

Disciplina 2°.semestre/2004

Aula4-5

# Redes de Sensores Sem Fio



DEF  
40 Anos

UFMG

Linnyer Beatrys Ruiz

[linnyer@dcc.ufmg.br](mailto:linnyer@dcc.ufmg.br)

Depto. Engenharia Elétrica UFMG

# Redes de Sensores Sem Fio



Linnyer Beatrys Ruiz  
linnyer@dcc.ufmg.br

# Planejamento

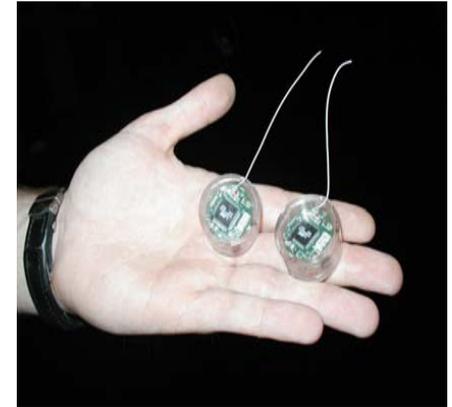
- ❑ Visão geral da área de RSSFs, sistemas embutidos, caracterização das RSSFs (4 aulas)
- ❑ **Arquitetura de nós sensores (1,5 aulas)**
- ❑ **Arquitetura de Comunicação (3 aulas)**
- ❑ **Modelos para representação de estados de uma RSSF (2 aulas)**
- ❑ **Controle e supervisão de RSSFs (3 aulas)**
- ❑ **Aplicações típicas de RSSFs (1 aula)**
- ❑ **Segurança em RSSFs (1 aula)**

# Arquitetura de Nós Sensores Sem Fio

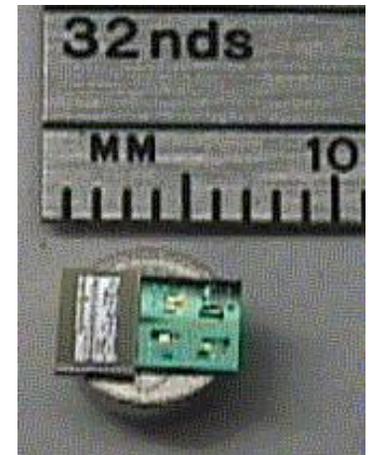
Hardware

# Nós Sensores Sem Fio

- ❑ Os nós tendem a ser projetados com pequenas dimensões
- ❑ A expectativa é que os nós sejam produzidos com baixo custo comercial
- ❑ Individualmente apresentam capacidade limitada de energia, comunicação e computação mas um esforço colaborativo permite a execução de grandes tarefas



UC Berkeley: DOT

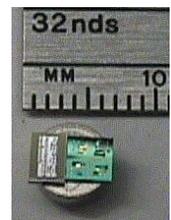
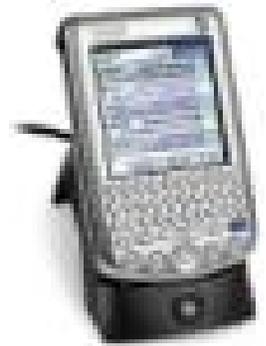


UC Berkeley: Smart Dust

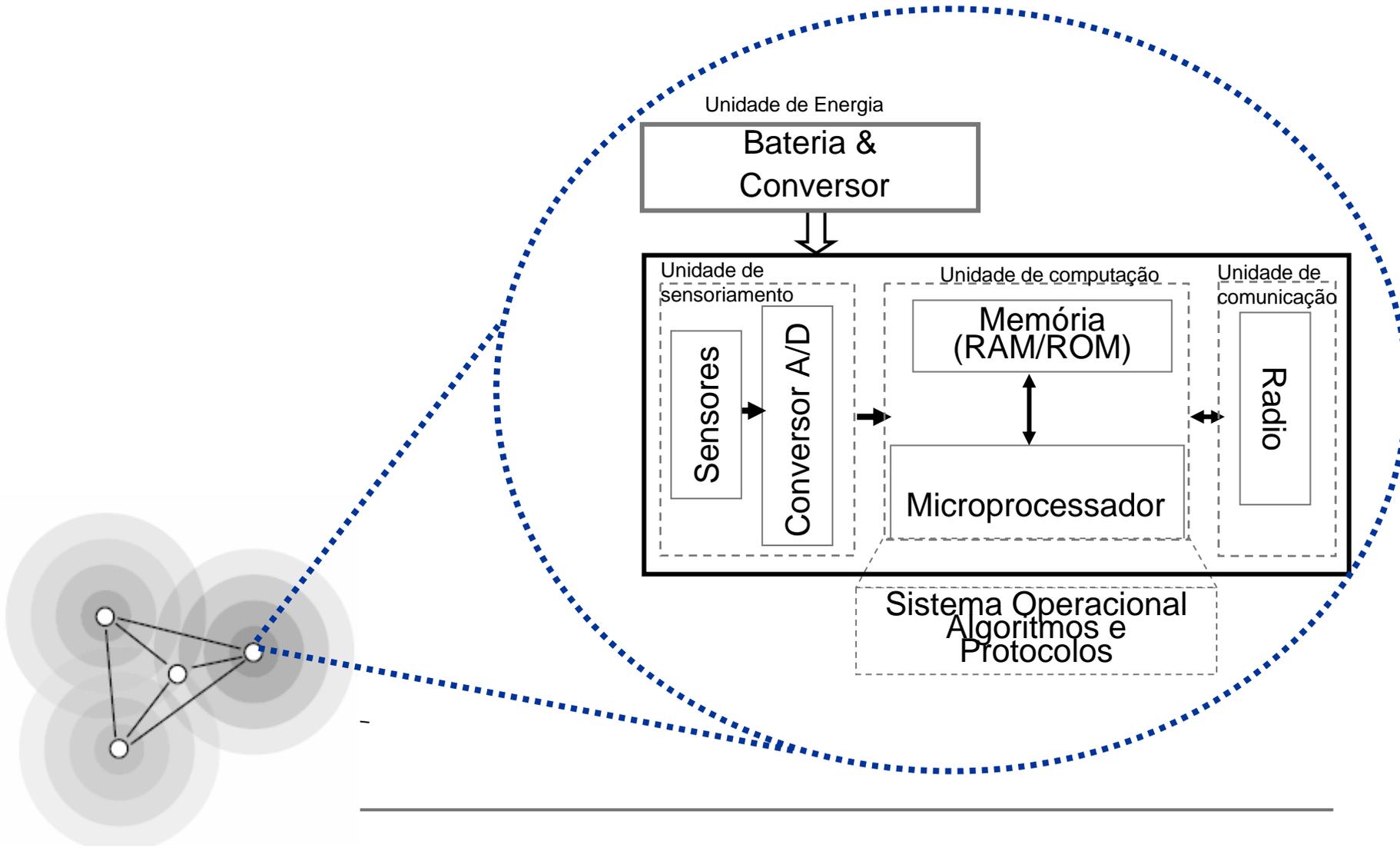
# Nós Sensores Sem Fio

Podem ser agrupados em 3 categorias:

