

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 $fH = 58 - 68 \text{ KHz}$).
 - 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.

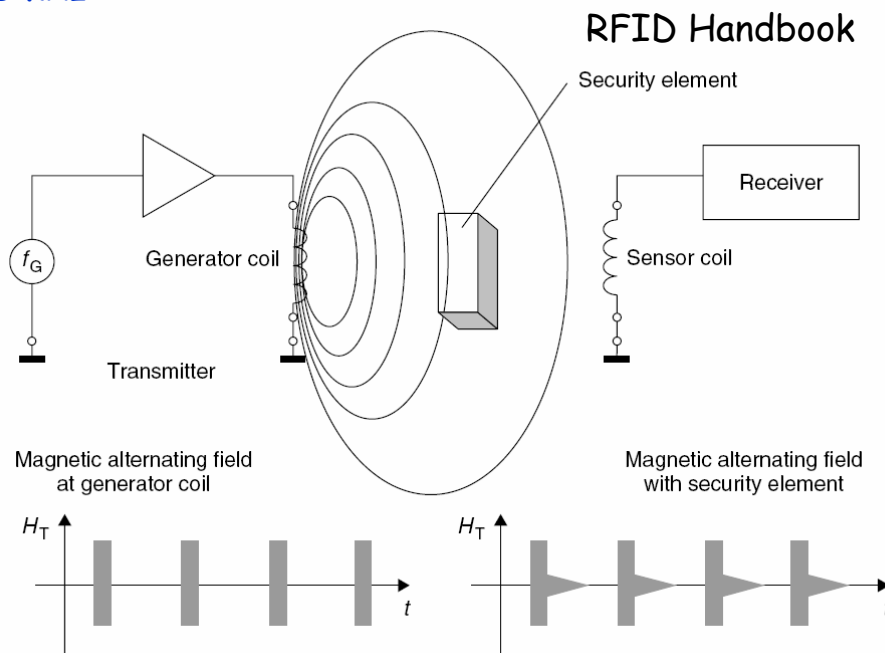


Giuseppe Iannaccone - 2005

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).

