Hans-Joachim Regge

Universelle Platine für 6502-Systeme

Die in diesem Artikel beschriebene Platine im Europaformat läßt sich an Rechner wie AIM-65, PC-100, KIM und andere anschließen und erweitert diese um maximal zwei VIAs 6522, 1 KByte RAM und zwei EPROMs 2716. Die Adressierung wird per Schalter bzw. Brücken an den jeweiligen Rechner angepaßt. Das Besondere an dieser Platine ist aber, daß sie nach der Programmentwicklung am Mutterrechner mit einer CPU versehen und als selbständiger Rechner betrieben werden kann. Erforderliche Interfaces finden entweder auf der Platine selbst Platz oder auf einer ansteckbaren Zusatzplatine.

Mikroprozessoren sind bekanntlich in der Lage, herkömmliche digitale Schaltungen zu ersetzen bzw. den Aufwand an Material für elektronische Steuerungen drastisch zu verringern. Voraussetzung für die Entwicklung von Hard- und Software beispeisweise einer Heizungssteuerung, einer Alarmanlagenzentrale oder eines Spielautomaten ist ein Entwicklungsplatz mit Emulator, will der Entwickler nicht im „Dunkeln" arbeiten. Diese Anlagen liegen in der Regel jenseits von 20 000 DM und sind damit für einen Amateur, der lediglich seine Modelleisenbahn nach Fahrplan fahren lassen will, unerreichbar. Außer der recht kostspieligen Lösung, einen weiteren AIM, SYM oder KIM anzuschaffen und dafür herzurichten, bietet sich die Verwendung der oben erwähnten Platine an (Material ca. 250 DM).

Diese läßt sich durch einfaches Anstekken an den Expansionsanschluß des KIM, SYM oder AIM in allen wesentlichen Funktionen durchtesten und während der Programmentwicklung am Mutterrechner wie eine Erweiterungsplatine betreiben. Nach Abschluß der Programmentwicklung und Einbrennen des erarbeiteten Programms in ein EPROM wird die Platine abgezogen, mit einer eigenen CPU versehen und läuft dann als selbständiges System. Die Enwicklung des jeweiligen Programms in Maschinensprache kann prinzipiell von Hand erfolgen, sehr empfehlenswert ist jedoch die Verwendung des Rockwell-AIM-65-(PC-100-)Assemblers. Eine Programmierung der Universalplatine für selbständigen Betrieb in Basic ist nicht möglich. Aber auch für Basic-Anwender dürfte die Platine als Erweiterung ihres Rechners von Interesse sein.

Die Universalplatine hat folgende Vorteile:

1. Zusätzlich zwei VIAs 6522, d. h. 32 Daten- und 8 Kontrolleitungen, 4 Timer, 2 Schieberegister;
2. 1 KByte RAM-Erweiterung;
3. EPROM-Anschluß max. 4 KByte (2 x 2716);
4. Verwendung der Platine als selbständiges Prozessorsystem.

Soll die Platine nur als Erweiterung dienen, so ist jeweils nur ein Teil der Bauelemente erforderlich. Arbeitet das System als selbständiger Rechner und die I/O-Leitungen, der RAM-Umfang oder die Größe der EPROMs reichen nicht aus, so können zwei Platinen über einen kleinen Kabelbaum (max. 5 cm) parallelgeschaltet werden. Generell dürfen Bus-Anschlußkabel auch zum Mutterrechner nicht länger sein.

Die Hardware im Detail

Die vollständige Schaltung der Platine ist in *Bild 1* gezeigt. Die Platine wird an den Expansionsanschluß des Mutterrechners angeschlossen. Dazu werden zwei übliche 44polige Steckleisten mit den Rücken aneinandergeschraubt und die gegenüberliegenden Anschlüsse miteinander verbunden. Mit diesem Adapter kann die Platine direkt an den Rechner gesteckt werden. Mit dem Adressen-Wahlschalter müssen die beiden VIAs, RAM und EPROMs in vom Rechner nicht benutzte Adreßbereiche geschaltet werden, um Konflikte mit Recherprogrammen zu vermeiden (s. *Tabelle 1*).

Die Belegung der Oberseite des Applikationssteckers ist mit der des Expansionssteckers des AIM usw. identisch. Dadurch können Anwender-Interfaces zunächst direkt am Rechner betrieben und getestet werden und dann ohne jede Änderung an den Applikationsstecker der Platine angeschlossen werden. Kleine Interfaces können auf dem genau passenden Veroboard E 300 aufgebaut und über einen Adapter aus zwei Steckleisten (siehe oben) angesteckt werden.

Bei Einsatz als selbständiges System erfolgt die Stromversorgung über die 10polige Klemmleiste entweder mit 8...12 V ungeregelt oder 5 V stabilisiert. Beim Betrieb als Erweiterung wird die Versorgungsspannung dem Mutterrechner über die Steckleiste entnommen. Zusätzlich sind noch für Prüf- und Sonderzwecke die Anschlüsse $\overline{\text{RESET}}$, $\overline{\text{NMI}}$, $\overline{\text{IRQ}}$ sowie die beiden gepufferten PB7-Anschlüsse der VIAs auf die Klemmleiste geführt. Zwei Anschlüsse sind noch frei.