- ❑ Nós de propósito geral:
  - Power hungry
  - Embedded PCs, WINS, PDA
  - SO: Win CE, Linux
- ❑ Nós sensores dedicados
  - Ultra low power
  - Família Mote (UC, Berkeley)
  - Projeto Medusa (UCLA)
  - Micro AMPS (MIT)
  - SO: tinyOS
- ❑ Nós System-on-chip (SoC)
  - Smart Dust, pico radio, PASTA node
  - Integrando CMOS, MENS, RF
  - Extremamente low power e small footprint



# Nós Sensores Sem Fio



# Processadores

- ❑ **Low power:**
  - característica de um dispositivo de consumir baixa quantidade de energia por clock
- ❑ **Eficiência em energia:**
  - característica de um dispositivo que consome baixa quantidade de energia por instrução.
  
- ❑ Exemplo:
  - ❑ **ATMega128L@4MHz** consome 16.5 mW e
  - ❑ **ARM Thumb@40 MHz** consome 75 mW.
  
- ❑ **ATMega128L@4MHz** realiza 242 MIPS/W, consumindo 4nJ/Instrução
- ❑ **ARMThumb@40 MHz** realiza 480 MIPS/W, consumindo 2.1nJ/Instrução

# Processadores



Processadores

Characteristic	AT90LS8535	ATMega103L	PIC16F8X	MSP430F149	StrongARM SA-1100
Bits	8	8	8	16	32
Flash	8 k	128 k	68 k	60 k	1 MB
RAM	512 B	4 KB	1 kB	2048 B	1 MB
ADC	10 bit	10 bit		12 bit	
Timers	3	3	1	3	
Operating Voltage	4-6V	2,7-3,6V	2-6V	1.8-3.6V	3-3.6V
Power Active	6.4 mA	5.5 mA	2 mA @ 5V, 4 MHz	400 uA @ 3V	230 mW @ 133 MHz
Power Idle Mode	1.9 mA	1,6 mA		1,3 uA	50 mW @ 133 MHz
Power-down Mode	<1 uA	<1 uA	<1 uA	<0.1 uA	Typical 25 uA

# Sensores e transdutores de entrada

## ❑ Transdutor

- é um dispositivo que “toma” energia de um sistema em medição e converte a um sinal de saída que pode ser traduzido em sinal elétrico e que corresponde ao valor medido.

## ❑ Sensor

- sugere algo além das percepções físicas, envolvendo exatidão, precisão, tempo de resposta, linearidade, histerese, etc.

# Sensores – Parâmetros

- ❑ Distância Sensora Nominal -  $S_n$  –
  - é a distância entre o sensor e o elemento a ser detectado
- ❑ Histerese -  $h$  –
  - é a faixa da distância sensora, expressa em porcentagem da mesma, que determina realmente os pontos onde há o acionamento e o desacionamento da saída do sensor.
- ❑ Exemplo
  - Um sensor com  $S_n = 30$  mm e  $h = \pm 2\%$  possui os pontos de acionamento e desacionamento a 29,4 mm e 30,6 mm da face sensora (face ativa do sensor), respectivamente

# Sensores – Parâmetros

## □ Temperatura de trabalho -Top –

- é a faixa de temperatura especificada pelo fabricante dentro da qual as características do sensor se mantêm aceitáveis.
- Para sensores ópticos tal parâmetro não é tido como muito importante devido à própria aplicação deste tipo de sensor.
- Para sensores indutivos e capacitivos, um bom desempenho sob condições de variação de temperatura ambiente é altamente requerido, sob pena de grandes variações na distância sensora nominal.

# Sensores - Parâmetros

- ❑ Na prática o que se espera de um sensor é que sua sensibilidade seja somente devido à grandeza de interesse.
- ❑ Porém, nenhuma medição é obtida em circunstâncias ideais e qualquer sensor sofre algum tipo de interferência e perturbação internas, por exemplo, efeitos de temperatura, pressão, interferência eletromagnética.
- ❑ Com o avanço tecnológico, várias técnicas de compensação foram desenvolvidas, minimizando estes efeitos.

# Sensores – Domínios

- ❑ Domínios elétricos da informação relacionados aos sensores:
  - *Domínio analógico*: amplitude do sinal (corrente, tensão e potência)
  - *Domínio no tempo*: período ou frequência, largura de pulso, fase
  - *Domínio digital*: dados binários que podem ser conduzidos por um trem de pulsos, ou codificação serial ou paralela.
- ❑ Domínios **não** elétricos da informação relacionados aos sensores: químicos

# Sensores - Classificação

Classificação de acordo com alguns critérios:

- Alimentação:
  - Ativos: utilizam alimentação derivada de uma fonte auxiliar. Exemplo: termistor
  - Passivos: quando não consomem energia e a potência de saída vem da entrada. Exemplo: termopar
- Saída:
  - Analógicos (Exemplo: potenciômetros)
  - Digitais (Exemplo: encoder de posição)

# Tipo de Sensores: Ópticos

- ❑ Utilizam como base de funcionamento a emissão e recepção de um feixe de luz, normalmente na faixa do Infra- Vermelho.
- ❑ Tipos:
  - de proximidade (OS): são aqueles que fornecem em sua saída um estado lógico referente à proximidade, a uma dada distância, do sensor com o elemento sentido.
  - interrupção (OR): são aqueles em que a detecção se dá pela interrupção de um feixe de luz previamente em estado de reflexão em um espelho (prismático\*) apropriado
  - interrupção (TO/RO): consistem de um par transmissor / receptor ópticos montados em invólucros diferentes de modo que a instalação do par se dá direcionando-se os dois sensores

