

## 1. Teil: Hardware

# Terminal- Computer

Christian Persson

Trotz der im Umgang mit Superlativen gebotenen Zurückhaltung darf man dieses c't-Projekt gewiß als optimale Lösung für den anspruchsvollen Anwender bezeichnen: Eine Terminal-Karte, die praktisch alle interessanten Leistungsmerkmale teurer Industrie-geräte vereinigt; ein kompaktes Computer-Terminal (in der Version B mit eigener Low-Cost-Tastatur), das sich durch Software an die verschiedensten Schnittstellen anpassen läßt; ein Terminal-Computer, dessen Hardware auch den Ausbau zu einem eigenständigen Computersystem mit 64-KByte-Speicher erlaubt.

Ein Hauptgrund für die Leistungsfähigkeit und Vielseitigkeit des c't-Terminals liegt im Einsatz des modernen Single-Chip-Computers 6511. Näheres über diese interessante Neuentwicklung von Rockwell erfahren Sie auf Seite 47. Wer die 6502-Programmierung (in Assembler) beherrscht, kann die Terminal-Software nach eigenen Vorstellungen erweitern. Diese ist in einem EPROM vom Typ 2732 (4 KByte) untergebracht; es ist aber eine 28polige Fassung vorhanden, so daß auch EPROMS mit größerer Speicherkapazität Platz finden werden.

Der Single-Chip-Computer erledigt den Großteil der typischen Terminal-Aufgaben wie Bedienung der Schnittstellen, Abfrage der eigenen Tastatur und Laden des Bildwiederholerspeichers. Darüber hinaus stehen viele Sonderfunktionen zur

Verfügung, die als sogenannte 'ESCAPE-Sequenzen' aufgerufen werden können. Stichworte zu diesem Thema sind 'Bildschirm-Ediermöglichkeit', 'Cursor-Adressierung', 'Wordstar-Kompatibilität'. — Alle Details über die Software enthält der zweite Teil dieser Projektbeschreibung in der nächsten c't.

Zweites Zentrum des Datenflusses auf der Terminal-Karte ist ein Video-Controller vom Typ 6545. Dieser voll programmierbare Baustein liest ständig den Bildwiederholerspeicher aus und bildet die benötigten Synchronisations-Impulse.

Der Bildwiederholerspeicher faßt mit 4 KByte mehr als zwei Bilder (bei 80 x 25 Zeichen). Da (unter anderem) eine Centronics-Schnittstelle zur Druckersteuerung vorhanden ist, läßt sich das c't-Terminal auch ohne



### c't-Terminal-Computer

#### Technische Daten auf einen Blick:

Intelligentes Terminal mit 6511 Single-Chip-Computer und 6545-Video-Controller, Version B mit Tastatur auf einer Doppel-Europakarte

Bildspeicher:	4 KByte RAM
Zeichengenerator:	4 KByte EPROM (erweiterbar bis 16 KByte)
Betriebsprogramm:	4 KByte EPROM (erweiterbar bis 16 K KByte)
Bild-Attribute:	— Umschaltung zwischen bis zu vier Zeichensätzen — Inverse Darstellung — Halbe Helligkeit — Blinken — Doppelte Schriftbreite (jedes zweite Zeichen wird nicht abgebildet)

(Alle Attribute gelten wahlweise für einzelne Zeichen, Zeilen oder das gesamte Bild)

Bildfrequenz:	50 Hz
Zeilenfrequenz:	15 625 Hz
Zeichenfrequenz:	1,75 MHz
CPU-Taktfrequenz:	1,75 MHz
Bildpunktfrequenz:	14 MHz
Bildformat:	80 x 25 Zeichen, 64 x 20 Zeichen, durch Software umschaltbar
Zeichenmatrix:	7 x 10 Bildpunkte (mit Unterlängen)
Schnittstellen:	Serielle TTL-Schnittstelle V-24-Schnittstelle 8-Bit-Parallel-Schnittstelle (Tastatur) Drucker-Port Anschluß für Kassetten-Interface Lichtgriffelanschluß

Alle Anschlüsse sind an zwei 64poligen VG-Leisten zugänglich

Computer bereits zum Entwurf von Briefen und kurzen Schriftstücken verwenden. Um das Mini-Textverarbeitungssystem zu komplettieren, bietet das Gerät außerdem die Möglichkeit, den gesamten Bildschirminhalt auf einer Kassette zu speichern und wieder zu lesen. An zusätzlicher Hardware ist dafür lediglich ein simpler Leseverstärker nötig, der aus dem Signal vom Kassettenrecorder ein Rechteckformt (Bild 1).

**Lang und breit**

Als Standard-Bildformat für professionelle Anwendungen gilt eine Bildaufteilung in 25 Zeilen à 80 Zeichen, die selbstverständlich auch hier zugrundegelegt wurde. Wer eine übersichtlichere Darstellungsweise wünscht, kann das c't-Terminal mittels Tastendruck auf das Format 64x20 umschalten.

