

Herwig Feichtinger

Mädchen für alles

Was hier im folgenden vorgestellt wird, ist ein fest zu programmierender, sehr preiswerter Mikrocomputer, der sich zum Beispiel als Drucker-Interface, intelligentes Bedienteil für Meßgeräte, Frequenzgenerator, Schaltuhr, Codeumsetzer oder für tausend andere Zwecke einsetzen lässt. Die Programme für ihn lassen sich mit preiswerten Tischcomputern auf 6502-Basis wie Apple, PET, CBM, AIM-65, PC-100 oder KIM-1 entwickeln; Beispiele dafür folgen in den nächsten Heften.

grammiert und dann für einen ganz bestimmten Verwendungszweck eingesetzt wird (Bild 1). Er ist also in keiner Weise dafür konstruiert, Programme mit ihm zu entwickeln, als Lehr- und Lerncomputer zu dienen oder später mit zusätzlichem Speicherplatz, ja vielleicht sogar mit einem Basic-Interpreter erweitert zu werden.

Ein Computer für weniger als hundert Mark

Unser Computerchen ist also dafür gedacht, überall dort eingesetzt zu werden, wo es im Grunde nur als Ersatz für eine vielleicht recht umfangreiche, undurchsichtige Digitalschaltung dient. So etwa in einer numerischen Steuerung, in einer Schaltuhr, in einem rechnenden Meßgerät usw., wo der Benutzer nicht selbst programmiert.

Dieses Konzept gestattet es, einen Mikrocomputer als Minimalkonfiguration mit absichtlichem Verzicht auf spätere Erweiterbarkeit und gleichzeitig als äußerst preiswerte Schaltung aufzubauen. Natürlich gibt es für diesen Zweck auch Ein-Chip-Mikrocomputer, z. T. sogar mit UV-löschen EPROMs – aber: ein Entwicklungssystem für einen solchen Computer kostet leider -zigtausend Mark. Bei geringen Stückzahlen treten daher enorme Kostenbelastungen auf, die die Verwendung der Ein-Chip-Mikrocomputer wieder oft als fraglich erscheinen lassen.

Unser Mikrocomputer arbeitet daher mit einer CPU, die es zuläßt, die benötigten Programme mit preiswerten Tischcomputern zu entwickeln, so etwa mit CBM, PET, AIM-65, Apple-II usw., die alle mit dem Mikroprozessor 6502 arbeiten. Bei der Übertragung des Programms auf das EPROM, das in unser Computerchen gesteckt wird, brauchen dann lediglich noch einige Adressen geändert zu werden. Zum Beispiel diejenigen für die I/O-Ports. Verwendet man einen Assembler für die Programmentwicklung, so braucht man das nicht einmal einzeln von Hand zu tun.

