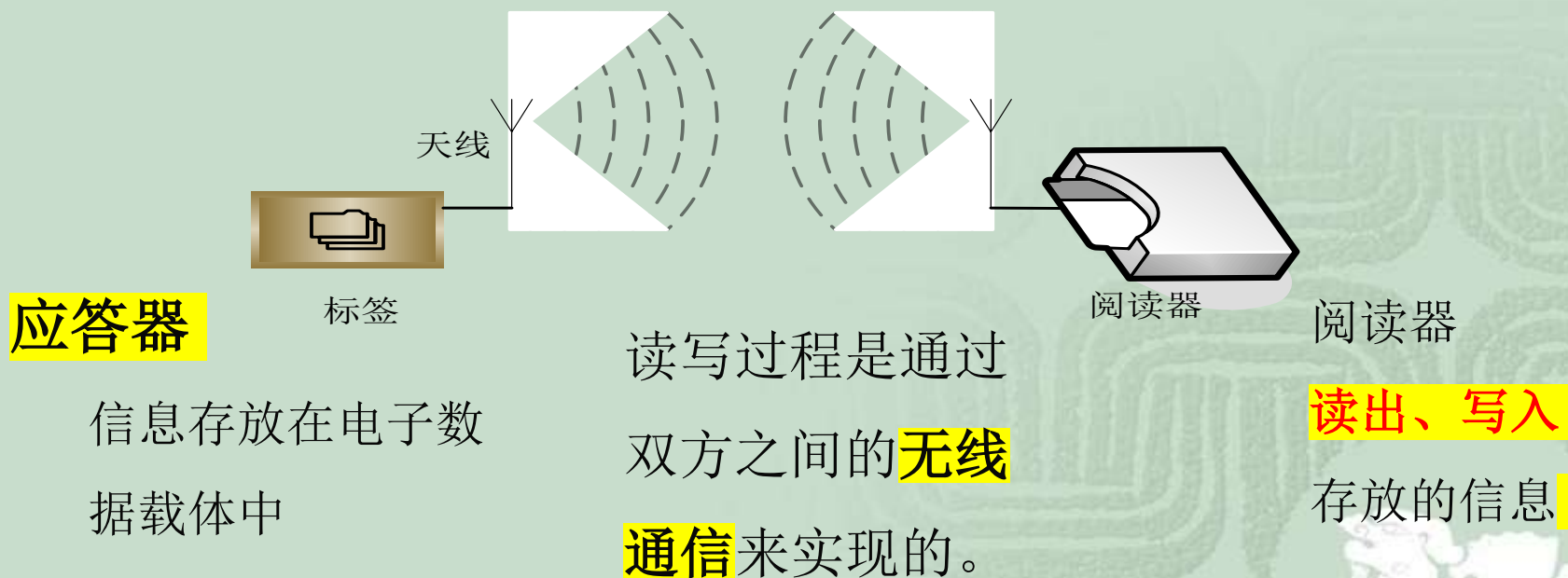


# 第一章 RFID技术概述

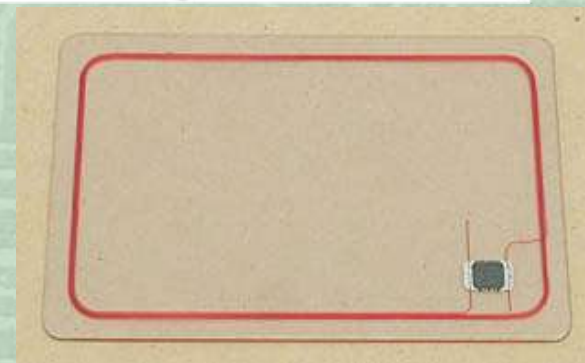
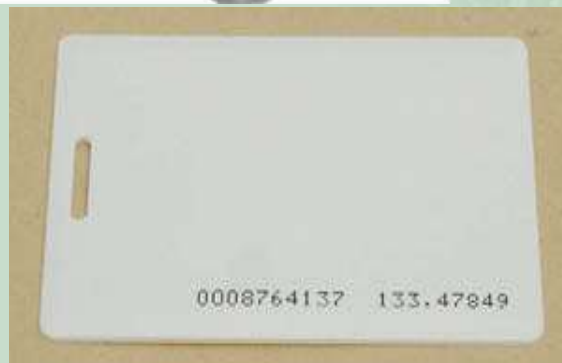
## ❖RFID: Radio Frequency Identification射频识别

通过无线射频方式进行非接触、双向数据通信对目标加以识别。



# RFID常见应用

第二代身份证  
学生证  
ETC  
公交卡



(a) 外形

(b) 内部结构

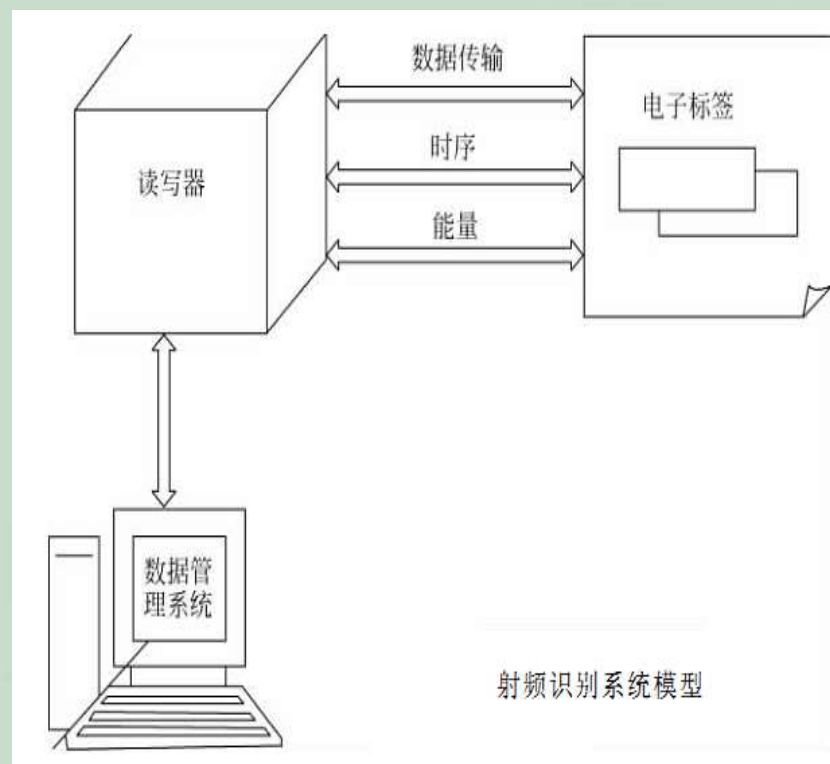
# RFID系统特征

射频识别系统工作过程中的过程可归结为三种事件模型：

**数据传输**是目的

**时序**是数据交换的实现形式

**能量**是时序得以实现的基础



# RFID系统的基本模型：时序

## 先讲方式

### ◆ 阅读器先讲方式：

◆对于双向系统（读写器向射频标签发送命令与数据，射频标签向读写器返回所存储的数据）

◆读写器一般处于主动状态，即读写器发出询问后，射频标签予以应答。

### ◆ 标签先讲方式：

射频标签**满足工作条件**之后，发送信息

读写器根据射频标签发送的信息，进行记录或进一步发送询问信息

与射频标签构成一个完整地对话，达到读写器对射频标签进行识别的目的



## 多标签识别

多标签读写问题是射频识别技术及应用中面临的一个较为复杂的问题，目前已有多种方法可以有效地解决这种问题。

### ◆ 读写器先讲方式：

一般情况下，在读写器识别范围内存在多个标签时，对于具有多标签识别功能的射频系统，读写器处于主动状态。

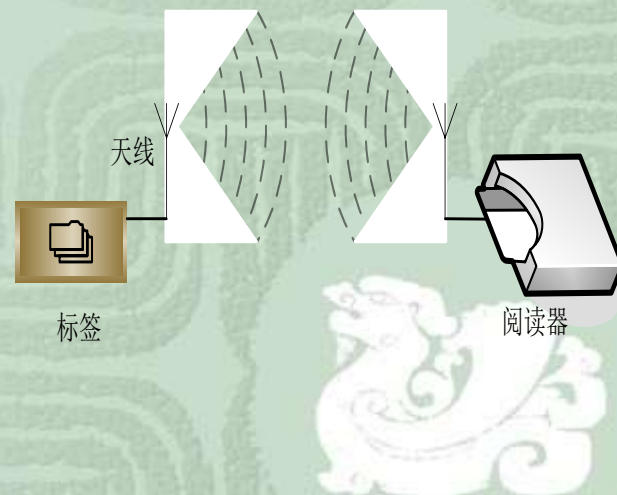
### ◆ 标签先讲方式：

实现多标签的读取，现实应用中也有采用标签先讲方式的应用。



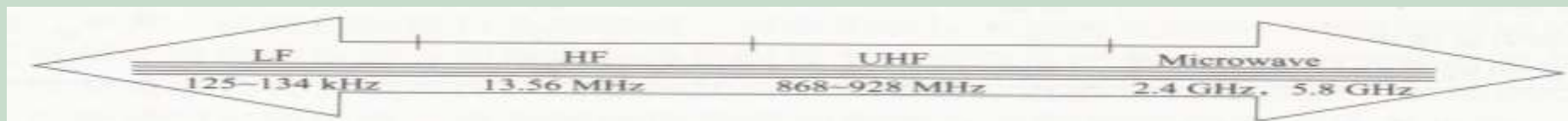
# RFID系统的基本模型：数据传输

- RFID系统所完成的功能可归结为数据获取的一种实现手段。
- 射频识别系统中的数据交换包含两个方面的含义：
  - 从读写器向射频标签方向的数据传输
  - 从射频标签向读写器方向的数据传输。
- 读写器向射频标签方向的数据传输可以分为两种情况：
  - **有线写入**方式和 **无线写入**方式。
  - 应用系统的需求、代价、技术实现的难易程度等因素来决定。