Die Platine ist mit einer zuverlässigen Reset-Automatik ausgestattet, die nach dem Einschalten der Betriebsspannung die CPU startet. Bei Programmfehlern oder einem erforderlichen Neustart kann die Reset-Taste benutzt werden. Den gleichen Effekt erzielt man durch das kurzzeitige Verbinden des Anschlusses $\overline{\text{RESET}}$ der Klemmleiste mit Masse. Zu Testzwecken sind drei Leuchtdioden auf der Platine vorgesehen: D3 leuchtet bei anliegender Betriebsspannung, D4 leuchtet, wenn PB7 der VIA 1 auf High ist, D5 leuchtet, wenn PB7 der VIA 2 auf High ist. Für den Betrieb sind die LEDs nicht erforderlich.

Die Anzahl der Tantal-Elkos und 0,1-µF-Kondensatoren, die die Versorgungsspannung glätten, ist recht hoch im Hinblick auf rauhen Betrieb z. B. in einem Kraftfahrzeug gewählt worden. Im

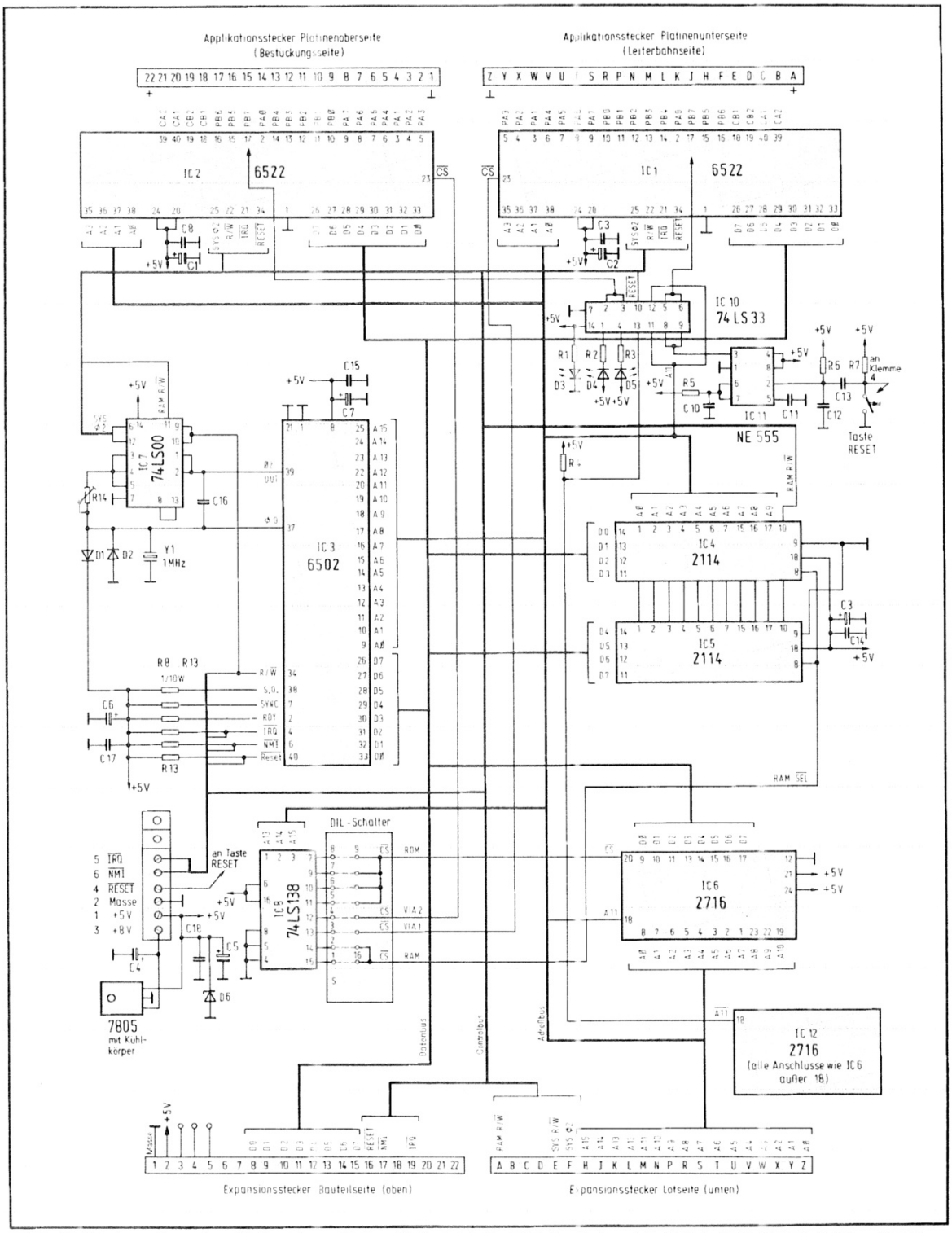


Bild 1. Die Schaltung der universell einsetzbaren Platine. Sie besitzt in der höchsten Ausbaustufe 4 KByte ROM, 1 KByte RAM und 2 VIAs

