

Stage studenti 2003
Laboratori Nazionali di Frascati (INFN)
GRUPPO FI.NU.DA.

RILEVAZIONE E MISURAZIONE DEI RAGGI COSMICI

Relazione degli studenti:

Angelini Giovanni
Pedretti Leonardo Maria

Martinelli Marina
Molinari Diego
Perfetto Livia

LSS “Azzarita” Roma

LSS “B. Touschek” Grottaferrata

Tutors

Passamonti Luciano
Pierluigi Daniele

Laboratori Nazionali di Frascati (INFN)

INDICE

• Prefazione	
• Cenni di Elettronica	Pag 4
• Componenti Passivi	Pag 5
▪ Resistenza	Pag 5
▪ Induttanza	Pag 10
▪ Capacità	Pag 11
• Componenti Attivi	Pag 12
▪ Diodo	Pag 12
▪ Transistor	Pag 14
• Strumenti di Misura	Pag 16
▪ Voltmetro	Pag 16
▪ Amperometro	Pag 16
▪ Ohmetro	Pag 17
• Raggi Cosmici	Pag 18
▪ Scintillatore.....	Pag 20
▪ Fotomoltiplicatore.....	Pag 21
▪ Discriminatore.....	Pag 22
▪ Circuiti And Or.....	Pag 23
▪ TDC.....	Pag 23
▪ Jitter.....	Pag 24
▪ Strumentazione	Pag 25
▪ Diagramma a Blocchi.....	Pag 26
▪ Velocità dei Raggi cosmici	Pag 27
▪ Conclusioni.....	Pag 28
▪ Grafico parametri umidità,pressione e temperatura.....	Pag 30

PREFAZIONE

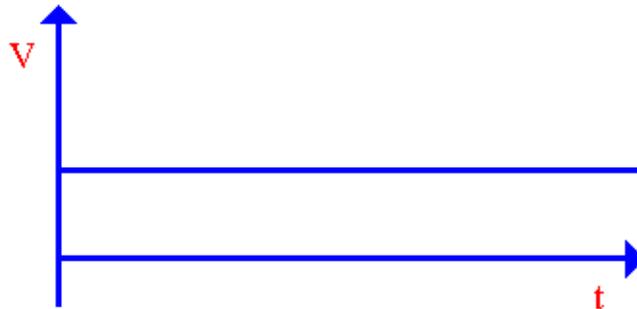
Abbiamo iniziato questo percorso con un approccio alle basi dell'elettronica effettuando alcune esercitazioni per comprendere le proprietà principali di semplici circuiti elettrici. Dopo questa fase iniziale il nostro studio si è concentrato sui raggi cosmici, la loro natura e le loro proprietà. Per analizzarli abbiamo dovuto comprendere il funzionamento delle apparecchiature elettroniche necessarie per lo scopo. Siamo passati in seguito dalla fase teorica a quella sperimentale, iniziando le misurazioni, la raccolta ed elaborazione dei dati per giungere alla conclusione finale, ovvero trovare il valore della velocità dei raggi cosmici, confrontandoli con i dati teorici in nostro possesso.

CENNI DI ELETTRONICA

L'elettricità è una forma di energia da cui si può ricavare luce, calore e con cui è possibile azionare i motori elettrici. Questi effetti si ottengono quando si applica **tensione** agli utilizzatori elettrici (lampadine, ferri da stiro, lavatrici, ecc.) e chiudendo l'interruttore che li comanda. La corrente elettrica è composta da un flusso di elettroni (cariche elettriche negative) che percorrono con enorme velocità i conduttori ai quali è applicata la tensione. 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 (-).

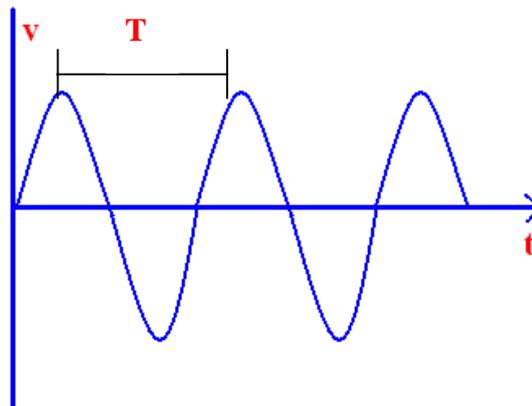
Il circuito elettrico è caratterizzato dalla corrente o *intensità*, misurata in Ampere (A), la *differenza di potenziale o tensione*, invece, in Volt (V). Dal prodotto dei due si ottiene la *potenza* ($P = V I$) che si misura in Watt.

Quando il movimento di scorrimento degli elettroni nel circuito avviene sempre nello stesso senso si ha la corrente denominata **corrente continua**.



La corrente si dice **alternata** quando muta la sua polarità (+; -; ...) con una certa frequenza (Hz). 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** (si misura con l'unità denominata **hertz** (indicata con **Hz**)).

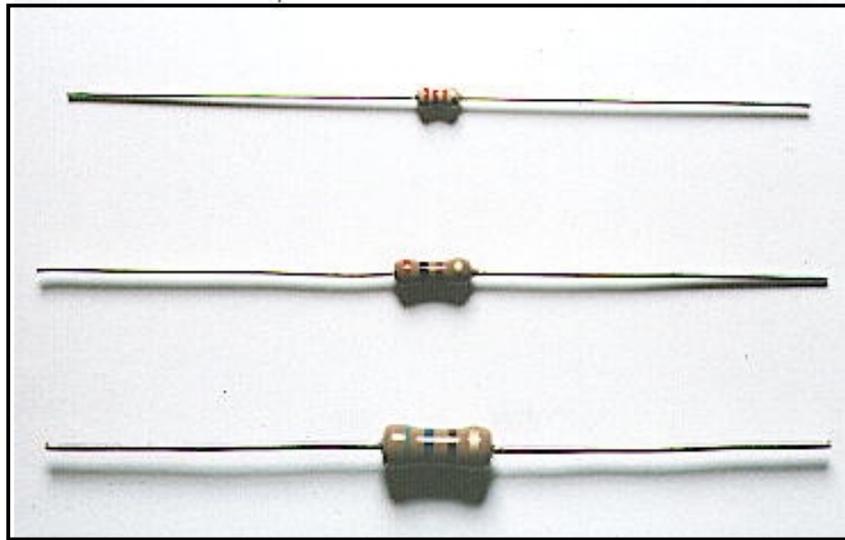
Negli impianti cittadini la frequenza della corrente alternata è di 50 periodi al secondo; si indica con $f = 50 \text{ Hz}$.



All'interno di un circuito elettrico, sono presenti dei *componenti attivi* (come i transistor e i diodi) che hanno funzione di amplificare e/o elaborare i segnali e dei *componenti passivi* (i resistori, gli induttori ed i condensatori). Iniziamo con l'analizzare i componenti passivi.

COMPONENTI PASSIVI

RESISTENZA



<u>SIMBOLO:</u>	<u>LETTERA</u>	<u>UNITA' DI MISURA</u>
	R	OHM —

Quando all'interno di un conduttore elettrico circola corrente, gli elettroni sono ostacolati e deviati dal loro percorso originario, perché circolando vanno ad interferire con gli elettroni del conduttore. Il fenomeno si chiama *resistenza elettrica* e varia da conduttore a conduttore, infatti, vi sono conduttori che hanno una maggiore resistenza elettrica, (gli elettroni sono molto ostacolati nel loro percorso) e conduttori con minore resistenza elettrica, (gli elettroni riescono a scorrere abbastanza facilmente). La presenza della resistenza elettrica nei conduttori produce una riduzione della corrente che riesce a circolare ed una caduta di tensione, quest'ultima è la differenza che si registra tra il valore della tensione misurata alla fine di una linea percorsa da corrente, e quello all'inizio della stessa. Da questo si comprende che la resistenza elettrica, aumenta con l'aumentare della lunghezza dei conduttori, (in quanto aumentano le interferenze che ostacolano il passaggio di corrente), ma diminuisce con l'aumentare della sezione (area) del conduttore e dipende dal tipo di conduttore. Di conseguenza vale la relazione:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

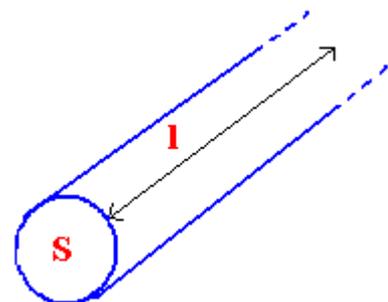
In cui:

R = resistenza elettrica in ohm;

l = lunghezza del conduttore in m;

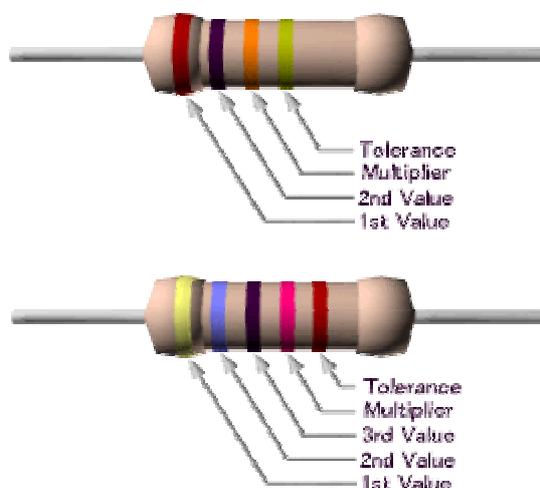
S = sezione del conduttore in m²;

ρ = resistività del conduttore



In commercio possiamo trovare vari tipi di resistori: a *resistenze costanti* e a *resistenze variabili*.

