

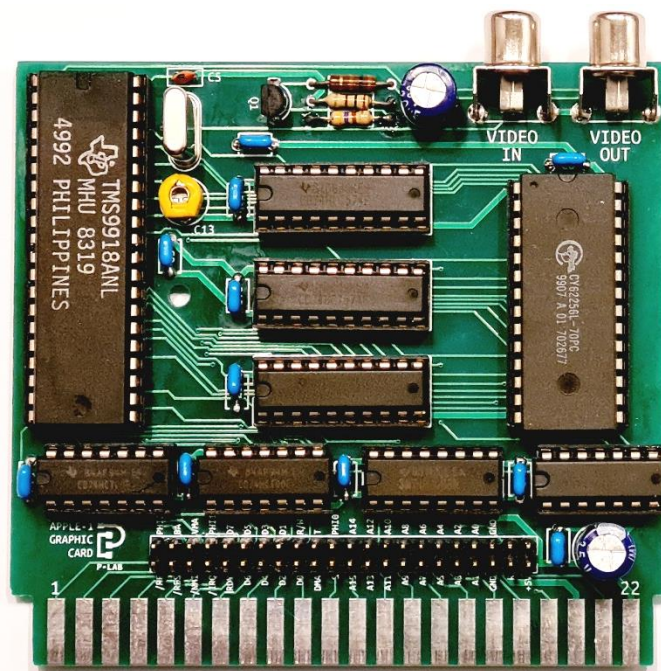
APPLE-1 GRAPHIC CARD

V0.4

Apple-1 Graphic Card è una scheda elettronica che permette di aggiungere capacità grafiche al vostro computer Apple-1.

Questo documento contiene:

1. Descrizione del progetto
2. Rischio cariche elettrostatiche
3. Installazione della scheda
4. Mappatura in memoria
5. Note tecniche sull'hardware
6. Software di gestione
7. Bibliografia/riferimenti



L'immagine sopra riportata è puramente indicativa. Il prodotto finale potrebbe essere diverso a causa di migliorie e/o di disponibilità dei componenti.

1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La scheda è basata sul noto Processore Video (o VDP) **Texas Instruments TMS9918A**, commercializzato a partire dal 1979 e utilizzato su computer e console di quel periodo e successivi, come ad esempio ColecoVision, MSX1, TI99/4A etc.

La sua modalità di interfacciamento standard, oltre alla Video RAM indipendente e separata da quella di sistema, rendono questo chip particolarmente indicato per l'utilizzo su Apple-1 perché non va a sottrarre risorse ad esso. Le caratteristiche grafiche sono altrettanto interessanti:

- **Modalità 0 (Text):** 40×24 caratteri, monocromatica: dato che il video è largo 256 pixel i caratteri sono larghi solo 6 pixel. Questa modalità non supporta gli Sprite.
- **Modalità 1 (Graphic 1):** 32×24 caratteri. Ogni 8 caratteri del set di caratteri si hanno un colore di sfondo ed uno principale diverso. Ciò significa che i caratteri da "0" a "7" hanno gli stessi attributi di colore. Gli Sprite sono supportati.
- **Modalità 2 (Graphic 2):** 32×24 caratteri oppure grafica **bitmap a 256×192** pixel con la limitazione dell'uso di 2 colori per ogni linea di 8 pixel all'interno di un carattere. Gli Sprite sono supportati.
- **Modalità 3 (Multicolor):** modo 64×48 con blocchi grafici di 4×4 pixel. Ogni blocco può avere il suo colore, consentendo quindi usare tutti i 15 colori disponibili. Gli Sprite sono supportati.

Nelle modalità 1, 2 e 3 il VDP può gestire fino a 32 Sprites, seppure con delle limitazioni. Per ulteriori informazioni si veda il documento originale di riferimento, citato in bibliografia.

L'uscita video della scheda grafica è separata ed indipendente da quella originale dell'Apple-1, sarà pertanto necessario prevedere un **secondo monitor multistandard, compatibile con segnale video videocomposito e codifica NTSC**. *Se il monitor non è compatibile le immagini appariranno in bianco e nero.*

Dal punto di vista del codice necessario per farlo funzionare, sono state predisposte diverse opzioni, che verranno descritte in seguito.

Si noti che questo progetto non vuole avere alcuna valenza commerciale, ma semplicemente essere una *Proof of Concept* educativa.

2. RISCHIO CARICHE ELETTROSTATICHE

Apple-1 Graphic Board è sensibile all'elettricità statica, *come il vostro computer Apple*, e potrebbe venirne danneggiata.

