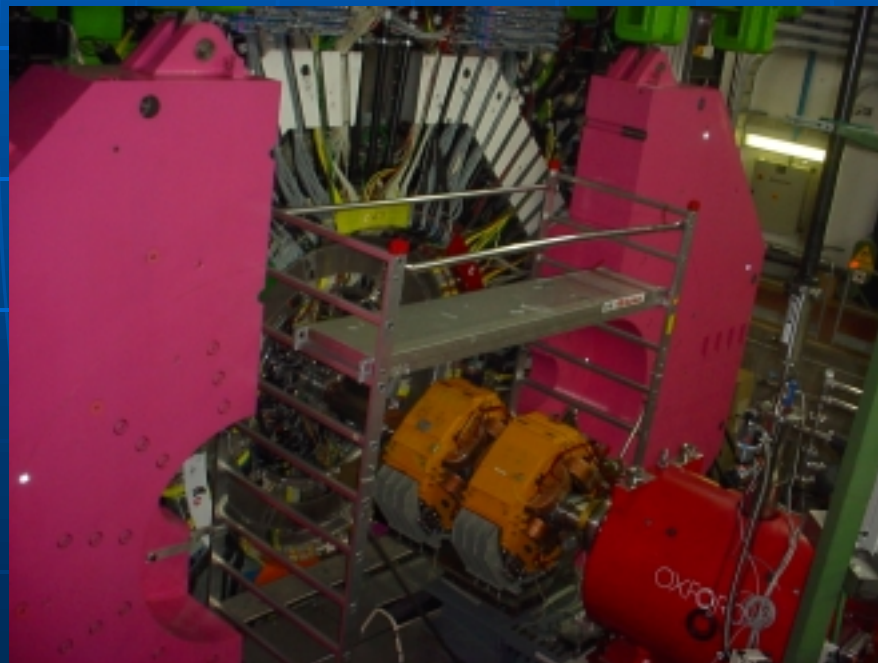


Fi.Nu.Da

Rilevamento e studio dei raggi cosmici



16-07-2003

Realizzato da Giovanni Angelini

Informazioni generali

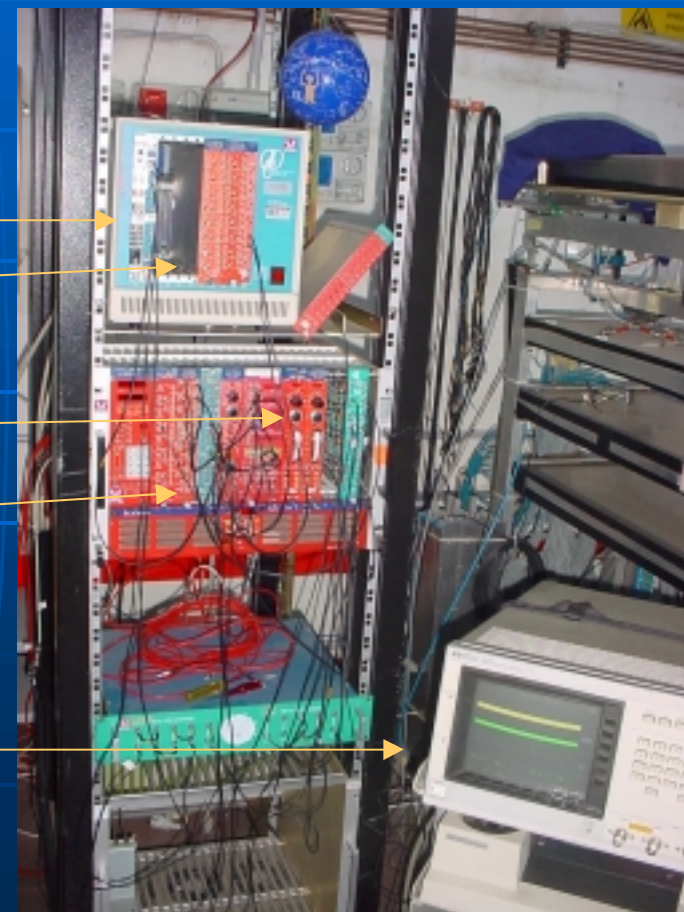
- Laboratorio:Astra
- Tutors: Passamonti Luciano
Pierluigi Daniele
- Altri Stagisti ad Astra: Martinelli Marina
Molinari Diego
Pedretti Leonardo
Perfetto Livia

Obbiettivi

- Studio dell'elettronica
 - Studio dei sistemi utilizzati per il rilevamento dei raggi cosmici
- Studio della velocità dei raggi cosmici

Strumentazione utilizzata

- Scintillatore
- Fotomoltiplicatore
- TDC
- Camac
- Alimentatore
- Discriminatore
- Pc
- Oscilloscopio



Presentazione

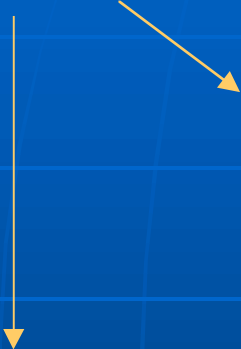
Fi.Nu.Da:Fisica Nucleare @ Daφne



Daφne è l'acceleratore di
particelle dell' I.N.F.N.
di Frascati.

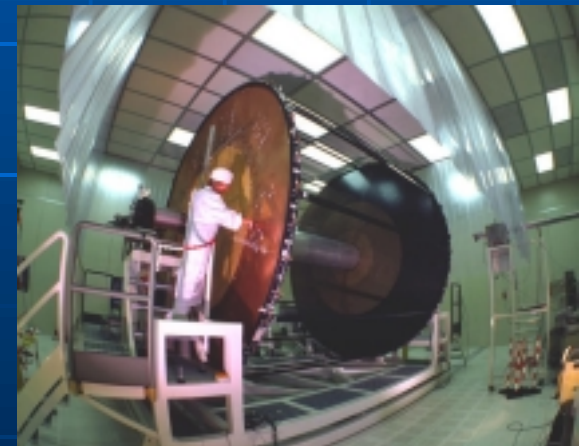
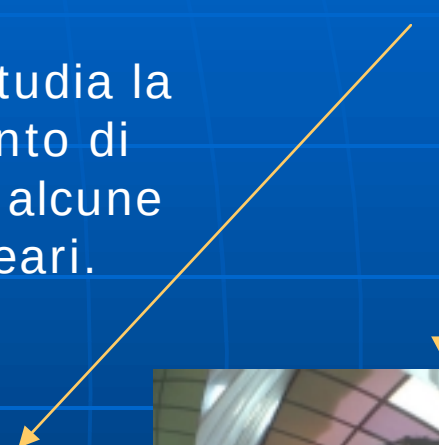
Fi.Nu.Da.& Kloe !

Fi.Nu.Da



L'esperimento Fi.Nu.Da studia la formazione e il decadimento di IPERNUCLEI, per studiare alcune proprietà delle forze nucleari.

Kloe



Kloe osserva i decadimenti dei mesoni K prodotti da Daφne, per capire perché materia ed antimateria si comportano diversamente.

Stages Estivo

ASTRA



Studio e Rilevamento di Raggi
Cosmici

Studio delle basi di
elettronica per capire i
strumenti utilizzati

Introduzione all'elettronica

- Cos'è l'elettricità?
- Cos'è un circuito?
- Da cosa è composto un circuito?
 - Come funzionano i principali componenti di un circuito?

Corrente elettrica

La corrente elettrica è una speciale forma di energia.

