

LE RISPOSTE DI UNA RETE

La valutazione del comportamento di un filtro, di una rete equalizzatrice, o di un preamplificatore, quando al suo ingresso siano introdotte particolari forme d'onda atte a caratterizzarne le prestazioni, è sempre stato uno dei problemi dell'appassionato di elettroacustica. Tale diverso comportamento, in funzione dell'eccitazione subita, viene detto "risposta" della rete. Il programma presentato di seguito fornisce le risposte al gradino, all'onda quadra, e la risposta in frequenza (modulo e fase) di una certa rete caratterizzata dal valore delle costanti di tempo associate ai suoi poli e zeri.

La risposta al gradino

Supponiamo di essere riusciti ad indivi-

INVIATECI I VOSTRI PROGRAMMI!

Se, qualunque sia la vostra macchina, avete realizzato programmi o routine che ritenete possano interessare altri lettori, inviateceli. Saranno esaminati e, se pubblicati, ricompensati con valutazioni approssimativamente fra le 30 e le 100.000 lire, secondo la complessità, la genialità, l'originalità e la presentazione del materiale e della documentazione (listati, diagrammi, commenti ecc.). Per ragioni organizzative non possiamo impegnarci, salvo eventuali accordi presi prima dell'invio, alla restituzione dei materiali, che resteranno di proprietà della redazione che si impegna a non divulgarli (se non tramite la rivista) senza l'autorizzazione dei rispettivi autori.

duare, a colpo d'occhio o tramite la fattorizzazione in termini binomi della funzione di trasferimento, i valori dei poli e degli eventuali zeri di una rete.

Una delle tecniche che viene generalmente usata per analizzare una rete è la risposta "a gradino". Essa consiste nell'eccitare la porta d'ingresso del circuito con una variazione istantanea di tensione (fig. 1) e valutare la deformazione che subisce questa funzione gradino nell'attraversare la rete che contiene elementi reattivi. La forma d'onda d'ingresso passa, nell'istante t_0 , dal valore V_1 al valore V_2 istantaneamente mentre, a valle della rete in esame, la variazione di tensione si ripercuote distorta. Il parametro più adatto a rappresentare questa deformazione è il "tempo di salita" (rise time), definito come il tempo richiesto dalla risposta per salire dal 10% al 90% del suo valore finale. In pratica, quindi, la rete introduce una sorta di ritardo nel passare dal valore V_1 a quello V_2 (opportunitamente amplificati o attenuati a seconda del guadagno), dato da:

$$t_r = 2.2 \left(\frac{1}{p_1^2} + \frac{1}{p_2^2} + \dots + \frac{1}{p_n^2} \right)$$

ove t_r è il tempo di ritardo in secondi e p_1, \dots, p_n sono n poli. Questa prova misura sostanzialmente la capacità della rete di rispondere fedelmente a rapide variazioni del segnale d'ingresso.

La risposta all'onda quadra

Un procedimento sperimentale importante è, nell'analisi delle reti, la prova con onda quadra, che si può approssimare come un gradino ripetuto. L'effetto di com-

ponenti reattivi all'interno della rete in esame è quello di inclinare il tratto orizzontale del segnale ad onda quadra (fig. 2). La misura di tale inclinazione percentuale è data dal "tilt":

$$P\% = 100\pi f_i / f \%$$

ove f_i è la frequenza di taglio della rete e f è la frequenza dell'onda quadra di prova. Il "tilt" comunque non rappresenta un parametro assoluto di caratterizzazione della rete, in quanto è esso stesso funzione del segnale. Per questo si preferisce usare il dislivello percentuale per unità di tempo, chiamato "Sag":

$$\text{Sag} = 100 \left(\sum p_i - \sum z_j \right) \% / \text{sec}$$

ove p_i e z_j sono rispettivamente i poli e gli zeri della rete.

Il Sag è tanto più piccolo quanto migliore è la risposta del circuito in esame e per determinare il dislivello percentuale di un impulso generico di durata t_0 è sufficiente moltiplicare il Sag per t_0 . Sia il tilt che il Sag si considerano positivi se prevale l'effetto dei poli, negativi se prevale l'effetto degli zeri.