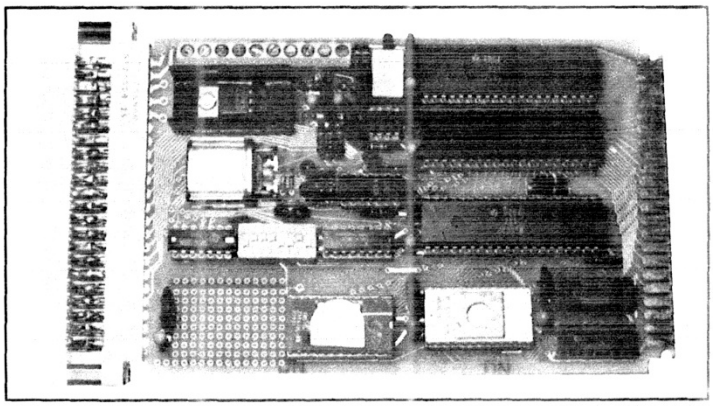


Bild 2. Eine vollständig bestückte Platine mit Adapterstecker

„Wohnzimmer" könnten einige weggelassen werden. Der Strombedarf der vollbestückten Platine (*Bild 2*) beträgt 500 mA.

Zusammenbau der Platine

Vorab sollte gesagt werden, daß diese Arbeit für den Anfänger weniger geeignet ist (*Bild 3*). Die nahe beieinander liegenden Lötstellen erfordern einen einwandfreien Lötkolben (max. 15 W), dünnes Lötzinn, eine ruhige Hand und Routine im Löten. Als erstes muß die einzige Drahtbrücke auf der Platinenunterseite eingelötet werden (*Bild 4*).
Mit Hilfe des Adaptersteckers wird die unbestückte Karte an den ausgeschalteten Mutterrechner angesteckt, dieser eingeschaltet und auf seine normale Funktion geprüft. Hiermit sollen der Adapter und die Platine auf etwaige Feinschlüsse geprüft werden. Beim PC-100 ist es von Vorteil, vorher die +12-V- und −12-V-Leitungen vom Netzteil abzuklemmen, da sie ohnehin nicht gebraucht werden. Je nach Verwendungszweck werden nun die erforderlichen IC-Sockel eingesetzt, jedoch noch keine ICs. Nach dem Einlöten jedes Sockels sollte die Platine wieder zum Test an den Mutterrechner angeschlossen werden (s. o.), um etwaige, auch mit einer Lupe nicht sichtbare Lötbrücken zu lokalisieren. Anschließend können Widerstände und Kondensatoren sowie LEDs eingelötet werden, auf die Polung der Tantal-Elkos ist zu achten. Nach dem Einbau der Klemmleiste (10pol.) werden alle verbleibenden Teile einschließlich des 7805-Stabilisators mit Kühlkörper eingesetzt, und die Platine (weiterhin *ohne* ICs und *nicht* am Mutterrechner angeschlossen) über Klemme 2 (Minus) und Klemme 3 (Plus) an ein regelbares Netzteil 5...12 Volt angeschlossen.
Wird nun die Spannung von null Volt her langsam erhöht, so muß ab 4...5 Volt die LED D3 leuchten. Mit einem Voltmeter ist an Klemme 1 zu kontrollieren, ob die Spannungsstabilisierung arbeitet und die Versorgungsspannung der Platine (sie muß an allen Tantal-Elkos von 10 µF anliegen) auch bei Erhöhung der Netzteilspannung nicht über 5 Volt ansteigt. Die Diode D6 ist als zusätzlicher Schutz vorgesehen und darf nicht warm werden.
Das Netzteil wird nun wieder abgeklemmt und IC 1, IC8 und IC 10 eingesetzt. Wird die Platine am Mutterrechner betrieben, so ist vorher Pin 10 von IC 10 aus der Fassung zu biegen ($\overline{\text{RESET}}$ ist sonst ständig auf Low). Der DIL-Schalter S4 wird eingeschaltet (alle anderen sind aus) und die Platine wieder angesteckt. Das Anstecken und Abziehen der Platine ist nur bei abgeschaltetem Mutterrechner erlaubt: Nach dem Einschalten des Rechners wird dieser auf normale Funktion geprüft. Als Funktionsnachweis genügt der gewohnte Ausdruck und das Arbeiten der Rechneranzeige beim Einschalten des Rechners. Unter Adresse hex 4000 und folgende sind nun die 16 Register der VIA 1 ansprechbar. Wird zunächst in das Datenrichtungsregister B (hex 4002) FF geschrieben, so muß LED D4 ausgehen. Durch Einschreiben von FF bzw. 00 in Adresse 4000 kann LED D4 ein- und ausgeschaltet werden. Nach erfolgreichem Test kann nun bei Bedarf IC 2 eingesetzt, der DIL-Schalter S3 eingeschaltet und der Baustein unter Adresse hex 6000 und folgende wie oben in Betrieb genommen werden. Die LED D5 läßt sich über diesen Baustein entsprechend ein- und ausschalten.
Für die RAM-Erweiterung sind erforderlich IC 7 und natürlich IC 4 und 5. Ist der Schalter S 2 eingeschaltet, so steht von hex 2000...23FF das RAM zur Verfügung und kann mit einem kleinen RAM-Testprogramm ausgiebig „durchgefahren" werden. In die Fassungen können nun IC 6 und 12 gesteckt und mit dem Adreßwahlschalter durch Schließen von S 5 auf hex 8000 bis 87FF (IC 6) bzw. hex 8800 – 8FFF (IC 12) geschaltet werden. Durch Lesen der in die EPROMs gebrannten Werte ist leicht festzustellen, ob Adressierung und Decodierung richtig arbeiten. Selbsverständlich müssen hierfür programmierte ICs zur Verfügung stehen, in fabrikneuen steht in allen Zellen FF. Besitzt man ein erprobtes Testprogramm, so kann der Programmzähler des Mutterrechners entsprechend gesetzt und das Testprogramm durchgefahren werden.