Mentre i primi esercitano sempre la stessa resistenza, i secondi possono essere regolati attraverso una piccola manopola. Normalmente i resistori sono catalogati in base al valore della resistenza elettrica nominale (in ohm) e alla potenza massima che possono dissipare (in watt). Il valore e l'indice di tolleranza di ogni resistore sono indicati dai colori delle bande sull'involucro (foto).



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%	

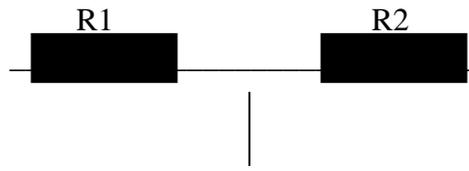
I resistori hanno anche altre importanti funzioni: quella di limitare la corrente elettrica o *polarizzare* altri dispositivi elettronici .

In un circuito ci possono essere più resistenze. Esse si possono trovare o in serie o in parallelo.

RESISTENZE IN SERIE

Per conoscere il valore ohmico che si ottiene applicando due resistenze in serie, si potrà utilizzare la seguente formula:

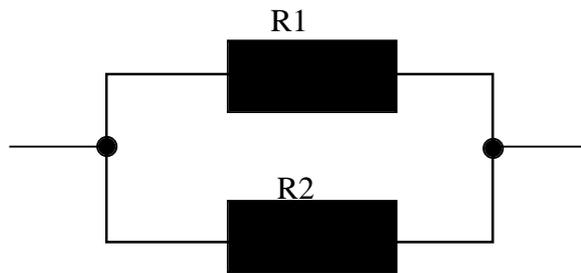
$$\text{Ohm} = R1 + R2$$



RESISTENZE IN PARALLELO

La seguente formula ci permette di conoscere il valore ohmico che si ottiene collegando due resistenze in parallelo:

$$\text{Ohm} = (R1 \times R2) : (R1 + R2)$$



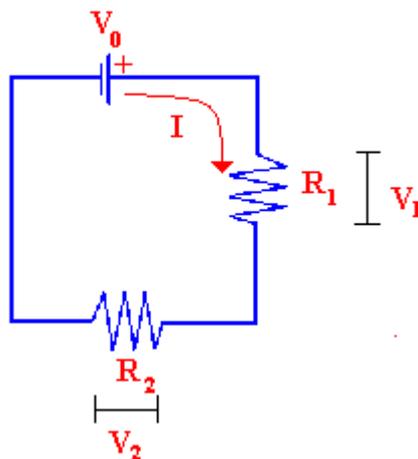
Applicando in parallelo due resistenze di identico valore si dimezza il loro valore ohmico, ma si raddoppia la potenza dissipabile.

ESPERIMENTO SULLA RESISTENZA

Nel circuito in figura abbiamo un generatore di corrente continua (V_0) e due resistenze (R_1 , R_2) la tensione applicata al circuito (V_0) risulterà:

$$V_0 = V_1 + V_2$$

$$I = V_0 / (R_1 + R_2)$$



Infatti, dopo il passaggio della corrente nei resistori, si può notare una caduta di tensione in conformità alla legge di Ohm:

$$V = R I$$

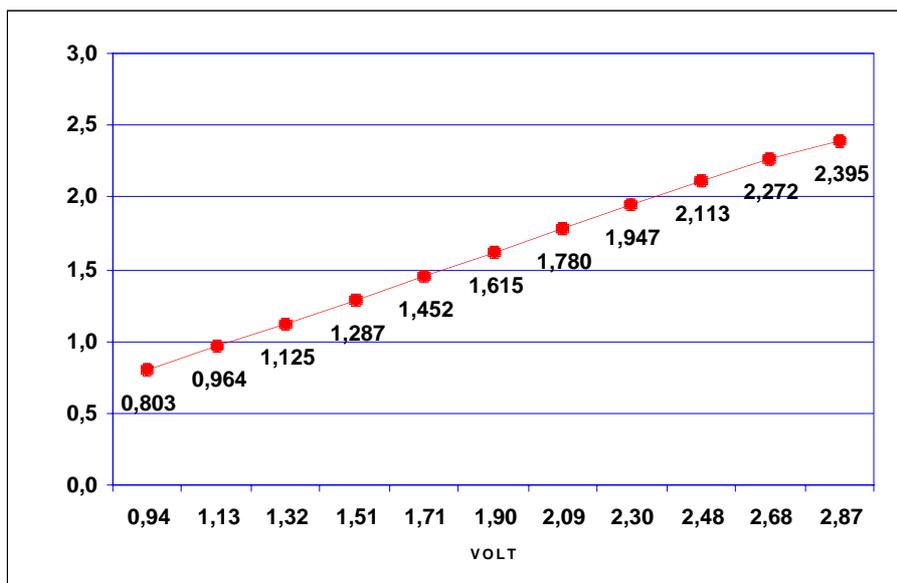
$$R = V / I$$

$$I = V / R$$

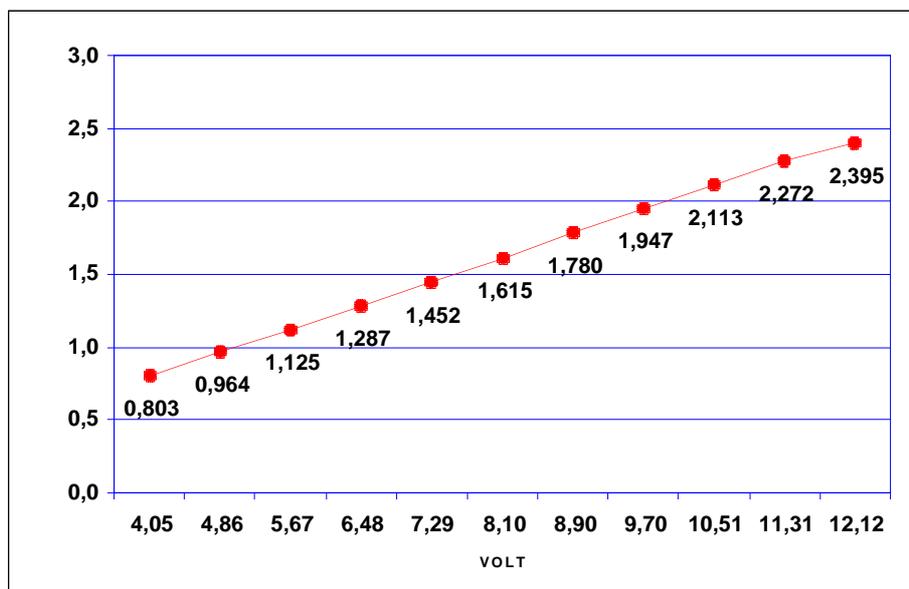
Dove: V è la tensione elettrica espressa in Volt, I è a corrente elettrica espressa in Ampere e R è la resistenza elettrica espressa in ohm.

In questo esperimento abbiamo osservato come al variare della tensione, e quindi della corrente, variava anche la quantità di tensione ai capi delle resistenze. Ecco i grafici che abbiamo ottenuto:

- Caduta di tensione sulla resistenza R1:

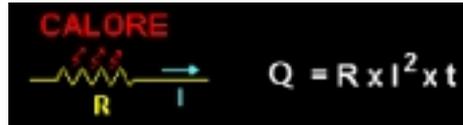


- Caduta di tensione sulla resistenza R2:



L'EFFETTO JOULE

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



La quantità di calore generata dalla resistenza dipende dalla potenza (watt) che si sviluppa in un certo periodo:

$$Q = P \cdot t$$

Ma la potenza dipende dalla tensione e dalla quantità di corrente:

$$P = V I$$

Al tempo stesso la tensione dipende dalla corrente e dalla resistenza:

$$V = R I$$

Se andiamo a mettere insieme il tutto avremo che la quantità di calore dipende dal valore della resistenza per il quadrato della corrente per il tempo trascorso:

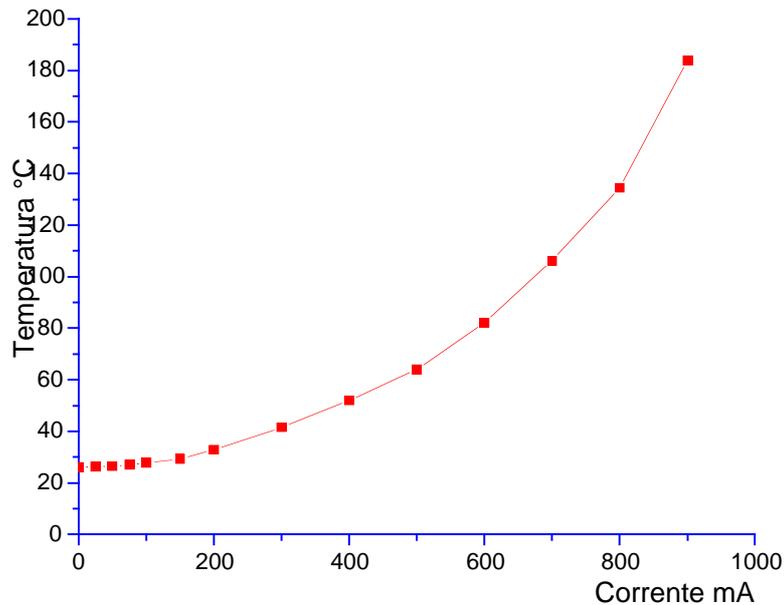
$$Q = R I^2 \cdot t$$

Dalle dimensioni della resistenza, si può sapere la quantità massima di potenza che può sopportare. Ad esempio la resistenza del nostro esperimento poteva reggere ad un massimo di di Watt. Di conseguenza, conoscendo il valore della resistenza possiamo calcolare il massimo di corrente che quest'ultima può sopportare:

$$\underline{\quad} \text{ W} = 270 \cdot I^2$$

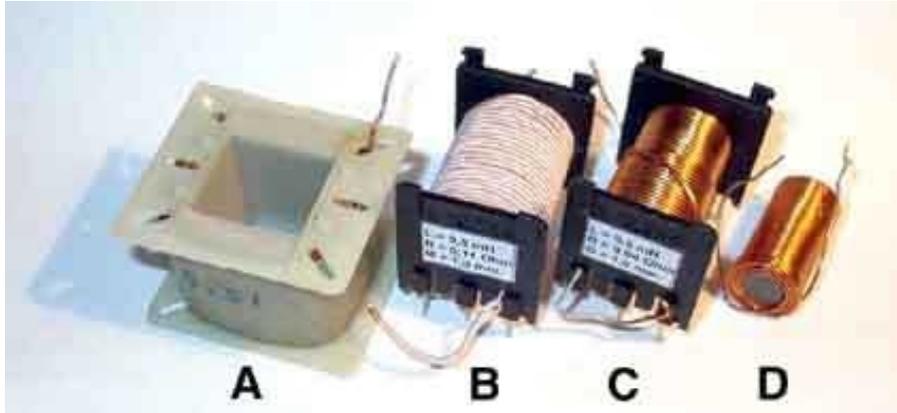
$$I \cong 0,962 \text{ mA}$$

Se osservate il grafico seguente che mostra la temperatura in relazione all'aumento di corrente, potrete vedere che la corrente massima cui siamo arrivati prima di danneggiare la resistenza è proprio l'ultimo valore graficato oltre il quale la resistenza si è rotta.

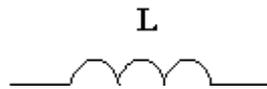


INDUTTANZA

<u>SIMBOLO:</u>	<u>LETTERA</u>	<u>UNITA' DI MISURA</u>
	L	Henry H



Per induttanza si indica la proprietà elettromagnetica di una bobina (foto).
 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. Per indicare l'induttanza di una bobina si usa l'henry (H = unità di misura). 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.
 Questo è il simbolo con cui convenzionalmente s'indica l'induttanza.

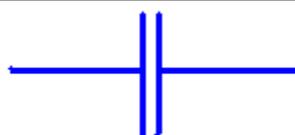


Essa è un impedimento alla corrente alternata. Quest'opposizione tende ad aumentare se deve ostacolare una corrente ad alta frequenza. In tal senso vale la relazione:

$$X_L = \omega L$$

Possono essere collegati in serie o in parallelo, se collegati in serie l'induttanza complessiva è pari alla somma delle singole induttanze, se collegati in parallelo l'inverso dell'induttanza complessiva è pari alla somma degli inversi delle singole induttanze.

CAPACITA'

<u>SIMBOLO:</u>	<u>LETTERA</u>	<u>UNITA' DI MISURA</u>
	C	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 una *armatura* attraggono le cariche di segno opposto presenti nell'altra *armatura*, ma non possono incontrarle per la presenza dell'isolante.

IL 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**.



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.

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 di bloccare la corrente continua.

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.



COMPONENTI ATTIVI

DIODO



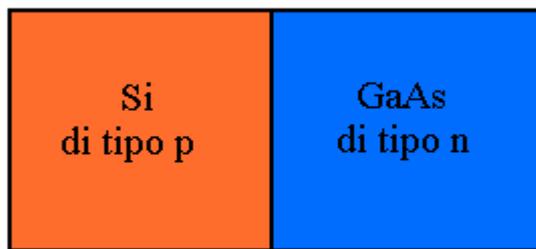
Componente elettronico a due terminali (anodo e catodo), inventato nel 1904 dal fisico inglese Sir John Ambrose Fleming, che permette il passaggio di corrente in una sola direzione. I diodi (un tempo tubi a vuoto o a gas) sono oggi dispositivi a semiconduttore costituiti da un piccolo cristallo, generalmente silicio, in cui due regioni a drogaggio opposto definiscono una giunzione *p-n*.

Nel diodo in cui è presente una omogiunzione *p-n*, sono 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.



Omogiunzione in Si

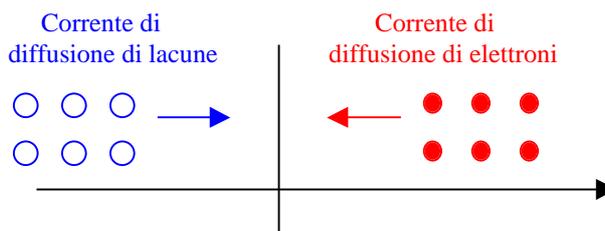


Eterogiunzione in Si-GaAs

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*.



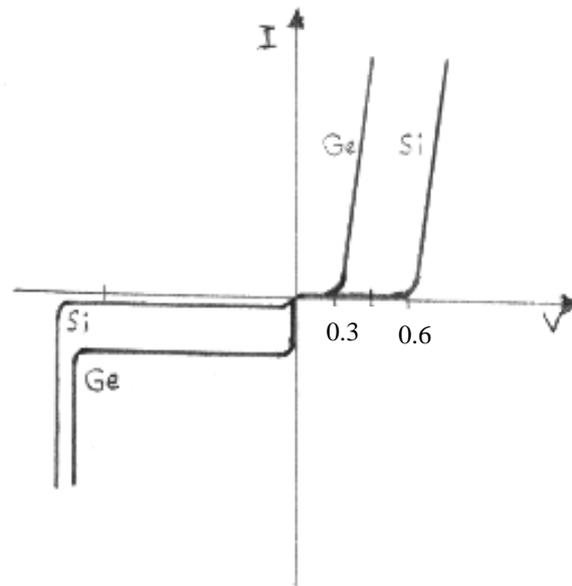
Nel luogo della giunzione si crea una regione di carica spaziale che sostiene un campo elettrico diretto dalla carica positiva a quella negativa. Il campo crea alla fine un equilibrio dinamico, in cui, per una fissata temperatura ed in assenza di un qualunque campo elettrico applicato dall'esterno il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

Poiché il diodo lascia passare solo la parte di corrente che circola in un senso e non nell'altro, è 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 è rappresentato l'andamento della corrente che vi fluisce in funzione della tensione applicata ai suoi capi.

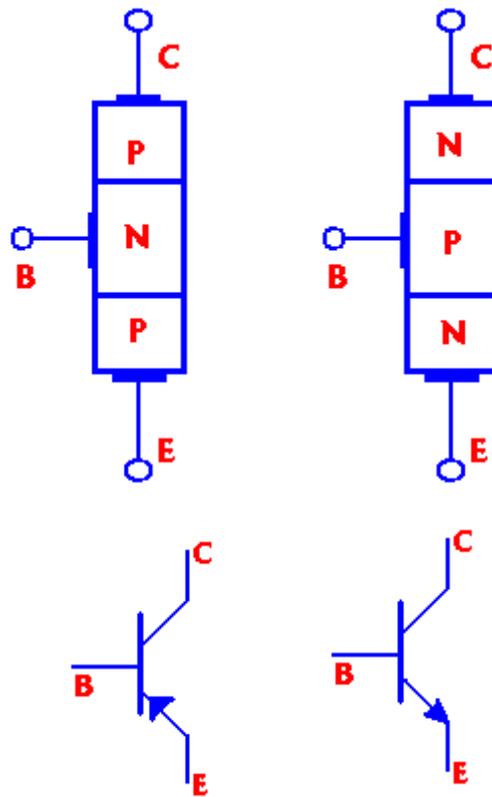


Infatti in condizioni di polarizzazione diretta ($V > 0$), quando la tensione applicata supera un certo valore V_b detta (tensione di gradino o di accensione) la giunzione lascia passare la corrente e tale corrente cresce anche molto velocemente in seguito ad un piccolo aumento di tensione.

