

OSCILLOSCOPIO (prof. R. Govoni - 21.11.90 - 28.11.90)

1) L'oscilloscopio: uno strumento per misurare cosa
L'oscilloscopio è essenzialmente uno strumento che consente di misurare delle tensioni in funzione del tempo. Può essere impiegato per misure di piccoli intervalli di tempo solamente se l'inizio e la fine dell'intervallo da misurare possono essere scanditi da una variazione di tensione.

- Aspetti esteriori dell'oscilloscopio

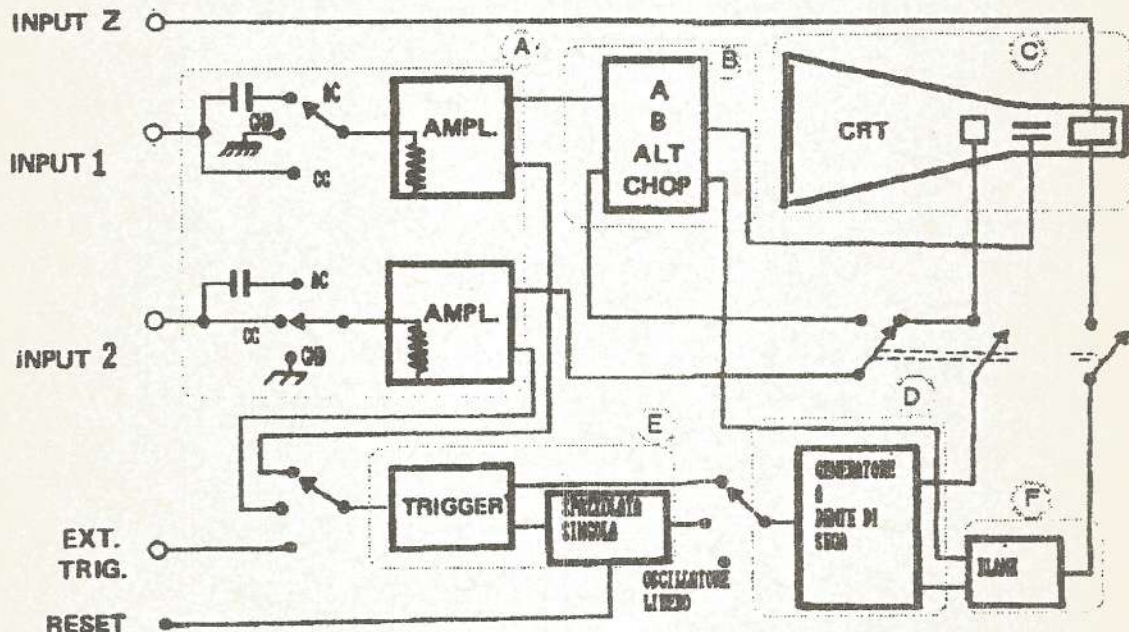
Lo strumento ci si presenta, nei suoi tratti essenziali, come una scatola con un frontale anteriore generalmente saturo di tasti e manopole ed un frontale posteriore da cui fuoriesce il cavo di alimentazione. Caratteristiche comuni a tutti i frontali anteriori sono:

- lo schermo utilizzabile del tubo a raggi catodici, di colore verde o azzurro, e di dimensioni normalmente pari a 10x8 cm.
- uno o due prese d'ingresso, normalmente del tipo BNC
- una o due manopole per la selezione del fattore di deflessione (VOLT/DIV)
- una manopola per commutare la scala dei tempi (TIME/DIV).

2) Schema a blocchi dell'oscilloscopio

Lo schema a blocchi di un oscilloscopio tipico si può rappresentare come in figura 1) dove sono evidenziati i due ingressi 1 e 2, i selettori del modo d'ingresso con la parte amplificatrice (A), il selettore di modalità video (B), il circuito di sincronismo con relativo ingresso esterno e selettore di modalità di sincronismo (E), il generatore del dente di sega (D), il tubo a raggi catodici (CRT) (C), il circuito di spegnimento traccia di ritorno (BLANK) (F). Vedremo di seguito le principali caratteristiche di ogni blocco funzionale.

FIGURA 1



- Ingressi e amplificatori verticali

La figura 2) riporta lo schema di principio di un'amplificatore verticale. L'ingresso è collegato con un attacco coassiale BNC che favorisce l'utilizzo dei cavetti schermati per la sonda e consente di ridurre al minimo l'attenuazione del segnale da connessione. Il

commutatore sull'ingresso consente di prelevare la tensione alternata con un eventuale componente continua (DC) o solo la componente alternata mediante un accoppiamento capacitivo (AC) oppure di connettere l'ingresso a "massa" (GND). Segue un attenuatore compensato che garantisce un'impedenza costante (normalmente $1M\Omega$) sino alla frequenza di taglio garantita dal costruttore. Vengono quindi di seguito un preamplificatore che ha lo scopo di adattare l'impedenza dell'attenuatore con l'impedenza d'ingresso dell'amplificatore verticale finale; di fatto questo circuito avrà amplificazione prossima a 1, alta impedenza d'ingresso (circa $400M\Omega$) e bassa impedenza d'uscita ($\leq 600\Omega$). L'amplificatore finale serve a portare il segnale d'ingresso al livello corretto per ottenere la deflessione verticale voluta.

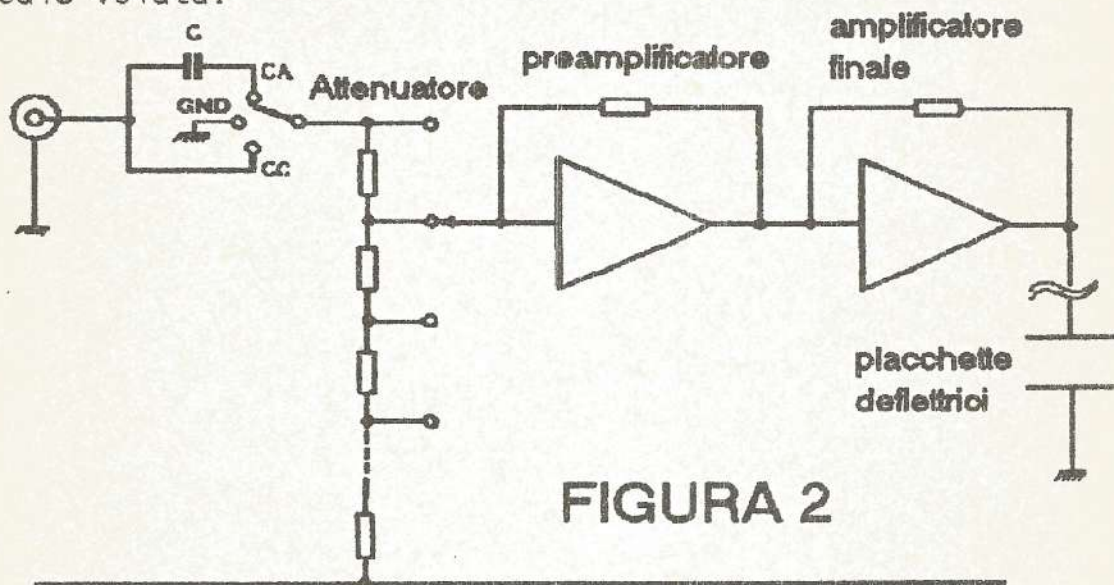


FIGURA 2

- Base dei tempi

La base dei tempi è costituita essenzialmente da un oscillatore a dente di sega ovvero una tensione che cresce linearmente con il tempo ed una volta raggiunto il suo valore massimo, ovvero quello che ci farà ottenere la deviazione massima sull'asse delle x (asse dei tempi), ritorna al valore minimo, ovvero riporta il fascio elettronico rapidamente all'estremo sinistro dello schermo. Per evitare di vedere il fascio di ritorno è previsto un circuito di spegnimento della traccia (BLANK) per il tempo di ripristino del dente di sega (tempo breve si diceva, ma non nullo!).

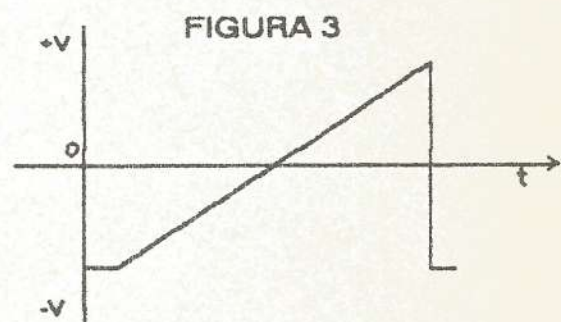


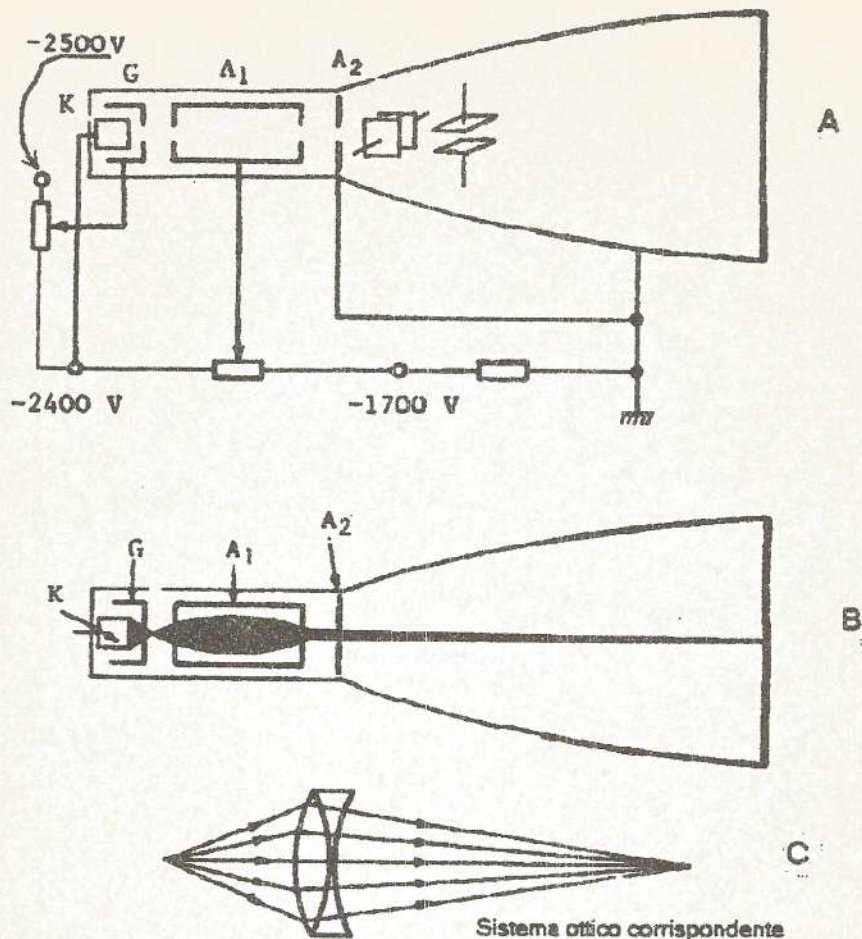
FIGURA 3

La figura 3) rappresenta l'andamento di un segnale a dente di sega ideale. L'oscillatore deve avere un grosso campo di variazione ovvero, indicativamente, da 2 Hz a 20 KHz (da 0.2 s/div a 5 μ s/div) questo porta a dei problemi per quanto riguarda la precisione di tali oscillatori.

- Tubo a raggi catodici (CRT)

Le parti che compongono un CRT sono visibili in figura 4. Con riferimento alla parte A di tale figura notiamo il catodo a riscaldamento indiretto come sorgente di elettroni (K); una prima griglia (G), tenuta ad un potenziale piú negativo del catodo, che ha il compito di concentrare la sorgente di elettroni rendendola praticamente puntiforme e regolare la luminosità del fascio elettronico sullo schermo (cilindro di Wenhelt). Seguono un primo sistema di accelerazione e focalizzazione (A_1), tale sistema forma quella che viene definita una lente elettronica il cui effetto è visibile nella parte B di figura 4, la regolazione della tensione in questo punto consente di ottenere la messa a fuoco della traccia. Il secondo sistema di accelerazione (A_2) serve a conferire agli elettroni l'energia necessaria per poter incidere sullo schermo. Il sistema ottico equivalente è rappresentato nella parte C di figura 4. Le due placchette poste dopo il secondo sistema di accelerazione e visibili nella parte A della figura 4 provvedono alla deflessione verticale ed orizzontale del pennello elettronico.

FIGURA 4



- Modalità di trattamento segnale

Dalle figure sopra esposte si vede chiaramente che il pennello elettronico è unico, eppure spesso gli oscilloscopi da noi usati sono a doppia traccia. Tale effetto è ottenuto mediante il circuito B dello schema a blocchi di figura 1; questo consente di selezionare o un solo input d'ingresso (1 o 2) oppure, passando in modo ALT, di ottenere in rapida successione una traccia dovuta al segnale 1 e quindi quella dovuta al segnale 2 e così via in modo alternato. A causa della persistenza dell'immagine le due tracce ci appaiono contemporaneamente sullo schermo. Se si passa al modo CHOP si ha che per un tempo prefissato t_c la traccia segue l'andamento del segnale sull'ingresso 1 e poi passa a seguire, per uno stesso tempo, il segnale sull'ingresso 2, quindi segue nuovamente 1 ed il ciclo si ripete: si ha la presentazione dei due segnali veramente in contemporanea. Il sistema è buono per tempi lunghi, ma se i tempi da misurare sono brevi si nota una specie di tratteggio lungo le tracce.

Questo circuito permette anche di visualizzare il segnale somma o il segnale sottrazione dei due segnali d'ingresso.

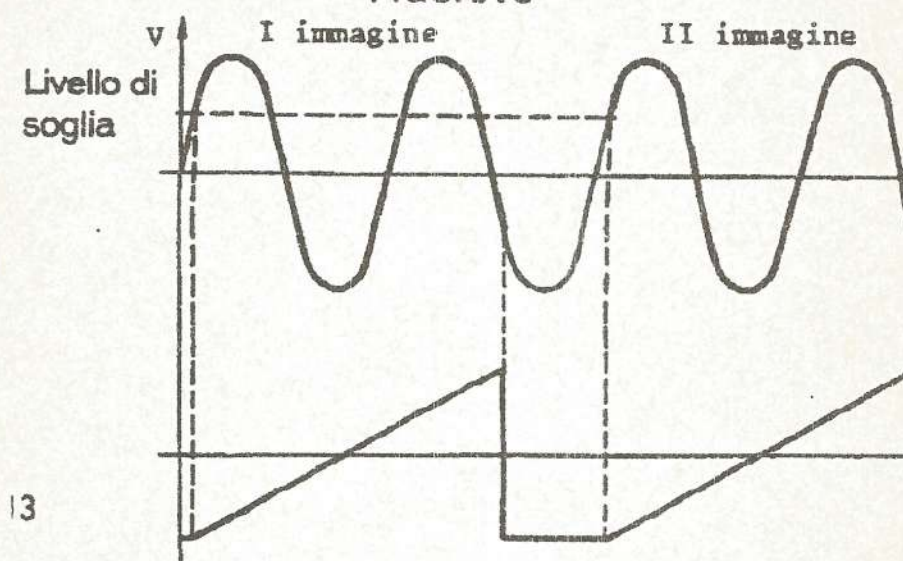
- Sincronismo (Trigger)

Di fatto probabilmente sarebbe stato più corretto parlare di questo circuito prima data la sua importanza, ma ho preferito seguire la logica dello schema a blocchi. E' infatti grazie a questo dispositivo che si può visualizzare un fenomeno periodico come "bloccato" sulle

schermo. Il circuito di sincronismo fa sempre ripassare l'immagine sull'immagine precedente sincronizzando il segnale della base dei tempi con il segnale all'ingresso. I sistemi di sincronizzazione sono essenzialmente tre:

- sincronizzazione libera: la durata del periodo t del segnale da esaminare ha la stessa durata del periodo dell'onda a dente di sega e questa funzione si ottiene agendo sulla regolazione fine della base dei tempi. La durata del fenomeno non è più correttamente determinabile (base dei tempi non calibrata)
- sincronizzazione triggerata: il periodo dell'onda a dente di sega resta costante, però il suo avvio viene sempre in corrispondenza di un predeterminato valore del segnale da esaminare. E' quindi il segnale che determina l'avvio del dente di sega, come visualizzato in figura 5.

