



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。



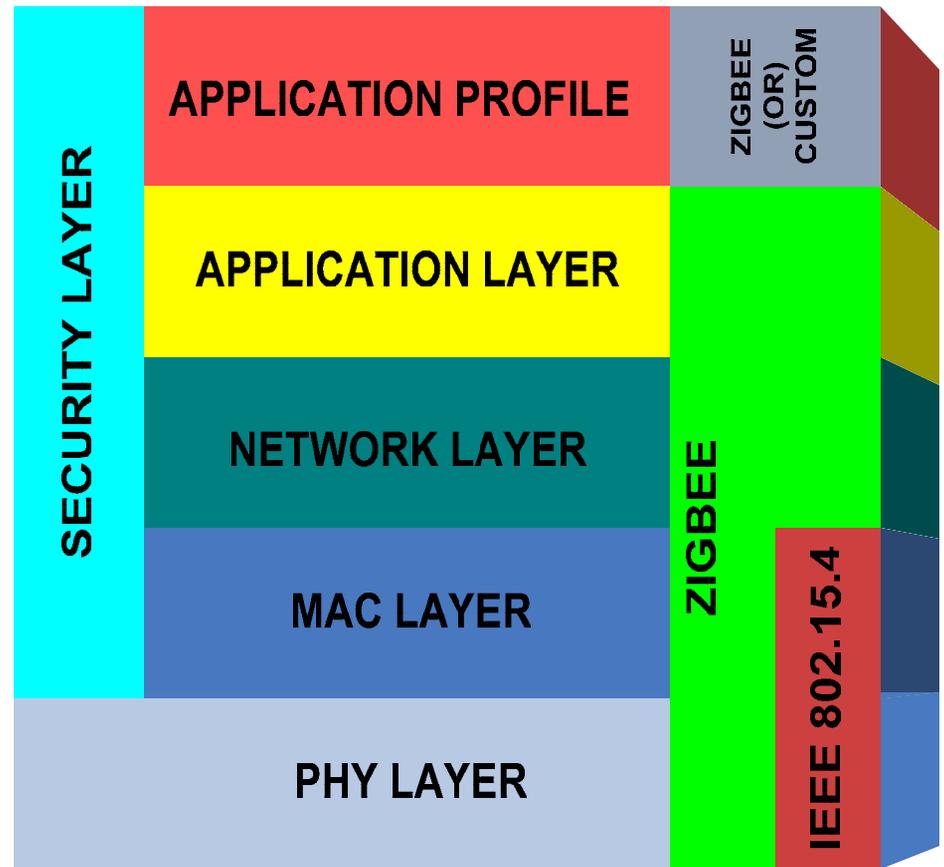
什么是 ZigBee?

- 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。

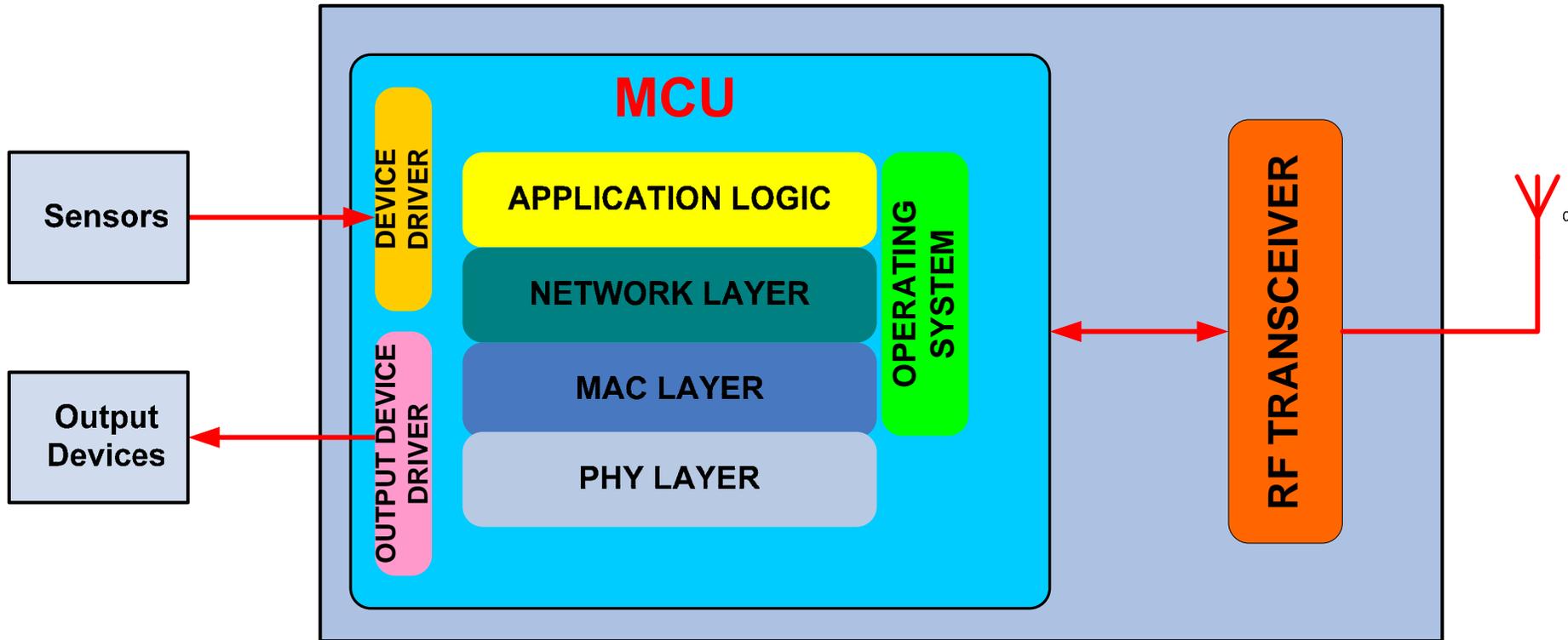
Frequency	Worldwide 2.4 GHz, 16 channels	Americas 915 MHz, 10 channels	Europe 868 MHz, 1 channel
Datarate	250kbps	40kbps	20kbps

