

LICEO SCIENTIFICO SCIENZE APPLICATE

**MILANI TOMMASO**

**CLASSE 5<sup>A</sup>C**

**ELABORATO PER IL COLLOQUIO DELL'ESAME DI STATO 2020-2021**

**BANCOMAT, TELEPASS, CARTE MAGNETICHE:  
CONCETTI FISICI E MATEMATICI ALLA BASE  
DEL LORO FUNZIONAMENTO**

**Docente di Commissione: Prof.ssa PATRIZIA MONTESIN**



## **PREMESSA**

I sistemi di pagamento sono strumenti atti a ridurre gli spostamenti di denaro contante da un soggetto ad un altro ed utili a regolare le transazioni economiche tra le parti.

Attraverso i sistemi di pagamento 'cashless', è infatti possibile acquistare beni e servizi senza movimentazione di denaro e rendendo tracciabile il pagamento a tutti gli effetti.

Sistemi di pagamento quali assegni bancari, assegni circolari, vaglia postali etc., considerati metodi tradizionali fino a qualche decennio fa, si sono molto evoluti negli ultimi anni e le nuove tecnologie hanno favorito l'efficacia e la velocità delle modalità di scambio.

Con questo elaborato mi propongo di documentare i concetti fisici e matematici che stanno alla base delle tecnologie per il funzionamento dei seguenti sistemi di pagamento: bancomat, carte magnetiche e telepass.

## Indice

CARTE MAGNETICHE.....	6
Evoluzione.....	6
Come nacque la tecnologia contactless.....	8
Funzionamento della banda magnetica e registrazione magnetica.....	9
Processo di magnetizzazione e ciclo di isteresi di un materiale ferromagnetico.....	13
SMART CARD.....	16
Smart card a contatto e contactless.....	16
Funzionamento tecnologia contactless.....	18
Funzionamento delle antenne.....	20
IL TELEPASS.....	22
Classificazione tag.....	22
Funzionamento del telepass.....	23
Frequenze di comunicazione tecnologia RFID.....	24



# CARTE MAGNETICHE

## Evoluzione

Il concetto di ‘credito’ relativamente alla modalità di pagamento risale a molto tempo fa. Il sistema di pagamento ‘rateizzato’ basato –appunto- sul credito ebbe inizio nel 1730 quando molti mercanti (venditori) offrivano l’opportunità agli acquirenti dei loro prodotti di poterli acquistarli tramite forme di pagamento basate su quote mensili, così da diluire il totale dovuto in un lasso di tempo maggiore.

Questa prerogativa, ben apprezzata dagli acquirenti, permetteva ai mercanti di aumentare il proprio parco clienti e, di conseguenza, il proprio fatturato. La tecnica, seppur vincente, aumentava però le difficoltà di gestione a livello contabile e, con il passare degli anni, ci si è sempre concentrati sul trovare forme di pagamento evolutive.

La prima carta simile a quella che conosciamo oggi è datata 1914. La società statunitense **Western Union** la realizzò per i suoi clienti più importanti in modo da consentire una rateizzazione dei pagamenti.

Successivamente vennero generate carte specifiche per singoli servizi (automobilistici, telefonici, ferroviari etc.). Non esisteva però una carta singola per pagamenti diversi.

Nel 1950 nacque la prima carta di credito utilizzabile per il pagamento di diversi servizi: la **Diners card**. Successivamente, negli anni ’70, si aggiunsero **VISA** e **MASTERCARD**, le più usate al mondo.

Con l’evoluzione della tecnologia, nel 1969 venne applicata la prima banda magnetica sul retro di una carta di credito. La carta veniva passata, tramite “strisciata”, nel terminale POS (Point Of Sale) del commerciante; il POS recepiva e leggeva i dati sensibili identificativi dell’acquirente, che erano impressi sulla banda magnetica, ed autorizzava la transazione a conclusione dell’operazione di acquisto del bene.

La banda magnetica era generalmente costituita da un sottile strato di materiale in PVC e da tantissime particelle in resina magnetizzabili, divisa in tre tracce, sulle quali venivano memorizzati i dati sensibili dell’utente titolare della carta.

La capacità della banda era di 226 caratteri alfanumerici e, per imprimere i dati all’interno, veniva utilizzato un campo magnetico in prossimità della banda stessa, dove le particelle contenute vengono polarizzate in una precisa direzione.

In fase di lettura, il passaggio della testina sulla banda, provocava dei picchi di corrente indotti dalla polarizzazione della carta, traducendo il contenuto in codice binario in base ai valori 0 e 1.

Questo sistema di pagamento presentava però svantaggi notevoli: aveva una scarsa capacità di memorizzazione dei dati e la banda magnetica, essendo fragile, si usurava facilmente facilitando il rischio di cancellazione dei dati; inoltre la carta, se posta in contatto con superfici o oggetti magnetizzati, poteva causare la smagnetizzazione parziale o addirittura totale delle informazioni contenute.

Per evitare questo genere di inconvenienti, furono introdotti nuovi materiali Hi-co (high-coercivity), che consentivano l'alterazione della banda magnetica solo da campi magnetici di gran lunga superiori a quelli generati dai magneti comuni.

L'evoluzione delle tecniche di tutela verso le frodi ed il continuo bisogno di sicurezza, fece sviluppare nuove tecnologie che prevedevano anche l'inserimento di particolari microchip all'interno della carta di credito, rendendola uno strumento molto più affidabile e sicuro rispetto ai precedenti.

Le carte di credito a banda magnetica furono successivamente sostituite dalle carte a microchip e dalle carte cosiddette "ibride", vale a dire dotate sia di banda magnetica che di microchip.

Ecco che le "smart card", così definite, rivoluzionarono il mondo dei sistemi di pagamento.

In gergo tecnico, "**Smart card**" è un termine che indica una carta di credito, dotata di microprocessore, che è in grado di garantire maggiore sicurezza e riservatezza dei dati memorizzati al suo interno.

Queste carte furono inventate in Giappone da Kunitaka Arinura nel 1970 e negli anni successivi arrivarono anche in Europa; qui, il francese Roland Morèno, ebbe l'intuito giusto e seppe costruire una "smart card" ancora più evoluta e con maggiori funzionalità.

