Vor mehr als vier Jahren veröffentlichte Elektor zum letzten Mal eine Beschreibung, deren Gegenstand der Selbstbau einer alphanumerischen Tastatur war. In Anbetracht dieses langen Zeitraums sowie der stürmischen Entwicklung auf dem Gebiet der Mikro-Computer-Technik erschien eine Neuentwicklung fällig. Die hier beschriebene ASCII-Tastatur wird über viele Jahre hinweg dem "Stand der Technik" entsprechen: Sie gibt die binären Daten sowohl parallel als auch seriell aus (RS 232C-Norm), und für die Kode-Wandlung kann bei Bedarf ein EPROM auf die Platine gesetzt werden.

ASCII-Tastatur

Verständigung mit dem Computer

- separates Hex-Tastenfeld
- acht Sonderfunktionstasten
- voller ASCII-Zeichensatz
- Kode-Wandlung durch EPROM
- Auto-Repeat
- Shift-Lock
- Capital-Lock
- RS 232C-kompatibel

Trotz fortschreitender Entwicklung der Spracheingabe ist eine alphanumerische Tastatur für die Bedienung eines (Mikro-) Computers auf absehbare Zeit unverzichtbar. Eine solche Tastatur gibt beim Drücken einer Taste einen binären Kode (ein "Wort") aus, das der Computer unmittelbar weiterverarbeiten kann. Hierbei ist jedem alphanumerischen Zeichen sowie verschiedenen zusätzlichen Tastenfunktionen eindeutig ein bestimmter Kode zugeordnet. In der Mikro-Computer-Technik wird fast ausschließlich vom sogenannten ASCII-Kode Gebrauch gemacht, wobei die Buchstaben "ASCII" für "American Standard Code for Information Interchange" stehen. Der ASCII-Kode ist ein 8-bit-Kode; das achte, höchstwertige Bit (MSB) wird jedoch als Paritätsbit genutzt. Mit den verbleibenden sieben Bit lassen sich $2^7 = 128$ Zeichen (Charakter) oder Funktionen kodieren, so daß neben den Groß- und Kleinbuchstaben, Ziffern und Sonderzeichen noch genügend freie Kodewörter für Steuerkommandos und ähnliches übrig bleiben. In Tabelle 1 sind sämtliche ASCII-Kodes und ihre Bedeutung so aufgelistet, wie sie in der ASCII-Norm festgelegt sind. Der Tabelle ist ferner zu entnehmen, daß sich bestimmte Zeichengruppen durch ein gemeinsames Merkmal des Kodewortes auszeichnen. So ist zum Beispiel Bit 5 bei kleinen Buchstaben "1" und bei großen Buchstaben "0". Bei den Kodes, die nicht zu den Zeichen gehören, sind in Tabelle 1 Abkürzungen angegeben. Über die Bedeutung dieser Abkürzungen gibt Tabelle 2 ebenfalls Auskunft.

Bitmuster auf Tastendruck

Wie schon erwähnt umfaßt der ASCII-Kode 128 verschiedene Bit-Konfigurationen. Eine aus 128 Einzeltasten bestehende Tastatur wäre jedoch nicht nur ziemlich kostspielig, sondern darüber hinaus auch recht unhandlich. Um ohne Verzicht auf einzelne Kodes mit weniger Tasten auszukommen, belegt man die Tasten mit zwei oder sogar drei Funktionen, zwischen denen mit zusätzlichen Tasten umgeschaltet werden kann. Die hier beschriebene Tastatur besteht aus immerhin noch 90 Einzeltasten.

Die Erzeugung der ASCII-Kodewörter läßt sich an Hand der Schaltung in Bild 1 leicht erklären. Das "Gehirn" der Tastatur ist ein sogenannter Keyboard-Encoder, ein spezielles IC, das die Typenbezeichnung AY-5-2376 trägt. An ihn sind die einzelnen Tastenkontakte in Form einer Matrix angeschlossen, so daß die Anzahl der Leitungen zwischen den Tasten und dem Encoder auf 19 reduziert wird. Mit Hilfe eines Oszillators, dessen frequenzbestimmende Komponenten extern an den Anschlüssen 2, 3 und 40 liegen,

Bild 1. Die Schaltung der alphanumerischen Tastatur; ihr Kernstück ist der integrierte Encoder, der die Tasteninformationen in den zugehörigen ASCII-Kode umsetzt.

