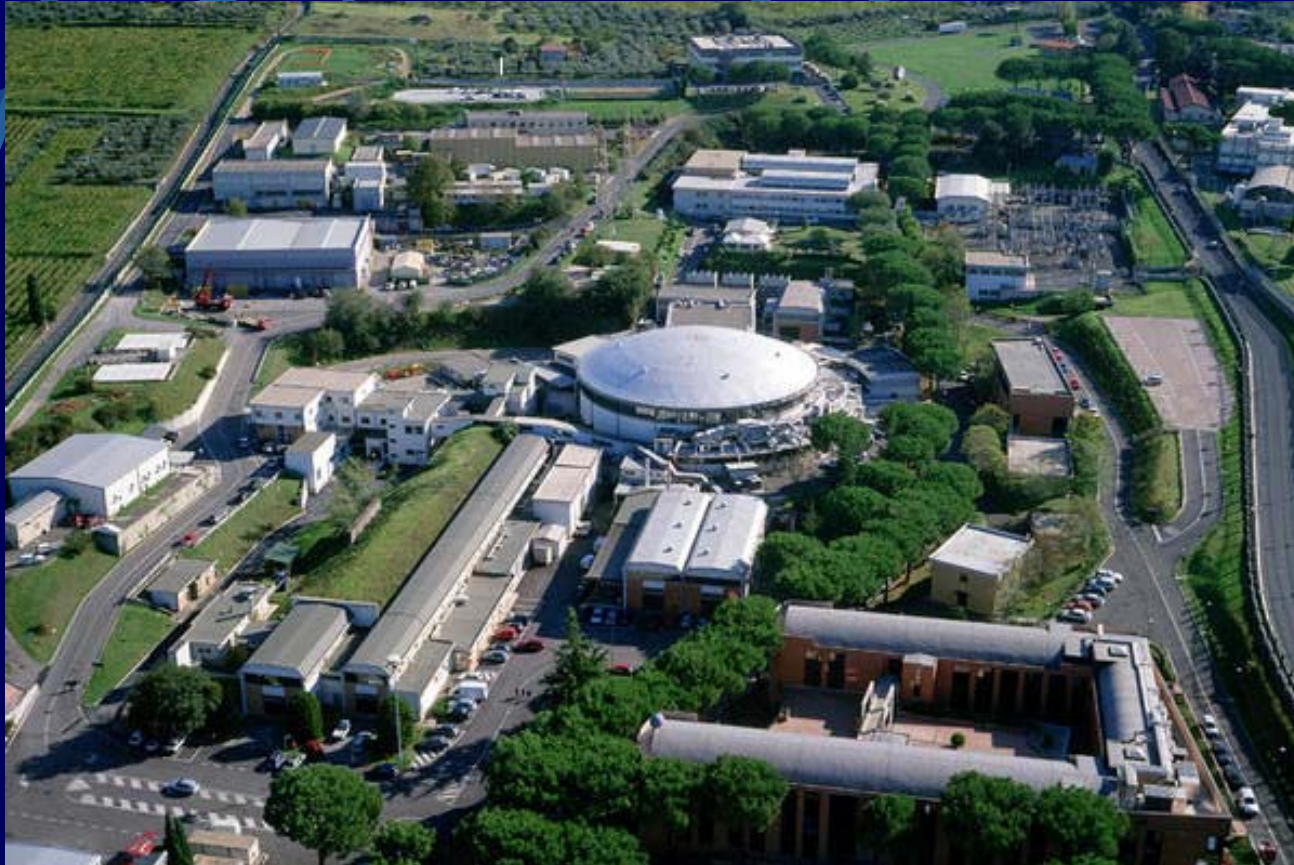


# I.N.F.N. LABORATORI NAZIONALI DI FISICA



- **STAGISTI:** Claudio Colacchi, Andrea Farrotti, Serena Marianecci, Gaetano Nardone, Noemi Nocioni, Federica Sebastiani.
- **TUTORS:** Catalina Petrascu, Marco Catitti, Mihail Iliescu.

# STAGE DI FISICA 2004

- Introduzione alle attività dei LNF
- Rivelatori al silicio
- Fluorescenza e analisi dati
- Esperienze di laboratorio
- Strumenti di misura
- Convertitori ADC/DAC

# DAΦNE

**D.A.Φ.N.E.**, e' l'acceleratore di particelle (elettroni e positroni) che si prefigge lo studio delle particelle originate dall'annichilazione dei positroni e degli elettroni.

L'energia generata si trasforma nella massa e nell'energia cinetica di una nuova particella ( $\Phi$ ) che successivamente decade in Kaoni K ( carichi positivamente, negativamente o neutri).

**D.A.Φ.N.E.** utilizza quale strumento un doppio anello con fasci di  $\sim 0,5$  GeV, in grado di produrre un elevatissimo numero di collisioni (eventi).

Il complesso DAΦNE è formato da tre elementi principali:

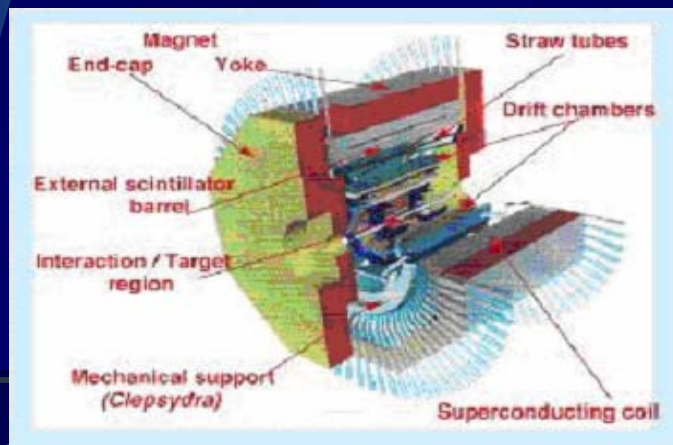
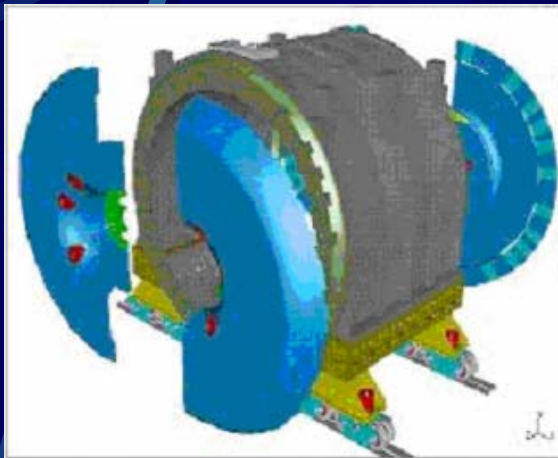
- 1) il LINAC, centro di "produzione" elettroni e positroni ( 550 MeV  $e^+$ , 800 MeV  $e^-$  );
- 2) L'accumulatore da 510 MeV;
- 3) I 2 anelli principali dell'acceleratore di particelle.



# KLOE ( K LONG EXPERIMENT)

Oggetto di studio del progetto **KLOE** sono i processi di decadimento dei Kaoni ottenuti dal decadimento della particella ( $\Phi$ ).

**KLOE**, tramite l'analisi delle differenze nei processi di decadimento dei K, consente la misura dell'asimmetria tra materia e antimateria; questi risultati trovano notevole applicazione nello studio del Big-Bang.



# FINUDA

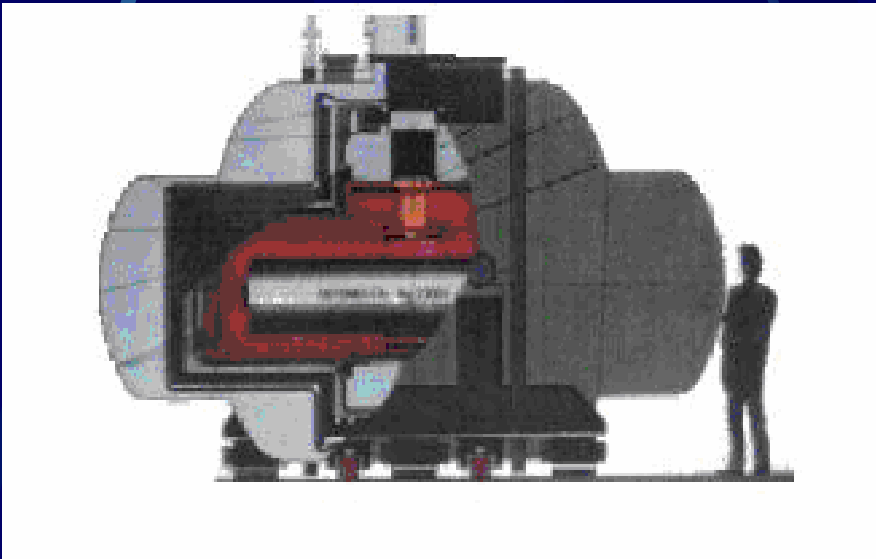
## FINUDA ( FISICA NUCLEARE A DAΦNE)

L'esperimento **FINUDA**, studia la formazione di nuclei atomici con all'interno anziché un nucleone una particella  $\Lambda$  (ottenuta da interazioni dei Kaoni). Questi nuclei, definiti ipernuclei, sono instabili. La  $\Lambda$  emettendo una particella ( $\pi$ ) decadendo in un nucleone convenzionale. La struttura nucleare può essere dedotta dalla misura dell'energia del  $\pi$ .

# NAUTILUS

L'antenna gravitazionale **NAUTILUS**, un dispositivo atto alla rilevazione delle onde gravitazionali provenienti dallo spazio, consiste in un cilindro di 3 metri di lunghezza e circa 2,3 tonnellate di peso, isolata meccanicamente e tenuta alla temperatura di 0,1 K. Il materiale di cui l'antenna è composta deve essere scelto tale che la risonanza utilizzata abbia un tempo di decadimento alquanto lungo, per poter discriminare i segnali che eccitano l'antenna ( che decadono con lentezza) da impulsi spuri e di breve durata.

