

# TAG Acustomagnetici (I)

- Sfruttano il principio della **magnetostrizione (magnetostriction)**:
- La presenza di un campo magnetico è in grado di variare leggermente la distanza interatomica in un ferromagnete, e quindi di deformarlo
- L'effetto è particolarmente forte in alcuni metalli amorfi.
- Principio di funzionamento:
  - L'elemento sensibile del tag e' una lamina di ferromagnete amorfo e dolce libera di vibrare. In presenza di campo magnetico alternato a frequenza **fH**, la magnetostrizione fa vibrare la striscia alla frequenza del campo (tipicamente  $fH = 58 - 68$  KHz).
  - Per massimizzare l'ampiezza della vibrazione si fa in modo che la frequenza di risonanza meccanica **fM = fH** (Q lamina ~ 150)
  - L'effetto e' reversibile, cioe' se la lamina vibra genera un campo magnetico alternato alla frequenza di vibrazione.

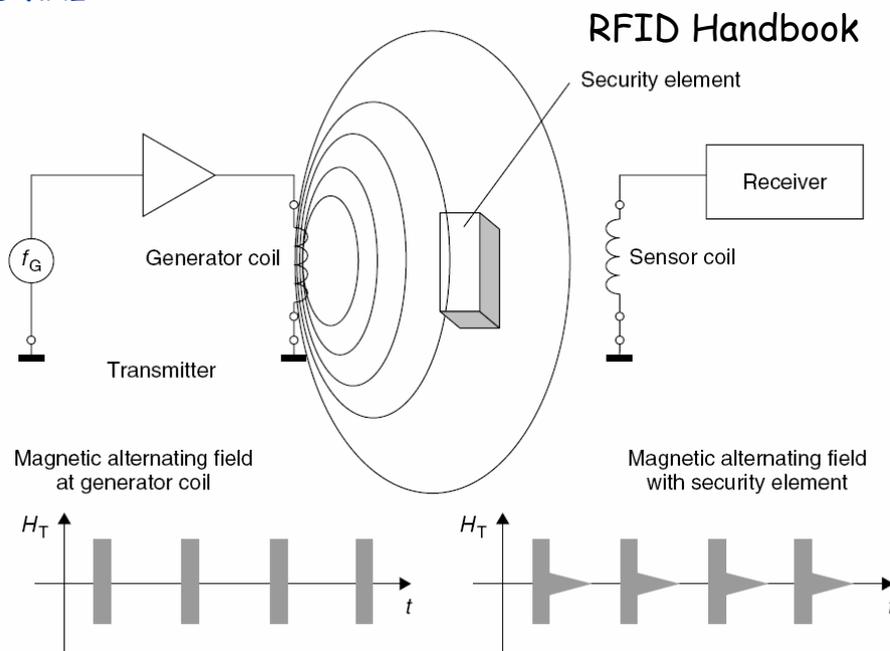


Giuseppe Iannaccone - 2005

# TAG Acustomagnetici (II)

- Due bobine: una di generazione e una di ricezione
  - Impulsi di durata 1-2 ms
  - Frequenza di ripetizione 50-100 Hz,
  - Frequenza **fH** 58-68 KHz

- Quando l'impulso nella bobina di generazione cessa la lamina continua a vibrare, generando un campo magnetico rilevato dalla bobina di ricezione (sensor coil).

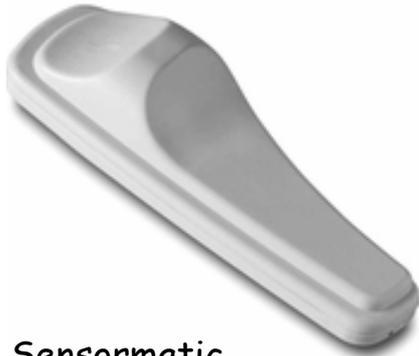


Giuseppe Iannaccone - 2005

# Esempio EAS - AM

## Sistema APS 1000 Sensormatic

- Frequenza: 58KHz
- Distanza max. pannelli 1.5 m (135x35x12.5 mm)
- impulso trasmesso: 1.6 ms x 10 A
- dimensioni tag 109x31x19 mm



