

I MONTAGGI REPERIBILI ANCHE IN KIT



CARATTERISTICHE TECNICHE

| | |
|-------------------------------|---|
| Alimentazione della rete: | 125 - 220 - 250 Vc.a. 50-60 Hz |
| Consumo: | 2 W |
| Grandezze misurate: | R.L.C. |
| Portate di misura: | sette decadi per ciascuna grandezza e centesimi |
| Regolazione intermedia: | in decimi del campo di misura |
| Precisione: | 1% |
| Misura delle resistenze: | da 0,1 Ω a 1 M Ω |
| Misura delle induttanze: | da 10 μ H a 100 H |
| Misura delle capacità: | da 5 pF a 100 μ F |
| Circuiti integrati impiegati: | TBA820-T FU6 A7776393 - L141B1 |
| Diodi impiegati: | 8x1N4002 - 6 x BAY71 - OA95 |
| Zener impiegati: | 2x1ZS13A - oppure 1ZS12A |
| Dimensioni: | 280 x 150 x 120 mm |
| Peso: | 1750 g |

PONTE DI MISURA R-L-C

Certo, il montaggio più "ambizioso" che possa intraprendere lo sperimentatore, o il tecnico che si dedica alla progettazione, per il proprio laboratorio, dopo l'oscilloscopio, è il ponte di misura. Vedremo nel testo che segue come costruire un ponte, della specie più elaborata; il tipo che misura resistenze, capacità, induttanze.

Il "Ponte" è uno strumento che ha dietro di sé una specie di leggenda; chi ha frequentato istituti tecnici, l'ha potuto... ammirare nell'aula di elettrologia (mai usare, perché gli studenti - nel pensiero di chi insegna - sono troppo faciloni e sbadati per mettere le mani su apparecchi tanto delicati e costosi). Chi ha acceso nei laboratori di progettazione l'ha sempre visto in un ruolo predominante, maneggiato da espertissimi tecnici che eseguivano complicate misurazioni. Questa sua tradizione, ha formato nella mente di molti di coloro che s'interessano di elettronica il concetto che si tratti di un apparecchio assai particolare, "una cosa per grandi esperti".

La verità è diversa; in pratica, chiunque sia addetto ai lavori potrebbe trarre gran vantaggio dal suo impiego, ed il suo impiego è molto semplice. Il che ci proponiamo di dimostrarlo in modo assolu-

tamente concreto con questa descrizione. Prima di tutto; a "cosa serve" il ponte?

Presto detto: a misurare in modo assolutamente preciso valori di resistenza, capacità, induttanze. Il solito sprovvedutello dirà: "ma con il tester...". No, no; meglio frenare subito. Il tester ha una notevole utilità, ma non è né preciso né "panoramico". Infatti, anche i migliori multimetri, nella scala dei valori resistivi, hanno una tolleranza del 10%, come può facilmente verificare chiunque possieda alcuni resistori all'1%, di valore diverso. Inoltre, la scala, non è lineare per sua natura, ma non è davvero lineare, perché in certi punti l'errore è più grande che in altri. Per la misura delle capacità, la situazione peggiora. Certo, con l'ausilio della rete luce il tester può "dare una misurata" a condensatori dal valore generalmente compreso tra qualche centinaio di pF e talune decine di migliaia. Lo

scarto tra il valore reale e quello letto, però, assume entità di grande importanza, e, come si vede, la scala ha inaccettabili limitazioni.

Per quel che riguarda le induttanze, infine, il tester non serve affatto. Risentiamo il nostro sprovvedutello che interloquisce: "Ma le induttanze poi... figurarsi! Queste sono misure che servono proprio solo in un grande laboratorio di progetto...".

Eh; errore, caro amico; errore macroscopico. Per esempio, in tutti i circuiti dei trasmettitori progettati negli U.S.A., e pubblicati a livello di Technical Report, il valore delle bobine è segnato in μ H, quasi sempre senza alcuna indicazione relativa al numero di spire, al diametro dell'avvolgimento e simili; e non solo negli schemi d'oltreatlantico, avviene questo, perché l'uso si va generalizzando. Ora, se si vuole costruire un apparecchio

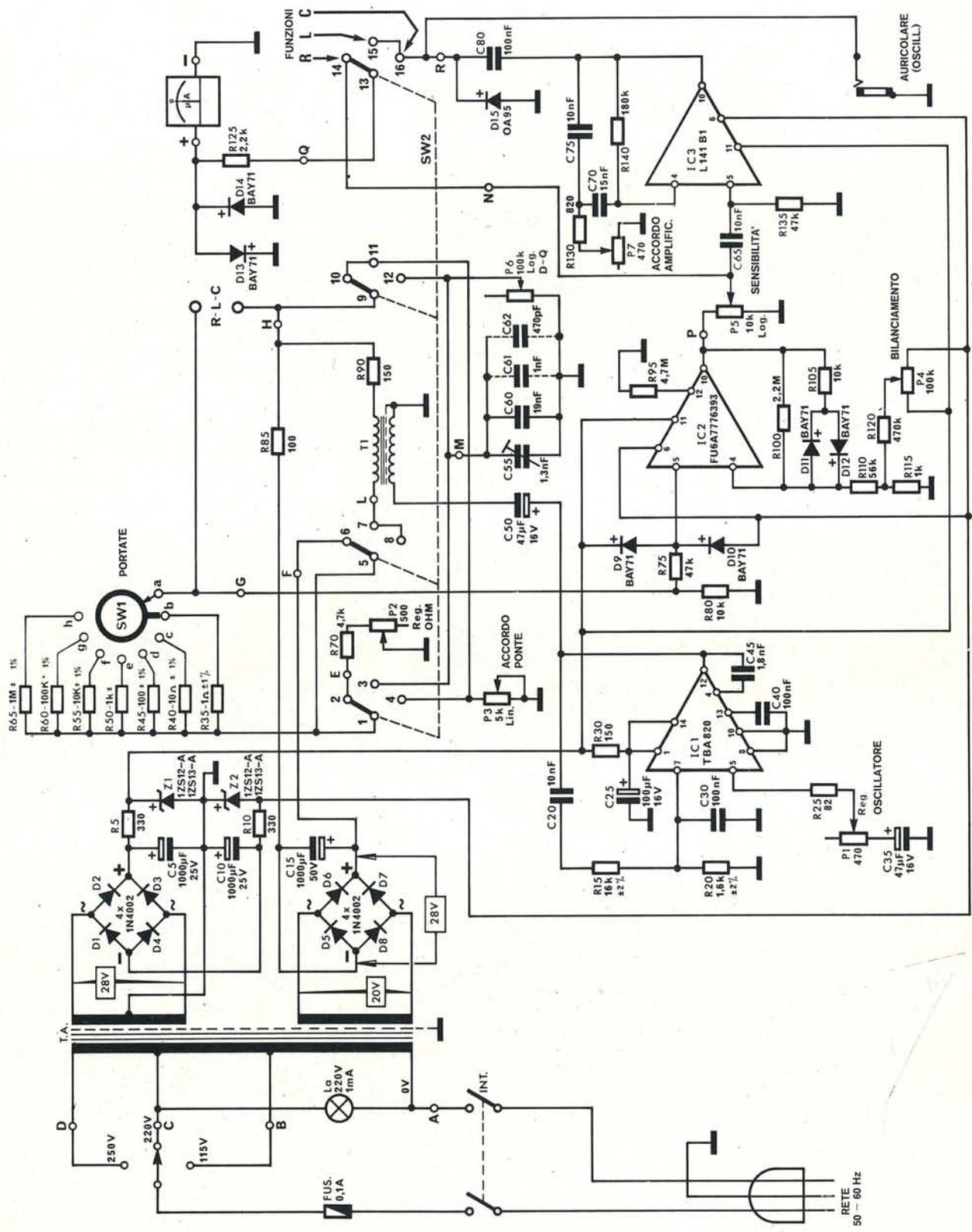


Fig. 1 - Schema elettrico.