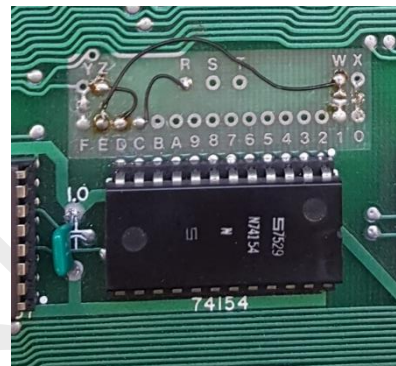
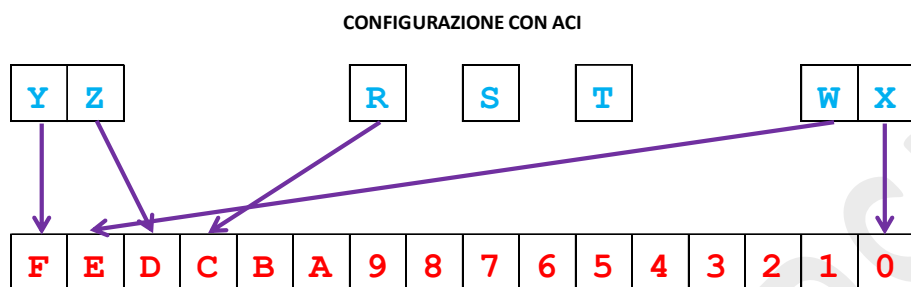
Prima di qualsiasi operazione sul dispositivo è necessario scaricare l'elettricità statica accumulata dal vostro corpo e prevenirne un nuovo accumulo.

Non ci assumiamo alcuna responsabilità per danni, anche gravi o letali, causati a persone / cose / proprietà intellettuali durante l'installazione o l'utilizzo di questo dispositivo.

3. INSTALLAZIONE DELLA SCHEDA SUL COMPUTER APPLE-1

3.1 VERIFICHE PRELIMINARI

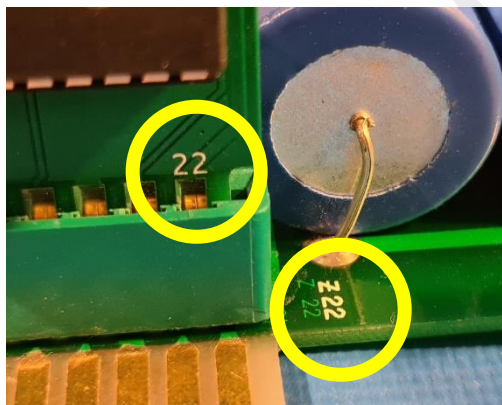
Apple-1 deve essere predisposto nella configurazione “CON ACI”, ossia con i seguenti collegamenti in area CHIP SELECT:



Lo schema e la foto riassumono i collegamenti necessari.

Questi collegamenti sono standard sulla maggior parte degli Apple-1 in circolazione, sia Originali che Repliche. Non sono dunque necessari collegamenti dedicati.

3.2 INSTALLAZIONE DELLE SCHEDA



La scheda va inserita come riportato in figura:

Il numero “22” sulla scheda e il numero “22” sulla motherboard devono trovarsi sulla stessa estremità.

Il numero “22” sulla scheda deve dunque trovarsi rivolto verso il lato esterno della motherboard dell’Apple-1

ATTENZIONE: L’accensione con la scheda orientata non correttamente **danneggia istantaneamente** il computer e la scheda stessa.

Se usate un BUS EXTENDER tenete presente che potrebbero insorgere comportamenti inaspettati come blocchi improvvisi o corruzione della memoria. Se ciò dovesse verificarsi provate a cambiare/scambiare la posizione delle varie schede. Questo comportamento può verificarsi anche con le schede di espansione Juke-Box e CFFA1. L’interazione senza errori tra le schede e il computer non può essere garantita.

4. MAPPATURA IN MEMORIA

Il TMS9918A ha bisogno solamente di due indirizzi di memoria per poter programmare tutti i suoi numerosi registri. Essi sono dunque stati spillati dal segmento di memoria \$C000-\$CFFF, parzialmente occupato dalla ACI, secondo il seguente schema:

| | | | |
|-----------|-----------|------|-------------|
| C000-CFFF | C000-C3FF | 1 kB | ACI |
| | C400-CBFF | 2 kB | UNALLOCATED |
| | CC00-CFFF | 1 kB | TMS9918A |

Come si può vedere, i 4 kB del range \$C000-\$CFFF sono stati divisi in tre parti. Il primo blocco è stato lasciato dedicato all'Interfaccia Cassette (ACI) per ragioni di compatibilità. I successivi 2 kB non sono stati allocati.