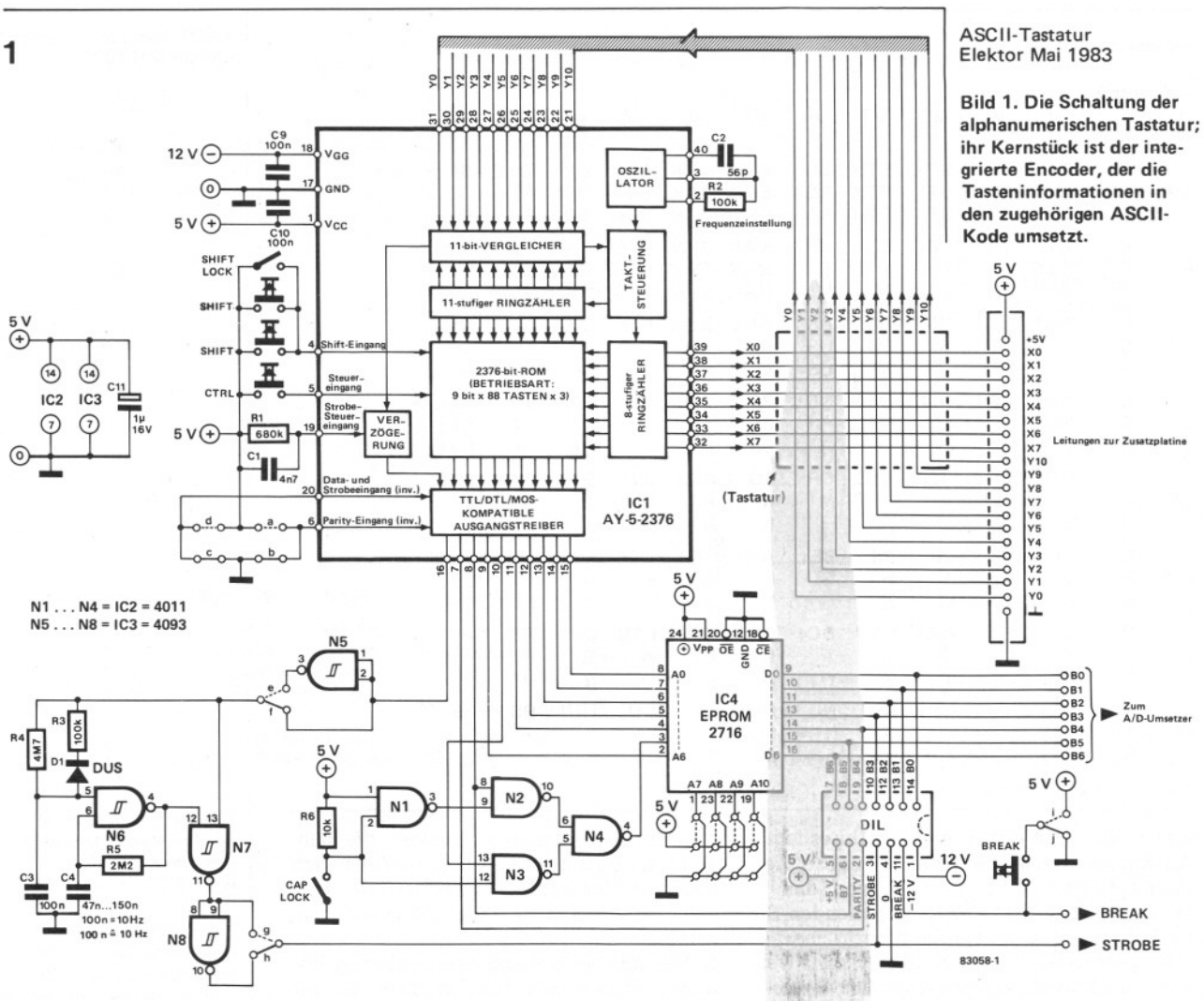


Tabelle 1. ASCII-Kode dezimal, hexadezimal und binär (Ausgangskode des ROM in IC1) und seine Bedeutung.