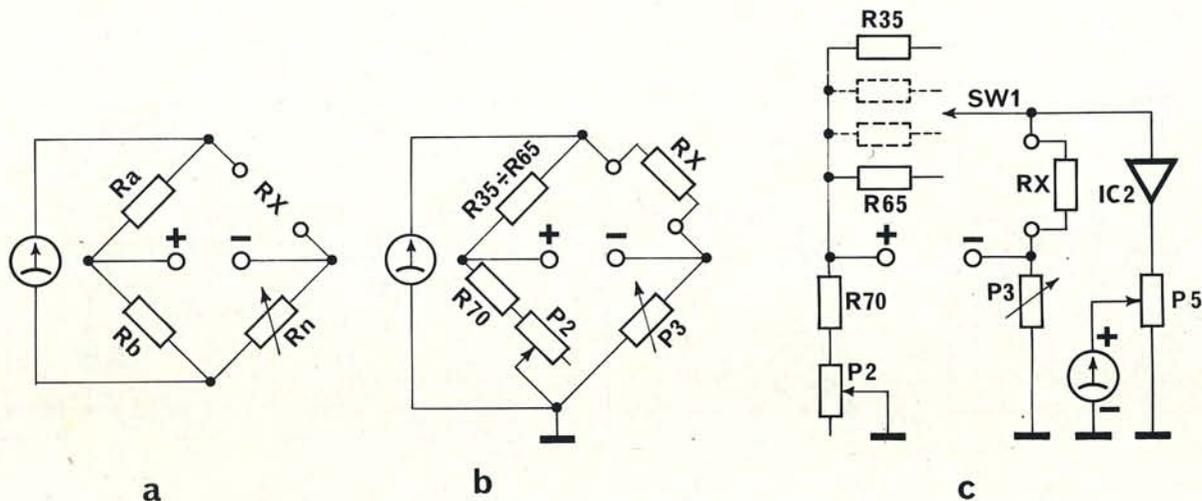


Fig. 2- Misura delle resistenze.

sulla scorta dei dati disponibili, per le bobine l'affare è molto serio; lavorando "di penna", ovvero cercando di tradurre i microHenry in spire, spaziature, diametro del filo ecc. mediante i calcoli è impresa difficilissima e malsicura.

Malsicura anche perché, fatti e rifatti innumerevoli conti, in pratica si rileva che, l'avvolgimento, è completamente disaccordato ed inaccordabile, oppure ha un fattore di merito bassissimo e similmente.

Avendo invece la possibilità di lavorare solo parzialmente sul piano teorico, e mettendo a punto il "vero" miglior valore per via di successive misure, il successo non può mancare.

Solo questa applicazione, diciamo... "giustifica" già la spesa o l'impegno affrontato per entrare in possesso del ponte; a parte il fatto che questo sostituisce il capacimetro, perché lo ingloba, ed un buon capacimetro, pur misurando, ovviamente, solo i condensatori, sovente costa tanto quanto il ponte! Per i resistori poi, e specialmente per abbinarli, selezionarli in tutti quei casi in cui il valore è molto critico e simili, il nostro apparecchio non ha rivali.

Crediamo quindi che sull'utilità non sia possibile impostare alcuna discussione. Gli obiettori però, puntano il dito sulla difficoltà costruttiva; certo, vi sono molti altri apparecchi che sono più semplici. Un ponte che abbia elevate prestazioni, in effetti è abbastanza complicato; avremo modo però di vedere che non vi è poi nulla di insuperabile, anche in una realizzazione del genere, sempreché si operi senza fretta e con molta attenzione.

Comunque, per procedere secondo un filo logico, esporremo ora qualche cen-

no di teoria sul ponte, indispensabile per capirne il funzionamento.

Innanzitutto, non si può dire "il ponte" con un termine assoluto, perché anche se odiernamente questo è usato a significare un apparecchio come detto, ovvero adatto a misurare resistenze, capacità induttanze, in effetti è una *combinazione di ponti*, che, di base, sono progettati per funzionare in corrente continua oppure alternata, hanno diverse configurazioni circuitali eccetera.

Si può dire, comunque, che la matrice comune per qualunque tipo di ponte, risalga a quello di Wheatstone: il primo strumento che è stato in grado di offrire una misura molto precisa dei valori di resistenza e che *epoche* dopo (che hanno visto il nascere ed il tramontare di innumerevoli metodi e circuiti, in elettrotecnica ed in elettronica) è ancora impiegato con soddisfazione.

Il ponte di Wheatstone, per la migliore documentazione del lettore, è mostrato nella figura 2; come si nota, di base consiste in quattro rami resistivi connessi a "losanga" che comprendono la resistenza incognita da misurare, ed una resistenza che potremmo definire *equilibratrice*, variabile.

Vi è poi una sorgente di energia, un tipo di alimentazione, che può essere alternata oppure continua, a seconda della misura che si intende effettuare. Infine, ultimo ma non certo come importanza, vi è l'indicatore del bilanciamento/sbilanciamento, usualmente un microammperometro a zero centrale. Munendo l'elemento equilibratore di una scala, qualunque sia il valore incognito, sempreché ricada nella scala di valori che possono essere ricavati da questo (si tratta di un potenziometro) è possibile leggere diret-

tamente in chiaro l'entità sconosciuta. Infatti l'equilibrio, manifestato dall'azzeramento centrale dell'indicatore, si ottiene quando la resistenza incognita è uguale a:

$$\frac{R_n R_a}{R_b} \quad (\text{figura 2})$$

Anche se il fatto teorico non ci esalta, e crediamo che il lettore, in questo senso, sia accomunato al nostro pensiero, dovremo occasionalmente tornare più volte alle leggi fondamentali, commentando lo schema del ponte che intendiamo proporre; quindi al momento tagliamo in breve.

CIRCUITO ELETTRICO

Questo ponte è stato studiato in modo tale da essere all'altezza dei più raffinati apparecchi del commercio. Permette di effettuare misure a livello di ricerca e progetto, di resistenza, capacità, induttanza.

Classicamente, l'indicazione dell'equilibratura ottenuta con il sistema al tempo più semplice e diretto quanto economico: con un microammperometro a zero centrale. Poiché in molti casi questo tipo di verifica, secondo il circuito di figura 2, è rudimentale, critico e comunque insufficiente, la sensibilità del già sensibile indicatore è aumentata enormemente facendo uso di un sistema elettronico che impiega amplificatori IC differenziali.

In certi casi, l'amplificazione potrebbe essere eccessiva, ovvero, mancando il minimo bilanciamento, l'indicatore potrebbe "battere" violentemente sul perno del fondo-scala sinistro o destro: ciò non

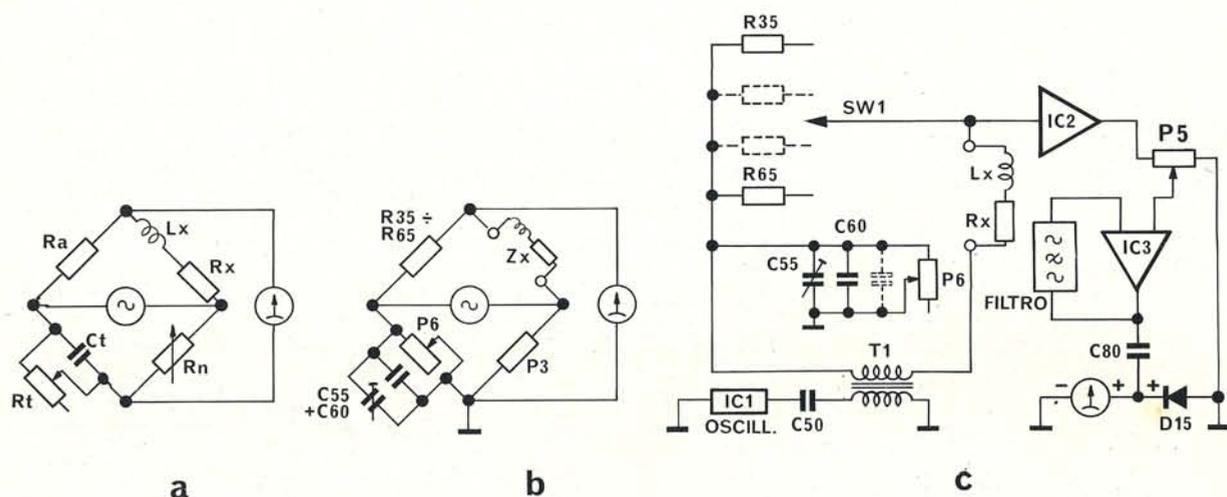


Fig. 3 - Misura delle induttanze.