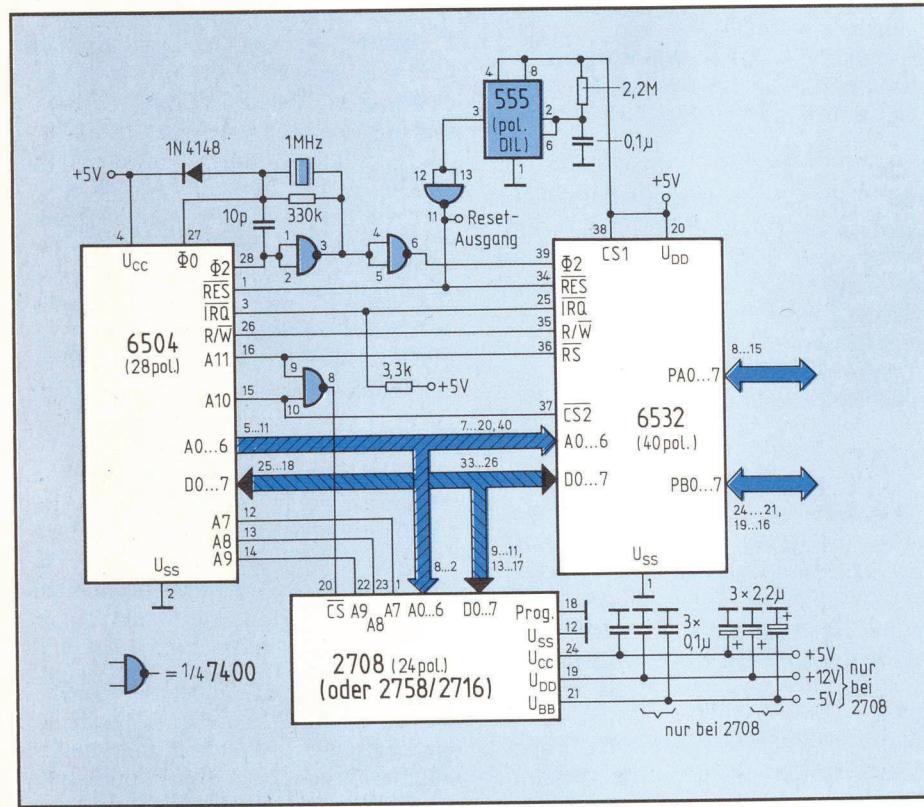


Bild 1. Gesamtschaltung des 6504-Computers mit 1 KByte ROM, 128 Byte RAM, einem programmierbaren Interrupt-Timer und 16 I/O-Leitungen

