



RFID

Identificação por Radiofrequência

Carlos Couto

Departamento de Electrónica Industrial
Universidade do Minho
4800-058 Guimarães - PORTUGAL

email: ccouto@dei.uminho.pt

Ph: +351 253 510197

Fax: +351 253 510189



RFID

➤ **RFID - Radio Frequency IDentification**

- frequências de rádio para a identificação de produtos, animais ou pessoas,
- não necessitam de contacto físico para proceder à identificação
 - ❖ sistemas de identificação clássicos gradualmente serão substituídos por sistemas baseados em RFID
 - Códigos barras, cartões de banda magnética, *chipcards*



Vantagens dos Sistemas RFID

- alimentação da etiqueta e a leitura dos dados sem contacto físico,
 - o que permite a sua utilização mesmo em ambientes hostis;
- o seu reduzido tamanho, permite que seja integrado em qualquer tipo de objecto (pulseiras, coleiras de animais, chaves, cartões tradicionais e até introduzido debaixo da pele de animais);
- o tempo de resposta, normalmente inferior a 100 ms
 - boa solução para processos produtivos onde se deseja obter a informação de etiquetas em movimento;
- baixo custo das etiquetas em relação aos produtos que se pretendam identificar.



Desvantagens dos Sistemas RFID

- custo em relação à tecnologia de código de barras
 - difícil produzir etiquetas electrónicas mais baratas que uma simples etiqueta de papel com um código impresso.
 - ❖ Mas o código de barras tem que estar em linha de vista do leitor obrigando a operador humano



Aplicações de RFID

- vigilância electrónica de artigos;
- protecção de equipamento valioso contra roubo ou deslocação não autorizada;
- gestão de inventário;
- controlo de acesso de veículos a parques de estacionamento ou instalações;
- pagamento automático de portagens em estradas ou pontes;
- controlo de acesso de pessoas a locais perigosos ou de acesso restrito;
- tempos e controlo nos processos de fabricação industrial;

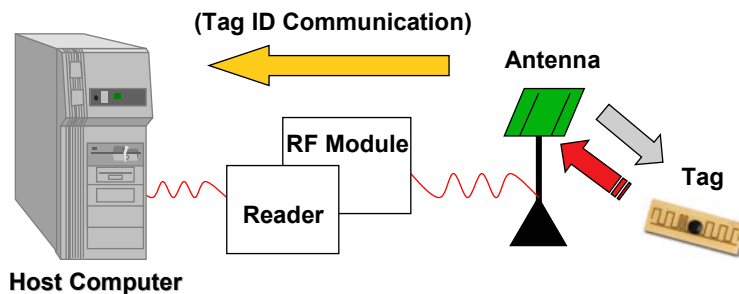
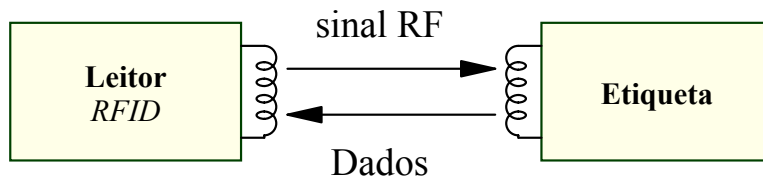


Aplicações de RFID

- etiquetagem animal – identificação de animais para apoio a programas de alimentação individualizada;
- identificação automática de ferramentas em máquinas de controlo numérico – para facilitar a monitorização e gestão de utilização de ferramentas e para minimizar desperdícios decorrentes de utilização excessiva de ferramentas;
- identificação de variantes de produtos e de processos de controlo em sistemas de manufactura flexíveis;
- leitura de tempos em actividades desportivas;
- sistemas anti-roubo e imobilização de veículos.

↗ sistema RFID constituído

- um elemento interrogador, designado por leitor,
- e um elemento interrogado, normalmente designado por *transponder* ou etiqueta

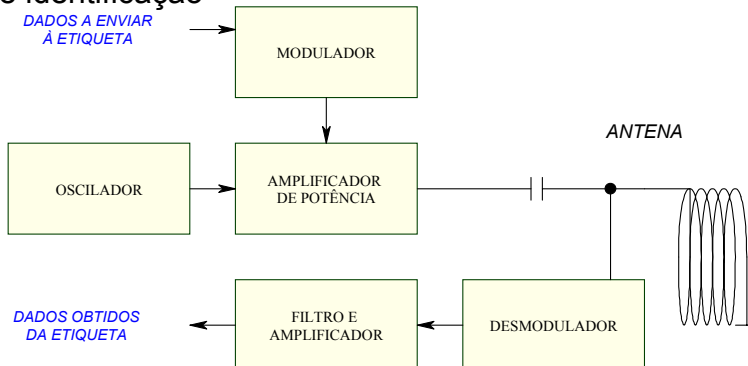


The antenna captures the **tag ID** number...first as analog RF waves, then it is converted to digital information.

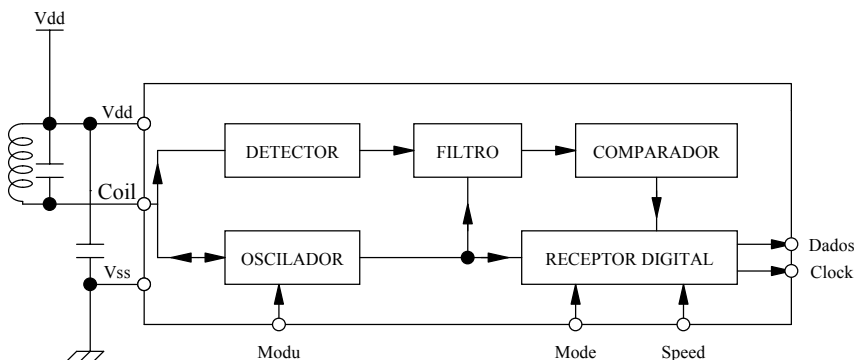


Leitor RFID

- ↗ circuito transmissor/receptor que emite um sinal de radiofrequência e recebe da etiqueta um sinal de resposta, também em radiofrequência, contendo o código de identificação