Einstellen des Quarzoszillators

Bei eingesetzter CPU und IC 7 wird ein Frequenzzähler an Punkt 39 der CPU angeklemmt. Das Poti R14 wird solange verdreht, bis die Mitte des Bereiches ermittelt wurde, in dem der Quarz auf der Sollfrequenz von 1 MHz sicher schwingt. Aus Kostengründen kann auch ein „krummer" Quarzwert ab ca. 300 kHz verwendet werden, allerdings sind dann die Zykluszeiten natürlich verändert. Für ganz Sparsame: Es geht auch ohne Quarz: Poti bis an den Anschlag drehen (Oszillator schwingt) und vorsichtig die Frequenz von 1 MHz mit dem Regler einstellen. Wegen der Gefahr des Wanderns der Frequenz ist jedoch Quarzbetrieb vorzuziehen.

Besonderheiten beim KIM-1

Bei Anschluß an AIM-65, PC-100 und Syko-Logic-100 sind keine Änderungen erforderlich. Der KIM hingegen ist auf seiner Platine nur bis 8 KByte decodiert, die Adreßleitungen A13, A14 und A15 sind nicht benutzt. Er hat aber einen Eingang „Decode" an Leiste (A). Dorthin ist eine Brücke einzusetzen von IC 8, Pin 15 der Universalplatine. Nun fehlen aber die Interruptvektoren, deshalb muß beim Betrieb am KIM immer ein EPROM eingesetzt und auf Adresse hex F800 geschaltet sein. Im EPROM müssen stehen: hex FFFA = 1C, 1C, hex FFFC = 22,1C, hex FFFE = 1F,1C, wenn der KIM in gewohnter Weise mit seinem bekannten Monitorprogramm arbeiten soll. Selbst-