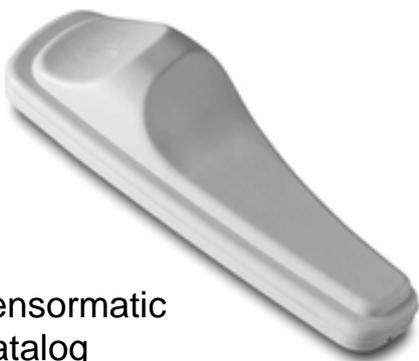
Sensormatic  
Catalog



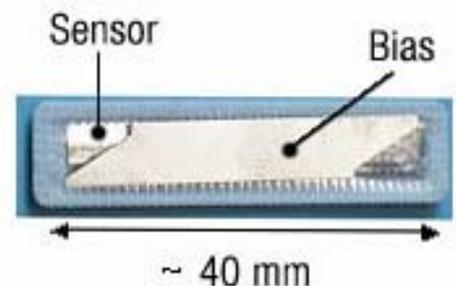
Giuseppe Iannaccone - 2005

## TAG Acustomagnetici (III)

- Oltre alla lamina di ferromagnete dolce (**sensor** in figura) e' presente una striscia di ferromagnete forte (**bias** in figura) fissata rigidamente al contenitore plastico.
- La magnetizzazione del ferromagnete forte modifica la frequenza di risonanza della lamina. Si fa in modo che:
  - Bias magnetizzato in modo permanente  $\rightarrow f_M = f_H \rightarrow$  Tag attivato
  - Bias smagnetizzato  $\rightarrow f_M \neq f_H \rightarrow$  Tag disattivato
- nota: la disattivazione del tag e' molto piu' difficile della sua attivazione (richiede un forte H alternato smorzato  $\sim 10^4$  A/m)



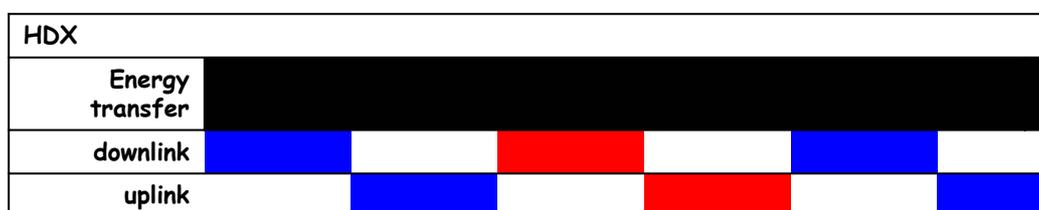
Sensormatic  
Catalog



Giuseppe Iannaccone - 2005

# Trasponder a più di 1 bit

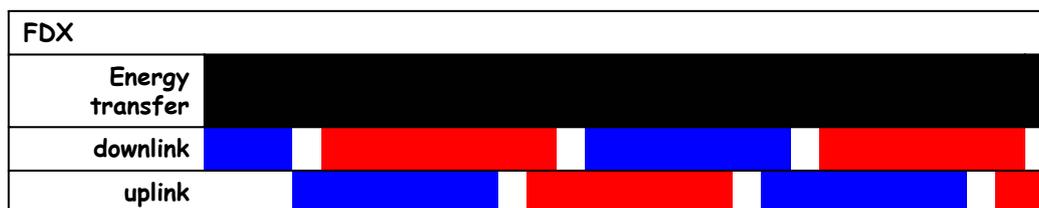
- E' necessario un microchip che contenga la memoria e la logica di accesso
- Procedure di comunicazione lettore-transponder:
- **Half duplex (HDX)**
  - A intervalli di tempo alternati trasmettono il lettore (downlink) e il transponder (uplink). In ogni caso l'energia per la comunicazione viene trasferita costantemente dal lettore al transponder.
  - Sono HDX le procedure nelle quali il transponder trasmette mediante modulazione del carico o modulazione della radiazione retrodiffusa.



Giuseppe Iannaccone - 2005

## Procedure di comunicazione (II)

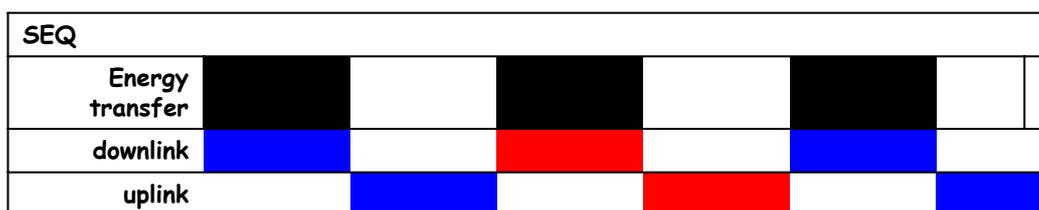
- **Full Duplex (FDX)**
  - L'informazione viene trasferita *contemporaneamente* nelle due direzioni. In questo caso di solito il trasponder trasmette a un subarmonica della frequenza del lettore, o a una frequenza completamente diversa (anarmonica). Anche in questo caso l'energia viene trasferita con continuità dal lettore al transponder.



