

Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato

MORETTO

Via Apollonio n° 21 BRESCIA

Contatore Geiger LX788

Gruppo di lavoro :

BIEMMI ANDREA

LORANDI CRISTIAN

PANADA MATTEO

Classe 5AI TIEE

corso per Tecnici delle Industrie Elettriche ed Elettroniche

1997/1998

TUBO GEIGER

In ogni tubo Geiger è contenuta una particolare miscela di gas, che ha la proprietà di agire per pochi secondi da conduttore, se eccitata da qualsiasi particella radioattiva.

Applicando alle estremità di tale tubo la giusta tensione di lavoro, quando una particella radioattiva lo colpirà, la lancetta dello strumento devierà bruscamente per indicare che c'è stato un passaggio di tensione, se ne capterà due, la lancetta dello strumento subirà due brusche deviazioni, perché due saranno state le particelle radioattive captate.

La tensione di lavoro di un tubo Geiger è di 400 V, questa non è tassativamente critica, cioè un tubo che andrebbe alimentato con 400 V, lavorerà ancora bene a 330 - 350 V e anche a 450 - 460 V, questi valori vengono indicati dalla Casa Costruttrice.

Potremo paragonare gli isotopi radioattivi alla limatura incandescente irradiata da una ruota a smeriglio che, colpendoci, ci può provocare delle piccole ustioni, senza farci però accusare alcun dolore. E' intuitivo che più ci troveremo vicini a tale sorgente, più particelle di limatura riusciranno a colpire il nostro corpo e che più ci troveremo distanti, meno probabilità avremo che tali particelle ci investano. Secondo approfonditi studi, molti esperti sono concordi nel sostenere che la dose massima di radioattività che si può assorbire nell'arco di un anno senza conseguenze, si aggira intorno ai 600 millirem, quindi in media 50 millirem al mese, 1,64 millirem al giorno e infine 0,068 millirem all'ora.

Anche se non esistessero le centrali nucleari e nessun Paese effettuasse più degli esperimenti con bombe nucleari, la terra continuerebbe ad essere investita dalla cosiddetta radioattività cosmica naturale, ma in dosi limitate di 0.02 milli Roentgen/ora che corrispondono a un massimo di: 175millirem all'anno. 1 Rem indicano la radioattività assorbita da un corpo umano e i Roentgen la radioattività emessa da una qualsiasi sorgente radioattiva.

Per rendere più comprensibile perché nell'arco di un mese e in via del tutto eccezionale, si possa assorbire una dose tripla di radioattività, senza che ciò provochi gravi conseguenze, facciamo qui un semplice esempio. Paragoniamo l'organismo umano ad una grande cisterna, che non possa raccogliere nell'arco di un anno più di 600 litri di acqua piovana, pertanto, per non superare tale dose, ogni giorno e per 365 giorni, non potremmo raccogliere più di 1,64 litri, infatti:

$$600/365 = 1,641\text{ litri}$$

cioè non potremmo superare nell'arco di un mese un massimo di 49,2 litri, infatti: $1,64 \times 30 = 49,2$ litri

Logicamente questa condizione non è realistica, perché non tutti i giorni dell'anno pioverà o pioverà con la medesima intensità.

Pertanto se in un mese si riversano in tale cisterna 200 litri di acqua piovana, per non superare nell'arco di un anno la dose massima di 600 litri, è ovvio dedurre che nei successivi undici mesi dovranno riversarsi nella cisterna non più di 49,2 litri al mese, ma molto meno, infatti $600 - 200 = 400$ litri da raccogliere in undici mesi $400 / 11 = 36,36$ litri da raccogliere al mese

Se per una particolare condizione nella cisterna si riversassero in un mese 500 litri di acqua, dovremmo maggiormente controllare nei successivi undici mesi, che non se ne riversino più di: $600 - 500 = 100$ litri da raccogliere in undici mesi $100 / 11 = 9$ litri da raccogliere al mese

Analogamente per l'organismo umano, esso può assorbire per un giorno o in un mese una dose superiore a quella consentita a causa di un incidente o di esperimenti nucleari, purché nei rimanenti undici mesi le dosi si riducano ad un livello tale da non superare mai i fatidici 600 millirem totali.

RADIOATTIVITA'

La radioattività è l'emissione di radiazioni di natura corpuscolare (raggi α e β) e, talvolta, elettromagnetica (raggi γ) da parte dei nuclei di certi elementi, detti perciò radioattivi. Alla scoperta di tale fenomeno giunse per primo H. Becquerel nel 1896, mentre studiava la fosforescenza di sali irraggiati con luce normale e di vetri colpiti da raggi x.