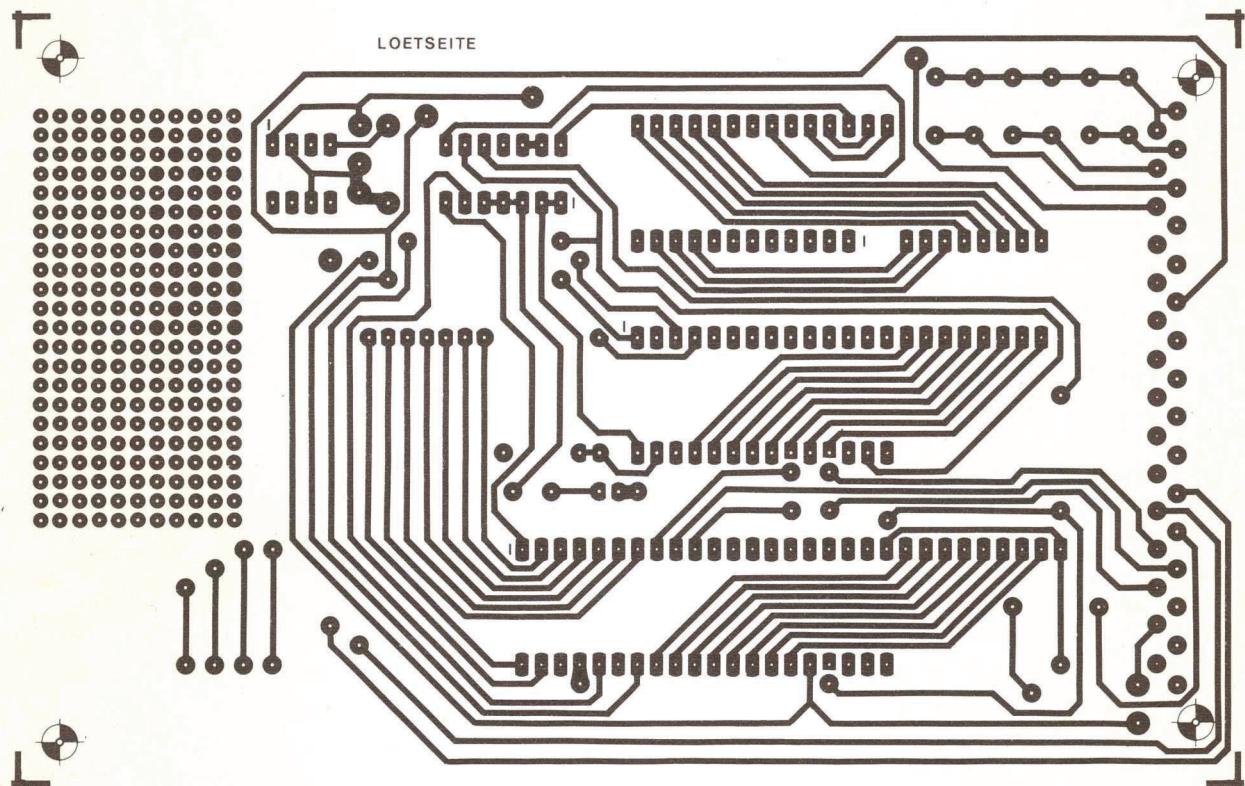


Bild 2. Lötseite der Platine. Sie enthält ein Lochraster-Feld, das vom Anwender für besondere Aufgaben frei verdrahtet werden kann, z. B. für die Nachrüstung eines D/A-Wandlers

Die Drei-Chip-Lösung hat es in sich

Wegen der Verbreitung des Prozessors 6502 bei den preiswerteren Tischcomputern wurde eine CPU aus dieser Familie gewählt, nämlich der Typ 6504. Er unterscheidet sich von der „Mutter“ 6502 dadurch, daß er statt 16 nur 12 Adressenleitungen besitzt, nur einen Interrupt-Eingang herausführt (\overline{IRQ}), in einem 28-Pin-Gehäuse untergebracht ist (6502: 40 Pins) und nicht zuletzt deshalb auch preiswerter ist.

Wie der geneigte Leser weiß, braucht man in einem Mikrocomputer neben der CPU noch drei Dinge, nämlich einen Arbeitsspeicher (RAM), einen Eingabe/Ausgabe-Baustein (I/O), über den die Verbindung zur Außenwelt hergestellt wird und der somit dafür sorgt, daß der Computer kein Selbstzweck ist, sowie einen Programmspeicher, der hier gemäß dem Verwendungszweck als Festwertspeicher ausgeführt ist. Um die Chip-Anzahl gering zu halten, findet hier ein Baustein namens 6532

Verwendung, der nicht nur zwei 8-Bit-I/O-Ports sowie 128 Byte RAM enthält, sondern auch einen für mancherlei Zwecke äußerst nützlich programmierbaren Interrupt-Timer, der Zeiten bis zu 261 ms liefern kann. Dazu wird nun nur noch ein EPROM benötigt, das das Betriebsprogramm enthält – in unserem Fall z. B. ein 1-KByte-Typ namens 2758, der ebenfalls schon recht preiswert zu haben ist.

Reicht denn das wirklich aus?

Wenn hier von kläglichen 128 Byte RAM und 1 KByte EPROM die Rede ist, wird manch Tischcomputer-Benutzer sagen, was soll ich damit schon anfangen? Für einen Basic-Computer wäre das tatsächlich viel zu wenig, denn allein ein Basic-Interpreter belegt ja schon rund 4...12 KByte ROM bzw. EPROM. Da Basic aber für die meisten Steuerungszwecke und für zeitkritische Aufgaben völlig ungeeignet ist, wird unser Mikro-Mikrocomputer in der Maschinensprache des verwendeten Prozessors programmiert.

Hier sei gleich vermerkt, daß der 6504 genau den gleichen Befehlssatz wie sein großer Bruder 6502 besitzt und somit zumindest softwaremäßig keinerlei Einschränkungen unterliegt. Und in 1 KByte bringt man z. B. schon ein kleines Schachprogramm unter, ein Programm zur Ansteuerung einer Schreibmaschine über eine serielle Schnittstelle, die Software zum Betrieb eines „dummen“ Matrixdruckers oder vieles andere mehr. Übrigens sitzt solch ein 6504-Prozessor auch in der Floppy-Disk-Einheit CBM-3032 von Commodore – auch das ist eine Steueraufgabe, die mit einer Mikrocomputer-Minimalkonfiguration wunderbar zu lösen ist. Also keine Angst vor zu wenig Speicherplatz!