L'isolamento termico è stato realizzato circondando di strati mylar alluminato i vari schermi e il recipiente dell'elio liquido utilizzato per il raffreddamento, e creando il vuoto in tutto l'ambiente tra il recipiente esterno e la camera in cui l'antenna è contenuta.



La lunghezza dell'antenna varia di  $10^{-18}$  metri all'arrivo di un 'onda gravitazionale. Il segnale rilevato viene poi amplificato da dispositivi elettronici, detti **SQUID**. Un'antenna gemella è presente nei laboratori del CERN.

Le onde gravitazionali, prodotte dal moto delle masse, sono per esempio da confrontare con le onde elettromagnetiche, la loro intensità essendo altamente più debole. Solo grandi eventi come le esplosioni delle supernove sono in grado di produrre onde rilevabili da strumentazioni sulla terra.

# LUCE DI SINCROTRONE

La radiazione, o luce, di sincrotrone consiste in una radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda compresa tra l'infrarosso e i raggi X, emessa quando un fascio di elettroni accelerato fino a velocità prossime a quella della luce passa attraverso un campo magnetico; viene prodotta nelle camere a vuoto anulari dei sincrotroni e di altri tipi di acceleratori di particelle. La radiazione di sincrotrone vanta proprietà che la rendono uno strumento di grande interesse per lo studio delle strutture molecolari e dei cristalli.

Essa è già "collimata", cioè le onde che costituiscono il fascio sono pressoché parallele, e non necessita quindi di ulteriori sistemi di focalizzazione che ne attenuerebbero l'intensità.



# DEAR ( DAΦNE EXOTIC ATOMS RESEARCH)

L'esperimento **D.E.A.R.** ha il compito di studiare gli atomi di idrogeno e di deuterio in cui un  $K^-$  ha sostituito l'elettrone atomico.

Lo studio degli atomi kaonici consente di studiare la forza forte fra kaoni e nucleoni.

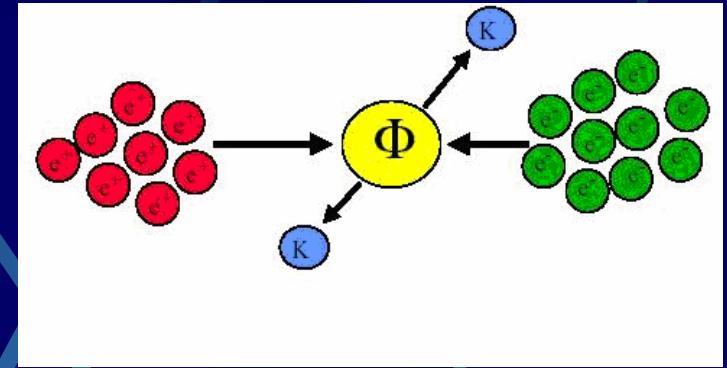
Dalla misura di raggi X emessi nella diseccitazione si possono ricavare informazioni sulla struttura dei livelli dell'atomo esotico. La struttura dipende dalla forza elettromagnetica e dalla forza nucleare, e tali parametri possono essere ricavati misurando l'energia emessa sotto forma di raggi X.



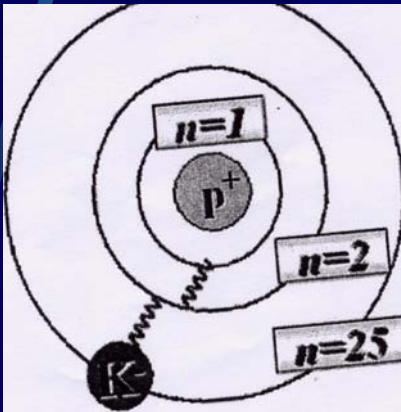
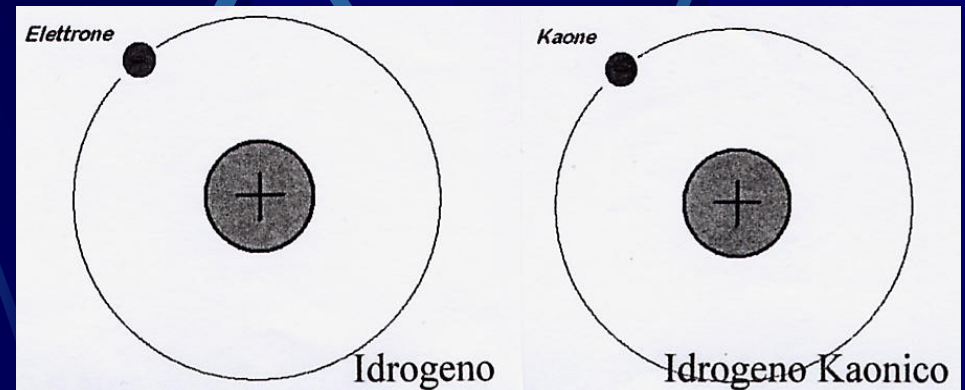
L'esperimento utilizza le cosiddette **CCD (Charge Coupled Device)**, simili a quelli presenti anche nelle comuni macchine fotografiche digitali, come dispositivi di rilevamento al silicio. Esse consistono in matrici di pixel.

Le **CCD** immagazzinano le informazioni sotto forma di carica elettrica e permettono misure di raggi X – materiale di studio per DEAR.

**I Kaoni** (carichi e neutri) costituiscono il materiale di studio di vari esperimenti **DEAR/SIDDHARTA, KLOE, FINUDA,** installati su **DAΦNE.**



**L'atomo esotico**, è un atomo che al posto dell'elettrone ha il Kaone (K<sup>-</sup>).

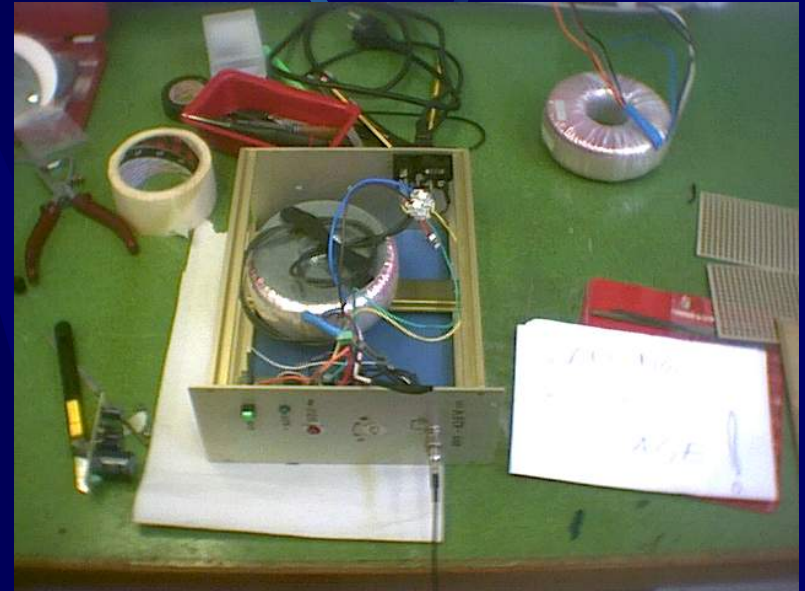


**Il Kaone** (carico negativamente) nell'atomo esotico si trova in stato eccitato in un'orbita esterna; l'atomo esotico subisce un processo di diseccitazione. Nella transizione di interesse (forza forte)  $2P \rightarrow 1S$  emette una quantità di energia pari a  $\sim 6,2$  KeV, radiazioni riconducibili allo spettro dei raggi X. Lo studio degli atomi esotici necessita quindi dell'utilizzo di rivelatori (al silicio) sensibili al campo di emissione dei raggi X.



# SIDDHARTA ( SILICON DRIFT DETECTOR for HADRONIC ATOM RESEARCH by TIMING APPLICATION)

SIDDHARTA rappresenta la naturale evoluzione del progetto DEAR per lo studio degli atomi esotici in DAΦNE. Tale progetto utilizza rivelatori al silicio di diverso tipo delle CCD, che possono essere utilizzati per implementare un sistema di trigger ( sistema che riduce la finestra temporale di acquisizione consentendo l'abbassamento del "rumore di fondo" ). Tali rivelatori sono le SDD ( Silicon Drift Detector).



# RIVELATORI AL SILICIO

- COSA E' UN RIVELATORE AL SILICIO
- DA DEAR A SIDDHARTA
- CCD E SDD

# COSA E' UN RIVELATORE

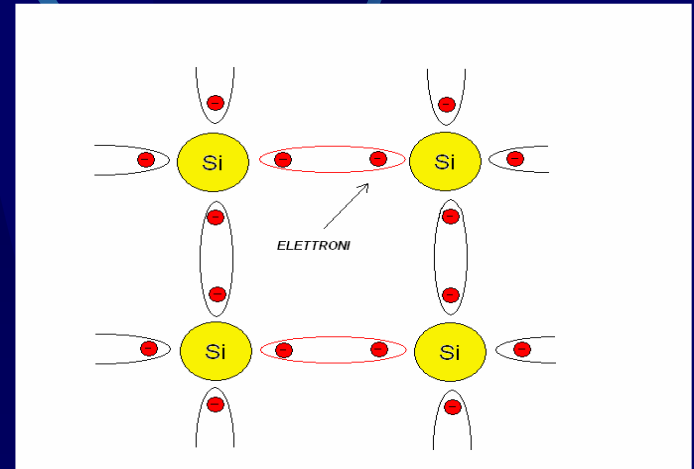


- Un rivelatore è „ l'occhio della fisica sperimentale“ ovvero un dispositivo elettronico che permette di rivelare la presenza e il passaggio di radiazioni e/o particelle che non possono essere viste dall'occhio umano.
- Esistono vari tipi di rivelatori , quelli che utilizza DEAR e SIDDHARTA sono in particolare „rivelatori al silicio“

