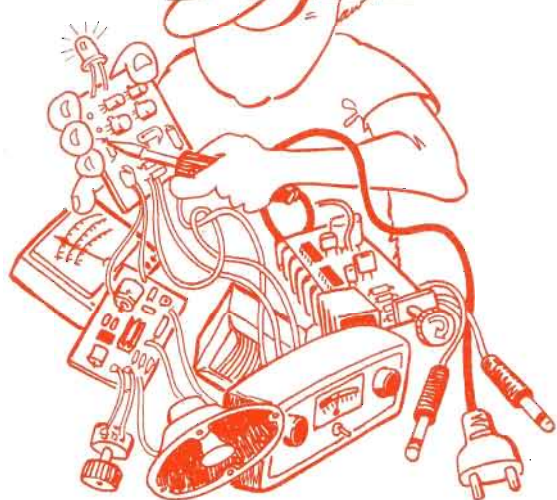


CORSO ELEMENTARE DI ELETTRONICA



PPRIMI
PASSI

INTEGRATI OPERAZIONALI BIFET

Attraverso l'esposizione di alcuni concetti e qualche pratica applicazione, in queste pagine si vuole invitare il lettore a prendere conoscenza di quegli integrati operazionali, non ancora trattati nella presente rubrica, che accoppiano le più avanzate tecnologie bipolari con quelle fet in una serie di componenti di elevate prestazioni e prezzi contenuti.

Per le loro eccezionali caratteristiche, gli integrati operazionali bifet vantano, attualmente, una larga diffusione nel mondo delle applicazioni elettroniche. Con prerogative che rappresentano il risultato di un continuo progresso tecnologico, che ha perfino offuscato il successo raggiunto dai primi operazionali, quale ad esempio il μA 709, cui corrisponde un modesto

guadagno, certamente non disgiunto da comportamenti poco esaltanti. Perché i bifet integrano, nella loro struttura interna, le tecniche bipolari e fet, allo scopo di apparire dotati di un grande significato tecnico ed offrire risultati straordinari con costi assai ridotti.

La maggiore caratteristica elettrica degli operazionali bifet, quella che si erge su tutte le altre e che va menzionata per prima, deve ravvisarsi nell'elevato valore dell'impedenza d'ingresso. In secondo luogo si deve menzionare la possibilità di lavoro con frequenze di gran lunga superiori a quelle con cui possono funzionare gli operazionali integrati semplici, quali il ben noto μA 741. Come raffigurato nei due diagrammi pubblicati nelle figure 1 e 2, che interpretano assai

chiaramente tale importante pregio dei bifet. Il primo di questi, infatti, dimostra come, sul valore di frequenza di 1 Megahertz, l'operazionale semplice μA 741 possa offrire soltanto un guadagno unitario (1), mentre il secondo, che analizza il comportamento dell'amplificazione di un bifet in funzione della frequenza, fa vedere che il guadagno è superiore di ben dieci volte e più.

Nei due diagrammi, le lettere K assumono il significato di moltiplicatori per 1.000.

FAMIGLIE BIFET

Tra le tante famiglie di operazionali bifet, in questa sede cercheremo di analizzare il comportamento della serie TL, che è la più nota e maggiormente popolare, dato che le altre attualmente in commercio possono considerarsi quasi analoghe e dal funzionamento pressoché uguale. In ogni caso la famiglia TL va suddivisa in tre rami, ovvero:

1° = TL 08...

2° = TL 07...

3° = TL 06...

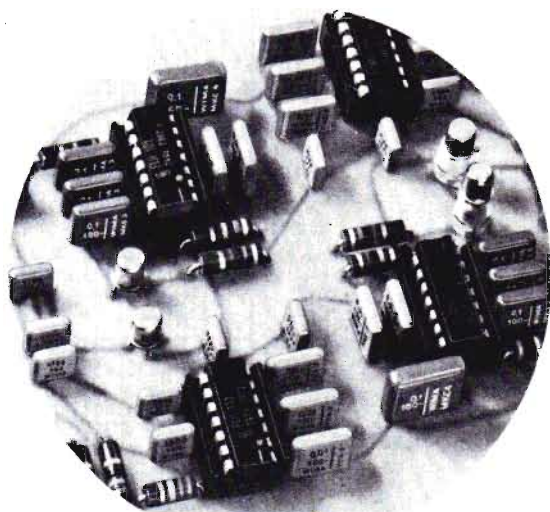
Questi sono molto simili tra loro e si differenziano soltanto per alcuni piccoli particolari.

