



微控设计网 <http://www.Microcontrol.cn>

微控技术论坛 <http://bbs.Microcontrol.cn>

主题:基于模拟前端信号处理与控制技术的专业论坛,网站.

# 基于 **MSP430** 的 **ZigBee/802.15.4** 解决方案

**Thomas Kot**

德州仪器**MSP430**资深市场工程师

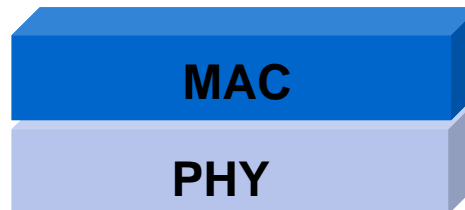
**thomas-kot@ti.com**

# 会议议程

- **802.15.4, ZigBee** 介绍;
- **MSP430 802.15.4/ZigBee** 解决方案;
- 演示: **4** 节点 **ZigBee** 网络应用;
- 利用开发套件进行应用开发;
- 基本情况、统计数据及其他信息。

# 什么是 IEEE 802.15.4?

- 针对低数据速率无线应用的 **IEEE** 标准;
- 个人局域网 (**PAN**);
- 致力于实现低功耗、低成本及稳健性;
- 定义物理层 (**PHY**) 与媒体接入控制 (**MAC**) 通信层;
- 可选择时延, 以延长电池使用寿命。



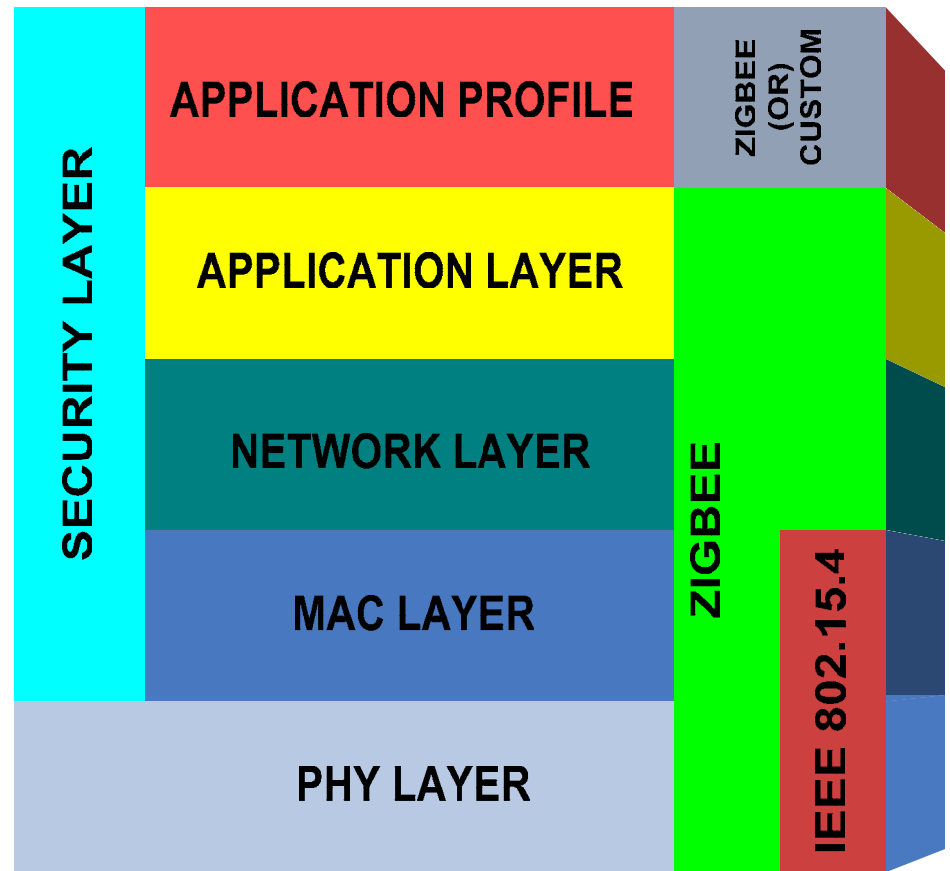
# 什么是 ZigBee?

- 针对 **LR-WPAN**/传感器与控制无线网状网络的标准规范；
- 低成本；
- 低功耗；
- 无频带费用（无许可限制）；
- **ISM** 频带；
- 安全数据；
- 标准的和可定制的框架；
- 低数据速率、较长的电池使用寿命。

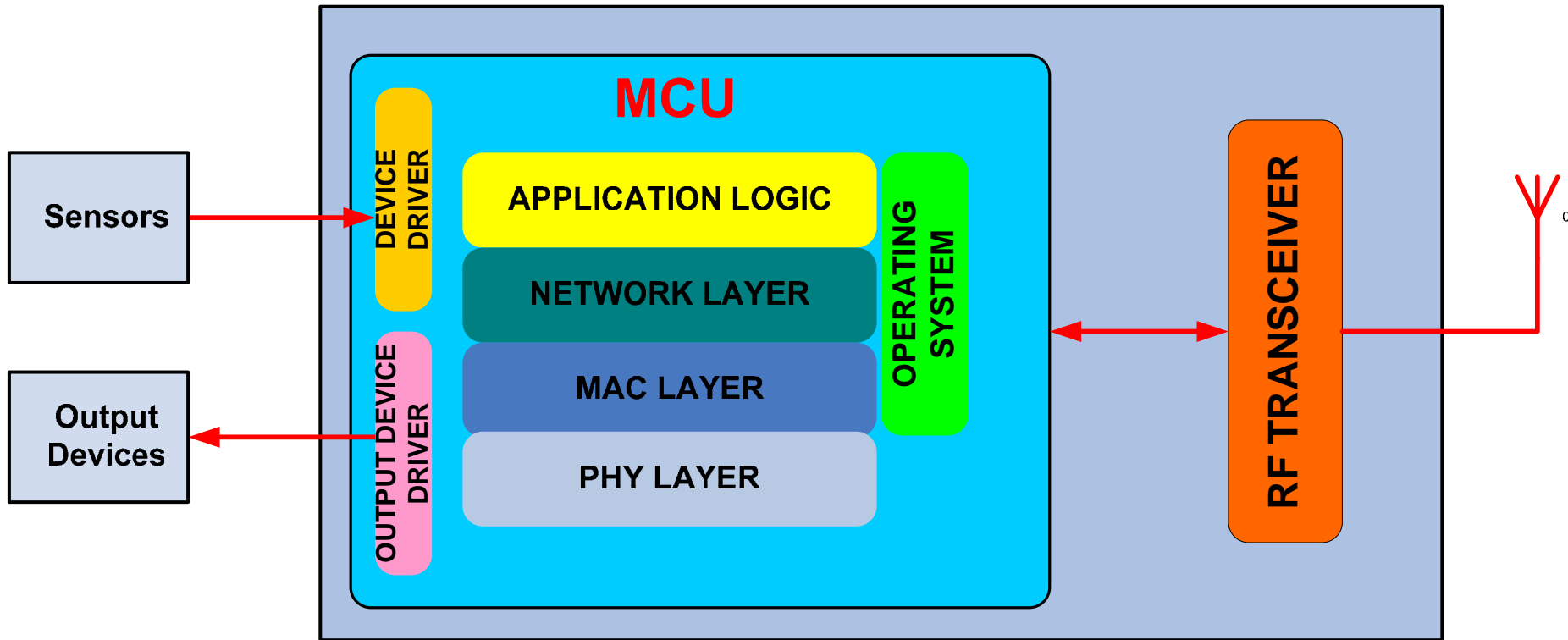
<b>Frequency</b>	Worldwide 2.4 GHz, 16 channels	Americas 915 MHz, 10 channels	Europe 868 MHz, 1 channel
<b>Datarate</b>	250kbps	40kbps	20kbps

