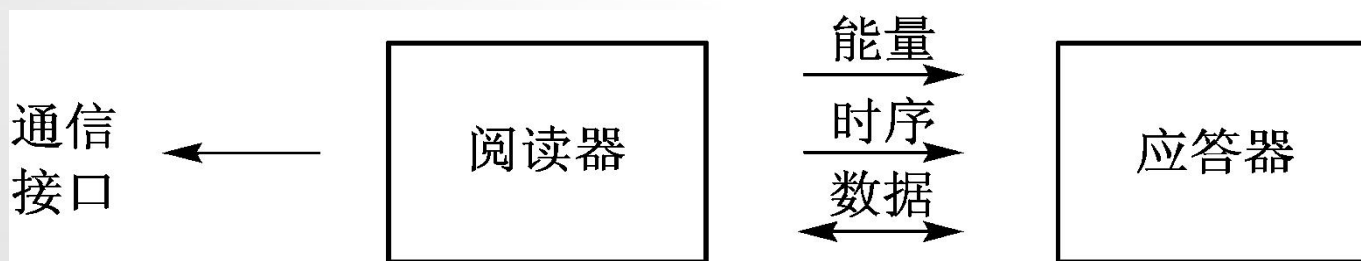


- 射频识别系统:
 - 电子标签（射频标签RFID Tag）
 - 阅读器（读写器，Reader）
 - 应用系统（上位机，Computer）
 - 天线（Antenna）阅读器与标签中均有

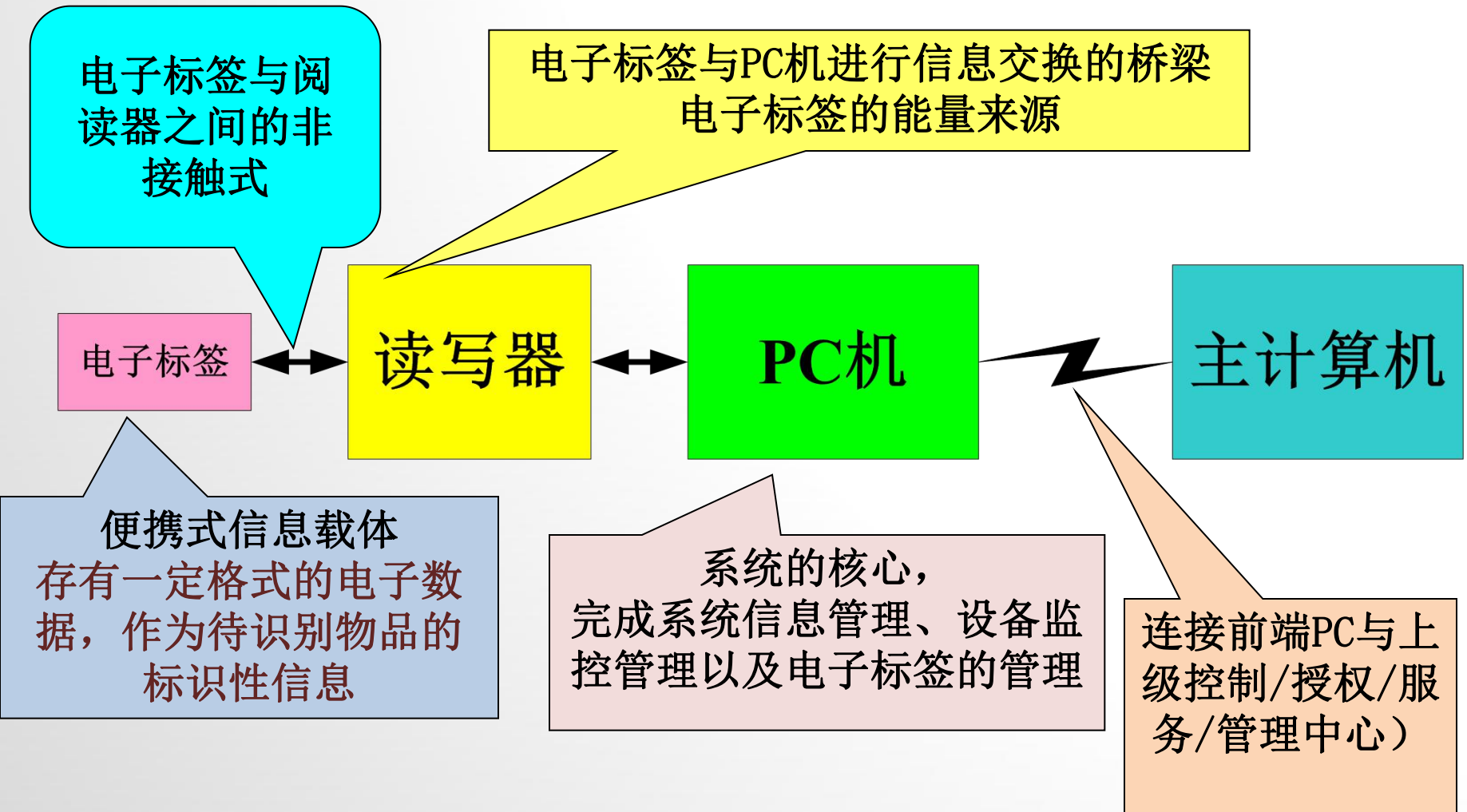




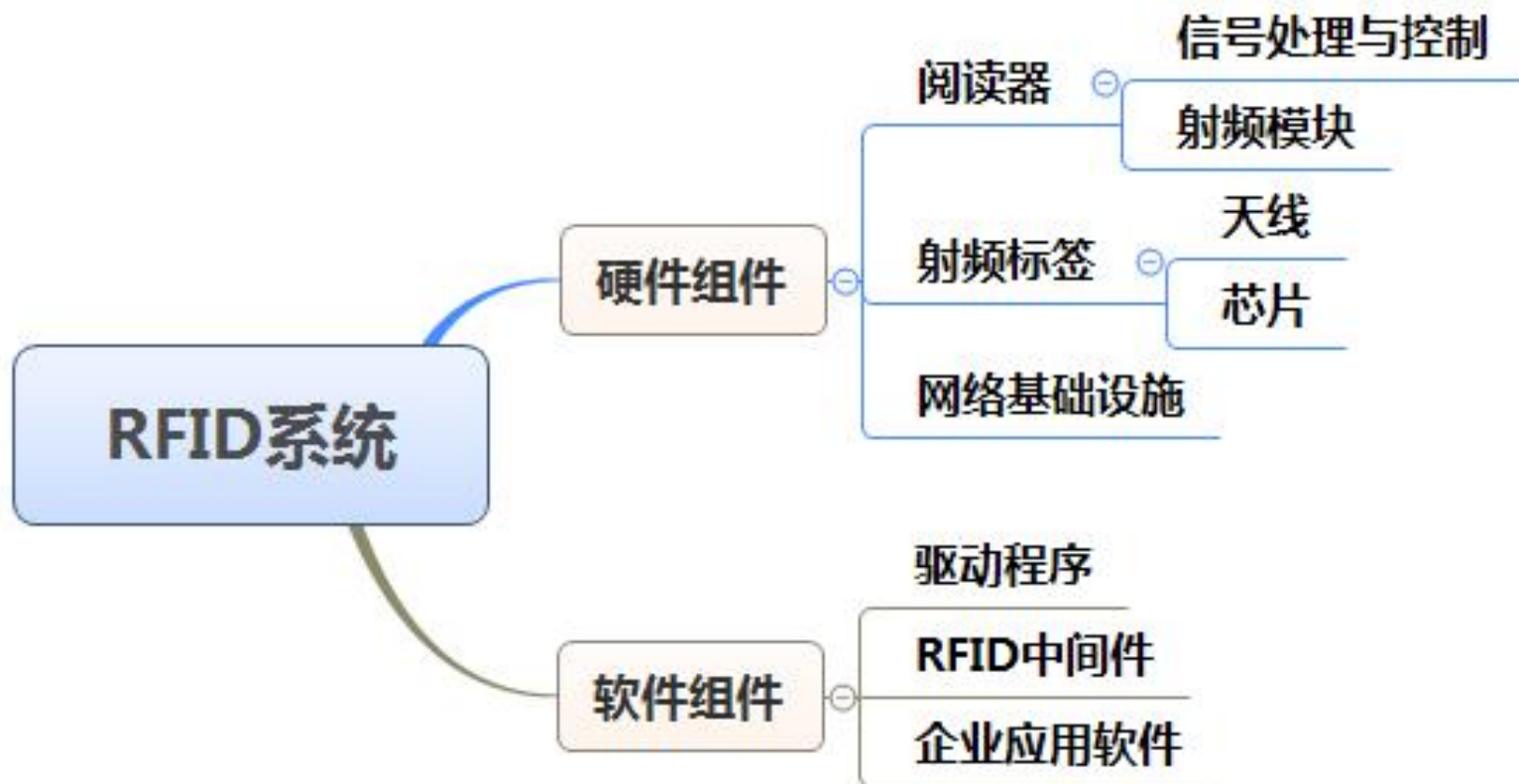
- 射频识别系统:
 - 电子标签（射频标签RFID Tag）
 - 阅读器（读写器，Reader）
 - 应用系统（上位机，Computer）
 - 天线（Antenna）阅读器与标签中均有



射频识别应用系统构成



2.1 RFID系统组件



2.1 阅读器



阅读器作为RFID系统重要的硬件组成部分
本节将从以下六个方面对阅读器进行介绍

阅读器功能

阅读器分类

阅读器操作规范

阅读器组成

信号处理与控制

射频模块

2.1.1 阅读器功能



阅读器作为连接应用层（中间件）和射频标签的桥梁，占据着十分重要的位置。一般来说，阅读器在RFID系统中可能提供的功能可以总结如下。

供 阅读器为射频标签
能 工作提供能量

安全 阅读器的通信安全
保证 性保证功能，如使用加密、解密技术

阅读器 and 射频标签之
通信 间的通信
阅读器 and 应用层（中
间件）之间的通信

自 多 中 连
组 天 间 接
网 线 件 外
能 管 接 设
力 理 口 ...



