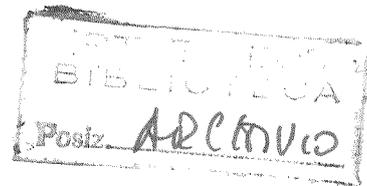


Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI ELABORAZIONE  
DELLA INFORMAZIONE**

**PISA**

APPARATI PER LA SINTESI DI SEGNALI AUDIO:  
Una stazione di lavoro con un Home-Computer  
per esperimenti di "telematica musicale".

G. Bertini, L. Tarabella, G. Guerrini

Nota Interna B4-78  
Dicembre 1986

## Introduzione

---

In questa nota si esaminano le motivazioni della realizzazione, e si descrivono l'architettura e le modalita' di impiego di una stazione di lavoro orientata ad attivita' di Informatica Musicale.

La stazione e' costituita principalmente da un Personal Computer e da una apparecchiatura atta alla generazione sonora: tale apparecchiatura e' stata progettata e realizzata nell'ambito della collaborazione CNUCE-IEI su ricerche di Informatica Musicale.

## La "Telematica Musicale".

Negli anni passati, gran parte delle attività del Reparto di Musicologia del CNUCE sono state concentrate sull'implementazione del TAUMUS /1/, il package di programmi rivolto alla gestione del Terminale Audio TAU2 /2/.

Il sistema nel suo complesso di TAU2 e software di gestione TAUMUS, costituiva (e costituisce) un'unicità, sia perché del TAU2 esiste un solo esemplare, sia perché le dimensioni del TAUMUS e le sue possibilità operative richiedono spazi di memoria e velocità di calcolo che solo grossi mainframes possono mettere a disposizione.

Il sistema TAUMUS-TAU2 è stato quindi prevalentemente usato dalle persone che ne hanno curato il progetto e lo sviluppo; e se c'è stata utenza esterna, essa è stata fatta sempre sotto la guida e l'aiuto del personale del CNUCE e dell'IEI.

Quando il TAU2 venne realizzato, l'enfasi fu data all'apparecchiatura in sé, che allora era tecnologicamente avanzata e qualitativamente rimarchevole; negli anni seguenti, comunque le modalità e le possibilità operative del software divennero tali e tante che esso acquisì la ragion d'essere indipendentemente dall'esistenza e dalle caratteristiche dell'apparecchiatura stessa per il quale era stato disegnato e realizzato.

Nella sua decennale attività, il sistema TAUMUS-TAU2 è stato utilizzato in modo massiccio per molte attività: sono stati tenuti molti corsi di Informatica Musicale a studenti dell'Università di Pisa e del Conservatorio

L. Cherubini di Firenze; sono stati realizzati molti dischi con composizioni originali e trascrizioni e rielaborazioni di brani della produzione classica; sono state infine realizzate molte performaces remote in tempo reale /3/ in diverse parti d'Italia e d'Europa in occasione di manifestazioni genericamente culturali o piu' specificamente musicali.

In special modo quest'ultima attivita' suggerì qualche anno fa, una nuova tendenza di attivita' rivolta allo studio delle possibilita' di installare un servizio di utilizzo a distanza e in multiutenza delle risorse operative del TAUMUS: compresa la possibilita' dell'esecuzione sonora dei brani musicali svincolandosi dall' uso del TAU2; tale attivita' e' stata identificata con il nome di "Telematica Musicale" (4).

L'attivita' del Reparto di Informatica Musicale del CNUCE, negli ultimi tempi si e' quindi concentrata su due tematiche principali: lo studio e la relizzazione di software per l'utilizzo in multiutenza del TAUMUS, e lo studio e la realizzazione di Stazioni di Lavoro rivolte a questo uso.

Si dall'inizio si e' manifestata la possibilita' di due modalita' di approccio al problema: una prima che ricalcava in un certo senso lo schema gia' esistente (Tau2-Taumus) con la novita' di essere svincolati dalla localita' dell'installazione fisica del TAU2; una seconda piu' aperta caratterizzata dall' accesso in multiutenza alle risorse software del TAUMUS tramite rete EARN-BITNET e quindi tale da considerarsi un vero e proprio Servizio di Telematica Musicale (5)

Le due non si contrappongono, ma piuttosto si integrano. Esperienze dell'una e dell'altra sono gia' state fatte in forma dimostrativa in varie occasioni di rilievo (6).

In queste note si descrive una stazione di lavoro che possa soddisfare il primo tipo di approccio al problema; non si esclude che in futuro possa essere adottata anche alla seconda modalita' di lavoro.

## Architettura

-----

Il sistema nel suo complesso e' costituito da una Stazione di Lavoro Musicale (SLM) che opera in collegamento con il CNUCE di Pisa tramite linea di trasmissione dati.

L'SLM e' costituita a sua volta da una console operativa e da un apparecchio atto alla produzione musicale.

La console dell'SLM e' un Personal Computer Commodore-64 che svolge le due funzioni di terminale TTY e di controllore del generatore musicale. Il C-64 puo' collegarsi al 3033 del CNUCE di Pisa sia con linea di trasmissione dati dedicata, che mediante l'uso della normale rete commutata. Le due modalita', sostanzialmente identiche, differiscono tuttavia nella velocita' e nella affidabilita' del collegamento.