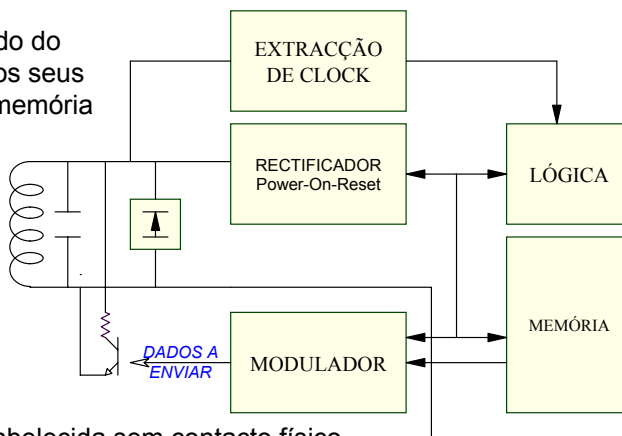
Leitor RFID





↗ **Transponder = Transmitter/Responder**

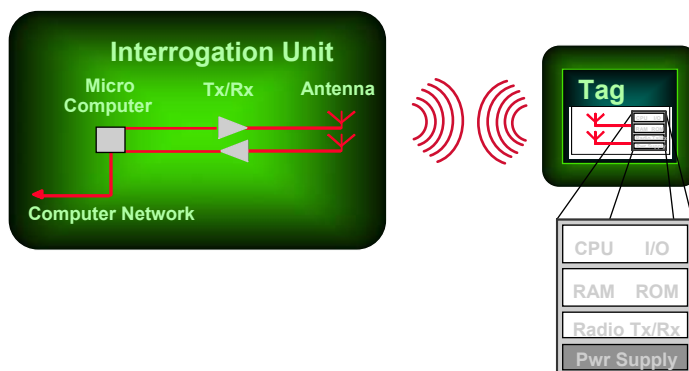
responde a um pedido do
leitor para o envio dos seus
dados contidos em memória



comunicação estabelecida sem contacto físico.



An RFID Tag Is A Portable Database



...A sophisticated computing and communications device
...A wireless extension of Information Systems



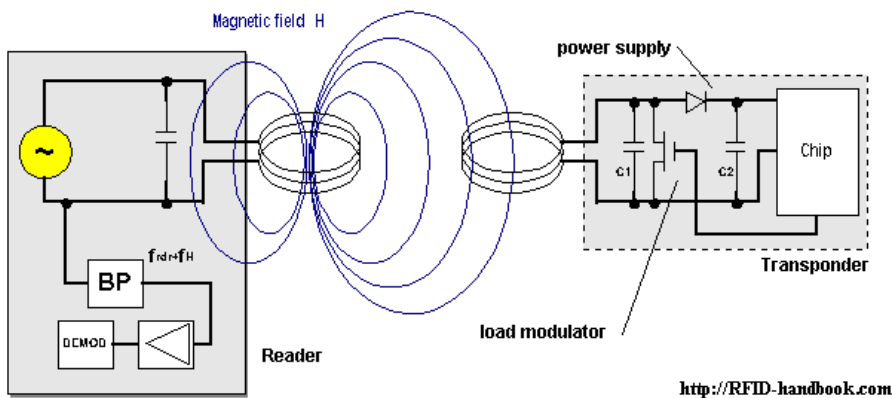
Etiquetas Activas

- ↗ alimentadas por uma bateria interna
- ↗ normalmente de leitura e escrita,
 - informação poderá ser alterada
- ↗ custo mais elevado que as etiquetas passivas.
- ↗ etiquetas fechadas,
 - bateria interna → vida útil limitada.



Etiquetas Passivas

- ↗ funcionam sem necessitar de fonte de alimentação própria
 - tensão de alimentação necessária gerada com base no campo magnético induzido ou no campo eléctrico radiado pela antena do leitor.
 - ❖ A tensão de radiofrequência induzida na antena da etiqueta é rectificada e utilizada para carregar um condensador, fornecendo desta forma uma tensão contínua ao circuito.
 - ❖ Quando a tensão atinge o valor necessário para o funcionamento da etiqueta, esta inicia automaticamente o envio dos dados gravados na sua memória.
- ↗ etiquetas mais pequenas e mais baratas que as activas
 - possuem, teoricamente, um vida útil ilimitada.
 - programação pode ser realizada de fábrica ou pelo utilizador, recorrendo a um programador apropriado.



- O leitor gera continuamente um sinal de radiofrequência sinusoidal, verificando sempre se ocorrem ou não amortecimentos na transportadora.
- A detecção da modulação indicará a presença de uma etiqueta.
- A modulação é produzida por repetidas sobrecargas na bobina da etiqueta.
- Fazendo uso de um transístor, a etiqueta provoca ligeiros amortecimentos no campo magnético gerado pelo leitor.

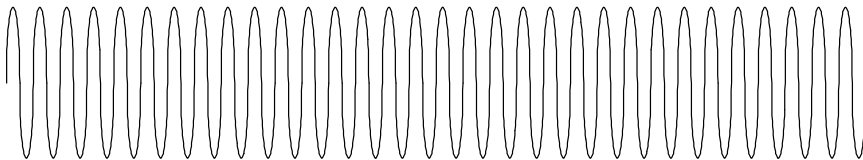


transmissão de dados em RFID

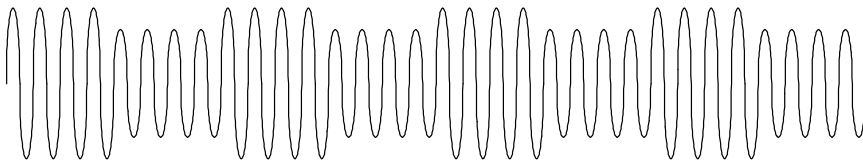
- O acoplamento existente entre a bobina do leitor e a bobina da etiqueta faz com que o seu modo de funcionamento seja idêntico ao de um transformador com núcleo de ar.
 - quando o enrolamento secundário é momentaneamente curto-circuitado (bobina da etiqueta), o enrolamento primário (bobina do leitor) experimenta momentaneamente uma ligeira diminuição da tensão.
 - O leitor terá que possuir um circuito receptor capaz de detectar flutuações de tensão na ordem dos 60 dB ou seja, por exemplo, no caso de termos uma onda de amplitude 100 V, terá que detectar uma flutuação de 100 mV.
- É através da detecção destas flutuações que o leitor consegue obter os dados provenientes da etiqueta.



transmissão de dados em RFID



a) Sinal de radiofrequência gerado pelo leitor.



b) Amortecimentos no sinal provocados pela etiqueta (backscatter).