ZigBee 协议栈——分层块图

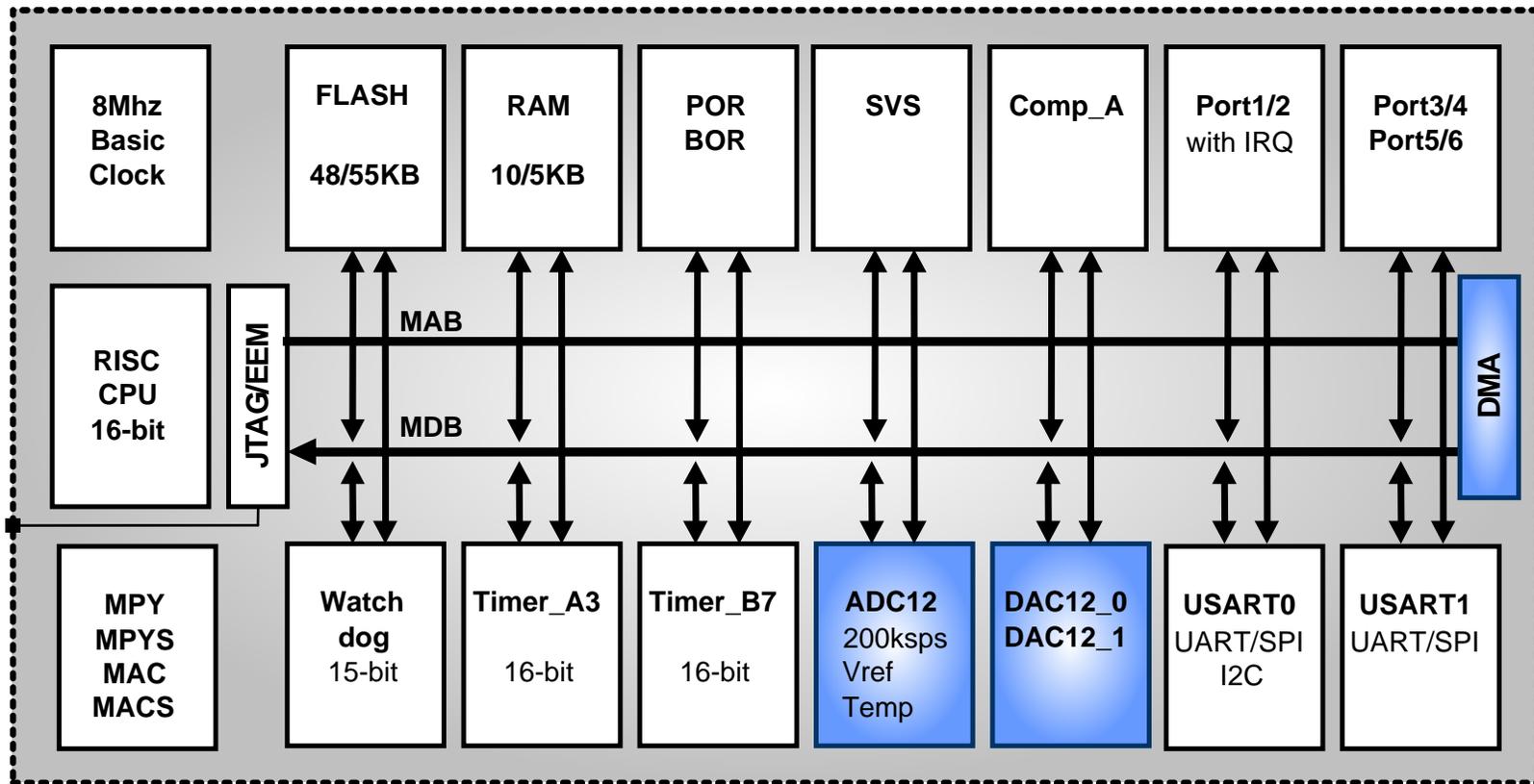
- 协议栈层是在**IEEE 802.15.4**的**PHY/MAC**层之上；
- 网络与路由功能；
- 应用框架；
- 安全性服务。