# ZigBee 协议栈——分层块图

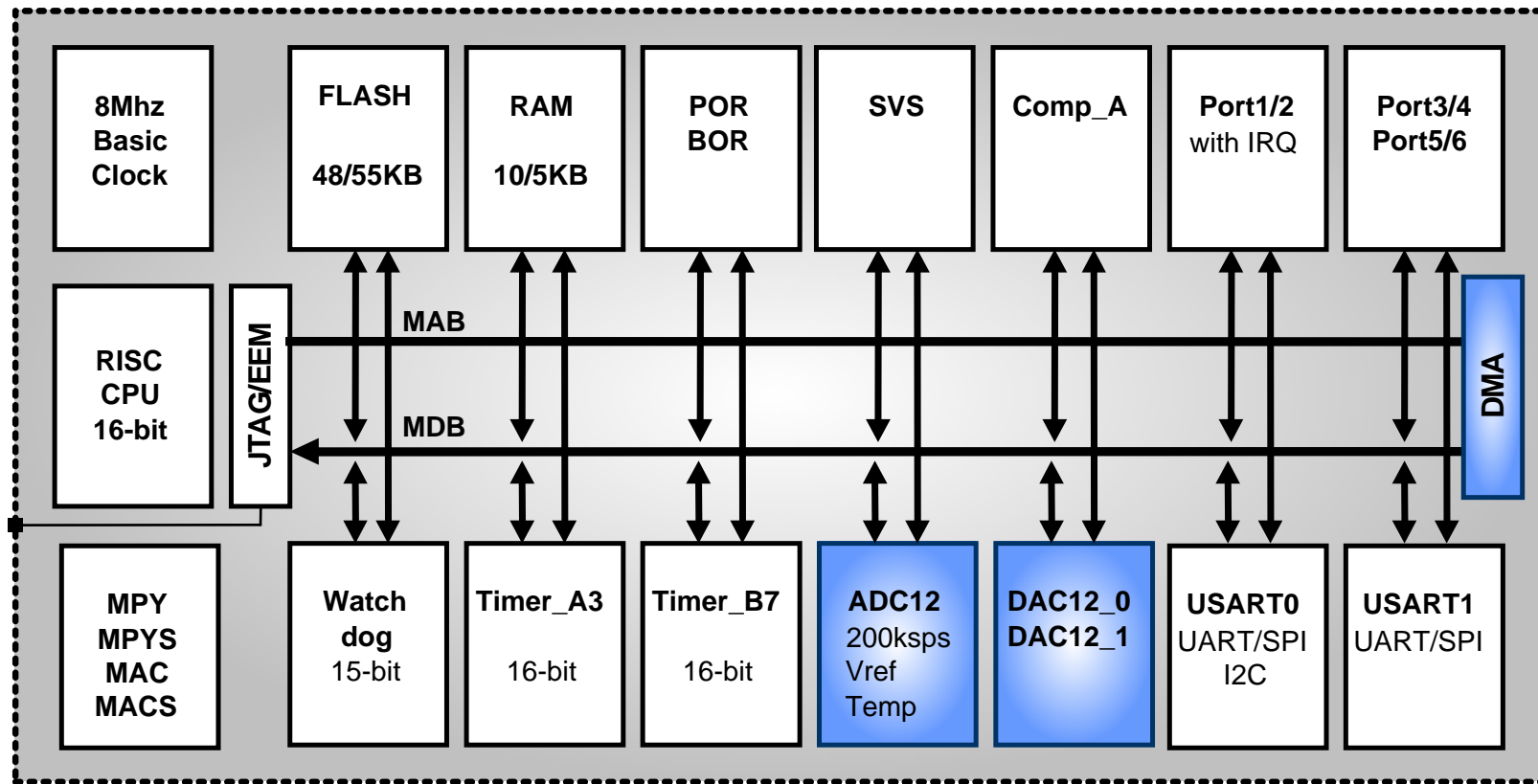
- 协议栈层是在**IEEE 802.15.4**的**PHY/MAC**层之上；
- 网络与路由功能；
- 应用框架；
- 安全性服务。