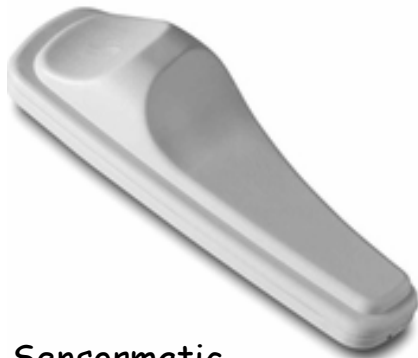


Giuseppe Iannaccone - 2005

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



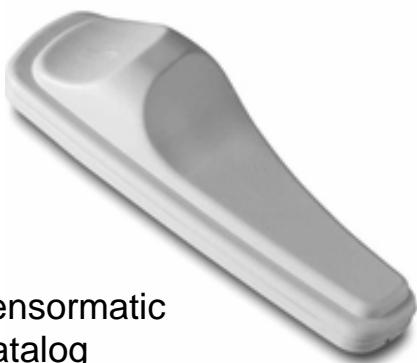
Sensormatic
Catalog



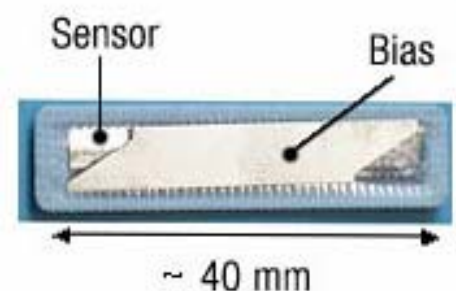
Giuseppe Iannaccone - 2005

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)**

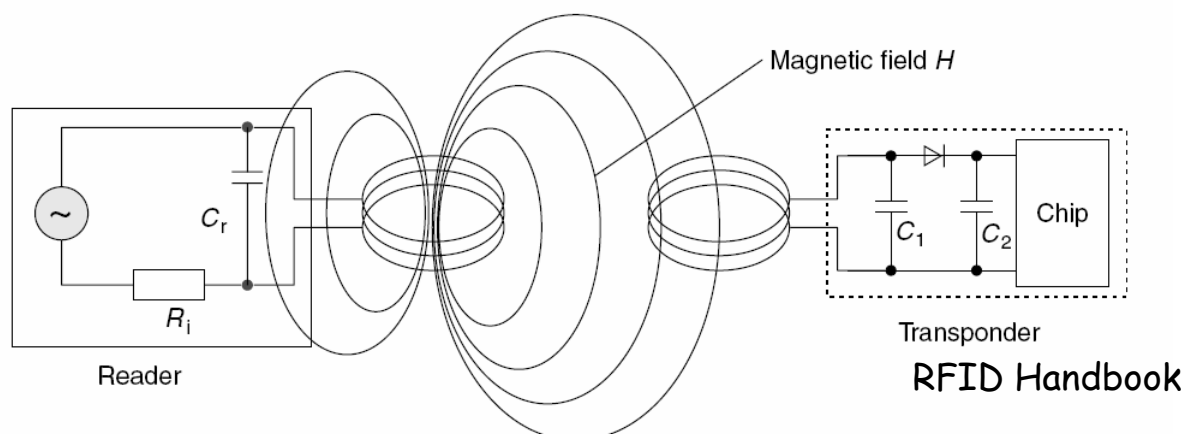
- La comunicazione lettore transponder avviene in modo alternato, ma l'energia viene trasferita dal lettore al transponder SOLO quando il lettore trasmette informazione. Durante questo tempo, il transponder deve i) ricevere l'informazione e ii) accumulare l'energia che gli servirà, appena terminerà l'impulso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



Giuseppe Iannaccone - 2005

Sistemi ad Accoppiamento Induttivo (I)

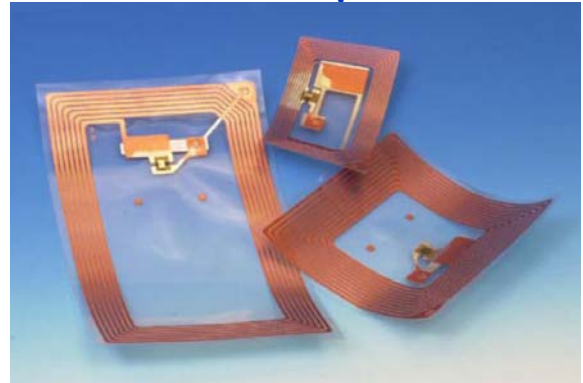
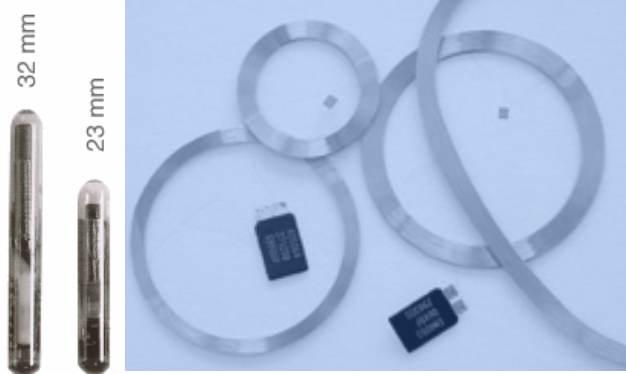
- Frequenza 125 KHz - 13.56 MHz ($\lambda=2400$ m - 22.1 m)
- Regione di campo vicino \rightarrow il campo magnetico generato dalla bobina del lettore che si concatena con la bobina del transponder
- le bobine del lettore e del transponder risuonano con un condensatore parallelo
- Tipicamente i transponder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

