

Infrastrutture Elettroniche per l'Habitat a.a. 2005-2006

Giuseppe Iannaccone

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Via Caruso 16, Pisa

email: g.iannaccone@iet.unipi.it

tel: 050-2217677

home page: www.ing.unipi.it/~8666

Ricevimento: Mercoledì 10:30-13:30 - in Dip.

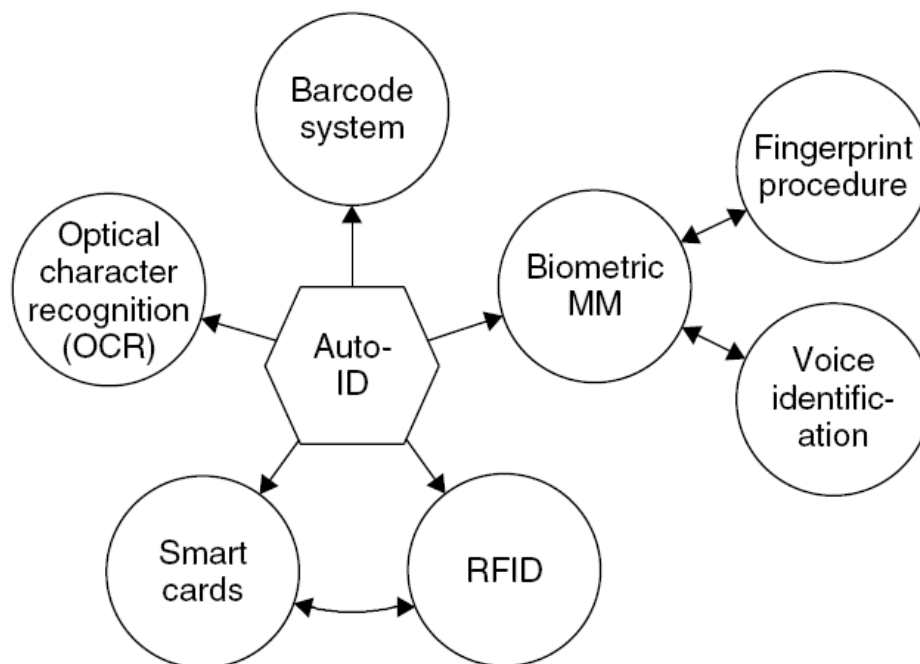
Giuseppe Iannaccone - 2006

Programma (50 ore)

- **Infrastrutture elettroniche per la logistica (soprattutto sistemi RFID) - circa 30 ore**
- **Infrastrutture Elettroniche per la casa e l'ufficio (domotica, impianti per edifici intelligenti, sistemi bus) - circa 13 ore**
- **Standard Wireless: Bluetooth, WiFi, WiMax, Zigbee - circa 7**

Giuseppe Iannaccone - 2006

Principali procedure di identificazione automatica (AUTO-ID)



Giuseppe Iannaccone - 2006

Codice a Barre (Barcode)

- **UPC (Universal Product Code) - US - 1973**
- **EAN (European Article Number) - 1976 (Supermercati)**
- 13 cifre



Country identifier		Company identifier					Manufacturer's item number					CD
4	0	1	2	3	4	5	0	8	1	5	0	9
FRG		Company Name 1 Road Name 80001 Munich					Chocolate Rabbit 100 g					

Giuseppe Iannaccone - 2006

Riconoscimento ottico di caratteri (OCR)

- inizio negli anni 60
- Lettore molto complicato

Procedure Biometriche

identificazione di persone sulla base di caratteristiche fisiche "uniche"

- Identificazione della voce
- Dattiloscopia (riconoscimento di impronte digitali)
- Identificazione della retina o dell'iride.

Giuseppe Iannaccone - 2006

Smart Card

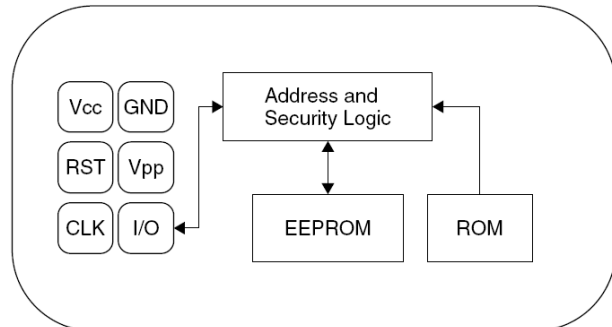


- introduzione: 1984 - carte telefoniche prepagate
- memoria o memoria + microprocessore
- contatto galvanico con il lettore usando contatti a molle
- permettono protezione contro accesso o manipolazione indesiderata
- contatti vulnerabili allo sporco, corrosione, usura
- i lettori devono essere frequentemente mantenuti e protetti da atti vandalici (se in luoghi pubblici)

Giuseppe Iannaccone - 2006

Carte di memoria

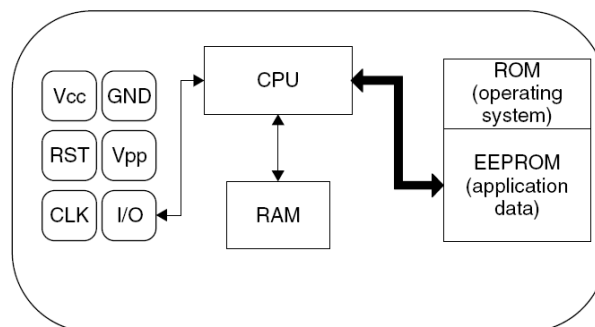
- memoria + macchina a stati finiti per il controllo + eventuale logica per la cifratura