# ZigBee 器件方框图



# MSP430F161x: **ZigBee 就绪型** MCU



- 无线遥感



# MSP430 第三方 802.15.4 解决方案

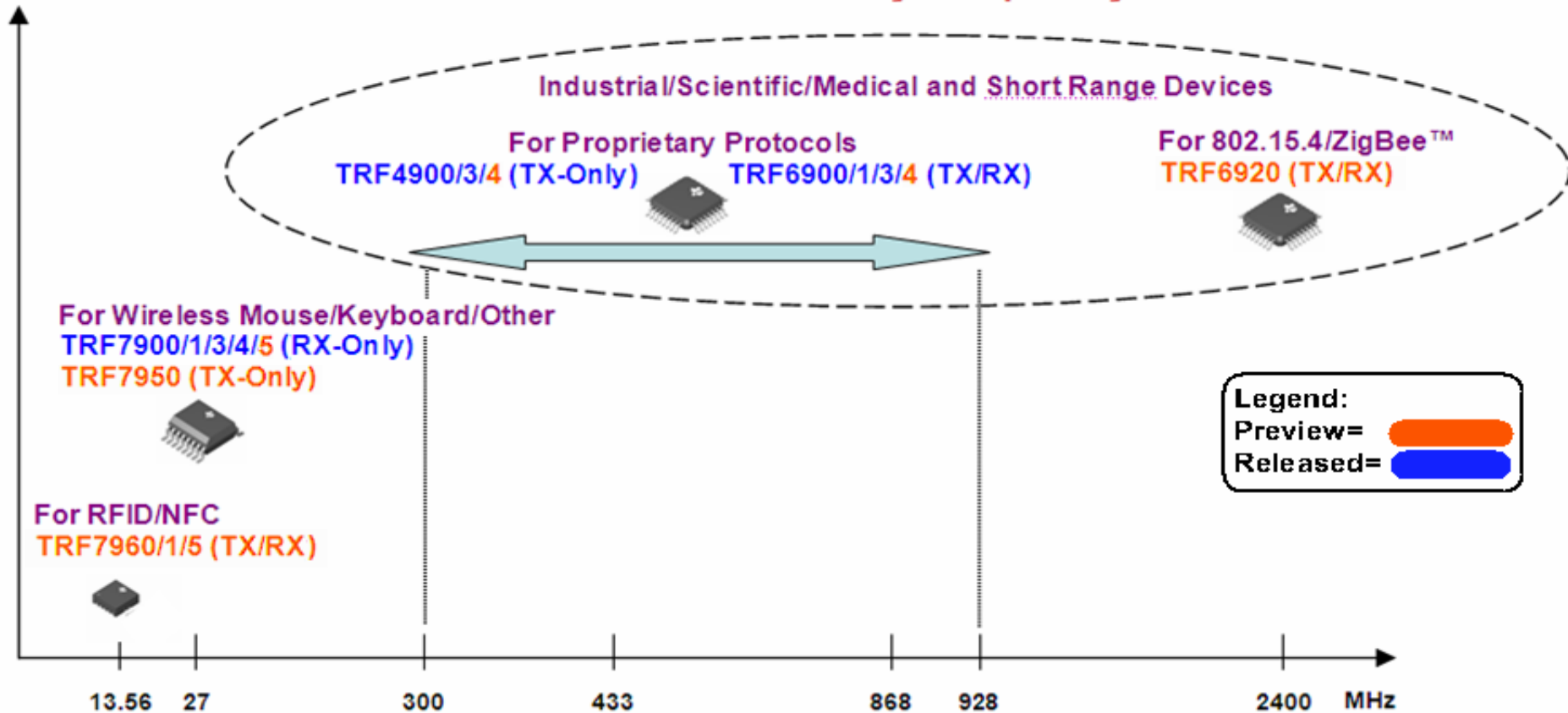
公司名称	2.4 GHz 收发器	网址
Airbee Wireless	CC2420	<a href="http://www.airbeewireless.com">www.airbeewireless.com</a>
Cratlon	CC2420	<a href="http://www.cratlon.com">www.cratlon.com</a>
Luxoft	CC2420	<a href="http://www.luxoft.com">www.luxoft.com</a>
Ember	EM2420	<a href="http://www.ember.com">www.ember.com</a>
IWT Wireless	CC2420	<a href="http://www.iwtwireless.com">www.iwtwireless.com</a>
Moteiv	CC2420	<a href="http://www.moteiv.com">www.moteiv.com</a>

# MSP430 第三方 ZigBee 解决方案

公司名称	2.4 GHz 收发器	网址
Airbee Wireless	CC2420	<a href="http://www.airbeewireless.com">www.airbeewireless.com</a>
Cratlon	CC2420	<a href="http://www.cratlon.com">www.cratlon.com</a>
Ember	EM2420	<a href="http://www.ember.com">www.ember.com</a>

# 低功耗无线产品系列

## Low Power Wireless Portfolio by Frequency Band



# Ember 公司

- 技术

  - MSP430F1611;

  - 2.4 GHz 收发器 (EM2420);

  - ZigBee 协议栈约为 45KB 闪存;  
开发工具。

- 支持

  - 文档;

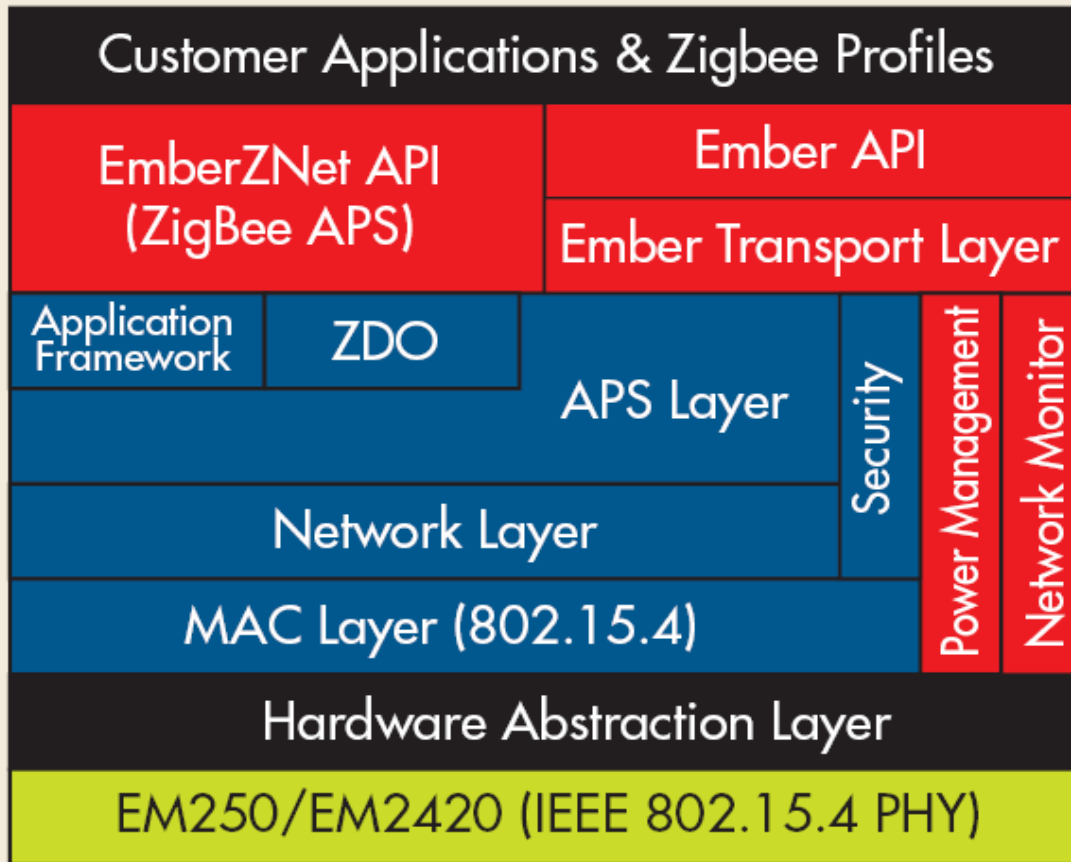
  - 通过访问 [www.ember.com](http://www.ember.com) 获得开发套件;




  - 生产/部署服务;

  - 咨询;

  - 培训。

# Ember 协议栈架构



-  EmberZNet Enhancements
-  ZigBee & 802.15.4 Specified
-  Hardware

ZDO - ZigBee Device Objects

APS Layer - Application Support Layer

# Moteiv 公司

- 技术

  - MSP430F1611;