dezimal	hexadezimal	binär		Bedeutung	Control
0	00	0000000	NUL	Null, keine Operation	
1	01	0000001	SOH	Start of Heading Vorspannanfang	A
2	02	0000010	STX	Start of Text Textanfang	B
3	03	0000011	ETX	End of Text Textende	C
4	04	0000100	EOT	End of Transmission Übertragungsende	D
5	05	0000101	ENQ	Enquiry Stationsanruf	E
6	06	0000110	ACK	Acknowledge Betätigung	F
7	07	0000111	BEL	Bell Klingel	G
8	08	0001000	BS	Backspace Rückwärtsschritt	H
9	09	0001001	HT	Horizontal Tabulation	I
10	0A	0001010	LF	Line Feed Zeilenvorschub	J
11	0B	0001011	VT	Vertical Tabulation	K
12	0C	0001100	FF	Form Feed Formularvorschub	L
13	0D	0001101	CR	Carriage Return Wagenrücklauf	M
14	0E	0001110	SO	Shift Out Umschalten	N
15	0F	0001111	SI	Shift In Zurückschalten	O
16	10	0010000	DLE	Data Link Escape Austritt aus der Datenverbindung	P
17	11	0010001	DC1	Device Control 1 Gerätesteuerung 1	Q
18	12	0010010	DC2	Device Control 2	R
19	13	0010011	DC3	Device Control 3	S
20	14	0010100	DC4	Device Control 4	T
21	15	0010101	NAK	Negative Acknowledge Fehlermeldung	U
22	16	0010110	SYN	Synchronous Idle Synchronisierung	V
23	17	0010111	ETB	End of Transm. Block Datenblockende	W
24	18	0011000	CAN	Cancel ungültig	X
25	19	0011001	EM	End of Medium Datenträgerende	Y
26	1A	0011010	SUB	Substitute Character Zeichen ersetzen	Z
27	1B	0011011	ESC	Escape Rücksprung	
28	1C	0011100	FS	File Separator Filetrennung	

dezimal	hexadezimal	binär		Bedeutung
29	1D	0011101	GS	Group Separator Gruppentrennung
30	1E	0011110	RS	Record Separator Untergruppentrennung
31	1F	0011111	US	Unit Separator Einheitentrennung
32	20	0100000	SP	Space Leerschritt
33	21	0100001	!	
34	22	0100010	"	
35	23	0100011	#	Nummernzeichen (oder nationales Währungssymbol)
36	24	0100100	$	
37	25	0100101	%	
38	26	0100110	&	
39	27	0100111	'	
40	28	0101000	(	
41	29	0101001	)	
42	2A	0101010	*	(Stern gilt oft als Multiplikationszeichen)
43	2B	0101011	+	
44	2C	0101100	,	
45	2D	0101101	—	
46	2E	0101110	.	
47	2F	0101111	/	(dient als Divisionszeichen)
48	30	0110000	0	
49	31	0110001	1	
50	32	0110010	2	
51	33	0110011	3	
52	34	0110100	4	
53	35	0110101	5	
54	36	0110110	6	
55	37	0110111	7	
56	38	0111000	8	
57	39	0111001	9	
58	3A	0111010	:	
59	3B	0111011	;	
60	3C	0111100	<	
61	3D	0111101	=	
62	3E	0111110	>	
63	3F	0111111	?	
64	40	1000000	@	(kaufmännisches "at" oder §)
65	41	1000001	A	
66	42	1000010	B	
67	43	1000011	C	
68	44	1000100	D	
69	45	1000101	E	
70	46	1000110	F	
71	47	1000111	G	
72	48	1001000	H	
73	49	1001001	I	
74	4A	1001010	J	