# IL SILICIO

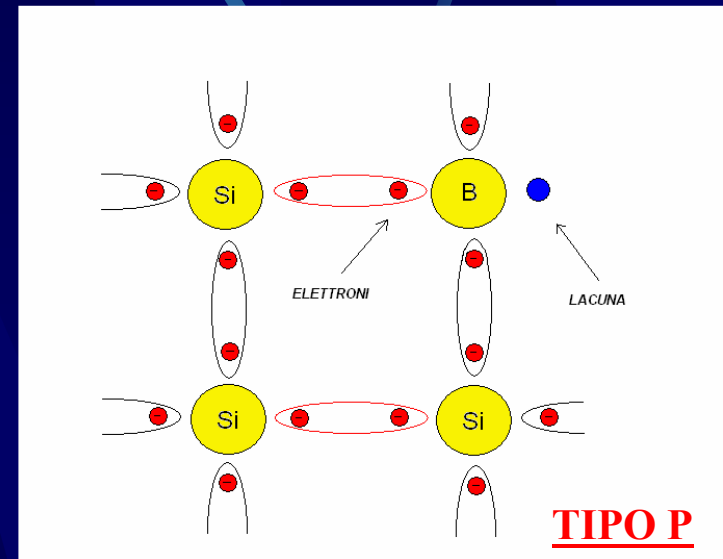
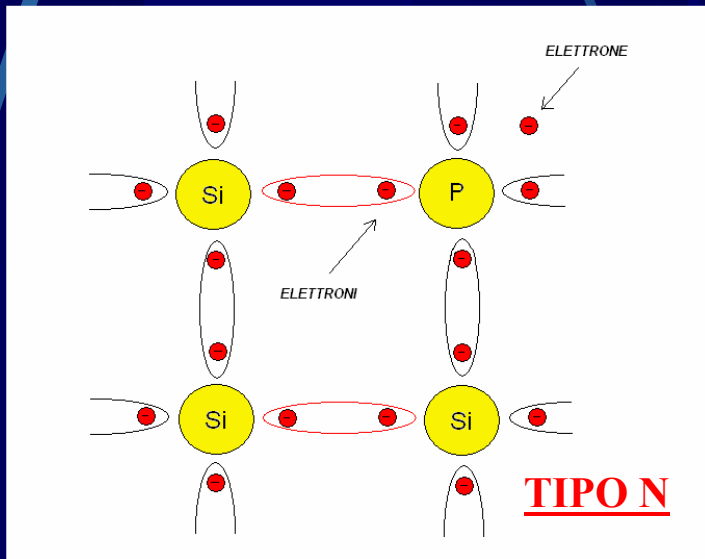
- Il silicio è un materiale che si presenta in natura in forma cristallina ed appartiene al IV gruppo della tavola periodica degli elementi

1 H																	2 He																												
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																												
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar																												
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																												
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																												
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																												
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun																																				
<table border="1"> <tr> <td>58 Ce</td> <td>59 Pr</td> <td>60 Nd</td> <td>61 Pm</td> <td>62 Sm</td> <td>63 Eu</td> <td>64 Gd</td> <td>65 Tb</td> <td>66 Dy</td> <td>67 Ho</td> <td>68 Er</td> <td>69 Tm</td> <td>70 Yb</td> <td>71 Lu</td> </tr> <tr> <td>90 Th</td> <td>91 Pa</td> <td>92 U</td> <td>93 Np</td> <td>94 Pu</td> <td>95 Am</td> <td>96 Cm</td> <td>97 Bk</td> <td>98 Cf</td> <td>99 Es</td> <td>100 Fm</td> <td>101 Md</td> <td>102 No</td> <td>103 Lr</td> </tr> </table>																		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																																
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr																																



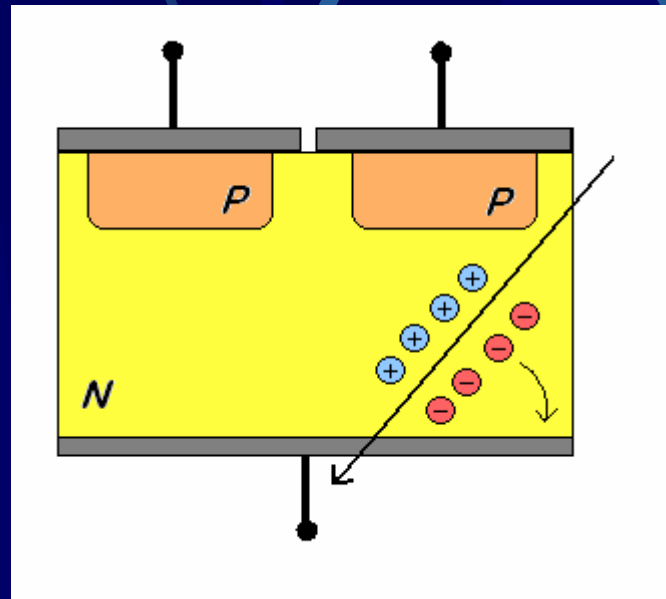
# IL SILICIO

- Ma il silicio così come lo troviamo in natura non ha le caratteristiche di cui abbiamo bisogno, per questo viene sottoposto ad un processo che prende il nome di „drogaggio“ che può essere di tipo „P“ (con atomi di fosforo) o di tipo „N“ (con atomi di boro)



# RIVELATORI

- avvicinando il silicio di tipo P e quello di tipo N otteniamo la Giunzione P-N che rappresenta il nostro rivelatore
- Il principio di funzionamento di un rivelatore al silicio è il seguente: quando una particella carica con una certa energia passa attraverso un rivelatore al silicio per ionizzazione si creano coppie elettrone lacune ottenendo un segnale



# DA DEAR A ...

## CCD (Charge Coupled Device )

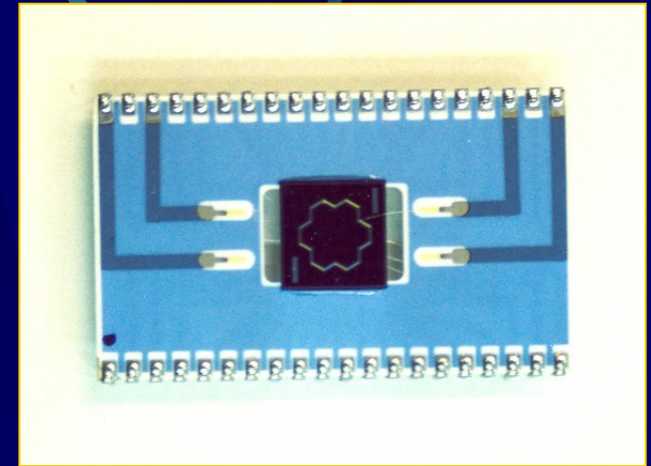
I rivelatori utilizzati da **DEAR** sono le **CCD** , dispositivi ad accoppiamento di carica, costituiti da una matrice di pixel , ogni pixel è una giunzione P-N, la carica che si forma per ionizzazione viene immagazzinata e successivamente trasferita al sistema di lettura. questo tipo di rivelatori non è triggerabile e quindi presenta un alto rapporto segnale/fondo.



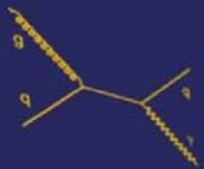
# ... A SIDDHARTA

## SDD (Silicon Drift Detector)

In **SIDDHARTA** invece vengono utilizzati rivelatori al silicio a deriva SDD che hanno le stesse buone caratteristiche delle CCD ma in piu' sono triggerabili e una velocità di lettura maggiore.



*HadronPhysics I3*

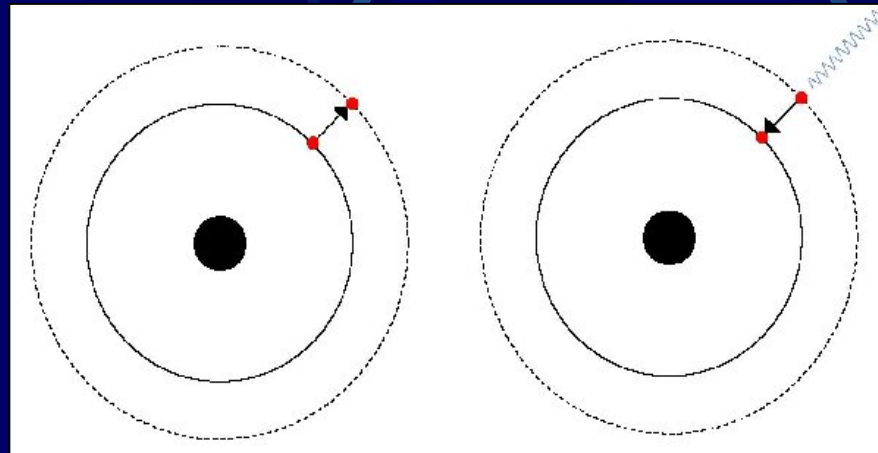


*Study of Strongly Interacting Matter*



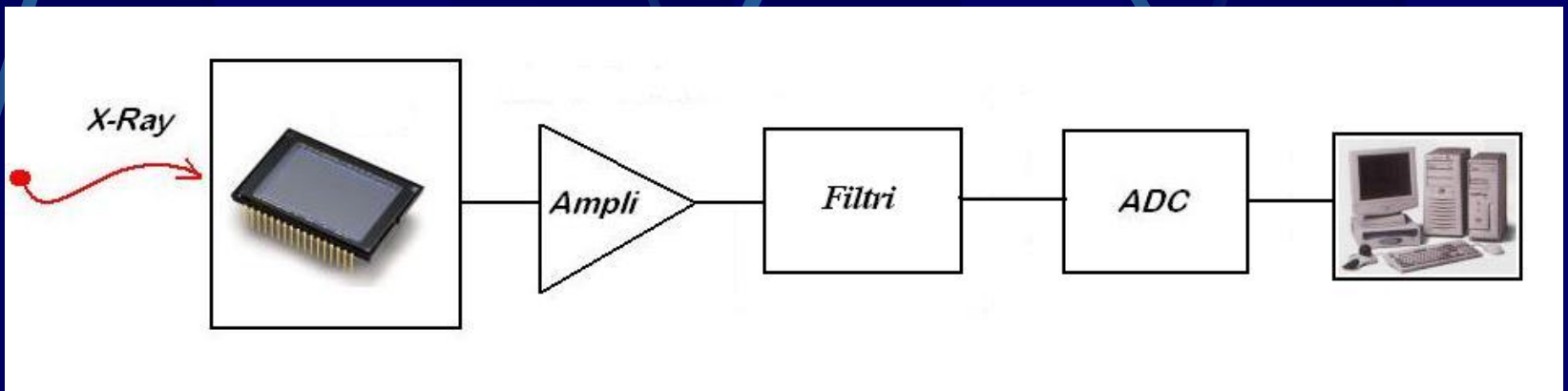
# LA FLUORESCENZA

- Oltre che negli esperimenti di fisica il rivelatore al silicio è impiegato nell'identificazione degli elementi chimici presenti in un campione ( es: opere d'arte, analisi della composizione del terreno) grazie al fenomeno della **fluorescenza** tramite una tecnica non invasiva e non distruttiva
- La fluorescenza è la capacità di alcuni materiali di emettere luce quando vengono colpiti da raggi ultravioletti o da altri tipi di radiazioni.
- Quando un atomo assorbe energia gli elettroni si spostano da un livello energetico ad uno superiore, la loro permanenza a questo livello è brevissima, dopo di che essi tornano al livello energetico originario liberando energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.