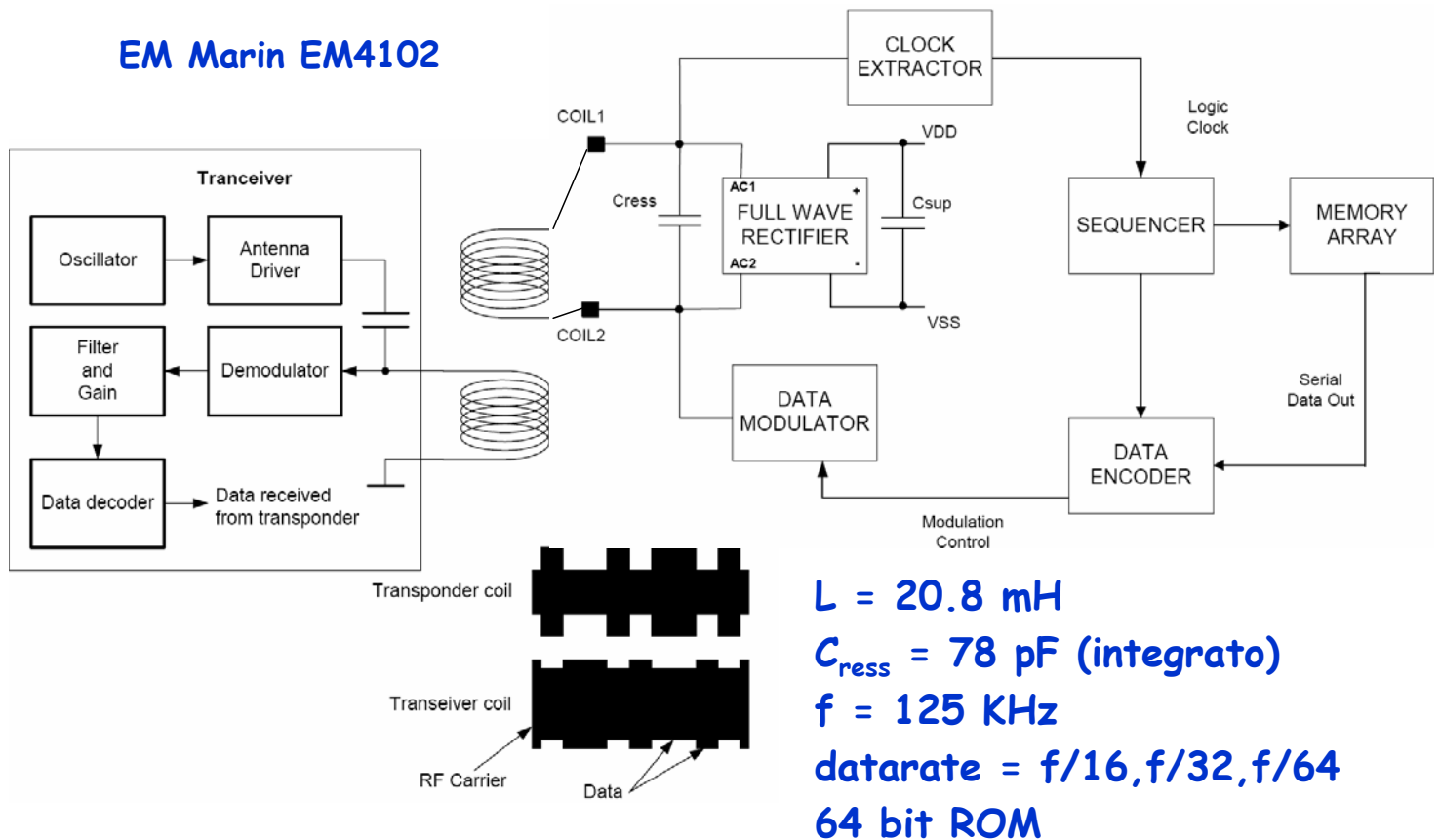
Trasferimento dati da transponder a lettore (downlink)