  - 采用 TinyOS ~9KB 闪存的 802.15.4 协议栈;

  - 5.1 uA 待机电流;

  - 业界一流的 2.4 GHz 收发器 (CC2420);

  - 开发工具。

- 支持

  - TinyOS 提供免费的 802.15.4 协议栈‘Telos’，详情访问 [www.tinyos.net](http://www.tinyos.net);

  - 文档;

  - 咨询;

  - 培训。

# Moteiv Tmote Sky 模块

- 优势

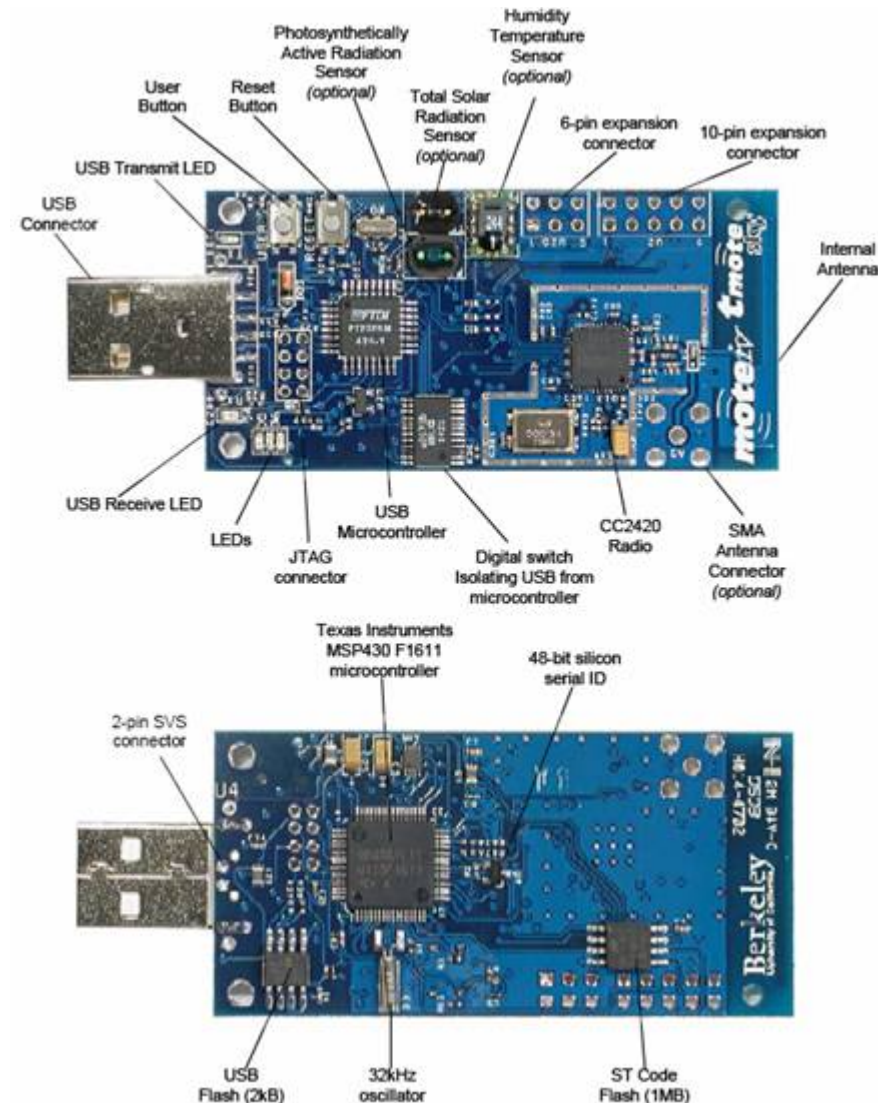
- 功耗极低；
  - 高度集成的天线。

- 文档

- Tmote Sky 快速启动指南；
  - 详情参见：[www.tinyos.net](http://www.tinyos.net)。

- 开发者套件

- 单价为 130 美元，详情参见：[www.moteiv.com](http://www.moteiv.com)；
  - MSP430F1611 MCU；
  - CC2420 收发器。



© 2005 Texas Instruments Inc, Slide 14

# Airbee Wireless 公司

- 技术

  - MSP430F1611/12;

  - ZigBee-lite协议栈~45KB闪存;

  - Chipcon 2.4 GHz 收发器 (CC2420);

  - 开发工具。

- 支持

  - 独立 4 节点 Zigbee ZNS-Light 协议栈, 专用于德州仪器 (TI)

    - MSP430F1611/12;

  - 通过电子邮件提供技术支持;

  - 文档;

  - 咨询;