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

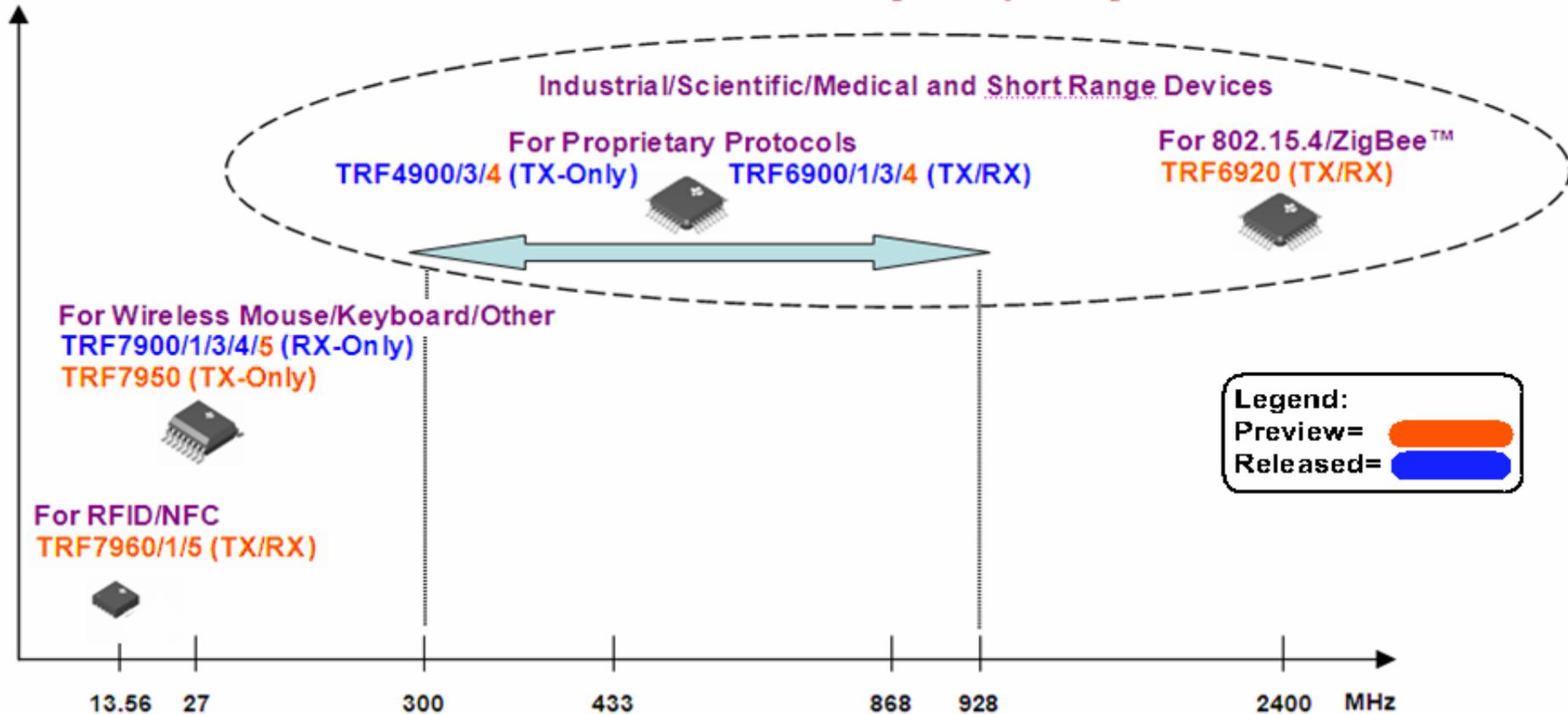
公司名称	2.4 GHz 收发器	网址
Airbee Wireless	CC2420	www.airbeewireless.com
Cratlon	CC2420	www.cratlon.com
Luxoft	CC2420	www.luxoft.com
Ember	EM2420	www.ember.com
IWT Wireless	CC2420	www.iwtwireless.com
Moteiv	CC2420	www.moteiv.com

MSP430 第三方 ZigBee 解决方案

公司名称	2.4 GHz 收发器	网址
Airbee Wireless	CC2420	www.airbeewireless.com
Cratlon	CC2420	www.cratlon.com
Ember	EM2420	www.ember.com

