

# RAM - ERWEITERUNG

E. Welker  
Steinplatz 18  
7000 Stuttgart 70

## INTERNE RAM-ERWEITERUNG FÜR DEN FX-602P

### 1. Aufgabenstellung

Die Leistungsfähigkeit des CASIO-Taschenrechners FX-602P ist nach wie vor kaum zu übertreffen. Nur die beschränkte Speicherkapazität läßt zu wünschen übrig.

Im folgenden wird gezeigt, wie der Programmspeicher um mindestens 5 Speicherblöcke à 512 Schritte, also auf insgesamt 3072 Schritte erweitert werden kann. Und zwar im Inneren des Rechnergehäuses, so daß die volle Mobilität des Rechners erhalten bleibt. Außerlich erhält der Rechner lediglich einen zusätzlichen Mehrfachumschalter (z.B. einen 1 aus 6-Längsschiebeschalter), an dem der jeweils gewünschte Programmblock eingestellt werden kann (vgl. Fig. 6).

Mit einer zusätzlichen externen Schaltung lassen sich die Programmblöcke auch per Rechnersoftware automatisch verknüpfen (Block-Switching). Diesem Thema ist eine besondere Ausarbeitung gewidmet.

Bevor Sie mit den Hardwarearbeiten anfangen, sollten Sie die Tips im Anhang genau durchlesen.

### 2. Rechneraufbau

Der elektrische Aufbau des Rechners ist mit seinen 3 Chips auf einer Platine recht einfach (vgl. Schaltplan in Fig. 1). Die 3 Chips enthalten

- HD 43190: Zentraleinheit (CPU)
- $\mu$ P D444G: Schreib-Lesespeicher (CMOS-RAM)
- HD 43191: Display-Ansteuerung (Decoder und Treiber)

Die Zentraleinheit steht über 10 Adressleitungen  $A_i$  und 4 Datenleitungen  $D_i$  sowie die einfachen Leitungen  $\overline{WE}$  (Write Enable) und  $CE_4$  (Chip Enable) mit dem CMOS-RAM in Verbindung. Zur Darstellung eines Befehls werden jedoch 8 bit (1 Byte), also zwei Datenworte à 4 bit benötigt (vgl. Ausarbeitung über den Hex-Code). Damit können über die CPU  $2^9 = 512$  Befehle adressiert werden. Mit dem CMOS-RAM D444G (1024x4 bit) wird diese Kapazität voll ausgenutzt.

Die 22 Datenspeicher  $MOO - 19, F, 1F$  sowie die Klammerregister  $L1 - L10$  und die Stackregister für die Subroutinen-Organisation sind in der CPU integriert (1/4K-RAM).

Weiter enthält die CPU u.a. ein Tastatureingabeport mit den Anschlüssen  $KO_i$  und  $KI_i$  (Key out bzw. Key in).

Zur Stromversorgung ist zu bemerken, daß im Schaltplan der positive Pol mit GND und der negative Pol mit VDD1 bezeichnet ist (negative Logik). Bei den RAMs bedeuten GND den negativen und VCC den positiven Pol der Stromversorgung (nicht verwechseln!).

Die Adreßanschlüsse A1-A10 auf der CPU entsprechen den A0-A9 auf den RAMs (vgl. Fig.1 und 4).

### 3. Prinzip der RAM-Erweiterung

Im linken Teil der Fig. 2 ist nochmals schematisch dargestellt, wie der CMOS-RAM D444G des Rechners an die CPU angeschlossen ist. Die Aktivierung des RAM erfolgt am Eingang CS (Chip-Select) über den CE4-Ausgang der CPU.

Damit läßt sich eine RAM-Erweiterung mit gleichartigen Speicherblöcken denkbar einfach realisieren:

- Die Anschlüsse A<sub>i</sub>, D<sub>i</sub>,  $\overline{WE}$ , VCC, GND der verschiedenen Speicherblöcke sind miteinander parallel zu verbinden;
- der CPU-Anschluß CE4 ist vom Eingang  $\overline{CS}$  des Rechner-RAM zu trennen und über einen Mehrfachumschalter mit den einzelnen CS<sub>i</sub> der RAM-Blöcke umschaltbar zu verbinden;
- die Eingänge  $\overline{CS}_i$  sind außerdem jeweils über einen 100K-Widerstand mit dem Pluspol zu verbinden (zur Erzeugung eines definierten Standby-Zustandes).

Damit läßt sich jeder RAM-Block über den Mehrfachumschalter von Hand anwählen. Der Inhalt der Datenspeicher M00 - 19, F, 1F und der Klammerregister bleibt beim Umschalten erhalten.

Wenn das Umschalten von Hand zwischen den einzelnen Speicherblöcken nicht genügt, kann die Blöcke auch automatisch per Rechnersoftware miteinander verknüpfen. Dies erfolgt mit Hilfe einer externen Schaltung, die über eine Buchsenleiste mit dem Rechner verbunden werden kann. In Fig. 2 sind die hierfür erforderlichen Anschlüsse angegeben. Die 4 Tastaturanschlüsse sind dabei zur externen Auslösung der Befehle AC (K01 - K18) und PO (K03 - K11) bestimmt. Im übrigen wird diesbezüglich auf die Ausarbeitung "BLOCK-SWITCHING" verwiesen.