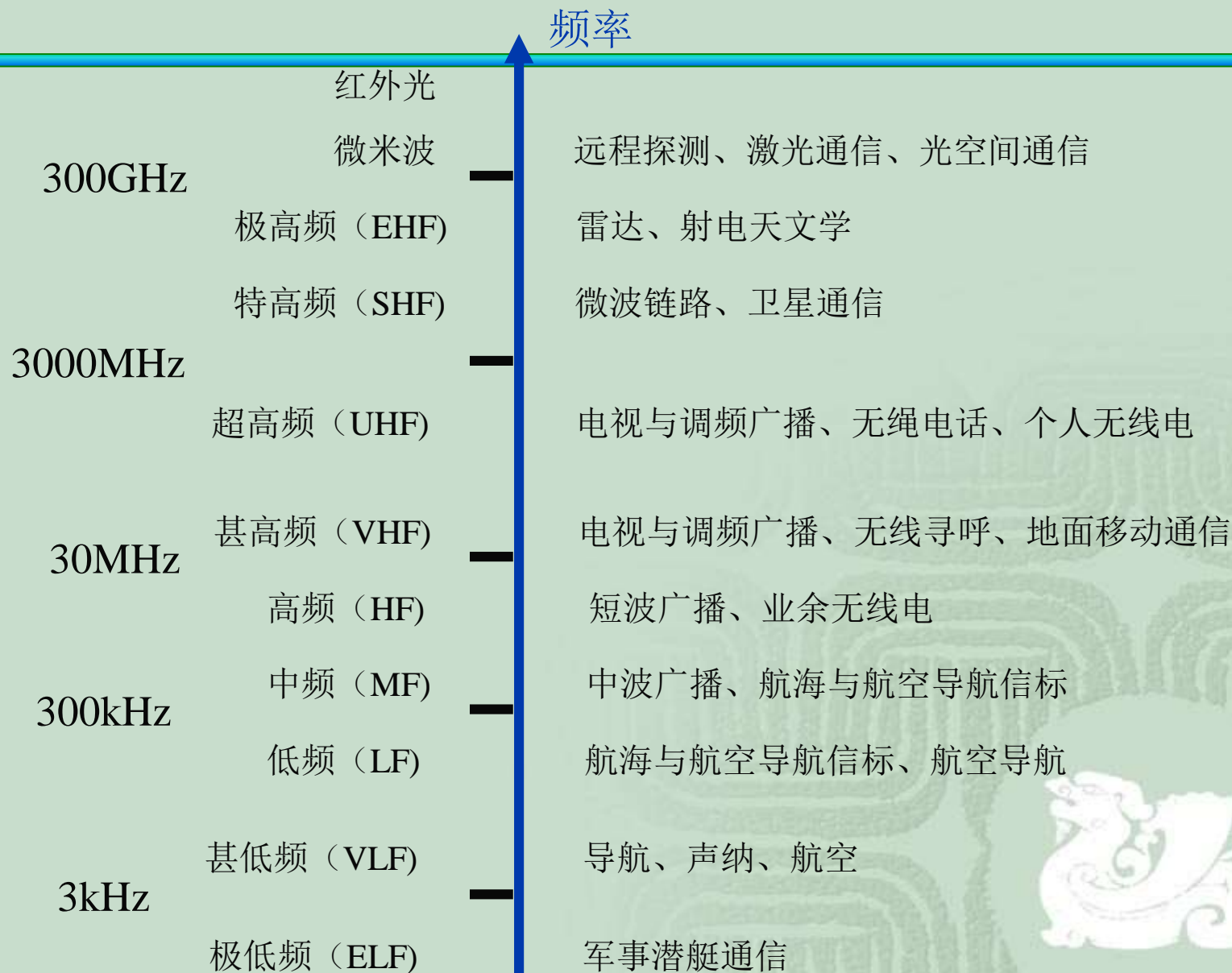


# 典型的RFID标签频谱及性能



频 率	优 势	劣 势	典 型 应 用
低频 (125 ~ 134 kHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体和金属对信号衰减减小</li> <li>渗透性能高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>范围有限</li> <li>读写速度低</li> <li>存储容量低</li> <li>天线较大</li> <li>数据传输慢</li> <li>产品代价高</li> <li>读写范围有限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>门禁控制</li> <li>动物身份标识</li> <li>自动化</li> </ul>
高频 (13.56 MHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>健壮性好</li> <li>产品消耗低</li> <li>数据存储量大</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>*小范围存储管理</li> </ul>
特高频 (868 ~ 928 MHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>读取距离远</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通用性不强</li> <li>标签和读写器设计没有统一标准</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>智能卡</li> <li>供应链管理</li> </ul>
微波 (2.4 ~ 5.8 GHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>波长范围广</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>易受临近信号干扰</li> <li>信号传播问题 (信号丢失, 屏蔽效应)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仓库控制</li> <li>运输量控制</li> </ul>

# 全范围无线电频谱图





# 1.1 RIFD工作方式

❖ 从能量和信息传输的基本原理来说，射频识别技术：

- 电感耦合方式：
- 反向散射耦合方式：

❖ 两种耦合方式比较：

- 相同：都是采用无线电射频技术。
- 差异：所使用的无线电射频的

❖ 频率不同

❖ 作用距离的远近

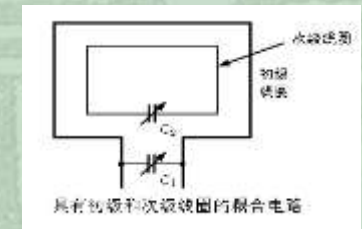
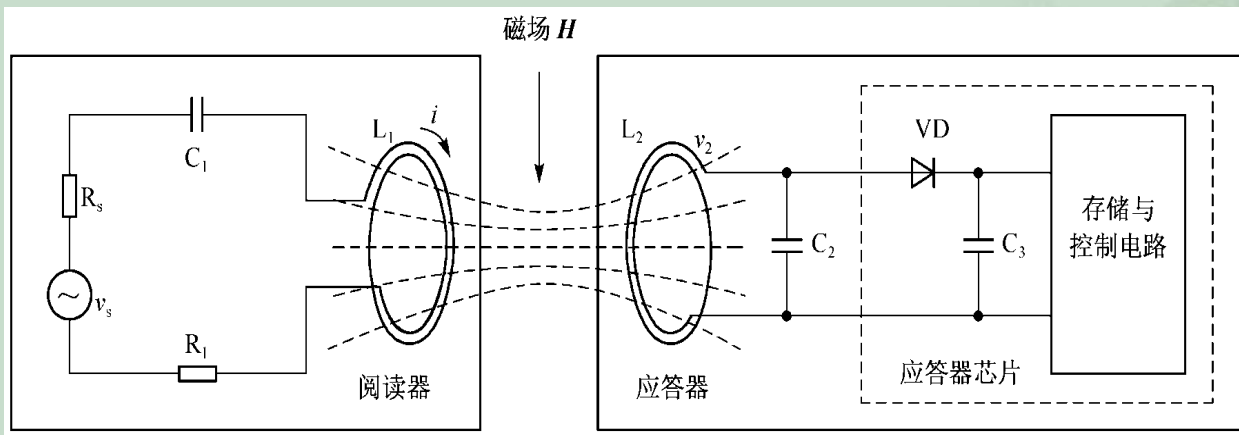
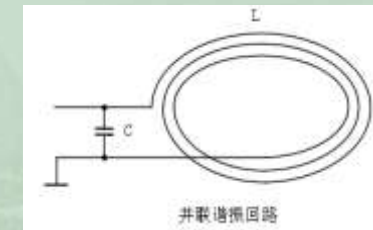
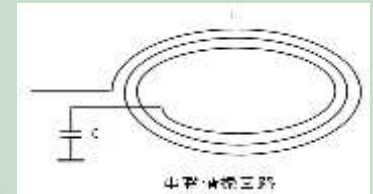