si verifica perché il guadagno è autocontrollato mediante un sistema di reazione studiato in modo tale da sopprimere le correnti in eccesso. Per le correnti piccole, quelle che si verificano quando il ponte è prossimo al bilanciamento, e bastano piccoli aggiustamenti per effettuare lo zero preciso, il sistema di autocontrollo è gradualmente escluso, quindi si può raffinare la misura sino "al pelo" come si suol dire: *figura 1*.

Sin qui, per la misura delle resistenze.

Ove siano necessarie misure di capacità ed impedenza, il ponte deve essere alimentato in alternata, ovvero occorre un *segnale*, che è generato per via di un IC TBA820 (IC). Questo circuito, ha i valori calcolati in modo da offrire una stabilità elevatissima, garanzia di una misura precisa nel tempo. Il segnale è filtrato ed amplificato da un successivo IC modernissimo, il FU6A7776393, amplificato *quanto basta*, si noti, per non avere incidenti con il microamperometro. Quest'ultimo può essere escluso, volendo, ed il bilanciamento può essere rilevato esternamente alla presa "auricolare-oscill." facendo uso di una cuffia, oppure addirittura di un oscilloscopio se si vogliono raggiungere prestazioni spinte al limite, con un quoziente di errore ridotto a valori molto vicini allo zero.

La cura circuitale dedicata a questo strumento si riflette anche nel singolo settore "alimentazione" ove le tensioni dirette agli amplificatori operazionali sono prima accuratamente filtrate, poi stabilizzate mediante diodi Zener dalla tolleranza ridotta.

Ora, rivedendo la figura 1, noteremo che in blocco, lo strumento si regge su due componenti fondamentali: la funzione degli amplificatori operazionali impiegati anche come filtri attivi, e le figura-

zioni dei ponti di misura. Naturalmente, non possiamo esporre il tutto nei dettagli più minuziosi; questo, non solo per non trasformare la Rivista in una sorta di Technical Manual, ma per non rivedere tematiche più e più volte prese in esame con una ripetizione che non potrebbe non essere sterile e noiosa.

Quindi diamo per scontata la conoscenza fondamentale degli IC, e vediamo piuttosto il complesso come un nucleo operativo.

IL CIRCUITO DAL PUNTO DI VISTA FUNZIONALE

Il commutatore "SW2" predispose il tutto in modo tale da mutare completamente le funzioni dello strumento; in pratica, si formano tre circuiti diversi, come se si trattasse di singoli e diversi apparati.

In pratica, abbiamo un ponte del genere Wheatstone, per le resistenze, uno di Maxwell per le induttanze, ed uno di De Sauty per le capacità con le relative portate e circuiti complementari di correzione.

Dettagli. Il Wheatstone è formato dalla resistenza connessa per la prova, dal P3, dal resistore R70 in serie con il potenziometro P2 e dal gruppo di resistori campioni R35-R65, che possono essere selezionati mediante SW1; tale funzione è meglio simboleggiata nella figura 2/c, circuito di principio.

Se rivediamo la figura 2/a, noteremo una disposizione similare, ed al tempo una variante fondamentale: si tratta dell'introduzione dell'amplificatore operazionale IC2, che, come abbiamo promesso, quando è necessario aggiustare grossolanamente la misura, ha un guadagno limitatissimo situato da D11, D12 ed R105.

Non appena si approssima lo zero, *automaticamente* il guadagno sale sino a raggiungere valori dell'ordine dei 32 dB.

Per meglio chiarire questo funzionamento, ricorderemo ai più giovani in elettronica che nei ponti di Wheatstone prodotti sino a non molto tempo addietro, vi era una levetta oppure un pulsante che poneva direttamente in parallelo all'indicatore uno shunt, in modo da ridurre la sensibilità. Azionata la levetta, si poteva effettuare ogni prova anche non molto ortodossa, ovvero provare resistenze "sballate" rispetto alla scala, senza rompere l'indicatore reso "duro" dallo shunt.

Trovata la scala adatta all'incognita, si commutava la levetta o si lasciava andare il pulsante per mandare al limite la misura ottenuta tramite bilanciamento, e si eseguiva l'azzeramento "fine", senza pericoli.

Con il sistema di controllo automatico del guadagno, il pulsante della messa a punto grossolana sparisce, e questo progresso indubbio, è un lato piuttosto notevole del ponte in esame: si può parlare non a caso di automatizzazione di una misura che faceva perdere un tempo proibitivo.

Sottolineato il "dettaglio" che in effetti tale non è, avendo una originalità propria e particolare, possiamo paragonare al circuito semplificato di figura 2/a, quello di figura 2/c; noteremo che nel nostro ponte, effettuata la predisposizione per misure di resistenza, abbiamo lo equivalente di Rn formato da un gruppo di resistori ad altissima precisione, che vanno da R35 ad R65. Questi possono essere selezionati mediante il commutatore SW1, e hanno la funzione di stabilire le *portate*. Per leggere il valore esatto dell'elemento in esame, per conseguire l'azzeramento, si usa il potenziometro

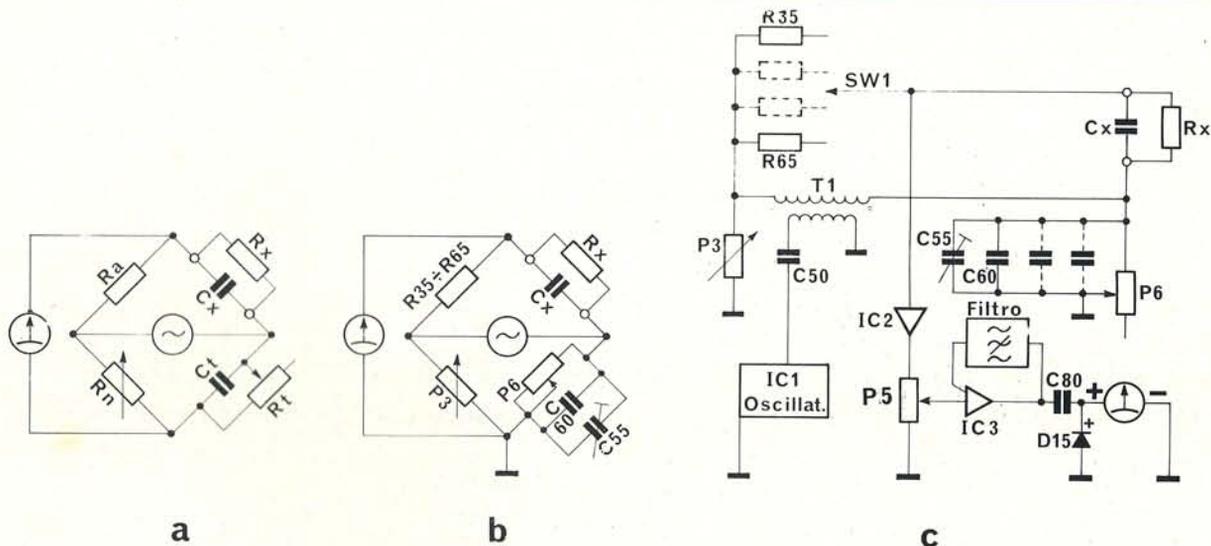


Fig. 4 - Misura delle capacità.