---

*\*Construído a partir de pequenos espelhos em forma de pirâmide (prismas) que permitem a reflexão do feixe na mesma direção de incidência, "qualquer que seja" a posição do espelho em relação ao feixe.*

# Tipo de Sensores: Indutivos

- ❑ Alteram o seu estado de saída com a aproximação de elementos metálicos (normalmente ferromagnéticos) da sua face ativa.
- ❑ Princípio de funcionamento baseia-se na detecção da variação do consumo de energia de um oscilador devido à aproximação ou introdução de um elemento metálico que corta o campo magnético gerado pelo elemento indutor desse oscilador

# Tipo de Sensores: Capacitivos

- ❑ Seu funcionamento baseia-se na detecção da variação do consumo de energia de um oscilador quando da aproximação do objeto a ser detectado.
- ❑ Um oscilador é polarizado de tal maneira que qualquer energia que seja retirada ou fornecida a ele, faz com que a amplitude de oscilação e, conseqüentemente, o consumo de energia variem.
- ❑ Este "desequilíbrio" de energia é proporcionado quando aproximamos um corpo qualquer, intrinsecamente carregado com uma carga "Q", da face ativa do sensor

# Tipo de Sensores: Capacitivos

- ❑ Detectores de sub e sobre-velocidade –
  - são equipamentos acoplados a sensores de proximidade que indicam, através da mudança do estado de saída, uma condição de uma máquina rotativa acima ou abaixo de uma velocidade pré-determinada. N
  - Normalmente indutivo, é responsável por converter a informação de velocidade da máquina em pulsos,
- ❑ Detectores de sentido de movimento –
  - também são equipamentos acoplados a sensores de proximidade que indicam, através da mudança do estado de saída, uma condição de uma máquina rotativa em sentido de rotação anti-horário ou horário.

# Sensores

	Consumo atual	Limite de Voltagem (V)	Mínimo/Máximo alcance	Precisão	Dependência temperatura	Produto
Magnetômetro	650 $\mu$ A	2,7 - 5,25	-/+ 0,5 Gauss	2 mGauss	1,4mG/ °C	AA002-02 NVE
Acelerômetro	600 $\mu$ A	3 - 5,25	-/+ 2 g	25 mg	Negligenciável	ADXL202 analógico
Luz	200 $\mu$ A	2,7 - 5,5	0 mW/m <sup>2</sup> – 26 mW/m <sup>2</sup>	6 mW/m <sup>2</sup>	Negligenciável	H53371 ESSD
Temperatura	600 $\mu$ A	2,7 - 5,5	-20 °C/100 °C	0,25 °C	Não aplicável	AD7418
						Analógico
Pressão	650 $\mu$ A	2,7 - 5,5	0,6 PSI gauge range @ 14,4 PSI absoluto	2,4 mPSI	10mPSI/°C	SM5310 SMI
Umidade	200 $\mu$ A	4 - 9	0-100% umidade relativa	+/-2% RH	Negligenciável	HIH-3605 Hy-Cal

# ATUADORES

- ❑ Também conhecidos como *Drivers*,
- ❑ são equipamentos responsáveis pelo acionamento final dos elementos de controle nos processos industriais.
- ❑ Existem os atuadores:
  - *analógicos*: o sinal de saída é proporcional a um sinal de controle de entrada. Normalmente utilizado no comando de válvulas cuja variação de abertura é controlada por variação de corrente.
  - *digitais* - também conhecidos como atuadores on-off: o sinal de saída possui apenas dois estados distintos. Normalmente utilizado no acionamento de contatores, relés, válvulas solenóides e dispositivos do gênero.

# Rádios



	TR1000	CC1000	LMX316 2	Philstar PH2401
Modulation Type	OOK/ASK	FSK		GFSK
Carrier Frequency	916,5 MHz	300 to 1000 MHz	2.45GHz	2,4 GHz
Operating Voltage	3V	2.1 V to 3.6 V	3.0 -5.5 V	1.8 V
Current Transmit mode	12mA	16.5mA at 868MHz, 0dBm	50mA	<20mA
Current Receive Mode	3.8 mA @115.2 kbps 1.8 mA @ 2.4kbps	9.6 mA at 868MHz	27mA	<20mA
Throughput	OOK 30 kbps ASK 115.2 kbps	up to 76.8 kbit/s		1Mbit/s
Receiver Sensitivity	-97dBm @115.2 kbps	-110 dBm at 2.4 kBaud	-93dBm	-84dBm
Transmitter Power	0dBm	-20 to 10 dBm	-7.5dBm	+2dBm

Bluetooth – consome 100nJ/b para transmitir de 10 a 100m.

IEEE 802.14.4 consome 25nJ/b (0dbm) para transmitir até 100m operando de 902 a 928MHz

# PROJETOS DE NÓS SENSORES

Os sensores **Motes** podem ser encontrados sobre diversas formas, tamanhos e características.

1. **Macro Motes** ou **COTS Dust Motes**
2. **MICA Motes**
3. **Smart Dust**

# Projeto Motes - Processador

- Micro controlador Atmel AT90LS8535 @4Mhz;
- 35 pinos (I/O);
- Tensão de operação de 2,7 a 5,5 V;
- Consome:
  - 19,2mJ/s no modo ativo
  - 5,7mJ/s Idle e
  - menos de 3μJ/s no modo Sleep;
- (medidas para consumo com 4MHz, 3V e 20°C) .

# Projeto Motes - Rádio

- TR 1000
  - Rádio Transceptor RF 916,5 Mhz, com capacidade de transmitir em média 10Kbps;
  - Consumo:
    - transmissão de **36mJ/s**
    - recepção de **5,4mJ/s** até **14,4mJ**, dependendo da taxa de transmissão de bits por segundo
- (Medidas para consumo com 3V e 25°C).

# Projeto Motes - Rádio

- CC 1000
  - Rádio Transceptor RF 300 a 1000 Mhz, com capacidade de transmitir em média 76,8Kbps;
  - Re-configuração de alcance
  - Consumo:
    - transmissão de 16,5mA (868MHz)
    - recepção de 9,6mA
- (Medidas para consumo com 3V e 25°C).