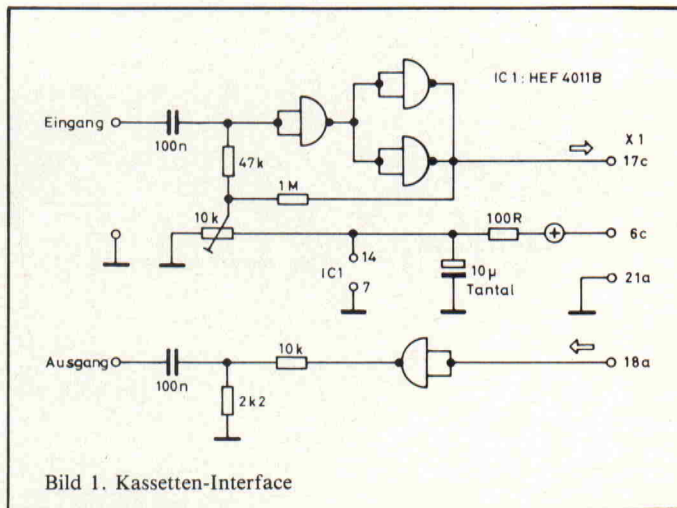


Bild 1. Kassetten-Interface

Auch die horizontale Bildlage läßt sich auf diese einfache Weise verändern, so daß unterschiedliche Monitor-Eigenschaften keine Probleme mehr bereiten. Für jedes Zeichen stehen 8 x 11 Matrixpunkte zur Verfügung. Das ermöglicht gut lesbare

Schriftzeichen mit echten Unterlängen. In der Betriebsart 'Control Character Print (CCPNT)' werden sogar zwei deutlich erkennbare Buchstaben in jedem Feld dargestellt. Die Bildpunktfrequenz beträgt 14MHz. Es ist deshalb zur Bildwiedergabe unbedingt ein

Monitor erforderlich; ein Fernsehgerät plus UHF-Modulator genügt nicht.

Der Zeichengenerator ist ebenfalls in einem 4-KByte-EPROM untergebracht, doch wurde auch hier eine 28polige Fassung verwendet, so daß sich Erweiterungen ohne größere Probleme unterbringen lassen. In der Grundversion verfügt das Terminal über den Standard-ASCII-Zeichensatz und einen Blockgrafik-Satz. Sie können gemischt verwendet werden. Bei Einsatz eines 8-KByte-EPROMS (2764) stehen vier Zeichensätze zur Auswahl; wer noch mehr Abwechslung wünscht, kann auch einen 16-KByte-Speicher einsetzen. Allerdings muß die Umschaltung zwischen beiden Zeichensatzgruppen dann von außen erfolgen (Brücke BR9 zwischen den Anschlußpunkten 1 und 2; Umschalten über Steckeranschluß X2, 16a).