Giuseppe Iannaccone - 2006

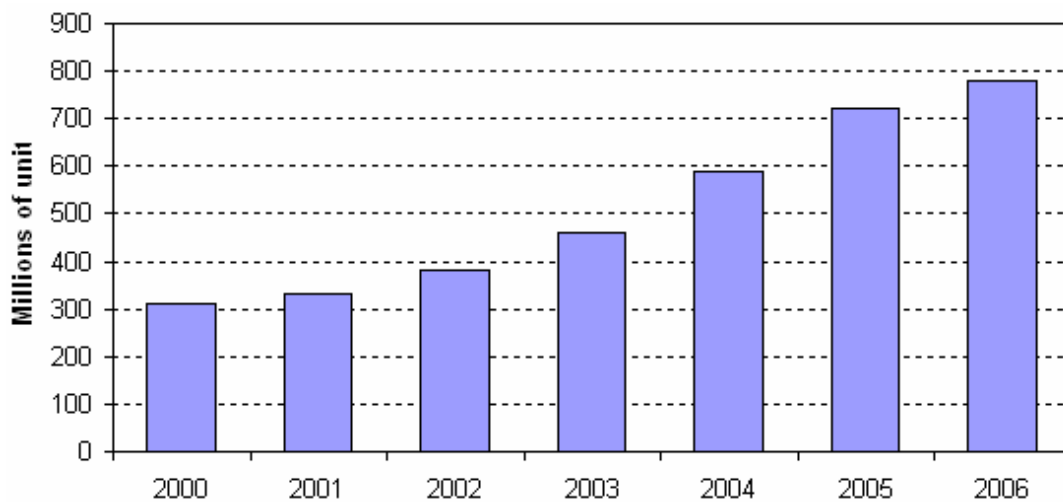
Carte a Microprocessore

- Applicazioni a piu' alto valore aggiunto



Giuseppe Iannaccone - 2006

Mercato per carte a microprocessore

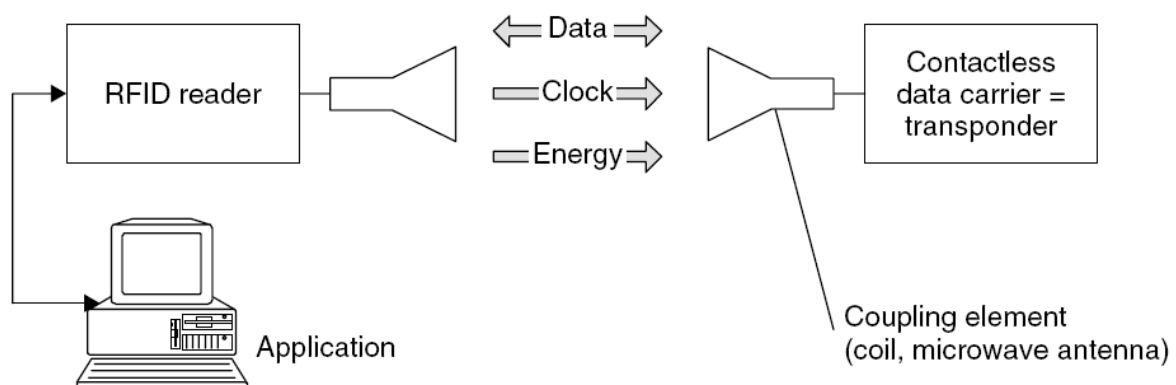


- Fonte IDC 2002

Giuseppe Iannaccone - 2006

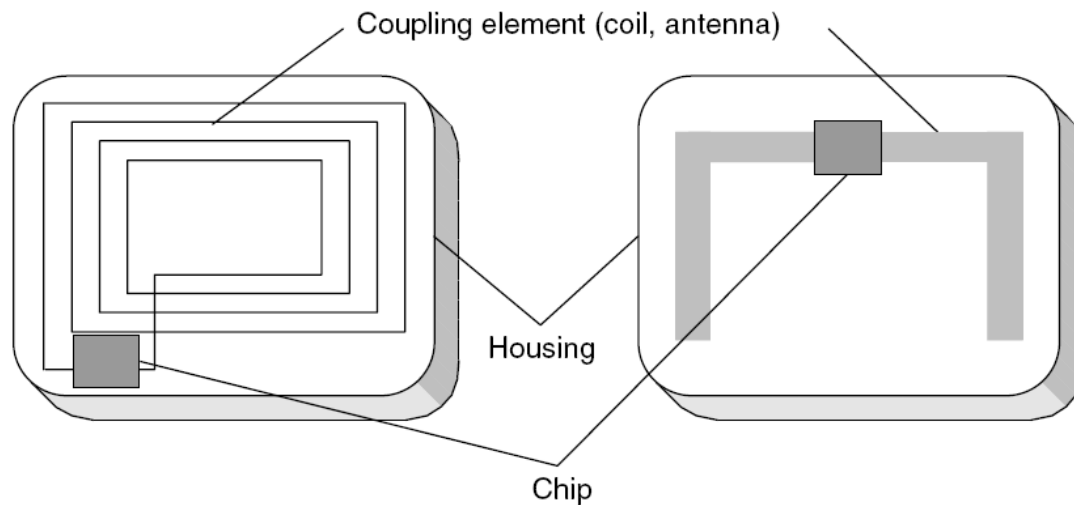
Sistemi RFID (Radio Frequency IDentification)

- Transponder (Transmit-Responder) attaccato all'oggetto da identificare
- Lettore (Reader, Interrogator)



Giuseppe Iannaccone - 2006

Sistemi RFID -transponder



Giuseppe Iannaccone - 2006

Confronto tra sistemi auto-ID

Table 1.1 Comparison of different RFID systems showing their advantages and disadvantages

System parameters	Barcode	OCR	Voice recog.	Biometry	Smart card	RFID systems
Typical data quantity (bytes)	1-100	1-100	—	—	16-64k	16-64k
Data density	Low	Low	High	High	Very high	Very high
Machine readability	Good	Good	Expensive	Expensive	Good	Good
Readability by people	Limited	Simple	Simple	Difficult	Impossible	Impossible
Influence of dirt/damp	Very high	Very high	—	—	Possible (contacts)	No influence
Influence of (opt.) covering	Total failure	Total failure	—	Possible	—	No influence
Influence of direction and position	Low	Low	—	—	Unidirectional	No influence
Degradation/wear	Limited	Limited	—	—	Contacts	No influence
Purchase cost/reading electronics	Very low	Medium	Very high	Very high	Low	Medium
Operating costs (e.g. printer)	Low	Low	None	None	Medium (contacts)	None
Unauthorised copying/modification	Slight	Slight	Possible* (audio tape)	Impossible	Impossible	Impossible
Reading speed (including handling of data carrier)	Low ~4 s	Low ~3 s	Very low >5 s	Very low >5-10 s	Low ~4 s	Very fast ~0.5 s
Maximum distance between data carrier and reader	0-50 cm	<1 cm Scanner	0-50 cm	Direct contact**	Direct contact	0-5-m, microwave

*The danger of 'Replay' can be reduced by selecting the text to be spoken using a random generator, because the text that must be spoken is not known in advance.

**This only applies for fingerprint ID. In the case of retina or iris evaluation direct contact is not necessary or possible.

Giuseppe Iannaccone - 2006

Criteri di classificazione dei sistemi RFID (I)

- In base all'alimentazione del transponder
 - Transponder Attivi
 - L'alimentazione è fornita da una batteria a bordo.
 - il transponder e' in pratica un normale ricetrasmittitore (transceiver).
 - Transponder Semipassivi
 - La batteria fornisce solo la potenza per la logica e la gestione della memoria
 - Per la trasmissione si sfrutta il campo irradiato dal lettore mediante la tecnica di modulazione della radiazione retrodiffusa
 - Transponder Passivi
 - Tutta l'energia necessaria per il funzionamento proviene dal campo irradiato dal lettore

Giuseppe Iannaccone - 2006

Criteri di classificazione dei sistemi RFID (II)

- In base alla frequenza di funzionamento
 - Bassa frequenza (LF) 30-300 KHz
 - Alta frequenza (HF) o Radio frequenza (RF) 3-30 MHz
 - Ultra alta frequenza (UHF) 300 MHz- 3 GHz
 - Microonde > 3 GHz
- In base al metodo di trasmissione del transponder
 - modulazione della radiazione retrodiffusa (backscatter)
 - modulazione del carico del transponder
 - uso di armoniche o subarmoniche della radiazione del lettore

Giuseppe Iannaccone - 2006

Criteri di classificazione dei sistemi RFID (III)

- In base al tipo di comunicazione
 - Full Duplex o Half Duplex
 - il transponder trasmette quando anche il lettore trasmette.
 - Il metodo di comunicazione deve consentire al lettore di riconoscere il debole segnale proveniente dal transponder rispetto al segnale proveniente dal lettore stesso.
 - Sequenziale
 - Periodicamente il lettore interrompe la trasmissione e il transponder comincia a trasmettere.
 - Lo svantaggio in questo caso e' che quando quando il transponder trasmette non e' alimentato.