Per esempio, il ramo TL 07... è caratterizzato da un rumore particolarmente basso ed è quindi preferito fra gli altri due nella maggior parte delle applicazioni audio, mentre il ramo TL 06..., necessitando di un minor consumo di energia elettrica, domina nel settore delle apparecchiature portatili, quelle alimentate a pile.

Per non dilungarci troppo in tediose analisi teoriche, ogni riferimento successivo coinvolgerà soltanto il ramo TL 08... che è certamente il più diffuso, sia a livello amatoriale come nell'ambito professionale. In particolare ci occuperemo del modello TL 081, con il quale più avanti verrà suggerito un pratico esperimento ed il cui schema elettrico interno è pubblicato in figura 3, mentre la figura 4 illustra la struttura tecnologica.

VARIANTI AL MODELLO TL 08...

La serie TL 08... comprende le seguenti quattro importanti variazioni: TL 080 - TL 081 - TL 082 - TL 084, le cui piedinature sono riportate at-



traverso le figure 5 - 6 - 7 - 8. Ma tutte appaiono montate in contenitore DIP a otto piedini.

Il modello TL 080, schematizzato in figura 5, è privo di compensazione di frequenza e dotato di controllo per l'annullamento di offset d'uscita.

L'offset-null, che corrisponde al piedino 5 dell'integrato, rappresenta una funzione di taratura, che si ottiene mediante trimmer resistivo, il quale regola la tensione al valore di 0 V sul piedino 6 d'uscita quando l'operazionale è alimentato con doppia tensione. Questo terminale, quindi, viene utilizzato soltanto quando è richiesta la massima precisione di lavoro dell'integrato. Il più delle volte, dunque, rimane non collegato (n.c.).

L'integrato TL 081, la cui piedinatura è riprodotta in figura 6, è uguale costruttivamente a quello ora presentato, ma è dotato di compensazione interna di frequenza.

Il modello TL 082, il cui schema è riportato in figura 7, è praticamente un doppio TL 081, montato in un unico contenitore a otto piedini. Questo operazionale è privo di offset-null. Anche l'integrato TL 084 è un modello multiplo, più esattamente, come si può osservare in figura 8, è un operazionale quadruplo, privo di controllo di offset-null e montato in un contenitore a quattordici piedini.

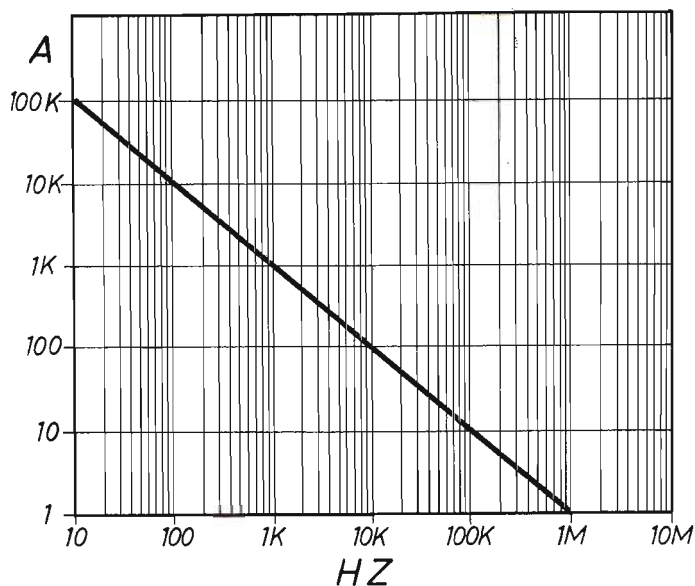


Fig. 1 - Diagramma indicativo del processo di amplificazione di un integrato μA 741 in funzione della frequenza dei segnali applicati. Si noti come, sul valore di 1 MHz, l'amplificazione A valga appena 1.