Egli osservò che alcuni sali di uranio, posti nelle vicinanze di una lastra fotografica protetta da carta nera e lontana dalla luce solare, riuscivano a impressionare la lastra; gli stessi sali erano in grado di scaricare un elettroscopio elettricamente carico. Poco tempo dopo, E. Rutherford, analizzando il potere penetrante delle radiazioni emesse dall'uranio, giungeva alla conclusione che si trattava di due tipi di radiazioni differenti: una poco penetrante ("molle"), cioè facilmente assorbita dalla materia, che egli chiamò raggi alfa (α) e che oggi sappiamo essere nuclei di elio con carica positiva pari al doppio di quella dell'elettrone, e una più penetrante che egli chiamò raggi beta (β), e che oggi sappiamo essere elettroni.

Vennero messe in evidenza anche radiazioni elettromagnetiche (fotoni) molto penetranti (raggi γ) emessi dai nuclei durante il riassorbimento che segue ad emissione (α o β). Negli anni successivi P. e M. Curie, studiando la radioattività di un minerale di uranio (pechblenda), giunsero alla scoperta di altri due elementi radioattivi, il polonio e il radio, quest'ultimo dotato di una radioattività molto maggiore di quella di una pari quantità di uranio. Da allora sono stati individuati complessivamente un migliaio di nuclei radioattivi tra naturali e artificiali.

La radioattività, che ha oggi moltissime applicazioni, per esempio in campo industriale, medico, agricolo (radioisotopi), viene spiegata come il risultato di uno stato energetico instabile di nuclei atomici eccitati, i quali, per portarsi a uno stato stabile (o comunque meno instabile), emettono l'energia in eccesso sotto forma di radiazioni α o β , talvolta accompagnate, come si è detto, da

emissione di raggi γ . Lo studio della radioattività ha permesso di ricavare importanti informazioni sulla struttura dei nuclei: per esempio, dopo i primi esperimenti di Rutherford, che aveva scoperto il segno della carica delle radiazioni α o β , misurandone la deflessione in campi elettrici e magnetici, sorgeva il problema di riuscire a spiegare l'origine degli elettroni emessi, non potendo questi preesistere nel nucleo a meno di non violare il principio di indeterminazione.

Nel 1934 E. Fermi dimostrò con la sua teoria del decadimento β , P che i raggi β sia positivi (positroni) che negativi (elettroni) non sono contenuti nel nucleo ma vengono emessi come risultato della trasformazione di un protone in un neutrone e viceversa, le uniche due particelle che costituiscono il nucleo.

La radioattività, oltre che naturale (spontanea), può essere artificiale (indotta), il che accade quando il nucleo stabile diventa radioattivo a seguito di un bombardamento con radiazioni quali neutroni, protoni, deutoni, mesoni ecc....

RADIOATTIVITA' NATURALE

Questo tipo di radioattività è stata osservata per la prima volta negli elementi uranio, radio, polonio, e torio, ma oggi è risaputo che quasi tutti i nuclei con numero atomico Z compreso tra 81 e 92 (nonché un certo numero di nuclei più leggeri) sono naturalmente radioattivi, e si trasformano in nuovi nuclei chimicamente ben distinguibili dai nuclei di partenza. Ogni nucleo (o nuclide) X è costituito da Z protoni e N neutroni e viene indicato con A_ZX dove X è il simbolo chimico dell'elemento cui il nucleo appartiene, $A = N + Z$ è il numero di massa (cioè il numero totale di nucleoni del nucleo) e Z è il numero atomico, parametro mediante il quale i vari elementi vengono ordinati nella tavola periodica di Mendeleev.

Gli elementi naturalmente radioattivi sono stati raggruppati in tre serie (o famiglie) radioattive: la serie dell'uranio, la serie del torio e la serie dell'attinio, dai nomi degli elementi capostipite. Storicamente agli elementi che fanno parte di tali serie sono stati assegnati nomi che ricordano più il modo in cui furono scoperti che non l'effettivo nucleo radioattivo.

La grandezza più significativa relativa al decadimento di una sostanza radioattiva è la sua attività, intesa come il numero di decadimenti radioattivi che ha luogo complessivamente in tale sostanza nell'unità di tempo. L'unità di misura ammessa nel sistema Internazionale (SI) è il "curie" (Ci), definito come l'attività di una sostanza radioattiva nella quale avvengono $3,7 \times 10^{10}$ disintegrazioni al secondo. Il curie era originariamente definito come l'attività della quantità di radio in equilibrio radioattivo con un grammo di radio; l'attività di 1 Ci è circa pari a quella di 1 g di radio. Molto usati sono anche i suoi sottomultipli, il millicurie (mCi) pari 0,001 Ci e il microcurie (uCi), pari a 0,000001 Ci.