- ↗ processo de transmissão ou alteração de dados que ocorre durante o tempo de envio, desde que estes saem da memória da etiqueta até que chegam ao leitor



- ↗ não é feita nenhuma codificação dos dados:
 - os '0' e os '1' são extraídos da memória de dados e enviados directamente para o transístor de saída, sendo sincronizados pelos ciclos de relógio
 - Um nível baixo corresponde a um '0' e um nível alto corresponde a um '1'



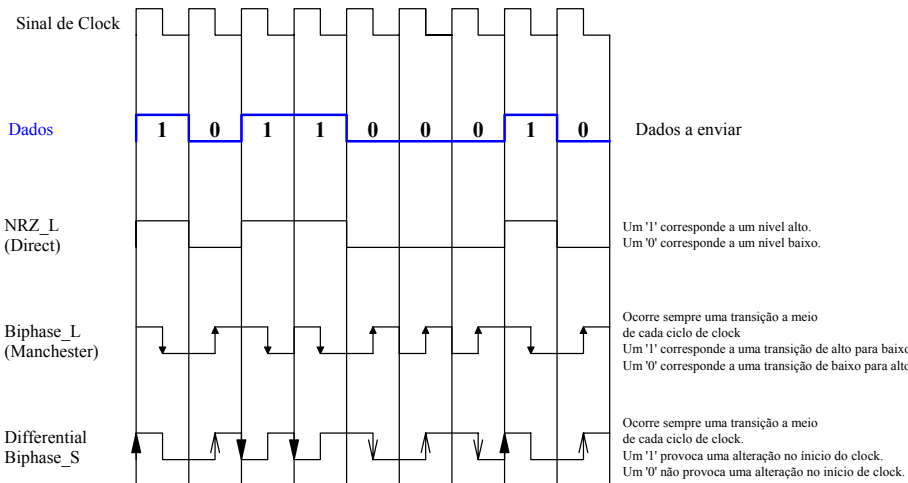
- o conjunto de *bits* que se pretende enviar é modificado de modo a que ocorra sempre uma transição a meio de cada ciclo de *clock*.
 - A não ocorrência de uma transição a meio do ciclo de *clock* indica a existência de erros na transmissão de dados.
 - Esta informação pode ser utilizada para reconstruir os dados que estão a ser enviados



- ***Biphase_L* (Manchester)**
 - um '1' é representado por uma transição de alto para baixo
 - e um '0' por uma transição de baixo para alto,
 - ambas a meio de um ciclo de *clock*
- ***Differential Biphase_S***
 - variação do método anterior
 - além de ocorrer sempre uma transição a meio de cada ciclo de *clock*,
 - ❖ um '1' é representado por uma alteração do nível no início do ciclo de *clock*
 - ❖ e num '0' não se verifica tal alteração

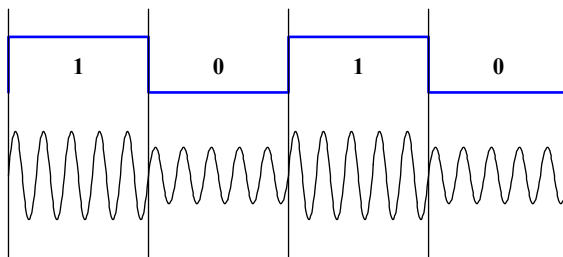


Codificação de Dados

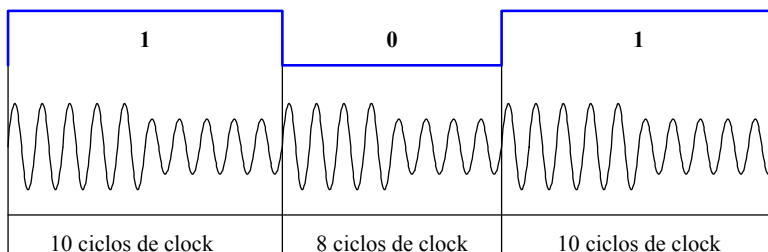


Modulação de Dados Directo

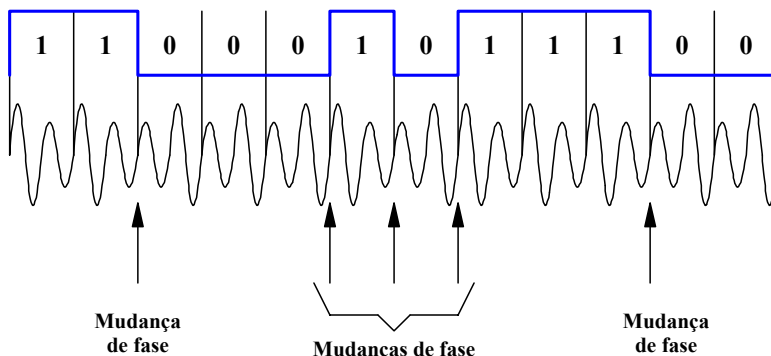
- Um nível alto fornecido pelo detector de envolvente corresponde a um '1' e um nível mais baixo a um '0'
- Este tipo de modulação permite uma elevada taxa de transferência de dados mas reduz a imunidade ao ruído



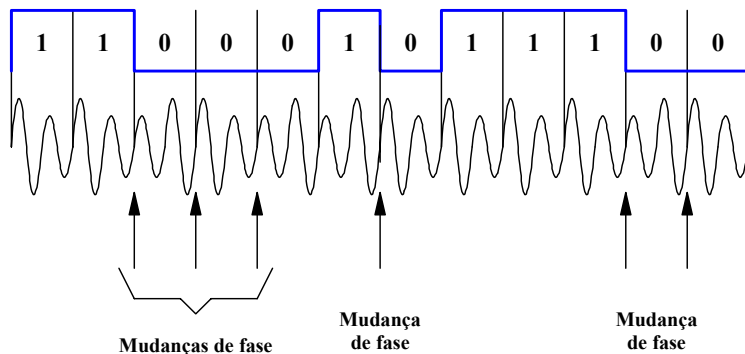
- ↗ utiliza duas frequências distintas para a transferência dos dados.
 - O '0' é transmitido utilizando 8 ciclos de *clock* ($F_c/8$)
 - e o '1' 10 ciclos de *clock* ($F_c/10$),
- ↗ A modulação FSK traz vantagens
 - grande imunidade ao ruído
 - desenho simples para os leitores.
- ↗ No entanto, tem como desvantagem uma baixa taxa de transferência de dados