Giuseppe Iannaccone - 2005

- **Systemi sequenziali (SEQ) (o impulsati)**

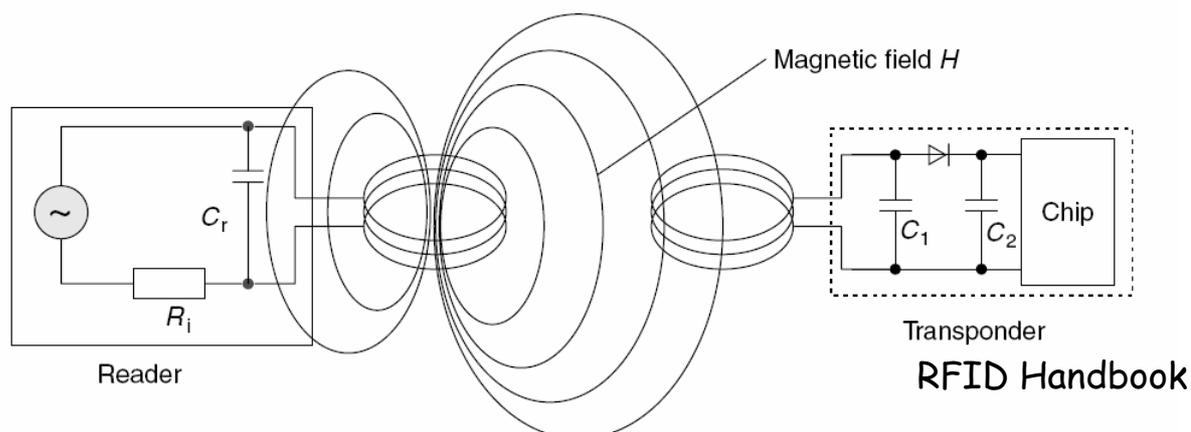
- La comunicazione lettore transponder avviene in modo alternato, ma l'energia viene trasferita dal lettore al transponder SOLO quando il lettore trasmette informazione. Durante questo tempo, il transponder deve i) ricevere l'informazione e ii) accumulare l'energia che gli servirà, appena terminerà l'impulso di trasmissione, per rispondere (tipicamente su un condensatore).



Giuseppe Iannaccone - 2005

## Sistemi ad Accoppiamento Induttivo (I)

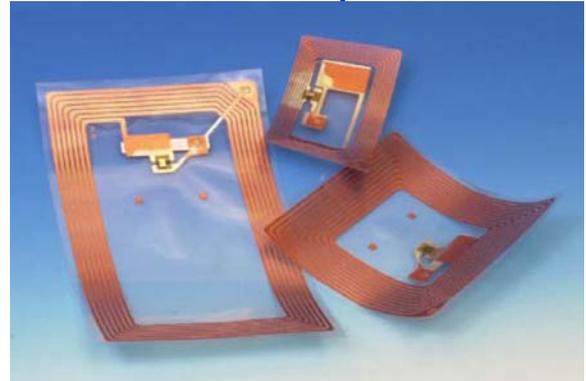
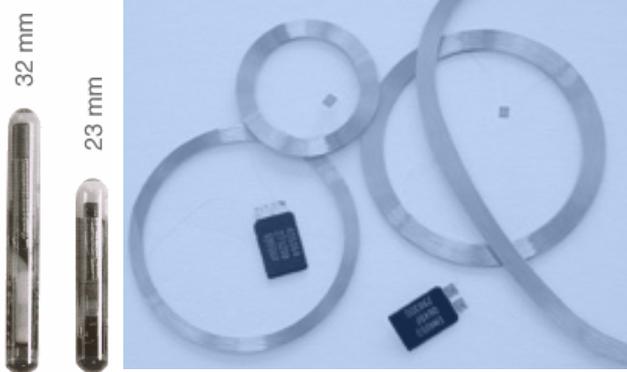
- Frequenza 125 KHz - 13.56 MHz ( $\lambda=2400$  m - 22.1 m)
- Regione di campo vicino  $\rightarrow$  il campo magnetico generato dalla bobina del lettore che si concatena con la bobina del transponder
- le bobine del lettore e del transponder risuonano con un condensatore parallelo
- Tipicamente i transponder sono passivi



Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad Accoppiamento Induttivo (II)

- Le bobine del lettore e del transponder formano un trasformatore debolmente accoppiato. La tensione indotta sulla bobina del transponder è proporzionale:
  - al numero di spire del primario (lettore) e del secondario (transponder)
  - alla frequenza
  - all'area delle spire di ciascun avvolgimento
  - al coseno dell'angolo tra i due avvolgimenti.
  - all'inverso del cubo della distanza
- 125 KHz: 100-1000 spire      13.56 MHz: 3-10 spire