Quando si ha un movimento ordinato di cariche che, globalmente, si spostano da una posizione a un'altra si usa dire che fra le due posizioni si è avuto un passaggio di "corrente elettrica"



Definizione: Considerato una sbarretta(o un filo,ecc..) di materiale conduttore internamente al quale si abbia un movimento ordinato di cariche, si definisce la *corrente elettrica* I che passa nel conduttore $I = \Delta Q / \Delta t$

Come il rapporto fra la carica ΔQ che fluisce nel tempo Δt attraverso una sezione S del conduttore e l'intervallo stesso.

Un oggetto indeformabile all'interno del quale vi sono elettroni (cariche elettriche negative) liberi di muoversi.



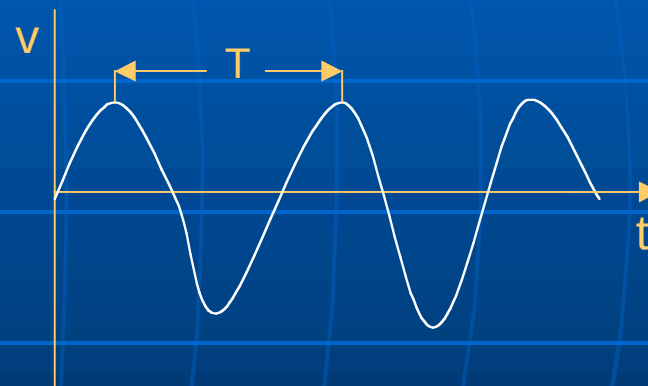
Corrente Continua & Alternata

Esiste una distinzione tra corrente continua e alternata

Quando il movimento di scorrimento degli elettroni in un circuito[che vedremo tra poco] avviene sempre nello stesso senso si ha la corrente denominata **corrente continua**.



Quando, il verso di circolazione della corrente lungo il circuito cambia alternativamente di senso ad intervalli regolari, la corrente prende il nome di **corrente alternata**



Il tempo ,espresso in secondi, impiegato dagli elettroni per compiere una inversione completa, nel senso di movimento, si chiama **periodo**(indicato con **T**); il numero di periodi al secondo si chiama **frequenza** (ν) si misura con l'unità denominata **hertz** (indicata con **Hz**).

Negli impianti cittadini, in Italia, la frequenza della corrente alternata è di 50 periodi al secondo(50 Hz), mentre in America 60Hz.

Corrente elettrica

In cosa si misura?

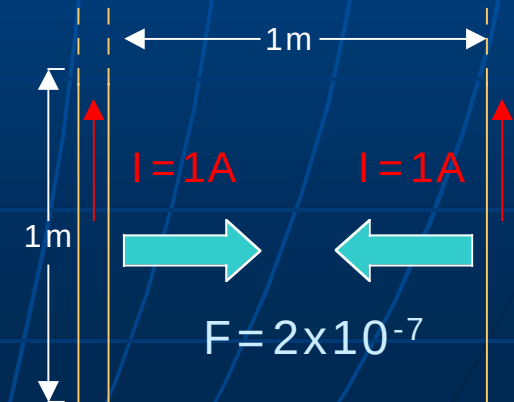
Ampère (A), pari a un Coulomb per secondo

Carica che attraversa in un secondo un conduttore percorso dalla corrente di un Ampère

IMPORTANTE:

La somma algebrica delle cariche elettriche si mantiene costante nel tempo [Legge di conservazione della carica]

→ Anche se la definizione legale dell'Ampère è: l'intensità di corrente che, mantenuta costante in due conduttori rettilinei, paralleli, di lunghezza tendente ad infinito, di sezione circolare trascurabile sospesi nello spazio vuoto e posti ad 1 metro uno dall'altro, produce fra i conduttori stessi, una forza di 2×10^{-7} per ogni metro di conduttore



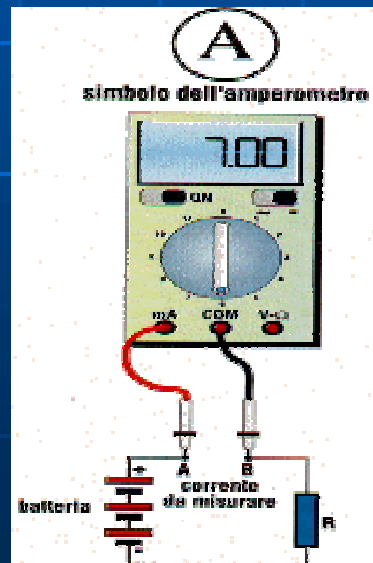
Corrente elettrica

Con cosa si misura?

AMPEROMETRO

Viene collegato sul
conduttore percorso da
corrente

Caratterizzati da una bassa
resistenza interna dal momento
che devono essere inseriti in
serie nel circuito.



Tensione

La tensione è la differenza di potenziale elettrico

Il Potenziale(V) in un punto di un campo elettrico è il rapporto fra l'energia potenziale di una carica P (Q) posta nel punto considerato e la carica Q stessa:

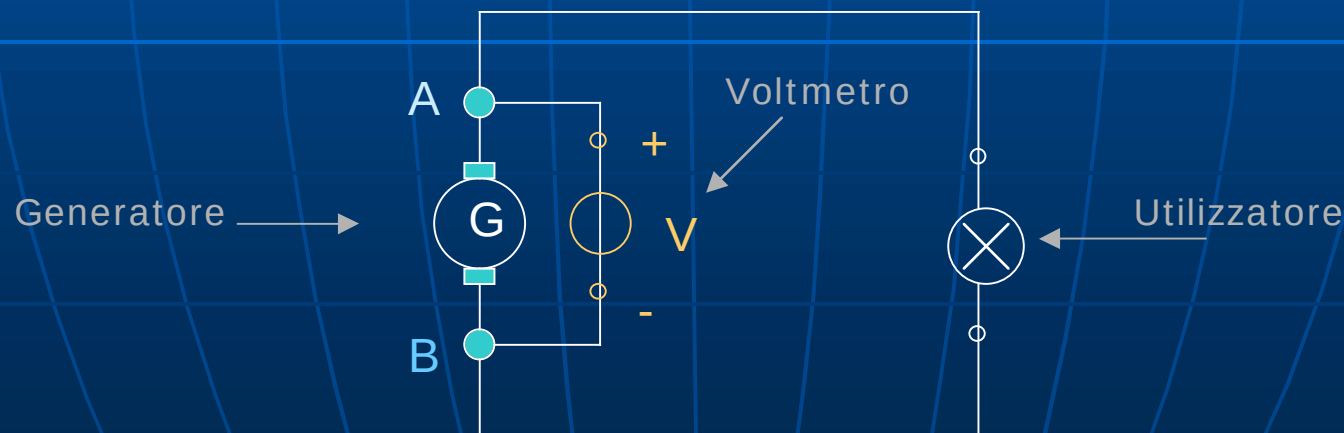
$$V = P / Q$$

In cosa si misura?

La tensione si misura in Volt
definito come Joule/coulomb

Con cosa si misura?

Lo strumento che misura la differenza di potenziale si chiama voltmetro: esso viene collegato fra i due punti A e B fra cui si vuol misurare la differenza di potenziale, ossia come suol dirsi, in parallelo



Il circuito elettrico

I circuiti elettrici si compongono essenzialmente di tre parti:

- I generatori → Hanno il compito di trasformare in energia elettrica una qualunque fonte di energia
- Gli utilizzatori → Trasformano l'energia elettrica fornita loro, in energia di tipo diverso
- I conduttori



Permettono di collegare tra loro i generatori

IMPORTANTE:

Il verso della corrente elettrica nei circuiti (cioè il senso di scorrimento degli elettroni lungo i conduttori) si ammette avvenga per *convenzione*, dal potenziale + verso il potenziale -.