“P3” che nello schema semplificato ha il raffronto con “Ra”.

P3 materialmente ha caratteristiche elevatissime, anzi si tratta di un componente soggetto ad una selezione particolare, in quanto deve essere *assolutamente lineare* dal punto di vista elettrico, così come anigroscopico, atermico ed in sostanza stabilissimo. Solo con queste caratteristiche, nel tempo, si può prevedere una misura sempre precisa; come si vede nell'elenco delle parti, il P3 è un elemento a filo, surdimensionato e di qualità professionale.

L'alimentazione per il ponte viene dal rettificatore costituito da D5, D6, D7, D8 e dal relativo filtro. La tensione massima fornita è 25 V con 100 mA; non vi è alcun stabilizzatore *perché non serve*, infatti, la tensione, col suo valore, non incide sulla precisione della misura. Può influire sulla sensibilità dello strumento, ma anche questa possibilità negativa non ha alcun significato pratico, essendo previsto il potenziometro P5 che serve proprio per l'aggiustamento entro *ampi limiti*, quindi ben oltre alla compensazione.

Inutile dire che, viceversa, l'amplificatore operazionale IC2 ha l'alimentazione stabilizzata con cura mediante Z1 e Z2, infatti, come è noto, questi IC abbisognano di un “Vb” che abbia lo zero centrale a massa, ed il positivo ed il negativo “sollevati”.

Vediamo ora come funziona il ponte se deve operare nella misura delle induttanze, tramite opportuna commutazione-trasformazione.

Abbiamo già detto che sia per gli avvolgimenti che per le capacità il circuito deve essere alimentato in alternata. Certi capacimetri economici presenti sul mercato inglese impiegano direttamente la rete luce opportunamente ridotta, per

questa funzione. 50 Hz però, non sono certo l'ideale; si tratta di una frequenza troppo bassa, che ricade molto lontano dal tratto di maggiore sensibilità dell'orecchio umano, quindi, per misure particolarmente accurate da farsi con l'ausilio della cuffia, è inefficiente.

Nel nostro strumento si impiega invece un segnale a 1000 Hz, frequenza che ricade nel punto di maggiore sensibilità dell'udito, e standard per le varie misure. Come generatore serve l'IC1 che oscilla tramite la retroazione all'ingresso non invertente dell'uscita, per via di un filtro selettivo a ponte di Wien (C20, R15, R20, C30). Il circuito teorico e semplificato dell'assetto durante la misura appare nella fig. 3/b.

Come si vede, quest'altro ponte differisce dal Wheatstone non solo per l'alimentatore che dà un segnale, invece della c.c., ma per l'introduzione di un ramo *reattivo*, al posto di uno puramente resistivo (C55, C60, P6).

In pratica, le differenze sono molteplici, anche se gli elementi di equilibratura sono i medesimi visti in precedenza: P3 e la decade di resistori per le “portate” (da R35 a R65). Come si vede nella figura 3/c, il segnale alternato dopo l'amplificazione realizzata tramite l'IC2 è ancora amplificato e filtrato tramite IC3 e circuiti annessi. D15 provvede a rettificarlo, dato che l'indicatore rimane il medesimo microamperometro a zero centrale già visto. Ora, come si può facilmente arguire, data l'amplificazione... “spinta” che si ottiene con i due IC, la sensibilità del ponte è molto elevata, il che si traduce in una precisazione importante.

Ora, vi è una considerazione da fare: una induttanza, è tanto migliore per quanto non oppone *resistenza*. Quindi, volendo progettare una bobina, anche

se non si dispone del “Q-metro” ovvero del misuratore del fattore di merito, che è uno strumento *costoso*, complicato e non del tutto facile da impiegare fruttuosamente, il nostro ponte è efficace, perché mediante la minima resistenza con il giusto valore di induttanza, e con gli eventuali altri parametri e dettagli imposti, come l'ingombro, il nucleo eventuale e simili, si può giungere egualmente ad ottenere un pezzo quasi perfetto.

Sempre in merito all'impiego, passando dallo studio della realizzazione di un avvolgimento alla misura di uno esistente ma incognito come valore, è da notare che qui non si impiega un avvolgimento campione per verificarne un altro, come avveniva negli apparecchi di modello antiquato, che erano così molto costosi e complessi prevedendo una cassetta aggiuntiva di campioni, ma l'induttanza è confrontata con un valore di segno inverso, una reattanza capacitiva. Il risultato rimane buono e la semplificazione ottenuta è enorme.

Per ultima vediamo anche la misura delle capacità.

È ovviamente simile a quella delle induttanze, ovvero si lavora sempre con *un segnale* che alimenta il ponte, ma la figurazione di questo, con la solita commutazione muta, assumendo la disposizione detta di De Sauty.

In questa, si considerano le correnti di perdita come se il condensatore avesse in parallelo una ipotetica resistenza posta a shuntare l'isolamento teoricamente perfetto del pezzo in esame.

Per l'equilibratura si impiegano le “solite” parti: la decade R35 - R65 ed il potenziometro azzeratore P3, disposti però in maniera diversa dalla “losanga” o “diamante” che rappresenta il classico, come si nota nei disegni di principio di

- 8 Trecciola isolata tra il contatto 14 di SW2 e il terminale T di P5
- 9 Trecciola isolata tra il contatto 15 di SW2 e l'ancoraggio R del C.S.
- 10 Trecciola isolata tra il contatto 16 di SW2 e il terminale S della presa jack
- 11 Conduttore rigido tra il contatto 9 di SW2 e il terminale U della boccia rossa
- 12 Trecciola isolata tra il terminale U della boccia rossa e l'ancoraggio H del C.S.
- 13 Conduttore rigido tra il contatto a di SW1 e il terminale della boccia nera
- 14 Trecciola isolata tra il contatto a di SW1 e l'ancoraggio G del C.S.
- 15 Conduttore rigido tra il terminale Y di P6 e l'ancoraggio M del C.S.
- 16 Conduttore rigido tra il terminale inferiore di P6 e l'ancoraggio I del C.S.
- 17 Trecciola isolata tra il contatto superiore di P5 e l'ancoraggio J del C.S.
- 18 Trecciola isolata tra il contatto T di P5 e l'ancoraggio N del C.S.
- 19 Trecciola isolata tra il contatto inferiore di P5 e l'ancoraggio P del C.S.
- 20 Trecciola isolata tra il terminale + dello strumento e l'ancoraggio + del C.S.
- 21 Trecciola isolata tra il terminale - dello strumento e l'ancoraggio - del C.S.
- 22 Conduttore rigido tra il terminale centrale e superiore di P3 e il terminale inferiore della presa jack
- 23 Conduttore rigido tra il terminale centrale di P3 e l'ancoraggio G del C.S.
- 24 Trecciola isolata dalla lampada spia all'ancoraggio sinistro indicato La del C.S.
- 25 Trecciola isolata dalla lampada spia all'ancoraggio destro indicato La del C.S.
- 26 Cavo alimentazione
- 27 Conduttore giallo verde del cavo di alimentazione all'ancoraggio J del C.S.
- 28 Conduttore marrone del cavo di alimentazione al contatto centrale destro dell'interruttore rete
- 29 Conduttore blu del cavo di alimentazione al contatto centrale sinistro dell'interruttore rete
- 30 Trecciola isolata dal contatto centrale del cambiatensioni al contatto superiore del portafusibile
- 31 Trecciola isolata dal contatto superiore destro dell'interruttore rete al contatto inferiore del portafusibile
- 32 Trecciola isolata dal contatto superiore sinistro dell'interruttore rete all'ancoraggio A del C.S.
- 33 Trecciola isolata dal contatto superiore del cambiatensioni all'ancoraggio D del C.S.
- 34 Trecciola isolata dal contatto C del C.S. del cambiatensioni all'ancoraggio C del C.S.
- 35 Trecciola isolata dal contatto B del C.S. del cambiatensioni all'ancoraggio B del C.S.