Adressierungs-Kniffe müssen sein

6502-Kenner wissen, daß dieser Prozessor zwei besondere Speicherbereiche besitzt, die beide vorhanden sein müssen, aber hardwaremäßig in ihrer Adressenlage leider mehr als 128 Bytes auseinanderliegen. Unsere 128 Byte zusammen-

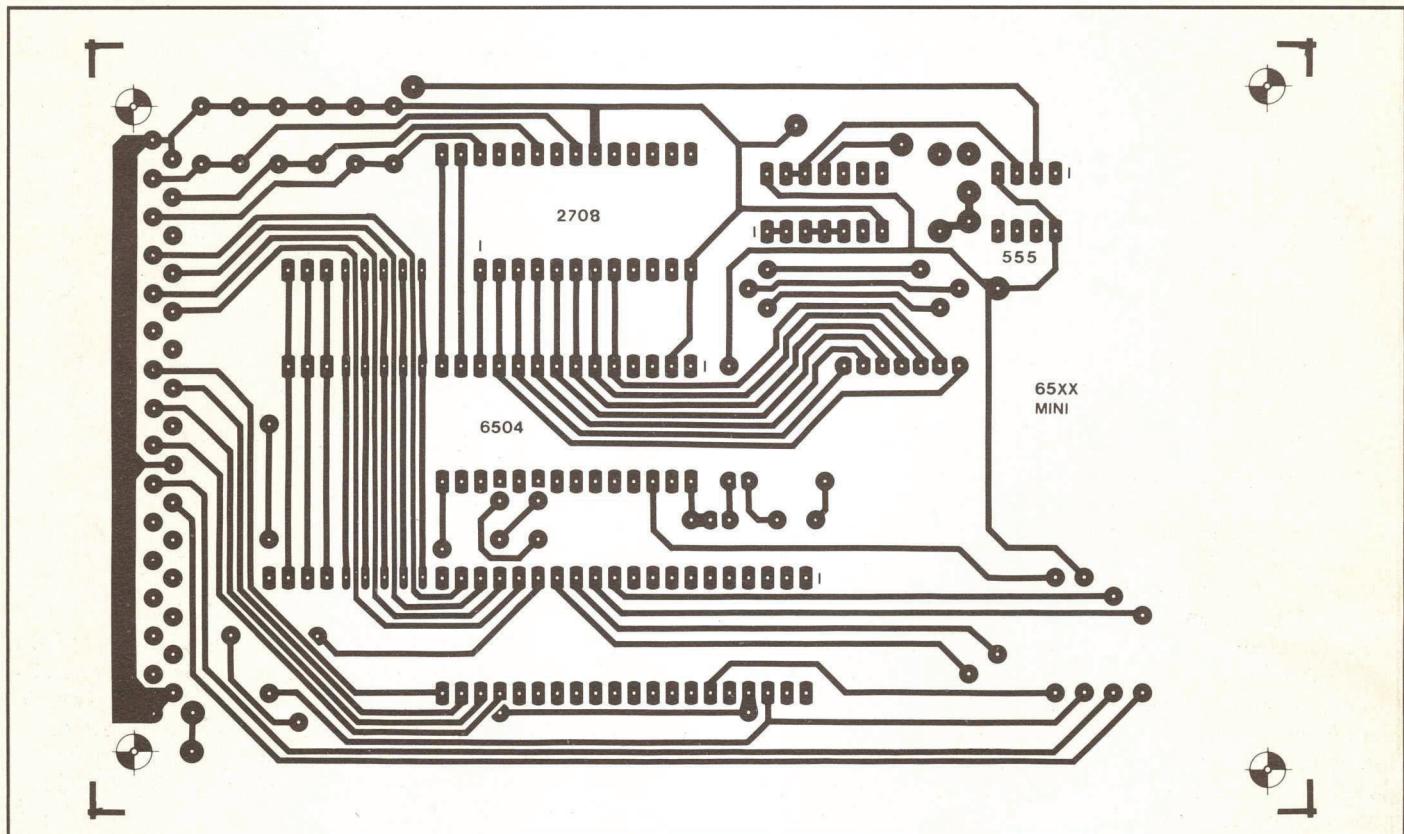


Bild 3. Bestückungsseitige Leiterbahnen der (doppelseitigen, durchkontaktierten) Platine. Die 31polige Steckerleiste ist später auf diese Seite zu löten