Giuseppe Iannaccone - 2005

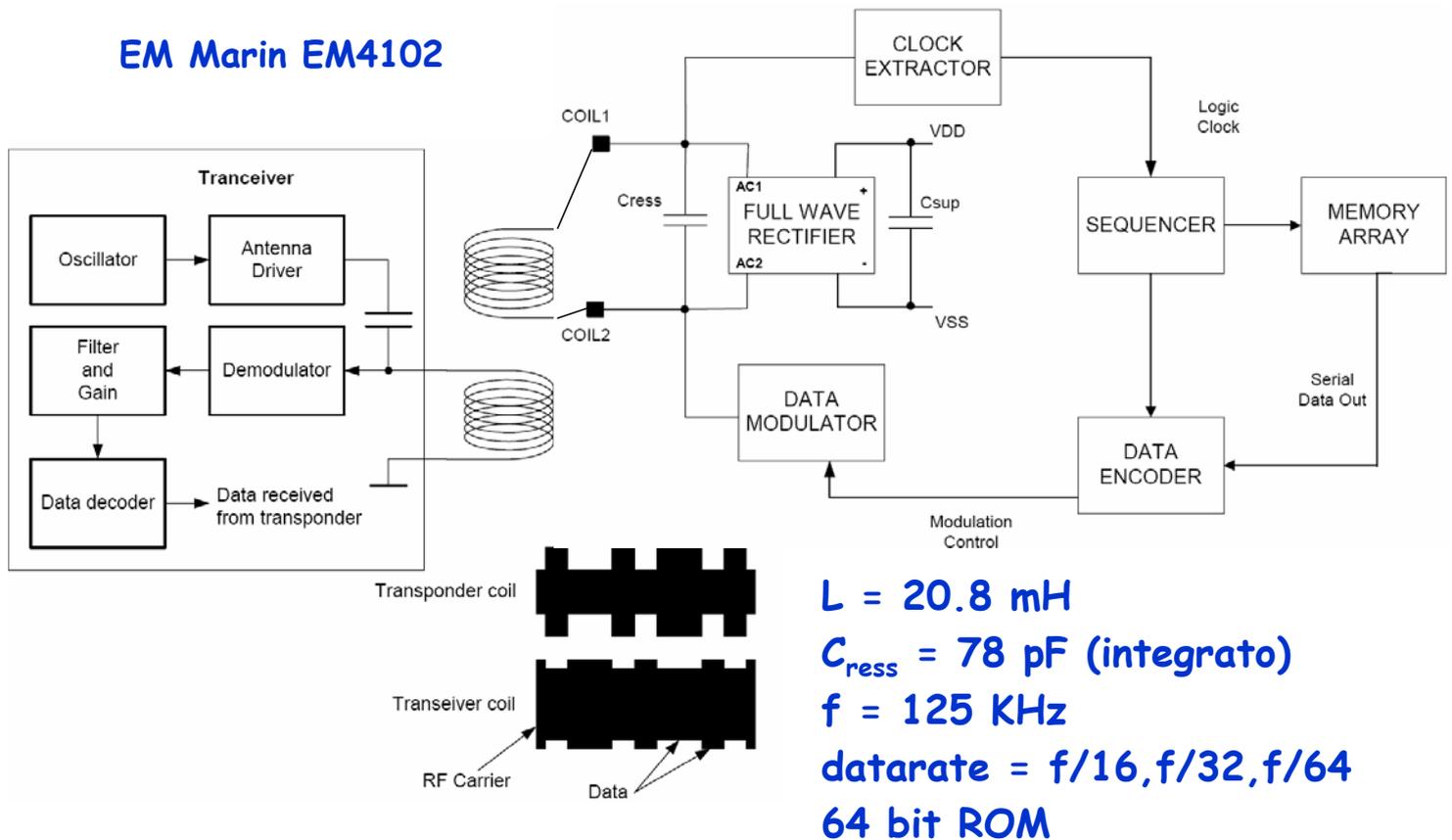
## Trasferimento dati da transponder a lettore (downlink)

- Modulazione del carico
- Modulazione del carico con sottoportante (HF)
- Procedura subarmonica (LF)