A quel punto, le smart card sostituirono in toto le carte a sola banda magnetica, proprio perché considerate più sicure grazie al fatto che, all'interno della scheda, alloggiava un sistema di controllo dell'accesso alla memoria della carta basato su password.

inoltre il microchip, che già consentiva una nuova e più ampia capacità di memorizzazione dei dati, aumentava le funzionalità della carta rendendola di tipologia "multi-application": era infatti in grado di contenere al suo interno, oltre ai dati riguardanti il proprietario, le informazioni di accesso e di autenticazione, anche -ad esempio- la raccolta dei punti di campagne promozionali.

Le specifiche in grado di regolare e standardizzare in miglior modo le applicazioni di pagamento elettronico basate su carte di credito con microprocessore furono raccolte nello standard EMV e riguardano:

- requisiti fisici ed elettronici.
- modalità con cui condurre le transazioni.
- struttura, dal punto di vista della sicurezza.
- interoperabilità tra carte e terminali a livello globale.
- linea guida e tempi per il passaggio da banda magnetica a nuovi sistemi.

L'introduzione di questo standard puntò alla realizzazione di sistemi di pagamento che fossero in grado di ottenere una sicurezza maggiore, garantendo una riduzione delle frodi e delle attività di falsificazione, facendo fronte ad un numero sempre più crescente di transazioni.

Lo standard EMV si poneva il fine di riuscire ad accorpare tutti i sistemi di pagamento sotto quest'unica struttura, così da sviluppare a livello globale le tecnologie a microprocessore, facilitando le operazioni di transazione e di comunicazione tra le diverse banche e i differenti circuiti di pagamento.

Le carte a microprocessore (con microchip) si distinguono in:

1. carte a contatto: in questa tipologia di carte, il circuito stampato può connettersi e comunicare con il lettore grazie allo scambio di contatti elettrici;
2. carte a prossimità o contactless: si differenziano da quelle a contatto perché lo scambio di informazioni avviene tramite trasmissione in radio frequenza e non tramite il canale fisico realizzato dai contatti della carta e del lettore. Considerato che è una carta senza contatto, all'interno di essa è presente una piccola antenna in grado di ricevere il segnale emesso dall'antenna presente sul dispositivo fisso con cui comunica; ad una data distanza, questa carta consente di ottenere una velocità elevata di lettura e scrittura.

## **Come nacque la tecnologia contactless**

Nel 1997 la società petrolifera Mobil Oil Corporation iniziò ad offrire un servizio di metodo di pagamento contactless chiamato Speedpass, che consentiva di poter pagare il rifornimento di carburante utilizzando un semplice portachiavi di plastica. Questo strumento era dotato di una particolare tecnologia DST (Digital Signal Transponder) RFID (Radio Frequency IDentification), che consentiva all'utente utilizzatore di poter pagare l'acquisto di benzina solamente avvicinando il portachiavi alla pompa, dove e specificatamente indicato. Il portachiavi era costituito da un'antenna e da un chip RFID (un Transponder passivo) crittografato, che utilizzava in fase di autenticazione.

La pompa di benzina conteneva un lettore in grado di poter codificare il segnale ed autorizzare il pagamento, controllando il codice univoco di identificazione contenuto nel chip del portachiavi, trasmesso in fase di avvicinamento tramite un particolare algoritmo di crittografia a blocchi.

Concessa l'autorizzazione, la pompa di benzina si accendeva automaticamente, consentendo al cliente di poter concludere l'operazione di rifornimento del veicolo.

Il pagamento per tale transazione veniva fatto corrispondere ad una certa carta di credito che il consumatore possedeva e che aveva precedentemente inserito all'interno di un conto online apposito del servizio Speedpass, cosicché nessuna tipologia di informazione della carta venisse conservata all'interno del dispositivo-portachiavi, garantendone elevata sicurezza ed affidabilità.



## Funzionamento della banda magnetica e registrazione magnetica

Abbiamo visto come sin dagli albori della nascita della carta di credito (di debito, prepagata, ecc.), la carta con banda magnetica portò il vantaggio di registrare e poi leggere i dati importati su di essa in modo automatico.



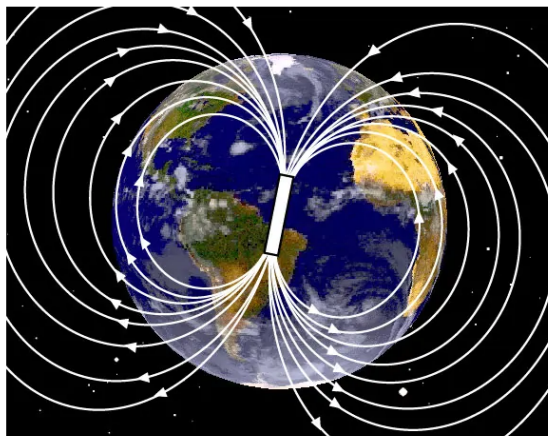
La memorizzazione dei dati sfrutta il fenomeno del **magnetismo**, dal quale deriva la tecnica di registrazione magnetica (tecnica utilizzata anche da musicassette e videocassette).

La tecnica di registrazione magnetica può essere:

- **analogica**: la densità della magnetizzazione varia continuamente ed in stretta analogia con il fenomeno da registrare;
- **digitale**: il segnale è campionato a piccoli intervalli, convertito in digitale e memorizzato come valore numerico; questa è proprio la tecnica che permette di memorizzare dati ed informazioni nelle carte magnetiche.

Le tecniche di registrazione e di lettura delle carte avviene grazie a tre componenti fondamentali: la banda magnetica/nastro magnetico, il registratore ed il lettore.

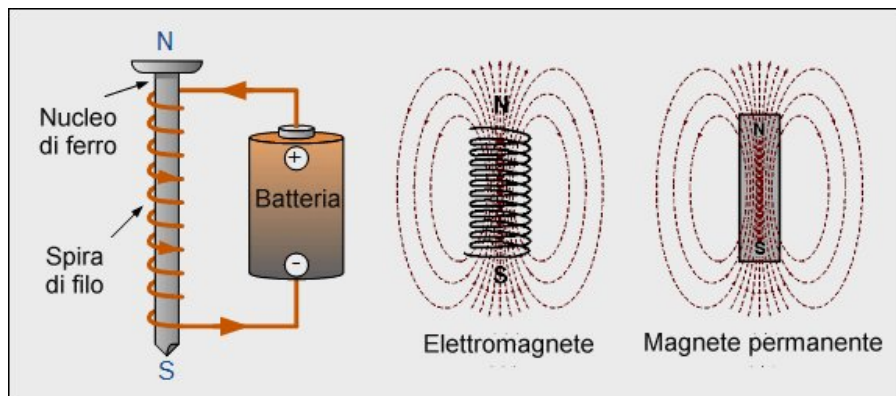
La registrazione magnetica sfrutta la peculiare caratteristica del ferro secondo la quale è in grado di magnetizzarsi quando è sottoposto ad un campo magnetico (naturale o generato da corrente elettrica che sia).