按工作频率

RFID系统的工作原理与其所使用的射频信号频率有关。**工作频率越高，识别距离越远，数据传输速率越高，信号衰减越厉害，对障碍物越敏感。**

ETC(Electronic Toll Collection, 电子不停车收费系统)



低频和高频阅读器，工作距离一般小于1m，典型工作频率125kHz、135kHz、6.78MHz、13.56MHz和27.125MHz

超高频和特高频阅读器，工作距离一般大于1m，典型工作频率有433MHz、860MHz~960MHz、2.45GHz和5.8GHz

2.1.2 阅读器分类



按
结
构
外
观

在实际应用中，由于需要综合考虑阅读器成本、便携性等方面因素，因此阅读器在外观结构上有很大不同，可分为以下三类：

固定式



有线
供电
集成
度高
搭建
快速

便携式



体积
较小
电池
供电
移动
方便

工业读写器



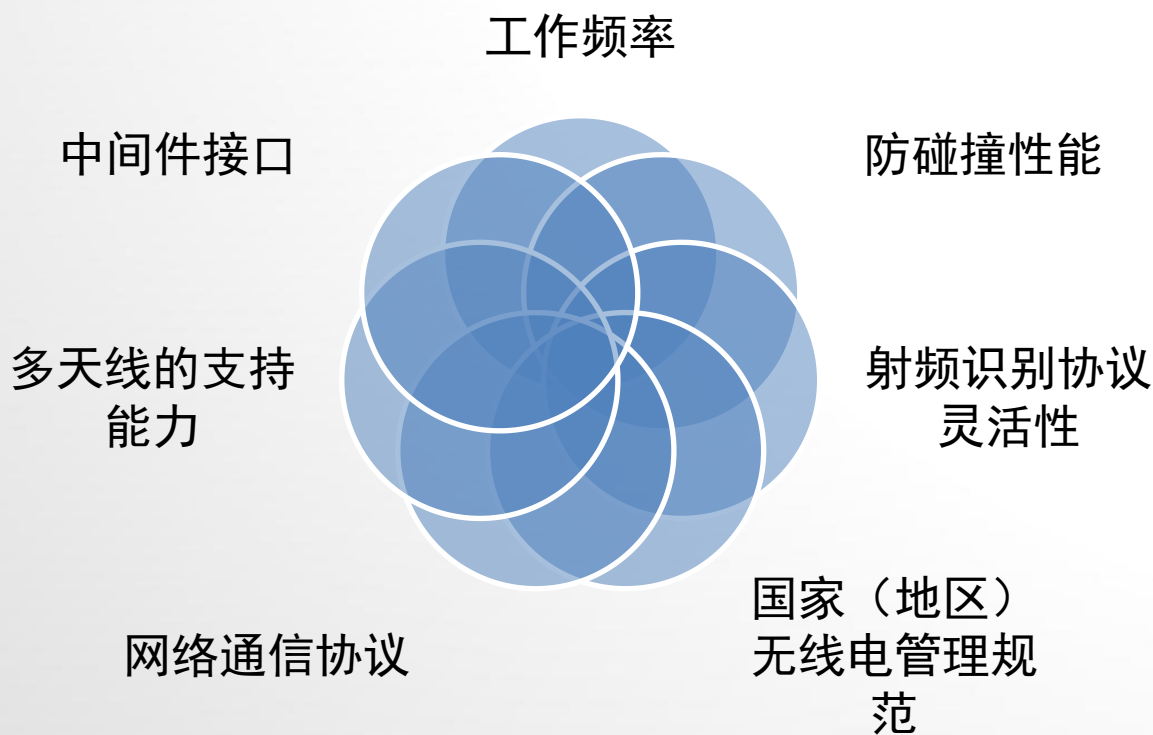
行业
相关
它
传感器
可
集成
其

2.1.3 阅读器操作规范

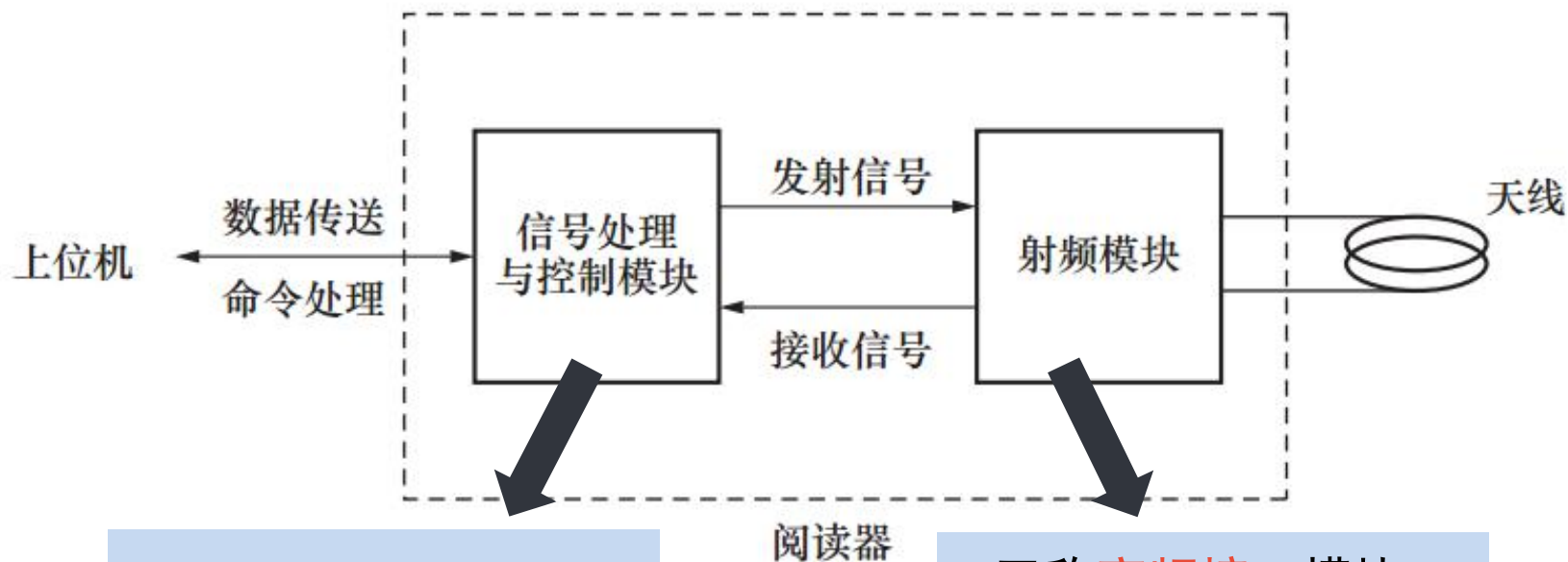


为保证阅读器的性能满足应用需求，在阅读器的使用过程中通常要遵循相应的**操作规范**。

在操作规范中，下面几点是选择使用阅读器时需要重点考虑的方面：



2.1.4 阅读器组成



又称**基带控制**模块
包含：
微处理器以执行计算任务
数字信号处理芯片以完成数字信号的编码、解码

又称**高频接口**模块
包含分隔的信道：
发射器信号通道
接收器信号通道

2.1.5 信号处理与控制模块



与上位机进行**通信**，并**执行**从
上位机发来的命令

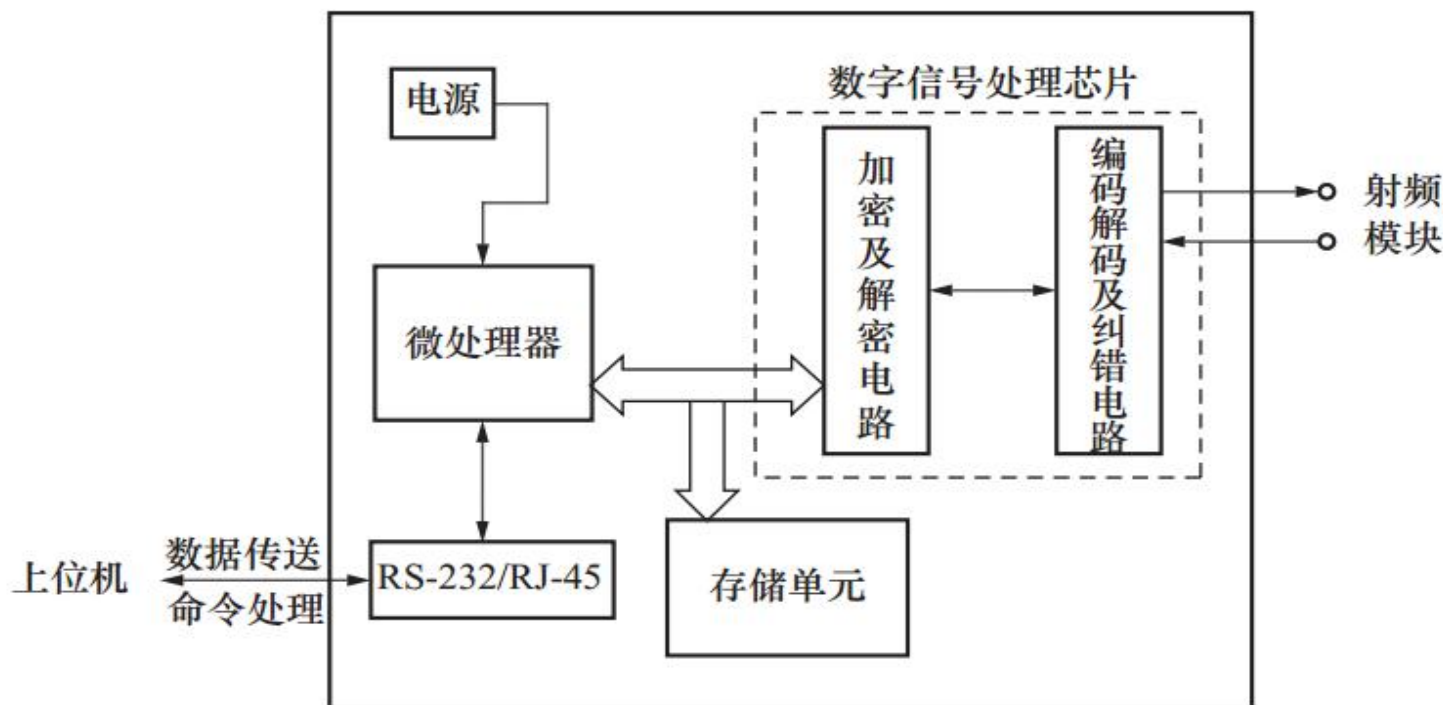
控制与射频标签的通信过程

信号的**编码**和**解码**

执行**防碰撞**算法

对阅读器和射频标签之间传送
的数据进行**加密**和**解密**

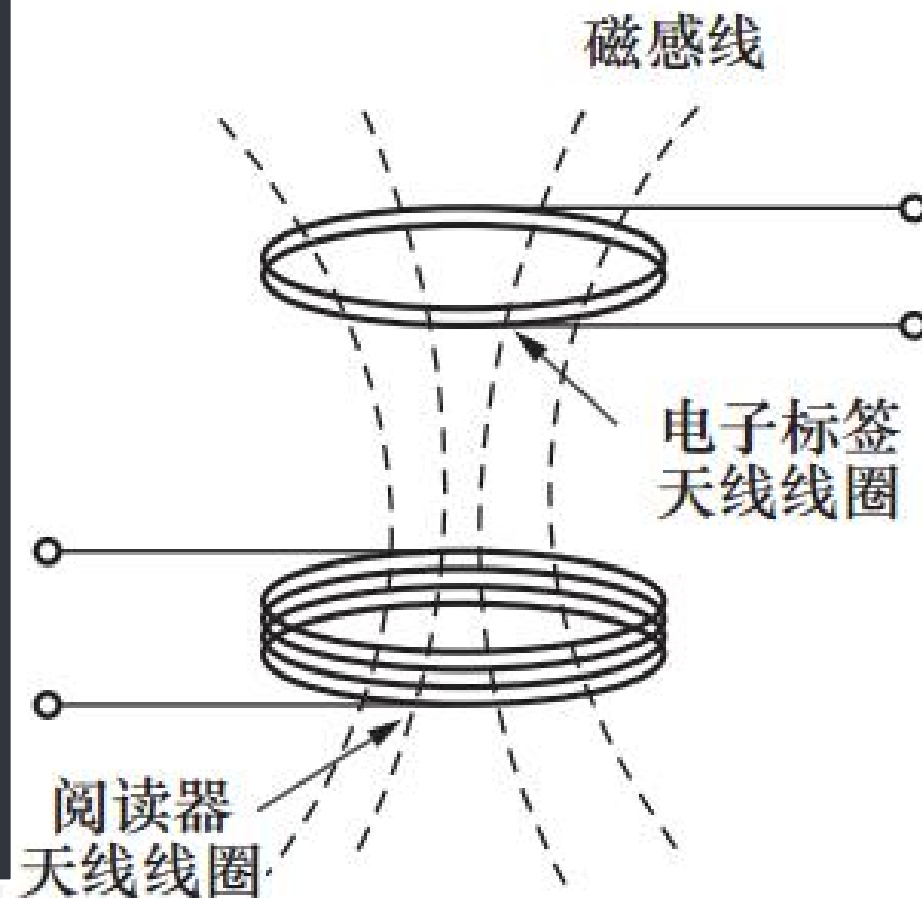
进行阅读器和标签之间的**身份**
验证





电感耦合型射频模块

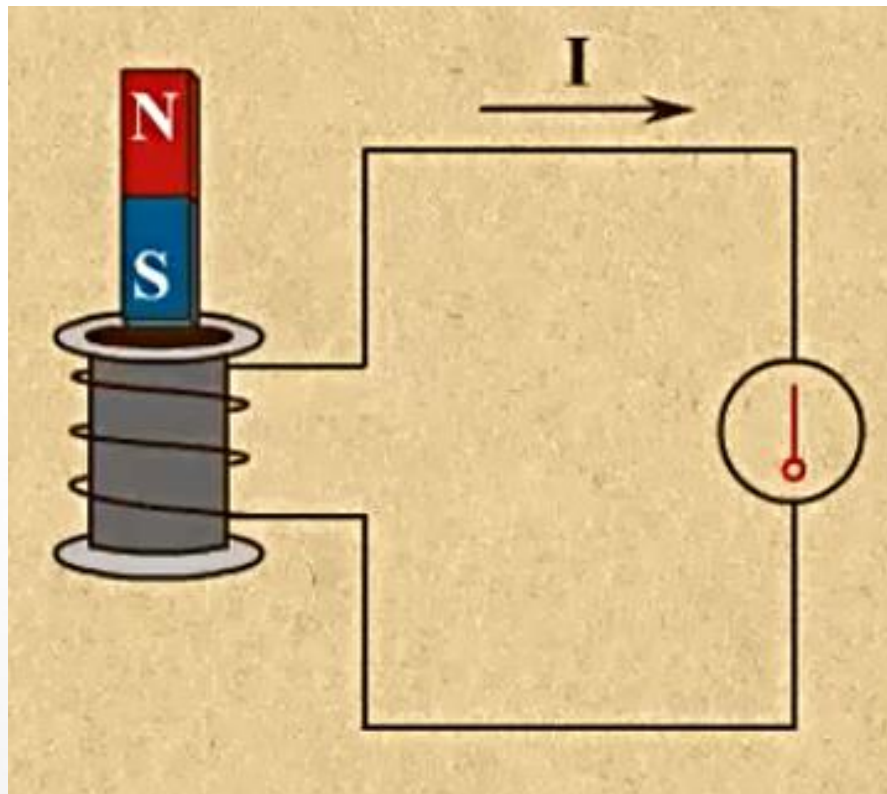
低频、高频RFID系统通过阅读器和射频标签之间的**电感耦合**工作。该工作方式的射频标签一般是**无源**的，通过电感耦合给标签提供**能量**。