Nel 1975 la quindicesima Conferenza Generale di pesi e misure ha adottato come unità di misura dell'attività di una sostanza radioattiva il "becquerel" (Bq), definito come l'attività di una sostanza radioattiva che subisce 1 decadimento al secondo; risulta perciò $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1} = 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$.

In presenza di radioattività naturale, nel contatore Geiger, si accende il primo diodo led verde che si spegnerà nel tempo prefissato di 20 secondi.

Potrà anche verificarsi che passino 20 - 40 secondi prima che il primo diodo led verde si accenda, ma in questo caso al successivo conteggio potrebbe accendersi il secondo o il terzo diodo led verde. Questo non significa però che la radioattività è aumentata, per stabilirlo con esattezza occorre controllare quale diodo led verde si accenderà nei successivi 20 secondi.

infatti, per ottenere un valore attendibile, si dovrebbe sempre fare la media fra almeno 4 letture. Così, nei primi 20 secondi si è acceso il terzo diodo led verde, nei successivi 20 secondi il secondo diodo led e nei successivi 20 + 20 secondi nessun diodo led, facendo il totale dei milliroentgen / ora, come riportato nella scala presente sul frontale del contenitore avremo:

terzo diodo led verde = 0,03 mR/h

primo diodo led verde = 0,01 mR/h

A questo punto dovremo fare la somma dei milliroentgen / ora, poi dividere per quattro, essendo state quattro le letture effettuate e, così facendo, otterremo:

$$0,03 + 0,01 = 0,04: 4 = 0,01 \text{ mR/h}$$

cioè un valore di radioattività naturale.

Perciò, se per ipotesi si dovesse accendere, anche per una sola volta, il quarto diodo led verde, non significherebbe che la radioattività è aumentata su valori di 0,04 milliroentgen / ora, se poi passerà un lungo intervallo di tempo prima che si accenda il primo diodo led verde.

Infatti, se nelle successive tre letture il primo diodo led verde rimarrà spento, avremo un valore di radioattività pari a:

$$0,04 + 0 + 0 + 0: 4 = 0,01 \text{ mR/h}$$

cioè ancora un valore di radioattività naturale.

Se in condizioni normali si accendeva solo il primo diodo led verde e, solo raramente, il secondo e per 20 - 40 secondi non si accendeva nessuno dei diodi presenti, ottenendo così un valore medio di 0,01 - 0,015 milliroentgen / ora, appena la radioattività atmosferica aumenta, vedremo subito accendersi nei primi 20 secondi il secondo e forse anche il terzo diodo led verde.

Facendo la somma dei milliroentgen / ora, otterremo:

$$0,01 + 0,02 + 0,04 + 0,04 = 0,11 \text{ mR/h}$$

dividendo per quattro, otterremo così:

$$0,11 : 4 = 0,027 \text{ mR/h}$$

vale a dire un raddoppio della normale radioattività atmosferica.

Se la radioattività non accenna a diminuire nei successivi 20 - 40 secondi si potrà anche accendere il primo diodo led rosso accompagnato dalla nota acustica di allarme.

Anche se per una o due volte si accende il diodo led rosso che corrisponde a 0,05 milliroentgen / ora, per determinare l'esatto valore di radioattività sarà necessario fare una media. Dobbiamo precisare che se ci troviamo vicino a centrali nucleari è facile che anche in condizioni normali si accendano il terzo e il quarto diodo led verde e qualche volta anche il primo led rosso.

Se la radioattività dovesse aumentare, allora vedremo nei primi 20 secondi accendersi velocemente il primo, poi il secondo, il terzo e quarto led verde, nei successivi 20 secondi ancora, velocemente, il primo, il secondo diodo led rosso, oppure il primo, il secondo, il terzo, il quarto led verde e il primo, secondo, terzo o quarto led rosso e così di seguito per tutte le altre successive letture.

Per non creare degli inutili allarmismi, dobbiamo ricordarci che, anche se si dovesse accendere per una o due volte l'ultimo diodo led rosso, bisognerà sempre fare una media fra quattro letture, per avere un dato veramente valido e significativo.