Giuseppe Iannaccone - 2006

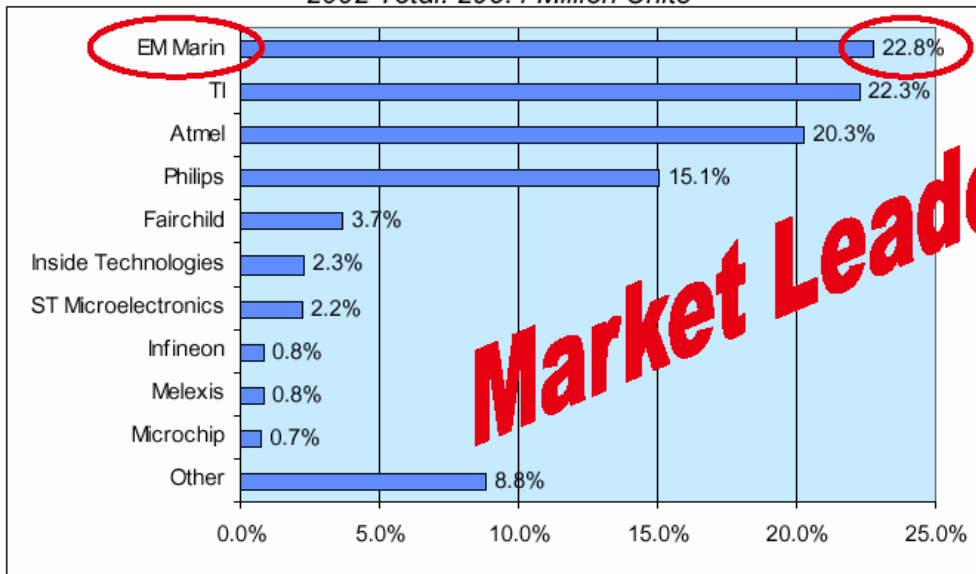
Criteri di classificazione dei sistemi RFID (IV)

- Capacità di memoria
 - 1 bit = transponder nel campo del lettore (si/no)
 - Codice di identificazione del tipo di oggetto- circa 10 byte
 - Codice di identificazione unico (circa 100 byte)
 - Informazioni aggiuntive (1-100 Kbyte)
- Programmabilità
 - Non programmabili (memoria scritta una sola volta)
 - Programmabili (EEPROM-FRAM)
- Logica
 - Macchina a stati (memory card) - non riprogrammabile
 - Microprocessore (microprocessor card) -riprogrammabile

Giuseppe Iannaccone - 2006

Mercato Globale Transponder RFID -2002

Global Shipments of RFID Transponder ICs
Segmented by Supplier Shares
2002 Total: 295.4 Million Units



Source: VDC - Global RFID Market 2000

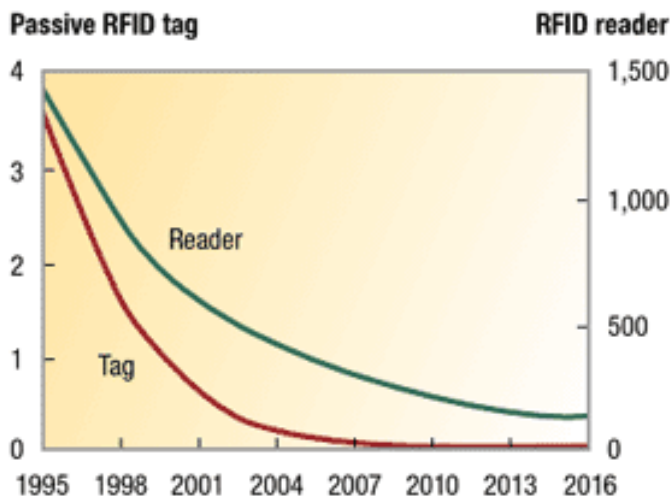
Giuseppe Iannaccone - 2006

Previsione costi sistemi RFID

EXHIBIT

Prices will plummet

Forecast average cost of radio-frequency-identification (RFID) technology, \$



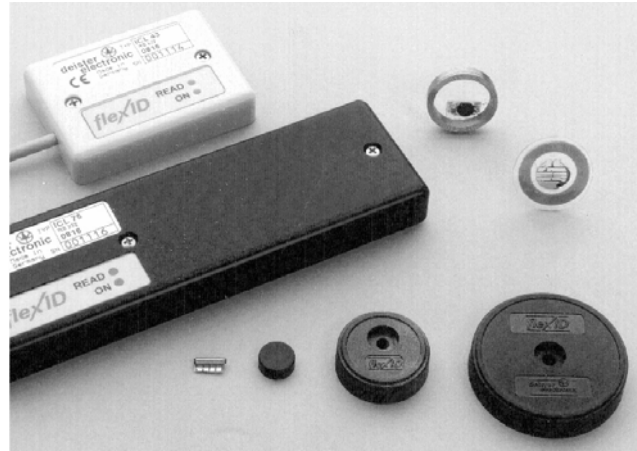
Source: Auto-ID Center; McKinsey analysis

Alex Niemeyer,
Minsok H. Pak,
Sanjay E. Ramaswamy,
The McKinsey
Quarterly, 2003, 4.

Giuseppe Iannaccone - 2006

Confezione dei transponder

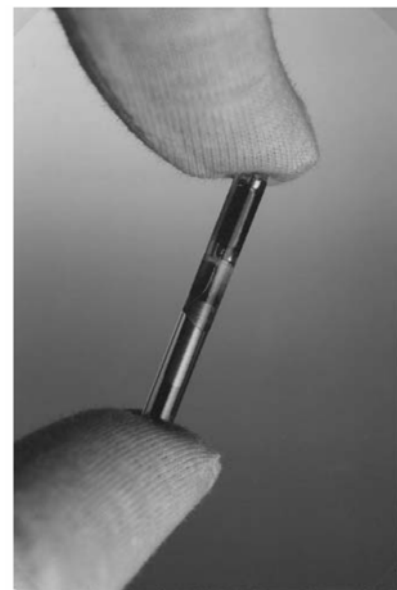
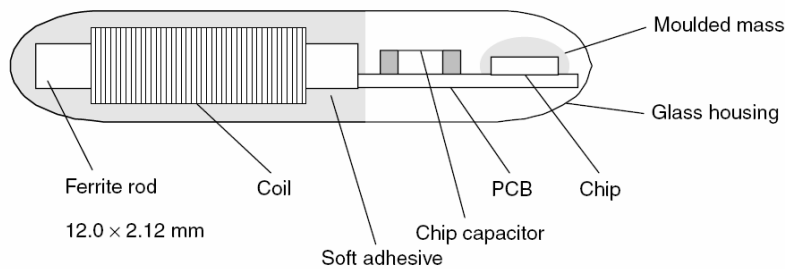
- Dischetti (ABS)