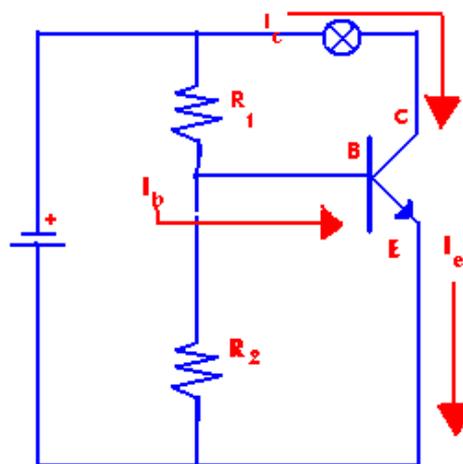
Se invece la polarizzazione è inversa ($V_a < 0$), la giunzione lascia passare una piccola quantità di corrente finché la tensione applicata non supera un limite critico, detto tensione di break-down o di rottura (effetto Zener) in cui il diodo non riesce a svolgere il suo compito e la corrente aumenta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

TRANSISTOR

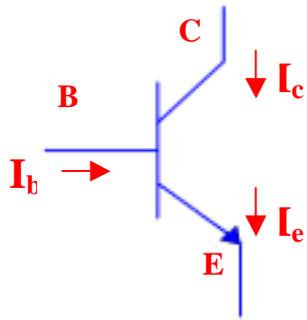
Il Transistor è un dispositivo elettronico ottenuto dall'unione di 3 elementi semiconduttori di tipo P e di Tipo N collegati in modo alternato per mezzo di due giunzioni.



Si possono così ottenere i due tipi PNP e NPN. I tre elementi costruttivi del transistor, a cui fanno capo i 3 reperi prendono il nome di **BASE** quello che sta in mezzo, e di **EMETTITORE** e **COLLETTORE** gli altri due. Si supponga di collegare un transistor NPN come mostra la seguente immagine.



Finché 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**. In realtà c'è una piccola corrente inversa I_{CO} che circola fra collettore e base ed è fortemente dipendente dalla temperatura.



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 maggiore. La corrente dell'emettitore sarà:

$$I_E = I_C + I_B$$

Tenendo conto che essendo la corrente di base è mediamente almeno 100 Volt minore della corrente di collettore, si ha che I_C e I_E sono circa uguali.

$$I_E \cong I_C$$

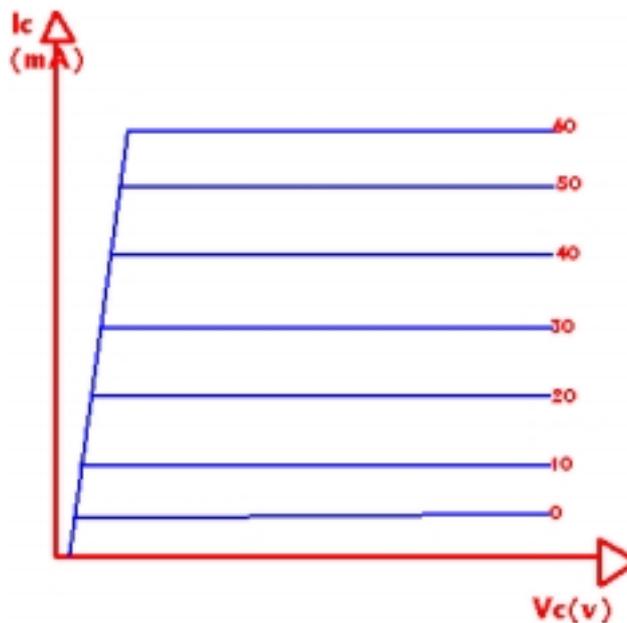
$$I_B \rightarrow 0$$

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 è 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.



STRUMENTI PER LE MISURAZIONI

Per misurare i valori della corrente, della tensione, nei componenti passivi che costituiscono un circuito elettrico, si utilizzano degli strumenti appositi quali l'amperometro, il voltmetro e l'ohmetro (o resistometro).

VOLTMETRO

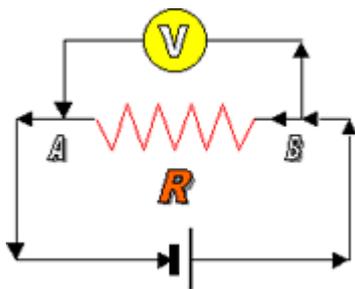


Il voltmetro è uno strumento che misura la differenza di potenziale (d.d.p.) tra due punti di un componente di un circuito attraversato da corrente elettrica.

La differenza di potenziale, o forza elettromotrice, si misura in Volt (V).

Si hanno: *voltmetri elettrostatici*, quando nel circuito non circola corrente, *voltmetri amperometrici* nel caso contrario e *voltmetri elettronici digitali*, nei quali la misura appare in forma numerica.

Per misurare la d.d.p. tra gli estremi di un resistore è necessario che questi siano allo stesso potenziale dei morsetti del voltmetro. Quindi il voltmetro va inserito in parallelo con il resistore. Affinché la d.d.p. agli estremi del resistore non venga perturbata è necessario che la Resistenza interna R del voltmetro sia molto più grande della resistenza ai capi della resistenza R (A;B). In questo caso la corrente che passa attraverso il voltmetro è trascurabile ed il resistore è attraversato dalla stessa intensità di corrente.



Questo è lo schema di inserimento di un voltmetro in un circuito elettrico:

Legenda:

V: voltmetro;

R: resistenza;

A e B: estremi resistenza;

AMPEROMETRO

Gli amperometri sono strumenti utilizzati per misurare l'intensità della corrente elettrica che percorre un circuito. Sono caratterizzati da una bassa resistenza interna dal momento che devono essere inseriti in serie nel circuito. In tutti gli strumenti, indipendentemente dal principio sfruttato, c'è sempre un componente fisso e uno mobile; quest'ultimo, solidale con l'indice che segna su una scala graduata, è libero di ruotare attorno ad un perno o a un filo di torsione. La rotazione inizia a partire dalla posizione di zero sino a raggiungere la posizione di equilibrio tra la coppia motrice suscitata dal passaggio della corrente e quella della sospensione del filo o della spirale. Sia negli strumenti termici che in alcuni a ferro mobile si verifica l'inconveniente di avere sensibilità differenti per le diverse parti della scala graduata. Sono stati trovati sette esemplari, risalenti alla prima decade del novecento, di cui alcuni sono amperometri termoelettrici, mentre altri sono basati su principi meccanici. Il loro stato di conservazione è buono. Le strutture di appoggio e le basi sono in legno.

AMPEROMETRI ANALOGICI

Amperometro a Corrente continua:

Ad una prima categoria appartengono gli strumenti a **bobina mobile** basati sulle azioni elettromeccaniche che si

esercitano tra una spirale percorsa dalla corrente da misurare e un magnete permanente; questo tipo di amperometri è utilizzato per misurare correnti continue.

Amperometri a Corrente continua e alternata:

Un secondo gruppo di strumenti è costituito dagli amperometri a **ferro mobile**, basati sull'azione delle forze che si esercitano su una lamina di ferro dolce, sospesa all'interno di una spirale percorsa da corrente; questi amperometri elettromagnetici possono essere utilizzati indifferentemente per misurare correnti continue e per correnti alternate ed inoltre sono adatti anche per misurare correnti ad alta frequenza.

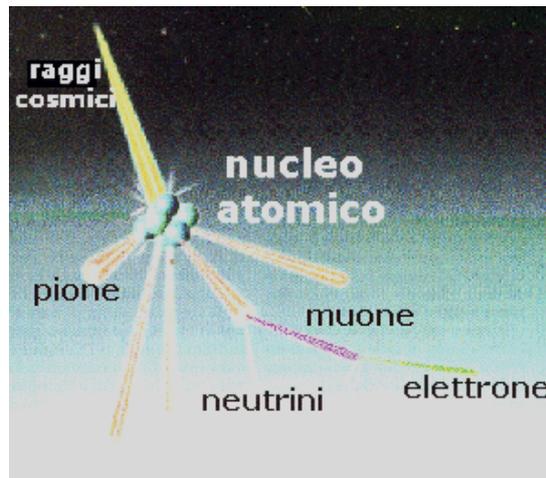


OHMMETRO

Strumento elettrico atto alla misurazione di resistenze elettriche. Molto diffusi, sono gli strumenti costituiti essenzialmente dall'insieme di un milliamperometro e di una pila. Lo strumento viene collegato all'elemento di cui si vuole misurare la resistenza e l'indice subisce una deviazione di entità dipendente dal valore della corrente che percorre il circuito, che a sua volta è funzione della resistenza da misurare.