FIGURA 5



Questo sistema di sincronizzazione permette immagini stabili e base dei tempi calibrata, si può scegliere il livello di soglia in modo da visualizzare al meglio la forma d'onda. L'unico problema è che se il livello del segnale d'ingresso non è adeguato ovvero troppo alto o troppo basso rispetto alla soglia prefissata, allora lo schermo resta privo di qualunque immagine.

- sincronizzazione esterna: è possibile usare un oscillatore campione esterno come sincronizzazione, nel qual caso si possono ottenere misure di tempo molto più precise.
- Ritardi

In taluni oscilloscopi per permettere di cogliere un fenomeno sin dall'inizio, viene impiegata una linea di ritardo, regolabile, collocata indicativamente tra la parte preamplificatrice del segnale d'ingresso e l'amplificazione finale verticale. Il segnale d'ingresso, che comanda la partenza del segnale della base dei tempi, giunge allora con un certo ritardo rispetto la formazione dell'immagine sullo schermo. Normalmente questi ritardi vanno dai 10 ms ai 0,1 μ s.
- Limiti di impiego

L'oscilloscopio è sicuramente uno strumento molto utile e potente per una comprensione immediata di alcuni fenomeni fisici, tuttavia non

è uno strumento molto preciso (almeno nelle sue versioni commerciali ed utilizzabili in ambito scolastico).

Gli errori sono sostanzialmente:

- sulla base dei tempi : l'oscillatore risente dello slittamento in frequenza per derive termiche o per invecchiamento dei componenti quantificabili in un $3 \pm 5 \%$ a cui va aggiunto un ulteriore $2 \pm 5 \%$ nel caso di uso dell'aumento della scala (solitamente un $\times 5$ o $\times 10$)
- sull'amplificazione verticale : i fattori di errori sono molteplici, dal partitore d'ingresso alle derive per gli amplificatori ecc. ecc. e valutabili ancora in un $3 \pm 5 \%$

Vi sono poi altri fattori di errori teoricamente eliminabili come una cattiva taratura iniziale o riparazioni affrettate, errori di lettura dell'operatore dovuti ad un non efficace controllo della luminosità, della larghezza o della corretta orizzontalizzazione del fascio.

- Prestazioni scolastiche e costi

Le prestazioni di un oscilloscopio che maggiormente interessano in ambito scolastico, oltre la robustezza, sono :

- la sensibilità d'ingresso ovvero quale è la scala inferiore sull'asse verticale e normalmente ci si accontenta di 5 mV/div ma meglio sarebbe 1 mV/div
- la banda passante ovvero quale è la frequenza per cui l'ampiezza del segnale da noi visualizzato si riduce al $70,7 \%$ (-3 db) rispetto al valore massimo di amplificazione verticale. Una buona banda passante per i nostri scopi può essere dalla tensione continua a $15 \pm 20 \text{ MHz}$
- tempo di salita ovvero quanto tempo impiega il fascio elettronico per spostarsi dal 10% al 90% dell'ampiezza di un gradino di tensione. Normalmente questo parametro è legato al precedente dalla relazione $t = 0,35/\text{banda passante}$.

Un oscilloscopio con le caratteristiche descritte ha un prezzo variabile indicativamente dalle 650 alle 800 mila lire a seconda della presenza o meno della linea di ritardo.

3) Principali comandi sui frontali degli oscilloscopi

- Comandi di visualizzazione della traccia

Il principale comando solitamente situato sul pannello frontale è il pulsante di accensione situato normalmente vicino allo schermo o associato alla manopola di intensità della traccia che pure si trova nel frontale vicino allo schermo assieme alla manopola per la regolazione della messa a fuoco.

- Canali d'ingresso e modi di visualizzarli

Solitamente situato nelle vicinanze del connettore di ciascun ingresso (BNC) vi è un deviatore a slitta con due (tre) posizioni AC DC (GND) che seleziona, nell'ordine, la visualizzazione della sola componente alternata del segnale, di quella continua e alternata o la messa a zero dell'ingresso.

Il selettore di fattore d'amplificazione si trova sempre nelle immediate vicinanze del connettore d'ingresso ed è tarato in V/div o V/cm può avere 10 o 12 posizioni. In taluni modelli a questo selettore è associato un comando continuo di variazione dell'amplificazione, ma in questo caso la lettura non è più calibrata.

7

Ancora nelle vicinanze del selettore d'amplificazione si trova anche il comando di posizione della traccia sullo schermo che ci consente di farla scorrere verticalmente.

In posizioni adiacenti agli ingressi troviamo i pulsanti e/o i deviatori per la selezione dei modi di visualizzazione ovvero se si seleziona un solo canale oppure due, se li si vuol sommare, se si preferisce il modo alternato o quello a salto da una traccia all'altra (chopper) ed altro ancora.

- Scala dei tempi

Si trova spesso nella parte destra in alto dei frontali ed è costituita da un selettore da 12 o 24 posizioni a seconda che il costruttore abbia previsto o meno un sotto selettore per esempio per passare dai ms ai μ s. E' tarato in tempo/div o tempo/cm. Nelle vicinanze del selettore c'è il comando di posizione lungo l'asse x che fa scorrere l'inizio traccia orizzontalmente. Associato a questo comando o nelle sue immediate vicinanze c'è il comando di aumento di scala ovvero diminuzione dei tempi di un fattore prescelto. E'anche possibile mediante un comando ottenere una regolazione continua dell'asse dei tempi, ma a questo punto la lettura non è più calibrata.

- Trigger e modi di sincronizzazione

I comandi di trigger che constano normalmente di una manopola per la selezione del livello di soglia e in una serie di interruttori o deviatori per selezionare su quale canale è associato il trigger, se deve essere interno o esterno, se deve scattare su variazioni di tensione (AC) o su un livello di continua (DC) ed altre opzioni che variano da modello a modello.

4) Come collegare l'oscilloscopio e prime manovre

La sonda

Il cavo che collega l'oscilloscopio al circuito di misura è bene che non sia un cavetto schermato normale pena la drastica diminuzione della banda passante dovuta alle capacità parassite distribuite lungo il cavetto. In dotazione agli oscilloscopi normalmente vengono fornite le sonde di collegamento con cavo appropriato e su richiesta vengono vendute delle sonde attenuatrici di un fattore 10 in modo tale da poter aumentare la portata massima del sistema. Tali sonde hanno il pregio di far aumentare anche l'impedenza d'ingresso del sistema portandola a $10M\Omega$, ma prima di essere adoperate vanno calibrate con un segnale ad onda quadra mediante un compensatore (condensatore variabile), che si trova all'interno della sonda stessa e a cui si accede mediante un cacciavite NON METALLICO.

Comandi per la traccia

È molto facile che all'accensione dello strumento lo schermo resti ostinatamente privo di tracce, "spento". Prima di cominciare a prendere in seria considerazione l'ipotesi catastrofica di un guasto nel sistema, provate ad eseguire alcune di queste manovre.

- 1) mettere il selettore d'ingresso su GND, se disponibile, o cortocircuitare l'ingresso
- 2) selezionare la base dei tempi sui 10 ms/cm
- 3) selezionare un solo canale d'ingresso (quello azzerato)
- 4) aumentare la luminosità sino a $3/4$ della corsa della manopola
- 5) posizionare la manopola dello scorrimento verticale a metà corsa
- 6) posizionare la manopola dello scorrimento orizzontale a metà corsa
- 7) accertarsi che il trigger sia comandato dal canale che abbiamo selezionato
- 8) muovere la manopola del livello di trigger sia da una parte che dall'altra

Solitamente dopo tutte o parte di queste manovre la traccia compare; se ciò non dovesse accadere, ripetere la sequenza in un altro ordine e con l'altro canale.

Test point

Quasi tutti gli oscilloscopi hanno sul frontale l'uscita per un segnale noto in modo da poter verificare (anche se in modo affidabile solo entro il 5 %) il nostro strumento. Questo segnale, normalmente un'onda quadra, permette di calibrare anche la sonda attenuatrice.

5) Esempi di utilizzo

Proporranno ora una serie di semplici applicazioni dell'uso dell'oscilloscopio.

Misure di tensioni continue

Il primo approccio ha lo scopo di far familiarizzare con lo strumento attraverso la sua accensione e visualizzazione della traccia come una linea orizzontale al centro dello schermo.

Materiale occorrente

- un oscilloscopio a doppia traccia
- un certo numero di pile di vario voltaggio
- un voltmetro classe 1,5 massimo o meglio uno strumento digitale

Procedimento : collegare l'oscilloscopio come in figura 6, dopo averlo acceso ed aver visualizzato la traccia a centro schermo.

Eseguire la misura della ddp tra gli elettrodi di ogni pila, scambiando anche la polarità. Cercare di effettuare la misura della ddp con la miglior accuratezza possibile e corredarla

dell'incertezza sulla misura. Confrontare il valore trovato con uno letto da un voltmetro campione (digitale). Porre entrambe le sonde su di una stessa pila (in parallelo) e stimare la diversità di amplificazione tra i due canali. Si può individuare una tecnica piuttosto accurata per quest'ultima misura.

Misure di tensione alternata

Misura della tensione di rete (cattedra)

E' una misura che sarà bene effettuare con molta prudenza e solamente dalla cattedra per il carattere di pericolosità che riveste il trattare con tensioni così elevate. PER L'ESEGUIBILITA' DELLA MISURA E' ESSENZIALE CHE LA TENSIONE DI RETE ABBAIA UNA FASE A ZERO DOVE ATTACCARE LA MASSA DELLA SONDA DELL'OSCILLOSCOPIO. Sarà opportuno, oltre che effettuare l'esperimento se e solo se si è sicuri che il laboratorio è protetto da un salvavita, essere anche sicuri dell'isolamento di ogni componente. E' ASSOLUTAMENTE IMPORTANTE CHE LA MISURA SIA EFFETTUATA CON L'AUSILIO DELLA SONDA ATTENUATRICE PER DIECI ANCHE SE LA MASSIMA PORTATA DELLO STRUMENTO CONSENTIREBBE LA MISURA.

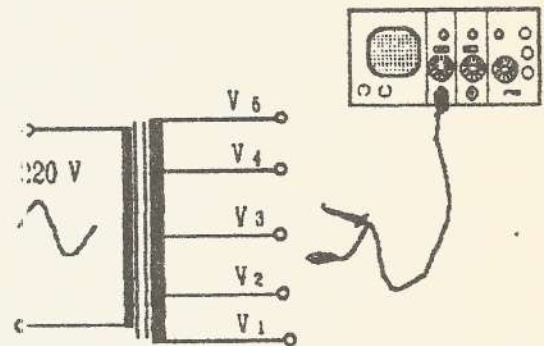
Eeguire la lettura della tensione di rete picco picco.

Misura della tensione al secondario di un trasformatore

Materiale occorrente :

- un oscilloscopio doppia traccia
- un trasformatore ; primario 220 V, secondario uscite multiple tipo in dotazione alle scuole
- un voltmetro classe 1,5 massimo o meglio uno strumento digitale

Procedimento : dopo aver ottenuto la visualizzazione della traccia a centro schermo, misurare la tensione picco picco alle varie uscite del trasformatore, prendendo dapprima una uscita come riferimento e poi le tensioni tra uscite contigue come suggerito dalla figura 6. Per ottenere una agevole lettura agite sulla base dei tempi e sul trigger. Confrontare le misure effettuate con quelle di un voltmetro di buona classe, assunto come campione, e posto su AC.

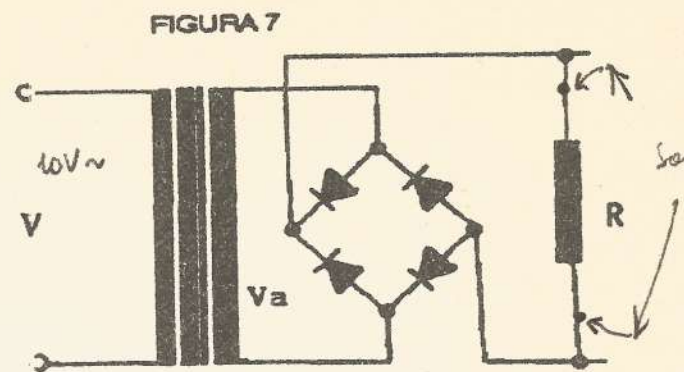


Misura di una tensione pulsante

Materiale occorrente :

- un oscilloscopio doppia traccia
- un trasformatore ; primario 220 V, secondario uscite multiple tipo in dotazione alle scuole
- un ponte raddrizzatore da 1 A eventualmente già presente nella scuola
- un resistore da 1 K Ω 1/2 W

Procedimento : montate il circuito come in figura 7 e dopo essere in condizione di visualizzazione della traccia collegate l'oscilloscopio in parallelo alla resistenza da 1 K Ω . Agite sul trigger per fermare la traccia, sulla base dei tempi e sull'amplificazione verticale per una corretta lettura della tensione di picco e della frequenza.

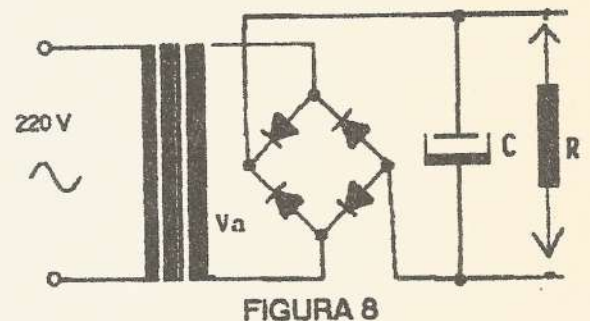


Misura del residuo di alternata in un circuito raddrizzatore

Materiale occorrente :

- un oscilloscopio doppia traccia
- un trasformatore ; primario 220 V, secondario uscite multiple tipo in dotazione alle scuole
- un ponte raddrizzatore da 1 A eventualmente già presente nella scuola
- una serie di resistori di carico a potenze adeguate
- un condensatore elettrolitico da 220 μ F 16 VL

Procedimento : montare il circuito come in figura 8 collegando in un primo tempo l'oscilloscopio in parallelo al solo condensatore di livellamento ed effettuare la misura della ddp. Ora iniziate con un resistore da 1 K Ω 1/2 W a "caricare" il circuito. Annotare la componente in alternata e quella in continua della tensione. Aumentare il "carico" aggiungendo altre resistenze in parallelo o cambiando tipo di resistore. Annotare ancora le due componenti della tensione.



NOTE

6) Semplice circuito oscillatore con 555

Per molte esperienze può essere comodo utilizzare un generatore d'onde quadre che simuli, a livello concettuale, l'apertura o la chiusura di un interruttore. Tale circuito è facilmente realizzabile sfruttando le possibilità di un noto e collaudato dispositivo integrato che passa sotto la sigla di 555 ed è costruito da diverse case produttrici. Il dispositivo in questione è stato appunto progettato come TIMER funziona in un campo di alimentazione che va dai 4,5 V sino ai 18 V ed è in grado di erogare anche 0,1 A per brevi periodi. Il suo campo di frequenze va da circa 0,01 Hz sino a circa 1 Mhz. Il prezzo di tale prodotto si aggira sulle 500 lire.