# Projeto Motes - Memória

---

- 8 KB de memória programável;
- 512B de memória SRAM para dados ;
- 32KB de EEPROM.

# Projeto Motes: MACRO MOTES – COTS DUST

## ➤ Tipos de Nodos:

1. RF Mote
2. Laser Mote
3. CCR Mote
4. WeC Motes
5. Mini Motes
6. MALT Motes
7. IrDA Motes
8. ReneMotes

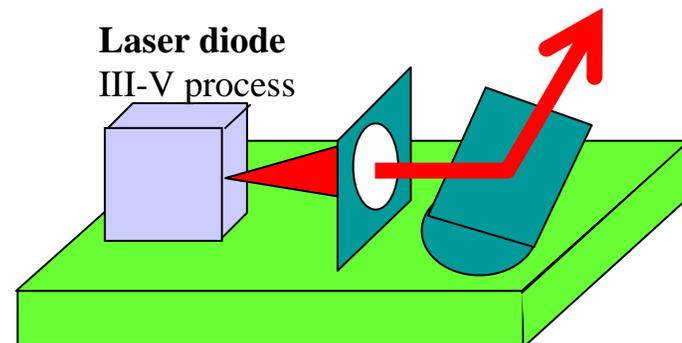
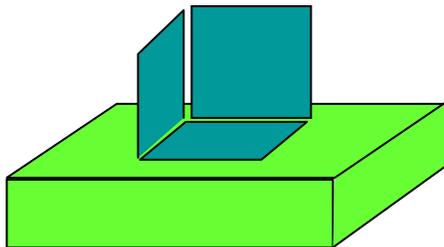
## ➤ Tipos de Sensores:

- temperatura
- luz
- umidade
- pressão
- magnômetros
- acelerômetros

# Projeto Motes: MACRO MOTES – COTS DUST

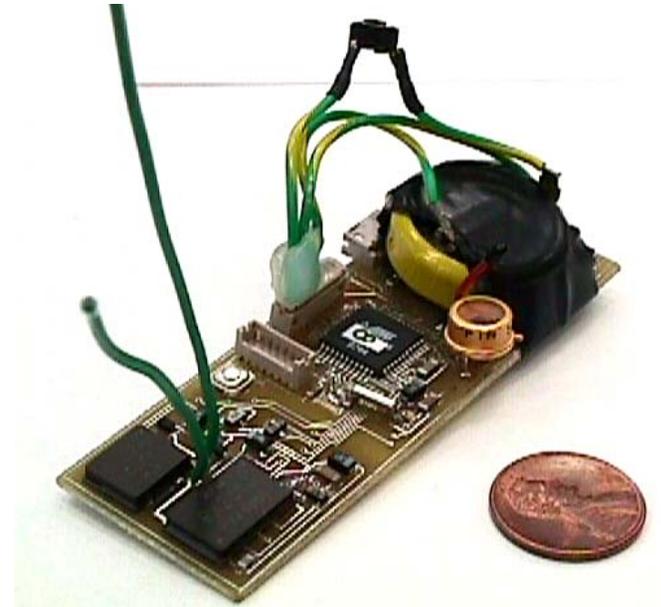
## ➤ Comunicação:

- transceptor RF
- módulo Laser
- um refletor CCR (Corner Cube Reflector)



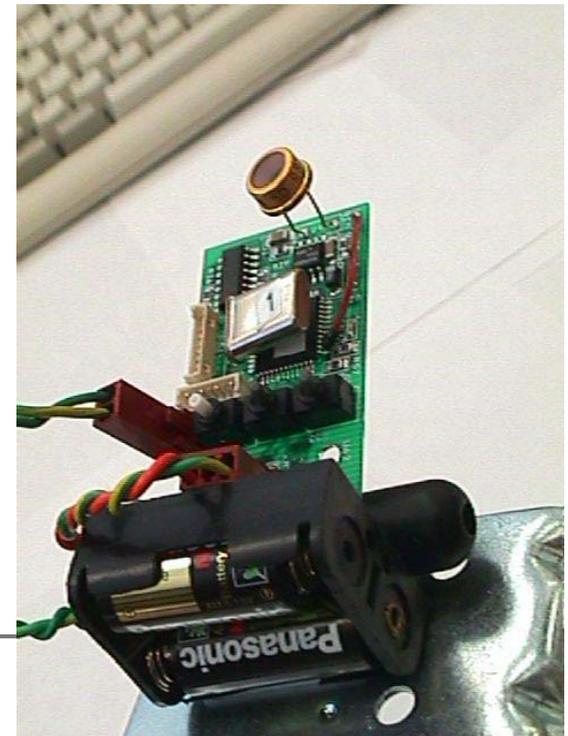
# 1. RF MACRO MOTES

- **Transceptor:** RF de 916 Mhz, que transmite 4800bps;
- **Comunicação:** Alcance de 20 metros;
- **Sensores disponíveis:**
  - temperatura,
  - luz,
  - pressão barométrica,
  - aceleração e
  - magnêtometros;
- **Fonte de Energia:** Uma bateria de Lítio mantém o sensor funcionando continuamente por 5 dias ou por um ano e meio operando a 1% da freqüência do processador.



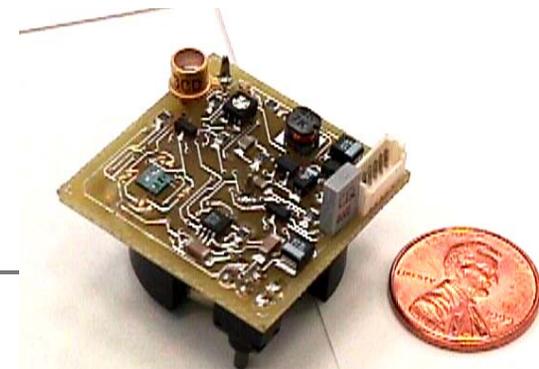
## 2. LASER MACRO MOTES

- **Transceptor:** comunicação a Laser para transmitir dados a uma longa distância
- **Comunicação:** Alcance de quilômetros, porém deve ser ajustado manualmente para que aponte na direção correta do receptor;
- **Sensores disponíveis:**
  - Umidade,
  - luz,
  - temperatura e
  - pressão;
- **Bateria:** Duas baterias AA;