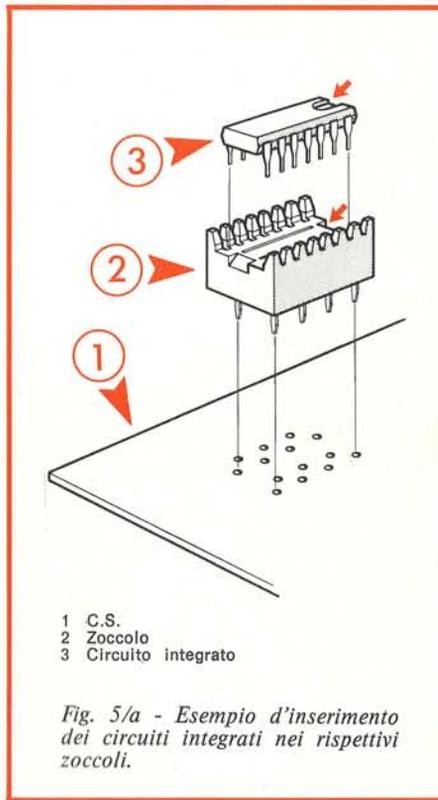


figura 4. Per effettuare la misura, si mette in pratica la formula:

$$C_x = \frac{R_n C_t}{R_a} \quad (\text{fig. 4/a})$$

ACCESSORI CIRCUITALI E PARTICOLARI

Il lettore, a questo punto, ha già compreso come si svolgono le funzioni *più importanti* nell'apparecchio, ma vi sono diversi particolari degni di nota. Diremo subito di come funziona il circuito che elimina i segnali troppo forti, indicato in precedenza ma non *spiegato*.

Quando D11 e D12 entrano nella conduzione piena, appunto a causa di un sovraccarico, il resistore di controreazione R105 diviene pari al resistore di ingresso R80. Come è noto, qualunque amplificatore operativo, per il guadagno dipende proprio dal rapporto esistente tra queste due resistenze; essendo eguali le due, non vi sarà alcun guadagno.

Per il comportamento nella c.c., il fatto cambia; un certo guadagno è sempre presente, perché stavolta all'ingresso vi è un valore elevato, quindi una intensità modestissima, mentre all'uscita vi è un valore basso, che corrisponde ad una intensità forte. Comunque, i diodi D9 e D10 evitano i sovraccarichi.

Merita anche notare che nei ponti (meglio, nelle *figurazioni di ponte* che impiegano il segnale, l'alimentazione in alternata avviene attraverso un trasformatore speciale (T1) che è ad olla, e in Ferrite.

Questa particolare realizzazione evita le dispersioni di flusso che si potrebbero avere, e quasi certamente si avrebbero, impiegando elementi convenzionali. Inoltre, il medesimo trasformatore ha anche una schermatura elettrostatica collegata a massa per annullare gli accoppiamenti di tipo capacitivo asimmetrici che potrebbero causare non poche imprecisioni nel corso delle misure.

Per chi non si intendesse molto di circuiti anche ormai assurti al classico, agguinceremo che un oscillatore a ponte di Wien, come il circuito dell'IC1, genera un segnale a forma di sinusoide molto buona, ed è stabile anche nelle condizioni di lavoro più precarie; per esempio quando il carico muta bruscamente, come ci si può aspettare in questo circuito.

Seguendo il circuito già esposto a grandi linee, è a dire che la funzione del filtraggio sul segnale è realizzata calcolando il complesso di resistori e condensatori di cui fanno parte R140, C75, R130 e P7 in modo tale da "non" retrocedere i segnali che abbiano un valore dell'ordine dei 1000 Hz, così in modo tale da esaltarli a detrimento di tutti gli altri.

Volendo impiegare un termine strettamente tecnico, questo sistema è detto "Trappola a T pontato", il che lo riportiamo per chi vuole approfondire un eventuale studio specifico, dai testi di impiego generale.

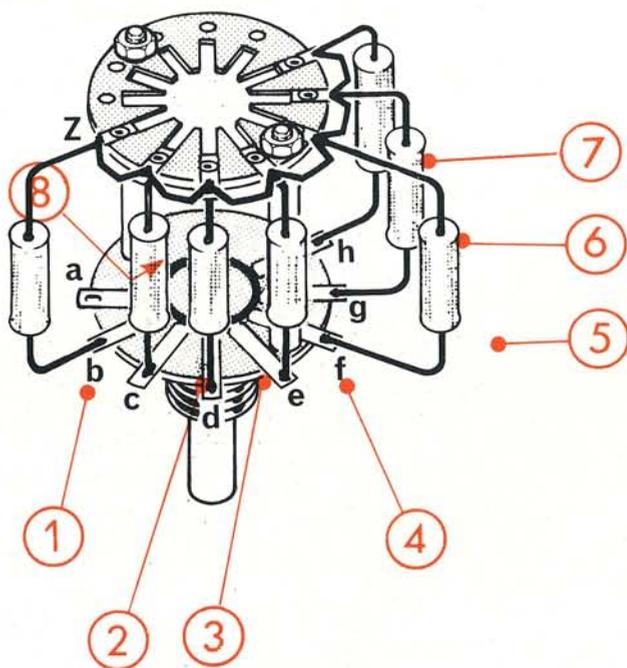
Nel sistema, P7 serve da elemento variabile per poter calibrare con la massima finezza il tutto; se vogliamo, questo è una specie di accordo della selettività.

Ora, brevemente, vedremo ancora che l'indicatore a parte ogni protezione "attiva" vista in precedenza, ha anche un sistema "passivo" di diodi che serve da "barriera" qualunque sia l'errore di misura o di manovra dei controlli: detto si basa sui D13 e D14; questi, conducendo in presenza di tensioni eccessive preven- gono le rotture meccaniche provenienti da un sovraccarico bruto.

IL MONTAGGIO

Questo apparecchio ha due fasi di costruzione principali: a) Regolatori, controlli ed accessori, che devono trovare spazio sui due lati maggiori della scatola: pannello e fondo; b) Il circuito stampato.

Ci sembra quasi inutile sottolineare che non si tratta del "solito" alimentatore dal modesto impegno o simili. Più che mai, quindi, per affrontare con successo questa realizzazione, occorre la padronanza delle sia pur "solite" nozioni nel campo del cablaggio, nella meccanica delle apparecchiature elettroniche e quel piccolo bagaglio di conoscenze che uno sperimentatore ha. Come dire che, in tutta franchezza, questo non ci pare un montaggio per principianti (che d'altronde non saprebbero cosa farsene, una volta ultimato, o non *saprebbero utiliz-*



- 1 Resistore a filo $1 \Omega \pm 1\%$ fra il terminale b e il terminale corrispondente superiore
- 2 Resistore $10 \Omega \pm 1\%$ fra il terminale c e il terminale corrispondente superiore
- 3 Resistore $100 \Omega \pm 1\%$ fra il terminale d e il terminale corrispondente superiore
- 4 Resistore $1 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ fra il terminale e e il terminale corrispondente superiore

- 5 Resistore $10 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ fra il terminale f e il terminale corrispondente superiore
- 6 Resistore $100 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ fra il terminale g e il terminale corrispondente superiore
- 7 Resistore $1 \text{ M}\Omega \pm 1\%$ fra il terminale h e il terminale corrispondente superiore
- 8 Collegamento tra i terminali superiori del commutatore con conduttore rigido.