An sogenannten Zeichen- 'Attributen' bietet das c't-Ter-

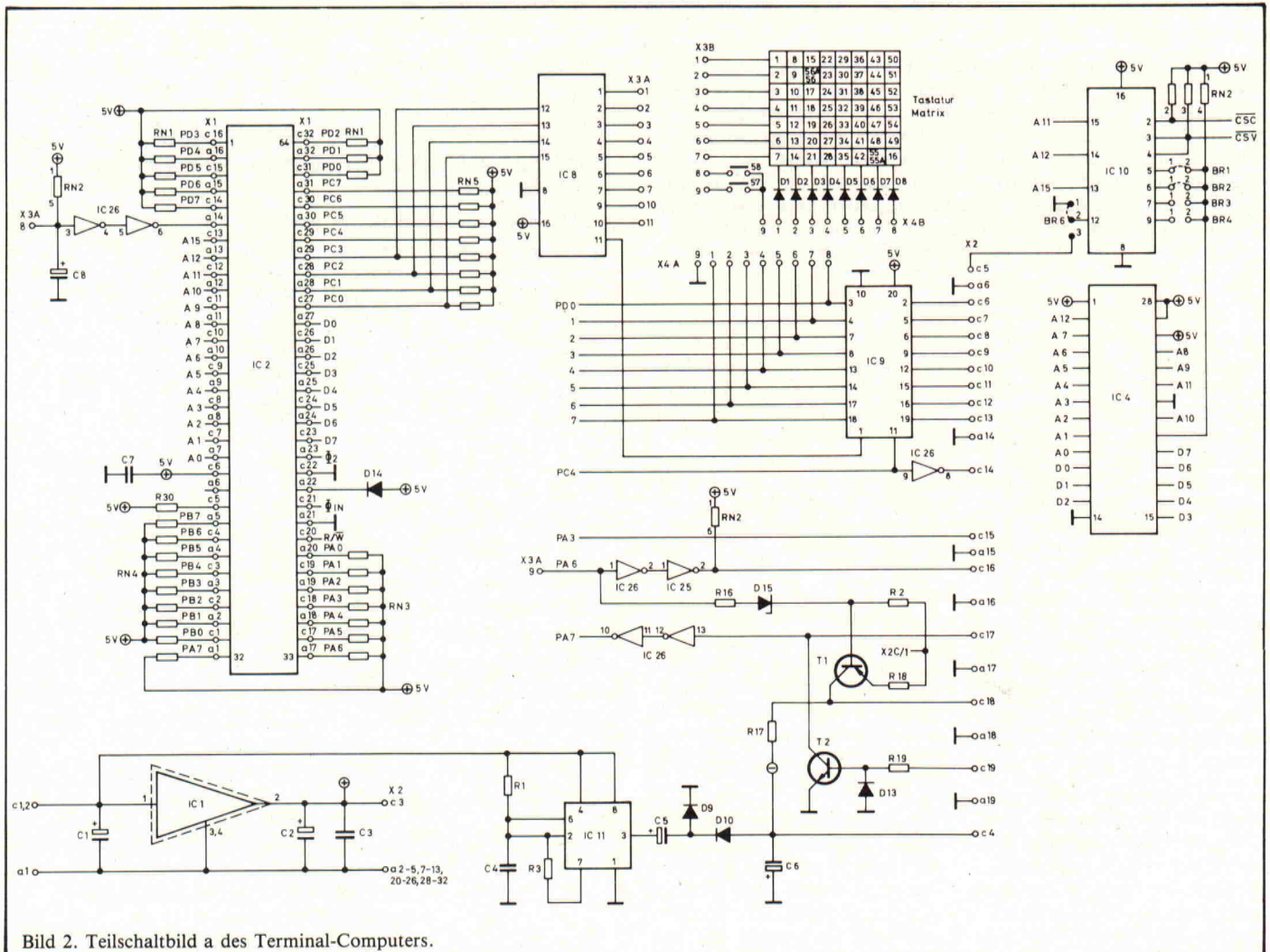


Bild 2. Teilschaltbild a des Terminal-Computers.

minal neben der erwähnten Umschaltmöglichkeit zwischen vier Zeichensätzen: Inverse Darstellung einzelner Zeichen, Zeilen oder Blöcke; halbe Helligkeit; blinkende Zeichen oder Felder; doppelte Schriftbreite. Selbstverständlich lassen sich die Attribute auch gemischt anwenden. Alle Attribut-Steuerleitungen sind an der Steckerleiste X2 (5a...12a) zugänglich; sie können auch zur Bildung von Farbsignalen dienen.

### Seriell und parallel

Zum Datenverkehr mit einem Computer sind zwei serielle Schnittstellen vorhanden; die eine davon arbeitet mit TTL-Pegel, die zweite ist 'parallel geschaltet' und V-24-kompatibel. Ein Spannungswandler auf der Karte erzeugt die dafür benötigte negative Versorgungsspannung. Zwölf verschiedene

Baudraten zwischen 50 und 19200 stehen zur Auswahl. Die Umschaltung erfolgt ebenfalls per Software. Auf dieselbe Weise kann der Anwender auch das Übertragungsformat (Anzahl der übertragenen Bits und der Stopbits, Parität) einstellen. Das Terminal ist hardwareseitig für die Batteriepufferung zum Erhalt dieser Daten vorbereitet.

Wer bereits eine Tastatur besitzt oder besonders hohe Ansprüche an diese stellt, ist mit der Terminal-Version A besser bedient. Für diesen Fall ist eine 8-Bit-Parallelschnittstelle zum Tastaturanschluß vorgesehen, die aus dem Port B des 6511-Computers gebildet wird. Die Portleitungen A0 und A2 dienen als Eingänge für wahlweise negatives oder positives Strobe-Signal. Wer sich in der Lage sieht, die Software anzupassen, kann auch eine Tastatur mit

freier Matrix anschließen (Anschlußleisten X3 und X4). Der Computer kann mit entsprechender Software bis zu 8 x 9 Leitungen bedienen.

