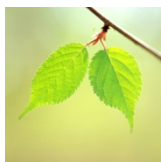
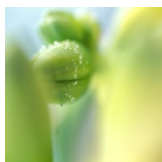
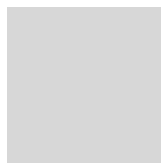
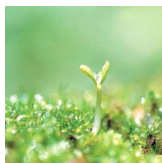
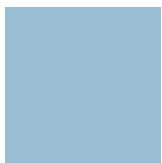
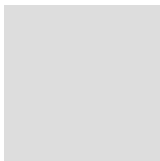


# 第 8 章 硬件技术



# 学习任务



本章主要涉及：

1 微电子机械系统（MEMS）

2 移动设备内置传感器硬件平台

3 数字化传感器及网络接口技术



## 8.1 微电子机械系统（MEMS）



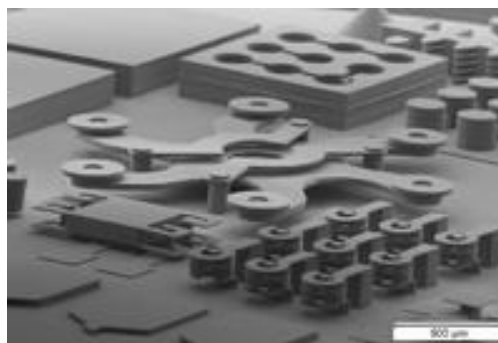
- **微电子机械系统（Micro Electro Mechanical System）简称MEMS**，是集微型机构、微型传感器、微型执行器以及信号处理控制电路、接口、电源等于一体的机械装置。
- 它将自然界各种物理量，如声、光、压力、加速度、温度以及生物、化学物质的浓度信息转化为电信号，并将电信号送入微处理器得到指令，指令被随即发送到微执行器上，对自然界的变化做出相应反应。



## 8.1.1 MEMS简介



- **MEMS**在美国称为微机电系统，在日本被称为微机械，在欧洲被称为微系统，
- 它是指可批量制作的，集微型机构、微型传感器、微型执行器以及信号处理和电路、直至接口、通信和电源等于一体的微型器件或系统。



微电子机械系统（MEMS）



## 8.1.1 MEMS简介



- 微电子机械系统不但能够采集、处理与发送信息或指令，还能够按照所获取的信息自主地或根据外部指令采取行动。
- 它用微电子技术和微加工技术（包括硅体微加工、硅表面微加工、**LIGA**和晶片键合等技术）相结合的制造工艺，制造出各种性能优异、价格低廉、微型化的传感器、执行器、驱动器和微系统。



## 8.1.2 发展概述



- 完整的**MEMS**是由微传感器、微执行器、信号处理和控制电路、通讯接口和电源等部件组成的一体化的微型器件系统。
- 其目标是把信息的获取、处理和执行集成在一起，组成具有多功能的微型系统，集成于大尺寸系统中，从而大幅度地提高系统的自动化、智能化和可靠性水平。



## 8.1.2 发展概述



- **MEMS**第一轮商业化浪潮始于**20世纪70年代末80年代初**，当时用大型蚀刻硅片结构和背蚀刻膜片制作压力传感器。
- 由于薄硅片振动膜在压力下变形，会影响其表面的压敏电阻曲线，这种变化可以把压力转换成电信号。
- 后来的电路则包括电容感应移动质量加速计，用于触发汽车安全气囊和定位陀螺仪。



## 8.1.2 发展概述



- 第二轮商业化出现于**20世纪90年代**，主要围绕着**PC**和信息技术的兴起。**TI**公司根据静电驱动斜微镜阵列推出了投影仪，而热式喷墨打印头现在仍然大行其道。
- 第三轮商业化可以说出现于世纪之交，微光学器件通过全光开关及相关器件而成为光纤通讯的补充。尽管该市场现在萧条，但微光学器件从长期看来将是**MEMS**一个增长强劲领域。