Fig. 6 - Preparazione del commutatore di selezione delle portate - SW1.

zario nel miglior modo). Questo piccolo ragionamento, oltre ad essere una ovvia introduzione, spiega anche perché in seguito eviteremo i commenti più risaputi ed i consigli ormai rifritti.

Vediamo, allora. Evidentemente può accadere anche al miglior tecnico di rompere un IC durante la saldatura, a causa di una extratensione statica, per esempio, generata... da una camicia genere "non stiro", che essendo in gran parte tessuta con fibre sintetiche funziona come una vera e propria macchina di Van di Graaff o di Wimshurst in miniatura.

Per questa ragione, nel nostro apparecchio non si tocca mai un IC col saldatore, né i piedini con le dita; tutto quel che si salda e si maneggia sono gli zoccoli dei medesimi, all'uopo previsti. Gli integrati, saranno inseriti al loro posto solo a montaggio ultimato: figura 5/a.

Quindi, per iniziare, si possono innestare nel pannello e saldare questi supporti, vedendo attentamente la chiave (svaso) dell'orientamento che si nota nella figura 5.

Seguiranno i numerosi diodi, Zener compresi, che (occorre dirlo?) dovranno essere bene esaminati prima della saldatura, al fine di accertare il lato catodo e l'anodo ed evitare inserzioni erronee.

Sempre a proposito di parti polarizzate, ora potranno andare a posto i condensatori elettrolitici.

Sarà di seguito la volta dei trimmers potenziometrici, dei condensatori ceramici ed a film plastico, dei resistori.

Prima di sistemare C55, è necessario orientarlo in modo tale che la piastrina connessa alla vite di regolazione vada alla pista di massa.

T1 non pone problemi di orientamento; poiché ha tre piedini da una parte e solo due dall'altra, è impossibile invertirlo.

L'assemblaggio del circuito stampato termina montando TA mediante le alette del serrapacco infilate e poi ritorte nelle corrispondenti fessure dello stampato, nonché saldando le connessioni relative; quindi mettendo in opera i due cavallotti in filo di rame che si scorgono tra P4 e P7, R100 e C70, ed infine gli ancoraggi identificati nella figura 5 con le lettere A, B, C, D, E ecc.

Controllato il lavoro, le polarità, i diodi, si possono innestare gli IC nei loro zoccoli; naturalmente, avendo cura di non scambiarli (!) e di far coincidere la tacca con quella riportata sullo zoccolo.

Con ciò, la basetta principale è finita. La si metterà da parte e si sposterà l'at-

tenzione sul contenitore e sui numerosi componenti che questo deve reggere.

Il commutatore delle portate ed il settore delle funzioni devono essere "precablati", poiché sarebbe più difficile portare a compimento le medesime operazioni una volta che i due siano montati tra gli altri comandi: le figure 6 e 7 mostrano il da fare.

Passiamo ora al pannello posteriore, ove trovano posto il portafusibile, il cambiatensione ed il serraggio per il cavo di rete: figura 5.

Sempre nell'elementare, o elementar-meccanico, potremo ora fissare il circuito stampato sul fondo ed i complementi sul pannello (figura 5).

Il pezzo da montare *per ultimo*, al fine di non fargli prendere urti o scossoni, è l'indicatore.

Poiché i commutatori SW1 ed SW2 sono precablati, le connessioni tra circuito stampato e controlli tra questi, sono molto meno complesse dell'immaginabile. Comunque, si veda la figura 5: non solo questa riporta una chiara vista ma la relativa didascalia chiarisce la natura dei conduttori, il punto di partenza e quello di arrivo, una eventuale colorazione. Se il lettore che intende realizzare l'apparecchio vuole essere certo di non dimenticare nulla, può procedere seguendo la "scaletta", dal punto 1 al punto 35, cancellando ogni voce dopo la relativa operazione di collegamento è stata compiuta.

Una volta che la trecciola isolata di cui si parla nelle ultime righe sia andata a posto, il ponte è completo. Come sempre, e specie per apparecchi abbastanza complicati come questo, prima di passare alle operazioni successive occorre un attento controllo di ciò che si è fatto.

L'esperienza insegna che è quasi inutile condurre l'ispezione "a caldo" appena finito il lavoro.

Meglio è lasciare il tutto da parte, e dedicarsi alle verifiche il giorno dopo. altrimenti si sarebbe propensi ad autenticare anche il più banale degli errori e poi a condurre le regolazioni, non già per il massimo rendimento, ma per il *mini-mo fumo*, come dicono gli americani.

TARATURA DEL PONTE

Prima di innestare la spina nella presa più comoda e vicina, occorre verificare che il cambiatensione corrisponda alla rete-luce presente. Inoltre, con un cacciavite si azzererà meccanicamente l'indicatore, se la lancetta, in mancanza di tensione, non risulta perfettamente centrata. Per questa operazione, vi è un foro nel pannello, subito sotto alla cornice plastica.

Ora si può accendere l'apparecchio. Portato il commutatore RLC su "R", si porranno in corto i terminali di ingresso con uno spezzone di filo nudo e si posizionerà la manopola ad indice allo

inizio della corsa, ovvero tutto a sinistra, o se si vuole, in senso antiorario.

Ora, si porterà il commutatore di portata sulla scala "1 MΩ", ed il controllo della sensibilità al massimo.

Se tutto va bene, agendo sul P4, si dovrebbe poter azzerare lo strumento indicatore.

La prova può continuare girando il selettore delle funzioni su "C" (misure di capacità) e diminuendo di alcune tacche la sensibilità.

Il commutatore RANGE sarà portato sulla posizione "100 μF", e P3 in un punto mediano della scala.

In queste condizioni si potrà regolare il trimmer di oscillatore P1, all'interno dell'apparecchio: lo si ruoterà sino a verificare la massima indicazione del microamperometro verso "destra", avendo cura di non mandarlo fuori scala, comunque.

Si procederà ora con l'accordo dello amplificatore selettivo, P7. Se precedentemente l'indicazione era già verso il massimo, con questa manovra il galvanometro tenderà certo ad "uscire", e poiché il sovraccarico, anche se limitato, non gli giova di certo, non appena il limite della scala è superato è necessario ridurre il controllo della sensibilità (Sensitivity). Con più operazioni successive come dette, si potrà ottenere il fondo-scala tenendo il controllo della sensibilità sempre più "ridotto". A lavoro ultimato, sia lo oscillatore che il filtro saranno allineati.

Vediamo quindi la seconda parte del lavoro.

Riportato il selettore delle funzioni su "R", si ruoterà SW1 per 1 kΩ, e P3 nella posizione "10", termine della corsa.

All'ingresso (serrafili) si collegherà un resistore campione eventualmente fornito con la scatola di montaggio, oppure, comunque, un elemento da 1000 Ω, 1% meglio se allo 0,5%.

In queste condizioni, agendo sul potenziometro semifisso P2 si azzererà l'indicatore: in tal modo, avremo tarato il ponte per la misura delle resistenze.

L'ultima fase di questo lavoro, è la taratura per le funzioni L-C, da farsi come segue.

Il commutatore delle funzioni sarà portato su C, connettendo all'ingresso un condensatore ad altissima precisione da 1000 pF. Il controllo "D-Q" sarà portato "tutto a destra", ovvero ruotato in senso orario sino al fondo scala.

Il commutatore di portata sarà posto sulla scala "1 nF".

P3, a sua volta, regolato in modo tale che la tacca di riferimento indichi la posizione "5".