I RAGGI COSMICI

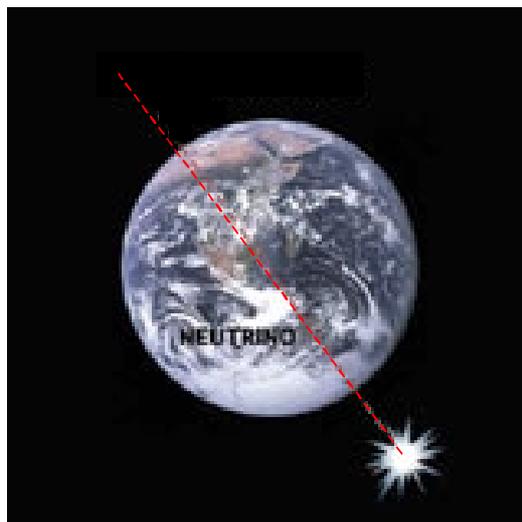


Si tratta di flussi di particelle ad alta energia provenienti dallo spazio, quasi tutte dotate di carica elettrica. È costituito per lo più da ioni di elementi leggeri (idrogeno, deuterio, elio, litio, ecc..) ed elettroni, che si muovono a velocità altissime, prossime a quella della luce. Possiedono energie molto superiori a quelle ottenibili dagli acceleratori di particelle.

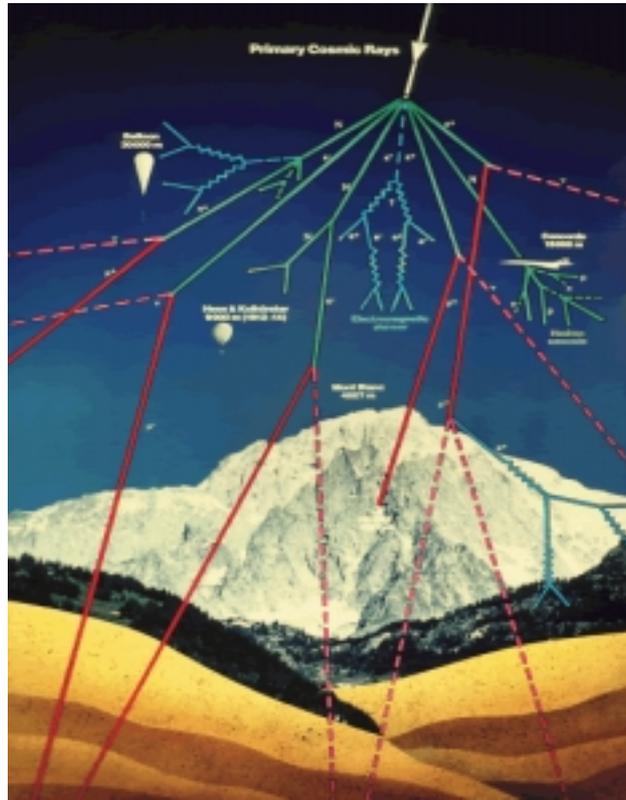
Essi arrivano sulla Terra da ogni direzione dello spazio. Osservati per la prima volta nel 1912, ancora oggi, non esiste una teoria pienamente condivisa da tutti sul modo in cui questi raggi cosmici sono prodotti, o sul "motore" cosmico che riesce ad accelerarli a così grandi energie. Secondo recenti teorie, i raggi cosmici sono emessi dalle stelle o durante alcuni fenomeni che liberano molta energia, come le esplosioni di supernovae. Infatti, queste particelle cariche, urtando il gas interstellare, gli cedono energia, che il gas riemette come radiazione gamma. Un alone di raggi gamma attorno a una galassia ricca di supernovae, indica la presenza di una grande quantità di raggi cosmici. Alcuni hanno origine nel Sole, altri da sorgenti nella Via Lattea, altri ancora da sorgenti esterne alla nostra galassia.

Quando il flusso continuo di raggi cosmici raggiunge la nostra atmosfera da tutte le direzioni dello spazio, le particelle si moltiplicano in una cascata di interazioni successive, creando un'invisibile "pioggia cosmica" che colpisce continuamente ciascuno di noi alla frequenza di circa 4000 particelle cariche al minuto per centimetro quadrato. Questi raggi, urtando le particelle dell'atmosfera, le spezzano in altre più piccole, dette muoni e pioni, che possono essere rivelati sulla superficie terrestre (vedi foto sopra). I muoni sono particelle che hanno la stessa carica elettrica degli elettroni ma sono 210 volte più pesanti, e diversamente dagli elettroni non sono stabili. Infatti dopo una vita media di 2.2 microsecondi (2.2 milionesimi di secondo) il muone subisce un decadimento.

Altri particolari raggi cosmici, come i neutrini, attraversano la materia senza interagire con essa (vedi foto sotto).



Come si rilevano i raggi cosmici?



1. Nello Spazio

Alcune particelle presenti nei raggi cosmici si arrestano nell'atmosfera. Per intercettarle, i fisici sistemarono originariamente rivelatori di particelle in mongolfiere, per raggiungere quote di decine di migliaia di metri. Oggi questi rivelatori vengono installati all'interno di navi spaziali, capaci di analizzare i raggi cosmici nello spazio.

2. Sulla Terra

Altre particelle raggiungono il suolo e possono essere catturate da rivelatori posti sulla superficie terrestre.

3. Sottoterra

Altre particelle ancora penetrano dentro la terra e vengono intrappolate da dispositivi sotterranei, come il CERN del Gran Sasso, o posti sul fondo del mare.

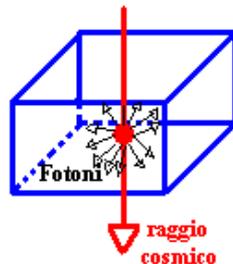
Lo studio dei raggi cosmici ci permette di indagare il cosmo attraverso segnali di alta energia, di studiare la fisica fondamentale ad energie finora irraggiungibili negli acceleratori qui sulla Terra, e di ottenere preziose indicazioni sulle prime fasi di evoluzione dell'Universo.

I raggi cosmici attraversano la materia e arrivano da tutte le direzioni spaziali. Ma come facciamo a studiare qualcosa che neanche vediamo? Naturalmente per mezzo di apparecchiature apposite. Di seguito indicheremo il materiale usato per il nostro esperimento:

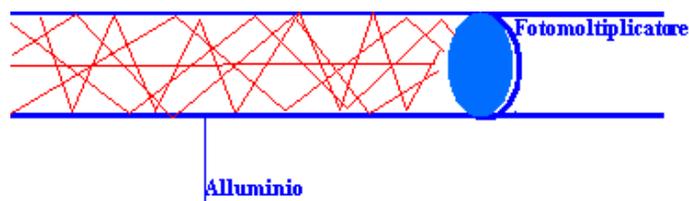
STRUMENTI PER LA MISURA

Lo scintillatore

Lo scintillatore è composto da una sostanza plastica (in questo caso 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 riemettono l'energia acquistata sotto forma di luce



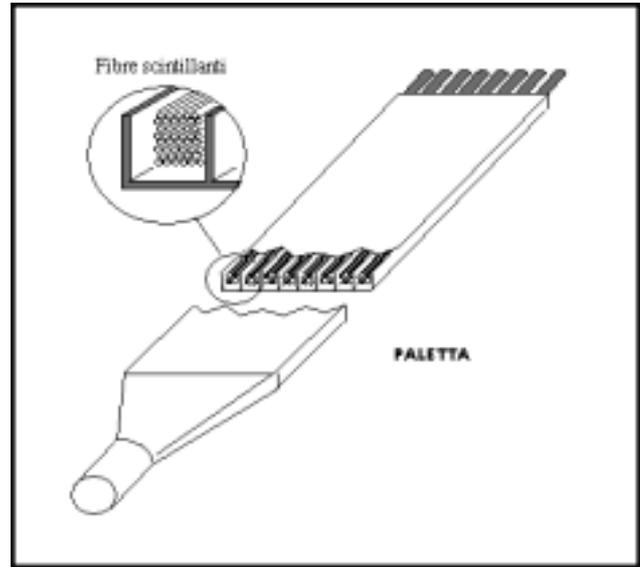
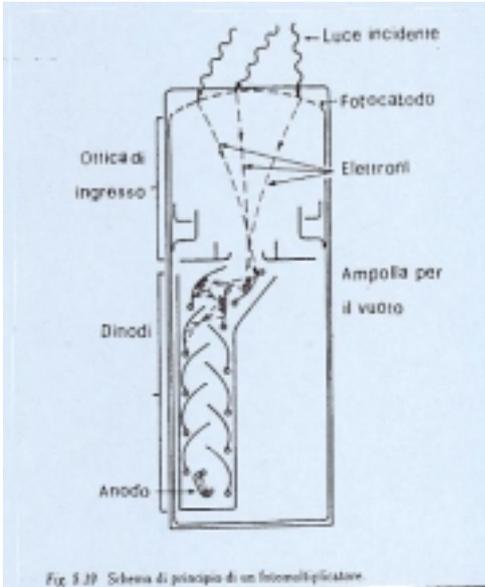
Una volta creati i fotoni, questi vengono guidati grazie a delle superfici riflettenti (Tipo alluminio) fino al fotomoltiplicatore.