低功耗无线产品系列

Low Power Wireless Portfolio by Frequency Band



Ember 公司

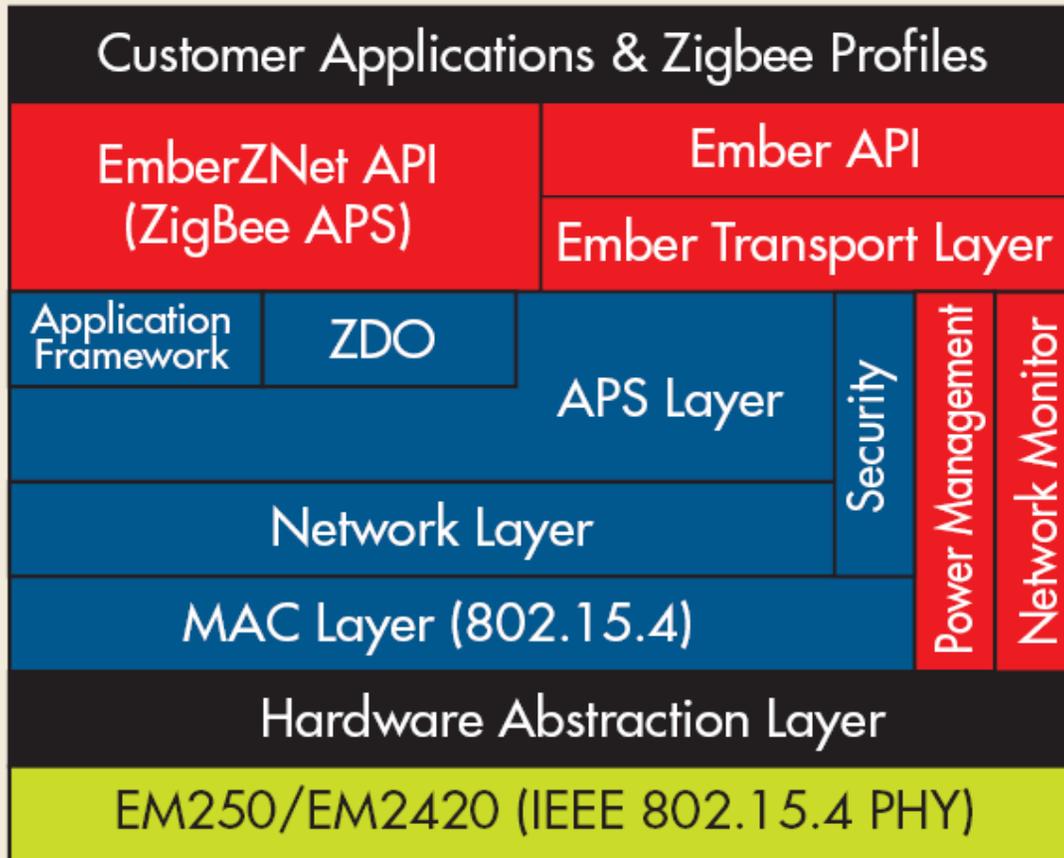
- 技术

- 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 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;

 - 文档;

 - 咨询;

 - 培训。

Moteiv Tmote Sky 模块

- 优势

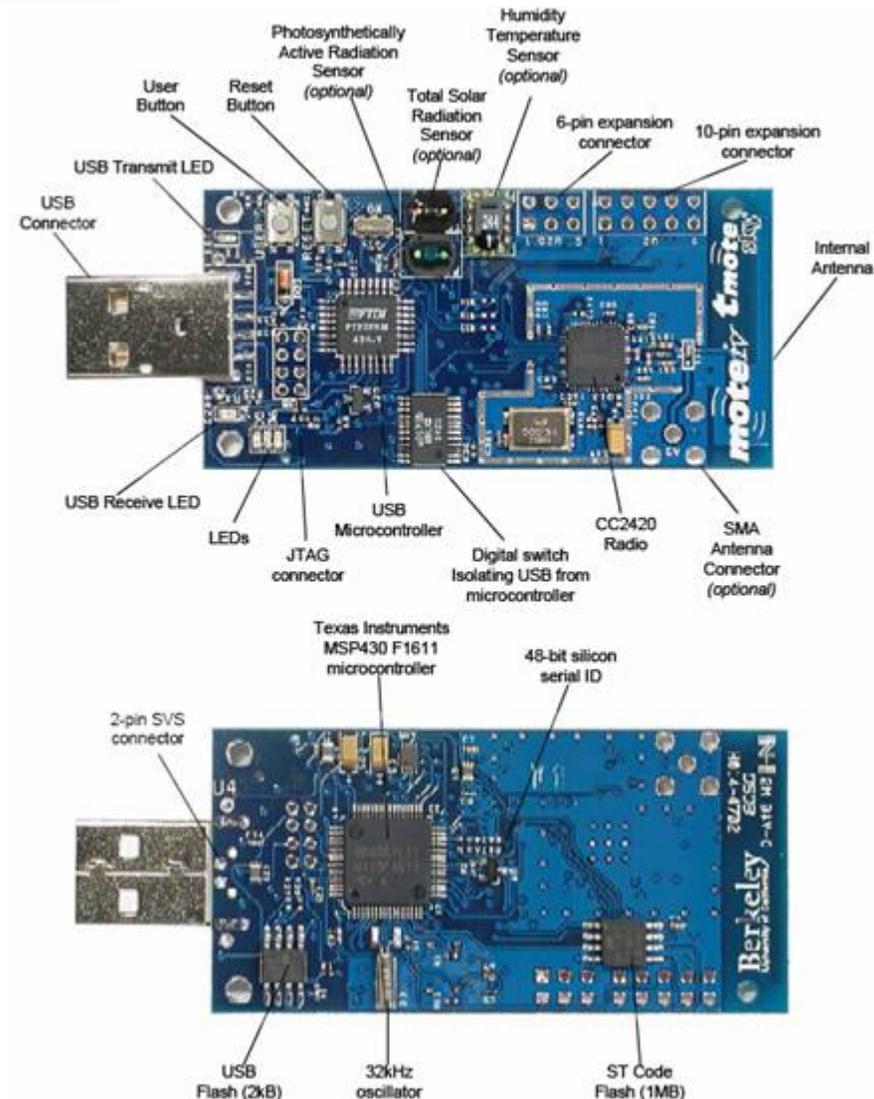
 - 功耗极低；
 - 高度集成的天线。

- 文档

 - Tmote Sky 快速启动指南；
 - 详情参见：www.tinyos.net。

- 开发者套件

 - 单价为 130 美元，详情参见：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;