Giuseppe Iannaccone - 2006

Confezione dei transponder

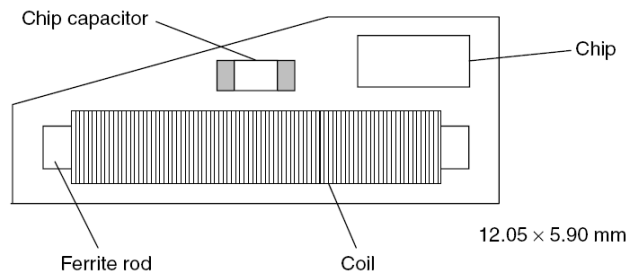
- Dischetti (ABS)
- Contenitore di vetro



Giuseppe Iannaccone - 2006

Confezione dei transponder

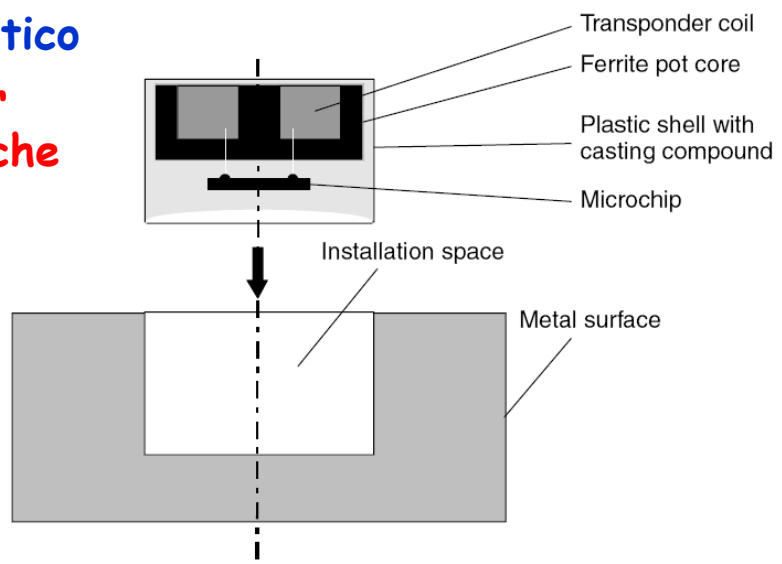
- Dischetti (ABS)
- Contenitore di vetro
- **Contenitore plastico**



Giuseppe Iannaccone - 2006

Confezione dei transponder

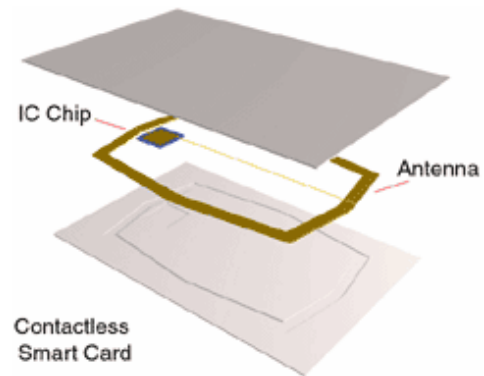
- Dischetti (ABS)
- Contenitore di vetro
- Contenitore plastico
- **Transponder per superfici metalliche**



Giuseppe Iannaccone - 2006

Confezione dei transponder

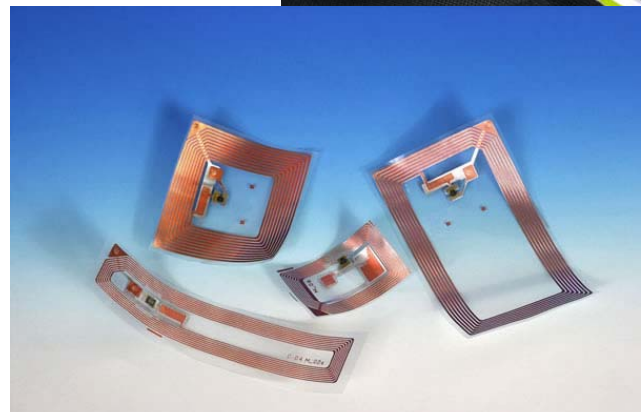
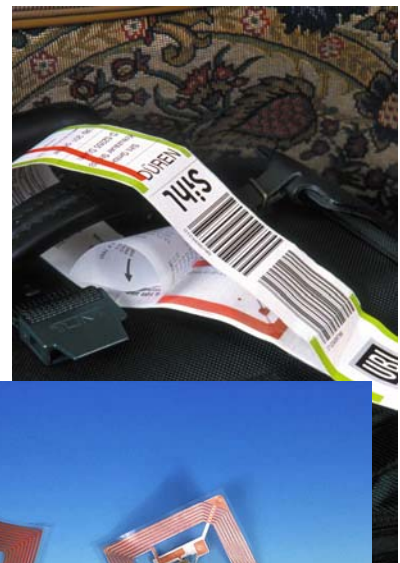
- Dischetti (ABS)
- Contenitore di vetro
- Contenitore plastico
- Transponder per superfici metalliche
- **Formato ID-1 Smart Card Contactless**



Giuseppe Iannaccone - 2006

Confezione dei transponder

- Dischetti (ABS)
- Contenitore di vetro
- Contenitore plastico
- Transponder per superfici metalliche
- **Formato ID-1 Smart Card Contactless**
- **Smart Label**



Giuseppe Iannaccone - 2006

Classificazione in base alla distanza di funzionamento (I)

- **Sistemi ad accoppiamento vicino (close-coupling systems).**
 - La distanza di funzionamento è inferiore a 1 cm : il transponder deve essere inserito nel lettore o appoggiato su una superficie del lettore.
 - L'accoppiamento avviene attraverso campo elettrico o magnetico a frequenza compresa tra DC e 30 MHz
 - La vicinanza tra carta e lettore rende molto semplice l'alimentazione della carta
 - Applicazioni tipiche quelle in cui è importante la sicurezza (e non la distanza): controllo dell'accesso.
 - Standard per carte di formato ID-1: ISO 10536

Giuseppe Iannaccone - 2006

Classificazione in base alla distanza di funzionamento (II)

- **Sistemi ad accoppiamento Remoto**
 - Indicano i sistemi con portata in lettura e scrittura da qualche centimetro a 1 m, e sono quasi tutti basati su accoppiamento induttivo tra transponder e lettore.
 - Sono di gran lunga i sistemi più diffusi, e per i quali una serie di standard internazionali è già presente:
 - contactless smart card: ISO 14443
 - smart label e contactless smart card: ISO 15693
 - Le frequenze di funzionamento sono tipicamente:
 - 135 KHz, 13.56 MHz, 27.125 MHz (solo applicazioni speciali, per es. Eurobalise)

Giuseppe Iannaccone - 2006

Classificazione in base alla distanza di funzionamento (III)

- **Sistemi a grande portata**
 - Distanza lettore - transponder > 1 m
 - Funzionano tutti nelle bande UHF o microonde: tipicamente
 - 868 MHz (Europa),
 - 915 MHz (USA),
 - 2.45 GHz e 5.8 GHz
 - Nella maggioranza dei casi il transponder trasmette mediante la modulazione della radiazione retrodiffusa (backscatter) o SAW.
 - Con transponder completamente passivi si ottengono portate fino a 3 m in Europa e 8 m negli USA, con transponder attivi si ottengono portate fino a 15 m.
 - Diversi Standard (tra cui ISO-18000)