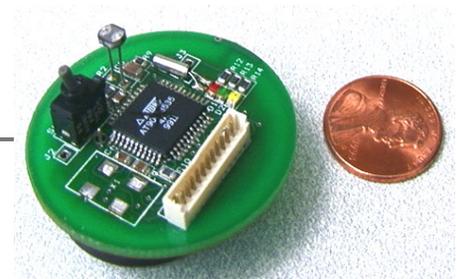
# 3. CCR MOTES

- **Transceptor:** utiliza comunicação passiva a laser, com auxílio de um CCR, refletor do canto de um cubo, a um custo de **100pJ/bit**, para movimentação dos espelhos que compõe o CCR;
- O sensor funciona corretamente tanto exposto a intensos raios solares, quanto em ambientes fechados.
- **Comunicação:** pode transmitir a um alcance de 10 metros, a uma taxa de 30bps;
- **Sensores disponíveis:** temperatura;



# 4. WeC MOTES

- **Transceptor:** usa antena PCB;
- **Comunicação:** alcance de 20 m a uma taxa de transmissão de 10Kbps;
- **Sensores disponíveis:** luz e temperatura;
- **Características Especiais:** É o sensor com maior poder computacional dentre os Macro Motes. No entanto, sua característica mais notável, em relação aos outros, é o fato de poder ser re-programado via ar.

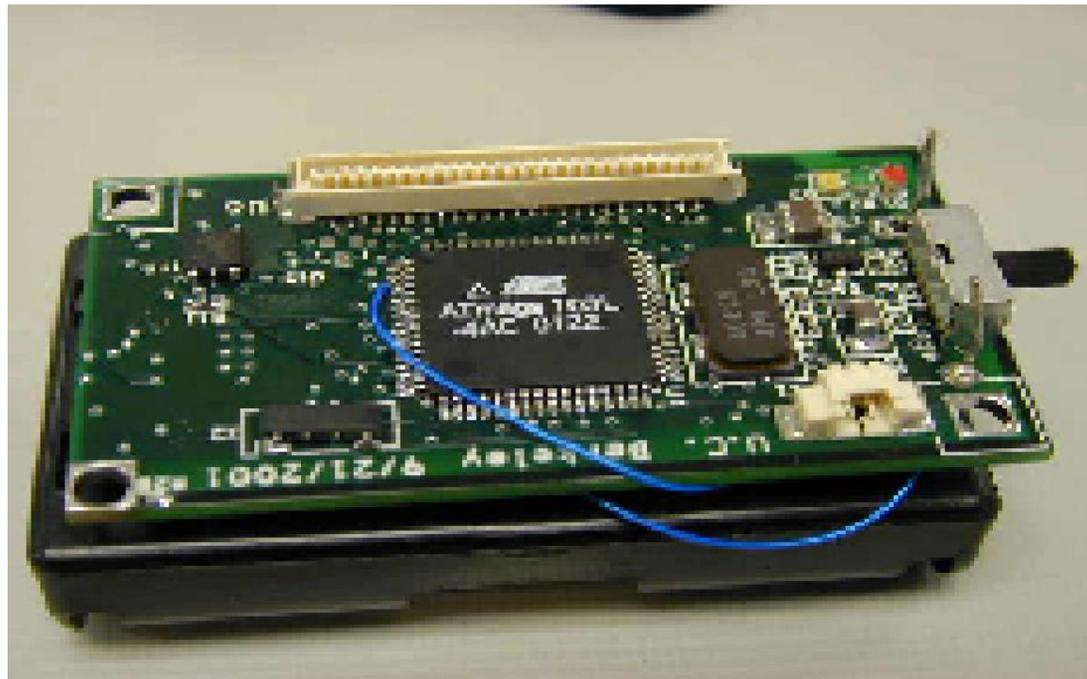


# Comparativo dos **Macro Motes**

	<b>Dimensões (cm)</b>	<b>custo</b>	<b>Capacidade Bateria (3V)</b>	<b>Tempo de vida - Awake (3V)</b>
<b>CCR Motes</b>	2,97 x 2,97 x 1,27 = 11,20 cm <sup>3</sup>	\$50	560 mA-hrs	56 horas
<b>Laser Motes</b>	2,54 x 2,54 x 5,14 = 33,94 cm <sup>3</sup>	\$91	2550 mA-hrs	102 horas
<b>RF Motes</b>	7,62 x 2,54 x 1,27 = 25,58 cm <sup>3</sup>	\$172	1000 mA-hrs	142 horas
<b>WeC Motes</b>	3,81 x 1,27 = 4,84 cm <sup>2</sup>	\$55	560 mA – hrs	58 horas

# Projeto Motes:

## MICA MOTES



# Projeto Motes:

## MICA MOTES

- **Sensores disponíveis:** Luz, temperatura, sísmico, acústico e magnético;
- **Características Especiais:** Possui 51 pinos que permitem que outros elementos possam ser agregados a ele;
- **Sistema Operacional:** Tiny OS;
- **Dimensões:** Aproximadamente 5cm<sup>3</sup>.

# Projeto Motes:

## MICA MOTES

Radio CC1000	Tipo modulação FSK, 300 a 1000MHz, Throughput: 76.8Kbps	Tx: 16,5mA (868MHz) RX: 9,6mA
Processador e memória	ATMEGA128L, 8-bit, 128Kbytes Flash ROM, 4Kbytes RAM, ADC de 10bits, 2.7 a 3.6V	ativo: 8 mA idle: 1,6mA sleep: 8 $\mu$ A
Sensores	Termistor, foto-célula, microfone, acelerômetro, magnetômetro.	ativo: 5mA sleep: 5 $\mu$ A
Bateria	2 pilhas alcalinas AA (2850mA-hr)	