La risposta in frequenza

Questa è forse la risposta più usata in pratica per caratterizzare una rete. Si tratta essenzialmente di rappresentare la funzione di trasferimento in modulo e fase attraverso i diagrammi di Bode. Il livello del modulo viene dato dalla relazione:

$$L = \sum_j 10 \log f / f_{z_j} - \sum_i 10 \log f / f_{p_i} - L_0 \text{ (dB)}$$

ove f_z è la frequenza dello zero, f_p la frequenza del polo e L_0 un livello di riferimento.

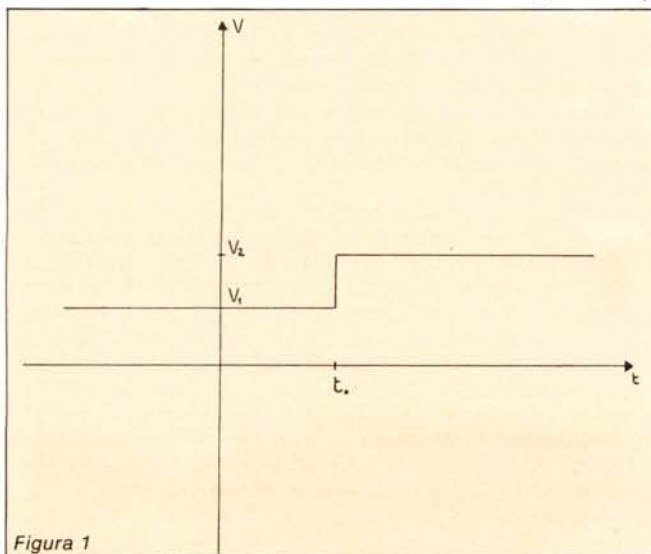


Figura 1

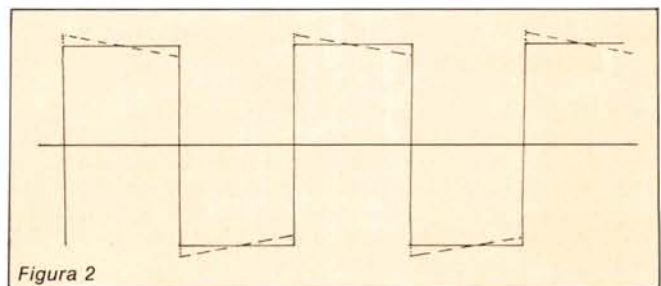


Figura 2

Figura 1 - Forma d'onda inviata all'ingresso della rete per determinare la risposta al gradino. La variazione da V_1 a V_2 nell'istante t_0 è istantanea.

Figura 2 - Onda quadra inviata all'ingresso della rete per determinare il Sag (tratto pieno) e relativa deformazione (tratteggiata). Il caso rappresentato in figura è di tilt positivo.

Figura 3 - Schema elettrico dell'esempio citato nel testo. I valori sono: $R_1 = 1000 \Omega$, $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1000 \Omega$, $C_1 = 10 \text{ nF}$, $C_2 = 1 \mu\text{F}$, $g_m = 1.5 \text{ mA/V}$. Si approssima la resistenza vista dal source con $R_{in} \approx 1/g_m$.

La fase della funzione di trasferimento è invece data da:

$$\varphi = \sum_j \arctg f/f_{z_j} - \sum_i \arctg f/f_{p_i}$$

Il programma

I quattro blocchi principali in cui si divide il programma sono: fase di input, calcolo del tempo di salita, calcolo del Sag, routine per la risposta in frequenza.

Il primo dato di input richiesto dalla PC-1211, dopo aver dato il RUN, è il numero totale di poli e zeri; il programma è stato dimensionato per una rete con un massimo di 30 poli e 30 zeri, più che sufficienti per applicazioni non straordinarie. Alla richiesta che appare sul display: "Polo o zero?", andrà impostato P se si sta immettendo un polo, z nel caso di uno zero.