## 8.1.2 发展概述



- 目前**MEMS**产业呈现的新趋势是产品应用的扩展，其开始向工业、医疗、测试仪器等新领域扩张。
- 推动第四轮商业化的其它应用包括一些面向射频无源元件、在硅片上制作的音频、生物和神经元探针，以及所谓的'片上实验室'生化药品开发系统和微型药品输送系统的静态和移动器件。



### 8.1.3 微电子机械系统的应用领域



- **MEMS**用于取代现有仪器或系统中的元器件，最终发展方向是取代现有大系统的集成微光机电系统（**Micro Optical Electro Mechanical System, MOEMS**）。
- **MEMS**目前主要应用在微机械元器件制造、信息、汽车工业、生物医学工程、航空航天、国防军事等多个领域。



## 8.1.3 微电子机械系统的应用领域



### (1) 微机械元器件制造领域

- 微马达、微镊子、微齿轮、微开关、微电感、微透镜阵列、微射流器件等，它可使现有仪器设备体积更小、重量更轻、能耗更低、可靠性更高。

### (2) 信息领域

- 硬盘、光盘读写头、喷墨打印头，光开关、光衰减器、光滤波器、射频开关、射频移相器、数字微镜器件（**digital mirror device, DMD**）、蜂窝电话元器件等都已采用**MEMS**技术制造。



## 8.1.3 微电子机械系统的应用领域



### (3) 汽车工业

- 汽车上用于保护驾驶员安全的安全气囊是最成熟的**MEMS**系统。此外，汽车上的压力传感器、废气传感器、碰撞传感器、电喷控制、空气流量传感器和陀螺等也应用了**MEMS**技术。

### (4) 生物医学工程

- **MEMS**技术还可用于制造药物输出系统，如微泵、微阀、药物喷雾器等。同时，血压传感器、血糖分析传感器、生物芯片、心脏起搏器和植入式微系统等均在研发中。



## 8.1.3 微电子机械系统的应用领域



### (5) 航空航天领域

- 微陀螺、微加速度计、用于姿态控制的微推进系统、微机械红外非制冷成像系统、微飞行器和微（纳、皮）卫星等仪器中也有所应用。

### (6) 国防军事领域

- 化学武器识别系统、武器安全引爆系统、敌我识别系统、用于地雷探索的磁强传感器，智能炮弹、导弹和微型侦察机等。

MEMS陀螺仪



## 8.1.4 微电子机械系统技术



- 微电子机械系统技术包含了材料、设计与模拟、加工制造、封装、测试五个方面。

### (1) MEMS的材料

- 包括导体、半导体和绝缘材料几类。根据不同的使用环境，**MEMS**材料要求耐高温、耐低温、耐腐蚀和耐辐射。
- 在微传感器和微执行器的制造中，**MEMS**需要使用具有各种功能的材料，如压电材料、压阻材料、磁性材料和形状记忆合金等。



## 8.1.4 微电子机械系统技术



### (2) MEMS设计与模拟技术

- **MEMS设计与模拟技术**包括了专用集成电路（**application specific integrated circuit, ASIC**）设计、机械微结构设计、加工工艺流程设计、掩模板设计，以及微传感器和微执行器结构参数优化与性能模拟等。



## 8.1.4 微电子机械系统技术



### (3) MEMS加工技术

- **MEMS**加工技术主要分为硅微加工技术和非硅微加工技术两类。
- **MEMS**硅微加工技术应用了微电子常规工艺，包括氧化、薄膜制备、光刻、刻蚀、电镀、离子注入等。





## 8.1.4 微电子机械系统技术



### (4) 非硅MEMS微加工技术

- 非硅**MEMS**微加工技术包括**LIGA**、激光、电火花等微加工技术。
- **LIGA**技术是**Lithographie**、**Galvanoformung**和**Abformung**三个德语单词的缩写，该技术包含了同步辐射**X**射线光刻、微电铸和微复制三个工艺步骤，能制备高深宽比聚合物和金属微结构，并能采用微复制工艺进行批量生产。