Astabile con 555

Il 555 ha diverse possibilità di configurazione tutte comunque legate al tempo. Quella che ci interessa è la configurazione come astabile, ovvero come oscillatore ad onde quadre. Il circuito applicativo è visibile in figura 9. Il transistor finale ha il solo scopo di invertire il segnale che proviene dal 555 per fare in modo da avere l'uscita del circuito a zero per un periodo molto più lungo rispetto al tempo in cui la tensione è massima. Se chiamiamo T_1 il tempo in cui l'uscita del 555 resta "alta" e T_2 quello per cui resta basso allora le formule per il dimensionamento di R_A , R_B e C sono le seguenti:

$$T_1 = 0,693(R_A + R_B) C$$

$$T_2 = 0,693 R_B C$$

$$T = T_1 + T_2 = \text{periodo di oscillazione} = 1/f$$

$$f = 1/T =$$

$$1,443 / (R_A + 2R_B) C \text{ frequenza di oscillazione.}$$

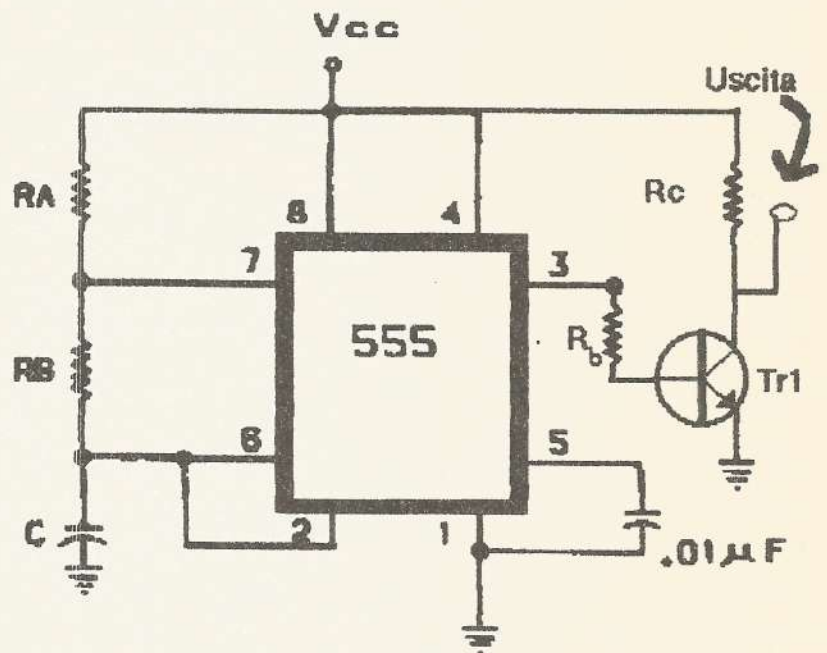
Il rapporto tra il tempo per il quale l'uscita resta "alta" e il periodo totale di oscillazione è chiamato DUTY CYCLE e vale:

$$D = T_1 / T = R_A + R_B / R_A + 2R_B$$

Se si sceglie R_B sufficientemente grande rispetto a R_A si ottiene un'onda quadra praticamente simmetrica.

Valori che si potrebbero utilizzare per un astabile da usarsi per visualizzare la scarica del condensatore, come più oltre proporrò, sono i seguenti: $C = 0,1 \mu F$ (non ceramico), $R_A = 820 K\Omega$, $R_B = 6,8 K\Omega$

Si ha così un T_1 di circa 57 ms e un T_2 di 0,47 ms con un duty del 99%. Ovvero per il 99% del periodo l'uscita del mio astabile resta "alta". Poichè per la scarica del condensatore serve una tensione ad andamento temporale esattamente opposto a quello citato ho usato un transistor come stadio invertente. Anche in questo caso le formule di progetto sono semplicissime. Partendo dal dato che il transistor impiegato è un 2N1711 (sigla commerciale) con guadagno in tensione di circa 100 allora R_b è circa 100 R_c . Il tutto con molte approssimazioni, ma funziona per il 90% dei transistori in commercio (anche di diverso tipo).



Visualizzazione del tempo di scarica di un condensatore

Il circuito visibile nella figura a fianco sfrutta l'astabile già descritto per far visualizzare, tramite un oscilloscopio, la tensione di scarica di un condensatore. Il diodo D_1 ha lo scopo di impedire al condensatore di scaricarsi sulla resistenza di uscita del generatore.

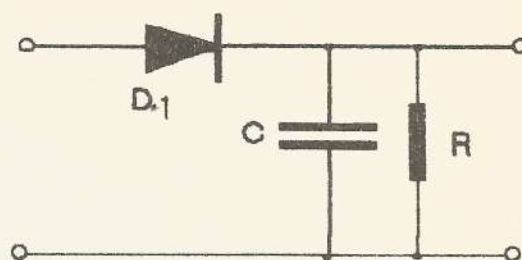


FIGURA 10

In pratica noi carichiamo il condensatore per un tempo breve T_1 e quindi lo lasciamo scaricare su R , dopo un tempo T_2 un'altro picco di tensione va a caricare il condensatore così il ciclo si ripete ed è visualizzabile sull'oscilloscopio. Se si vuol correttamente vedere la scarica allora si dimensionerà R tale per cui $5 \cdot R \cdot C \leq T_2$.

Circuito oscillante ed oscillazioni smorzate

Avendo a disposizione un circuito oscillatore con rapide variazioni di tensione (fronti di salita e di discesa) ovvero di corrente si ha già un dispositivo che genera delle onde elettromagnetiche in grado di propagarsi e la riprova (banale) è quella di avvicinare una comune radiolina a modulazione di ampiezza ad onde medie per ricevere il segnale del nostro oscillatore. Si udrà un forte ticchettio che cessa se si toglie tensione all'oscillatore. In effetti il nostro "trasmettitore" funziona solamente sui fronti impulsivi e pertanto l'emissione "spazzola" in frequenza, per cui riceveremo il segnale su tutta la gamma della radiolina senza bisogno di una particolare sintonizzazione. Peraltro per osservare tramite oscilloscopio un'oscillazione smorzata si può utilizzare il circuito di figura 11.

Tale circuito è molto simile al precedente e sfrutta ancora un diodo per far circolare la corrente in un solo senso. Il condensatore si carica rapidamente attraverso l'induttanza L e si crea così una rapida variazione del flusso concatenato che mette in oscillazione il circuito sulla frequenza di risonanza. L'oscillazione si smorza rapidamente a causa delle resistenze del circuito. Discorso praticamente identico si ha per il fronte di discesa del nostro impulso, dove il condensatore si scarica rapidamente sulla resistenza R attraverso l'induttanza L . Questa è un'analisi puramente qualitativa del fenomeno: l'analisi elettronica dettagliata del circuito esula dallo spirito di queste note.

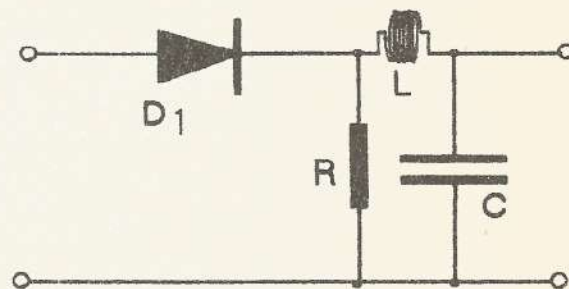


Figura 11

Il criterio di progetto che vi propongo è dei più euristici: procuratevi un'induttanza a filo abbastanza sottile e con un cospicuo numero di spire, montate una R dell'ordine delle decine di $K\Omega$ e ...provate con diversi condensatori sino a ottenere sull'oscilloscopio l'effetto voluto. Le varie tensioni sono rilevabili a cavallo dei vari componenti il circuito tenendo presente che su di un oscilloscopio a doppia traccia si possono osservare contemporaneamente tensioni che abbiano lo stesso potenziale di riferimento che poniamo a massa.

1. PERCHE' INSEGNARE L'INFORMATICA?
2. CHE COSA INSEGNARE?
3. COME INTEGRARE L'INSEGNAMENTO DELL'INFORMATICA CON QUELLO DELLA MATEMATICA?
4. HA SENSO INIZIARE INSEGNANDO UN LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE?
5. COME NON PERDERE L'ENTUSIASMO INIZIALE DEGLI STUDENTI?

PERCHE' INSEGNARE L'INFORMATICA.

Alcune ragioni per l'introduzione dell'informatica nella scuola possono essere:

1. LA SCUOLA DEVE PREPARARE I RAGAZZI A VIVERE IN UNA SOCIETA' IN CUI I DISPOSITIVI ED I SISTEMI BASATI SULLA MICROELETTRONICA SARANNO DIFFUSI E PERVASIVI.

2. LE NUOVE TECNOLOGIE MODIFICHERANNO SIA I RAPPORTI FRA GLI INDIVIDUI ED IL LORO LAVORO CHE QUELLI INTERPERSONALI.

3. GLI INDIVIDUI DOVRANNO ESSERE CONSAPEVOLI CHE LA VELOCITA' DEL CAMBIAMENTO STA AUMENTANDO E CHE CIO' PUO' RICHIEDERE MOLTI MOMENTI DI RIQUALIFICAZIONE NECESSARI PER FAR FRONTE A NUOVI SVILUPPI.

{In definitiva l'individuo di domani non dovrà essere un esperto di architettura degli elaboratori, nè un programmatore competente in mille linguaggi, ma dovrà disporre della

MATURITA' CULTURALE

per convivere con le nuove tecnologie ed utilizzarle al meglio per migliorare la qualità del proprio lavoro e della propria vita).

4. L'INFORMATICA E' ANCHE UNA OCCASIONE PER LA SCUOLA.

CHE COSA INSEGNARE

Si devono PREVILEGIARE
METODI ED ATTEGGIAMENTI DI
PENSIERO DI PORTATA GENERALE.

Compito della scuola deve essere
quello di PRODURRE EDUCAZIONE,
FORMAZIONE ED ATTEGGIAMENTI
CULTURALI CORRETTI.

E' chiaro quindi che l'educazione
informatica è soprattutto un

FATTO METODOLOGICO;

ma deve necessariamente passare
attraverso l'utilizzazione del
computer.

L'USO DELL'ELABORATORE è importante, quasi sempre indispensabile, per tutta una serie di ragioni:

1. è un elemento necessario di CULTURA TECNOLOGICA;

2. fornisce SPAZIO CREATIVO, REALIZZATIVO ED OPERATIVO ;

3. è un FATTORE DI RIGORE E DI CONTROLLO.

4. è un importante FATTORE DI MOTIVAZIONE all'apprendimento.

Vediamo ora quali sono gli
specifici contenuti che si
ritengono importanti per
l'educazione informatica.

In modo un po' schematico,
consideriamo tre categorie di
CONTENUTI INFORMATICI:

1. EDUCAZIONE ALL'ACCESSO ED ALLA
MANIPOLAZIONE DELL'INFORMAZIONE
MEDIANTE L'USO DI PROGRAMMI DI
UTILITA' GENERALE.

2. COSTRUZIONE STRUTTURATA DI
ALGORITMI E PROGRAMMI.

3. ALTRI MODELLI INFORMATICI DI
VALORE FORMATIVO.

GESTIRE L'INFORMAZIONE

PROGRAMMI DI UTILITA'

PREMESSA

Programmi di utilità generale:

"WORD PROCESSOR"

"SPREADSHEET"

"DATA BASE"

per formare una mentalità flessibile e preparata alla manipolazione della informazione e delle sue strutture.

Si tratta di creare familiarità con

MODELLI INTELLETTUALI,

cioè di rendere familiari i modelli informatici impliciti in questi strumenti.

Il modo di fare didattica può venire influenzato profondamente introducendo questi strumenti.

1 WORD PROCESSOR

1.1 CARATTERISTICHE

La caratteristica più importante dei sistemi di word processing è

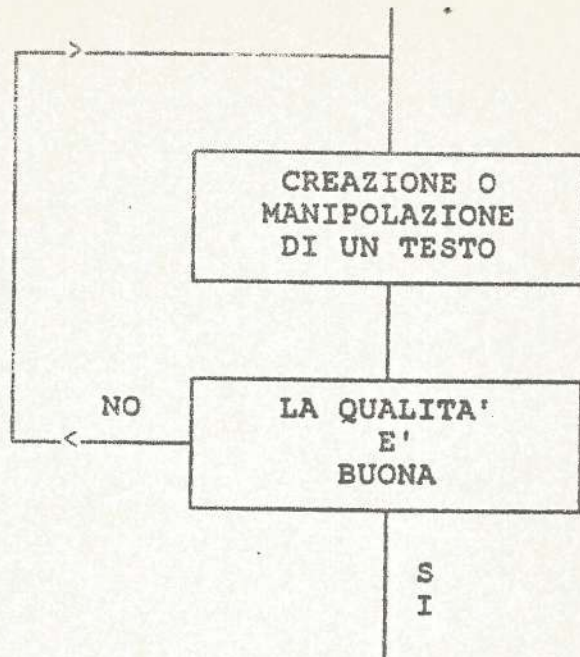
LA POSSIBILITA' DI

- IMMAGAZZINARE L'INFORMAZIONE TESTUALE
- MODIFICARLA NEI SUOI CONTENUTI E NELLA FORMA.

Queste possibilità hanno alcune importanti implicazioni di tipo cognitivo.

1.2 IMPLICAZIONI COGNITIVE

- PERFEZIONAMENTO ITERATIVO;
- STRUTTURA TIPOGRAFICA;
- APPROCCIO "COMPONENTISTICO".



2 FOGLI ELETTRONICI

I fogli elettronici (spreadsheets) consentono, anche a chi è privo di conoscenze di un linguaggio di programmazione, di

- RISOLVERE PROBLEMI;

- SIMULARE SITUAZIONI

(derivanti da mutate condizioni iniziali; "COSA...SE").

3 DATA BASE

3.1 CARATTERISTICHE

Il data base è concettualmente una
TABELLA (O UN INSIEME DI SCHEDE)
nella quale è possibile inserire e
reperire informazioni.