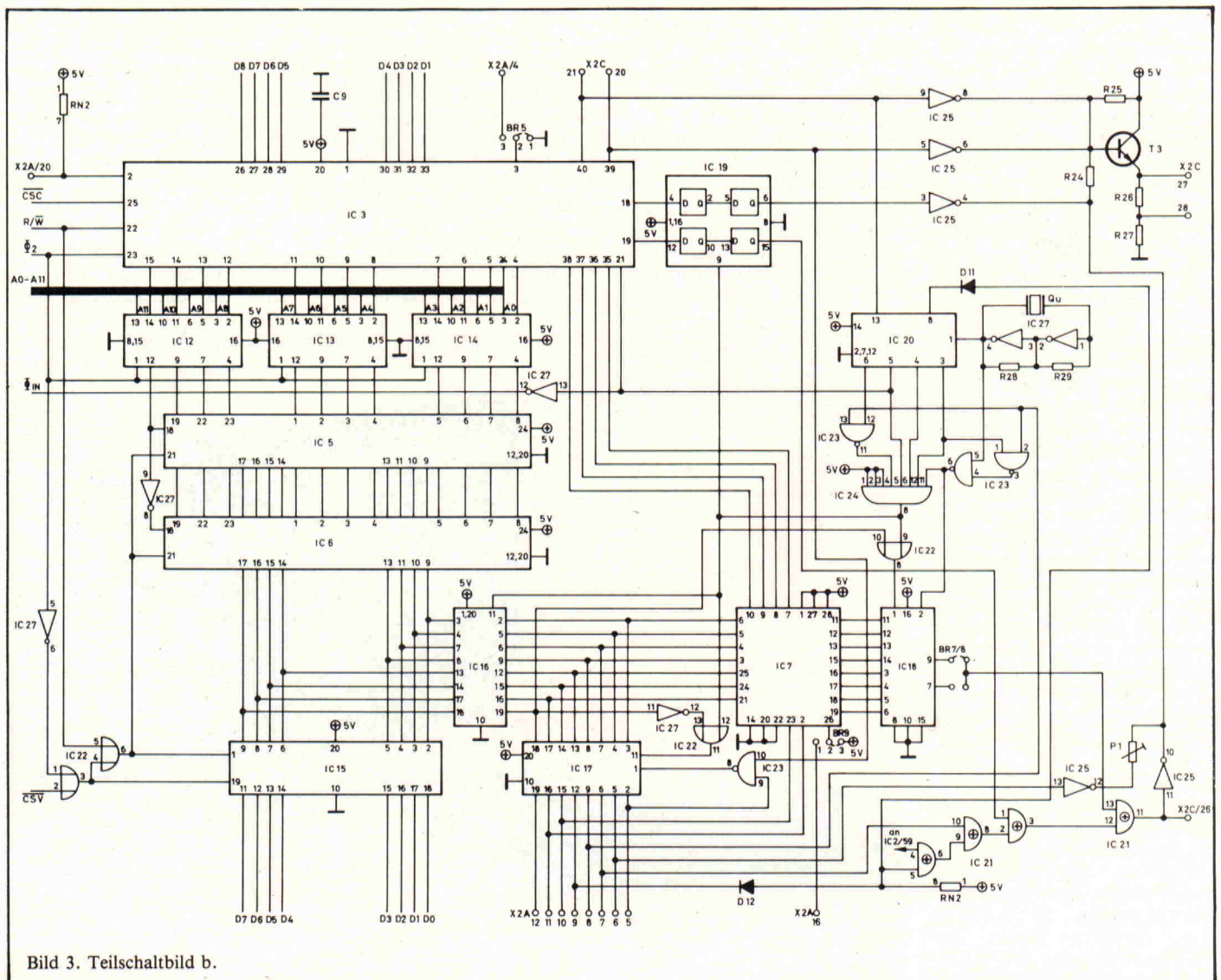
Weitere Verbindungsmöglichkeiten zur Außenwelt bestehen über den Port D, der wahlweise als 8-Bit-Eingang oder -Ausgang verwendet werden kann, solange er nicht für die Tastaturabfrage oder die Centronics-Schnittstelle benutzt wird. Der Video-Controller bietet zudem einen Lichtgriffelanschluß, der ebenfalls über eine Brücke (BR 5) auf eine Steckerverbindung (X2, 4a) gelegt werden kann. Hier kann man allerdings nur ein mittels Schmitt-Trigger aufbereitetes Lichtgriffelsignal einspeisen. Die Software zur Auswertung ist im EPROM noch nicht enthalten.

An der Steckerleiste X1 sind alle Anschlüsse des Single-Chip-

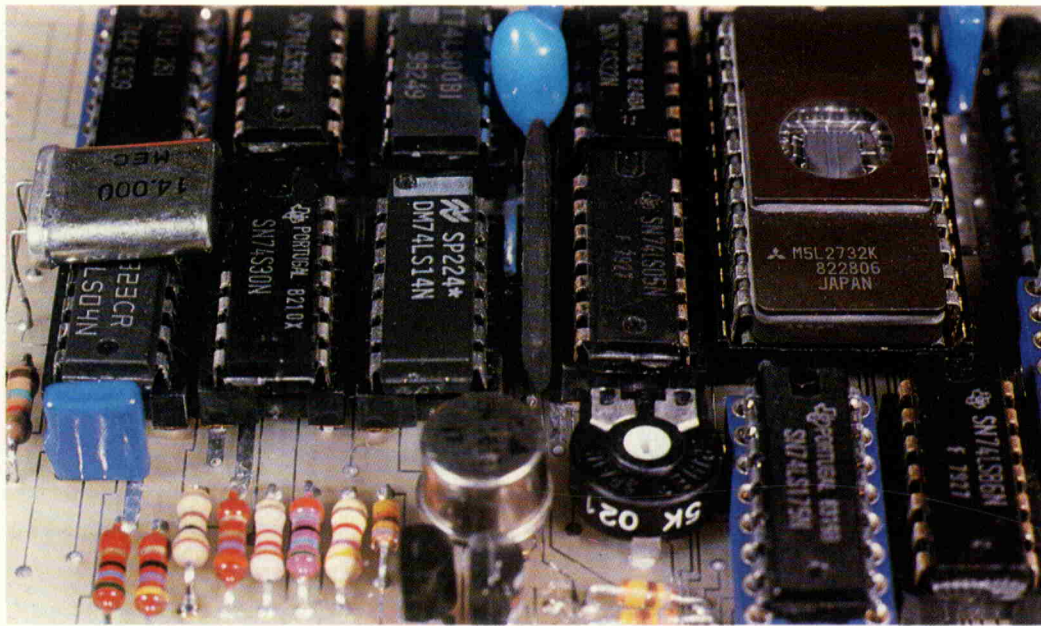
Computers zugänglich. Da dieser einen vollen 64-KByte-Adreßraum ansprechen kann, steht dem Ausbau zu einem Stand-Alone-System nichts im Weg. Der auf der Karte vorhandene Speicher läßt sich von außen, beispielsweise durch die externe Adreß-Decodierung, abschalten (Brücke 6 zwischen den Anschlußpunkten 2 und 3; X2, 5c auf log. 1).