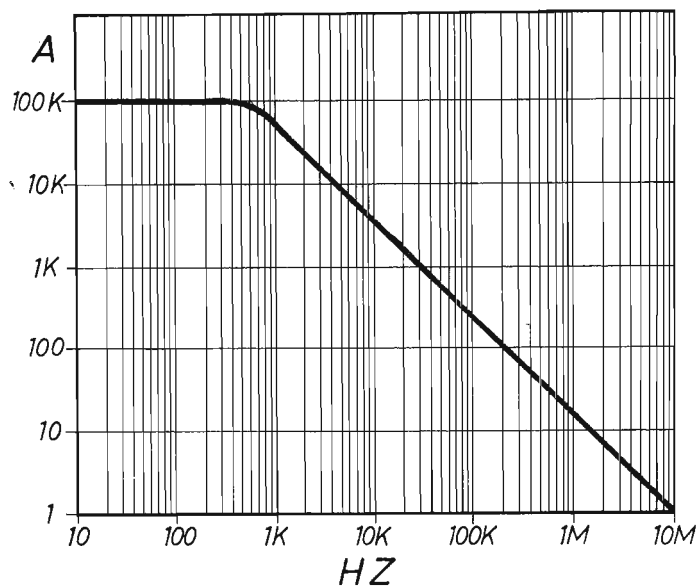


Fig. 2 - Con la pubblicazione di questo diagramma si vuol dimostrare come l'amplificazione A di un operazionale bifet risulti almeno dieci volte superiore a quella del comune μA 741.

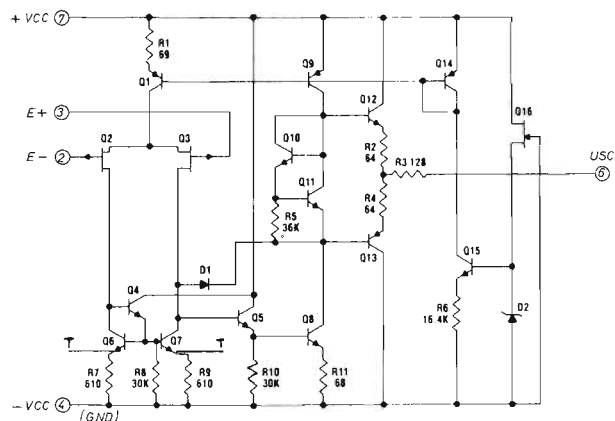


Fig. 3 - Schema teorico completo dell'operazionale bifet modello TL 081. Con le lettere T vengono segnalati i punti di taratura della tensione d'uscita.

CIRCUITO DEL BIFET

Ogni operazionale bifet integra, in un unico supporto, la tecnologia bipolare e quella fet, come è stato detto in precedenza. Ma ciò può essere dimostrato teoricamente tramite lo schema semplificato riprodotto in figura 13 che, contrariamente a quello particolareggiato di figura 3 e relativo all'operazionale TL 081, va considerato soltanto come circuito indicativo.

Tuttavia, in questo stesso disegno si può notare la presenza dello stadio d'ingresso a fet (FT1), che conferisce al circuito doti di elevatissima impedenza d'entrata ed alta velocità di risposta. Allo stadio pilotato da FT1 fa seguito quello amplificatore a transistor bipolari, tipico degli integrati operazionali. Gli elementi GCC1 e GCC2, citati nello schema di figura 13, rappresentano due generatori di corrente costante. I fet e i transistor comuni,



Fig. 4 - Struttura interna di un generico integrato operazionale bifet montato in contenitore DIP a otto piedini.

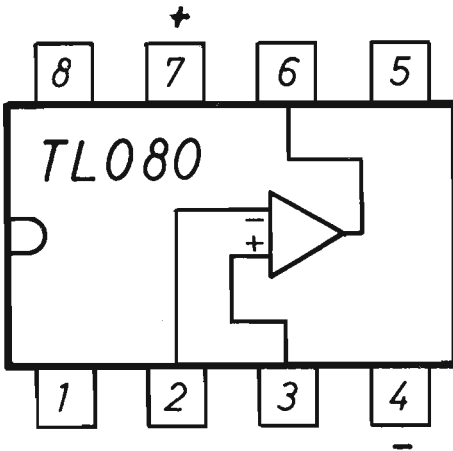


Fig. 5 - Piedinatura dell'integrato operazionale bifet modello TL 080 a otto piedini cui vanno assegnate le seguenti corrispondenze:

- 1 = offset-null (compens.)
- 2 = ingr. inv.
- 3 = ingr. non inv.
- 4 = -Vcc
- 5 = offset-null
- 6 = uscita
- 7 = +Vcc
- 8 = compens.