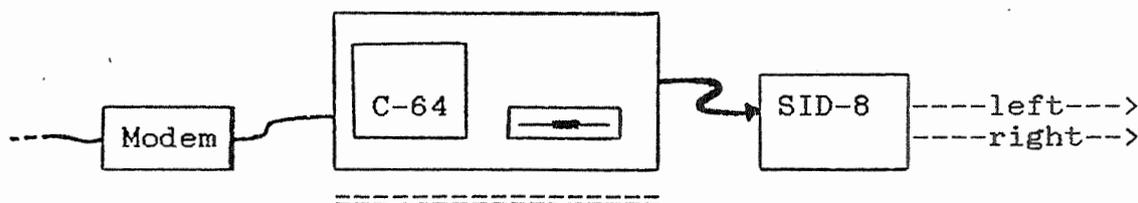


Fig.1 - Architettura del sistema

L'apparecchiatura che si occupa della generazione sonora cui ci si riferisce la figura con la sigla SID-8 e' stata progettata nell'ambito della collaborazione con l'IEI-CNR nel settore di attivita' dell'Informatica Musicale, e realizzata e messa a punto presso i laboratori di quell'Istituto.

(rumore bianco) con frequenza di campionamento variabile.

L'uscita di ognuno dei tre oscillatori e' modulabile in ampiezza da una circuiteria ADSR (Attack Decay Sustain Release) in grado cioe' di determinare il tempo di salita iniziale, il tempo di prima discesa, il livello di sostegno, ed il tempo di rilascio del suono.

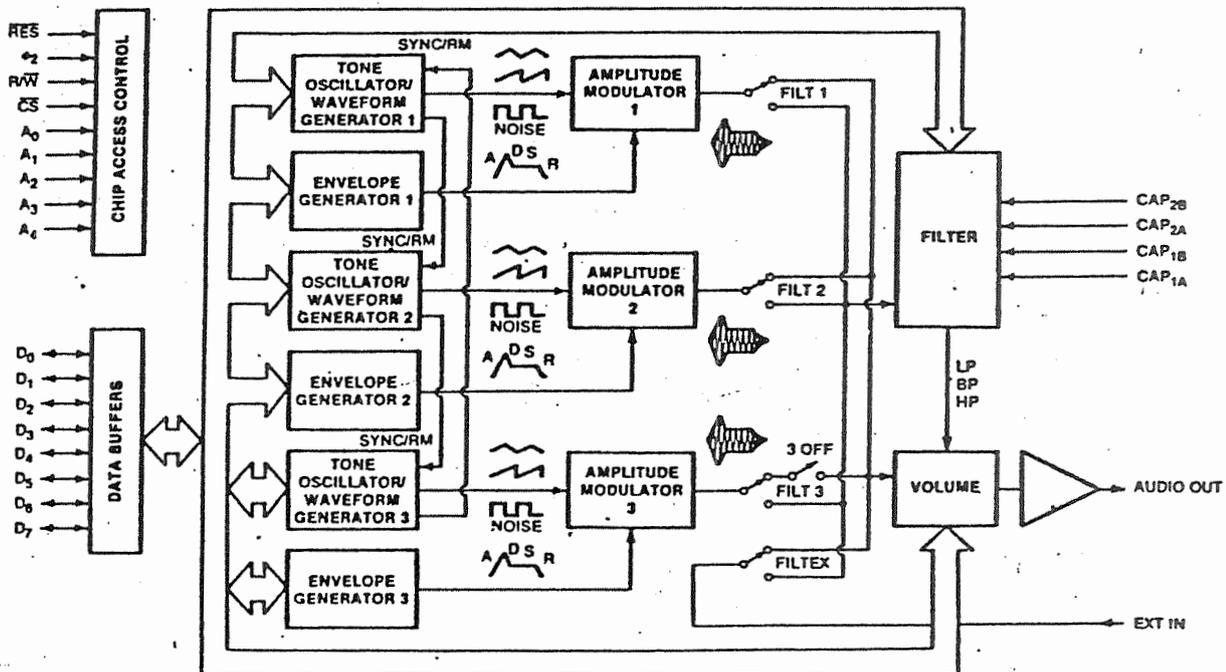


Fig.2 - Diagramma a blocchi del SID 6581

Il segnale di ciascun oscillatore puo' essere mandato direttamente in uscita, oppure passato attraverso un unico filtro che puo' essere (a scelta) un passa-alto, un passa-basso ed un filtro a reiezione di banda. Una volta impostato il tipo di filtro, e' possibile controllare il valore della frequenza di taglio.

E' possibile infine controllare il valore del volume generale in 16 passi (da 0 a 15).

Altre caratteristiche speciali del SID sono costituite

dalla possibilita' di combinare insieme i segnali di due oscillatori con la modulazione ad anello (ring modulator) e di sincronizzare tra loro due oscillatori.

E' prevista anche la possibilita' di usare l'oscillatore 3 per modulare gli altri oscillatori o piu' in generale per variare dinamicamente i valori di controllo dell'intero SID: frequenza di taglio del filtro, ampiezza dell'impulso etc. In ogni momento, infatti, e' possibile leggere il valore istantaneo del segnale generato dal generatore 3, e del valore dell'involuppo dello stesso generatore 3.

Il SID ha quindi tutte le possibilita' operative che avevano i vecchi sintetizzatori analogici, con alcuni vantaggi rispetto ad essi, come l'accuratezza di controllo e la stabilita'. E non ultimi, le dimensioni ed il prezzo.

Nonostante la possibilita' di generare tre suoni contemporaneamente, proprio in virtu' delle dimensioni e del prezzo, si e' preferito utilizzare un circuito per generare un solo suono, ma estremamente piu' ricco: e questo dovuto anche alla possibilita' di modificare dinamicamente le caratteristiche del filtro e degli oscillatori 1 e 2 in base ai valori impostati per l'oscillatore 3.