电感耦合型射频模块

低频、高频RFID系统通过阅读器和射频标签之间的电感耦合工作。该工作方式的射频标签一般是无源的，通过电感耦合给标签提供能量。

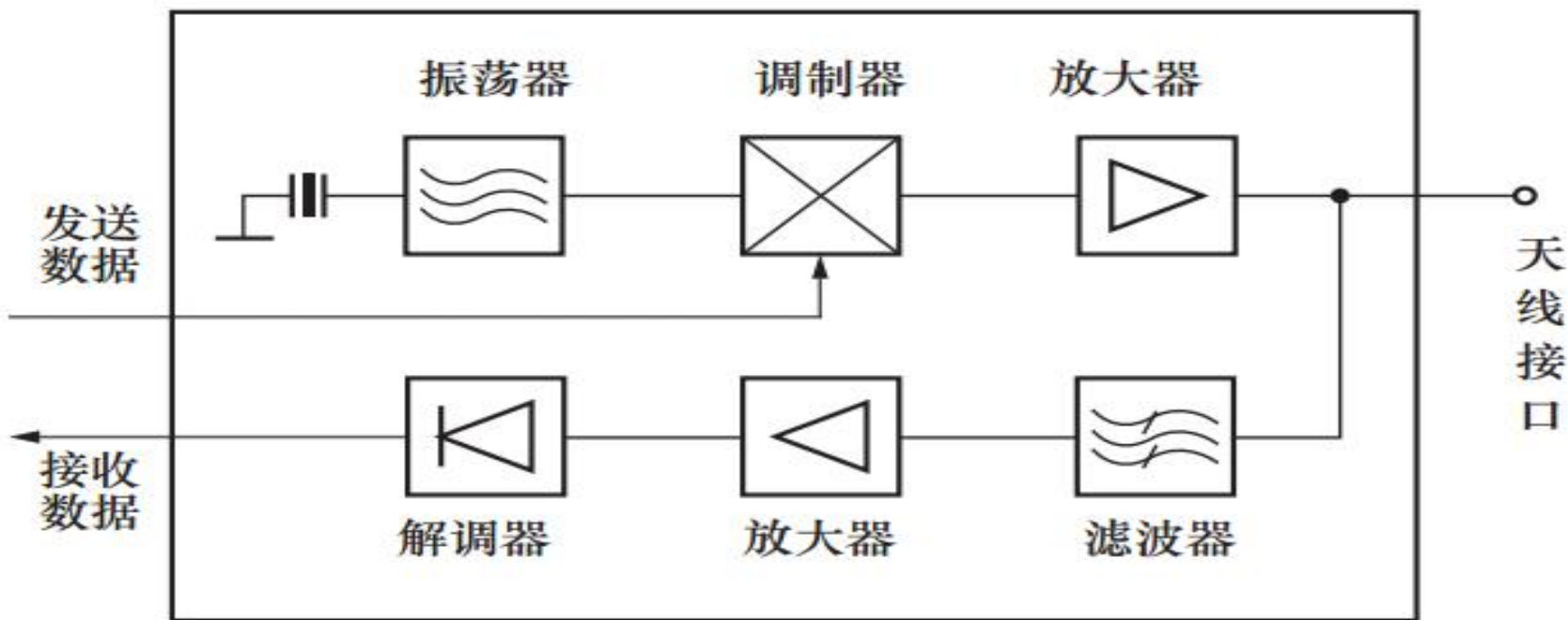




电感耦合型射频模块

阅读器向射频标签发送数据时，可以采用多种**数字调制**技术对数据进行调制。

射频标签向阅读器发送数据时，通常采用**负载调制**技术，将射频标签天线线圈中的电压变化传到阅读器天线。



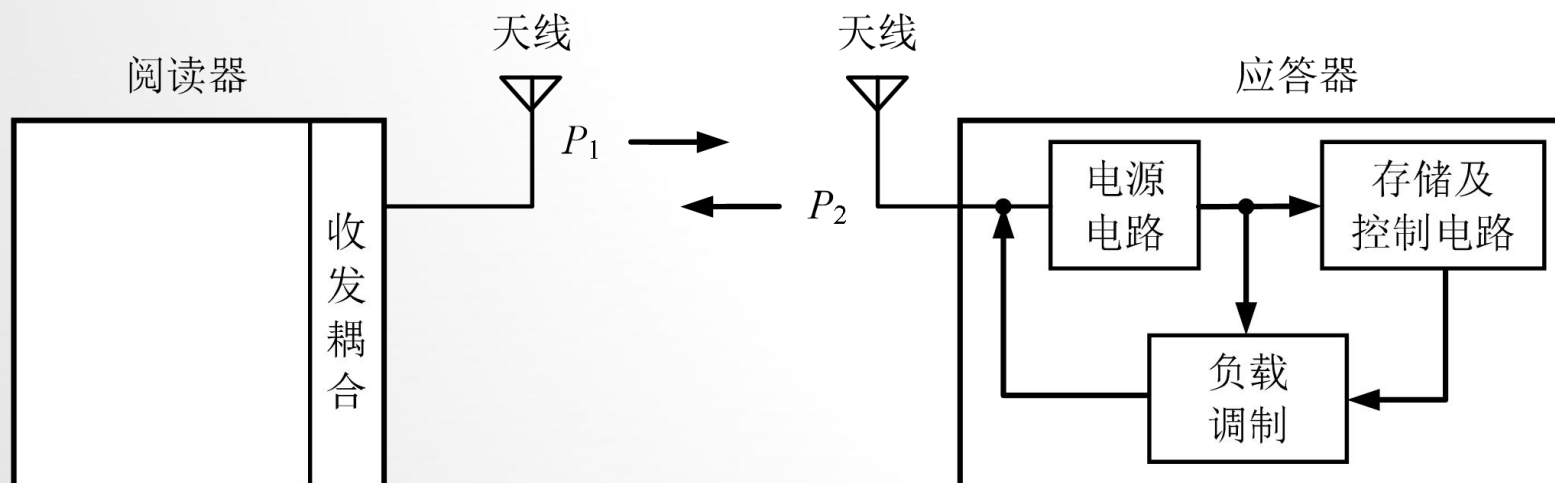


电磁反向散射耦合型射频模块





电磁反向散射耦合型射频模块



反向散射耦合

2.1.6 射频模块



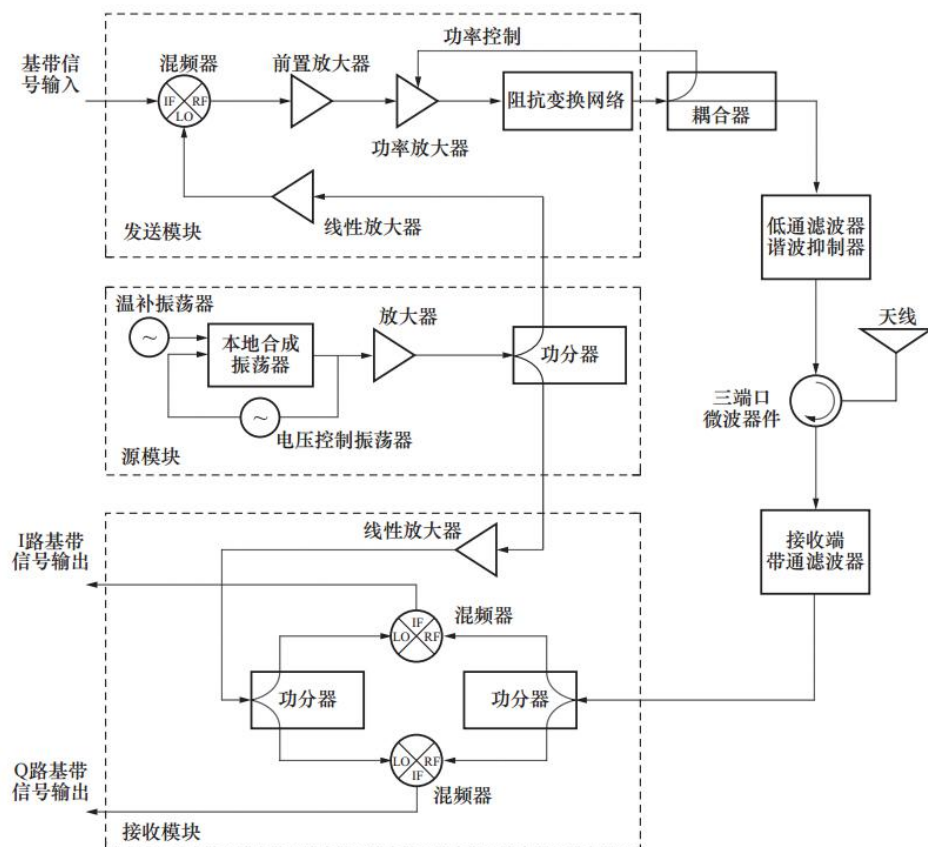
电磁反向散射耦合型射频模块