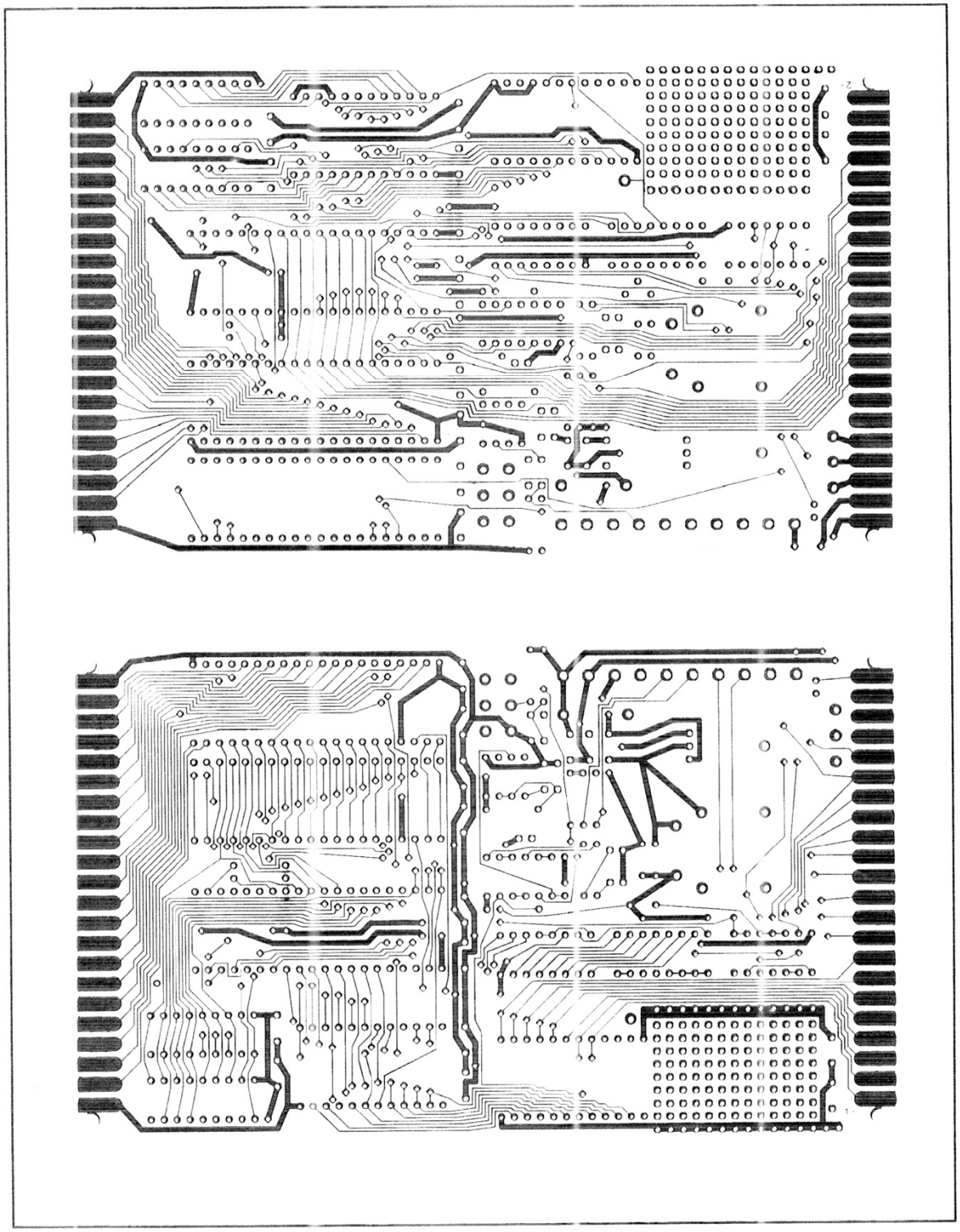


Bild 3. Das Platinenlayout mit Bestückungsseite (oben) und Lötseite (unten)

verständlich kann der fortgeschrittene Computerist hier auch Einsprungadressen für selbst erstellte Programme ablegen, die im EPROM stehen. Der KIM startet dann direkt mit dem Anwenderprogramm. Der Anschluß ist prinzipiell auch bei anderen 6502-Computern möglich, die einen vollständigen Bus-Anschluß besitzen.
Die zum Bau der Platine erforderlichen Teile sind in *Tabelle 2* aufgeführt.

Betrieb als Erweiterung

Es müssen die CPU, der Timer NE 555 sowie das IC 7400 entfernt werden. Bei IC 10 (7433) muß der Pin 10 so abgebogen werden, daß er nicht mehr in der Fassung sitzt, da sonst die Reset-Leitung ständig auf Low liegt. Mit dem DIL-Schalter werden die einzelnen Bausteine auf vom Rechner nicht benutzte Adreßbereiche geschaltet.