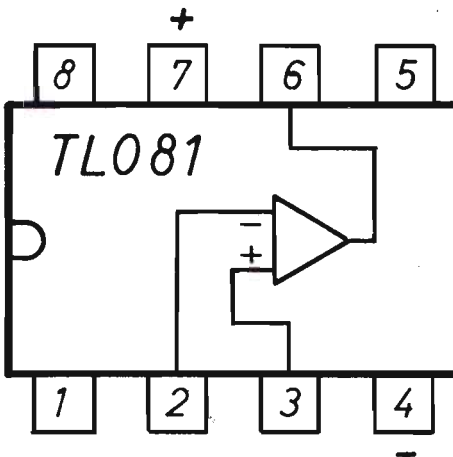


Fig. 6 - Piedinatura del modello di integrato operazionale bifet TL 081, i cui otto piedini assumono le seguenti corrispondenze:

- 1 = offset-null
- 2 = ingr. inv.
- 3 = ingr. non inv.
- 4 = -Vcc
- 5 = offset-null
- 6 = uscita
- 7 = +Vcc
- 8 = non coll.

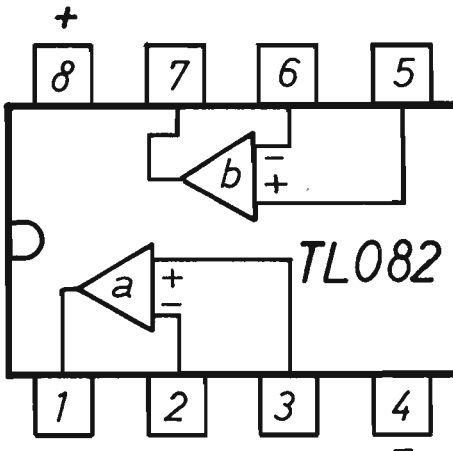


Fig. 7 - Schema di corrispondenza tra le funzioni elettroniche interne dell'integrato operazionale bifet modello TL 082 ed i suoi otto piedini.

- 1 = uscita
- 2 = ingr. inv.
- 3 = ingr. non inv.
- 4 = -Vcc
- 5 = ingr. non inv.
- 6 = ingr. inv.
- 7 = uscita
- 8 = +Vcc

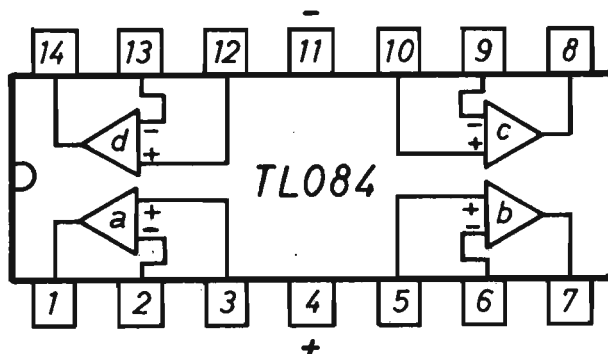


Fig. 8 - Il modello TL 084 dell'operazionale bifet è dotato di quattordici piedini, la cui corrispondenza è qui di seguito elencata.

1 = usc. (sez. a.)	6 = ingr. inv. (sez. b)	11 = -Vcc
2 = ingr. inv. (sez. a)	7 = usc. (sez. b)	12 = ingr. non inv. (sez. d)
3 = ingr. non inv. (sez. a)	8 = usc. (sez. c)	13 = ingr. inv. (sez. d)
4 = +Vcc	9 = ingr. inv. (sez. c)	14 = usc. (sez. d)
5 = ingr. non inv. (sez. b)	10 = ingr. non inv. (sez. c)	

ad ogni modo, amplificano e trattano opportunamente i segnali applicati all'ingresso, mentre tutti gli altri componenti svolgono compiti di stabilizzazione del punto di lavoro dell'operazionale bifet. In particolare, con la sigla CC si designa il condensatore di compensazione.