Il fotomoltiplicatore

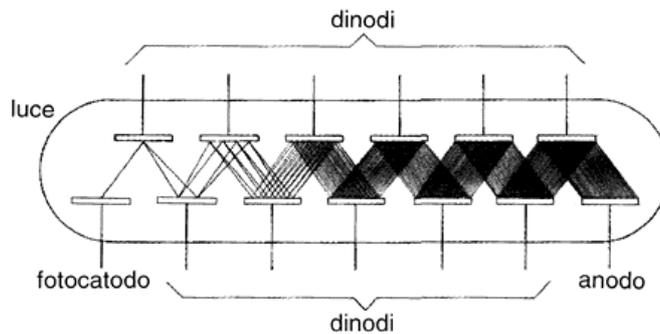
Il fotomoltiplicatore (PM) è racchiuso in un'ampolla di vetro, che contiene:

- Un **fotocatodo**
- Un' **ottica di ingresso**
- I **dinodi**
- Un **anodo**



Il fotocatodo converte la luce incidente in una corrente di elettroni (detti fotoelettroni) (effetto fotoelettrico). Il materiale fotosensibile è depositato in uno strato sottile all'interno del vetro (o quarzo) della finestra di ingresso del fotomoltiplicatore.

I dinodi sono degli elettrodi di emissione secondaria, posti tra il fotocatodo e l'anodo del fotomoltiplicatore. Servono ad amplificare la debole corrente primaria di elettroni estratti dal fotocatodo gli elettroni così moltiplicati giungono all'**anodo**: che raccoglie tutti gli elettroni creati dalle emissioni secondarie.

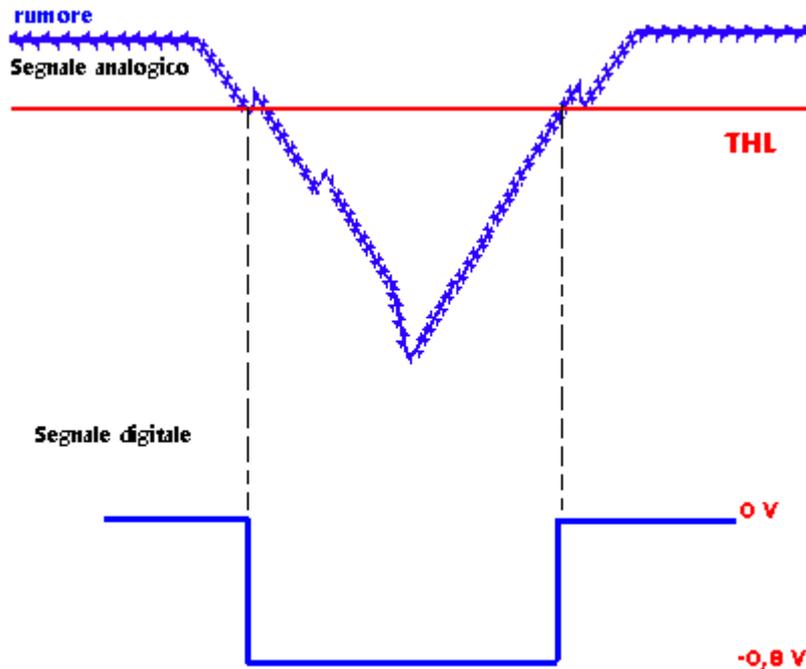


Nel caso a destra abbiamo raggi cosmici che attraversano la paletta solo per un dato angolo d'inclinazione (Angolo solido).

Il discriminatore

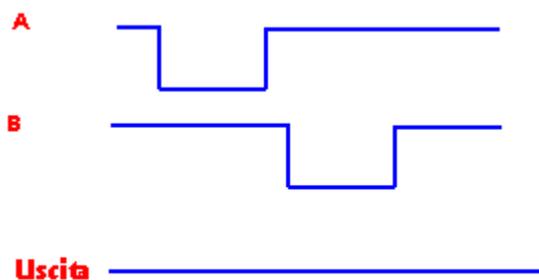
Il discriminatore è un dispositivo che genera un segnale in uscita solo quando il segnale d'ingresso (analogico) assume un valore maggiore di una certa soglia (THL) programmabile dall'utente.

Se l'impulso è minore del valore della soglia prefissata, il discriminatore non emette alcun segnale di uscita, altrimenti verrà generato un segnale standard (di tipo digitale) di durata programmabile.



Il discriminatore è, inoltre, utilizzato per eliminare i segnali elettrici spuri (ovvero il rumore, dovuto all'elettronica o ai passaggi indesiderati della luce).

Nel nostro esperimento utilizziamo due scintillatori collegati a due discriminatori differenti, otteniamo due segnali digitali di lunghezza programmabile. Se il raggio cosmico non cade perpendicolare sulle "palette" i due segnali arriveranno in tempi diversi sulla coincidenza e quindi non otterremo alcun segnale in uscita.



Le coincidenze (AND e OR)

In elettronica, il *circuito di coincidenza* segnala il verificarsi di un evento ogni volta che i segnali in ingresso *A* e *B* sono temporalmente coincidenti.

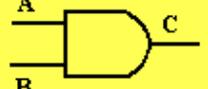
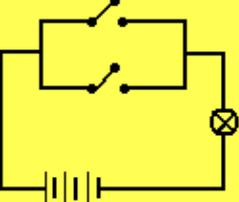
Questi circuiti forniscono in uscita un segnale binario, il cui valore è determinato dallo stato delle sue variabili binarie in ingresso e dal tipo di operazione logica compiuta.

Le informazioni sono immagazzinate nei calcolatori come una serie di cifre 0 e 1. I circuiti che compiono le operazioni dell'algebra della logica sono designati come circuiti di porta logica (*logic gate*). Esistono tre porte logiche fondamentali che sono dette **AND**, **OR** e **NOT**.

Le coincidenze da noi utilizzate sono le coincidenze AND e OR.

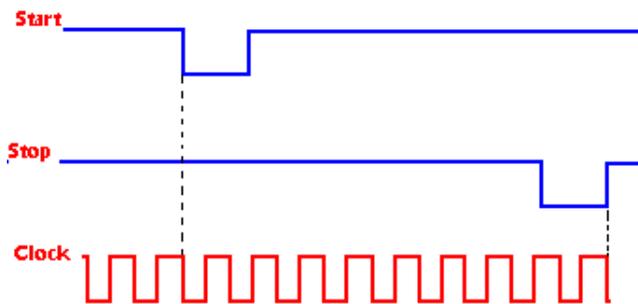
La **porta AND** esegue l'operazione di **prodotto logico** fra due o più ingressi binari (il prodotto logico fra *N* variabili booleane è uguale a 1 se e solo se **TUTTE** le variabili che lo compongono hanno il valore 1).

La **porta OR** esegue l'operazione di **somma logica** fra due o più ingressi binari (la somma logica fra *N* variabili booleane è uguale a 1 se **ALMENO UNA** delle variabili che la compongono vale 1).

COINCIDENZA	SIMBOLO	TAVOLA DI VERITA'	SCHEMA ELETTRICO															
AND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
A	B	C																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
A	B	C																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																

Il TDC

Il TDC è un dispositivo utilizzato per misurare il tempo che intercorre tra il segnale di Start e quello di Stop, per mezzo di un Clock interno con una frequenza, nel nostro caso, $\nu > 1$ MHz



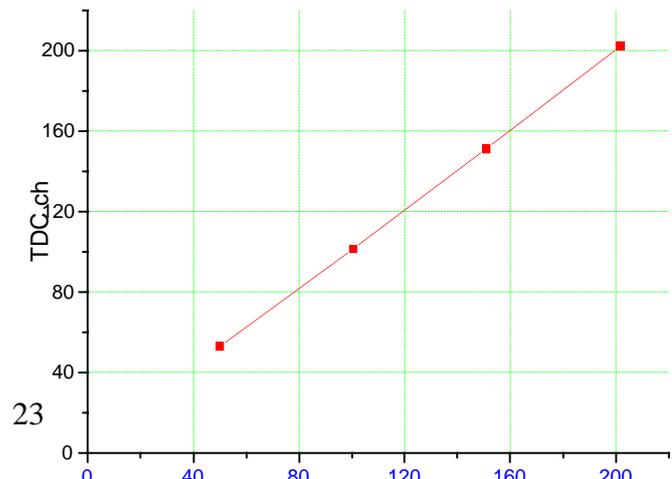
Il segnale di Start fa partire un clock e il segnale di Stop lo ferma; un'apparecchiatura interna al TDC conteggia il numero di clock proporzionale al tempo intercorso tra lo Start e lo Stop.

CALIBRAZIONE TDC

[27/06/03 09:43 "/>

Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$



Parameter	Value	Error
A	3,01217	1,14417
B	0,98434	0,0083

R	SD	N	P
0,99993	0,9373	4	<0.0001

run	TIME ns	Ch
10	50	52,9
11	100,5	101,25
12	151	151,01
13	201,5	202,01

Grazie alla calibrazione del TDC abbiamo visto che il canale che leggiamo non corrisponde esattamente a 1 nS, ma ad un valore leggermente inferiore. Di conseguenza per conoscere il vero valore dovremo prendere il valore del canale e moltiplicarlo per il coefficiente angolare della nostra retta:

$$\text{Tempo} = \text{Canale} \cdot 0.98434$$

IL JITTER

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

Qualunque segnale digitale è in qualche modo associato ad un clock, in altre parole 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".