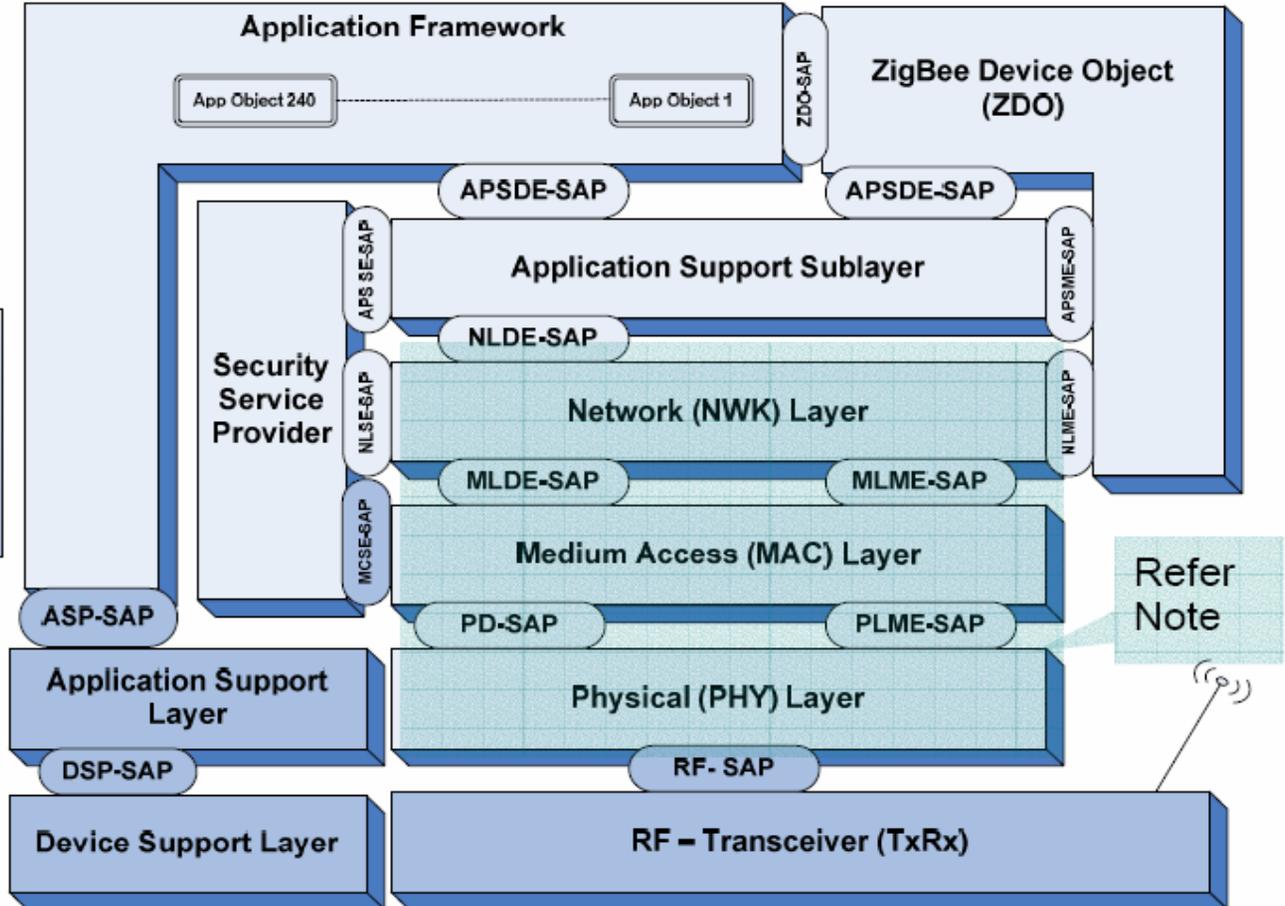
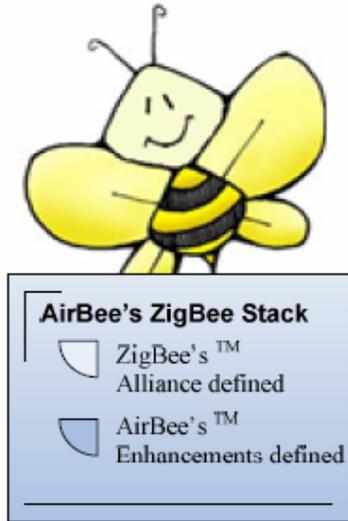
 - 培训。

- 硬件

 - TI 参考硬件 SLAA264;