- semelhante ao FSK
 - é utilizada apenas uma única frequência
 - a passagem entre *uns* e *zeros* é acompanhada por um deslocamento de 180° na fase da transportadora.
- Os dois tipos mais comuns de modulação PSK são:
 - alteração de fase sempre que surja alteração nos dados
 - alteração de fase sempre que surja um zero
- Este tipo de modulação permite uma maior taxa transferência de dados do que a FSK além de apresentar também uma boa imunidade ao ruído.
- A frequência utilizada é normalmente de dois ciclos do sinal de *backscatter*

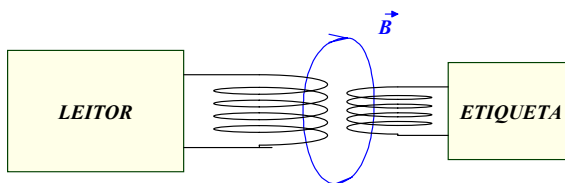


ocorre uma alteração de fase sempre que surge uma alteração de dados

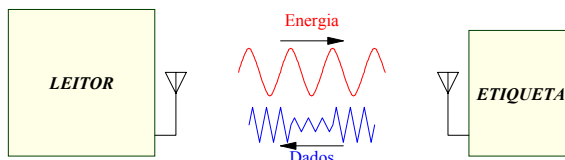


ocorre uma alteração de fase sempre que surge um '0'

➤ Acoplamento Magnético

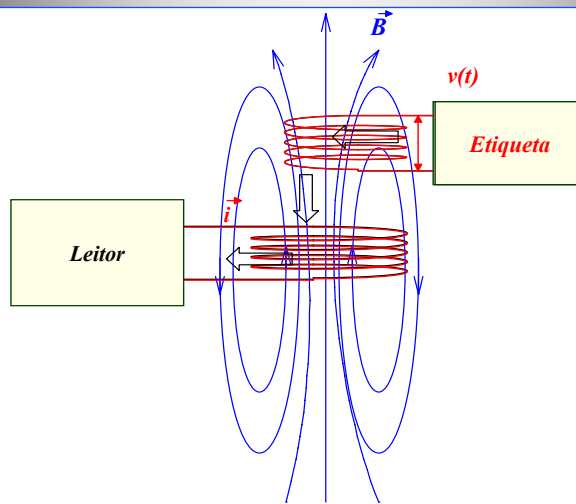


➤ Campo Eléctrico Radiado



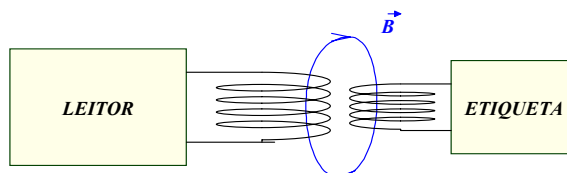


Acoplamento Magnético



Acoplamento Magnético

- ↗ proximidade das antenas do leitor e da etiqueta
- ↗ princípio de funcionamento é equivalente ao de um transformador com núcleo de ar,
 - energia através da rectificação da tensão induzida na bobina da etiqueta que depois é armazenada num condensador
 - dados desta através da variação da carga imposta na sua antena (o secundário do transformador).



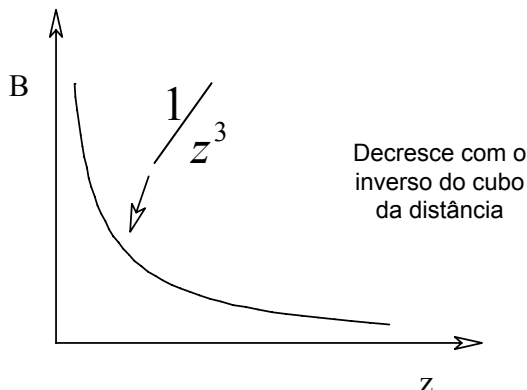


Acoplamento Magnético

- mais vantajoso quando se utilizam frequências abaixo dos 100 MHz
 - utilização de antenas de tamanho reduzido formadas apenas por uma pequena bobina.
- distâncias utilizadas entre o transmissor e o receptor raramente ultrapassam os 50 cm,
 - sistemas mais usuais apresentam frequentemente distâncias máximas de leitura de 10 a 15 cm
 - distância máxima de leitura dependerá essencialmente da capacidade que a antena do leitor possui para projectar o mais longe possível as linhas de campo magnético, ao mesmo tempo que transfere energia para a etiqueta através das linhas de fluxo magnético que atravessam as espiras da antena da etiqueta.
- Nalgumas aplicações é necessário espalhar as linhas de campo por uma determinada área,
 - caso do controlo de acesso em que se utilizam antenas do tamanho das portas, para se obter um bom campo de acção.



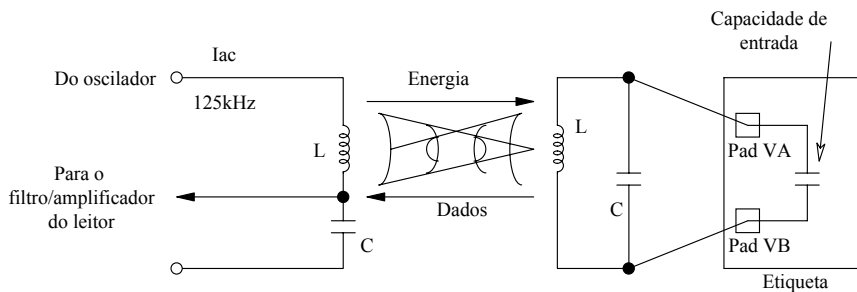
Intensidade do campo magnético



**intensidade do campo magnético
versus
distância da espira a um ponto P do espaço**



Bobina da Antena da Etiqueta

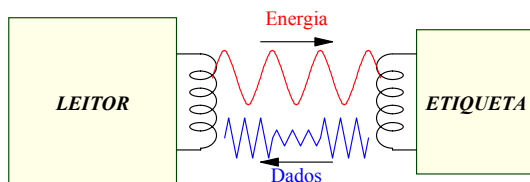


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Campo Eléctrico Radiado

- mais utilizado para frequências acima dos 100 MHz em aplicações onde se pretendem maiores distâncias de leitura
- dimensões da antena não sejam um factor crítico.