# 一、电感耦合方式

射频载波频率为13.56 MHz和小于135kHz

工件距离在1米以下

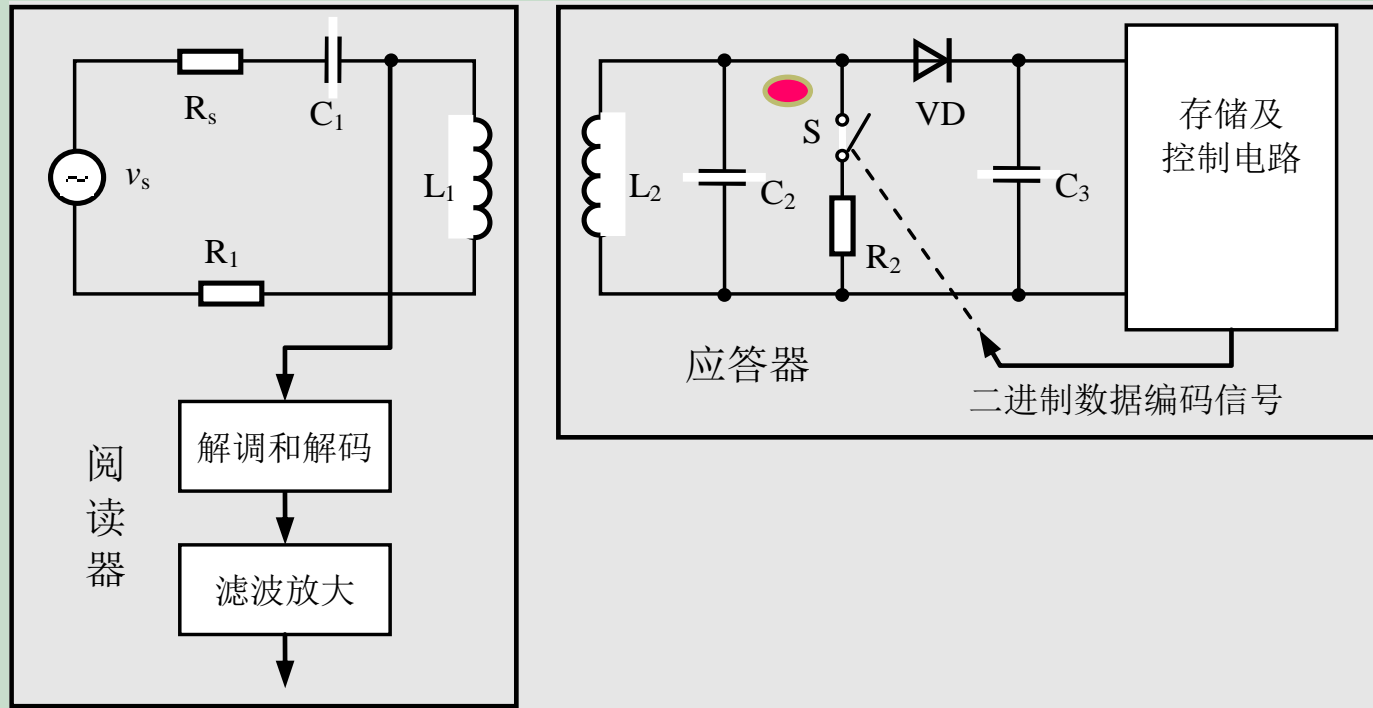
电感电容谐振回路和电感线圈产生的交变磁场，是射频卡工作的基本原理



# 负载调制

负载调制：

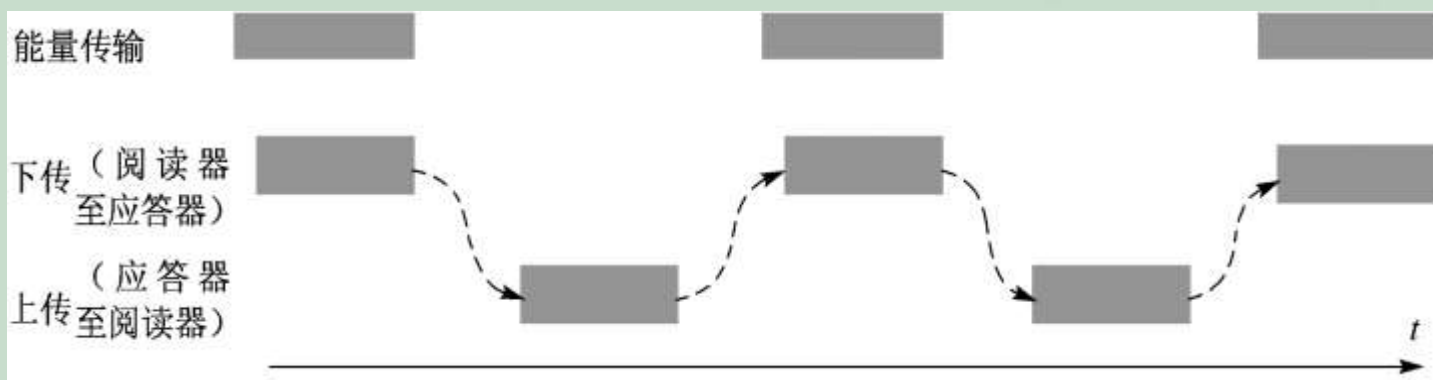
应答器向阅读器传输数据采用的方式



# 电感耦合的变形：时序方式

电感耦合的时序方式仅适合在135KHz以下频率范围内工作

正常的电感耦合，阅读器与应答器的信息交互过程中,阅读器一直保持着向应答传输能量。



阅读器的发送器**仅**在传输能量时工作，传输能量在应答器中给电容充电存储能量。  
在充电过程中，应答器处于低功耗省电模式从而使接收到的能量几乎完全用于电容的充电。  
在固定的充电时间结束后，断开阅读器的发送器。应答器中需要有一个容量较大的电容，这给实际使用也带来了一定的不便。

## 2 扫频法

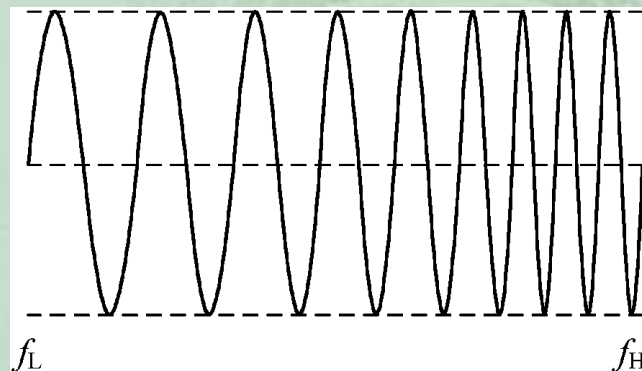
### (1) 扫频的基本概念：

所谓“扫频”，就是利用某种方法，使正弦信号的频率随时间按一定规律，在一定范围扫动。这种频率扫动的正弦信号，称为扫频信号。

设 $V(t)$ 为扫频信号，其瞬时频率 $f$ 在回路谐振频率 $f_0 = \omega_0 / (2\pi)$ 附近做线性扫动，即 $f = f_0 + \gamma t$  式中， $\gamma = df/dt$ ， $\gamma$ 称为扫频速度。则扫频信号可表示为

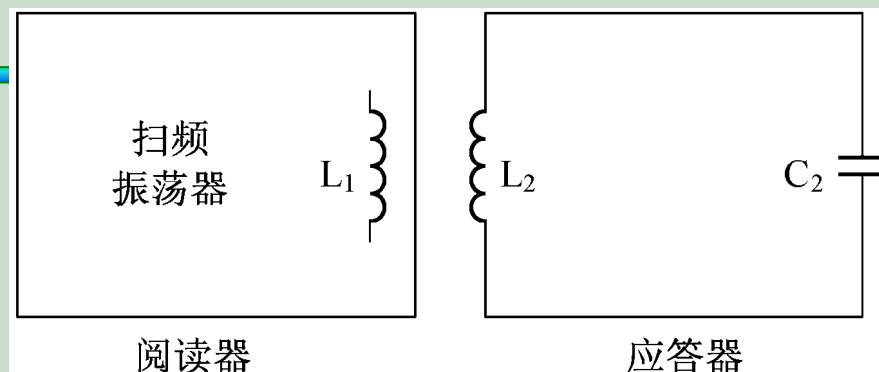
$$v(t) = V_m \cos\left(\int 2\pi f dt\right) = V_m \cos(\omega_0 t + \pi \gamma t^2)$$

信号的波形如下图所示，频率变化从 $f_L$ 到 $f_H$ ，不断重复扫动。



扫频信号

## (2) 扫频法工作原理



阅读器采用扫频振荡器,  $L_1$  是扫频振荡器的电感线圈,  $L_1$  中的电流产生扫频的交变磁场, 频率变化从  $f_L$  到  $f_H$ 。应答器的谐振回路由  $L_2$  和  $C_2$  组成, 其谐振频率为  $f_2$ ,  $f_2$  在  $f_L \sim f_H$  之间。

当应答器接近阅读器, 阅读器扫频信号的频率和应答器谐振回路的频率相等时,  $L_1$  中的电流产生一个明显的增量(其大小取决于扫频速度), 该增量可用于识别。

识别的方法是将阅读器安装于通道口, 线圈可绕成大面积的方框形状, 扫频范围为  $8.2\text{MHz} \pm 10\%$ , 当附有应答器的物品被携带时, 阅读器可给出警示。该技术可用于商场的电子防盗。

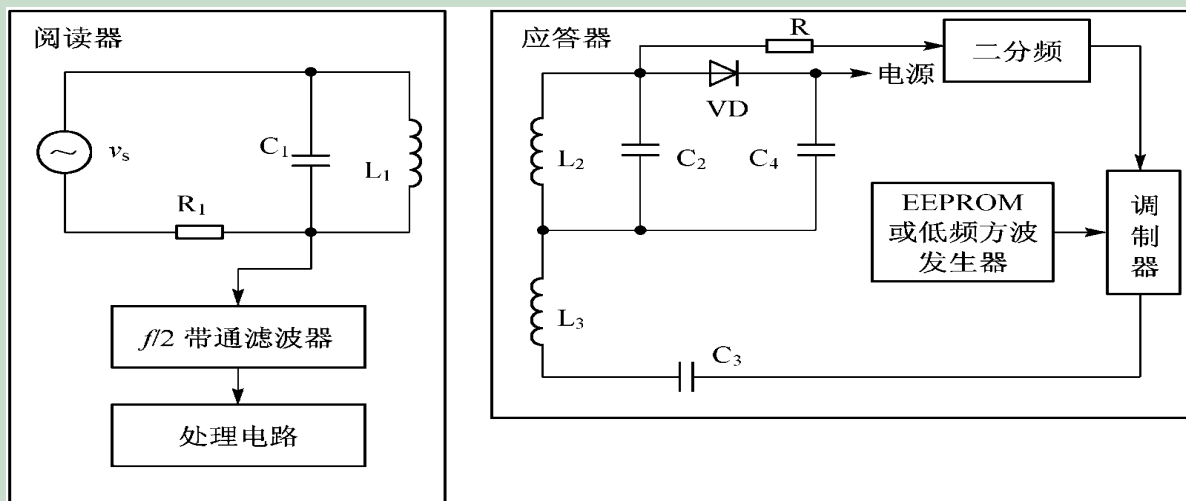
这种由电感线圈和薄膜电容构成谐振回路的无源应答器, 称为1比特应答器。





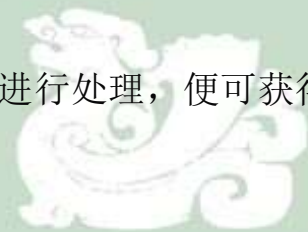
# 分频信号检测法

分频信号检测法的工作原理如下图所示,这种方法的工作频率范围为100~135kHz(如128kHz)。



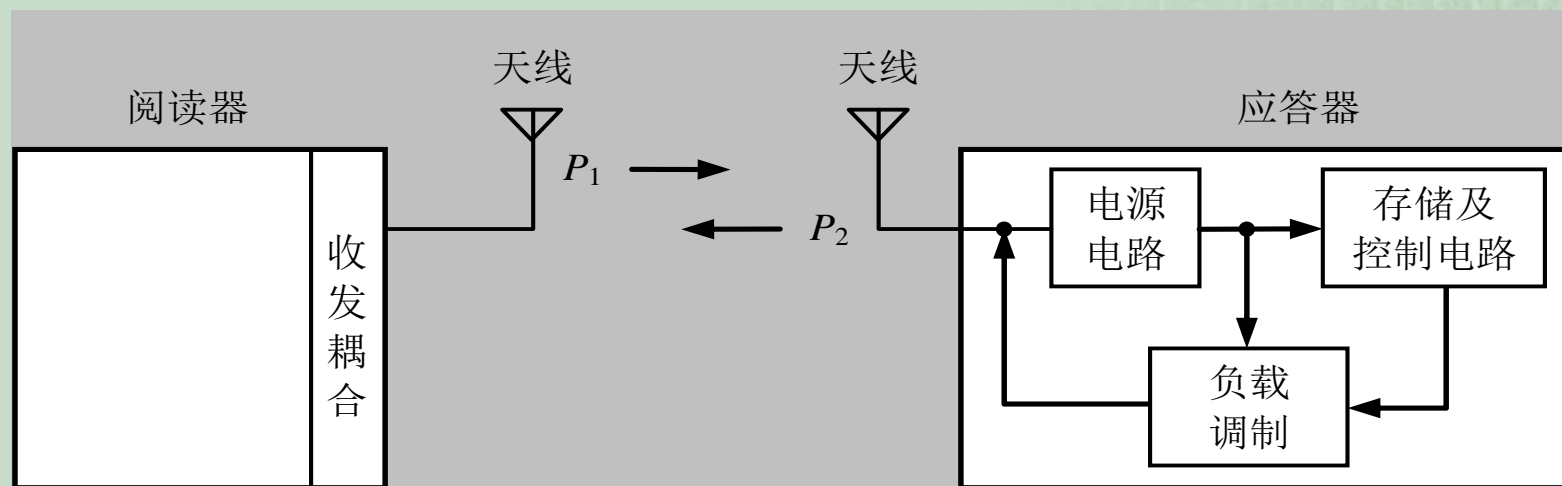
该方法的原理与电感耦合方式相同,应答器是无源的,载波信号经二分频后送至调制器。在调制器中被应答器数据(存储在EEPROM中)或低频方波信号(由低频方波发生器产生)调制。

被调制的二分频载波信号经应答器电感线圈 $L_3$ 送至阅读器,阅读器对二分频载波信号进行处理,便可获得应答器的有关信息。



## 二、RFID反向散射耦合方式

- ✦ 更高频段基于雷达探测目标。
- ✦ 理论基础是电磁波传播和反射的形成，用于微波电子标签。
  - 目标的反射性能随频率的升高而增强，
  - 适用于特高频(UHF)和超高频 (SHF)