Qui di seguito, a solo scopo informativo, riportiamo alcuni valori comuni dei parametri elettrici riferiti ai modelli di operazionali bifet più noti e maggiormente reperibili in commercio:

Alimentazione	= duale (± 15 V)
Guadagno	= 200.000 volte
Banda passante	= 3 MHz
Imp. d'ingresso	= 1.000.000 Megaohm
Separaz. tra canali	= 120 dB

Nello schema elettrico completo dell'operazionale bifet TL 081, le lettere maiuscole T segnalano i punti circuitali di taratura della tensione d'uscita (offset-null) di cui si è parlato in precedenza.

UNA PRATICA APPLICAZIONE

Il campo di applicazioni degli integrati operazionali bifet abbraccia, a grandi linee, quello degli operazionali più tradizionali. Tuttavia, rispetto a questi ultimi, i bifet, come è stato ripetutamente affermato in precedenza, vantano una più elevata impedenza d'ingresso, una larga

banda passante, un minimo rumore e una bassa distorsione, che li qualificano certamente come gli integrati più adatti alla composizione della maggior parte dei circuiti elettronici. In questa sede, tuttavia, senza prolungarci nella presentazione di alcuni schemi costruttivi, tenendo conto del carattere divulgativo generale dell'argomento, si è voluto proporre al lettore un semplice esperimento volto a dimostrare praticamente la più importante delle caratteristiche degli operazionali bifet, ovvero quella dell'elevata impedenza d'ingresso.

Il circuito sperimentale pubblicato in figura 9 serve a dimostrare come un diodo led DL rimanga acceso per breve tempo, se l'integrato IC è rappresentato dal modello μ A 741, mentre il tempo di accensione del componente optoelettronico si allunga di molto quando per l'integrato IC viene montato il bifet TL 081. E ciò a causa dei diversi valori di impedenza d'ingresso caratteristici dei due componenti.

L'esperimento, nella sua prima parte, va condotto con l'IC μ A 741, premendo per un attimo il pulsante, di tipo normalmente aperto, siglato con P1 nello schema teorico di figura 9. In seguito, questa stessa operazione va ripetuta dopo aver sostituito il μ A 741 con il TL 081.

E ciò senza alcuna variazione circuitale nel dispositivo di prova, ma prevedendo l'impiego di uno zocchetto portaintegrato in grado di agevolare le operazioni di innesto dei due integrati.