Perciò, se nei primi 20 secondi si accende l'ultimo diodo led rosso che corrisponde in pratica a 0,07 mR/h, nei successivi 20 secondi il primo diodo led rosso che corrisponde a 0,05 mR/h, poi ancora il primo diodo led rosso, e alla quarta lettura il terzo diodo led rosso che corrisponde a 0,06 mR/h, in pratica per calcolare l'esatto valore di radioattività dovremo eseguire la somma delle quattro letture:

$$0,07 + 0,05 + 0,05 + 0,06 = 0,23 \text{ mR/h totali}$$

poi dividere questo totale per quattro e, così facendo, otterremo:

$$0,23 : 4 = 0,057 \text{ mR/h}$$

cioè la radioattività esiste, ma non risulta di 0,07 mR/h, bensì di soli 0,057 mR/h.

Per ottenere dati ancora più attendibili potrebbero eseguire eseguire 6 - 7 letture e solo a questo punto si potrebbe stabilire con maggiore precisione se la radioattività risulta pari a 0,05 mR/h oppure a 0,06 mR/h.

E' stato constatato che con 0,05 nanocurie si accende il terzo - quarto led verde e dopo un minuto il primo led rosso.

Con un nanocurie si accendeva il quarto led verde e dopo pochi secondi il primo diodo led rosso.

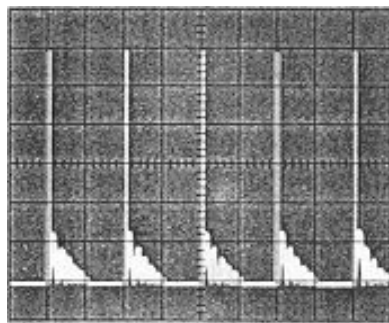
Con tre nanocurie si accendeva velocemente il secondo led rosso, seguito poco dopo dall'accensione del secondo - terzo ed anche del quarto led rosso.

Nei giorni successivi all' arrivo della nube di Chernobyl, nel latte si sono registrate dosi di radioattività anche di 14 - 15 nanocurie per litro.

SCHEMA ELETTRICO

Il tubo che abbiamo utilizzato (SE2.20) richiede una tensione di alimentazione di 400 V, la quale si ottiene con l' inverter IC 1 /A, un' oscillatore ad onda quadra con frequenza di lavoro di circa 10 KHz, più un transistor (TR2), in grado di fornire sul suo collettore, per la presenza dell'induttanza (JAF 1), dei picchi di extra tensione ogni qualvolta l' onda quadra passerà dal livello logico 1 a livello logico 0.

Se collegassimo un oscilloscopio al collettore di TR2 vedremmo un segnale simile a quello visibile nella figura sottostante, cioè tanti picchi di extra tensione con valori di picco di 400 V



Non è possibile misurare l' alta tensione dei 400 V con un normale tester. Solo con un normale oscilloscopio si potrà rilevare sul collettore di TR2 dei picchi di extra tensione di 400 V come vedesi in figura.

(Nota: l' oscilloscopio va posto in AC e la misura andrà effettuata con una sonda x 10).

Poichè al tubo Geiger occorre una tensione continua utilizzeremo il diodo DS4 per raddrizzarla, seguito dal condensatore C7 da 47 pF 500 V lavoro, necessario per livellare questa tensione impulsiva. Dopo aver risolto il problema dell'alimentazione, possiamo dire che sul terminale catodo (parte metallica del tubo), per ogni isotopo radioattivo che lo colpirà, giungerà un impulso di circa 10 V che, tramite la resistenza R9, verrà convogliato sul piedino 11 del flip-flop siglato IC2/B,

utilizzato come monostabile. Questo monostabile risulta indispensabile per allargare quel piccolissimo e ristretto picco fornito dal tubo Geiger, in modo da renderlo idoneo, anche come livello logico, a pilotare il successivo integrato. Dal piedino di uscita 13 di tale mono stabile, questo impulso giungerà sul piedino d'ingresso 14 dell'integrato 1C3, un contatore "Johnson Counter" C/Mos, tipo CD4017, nei piedini di uscita 2, 4, 7 e 10 di questo contatore abbiamo inserito quattro diodi led di color verde e nei piedini 1, 5, 6, 9 e 11, cinque diodi led di color rosso.