远距离超高频RFID系统利用阅读器与射频标签之间的**电磁反向散射耦合**原理工作的，类似于雷达的工作原理。

该系统中，为了给射频标签提供工作能量，阅读器必须**不断地发送**射频信号。

阅读器发送信号和标签返回信号**频率相同、强度不同**。

为了区分，超高频的射频模块可分为：**源**模块、**发送**模块和**接受**模块。



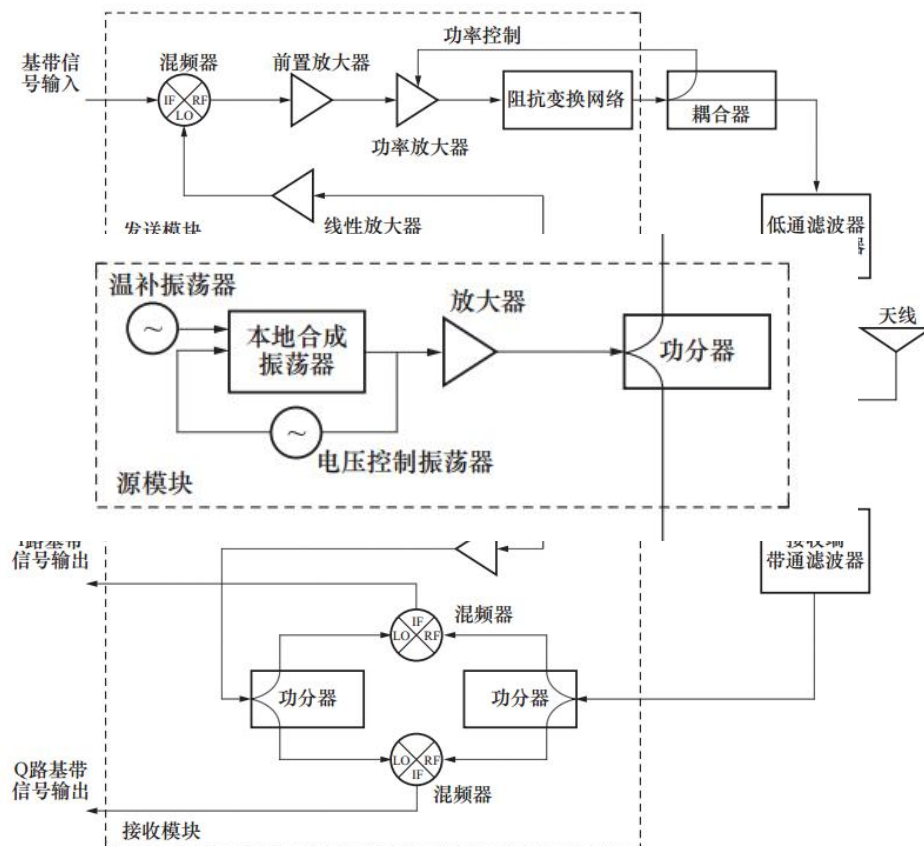
2.1.6 射频模块



电磁反向散射耦合型射频模块

源模块的作用是为发送通道和接受通道提供**本地振荡器** (Local Oscillator)。

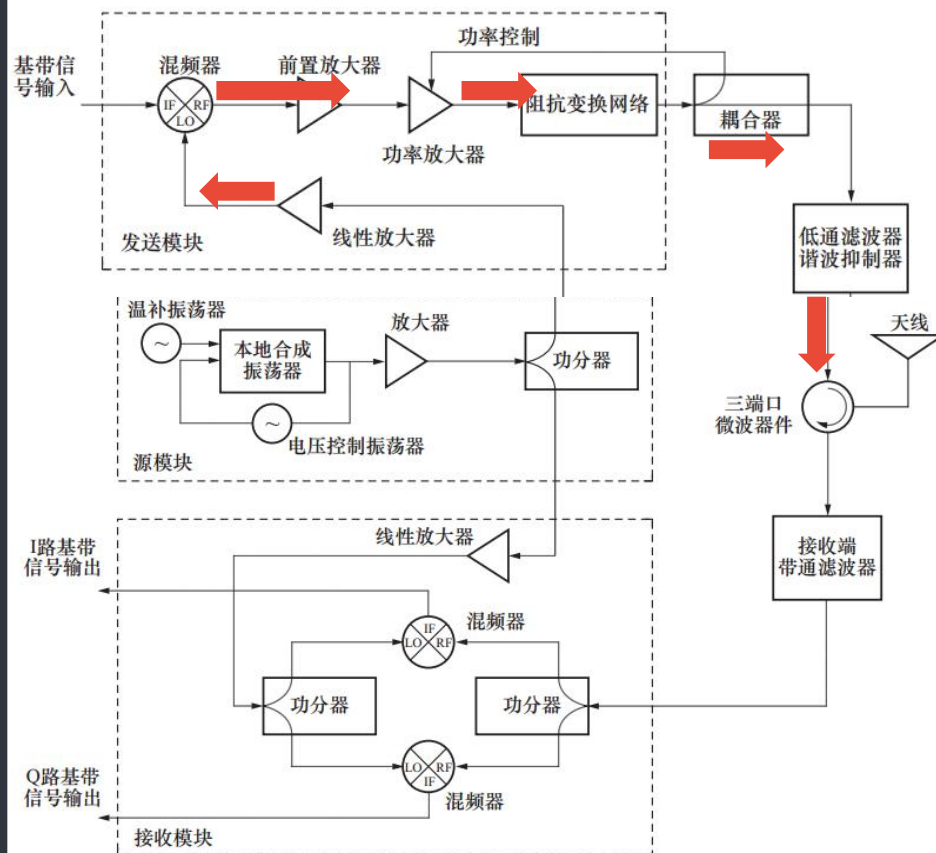
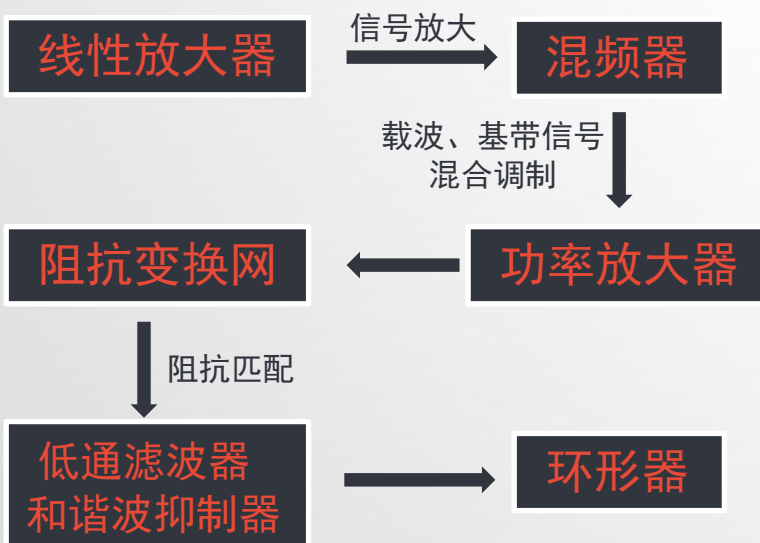
放大之后的载波信号经过功分器分成两路，一路**送往发送模块**，一路**送往接收模块**。