Per creare un campo magnetico è sufficiente far circolare la corrente in un conduttore a forma di solenoide; se vogliamo aumentare l'induzione magnetica, avvolgiamo il conduttore di rame su un materiale ferromagnetico, come appunto il ferro.

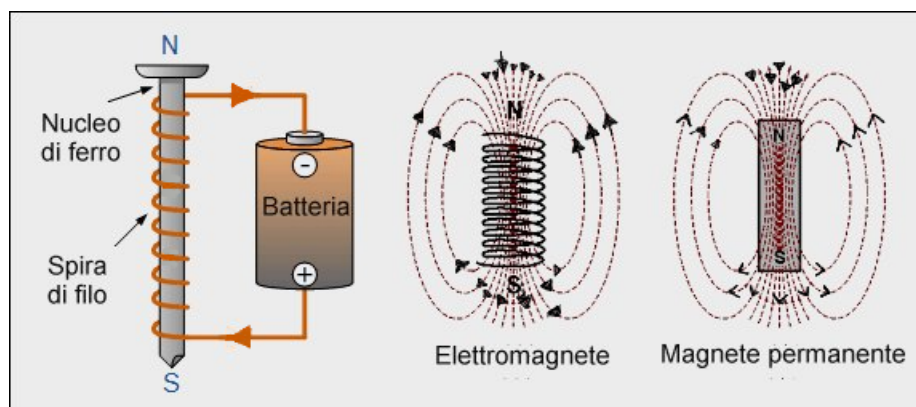
Il flusso della corrente continua va dal morsetto positivo (+) della sorgente di alimentazione al suo morsetto negativo (-). In modo analogo, le linee di flusso del campo magnetico che si creano attorno alla barretta di ferro vanno dal polo Nord (N) al polo Sud (S). Le linee di flusso magnetiche e della corrente continua sono direzionali.

Quando la corrente che attraversa l'avvolgimento intorno alla nostra barretta viene a mancare, il ferro non si smagnetizza bensì mantiene il suo campo magnetico.



Ecco che, con una semplice barretta di ferro e l'impiego della corrente, è possibile registrare un'informazione in modo permanente.

Se invertiamo il flusso della corrente, si inverte la polarità dell'alimentazione ed anche il verso delle linee del campo magnetico; anche in questo caso ovviamente, se viene a mancare la corrente, il campo magnetico permane ma questa volta nella direzione opposta.

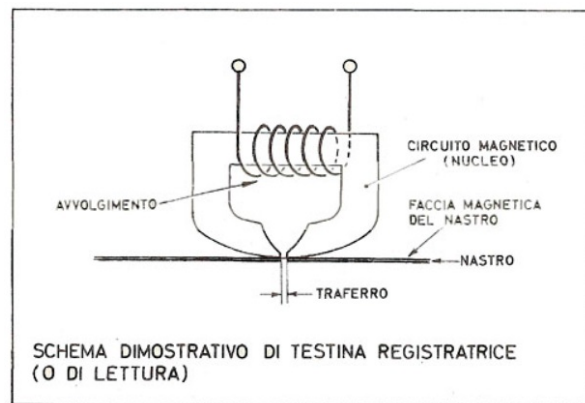


Grazie proprio all'inversione di corrente, e quindi anche del campo magnetico, si può registrare o modificare il valore dell'informazione registrata: la barretta rappresenta un bit alla quale può essere attribuito lo stato 1 quando le linee del flusso vanno da sinistra a destra, e lo stato 0 quando vanno in direzione opposta, da destra a sinistra.

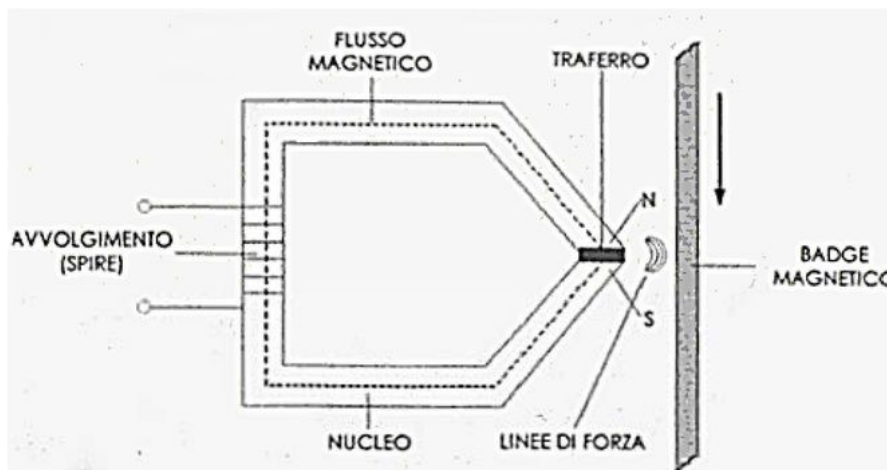
La banda magnetica è la striscia di color scuro presente sul retro delle carte magnetiche; su di essa sono depositate milioni di particelle magnetiche microscopiche.

Orientando la direzione del campo magnetico delle particelle lungo la lunghezza della striscia e successivamente rilevando il loro orientamento, è possibile registrare e leggere le informazioni e, se necessario, sostituire le informazioni registrate, grazie al registratore ed al lettore magnetico.

Sia nel registratore che nel lettore, il componente che consente di effettuare le procedure di scrittura e lettura dei bit è la testina magnetica.



La testina magnetica è costituita da un piccolo nucleo ferromagnetico a forma di ferro di cavallo (con i due poli avvicinati) sul quale viene avvolto un certo numero di spire. Il nucleo ha la funzione di concentrare il flusso magnetico così da aumentare notevolmente l'induttanza del circuito elettrico.