Giuseppe Iannaccone - 2006

Classificazione in base alla complessità del transponder (I)

- **Sistemi di fascia bassa (Low End)**
 - Sistemi EAS (sono il livello di complessità più basso).
 - Transponder di sola lettura con microchip.
 - Il dato contiene un numero seriale unico composto da molti bit (per es. 64 o 96 bit per lo standard EPC)
 - Appena il transponder si trova nel campo del lettore comincia a trasmettere in continuazione il proprio codice. Il transponder non riceve nessuna informazione dal lettore.
 - Il vantaggio è che il transponder è semplice (costa poco) e consuma poco (grande portata).
 - Rimpiazzo dei codici a barre, ad esempio
 - nell'identificazione di container e pedane (ISO 18000),
 - nell'identificazione di animali (ISO 11785)

Giuseppe Iannaccone - 2006

Classificazione in base alla complessità del transponder (II)

- **Sistemi di fascia media (Mid Range)**
 - Transponder con memoria di lettura/scrittura,
 - fino a 100 Kbyte di EEPROM o SRAM, a seconda che il transponder sia passivo o attivo.
 - Macchina a stati finiti che può eseguire semplici operazioni di lettura e scrittura.
 - Supportano protocolli anticollisione, che permettono a un lettore di interrogare in sequenza più transponder presenti nella sua regione di interrogazione, facendo in modo che i transponder non interferiscano.
 - Supportano procedure di autenticazione tra lettore e transponder e crittazione del flusso dei dati.

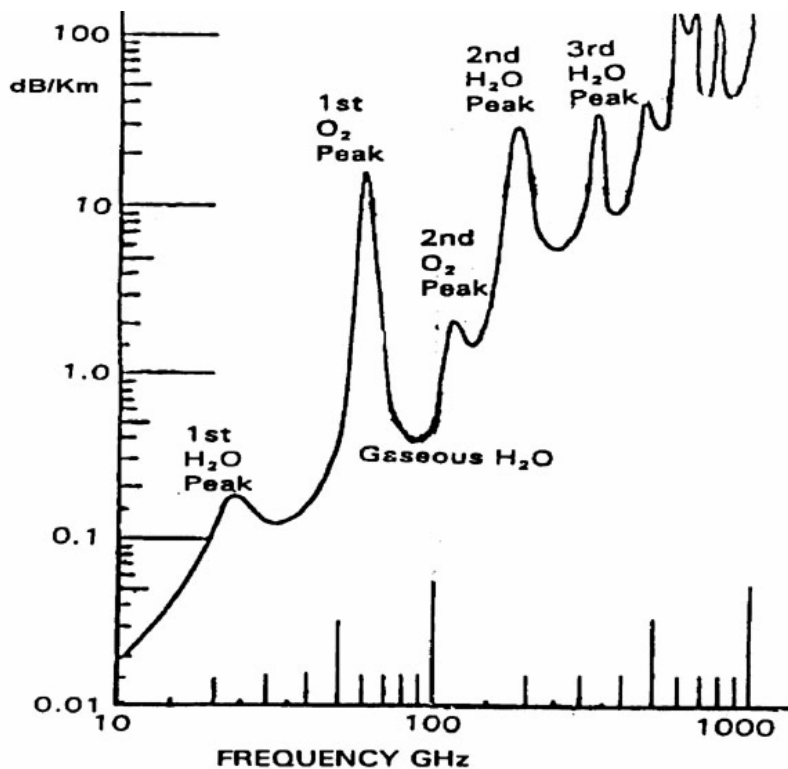
Giuseppe Iannaccone - 2006

Accoppiamento lettore-transponder

- Ricordare: $\lambda = c/f$ [f = Frequenza, λ = Lunghezza d'onda, c = velocità di propagazione della luce nel vuoto]
- $f = 100 \text{ KHz} - 30 \text{ MHz} \rightarrow \lambda = 3 \text{ Km} - 10 \text{ m}$
- Per portate R tipiche abbiamo quindi $R \ll \lambda$, quindi il transponder si trova in regione di **campo vicino**, e predomina l'accoppiamento attraverso il campo magnetico (induttivo) o elettrico (capacitivo).
- $f = 868 \text{ MHz} - 5.8 \text{ GHz} \rightarrow \lambda = 34.6 \text{ cm} - 5.1 \text{ cm}$
- Per portate R tipiche abbiamo $R \gg \lambda$, regione di **campo lontano**, e l'accoppiamento è elettromagnetico (il campo elettromagnetico si descrive in termini di propagazione di onde).

Giuseppe Iannaccone - 2006

Attenuazione nella propagazione elettromagnetica in atmosfera



Giuseppe Iannaccone - 2006

- a 100 KHz l'attenuazione è 10^5 volte più basso che a 1 GHz
- La radiazione LF e HF si propaga bene attraverso gli oggetti (Il bolo viene letto dall'esterno a $f < 135$ KHz)

Interferenze elettromagnetiche

- **Sensibilità alle interferenze elettromagnetiche**
- I campi generati da motori elettrici e azionamenti elettrici presenti nell'ambiente dove il sistema RFID opera, inducono disturbi sia sul lettore sia sul transponder.
- I problemi sono molto più forti per i sistemi ad accoppiamento induttivo che per i sistemi ad accoppiamento elettromagnetico (le frequenze di funzionamento sono più separate).
- **Possibilità di causare interferenze elettromagnetiche**
- E' un aspetto critico in ambienti sensibili (ad es. ospedalieri), in cui sono presenti apparecchiature sensibili alle interferenze.
- Nei sistemi con transponder passivi il lettore tipicamente irradia una potenza molto maggiore che nei sistemi con transponder attivi
- In ambienti estremamente sensibili si preferiscono quindi transponder attivi.

Giuseppe Iannaccone - 2006

Portata (Operating Range)

- Fattori da considerare nello scegliere la portata del sistema:
 - Accuratezza con la quale si puo' posizionare il transponder in pratica
 - Minima distanza tra i transponder nelle condizioni di utilizzo.
 - Velocità con cui il transponder si muove nella regione di interrogazione del lettore (il transponder deve rimanere nella regione di interrogazione un tempo sufficiente per trasmettere i dati)
- **Non sempre si cerca di ottenere la massima portata possibile.**
- Ad esempio: nel caso di smart card per l'accesso una distanza di **circa 10 cm**, così da non richiedere il posizionamento preciso della carta sul lettore e ed essere sicuri che nella regione di interrogazione del lettore ci sia soltanto **una** carta (e quindi non ci siano problemi di collisione).
- Per avere una portata grande e allo stesso tempo non avere problemi di collisioni puo' essere utile che il lettore abbia una irradiazione direzionale, cosa che per esempio si puo' fare a microonde e non si puo' fare con l'accoppiamento induttivo.