### 4. Leiterbahn CE4- $\overline{CS}$

Die Leiterbahn CE4- $\overline{CS}$ , die für die RAM-Erweiterung durchzutrennen ist, befindet sich auf der Rückseite der Platine, auf der auch die Tastenkontakte angeordnet sind. Um an sie heranzukommen, ist also zunächst die Platine vom Gehäuseoberteil zu lösen (siehe Anhang a).

In Fig. 5 ist die genannte Leiterbahn maßstabsgetreu eingezeichnet. Es empfiehlt sich, etwa wie folgt vorzugehen:

- Leiterbahn an der eingezeichneten Stelle durchtrennen;
- je einen dünnen Draht an den eingezeichneten Lötstellen für CE4 (Durchkontaktierungsstelle) und  $\bar{CS}$  (Bahnstückchen neben Bohrung) anlöten und die Drähte durch die eingezeichneten Bohrungen zur Vorderseite ziehen;
- Lötstellen mit Isolierstreifen abdecken (Tastkontakte müssen natürlich frei bleiben);
- die CE4- und  $\bar{CS}$ -Drähte sind später mit den zugehörigen Anschlüssen am Mehrfachumschalter zu verbinden. Außerdem ist der  $\bar{CS}$ -Anschluß über einen 100 K-Widerstand mit dem Pluspol zu verbinden.

## 5. Auswahl und Platzierung der CMOS-RAMs

### a) D444G - Flat-Package

Der im Rechner enthaltene CMOS-RAM D444G (Flat-Package) ist im Handel nicht ohne weiteres erhältlich. Die Firma CASIO gibt diesen Chip nur in Einzelstücken zu Reparaturzwecken über ihre Vertretungen heraus (Preis ca. 30 DM).

Mit einem solchen Flat-Pack läßt sich mit geringstem Verdrahtungs- und Platzaufwand eine interne Speichererweiterung um einen Block vornehmen. Dazu gehen Sie zweckmäßig folgendermaßen vor:

- Die nicht benötigten Pins (NC) 14 - 26 und 40 - 52 des Erweiterungs-RAM mit dem Seitenschneider abzwicken;
- Pin 4 ( $\bar{CS}$ ) nach oben biegen, einen dünnen Draht anlöten, mit dem freien Pinende am RAMgehäuse sichern (z. B. ankleben) und gegen den Rechnerdeckel isolieren (mit Isolierstreifen);
- sämtliche Pins des Erweiterungs-RAM und des Rechner-RAM verzinnen;
- Erweiterungs-RAM Huckepack auf Rechner-RAM setzen und Pin an Pin (bis auf  $\bar{CS}$ ) anlöten. Dieser Vorgang ist nicht unkritisch und sollte nur von einem geübten Lötler ausgeführt werden (siehe Anhang c);
- $\bar{CS}$ -Draht mit Mehrfachumschalter und über 100 K-Widerstand mit Pluspol verbinden.

### b) D444C od. dgl. - DIL-Gehäuse

Der CMOS-RAM 1024x4 bit wird von verschiedenen amerikanischen und japanischen Firmen auch im DIL-Gehäuse mit 18 Pins hergestellt und ist im Handel für ca. 12 DM z. B. unter folgenden Typenbezeichnungen erhältlich:

μP D444C (NEC)  
HM 6514 (Harris)

Die Anschlußbelegung dieser Chips ist genormt; sie ist in Fig. 3 angegeben. Bei genügend Interesse können Sammelbestellungen durchgeführt werden.

Im oberen Bereich der Rechnerplatine ist Platz für 5 DIL-RAMs dieser Art (Fig. 4), so daß schon allein damit die angestrebte Erweiterung auf insgesamt 6 Blöcke mit 3072 Schritten erreicht werden kann:

- die 18 Pins sind an den RAM-Chips mit einer Flachzange horizontal aufzubiegen und anschließend mit dem Seitenschneider auf etwa 1-2mm zu kürzen;
- die beiden RAM-Paare rechts und links von HD 43191 sind paarweise auf dem Rücken und Bauch liegend an den Pins 10-18 zu verlöten und an den übrigen Pins (bis auf CS) mit dünnen Drähten miteinander zu verbinden;
- sodann werden die RAMs an den in Fig. 4 gezeigten Stellen auf die Platinenoberfläche geklebt. In der Nähe befindliche freie Kontaktstellen an Platine und Chips sind mit Isolierstreifen zuzukleben bevor die Pins verschiedener Chips mit anzulötenden Drähten im Sinne der Fig. 2 parallel miteinander verbunden werden;
- die Anschlüsse an den Rechner werden durch Anlöten von Verbindungsdrähten an die Pins des Rechner-RAM D444G oder (besser!) an die zugehörigen Leiterbahnen hergestellt (Vorsicht: siehe Anhang c). In Fig. 4 sind die empfohlenen Lötstellen auf den Leiterbahnen eingezeichnet;
- die CS-Pins sind noch mit den zugehörigen Anschlüssen des Mehrfachumschalters und über je einen 100 K-Widerstand mit dem Pluspol zu verbinden (siehe Ziff. 6);
- im Rechnerdeckel ist im Bereich der RAMs das Kunststoff-Futter zu entfernen (siehe Anhang d).

## 6. Mehrfachumschalter

Im linken oberen Teil des Rechners ist gerade Platz für einen 6-poligen Mehrfachumschalter im DIL-Gehäuse (vgl. Fig. 5), ausreichend für die Ansteuerung von insgesamt 6 RAMs.

Es empfiehlt sich, hier einen 1 aus 6-Längsschiebeschalter zu verwenden. Diese Schalter werden für Industriezwecke angeboten, sind aber m.W. im Elektronikfachhandel leider nicht erhältlich. Bei genügend Interesse können Sammelbestellungen durchgeführt werden.