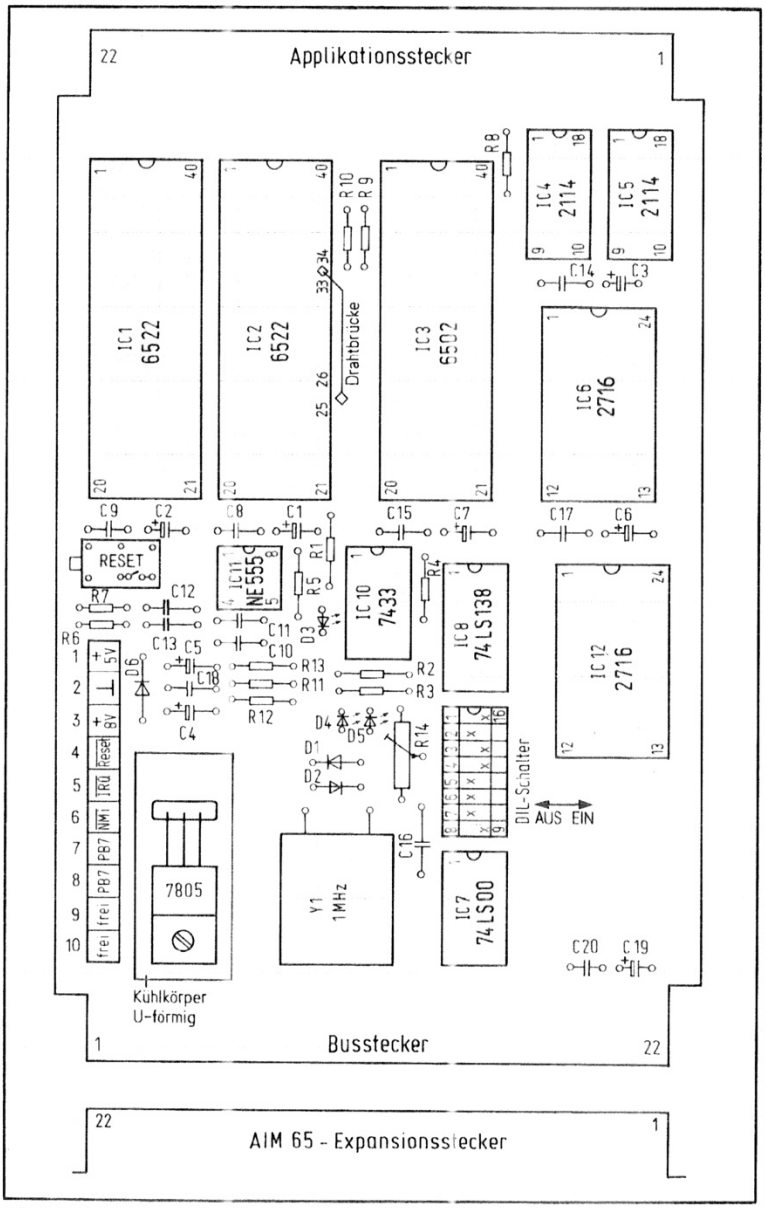


Bild 4. Der Bestückungsplan der Computer-/Erweiterungs-Platine. Zu beachten ist die einzige Drahtbrücke unter IC 2. Die DIL-Schalter sind eingestellt für den Betrieb mit eigener CPU

Software-Hinweise

Wenn die Platine als selbständiges System betrieben wird (*Bild 5*), startet der Prozessor mit dem Programm, dessen Anfangsadresse im EPROM unter hex FFFC (lower byte) und FFFD (higher byte) steht. Die ersten Schritte müssen in der Regel sein: CLD, CLI, LDX (#$FF), TXS. Hierdurch werden Dezimalflag, Interruptflag und Stackpointer auf die erforderlichen Anfangswerte gebracht. Bei Bedarf werden unter hex FFFE (lower byte) und hex FFFF (higher byte) die Anfangsadresse des IRQ-Programms abgelegt wie unter hex FFFA (lower byte) und hex FFFB (higher byte) die Anfangsadresse des NMI-Programms. Beide Interruptprogramme können durch kurzzeitiges Verbinden der betreffenden Klemmleistenanschlüsse mit Masse aufgerufen werden (IRQ nur, wenn nicht im laufenden Hauptprogramm der Interrupt gesperrt wurde, oder im Initialisierungsprogramm (s. o.) der Befehl CLI fehlt!)
Beispiel: Die Speicherstellen f. d. Vektoren enthalten:

FFFA	11	NMI-Einsprungadresse low	
FFFB	F9	NMI-Einsprungadresse high	
FFFC	00	RESET	Prozessor-Startadresse lower byte
FFFD	F8		Prozessor-Startadresse higher byte
FFFE	22	IRQ-Einsprungadresse low	
FFFF	FA	IRQ-Einsprungadresse high	
F800	D8	CLD	; clear dezimal mode flag
F801	58	CLI	; clear interrupt disable flag
F802	A2FF	LDX#FF	; Indexregister x mit hex FF laden
F804	9A	TXS	; Stackpointer setzen
F805			; Anfang Hauptprogramm

Soll die mit CPU bestückte Platine ohne Interruptbetrieb laufen, so können über die drei Vektoren drei voneinander unabhängige Programme über die Klemmleisten-Anschlüsse aufgerufen werden. Hierzu müssen die oben aufgelisteten Initialierungsschritte (im Beispiel F800...F805) beim Einschalten durchlaufen werden. Danach wird das Hauptprogramm abgearbeitet. Im Hauptprogramm darf der Befehl SEI nicht vorkommen (hex 78). Wird nun der Klemmleistenanschluß $\overline{IRQ}$ kurz auf Masse gelegt, so startet das Interruptprogramm IRQ, bis der Befehl RTI (hex 40) erkannt wird und ein Rücksprung ins Hauptpro-