Gli Utilizzatori

Gli utilizzatori si dividono in componenti
attivi e passivi.

Hanno il compito di elaborazione
o amplificazione

Sono i diodi, i transistor, i circuiti
integrati, ecc..

Sono le resistenze (o resistori),
i condensatori (o capacità) e le
induttanze (o induttori)

La resistenza

Simbolo



Lettera

R

Unità di misura

Ohm

Ω

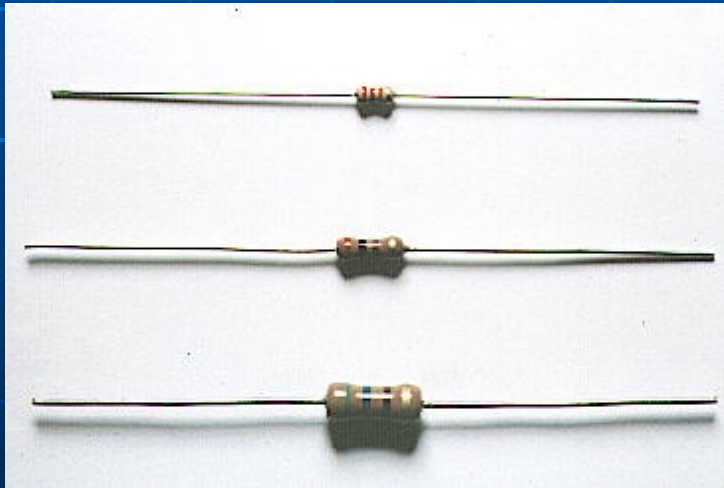
La resistenza è la capacità di un corpo di opporsi al passaggio della carica

I **resistori** sono dispositivi impiegati nei circuiti elettrici reali che riproducono un particolare valore di resistenza.

La resistenza

In commercio possiamo trovare vari tipi di resistenza, che sostanzialmente possiamo dividere in 2 categorie: resistori a *resistenza costante* e resistori a *resistenza variabile*

Una resistenza R quando è attraversata da una corrente elettrica I , provoca una caduta di tensione e anche un effetto chiamato effetto Joule.



Quando una corrente I attraversa una resistenza R si ha il riscaldamento di questa ultima. E' l'effetto Joule.

La quantità di energia E (espressa in *Joule*) dissipata in calore nel tempo t (espresso in *secondi*) dipende dal quadrato della corrente I . Nei componenti elettrici, se la corrente supera il limite previsto, l'effetto Joule crea surriscaldamento e deterioramento dell'isolante.

La resistenza

Caduta di tensione della resistenza.

Il valore della tensione misurata alla fine di una linea percorsa da corrente, è sempre inferiore al valore della tensione applicata all'inizio della linea. La differenza tra due valori dà la **caduta di tensione** in linea. Per calcolarla si ricorre alla formula della legge di Ohm.

Resistenza di un resistore

$$R = \rho l / S$$

ρ : indica la resistività del conduttore, che varia da materiale a materiale

l : la lunghezza del conduttore in metri

S : la sezione del conduttore espressa in mm²



$$V = R I$$

Che afferma: *“il valore della tensione (v) applicata ad un circuito elettrico è dato dal prodotto della resistenza (R) per l'intensità (I) che lo percorre”*

Da cui:

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

La resistenza

Resistori in serie e in parallelo

Due o più resistori sono collegati in serie quando sono percorsi dalla stessa corrente

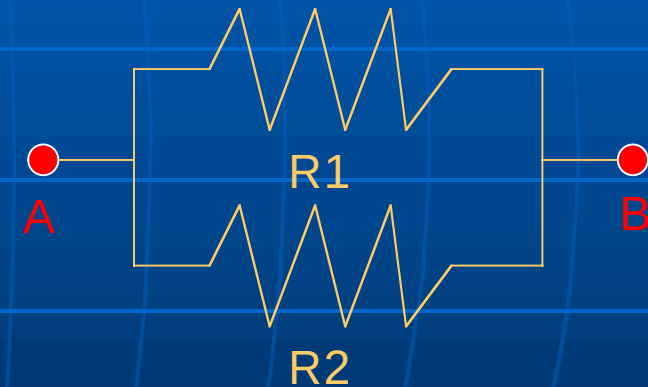


Tale tipo di collegamento è richiesto quando si vogliono ottenere tensioni inferiori a quella di alimentazione del circuito. Per calcolare la resistenza totale dei due resistori, vista dai morsetti **A e B**, cioè **RT**, si usa la seguente formula:

$$RT = R1 + R2$$

Se vi sono **n** resistori:
 $RT = R1 + R2 + \dots + Rn$

Due o più resistori sono collegati in parallelo quando i rispettivi morsetti sono collegati l'uno con l'altro in modo che la tensione applicata sia la stessa



Per calcolare la resistenza totale con **n** resistori si usa la seguente formula :

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{Rn}}$$

La resistenza

Valore ohmico di una resistenza

NOMINALE

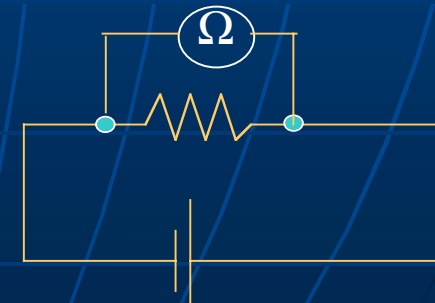
E' il valore indicato sul resistore per mezzo di bande colorate



MISURATO

E' il valore misurato con l'ohmmetro.

Strumento che misura in Ω la resistenza di un componente. Per la legge di Ohm, ai capi del componente si manifesta una tensione direttamente proporzionale alla sua resistenza, mentre la corrente che lo attraversa è inversamente proporzionale



La resistenza

Valore nominale di un resistore

COLORE	BANDE 1, 2, (3)	MOLTIPLICATORE	TOLLERANZA	COEFF TEMP
NERO	0	0		200 ppm/°K
MARRONE	1	1	1%	100 ppm/°K
ROSSO	2	2	2%	50 ppm/°K
ARANCIO	3	3		25 ppm/°K
GIALLO	4	4		15 ppm/°K
VERDE	5	5		
BLU	6	6		10 ppm/°K
VIOLA	7	7		5 ppm/°K
GRIGIO	8	8		1 ppm/°K
BIANCO	9	9		
ORO		-1	5%	
ARGENTO		-2	10%	
SENZA COLORE			20%	

L'induttanza

Simbolo



Lettera

L

Unità di misura

Henry
H

Per induttanza si indica la proprietà elettromagnetica di una bobina. Dipende dalla forma e dalle sue dimensioni geometriche oltre che dalla permeabilità magnetica del mezzo.

E' formata da un certo numero di spire e a volte da un nucleo

L'induttanza

In cosa si misura?



Per indicare l'induttanza di una bobina si usa l'henry (H). Si dice che l'induttanza di una bobina è di 1 henry quando con una variazione di corrente di 1 ampère in un secondo si ha l'induzione di una tensione di 1 volt nella bobina.

A cosa serve?



E' un impedimento alla corrente alternata. Quest'opposizione tende ad aumentare se deve ostacolare una corrente ad alta frequenza. In tal senso vale la relazione:

$$\underline{L} = XL$$

Dove con $\underline{L}$ si indicata velocità angolare degli elettroni ($=2\pi\nu$, ν è la frequenza). XL è l'impedenza in corrente alternata.