Il SID-8 e' costituito quindi da 8 circuiti SID, ciascuno dei quali si occupa di generare un solo suono utilizzando interamente tutte le possibilita' elaborative interne al chip.

## Modalita' d'uso dell'SLM

La Stazione di Lavoro Musicale e' stata realizzata principalmente per utilizzare le possibilita' elaborative del TAUMUS compresa quella di attingere alla libreria dei brani musicali codificati. Sebbene si sia previsto un uso prevalentemente "remoto" dell'apparecchiatura, e' possibile tuttavia usufruirne, con modalita' ovviamente diverse e di minori capacita' elaborative, anche in "locale"; ed in ogni modo, alcune operazioni (come la gestione della timbrica) viene fatta esclusivamente in locale.

Si esaminano ora nel dettaglio i vari ambienti offerti dalla stazione di lavoro e le funzioni possibili in ciascuno di essi, tenendo presente che di qui in poi useremo la sigla "SLM" per indicare l'insieme dell'apparecchiatura di Figura.1, e del programma che la "veste" per conferirle possibilita' operative.

All'attivazione, dunque, l'SLM presenta sulla riga in alto dello schermo (denominata MONITOR dell'SLM) cinque scelte possibili:

Console Sid TTy Disco Fine

Per operare la scelta e' necessario spostare il cursore orizzontalmente e premere RETURN sulla funzione voluta.

Per ciascuna delle opzioni, vengono ora descritte le funzioni offerte e le modalita' di intervento.

## 1. Console

Scegliendo 'Console' appare un pannello di comando come in figura:

C O M A N D I	
Esegui	Brano
Carica	Brano
Salva	Brano
*T A U M U S*	
Carica	Config
Salva	Config
Canc.	Config

Cn	Voci	Timbri
SD	1	_____
SD	2	_____
SD	3	_____
SD	4	_____
SD	5	_____
SD	6	_____
SD	7	_____
SD	8	_____

L I S T E	
Timbri	
Config	
Brani	

Fig.3 - Console

La console operativa e' suddivisa in tre finestre destinate a diversi tipi di operazione: Comandi, gestione delle voci, interrogazioni dell'archivio locale. Da una finestra all'altra si passa (come indicato nel Monitor in alto) con i tasti F7 ed F8. Si torna al menu' principale con il tasto F1.

L'attivazione di una finestra e' visualizzata con la scritta in alto della medesima, in modo REVERSE. All'interno di ciascuna valgono regole locali connesse al tipo di operazione: comunque i cursori orizzontali e verticali hanno

sempre la funzione di spostamento, ed il tasto di RETURN quello di conferma. Maggiori dettagli nel seguito.

## 2. Timbri

-----

Scegliendo nel menu' principale l'opzione "Timbri", appare il pannello:

	Inviluppo	Controllo	Pulsaz.	Freq.
G e n 1	_____	* * * * *	_____	_____
	a d s r	Sy r f n t s p	hml	hl
G e n 2	_____	* * * * *	_____	g2/g1
	a d s r	Sy r f n t s p	hlm	freq.
G e n 3	_____	* * * * *	_____	_____
	a d s r	Sy r f n t s p	hlm	hhll
	Vol	Res banda	taglio	p1 p2 ft res
	_____	* * * *	_____	_____ * * *
V r	3 h b l	HLM	eo eo eo e o	A

Fig. 4 - Pannello per l'impostazione dei timbri

Il pannello riproduce esattamente l'architettura del SID, ne permette una completa gestione in modo visivo ed analogico: l'attivazione di una forma d'onda, la scelta di una banda per il filtro, etc., vengono segnalati con l'asterisco "acceso"; mentre la loro disattivazione e' segnalata con l'asterisco "spento". Accensione e spegnimento

vengono fatti con i tasti + e - .

Anche i valori dell'ADSR vengono impostati agendo sui tasti + e - che provocano l'innalzamento o la discesa di una colonnina nera in 16 diversi valori; lo stesso vale per Volume, Risonanza, etc. Nel caso del Pulse Width, Frequenza di taglio, ed altri, il valore e' spezzato in varie colonnine di 16 valori ciascuna: ad esempio il PW (che puo' variare da 0 a 4095 e cioe' rappresentabile su 12 bits) viene impostato con tre colonnine h (alto) m (medio) l (basso) corrispondenti a 4 bit di rappresentazione ciascuna.

Per avere informazioni dettagliate sulle possibilita' generative del SID, si consiglia di prendere visione la letteratura /8/9/.

Comunque, dal momento che nell'SLM il SID e' usato in modo particolare, e' necessario soffermarsi su alcuni aspetti originali di questa apparecchiatura.

Alla generazione dei suoni concorrono i generatori 1 e 2, il cui rapporto in frequenza viene stabilito con  $g2/g1$  in alto a destra: del pannello due scatti sulla parte alta (h) corrispondono a  $g1=g2$ ; uno scatto sulla parte bassa (l) corrisponde ad  $1/32$ . Così ad esempio:

h1 10	==>	$g2=0.5 *g1$
h2 10	==>	$g2= g1$
h3 10	==>	$g2=1.5 *g1$
h2 11	==>	$g2=1.03*g1$
h2 18	==>	$g2=1.25*g1$

Il terzo generatore viene usato quasi esclusivamente per modificare dinamicamente il Pulse Width dei generatori 1 e 2, la frequenza di taglio del filtro e la risonanza.

Possono essere usati separatamente o congiuntamente l'Oscillatore (o) e l'involuppo (e) con diversi valori: per fare cio' si agisce sulle opzioni dell'ultima riga del pannello. Per il terzo generatore e' dunque necessario impostare anche la frequenza.