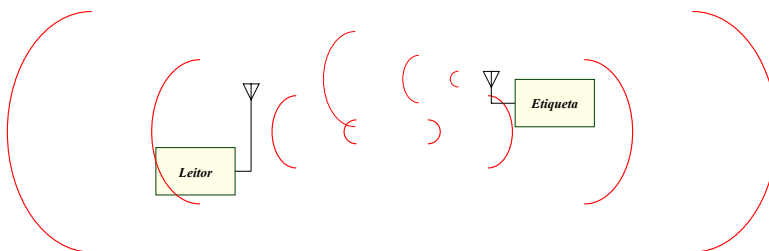


Campo Eléctrico Radiado

- A radiação do campo eléctrico requer antenas que tenham tipicamente um tamanho de meio comprimento de onda da frequência utilizada, ex:
 - 150 cm para 100 MHz, 15 cm para 1 GHz, 5 cm para 2,5 GHz e 2,5 cm para 5,8 GHz.
- Tamanho da antena requerida para baixas frequências impede que se utilize o campo eléctrico radiado em sistemas RFID que operam nestas frequências.
- Utilizando-se altas frequências os componentes são mais caros
- Densidade de energia radiada diminui com o inverso do quadrado da distância entre o leitor e a etiqueta
- A utilização de etiquetas sensíveis pode compensar a diminuição da densidade de energia com a distância, para realizar transferências de dados a longas distâncias.
 - As etiquetas passivas, que utilizam o campo radiado do leitor como fonte de energia, têm uma distância de leitura limitada, imposta por legislação referente à potência radiada permitida, por ex., para uma frequência de 500 MHz de 10 m.
 - Para maiores distâncias é necessário a utilização de etiquetas activas



Campo Eléctrico Radiado



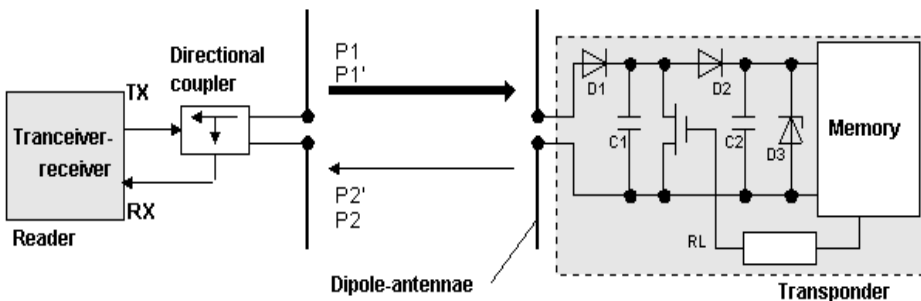


Universidade do Minho

Acoplamento por Campo Eléctrico



Escola de Engenharia
Departamento de
Electrónica Industrial



<http://RFID-handbook.com>

Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

42

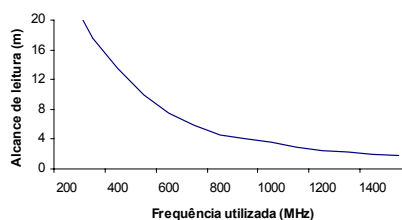
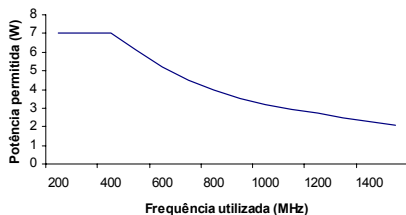
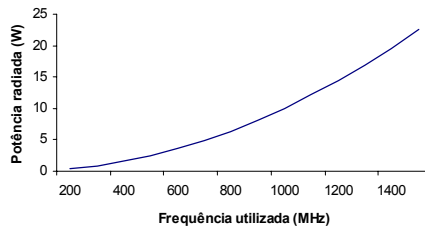
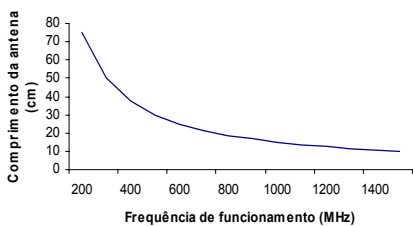


Universidade do Minho

Potência Radiada e Legislação



Escola de Engenharia
Departamento de
Electrónica Industrial



Carlos Couto

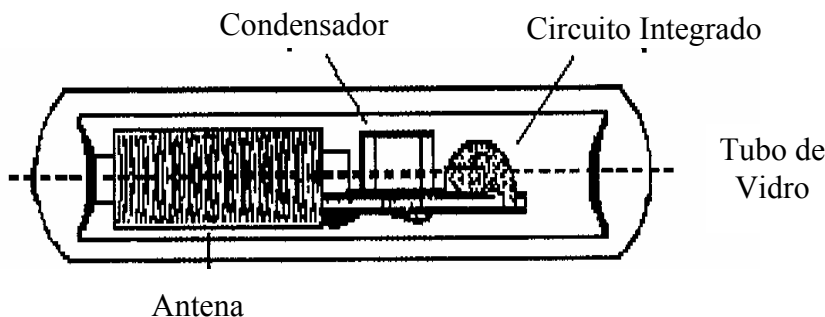
QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

45

Quanto à frequência utilizada

- ✓ Abaixo de 100MHz - Acoplamento Magnético
 - Pequenas distâncias de leitura (dezenas de cm)
 - Sensível a interferências magnéticas
- ✓ Acima dos 100MHz - Campo Eléctrico Radiado
 - Grandes distâncias de leitura (dezenas de metros)
 - Elevada velocidade de passagem
 - Leitura direccional (na linha de visão)

Identificador para Animais



Neste caso é utilizado no interior da bobina um núcleo de ferro.