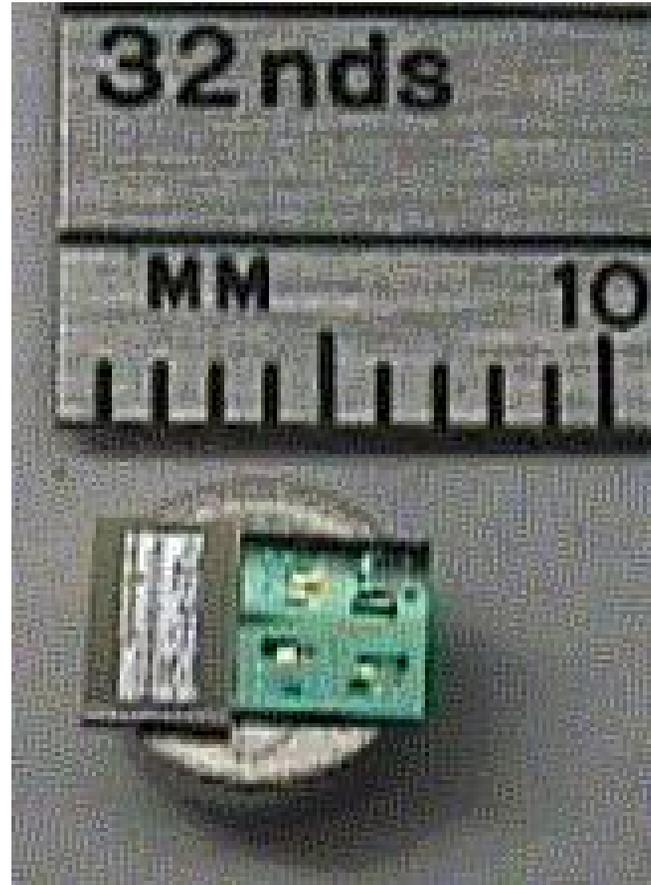


# Projeto Motes:

## MICA MOTES

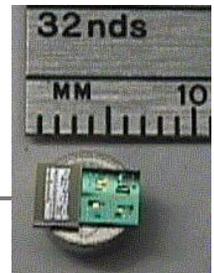
- **Processador:** Está equipado com um micro controlador Atmega103 de 4Mhz e 8bits. Operando no modo ativo, gasta cerca de **16,5mJ/s**, no modo *Idle* **4,8mJ/s** e no modo *sleep* menos de **60μJ/s**;
- **Memória:** Contém uma memória Flash de 128KB, 4KB de RAM, 4KB ROM e ainda uma memória Flash externa de 512KB;
- Conseguem sobreviver por um ano no modo de operação *Idle* e por uma semana no modo ativo.

# Projeto Smart Dust



# Projeto Smart Dust

- **Transceptor:**
  - Óptico: CCR ou Laser;
- **Comunicação:** A comunicação pode ser:
  - Passiva: através de um CCR, transmitindo a uma taxa de 10Kbps, utilizando  $1\mu\text{J/s}$  com área de alcance de 1 Km;
  - Ativa: através de laser, transmitindo a uma taxa de 1Mbps, com gasto de energia de  $10\text{mJ/s}$  e área de alcance de 10 Km.

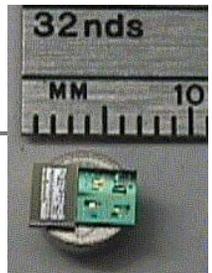


## ➤ **Bateria:**

- Bateria thick-film que disponibiliza 1J de energia ao sensor por  $\text{mm}^3$ ;
- Células de captação solar podem prover 1J por dia, por  $\text{mm}^2$  quando exposto a luz solar ou de 1 a 10mJ em ambientes fechados;
- Capacitor que provê 10mJ por  $\text{mm}^3$ ;

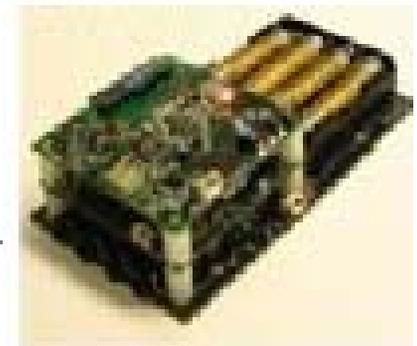
➤ **Sensores disponíveis:** Luz, temperatura, vibração, magnético, acústico;

➤ **Dimensões:** aproximadamente  $1\text{mm}^3$ , com massa total de 5mg.



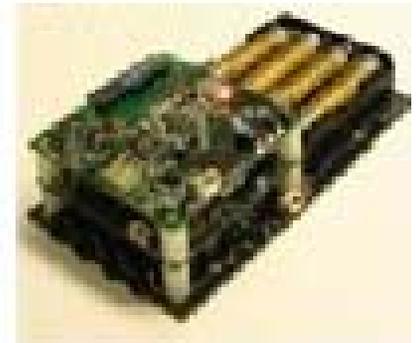
# Projeto $\mu$ AMPS (MIT)

- Gerenciamento de energia Power-aware;
- **Transceptor:** Utiliza rádio transceptor National Semiconductor's LMX3162;
- **Comunicação:** Conseguir uma máxima de 1Mbps, em transmissões sem fio, ponto a ponto. O Alcance fica entre 10 e 100 metros;
- **Bateria:** Necessita de 3,6V DC, que pode ser provido por uma única bateria de lítio (*cell lithium ion*).



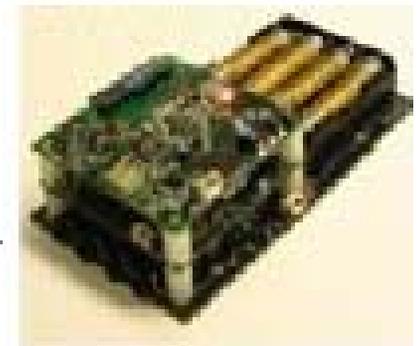
# Projeto $\mu$ AMPS (MIT)

- **Sensores disponíveis:** acústico e sísmico, os quais requerem 5mA a5V, ou seja, **25mJ/s**;
- **Características Especiais:** A camada de enlace é integrada ao rádio PCB, e age como um bloco de memória de armazenamento;
- **Sistema Operacional:** RedHat eCos;
- **Processador:** CPU estática CMOS StrongARM SA-1100;
- **Memória:** 16 MB SRAM e 512KB de Flash ROM.