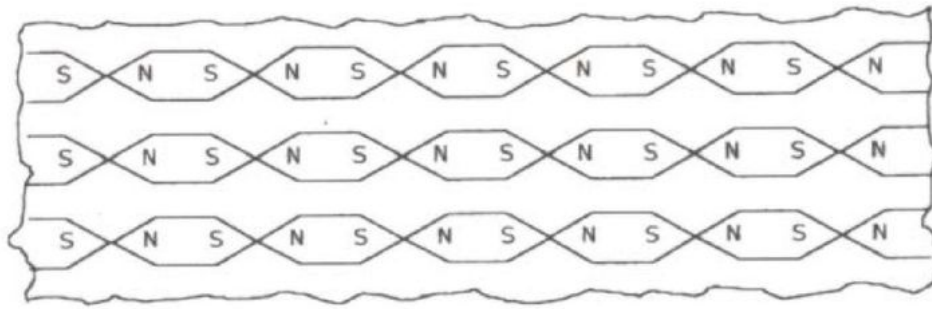
La testina è installata in modo da assicurare un costante contatto fisico tra la banda magnetica e le espansioni polari, sia in fase di scrittura che di lettura.

Quando nell'avvolgimento della testina di scrittura a contatto con la carta con banda magnetica in movimento si genera corrente elettrica, nel traferro -ovvero nello spazio fra le due estremità polari della testina- si producono linee di forza magnetica.

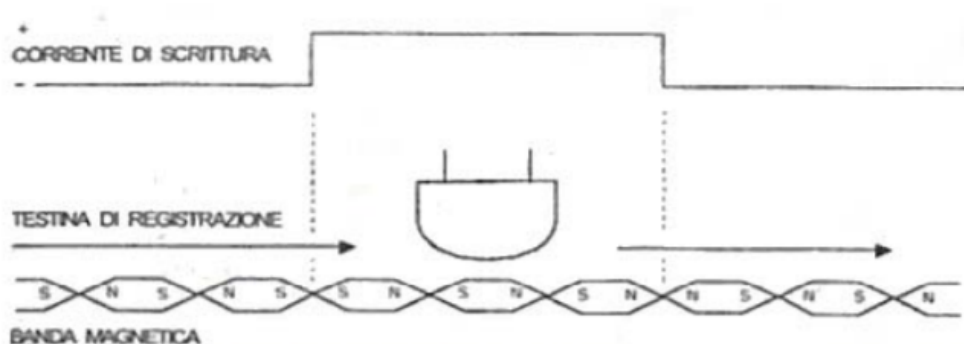
Se la corrente inverte la propria direzione significa che le linee del campo magnetico hanno cambiato verso; questo cambiamento genera un'inversione di flusso sulla banda magnetica. Ecco quindi che, se durante lo scorrimento della carta con banda magnetica, la testina incontra un'inversione di flusso, nel suo avvolgimento si genera per induzione una forza elettromotrice indotta.

Fatta scorrere la testina di scrittura sulla banda magnetica e controllando la direzione della corrente elettrica nell'avvolgimento, possiamo orientare un certo numero di particelle nella direzione opposta a quella della banda ideale (tratto di banda magnetica che presenta le particelle allineate nella stessa direzione), invertendo la loro polarità, che si verifica proprio quando cambiamo il verso

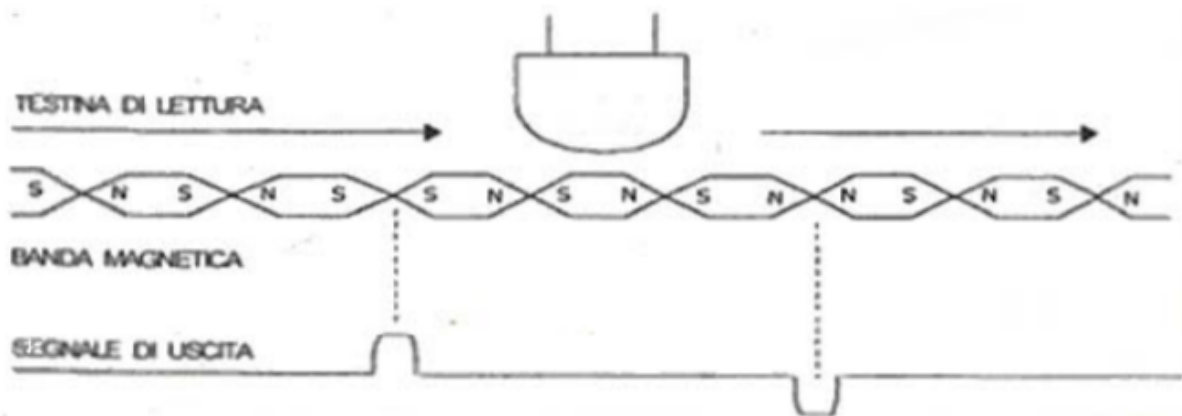
della corrente. Durante la fase di scrittura, l'inversione della polarità della corrente determina l'inversione del flusso magnetico.



tratto di banda magnetica con le particelle allineate nella stessa direzione



Questa variazione di polarità, ovvero l'inversione del flusso, è l'evento che la testina di lettura rileva quando passa sopra la banda magnetica.

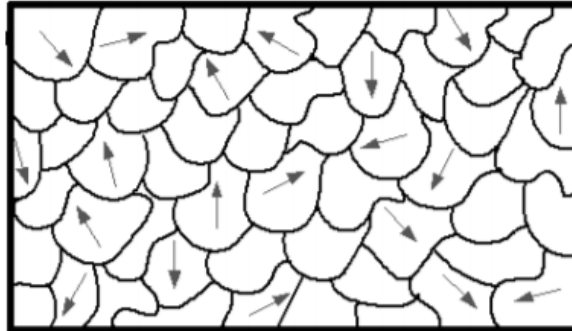


Facendo scorrere la testina di lettura sulla banda magnetica, ogni inversione di flusso, generata durante la registrazione magnetica, determina un segnale di ritorno in uscita indispensabile per decodificare le informazioni registrate sulla banda.

Ecco come, strisciando la nostra tessera con banda magnetica nell'apposito vano del POS (Point Of Sale) di un supermercato, comunichiamo le informazioni necessarie alla buona riuscita del pagamento.