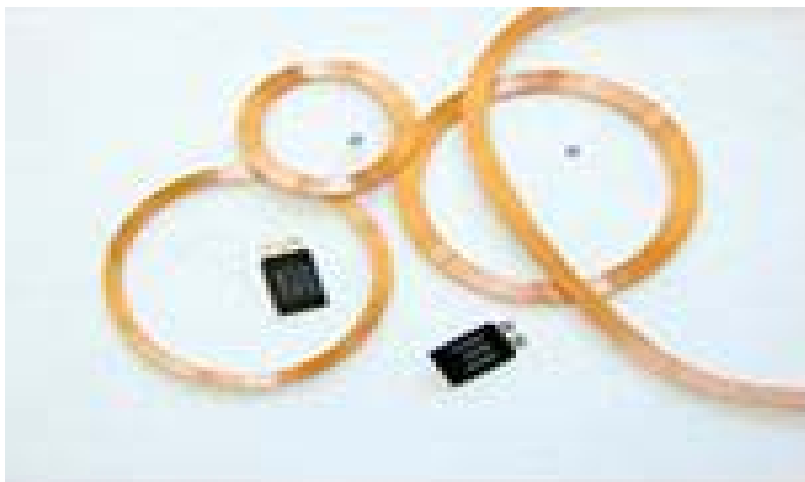


Universidade do Minho

Exemplos de *Transponders*



Escola de Engenharia
Departamento de
Electrónica Industrial



Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

48

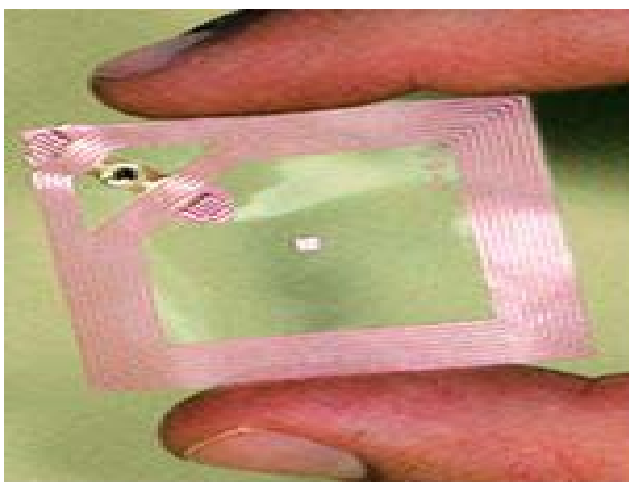


Universidade do Minho

Exemplos de *Transponders*



Escola de Engenharia
Departamento de
Electrónica Industrial



Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

49



UHF Tag Feature Set



- ☒ Low power > long range
- ☒ 1024 bit memory
- ☒ Read/write/lock on 8 bits
- ☒ Advanced protocol



- | | |
|----------------------|-------------------------|
| ☒ Efficient multi-id | * Lock data permanently |
| ☒ 12 ms/8 byte read | * 25ms/byte write |
| ☒ Group select | * Broadcast write |
| ☒ 40 tags/second | * Anti-collision |



Etiqueta com Código de Barras



SHIP TO: COMMANDING OFFICER DDSP SUSQUEHANNA, PA 15230		SHIP FROM: CHEMICAL SUPPLIER CHEMICAL COMPANY INSTITUTE, WV 23456	
TCN: AWHGEAA\$0F00090XX 			
NSN: 5310011987585 			
CAGE: AWHGE		GTIN: 00098756100013	
MSDS #: ABCDE	HCC: A1	CHEM WT: 10000	
AHRIST DATA: 			



Universidade do Minho

Comparação de diferentes tecnologias de identificação remota



Tecnologia de identificação sem fios	Alta freq. (2,45 GHz)	Baixa e média freq. (125 KHz; 13,5 MHz)	Código de barras Código 39
Parâmetros			
Distância de leitura	Grande	Moderada	Moderada
Velocidade de passagem do objecto	Muito alta	Baixa	Moderada
Leitura-escrita de dados	Sim	Sim	Não
Leituras direccionais (na linha de visão)	Sim	Não	Sim
Lê através do vidro, tecido, madeira etc.	Sim	Sim	Não
Resistência à sujidade	Boa	Boa	Baixa
Resistência ao desgaste	Boa	Boa	Moderada
Resistência a interferências magnéticas	Boa	Baixa	Boa
Leitura de múltiplas etiquetas	Sim	Sim	Não
Leitores próximos uns dos outros	Sim	Não	Sim
Custo dos leitores	Moderado	Baixo	Baixo
Custo dos identificadores (etiquetas)	Moderado	Baixo	Muito baixo

Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

52



Universidade do Minho

Frequências Utilizadas



Banda de frequência	Características	Aplicações
Baixa 100 - 500 kHz	Pequenas e médias distâncias de leitura; Baixo custo; Baixa velocidade de leitura.	Controlo de acesso; Identificação animal; Controlo de inventário; Sistemas anti-roubo de viaturas.
Média 10 - 15 MHz	Pequenas e médias distâncias de leitura; Custo relativamente mais elevado; Velocidade de leitura média.	Controlo de acesso; Cartões inteligentes.
Alta 850 - 950MHz 2,4 - 5,8 GHz	Grandes distâncias de leitura; Custo mais elevado; Grande velocidade de leitura; Muito direccionais (a etiqueta deverá encontrar-se na linha de visão do leitor).	Identificação de veículos; Sistemas de pagamento automático (via verde).

Carlos Couto

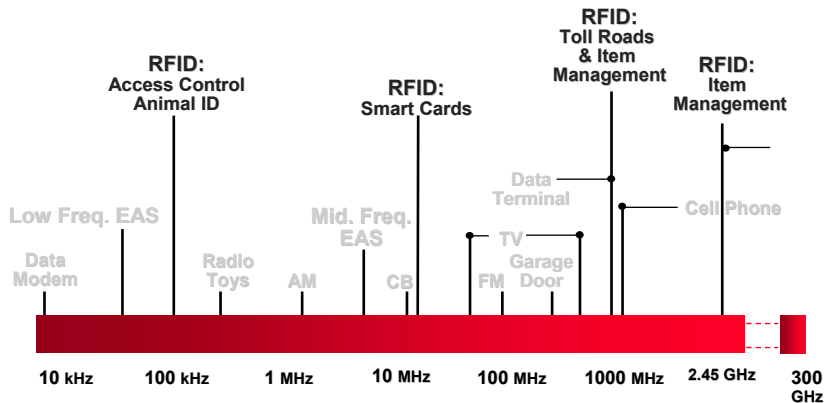
QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

69



Universidade do Minho

Frequencies



Carlos Couto

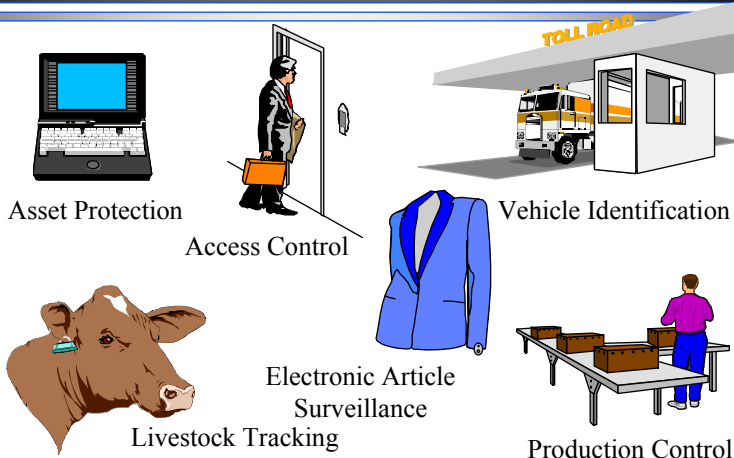
QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

70



Universidade do Minho

Typical RFID Applications



Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

71

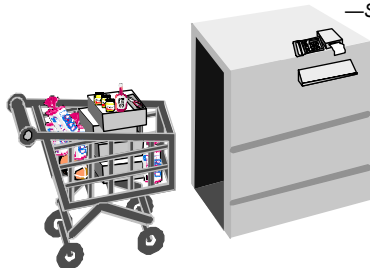


"Chip to remove shopping blues"

—Post-Courier, January 1994

"1.5¢ electronic bar code announced"

—San Francisco Chronicle



"Tiny microchip identifies groceries in seconds."