L'induttanza

I dispositivi che realizzano valori concentrati elevati d'induttanza sono chiamati induttori

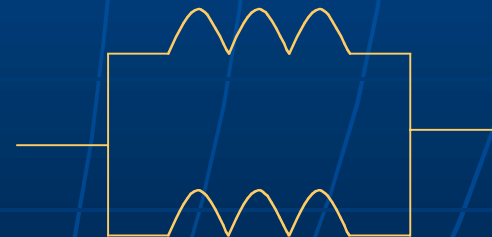
IN SERIE

L' induttanza complessiva risulta la somma delle singole induttanze



IN PARALLELO

L'inverso dell'induttanza complessiva è pari alla somma degli inversi delle singole induttanze



Il condensatore

Simbolo



Lettera

C

Unità di misura

Farad

F

In termini generali tutte le volte che due parti di materiale **conduttore**, chiamate **armature**, vengono a trovarsi vicine e separate da materiale **isolante**, si ha un **condensatore**. Le cariche presenti all'interno di un **armatura** attraggono le cariche di segno opposto presenti nell'altra **armatura**, ma non possono incontrarle a causa dell'**isolante**



Il condensatore

Capacità di un condensatore

Il condensatore è caratterizzato da una **capacità (C)**, che si misura in **farad (F)**.

La quantità di carica **Q** misurata in *coulomb* e immagazzinata da un condensatore è uguale a:

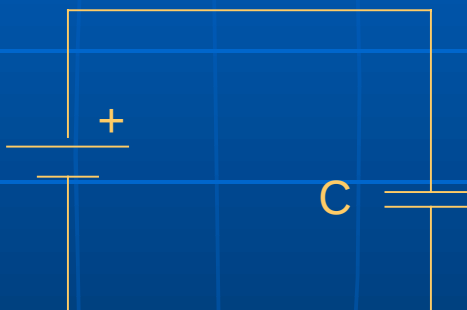
$$Q = C V$$

dove **V** è la tensione applicata alle armature.

Il condensatore

Condensatore in corrente continua

La situazione descritta si crea quando colleghiamo un'*armatura* al potenziale positivo e l'altra al potenziale negativo di un generatore di tensione continua. In questo modo il condensatore funge da **accumulatore di cariche elettriche**

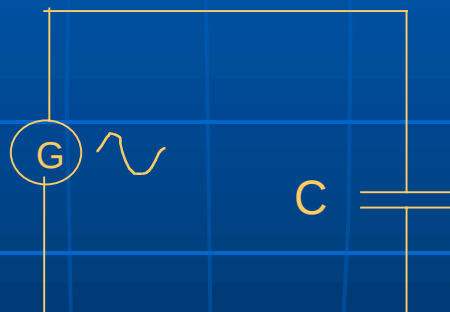


Nel circuito, dopo la carica del condensatore in tempi normalmente brevissimi, non circola corrente. Infatti il circuito risulta interrotto dall'isolante del condensatore. Dunque la funzione del condensatore è quella di bloccare la corrente continua.

Il condensatore

Il condensatore in corrente alternata

Il condensatore in corrente alternata ha un comportamento diverso: si comporta da filtro, facendo passare le **frequenze** alte e bloccando le basse (compresa la corrente continua che consideriamo a frequenza zero).



L'effetto è graduale, nel senso che man mano che la frequenza aumenta, più corrente riesce a passare attraverso il condensatore a parità di tensione alternata applicata

Il diodo

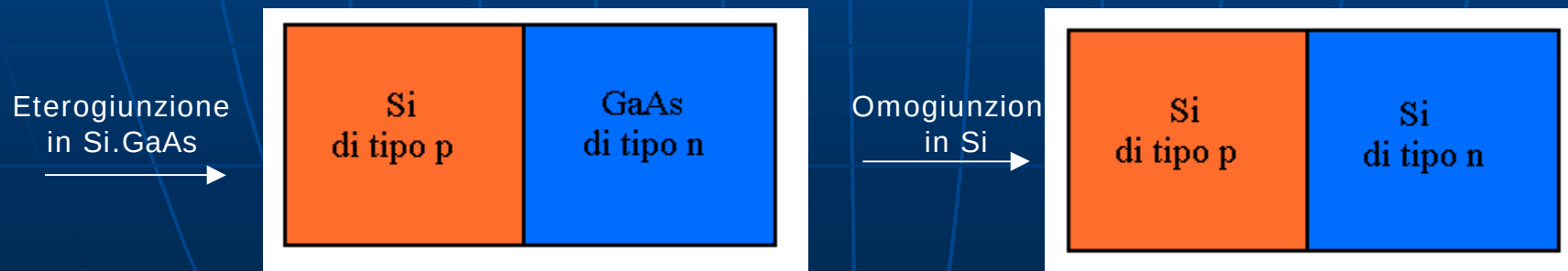
Componente elettronico a due terminali (anodo e catodo), che permette il passaggio di corrente in una sola direzione



I diodi (un tempo tubi a vuoto o a gas) sono oggi dispositivi a semiconduttore costituiti da un piccolo cristallo, generalmente silicio, in cui due regioni a drogaggio opposto definiscono una giunzione *p-n*.

Nel diodo in cui è presente una omogiunzione *p-n*, vengono messi a contatto due semiconduttori dello stesso materiale: uno drogato di tipo *p* (cioè composto di atomi accettori, che tendono a catturare elettroni liberi) e l'altro di tipo *n* (cioè composto di atomi donatori che cedono elettroni).

Nel diodo in cui è presente un'eterogiunzione *p-n*, i semiconduttori sono di tipo diverso.



Il diodo

In questo modo si vengono a creare dei luoghi in cui vi è una concentrazione di elettroni liberi, mentre nell'altra regione vi è una concentrazione di lacune.

A causa della differenza di cariche nasce spontaneo un flusso di elettroni che va dalla regione di tipo n a quella di tipo p.

Inoltre per la presenza di una forte differenza di concentrazione di carica, nascono due correnti di diffusione: una di elettroni verso la regione p e una di lacune verso la regione n.

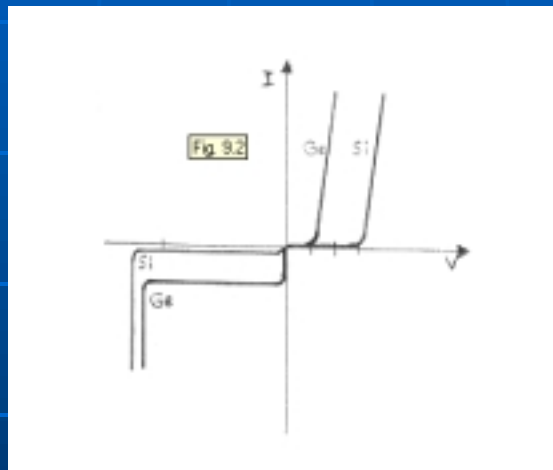
Nel luogo della giunzione si crea una regione di carica spaziale che sostiene un campo elettrico diretto dalla carica positiva a quella negativa. Il campo crea alla fine un equilibrio dinamico, in cui, per una fissata temperatura ed in assenza di un qualunque campo elettrico applicato dall'esterno il flusso resta nullo.

In caso poi di un campo elettrico applicato, se la polarizzazione è diretta il campo accelera gli elettroni dalla regione n a quella p e le lacune da quella p a quella n. Per questo elevato movimento di elettroni e lacune si crea un campo che dà origine ad una corrente elevata. Se invece la polarizzazione è inversa il campo spinge gli elettroni dalla regione p (dove ce ne sono pochissimi) a quella n e le lacune dalla regione n (dove ce ne sono pochissimi) a quella p. Per questo gli elettroni e le lacune in movimento sono molto pochi e la corrente è minima.