## Processo di magnetizzazione e ciclo di isteresi di un materiale ferromagnetico

I materiali ferromagnetici esibiscono una risposta intrinsecamente elevata all'applicazione di un campo magnetico esterno, essendo dotati di un campo addizionale che comporta un allineamento dei momenti magnetici dei cosiddetti domini di Weiss.



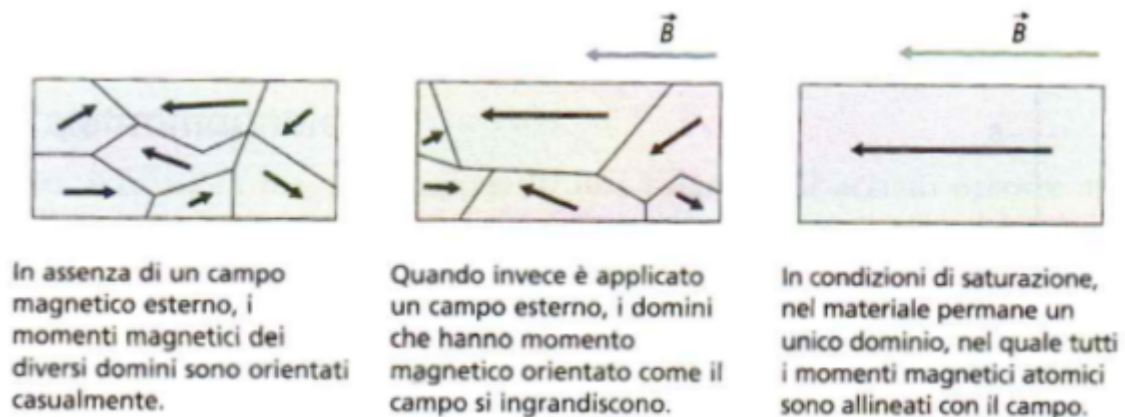
Schema dei domini di Weiss

La magnetizzazione spontanea di questi domini non si manifesta a livello macroscopico: poiché i momenti magnetici di ciascun dominio sono orientati casualmente, il campo magnetico complessivo, somma vettoriale dei campi generati singolarmente da tutti i domini, è uguale a zero.

La fenomenologia del processo di magnetizzazione in questo tipo di materiali è complessa, a causa delle molteplici manifestazioni dell'isteresi, la quale si manifesta come risultato macroscopico di una intricata combinazione di processi microscopici che portano al riordinamento collettivo dei momenti magnetici sotto l'azione di un campo magnetico esterno variabile.

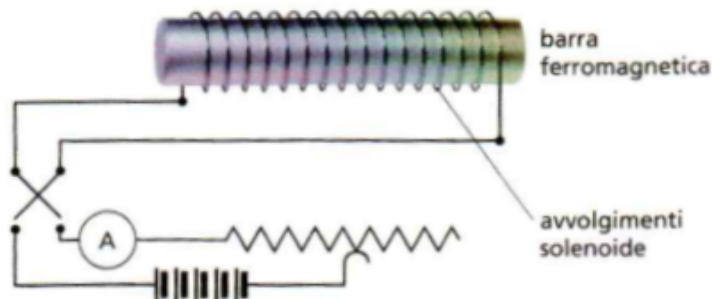
Quando il campione ferromagnetico, come la banda magnetica da registrare, è sottoposto all'azione di un campo magnetico esterno, per esempio inserendo una barretta magnetica in un solenoide percorso da corrente, i domini con momento magnetico orientato come il campo si allargano a spese degli altri, che finiscono con lo scomparire del tutto se il campo applicato è sufficientemente intenso.

Il campione si presenta così come un unico dominio, con momento magnetico orientato nella direzione e nel verso del campo esterno; in tali condizioni si dice che la magnetizzazione del materiale ha raggiunto la saturazione.

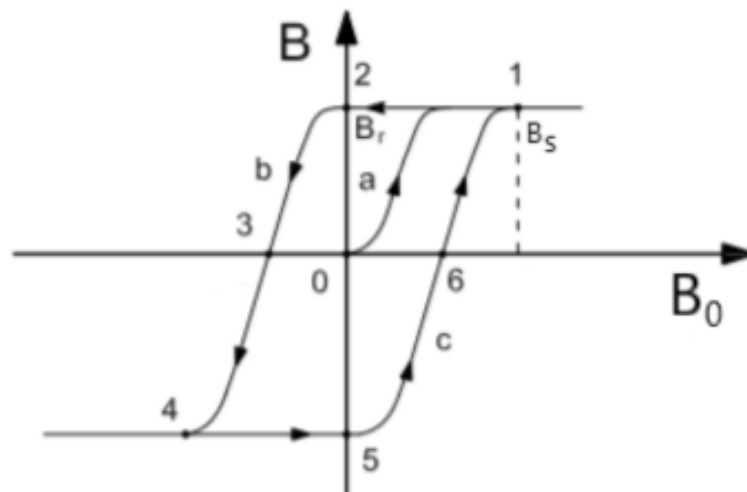


Alcuni materiali ferromagnetici come il ferro, si mantengono magnetizzati anche se il campo esterno viene a mancare.

Immaginiamo di formare un solenoide avvolgendo un filo conduttore intorno ad una barra ferromagnetica vergine (mai stata sottoposta ad un campo magnetico), di collegare un amperometro in serie con il solenoide e di chiudere il circuito sui poli di un generatore regolando la corrente nel filo.



Riportando su un piano cartesiano il modulo del campo magnetico indotto della barretta  $B$  in funzione del modulo  $B_0$  del campo esterno, generato dal solenoide, otteniamo un grafico come quello qui riportato:



Si parte da un materiale vergine in campo nullo per il quale  $B_0$  e  $B$  sono entrambi uguali a 0. Aumentando l'intensità di corrente che circola nel solenoide,  $B_0$  aumenta a partire dal valore nullo (punto di origine del grafico cartesiano); all'aumentare di  $B_0$  vediamo come  $B$  cresce dapprima in modo non lineare nel tratto "a" tracciando la cosiddetta *curva di prima magnetizzazione*, poi continua ad aumentare linearmente.