 - 可通 www.softbaugh.com 进行订购。

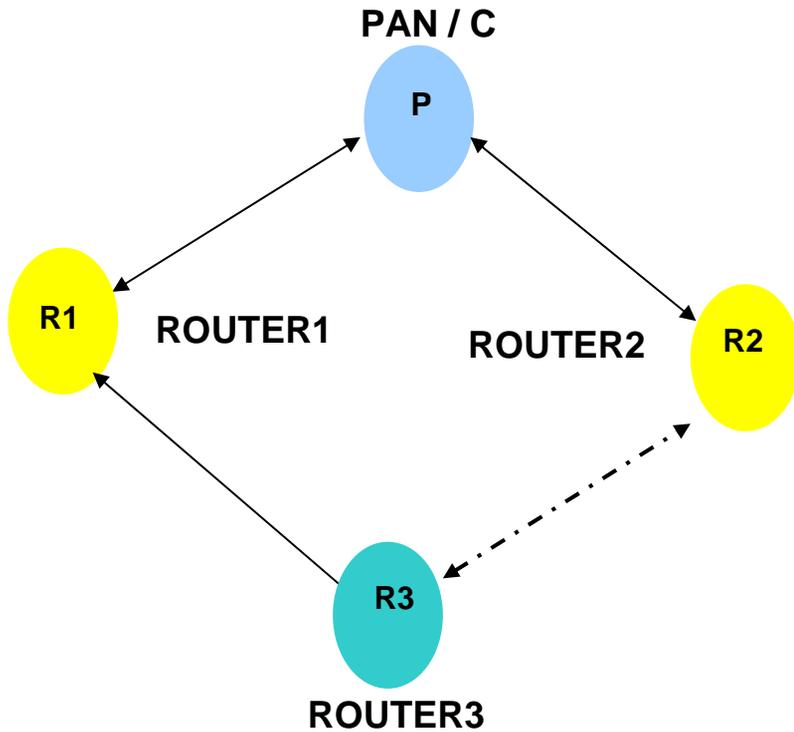
Airbee Wireless 协议栈架构



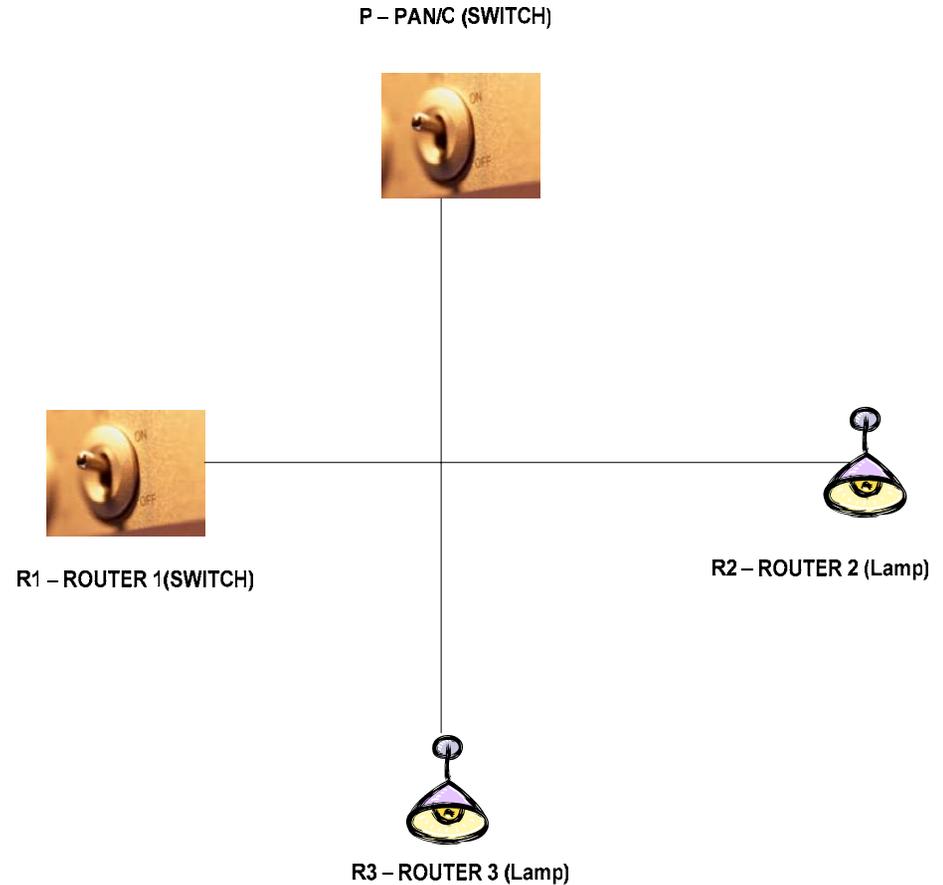
请注意: Airbee-ZNS Lite 版 T11.0 软件实施仅限于 PHY、MAC 以及 NWK 层