## 8.1.4 微电子机械系统技术



### (5) MEMS封装技术

- **MEMS**封装技术的目的是建立微传感器和微执行器与专用集成电路的连接，并减少外部环境对微传感器和微执行器工作的影响。
- **MEMS**封装技术包括倒焊装、重布线、密封封装和真空封装等。
- 设计**MEMS**器件的封装往往比设计普通集成电路的封装更加复杂，这是因为要满足工作在严酷环境条件下的需求,例如，冲击、震动、温度变化、潮湿和**EMI/RFI**等。



## 8.1.4 微电子机械系统技术



### (6) MEMS测试技术

- **MEMS**测试技术主要是对微传感器和微执行器的性能，如微结构力学性能、**MEMS**器件的光学性能、电学性能、以及量程、分辨率、响应频率等进行测试。
- 可靠性测试是**MEMS**产品进入市场的前提，其内容包括了高低温、使用环境、振动、疲劳、使用寿命等方面的测试。



## 8.1.5 产品应用实例



### ① 苹果iPhone

- iPhone将使用**MEMS**陀螺仪，比如保龄球、高尔夫等运动游戏。另外，该项技术还可以将iPhone和桌面**PC**游戏结合在一起。

### ② 奥林巴斯数码相机 u1050SW

- 使用者可通过敲击**LCD**显示屏或机身外壳来改变设置、拍照和查看拍摄的照片。例如，当使用者在滑雪坡道上拍照时，无需脱下手套即可操作相机。



## 8.1.5 产品应用实例



### ③ GPS辅助导航

- **MEMS**压力传感器可以使**GPS**导航更精确，**Sensor Platforms**公司和其它供应商都在开发集成有**MEMS**航位推算功能的系统，这样你的导航系统就可以跟随你进入建筑物内（甚至是地铁）而不迷路。
- 它的开发者在开发把**GPS**、相机、**MEMS**传感器集成在一个平台，这样导航系统不但知道使用者身处何处，还知道使用者看到些什么，这样屏幕上的数据交互以确定你寻找的建筑物。



## 8.2 移动设备内置传感器硬件平台



- 有许多**传感器**可供节点平台使用，使用哪种传感器往往由具体的应用需求以及传感器本身的特点决定。
- 需要根据处理器与传感器的交互方式：通过模拟信号和通过数字信号，选择是否需要外部模数转换器和额外的校准技术。



## 8.2.1 内置传感器



厂商	传感器	工作电压 (V)	工作能耗	离散采样时间
Taos	可见光传感器	2.7-5.5	1.9mA	330us
Dallas Semiconductor	温度传感器	2.5-5.5	1mA	400ms
Sensirion	湿度传感器	2.4-5.5	550uA	300ms
Intersema	压强传感器	2.2-3.6	1mA	35ms
Honeywell	磁传感器	Any	4mA	30us
Analog Devices	加速度传感器	2.5-3.3	2mA	10ms
Panasonic	声音传感器	2-10	0.5mA	1ms
Motorola	烟传感器	6-12	5uA	-
Melixis	被动式红外传感器	Any	0mA	1ms
Li-Cor	合成光传感器	Any	0mA	1ms
Ech2o	土壤水分传感器	2-5	2mA	10ms



## 8.2.2 微处理器



- **微处理器**是无线传感节点中负责计算的核心，目前的微处理器芯片同时也集成了内存、闪存、模数转换器、数字IO等，这种深度集成的特征使得它们非常适合在无线传感器网络中使用。
- 影响节点工作整体性能的微处理器关键性能包括功耗特性，唤醒时间（在睡眠/工作状态间快速切换），供电电压（长时间工作），运算速度和内存大小。