电磁反向散射耦合型射频模块

发送模块由混频器、线性放大器、前置放大器、功率放大器和阻抗变换网络组成。



2.1.6 射频模块



电磁反向散射耦合型射频模块

接受模块由**线性放大器**、两个**功分器**和两个**混频器**组成。

射频标签返回微弱信号

天线

环形器（三端口微波器件）



带通滤波器

功分器

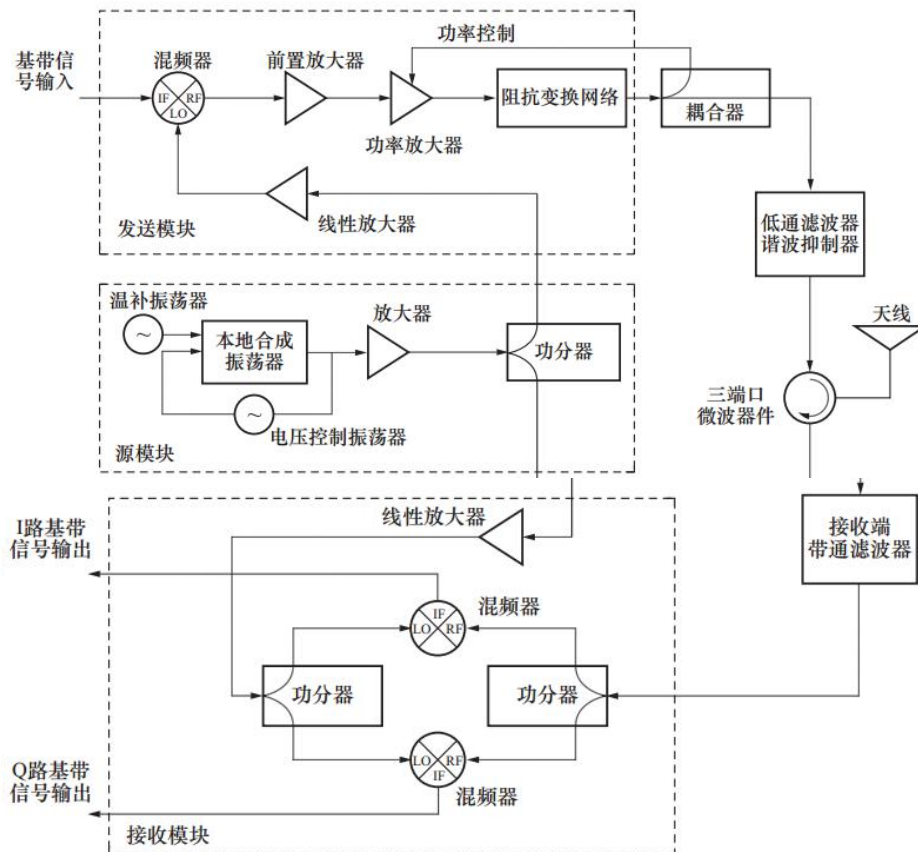


混频器

混频器

I路基带信号输出

Q路基带信号输出





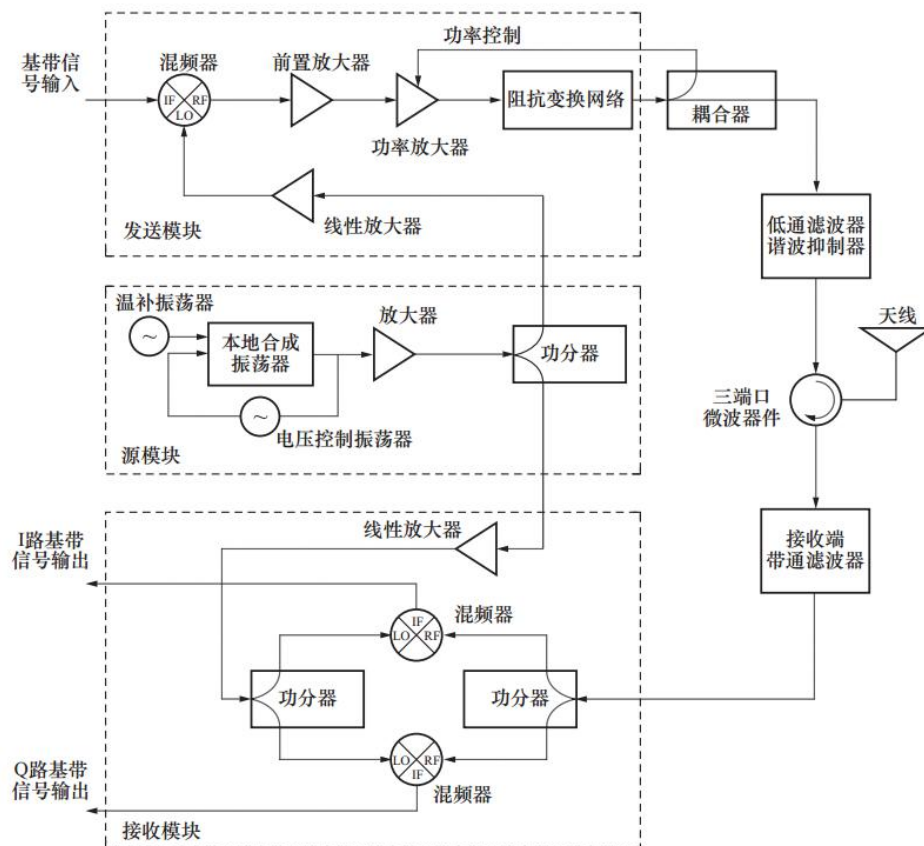
电磁反向散射耦合型射频模块

射频模块主要功能

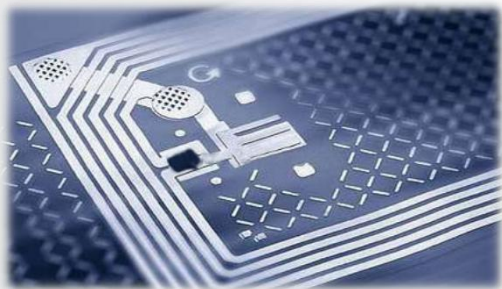
产生高频发送能量，**激活**射频标签并为其提**供能**量（无源射频标签）

对发送信号进行**调制**，用于将数据传输给射频标签。

接受并**解调**来自射频标签的射频信号。



2.2 射频标签



射频标签作为RFID系统重要的硬件组成部分
本节将从以下八个方面对阅读器进行介绍

标签功能

标签分类

标签操作规范

标签组成

标签天线

标签芯片

标签唤醒电路

标签制造

2.2.1 标签功能



射频标签的**最主要**功能就是能够存储一定量的数据并以非接触的方式将存储的数据发送给阅读器。

一般来说，可以将标签的功能归纳为以下几点：

存储数据

标签内存储和物品相关的信息，如标识符、生产日期、生产厂家等。

能量获取

标签可以从阅读器发射的电磁场中吸收能量，为标签自生供电。

读写

非接触式

标签可以在距离阅读器一定距离的范围内被识别。

安全加密

碰撞退让

...



按封装形式

卡片型 标签

- 便于携带、
天线保护好、防水
防潮

标签型 标签

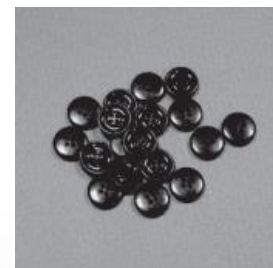
- 可以直接贴
在物体上，
用于工业生
产、物流管
理等领域

植入型 标签

- 动植物管
理

配件型 标签

- 方便携带
同时不影
响美观。



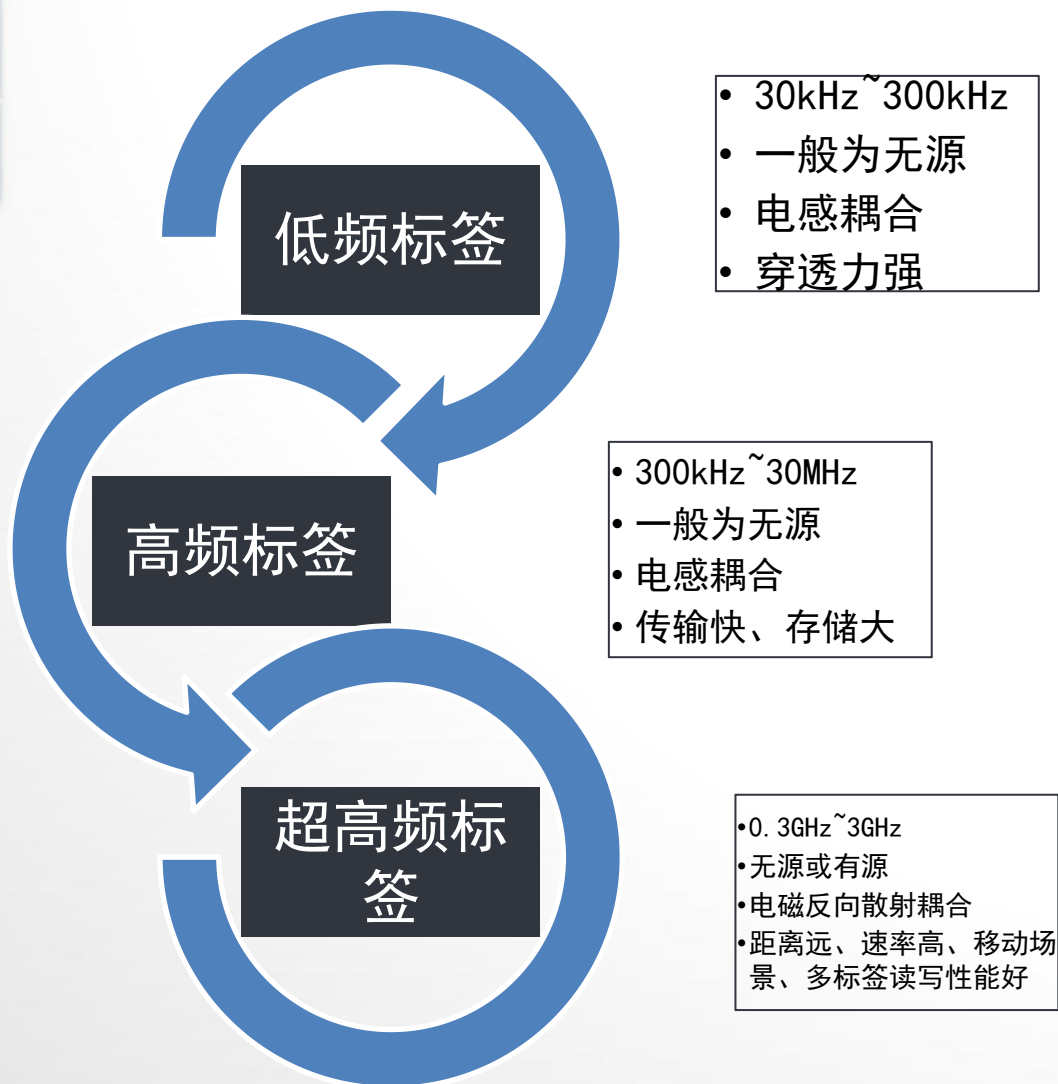


按能量来源





按工作频率





按读写能力



只读标签

- 只能读取，内含唯一序列号
- 价格低
- 结构简单

读写标签

- 可读可写
- 结构复杂
- 成本高
- 无需数据库关联

2.2.3 标签操作规范



与阅读器类似，在实际系统中，标签的操作规范也要考虑很多因素，下面几个是需要重点考虑的：

工作频率

读取范围

能量来源

存储容量

天线极化方向

尺寸和形式

所附着物体

移动需求

标签成本

标签可靠性

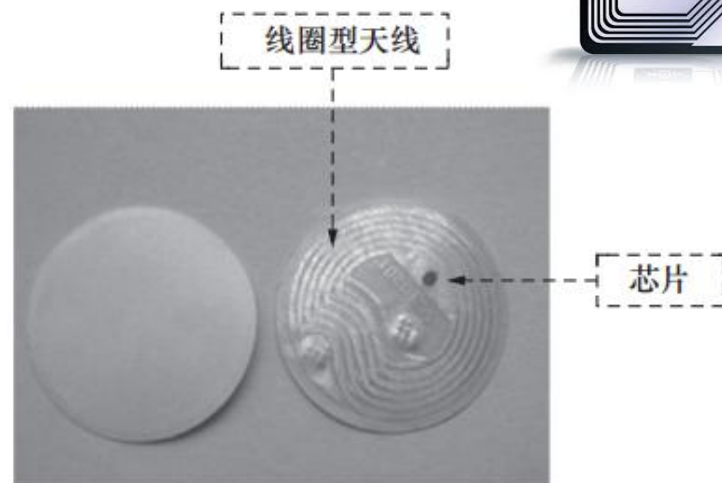
2.2.4 标签组成

天线

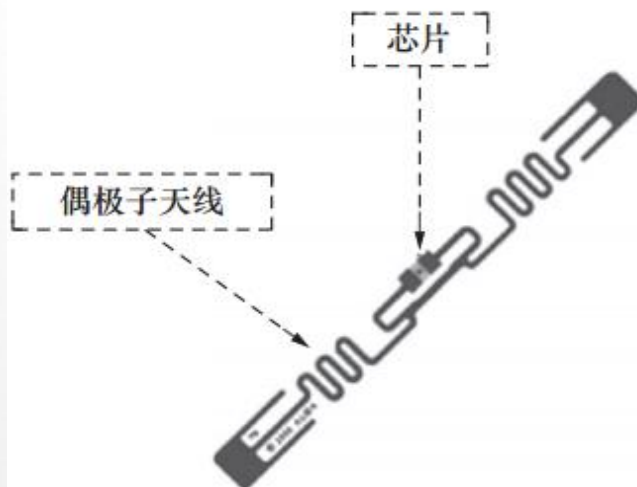
决定了标签的尺寸
接受阅读器发射的射频信号
将芯片数据发送给阅读器
对于无源标签，天线还用来
供能

芯片

对天线收到的信号进行解
调、解码等，并对标签需
要发送的信号进行编码和
调制，以及执行防碰撞算
法和存储数据等

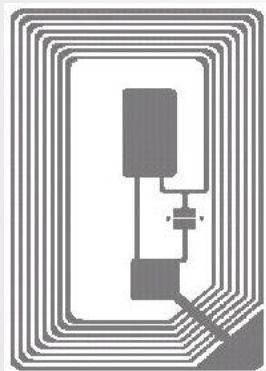


(a)高频标签(13.56MHz)



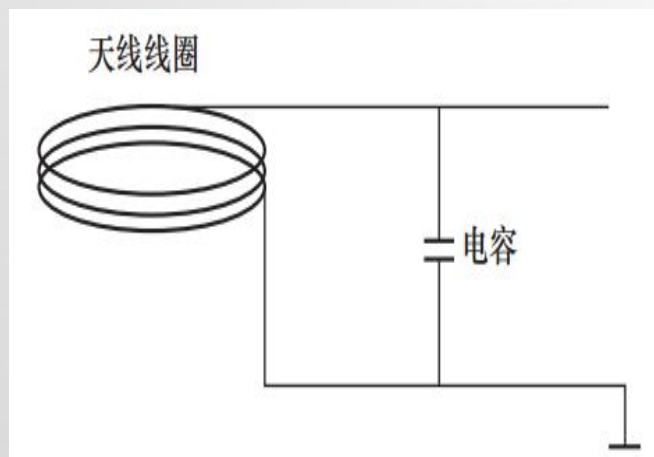
(b)超高频标签(915MHz)

2.2.5 标签天线



天线是一种专门设计用来耦合、辐射电磁能量的导体结构。
通常标签天线尺寸越小，天线辐射阻抗越小，标签工作距离越短，工作效率越低。
天线性能包括方向特性、天线效率、天线增益等。
根据工作原理不同，可以将标签天线分为三类：