Da ultimo è stato dedicato un intero kB di indirizzi al VDP vero e proprio.

Si noti come l'intero range da 1 kB sia interamente impegnato per due soli indirizzi. Questo è chiaramente un punto di inefficienza dettato dal fatto di tenere l'hardware il più semplice possibile.

Gli indirizzi di memoria dedicati al VDP risultano dunque mappati come segue:

| TMS9918 REGISTER | HEX ADDR | DEC ADDR | INTEGER BASIC ADDR |
|------------------|----------|----------|--------------------|
| 0 | CC00 | 52224 | -13312 |
| 1 | CC01 | 52225 | -13311 |

Per il significato e l'utilizzo dei numerosi registri rimandiamo alla documentazione ufficiale e alla numerosa letteratura disponibile sull'argomento.

A causa della mappatura degli indirizzi soprariportata, il primo registro del TMS9918A sarà all'indirizzo decimale 52224.

L'INTEGER BASIC dell'Apple-1 gestisce i numeri con il formato *Signed Integer* a 16 bit. Questo significa che esso può trattare solamente numeri interi compresi tra -32767 e 32767.

52224 è maggiore di 32767 (il più grande numero accettabile), la numerazione ripartirà dunque da -32767 e diventerà dunque un numero negativo.

Per modificare una locazione specifica tramite INTEGER BASIC basterà usare il valore negativo, ad esempio:

POKE -13312,15

Naturalmente, non esistono "posizioni di memoria negative": è solo una questione di notazione.

5. NOTE TECNICHE SULL'HARDWARE – PUNTI DI ATTENZIONE

La scheda fa uso di una moderna SRAM al posto della vetusta e delicata DRAM prevista in origine, unitamente ad alcuni circuiti integrati di supporto, necessari per realizzare questo adattamento.

Il progetto di partenza è stata la parte video del computer LM80C di Leonardo Miliani, già basata sul lavoro di J.B. Langston per il computer RC2014, a sua volta ispirata con ogni probabilità dal lavoro di Tom LeMense (tutte i riferimenti in bibliografia), con l'apporto di alcune modifiche alla sequenza delle linee di indirizzo.

La circuiteria di selezione delle linee R/W del TMS9918A è stata ispirata da un articolo apparso sulla rivista Byte nell'Agosto del 1982 a firma di Steve Ciarcia, a cui sono state delle aggiunte delle porte logiche per la corretta temporizzazione del segnale di Write proveniente dal microprocessore 6502.

Rispetto al computer vero e proprio, il VDP è un dispositivo asincrono e genera il proprio segnale di clock mediante un oscillatore interno e un quarzo dal valore prestabilito, ossia **10.738635 MHz**.

La tolleranza ammessa è molto piccola: $\pm 0.005\%$.

Da questo oscillatore viene ricavato il *color burst* NTSC a 3.579545 MHz che trasporterà all'interno del segnale video le informazioni relative ai colori.

Dunque, se questo valore non è sufficientemente preciso il monitor, *pur se NTSC compatibile*, avrà difficoltà ad agganciare il segnale del colore e, di conseguenza, le immagini appariranno in bianco e nero.

Ogni quarzo ha bisogno di capacità di carico ben precise, solitamente di qualche decina di pF, il cui valori sono dichiarati nel datasheet di accompagnamento.

I valori presenti nello schema elettrico sono dunque indicativi e relativi al quarzo impiegato sul prototipo.

I condensatori vanno scelti in funzione del proprio quarzo, tenendo presente anche le capacità parassite del circuito.

Per permettere un piccolo margine di adattamento, sul PCB è stato previsto un piccolo compensatore in modo da variare leggermente la frequenza di oscillazione del quarzo e permettere una taratura soddisfacente.

La taratura dovrebbe essere fatta con un apposito cacciavite isolante per evitare accoppiamenti capacitivi, e con estrema delicatezza data la fragilità meccanica del compensatore stesso.

Un riscontro della effettiva frequenza di oscillazione mediante un frequenzimetro di precisione è altresì auspicabile.

NOTA BENE: sul lato saldature è presente un jumper IRQ/NMI per consentire al computer di gestire eventuali interrupt generati dal TMS9918A. Esso può essere necessario per l'esecuzione di alcuni programmi / demo / giochi. Normalmente deve essere presente il collegamento **tra il pin centrale e il lato IRQ**.