I poli e gli zeri si inseriscono nel programma con il valore delle costanti di tempo a loro associate, in secondi; se si dovesse avere a disposizione, invece della τ , direttamente la frequenza in Hertz del polo o dello zero, si può impostare direttamente come input la seguente formula di conversione:

$$\tau = 1/(2\pi*f)$$

ove f è la frequenza in Hz e τ la costante di tempo. Mentre si inseriscono i dati, la macchina provvede a stampare una tabella dei loro valori, nell'ordine in cui sono stati immessi.

Le linee 70, 80 e 90 provvedono al calcolo ed alla stampa del tempo di salita della rete in esame, sottoposta ad un'eccitazione a gradino: questo tempo è in secondi e viene dato nel formato esponenziale.

Continuando nell'analisi del listing si incontra, dalla linea 100 alla 120, la sequenza di calcolo per la risposta all'onda quadra: il dislivello percentuale per unità di tempo (Sag) viene dato in %/sec.

Infine, dalla linea 130 in poi, si trova la routine per la tabulazione della risposta in frequenza. Tale routine realizza la stampa, in corrispondenza di valori di frequenza prefissati, del modulo e della fase della funzione di trasferimento della rete. Si è prefe-

rito l'output sotto forma di tabella a quello grafico dei diagrammi di Bode, in quanto si riesce in questo modo ad avere dei dati più precisi sull'andamento della funzione. Il livello in dB del modulo è calcolato rispetto al valore assunto alla frequenza di riferimento di 1000 Hz (0 dB).

La banda di frequenza in cui viene tabulata la risposta della rete si estende da 20 Hz a 100 kHz, con scala logaritmica, divisa in 12 intervalli; per modificare questi valori ed avere una tabulazione più fitta ed estesa, sarà sufficiente intervenire sulle linee dalla 160 alla 190.

Grazie alla possibilità della PC-1211 di "compattare" più istruzioni su una stessa linea, si sono realizzate linee "multifunzione" come ad esempio la 500, la 40, la 120, ecc. In particolare le linee 500 e 520 conten-

gono ciascuna interamente un loop FOR...NEXT. A proposito di questa istruzione, si noterà che per i loop si sono usate, in questo programma, le sole variabili W e X, a causa della maggiore velocità della macchina nell'esecuzione del loop con le variabili W, X, Y e Z piuttosto che con le altre.

Il programma è stato realizzato per l'uso con la stampante CE-122, ma è semplicemente adattabile, con opportune istruzioni PAUSE al posto di alcune PRINT, nel caso non si avesse a disposizione questo accessorio.

Esempio

Applichiamo questo programma per l'analisi del circuito in figura 3. Il primo polo si può calcolare con facilità, trascurando la resistenza del generatore R_s rispetto ad R_1 e R_2

$$\tau_{p1} = C_1(R_1/R_2) = 0.005 \text{ sec.}$$

Per il secondo polo, relativo al condensatore sul source, ricordando che $R_{ok} \approx 1/g_m$, si ha:

$$\tau_{p2} = C_2(R_k/R_{ok}) = 4.E-4 \text{ sec.}$$

Lo zero dovuto a C_1 è nell'origine perché tale capacità blocca il segnale di frequenza zero. Lo possiamo approssimare così:

$$\tau_{z1} = 1/1.E-10 = 10^{10} \text{ sec.}$$

Lo zero dovuto a C_2 si verifica per quella frequenza che annulla l'ammettenza sul source, e quindi vale:

$$\tau_{z2} = C_2 R_k = 0.001 \text{ sec.}$$

In figura 4 è rappresentato l'output della stampante: il circuito impiega 230 millisecondi per raggiungere il 90% del gradino di tensione e l'inclinazione all'onda quadra è dello 0.17% ogni secondo di durata dell'impulso. Dalla risposta in frequenza notiamo che il circuito si comporta come un passa-alto con taglio inferiore a circa 500 Hz; lo sfasamento si mantiene comunque sempre positivo.

```
POLO 1, 5.00E+05   F= 200.0HZ
SEC                L= -4.0DB
POLO 2, 4.00E+04   FASE=34, GRADI
SEC
ZERO 1, 1.00E+10   F= 500.0HZ
SEC                L= -1.0DB
ZERO 2, 1.00E+05   FASE=24, GRADI
SEC
RISPOSTA AL       F= 1000.HZ
GRADINO - TEMPO   L= 0.0DB
DI SALITA:        FASE=14, GRADI
2.50E+01 SEC     F= 2000.HZ
                   L= 0.0DB
                   FASE=9, GRADI
RISPOSTA ONDA     F= 5000.HZ
QUADRA - SAG:    L= 1.0DB
1.70E+01 %/SEC   FASE=3, GRADI
****RISPOSTA**** F= 10000.HZ
**IN FREQUENZA** L= 1.0DB
                   FASE=2, GRADI
RIFERIMENTO: 1KHZ F= 20000.HZ
                   L= 1.0DB
                   FASE=1, GRADI
F= 20.0HZ         F= 50000.HZ
L= -15.0DB        L= 1.0DB
FASE=62, GRADI   FASE=0, GRADI
F= 50.0HZ         F= 100000.HZ
L= -9.0DB         L= 1.0DB
FASE=45, GRADI   FASE=0, GRADI
F= 100.0HZ        L= -7.0DB
                  FASE=36, GRADI
```

Figura 4

Figura 4 - Output della stampante relativo all'esempio di figura 3. Si denota un taglio di frequenza intorno a 500 Hz.

Figura 5 - Listing del programma. Rimangono a disposizione dell'utente 508 steps e 63 memorie.

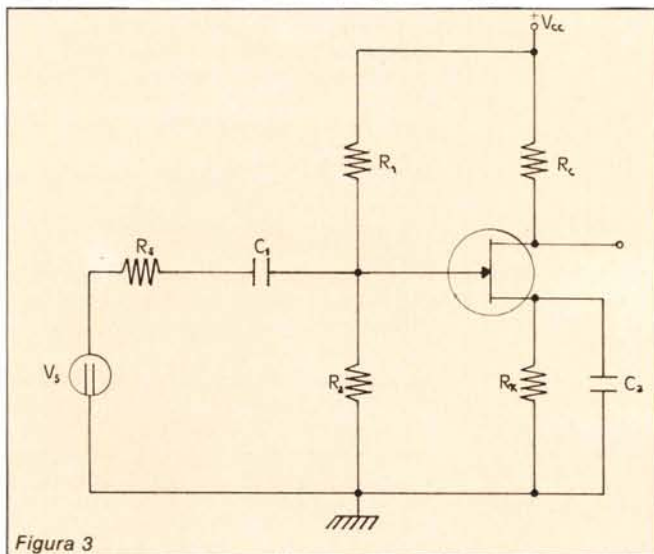


Figura 3

```
5: CLEAR : INPUT
  N, POLI+N, ZE
  RI=1:FOR W
=1 TO C
10: INPUT "POLO
O ZERO?(P=Z)
" : AS
15: IF A$="P"
  THEN 50
20: IF A$="Z"
  THEN 30
25: GOTO 10
30: Z=Z+1:O=27+Z
40: INPUT "CONST.
TEMPO ZERO(S
EC) " : A(C):
PRINT "ZERO
" : Z USING "##
.###" : A(C):
USING "SEC"
: NEXT W: GOTO
70
50: P=P+1: R=57+P
60: INPUT "CONST.
TEMPO POL(S
EC) " : A(R):
PRINT "POLO
" : P USING "##
.###" : A(R):
USING "SEC"
: NEXT W
70: FOR W=1 TO P:
  B=B+1/((57+W
):NEXT W
105: IF Z=0 THEN 1
20
110: FOR W=1 TO Z:
  D=D+1/((27+W
):NEXT W
120: S=(B-D)/(10
4):PRINT " "
:PRINT " "
```