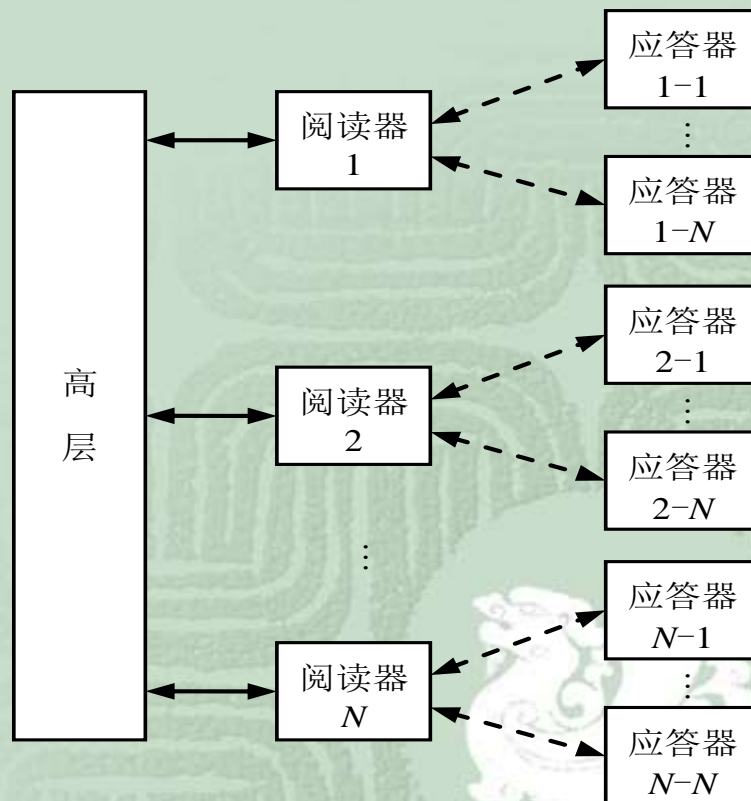
能量与数据传递？

## 1.3 射频识别的应用系统架构

❖ 典型的RFID系统主要由3部分构成：

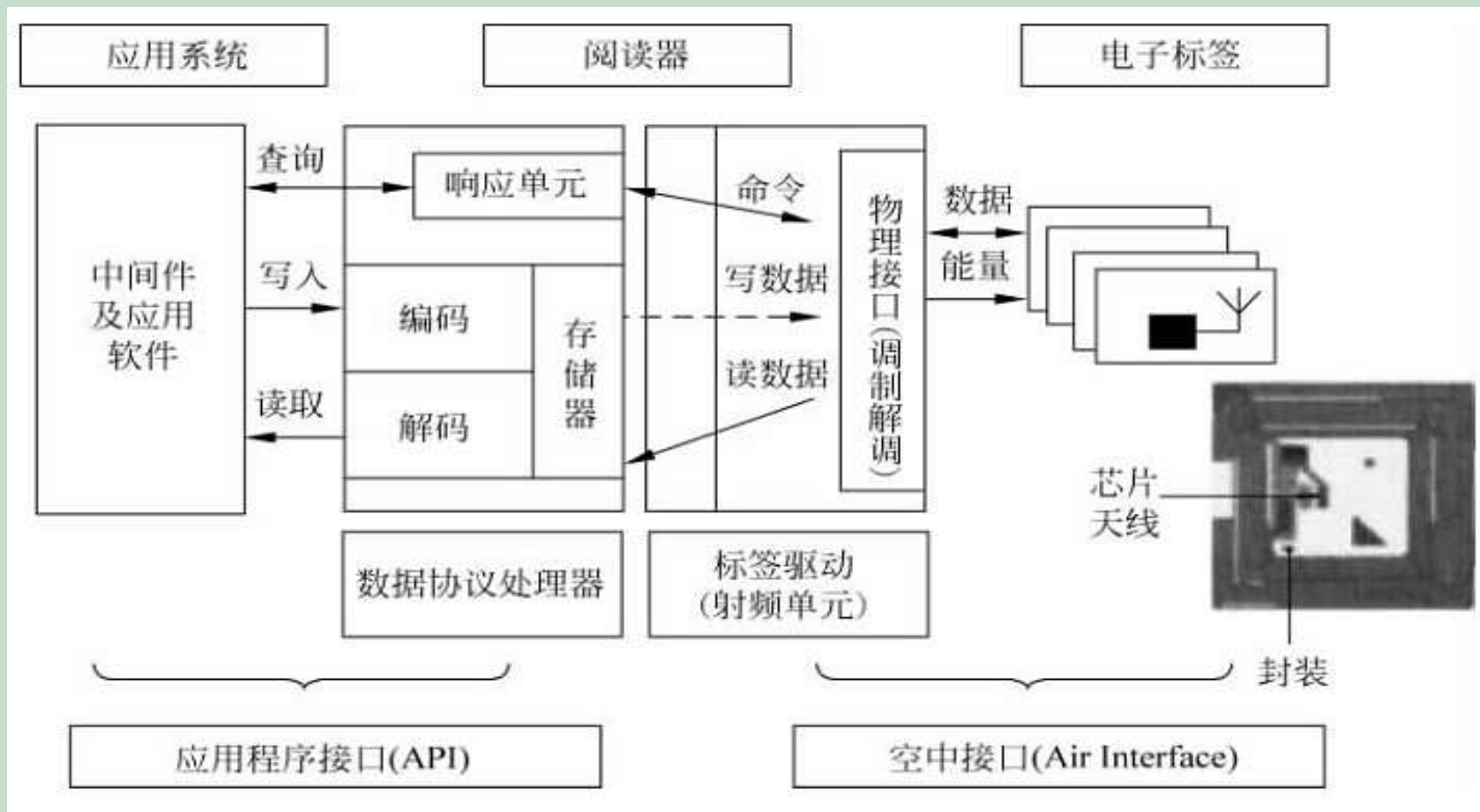
- 阅读器、电子标签、高层（RFID中间件和应用系统软件）

- 1、最简单的应用系统只有单个阅读器，它一次对一个应答器进行操作，如公交汽车上的票务操作。
- 2、较复杂的应用需要一个阅读器可同时对多个应答器进行操作，即要具有防碰撞（亦称防冲突）的能力。
- 3、更复杂的应用系统要解决阅读器的高层处理问题，包括多阅读器的网络连接。



# 射频识别的应用系统架构

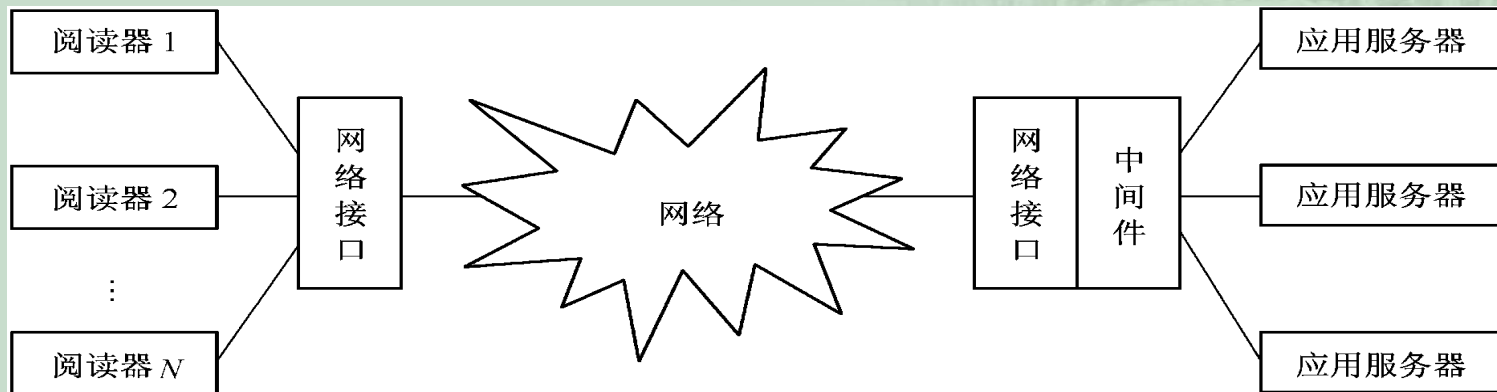
❖ 阅读器、电子标签、高层（RFID中间件和应用系统软件）



# 软件组件

## RFID中间件

- 是电子标签和应用程序之间的中介角色，从应用程序端使用中间件提供的一组通用的应用程序接口API
- 当存储电子标签信息的数据库软件或后端应用程序增加或改由其他软件取代，或者RFID阅读器种类增加等情况发生时，应用端不需修改也能处理，解决了多对多连接的维护复杂性问题。