# Projeto $\mu$ AMPS (MIT) – Estado/Consumo

Estado do Nodo Sensor	Consumo de energia associado ao rádio transceptor
Off (Desligado)	Não consome energia
Idle	60mJ/s
Recebimento	280mJ/s
Transmissão – baixa	330mJ/s
Transmissão - alta	1,1J/s

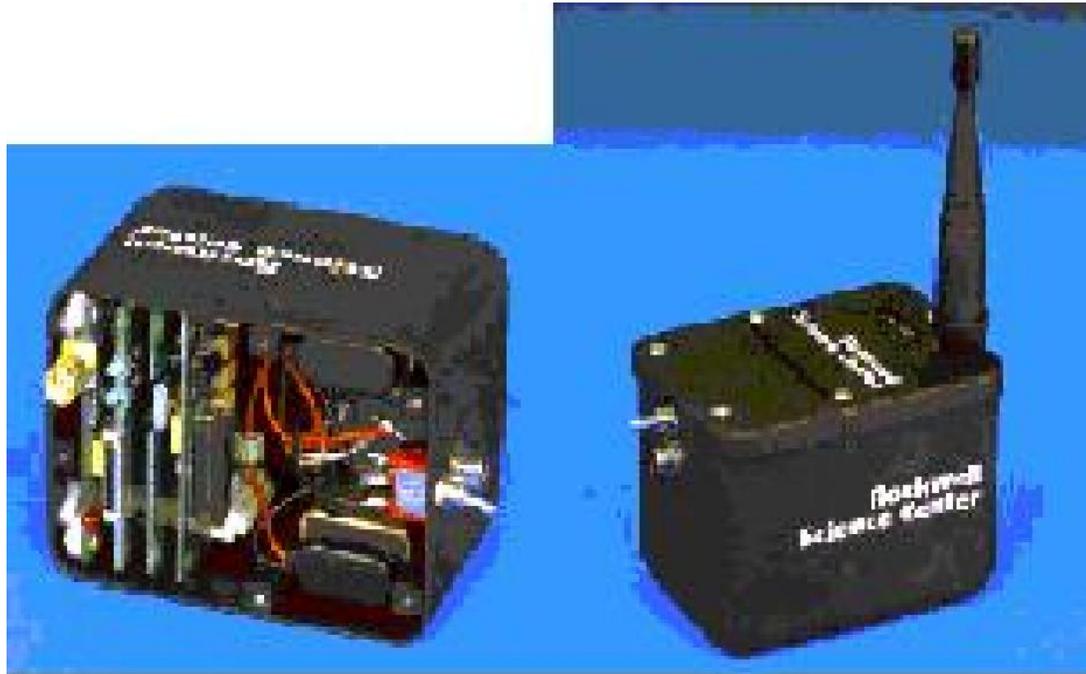


# Projeto **Pico Rádio** (UC, Berkeley)

- **Transceptor:** Taxa de transmissão de dados de 1 a 100 Kbps, com alcance que varia de 1 a 100 metros;
- **Comunicação:** utiliza TDMA
- **Sensores:** acelerômetro, magnetômetro e temperatura
- **Processador:** Micro controlador StrongARM;
- Ideal para um aplicação com grande número de nós, tais como controle de ambiente, segurança e formação de redes instantâneas.



# Projeto **WINS**, RockWell (UCLA)



# Projeto **WINS**, RockWell (UCLA)

- **Transceptor:** O alcance pode ultrapassar os 100m. O módulo do rádio usa o Conexant RDSSS9M, a uma frequência de 900Mhz. O rádio opera em um dos 40 canais, escolhido pelo controlador;
  - **Comunicação:** Permite transmissão de dados a uma taxa de 100Kbps;
  - **Bateria:** Funciona continuamente por 15 horas, utilizando duas baterias e 9V. Operando com o máximo de sua capacidade, gasta menos que **300mJ/s**, no modo típico ou normal, menos que **200 mJ/s**, no modo *Idle* menos que **40mJ/s** e no *Sleep* menos que **0,8 mJ/s**.
-

# Projeto **WINS**, RockWell (UCLA)

- **Interface de Rádio:** 3 wire RS-232;
  - **Interface de Sensor:** 4 wire SPI;
  - **Interface Externa:** Possui interfaces JTAG e RS-232;
  
  - **Sensores disponíveis:** Sísmico, Acústico, Magnetômetro e Acelerômetro;
  
  - **Características Especiais:**
    - **Radiated RF Power:** Pode operar entre os níveis de 1mJ/s até 100 mJ/s de energia;
    - **Controlador Embutido:** micro controlador 65C02 com 32KB de memória SRAM e 1MB de memória Flash.
-

# Projeto **WINS**, RockWell (UCLA)

- **Tensão de entrada:** 4 a 15V;
- **Tensão de saída:** Varia entre os valores máximos de:  
1,5V/160mA ; 3,0V/20mA ;3,3V/300mA;
- **Sistema Operacional e Software:** Os pesquisadores da RockWell desenvolveram softwares para os protocolos básicos de comunicação, um Kernel runtime, drivers para os sensores, aplicações para processamento de sinais e APIs;
- **Dimensões:** 6,98 x 6,66 x 8,89 = 413,27 cm<sup>3</sup>;
- **Memória:** Possui 128KB de SRAM e 1MB de memória Flash.

# Projeto **WINS**, RockWell (UCLA)

- **Processador:** Intel StrongARM 1100@133Mhz, 150 MIPS. Oferece 16KB de cache para instruções e 8KB para dados. Possui E/S serial e interface JTAG. Pode ser executado nos modos normal, *Idle* e *Sleep*.

# Projeto **WINS**, RockWell (UCLA)

<b>Processador</b>	<b>Sensor sísmico</b>	<b>Rádio</b>	<b>Energia (mJ/s)</b>
Ativo	On	RX	751,6
Ativo	On	Idle	727,5
Ativo	On	Sleep	416,3
Ativo	On	Removido	383,3
Dormindo	On	Removido	64,0
Ativo	Removido	Removido	360,0

# Projeto **SensorWeb** (NASA)



# Projeto **SensorWeb** (NASA)

- Desenvolvido pelo JPL, Jet Propulsion Laboratory, California;
- Os projetos são desenvolvidos para atender aos interesses da NASA;
- Já foram desenvolvidos três tipos de nodos sensores: Sensor Web 1, Sensor Web 2 e Sensor Web 3.