Figura 5

I codici esadecimali della PC-1211

Dopo affannose decodificazioni quasi "crittografiche" di alcuni strani comportamenti individuati sulla PC-1211, siamo riusciti a ricavare i codici esadecimali ai quali il computer associa ciascuna istruzione che riceve dall'esterno. La ricerca di tali codici è stata affrontata sfruttando la particolare gestione della memoria variabile da parte della PC-1211: in figura 1 è rappresentata la flexible memory (1424 steps, 178 memorie). Le memorie sono allocate dall'alto verso il basso in ordine decrescente, perciò all'atto di scrivere un nuovo programma, i primi 8 byte occuperanno lo spazio che prima era a disposizione di A (204), i seguenti 8 byte prenderanno il posto di A (203) e così via. Perciò scrivendo ad esempio una linea di programma di 4 byte, gli steps a disposizione scenderanno a 1420, e la memoria A (204) non sarà più accessibile in quanto occupata dai 4 byte di programma.

A questo punto se viene cancellata la linea di programma senza usare l'istruzione NEW, gli steps utilizzabili torneranno ad essere 1424 e la memoria A (204) sarà nuovamente accessibile: in es-

sa però si troveranno codificati in esadecimale i codici che la macchina aveva associato ai 4 byte di programma.

Iterando queste operazioni si è riusciti perciò a ricavare la tabella di figura 2. I simboli impiegati dalla PC-1211 per codificare le lettere dalla A alla F dell'alfabeto esadecimale, sono i seguenti:

A = . D = ¥

B = E E = \$

C = % F = π

Quindi il codice 23AE diventa 23.\$ per la PC-1211. A questo proposito si fa notare che questi sei simboli sono codificati nelle posizioni 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F. In particolare, gli ultimi tre caratteri, se immessi nella stampante, vengono interpretati proprio come i numeri 13, 14 e 15, cosa che non avviene con gli stessi simboli codificati 17, 18 e 19 in esadecimale. Tutti i caratteri dell'alfabeto esadecimale della PC-1211 si trovano perciò da 40 a 4F.

Osservando la tabella si nota che la linea A, da A0 a AD contiene tutte le funzioni matematiche della calcolatrice, la linea B, da B0 a B7 raccoglie i coman-

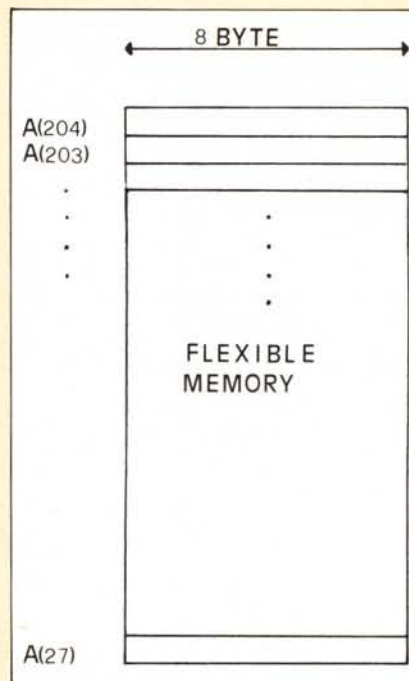


Figura 1 - Rappresentazione della memoria flessibile della PC-1211.

di, cioè quelle istruzioni impostabili solo da tastiera, ed infine le righe C e D codificano tutte le istruzioni del Basic.

La lettera O (codice 5F) è l'unico simbolo consentito dalla calcolatrice che si spinge fino alla colonna F, e questo gli conferisce una interessante caratteristica. Infatti se scriviamo una particolare linea di programma che comprenda 6 byte, di cui l'ultimo una O, e facciamo l'operazione di prima, e cioè cancelliamo la linea senza usare NEW, non abbiamo più in A(204) i codici dei byte di programma: si avrà però in A\$(204) i simboli, associati all'inverso esadecimale dei codici dei byte di programma.