### Direkter Speicherzugriff

Die CPUs der 65er-Familie benötigen den Adreß- und Datenbus nur in der zweiten Hälfte eines jeden Taktzyklus'. Diese Besonderheit ermöglicht es, die erste Hälfte für das Auslesen des Bildspeichers durch den Video-Controller zu reservieren und gestattet gleichzeitig einen sehr schnellen, direkten Zugriff der CPU auf das Video-RAM.







schirm als Leerraum (Space) erscheint. Es ist an dem gesetzten achten Bit erkennbar. Die sieben übrigen Bits kennzeichnen jeweils ein Attribut und bieten theoretisch 128 Kombinationsmöglichkeiten.

Attribut-Bits	
Bit	Bedeutung
0	Löschen der Attribute am Zeilenende
1	Umschalten auf halbe Helligkeit
2	Inverse Darstellung
3	Doppelte Zeichenbreite
4	Blinken
5	Zeichensatz-Umschaltung
6	Zeichensatz-Umschaltung (bei 8- und 16-KByte-EPROMs)
7	Attribut-Flag

Tabelle 2

Wenn an Pin 19 von IC 16 eine logische 1 erscheint, wird damit der Ladeimpuls für das Schieberegister aus- und der für das Latch IC 17 eingeschaltet. Das Datenwort wird zwischengespeichert und bestimmt die Darstellungsform der folgenden Zeichen. Am Ende jeder Bildzeile erhält das Latch ein Clear-Signal, das aus dem Horizontal-Synchronimpuls abgeleitet wird. Der Impuls ist zusätzlich über ein NAND-Gatter mit Bit 0 des Attribut-Bytes verknüpft: so kann der Anwender wahlweise ein Attribut für das gesamte Bild setzen oder

am Ende der Zeile automatisch löschen lassen. Drittens wird jedes Attribut durch Setzen eines neuen oder eines 'leeren' Attribut-Bytes (§ 80) gelöscht. Tabelle 2 zeigt die Bedeutung der einzelnen Bits auf. Die Terminal-Software bietet eine bequeme Möglichkeit, sich über Escape-Sequenzen der Attribut-Schaltung zu bedienen.

### Tastatur und Drucker-Port

Die bei Version 2 vorhandene Tastatur wird durch den Single-Chip-Computer 6511 abgefragt. Tastenerkennung, Entprellen und Autorepeat-Erzeugung erfolgen durch Software. Der Computer steuert über die Portleitungen PC0...3 einen BCD-Decoder (IC 8) in der Weise an, daß jeweils eine der Leitungen zur Tastatur auf log. 0 gezogen wird. An dem mit Pull-Up-Widerständen versehenen Port D erkennt die CPU bei gedrückter Taste das Null-Bit und ermittelt — nach entsprechender Entprellzeit — aus den Zeilen/Spalten-Koordination einen 'Tastenvwert'.

Ausgang 10 des Decoders (Pin 11) liegt ständig auf log. 1, kann aber bei entsprechender Software-Änderung auch dazu verwendet werden, das Latch IC 9 abzuschalten, das den Centronics-kompatiblen Drucker-Port bildet. Um Daten an den Drucker zu senden, schaltet der Computer alle Ausgänge von IC 8 auf log. 1, gibt das jeweilige Datenbyte an Port D

aus und bildet einen kurzen Strobe-Impuls auf der Leitung PC 4. Dieser Impuls wird invertiert und als Drucker-Strobe an X2, 14c, ausgegeben. Die 'INPUT-BUSY'-Leitung des Druckers muß übrigens mit PA3 verbunden werden, denn diese Leitung wird vor jeder Ausgabe eines Zeichens abgefragt.

Auch die serielle Schnittstelle weist eine BUSY-Leitung auf, die allerdings ausschließlich für Signale mit TTL-Pegel benutzt werden darf: Es ist die Portleitung PA1, die an X1, 19c herausgeführt ist. Diese Portleitung ist — wie alle anderen auch — mit einem Pull-Up-Widerstand beschaltet. Der Terminal-Computer legt diesen Anschluß auf log. 0, wenn der Eingangspuffer beim seriellen Datenempfang überläuft. Dieselbe Leitung fragt er vor dem Senden eines Zeichens über die serielle Schnittstelle ab. Ein angeschlossener Computer kann hier also ein Busy-Signal 'loswerden', wenn das Terminal in zu schneller Folge sendet.

### Aufbauhinweise

Ein Projekt wie dieses eignet sich nicht für den ungeübten Bastler. Wer nicht über ausreichende Erfahrung im Aufbau komplexer Digitalschaltungen verfügt, muß davon ausgehen, daß der Selbstbau mißlingen wird. Für die eventuell notwendige Fehlersuche sollte ein Oszilloskop zur Verfügung stehen.

Die in Feinstleiter-Technik ausgeführte Platine reagiert empfindlich auf Überhitzung. Sie sollten deshalb einen LötKolben mit kleiner Leistung (8...15 Watt) verwenden. Bitte gehen Sie sehr sorgfältig nach dem Bestückungsplan vor. Die Löt- und Bestückungsseiten der Platine können Sie anhand der Buchstaben 'L' und 'B' hinter der Typenbezeichnung identifizieren.