Grundsätzlich kann auch ein 6-facher Ein-Aus-Schalter (Mäuseklavier) verwendet werden. Hier ist beim Betrieb aber streng darauf zu achten, daß immer nur einer der Schalter ein-

und alle anderen ausgeschaltet sind, da es sonst beim Lesebetrieb zwangsläufig zu Kurzschlüssen auf den Datenleitungen kommt, die zu Fehlern oder gar zu einer Zerstörung von Rechnerbausteinen führen können: Eine Fehlbedienungsgefahr, die m. E. nicht eingegangen werden sollte!

- Im Gehäuse - Oberteil ist links oben (im Bereich des Markenaufdrucks CASIO) eine rechteckige Aussparung einzubringen (mit Bohrer vorbohren, mit kl. Laubsäge rechteckig aufsägen, mit Feile nachbearbeiten);
- zuvor ist an der betreffenden Stelle das Kunststoff-Futter zu entfernen (vgl. Anhang d ). Die Vorsprünge für die Deckelhaken sollten dabei nicht zerstört werden;
- die unteren Anschlußbeinchen des Mehrfachumschalters (CE4-Anschluß) sind unmittelbar am Schalterboden nach außen und an der benachbarten Seitenwand nach oben zu biegen und mit einem Draht miteinander zu verbinden. Die Länge dieser Beinchen sollte so gekürzt werden, daß sich ihre Spitze im eingebauten Zustand an der Innenseite der Gehäusewand (isolieren) abstützt;
- die obere Beinchenreihe des Mehrfachumschalters (CSi-Anschlüsse) wird über die Oberkante der Platine zur Platinen-Vorderseite (Beschaltungsseite) umgebogen (vgl. Fig. 4 und 5). Ein Ankleben des Mehrfachumschalters an der Platine oder am Gehäuse ist nicht erforderlich;
- die 100 K-Widerstände an CSi-Beinchen anlöten (Fig. 4).

#### 7. Stromversorgung

Die Lithium-Batterien des Rechners reichen ohne weiteres für die Stromversorgung der zusätzlichen 5 CMOS-RAMs aus.

Lediglich der Strombegrenzungswiderstand RD 1/8 SDS von 560Ω ist zu entfernen und durch eine Drahtbrücke oder einen 100Ω - Widerstand zu ersetzen (vgl. Fig. 4). Sonst kann es wegen Stromunterversorgung zu Informationsverlusten in den RAMs kommen.

#### 8. Stückliste

- 5 x  $\mu$ PD444C - DIL-Gehäuse
- (1 x  $\mu$ PD444G - Flat Package)
- 6 x 100 kΩ (1/8 Watt)
- 1 x Mehrfachumschalter (laus6-Längsschiebeschalter)
- 5m Kupferlackdraht o. Wire-wrap-Draht 0,15mm Ø.

TIPS FÜR HARDWARE-EINGRIFFE IN DEN FX-602P

a) Mechanischer Aufbau des Rechners

Der rückwärtige Gehäusedeckel läßt sich durch Lösen der beiden Schrauben (eine am Batteriedeckel) und leichtes Verschieben nach unten vom Gehäuseoberteil abnehmen.

Die Platine ist wie folgt am Gehäuseoberteil befestigt:

- 4 Kreuzkopfschrauben im Bereich seitlich neben dem unteren und mittleren Chip;
  - 2 Rastverbindungen im Bereich zwischen dem oberen und mittleren Chip;
  - 2 Haltezungen ganz unten;
- diverse Führungszapfen am Gehäuseoberteil, die in Bohrungen der Platine eingreifen.

Die Platine kann einfach vom Gehäuseoberteil gelöst werden:

- Lösen der 4 Schrauben
- Rasthaken der beiden Rastverbindungen nacheinander mit Schraubenzieher nach oben drücken, so daß die Rastöffnungen freikommen
- gleichzeitig Platine durch leichtes Anheben aus den Rastverbindungen lösen.  
Keine Gewaltanwendung! Bruchgefahr!
- Platine nach oben unter den zwei unteren Haltezungen herausziehen.  
Wenn die beiden unteren Haltezungen stören, können sie ohne Nachteil auch abgetrennt werden (absägen oder mit Lötkolben abschmelzen).

Unter der Platine befinden sich nacheinander herausnehmbar:

- eine Isolierfolie aus Kunststoff mit runden Durchtrittsöffnungen im Bereich der Tastenkontakte
- eine Kontaktgummiplatte (schwarz)
- Tastenknöpfe (die beim Herumdrehen des Gehäuseoberteils herausfallen)
- ein Schiebeschalter mit Isolierplättchen (im oberen Bereich)
- zwei Schraubenfedern an den Seitenrändern der Platine (zur Herstellung des Massekontakts zwischen Gehäuseoberteil und Gehäusedeckel).

b) Verbindungsdrähte

Für Speichererweiterung und Tastaturinterface müssen eine größere Anzahl Verbindungsdrähte eingelötet werden. Verwenden Sie dazu nur sehr dünnen, biegsamen und zähen Draht, z.B.