Tuttavia, potrebbero presentarsi delle incompatibilità nell'uso contemporaneo con alcuni dispositivi esterni specifici, come ad esempio il Modem Wi-Fi, o altri che fanno uso di interrupt. (<https://p-l4b.github.io/wifi/>)

6. SOFTWARE DI GESTIONE

Il TMS9918A è un dispositivo complesso che dispone di molti registri interni, mappe caratteri, Sprites, svariate risoluzioni etc. la cui programmazione può risultare complicata.

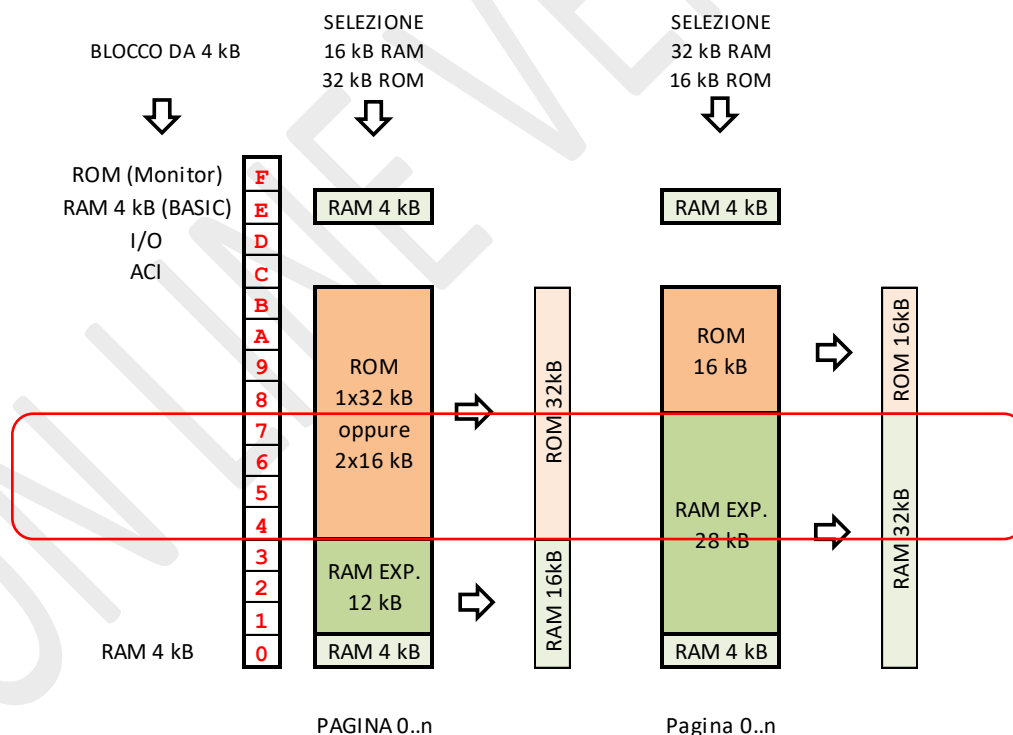
Per tale ragione è stato pensato di riservare un ampio range di memoria per ospitare:

- software appositamente scritto per esso, tipo schermate di test, semplici demo, programmi o giochi;
- repository di routines in LM che svolgano funzioni semplici e definite, richiamabili a piacere da altri programmi oppure da BASIC, allo scopo di aiutare chi vuole scriverti i propri programmi

Il range di memoria predisposto è il seguente: **\$4000-\$7FFF**, per un totale di 16 kB.

La scelta di tale range è stata dettata dalla volontà di rendere questa scheda compatibile ed interoperabile con la scheda Juke-Box (<https://p-l4b.github.io/jukebox/>).

Quest'ultima infatti è in grado di operare in tale range di indirizzi, esponendo a scelta memoria RAM oppure ROM:



E' quindi possibile memorizzare direttamente software e routines direttamente sul filesystem della FLASH ROM oppure in RAM, se desiderato. Il software può essere anche caricato sul filesystem della scheda CFFA1 mediante il programma CiderPress.

Inoltre:

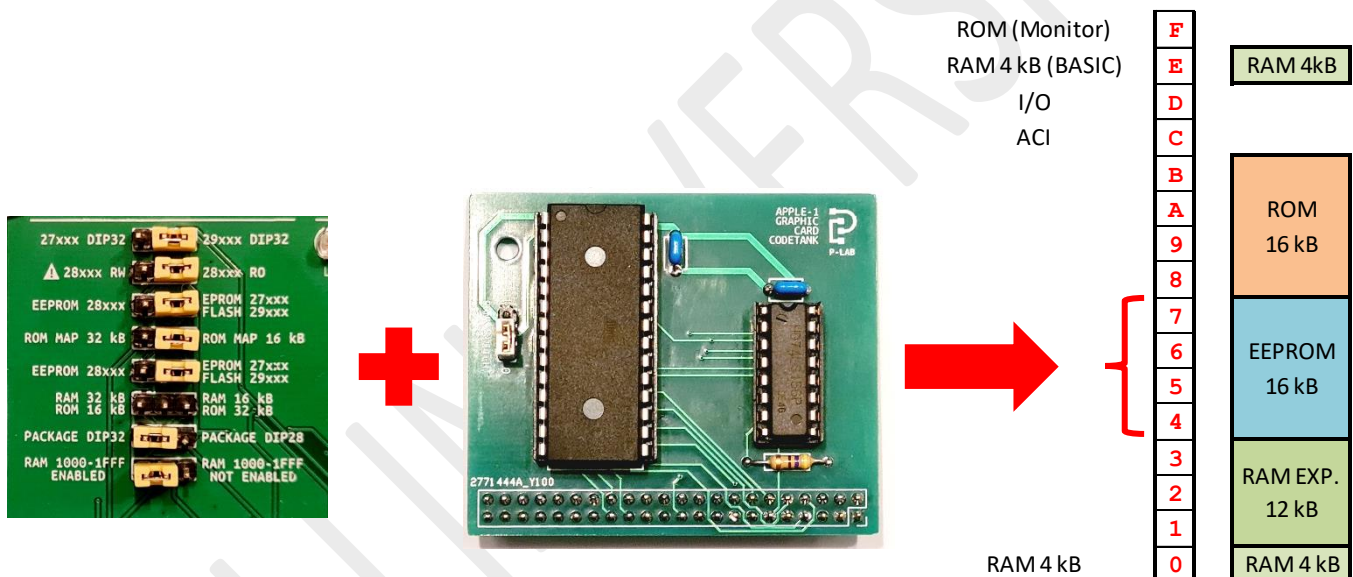
È possibile predisporre la Juke-Box per deallocare tale range di indirizzi tramite la **rimozione del jumper 32K RAM-16K ROM / 16K RAM-32K ROM**, come indicato nell'immagine sotto riportata.

Questo rende possibile il collegamento della daughterboard “**CodeTank**” appositamente disegnata per questo scopo, che si andrà ad allocare proprio nel range di indirizzi dedicati.

Essa ospita una EEPROM di tipo 28c256, comodamente riprogrammabile.

Questa EEPROM può contenere fino a 32 kB di routines e programmi, divise in due pagine da 16 kB, indipendenti e singolarmente selezionabili mediante l'apposito jumper.

La mappatura qui realizzata fornisce abbastanza libertà e memoria al programmatore per realizzare progetti e programmi complessi sia in LM sia in BASIC (16 kB sono completamente a disposizione del BASIC).



ATTENZIONE: non collegare mai la daughterboard “CodeTank” senza avere prima rimosso il jumper.

Notate che in questa configurazione lo spazio di indirizzamento riservato alla scheda Juke-Box è di soli 16 kB.

Pertanto, se si desidera utilizzare i programmi in essa contenuti (ad esempio il BASIC), è necessaria un'adeguata impostazione del ponticello ROM MAP.

Oltre a ciò, la memoria Flash di Juke-Box deve essere programmata usando i file mappati "16 kB" disponibili nell'ultimo ROM PACK.

Tuttavia, alcuni programmi potrebbero comunque non funzionare a causa della sovrapposizione della mappatura della memoria con la scheda CodeTank.

5. BIBLIOGRAFIA - RIFERIMENTI

Manuale di riferimento del VDP TMS9918A:

<http://www1.cs.columbia.edu/~sedwards/papers/TMS9918.pdf>

Wiki del TMS9918:

https://it.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments_TMS9918

Tom LeMense's SRAM on TMS9918A:

<https://hackaday.io/project/160851-tms9918-vdp-with-sram-video-memory>

J.B. Langston's TMS9918A Video Card for RC2014:

<https://github.com/jblang/TMS9918A>

Leonardo Miliani's LM80C:

<https://www.leonardomiliani.com/lm80c/>

Byte numero 8 - 1982

https://archive.org/details/Hi-Res_Graphics_TMS9918_BYTE_0882

GitHub Repository per Software di gestione, demo e librerie:

<https://github.com/nippur72/apple1-videocard-lib>

Ci auguriamo che tu possa divertirti ad utilizzare *Apple-1 Graphic Card!*

APPLE-1 GRAPHIC CARD

INFO | ORDINI | SUPPORTO: p-l4b@protonmail.com

P-L4B @ PROTONMAIL.COM