Giuseppe Iannaccone - 2005

# Modulazione del carico

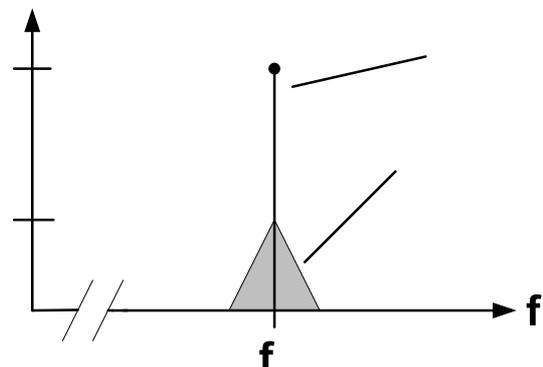
EM Marin EM4102



Giuseppe Iannaccone - 2005

# Modulazione del carico

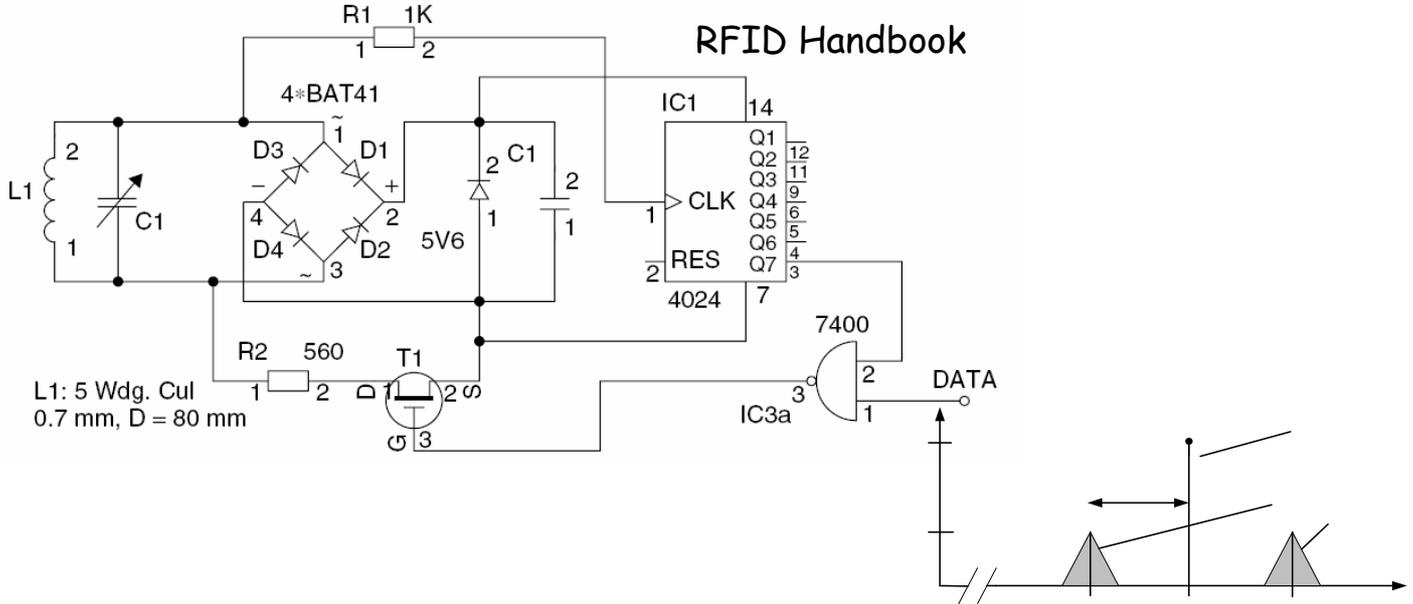
- Viene modulata l'impedenza del secondario, che, riportata sul primario, da luogo a una uguale modulazione dell'impedenza di maglia.
- Tipicamente il segnale modulato è molto più debole del segnale principale e non è ben separato in frequenza → demodulazione difficile.
  - Es:  $V_1=100 \text{ V}$ ,  $V_{mod}=10 \text{ mV}$ ,  $V_1/V_{mod} = 80\text{dB}$ .
- È conveniente cercare di separare in frequenza il segnale ricevuto dal segnale trasmesso con una modulazione con sottoportante (per sistemi HF) o con una procedura subarmonica (per sistemi LF)