- Kupferlackdraht (Spulendraht)
- Wire-wrap-Draht

### c) Löten im Rechner

Um Beschädigungen an CMOS-ICs des Rechners und der Erweiterungsschaltungen zu vermeiden, wird von den Chip-Herstellern empfohlen, mit geerdetem oder erdfreiem LötKolben zu arbeiten (z.B. ERSA-IMOS 220V geerdet oder ERSA minor 6V/5W). Ehrlich gesagt habe ich all meine Lötarbeiten mit einem simplen ERSA Tip 260 ohne Erdung durchgeführt; vielleicht habe ich Glück gehabt? Jedenfalls sollte eine spitz zulaufende Dauerlötspitze verwendet werden!

Als Lötstellen für die Drahtanschlüsse am Rechner kommen in Betracht:

- Pins der ICs

Die Pins an den Flat-Packages stehen sehr dicht. Man muß daher sehr gut löten können. Vorsicht, daß keine Lotbrücken entstehen und kein Lötzinn zwischen die Pins fällt. Mit Tesafilmstreifen, die rechts und links von einem Pin in die Pinlücken gesteckt werden, kann dies vermieden werden!

- Leiterbahnen (vor allem bei RAM-Erweiterung)

Lackschicht vorsichtig mit kleinem Messer von Leiterbahn lokal abheben oder abkratzen. Vorsicht: Leiterbahnen sind relativ dünn und sind schnell durchgekratzt.

- blanke Durchkontaktierungsstellen (vor allem bei Tastatur-Interface)

Vorsicht, daß kein Lötzinn in die Durchtrittsöffnung eindringt und die dahinter befindliche Isolierfolie anschmilzt. Lötarbeiten möglichst an herausgenommener Platine durchführen!

Jede Lötstelle sollte durch Zugtest am Draht und mit der Lupe geprüft werden.

Kurzschlüsse zwischen Leiterbahnen oder Pins können einfach durch Widerstandsmessung festgestellt werden.

**M e r k e :** Eventuelle Störungen liegen meist an Falschlötungen. Die ICs sind kaum tot zu kriegen!

### d) Entfernen des Kunststoff-Futters

Um die Einbauteile, wie ICs, Buchsenleiste und Mehrfachumschalter, im Rechnergehäuse unterbringen zu können, muß an den betreffenden Stellen das Kunststoff-Futter im Gehäusedeckel und im Gehäuseoberteil lokal entfernt werden und zwar durch

- Abschleifen mit Kleinschleifmaschine (staubt) oder
- Abschmelzen mit LötKolben, breite Lötspitze (stinkt).
- Abtrennen mit erhitztem (Kerze) Messer oder Linslschnittmesser.

Vorsicht, daß bei diesem Vorgang Haken und Vorsprünge, die für die Befestigung des Gehäusedeckels am Gehäuseoberteil notwendig sind, nicht mit abgeschliffen oder abgeschmolzen werden. Die freigelegten Gehäuseflächen mit selbstklebendem Isolierband abdecken.

e) Weitere Tips

- Es hat sich gezeigt, daß die DIL-Gehäuse der CMOS-RAMs D444C je nach Hersteller in der Höhe etwas variieren. Wenn die RAMs eine Höhe von 3 mm übersteigen, unmittelbar darunter und darüber keine Isolierstreifen anbringen.
- Am Platz des einzelnen DIL-RAMs links oben steht ein Führungszapfen leicht über die Platine über: abwickeln!
- Verbindungsdrähte nicht über die RAM-Chips sondern außen um diese herumführen.
- Sollte der Gehäusedeckel nach dem Zusammenbau trotzdem etwas abstehen und der Rechner dadurch etwas dicker werden, können die seitlichen Führungsrippen des Rechners an ihrer Oberseite leicht abgefellt werden, damit der Rechner wieder ohne Kraftaufwand auf den FA-1 oder FA-2 geschoben werden kann.
- Die am Boden des 1 aus 6-Schalters überstehenden Seitenteilstückchen abtrennen (mit Seitenschneider abwickeln oder abfeilen), damit der Schalter möglichst wenig über die Gehäuseoberfläche übersteht.
- Kupferlackdraht (0,25 mm  $\varnothing$ ) hat sich besser bewährt als Wire-Wrap-Draht. Er ist dünner und läßt sich einfacher, z.B. durch Kratzen mit einem Messer oder durch Reiben mit einem heißen Lötkolben abisolieren.

f) Tests und Fehlerbehebung

- In jedem Speicherblock folgende Befehlsfolge ausführen:  
MODE3 invMAC MODE.20  
Schrittzahlanzeige: 512  
MODE2  
PO: 111 ... 1 (ganz auffüllen!) - Schrittzahlanzeige beobachten.
- Sollte sich der Programmspeicher nicht ganz auffüllen lassen, besteht vermutlich ein Kurzschluß zu oder zwischen Adressleitungen  $A_i$ .
- Sofern Anzeigenfehler (z.B. Negativschrift) auftreten, besteht vermutlich ein Kurzschluß zu oder zwischen Datenleitungen  $D_i$ .
- Sofern bei MODE3 invMAC die Programme nicht gelöscht werden, besteht eine Unterbrechung in der WE-Leitung.
- Falls in MODE3 oder MODE2 immer die Anzeige  
P\_123456789 000  
erscheint, ist vermutlich die CE4-CS-Leitung unterbrochen.

In allen diesen Fällen sind die Lötanschlüsse nochmals genau durchzuprüfen (siehe Buchstabe c).