Giuseppe Iannaccone - 2006

Requisiti di sicurezza (cifatura e autenticazione)

- E' importante determinare che requisiti di sicurezza deve avere il sistema. Bisogna considerare:
 - il beneficio personale che un potenziale malintenzionato non autorizzato potrebbe ottenere introducendosi nel sistema.
 - il danno che potrebbe causare agli altri (che puo' essere molto maggiore del beneficio per se)
 - quanti e chi sono gli utenti del sistema (spazio pubblico, spazio interno) e quindi quanti potrebbero essere i malintenzionati.
- **Esempio:**
 - **borsellino elettronico** (usato in pubblico, alto vantaggio per il malintenzionato, enorme danno di immagine per chi gestisce l'applicazione):
 - **ski-pass** (usato in pubblico, medio vantaggio per il malintenzionato, danno medio per chi gestisce l'applicazione)

Giuseppe Iannaccone - 2006

Requisiti della memoria sul transponder

- Il fatto di avere memoria scrivibile e la capacità di memoria sono i fattori che più incidono sul prezzo del singolo tag.
- La memoria realmente necessaria a bordo del tag dipende dall'applicazione e dal contesto in cui il sistema è utilizzato.
- Se il lettore è collegato in rete, può accedere a un database in cui sono aggiornate le informazioni sull'oggetto.
- Spesso, invece di un tag riscrivibile si può adoperare un tag con memoria di sola lettura (e scrivere le informazioni sull'oggetto in un database nel backend)
- Da notare poi che un tag riscrivibile è più facilmente "falsificabile", mentre se il tag è di sola lettura l'unica soluzione è clonare un tag valido (cosa difficile e poco conveniente)

Giuseppe Iannaccone - 2006

Transponder a 1 bit

Giuseppe Iannaccone - 2006

Transponder a 1 bit

- il bit vale 1 = "transponder nella regione di interrogazione"
0 = altrimenti
- usati nei sistemi anti-taccheggio
- (EAS -Electronic Article Surveillance - standard VDI 4470).
- *Il parametro di prestazione più importante è la probabilità di riconoscimento del tag e la probabilità di falsi allarmi in funzione dalla distanza dall'antenna del lettore.*
- soluzioni possibili
 - Radiofrequenza
 - Microonde
 - Divisione di frequenza
 - Elettromagnetici
 - Acustomagnetici

Giuseppe Iannaccone - 2006

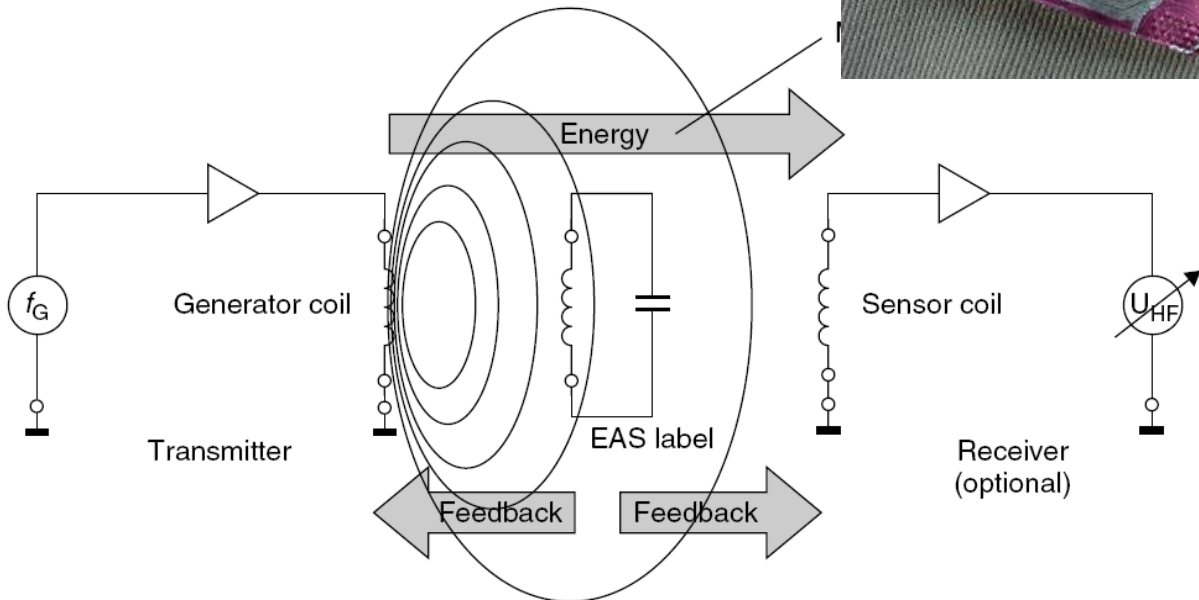
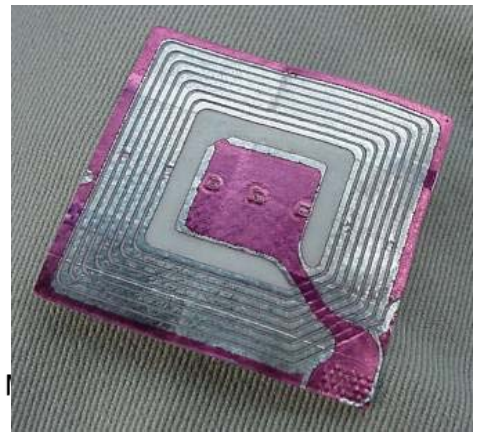
EAS a Radiofrequenza



- Il tag è un circuito LC risonante a frequenza f_R ,
- E' uno **sticker** formato da una bobina di alluminio realizzata per etching tra due fogli trasparenti di polietilene. Lo spessore del film di polietilene è 25 micron, lo spessore del film di alluminio per le bobine è 50 micron.
- Le piastre dei condensatori sono fatti con film di spessore 10 micron. Il Q dell'circuito risonante ottenuto è 60-80.
- Il lettore mediante una bobina, genera un campo magnetico alternato a frequenza f_G .
- Se $f_G = f_R$, viene indotta un'oscillazione nel tag, che si oppone alla causa che l'ha provocata, come da legge di Faraday.
- Questo effetto causa una variazione misurabile della corrente nella bobina del lettore, o - nel caso ci siano due bobine - una collegata al generatore e una di sensore, causa una variazione nella tensione indotta sulla bobina del sensore.

Giuseppe Iannaccone - 2006

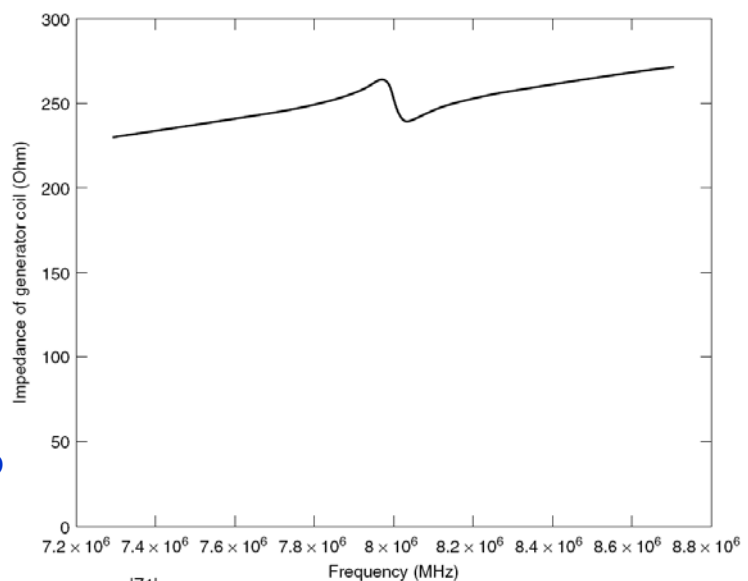
EAS a Radiofrequenza (II)