Accendendo l'asterisco in corrispondenza della A in basso a destra del pannello, viene inibita la fase di attacco del timbro: il primo suono della sequenza viene generato normalmente, ed i successivi mantengono solo il valore di sustain.

Per raggiungere i vari punti del pannello si fa uso dei cursori orizzontali e verticali: l'indicazione che si sta intervenendo su un certo elemento del pannello e' indicato con l'accensione della lettera sotto l'elemento stesso. Premendo + e - si imposta (o si accende/spenge) il valore desiderato.

Premendo F7 si ottiene la generazione sonora di frequenze casuali con il timbro impostato; il tasto RETURN fa terminare tale generazione di test.

Premendo F1 appare un menu (Return Salva Carica Cancella) che serve per Memorizzare con un nome il timbro attualmente impostato, per poterlo richiamare successivamente ed usarlo (come si vedra' in seguito) per l'esecuzione dei brani.

### 3. TTY

Scegliendo questa opzione e' possibile stabilire un collegamento con il 3033 del CNUCE, ed attivare la Macchina

Virtuale MUSIC1 che supporta il TAUMUS.

E' necessario che il C-64 sia equipaggiato (in maniera mutualmente esclusiva)

- del Modem COMMUNICATOR

- dell'interfaccia RS232 + Modem SIP

oppure + linea seriale.

Entrambi gli equipaggiamenti fanno uso dello User-Port del c-64.

In ogni caso, prima di stabilire il collegamento, vengono presentate alcune scelte sulla linea: per operare la scelta si agisce sul cursore verticale e sul RETURN.

Una volta in comunicazione con il VM, si attiva la MUSIC1, ed il TAUMUS; dopodiche', si preme F4 (shift/F3) e si torna in locale.

Da notare che il TAUMUS resta attivo e d'ora in poi (come vedremo piu' avanti) la comunicazione sara' gestita esclusivamente dalla "Console operativa".

E' bene prestare attenzione al messaggio che compare appena si attiva TTY: il suo significato apparira' chiaro dopo avere letto quanto scritto piu' avanti a proposito delle Configurazioni e Timbri.

#### 4. Disco

Questa opzione da la possibilita' di memorizzare e richiamare da disco l'insieme dei timbri e delle configurazioni. Cio' significa che una volta preparato un

timbro con l'apposito pannello, questo viene memorizzato con un nome; le informazioni relative al timbro stesso, restano nella memoria di lavoro del C-64. E' possibile avere contemporaneamente 128 timbri diversi.

Come si vedra' piu' avanti, per eseguire un brano, e' necessario prima assegnare alle singole voci un timbro e la sua posizione (destra/sinistra); l'insieme dei nomi dei timbri e del posizionamento viene chiamato "configurazione".

Allora, con l'opzione "Disco" si scarica e si carica in blocco timbri e configurazioni, per fare si' che in sedute successive ci si trovi nelle condizioni delle precedenti. Da tenere presente percio' che se si vuole avere un altro blocco di timbri e di configurazioni, e' necessario usare un altro dischetto.

## 5. Fine

-----

Con questa opzione si chiude la seduta. Comunque prima di chiudere realmente, viene richiesto se si vuole "congelare" su disco la situazione attuale dei timbri e delle configurazioni, che nel frattempo potrebbe essere stata modificata.

E' necessario ricordarsi, prima di chiudere, di fare LOGOFF della MUSIC1 (nel caso si sia fatto LOGON). Dopo di che, si conferma la Fine.

## CONSOLE: dettagli

La console operativa e' costituita da tre riquadri, ciascuno con possibilita' operative diverse: COMANDI, VOCI, LISTE. Da un riquadro all'altro si passa con i tasti F7 (senso orario) ed F8 (senso antiorario). Si torna al menu' principale con F1.

### a. Comandi

Attivato il riquadro comandi, si sceglie l'operazione mediante il cursore verticale: si vedra' che le 7 opzioni vengono individualmente "reversate". Per confermare la scelta bisogna premere RETURN.

ESEGUI BRANO attiva l'esecuzione del brano attualmente in memoria, sia che provenga dall'archivio locale (dischetto) che da quello remoto (Taumus). Il brano puo' essere interrotto in ogni momento con il tasto "shift/S" come indicato in alto. La fermata del brano e' accompagnata da un "decay" volumetrico.

A volte e' necessario premere "shift/S" anche con la fine naturale di certi brani: questo si rende necessario quando il brano e' terminato MA persiste in alto la scritta "per finire shift/S".

CARICA BRANO consente di richiamare un brano dall'archivio locale precedentemente memorizzato con un nome opportuno. Caricato il brano, la colonna di

numeri da 1 a 8 del riquadro accanto si "reversa" opportunamente per indicare il numero delle voci che costituiscono il brano attuale.

SALVA BRANO consente di memorizzare con nome sull'archivio locale un brano caricato dalla linea.

\*T A U M U S\* fa cambiare ambiente, da locale a remoto; e' necessario comunque che sia stato attivato precedentemente il TAUMUS in ambiente TTY. In ogni caso, se cio' non e' stato fatto, viene segnalato "TAUMUS disattivo" e tutto procede normalmente.

Se tutto era stato fatto per attivare il TAUMUS, allora il pannello della console scompare e si e' in normale collegamento TTy con la Macchina Virtuale MUSIC1 in ambiente Taumus. Allora e' possibile compiere tutte le operazioni relative come da manuale /2/.