\*\*\*\*\*  
 SCHALTUNG  
 FA-501/602P  
 \*\*\*\*\*

E. Weilker  
 Straßburger 18  
 50734 TOTTEN  
 1982

TABELLE:  
 Unterschiede 601:602

ANSCHLUSSEZELICHUNG  
 (sonst bekannt)

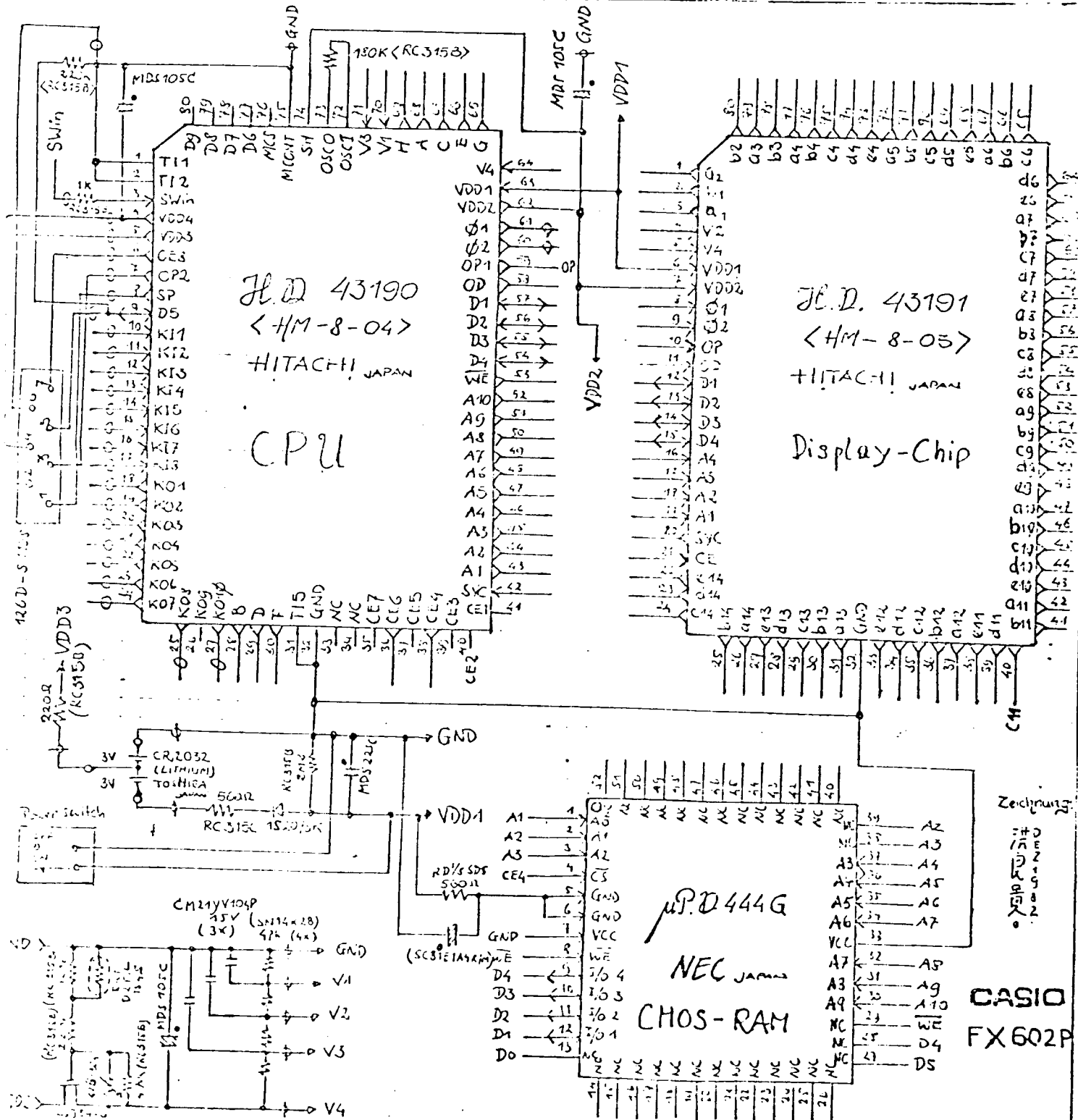
K01 = Key 1  
 K11 = Key 11  
 WE = Write Enable  
 V.. = Betriebs-  
 Spannungen  
 GND = Ground  
 R-W = Display Common  
 a-e = Display Segment  
 NC = No Connection

Verbindungs- K010-K111	CHOS-RAM K010-K111
offen	nein
kurz	Ja

A1 = Adressleitungen  
 D1 = Datenleitungen  
 CE1 = Chip Enable  
 T1 = Takt  
 SYNC = Synchronisation  
 OSC = Oszillator

Für Richtigkeit und  
 Vollständigkeit der  
 Schaltung keine Ge-  
 währ.

Fig. 1 SCHALTPLAN



Zeichnung  
 H.D. 215 B 2

CASIO  
 FX602P

DRAUFSTICHT

1	A6	YCC	18
2	A5	A7	17
3	A4	A8	16
4	A3	A9	15
5	A2	A4	14
6	A1	A2	13
7	A2	A3	12
8	A3	A4	11
9	A4	A5	10

Fig. 3 CMOS-RAM (DIL)  
1024 x 4 bit;  
HP 0444C (NEC)  
HM 6514 (Harris)