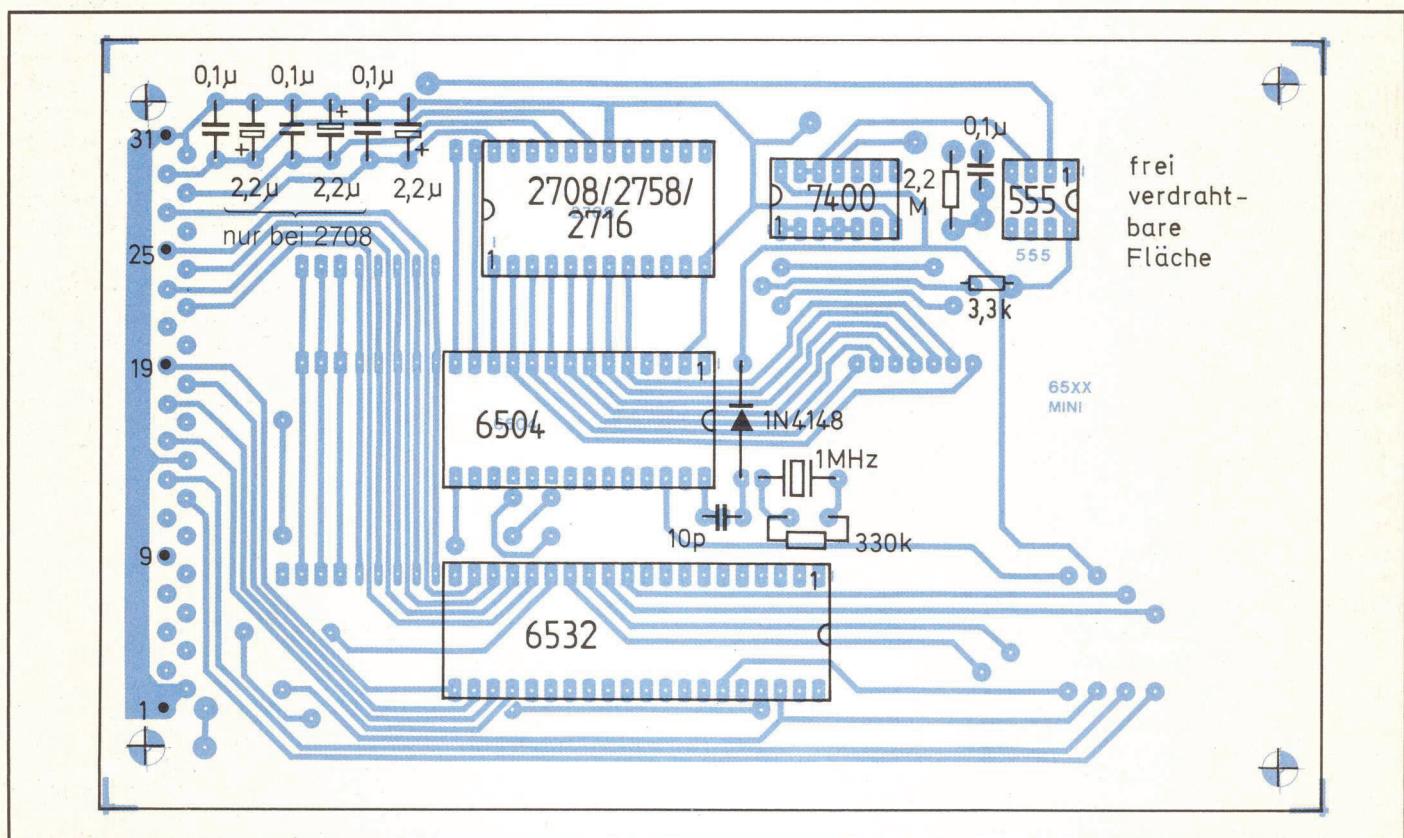


Bild 4. Bestückungsplan des 6504-Computers. Es sei erwähnt, daß das 2-KByte-EPROM 2716 z. T. schon preiswerter angeboten wird als der 5-V-/1-KByte-Typ 2758. Beim 2716 kann man entweder eine Hälfte „verschenken“ oder auch mit einem Schalter zwischen zwei 1-KByte-Betriebsprogrammen wählen

hängendes RAM würden dafür nicht ausreichen: Wir brauchen einen Bereich in der „Zero Page“ (0000...00FF), die nützliche Adressierungsarten bei vielen Maschinensprache-Befehlen des 6502 und die Verwendung speichersparender 2-Byte-Befehle ermöglicht, und einen weiteren in der Page 1 (0100...01FF), der die für Unterprogrammsprünge erforderlichen Rücksprungadressen speichert und gemeinhin als Stack bezeichnet wird.

Dieses Problem wurde hier aber auf eine listige Art umgangen: nämlich mit der sonst mit Recht verpönten Technik, den Adressenbus nicht vollständig zu decodieren und dadurch Speicherplätze scheinbar an mehreren Adressen gleichzeitig erscheinen zu lassen. Und so erscheinen unsere 128 Byte RAM nicht nur an den Zero-Page-Adressen 0000...007F, sondern – mit dem gleichen Speicherinhalt – bei 0180...01FF, also im Stack-Bereich.