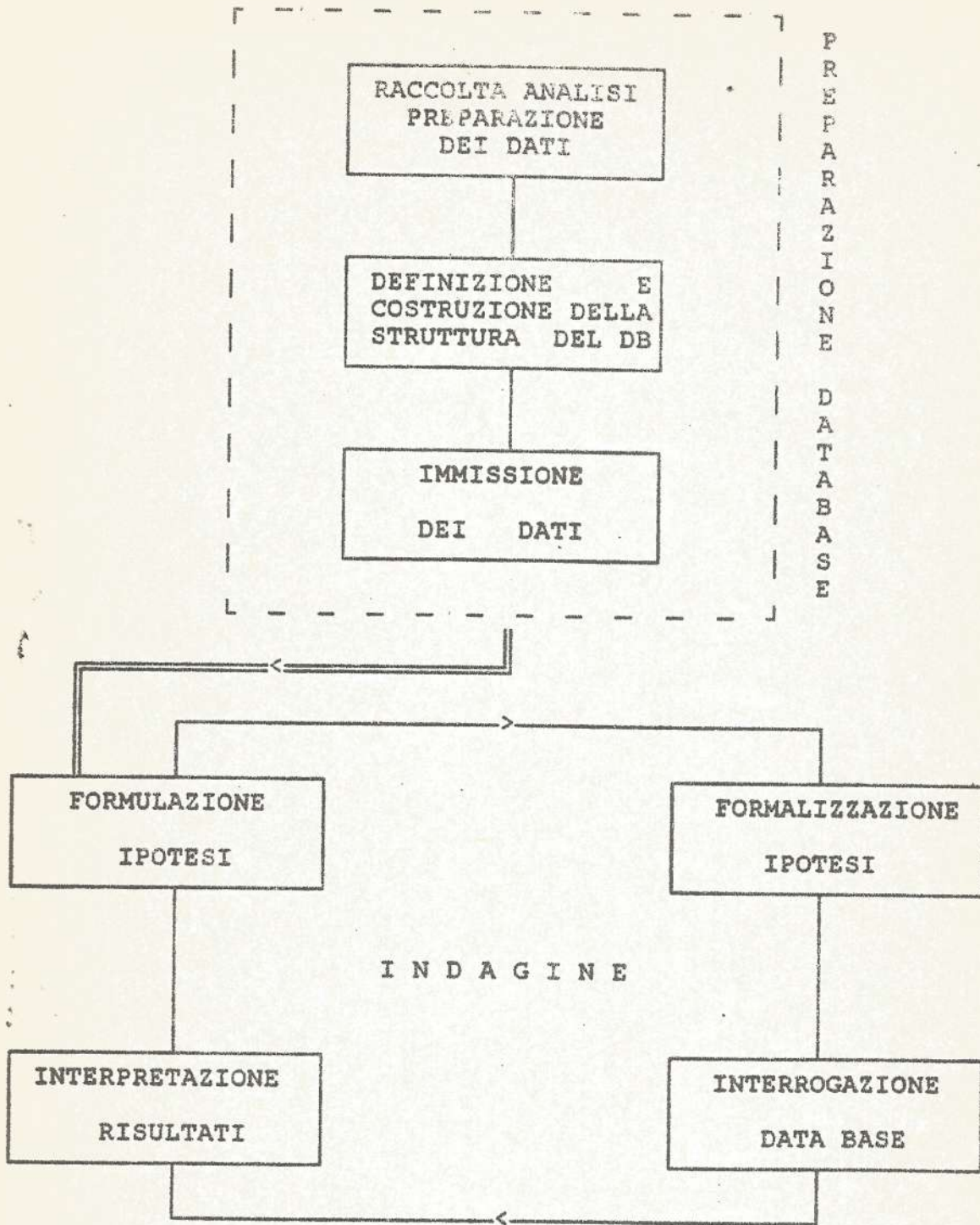
3.2 IMPLICAZIONI COGNITIVE

Possiamo analizzare cosa avviene
dal punto di vista cognitivo
nell'uso didattico di un data base.

Esso si compone di due grandi fasi:

1. LA PREPARAZIONE DEL DATA BASE;
2. L'INDAGINE BASATA SULLA SUA INTERROGAZIONE.

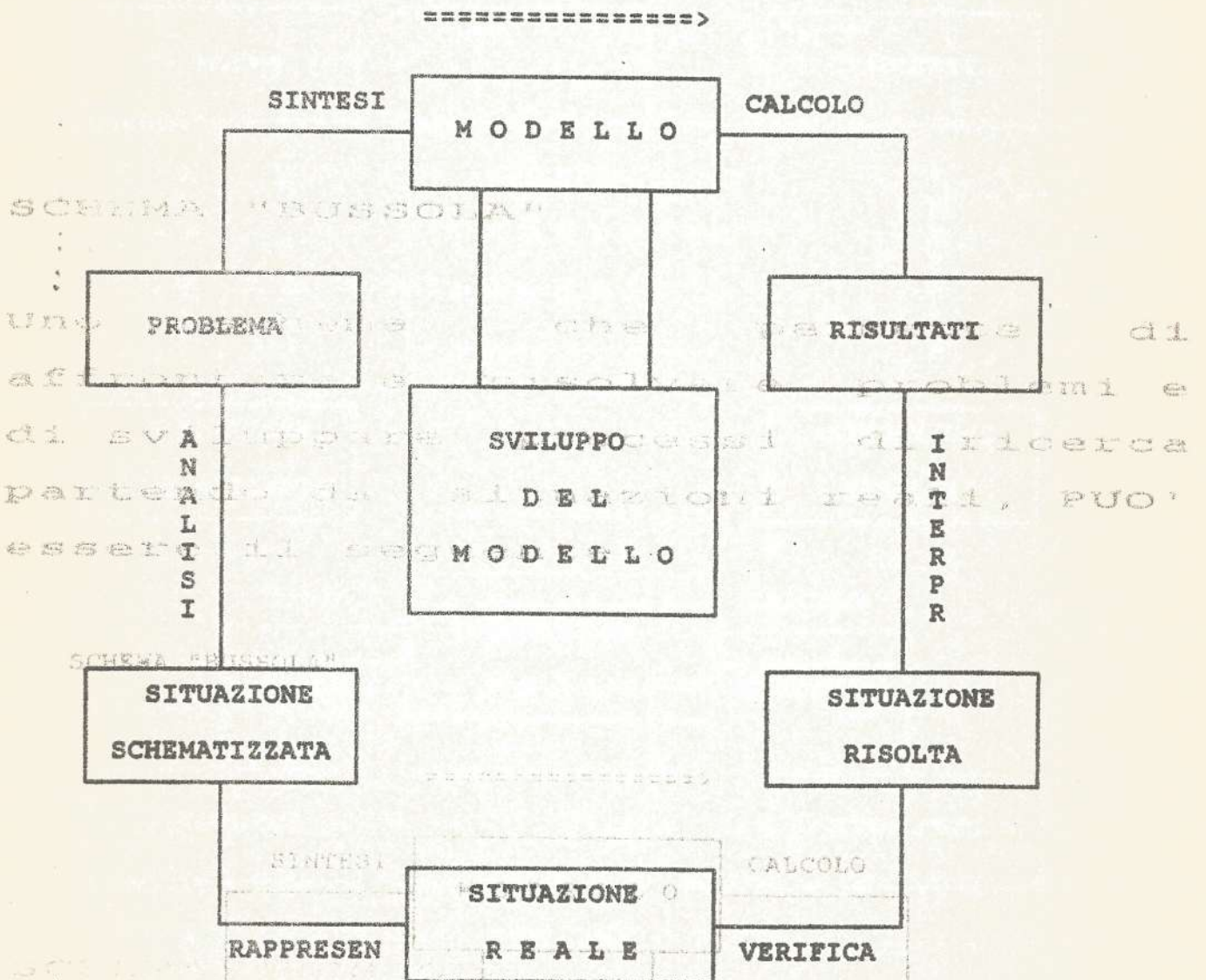
3.3 SCHEMA



SCHEMA "BUSSOLA"

Uno schema che permette di affrontare e risolvere problemi e di sviluppare processi di ricerca partendo da situazioni reali, PUO' essere il seguente:

SCHEMA "BUSSOLA"



QUALI NUOVE CAPACITA' PER I
DOCENTI?

GLI INSEGNANTI DOVREBBERO ESSERE
CAPACI DI UTILIZZARE L'INFORMATICA
COME :

- METODO;
- STRUMENTO;
- LINGUAGGIO.

UN INSEGNANTE DOVREBBE AVERE, AL
MINIMO, LA STESSA EDUCAZIONE
INFORMATICA CHE SI RITIENE
NECESSARIA PER UNO STUDENTE.

OLTRE A CIO', AVERE COMPETENZE PER:

- VALUTARE L'EFFETTO DI NUOVI
APPROCCI E DI NUOVE TECNOLOGIE
SULL'APPRENDIMENTO E LA MOTIVAZIONE
DEI RAGAZZI;

- IMPIEGARE METODI E TECNICHE INFORMATICHE PER SVILUPPARE CAPACITA' DI IMPOSTARE E RISOLVERE PROBLEMI;

- VALUTARE VANTAGGI E LIMITI CHE VI SONO NEL TRATTARE CERTI ARGOMENTI CON UN COMPUTER;

- SFRUTTARE PROGRAMMI DI MANIPOLAZIONE DELL'INFORMAZIONE (DB, WP, ...) PER FAVORIRE NEGLI STUDENTI ABILITA' DI RICERCA, CLASSIFICAZIONE, COMUNICAZIONE DATI;

- RIPENSARE AI PROPRI METODI DI INSEGNAMENTO E ALL'ASSETTO CURRICOLARE ANCHE IN BASE ALLE POTENZIALITA' OFFERTE DALL'INFORMATICA;

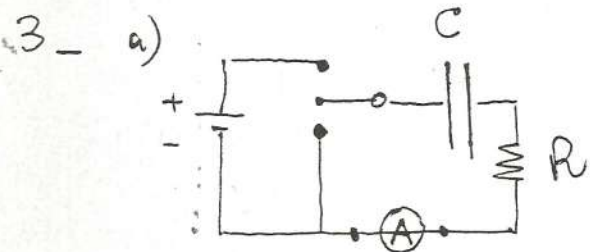
- ORGANIZZARE PRATICAMENTE L'USO DI RISORSE INFORMATICHE IN CLASSE, CON GLI STUDENTI.

1. Attività dei giorni 24/10, 31/10, 14/11 del 1990

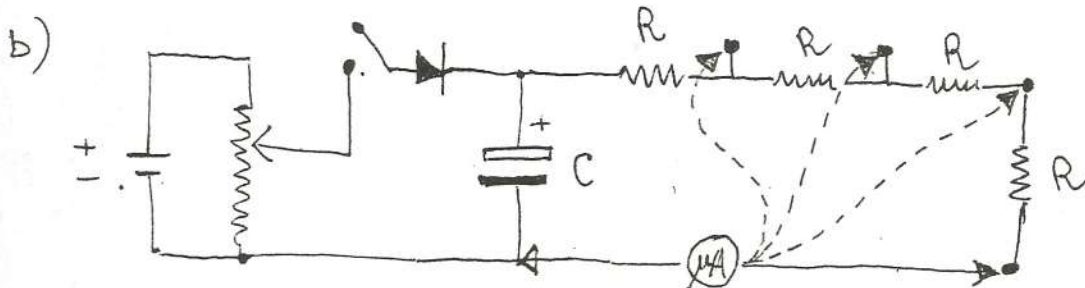
- suddivisione approssimativa
- esperimento, alcuni dati, teorie e soluzioni matematiche
- accesso alle attività dei giorni 21/11, 28/11
- sette fatte soprattutto per i colleghi del triennio che hanno meno esperienza

2. Esperimento proposto (scarica di un condensatore)

- molto semplice, ambito dell'elettromagnetismo
- classico, trattato su tutti i testi (universitari), affrontabile nel triennio a diversi livelli
- coinvolge molte operazioni pratiche, sia di fisica che di metrologia



- carica (funzionare tre due equilibri)
- scarica (" " " ")



versione
modificata
della base
del Ledo

- diodo per proteggere il condensatore Λ (assente)
- potenziometro per regolare la tensione da fornire
- resistenze uguali in serie per modificare in modo controllato le resistenze
- interruttore per consentire la carica o la scarica

- c)
- costruzione delle bobine (refine' Garoni)
 - costo intorno a 5.000 lire attuali
 - alimentazione con alimentatore a 12 V c.c.
 - risonamento della polarita' positive del condensatore
 - collegamento del tester
 - uso del tasto dell'interruttore insieme al resetto

4 - L'esperienza: misurare $i(t)$ di carica

1) tre prove necessarie

- per scandire il tempo, ad es. di 5 s in 5 s
- per leggere sulle scale del tester il valore di i
- per scrivere i valori in una tabella

2) serie di prova

- per esprimere direttamente con le scale dello strumento
- per l'affieccamento di gruppo

3) tre serie di misure per quattro valori diversi delle resistenze

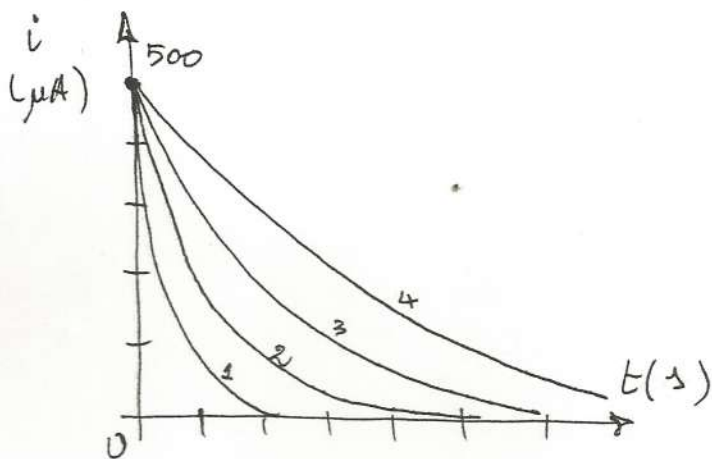
valore iniziale
fondo scala
regolato
il potenziometro
autorenduto premuto
pulsante rosso

t (s)	i^I (μA)	i^{II} (μA)	i^{III} (μA)	i (μA)
0	500	500	500	500 ± 5
5	:	:	:	\pm
10	:	:	:	\pm
15	:	:	:	:
20	:	:	:	:
:	:	:	:	:

- $R + z_{interna}$
- $2R + z_{interna}$
- $3R + z_{interna}$
- $4R + z_{interna}$

5. Grafici

a)



Hyp: andamento esponenziale decrescente parte da ricorrenza in tempo di dimezzamento, riduzione a $1/3$, riduzione con un fattore qualsiasi

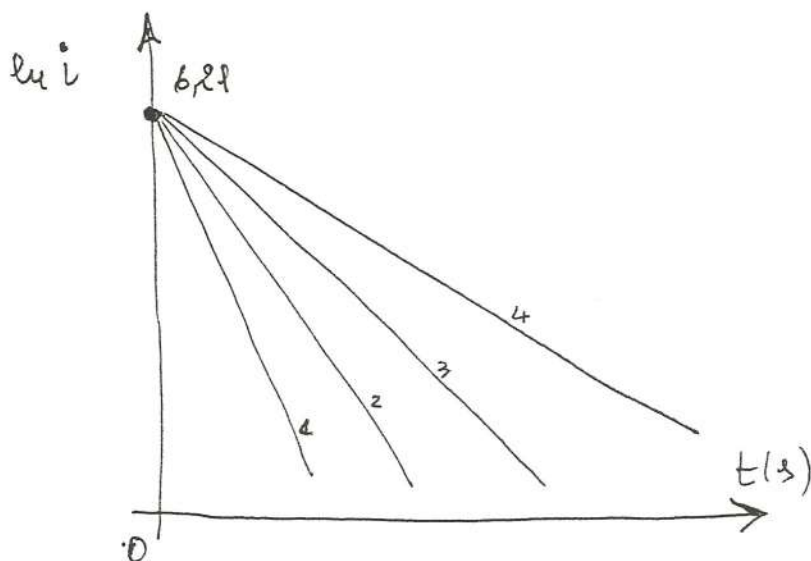
È lecito supporre la formula $i(t) = i_0 e^{-kt}$ (*)

con $k = k(R)$ in s^{-1} .