Il diodo

Poiché il diodo lascia passare solo la parte di corrente che circola in un senso e non nell'altro, viene usato per raddrizzare la corrente alternata degli impianti elettrici (che scorre periodicamente in un senso e nell'altro del circuito) trasformandola, in corrente continua (che scorre invece in un senso solo), necessaria per l'uso di numerosi dispositivi..

La sua funzione si può osservare in un grafico (per diodi al silicio e al germanio) tensione-corrente, in cui viene rappresentato l'andamento della corrente che vi fluisce in funzione della tensione applicata ai suoi capi.

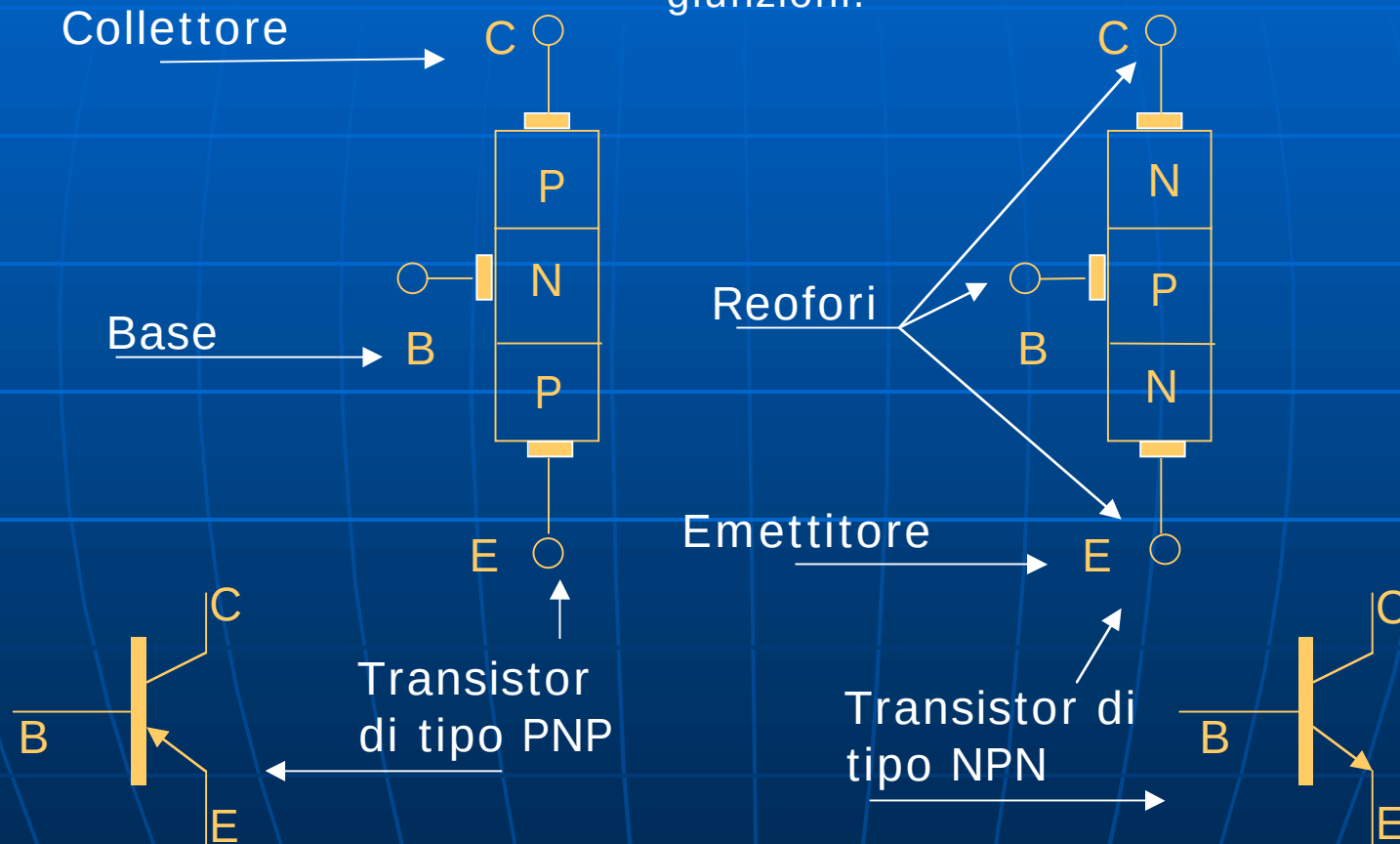


Infatti in condizioni di polarizzazione diretta ($V > 0$), quando la tensione applicata supera un certo valore V_b detta (tensione di gradino o di accensione) la giunzione lascia passare la corrente e tale corrente cresce anche molto velocemente in seguito ad un piccolo aumento di tensione.

Se invece la polarizzazione è inversa ($V_a < 0$), la giunzione lascia passare una piccola quantità di corrente finché la tensione applicata non supera un limite critico, detto tensione di break-down o di rottura in cui il diodo non riesce a svolgere il suo compito e la corrente aumenta in modo brusco anche per una tensione che aumenta lentamente.

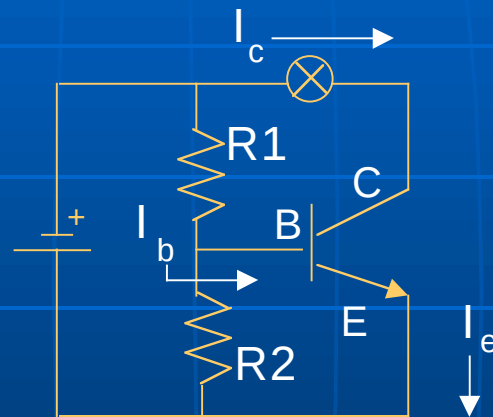
Il transistor

Il Transistor e' un dispositivo elettronico ottenuto dall'unione di 3 elementi semiconduttori di tipo P e di Tipo N collegati in modo alternato per mezzo di due giunzioni.



Il transistor

La corrente di base I_b controlla il flusso della corrente I_e



Finche' la tensione V_B è inferiore ad un certo valore non si nota passaggio di corrente apprezzabile. Cioè la I_C che la I_B sono nulle. Il transistor si dice che è **INTERDETTO**

Il transistor

Non appena la tensione V_B supera il valore di soglia si ha una corrente I_B che scorre fra la base e l'emettitore e contemporaneamente una corrente I_C che va dal collettore all'emettitore e che è di intensità molto maggiore.

La corrente dell'emettitore sarà:

$$I_E = I_C + I_B$$

Tenendo conto che essendo la corrente di base molto minore della corrente di collettore, si ha che I_C e I_E sono circa uguali.

$$I_E \cong I_C$$

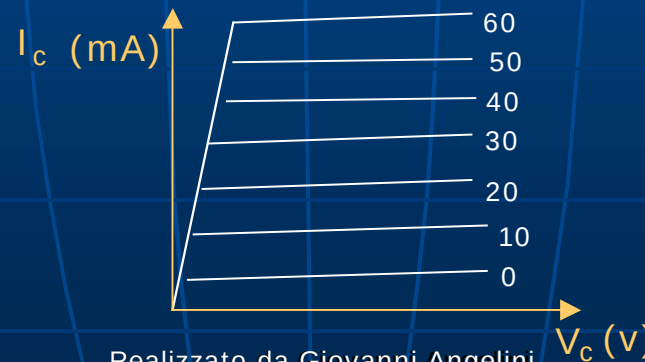
$$I_B \rightarrow 0$$

Si può anche notare che con piccole variazioni della corrente di base I_B si ottengono delle forti variazioni di corrente di collettore. Si può quindi affermare che la corrente di collettore può essere pilotata dalla corrente di base come mostrato nella formula:

$$\beta = \Delta I_C / \Delta I_B \quad \text{con } V_C = \text{costante}$$

dove β e' il GUADAGNO DI CORRENTE a emettitore comune ed esprime la variazione di corrente di collettore rispetto alla variazione della corrente di base che l'ha generata .