Dabei muß man nur bedenken, daß das Schreiben z. B. an die Adresse 01FE den Inhalt bei 007E gleichermaßen verändert. Man muß sich also beim Programmieren überlegen, wieviel Platz man für Unterprogrammsprünge in Stack und wieviele Bytes man in der Zero Page benötigt. Die Verteilung der 128 Bytes RAM könnte dann typischerweise so aussehen, daß 01F0...01FF als Stack dient, um maximal sechs Unterprogrammebenen plus eine Interrupt-Ebene zuzulassen, und 0000...006F als frei verwendbarer Zero-Page-Bereich.

Der anderswo große Nachteil, daß eine Systemerweiterung wegen der unvollständigen Adressendecodierung schwierig ist, wurde hier im Interesse möglichst geringer Hardware-Kosten bewußt in Kauf genommen.

Die restliche Adressenbelegung entstand ebenfalls unter diesem Aspekt; es ist nur noch ein einziges TTL-IC nötig, um die Decodierung der Adressen vorzunehmen. Die genaue Zuordnung geht aus Tabelle 1 hervor.

Die Eigenschaft der Adressenduplizierung kann u. U. auch einen Vorteil darstellen. Denn nicht immer steht in dem Tischcomputer, der zur Entwicklung des Programms Verwendung findet, derjenige Adressenbereich zur Verfügung, in dem der EPROM-Bereich unseres kleinen Systems eigentlich liegt. Möglicherweise besitzt der Tischcomputer aber einen Speicherbereich, der identisch mit einem duplizierten Bereich des EPROM ist. Eine Adressenanpassung ist dann nicht mehr nötig. Dies gilt selbstverständlich auch für die Zero-Page- und Stack-Bereiche.