  - 培训。

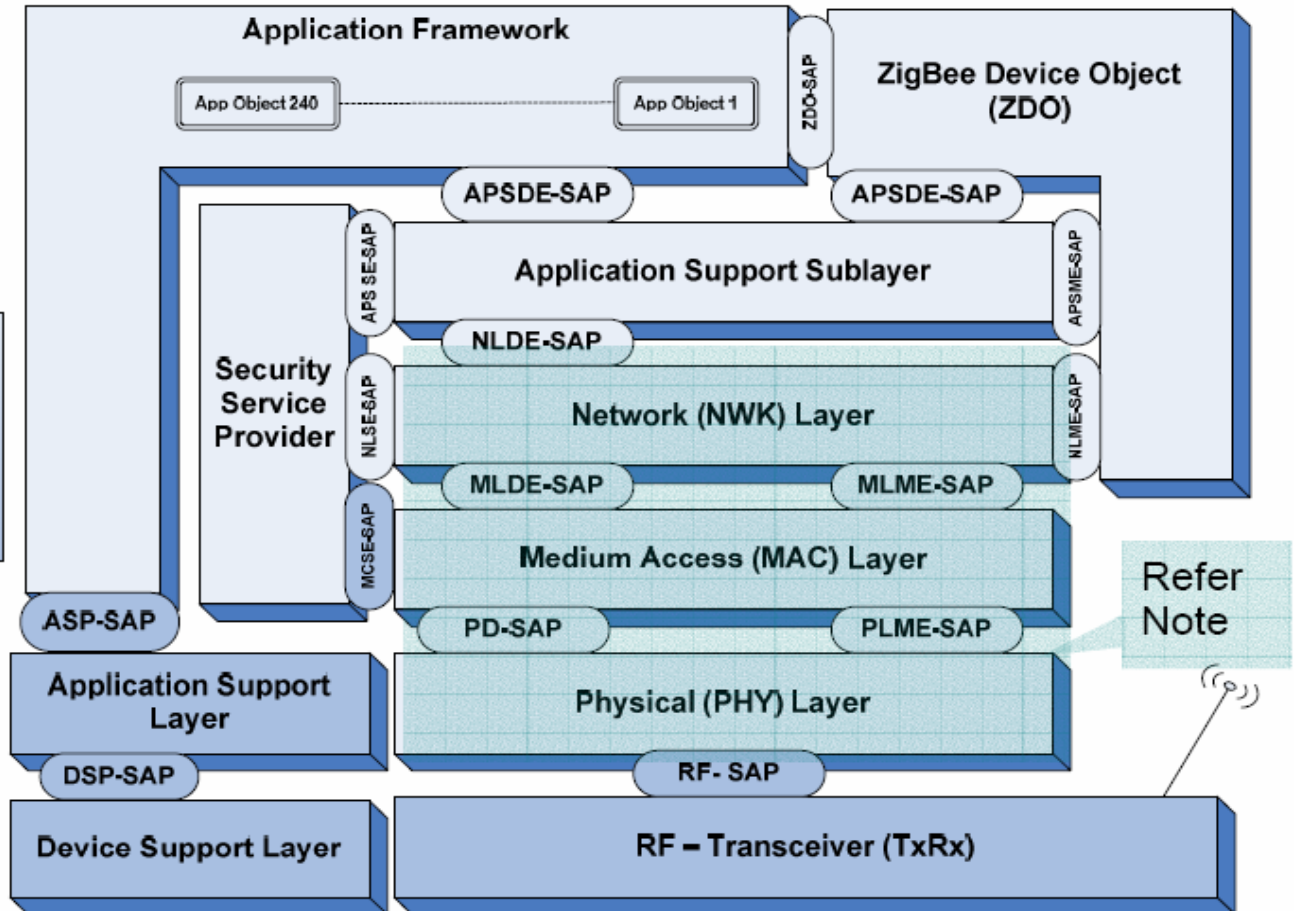
- 硬件

  - TI 参考硬件 SLAA264;

  - 可通 [www.softbaugh.com](http://www.softbaugh.com) 进行订购。



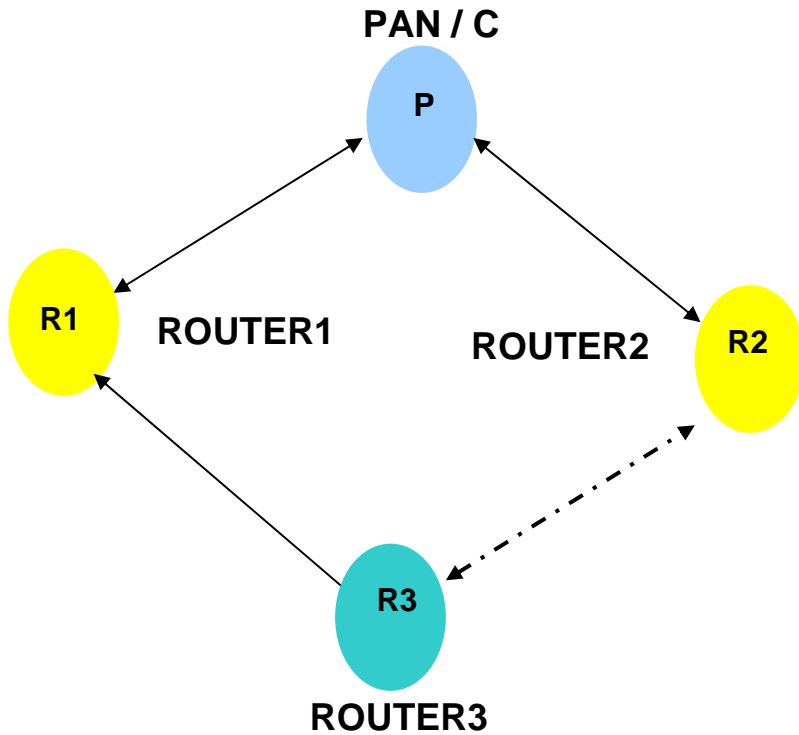
# Airbee Wireless 协议栈架构



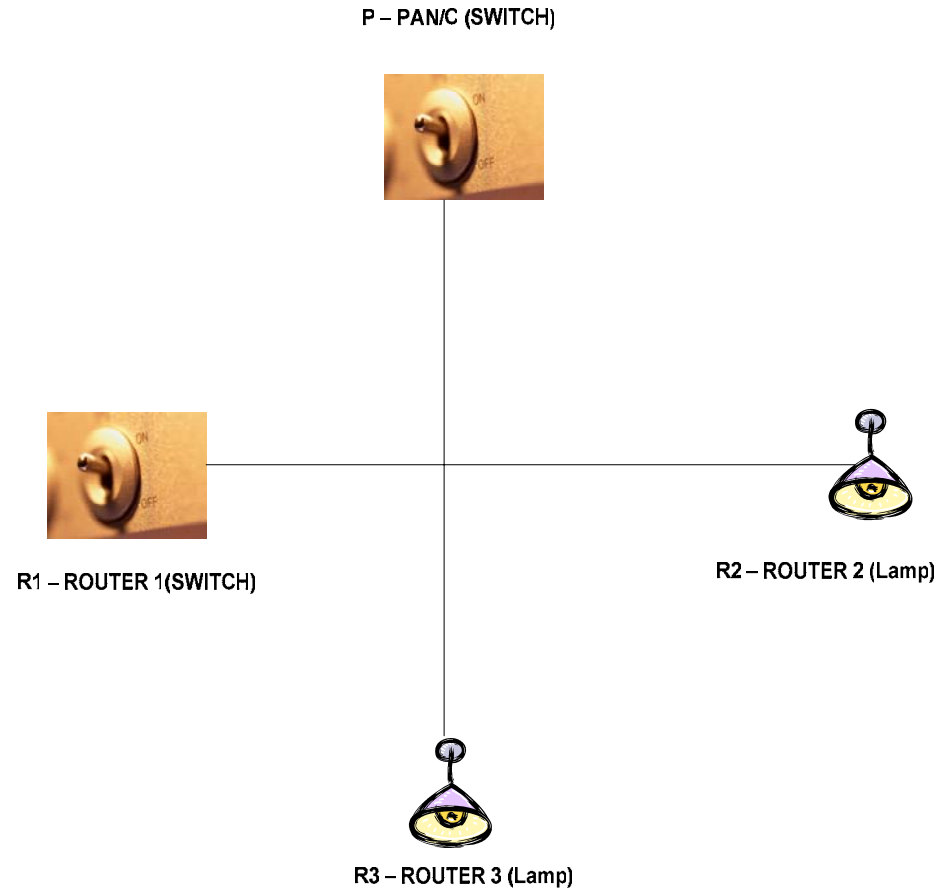
**请注意:** Airbee-ZNS Lite 版 T11.0 软件实施仅限于 PHY、MAC 以及 NWK 层