Verwenden Sie Fassungen für alle ICs. Es ist nahezu unmöglich, ein Bauteil ohne Beschädigung der Platine wieder auszulöten. Achten Sie auf die richtige Polung bei ICs, Dioden und Tantal-Kondensatoren. Beachten Sie bitte beim Einlöten der Tastenschalter (Version B): Die Schalter sind an einer Seite mit einer Abflachung versehen. Diese muß beim Bestücken zur Vorderseite (Breitseite) der Platine weisen.

Bei der Montage des Kühlkörpers kommt es darauf an, Kurzschlüsse zu darunterliegenden Leiterbahnen zu vermeiden. Es wird eine Isolierscheibe für die Montage benötigt. Kurze Abstandshülsen sorgen außerdem für 'etwas Luft' zwischen Kühlkörper und Platine. Es ist wichtig, den knapp bemessenen Kühlkörper ausreichend zu belüften; daran sollten Sie auch denken, wenn Sie die Platine in ein Gehäuse einbauen wollen (Lüftungsöffnungen vorsehen!).

Vor der Inbetriebnahme der Platine sollten Sie noch einmal sorgfältig anhand des Bestückungsplans die Lage und Polung aller Bauteile überprüfen. Es empfiehlt sich, einen 'Probelauf' durchzuführen, ohne die teuren ICs, wie 6511, 6545, RAM- und EPROM-Bausteine in die Fassungen einzusetzen. Die Stromaufnahme der vollständig bestückten Karte liegt in der Größenordnung von 800 mA. Weitere Hinweise zur Inbetriebnahme und zur Bedienung enthält der zweite Teil der Projektbeschreibung in der nächsten c't-Ausgabe.

### Bezugsquellen-Hinweis:

Platinen, programmierte EPROMs, bedruckte Tasten, Kühlkörper sind erhältlich bei der Firma MARFLOW computing GmbH, Brüderstraße 2, 3000 Hannover 1

**Stückliste**

<b>ICs</b>			350 nS (Betriebsprogramm)
IC1	7805	IC5, 6	2-KByte-RAM, z. B. 2016, 4016, 6116-LP4
IC2	R6511AQ (2MHz)	IC7	EPROM 2732 (Zeichengenerator)
IC3	R6545-1	IC8	74LS42
IC4	EPROM 2732,	IC9, 16, 17	74LS273

IC10	74LS145
IC11	555
IC12, 13, 14	74LS157
IC15	74LS245
IC18	74LS165
IC19	74LS175
IC20	74LS393
IC21	74LS86
IC22	74S32
IC23	74LS00
IC24	74S30
IC25	74LS05
IC26	74LS14
IC27	74LS04

R25	270R
R26	47R
R27	56R
R28	1k5
R29	1k
(nicht fortlaufend nummeriert)	

**Kondensatoren**

C1, 2, 3, 6, 8	10µ...22µ, 16V, Tantal
C3, 7, 11...14	100n, Keramik
C4	10n

**Sonstiges**

X1, X2	64pol. Messerleiste nach DIN 41612c, Reihen a+c, 90°-Lötstifte
Kühlkörper	Fischer SK09/3,75 SA-220
Qu	Quarz 14MHz HC 18K 2 Abstandshülsen 3mm, Isolier-Unterlegscheibe, 2 Schrauben u. Mutter Ø 3mm
Version A:	c't-Terminal-Karte Version A
Version B:	c't-Terminal-Karte Version B T1...T58: Brose-Impulstasten D6 mit bedruckten Kappen

**Sonstige Halbleiter**

T1	BC557 o.ä. (PNP)
T2	BC547 o.ä. (NPN)
T3	2N1613, BC 140
D1...14	1N4148 (D1...8 entfallen bei Version A)
D15	Zenerdiode 5V6, 0,4W

**Widerstände**

RN1...RN5	Widerstandarrays mit je 8x4,7K
R1	6k8
R2	2k2
R3	3k3
R16	1k
R17	1k8
R18	68R
R19...21, 30	4k7
R24	100R