b) passando ai logaritmi la (*) diventa

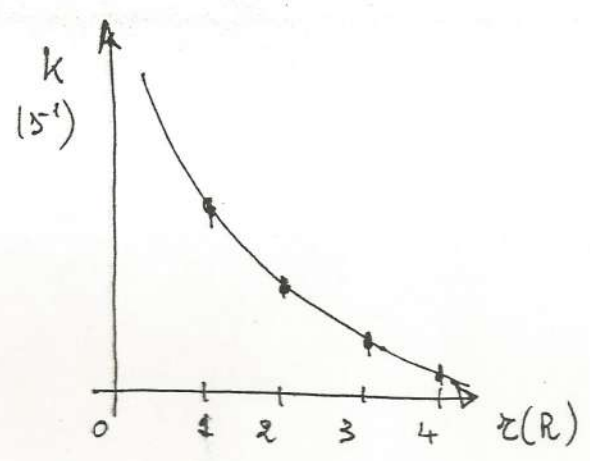
$$\ln i(t) = \ln i_0 - kt \quad (†)$$

e quindi, dopo il calcolo di $\ln i$

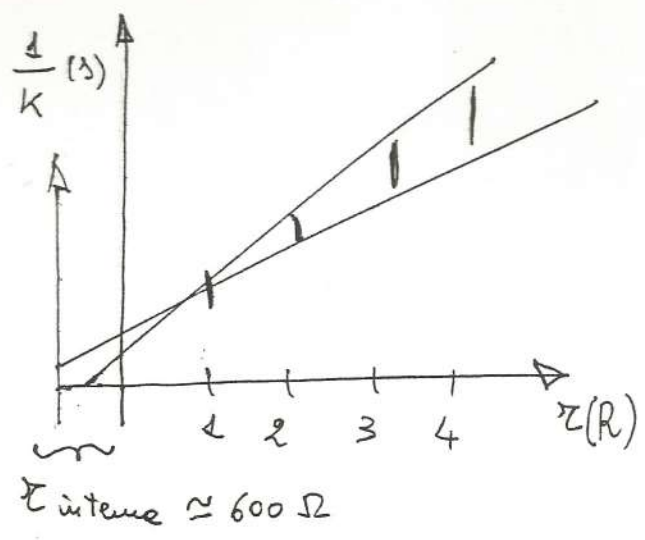


che consente il calcolo dei coefficienti k (pendenze massima e pendenza minima per l'incisione su ognuno)

e)



$\frac{1}{k} = t_0$
 costante di tempo



$\frac{1}{k} \propto (z + z_{int})$
 (considerando la costante
 addizionale $z_{interna}$
 dello strumento)

$$\frac{1}{k} = m (z + z_{int})$$

$$t_0 = m (z + z_{int})$$

o anche:

$$m = \frac{\Delta t_0}{\Delta z} = \alpha \pm \Delta \alpha$$

espresso in $\frac{\Delta}{\Omega} = \frac{\Delta A}{V} = \frac{C}{V}$

Quantità indipendente da tutte le grandezze misurate che indica una proprietà comune a tutti i circuiti utilizzati. Esse non può che essere correlate al condensatore presente nel circuito e, in fatti, come si vedrà dalle teorie, è la sua capacità.