# RFID中间件与应用软件

终端用户通过RFID中间件接口直接配置、监控以及发送指令给阅读器

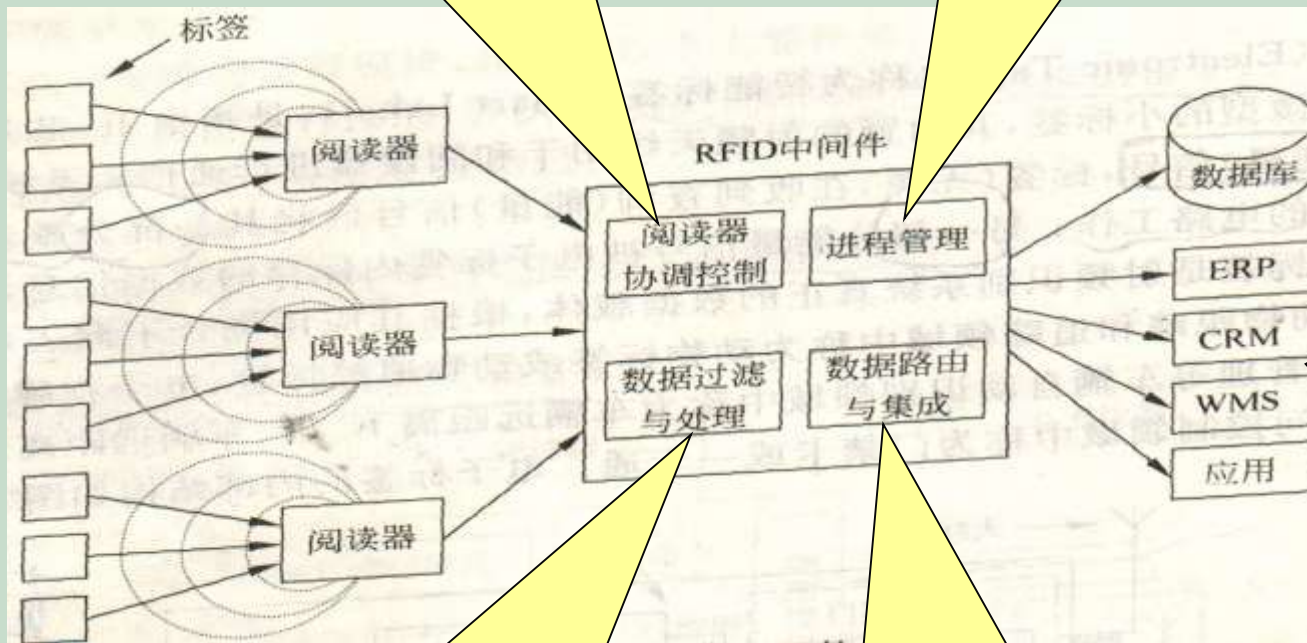
决定采集到的数据传递给哪一个应用

RFID应用系统软件是针对不同行业的特定需求开发的应用软件

可以集成到现有的电子商务和电子政务平台中

通过一定的算法，纠正标签信息传输发生错误，并过滤掉冗余数据产生

根据客户定制的任务负责数据的监控与事件的触发





## 1.4 RFID与相关的自动识别技术

### 自动识别技术:

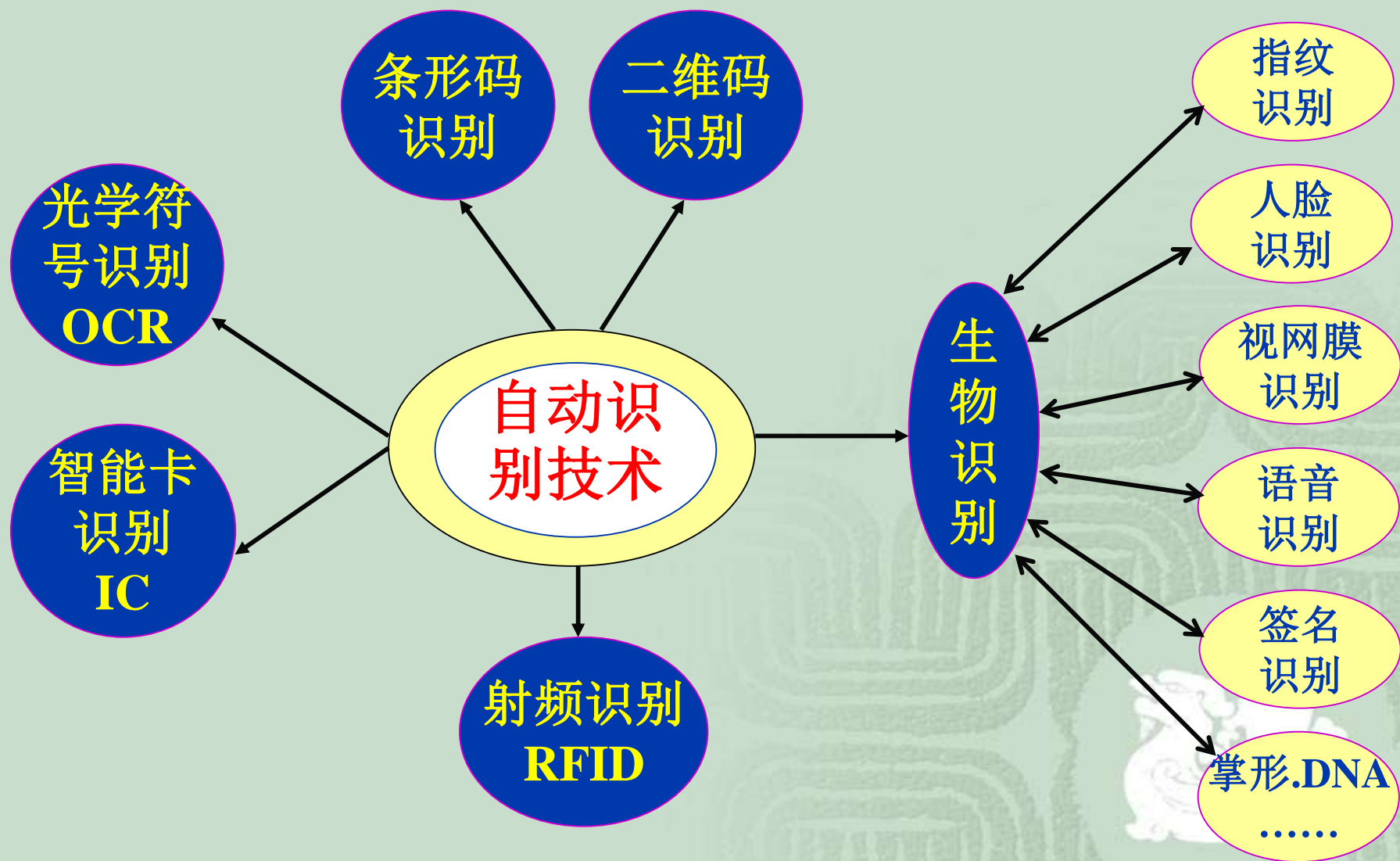
- 用机器识别对象的众多技术的总称。
- 是一种**高度自动化**的信息或数据采集技术。
- 能够**快速、准确**的将现场庞大的数据有效地登录到计算机系统的数据库中。

### 自动识别技术的特点:

- 准确性——自动数据采集，彻底消除人为错误；
- 高效性——信息交换实时进行；
- 兼容性——自动识别技术以计算机技术为基础，可与信息管理系统无缝联结。



# 自动识别技术



# RFID自动识别的优势及特点

1. 快速扫描
2. 体积小型化、形状多样化
3. 抗污染能力和耐久性
4. 可重复使用
5. 穿透性和无屏障阅读
6. 数据的记忆容量大
7. 安全性



# 射频识别技术和条形码识别技术的比较

功能↵	条形码识别码↵	射频识别技术↵
信息载体↵	纸、塑料薄膜、金属表面↵	EEPROM↵
读取能量↵	读取时只能一次一个↵	可同时读取多个电子标签资料↵
远距离读取↵	读取条码时需要光线↵	电子标签不需要光线就可以读取或更新↵
信息量↵	小↵	大↵
读/写能力↵	标签信息不可更新（只读）↵	标签信息可反复读写↵
读取方式↵	CCD 或激光束扫描↵	无线通信↵
读取方便性↵	表面定位读取↵	全方位穿透性读取↵
高速读取↵	移动中读取有所限制↵	可以进行高速移动读取↵
坚固性↵	当条形码脏污或损坏后无法读取，即无耐久性↵	电子标签在严酷、恶劣与肮脏的环境下仍然可读取资料↵
保密性↵	差↵	最好↵
正确性↵	条形码需要人工读取，因而有人为疏漏的可能性↵	电子标签读取无须人工参与，正确性高↵
智能化↵	无↵	有↵
抗干扰能力↵	差↵	很好↵
寿命↵	较短↵	最长↵
成本↵	最低↵	较高↵

## 1.4 RFID系统的性能指标

可读写RFID系统的性能有以下几个指标：

- 射频标签存储容量
- 工作方式
  - 全双工
  - 半双工
- 数据传输速度
  - 只读速度
  - 无源读写速度
  - 有源读写速度
- 读写距离
  - 距离越远，价格越贵
- 多个标签识别能力
- 射频标签与天线间射频载波频率
  - 工作频率与识别距离密切相关
  - 基本上划归4个范围
- RFID系统的连通性
- 数据载体
  - EEPROM
  - FRAM (Ferroelectric)
  - SRAM
- 状态模式
- 能量供应



## 1.4 RFID系统的分类

根据RFID系统完成的功能不同，可以粗略地把RFID系统分成4种类型：

### 1. EAS系统

EAS: Electronic Article Surveillance

电子商品防窃（盗）系统的简称。

### 2. 便携式数据采集系统

### 3. 物流控制系统

### 4. 定位系统。





# RFID系统的分类：按频率

- 低频系统（30kHz-300kHz）
- 高频系统（3MHz-30MHz）
- 微波系统（>300MHz）



# RFID系统的分类：按频率

## ●低频系统（30kHz-300kHz）

- RFID常见的低频工作频率有125kHz和134.2kHz;
- 电子标签内保存的**数据量比较少**，阅读**距离较短**，电子标签外形多样，阅读**天线方向性不强**;
- 技术比较成熟，主要用于短距离、数据量低的RFID系统中。



# RFID系统的分类：按频率

## ● 高频系统（3MHz-30MHz）

- RFID常见的高频工作频率有6.75MHz和13.56MHz;
- 可以传送较大的数据量，阅读距离较长，电子标签及读写器成本较高。



# RFID系统的分类：按频率

## ●微波系统 (>300MHz)

□ 常见的微波工作频率：

433MHz、860/960MHz、2.4GHz和5.8GHz；

□ 主要应用于同时对多个电子标签进行操作、需要较长的读写距离和高读写速度的场合；

□ 天线波束方向较窄，系统价格较高。



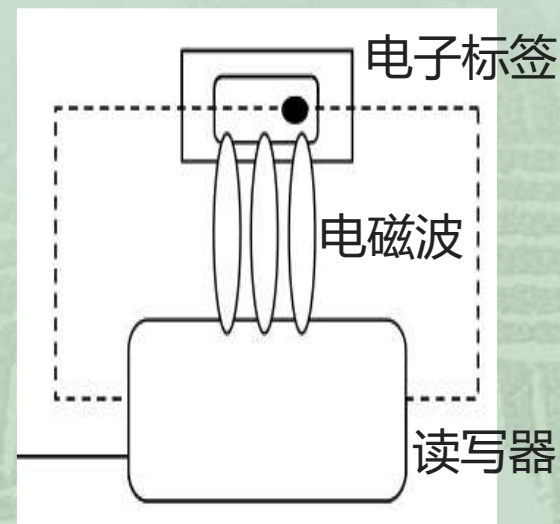
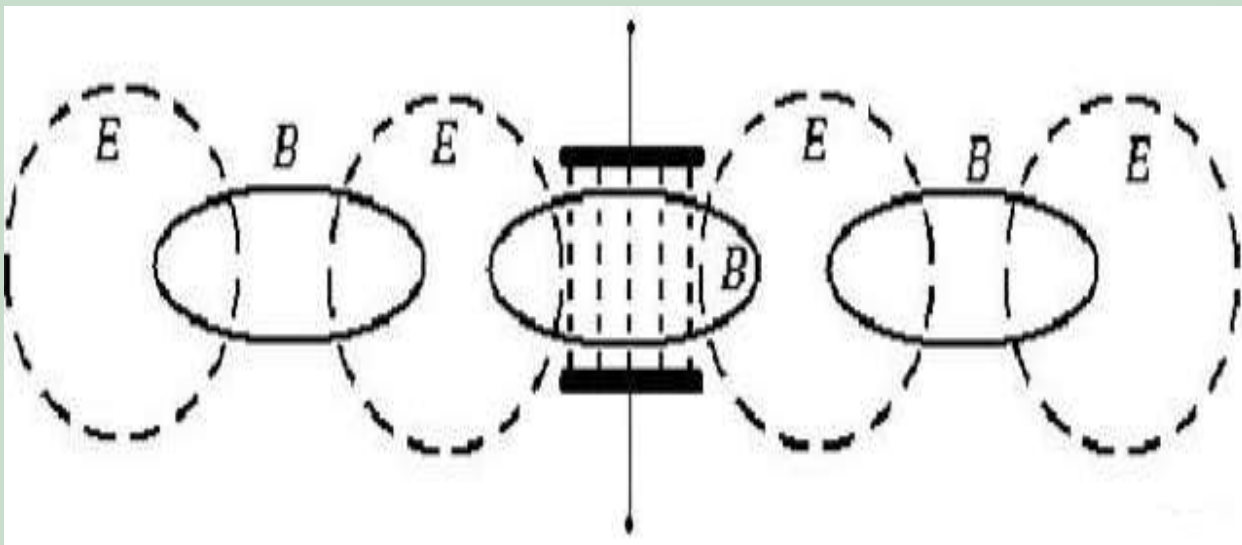
# RFID系统的分类:按供电方式