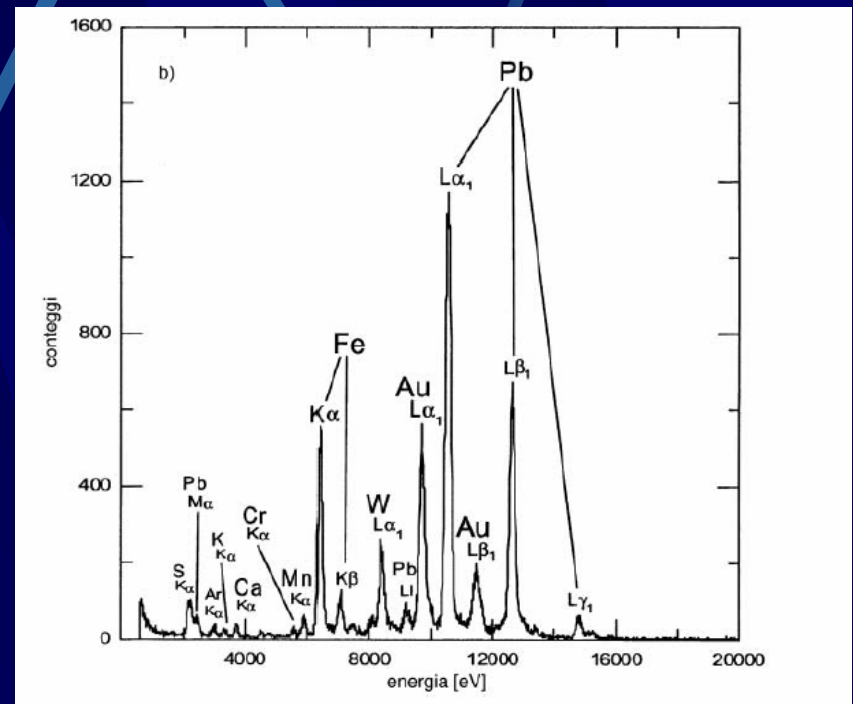
# CATENA D'ACQUISIZIONE

- Il segnale che otteniamo direttamente dal rivelatore non può essere direttamente analizzato occorrono una serie di operazioni che rendono il segnale compatibile al sistema di lettura del PC sul quale successivamente verranno effettuate opportune operazioni di analisi.



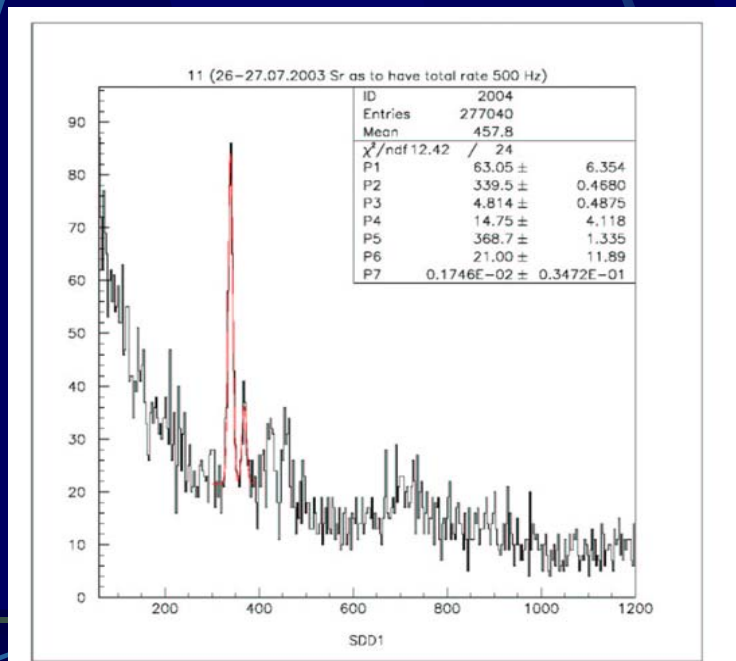
# LA FLUORESCENZA

- Ogni elemento, sottoposto ad una certa radiazione, emette a sua volta un'onda elettromagnetica che, ordinata per frequenza nello spettro, dà importanti informazioni sull'elemento che l'ha emessa: infatti la radiazione è caratteristica dell'elemento emettitore e dalla misura dell'energia e della quantità degli X emessi si risale agli elementi presenti nel campione e alla loro concentrazione. Ogni campione produce dunque uno spettro caratteristico.
- Nello spettro di fluorescenza dell'affresco di *Lorenzo Lotto* si nota la presenza di ferro (Fe) e di oro (Au).



# ANALISI DATI

- I tutors ci hanno fornito una tabella contenenti I dati sperimentali acquisiti del SSD che attualmente viene testato nel laboratorio, quello che abbiamo fatto e determinare lo spettro di emissione tramite il programma ORIGIN 5.0
- L'analisi ci ha condotto allo spettro in figura: sulle ascisse abbiamo i canali, sulle ordinate il numero degli eventi. Le radiazioni appartengono ad una sorgente di ferro, che dà luogo nello spettro a due righe di energia nota (evidenziate in rosso), chiamate rispettivamente  $Mn K\alpha$  e  $MnK\beta$ . Analizzando i picchi possiamo cercare una funzione nota che meglio approssima lo spettro ottenuto



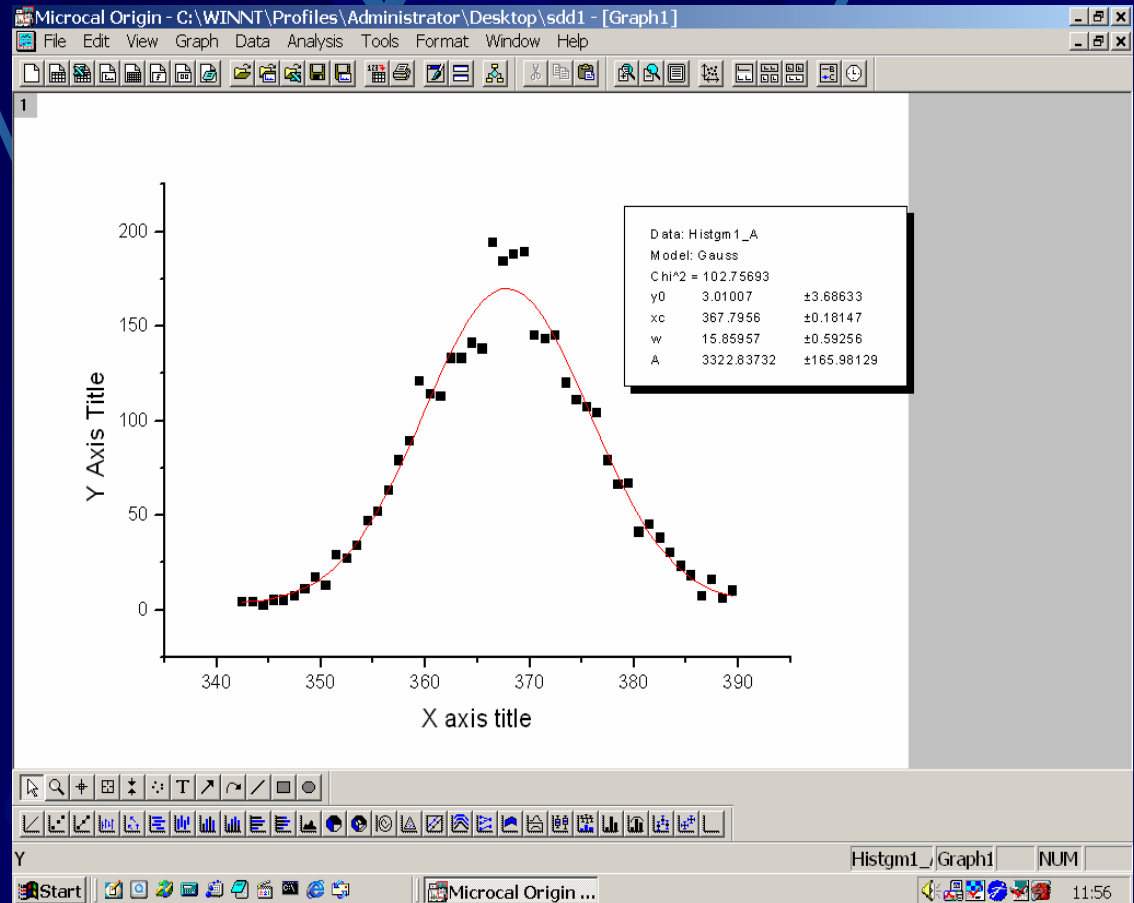
- La posizione del picco indica l'energia dei raggi X
- la larghezza invece determina la risoluzione del rivelatore

# ANALISI DATI

- Effettuando un “fitting”, possiamo affermare che il nostro spettro ottenuto segue da una distribuzione di Gauss, del tipo:.

$$P_g(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

- I parametri della funzione ottenuta sono:  
 $\mu$  = valore medio ( ossia la posizione del picco);  
 $\sigma$  = deviazione standard;  
 $\Gamma = 2,354 \times \sigma$  (risoluzione del rivelatore)