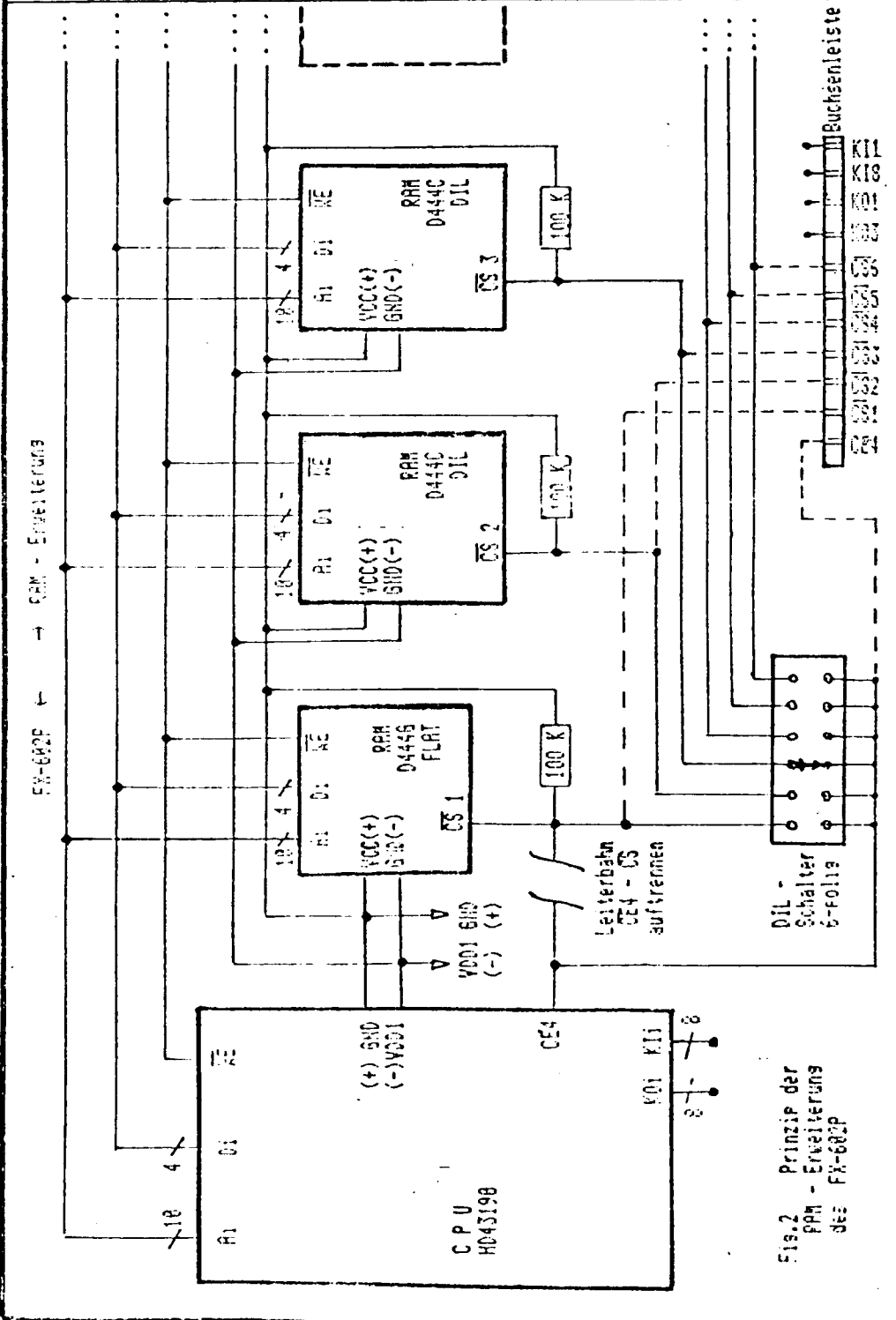


Fig. 2 Prinzip der  
RAM - Erweiterung  
des FX-680P

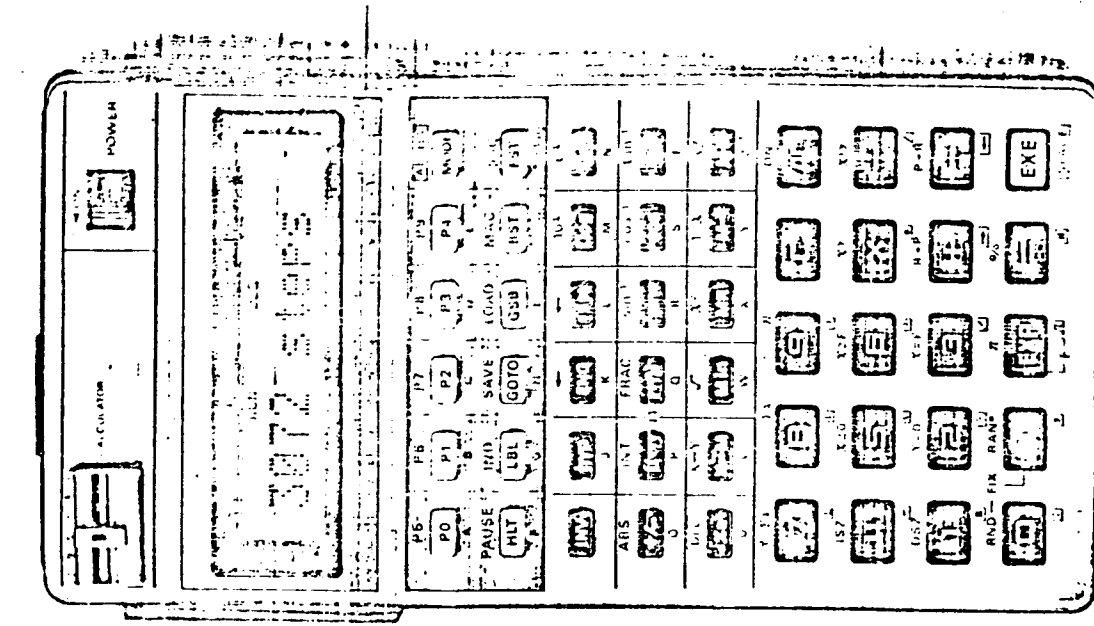


Fig. 6 FX-682P mit RAM-Erweiterung

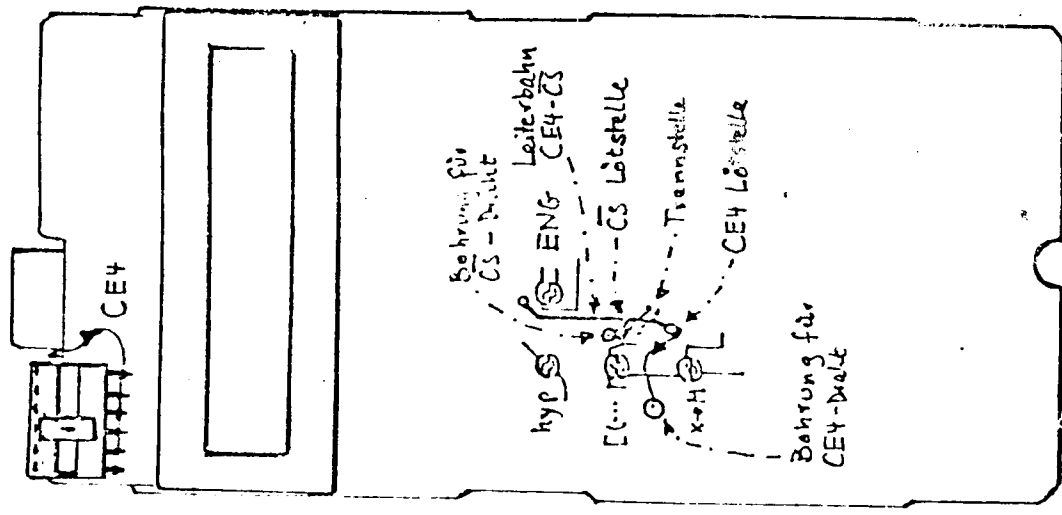


Fig. 5 682-Platine mit RAM-Erweiterung  