NON e' ammesso il comando PLAY-MODULATION, per ovvie ragioni.

Eseguite operazioni tipiche, per ottenere l'esecuzione musicale locale si introduce il comando PLAY: l'effetto non e' tuttavia quello immediato della l'esecuzione; e' necessario infatti che il brano venga inviato dal TAUMUS al C-64.

Il comando PLAY provoca la scritta di 12 numeri che corrispondono al numero di suoni di ciascuna voce: e' possibile scegliere quali voci del brano farsi inviare attraverso l'introduzione di una stringa di 12 cifre (0/1), mettendo un "1" in corrispondenza della voce

voluta, ed uno "0" in corrispondenza della voce non voluta. Il numero degli "uni" non deve superare 8.

Dopo questo, appare la scritta "premi SHIFT/F2": dopo di che, inizia la trasmissione dati relativi al brano. La velocità di trasmissione dipende dalle caratteristiche della linea. La trasmissione in corso viene segnalata da un numero progressivo che compare in alto allo schermo. Il numero dei blocchi ammesso è 300 ed è bene non superare questo limite. La trasmissione può essere interrotta battendo "S" e RETURN.

Se tutto è andato bene, si torna automaticamente in locale con la presentazione della "console operativa" posizionata in "ESEGUI BRANO" del quadro comandi.

CARICA CONFIG richiama una configurazione timbrica.

SALVA CONFIG memorizza la configurazione attuale.

CANC. CONFIG cancella una configurazione.

#### b. Voci

-----

Con questo riquadro si imposta la timbrica e la disposizione spaziale delle voci. Ci si muove sul riquadro con i cursori, e la posizione viene indicata dalla freccetta ←. Si notino le tre colonnine: Cn, per canali destro e sinistro; Voci, per l'attivazione delle singole voci; Timbri, per l'assegnamento di un timbro ad una voce.

Colonnina Cn: La voce puo' essere attivata sul canale destro o sinistro; per fare cio' si agisce sul tasto + che accende alternativamente la S o la D.

Colonnina Voci: Il tasto + accende la voce; il tasto - la spegne. La corsa del cursore verticale si arresta al numero di voci del brano attuale segnalato dal "reverse" di questa colonnina.

Colonnina Timbri: Questa serve per dare un timbro alla voce; e' necessario mettere il nome di un timbro precedentemente preparato. Se il nome non esiste, questo viene "reversato", ma l'esecuzione avviene lo stesso con un timbro di "default".

C'e' da notare che, nonostante che il timbro della singola voce venga mantenuto per tutta la durata del brano, e' prevista la possibilita' di attivare piu' timbri durante l'esecuzione. Cio' richiederebbe tuttavia un intervento sul Taumus.

#### c. Liste

-----

Con questo riquadro e' possibile avere informazioni sull'archivio locale: la scelta viene fatta ancora con il cursore verticale ed il tasto RETURN. Fatta la scelta di quale delle tre liste si vuole prendere visione, sulla destra del riquadro compare la lista: ora il cursore verticale serve per scorrere la lista che, se piu' lunga di 7 elementi, "scrolla" opportunamente.

Da notare che quando si chiede la lista dei brani sul dischetto e' necessario aspettare un po' di piu' rispetto alle altre due opzioni. Tuttavia, se si e' gia' fatta questa richiesta almeno una volta, e non si sono fatte variazioni d'archivio, la risposta e' immediata.

Cenno alla realizzazione hardware (P. Guerrini)

-----

In Fig. 5 è riportato lo schema elettrico del circuito comprendente gli otto dispositivi SID 6581 circuiti di decodifica e di somma dei segnali d'uscita.

In Fig. 6 è riportato lo schema dell'interfaccia tra l'apparato SID-8 e il computer C'64. Sulla parte destra è tratteggiato il cavo multipolare piatto che porta i segnali dal C'64 all'apparecchio SID. I tre buffers bidirezionali 74LS245 sono stati alloggiati in una cartolina, opportunamente protetta, che si innesta direttamente nell'apposito connettore d'uscita del C'64.

In Fig. 7 è riportato lo schema elettrico dell'alimentatore che fornisce le tensioni al circuito, appositamente realizzato per limitare al minimo le dimensioni dell'apparato la cui vista esterna ed interna è riportata in Fig. 8.

### Conclusione

-----

L'SLM, ed in special modo il SID-8, non ha pretese competitive con sistemi di sintesi sonora piu' sofisticati attualmente in uso in Computer Music, ma piuttosto

costituisce un mezzo economico e versatile per enfatizzare una modalita' di approccio al problema della Telematica Musicale e per un uso dimostrativo-didattico.

E' possibile realizzare un modello piu' efficiente e qualitativamente migliore usando la tecnica di sintesi digitale, per esempio usufruendo di un sistema del tipo descritto in ( ) che utilizza il microprocessore TMS 32010 della TEXAS.