$i(\mu A)$

SCARICA DI UN CONDENS
CORSO DI AGGIORNAMENTO 30/3

500

400

300

200

100

10

0

5

10

15

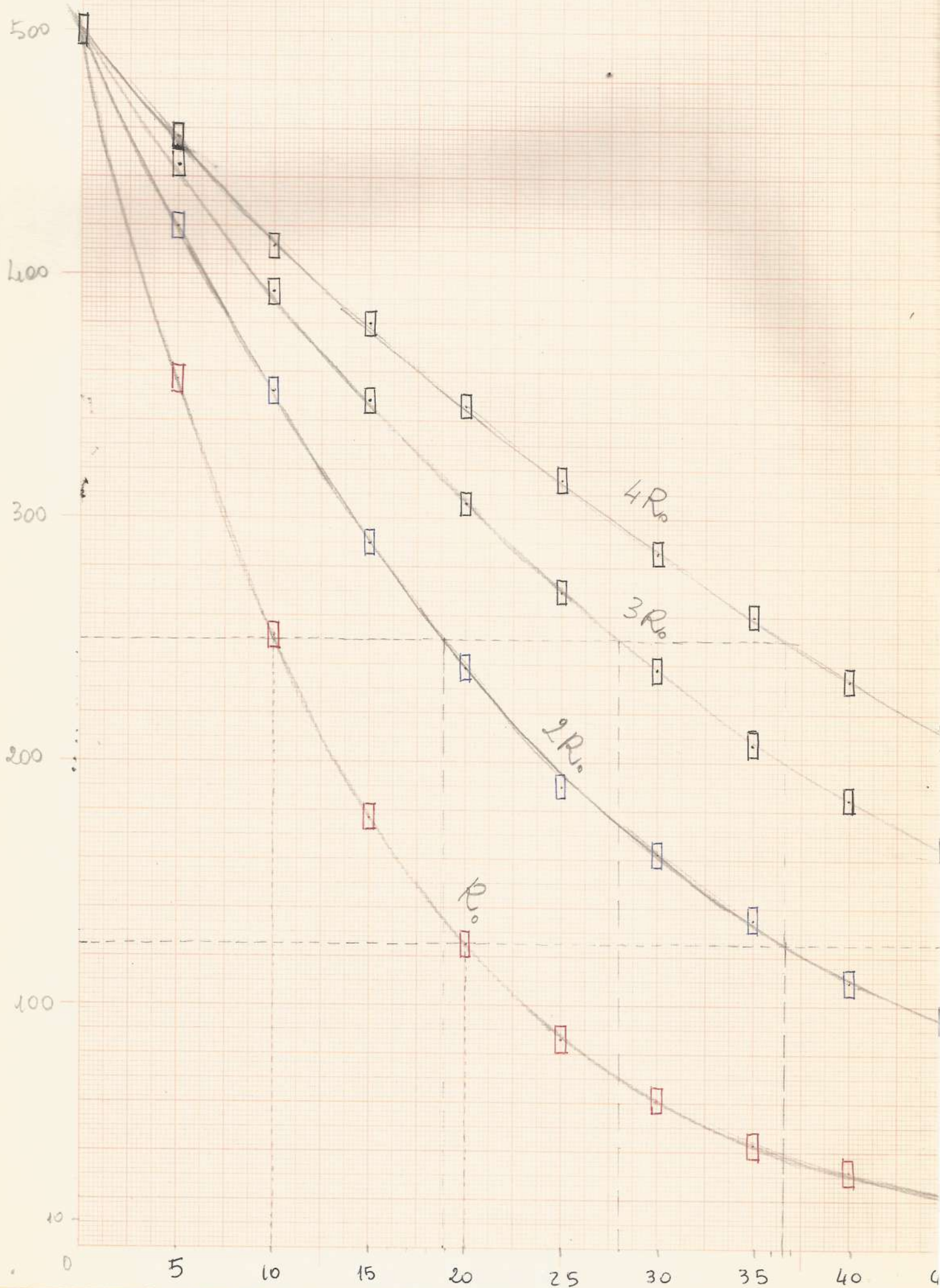
20

25

30

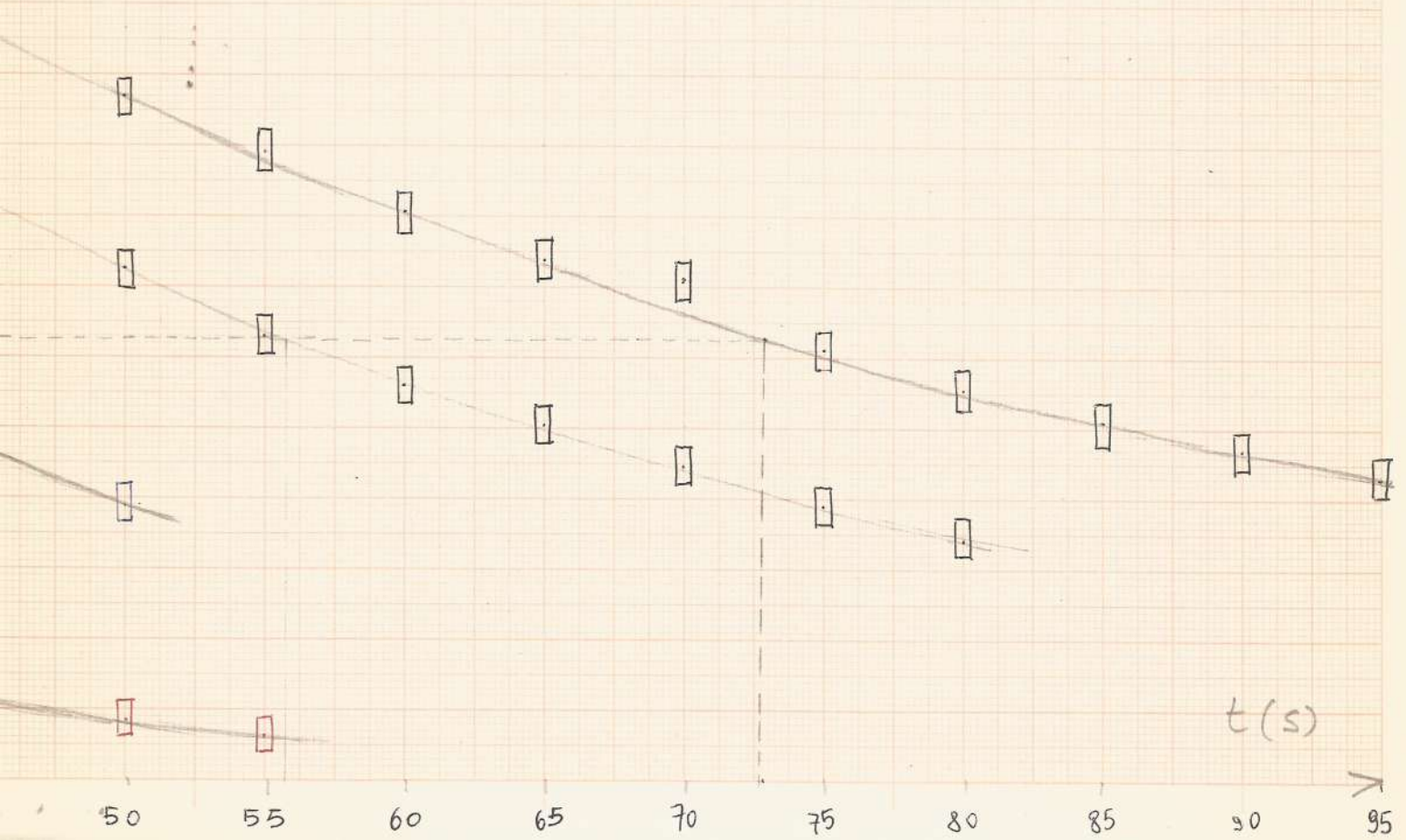
35

40



TORE ELETTROLITICO

24/10/90

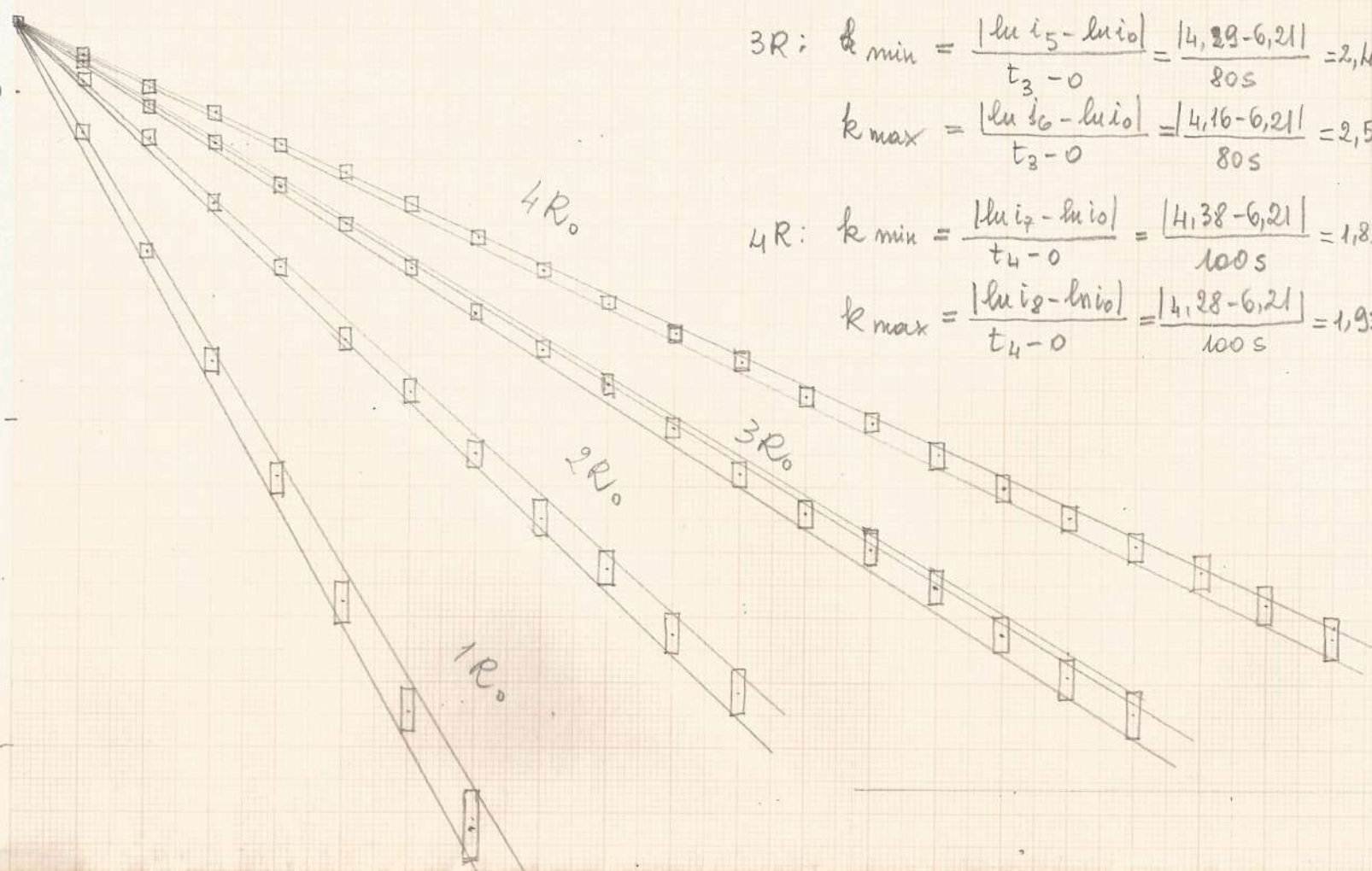


SCARICA DI UN CONDENSATORE ELETTROLITICO

CORSO DI AGGIORNAMENTO 90/91 - 31/10/90

$\wedge \ln i$

7,00 -
6,00 -
5,00 -
4,00 -

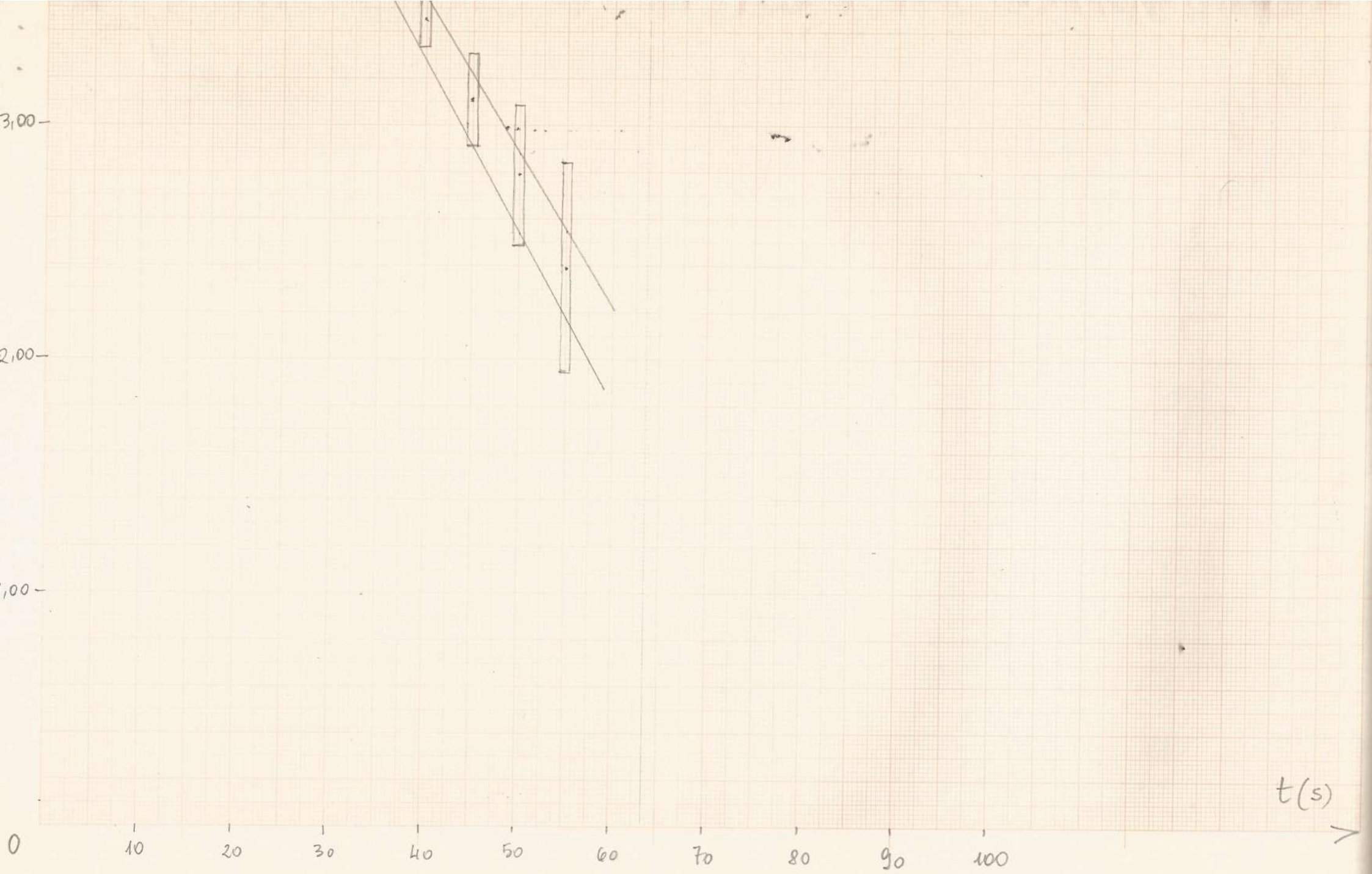


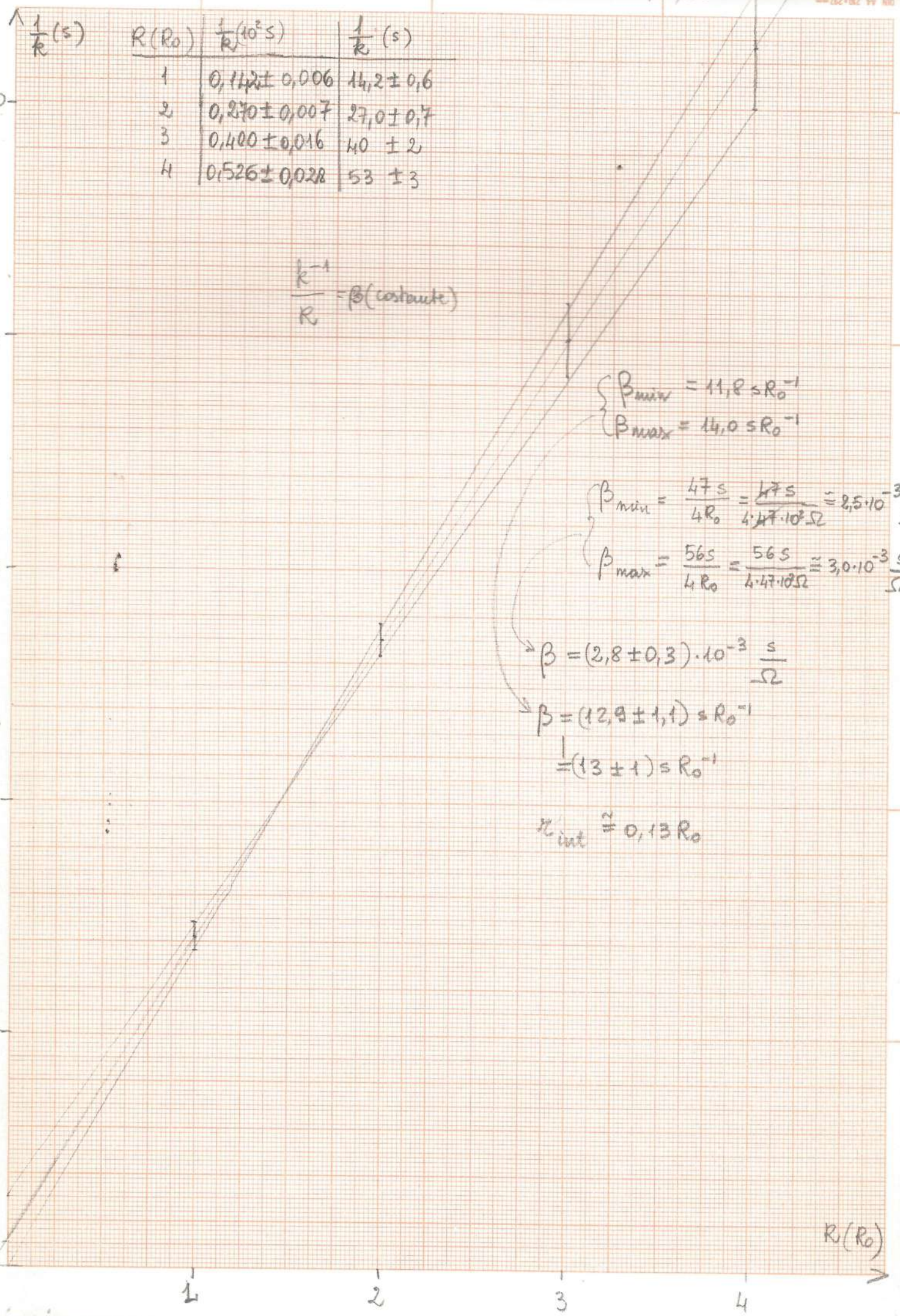
1R: $k_{\min} = \frac{|\ln i_1 - \ln i_0|}{t_1 - 0} = \frac{|2,88 - 6,21|}{50 \text{ s}} \approx 6,66 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_{\max} = \frac{|\ln i_2 - \ln i_0|}{t_1 - 0} = \frac{|2,54 - 6,21|}{50 \text{ s}} \approx 7,34 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_1 = (7,00 \pm 0,34) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $= (7,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$

2R: $k_{\min} = \frac{|\ln i_3 - \ln i_0|}{t_2 - 0} = \frac{|4,42 - 6,21|}{50 \text{ s}} \approx 3,58 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_{\max} = \frac{|\ln i_4 - \ln i_0|}{t_2 - 0} = \frac{|4,28 - 6,21|}{50 \text{ s}} \approx 3,86 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_2 = (3,72 \pm 0,14) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $= (3,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$

3R: $k_{\min} = \frac{|\ln i_5 - \ln i_0|}{t_3 - 0} = \frac{|4,29 - 6,21|}{80 \text{ s}} = 2,40 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_{\max} = \frac{|\ln i_6 - \ln i_0|}{t_3 - 0} = \frac{|4,16 - 6,21|}{80 \text{ s}} = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_3 = (2,48 \pm 0,08) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $= (2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$

4R: $k_{\min} = \frac{|\ln i_7 - \ln i_0|}{t_4 - 0} = \frac{|4,38 - 6,21|}{100 \text{ s}} = 1,83 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_{\max} = \frac{|\ln i_8 - \ln i_0|}{t_4 - 0} = \frac{|4,28 - 6,21|}{100 \text{ s}} = 1,93 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $k_4 = (1,88 \pm 0,03) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $= (1,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$





$\frac{1}{R} (s)$	$R (R_0)$	$\frac{1}{R} (10^3 s)$	$\frac{1}{R} (s)$
1	$0,112 \pm 0,006$	$11,2 \pm 0,6$	
2	$0,270 \pm 0,007$	$27,0 \pm 0,7$	
3	$0,400 \pm 0,016$	40 ± 2	
4	$0,526 \pm 0,028$	53 ± 3	

$$\frac{k^{-1}}{R} = \beta (\text{costante})$$

$$\begin{cases} \beta_{\min} = 11,8 s R_0^{-1} \\ \beta_{\max} = 14,0 s R_0^{-1} \end{cases}$$

$$\beta_{\min} = \frac{47 s}{4 R_0} = \frac{47 s}{4 \cdot 47 \cdot 10^3 \Omega} = 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{s}{\Omega}$$

$$\beta_{\max} = \frac{56 s}{4 R_0} = \frac{56 s}{4 \cdot 47 \cdot 10^3 \Omega} = 3,0 \cdot 10^{-3} \frac{s}{\Omega}$$

$$\beta = (2,8 \pm 0,3) \cdot 10^{-3} \frac{s}{\Omega}$$

$$\beta = (12,9 \pm 1,1) s R_0^{-1}$$

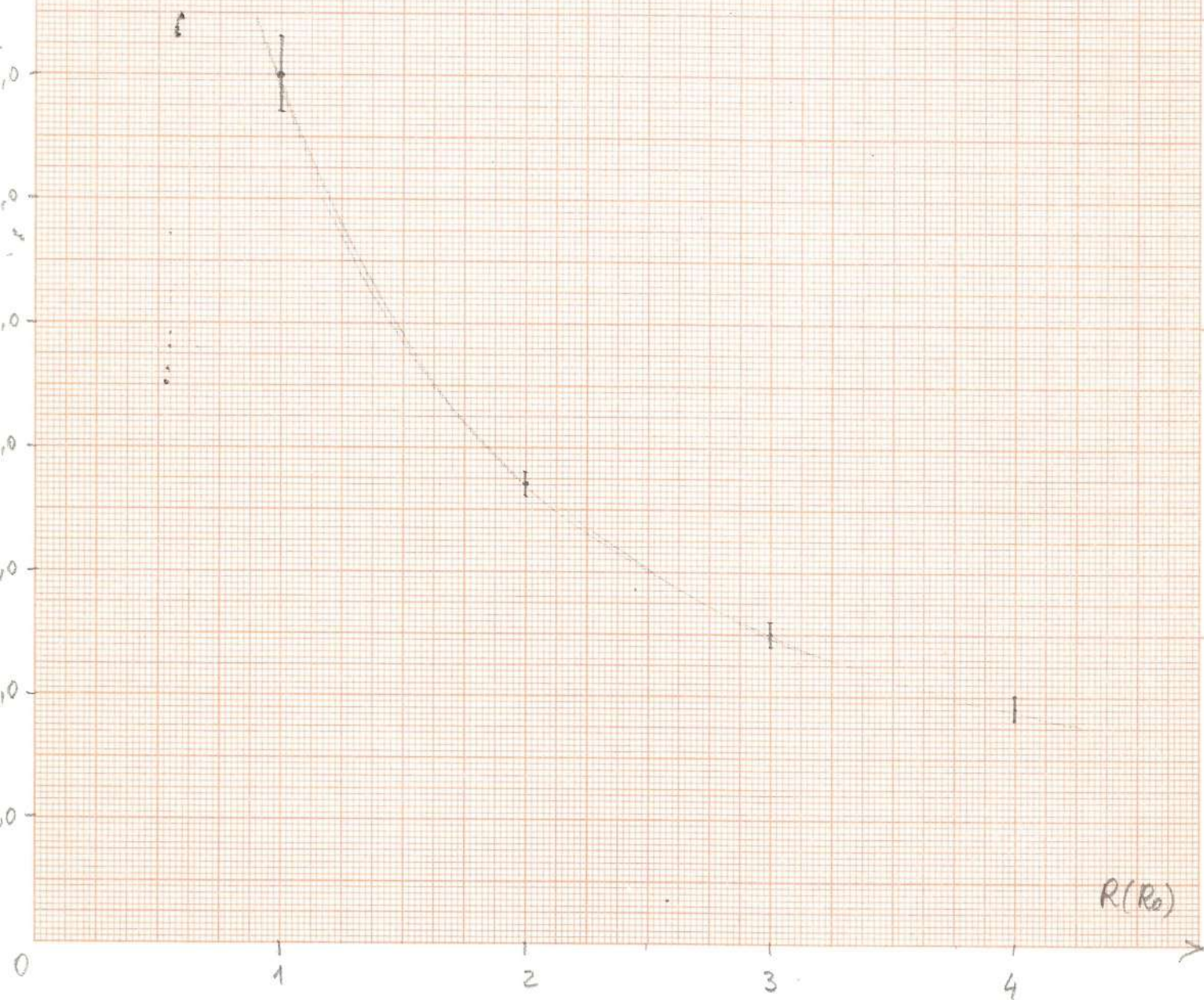
$$= (13 \pm 1) s R_0^{-1}$$

$$r_{\text{int}} \approx 0,13 R_0$$

$R_0 (R_0)$

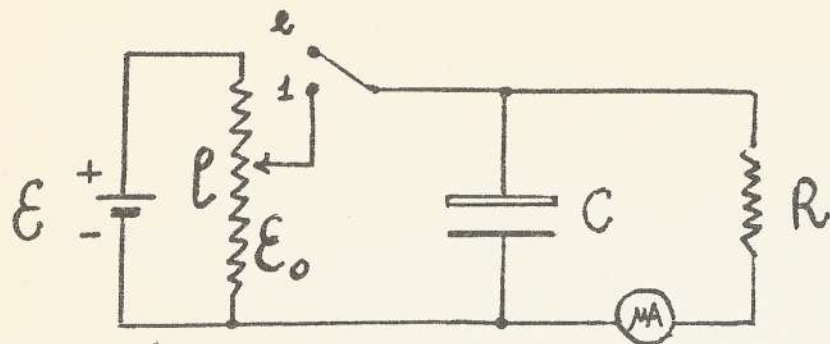
SCARICA CONDENSATORE - 31/10/90

$\lambda \text{ (} 10^{-2} \text{ s}^{-1} \text{)}$



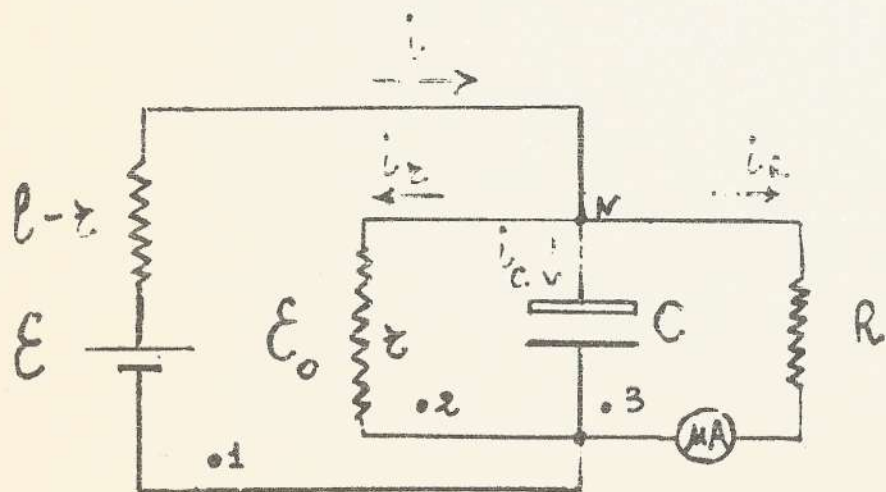
SCARICA CONDENSATORE (prof. Francino)

b) CIRCUITO UTILIZZATO DA NOI



$\epsilon \approx 12\text{ V}$, $l \approx 800\ \Omega$

- fase transitoria di carica (come prima)
- fase transitoria di scarica (diversa)



(circuitto equivalente)

Applicando i principi di Kirchhoff alle maglie 1, 2, 3 e al nodo N si ha:

$$(6) \begin{cases} \epsilon = (l - \epsilon) i + \epsilon i_{\epsilon} \\ \epsilon i_{\epsilon} = \frac{q}{C} \\ \frac{q}{C} = R i_R \end{cases} \quad i = i_{\epsilon} + i_C + i_R$$

→ istante iniziale: $q = 0$, $i_{\epsilon} = i_R = 0$,

$$i_C = i = \frac{\epsilon}{l - \epsilon}$$

→ a regime: $i_C = 0$, $i \approx i_{\epsilon}$, $i_R = 0,5\text{ mA}$

i_R si può trascurare perché!

$$i_R = \frac{\epsilon}{R} i_{\epsilon} < \frac{l}{4R_0} i_{\epsilon} \approx \frac{0,8\text{ k}\Omega}{4 \cdot 4,7\text{ k}\Omega} i_{\epsilon} \approx 4 \cdot 10^{-2}$$

$$i \approx \frac{\epsilon}{l} \approx \frac{12\text{ V}}{800\ \Omega} = 15\text{ mA}$$

Si ottiene allora $\tau = R \frac{i_R}{i_c} \approx 0,03 R$ e

con $R = n R_0 + \tau_{int}$.