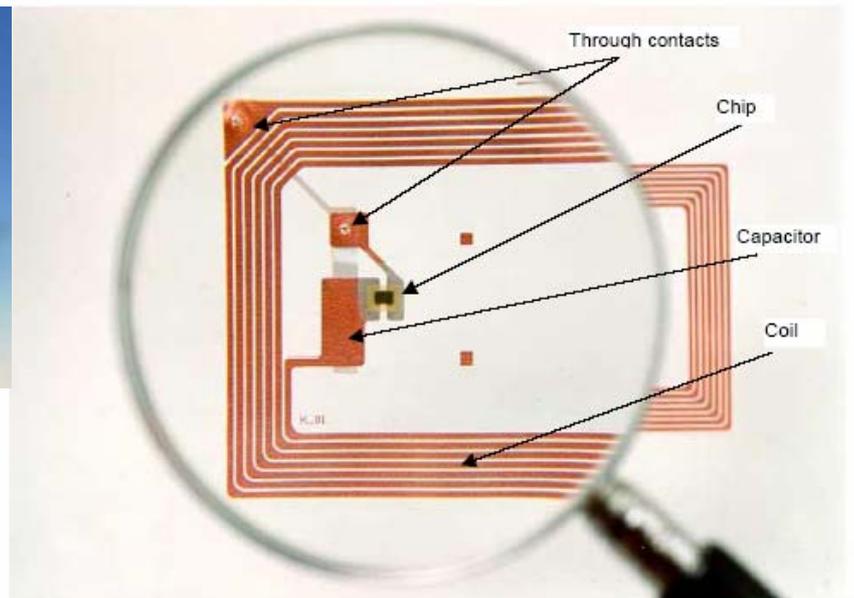
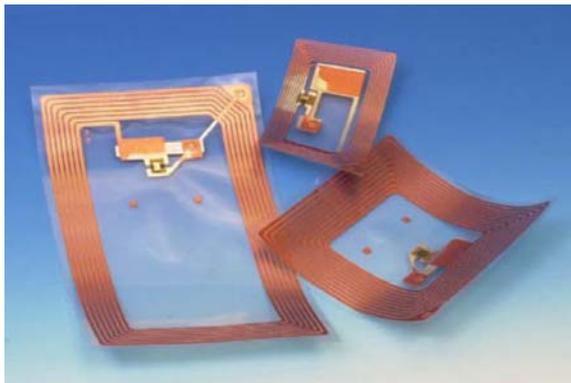
Giuseppe Iannaccone - 2005

# Modulazione del carico con sottoportante

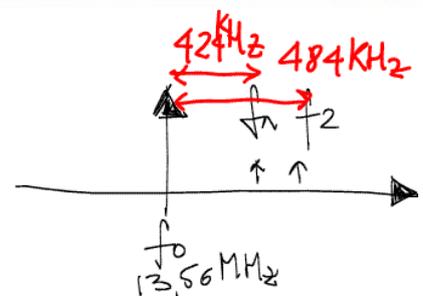
- Si moltiplica il segnale modulante per una frequenza ottenuta per divisione dalla frequenza di trasmissione (nell'esempio  $f/64$ )
- Esempio schema a blocchi transponder



## Esempio - Tag IT - TI 13.56 MHz

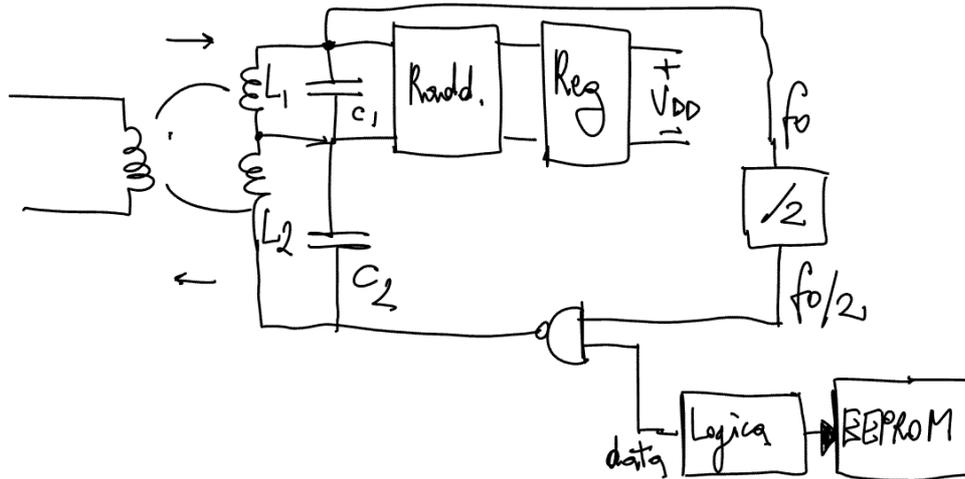


- ROM 64 bit
- EEPROM 2 Kbit
- downlink
  - ASK 10%-100%
- uplink
  - ASK (subcarrier 424 KHz) - ( $f/32$ )
  - FSK (424/484 KHz) - ( $f/32, f/28$ )



# Procedura subarmonica

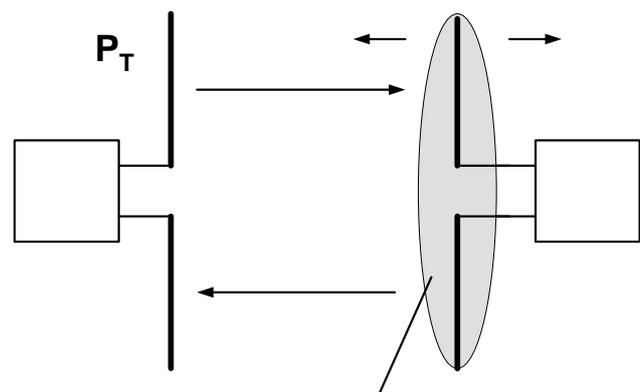
- Si può separare il segnale dal transponder dalla portante adoperando una subarmonica: in questo caso la portante è a frequenza  $f_0$  e la subarmonica impiegata è  $f_0/2$ .
- Per esempio:  $f_0 = 128 \text{ KHz}$ ,  $f_0/2 = 64 \text{ KHz}$ .
- La bobina del transponder è a presa centrale. Le due metà risuonano con un C parallelo a due frequenze distinte.



Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad Accoppiamento Elettromagnetico

- Bande ISM 434 MHz, 868 MHz (EU), 916 MHz (US), 2.45 GHz, ...
- 868 MHz  $\rightarrow \lambda = 34.5 \text{ cm}$
- 2.45 GHz  $\rightarrow \lambda = 12.2 \text{ cm}$
- Regione di campo lontano, conviene ragionare in termini di propagazione di onde elettromagnetiche
- L'elemento di accoppiamento tra lettore e tag è un'antenna

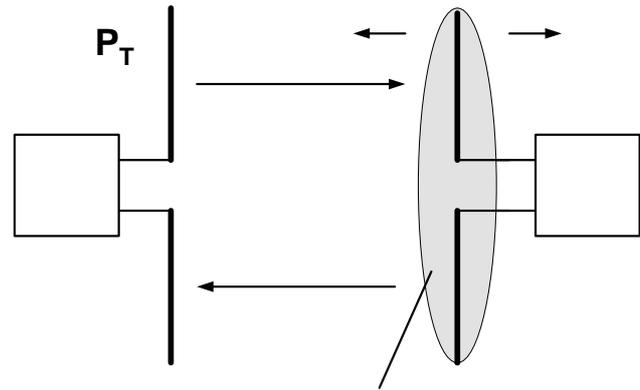


- $P_a$  potenza trasmessa dal lettore
- $P_e$  potenza assorbita dal Tag
- $P_s$  potenza riflessa dall'antenna
- (nel caso di adattamento  $P_e = P_s$ )

Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad Accoppiamento Elettromagnetico - Alimentazione TAG

- Se il tag è passivo, il limite principale alla portata del sistema è la necessità di alimentare il ta, cioè:  
( $P_e > P_{e\_minima}$ )



- Sia  $R$  la distanza tra le antenne
- $G_T$  guadagno dell'antenna del lettore
- $S$  vettore di pointing all'antenna del tag ( $W/m^2$ )

$$S = \frac{G_T P_T}{4\pi R^2}$$

- $A_e$  Area Efficace dell'antenna del tag
- $G_R$  Guadagno d'antenna del tag, legato a  $A_e$  da:

$$A_E = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R$$

Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad Accoppiamento Elettromagnetico (III)

- Potenza  $P_e$  assorbita dal tag

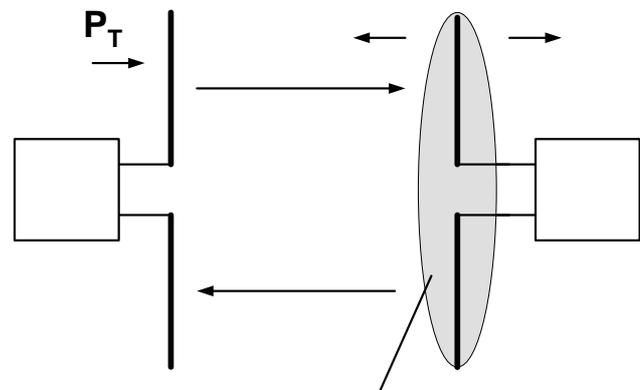
$$P_E = A_E S = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R S = \frac{c^2}{4\pi f^2} G_R S$$

- Attenuazione nella propagazione nello spazio libero (in assenza di perdite)

$$\alpha_F \triangleq \frac{P_T}{P_E} = \left( \frac{4\pi}{c} \right)^2 \frac{f^2 R^2}{G_T G_R}$$

- In dB

$$\alpha_F = 10 \log \left( \frac{P_T}{P_R} \right) = -147.6 + 20 \log(R) + 20 \log(f) - 10 \log(G_R) - 10 \log(G_T)$$



Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad Accoppiamento Elettromagnetico (IV)

$$\alpha_F = 10 \log \left( \frac{P_T}{P_R} \right) = -147.6 + 20 \log(R) + 20 \log(f) - 10 \log(G_R) - 10 \log(G_T)$$