# 演示：4 节点网络应用

## 网络连接



## 应用绑定



# 4 节点组件

- **PAN 协调器**

- 每个 WPAN 均有一个 PAN 协调器；
  - 允许连接所有其他形式的 ZigBee 器件以形成网络。

- **路由器**

- 路由数据；
  - 允许终端设备与其他路由器自动接入。

- **终端设备（不包括在 4 节点应用演示中）**

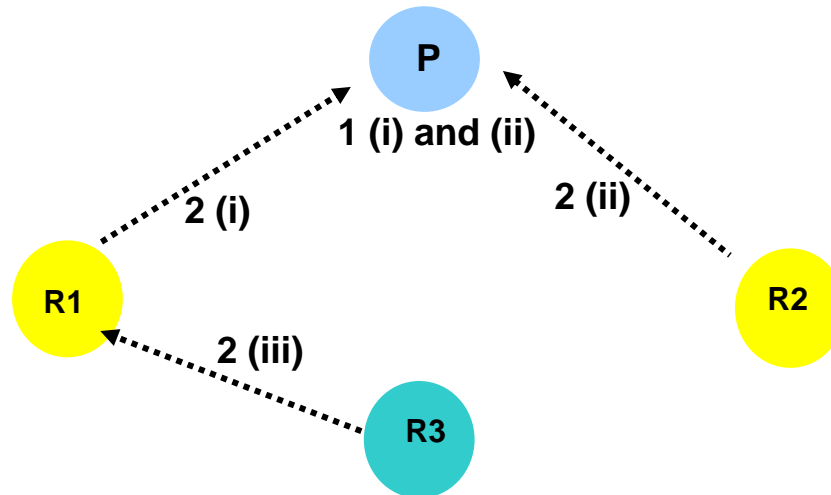
- 连接协调器或路由器；
  - 仅将数据发送至相关的器件；
  - 不能由其他器件自动加入；
  - 不发送数据。

# 4 节点特征

- 形成 **ZigBee** 网络；
- 器件关联性；
- 应用绑定；
- 器件间的路由通信；
- 无线化的“**Sensing-and-acting**”（灯的 **On / Off** 控制通过按键开关来实现）；
- 自修复/路由修复。

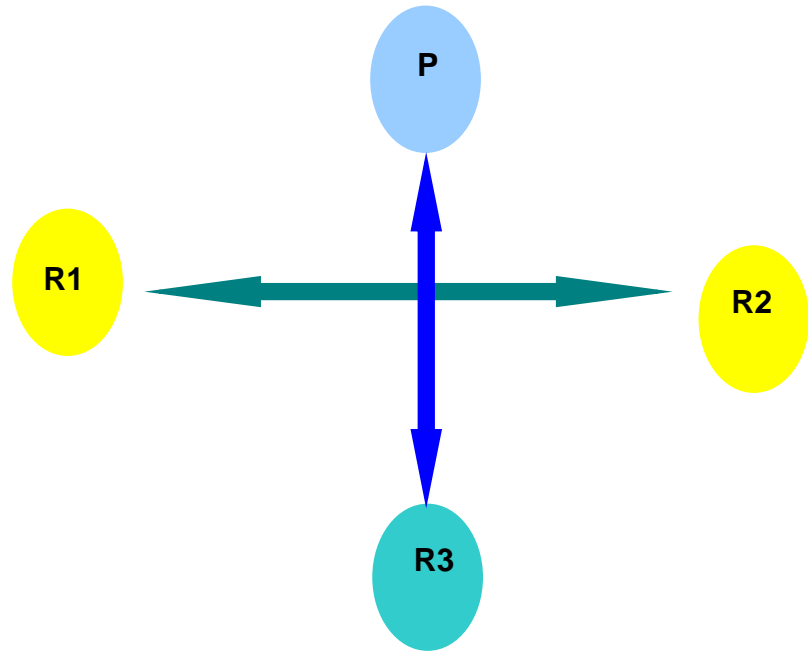
# 4 节点网络的形成

- 建立 **PAN** 协调器  
为 PAN 协调器上电 (P);  
启动网络。
- 关联网络设备 **Router1 (R1)**、**Router2 (R2)** 以及 **Router3 (R3)**
- **PAN/C (P)** 发送信标, 并启动网络



# 4 节点应用绑定

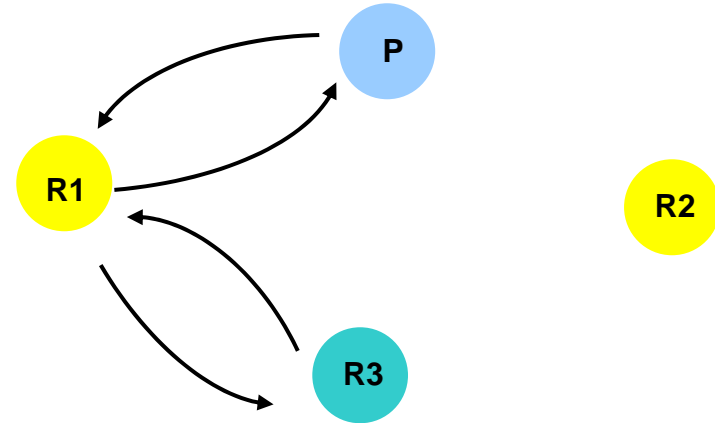
- 将 **P** 绑定至 **R3**
- 将 **R1** 绑定至 **R2**



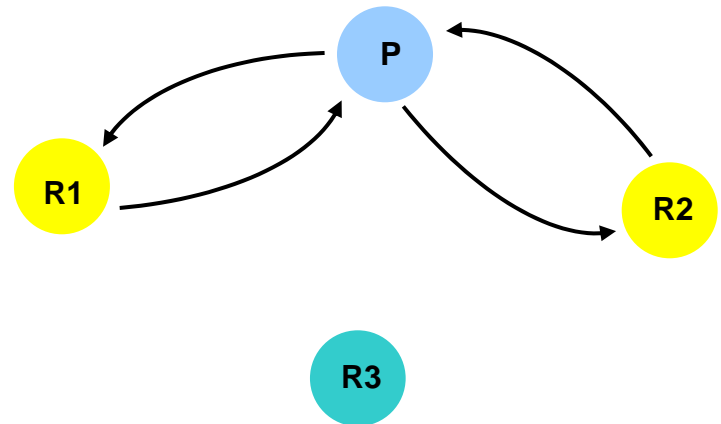
# 4 节点路由通信

- 路由通信

**P 与 R3 之间的通信通过 R1 - Hopping 进行路由**



- R1 与 R2 之间的通信通过 P - Hopping 进行路由**



# 4 节点 P 至 R3 通信

- 在 P 端按下 SW1 使 R3 端的灯 (LED) 亮。

P - PANC (SWITCH)



R1 - ROUTER 1 (SWITCH)



R2 - ROUTER 2 (Lamp)



R3 - ROUTER 3 (Lamp)