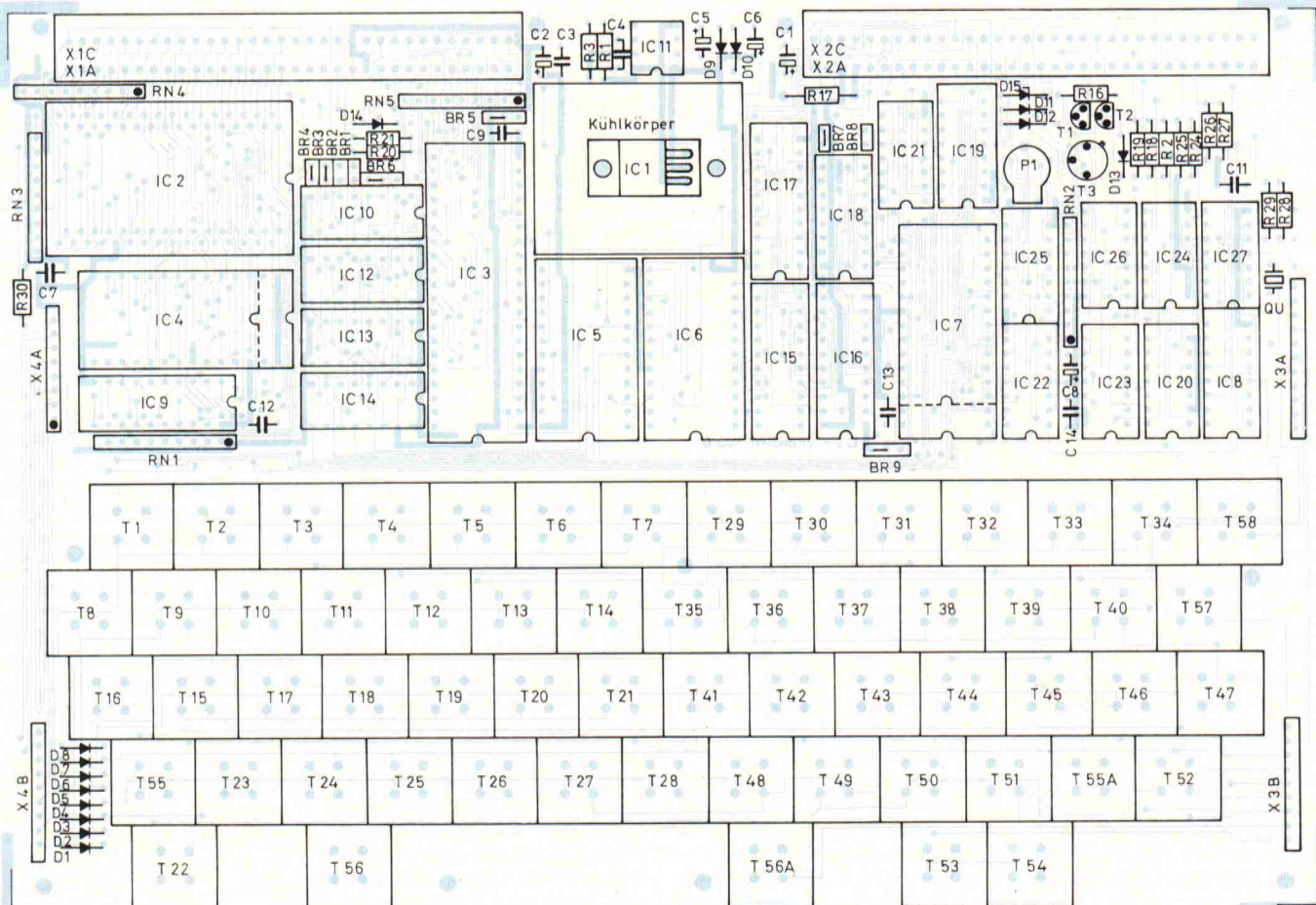
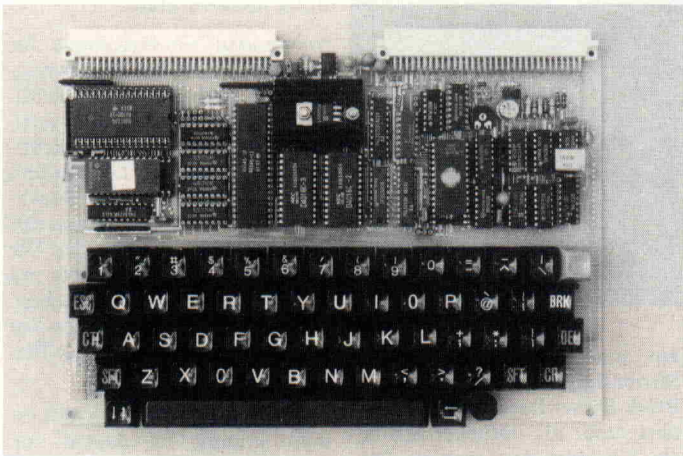