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）**

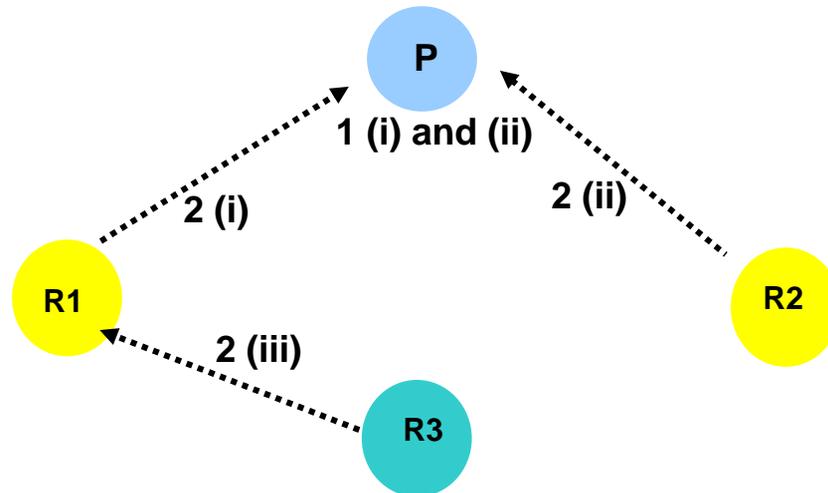
- 连接协调器或路由器；
 - 仅将数据发送至相关的器件；
 - 不能由其他器件自动加入；
 - 不发送数据。

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。

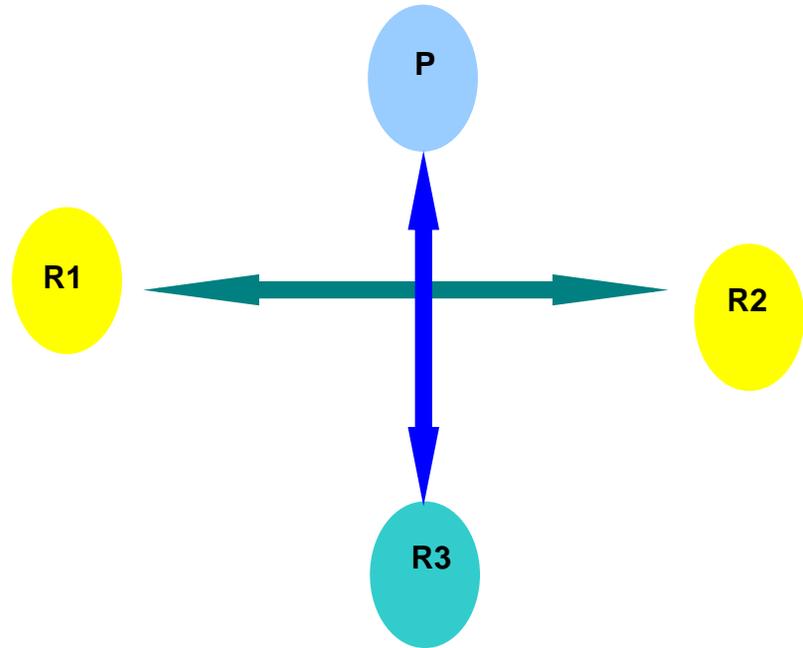
4 节点网络的形成

- 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

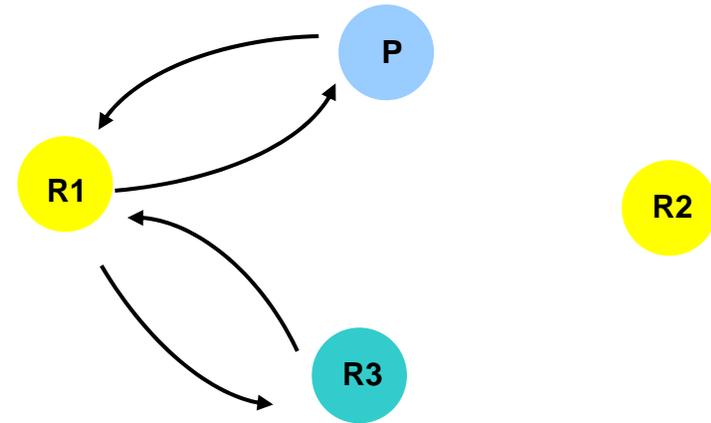
- 将 **P** 绑定至 **R3**
- 将 **R1** 绑定至 **R2**



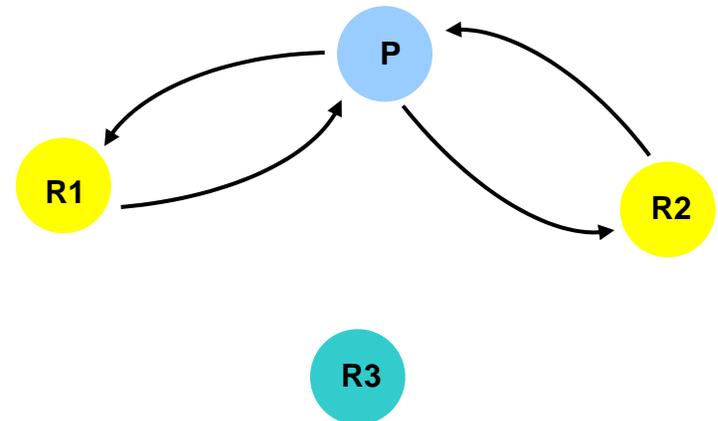
4 节点路由通信

- 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)