	无源供电系统	有源供电系统	半有源供电系统
电子标签内 <b>电池</b>	<b>没有</b>	<b>有</b>	有
读写器要 <b>发射功率</b>	<b>较大</b>	小	大
电子标签所在物体的 <b>运动速度</b>	慢	快	快
寿命	较长	短: 3 -10	长
体积	小	大	大
成本	低	高	高
作用距离	较短	较远	远
电子标签的能量	来源于读写器	可为电子标签提供全部能量	主要来源于读写器的射频能量, 标签内部电池仅对维持数据的电路及维持芯片工作电压的电路提供支撑

# RFID系统的分类: 按耦合方式

## ● 电感耦合方式系统

在电感耦合方式中，读写器与电子标签之间的射频信号传递为**变压器模型**，电磁能量通过**空间高频交变磁场**实现耦合



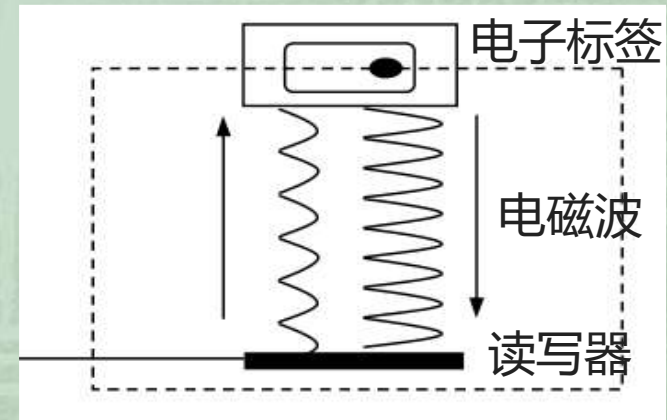
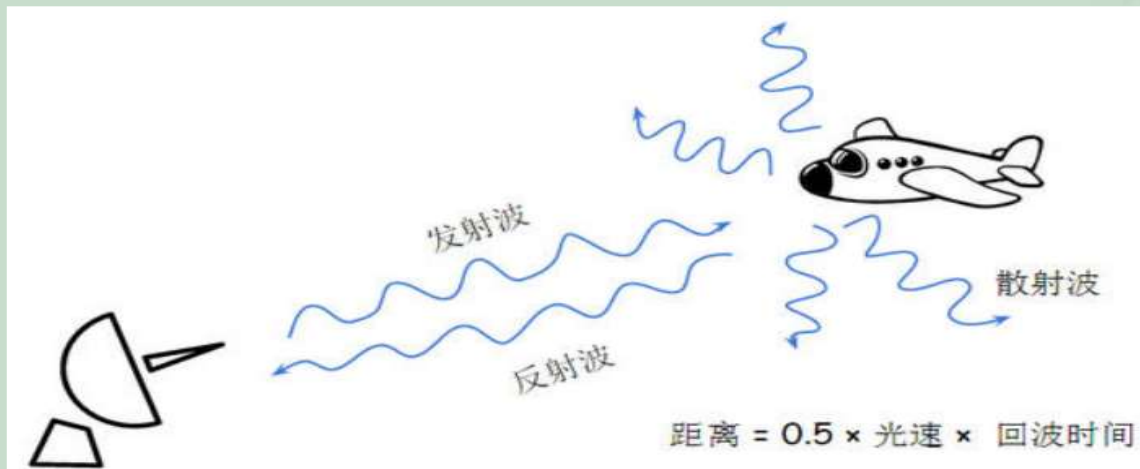
用于**低频与高频**RFID系统中



# RFID系统的分类: 按耦合方式

## ●电磁反向散射方式系统

- ❑ 在电磁反向散射方式中，读写器与电子标签之间的**射频信号传递为雷达模型**；
- ❑ 读写器发射出去的电磁波碰到电子标签后，**电磁波被反射**，同时**携带回电子标签的信息**；
- ❑ 该系统依据的是电磁波空间辐射原理；
- ❑ 一般适用于**微波系统**。



# RFID系统的分类

## 按照技术方式分类

- 主动广播式：电子标签主动向外发射信息
- 被动倍频式：电子标签被动接收
- 被动反射调制式：

读写器发射查询信号，电子标签被动接收，但电子标签返回读写器的频率与读写器发射频率相同。

## 按照工作方式

- 全双工
- 半双工
- 时序

## 按照保存信息方式分类

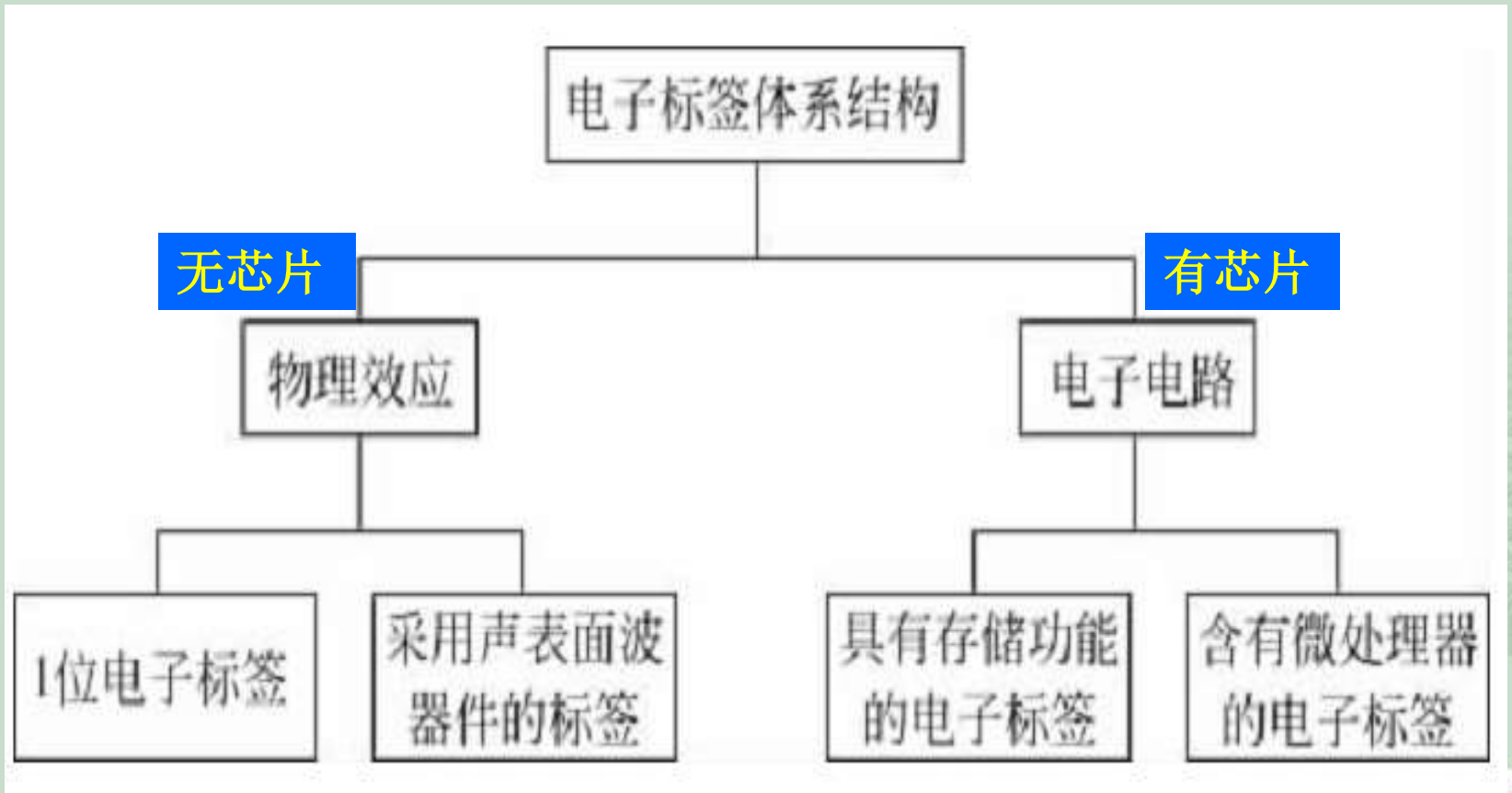
- 只读电子标签
- 一次写入只读电子标签
- 现场有线可改写式
- 现场无线可改写式

# RFID技术的应用

- ❖ **RFID**应用领域广泛，且每种应用的实现，都会形成一个庞大的市场，因此可以说射频识别是一个重要的新的经济增长点。
- ❖ 目前，**RFID**在票务系统（城市公交车、高速公路收费、门票等）、收费卡、城市交通管理、安检门禁、物流、家政、食品安全追溯、药品、矿井生产安全、防盗、防伪、证件、集装箱识别、动物追踪、运动计时、生产自动化、商业供应链等众多领域获得广泛重视和应用。
- ❖ **RFID**的典型应用
  - 第2代身份证、商业供应链应用、防盗



## 1.5 电子标签体系结构的分类



# 1 一位电子标签

✦ 1位系统的数据量为1位(1b)，只有1和0两种状态。

✦ 读写器只能发出两种状态

- “在读写器工作区**有**电子标签”
- “在读写器工作区**无**电子标签”

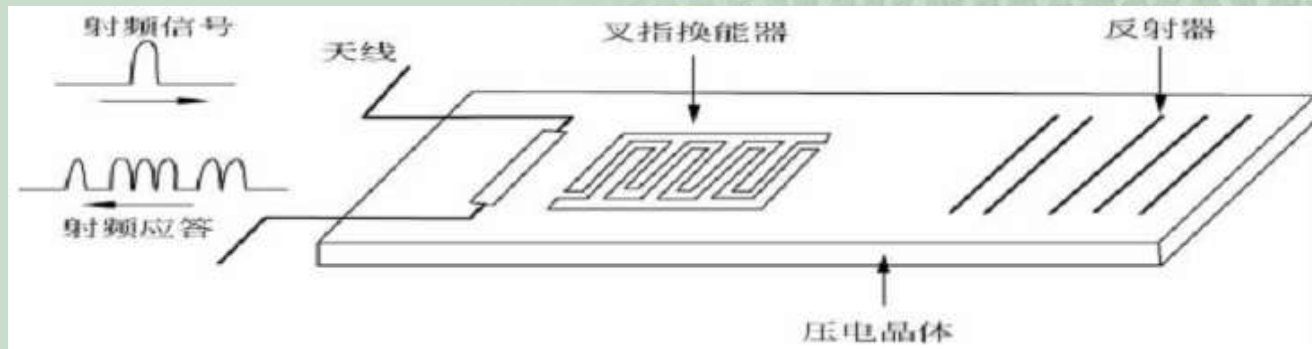
✦ 1位的电子标签不需要芯片，可采用多种方法进行工作

- 射频法
- 微波法
- 分频法
- 智能型
- 电磁法
- 声磁法

## 2 采用声表面波技术的标签

❖ 声表面波(Surface Acoustic Wave: SAW): 传播于压电晶体表面的机械波

- 声表面波标签不需要芯片，应用了电子学、声学、雷达、半导体平面技术及信号处理技术，有别于IC芯片的另一种新型标签
- 组成：具有压电特性 基底材料+叉指换能器 (IDT)
- IDT：由相互交错的金属薄膜构成
- 电信号通过叉指发射换能器转换成声信号（声表面波），在介质中传播一定距离后到达接收叉指换能器，又转换成电信号，从而得到对输入电信号模拟处理的输出电信号。
- 电信号 —> 声信号 —> 电信号