SET UP SPERIMENTALE

I rivelatori sono allineati verticalmente ad una distanza l che può essere modificata. Quando la particella di un raggio cosmico attraversa lo scintillatore essa produce un impulso luminoso che è convertito in segnale elettrico all'uscita dal fotomoltiplicatore. Il segnale giunge ad un discriminatore a bassa soglia che lo trasforma in segnale digitale. Il segnale digitale è ritardato di 200 ns per la paletta UP e 50 ns per la paletta DOWN e i due segnali ritardati arrivano alla coincidenza in cui avviene un'operazione AND. Essa è necessaria per selezionare solamente le particelle dei raggi cosmici che attraversano entrambi i rivelatori. L'unità logica ha tre uscite una di queste va allo scaler per il conteggio delle coincidenze, un'altra giunge allo Status A producendo un segnale che è collegato al VETO della coincidenza e interrompe l'unità per un breve periodo dopo ogni coincidenza; l'ultima giunge al TDC Common Start. Lo stesso segnale dello scintillatore DOWN va al TDC Common Stop. Il TDC e lo Status A device, che fanno parte del Camac Creat, scambiano i dati con il PC per mezzo dell'interfaccia SCSI.



STRUMENTAZIONE

DISCRIMINATORE

Finuda

DISCRIMINATORE

C.A.E.N. Model 413

ALIMENTATORI

C.A.E.N. High voltage power supply / Model 126

COINCIDENZA

Unit Le Croy / model 465

CASSETTA RITARDI

Finuda

STATUS A

C.A.E.N Model C236

TDC

LRS 228

SCINTILLATORE

30 x 30 x 0,5 cm PHILIPS NE110

GUIDA OTTICA

22 cm

FOTOMOLTIPLICATORE

PHILIPS 56AVP

PC

Software LAB VIEW

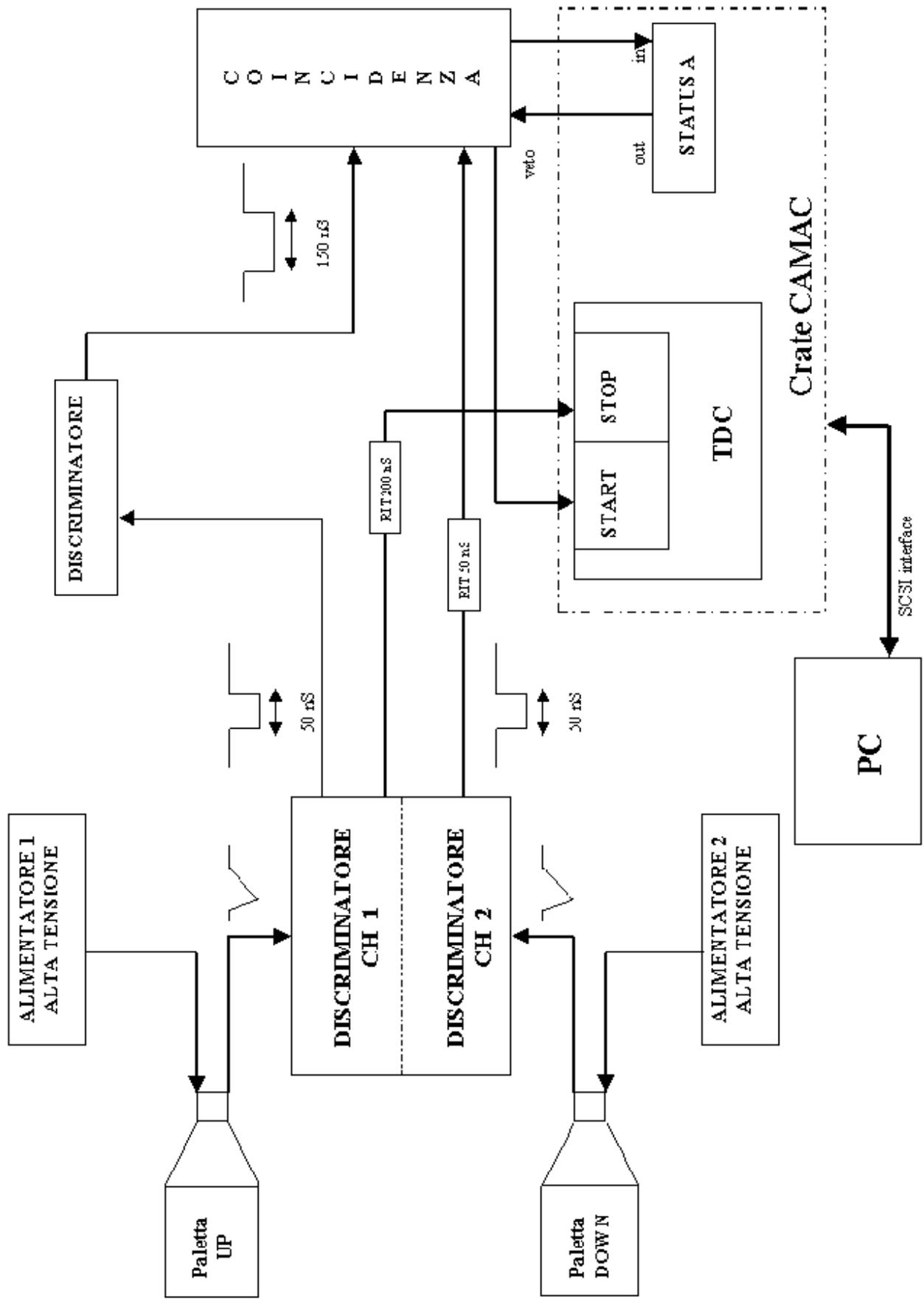
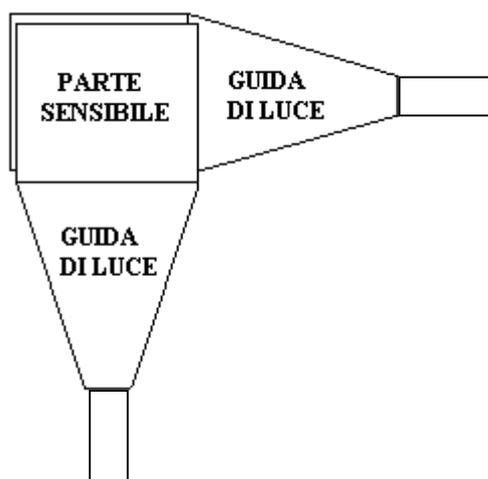


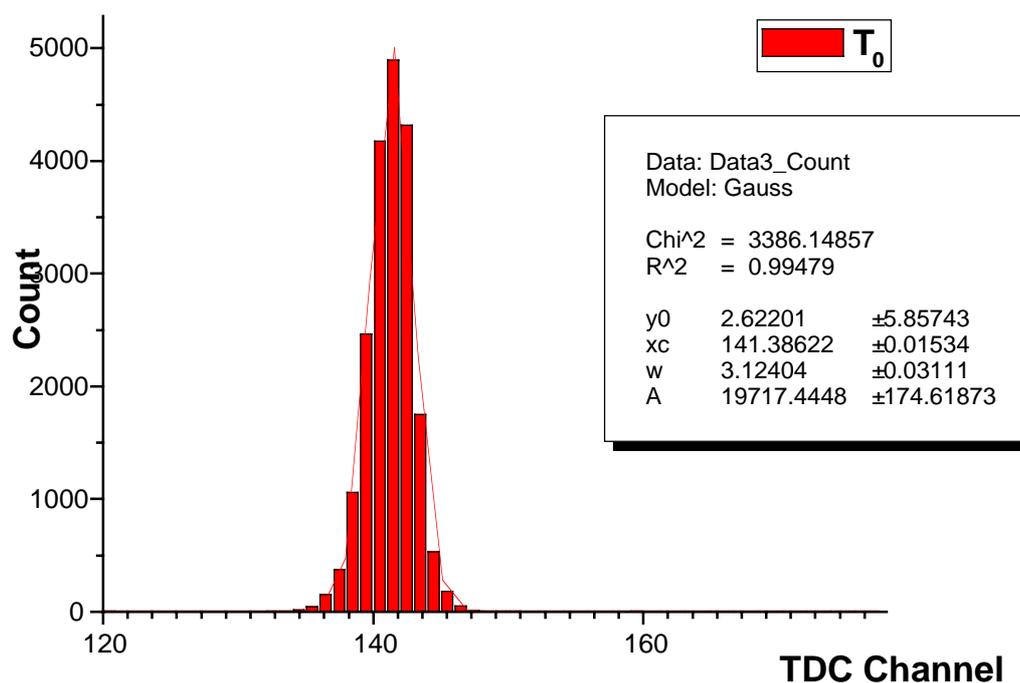
Diagramma a blocchi

MISURA DELLA VELOCITA' DEI RAGGI COSMICI

Per misurare la velocità dei raggi cosmici occorrerà conoscere il tempo (t) che essi impiegano nel passare attraverso entrambi i nostri scintillatori. Per sapere il nostro t , ci servirà conoscere il valore 0 del tempo, ovvero l'istante in cui noi dovremo cominciare a cronometrare. In questa misurazione gli scintillatori sono stati posti l'uno sopra l'altro, avendo così una distanza \emptyset e quindi un tempo \emptyset tra il segnale dello scintillatore down e quello dello scintillatore up.