- $G_R$  e  $f$  non sono completamente indipendenti: per  $f$  più alte e' possibile, a parità di ingombro, ottenere  $G_R$  maggiori. In generale pero', a  $f$  piu' alte corrisponde una portata minore.
- Se conosciamo la  $P_e$  minima per il funzionamento del trasponder, la portata è data da:

$$R_{\max} = \sqrt{\left( \frac{c}{4\pi} \right)^2 \frac{P_T G_T G_R}{P_{E \min}} \frac{1}{f^2}}$$

Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad accoppiamento elettromagnetico (V)

- Il prodotto  $P_T G_T$  ha un valore massimo stabilito per legge. E' la cosiddetta potenza EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)
  - la EIRP è definita come la potenza che dovrebbe avere una antenna isotropa per fornire la stessa densità di irradiazione nella direzione massima:
    - antenna con guadagno - antenna isotropa

$$S = \frac{G_T P_T}{4\pi R^2} = \frac{EIRP}{4\pi R^2} \quad \rightarrow EIRP = P_T G_T$$

- Ad esempio in EU abbiamo il limite  $EIRP = 500$  mW in tutte le bande (in US  $ERP = 4$  W ( $ERP$  Effective Radiated Power =  $EIRP/1.64$  - Si fa riferimento a un dipolo a  $\lambda/2$ ))
- Il guadagno del tag di solito non e' molto alto, perche' non si vogliono imporre limitazioni all'orientamento del tag. Spesso l'antenna e' un dipolo a  $\lambda/2$  ( $G_R = 1.64$ )

Giuseppe Iannaccone - 2005

# Sistemi ad accoppiamento elettromagnetico (VI)

- Supponiamo
  - $EIRP = P_T G_T = 500 \text{ mW}$ ,  $G_R = 1.64$
  - Potenza DC per far funzionare il tag  $P_{DC} = 5 \mu\text{W}$
  - Rendimento del raddrizzatore/regolatore  $\eta = 10\%$
- Otteniamo  $P_{e\_min} = 50 \mu\text{W}$ , da cui

Frequency	Range
868 MHz	3.52 m
915 MHz	3.34 m
2.45 GHz	1.25 m

- Se possiamo scendere a  $P_{DC} = 1 \mu\text{W}$ ,  $\eta = 20\%$ , otteniamo

Frequency	Range
868 MHz	11.1 m
915 MHz	10.6 m
2.45 GHz	3.95 m

Giuseppe Iannaccone - 2005

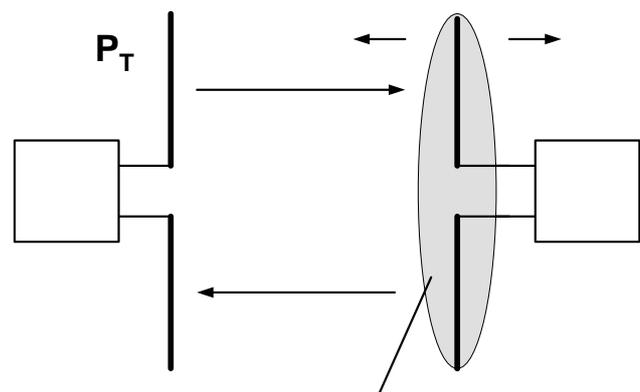
## Sistemi ad accoppiamento elettromagnetico Potenza ricevuta dal lettore

- Se il tag e' attivo, l'unico fattore che limita la portata è la sensibilità del lettore
- Calcoliamo la potenza delle radiazione retrodiffusa che arriva al lettore:

**l'equazione del radar**

- Le proprietà di riflettività dell'antenna vengono espresse da un unico parametro sintetico: la sezione di cattura radar (Radar Cross Section = RCS), una superficie.
- L'intensità di radiazione della radiazione retrodiffusa in corrispondenza dell'antenna del lettore è

$$S_{BS} = \frac{\sigma S}{4\pi R^2}$$



Giuseppe Iannaccone - 2005

# Potenza ricevuta al lettore

- La potenza ricevuta al lettore  $P_R$  è quindi: **l'equazione del radar**

$$P_{BS} = A_T S_{BS} = \frac{A_T \sigma S}{4\pi R^2} = \frac{A_T \sigma G_T P_T}{(4\pi)^2 R^4} = \frac{\sigma \lambda^2 G_T^2 P_T}{(4\pi)^3 R^4}$$


- dove  $A_T$  è l'area efficace dell'antenna del lettore:  $A_T = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_T$
- La RCS - sezione di cattura radar di un oggetto (bersaglio) dipende in generale da:
  - dimensioni e forma dell'oggetto
  - struttura e materiale della superficie dell'oggetto
  - lunghezza dell'onda elettromagnetica
  - polarizzazione dell'onda elettromagnetica