Questa crescita non lineare caratterizza la fase di magnetizzazione, che dura fino a quando non viene raggiunto il punto di saturazione, cioè finché il campo magnetico indotto  $B$  del materiale, che si somma a  $B_0$  per fornire il campo magnetico totale, non arriva al massimo valore possibile indicato nel grafico con il numero 1 e con  $B_s$ .

Se si torna indietro facendo diminuire  $B_0$ , si nota che  $B$  decresce ma con rapidità insufficiente perché venga ripercorsa esattamente in senso inverso la curva descritta all'andata.

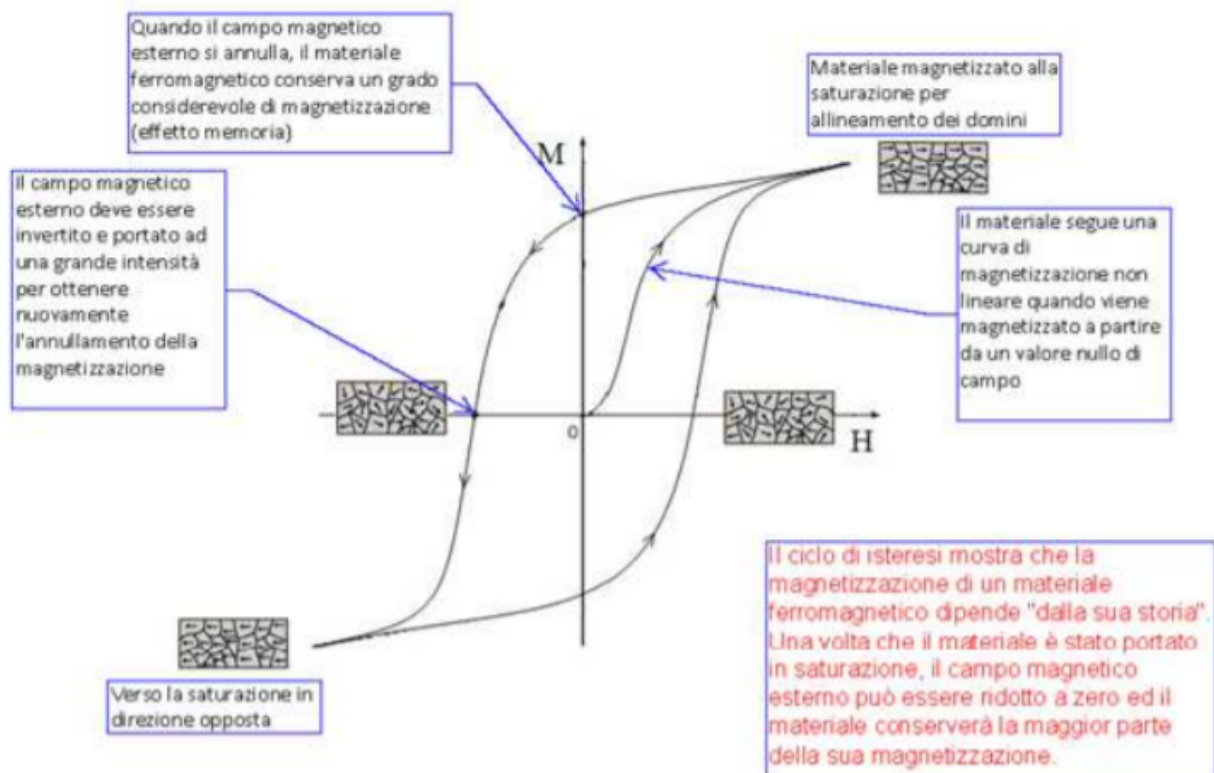
Nel punto 2,  $B_0 = 0$ ,  $B = B_r > 0$ . Ciò significa che nel materiale è rimasta una magnetizzazione residua, per annullare la quale si deve portare  $B_0$  ad un valore negativo, invertendo la corrente.

Diminuendo  $B_0$  in senso algebrico si perviene ad un valore cui corrisponde  $B = 0$  detto *campo coercitivo* (punto 3).

Se  $B_0$  diminuisce ulteriormente, il materiale ferromagnetico presente nel solenoide si magnetizza fino alla saturazione nel verso opposto (punto 4).

Quando  $B_0$  torna ad essere pari al valore nullo 0 nel punto 5, nel materiale rimane un campo magnetico residuo  $-B_r < 0$ , opposto al precedente, che per essere azzerato necessita di un campo esterno  $> 0$ .

Aumentando quindi il campo esterno  $B_0$ , il campione si magnetizza di nuovo nel verso iniziale.



Il fenomeno per il quale la curva  $B$ , in funzione di  $B_0$ , cambia a seconda del verso in cui viene percorsa è chiamato *isteresi magnetica* e la linea tracciata nel grafico sovrastante prende il nome di *ciclo di isteresi*.

Ogni materiale ferromagnetico ha un caratteristico ciclo d'isteresi, più o meno ampio a seconda che il campo magnetico residuo sia più o meno intenso.

Il fatto che  $B$  dipenda non linearmente da  $B_0$  indica che nei materiali ferromagnetici, la permeabilità magnetica relativa  $\mu_r = B / B_0$  non è una costante, ma dipende da  $B_0$ .

Da quanto esposto è chiaro che la relazione tra  $B$  e  $B_0$  è polidroma e poiché ad un valore di  $B_0$  possono corrispondere più valori di  $B$ ,  $\mu_r$  non è univocamente determinata: per un dato materiale può cambiare a seconda dei trattamenti cui il campione è stato precedentemente sottoposto.

Ecco che le carte magnetiche sfruttano i punti della curva in cui  $B_0 = 0$  per mantenere nel tempo il loro campo magnetico ed i dati memorizzati su di esso, necessari per effettuare il pagamento.

# SMART CARD

## Smart card a contatto e contactless

Lo sviluppo delle carte magnetiche portò alla nascita di nuove schede, che vennero integrate con un microprocessore in grado di fornire una memorizzazione dei dati più sicura.

Le smart card, “carte intelligenti”, sono proprio queste nuove carte munite di microchip, in cui vengono memorizzati in maniera crittografata le informazioni del titolare.

Possedendo già tutte le funzionalità ed informazioni, queste carte non necessitano di accedere ad un database remoto ad ogni transazione, come avveniva in passato con quelle a banda magnetica.