 Puckseite: DIL-Schalter-Platzierung,  
 Trenn- und Lötstellen, Verdrahtung

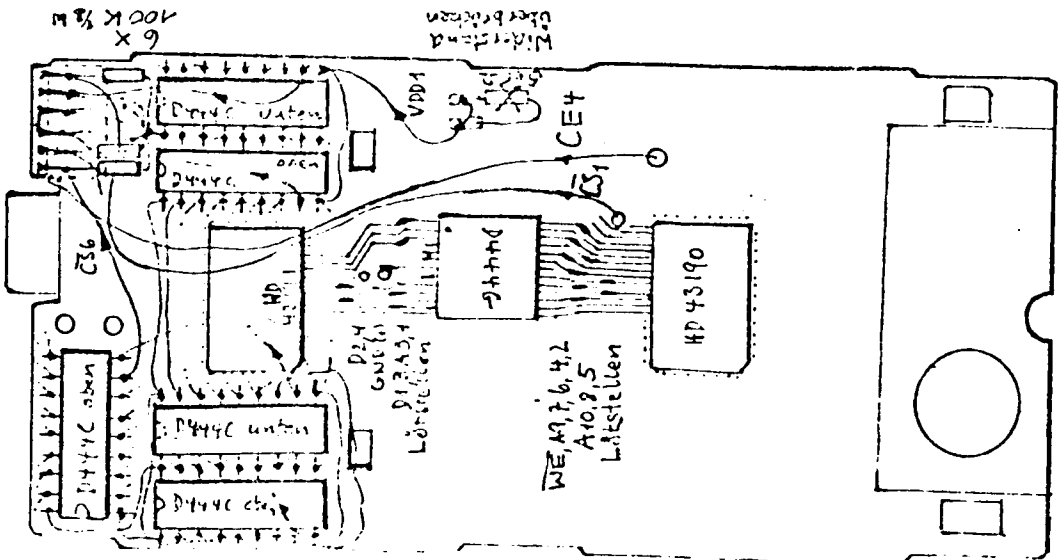


Fig. 4 682-Platine mit RAM-Erweiterung  
 Vorderseite: Ram-Platzierung, Lötstel-  
 len, Aenderungen, Verdrahtung, DIL-  
 Schalter-Platzierung