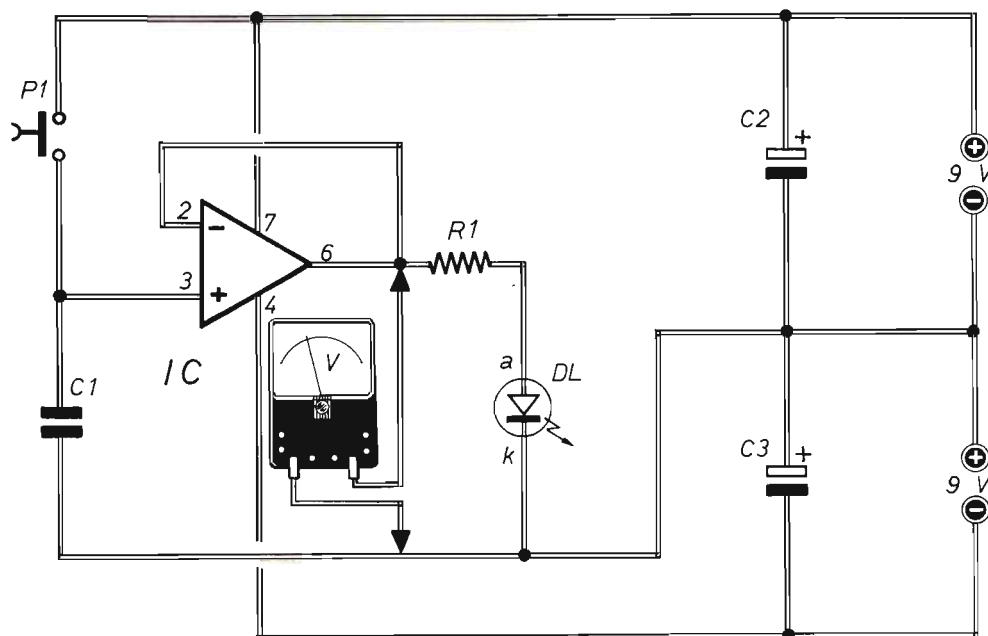


Fig. 9 - Schema teorico del circuito sperimentale, descritto nel testo, in grado di evidenziare i diversi valori di impedenza d'entrata fra i normali integrati operazionali e i bifet.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 100.000 pF (mylar)
 C2 = 100 μ F - 16 VI (elettrolitico)
 C3 = 100 μ F - 16 VI (elettrolitico)

Resistenza

R1 = 860 ohm - 1/4 W

Varie

IC = μ A741 - TL081
 DL = diodo led (quals. mod.)
 P1 = pulsante (norm. aperto)
 ALIM. = 9 Vcc + 9 Vcc

Poiché il circuito di figura 9 non deve svolgere le funzioni di amplificatore, ma soltanto quelle di segnalatore dei valori di impedenza d'entrata, sono assenti tutti quegli elementi che, in altra sede, sono stati abbondantemente analizzati ed inseriti nei diversi schemi utilizzatori degli operazionali. Pertanto, l'ingresso invertente, ravvisabile sul piedino 2, è stato collegato direttamente con l'uscita, dove la tensione assume lo stesso valore di quella di entrata. Il guadagno, quindi, è unitario e sull'ingresso non invertente, cioè sul piedino 3, si misura la massima grandezza dell'impedenza, proprio quella che, tramite l'esperimento, si vuol riscontrare. L'alimentazione del semplice progetto di figura

9 è di tipo duale, ossia derivata da due pile da 9 V ciascuna, collegate in serie tra loro, in modo da disporre, rispetto alla linea di terra GDN delle due tensioni di + 9 Vcc e - 9 Vcc. Quando si preme per un attimo il pulsante P1, si chiude il circuito di alimentazione ora descritto ed il condensatore C1 si carica. Ma questa carica elettrica raggiunge pure l'entrata non invertente 3 di IC, provocando l'accensione del diodo led DL attraverso la resistenza di protezione R1, perché l'uscita 6 di IC dal valore di tensione di 0 V si porta a quello di + 9 Vcc. Ora, se l'IC è rappresentato dall'integrato μ A 741, il diodo led DL rimane acceso soltanto per un periodo di tempo di alcuni secondi, mentre