## 8.2.2 微处理器



常用微处理器及其关键特性

厂商	设备	发布年份	字长(位)	工作电压(V)	内存KB	闪存KB	工作能耗(mA)	睡眠能耗(uA)	唤醒时间(us)
Atmel	Atmega128L	2002	8	2.7-5.5	4	128	0.95	5	6
	Atmega1281	2005	8	1.8-5.5	8	128	0.9	1	6
	Atmega1561	2005	8	1.8-5.5	8	256	0.9	1	6
Ember	EM250	2006	16	2.1-3.6	5	128	8.5	1.5	>1000
Freescale	HC05	1988	8	3.0-5.5	0.3	0	1	1	>2000
	HC08	1993	8	4.5-5.5	1	32	1	20	4
	HCS08	2003	8	2.7-5.5	4	60	7.4	1	10
Jennic	JN5121	2005	32	2.2-3.6	96	128	4.2	5	>2500
	JN5139	2007	32	2.2-3.6	192	128	3.0	3.3	>2500
TI	Msp430F149	2000	16	1.8-3.6	2	60	0.42	1.6	6
	Msp430F1611	2004	16	1.8-3.6	10	48	0.5	2.6	6
	Msp430F2618	2007	16	1.8-3.6	8	116	0.5	1.1	1
	Msp430F5437	2008	16	1.8-3.6	16	256	0.28	1.7	5
ZiLOG	eZ80F91	2004	16	3.0-3.6	8	256	50	50	3200



## 8.2.3 通信芯片



- **通信芯片**是无线传感节点中重要的组成部分，在一个无线传感节点的能量消耗中，通信芯片通常消耗能量最多，在目前常用的节点上，**CPU**在工作状态电流仅**500uA**，而通信芯片在工作状态电流近**20mA**。
- 通信芯片的传输距离是选择传感节点的重要指标。发射功率越大，接受灵敏度越高，信号传输距离越远。



## 8.2.3 通信芯片



常用通信芯片：

- **CC1000:**

可工作在**433MHz**，**868MHz**和**915MHz**；采用串口通信模式时速率只能达到**19.2Kbps**

- **CC2420:**

工作频率**2.4GHz**，是一款完全符合**IEEE 802.15.4**协议规范的芯片；传输率**250Kbps**



## 8.2.3 通信芯片



常用通信芯片及其关键特性

厂商	传感器	工作电压 (V)	工作能耗	离散采样时间
Taos	可见光传感器	2.7-5.5	1.9mA	330us
Dallas Semiconductor	温度传感器	2.5-5.5	1mA	400ms
Sensirion	湿度传感器	2.4-5.5	550uA	300ms
Intersema	压强传感器	2.2-3.6	1mA	35ms
Honeywell	磁传感器	Any	4mA	30us
Analog Devices	加速度传感器	2.5-3.3	2mA	10ms
Panasonic	声音传感器	2-10	0.5mA	1ms
Motorola	烟传感器	6-12	5uA	-
Melixis	被动式红外传感器	Any	0mA	1ms
Li-Cor	合成光传感器	Any	0mA	1ms
Ech2o	土壤水分传感器	2-5	2mA	10ms



## 8.3 数字化传感器及网络接口技术



- 随着现代化的发展，传感器的功能已突破传统的功能，其输出不再是单一的模拟信号，而是经过微电脑处理好的数字信号，有的甚至带有控制功能，这就是所说的数字传感器。
- 随着计算机的飞速发展以及单片机的日益普及，世界进入了数字时代，人们在处理被测信号时首先想到的是电脑（单片机或计算机），具有输出信号便于电脑处理的传感器就是数字传感器。