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

Giuseppe Iannaccone - 2005

Modulazione del carico

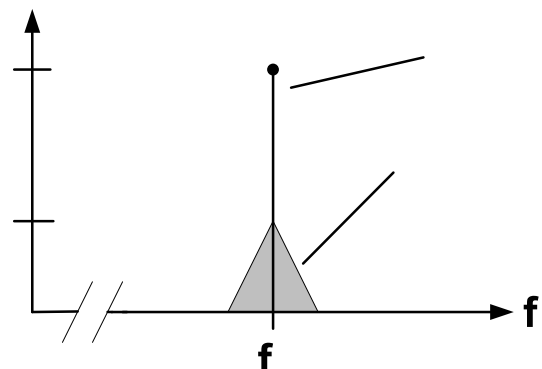
EM Marin EM4102



Giuseppe Iannaccone - 2005

Modulazione del carico

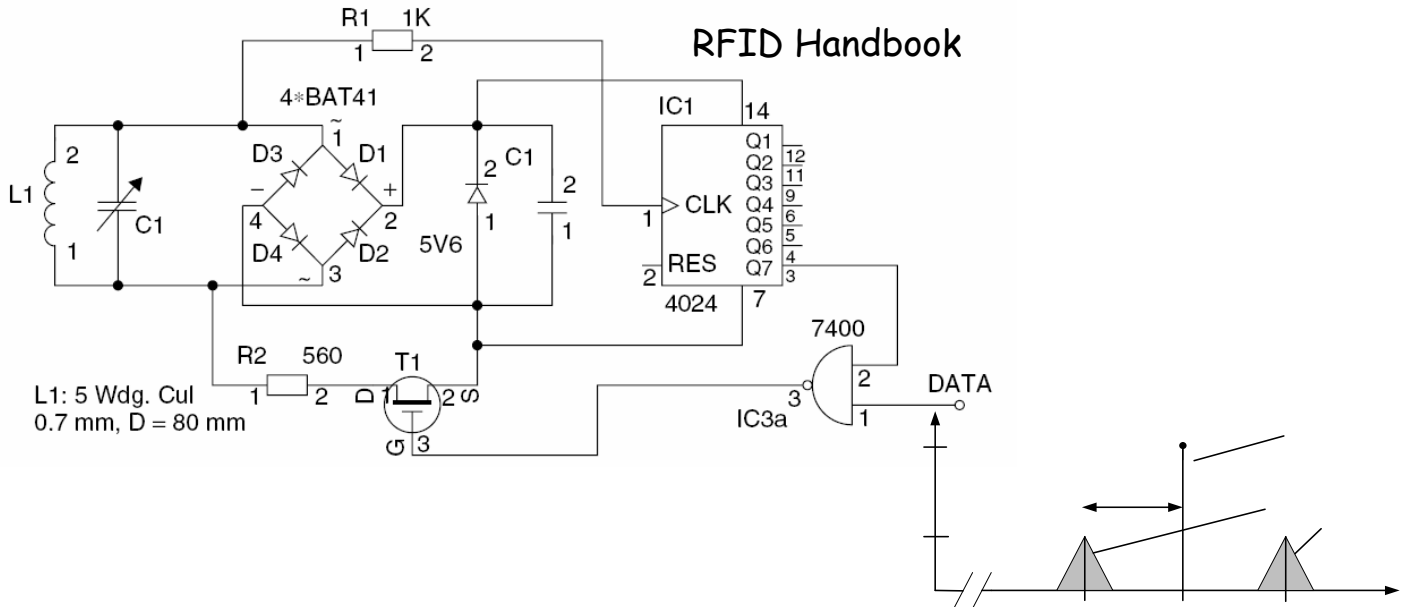
- Viene modulata l'impedenza del secondario, che, riportata sul primario, da luogo a una uguale modulazione dell'impedenza di maglia.
- Tipicamente il segnale modulato è molto più debole del segnale principale e non è ben separato in frequenza → demodulazione difficile.
 - Es: $V_1=100 \text{ V}$, $V_{mod}=10 \text{ mV}$, $V_1/V_{mod} = 80\text{dB}$.
- 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