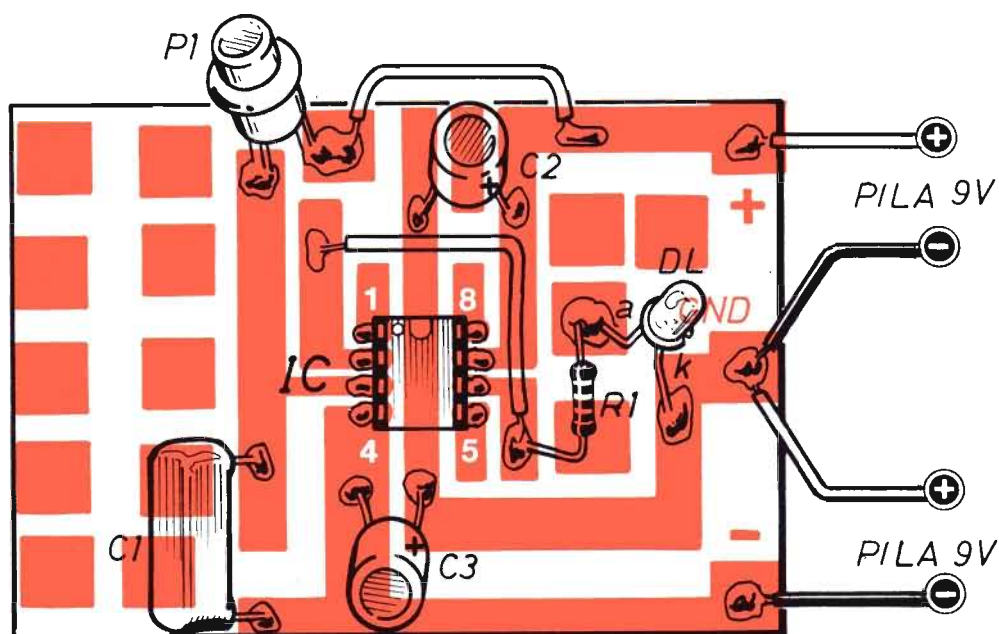


Fig. 10 - Piano costruttivo del dispositivo elettronico sperimentale di valutazione delle impedenze d'ingresso degli integrati operazionali. Si noti la presenza del ponticello, inserito fra un terminale del pulsante P1 e la linea di alimentazione positiva, necessario per garantire la continuità circuitale delle piste di rame.

con un integrato di tipo TL 081, il tempo di accensione del diodo led DL si protrae per alcuni minuti primi, generalmente per $5' \div 7'$. Ciò significa che, durante il primo esperimento, l'integrato μA 741 oppone una minima impedenza al passaggio della corrente di scarica del condensatore C1, mentre nel secondo esperimento, in presenza dell'integrato operazionale bifet TL 081, la scarica del condensatore C1 avviene assai lentamente. Riassunto:

μA 741 = tempo acc. DL breve
TL 081 = tempo acc. DL lungo

I due fenomeni ora descritti possono essere pure seguiti tramite uno strumento indicatore analogico, come ad esempio un tester commutato nella funzione di voltmetro in continua e sulla scala di 10 Vcc ed inserito tra l'uscita di IC, piedino 6 dell'operazionale e la linea GDN, identificabile con quella comune dell'alimenta-

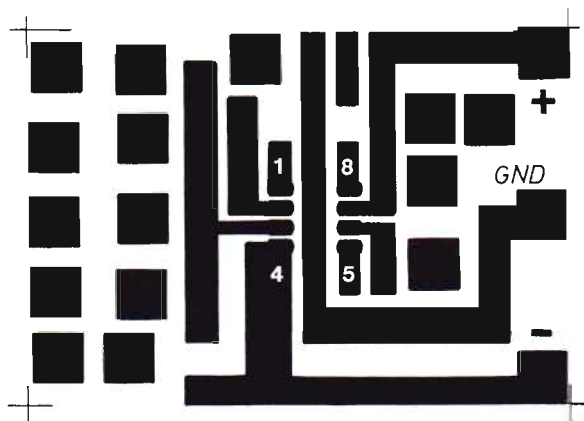


Fig. 11 - Disegno in grandezza reale del circuito stampato da riprodurre su una basetta supporto di materiale isolante, necessaria per la costruzione del modulo elettronico del dispositivo sperimentale descritto nel testo.

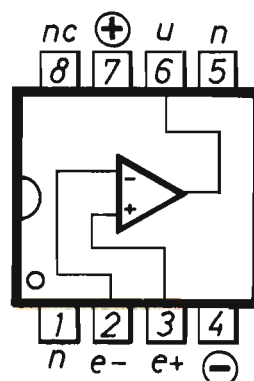


Fig. 12 - La piedinatura dell'operazionale μA 741 e del TL 081 è la stessa, quella qui riportata.

tore a 0 V. Ad occhio nudo si potrà seguire il comportamento dell'indice dello strumento durante i due esperimenti. Nel primo caso, infatti, con l'impiego dell'operazionale μA 741, l'indice del tester raggiunge immediatamente il valore di + 9 Vcc, ma rapidamente si porta poi sullo 0V. Nel secondo caso, invece, l'indice dello strumento ritorna verso l'inizio scala molto lentamente.

MONTAGGIO SPERIMENTALE

La realizzazione pratica del semplice progetto di figura 9 è pubblicata in figura 10, che rappresenta quindi il piano costruttivo del dispositivo sperimentale. Per il quale si deve approntare il circuito stampato presentato in grandezza reale in figura 11.