dezimal	hexadezimal	binär		Bedeutung
75	4B	1001011	K	
76	4C	1001100	L	
77	4D	1001101	M	
78	4E	1001110	N	
79	4F	1001111	O	
80	50	1010000	P	
81	51	1010001	Q	
82	52	1010010	R	
83	53	1010011	S	
84	54	1010100	T	
85	55	1010101	U	
86	56	1010110	V	
87	57	1010111	W	
88	58	1011000	X	
89	59	1011001	Y	
90	5A	1011010	Z	
91	5B	1011011	[	(oder "Ä")
92	5C	1011100	/	(backslash) (oder "Ö")
93	5D	1011101	]	(oder "Ü")
94	5E	1011110	^	(oder "↑")
95	5F	1011111	_	(oder "←")
96	60	1100000	`	
97	61	1100001	a	
98	62	1100010	b	
99	63	1100011	c	
100	64	1100100	d	
101	65	1100101	e	
102	66	1100110	f	
103	67	1100111	g	
104	68	1101000	h	
105	69	1101001	i	
106	6A	1101010	j	
107	6B	1101011	k	
108	6C	1101100	l	
109	6D	1101101	m	
110	6E	1101110	n	
111	6F	1101111	o	
112	70	1110000	p	
113	71	1110001	q	
114	72	1110010	r	
115	73	1110011	s	
116	74	1110100	t	
117	75	1110101	u	
118	76	1110110	v	
119	77	1110111	w	
120	78	1111000	x	
121	79	1111001	y	
122	7A	1111010	z	
123	7B	1111011	{	(oder "ä")
124	7C	1111100	|	(oder "ö")
125	7D	1111101	}	(oder "ü")
126	7E	1111110	~	(oder "ß")
127	7F	1111111	DEL	Delete, Rub Out Löschzeichen

Tabelle 2

C: control
S: shift
N: normal

		y0	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10
	C	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	DC1	DLE	SI
x0	S	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	DC1	@	_
	N	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	DC1	P	O
	C	DLE	VT	FF	SO	CR	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB
x1	S	DLE	[	\		]	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB
	N	DLE	K	L	N	M	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB
	C	NUL	FS	GS	RS	US	NUL	NUL	NUL	SP	NUL	US
x2	S	=	FS	GS	RS	US	<	>	,	SP	•	_
	N	_	FS	GS	RS	US	<	>	,	SP	•	_
	C	NUL	NUL	DLE	US	NUL	BS	ESC	GS	CR	LF	DEL
x3	S	NUL	*	P	DEL	`	BS			CR	LF	DEL
	N	0	:	P	_	@	BS	[	]	CR	LF	DEL
	C	NUL	NUL	NUL	NUL	CR	SO	STX	SYN	ETX	CAN	SUB
x4	S	+	?	>	<	M	N	B	V	C	X	Z
	N	;	/	•	,	m	b	b	v	c	x	z
	C	FF	VT	LF	BS	BEL	ACK	EOT	DC3	SOH	FF	ESC
x5	S	L	K	J	H	G	F	D	S	A	FF	ESC
	N	l	k	j	h	g	f	d	s	a	FF	ESC
	C	SI	HT	NAK	EM	DC4	DC2	ENQ	ETB	DC1	HT	VT
x6	S	O	I	U	Y	T	R	E	W	Q	HT	VT
	N	o	i	u	y	t	r	e	w	q	HT	VT
	C	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	RS	FS
x7	S	)	(	•	&	%	$	#	"	!	~	|
	N	9	8	7	6	5	4	3	2	1		\

Tabelle 3

DATA	STROBE	Drahtbrücken
normal	pos. ⎍	c, f, h,
invert.	pos. ⎍	d, e, h,
normal	neg. ⎍	c, f, g,
invert.	neg. ⎍	d, e, g
gerade Parität:		a
ungerade Parität:		b

Tabelle 2. Die Struktur der Tastatur-Matrix beim Keyboard Encoder AY-5-2376.