# ANALISI DATI

- I valori numerici corrispondenti sono:

$$\mu = 339.5 \text{ (posizione del picco Mn } K\alpha, \text{ in canali)}$$

$$\sigma = 4.814 \text{ (in canali)}$$

- A questo punto ciò che a noi interessa è quanta energia corrisponde ad ogni canale e si può calcolare nel seguente modo:  
sapendo che l'energia del picco di MnK $\alpha$  è 5.89507 keV

$$\frac{E_{MnK\alpha}}{\text{Canale}} = \frac{5895.07(eV)}{339.5} = 17.3639 \text{ eV/canale}$$

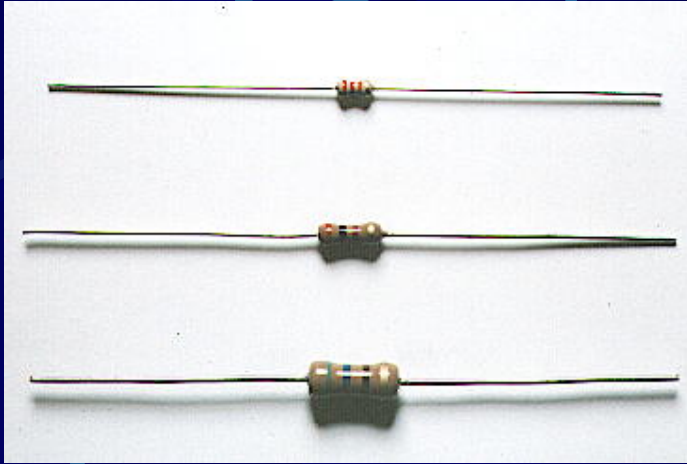
- Avendo tutti i dati a noi necessari con una semplice moltiplicazione siamo giunti al valore della risoluzione del rivelatore:

$$\Gamma = 2,35 \times \sigma = 2,35 \times 4,815 \times 17,3639 = 196,48 \text{ eV}$$

# ESPERIENZE IN LABORATORIO

- Nel corso dello stage per meglio capire alcuni aspetti teorici abbiamo montato dei piccoli circuiti elettrici e verificato sperimentalmente il loro funzionamento, il nostro lavoro in laboratorio possiamo dividerlo come segue:
- Studio dei principali componenti elettronici e strumenti.
- Studio e verifica della legge di Ohm con metodo volt-ampereometrico
- Misura del guadagno di un amplificatore

# ESPERIENZE IN LABORATORIO

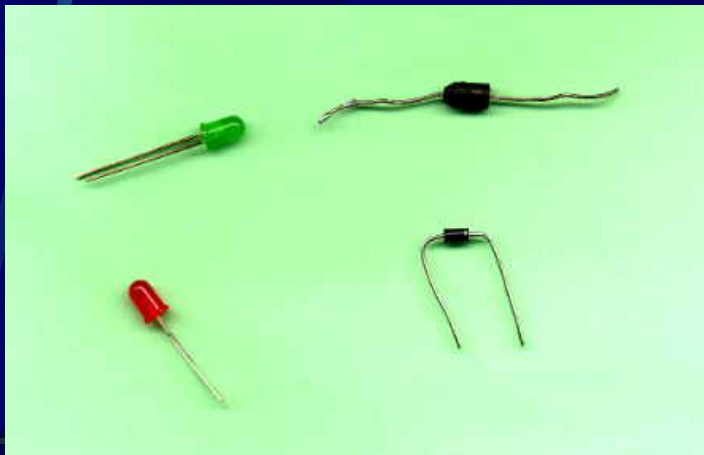


- **I resistori** sono componenti elettronici passivi a due terminali che limitano il passaggio della corrente elettrica in un circuito, la caratteristica I-V è di tipo lineare espressa dalla legge:

$$V = R \cdot I$$

- L'unità di misura della resistenza elettrico è OHM
- **I diodi** sono componenti elettronici a due terminali all'interno vi è una giunzione P-N , la corrente circola solo in un senso la sua caratteristica I-V è di tipo esponenziale:

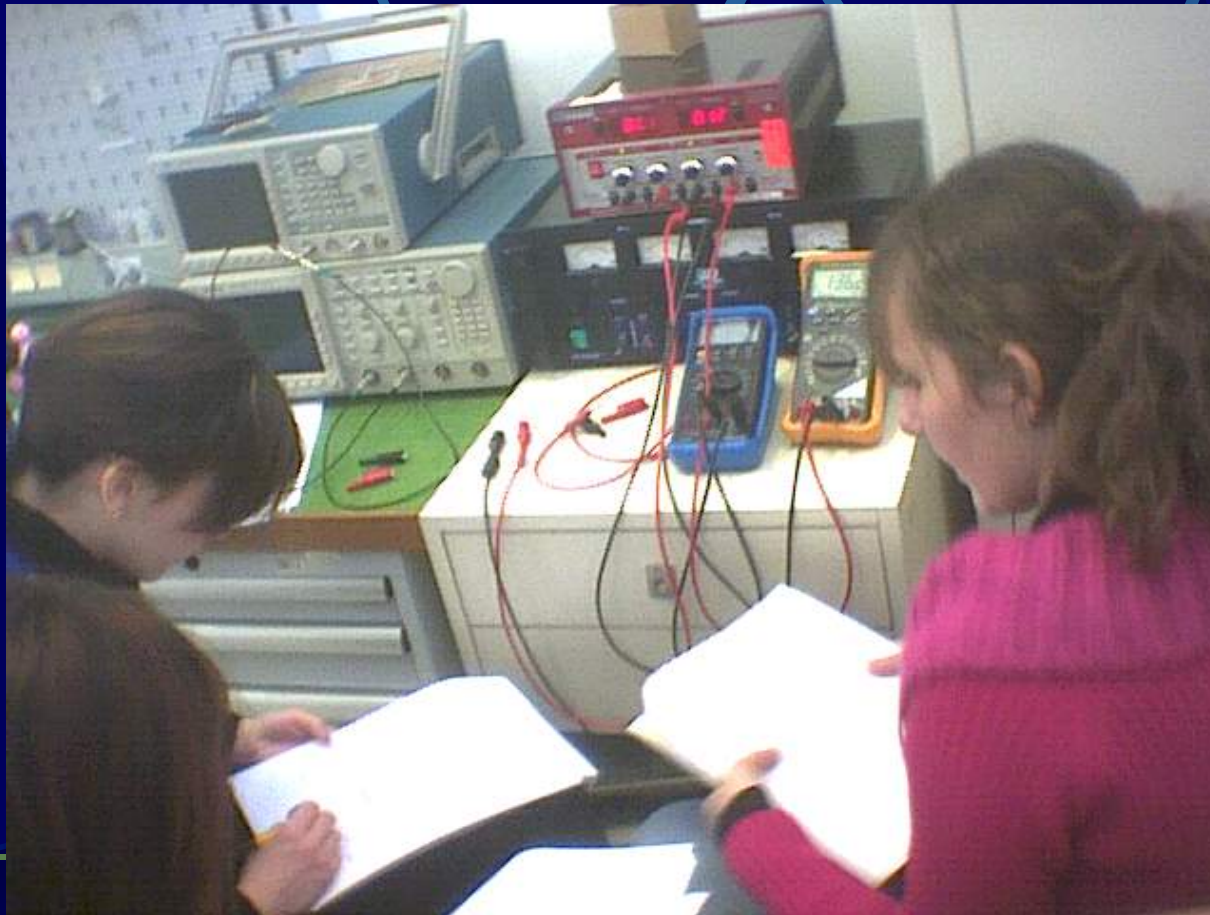
$$I = I_0 \cdot e^{(V/V_g)}$$



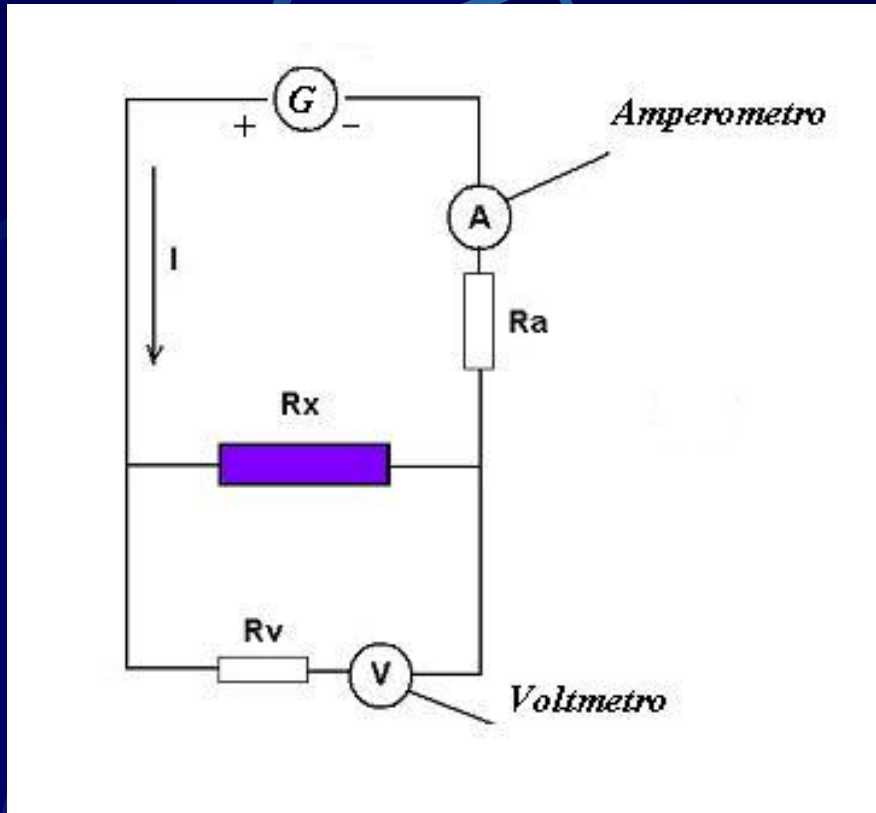


# ESPERIENZE IN LABORATORIO

- la prima esperienza effettuata in laboratorio consiste nella misura del valore di un resistore mediante il metodo volt amperometrico