Essendo

$$R_0 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

$$\tau_{int} \approx 0,6 \text{ k}\Omega$$

n	R (kΩ)	τ (μs)	E ₀ (V)
1	5,3	180	2,6
2	10,0	330	4,8
3	14,7	490	7,1
4	19,4	650	9,4

I dati delle tabelle corrispondono alle condizioni di lavoro del circuito, a regime, nei 4 casi considerati.

Risolvendo il sistema (6) si trova

$$i_c \approx \frac{1}{\tau_{eq}} E_0 - \frac{1}{R_{eq} C} q \quad (7)$$

$$\text{con } \frac{1}{\tau_{eq}} = \frac{1}{\tau} + \frac{1}{R} \quad (8)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{\tau} + \frac{1}{R} = \frac{1}{\tau_{eq}} + \frac{1}{R} \quad (9)$$

Dalle tabelle precedenti si ricava che:

$$\tau_{eq} \ll R \quad \text{e quindi } R_{eq} \approx \tau_{eq} \quad (10)$$

e quindi la (7) diventa:

$$i_c \approx \frac{1}{R_{eq} C} (E_0 C - q)$$

ovvero

$$\frac{dq}{dt} \approx \frac{1}{R_{eq} C} (q_0 - q) \quad (11)$$

La (11) ammette allora come soluzione:

$$q(t) \approx q_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{R_{eq} C}} \right) \quad (12)$$

con il tempo di rilassamento $t_0 = R_{eq} \cdot C$.

la tabella riporti i

valori di R_{eq} e t_0

nei 4 casi considerati.

n	R_{eq} (Ω)	t_0 (s)
1	140	0,31
2	190	0,42
3	190	0,42
4	120	0,26

La corrente i_c sarà espressa dalle relazioni

$$i_c \cong \frac{q_0}{R_{eq}C} e^{-\frac{1}{R_{eq}C} t} \quad (13)$$

e tenderà asintoticamente a zero.

Ne deriva che le correnti i_z e i_R tenderanno

asintoticamente al valore di regime e, in particolare sarà

$$i_R \cong i_{R_0} (1 - e^{-\frac{1}{R_{eq}C} t}) \quad (14)$$

con $i_{R_0} = 0,5 \text{ mA}$.

La (14) dà l'istantanea del valore sul micro-ammperometro.

```

program SCARICA_CONDENSATORE (input,output);

const      C = 2.2;           { capacità del condensatore in mF      }
           R = 5.3;           { resistenza complessiva inserita in kΩ  }
           ic = 0.500;        { intensità corrente iniziale in mA      }

           nmax = 600;
           vuoi = '- Vuoi continuare ? (s/n) -';

type       vettore = array[1..nmax] of real;
           tabella = array[1..5] of vettore;
           vett    = array[1..5] of real;
           vtr     = array[1..5] of integer;

           {          TABELLA          }
           { q11 q12 q13 ..... q1n }
           { q21 q22 q23 ..... q2n }
           { q31 q32 q33 ..... q3n }
           { q41 q42 q43 ..... q4n }
           { q51 q52 q53 ..... q5n }

var        tempo      : vettore;
           carica     : tabella;
           delta      : vett;
           tmax, qmax : real;
           scelta, j, maxk : integer;
           car        : char;

           (*** procedura 1 : gestisce l'immissione dei dati      ****)
           (*** controllandone il valore e l'ordine ****)

procedure ingresso (var Dt : vett; var tmx : real);
const      a = 25;
var        k, i, xd : integer;
           comodo  : real;
begin
  clrscr; k:=1;
  gotoxy(6,2); write('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA ',
                    'RESISTENZA (circuito RC)');
  gotoxy(3,wherey+3); writeln('Immettere 5 passi di iterazione in ',
                              'ordine decrescente e tali che il primo');
  gotoxy(3,wherey); write('sia multiplo di tutti gli altri :');
  repeat
    gotoxy(a,wherey+2); write('passo ',k,' in s : δt',k,' = ');
    read(Dt[k]);
    k := k + 1
  until k > 5;
  gotoxy(3,wherey+3); writeln('Immettere il tempo complessivo di ',
                              'scarica del condensatore in secondi :');
  gotoxy(a,wherey+2); write('t massimo = ');
  read(tmx)
end;

           (*** procedura 3 : effettua il calcolo iterativo e memorizza i valori ****)
           (*** del tempo per il passo piu' grande, della carica per tutti i passi ****)

procedure calcolo (dt : vett; tmx : real; var qmx : real; var tmp : vettore;
                  var crc : tabella; var kmax : integer);
var          t, q      : real;
           i, k, l    : integer;
           m          : vtr;
           { m e' il numero di passi che }
           { intercorrono tra due valori }
           { emessi su stampa o su grafico }
begin
  t:=0; qmx:=C*R*ic; tmp[1]:=t;

```



```

for i:=1 to 5 do crc[i,1] := qmx;
m[1]:= trunc(tmx/(560*dt[1]))+1;;           { calcolo di m }
for i:=2 to 5 do m[i] := round(m[1]*dt[1]/dt[i]);           { per i 5 casi }
q:=qmx; k:=2; l:=0;
for i:=1 to 5 do                               { ripetizione per i 5 diversi passi }
  begin
    repeat                                       { ciclo iterativo }
      l := l + 1;                               { di integrazione }
      t := t + dt[i];                           { numerica }
      q := q - q * dt[i]/(R*C);
      if l = m[i]                               { condizione per la memorizzazione }
      then
        begin
          if i = 1
          then
            begin
              tmp[k] := t;
              kmax := k
            end;
            crc[i,k] := q;
            k := k + 1;
            l := 0
          end
        until t >= tmax;
        t:=0; q:=qmx; k:=2
      end
    end;
end;

```

(*** procedura 4 : crea l'ambiente grafico e traccia gli assi ***)

```

procedure assi;
begin
  hires;
  draw (52,172,639,172,15);           { asse t }
  draw (52,0,52,172,15);             { asse q }
  draw(47,5,52,0,15); draw(57,5,52,0,15); { freccia asse q }
  draw(629,169,639,172,15); draw(629,175,639,172,15); { freccia asse t }
end;

```

(*** procedura 5 : traccia le divisioni e costruisce le scale ***)

```

procedure scale (tmax, qmax : real);
var k : integer;
begin
  for k:=0 to 6 do
    begin
      draw(52+k*80,170,52+k*80,174,15); { divisioni asse t }
      gotoxy(6+k*10,23); write(k*tmax/7:2:1); { scala asse t }
      gotoxy(73,20); write('t (s)')
    end;
  for k:=0 to 5 do
    begin
      draw(48,172-k*32,56,172-k*32,15); { divisioni asse q }
      gotoxy(1,22-k*4); write(k*qmax/5:5:2); { scala asse q }
      gotoxy(10,2); write('q (mC)')
    end
  end;
end;

```

(*** procedura 6 : traccia i punti dei 5 grafici uno alla volta ***)

```
procedure graficar (tmax, qmax : real; tem : vettore;
                   crc : tabella; kmax : integer);
var   i, k   : integer;
begin
  i:=1;
  repeat
    gotoxy(16,25); for k:=1 to 48 do write(' ');
    for k:=1 to kmax do
      begin
        plot(52+round(tem[k]*560/tmax),172-round(crc[i,k]*160/qmax),15);
        plot(53+round(tem[k]*560/tmax),172-round(crc[i,k]*160/qmax),15)
      end;
      i := i + 1;
    repeat until keypressed
  until i > 5
end;
```

(*** procedura 7 : costruisce sullo schermo la ***)
(*** tabella per il controllo dei dati ***)

```
procedure stampal (dt :vett; tmp : vettore; crc : tabella; kmax : integer);
const
  a = 15;
  b = 36;
  c = 55;
var
  i, j   : integer;
begin
  clrscr; j:=1;
  writeln('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA RESISTENZA':65);
  gotoxy(b,8); write('carica (mC)           δt (s)');
  gotoxy(a,12); write('tempo (s)');
  for i:=1 to 5 do
    begin
      gotoxy(c,8+i*2); write(dt[i]:10:3)
    end;
  repeat
    gotoxy(a,14); write(tmp[j]:7:2);
    for i:=1 to 5 do
      begin
        gotoxy(b,8+i*2); write(crc[i,j]:10:8)
      end;
    j := j + 1;
  repeat until keypressed
  until j > kmax
end;
```

(*** procedura 8 : costruisce sullo schermo la ***)
(*** tabella completa dei dati ***)

```
procedure stampa2 (dt :vett; tmp : vettore; crc : tabella; kmax : integer);
var
  i, j   : integer;
begin
  clrscr; j:=1; car := ' ';
  writeln('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA RESISTENZA':65);
  writeln;
  writeln('tempo (s)                               carica (mC)');
```



```

writeln;
write(' '); for i:=1 to 5 do write(' dt = ',dt[i]:1:3);
writeln;
for i:=1 to 80 do write(chr(196));
repeat
  write(tmp[j]:7.2); for i:=1 to 5 do write(crc[i,j]:14:5); writeln;
  j := j + 1;
  repeat until keypressed
until j > kmax;
for i:=1 to 80 do write(chr(196))
end;

```

(*** programma principale ***)

```

begin
  ingresso (delta,tmax);
  clrscr;
  gotoxy(22,12); write('Attendere, prego, sto calcolando ...');
  calcolo (delta,tmax,qmax,tempo,carica,maxk);
  assi; scale (tmax,qmax);
  graficar (tmax, qmax, tempo, carica, maxk);
  stampa1 (delta, tempo, carica, maxk);
  stampa2 (delta, tempo, carica, maxk)
end.

```

```

program CORRENTE_DI_SCARICA (input,output);

const      C = 2.8;           { capacità del condensatore   in mF }
           Ro = 4.7;         { resistenza unitaria in kΩ   }
           ri = 0.6;         { resistenza interna strumento in kΩ }
           io = 0.500;       { intensità corrente iniziale in mA }

delta = 0.01;
tmax = 210.0;
m = 50;
nmax = 600;
vuoi = '- Vuoi continuare ? (s/n) -';

type       vettore = array[1..nmax] of real;
           tabella = array[1..4] of vettore;
           vett    = array[1..4] of real;

var        tempo      : vettore;
           corrente   : tabella;
           resistenza : vett;
           scelta, maxk : integer;
           car        : char;

function dato_intero (min, max : integer) : integer; { controlla i valori }
var x, y, valore, errore : integer; { di tipo integer }
    valore_stringa      : string[20]; { immessi da tastiera }
    num                 : real;
    ok                  : boolean;

begin
  x:=wherex; y:=wherey; ok:=false;
  repeat
    gotoxy(x,y); clrscr; read(valore_stringa);
    val(valore_stringa,num,errore);
    if (errore = 0) and (int(num) = num)
    then
      if (num >= min) and (num <= max)
      then
        begin
          dato_intero := round(num);
          ok := true
        end
      end
    until ok
end;

      (***) procedura 1 : presenta il menu (***)

procedure menu (var sw : integer);
const a = 24;
begin
  clrscr;
  gotoxy(21,2); write('CORRENTI DI SCARICA DI UN CONDENSATORE');
  gotoxy(19,3); write('ATTRAVERSO RESISTENZE DIVERSE (circuiti RC)');
  gotoxy(32,5); write('Analisi dei dati');
  gotoxy(a,wherey+7); write('1. Grafico intensita' corrente-tempo');
  gotoxy(a,wherey+2); write('2. Tabella di confronto dei dati');
  gotoxy(a,wherey+2); write('3. Stampa della tabella dei dati');
  gotoxy(a,wherey+2); write('4. Fine');
  gotoxy(23,24); write('Battere il numero che interessa : ');

```



```

sw := dato_intero (1,4)
end;

```

```

(***) procedura 2 : effettua il calcolo iterativo e memorizza i valori (***)
(***) del tempo per il passo piu' grande, della carica per tutti i passi (***)

```

```

procedure calcolo (var R : vett; var tmp : vettore;
                  var crr : tabella; var kmax : integer);
var
    t, it      : real;
    i, k, l    : integer;
begin
    { m e' il numero di passi che }
    { intercorrono tra due valori }
    { emessi su stampa o su grafico }
    for i:=1 to 4 do R[i] := i * Ro + ri;
    tmp[1]:=0; for i:=1 to 4 do crr[i,1] := io;
    for i:=1 to 4 do
        begin
            { ripetizione per le 5 resistenze }
            t:=0; it:=io; k:=2; l:=0; { del ciclo iterativo di integrazione }
            repeat { numerica, riassegnando ogni volta }
                l := l + 1; { alle variabili i valori iniziali }
                t := t + delta;
                it := it - it * delta/(R[i]*C);
                if l = m { condizione per la registrazione }
                    then { in memoria dei valori calcolati }
                        begin { ogni m passi }
                            if i = 1
                                then { registrazione in }
                                    begin { memoria dei valori }
                                        tmp[k] := t; { del tempo e ..... }
                                        kmax := k { }
                                    end; { }
                                crr[i,k] := it; { ... della corrente }
                                k := k + 1;
                                l := 0
                            end
                        until t >= tmax
                    end
        end;
end;

```

```

(***) procedura 3 : crea l'ambiente grafico e traccia gli assi (***)

```

```

procedure assi;
begin
    hires;
    draw (52,172,639,172,15); { asse t }
    draw (52,0,52,172,15); { asse i }
    draw(47,5,52,0,15); draw(57,5,52,0,15); { freccia asse i }
    draw(629,169,639,172,15); draw(629,175,639,172,15); { freccia asse t }
end;

```

```

(***) procedura 4 : traccia le divisioni e costruisce le scale (***)

```

```

procedure scale;
var
    k : integer;
begin
    for k:=0 to 6 do
        begin
            draw(52+k*80,170,52+k*80,174,15); { divisioni asse t }
        end
    end;
end;

```

```

        gotoxy(6+k*10,23); write(k*tmax/7:2:0);           { scala asse t }
        gotoxy(73,20); write('t (s)')
    end;
    for k:=0 to 5 do
        begin
            draw(48,172-k*32,56,172-k*32,15);           { divisioni asse i }
            gotoxy(1,22-k*4); write(k*io/5:5:2);        { scala asse i }
            gotoxy(10,2); write('i (mA)')
        end
    end;
end;