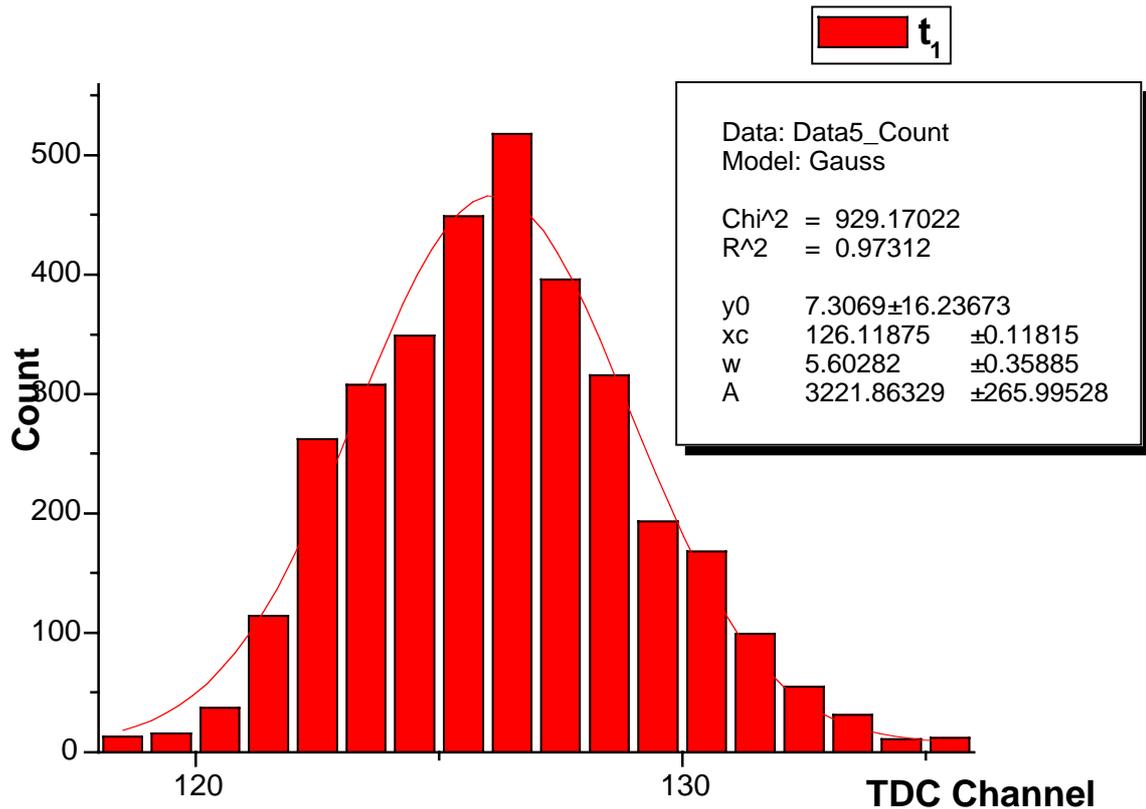
Nella figura seguente è visibile la distribuzione gaussiana della misura del tempo t_0 :



Osservando i canali, secondo la gaussiana, abbiamo ricavato il nostro t_0 (x_c):

$$(141,39 \pm 0,01) \text{ ns}$$

Adesso occorre porre i due scintillatori ad una distanza nota di $(4,274 \pm 0,001)$ m, quindi abbiamo effettuato una nuova misura: ecco il grafico.



Come si può osservare, è stato ottenuto un nuovo tempo, il nostro t_1

$$(126,11 \pm 0,11) \text{ ns}$$

La differenza tra t_0 e t_1 ci dà il Δt cioè il tempo necessario ad una particella per attraversare entrambi gli scintillatori:

$$\Delta t = (15,27 \pm 0,12) \text{ ns}$$

Il valore che abbiamo ottenuto non è però quello reale, esso dovrà essere corretto in relazione alla curva di taratura del TDC usato, ovvero moltiplicato per 0,98:

$$\Delta t_f = \Delta t \cdot 0,98 = (15,27 \pm 0,12) \cdot 0,98 = (14,96 \pm 0,12) \text{ ns}$$

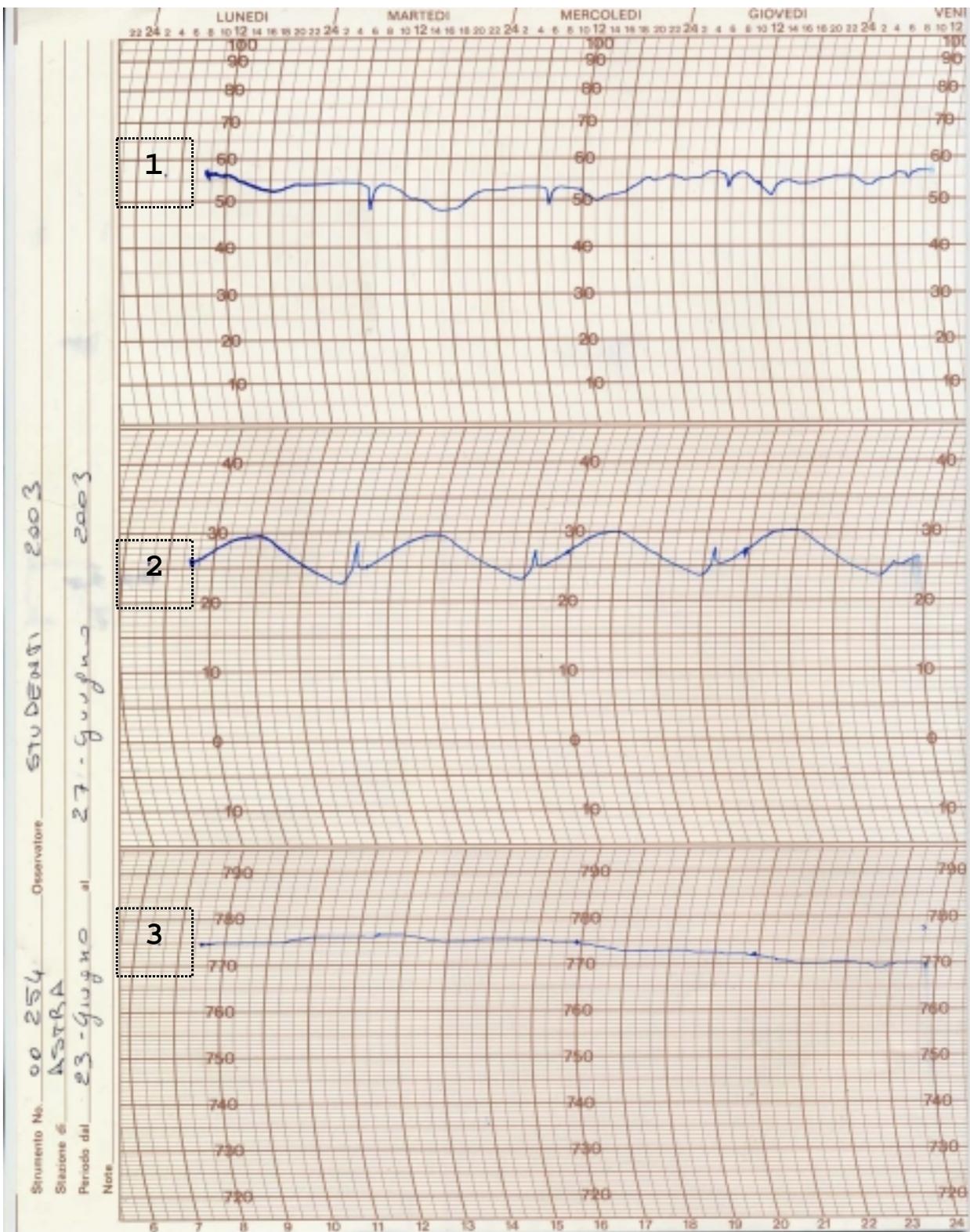
CONCLUSIONI

E' con questo tempo che noi possiamo misurare la velocità del raggio cosmico, ricordando che la distanza tra i due scintillatori è di $(4,274 \pm 0,001) \text{ m}$:

$$V = s / \Delta t_f = (4,274 \pm 0,001) \text{ m} / (14,965 \pm 0,12) \cdot 10^{-9} \text{ s} =$$

$$\underline{(285 \pm 2) \cdot 10^6 \text{ m/s}}$$

Il valore che abbiamo così ottenuto, si discosta dalla cifra canonica, che ci saremmo aspettati ($298 \pm 10^6 \text{ m/s}$); probabilmente perché la misura dei tempi t_1 è soggetta a molteplici fluttuazioni dovuta alla variazione termica (escursione termica di $6^\circ\text{-}7^\circ$) cui il SET UP sperimentale è sottoposto.



Questo grafico mostra l'andamento dell'umidità (1), temperatura (2) e della pressione (3) nei giorni in cui abbiamo preso i dati della nostra esperienza