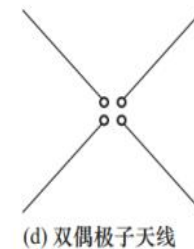
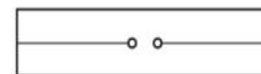
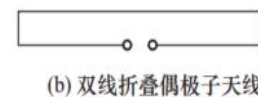
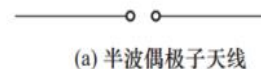
线圈型
天线



微带贴片型
天线



偶极子
天线



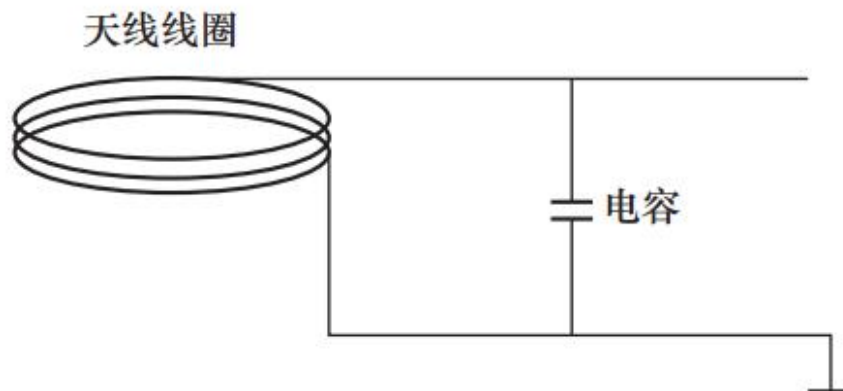


线圈型天线

工艺简单、成本低，在低频、高频近距离RFID系统中被广泛使用。

利用电感耦合工作，类似变压器原理，阅读器天线相当于变压器初级线圈，标签天线作为次级线圈，在变化的磁场内产生电压。

通过并联的电容进行充电，为标签芯片提供能量。



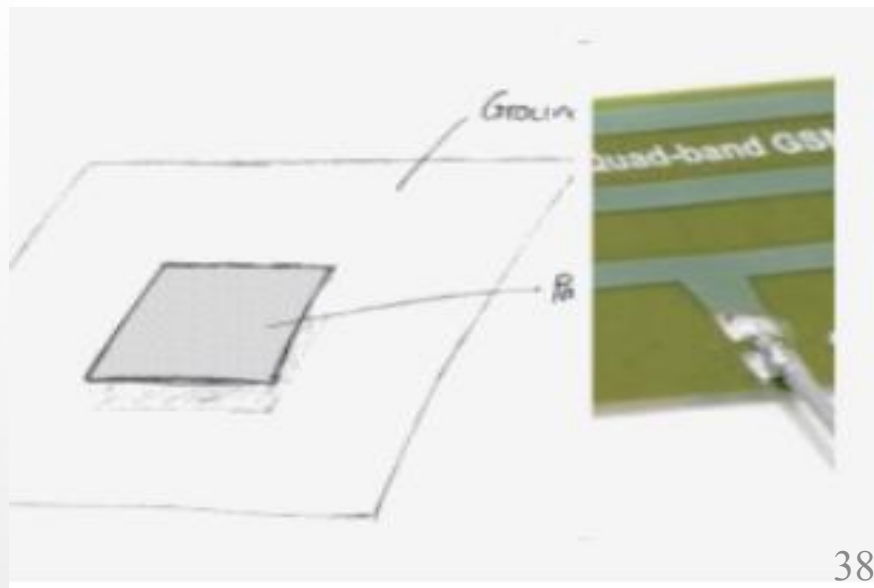
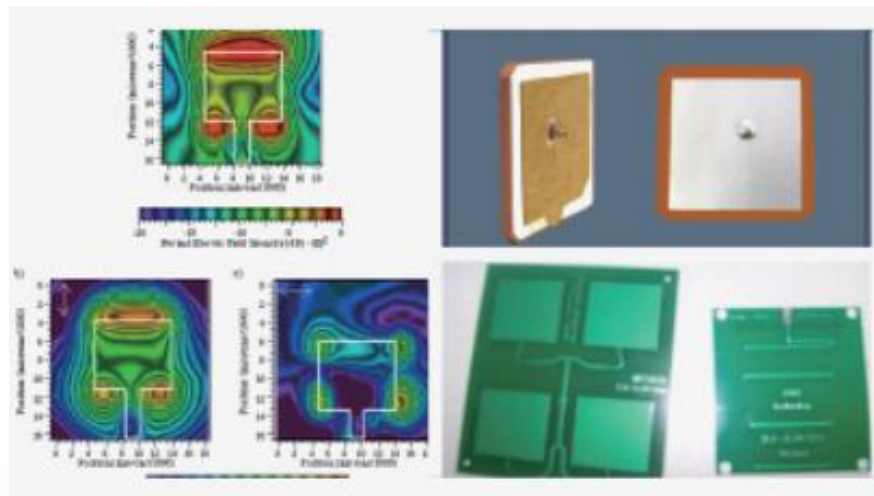


微带贴片天线

这种天线是在带有导体接地板的介质基础上贴加**导体薄片**而形成的天线。

质量轻、体积小、成本低、易于大量生产。

适用于通信**方向不变**的场景。





偶极子天线

由两端长度、粗细程度相同的直导线排成一条直线构成的天线。

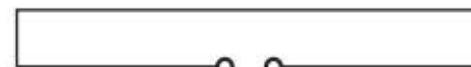
适用于超高频标签。

典型的有：半波偶极子天线、双线折叠偶极子天线、三线折叠偶极子天线和双偶极子天线。

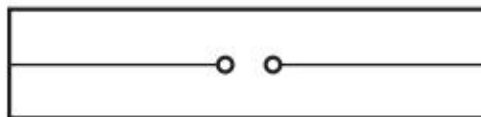
偶极子天线属于全向天线。



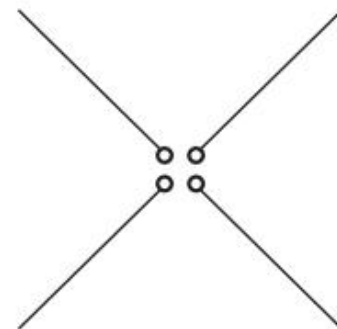
(a) 半波偶极子天线



(b) 双线折叠偶极子天线



(c) 三线折叠偶极子天线



(d) 双偶极子天线

2.2.6 标签芯片

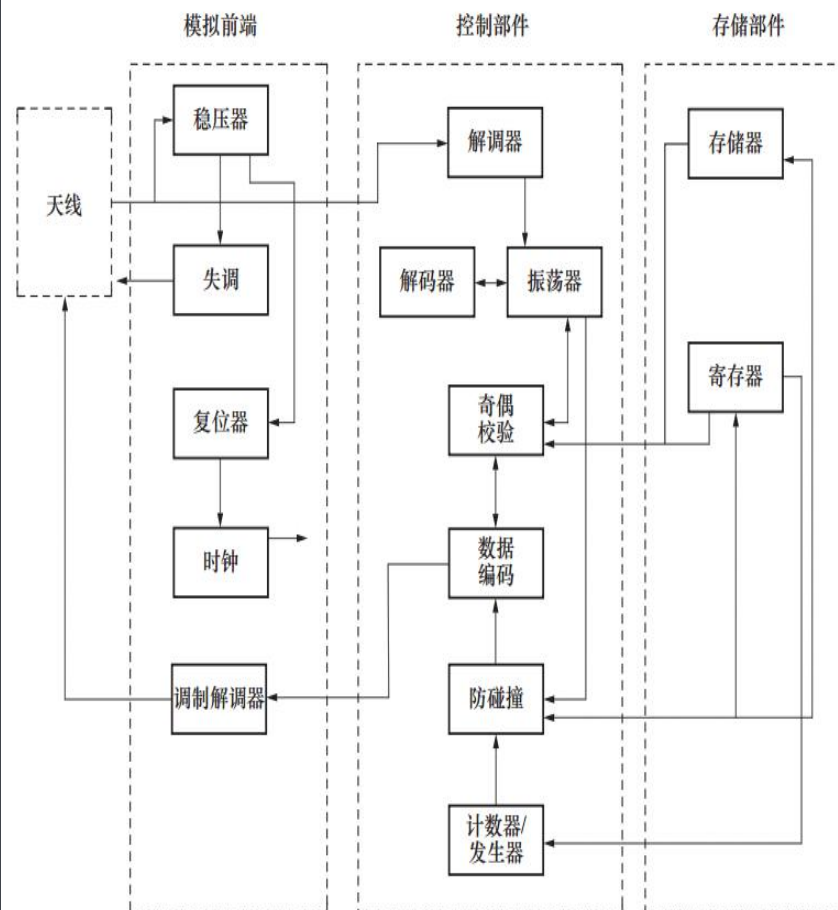


可分为：**模拟前端**、**控制部件**和**存储部件**。

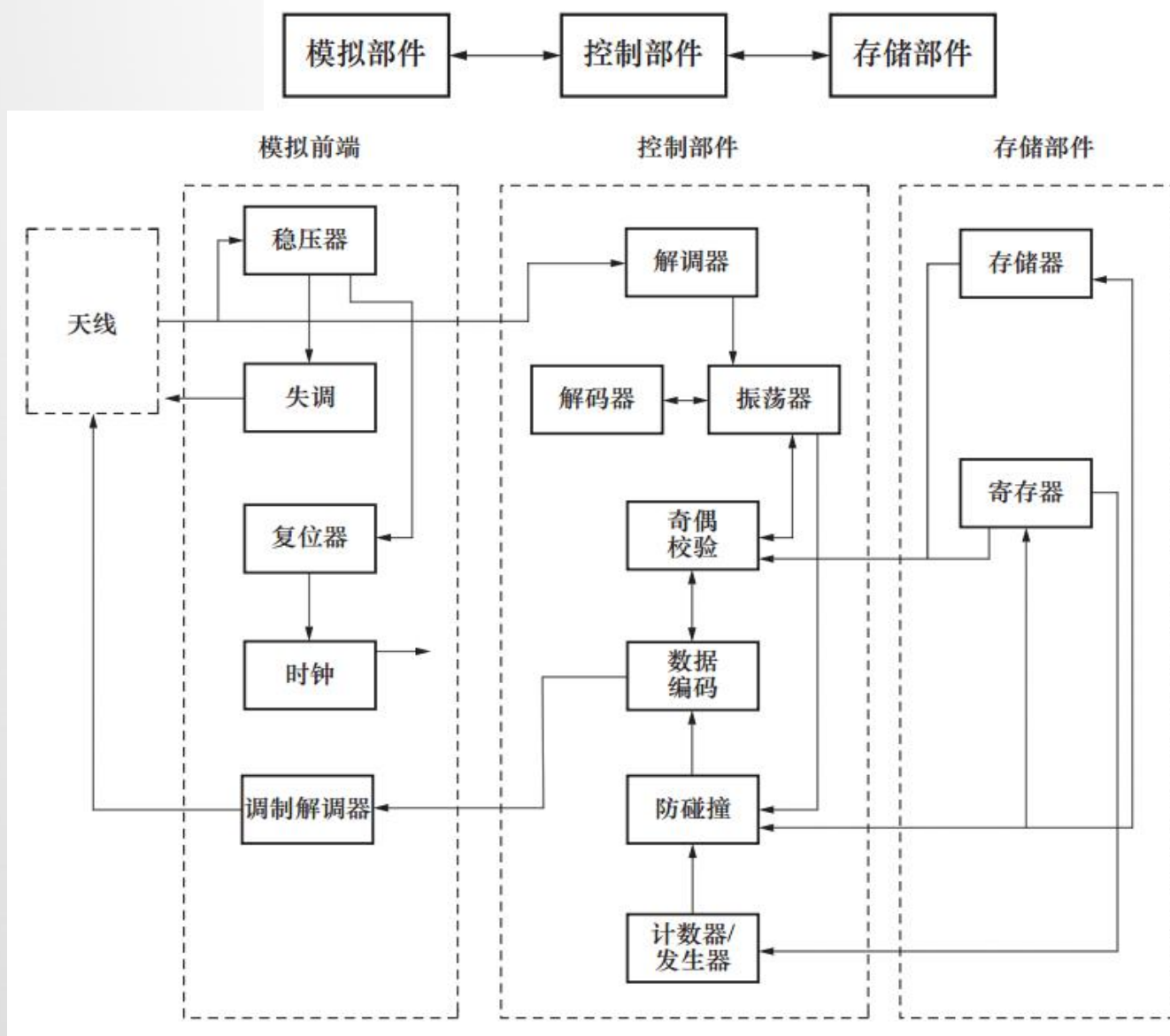
模拟前端：整流天线输入信号提供**稳定电压**、将天线输入**检波**得到数字信号、调制控制部件**发送信号**给天线发送、为控制模块提供**时钟**。