Per la rappresentazione del funzionamento si utilizzano le caratteristiche di uscita (fornite dai costruttori del transistor) che danno l'andamento della corrente I_C al variare della tensione del collettore V_C per ogni valore della corrente di base.



Studio e Rilevamento dei raggi cosmici

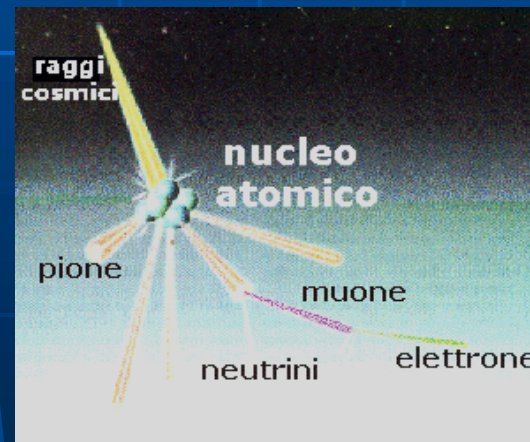
- Studio dei raggi cosmici
 - Velocità dei raggi cosmici
- Studio dell'apparecchiatura utilizzata

Raggi Cosmici

Sono composti di elettroni, positroni, protoni, antiprotoni e nuclei atomici. Sono prodotti da grandi energie quali l'esplosione di supernovae o addirittura dal Big-Bang.

Prima di giungere nelle vicinanze della Terra i raggi cosmici sono stati accelerati ad una velocità prossima a quella della luce ed hanno attraversato più volte la nostra Galassia, per circa dieci milioni di anni, intrappolati dal campo magnetico galattico, moltiplicandosi mediante l'interazione con la materia interstellare.

I raggi cosmici sono, dunque, particelle ad altissima energia che attraversano quasi senza perdere la loro energia tutta la materia; ci sono dunque utili per scoprire l'origine di ciò che li ha prodotti e probabilmente quella dell'intero universo.



Misurazioni

Ma come e con cosa possiamo misurare i raggi cosmici?

Scintillatore



Lo scintillatore è composto da un materiale plastico trasparente (Nel nostro esperimento Plexiglas drogato al 9% con naftalene) che quando arriva il raggio cosmico emette fotoni, poiché gli elettroni che compongono gli atomi dello scintillatore acquistano energia e compiono un salto quantico e dunque quando tornano al loro livello energetico rimettono l'energia acquistata sotto forma di luce



Guide di luce

Abbiamo dunque ottenuto fotoni, ma cosa farsene?

↓

Dobbiamo condurli fino ad un'apparecchiatura che trasforma la luce in elettroni e che amplifichi il segnale elettrico

↓

Una volta creati i fotoni, questi vengono guidati grazie a delle pellicole metalliche (Tipo alluminio) fino al Fotomoltiplicatore.



Fotomoltiplicatore

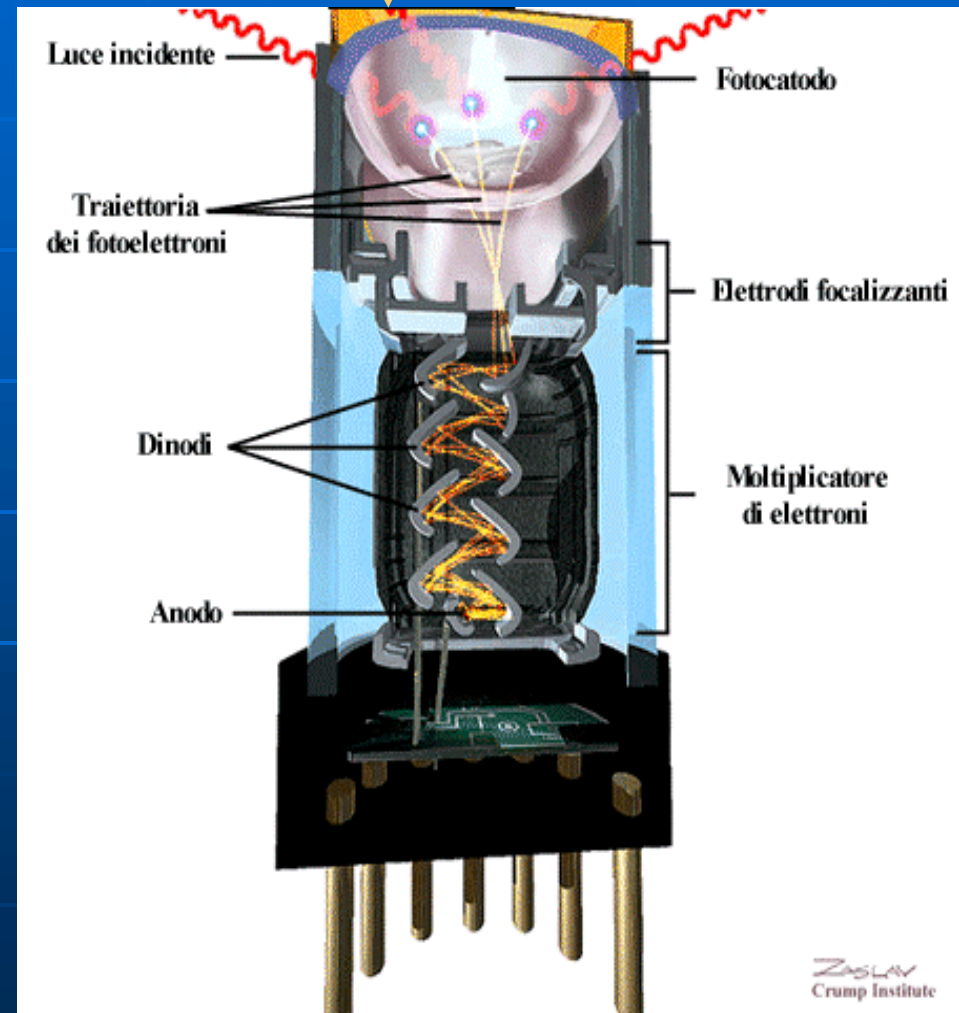
Un fotomoltiplicatore è costituito da:

Un fotocatodo

Un sistema di focalizzazione e accelerazione (gestito dal sistema elettroottico d'ingresso).