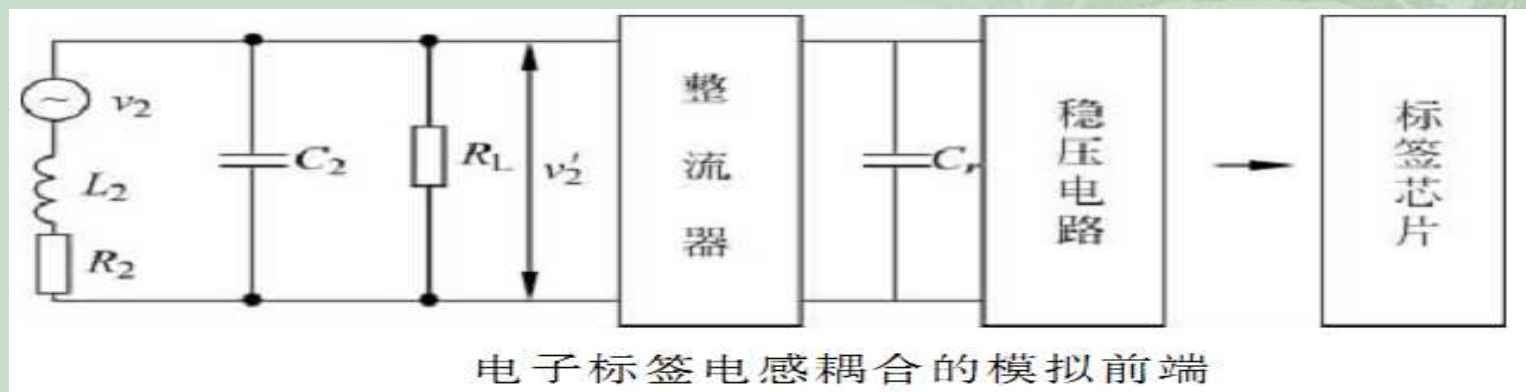
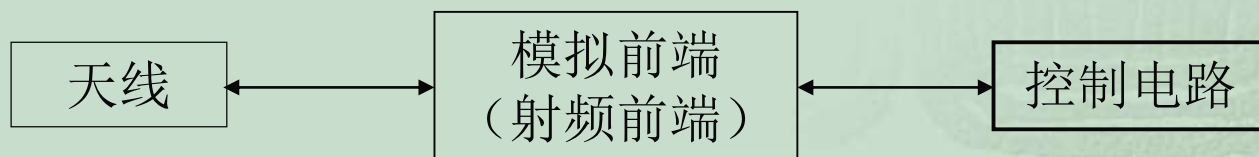
## 声表面波的特点

- 实现电子器件的超小型化。
- 实现电子器件的优越性能。
- 易于工业化生产。
- 性能稳定。
- 声表面波器件，具有体积小、重量轻、可靠性高、一致性好、多功能以及设计灵活等优点。
- SAW器件的工作频率已覆盖  $10\text{MHz} \sim 2.5\text{GHz}$ 。
- 目前SAW标签的工作频率主要为 $2.45\text{GHz}$ ，抗电磁干扰能力强，具有一定的优势，是对集成电路技术的补充。
- 由于声表面波传播速度低，来自读写器周围的干扰反射已衰减较大，不会对声表面波电子标签的有效信号产生干扰。



### 3 含有芯片的电子标签

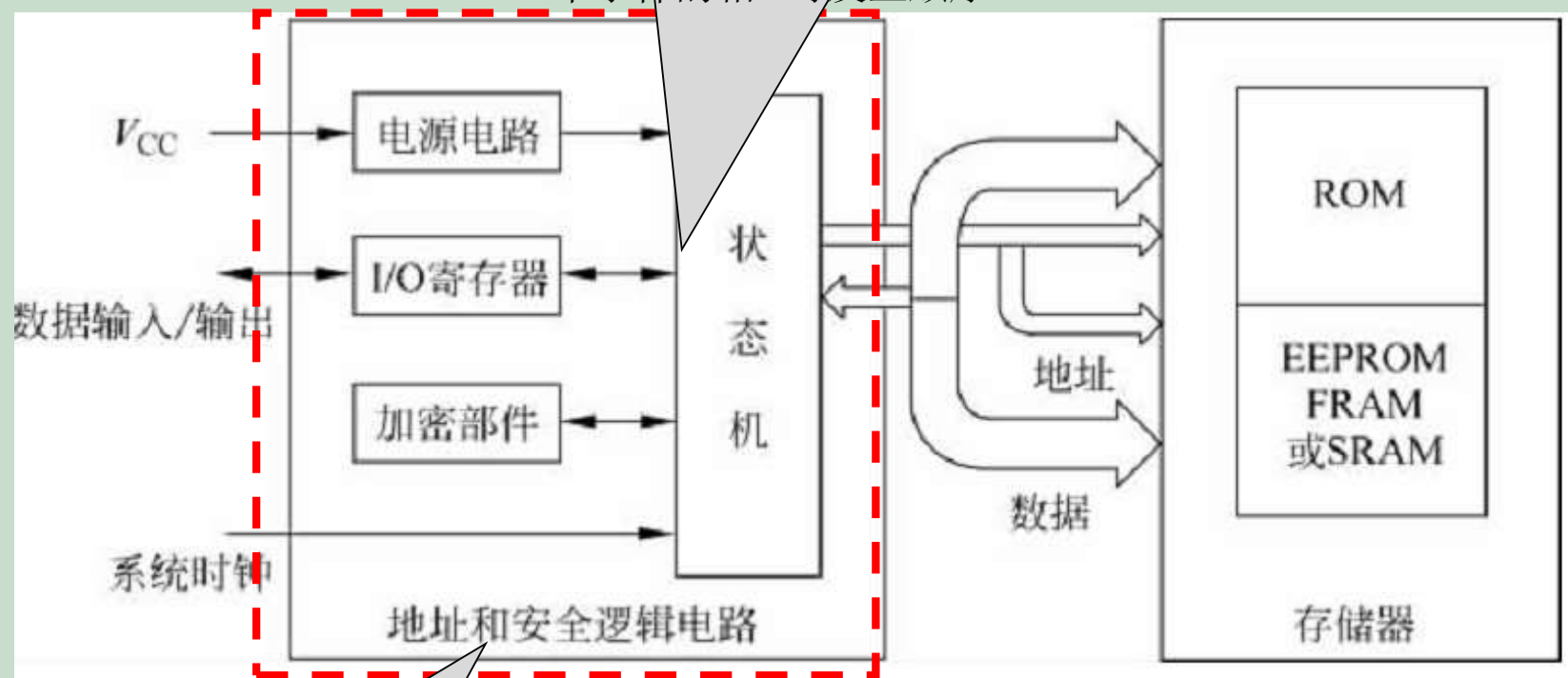
- ✘ 含有芯片的电子标签是以集成电路芯片为基础的电子数据载体，这也是目前使用最多的电子标签。
- ✘ 电子标签通过与读写器电感耦合，产生交变电压，该交变电压通过整流、滤波和稳压后，给电子标签的芯片提供所需的直流电压



# 不含微处理器、但具有存储功能的电子标签

通过状态机对所有的过程和状态进行有关的控制。

采取的操作取决于接收到的事件和各个事件的相对发生顺序



具有存储功能电子标签的控制电路

地址和安全逻辑是数据载体的心脏

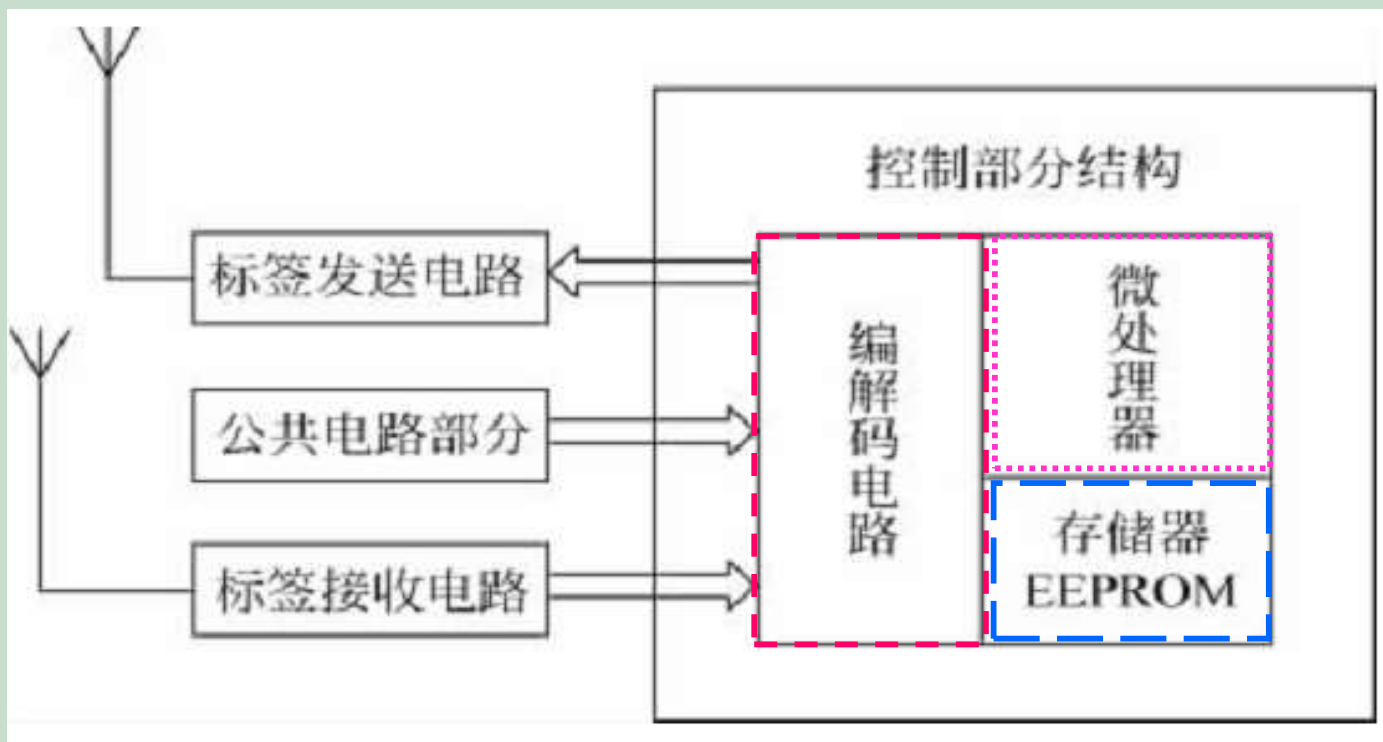
## 分段存储的电子标签

- ✚ 当电子标签存储的容量较大时，可以将电子标签的存储器分为多个存储段。
- 每个存储段单元具有独立的功能，存储着不同应用的独立数据。
  - 各个段单元有单独的密钥保护，以防止非法的访问