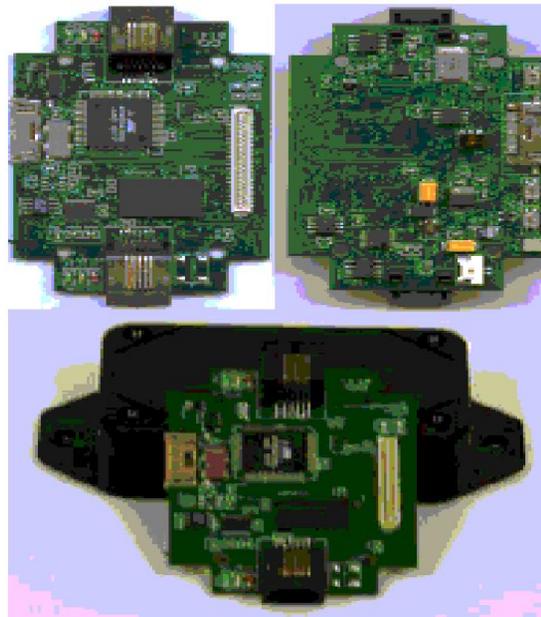
# Projeto **SensorWeb 1** (NASA)

- **Transceptor:** Chips para transmissão e recebimento e micro controlador;
- **Comunicação:** O alcance do rádio de transmissão pode chegar a 40 metros, com uma taxa de transmissão de 20Kbps a uma frequência de 916MHz;
- **Bateria:** 3V Lítio;
- **Sensores disponíveis:** Luz e temperatura juntos em um mesmo sensor;
- **Características Especiais:** Em um ciclo de um conjunto de medidas por segundo, é estimado que se precise de **50mJ/s** de energia. Peso de 50 gramas.

# Projeto **SensorWeb 2 e 3** (NASA)

- **Transceptor:** O alcance do rádio pode chegar a 150 metros. A frequência de transferência é de 916 MHz;
  - **Comunicação:** Taxa de transmissão é de 28.8Kbps;
  - **Bateria:** Possui uma bateria de 8V que pode ser recarregada por raios solares;
  - **Sensores Disponíveis:** Luz e temperatura juntos em um mesmo nodo sensor;
  - **Dimensões:** Maior e mais pesados que o Sensor Web 1, possui as seguintes dimensões 5cm x 10cm x 16cm;
  - Sensor Web 3 suporta altas temperaturas e intensos jatos de água. Possui também uma interface gráfica.
-

# Projeto **MEDUSA** (CENS UCLA)



# Projeto **MEDUSA** (CENS UCLA)

- **Transceptor:** potência de transmissão de **0,75 mJ/s** e seu alcance pode chegar aos 20 metros. A taxa de transferência pode variar de 2,4 Kbps até 115 Kbps;
- **Comunicação:** É feita através de um rádio TR1000 (RF Monolithics) e um barramento serial RS-485;
- **Sensores disponíveis:** Acelerômetro (ADXL202E) e de temperatura;
- **Bateria:** Possui bateria recarregável Lithium-ion de 540 mAh e possui uma saída de 3,3V, que pode prover até **990mJ/s**.

# Projeto **MEDUSA** (CENS UCLA)

- Não tendo sensores conectados, o nodo requer menos do que **165mJ/s** para o seu funcionamento. No entanto, o suprimento de energia foi designado para prover 990mJ/s, utilizados para oferecer a energia adicional necessária aos sensores que podem ser colocados no nodo como um acessório de bordo;
- **Interfaces:** É composto por um conjunto de interfaces: entradas 10-bit ADC, portas seriais (I<sup>2</sup>C, RS-232, RS-485, SPI) e várias portas de E/S de propósito geral.

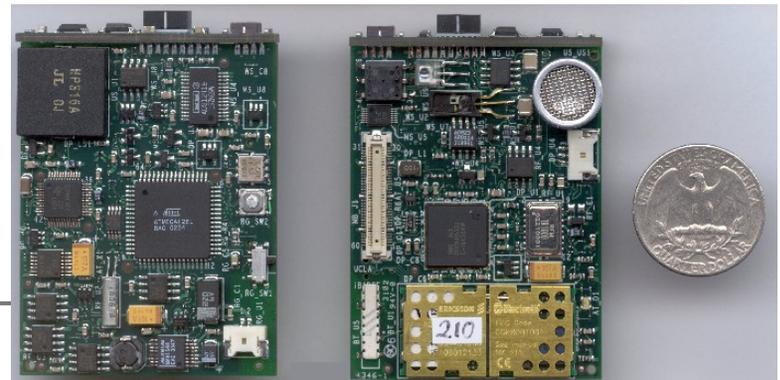
## ➤ **Sistema Computacional:**

### ➤ Possui dois micro controladores:

- ATmega128L MCU (Atmel) de 8 bits e 4MHz, com 32KB de Flash e 4KB de RAM;
- AT91FR4081 ARM THUMB (Atmel), de 16/32 bits e 40 MHz, com 136 KB de RAM e 1MB de memória Flash on chip;
- As tarefas são distribuídas entre os dois micro controladores, sendo que o ATmega128L MCU fica incumbido das funções que necessitam de menos processamento.

# Projeto iBadge (UCLA)

- ❑ É equipado com sensores:
  - Microfone
  - Localização
  - Temperatura
- ❑ Usado em jardim de infância Smart Kindergarten.
- ❑ Professores e crianças estão usando o iBadge.
- ❑ Não é um coleção de sensores. Ele tem capacidade computacional suficiente para processar os dados de entrada.
- ❑ Ele é pequeno e leve para ser usado pelas crianças
- ❑ Dois processadores:
  - Atmel ATMEGA
  - TI DSP C5416,
- ❑ Usado de 4 a 6 horas por dia
- ❑ Usa Bluetooth para conexão wireless



# iBadge (UCLA)

- ❑ Unidade de localização: responsável por obter localização espacial precisa de um iBadge baseado em um processo de multi-lateração.
- ❑ Unidade de Sensoriamento do Ambiente: coleta medidas sobre temperatura, intensidade luminosa, umidade e pressão
- ❑ Unidade de Orientação e inclinação: inclui acelerômetro (dois eixos) e magnetômetro (três eixos), detectando movimento e a presença de campo magnético.
- ❑ Unidade de Processamento da fala: consiste de um DSP, um codec chip, um microfone, e um auto-falante
- ❑ Unidade de Power Management
- ❑ Unidade de comunicação: bluetooth
- ❑ Unidade de energia: provê três níveis: 1,6V, 3.3V e 5 V

# Conclusão

- A escolha de elementos para composição de uma RSSF está diretamente ligada a aplicação que se deseja desenvolver;
- A maioria dos grupos de pesquisa mantém os dados disponíveis sobre seus projetos desatualizados ou sob sigilo.