Uno stadio moltiplicatore di corrente costituito da elettrodi (dinodi) che utilizza il fenomeno dell'emissione secondaria di elettroni

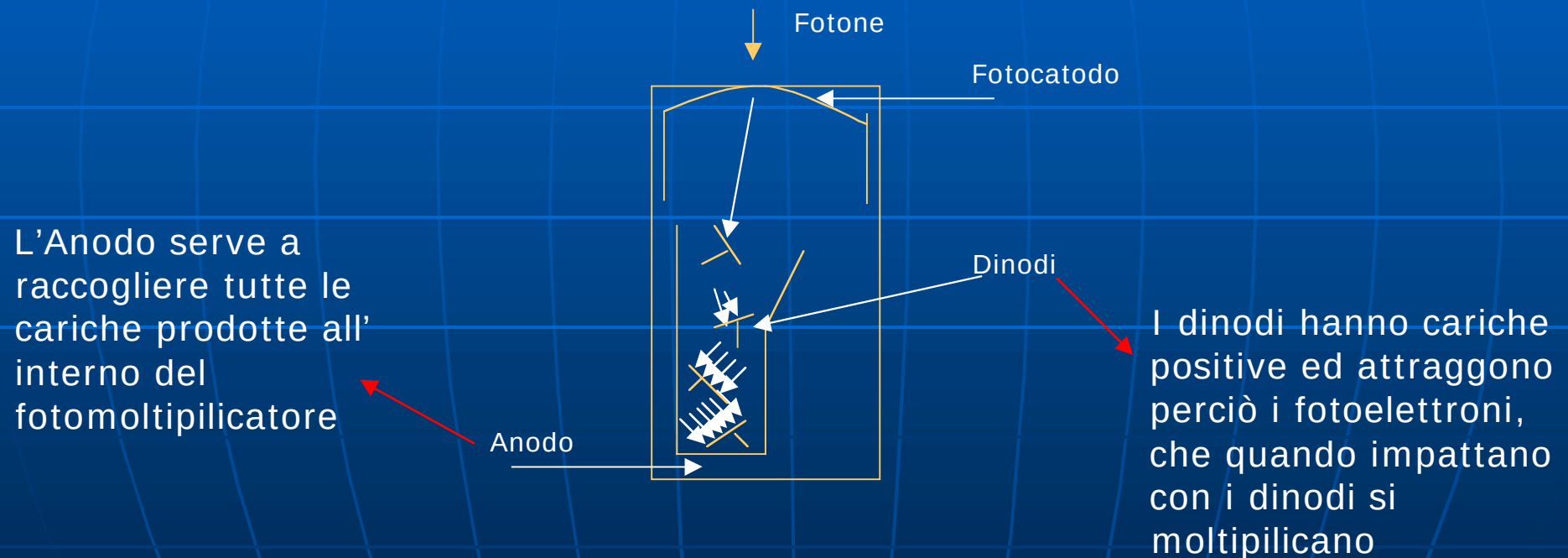
Un anodo.



Il fotomoltiplicatore

Come funziona?

I fotoni arrivano al fotocatodo del fotomoltiplicatore, che trasforma i fotoni in elettroni (detti fotoelettroni) per l'effetto fotoelettrico.



Il discriminatore

Dal passaggio del raggio cosmico nello scintillatore abbiamo prodotto elettroni per mezzo del fotomoltiplicatore, ma purtroppo si sono creati anche altri elettroni a causa di disturbi della stessa elettronica utilizzata, abbiamo dunque bisogno qualcosa che discrimini questi segnali di disturbo dai raggi cosmici.

RUMORE

Causato da problemi dell'elettronica e da condizioni ambientali particolari

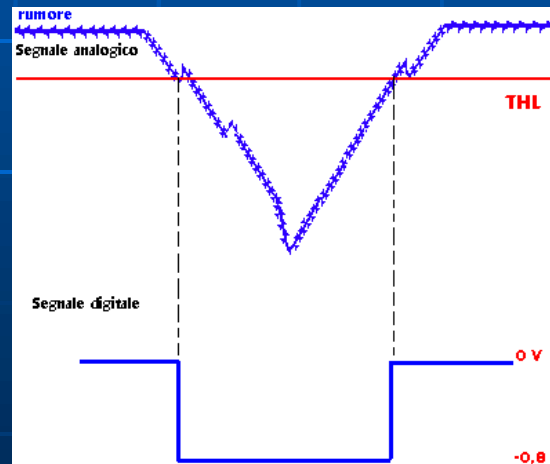
Si utilizza perciò un circuito che discrimina il segnale analogico prodotto dal fotomoltiplicatore facendo passare tutti i segnali superiori ad un certo valore (Soglia) impostato (THL)

Il discriminatore

THH

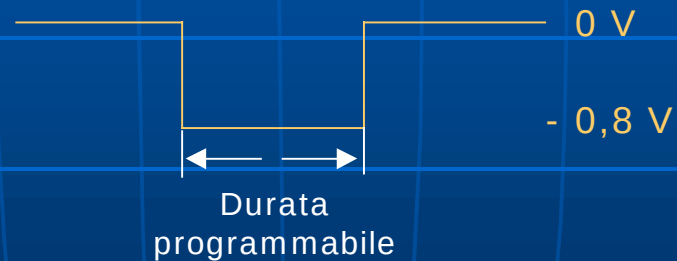


E' utilizzata per togliere il rumore di fondo e darci un segnale d'uscita solo quando il segnale analogico oltrepassa la linea impostata dall'utente



Il discriminatore

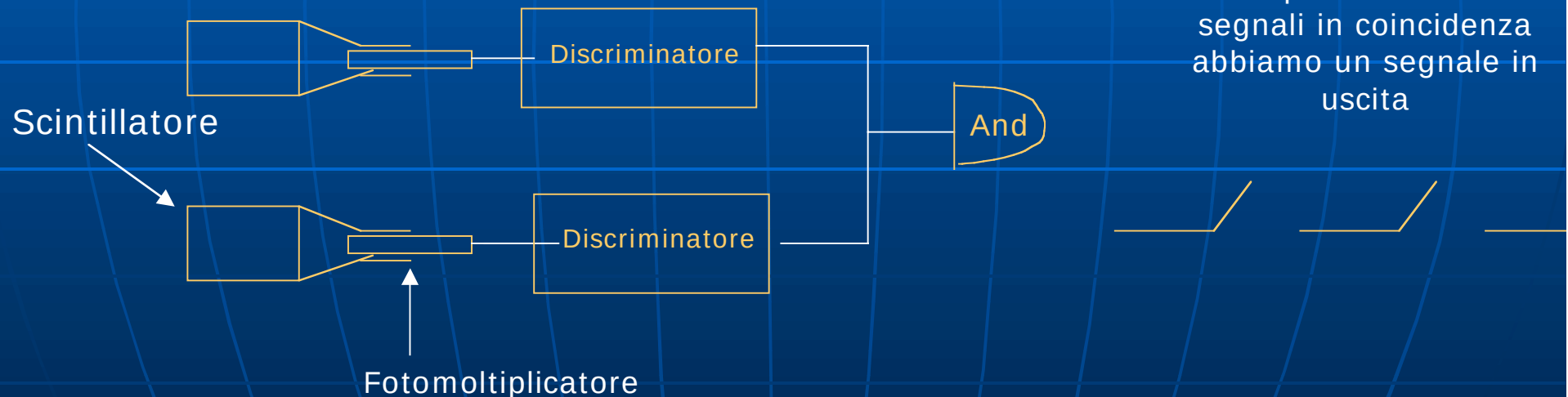
Una volta selezionati i segnali analogici, il discriminatore converte il segnale analogico in un segnale digitale standard di durata programmabile



Segnali in coincidenza

Poiché abbiamo due scintillatori otterremo due segnali digitali, ma come utilizzarli?

Dato che a noi interessa il raggio cosmico che ha attraversato tutte e due gli scintillatori, noi dobbiamo far in modo di avere un segnale in uscita quando abbiamo due segnali coincidenti dai due scintillatori, utilizziamo perciò l' AND.