—Chicago Tribune

"Scanning range of four yards"

—NY Times

"Checkout in one minute"

—The Times, London





What is RTLS?

- Item Management includes both the identification of an item and its location
- RFID provides a means of radio identification
- RTLS provides a means of radio location

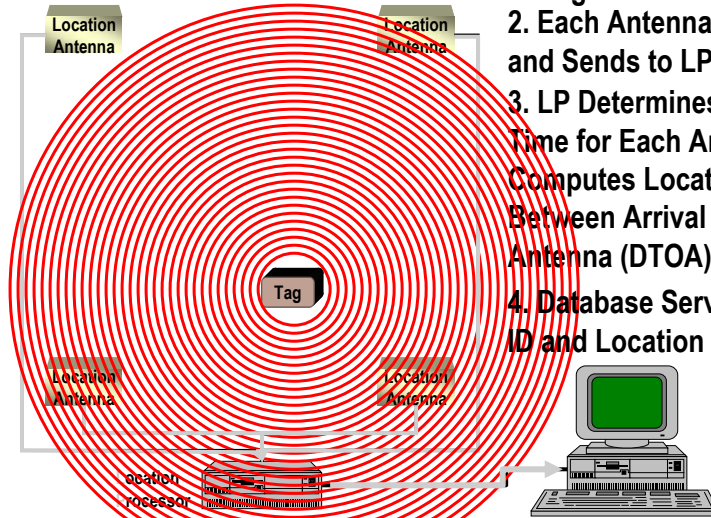


Locating vs. Positioning

- **Positioning**
 - Where Am I?
 - Provides Your Current Position
 - e.g., GPS (Global Positioning System)
- **Locating**
 - Where is ____?
 - Provides the Location of Something Else to You
 - e.g., ULD Locating System



How Does DTOA Locating Work?



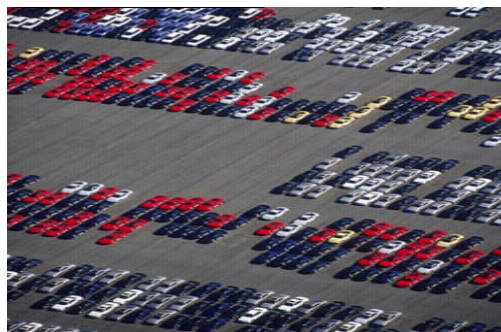
1. Tag Transmits ID
2. Each Antenna Receives ID and Sends to LP Over Cable
3. LP Determines First Arrival Time for Each Antenna and Computes Location Difference Between Arrival Time at Each Antenna (DTOA)
4. Database Server Receives Tag ID and Location Data From LP



Vehicle Inventory Management

➤ Newly Assembled Vehicles Stored in Yard

- Thousands of Vehicles must be Shipped per Day by Various Conveyances
 - ❖ Assembling Shipments is Complex Operation
 - ❖ Unfound Vehicles Cause Significant Delays
 - ❖ Delays Cost Manufacturer \$5-\$10/Day/Vehicle
- Vehicles Shipped with Quality Problems Cost Thousands of Dollars to Repair After Shipment
- Incomplete Loads Require Additional Transports



➤ RTLS – 802.11 Empower Mobile Real Time Decisions

- RTLS Speeds Finding Vehicles
- Vehicles are Checked Real Time for ship/hold status Using 802.11 Wireless Network
- RTLS Identifies Vehicles in Overflow Yards
- Loaded Vehicles Status is Verified

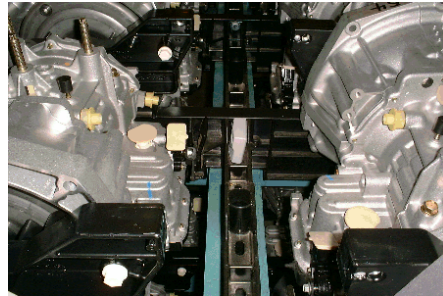


Features

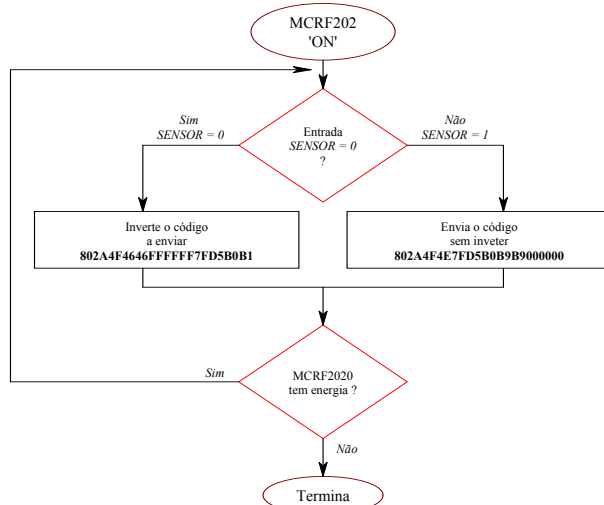
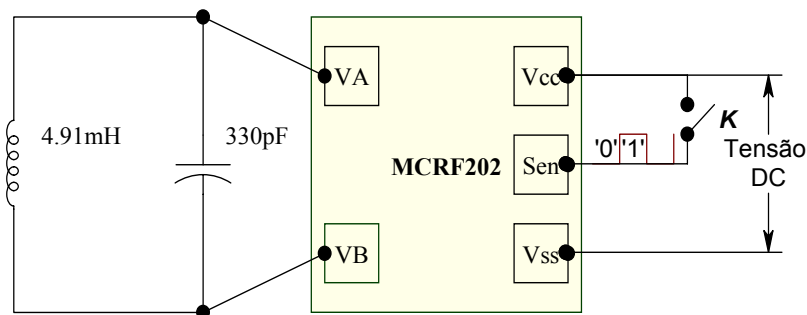
- Real-time Visibility of All W-I-P on Site
- Current Location
- Location History and Trace-ability
- Automate Receive, Put-away, Pick and Ship
- Status Information