控制部件：数据**解码**、数据**校验**、数据**编码**、**加密解密**、**防碰撞**、**读写控制**。

存储部件：标签数据**载体**。



2.2.6 标签芯片



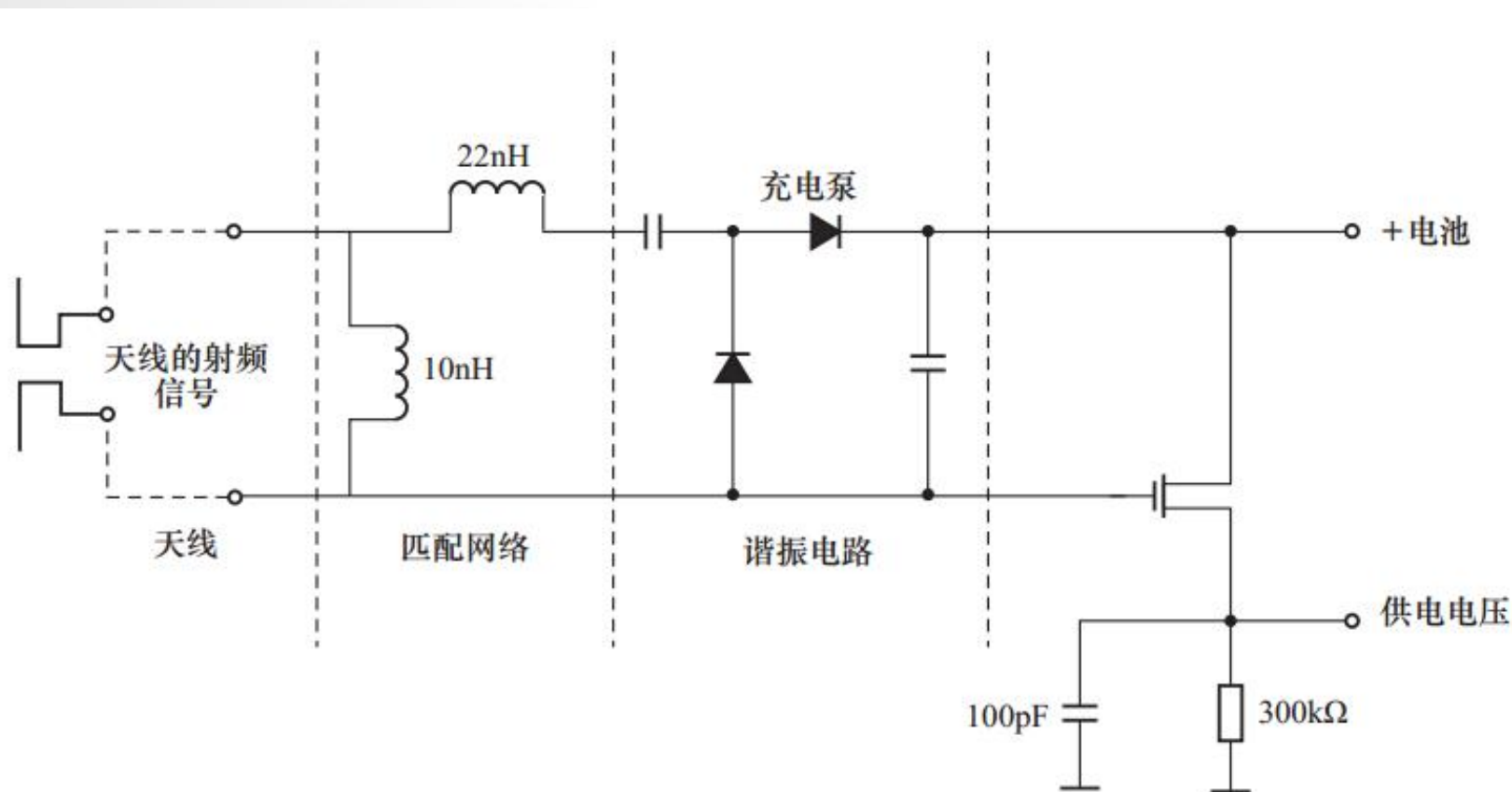
2.2.7 标签唤醒电路



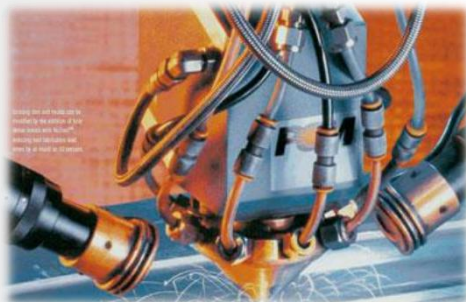
唤醒机制电路的设计方式

整流器→1V电压输出→晶体管接通

整流器→5mV电压输出→与参考电压比较→晶体管接通



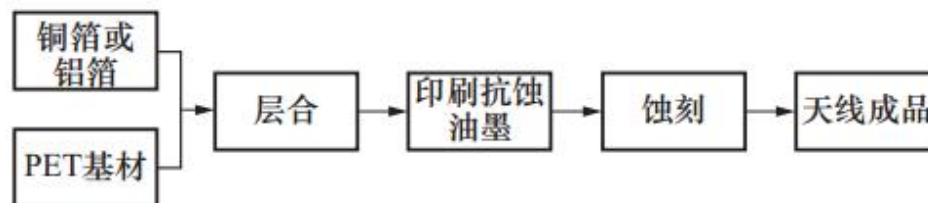
2.2.7 标签制造



标签的制造工艺主要有：
线圈绕制法、化学蚀刻法和印刷法

制造过程分为：
天线制造和芯片组装

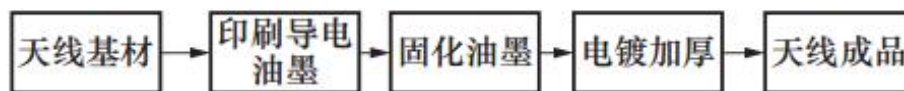
天线
制造



蚀刻法天线制造流程



印刷天线制造流程



电镀天线流程

芯片
组装

倒装芯片技术
快速固态导电黏合剂分发技术

2.3 软件系统组成



RFID系统的软件组成是RFID系统的“灵魂”。

本章结合商用阅读器的软件接口进行介绍。

概述

工作流程

Alien RFID Java
中间件

阅读器使用示例



本章节将介绍RFID系统的软件组成，重点介绍**中间件组件**。

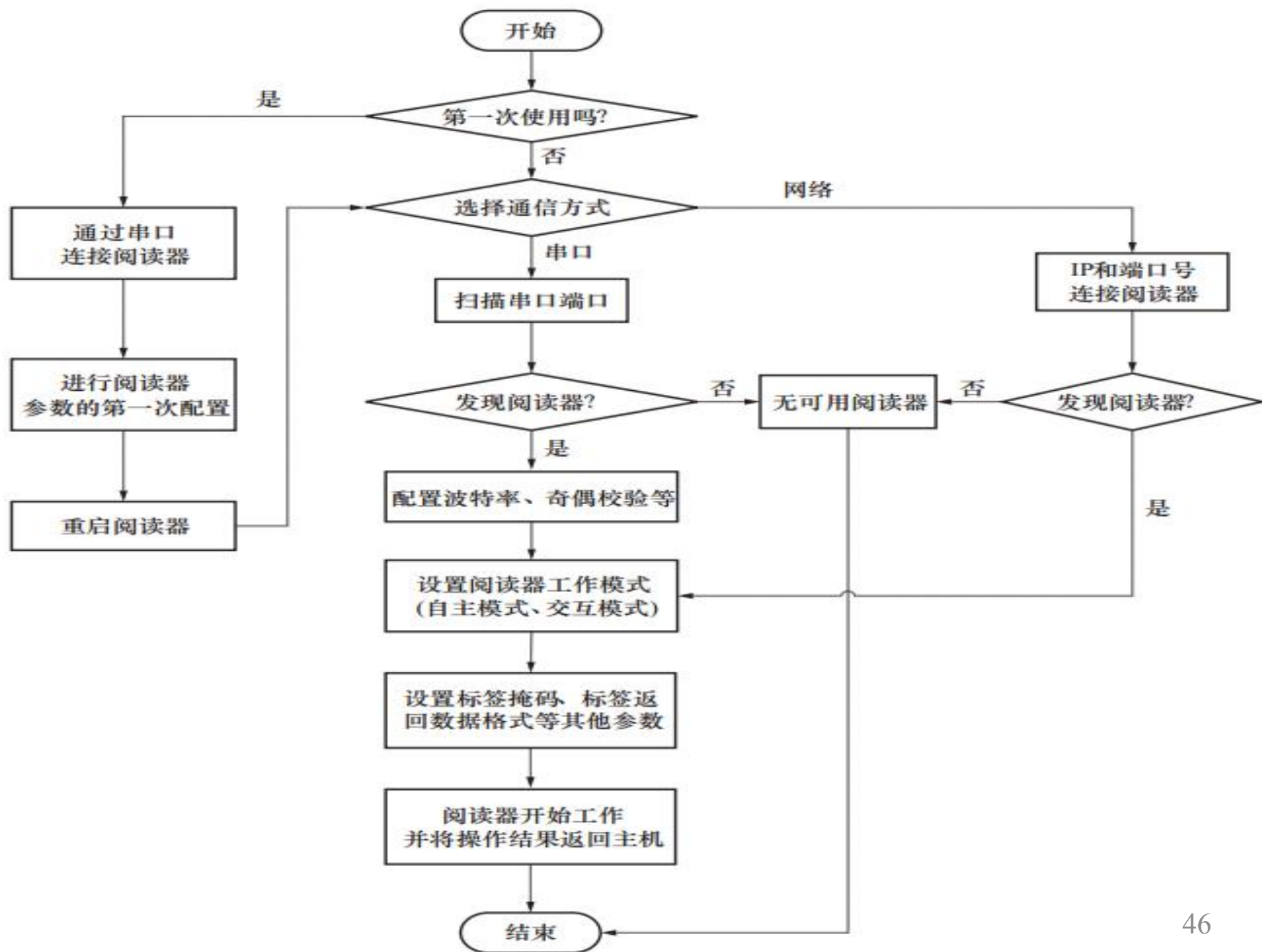
以**Alien Technology公司的超高频商用阅读器产品**为例来说明（左图）。