gramm erfolgt. Läßt man diesen Befehl fort, so arbeitet der Prozessor zu seiner und hoffentlich auch zur Freude seiner Anwender auf der IRQ-Ebene weiter, bis entweder $\overline{RESET}$ oder $\overline{NMI}$ ihn auf eine andere Programmebene zwingen.
Eine hardwaremäßige Entprellung ist für $\overline{IRQ}$ nicht erforderlich, weil beim Eintritt in das IRQ-Programm automatisch vom Prozessor das Interrupt-Disable-Bit gesetzt wird und beim Prellen der Taste dadurch weitere Interrupts nicht ausgelöst werden können. Anders ist dies bei der NMI-Ebene: Diese ist nicht maskierbar (sperrbar), so daß beim etwaigen Prellen eine Verschachtelung von mehreren Interrupts erfolgen kann, die dann nacheinander abgearbeitet werden würden. Der fortgeschrittene Programmierer wird auf die erheblich eleganteren Interrupt-Softwarelösungen mittels 6522 hinweisen – und nach ersten Mißerfolgen vielleicht doch erst auf diese etwas einfache Art seine Interruptprogramme austesten, bevor er sie über die Timer, Kontrolleitungen, Schieberegister oder sonstwie aufruft. Möglich ist dieser einfache Test, weil alle Interruptquellen beim 6502 parallelgeschaltet sind und – „wired or" – ggf. den $\overline{IRQ}$-Anschluß des Prozessors auf Masse legen. Im Interruptprogramm wird dann bei möglicherweise mehreren Interruptquellen festgestellt, von wem der Interrupt ausgelöst wurde (polling).
Einen Bausatz liefert die Firma Wirth, Mühlstr. 25, 7064 Remshalden 1 bei Stuttgart.
Die doppelseitige, durchkontaktierte Platine sowie ein Testprogramm-EPROM können vom Autor (Fesenfeld 57, 2800 Bremen) bezogen werden.

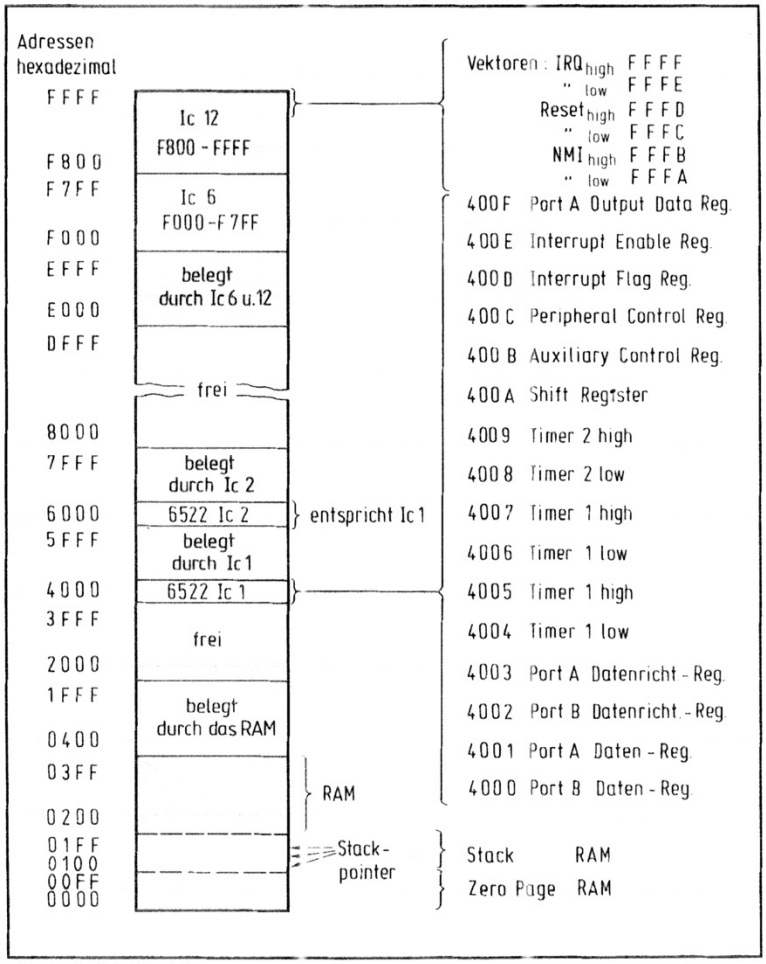


Bild 5. So sieht die Adressenbelegung aus, wenn die Karte selbständig betrieben wird

Tabelle 1: Die Adressierung der einzelnen Bausteine je nach Betriebsart. Eingesetzte ICs müssen per Schalter auch adressiert werden

Schalter	Funktion, Adreßbereich		Betrieb als Rechner	Betrieb als Erweit.
S1	RAM, 0000-03FF (belegt 0000-1FFF)	IC 4,5	ein	
S2	RAM, 2000-23FF (belegt 2000-3FFF)	IC 4,5		ein
S3	VIA 1, 4000-400F (belegt 4000-5FFF)	IC 1	ein	ein
S4	VIA 2, 6000-600F (belegt 6000-7FFF)	IC 2	ein	ein
S5	EPROM 1, 8800-8FFF sowie gleichzeitig 9800-9FFF	IC 12		ein
	EPROM 2, 8000-87FF sowie gleichzeitig 9000-97FF	IC 6		ein
S6	EPROM 1, A800-AFFF sowie gleichzeitig B800-BFFF	IC 12		
	EPROM 2, A000-A7FF sowie gleichzeitig B000-B7FF	IC 6		
S7	EPROM 1, C800-CFFF sowie gleichzeitig D800-DFFF	IC 12		
	EPROM 2, C000-C7FF sowie gleichzeitig D000-D7FF	IC 6		
S8	EPROM 1, E800-EFFF sowie gleichzeitig F800-FFFF	IC 12	ein	
	EPROM 2, E000-E7FF sowie gleichzeitig F000-F7FF	IC 6	ein	