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a Radiofrequenza (III)

- Di solito si varia la frequenza del campo magnetico, tipicamente
- **8.2 MHz +/- 10%**
- Quando la frequenza del generatore è uguale a f_R abbiamo una brusca variazione della tensione sulla bobina
- In questo modo si risolvono i problemi dovuti alle tollerance di fabbricazione dei transponder e alla presenza di oggetti metallici



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a Radiofrequenza (IV)

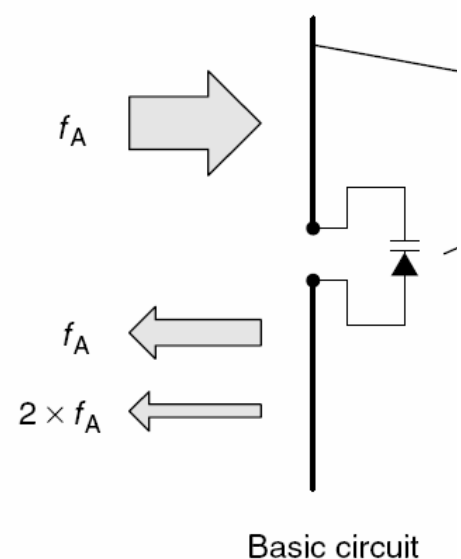
- Alla cassa, dopo il pagamento, il transponder deve essere disattivato.
- Disolito il disattivatore genera un campo magnetico molto alto (1.5 A/m), che induce una corrente sulla capacità che causa il breakdown del condensatore (i condensatori hanno punti deboli di facile rottura, per semplificare la disattivazione).
- I tag sono di solito dischetti in PVC o stickers contenenti il circuito risonante (magari sul retro del codice a barre).
- L'affidabilità del sistema di solito è bassa (tasso di rilevamento del 70% con porte a distanza di 2 m e tag di $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$).
- La presenza di metalli vicini varia l'induttanza e sposta la frequenza di risonanza f_R , e può ridurre il tasso di rilevamento.



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a Microonde

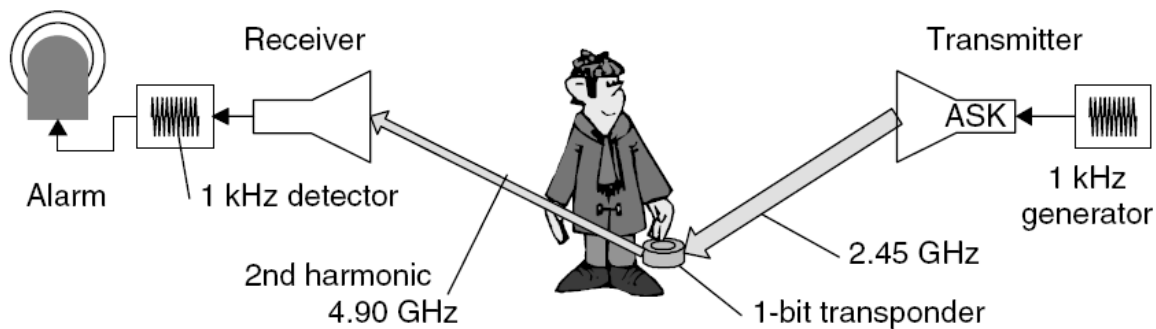
- I sistemi EAS a microonde sfruttano le armoniche o le subarmoniche generate da un dispositivo non lineare.
- I varactor sono particolarmente adatti come dispositivi non lineari per la conversione dell'energia alla seconda armonica, visto che la $C(V)$ ha un andamento parabolico (Esempio di un BA110, o BB 141)
- La struttura più semplice prevede il varactor collegato alla base di un dipolo a $\lambda/2$. Le frequenze d'uso sono 915 MHz ($\lambda/2 = 16.4 \text{ cm}$), 2.45 GHz ($\lambda/2 = 6.1 \text{ cm}$), 5.6 GHz ($\lambda/2 = 2.7 \text{ cm}$).



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a Microonde (II)

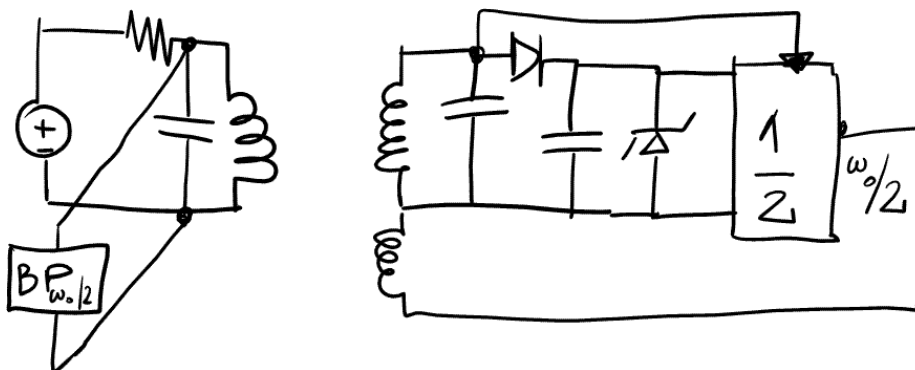
- Il lettore trasmette una portante alla frequenza di funzionamento, poniamo 2.45 GHz. Il transponder riemette, tra le altre, la seconda armonica a 4.9 GHz, che puo' essere rilevata da un ricevitore sintonizzato su 4.9 GHz.
- Per evitare che falsi allarmi, la portante viene modulata ASK o FSK, in modo che anche la seconda armonica emessa dal transponder conservi la stessa modulazione e possa essere verificata dal ricevitore.
- Transponder staccati dall'oggetto alla cassa e riutilizzati



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a divisione di frequenza

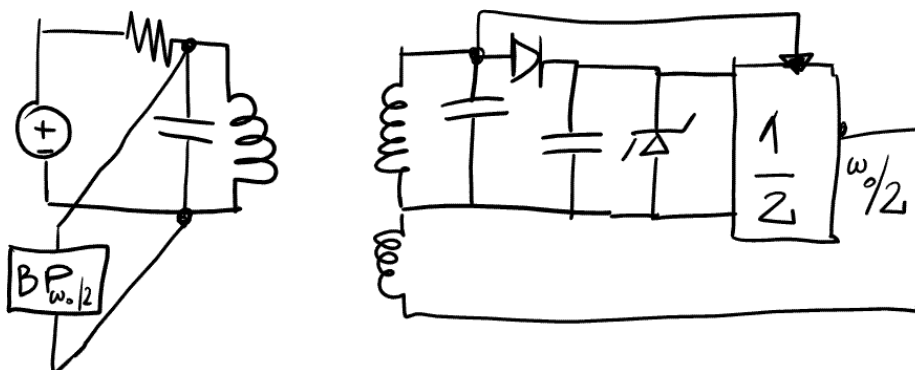
- Funziona a bassa frequenza, 100 -135.5 KHz.
- Il transponder contiene un circuito LC risonante (bobina + C) accordato alla frequenza di trasmissione del lettore, un raddrizzatore, e un chip divisore di frequenza.
- La tensione generata ai capi del blocco LC da un lato viene raddrizzata per alimentare il chip, dall'altro viene inviata all'ingresso del chip.