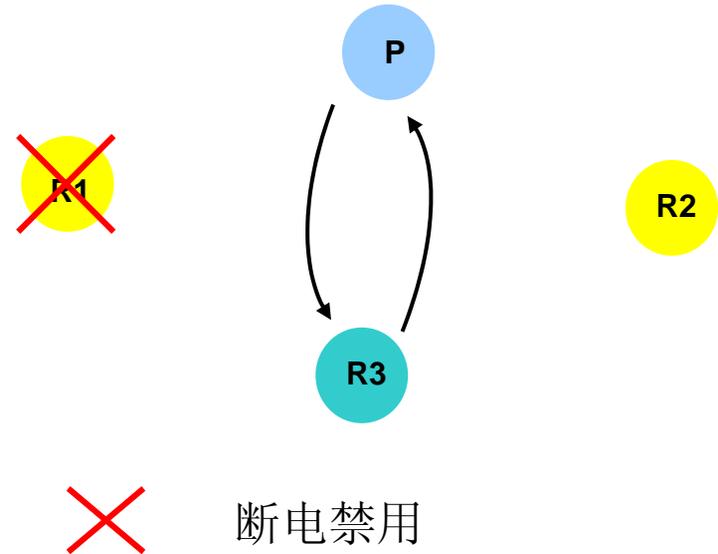
R3 - ROUTER 3 (Lamp)

- 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

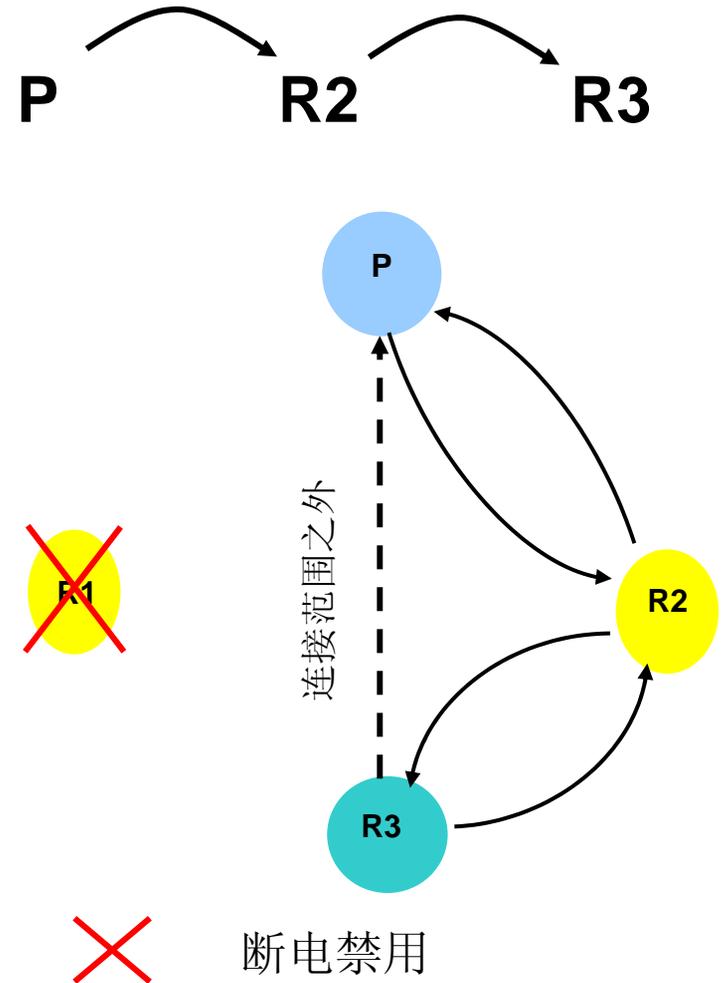
- 自动采用备选路由
- 如果 **R3** 在连接范围内，则 **P** 可直接与 **R3** 通信

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：

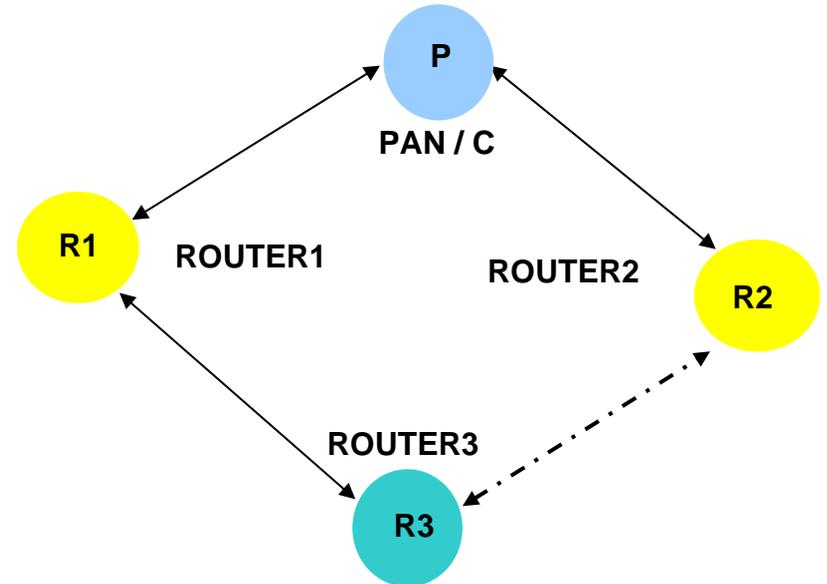
<http://www.airbeewireless.com/znms.php>。

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 获得
- 独立 4 节点协议栈可通过访问 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
Medium Access Control (MAC)	
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
Network Layer	
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
Application Layer	
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