Vediamo subito un esempio di questo fenomeno: eseguite correttamente i seguenti passi:

1. Impostare NEW e selezionare il modo PRO.
2. Scrivere la seguente linea di programma:
10 EVCL. #-O(l'ultimo simbolo è la lettera O)
3. Cancellare la linea impostando 10 ENTER.
4. Richiamare la memoria A\$(204)

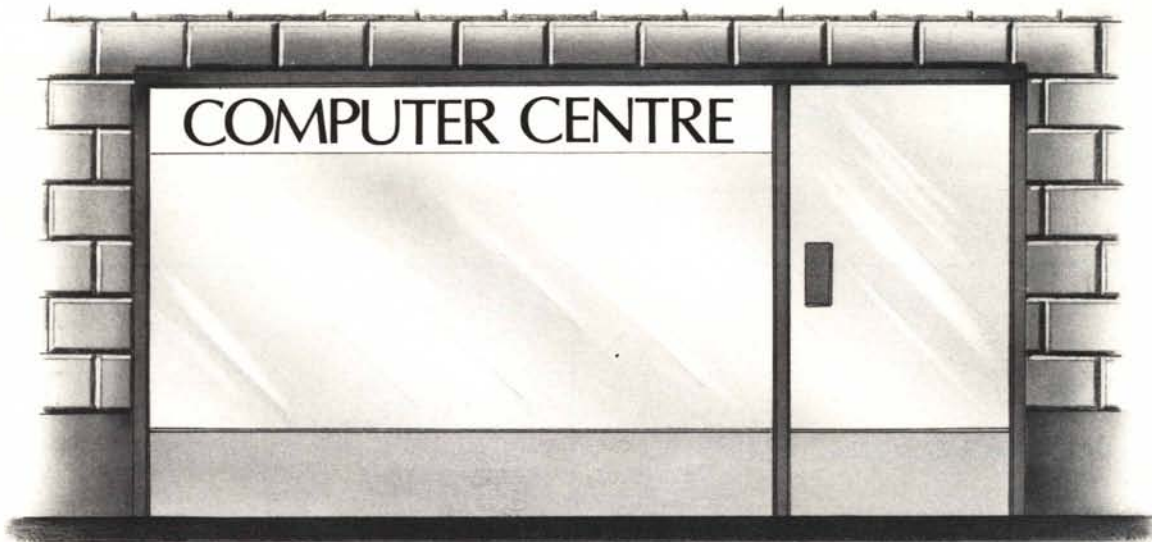
Se sono state seguite le istruzioni, la PC-1211 vi invierà un cordiale saluto attraverso il display. Rimandiamo alle prossime puntate della rubrica le ulteriori novità che eventualmente risultassero da questa ricerca: invitiamo frattanto i lettori interessati ad inviarci le loro esperienze in merito al problema... The PC-1211 Revealed!

F.Ma.