LISCITA' C'64

CONNETT. MASCHIO  
22+22 passo piccolo

CAVO PIATTO  
SALDATO

CONNETTORE  
CANNON MASCHIO  
37 CONTATTI

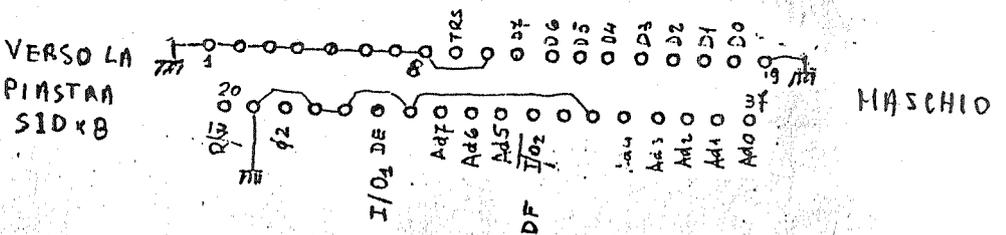
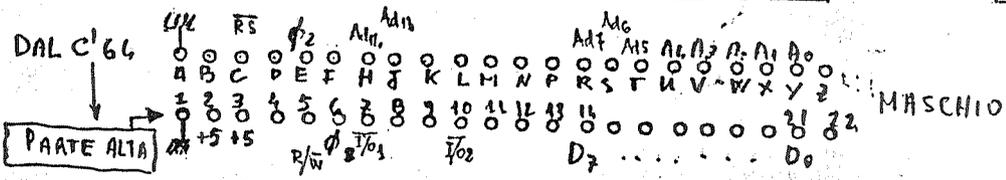
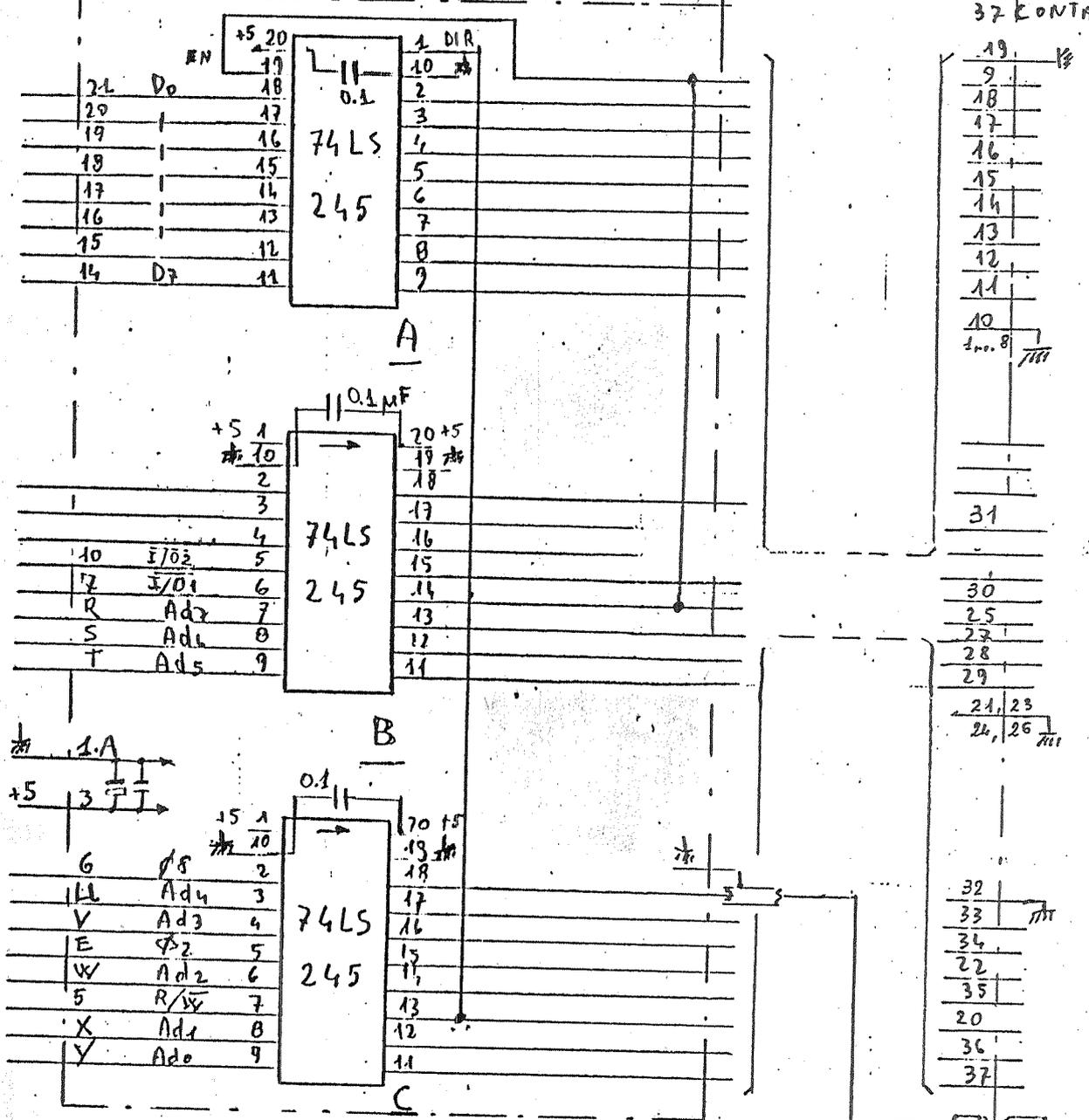
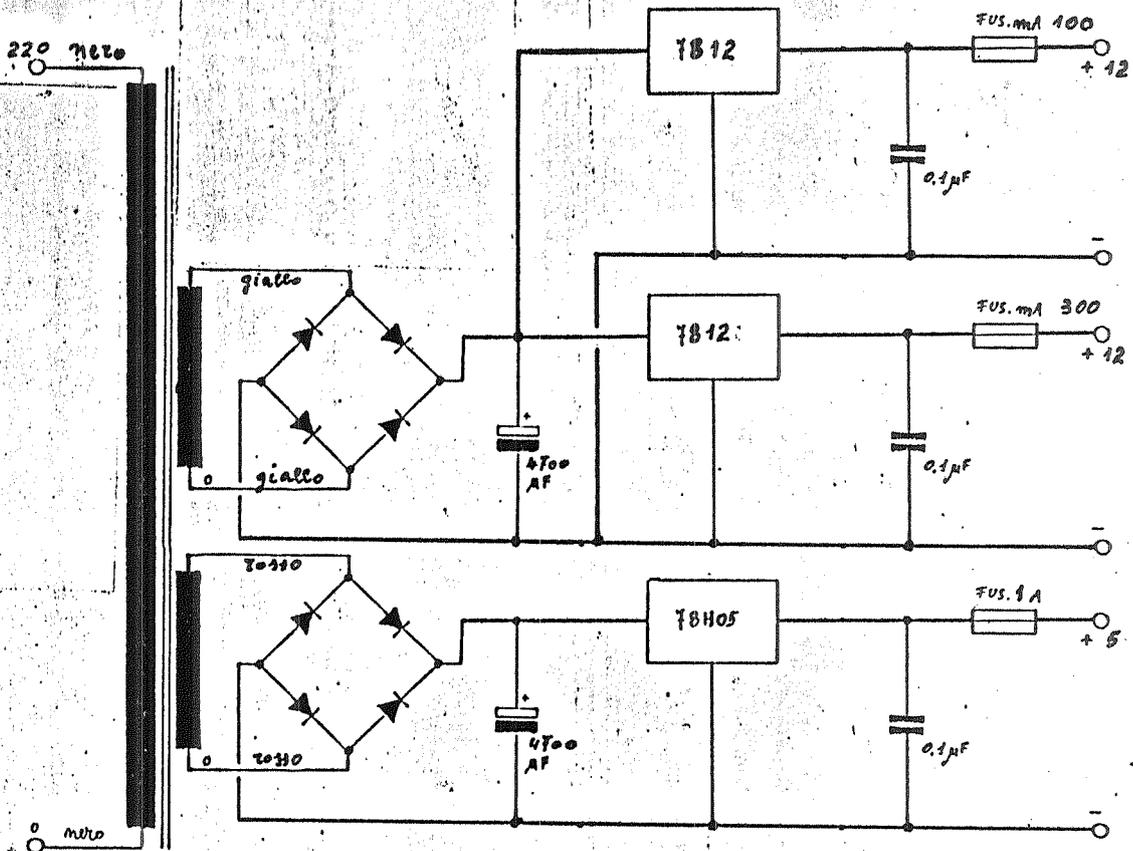