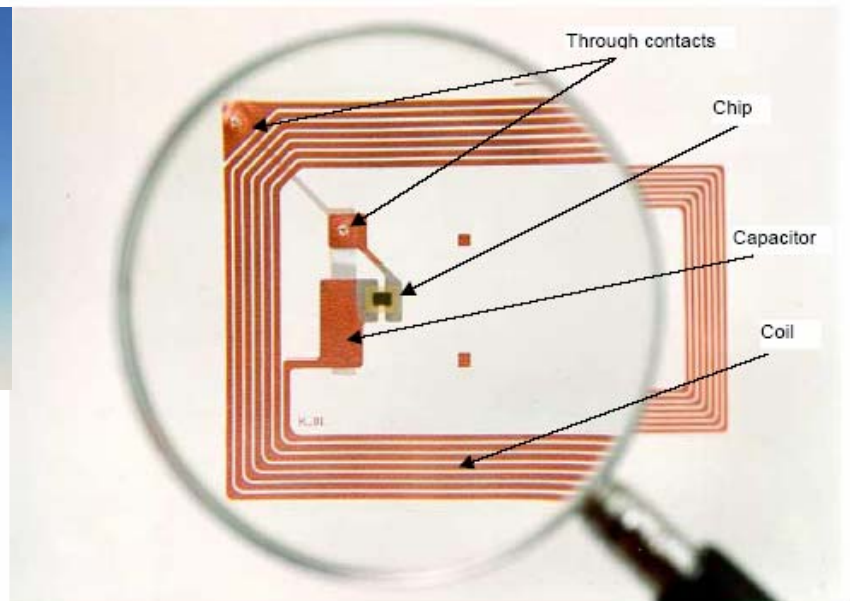
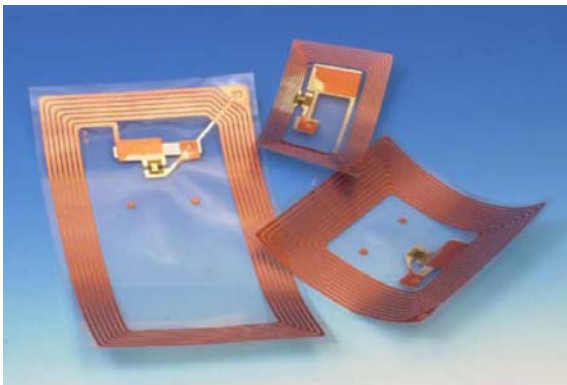
Modulazione del carico con sottoportante

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

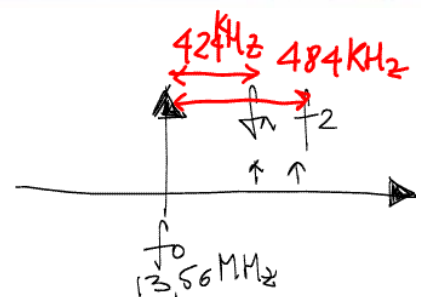


Giuseppe Iannaccone - 2005

Esempio - Tag IT - TI 13.56 MHz



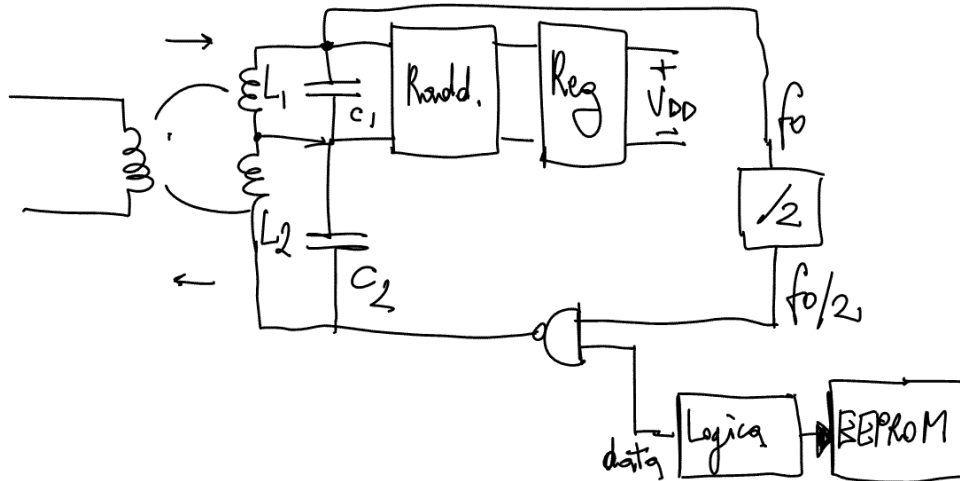
- ROM 64 bit
- EEPROM 2 Kbit
- downlink
 - ASK 10%-100%
- uplink
 - ASK (subcarrier 424 KHz) - ($f/32$)
 - FSK (424/484 KHz) - ($f/32, f/28$)