Le carte a microprocessore si dividono in:

- **carte a contatto:** in questa tipologia di carta, il circuito stampato si connette e comunica con il lettore grazie allo scambio fisico di contatti elettrici;
- **carte a prossimità o contactless-card:** queste si differenziano da quelle a contatto perché lo scambio di informazioni avviene tramite trasmissione in radiofrequenza e non fisicamente tramite il canale di contatti elettrici che collega la carta al lettore. Essendo una carta senza contatto, presenta al suo interno una piccola antenna in grado di ricevere il segnale emesso dall'antenna del dispositivo fisso con cui comunica.

Una smart card è costituita da:

- **CPU:** l'unità centrale in grado di eseguire istruzioni, effettuare calcoli aritmetici, controllare e gestire il flusso di dati che entrano ed escono dalla carta, gestendone l'archiviazione su memoria.
- **RAM:** è la memoria volatile utilizzata dalla CPU come spazio di archiviazione temporaneo dei dati.
- **ROM:** è la memoria a sola lettura della smart card; contiene i programmi e i dati fondamentali per il corretto funzionamento della carta.
- **EEPROM:** è la memoria di massa programmabile della smart card; su questa unità si possono memorizzare informazioni ed applicazioni strettamente legati alla carta stessa, dipendente dal tipo di utilizzo cui è impiegata e dall'utente cui appartiene.
- **Porta I/O:** uscita ad un solo bit con la quale la carta comunica con l'esterno; solitamente la velocità di uscita è di circa 9600 bit/secondo, con velocità maggiore per le carte contactless.



- **Co-processore crittografico:** esegue algoritmi standard crittografici come DSA, DES, RSA,... sollevando la CPU dal compito di eseguire questi algoritmi, garantendo buone prestazioni.

Il principio fisico per il quale le carte a contatto funzionano è quello dei contatti elettrici: la fonte energetica a cui attinge il processore per il suo funzionamento è lo stesso lettore; quando si inserisce la carta nella fessura del sistema di pagamento POS (se facciamo l'esempio di un pagamento al supermercato) che legge le informazioni della smart card, si trasmette al processore energia che lo mette in funzione, facendogli eseguire le operazioni per le quali è stato programmato.

## Funzionamento tecnologia contactless

I sistemi contactless, come abbiamo già descritto, sono quei mezzi di pagamento che consentono di poter effettuare transazioni senza dover introdurre fisicamente la carta in un terminale ma semplicemente avvicinandola ad esso.

Questa modalità permette di pagare in modo semplice e veloce, spesso anche senza l'inserimento di un PIN, se il totale pagato è pari o inferiore a 25 euro per ciascun pagamento.

Se questa soglia viene superata, al fine di una maggior tutela sia nel caso di bancomat che di carta di credito, viene richiesta la digitazione del codice PIN o la firma dello scontrino rilasciato.



La tecnologia utilizzata in questa modalità di pagamento è la tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification); questa innovazione permette di identificare e memorizzare dati riguardanti una persona, o anche oggetti, all'interno di particolari strumenti elettronici chiamati Tag o Transponder.

Il tag o transponder è un ricetrasmittitore in grado di inviare un segnale radio in risposta ad un comando ricevuto da una stazione remota; questo segnale di comando è essenziale per determinare la trasmissione del segnale di ritorno del transponder.

Con questa modalità, l'identificazione avviene tramite un **campo elettromagnetico** in cui un Reader, in grado di comunicare e aggiornare le informazioni contenute all'interno del tag interrogato, manda un segnale generato da un'antenna.

Il tag, in risposta, manda al reader un segnale che contiene il proprio codice di identificazione e le informazioni necessarie.

Il sistema RFID è costituito da due parti: il **Tag** ed il **Reader**.

Il Tag, ne è un esempio l'odierno bancomat, è costituito da:

- **un chip**, che è il componente elettronico, che si occupa di gestire tutta la parte inerente alla comunicazione ed alla identificazione. Possiede un codice identificativo univoco e non contiene più di 2 Kb di dati;
- **un'antenna**, che permette al chip di poter ricevere e trasmettere le informazioni;
- **un supporto**, che nel caso delle carte bancomat è la tessera in PVC contenente il sistema composto da chip e antenna.



Il Reader, come ad esempio il sistema di pagamento POS nei supermercati, è composto da:

- **una unità di controllo**, microcalcolatore che gestisce in tempo reale tutte le operazioni (collegamento con antenne, interrogazione del tag ed il collegamento con i sistemi informativi aziendali);
- **diverse antenne**, che hanno la funzione di generare un campo elettromagnetico fondamentale per poter attivare un transponder, permettendo la comunicazione tra le parti.



Gli elementi principali che permettono la comunicazione tra tag e reader sono proprio le antenne.

## Funzionamento delle antenne

Le antenne si distinguono in riceventi e trasmettenti: le antenne riceventi captano le onde elettromagnetiche provenienti dallo spazio e le convertono in segnale elettrico; le antenne trasmettenti, al contrario, convertono un segnale elettrico in uno elettromagnetico e lo irradiano nello spazio.

Un'antenna può svolgere univocamente da antenna trasmittente o ricevente, oppure svolgere entrambe le funzioni.

Un trasmettitore è costituito da un generatore di segnale elettrico, da una linea a radiofrequenza e da un'antenna, come in figura.



Il generatore produce un segnale elettrico contenente l'informazione da trasmettere.

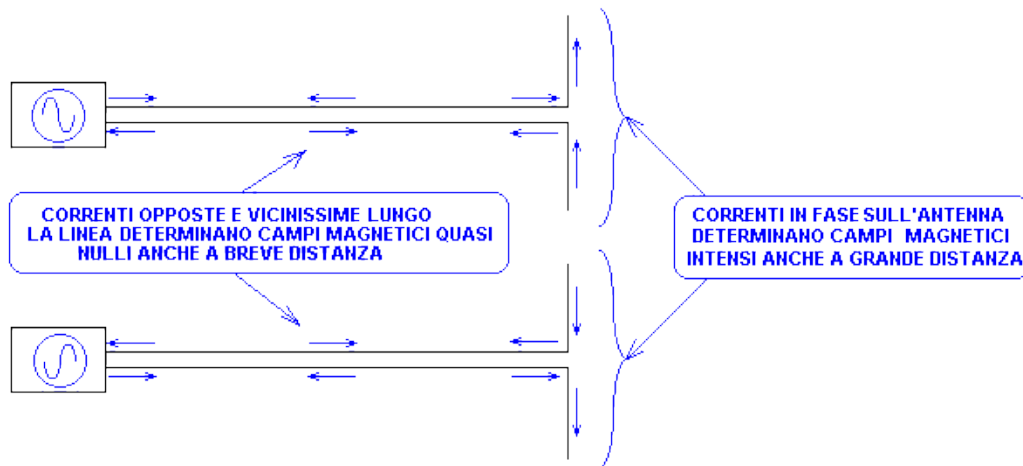
La linea elettrica a radiofrequenze trasporta il segnale dal generatore all'antenna trasmittente per essere inviato sotto forma di onda elettromagnetica all'antenna ricevente.