## 8.3.1 数字传感器



数字传感器的特点是：

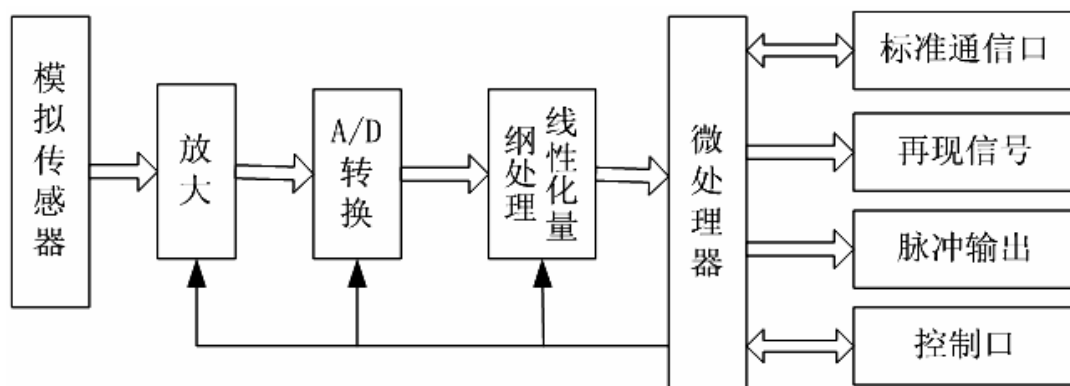
- ①数字传感器将模拟信号转换成数字信号输出，提高了传感器输出信号抗干扰能力，特别适用于电磁干扰强、信号距离远的工作现场；
- ②软件对传感器线性修正及性能补偿，减少系统误差；
- ③一致性与互换性好。



## 8.3.1 数字传感器



- 模拟传感器产生的信号经过放大、转换、线性化及量纲处理后变成纯粹的数字信号，该数字信号可根据要求以各种标准的接口形式（如**232**、**422**、**485**、**USB**等）与中央处理机相连，可以输出线性无漂移地再现模拟信号，按照给定程序去控制某个对象（如电动机）等。



## 8.3.2 传感器的网络化



- 传感器网络化的目标是采用标准的网络协议，同时采用模块化结构将传感器和网络技术有机地结合起来。
- 敏感元件输出的模拟信号经**AD**转换及数据处理后，由网络处理装置根据程序的设定和网络协议（**TCP/IP**）将其封装成数据帧，并加以目的地址，通过网络接口传输到网络上。

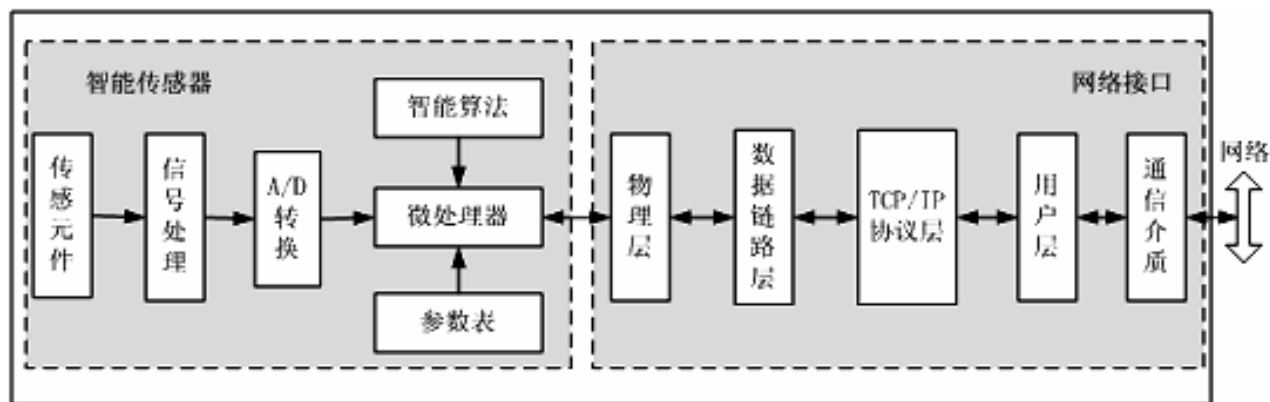




## 8.3.2 传感器的网络化



- 反过来，网络处理器又能接收网络上其它节点传给自己的数据和命令，实现对本节点的操作，这样传感器就成为测控网中的一个独立节点。网络化传感器的基本结构如下图所示。



网络化传感器的基本结构



## 8.4 未来的物联网硬件技术



需要解决的问题和主要研究内容包括：

- ■ 纳米技术—设备和电路的微型化以及精巧化
- ■ 各种传感器技术—嵌入式传感器技术、嵌入式驱动装置技术
- ■ 衔接纳米和微系统的各种技术解决方案
- ■ 通信技术—天线技术、高效节能的射频（**RF**）前端技术
- ■ 纳米电子学—纳米电子元器件设备和纳米电子元器件技术，具有自主配置、优化电路体系结构。