Tabelle 1: Adressenbelegung des 6504-Computers

Adressenbits	Inhalt	Adressenbereiche
00XX XAAA AAAA	128 Byte RAM im 6532	000...07F; 080...0FF; 100...17F; 180...1FF; 200...27F; 280...2FF; 300...37F; 380...3FF
10XX XXXA AAAA	I/O-Ports und Timer im 6532	800...81F u.a. (32mal dupliziert bis BFF)
11AA AAAA AAAA 01AA AAAA AAAA	EPROM (1 KByte) Expansion (1 KByte)	C00...FFF 400...7FF

(A = gültiges Adressen-Bit, X = ignoriertes Adressenbit)

6532-Adressen: 800 = Port A, 801 = Port-A-Richtungsregister, 802 = Port B, 803 = Port-B-Richtungsregister; 814 = Timer 1 µs, 815 = Timer 8 µs, 816 = Timer 64 µs, 817 = Timer 1024 µs; 81C...81F wie 814...817, jedoch mit Interrupt bei abgelaufener Zeit. Timer auslesen: 816; Timer testen: 817 (N-Flag).

Die Inbetriebnahme des Systems

Nehmen wir an, wir hätten ein EPROM mit dem nötigen Betriebsprogramm für unseren individuellen Verwendungszweck programmiert. Dann können wir alle Bauelemente auf die doppelseitige durchkontaktierte Epoxy-Platine löten (Bilder 2 bis 4; beziehbar u. a. bei Fa. Walter, Am Starzenbach 9, 8069 Woln-

zach), wobei es sich dringend empfiehlt, für die drei LSI-ICs 6504, 6532 und 2758 Fassungen und eine 31polige Steckerleitung (Tabelle 2) zu verwenden. Einen Bausatz liefert die Firma Elektronikladen, Wilhelm-Mellies-Str. 88, 4930 Detmold 1.

Beim Anschalten der 5-V-Versorgungsspannung (Netzteil-Belastbarkeit min. 200 mA) erfolgt über das auf der Platine befindliche Monoflop automatisch ein Reset, so daß der Prozessor mit dem Abarbeiten des Programms beginnt, dessen Startadresse in den Zellen FFFC (niedrigwertiges Byte) und FFFD (höherwertiges Byte) abgelegt ist. Diese Adressen gibt es in unserem System natürlich nicht wirklich; sie finden sich aber dupliziert am oberen Ende des EPROM-Bereichs bei OFFC und OFFD.

Im nächsten Heft werden wir ausführlich auf die Programmierung von Anwenderprogrammen für den 6504-Mikrocomputer eingehen und häufig benötigte Routinen für Tastaturabfrage, Display-Ansteuerung und Timer-Verwendung vorstellen.

Tabelle 2: Steckerbelegung

1 Masse
2 Masse
4 IRQ
6 PA0
7 PA1
8 PA2
9 PA7
10 PA6
11 PA5
12 PA4
13 PA3
14 Masse
15 PB0
17 PB1
18 PB2
19 PB3
21 Reset-Ausgang
22 PB7
23 PB6
24 PB5
25 PB4
26 Reset-Eingang
27 + 5 V
28 - 5 V (bei 2716 + 5 V)
29 + 12 V (bei 2716 Masse)
30 Masse
31 Masse

Literatur

- [1] R 6532 Data Sheet.
Rockwell Doc. Nr. 29 000 D42.
- [2] R 650X Data Sheet.
Rockwell Doc. Nr. 29 000 D39.
- [3] R 6500/6532 Timer Interrupt Precautions.
Rockwell Doc. Nr. R 6500 N02.
- [4] EMUF-Programmiertips. mc 1981, Heft 2.
- [5] Bits und Bytes: 6502-Programmierung.
Sonderheft „Hobbycomputer 2“, Franzis-Verlag.