# ESPERIENZE IN LABORATORIO

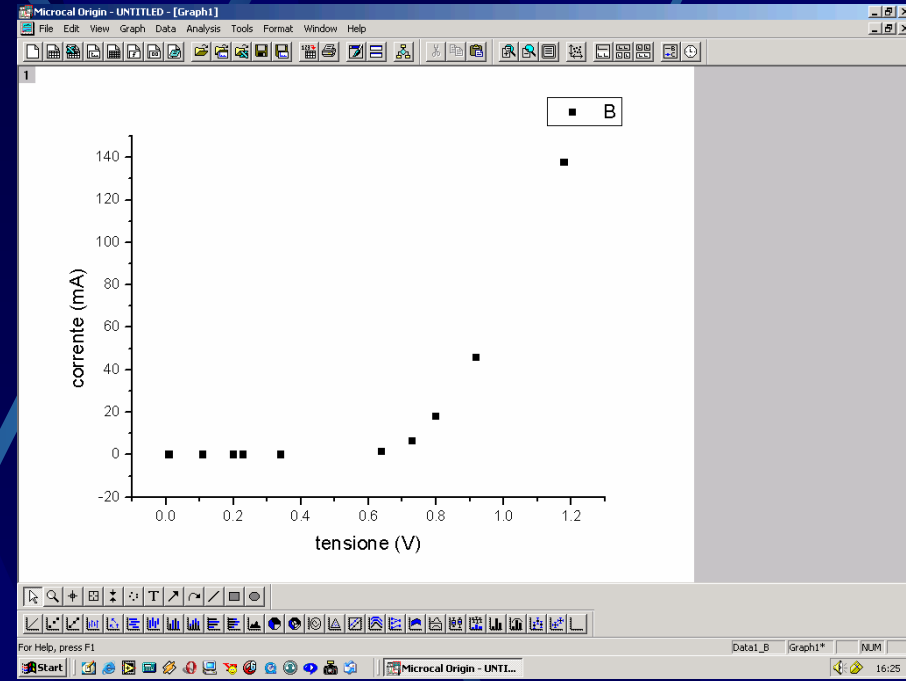
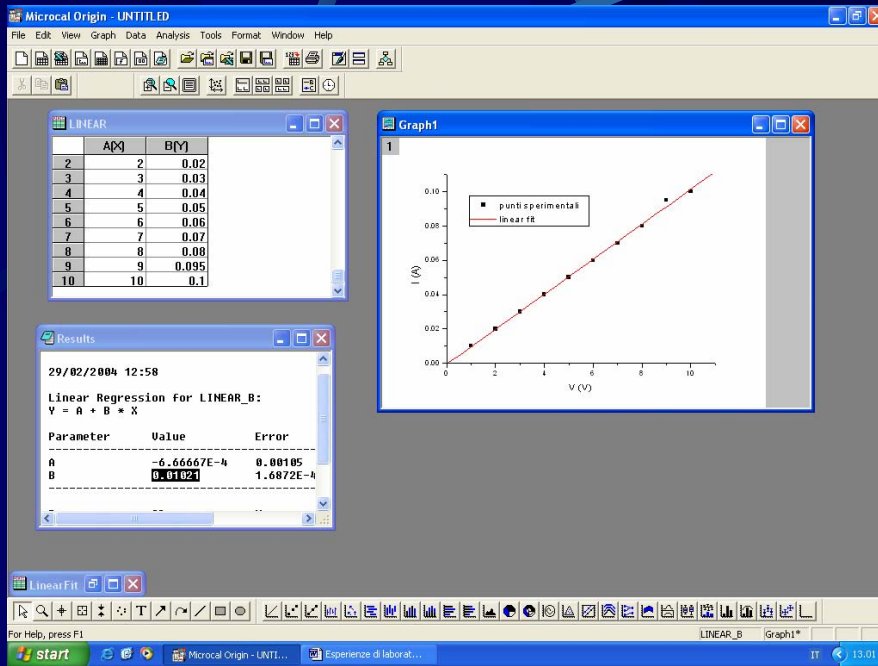


- Il metodo voltamperometrico consiste nella determinazione del valore della resistenza in modo indiretto ovvero misurando la tensione  $V$  e la corrente  $I$  da cui:

$$R = V/I$$

- I valori di  $I$  e  $V$  misurati con multimetri sono stati riportati su un software che ci ha fornito la curva caratteristica della resistenza ovvero una retta

# ESPERIENZE IN LABORATORIO



- Dal coefficiente angolare della retta siamo risaliti al valore della resistenza del valore di **100 OHM**

$$Y = B \cdot X \rightarrow Y = I, X = V$$

$$V = R \cdot I \rightarrow R = 1/B \rightarrow B = 0.01$$

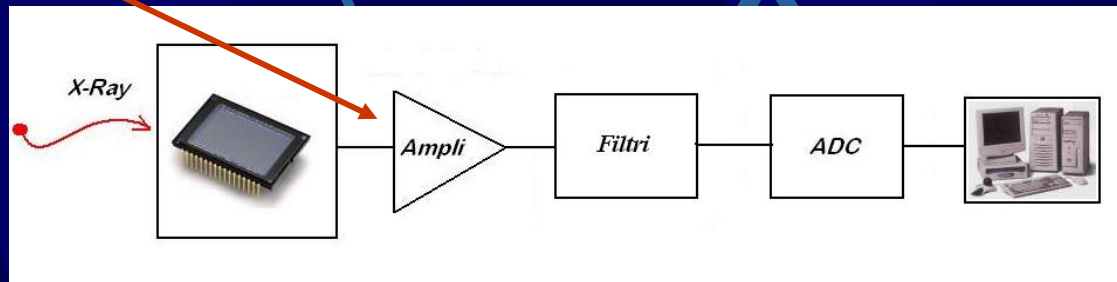
$$R = 100 \text{ OHM}$$

- Analoga analisi è stata effettuata per il diodo in polarizzazione diretta e abbiamo verificato che il suo andamento è del tipo esponenziale:

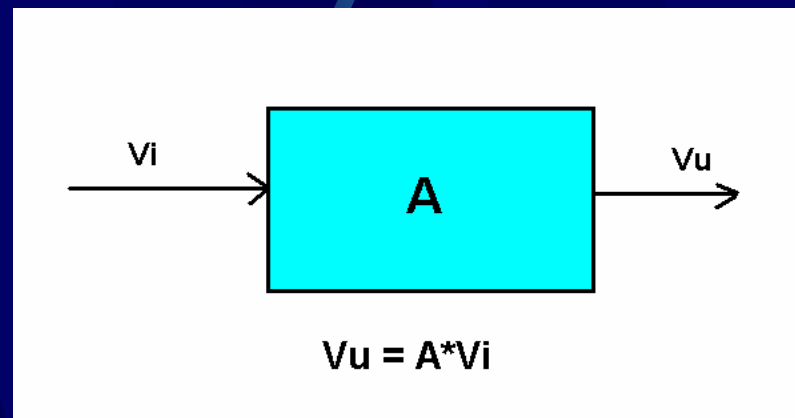
$$I = I_0 \cdot e^{(V/V_g)}$$

# ESPERIENZE IN LABORATORIO

- Successivamente abbiamo studiato sperimentalmente anche il funzionamento di un amplificatore elemento fondamentale nella catena d'acquisizione del segnale



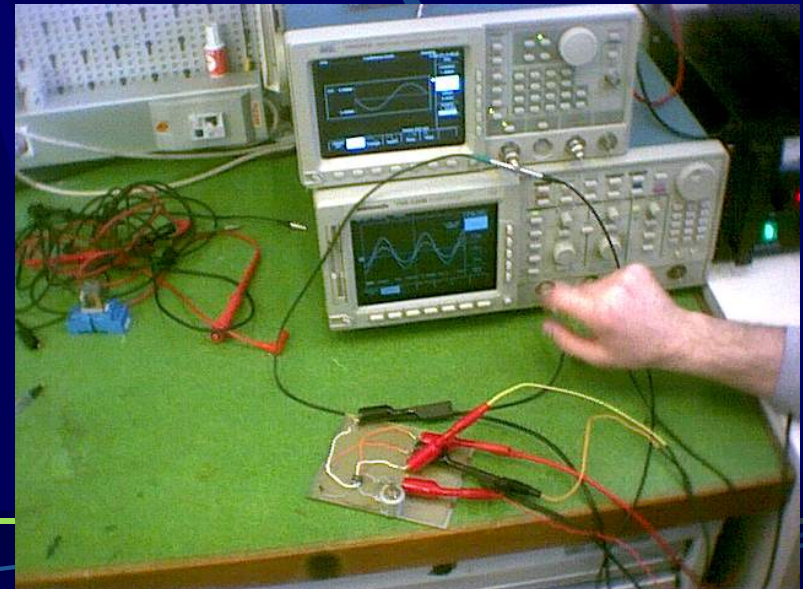
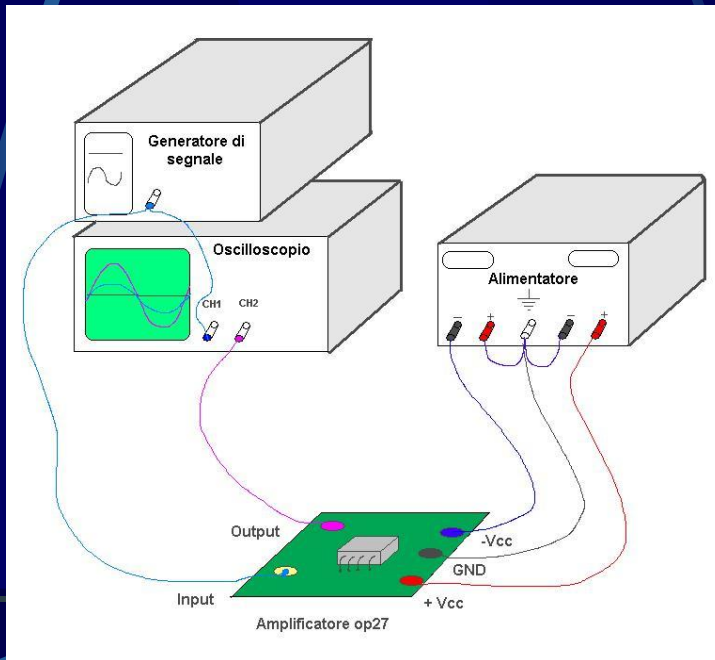
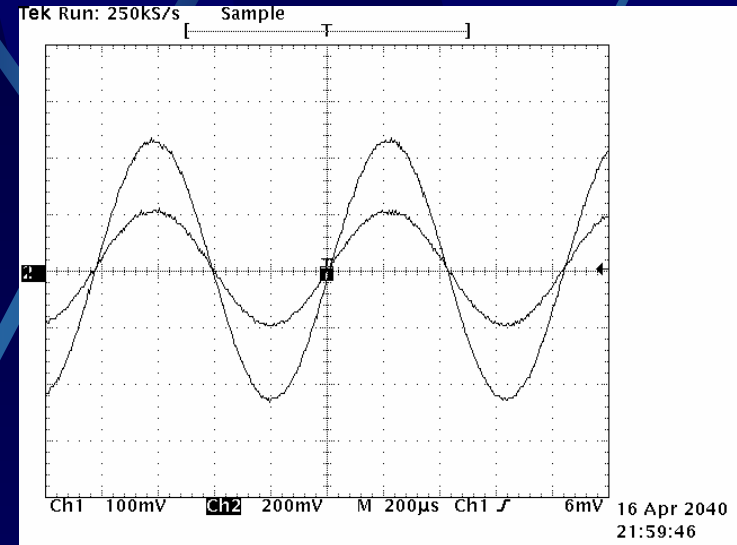
- L'amplificatore è un dispositivo elettronico che "amplifica" il segnale in ingresso di un determinato fattore chiamato guadagno dell'amplificatore "A"