```

(*** procedura 5 : traccia i punti dei 5 grafici uno alla volta ***)

```

procedure graficar (tmp : vettore; crr : tabella; kmax : integer);
var i, k : integer;
begin
    i:=1;
    repeat
        gotoxy(16,25); for k:=1 to 48 do write(' ');
        for k:=1 to kmax do
            begin
                plot(52+round(tmp[k]*560/tmax),172-round(crr[i,k]*160/io),15);
                plot(53+round(tmp[k]*560/tmax),172-round(crr[i,k]*160/io),15)
            end;
        i := i + 1;
        gotoxy(27,25); write(vuoi);
        repeat read(kbd,car) until upcase(car) in ['S','N'] { ciclo di }
    until (upcase(car) = 'N') or (i > 4) { attesa }
end;

```

(*** procedura 6 : costruisce sullo schermo una tabella ***)
 (***) per il controllo dei dati ogni 5 s (***)

```

procedure stampa1 (R : vett; tmp : vettore; crr : tabella; kmax : integer);
const
    a = 15;
    b = 34;
    c = 54;
var
    i, j, pr : integer;
    car : char;
begin
    clrscr; car:=' '; j:=1; pr:=round(5/(m*delta));
    gotoxy(21,2); write('CORRENTI DI SCARICA DI UN CONDENSATORE');
    gotoxy(19,3); write('ATTRAVERSO RESISTENZE DIVERSE (circuiti RC)');
    gotoxy(29,9); write('intensità corrente (mA) R (kΩ)');
    gotoxy(a,12); write('tempo (s)');
    for i:=1 to 4 do
        begin
            gotoxy(c,9+i*2); write(R[i]:10:1)
        end;
    repeat
        if (j-1) mod pr = 0
        then
            begin
                gotoxy(a,14); write(tmp[j]:7:2);
                for i:=1 to 4 do
                    begin
                        gotoxy(b,9+i*2); write(crr[i,j]:10:3)
                    end;
            end;

```



```

        gotoxy(27,25); write(vuoi);
        repeat read(kbd,car) until upcase(car) in ['S','N']
        end;
    j := j + 1
until (upcase(car) = 'N') or (j > kmax)
end;

    (***) procedura 7 : costruisce sullo schermo la (***)
    (***) tabella completa dei dati (***)

procedure stampa2 (R : vett; tmp : vettore; crr : tabella; kmax : integer);
var
    i, j, k, pr : integer;
    car : char;
begin
    clrscr; car := ' '; pr:=round(5/(m*delta));
    gotoxy(21,1); write('CORRENTI DI SCARICA DI UN CONDENSATORE');
    gotoxy(19,2); write('ATTRAVERSO RESISTENZE DIVERSE (circuiti RC)');
    writeln; writeln;
    writeln('tempo (s)                                intensità corrente (mA)');
    writeln;
    write(' ');
    for i:=1 to 4 do write(' ',R[i]:1:1,' kΩ');
    writeln;
    for i:=1 to 80 do write(chr(196)); { traccia una riga }
    j:=1; k:=1;
    repeat
        if (j-1) mod pr = 0
        then
            begin
                write(tmp[j]:7:2);
                for i:=1 to 4 do write(crr[i,j]:17:3); writeln;
                if k mod 16 = 0
                then { ferma la pagina }
                    begin { al punto giusto }
                        gotoxy(27,25); write(vuoi);
                        repeat read(kbd,car)
                        until upcase(car) in ['S','N'];
                        gotoxy(1,23); clreol;
                        gotoxy(1,8)
                    end;
                k := k + 1
            end;
        j := j + 1
    until (upcase(car) = 'N') or (j > kmax);
    if j > kmax
    then
        begin
            for i:=1 to 80 do write(chr(196)); { traccia una riga e }
            for i:=8+k mod 16 to 24 do { cancella il resto }
                begin { della pagina }
                    clreol; writeln
                end;
            clreol; repeat until keypressed
        end
    end;

    (***) programma principale (***)

```

```
begin
  clrscr;
  gotoxy(22,12); write('Attendere, prego, sto calcolando ...');
  calcolo (resistenza, tempo, corrente, maxk);
  repeat
    menu (scelta);
    case scelta of
      1 : begin
          assi; scale;
          graficar (tempo, corrente, maxk)
        end;
      2 : stampa1 (resistenza, tempo, corrente, maxk);
      3 : stampa2 (resistenza, tempo, corrente, maxk);
      4 : begin end
    end
  until scelta = 4
end.
```



```

program SCARICA_CONDENSA_TORE (input,output);

const      C = 2.2;           { capacità del condensatore in mF      }
           R = 5.3;           { resistenza complessiva inserita in kΩ  }
           ic = 0.500;        { intensità corrente iniziale in mA      }

           nmax = 600;
           vuoi = '- Vuoi continuare ? (s/n) -';

type       vettore = array[1..nmax] of real;
           tabella = array[1..5] of vettore;
           vett    = array[1..5] of real;
           vtr     = array[1..5] of integer;

           {          TABELLA          }
           { q11 q12 q13 ..... q1n }
           { q21 q22 q23 ..... q2n }
           { q31 q32 q33 ..... q3n }
           { q41 q42 q43 ..... q4n }
           { q51 q52 q53 ..... q5n }

var        tempo      : vettore;
           carica     : tabella;
           delta      : vett;
           tmax, qmax : real;
           scelta, j, maxk : integer;
           car        : char;

function dato_intero (min, max : integer) : integer; { controlla i valori }
var      x, y, valore, errore : integer;           { di tipo integer   }
           valore_stringa    : string[20];        { immessi da tastiera }
           num                : real;
           ok                  : boolean;

begin
  x:=wherex; y:=wherey; ok:=false;
  repeat
    gotoxy(x,y); clrscr; read(valore_stringa);
    val(valore_stringa,num,errore);
    if (errore = 0) and (int(num) = num)
      then
        if (num >= min) and (num <= max)
          then
            begin
              dato_intero := round(num);
              ok := true;
            end
          end
        until ok
  end;

  (***) procedura 1 : presenta il menu (***)

procedure menu (var sw : integer);
const      a = 24;
begin
  clrscr;
  gotoxy(6,2); write('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA ',
                    'RESISTENZA (circuito RC)');
  gotoxy(32,5); write('Analisi dei dati');
  gotoxy(a,wherey+7); write('1. Grafico carica-tempo');
  gotoxy(a,wherey+2); write('2. Controllo dei dati');
  gotoxy(a,wherey+2); write('3. Stampa della tabella dei dati');
  gotoxy(a,wherey+2); write('4. Fine');
  gotoxy(23,24); write('Battere il numero che interessa : ');
  sw := dato_intero (1,4)
end;

```

end;

```
(*** procedura 2 : gestisce l'immissione dei dati      ***)  
(***                controllandone il valore e l'ordine ***)
```

```
procedure ingresso (var Dt : vett; var tmx : real);
```

```
  const  a = 25;
```

```
  var    k, i, xd      : integer;  
        comodo        : real;
```

```
function dato_reale (min,max : real) : real;           { controlla i valori  }  
  var    x, y, errore  : integer;                     { di tipo real       }  
        valore_stringa : string[20];                 { immessi da tastiera }  
        valore         : real;  
        ok             : boolean;
```

```
begin
```

```
  x:=wherex; y:=wherey; ok:=false;
```

```
  repeat
```

```
    gotoxy(x,y); clrscr; read(valore_stringa);
```

```
    val(valore_stringa,valore,errore);
```

```
    if errore = 0
```

```
      then
```

```
        if (valore >= min) and (valore <= max)
```

```
          then
```

```
            begin
```

```
              dato_reale := valore;
```

```
              ok := true
```

```
            end
```

```
  until ok
```

```
end;
```

```
begin
```

```
  clrscr; k:=1;
```

```
  gotoxy(6,2); write('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA ',  
                    'RESISTENZA (circuito RC)');
```

```
  gotoxy(3,wherey+3); writeln('Immettere 5 passi di iterazione in ',  
                              'modo tale che uno di essi sia multiplo');
```

```
  gotoxy(3,wherey); write('di tutti gli altri :');
```

```
  repeat
```

```
    gotoxy(a,wherey+2); write('passo ',k,' in s :  $\delta t$  ',k,' = ');
```

```
    xd := wherex;
```

```
    repeat
```

```
      gotoxy(xd,wherey);
```

```
      Dt[k] := dato_reale (0.005,10)
```

```
      { controllo dei }  
      { valori multipli }
```

```
    until frac(Dt[1]/Dt[k]) = 0.0 ;
```

```
    k := k + 1
```

```
  until k > 5;
```

```
  for k:=1 to 4 do
```

```
    for i:=k+1 to 5 do
```

```
      if Dt[k] < Dt[i]
```

```
        then
```

```
          begin
```

```
            comodo := Dt[k];
```

```
            Dt[k] := Dt[i];
```

```
            Dt[i] := comodo
```

```
            { ordinamento per }  
            { valori decrescenti }
```

```
          end;
```

```
  gotoxy(3,wherey+3); writeln('Immettere il tempo complessivo di ',  
                              'scarica del condensatore in secondi :');
```

```
  gotoxy(a,wherey+2); write('t massimo = ');
```

```
  tmx := dato_reale (0,1000)
```

(C2)


```

end;

(***) procedura 3 : effettua il calcolo iterativo e memorizza i valori (***)
(***) del tempo per il passo piu' grande, della carica per tutti i passi (***)

procedure calcolo (dt : vett; tmx : real; var qmx : real; var tmp : vettore;
                  var crc : tabella; var kmax : integer);
var
    t, q      : real;
    i, k, l   : integer;
    m         : vtr;
begin
    qmx:=C*R*ic; tmp[1]:=0;
    for i:=1 to 5 do crc[i,1] := qmx;
    m[1]:= trunc(tmx/(560*dt[1]))+1;;
    for i:=2 to 5 do m[i] := round(m[1]*dt[1]/dt[i]);
    for i:=1 to 5 do
        begin
            t:=0; q:=qmx; k:=2; l:=0;
            repeat
                l := l + 1;
                t := t + dt[i];
                q := q - q * dt[i]/(R*C);
                if l = m[i]
                then
                    begin
                        if i = 1
                        then
                            begin
                                tmp[k] := t;
                                kmax := k
                            end;
                        crc[i,k] := q;
                        k := k + 1;
                        l := 0
                    end
                until t >= tmx
            end;
        end;
end;

```

(***) procedura 4 : crea l'ambiente grafico e traccia gli assi (***)

```

procedure assi;
begin
    hires;
    draw (52,172,639,172,15);
    draw (52,0,52,172,15);
    draw(47,5,52,0,15); draw(57,5,52,0,15);
    draw(629,169,639,172,15); draw(629,175,639,172,15);
end;

```

(***) procedura 5 : traccia le divisioni e costruisce le scale (***)

```

procedure scale (tmax, qmax : real);
var
    k : integer;
begin
    for k:=0 to 6 do
        begin

```

```

        draw(52+k*80,170,52+k*80,174,15);           { divisioni asse t }
        gotoxy(6+k*10,23); write(k*tmax/7:2:1);     { scala asse t   }
        gotoxy(73,20); write('t (s)')
    end;
    for k:=0 to 5 do
        begin
            draw(48,172-k*32,56,172-k*32,15);       { divisioni asse q }
            gotoxy(1,22-k*4); write(k*qmax/5:5:2);   { scala asse q   }
            gotoxy(10,2); write('q (mC)')
        end
    end;
end;

```

(*** procedura 6 : traccia i punti dei 5 grafici uno alla volta ***)

```

procedure graficar (tmax, qmax : real; tem : vettore;
                   crc : tabella; kmax : integer);
var   i, k   : integer;
begin
    i:=1;
    repeat
        gotoxy(16,25); for k:=1 to 48 do write(' ');
        for k:=1 to kmax do
            begin
                plot(52+round(tem[k]*560/tmax),172-round(crc[i,k]*160/qmax),15);
                plot(53+round(tem[k]*560/tmax),172-round(crc[i,k]*160/qmax),15)
            end;
            i := i + 1;
        gotoxy(27,25); write(vuoi);
        repeat read(kbd,car) until upcase(car) in ['S','N']           { ciclo di }
    until (upcase(car) = 'N') or (i > 5)                               { attesa   }
end;

```

(*** procedura 7 : costruisce sullo schermo la ***)
 (***) tabella per il controllo dei dati ***)

```

procedure stampa1 (dt :vett; tmp : vettore; crc : tabella; kmax : integer);
const
    a = 15;
    b = 36;
    c = 55;
var
    i, j   : integer;
    car    : char;
begin
    clrscr; j:=1;
    writeln('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA RESISTENZA':65);
    gotoxy(b,8); write('carica (mC)           δt (s)');
    gotoxy(a,12); write('tempo (s)');
    for i:=1 to 5 do
        begin
            gotoxy(c,8+i*2); write(dt[i]:10:3)
        end;
    repeat
        gotoxy(a,14); write(tmp[j]:7:2);
        for i:=1 to 5 do
            begin
                gotoxy(b,8+i*2); write(crc[i,j]:10:8)
            end;
        j := j + 1;
    gotoxy(27,25); write(vuoi);

```



```

repeat read(kbd,car) until upcase(car) in ['S','N'] { ciclo di }
until (upcase(car) = 'N') or (j > kmax) { attesa }
end;

```

```

(***) procedura 8 : costruisce sullo schermo la (***)
(***) tabella completa dei dati (***)

```

```

procedure stampa2 (dt :vett; tmp : vettore; crc : tabella; kmax : integer);
var
    i, j      : integer;
    car       : char;
begin
    clrscr; j:=1; car := ' ';
    writeln('SCARICA DI UN CONDENSATORE ATTRAVERSO UNA RESISTENZA':65);
    writeln;
    writeln('tempo (s)                                carica (mC)');
    writeln;
    write(' '); for i:=1 to 5 do write('      dt = ',dt[i]:1:3);
    writeln;
    for i:=1 to 80 do write(chr(196)); { traccia una riga }
    repeat
        write(tmp[j]:7:2); for i:=1 to 5 do write(crc[i,j]:14:5); writeln;
        if j mod 17 = 0
            then
                begin
                    gotoxy(27,25); write(vuoi); { ferma la pagina }
                    repeat read(kbd,car) until upcase(car) in ['S','N']; { al punto giusto }
                    gotoxy(1,7)
                end;
            j := j + 1
    until (upcase(car) = 'N') or (j > kmax);
    if j > kmax
        then
            begin
                for i:=1 to 80 do write(chr(196)); { traccia una riga e }
                for i:=j mod 17 to 17 do { cancella il resto }
                    begin { della pagina }
                        clreol; writeln
                    end;
                clreol; repeat until keypressed
            end
    end;
end;

```

```

(***) programma principale (***)

```

```

begin
repeat
    ingresso (delta,tmax);
    clrscr;
    gotoxy(22,12); write('Attendere, prego, sto calcolando ...');
    calcolo (delta,tmax,qmax,tempo,carica,maxk);
    repeat
        menu (scelta);
        case scelta of
            1 : begin
                    assi; scale (tmax,qmax);
                    graficar (tmax, qmax, tempo, carica, maxk)
                end;
            2 : stampal (delta, tempo, carica, maxk);

```

```
3 : stampa2 (delta, tempo, carica, maxk);
4 : begin end
end
until scelta = 4;
gotoxy(23,25); write('Vuoi esaminare un altro caso ? s/n');
repeat read(kbd,car) until upcase(car) in ['S','N']
until upcase(car) = 'N'; gotoxy(1,1)
end.
```