Ora, finalmente, si regolerà il trimmer P4 sino ad ottenere un massimo di segnalazione da parte dell'indicatore, ma il lavoro non è finito; anzi occorre effettuare tutta la serie di manovre che ora diremo: portato P3 alla tacca "10", si agirà sul compensatore C55 sino ad otte-

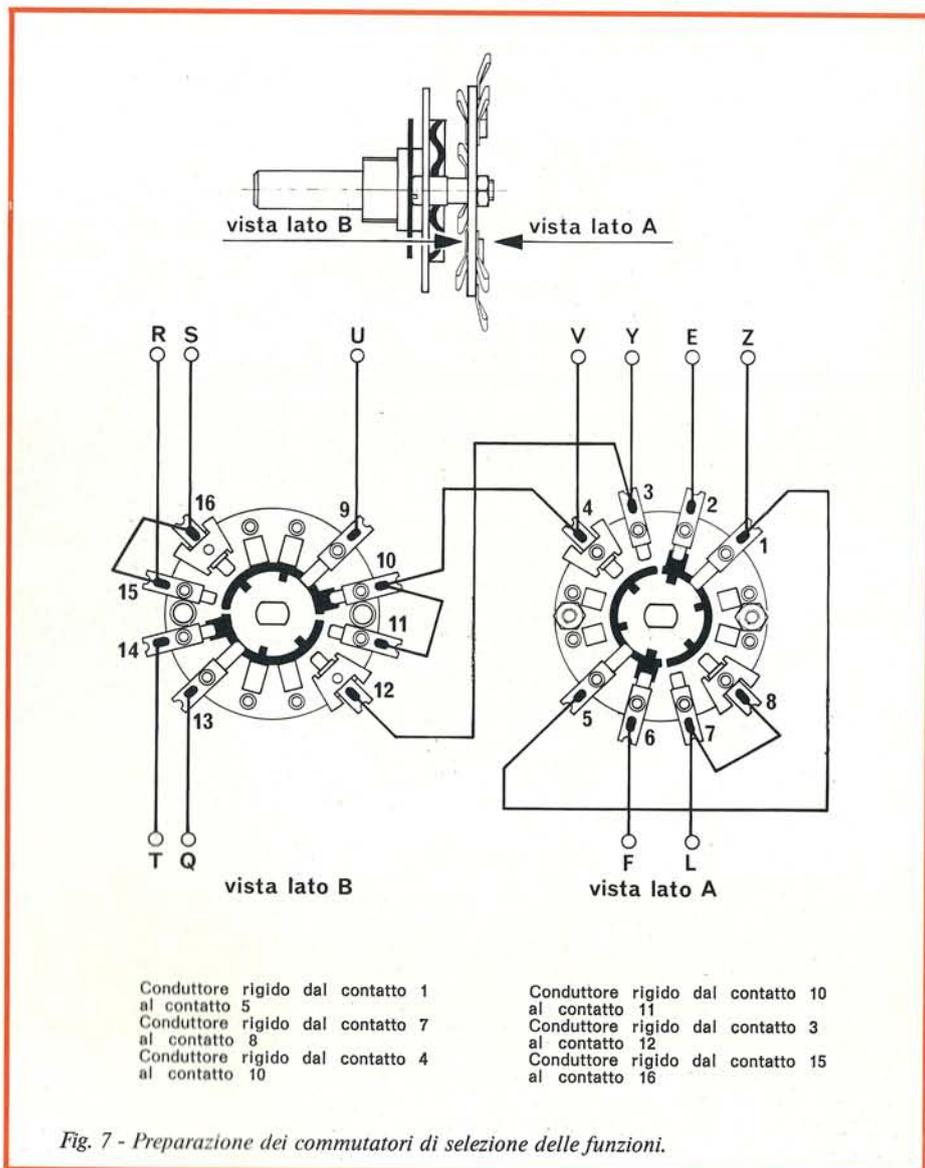


Fig. 7 - Preparazione dei commutatori di selezione delle funzioni.

nere un minimo nell'indicazione dello strumento. Ora si toglierà tensione, ovvero si spegnerà l'apparecchio. Dopo qualche secondo, si proverà a collegare i condensatori supplementari C61 e C62 agli appositi ancoraggi (si veda la figura 5 ove appaiono tratteggiati). Questi due elementi di compensazione possono risultare tanto indispensabili quanto superflui, quindi sempre tendendo alla minima segnalazione, vanno inseriti in circuito come segue: prima prova; con il solo C61. Seconda prova; con il solo C62. Terza prova; con C61 più C62. Prima di aggiungere o togliere ogni condensatore si dovrà sempre spegnere lo strumento, e, inserito l'elemento di correzione, si dovrà regolare C55 tenendo conto dell'azzeramento ottenuto che deve essere portato al massimo, o per quanto possibile al massimo.

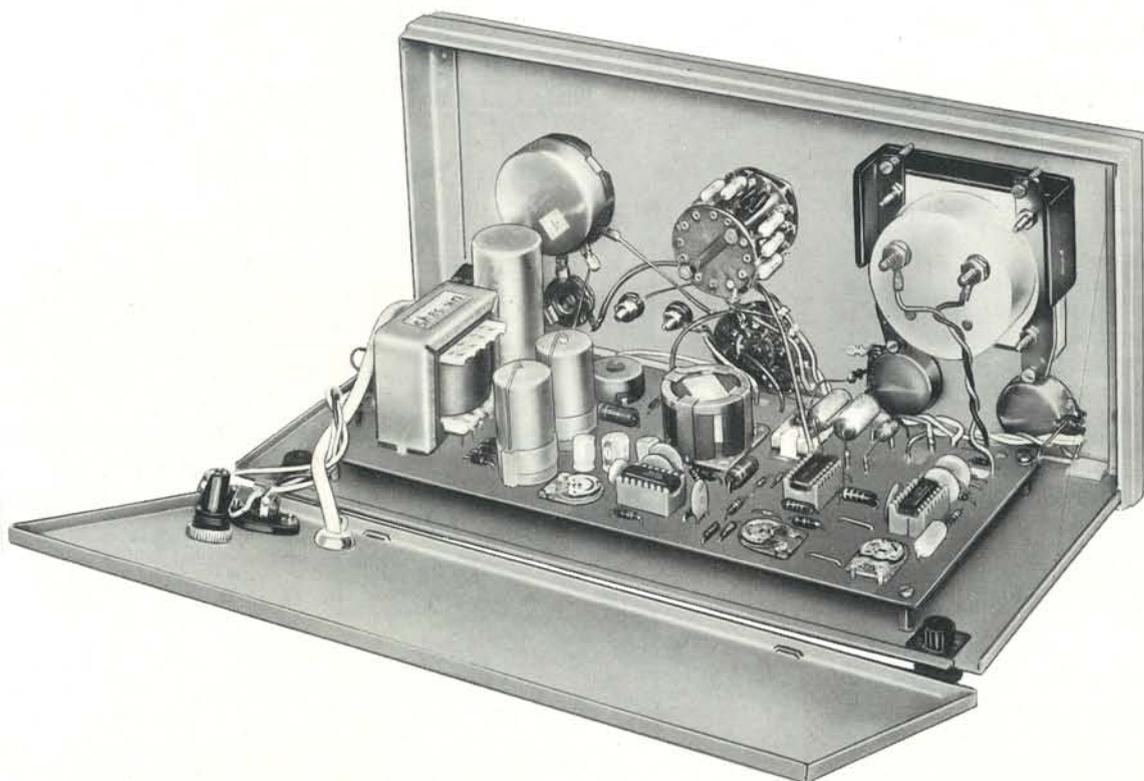
Se il risultato peggiora, sostituendo i condensatori o impiegandoli entrambi, si dovrà tornare alla soluzione sperimentata in precedenza.

Quando l'indice del microamperometro è allineato con lo zero, o quasi (si deve tener conto che il condensatore campione può generare un piccolo scarto, quindi non sempre è possibile né è necessario arrivare allo ... "zero spaccato") l'apparecchio è definitivamente "a posto", ovvero è tarato, pronto per lavorare.