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a divisione di frequenza

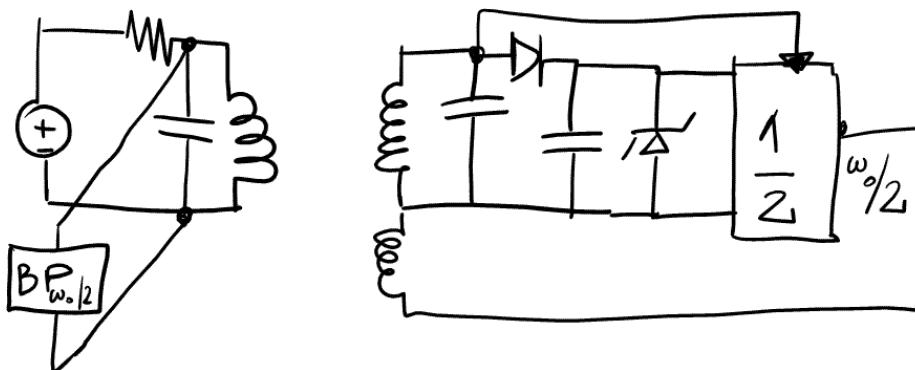
- Il chip internamente contiene un regolatore serie di tensione e un divisore di frequenza elementare ($/2$). Il segnale di uscita viene reinviato alla bobina, e quindi ri-trasmesso al lettore.
- Il lettore prevede ai capi della sua bobina, un filtro passabanda centrato a $f/2$, per rilevare la subarmonica.



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS a divisione di frequenza

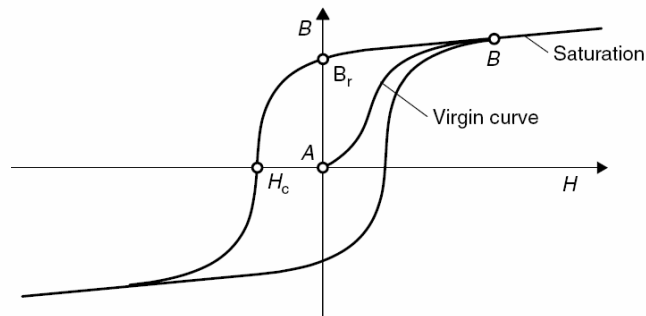
- Anche in questo caso, il segnale puo' essere modulato (100% ASK o FSK) per evitare possibili interferenze. La stessa modulazione è infatti presente anche nella subarmonica.
- Parametri tipici:
 - Frequenza 130 KHz,
 - Modulazione 100% ASK
 - modulante a 12.5 Hz o 25 Hz, duty cycle 50%.



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS Elettromagnetici

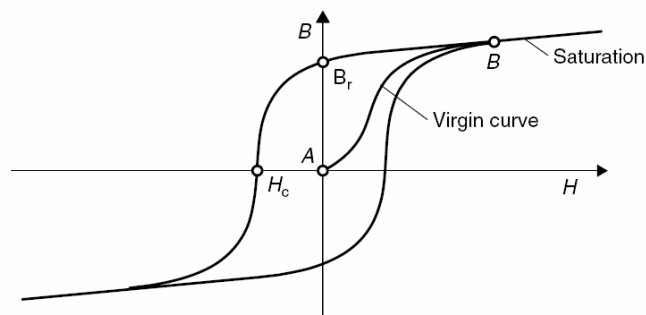
- I sistemi EAS cosiddetti "elettromagnetici" sfruttano campi magnetici a frequenze molto basse comprese tra 10 Hz e 20 KHz.
- L'elemento di sicurezza è elementare, e consiste in una striscia (2mm x 10-20 cm) di un magnete dolce amorfo e flessibile.
- La curva di magnetizzazione presenta una forte isteresi e una forte non linearità (vedi esempio) per cui il tag si comporta come una induttanza fortemente non lineare.



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS Elettromagnetici (II)

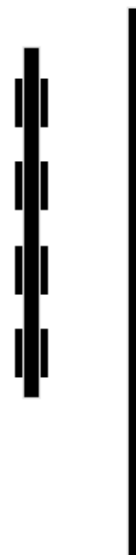
- Il lettore trasmette un segnale principale a bassa frequenza, poniamo 20 Hz, che ha il compito di far percorrere al tag la curva di magnetizzazione, sommato a due segnali a frequenza più alta e minore potenza, poniamo $f_1 = 3.3$ KHz e $f_2 = 5$ KHz.
- La non linearità del tag fa sì che il lettore rilevi le armoniche superiori di queste frequenze, e la loro somma e differenza.
- Poiché le armoniche a 20 Hz dalla portante sono difficili da rilevare, si preferisce rilevare la frequenza somma e differenza
- ($f_2 - f_1 = 1.7$ KHz, $f_2 + f_1 = 8.3$ KHz).



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS Elettromagnetici (III)

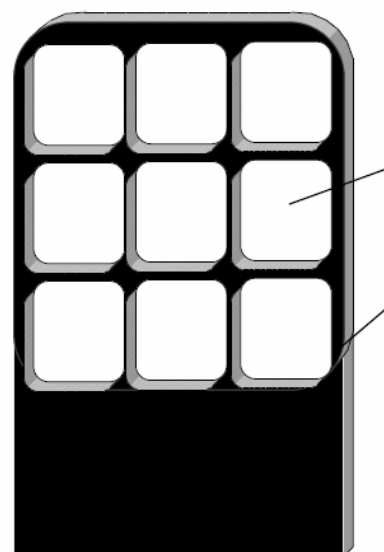
- Le frequenze di funzionamento così basse permettono di usare questi sistemi anche in prodotti contenenti metallo.
- Attenzione, la striscia parallela al campo magnetico.
- **DISATTIVAZIONE:**
- I tag sono parzialmente coperti da placche di un ferromagnete forte.
- Alla cassa, l'operatore scorre un potente magnete permanente lungo la striscia, che magnetizza la striscia di ferromagnete forte in modo da polarizzare la striscia in forte saturazione magnetica (punto B) cosicché il campo magnetico alternato del lettore non riesca più a variare l'induzione magnetica.
- **RIATTIVAZIONE**
- I tag possono essere riattivati smagnetizzando il ferromagnete forte, quante volte si vuole.



Giuseppe Iannaccone - 2006

EAS Elettromagnetici (IV)

- Il lettore ha 9-12 bobine su due pilastri abbastanza vicini, perché serve un campo magnetico considerevole per demagnetizzare il metallo amorfo ($H=16000$ A/m per la disattivazione; $H=25-120$ A/m per la rilevazione).
- Distanza massima tra le porte 1.5 m per un tasso di rilevazione del **70%**.
- USO: librerie e biblioteche (perché si può ricancellare). I tag costano poco. Beni da grande magazzino (nelle etichette).
- PROBLEMA: un cliente può facilmente disattivare il tag.



Giuseppe Iannaccone - 2006