# ESPERIENZE IN LABORATORIO

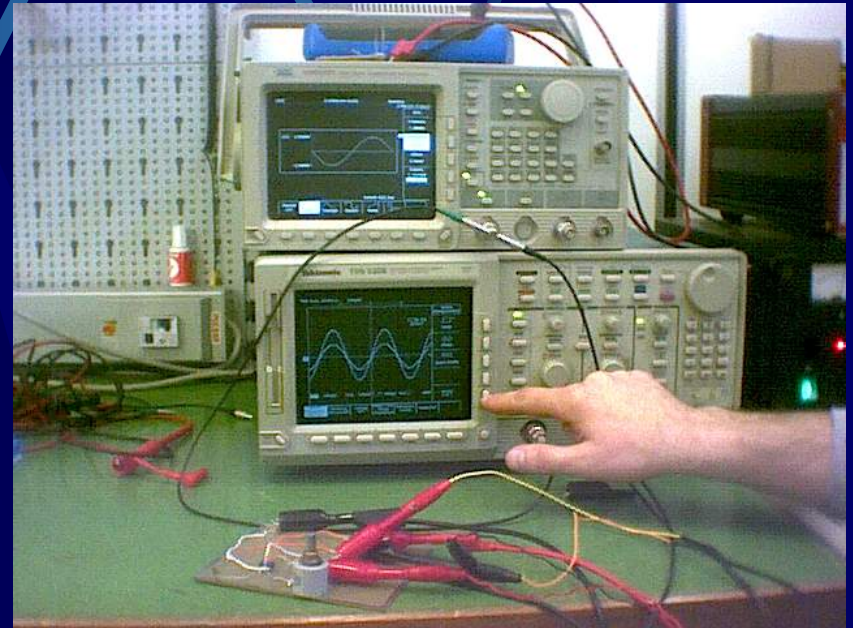
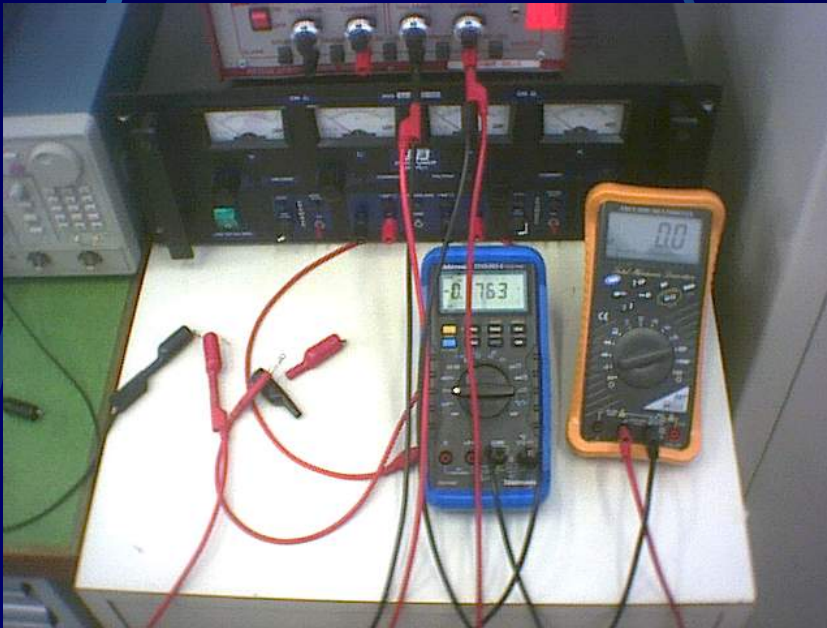
- Nell' amplificatore preso in esame il guadagno  $A = 2$  infatti con un ingresso di 2 volt in uscita con l'oscilloscopio abbiamo misurato 4 volt

$$A = V_u/V_i \rightarrow A = 2$$



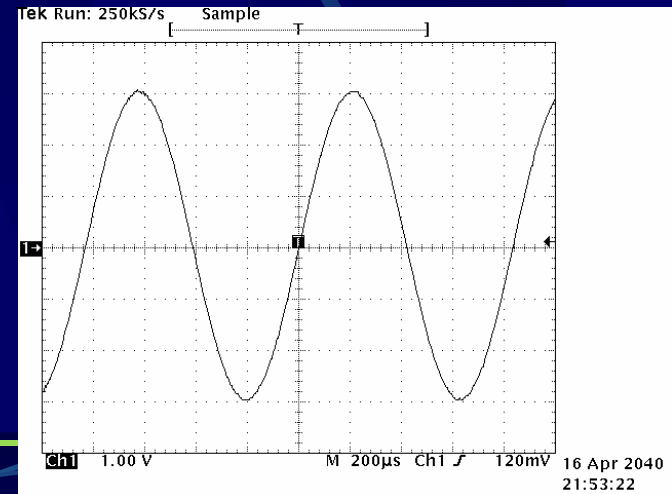
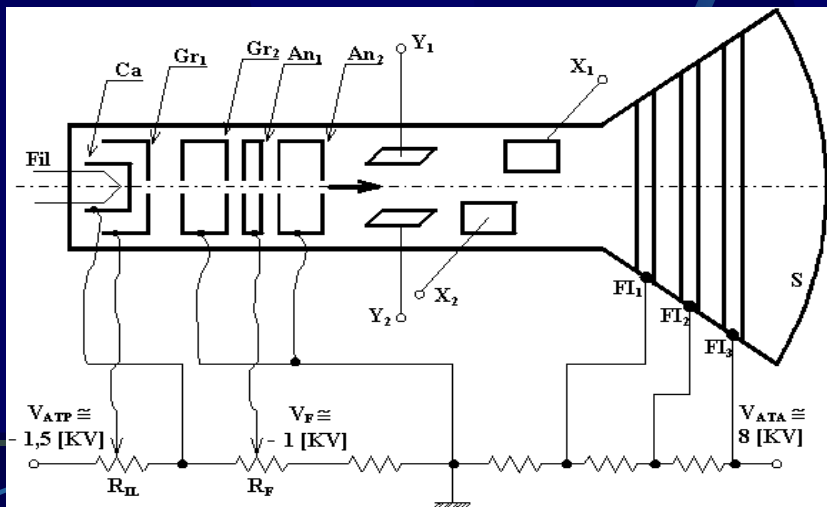
# STRUMENTI DI MISURA

- I principali strumenti di misura utilizzati nelle nostre esperienze di laboratorio sono stati:
- **IL MULTIMETRO DIGITALE**
- **L' OSCILLOSCOPIO**



# STRUMENTI DI MISURA

- **MULTIMETRO DIGITALE:** Il multimetro digitale è uno strumento essenziale con il quale possono essere misurati i fondamentali parametri elettrici come: **la resistenza elettrica, la tensione e la corrente**, alcuni permettono anche di misurare la tensione di innesco dei diodi e il valore della **capacità** dei condensatori. quelli che abbiamo utilizzato noi permettono di visualizzare il valore del parametro con una precisione di 5 digit
- **L' OSCILLOSCOPIO:** è uno strumento che ci permette di misurare oltre el valore della corrente elettrica e della tensine in un circuito , anche la forma d'onda e la frequenza di un segnale, si basa sul principio di funzionamento del tubo a raggi catotitci



# CONVERTITORI ADC E DAC

- Principio di funzionamento ADC e DAC
- Prova di un ADC in laboratorio

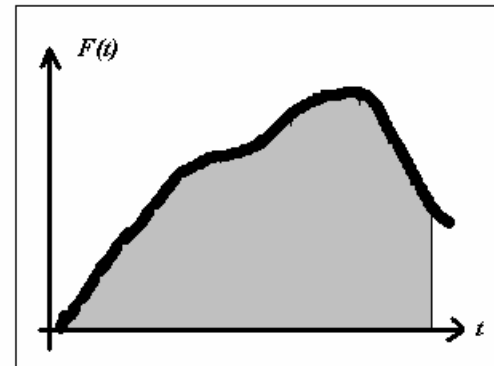
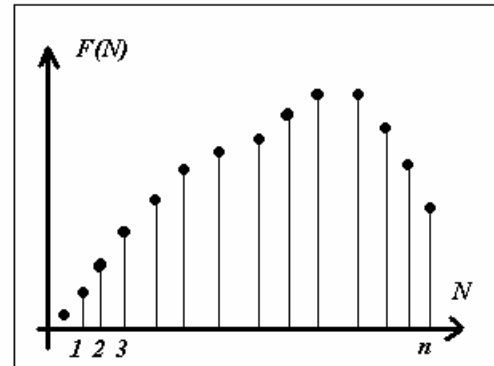