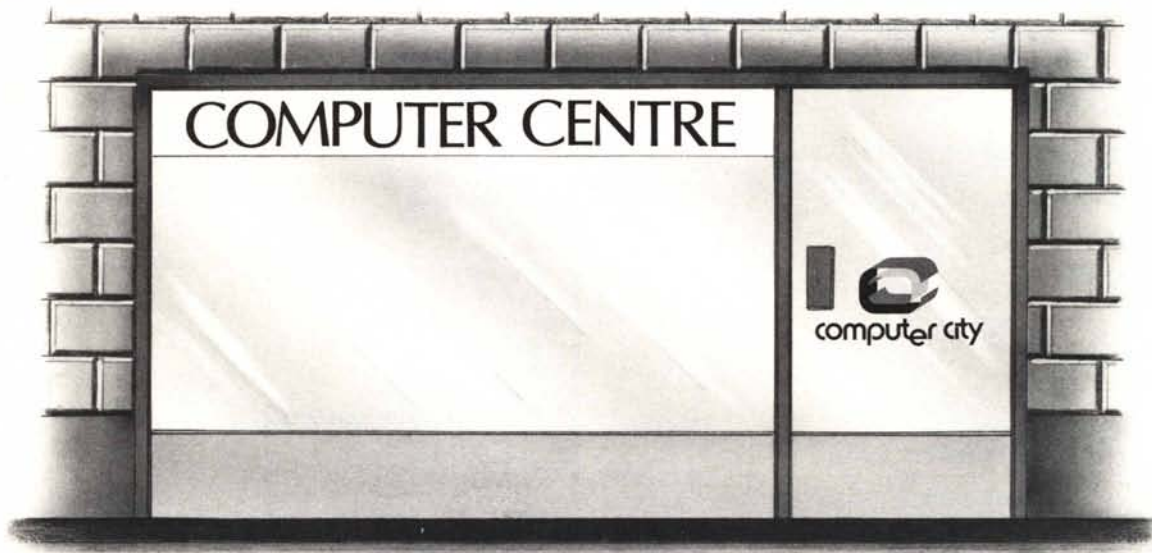
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}	N _{op}		
1	[]	SPC	"	?	!	#	%	¥	\$	π	.	:	;			
2	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?		
3	()	>	<	=	+	-	*	/	^	[]	(SPC)	(")	(')		
4	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.	E	(%)	(¥)	(\$)	(π)
5	..	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
6	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	[√]	(.)	(:)		
7	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?		
8	(STEP)	(THEN)	>=	<=	<>	Ved. nota	Ved. nota	(RUN)	(NEW)	(MEM)	(LIST)	(CONT)	(DEBUG)	(SAVE)		
9	TO	STEP	THEN	(>)	(<)	(<>)	Ved. nota	Ved. nota	(RUN)	(NEW)	(MEM)	(LIST)	(CONT)	(DEBUG)		
A	SIN	COS	TAN	ASN	ACS	ATN	EXP	LN	LOG	INT	ABS	SGN	DEC	DMS		
B	RUN	NEW	MEM	LIST	CONT	DEBUG	SAVE	CLOAD			(THEN)			(<)		
C	GRAD	PRINT	INPUT	RADIAN	DEGREE	CLEAR										
D	IF	FOR	LET	RIM	END	NEXT	STOP	GOTO	GOSUB	CHAIN	PAUSE	BEEP	AREAD	USING	RETURN	
E																
F																

Figura 2 - Codici esadecimali che la PC-1211 associa al suo interno ad ogni carattere ed istruzione del Basic, le caselle vuote rappresentano codici non riconosciuti dalla macchina come istruzioni consentite. I caratteri fra parentesi stanno ad indicare che tali simboli vengono presentati sul display, ma la stampante li interpreta come il carattere "p".

Nota: I codici 85H e 86H producono l'effetto di cancellare il display del "mode" e far apparire la scritta "GRAD". Invece le istruzioni 97H e 96H fanno spostare il mode in "RUN".



***Come il computer centre di piazza Po
è diventato il famoso computer centre di piazza Po.***



Infatti Computer City non è solo una "parola", ma offre, ai propri convenzionati, una serie di servizi davvero invidiabili: marchio e immagine globale, pubblicità a livello nazionale, sconti e forme di pagamento estremamente vantaggiose presso rivenditori convenzionati, vasta e selezionata linea di prodotti per l'informatica, rete di assistenza tecnica sul territorio nazionale, meetings di aggiornamento tecnico-commerciale, esclusiva nella zona di competenza, politica di vendita omogenea, protezione sugli stock di magazzino, bollettini interni costantemente aggiornati su prezzi e nuovi prodotti, software applicativo di elevata qualità...

E quello che ti chiede è veramente poco: quota associativa annua, raggiungimento di un fatturato minimo concordato all'ingresso in Computer City- con fornitori convenzionati, contributo in concorso spese pubblicità pari all'1% del fatturato conseguito.

Ventidue tuoi colleghi tra i più importanti e qualificati hanno già scelto Computer City. E tu?

Per informazioni contatta uno dei seguenti numeri:

Como: 031-591040, **Firenze:** 055-713369, **Monza:** 039-365038.



computer city