Tabelle 3. Einige Drahtbrücken bestimmen die Polarität der Datenbits und der Strobe-Impulse sowie die Art des Paritätsbits.

sowie eines internen 8-bit-Ringzählers legt der Encoder nacheinander ein Signal an die Matrix-Zeilen X0 . . . X7. Die von den Matrix-Spalten Y0 . . . Y10 kommenden Signale lassen eine eindeutige Identifizierung jeder gedrückten Taste zu; diese Signale werden vom Encoder ausgewertet. Die Dauer des sich ständig wiederholenden "Abfrage"-Zyklus ist so kurz, daß auch schnelle Tastenbewegungen erkannt werden. Insgesamt können an eine 8 x 11-Matrix 88 Tasten angeschlossen werden. Diese Zahl steht nicht im Widerspruch zur Anzahl der hier vorgesehenen Tasten: Verschiedene Tasten wie zum Beispiel die Funktionstasten F1 . . . F8 sind nicht mit dem Encoder verbunden, sondern ihre Anschlüsse werden unmittelbar nach außen geführt. Ferner sind einige Zeichen, beispielsweise die Ziffern 0 . . . 9,über mehr als eine Taste erreichbar.
In Bild 2 ist die Belegung der Matrix mit den einzelnen Zeichen und Funktionen dargestellt, während Tabelle 2 zusätzlich noch die Belegung bei den Umschaltfunktionen "Shift" und "Control" angibt.

Der Encoder

Im Keyboard-Encoder befindet sich ein Festwertspeicher (ROM), der sämtliche binären ASCII-Kodes enthält. Die Adresse des auszulesenden Kodes, das ja ein 8-bit-Wort ist, wird intern aus mehrenen Informationen gebildet: aus dem Signal, das der 8-bit-Ringzähler zur Tastatur schickt, aus dem über die Leitungen Y0 . . . Y10 zurückkehrenden Signal aus den Umschaltsignalen am Shift- und Control-Eingang.
Die Shift- oder die Control-Taste muß deshalb gleichzeitig mit der betreffenden Matrix-Taste gedrückt werden, wenn die zweite bzw. dritte Funktion der Matrix-Taste aktiviert werden soll. Die Steuerfunktion der Schreibmarke (Cursor), die sich nicht nur über eigene Tasten, sondern auch über die Control-Umschaltfunktion erreichen lassen, sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.
Neben den vorstehend beschriebenen internen Funktionen des Encoders, die zur Tastaturabfrage und Ausgabe des zugehörigen ASCII-Kodeworts dienen, ist dort auch noch die Erzeugung des Paritätsbits sowie die Kontaktentprellung integriert. Während das RC-Glied an Pin 19 die Karenzzeit bestimmt, nach deren Ablauf das Tastatursignal ausgewertet wird, hängt das Paritätsbit vom Signal an Pin 6 ab.
Normalerweise liegt Pin 6 über Brücke b an Masse; wird dieser Pin über Brücke a an +5 V gelegt, so erhält man ein invertiertes Paritätsbit. Ähnliches gilt für die sieben Datenbits und das Strobe-Signal: Setzt man statt der Brücke c die Brücke d ein, dann liefert der Encoder die Datenbits und das Strobe-Signal in invertierter Form.

Neuigkeiten

Bis hierher stimmen die Eigenschaften und der schaltungstechnische Aufbau der neuen Tastatur mit der alten Ausführung überein. Neu sind dagegen vier "Extras", von denen zwei als Optionen gedacht sind.
Die erste neue Eigenschaft betrifft das Wiederholen des gleichen Zeichens, wie man es zum Beispiel zum Unterstreichen einer ganzen Zeile benötigt. Viele Tastaturen sind hierzu mit einer "Repeat"-Taste ausgestattet, die gleichzeitig mit der Taste des zu wiederholenden Zeichens gedrückt werden muß. Hier wurde eine elegantere Lösung gewählt: Drückt man eine Zeichentaste nur kurz, so wird nur ein einzelner Strobe-Impuls erzeugt; hält man dagegen die Taste länger gedrückt, so werden bis zum Loslassen fort-

Tabelle 4

(FORM FEED)	CTRL	+	L	=	FF	=	home cursor + page clear
(LINE FEED)	CTRL	+	J	=	LF	=	LF + cursor ↓
(HORIZONTAL TAB)	CTRL	+	I	=	HT	=	cursor →
(VERTICAL TAB)	CTRL	+	K	=	VT	=	cursor ↑
(CARRIAGE RETURN)	CTRL	+	M	=	CR	=	CR + erasure to end of line
(BACK SPACE)	CTRL	+	H	=	BS	=	cursor ←
(ESCAPE)	CTRL	+		=	ESC	=	scroll up
(FILE SEPARATOR)	CTRL	+		=	FS	=	home cursor

Tabelle 4. Bedeutung und Realisierung der verschiedenen Spezial-Funktionen.