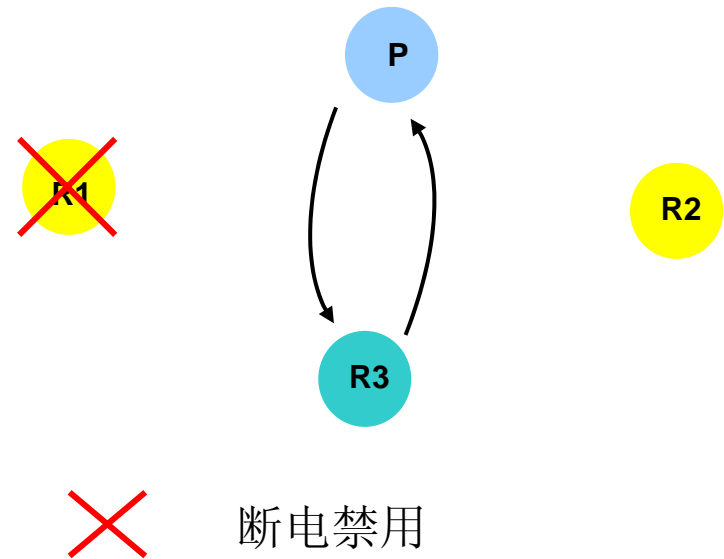
- R1 端的红光 LED 短暂闪烁，表明通信链路正由R1进行跳转



# R1 故障情况下的 4 节点自恢复

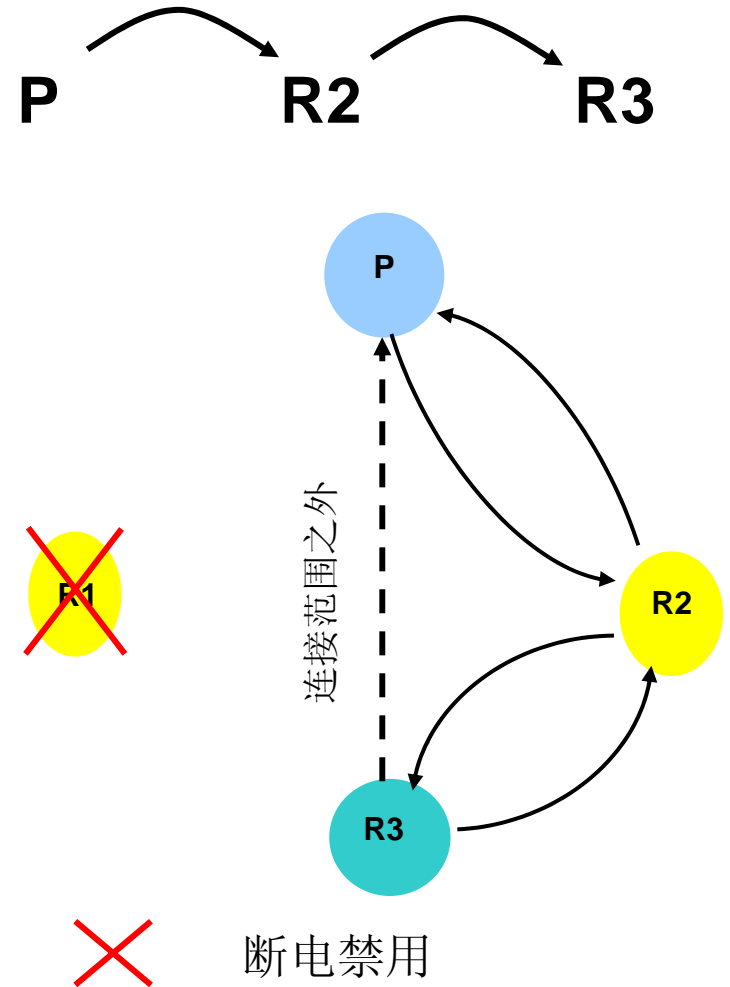
- 自动采用备选路由
- 如果 **R3** 在连接范围内，则 **P** 可直接与 **R3** 通信

**P** ↔ **R1** ↔ **R3**



# R1 故障情况下的 4 节点自恢复

- 如路由设备发生故障，则绑定设备间的通信通过备选其他更简便的路由进行。
- **P 通过 R2 与 R3 通信**
  - 如果 P 与 R3 在连接范围之外；
  - 如果 P 到 R2 并且 R2 到 R3 在连接范围之内。
  - 。



# 配置与管理 N/W

- **4 节点独立演示网络**

预配置与自我管理；

网络管理系统 (NMS) 不属于 4 节点系统范畴；

故障数据与管理数据分析不属于 4 节点系统范畴。

- **全 ZigBee 网络**

NMS 配置并管理网络；

FCAPS（故障管理、配置、账户、性能以及安全性）由基于 NMS 的服务器提供支持；

如欲了解有关 Airbee-ZNMS 的更多详情，敬请访问：

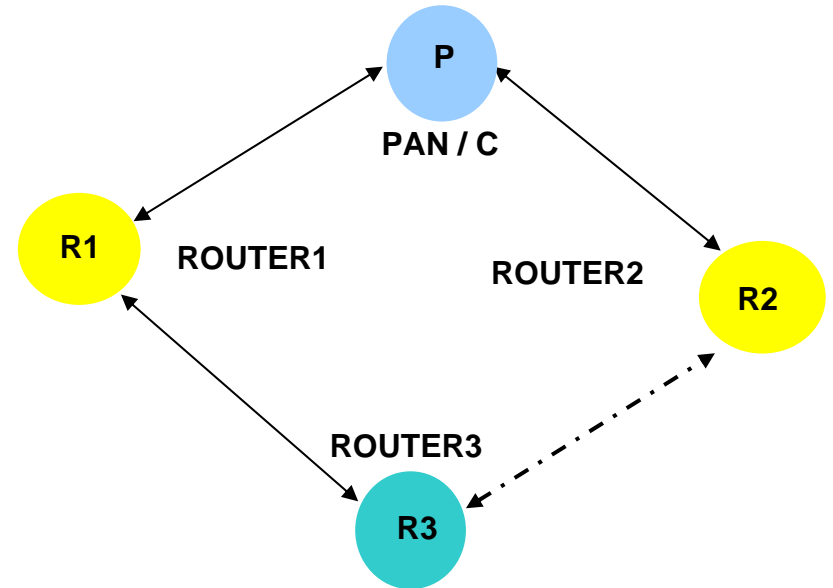
<http://www.airbeewireless.com/znms.php>。

# 4 节点 S/W 与文档下载

- TI 应用报告 **SLAA264**
- 硬件可通过访问 [www.softbaugh.com](http://www.softbaugh.com) 获得
- 独立 4 节点协议栈可通过访问 [www.airbeewireless.com](http://www.airbeewireless.com) 获得
- 点击 ‘ZSupport’ – **Airbee Wireless** 以获得客户支持
- 以电子邮件地址 **zsupport@airbeeindia.com** 作为用户名、以 **zsupport** 作为密码登录
- 免费下载 4 节点十六进制文件 (**hex file**)、库以及各种文档。