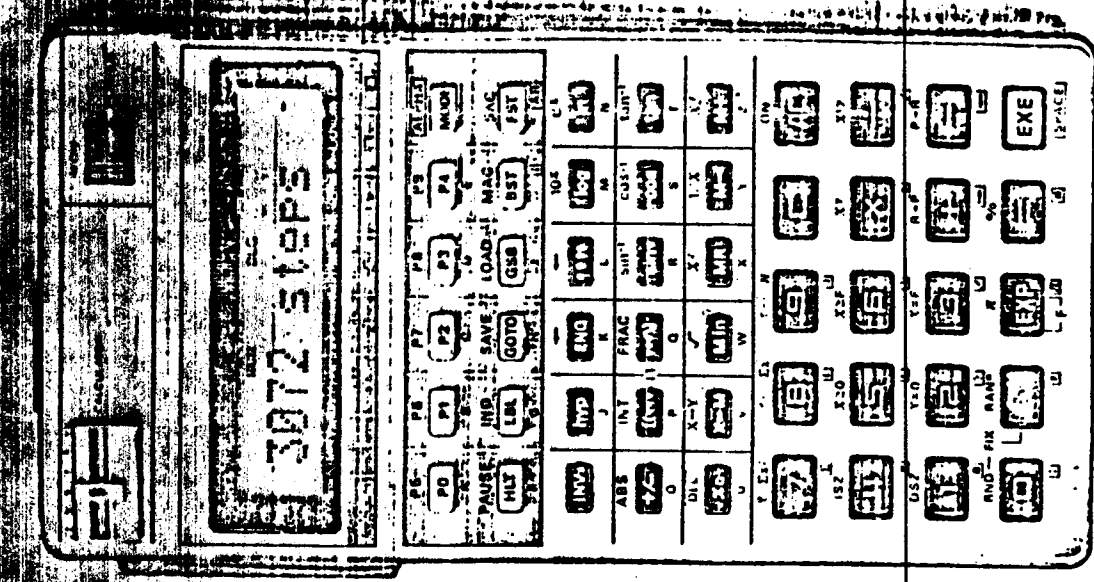


Fig. 6 FX-602P mit RAM-Erweiterung

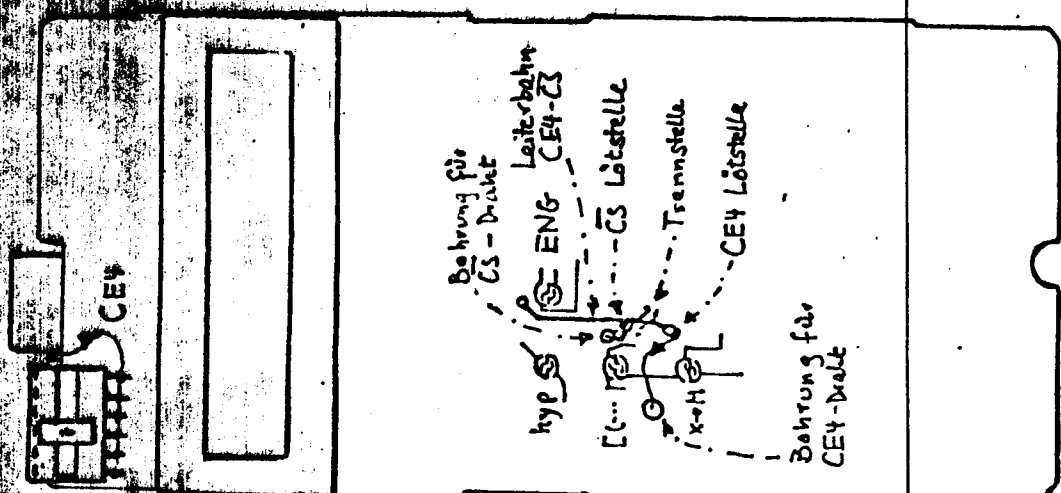


Fig. 5 602-Platine mit RAM-Erweiterung  
 Rückseite: DIL-Schalter-Platzierung,  
 Trenn- und Lötstellen, Verdrahtung

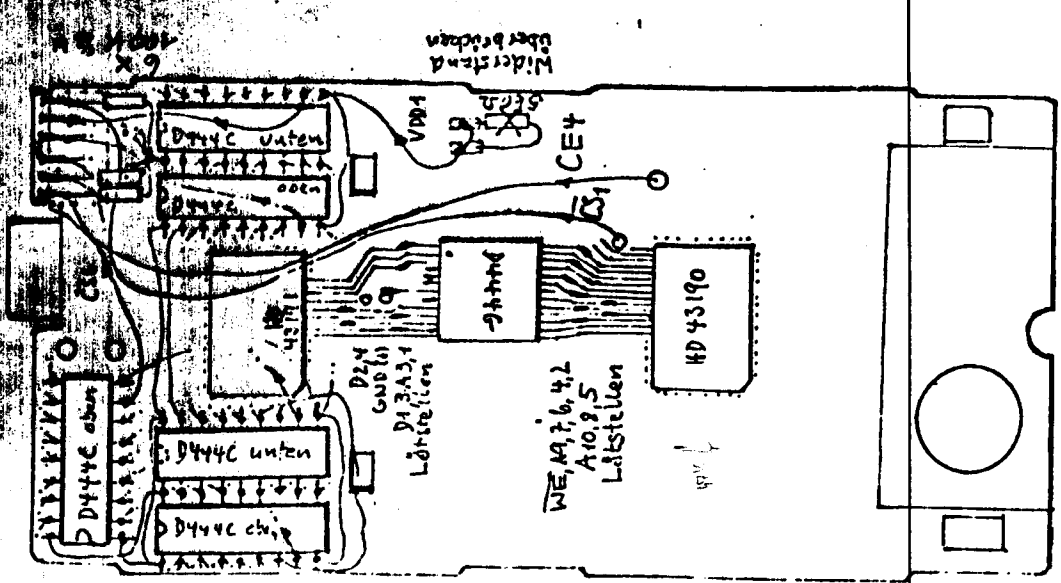


Fig. 4 602-Platine mit RAM-Erweiterung  
 Vorderseite: RAM-Platzierung, Lötstellen,  
 Aenderungen, Verdrahtung, DIL-Schalter-Platzierung