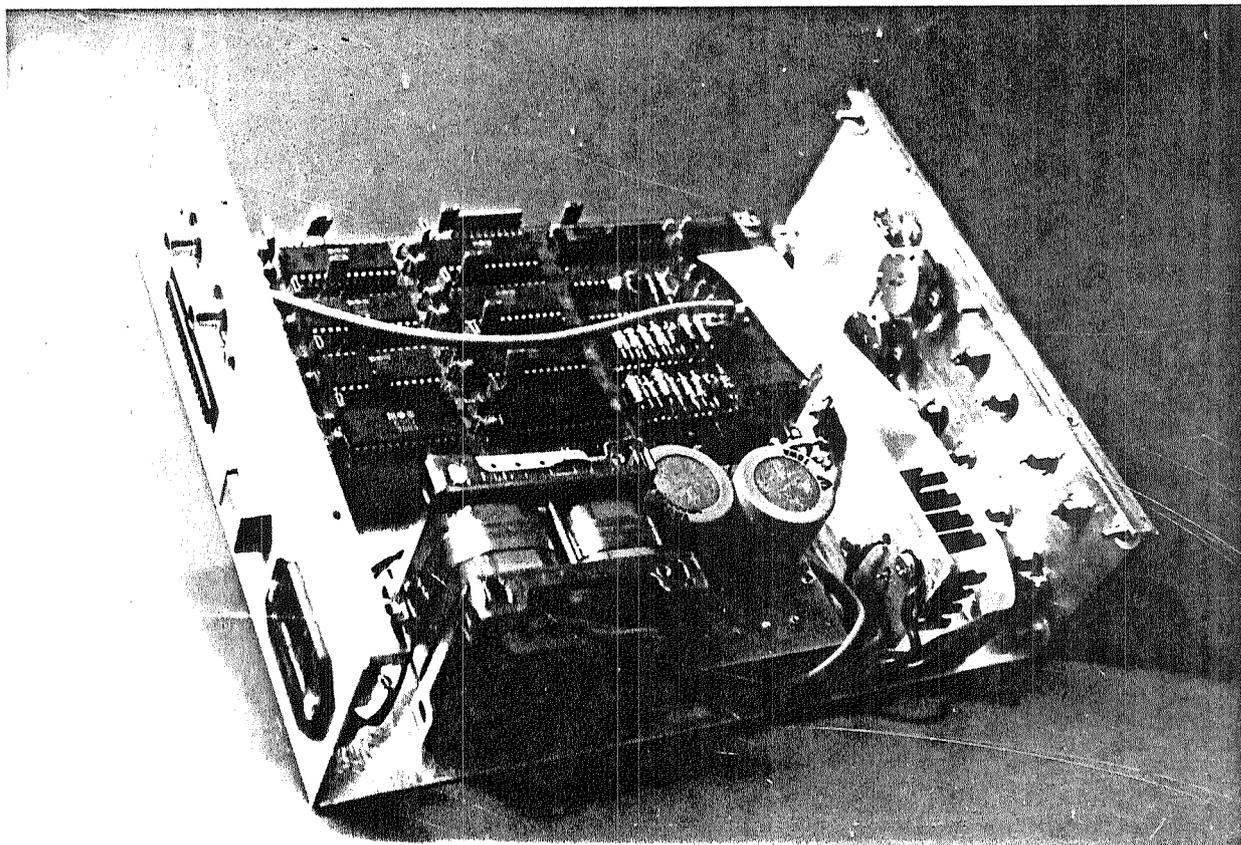
Fig. 6

SCHEMA ELETTRICO ADATTATORI  
 C'64 - PIASTRA SID 6581  
 I.E.I. del C.N.R. 22.3.86

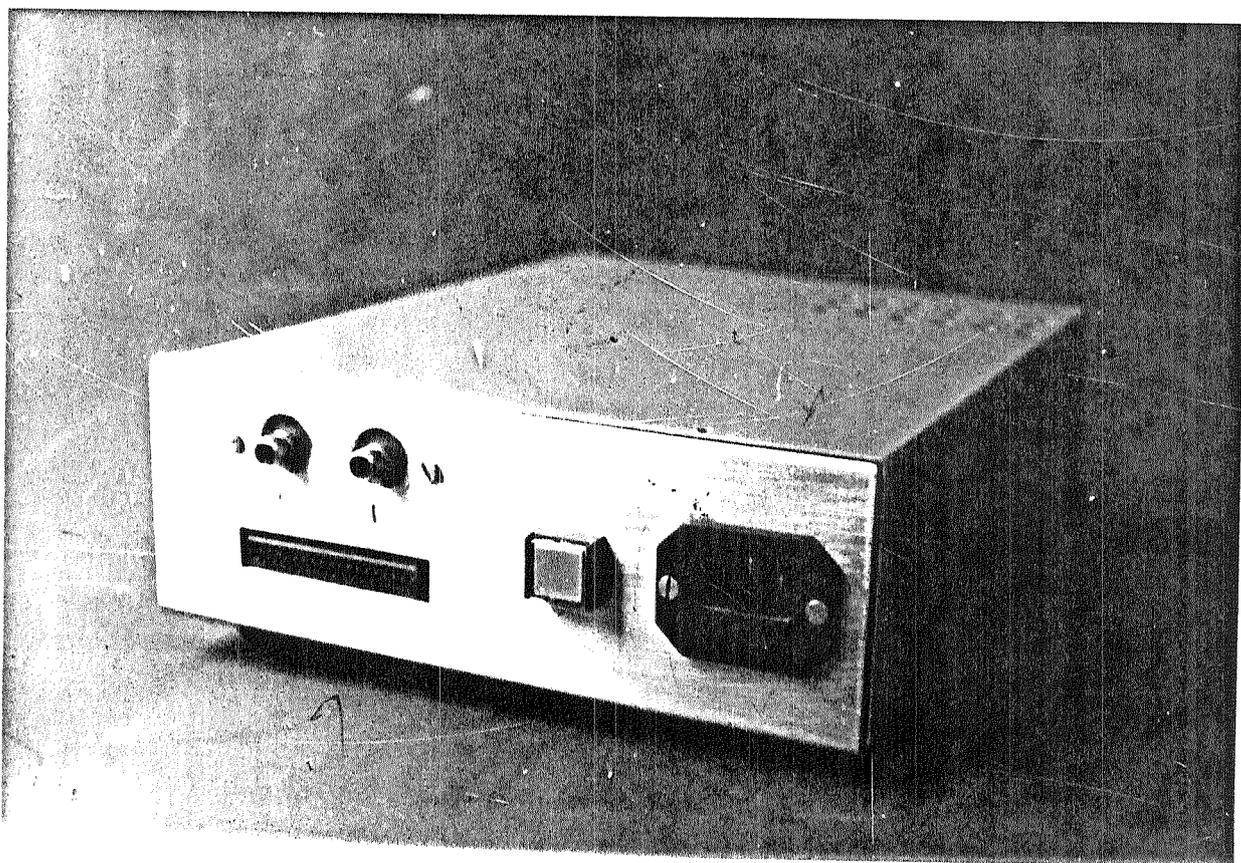


Schema elettrico alimentatore

fig. 7



VISTA INTERNA DELL'APPARECCHIO SID-8



VISTA ESTERNA APPARECCHIO SID-8

## B i b l i o g r a f i a

- /1/ Modalita' operative del TAUMUS: software di gestione del TAU2 - 1975 - P.Grossi - Nota CNUCE
- /2/ Il TAU2: un terminale audio per esperimenti di Computer Music - 1977 - Bertini/Denoth/Chimenti - ALTA FREQUENZA
- /3/ Utilizzazione del sistema di Computer Music TAU2-TAUMUS per l'attivita' didattica e dimostrativa - 1982 - Bertini/Grossi - Nota Interna IEI-CNR
- /4/ Ipotesi per il progetto di un servizio di telematica musicale. Andreani/Bertini/Grossi. Quaderni di Musica Realtà, n. 1, Edizioni UNICOPLI, Milano 1983
- /5/ Modalita' operative del TELETAU, Software sperimentale per la TELEMATICA MUSICALE - 1986 - G.Nencini - Nota CNUCE n.201
- /6/ Un'esperienza di Telematica Musicale e prospettive per un servizio - 1985 - L.Tarabella/P.Grossi - Nota CNUCE - c.85 n.7
- /7/ C-64: Guida di Riferimento per il Programmatore - 1983 Commodore Italiana SRL - Milano
- /8/ Ozzola
- /9/ Sprite e Suono del C-64 - 1984 - P.Gerard - Jackson C.E.