Giuseppe Iannaccone - 2005

Procedura subarmonica

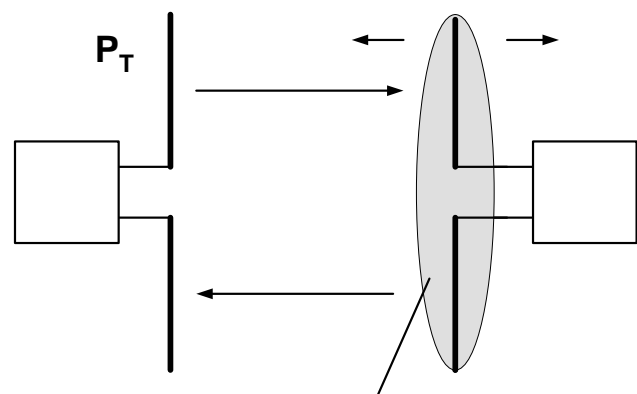
- Si può separare il segnale dal transponder dalla portante adoperando una subarmonica: in questo caso la portante è a frequenza f_0 e la subarmonica impiegata è $f_0/2$.
- Per esempio: $f_0 = 128 \text{ KHz}$, $f_0/2 = 64 \text{ KHz}$.
- La bobina del transponder è a presa centrale. Le due metà risuonano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

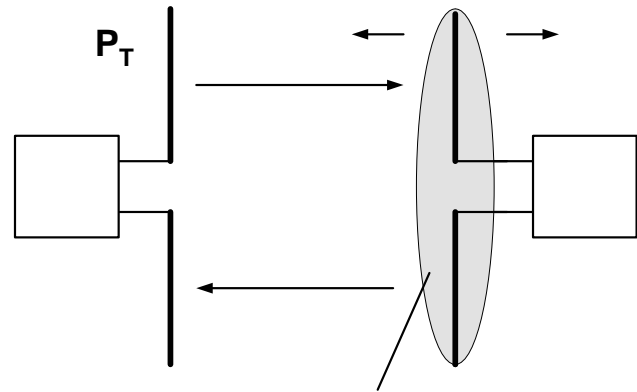


- P_a potenza trasmessa dal lettore
- P_e potenza assorbita dal Tag
- P_s potenza riflessa dall'antenna
- (nel caso di adattamento $P_e = P_s$)

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

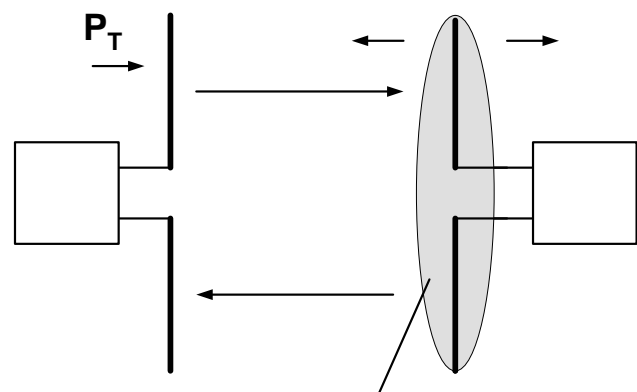
$$P_E = A_E S = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R S = \frac{c^2}{4\pi f^2} G_R S$$

- 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

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

- 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

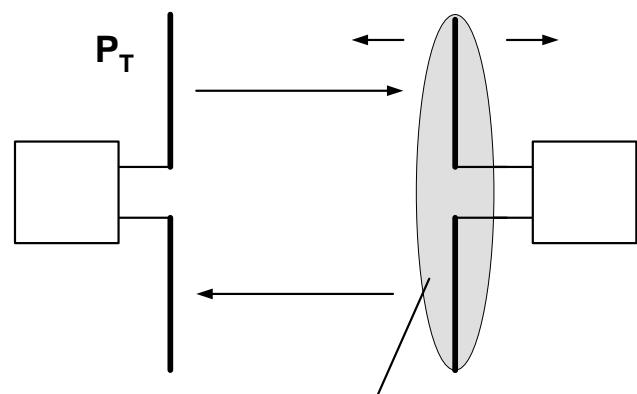
Sistemi ad accoppiamento elettromagnetico Potenza ricevuta dal lettore

- 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