# 应用开发逻辑

- 选择网络配置
- 确定各节点的工作角色  
选择拓扑结构——物理网络与应用；  
规划应用绑定方案。
- 形成系统所需的所有 **4** 节点



# 4 节点网络软件流程

PAN/C	ROUTER 1	ROUTER 2	ROUTER 3
Power on Reset			
Scan (ED and Active)			
NWK Formed			
Permit Join Enabled			
	Power on Reset		
	Scan (Active)		
Transmits Beacon			
	Sends Request to P for joining		
Join Request. Received (R1)			
Permits Join and allocates NWK address for R1	Joins P		
	R1 transmits its IEEE and NWK address to P		
P broadcasts AIB information			
	AIB information stored	Power on Reset	

# 4 节点网络软件流程

PAN/C	ROUTER 1	ROUTER 2	ROUTER 3
		Scan (Active)	
Transmits Beacon			
		Sends Request to P for joining	
Join Request. Received (R2)			
Permits Join and allocates NWK address for R2		Joins P	
Permit Join Disabled	Permit Join Enabled		
		R2 transmits its IEEE and NWK address to P	
P broadcasts AIB information			
	AIB information stored	AIB information stored	Power on Reset
			Scan (Active)
	Transmits Beacon		
			Sends Request to R1 for joining

# 4 节点网络软件流程

PAN/C	ROUTER 1	ROUTER 2	ROUTER 3
	Join Request. Received (R3)		
	Permits Join and allocates NWK address for R3		Joins R1
	Permit Join Disabled		R3 transmits its IEEE and NWK address to P
P broadcasts Bind Table information			
P broadcasts AIB information	Bind information stored	Bind information stored	Bind information stored
	AIB information stored	AIB information stored	AIB information stored
Press SW1 on P- Sends data packet to R3 (R3 is bound with P)			
	Data sent by P hops through R1		



# 4 节点网络软件流程

PAN/C	ROUTER 1	ROUTER 2	ROUTER 3
			Receives data packet from P and LED1 (Green) toggled
	Press SW1 on R1- Sends data packet to R2 (R2 is bound with R1)		
Data sent by R1 hops through P			
		Receives data packet from R1 and LED1 (Green) toggled	
	Power 'OFF' R1		
Press SW1 on P- Sends data packet to R3			
		Data sent by P hops through R2 (If R3 and P are out of range and R2 is within range of both P and R3)	Receives data packet from P and LED1 (Green) toggled (If R3 and P are within range or R2 is within range of both P and R3)

# Airbee-ZNS Lite 协议栈 API

- **V\_ABZB\_NWK\_Init**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMERERESETRequest**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMENETWORKFORMATIONRequest**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMEPERMITJOININGRequest**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMENETWORKDISCOVERYRequest**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMEJOINRequest**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMESTARTROUTERRequest**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLDEDATAREquest**
- **V\_ABZB\_Timer\_Soft\_set\_timer3**

# Airbee-ZNS Lite Call Back 函数

- **V\_ABZB\_NWK\_NLMERESSETConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMENETWORKFORMATIONConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMEPERMITJOININGConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMENETWORKDISCOVERYConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMEJOINConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMEJOINIndication**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLMESTARTROUTERConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLDEDATAConfirm**
- **V\_ABZB\_NWK\_NLDEDATAIndication**

# 4 节点与 ZigBee 相比较

ZigBee - Full Stack Features	Features supported in TI 4-Node Sample Demo Application
<b>Medium Access Control (MAC)</b>	
Beacon / Beacon - GTS	×
Beaconless	√
Device: PANC/Router	√
Device: End Device	×
Active Scan	√
Passive Scan	×
Join through Association	√
Join through Orphan	√
Disassociation	×
Data Service: Direct	√
Data Service: Indirect	×
Promiscuous mode	×
Battery Life Extension	×

de 35

# 4节点和ZigBee的比较

ZigBee - Full Stack Features	Features supported in TI 4-Node Sample Demo Application
<b>Network Layer</b>	
Data Service	√
Discovery	√
Formation	√
Network Association	√
Network Disassociation (leave & re-join)	√
Router capability	√
Receiver synchronization	×
Tree based routing	√
Mesh-Table based routing	√
Route Repair	√
Beacon Scheduling	×

de 36

# 4节点和ZigBee的比较

ZigBee - Full Stack Features	Features supported in TI 4-Node Sample Demo Application
<b>Application Layer</b>	
Binding	Custom Implementation
Direct Addressing	Custom Implementation
Indirect Addressing	×
Network Manager	Custom Implementation
Device Discovery	×
Service Discovery	×
Node Manager: Client & Server Services	×
Configuration Manager	Custom Implementation
Security Manager	×
Bind Manager	Custom Implementation

注：未实施应用对象与安全服务

# 设计考虑事项

- 资源限制 (**RAM/ROM/MIPS**)
- 低功耗设计
- 具备实时功能的应用设计
- 用状态机实现短小的代码
- 互操作性
- 支持配置文件

# 针对 4 节点软件所需的 MSP430 资源

## 4 节点应用的 MSP430F1612 资源利用

已使用

未使用

6 MHz 外部振荡器

定时器  
(比较  
寄存器)

定时器 1	定时器 2
TACCR0	TBCCR0
TACCR1	TBCCR1
TACCR2	TBCCR2

- 休眠 / 低功耗模式\*
- **DMA**
- 用于存储配置信息的信息存储器\*

\* 实施所有 ZigBee 协议栈时使用

已使用的 I/O 引脚

引脚号	用途	引脚号	用途
5.0	芯片选择	1.0	灯 (LED)
2.0	Voltage Reg.	1.1	Form/Join Ind.
2.1	Chipcon 复位	1.3	LED(SFD poll Ind.)
2.2	FIFO	1.4	开关 (传感器)
2.3	FIFOP	5.1	SIMO
2.4	CCA	5.2	SOMI
2.6	SFD	5.3	UCLK



# 4 节点应用的存储器使用

- 协调器

- 48,120 字节 CODE 存储器 —— 闪存程序存储器

- 4,489 字节 DATA 存储器 —— RAM

- 838 字节 CONST 存储器 —— 闪存存储器

- 路由器

- 48,114 字节 CODE 存储器 —— 闪存程序存储器

- 4,488 字节 DATA 存储器 —— RAM

- 846 字节 CONST 存储器 —— 闪存存储器

# MSP430: 以一变应千变

- 探讨 **802.15.4 & ZigBee** 架构
- 对 **4** 节点应用网络的特性进行逐步演示
- 对采用应用开发套件创建 **4** 节点应用的方法进行探讨
- 重点探讨设计考虑事项与资源利用