Segnali in coincidenza

Poiché i scintillatori sono distanziati l'uno dall'altro e poiché un raggio cosmico può passare vicino ad un fotomoltiplicatore e lontano all'altro fotomoltiplicatore, i segnali che arrivano all'And, non sono in coincidenza precisa, a causa del loro jitter temporale, e quindi non avremmo nessun segnale in uscita.

Come possiamo risolvere questo problema?

Per risolvere il problema facciamo in maniera tale che un segnale (solitamente si usa quello della seconda paletta) sia molto maggiore rispetto a quello emesso dall'altra paletta, in maniera tale che lo quest'ultimo sia sempre incluso in quello precedente.



Il jitter

Il jitter è una instabilità della frequenza istantanea caratteristica di un segnale digitale.

Qualunque segnale digitale è in qualche modo associato ad un clock, cioè un'onda quadra avente frequenza prefissata e stabile, che indica la cadenza con cui si succedono i bit del segnale stesso.

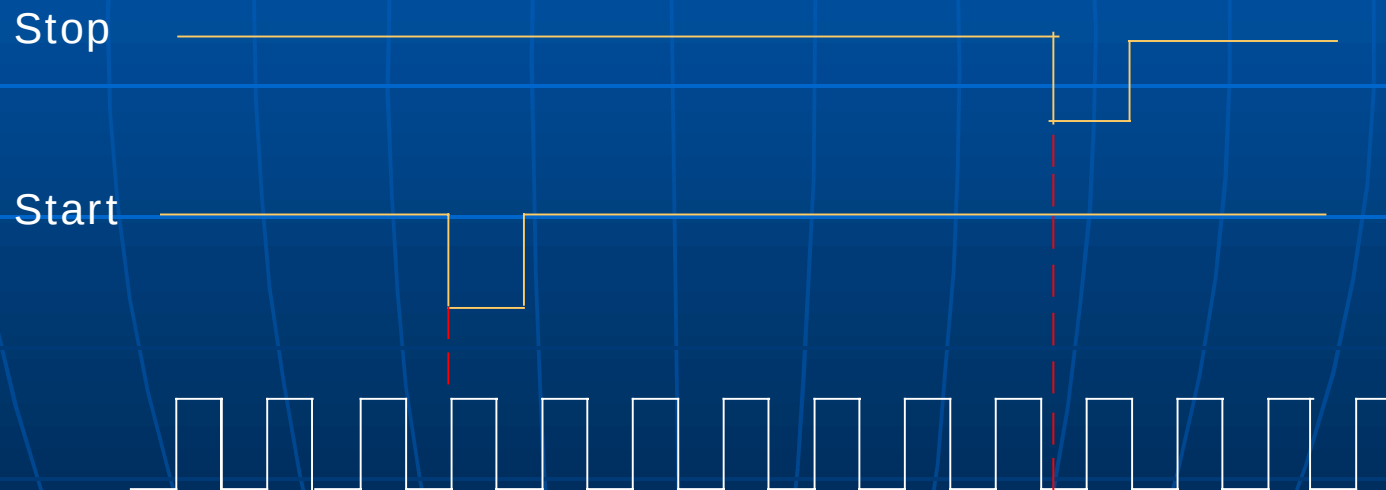
E' evidente che la precisione e la stabilità della frequenza del clock sono fondamentali per la corretta interpretazione del segnale digitale cui il clock è associato. Parlare del jitter di un segnale digitale significa in definitiva parlare della stabilità del clock associato al segnale in esame. Il jitter caratterizza la qualità del segnale: maggiore è il jitter, più sarà difficile l'interpretazione del segnale da parte dei circuiti digitali che lo elaborano. Il termine jitter è un verbo inglese che significa "tremare", "agitarsi": difatti, osservando all'oscilloscopio un segnale digitale affetto da jitter, vedremo che esso "trema", mentre un segnale esente da jitter sembrerà "fermo".

TDC

Dato che la nostra esperienza era quella di studiare la velocità dei raggi cosmici, dobbiamo conoscere il tempo che intercorre tra un segnale di uno scintillatore e l'altro.



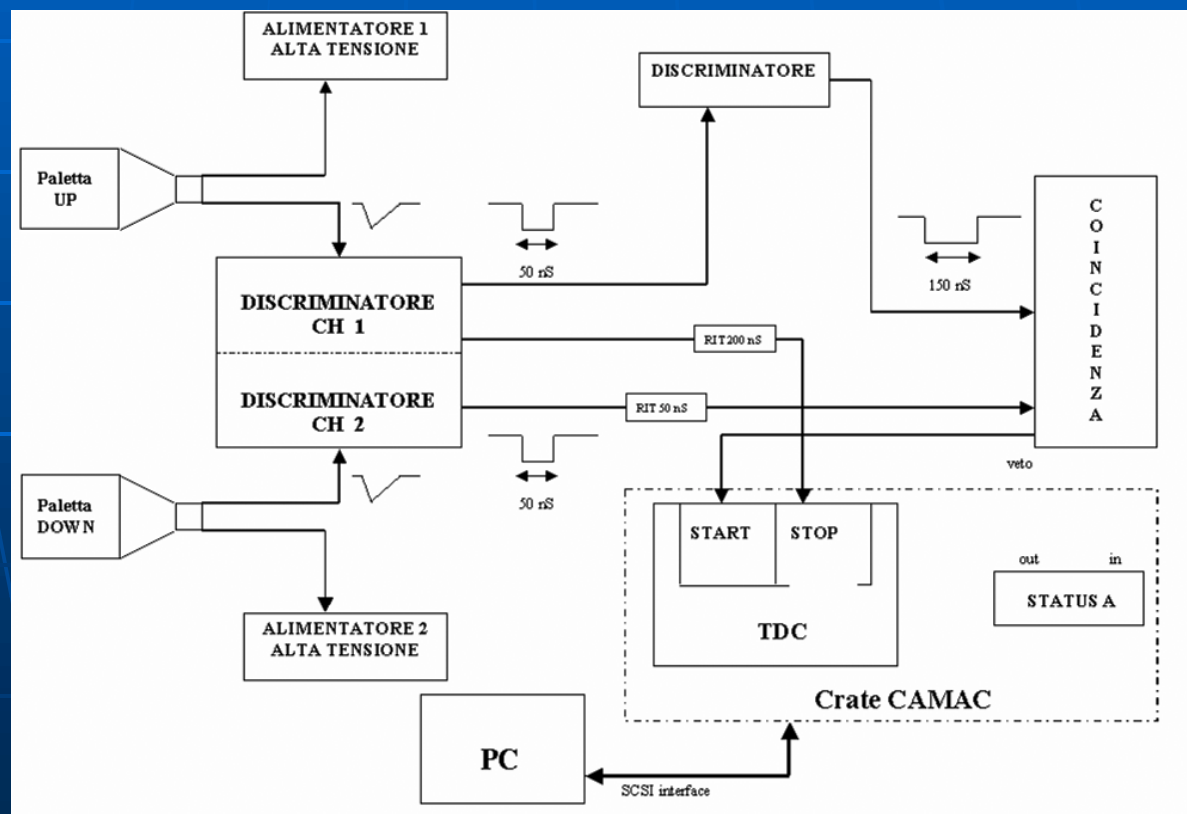
Questo compito è svolto dal TDC un dispositivo che prende i due segnali e inizia un conteggio (Clock, nel nostro caso di frequenza $\nu > 1$ MHz) utilizzando il segnale digitale con durata minore come Start per il conteggio e quello di durata maggiore come Stop.



II Camac

I dati così acquisiti vengono inviati al Camac che li reindirizza al
Pc

Schema a blocchi



Autore

Giovanni Angelini



16-07-2003

Realizzato da Giovanni Angelini