I campi elettrici e magnetici lungo il cavo si annullano quasi completamente in quanto i conduttori sono molto vicini e sono attraversati da cariche elettriche di segno opposto.

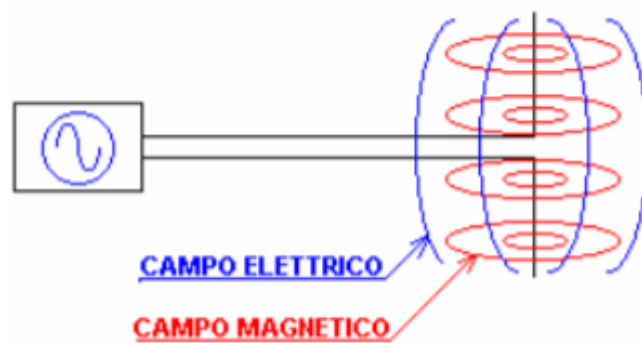
Lungo l'antenna le cariche di segno positivo si trovano su uno stilo lontano da quello sul quale si trovano le cariche di segno negativo, non permettendo così l'annullamento del campo elettrico, che risulta molto intenso anche a grande distanza.

Inoltre, le correnti elettriche non risultano opposte come nei fili conduttori, bensì in fase, così da intensificare l'effetto del campo magnetico che esse producono.





Quando il segnale arriva sull'antenna, si trasforma in energia elettromagnetica poiché, secondo le leggi della fisica classica di Maxwell, una variazione del campo elettrico data dalla continua variabilità della frequenza, determina una variazione del campo magnetico e viceversa, dando luogo ad un'onda elettromagnetica, costituita da anelli di campo magnetico che si alternano con anelli di campo elettrico ad essi perpendicolari e viceversa.



Ecco come una delle antenne emittenti del reader del sistema pagamento, invia un segnale al tag interrogandolo; l'antenna ricevente del tag capta l'onda elettromagnetica convertendola in segnale elettrico, inviando poi a sua volta le informazioni di identificazione contenute nel microprocessore della carta, tramite una nuova onda elettromagnetica; questa viene ricevuta dall'antenna ricevente del reader, che la converte in segnale elettrico, elaborando il pagamento.

# IL TELEPASS

## Classificazione tag

Abbiamo visto come funziona la tecnologia RFID, spiegando il funzionamento del tag/transponder e del reader. È possibile fare un'ulteriore distinzione riguardante la classificazione dei tag/transponder, questi, infatti, possono essere:

- **Passivi:** questi ricevono un segnale trasmesso loro dal reader, per poi mandare un segnale di ritorno ed elaborare l'operazione. Non utilizzano alcun tipo di batteria per essere alimentati, ecco perché hanno un raggio d'azione molto limitato, di pochi centimetri o metri. Il Transponder passivo è quello che viene usato nei bancomat e nelle carte di credito.



- **Attivi:** sono integrati sia da una antenna trasmettitrice radio, sia da una batteria in grado di alimentarla. Questa batteria alimenta appunto il tag, consentendogli di poter agire in un raggio d'azione maggiore. Non richiede l'interrogazione da parte di un reader. Ne sono un esempio le chiavi delle autovetture.



- **Ibridi:** in questi transponder è contenuta una batteria, che viene utilizzata solamente per poter alimentare il trasmettitore radio, ma per comunicare con il reader, utilizza lo stesso modo dei tag passivi, ovvero devono essere interrogati prima di inviare il segnale. Ne è un esempio il sistema di pagamento telepass, di cui vedremo ora il funzionamento in breve.



## Funzionamento del telepass

Il telepass è un dispositivo utilizzato per pagare il pedaggio in autostrada in modo contactless. É composto da un' unità particolare, chiamata proprio Telepass, che è lo strumento posto sul parabrezza all'interno dell'automobile, ed un componente che si trova sul casello autostradale, che svolgerà il compito di reader.



Lo strumento posto nella autovettura, alimentato in modo indipendente da una batteria, utilizza la tecnologia RFID permettendo di trasmettere i dati contenuti al suo interno, solo quando interrogato dal lettore, consentendo così all'automobilista la riscossione automatica del pedaggio.

La trasmissione fra il lettore ed il telepass avviene ad una frequenza d'onda elettromagnetica di 5,8 GHz, dando così al lettore la possibilità di poter leggere i dati e verificarli, consentendo ad un automobilista in prossimità di un casello di poter passare senza fermarsi.

## Frequenze di comunicazione tecnologia RFID

Descritta la natura dei tag e la loro distinzione, vediamo ora a quali frequenze d'onda questi comunicano con i reader. Le frequenze di comunicazione sono regolate da organismi internazionali e nazionali in grado di disciplinare, nelle singole regione, l'utilizzo delle tecnologie RFID. Lo svantaggio di questo fatto è che non si è in grado di garantire l'interoperabilità in tutto il mondo.

Le frequenze più utilizzate sono:

- 120-145 MHz (LF, low frequencies, valida in tutto il mondo)
- 13,56 MHz (HF, high Frequencies, utilizzata in tutto il mondo ed impiegata nelle smart card contactless per pagamenti e altro)
- 433-435 MHz & 865-870 MHz (UHF, Ultra High Frequencies, la prima utilizzata solo per tag attivi, ed entrambe solamente in Europa)
- 902-928 MHz & 950 MHz (UHF, la prima utilizzata negli USA e la seconda in Asia)
- 2,4 GHz (UHF, utilizzata in tutto il mondo)
- 5,8 GHz (SHF, Super High Frequencies, utilizzata per il dispositivo Telepass)

### Worldwide RFID UHF frequencies