## 8.3.2 传感器的网络化



- 聚合物电子学
- 嵌入式系统——微能源消耗和供给的微型处理器/微型控制器技术、硬件加速技术
- 低成本、高性能的安全识别/认证设备
- 低成本硬件制造技术
- 防篡改、抗干扰技术，在旁侧信息通道上具有感知能力或者具有警觉性的硬件设计技术



## 8.5 案例：M2M道路照明解决方案



### 1. 物联网道路照明系统结构结构

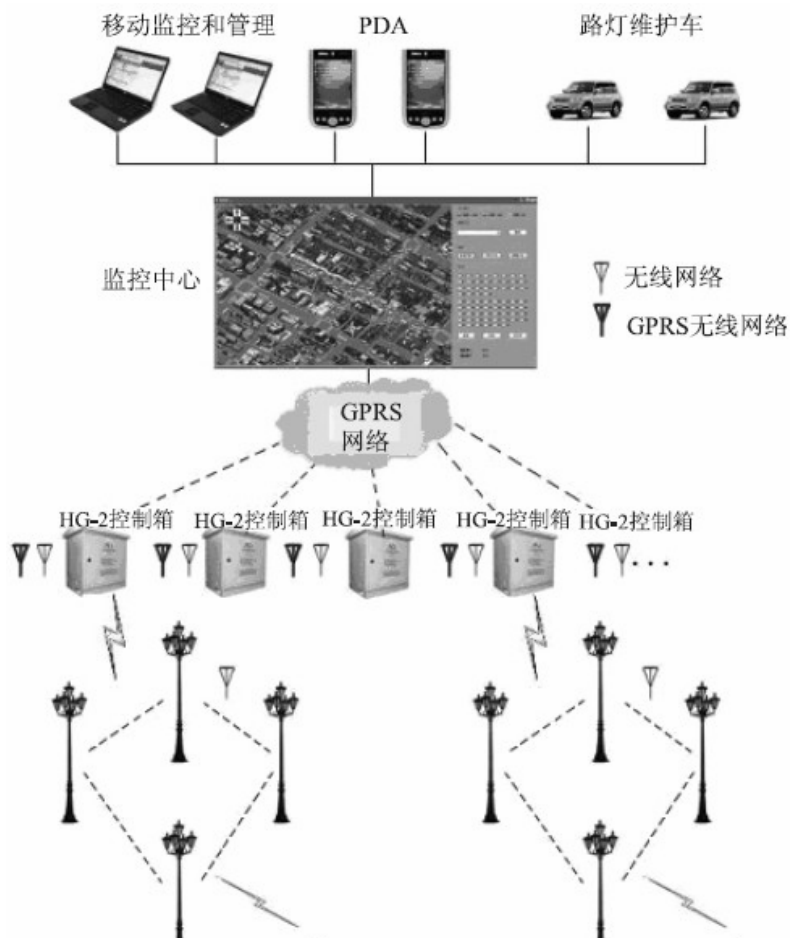
- 基于物联网道路照明系统通过在每盏路灯嵌入一个无线通信模块，使它们自组网络，接受控制中心的命令并将路灯的状态反馈给控制中心；
- 采用**ZigBee**技术与所管辖道路的所有路灯通信，采用**GPRS**与控制中心通信，根据控制中心的指令或时间和日照亮度对每盏路灯发出控制命令（路灯开启、关闭、照明度（功率大小）等），自动调节整条道路的功率平衡