IMPIEGO DEL PONTE

La misura delle resistenze

Si regoli per il minimo la sensibilità (controllo ruotato tutto in senso antiorario) e si accenda lo strumento. Si porti il selettore delle funzioni su "R". Si colleghi la resistenza incognita ai morsetti di ingresso! Ora, dopo aver manovrato il controllo SENSITIVITY sino a ottenere una indicazione dell'ordine della metà del campo di misura del microamperometro, si può agire sul RANGE, quindi sul P3. Non appena la gamma (appunto RANGE) sarà quella in cui rientra l'elemen-



Vista interna dell'UK 580/S a montaggio quasi ultimato.

to in misura, si noterà la tendenza dell'indicatore ad azzerarsi, quindi agendo sul P3 si avrà un azzeramento completo. Ora, aumentando la sensibilità verso il massimo, ed intervenendo ancora sul P3, si potrà raggiungere una posizione assolutamente precisa.

Resta da leggere il valore, ma è semplice. La scala del P3 è divisa in decimi del campo di valori compreso nel RANGE. Per esempio, ottenuto lo zero perfetto con il RANGE di 10 k Ω e con P3 che indica 7,3 il valore sarà $10.000 \times 0,73 = 7.300 \Omega$. Analogamente per tutte le altre portate, e posizioni del potenziometro.

La misura delle induttanze

L'apparecchio sarà acceso sempre dopo aver portato al minimo il controllo della sensibilità, quindi si sceglierà la funzione portando il selettore su "L".

In questo caso, si usa il controllo D-Q, ed inizialmente lo si porterà a fondo scala in senso orario, quindi ovviamente, ai morsetti si collegherà l'induttanza da misurare. Ciò fatto si predisporrà P3 a

centro scala (posizione 5) e si regolerà il SENSITIVITY sino a portare lo strumento a fondo-scala.

La misura vera e propria inizia commutando il RANGE sino ad ottenere la minima indicazione (un azzeramento parziale), poi agendo sul P3 sino ad ottenere il migliore azzeramento possibile. Manovrando il controllo D-Q si verificherà se il centraggio dell'indicatore migliora, effettuando piccoli spostamenti di questo e del P3.

Se non si ottiene il minimo, in questo caso come nel precedente, il significato è chiaro: il pezzo in esame è interrotto.

La lettura, ovvero l'accertamento del valore, lo si farà come per le resistenze; ad esempio, avendo ottenuto l'azzeramento con il RANGE su "10H" ed il potenziometro P3 sul punto 4,6 della scala leggeremo: $10 \times 0,45 = 4,6 H$.

La misura delle capacità

Questa avrà l'identica sequenza di manovre della precedente misura, salvo che il controllo D - Q risulterà assai meno

sensibile, quindi saranno necessarie più manovre successive, ad ottenere l'azzeramento perfetto dell'indicatore; è anzi da notare che se il controllo D - Q provoca spostamenti vistosi, nella lettura, l'elemento in prova è scadentissimo: ha notevoli perdite nell'isolamento.

Per la lettura del valore, si procederà come è già stato detto; per esempio, se il RANGE è sulla gamma 10 nF (10.000 pF) e P3 è rimasto fermo su "8,9" dopo ogni possibile manovra di azzeramento, la segnalazione varrà $10.000 \times 0,98$, come dire 8.900 pF.

Se la misura non riesce, ovvero ruotando il RANGE non si nota alcuna tendenza all'azzeramento, la capacità non esiste; in altre parole, il condensatore è in cortocircuito, oppure aperto.

Le dimensioni e i valori dei componenti indicati nel Kit 580/S non sono in alcun modo impegnativi. Le caratteristiche tecniche ed estetiche sono suscettibili di variazione ad insindacabile giudizio del fabbricante.

ELENCO DEI COMPONENTI DEL KIT AMTRONCRAFT UK 580/S

| | | | |
|----------|--|-------|---|
| R30-R90 | : 2 resistori a strato di carbone 150 Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : portafusibile da pannello |
| R85 | : 1 resistore a strato di carbone 100 Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : fusibile da 0,1 A - 250 V - \varnothing 5x20 |
| R25 | : 1 resistore a strato di carbone 82 Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : interruttore rete doppio con leva a pera 3 A - 250 V |
| R5-R10 | : 2 resistori a impasto 330 Ω - $\pm 10\%$ - 1 W - \varnothing 5,7x15 | 1 | : cavo di alimentazione |
| R130 | : 1 resistore a strato di carbone 820 Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : cambiatensioni |
| R115 | : 1 resistore a strato di carbone 1 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : strumento BM 55 RQ 50-0-50 μ A |
| R20 | : 1 resistore a strato di carbone 1,6 k Ω - $\pm 2\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 2 | : distanziatori per potenziometro lunghezza 3 mm |
| R125 | : 1 resistore a strato di carbone 2,2 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : assieme C.S. |
| R70 | : 1 resistore a strato di carbone 4,7 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : presa Jack |
| R80-R105 | : 2 resistori a strato di carbone 10 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : supporto inclinazione strumento |
| R15 | : 1 resistore a strato di carbone 16 k Ω - $\pm 2\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : pannello frontale |
| R75-R135 | : 2 resistori a strato di carbone 47 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : cornice |
| R110 | : 1 resistore a strato di carbone 56 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : pannello inferiore |
| R140 | : 1 resistore a strato di carbone 180 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 1 | : pannello superiore |
| R120 | : 1 resistore a strato di carbone 470 k Ω - $\pm 5\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 2 | : fiancate |
| R100 | : 1 resistore a strato di carbone 2,2 M Ω - $\pm 5\%$ - 0,5 W - \varnothing 4x13,5 | 1 | : pannello posteriore |
| R95 | : 1 resistore a strato di carbone 4,7 M Ω - $\pm 5\%$ - 0,5 W - \varnothing 4x13,5 | 2 | : piedini |
| R35 | : 1 resistore a filo 1 Ω - $\pm 1\%$ - 2 W | 2 | : feltrini |
| R40 | : 1 resistore 10 Ω - 50 ppm - 0,5% - 1/2 W | 2 | : prestole |
| R45 | : 1 resistore 100 Ω - 50 ppm - 0,5% - 1/2 W | 1 : | : commutatore portate - 1 via - 7 posizioni - 1 settore |
| R50 | : 1 resistore 1 k Ω - 50 ppm - 0,5% - 1/2 W | 1 | : comm. funzioni - 4 vie - 3 posizioni - 1 settore |
| R55 | : 1 resistore 10 k Ω - 50 ppm - 0,5% - 1/2 W | 4 | : manopole a indice \varnothing 32 |
| R60 | : 1 resistore 100 k Ω - 50 ppm - 0,5% - 1/2 W | 1 | : manopola a indice \varnothing 52 |
| R65 | : 1 resistore 1 M Ω - 50 ppm - 0,5% - 1/2 W | 20 cm | : trecciola isolata - 11 conduttori vipla colorata |
| 1 | : resistore a strato di carbone campione per tarature 1000 $\Omega \pm 1\%$ - 0,33 W - \varnothing 2,9x8,3 | 40 cm | : filo rame stagnato nudo \varnothing 1 |
| P2 | : 1 trimmer 500 Ω a filo 2 W lin. \varnothing 19,6 | 12 | : viti M3x4 |
| P4 | : 1 trimmer 100 k Ω - 0,25 W lin. 16x20,5 orizzontale | 25+2 | : ancoraggi per C.S. |
| P1-P7 | : 2 trimmer 470 Ω - 0,25 W lin. 16x20,5 orizzontale | 2 | : dadi M3 |
| | | 2 | : viti M3x8 |
| | | 6 | : distanziatori esagonali lung. 10 mm |
| | | 4+1 | : viti autofilettanti 2,9x6,5 |
| | | 4 | : viti autofilettanti 2,9x9,5 |
| | | 30 cm | : filo rame stagnato nudo \varnothing 0,7 |
| | | 4 | : terminali semplici ad occhiello |
| | | 1 | : fermacavo |
| | | 1 | : chiave esagonale |
| | | 1 | : confezione stagno |