Bild 6. Bestückungsplan

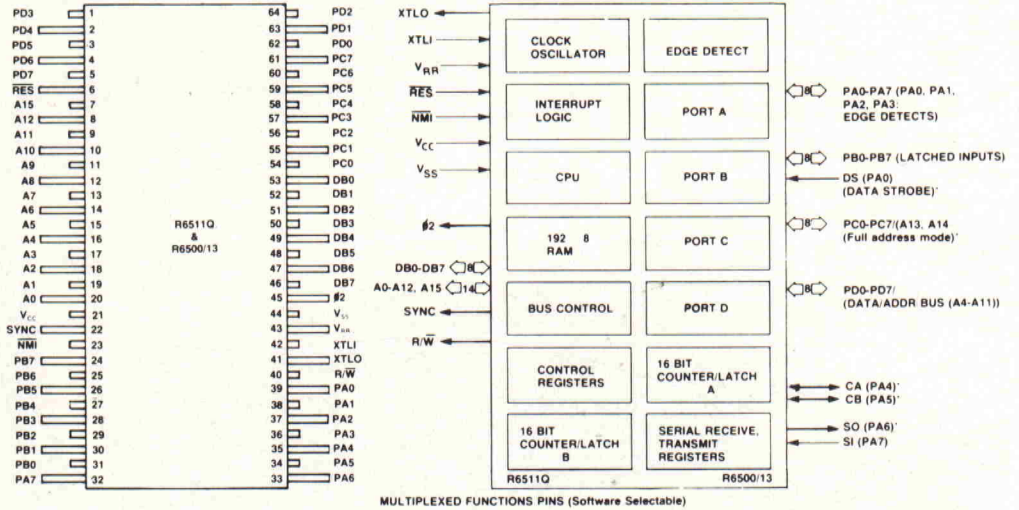
# 6511Q: Ein 'mächtiger' Chip

Der Baustein 6511Q, Arbeitspferd und Steuerzentrale des c't-Terminals, vereinigt die Fähigkeit eines ausgewachsenen Mikrocomputers auf einem Chip: Eine verbesserte 6502-CPU, 192 Bytes RAM (in der Version 6500/13 auch ROM), zwei 16 Bit-Intervalltimer und vier programmierbare 8-Bit-Ports bieten eine Fülle von Anwendungsmöglichkeiten.

Hinzu kommt, daß einige Portleitungen des 64poligen ICs per Software durch Sonderaufgaben eingesetzt werden können: PC6 und 7 übernehmen wahlweise die Funktion von Adreßleitungen, womit ein voller 16-Bit-Adreßbus zur Verfügung steht. PA6 und 7 lassen sich zu einer seriellen Schnittstelle 'umfunktionieren'. Timer A wird dann zum Baudratengenerator; es ist synchroner und asynchroner Datenverkehr möglich. Die dem Kenner der 65er-Familie vom Interface-Baustein 6522 (VIA) her bekannten Features lassen sich auf den 6511Q in der Weise übertragen, als wären zwei VIAs in diesem enthalten.

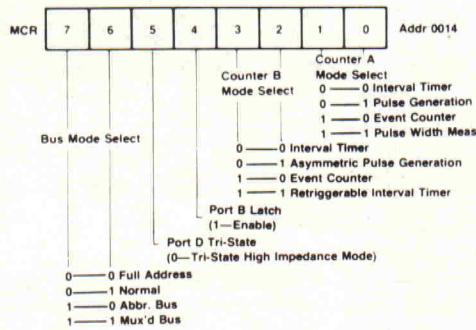
Der Befehlssatz des 6502 wurde beim 6511 um vier Befehle erweitert, nämlich um BBS (Branch on Bit Set)/BBR (Branch on Bit Reset) sowie SMB (Set Memory Bit)/RMB (Reset Memory Bit). Diese Befehlspaare ermöglichen nicht nur einen sehr effizienten Umgang mit den Steuerregistern des Single-Chip-Computers, sondern erleichtern auch den gezielten Einsatz von 'Soft-Flags' in den Programmen.

Register, I/O-Ports und RAM sind in der Zero Page angeordnet. Die nebenstehenden Tabellen, die wir dem Rockwell-Datenblatt Nr. 29651N36 entnommen haben, geben einige Anhaltspunkte für die Programmierung des 6511Q. Wer sich intensiver mit diesem interessanten IC befassen möchte, sollte das 36seitige Datenblatt als Arbeitsgrundlage verwenden.

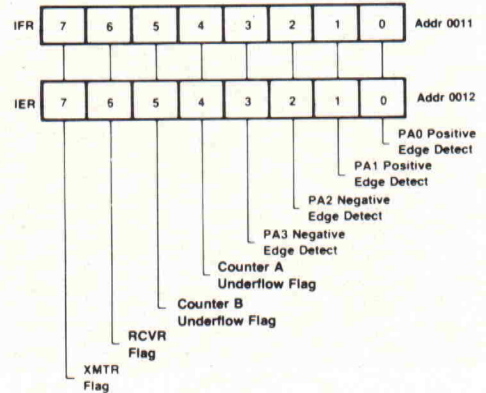


Pinbelegung

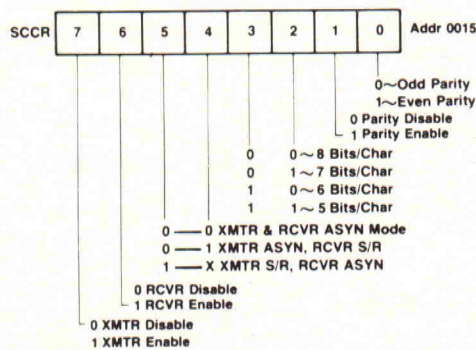
Interface Diagram



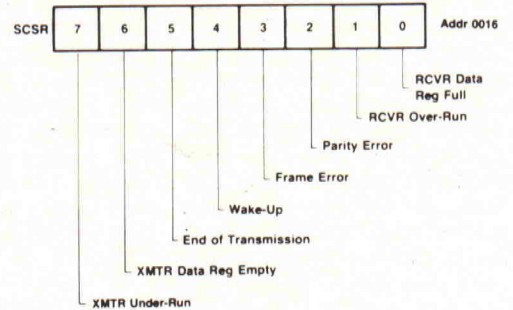
Mode Control Register



Interrupt Enable and Flag Registers



Serial Communications Control Register



Serial Communications Status Register