内容包括：

读写器的安装初始化配置、设置标签掩码、自主工作方式的实现、交互工作方式的实现、标签的存储结构和唤醒方法等。

本章需要对JAVA程序设计有基本的掌握。





组织结构

包含五个包：reader、tags、discovery、notify、util

阅读器的连接

AlienClass1Reader类创建对象来控制
有COM口和网络两种（见下图）

```
AlienClass1Reader reader = new AlienClass1Reader();  
reader.setConnection("COM1");
```

```
AlienClass1Reader reader = new AlienClass1Reader();  
reader.setConnection("114.212.85.173", 23);  
reader.setUsername("alien");  
reader.setPassword("password");
```



打开或关闭连接

```
reader.open();  
reader.isOpen();  
reader.close();
```

向阅读器发送操作命令

通过reader对象的doReaderCommand

```
String readerName = reader.doReaderCommand("get  
ReaderName");
```

```
// 获得阅读器读取范围内的标签列表  
public Tag getTagID(String tagID);  
// 获得单个标签的详细信息  
public String getTagInfo(String tagID);  
// 读取标签用户存储区的数据  
public short[] getMemory(String tagID, int lengthIndex,  
int startIndex);  
// 向标签用户数据区内写入数据  
public boolean setMemory(String tagID, int startIndex,  
byte byteArray[]);  
// 设置标签掩码  
void setMask(String maskString);
```




标签信息类Tag

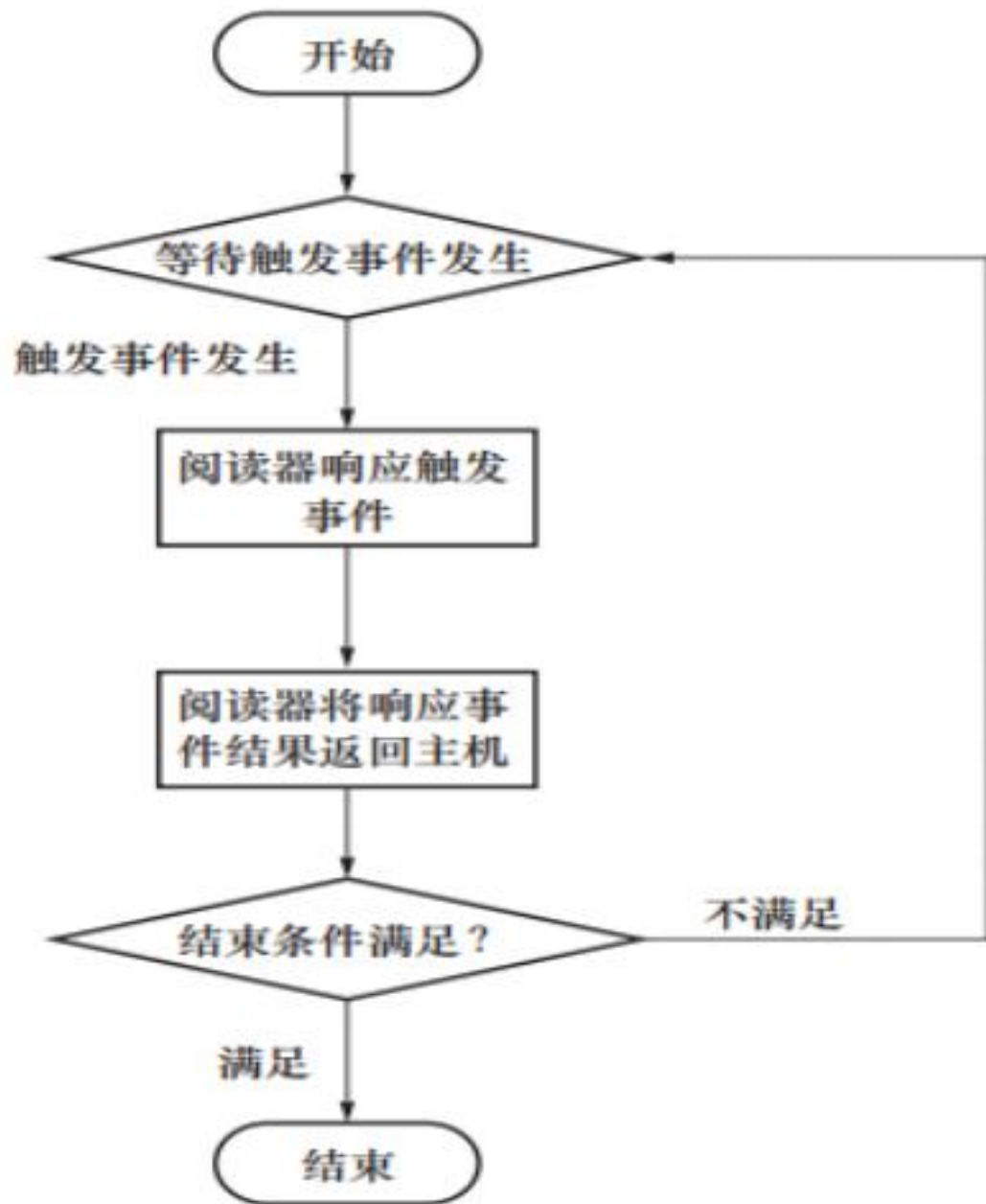
```
通过reader对象的getTagList方法  
Tag[] tagList = reader.getTagList();  
public String getTagID();//返回标签ID  
public int getRSSI();//返回信号强度
```

搜索可用阅读器

```
串口服务监听类：  
SerialDiscoveryListenerService  
网络服务监听类：  
NetworkDiscoveryListenerService
```



(a) Alien 阅读器的交互工作流程

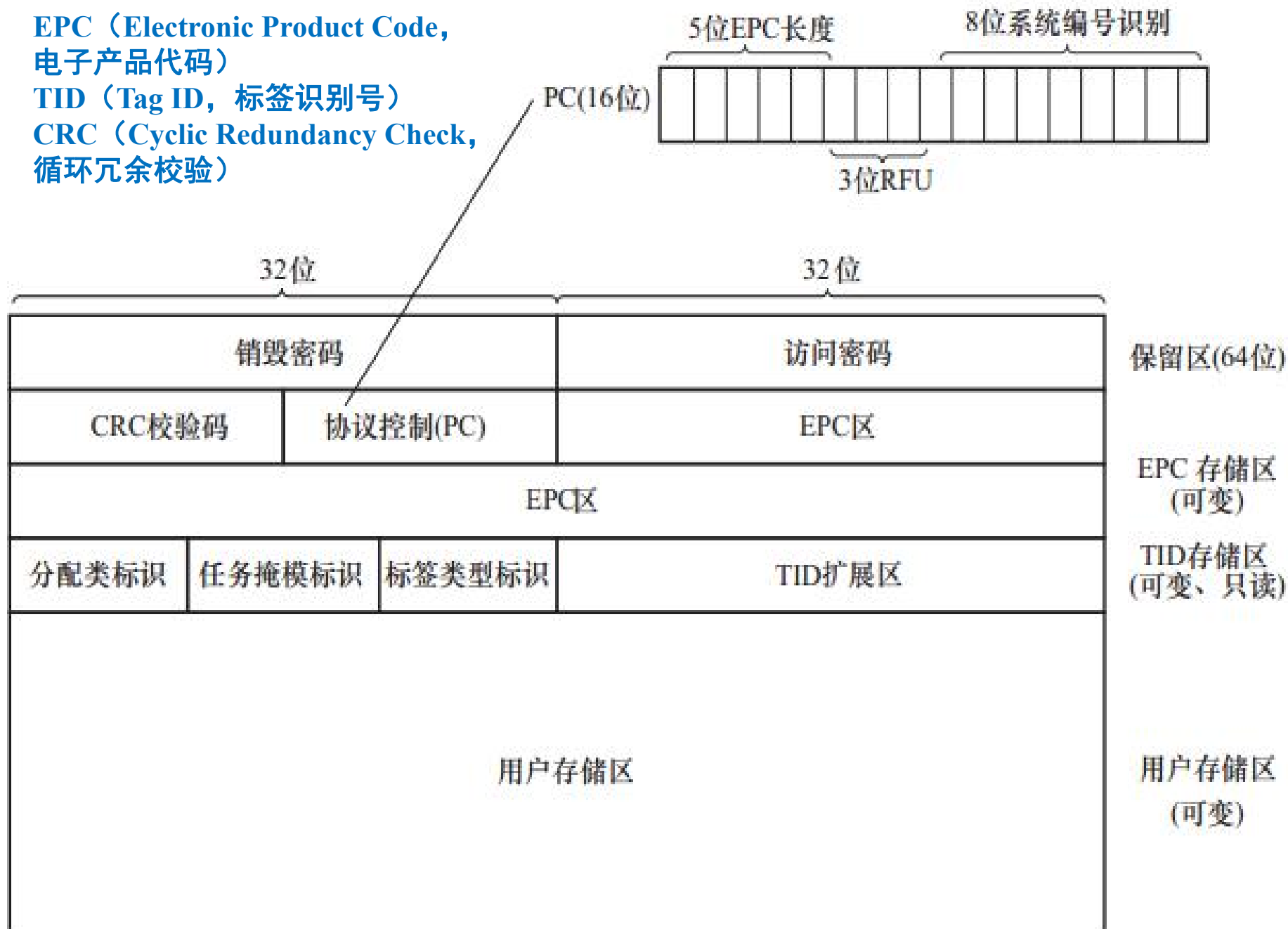


(b) Alien 阅读器的自主工作流程

EPC (Electronic Product Code,
电子产品代码)

TID (Tag ID, 标签识别号)

CRC (Cyclic Redundancy Check,
循环冗余校验)



Tag tagList[] = reader.getTagList();	//reader.getTagList()方法命令阅读器 //读取标签，并返回标签列表信息
if (tagList == null) {	
System.out.println("No Tags Found");	
} else {	
System.out.println("Tag(s) found:");	
for (int i = 0; i < tagList.length; i++) {	
Tag tag = tagList[i];	
System.out.println("ID:" + tag.getTagID()	//分别打印
+ ", Discovered:" + tag.getDiscoverTime()	//标签ID
+ ", Last Seen:" + tag.getRenewTime()	//首次读取时间
+ ", Antenna:" + tag.getAntenna()	//最后一次读取
+ ", Reads:" + tag.getRenewCount());	//天线编号
}	//读取次数
}	
reader.close();	
}	//关闭连接，释放对阅读器的控制
 public static final void main(String args[]) {	
try {	
new AlienClass1ReaderTest();	//创建测试AlienClass1ReaderTest类对象
} catch (AlienReaderException e) {	
System.out.println("Error: " + e.toString());	
}	
}	

```
reader.autoModeReset();
reader.setAutoStopTimer(1000);
reader.setAutoMode(AlienClass1Reader.ON);
```

//打开自主工作模式

```
reader.close();
long runTime = 10000;
long startTime = System.currentTimeMillis();
do {
    Thread.sleep(1000);
} while (service.isRunning()
        && (System.currentTimeMillis() - startTime) < runTime);
```

```
System.out.println("\nResetting Reader");
reader.open();
reader.autoModeReset();
reader.setNotifyMode(AlienClass1Reader.OFF);
reader.close();
```

```
}
```

```
public void messageReceived(Message message) {
    System.out.println("\nMessage Received:");
    if (message.getTagCount() == 0) {
        System.out.println("(No Tags)");
    } else {
        for (int i = 0; i < message.getTagCount(); i++) {
            Tag tag = message.getTag(i);
            System.out.println(tag.toString());
        }
    }
}
```

//打印标签信息

```
public static final void main(String args[]) {
    try {
        new MessageListenerTest();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println("Error:" + e.toString());
    }
}
```

//创建测试类对象

2.4 RFID系统组件原理小结