# CONVERTITORI ADC E DAC

- Tratteremo ora un tema fondamentale nell'ambito della scienza delle misure: quello dei dispositivi di conversione analogico-digitale (A/D) e digitale-analogica (D/A) che costituiscono gli elementi indispensabili, e spesso più critici, di tutti gli apparati di misura basati sulla elaborazione in forma numerica dei segnali. In quanto questi tipi di strumenti rappresentano già oggi una rilevante parte della strumentazione disponibile sul mercato, e la prospettiva futura li vede certamente affermarsi sulla strumentazione analogica, è necessario approfondire le conoscenze relative ai principi e alle tecniche della conversione analogico-digitale (e digitale-analogica).
- Prima di entrare più nel dettaglio, dobbiamo fare un po' di chiarezza su cosa significa segnale analogico e digitale:

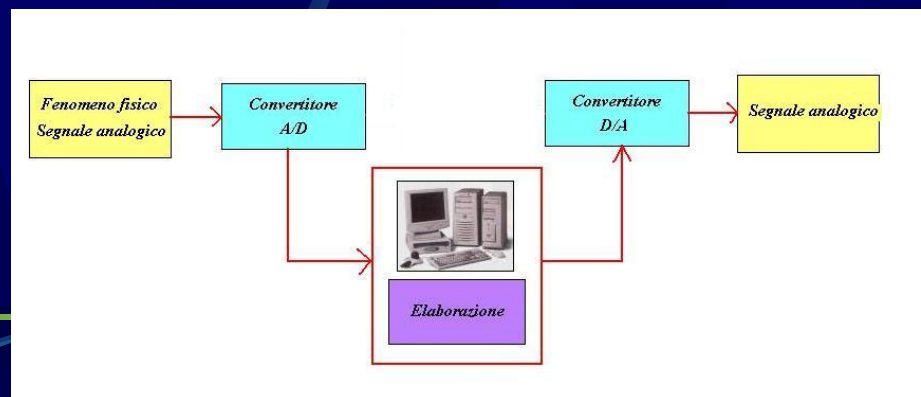
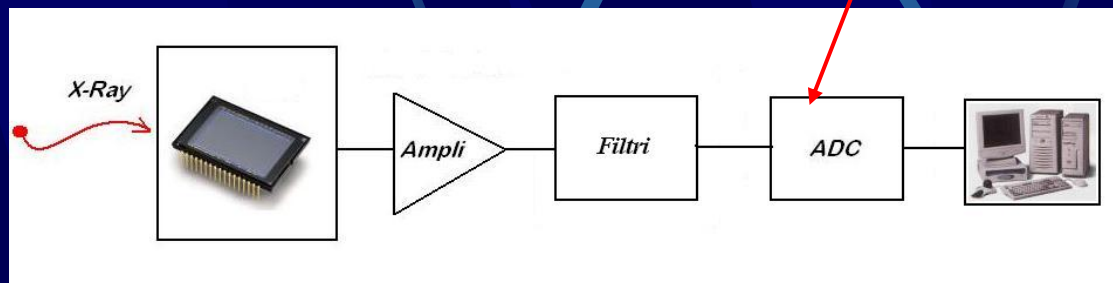
# CONVERTITORI ADC E DAC

- La notazione  $f[n]$  indica una sequenza di numeri reali, definita per ogni intero  $n$ . La sequenza  $f[n]$  prenderà il nome di segnale discreto o digitale.
- Invece, con "segnale analogico" o "continuo", indichiamo una funzione  $f[t]$ , definita per ogni numero reale  $t$ .



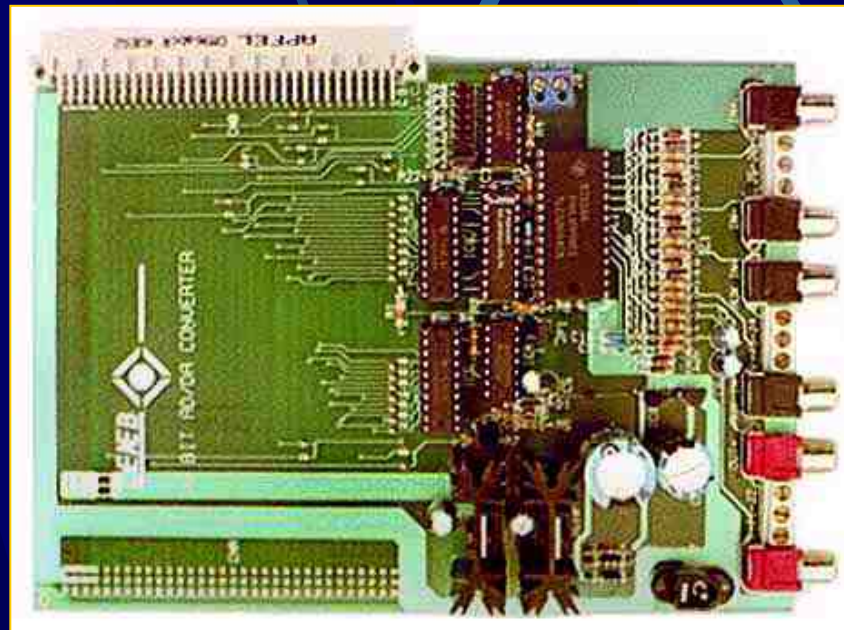
# CONVERTITORI ADC E DAC

- I segnali che nascono dalla maggior parte dei fenomeni fisici sono tipicamente variabili con continuità sia nel tempo che nelle ampiezze. Affinché questi segnali possano essere elaborati dai sistemi digitali risultano necessarie opportune operazioni di **conversione**.
- Tali trasformazioni vengono effettuate dal : convertitore analogico/digitale (*Analog to Digital Converter, ADC*) e il convertitore digitale/analogico (*Digital to Analog Converter, DAC*).



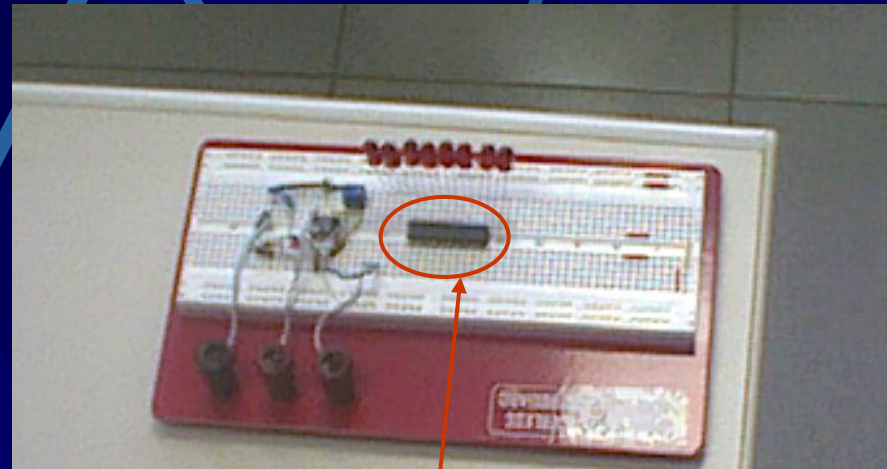
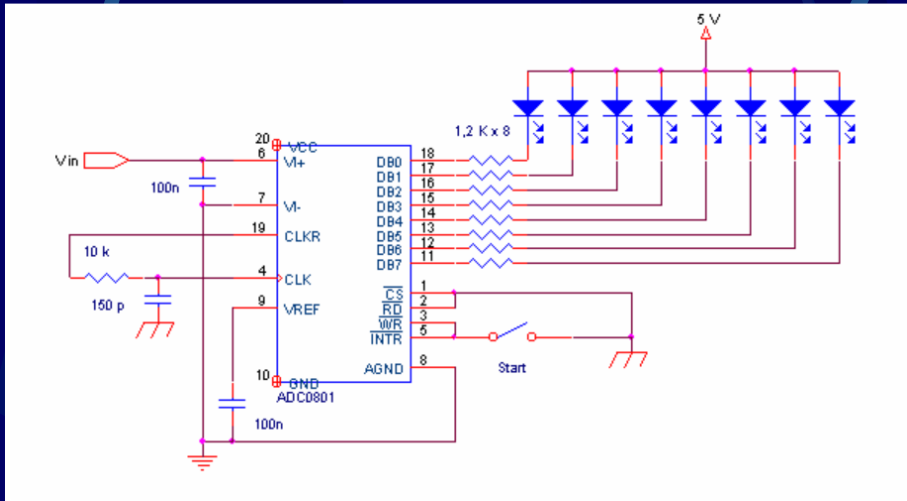
# CONVERTITORI ADC E DAC

- I vantaggi tipici nella rappresentazione dei segnali in forma digitale quindi numerica sono:
  - limitata sensibilità ai disturbi e alle interferenze
  - Facilità di trasmissione
  - Ampie facoltà di *signal processing*



# CONVERTITORI ADC E DAC

- In laboratorio abbiamo montato un circuito con un convertitore ADC che convertisse il segnale analogico in un segnale binario che viene letto attraverso dei diodi, in particolare il segnale analogico di ingresso variava tra 0 - 5 V e in uscita leggevamo 8 bit quindi otto led



ADC 0801

# CONSIDERAZIONI FINALI

- Dovendo fare un bilancio di questa esperienza riteniamo di poter dire che è stato un momento vero di formazione intesa come miglioramento ed ampliamento di conoscenze, svolta da professionisti che con il loro modo di guidarci in questa realtà di ricerca e di fornirci di volta in volta gli strumenti e le conoscenze necessarie ci hanno anche fatto prendere coscienza dell'importanza dell'aspetto della professionalità intesa come possesso di conoscenze teoriche aggiornate, possesso di abilità tecniche o manuali, possesso di capacità comunicative e relazionali.