## 8.5 案例：M2M道路照明解决方案



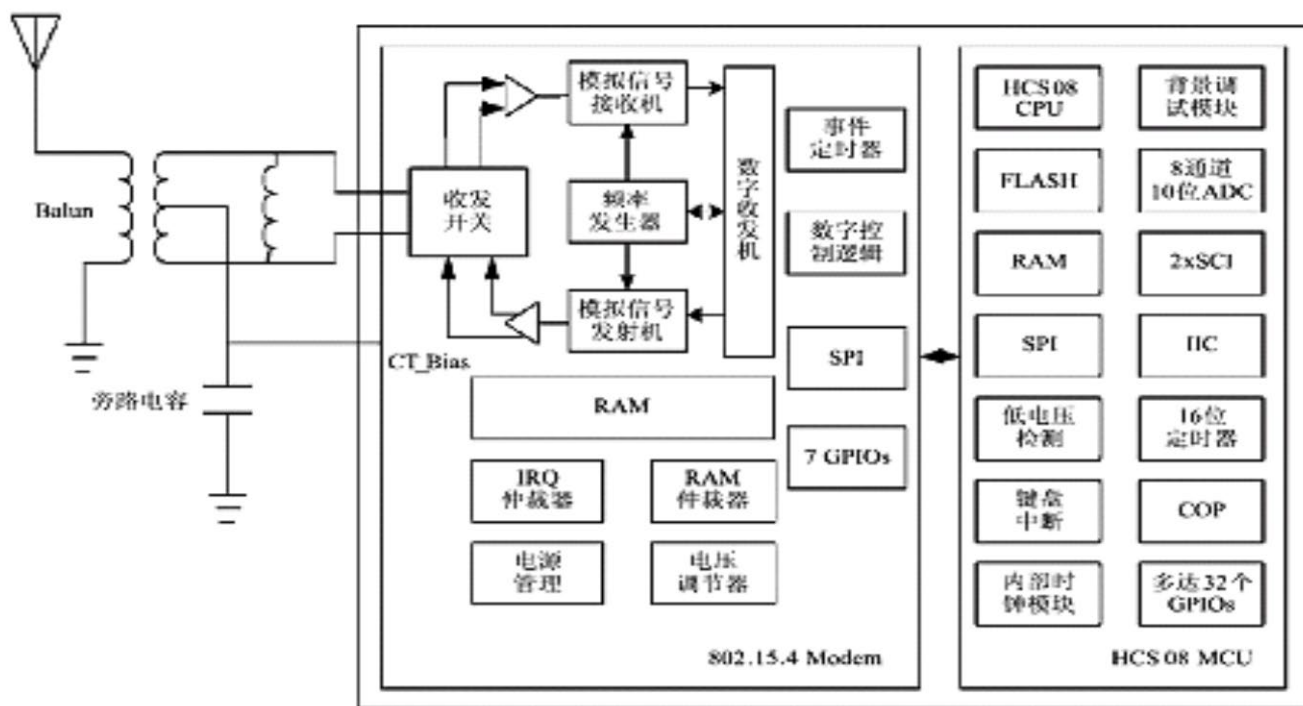
无线通信M2M  
模块控制道路照  
明系统结构



## 8.5 案例：M2M道路照明解决方案



### 2. 无线采集通信模块



无线采集模块的结构



## 8.5 案例：M2M道路照明解决方案



- 无线通信模块采用**ZigBee**技术、**IEEE802.15.4**协议，通信覆盖半径可达**150m**，能与在其覆盖范围内的任何路灯节点自组网络 and 进行通信。



远程无线通信模块



## 8.5 案例：M2M道路照明解决方案



- 3. 通信协议
- 4. 与中央监控的连接
- 5. 控制中心软件设计
- 6. 实际应用

物联网道路照明系统应用  
效果对比

时间 3 个月 (91 天)	平均点亮时间	耗电总度数	节电 总度数
左边路灯 100 * 250W / 时	25kW * 6 小时 (天)	13650 (91 天)	13650
右边路灯 100 * 250W / 时	25kW * 12 小时 (天)	27300 (91 天)	0