11 diodo led verde = 0,01 milliroentgen/ora

21 diodo led verde = 0,02 milliroentgen/ora

31 diodo led verde = 0,03 milliroentgen/ora

40 diodo led verde = 0,04 milliroentgen/ora

51 diodo led rosso = 0,05 milliroentgen/ora

61 diodo led rosso = 0,055 milliroentgen/ora

70 diodo led rosso = 0,06 milliroentgen/ora

811 diodo led rosso = 0,065 milliroentgen/ora

91 diodo led rosso = 0,07 milliroentgen/ora

Per poter determinare un qualsiasi livello di radioattività occorre effettuare una misura in un tempo ben determinato, diversamente, il contatore continuerà a sommare tutti i radioisotopi naturali di origine cosmica che via via capterà e, così facendo, il contatore indicherebbe una radioattività che in pratica non esiste.

Questo tempo è stato valutato di 20 secondi, pertanto il nostro circuito della base dei tempi è calcolato per azzerare ogni 20 secondi l'integrato 1C3.

L'inverter IC 1 /B, applicato sul piedino di ingresso 15 di IC3, è l'oscillatore ad onda quadra della base dei tempi che ci fornirà quest'impulso ogni 20 secondi, necessari all'azzeramento di IC3. Quindi, ogni 20 secondi il conteggio ripartirà sempre da 0, azzerando gli impulsi contati in precedenza.

Lo stadio acustico, che ci avviserà ogni qualvolta dalla zona dei diodi led verdi si passa a quella dei diodi led rossi, ci consentirà di lasciare per lungo tempo il contatore vicino ai cibi senza vincolarci ad una presenza costante.

Ogni volta che si accenderà uno dei cinque diodi led rossi, la cicalina inserita emetterà dei bip di allarme e, a questo punto, potremo rivolgere la nostra attenzione al contatore per controllare quale dei cinque diodi ed rossi si sarà acceso.

Per ottenere questo controllo sonoro, è stato prelevato dal piedino 12 dell' integrato IC3 la condizione logica, che da 1 (livello logico con diodi led verdi accesi) si convertirà a 0 (livello logico con diodi led rossi accesi). Questo livello logico applicato sul piedino 4 IC2/A, sbloccherà tale integrato e sulla sua uscita (piedino 2), troveremo un livello logico 0.

Pertanto l' oscillatore IC 1 /C, funzionerà solo quando sul piedino 2 di IC2/A sarà presente il livello logico 0, cioè solo quando si accenderanno i diodi led rossi.

All'uscita di tale oscillatore troviamo collegata la cicalina piezoelettrica siglata CP 1, che provvederà ad emettere una nota acustica intermittente. La frequenza di intermittenza viene fornita dall'oscillatore IC 1 /D, utilizzato anche per far lampeggiare il diodo led DL 1 0, sfruttato come monitor.

Il secondo stadio inserito, costituito da ICI/E, ICI/F e 'IRI, serve solo ed esclusivamente per avvisare che la pila è scarica.

Come si può vedere dallo schema elettrico, tra il positivo di alimentazione e la massa troviamo inserito un diodo zener DZ 1 da 7,5 V, con in serie una resistenza R 1 da 10 K.

Quando la pila risulta carica, sulla giunzione DZ 1 - RI, a cui è collegata la resistenza R2 che polarizza la base del transistor TR1, sarà presente una tensione positiva di circa:

$$9 - 7,5 = 1,5 \text{ V}$$

Con questa tensione TRI si porterà in conduzione provocando una totale caduta di tensione sul suo collettore, vale a dire che su tale terminale ci ritroveremo una tensione di 0 V (livello logico 0).

Siccome su tale collettore risulta applicato l'ingresso dell'inverter IC 1 /E, sulla sua uscita sarà presente la condizione logica opposta, ossia livello logico 1, che corrisponde ad una tensione di 9 V. Attraverso DS 1 tale tensione giungerà sull'ingresso del secondo inverter IC 1 /F, utilizzato come oscillatore a bassa frequenza e ne bloccherà il funzionamento.

Quando la tensione della pila scenderà a 7,5 V, sulla base del transistor TR 1 giungerà una tensione di: $7,5 - 7,5 = 0 \text{ V}$

Poichè con 0 V il transistor non riesce a portarsi in conduzione, sul collettore ci ritroveremo la massima tensione di alimentazione, cioè 7,5 V livello logico 1 che, raggiungendo l'ingresso dell'inverter IC 1/E, porterà la uscita a livello logico 0, pertanto DS 1, togliendo la tensione positiva sull'ingresso di IC 1 /F, permetterà a tale oscillatore di funzionare.

La frequenza generata, attraverso DS2, giungerà sull'ultimo diodo led rosso DL9 facendolo lampeggiare. Quando vedremo lampeggiare in continuità tale led, significherà che dovremo sostituire la pila del nostro contatore Geiger.