Ovviamente il disegno di figura 11 va riportato su una delle due facce di una basetta di materiale isolante, bachelite o vetronite, con dimensioni leggermente superiori a quelle di 7,15 cm x 5 cm.

Contrariamente a quanto accade nella maggior parte dei montaggi elettronici, nel modulo di figura 10 tutti i componenti sono applicati direttamente sulle piste di rame del circuito stampato e non nella parte opposta della basetta supporto, come invece accade normalmente. Ciò del resto appare ben evidenziato nel disegno

del piano di cablaggio di figura 11 nel quale, anche se l'integrato IC risulta applicato sulle corrispondenti piste di rame senza l'interposizione di apposito zoccolo, quest'ultimo deve necessariamente essere montato onde consentire lo scambio degli integrati operazionali durante gli esperimenti, soprattutto in considerazione del fatto che i due operazionali μA 741 e TL 081 hanno la medesima zoccolatura, esattamente quella illustrata nello schema di figura 12.

L'apparato illustrato in figura 10, se correttamente montato, deve funzionare subito, senza sollevare alcun problema. Ciò che importa, infatti, va limitato al rispetto delle polarità dei componenti in fase di saldatura dei loro reofori, all'innesto preciso dell'operazionale sul suo zoccolo e all'ordine di collegamento delle due pile

**abbonatevi a:
ELETTRONICA
PRATICA**

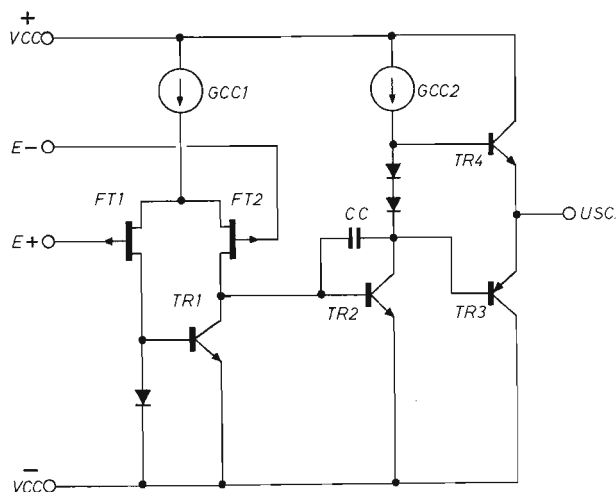


Fig. 13 - Schema semplificato di integrato operativo bifet. Le sigle GCC1 e GCC2 identificano due generatori di corrente.

in serie da 9 V ciascuna, che possono essere sostituite pure con quattro pile piatte da 4,5 V da coloro che già hanno acquisito una buona pratica con questo tipo di collegamenti. Ad ogni modo, per i principianti ricordiamo che il piedino 1 dell'IC si trova da quella parte del componente in cui sono presenti degli elementi guida, come segnalato nello schema di figura 10. Per il diodo led DL, invece, la distinzione fra elettrodo di catodo e di anodo (a - k) appare facilitata dalla presenza di una piccola smussatura, sulla circonferenza di base del componente, in prossimità del conduttore di catodo (k). Per i due condensatori elettrolitici C2 - C3 il riconoscimento del conduttore positivo è agevolato dalla presenza di tante crocette impresse sul corpo del componente; a volte viene segnalata la posizione dell'elettrodo negativo per mezzo di tanti segni meno (— — —).

Il circuito sperimentale di figura 10 deve essere completato per mezzo dell'applicazione di un ponticello, rappresentato da uno spezzone di filo conduttore, ricoperto con guaina isolante e collegato fra uno dei due terminali del pulsante P1 e la pista di rame in cui è presente la tensione di + 9 V.

Concludiamo, a questo punto, la descrizione del montaggio sperimentale di figura 10 ricordando che per il condensatore C1 è consigliabile l'impiego di un modello "mylar", anche se un comune componente ceramico non compromette il funzionamento del dispositivo che, tuttavia, non può in questo caso disporre di quella carica abbondante e necessaria ad evidenziare il fenomeno della differenza dei valori di impedenza d'ingresso fra i due tipi di integrati operazionali semplici e bifet.

**Un'idea vantaggiosa:
l'abbonamento annuale a
ELETTRONICA PRATICA**