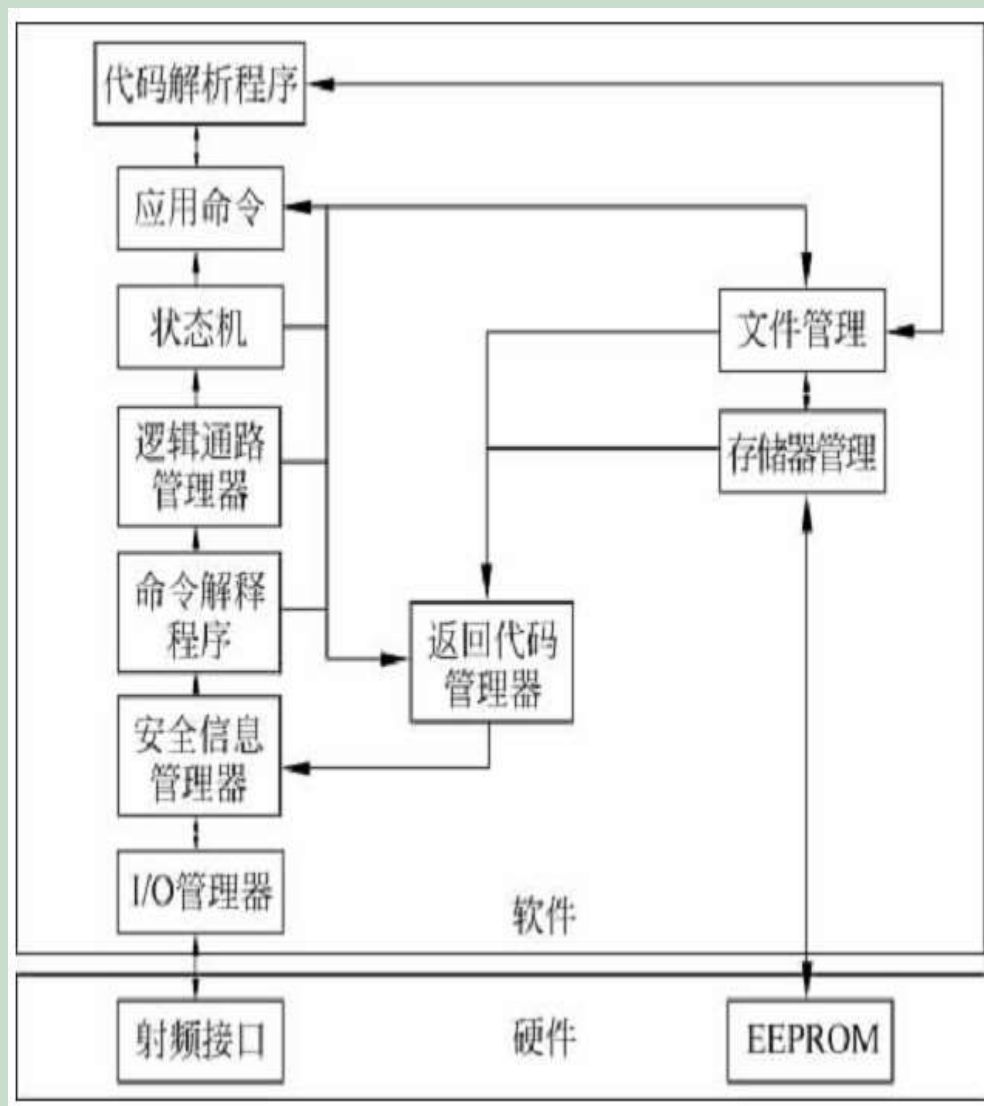
## 4. 含有微处理器的电子标签

- ✦ 含有微处理器的电子标签，控制部分主要由：  
编解码电路、微处理器和存储器组成



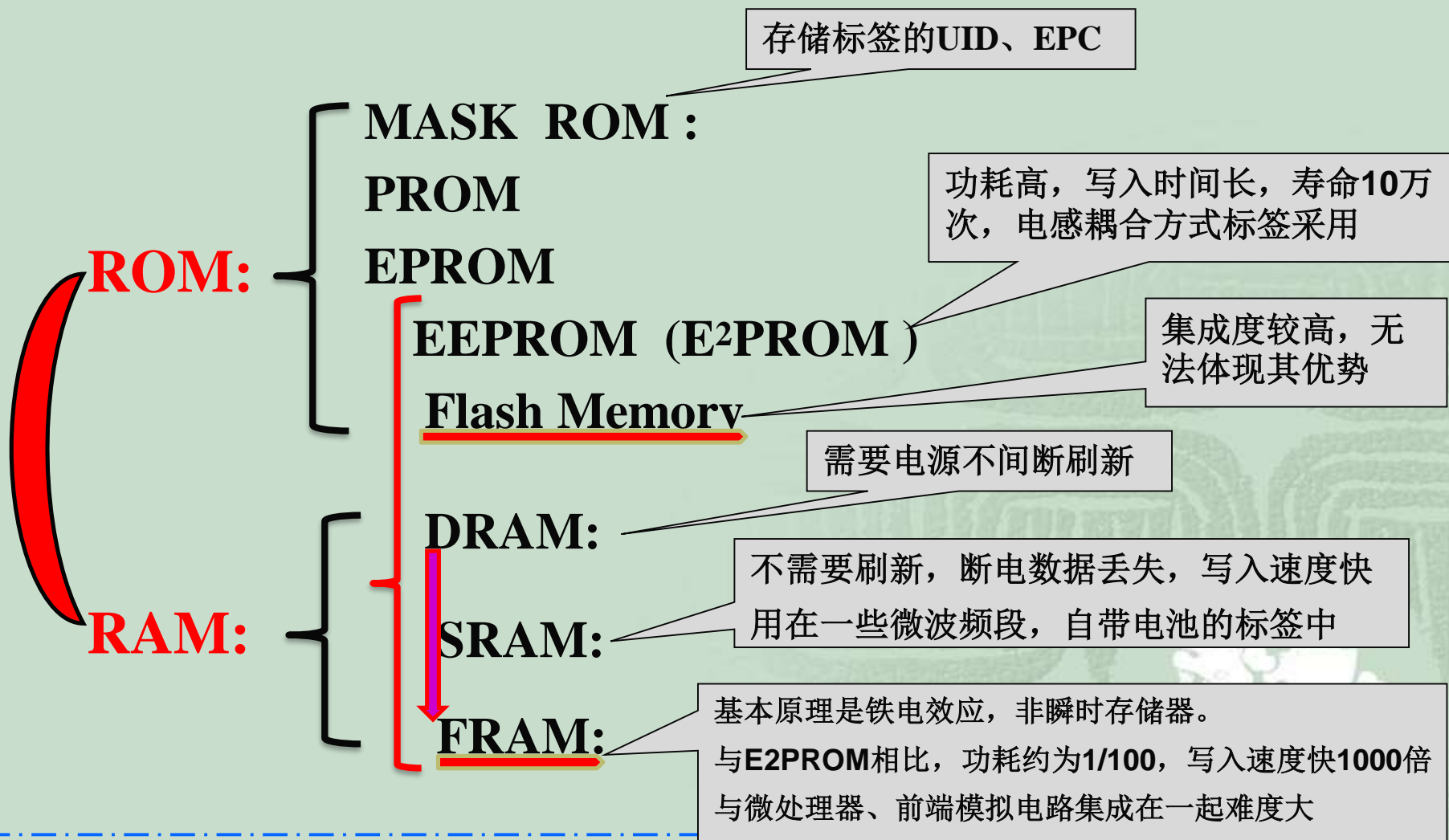
## 5. 含有微处理器的电子标签

- ❖ 操作系统命令的处理过程
- ❖ 读写器向电子标签发送的命令，经电子标签的天线进入射频模块，信号在射频模块中处理后，被传送到操作系统中。
- ❖ 操作系统程序模块是以代码的形式写入ROM的，并在芯片生产阶段写入芯片之中。
- ❖ 操作系统的任务是对电子标签进行数据传输，完成命令序列的控制、文件管理及加密算法。



# 存储器

✚ 具有存储功能的电子标签种类很多，电子标签的档次与存储器的结构密切相关





# 电子标签性能因素

✖1、能量来源:

✖2、电子标签的方向和位置

✖3、电子标签的放置

✖4、标签堆垛(Tag Stacking): 几个电子标签非常靠近、几乎位于同一方向的情况。

✖ 5、标签的移动速度

✖ 6、环境因素

7、读取和写入



# 电子标签的发展趋势

- ❖ 作用距离更远
- ❖ 无源可读写性能更加完善
- ❖ 适合高速移动物识别
- ❖ 快速多标签读/写功能
- ❖ 强磁场下的自保护功能更完善
- ❖ 智能性更强、加密特性更完善
- ❖ 带有传感器功能的标签
- ❖ 带有其他附属功能的标签
- ❖ 具有杀死功能的标签
- ❖ 一致性更好
- ❖ 新的生产工艺
- ❖ 体积更小
- ❖ 成本更低
- ❖ 作用距离更远



# 1.6 RFID技术现状与面临的问题

## RFID技术发展现状与趋势

RFID技术是一项涉及信息、材料、装备及工艺等诸多学科、多技术交叉融合的技术群，涵盖无线电通信、电磁辐射、芯片设计、制造、封装、天线设计、数据变换、信息安全等技术。

从如下8个方面介绍RFID技术发展的现状与趋势。

- (1) 芯片设计与制造
- (2) 天线设计与制造
- (3) 标签封装技术与设备
- (4) 读写器设计与制造
- (5) **RFID**中间件
- (6) 公共服务体系
- (7) **RFID**测试
- (8) 标准制订

# 当前RFID应用和发展面临的问题

我国当前RFID应用和发展还面临一些关键问题与挑战，主要包括：

1. 标签成本问题
2. 标准制订问题
3. 公共服务体系问题
4. 产业链形成问题
5. 技术和安全问题