Benefits

- Reduced Material Handling Costs
- Reduced Expediting Costs
- Reduced Obsolete Inventory
- No Line Switchovers

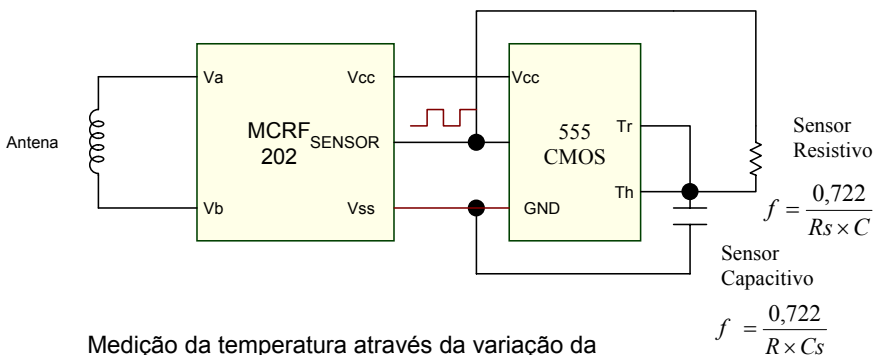


- A tecnologia RFID pode ser aplicada à telemetria.
- De acordo com as exigências da aplicação, o sistema pode ser:
 - Activo ou passivo;
 - Por acoplamento magnético ou por campo eléctrico radiado.





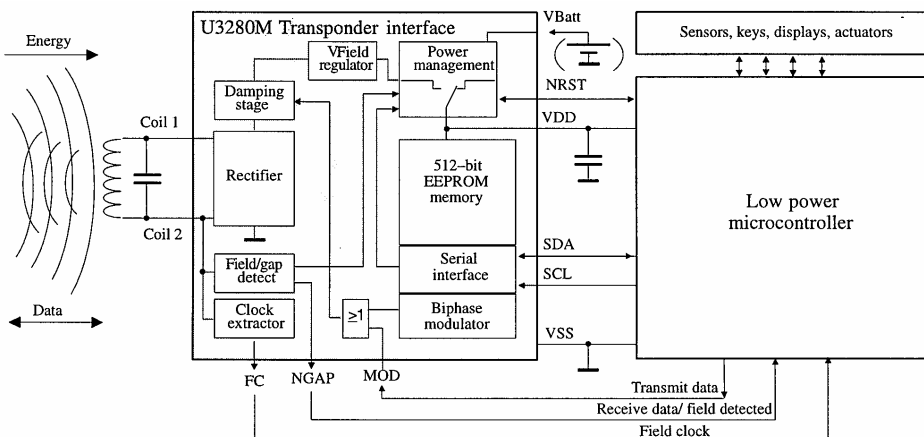
Interface por 555



Medição da temperatura através da variação da frequência do multivibrador baseado no 555



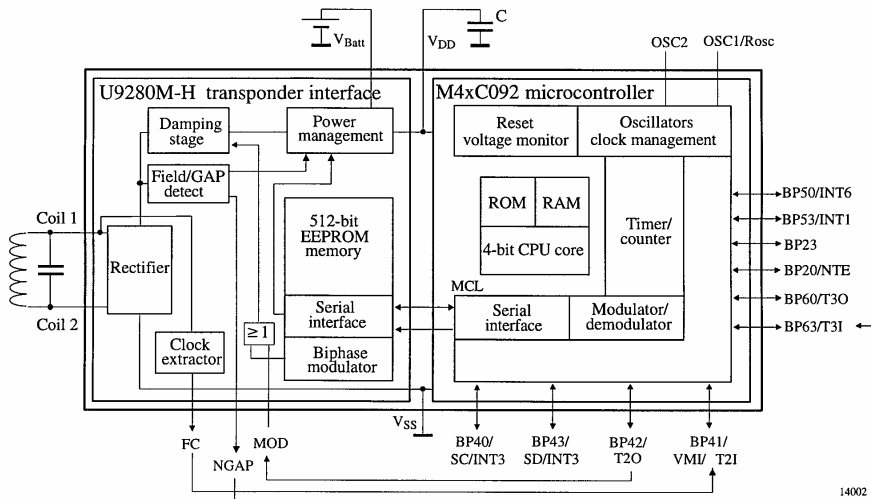
Etiqueta com interface para microcontrolador





Universidade do Minho

Microcontrolador com interface RFID



Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

91



Universidade do Minho

BIOTELEMETRIA -Frequência Cardíaca Cápsula implantável



Electrónica encapsulada em Tubo de Polialómero (75 mm x 17 mm):

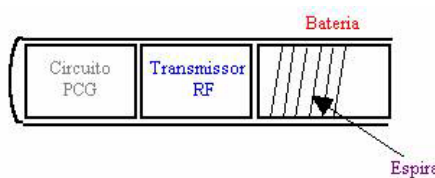
➤Circuito de detecção da frequência cardíaca com 25 mm x 15 mm;

➤Transmissor miniatura (22 mm x 15 mm) FSK - tem frequência da portadora de 30 MHz, e funciona com tensão de alimentação baixa: 3V;

➤Bateria usada: 3,6 V (28 mm x 14 mm);

➤Antena em bobina;

➤Alcance do Transmissor: 1 m quando $I_{CC} = 100 \mu A$; melhorando para 5-10 m quando I_{CC} sobe até 1 mA.



Carlos Couto

QTDEI - Instituto Superior de Engenharia do Porto
30 de Abril de 2003

95



Carlos Couto



- Em cima: traçado superior PCG; traçado inferior envolvente de S1, o som cardíaco mais proeminente.
- Em baixo: traçado superior PCG, traçado inferior ECG, para a igual frequência cardíaca.

Carlos Couto



- A monitorização da temperatura e da actividade por telemetria foram realizadas por uma cápsula implantável *Capt alpha*: 2 termistores e um acelerómetro.
- Esta cápsula de vidro, com 60 mm de comprimento e 17 mm de diâmetro, transmite por RF, de segundo a segundo, três bytes contendo um código identificador do animal em monitorização e a informação de três sensores.