Tabelle 2: Die Liste der verwendeten Bauteile

Pos.	Typ/Wert	Bemerkung	Sonstige Bauteile
IC 1, 2	R 6522 P	VIA	Klemmleiste 10polig, 5-mm-Raster
IC 3	R 6502 P	CPU	Schalter 8polig, DIL-Gehäuse
IC 4, 5	2114	RAM, statisch	Siemens C42315-A1341-A4
IC 6, 12	2716	EPROM (Intel-komp.), 5 V, nicht Texas Instruments	Taster, Siemens C42315-A60-A3
			Quarzhalter HC6-U,
IC 7	SN 74LS00	TTL	Siemens C42121-A25-A3
IC 8	SN 74LS138	TTL	IC-Fassungen
IC 10	SN 7433	TTL	Steckleisten 44pol., ITT G121008-25,
IC 11	NE 555	Timer	Kühlkörper für 7805
IC 13	MC 7805 CT	Stabilisator 5 V	Platine, doppelseitig, durchkontaktiert
Y 1	1 MHz	Quarz HC6-U, Parallelres.	(Bezugsquelle siehe Text)
C 1–7, 19	10 µF, 10 V	Tantal	
C 8–12, 14, 15, 18	0,1 µF, 10 V	Keramik, Scheibe	
C 13	0,47 µF, 10 V	WIMA MKSZ	
C 16	10 pF	Keramik oder Styroflex	
R 1–3	330 Ω, 0,25 W		
R 5–7	1 MΩ, 0,1 W		
R 4, 9–13	4,7 kΩ, 0,1 W		
R 8	3 kΩ, 0,1 W		
R 14	220 kΩ, lin	Potentiometer, stehend	
D 1, 2	1 N 914	Si-Diode	
D 3–5	LED rot	5 mm ∅	
D 6	1 N 4735	Schutzdiode	

Programm zur Exponent-Umwandlung

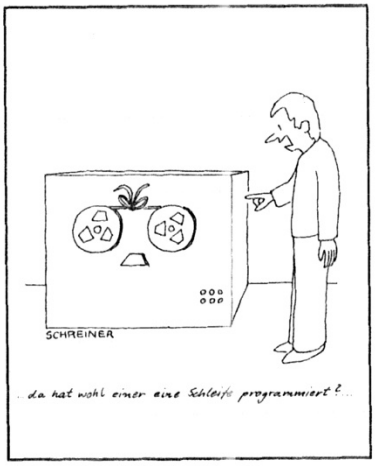
Bei der Berechnung von Bauelementen in elektronischen Schaltungen fallen oft Ergebnisse in Exponent-Darstellung an, die nicht mit den Untereinheiten übereinstimmen (z. B. 1.234E-7 für die Kapazität eines Kondensators). Diese Zahlen in die technische Darstellung (Exponent in 3er-Schritten) umzuwandeln, ist Aufgabe des folgenden Basic-Programms.

Bei Taschenrechnern entspricht das der ENG-Taste. Bei Verwendung als Unterprogramm brauchen nur alle END-Befehle durch RETURN ersetzt zu werden. Das Programm verarbeitet positive und negative Zahlen und Exponenten. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern werden die Zahlen auf 2 Nachkommastellen begrenzt.

Lothar Fohringer

Beispiele

Eingabe	Ausgabe
1.234E-7	123.4E-9
–1.234E10	–12.34E9
1.234E1	12.34




```
1 INPUT Z:IF Z=0 THEN PRINT Z:END
2 IF Z<0 THEN Z=-Z:Y=1
3 J=INT(LOG(Z)/LOG(10))
4 K=J/3
5 D=10↑2
6 L=ABS(K)-INT(ABS(K))
7 IF Y AND L=0 THEN PRINT -INT(Z*D+.5)/D:END
8 IF L=0 THEN PRINT INT(Z*D+.5)/D:END
9 IF SGN(J)=-1 AND L<.5 OR SGN(J)=1 AND L>.5 THEN M=100
10 IF SGN(J)=-1 AND L>.5 OR SGN(J)=1 AND L<.5 THEN M=10
11 N=LOG(ABS(Z))/LOG(10)-J
12 X=10↑N
13 IF SGN(J)=1 THEN P=INT(ABS(K))*3
14 IF SGN(J)=-1 THEN P=-INT(ABS(K-1))*3
15 IF Y AND P=0 THEN PRINT -INT(Z*D+.5)/D:END
16 IF P=0 THEN PRINT INT(Z*D+.5)/D:END
17 IF Y THEN PRINT -INT(M*X*D+.5)/D,"E",P:END
18 PRINT INT(M*X*D+.5)/D,"E",P:END
19 REM ZEILEN 2,7,15 UND 17 KOENNEN ENTFALLEN
20 REM WENN ZAHLEN NUR POSITIV
```

Das Programm ist in der vorliegenden Form auf allen Basic-Rechnern lauffähig