2a

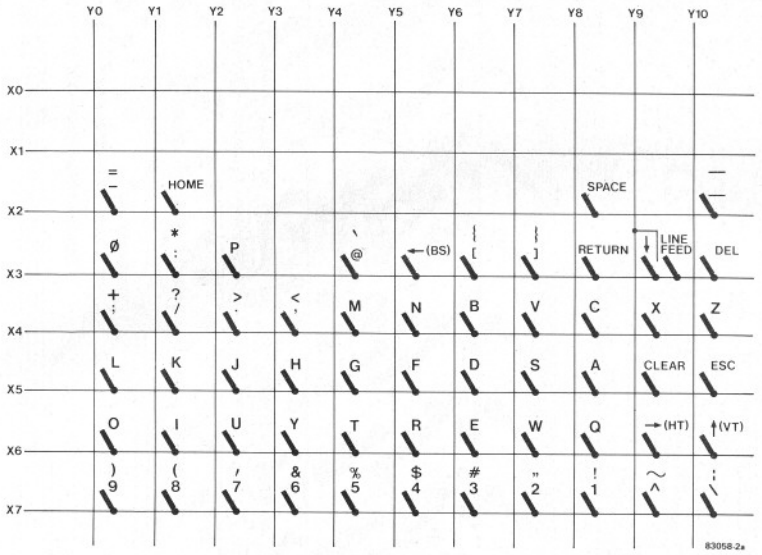
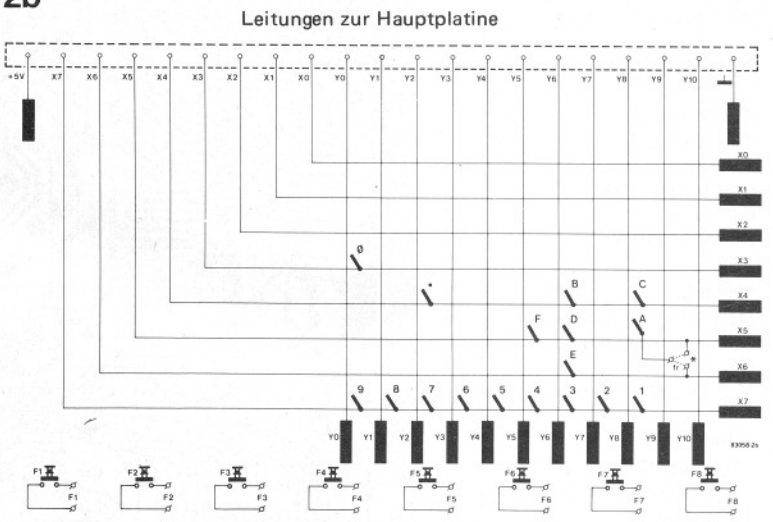


Bild 2. Belegung der Tastatur-Matrix für das große Tastenfeld (a) und das numerische Tastenfeld mit den zusätzlichen Funktionstasten (b).*

* Die obere der beiden gestrichelt gezeichneten Drahtbrücken einsetzen!

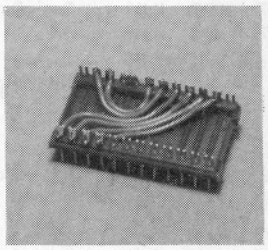
2b



laufend weitere Strobe-Impulse ausgegeben (ein Strobe-Impuls signalisiert dem Computer oder dem Terminal, daß ein gültiger ASCII-Kode auf den Datenleitungen liegt). Die Strobe-Impulse, die auf Wunsch auch invertiert werden können (Brücken e . . . h), erzeugt der mit Gatter N6 aufgebaute Start-Stopp-Oszillator. Das RC-Glied R4/C3 bewirkt eine Verzögerung von ungefähr einer halben Sekunde; erst nach Ablauf dieser Zeit schwingt der Rechteckoszillator an.
Auch die zweite neue Eigenschaft verbessert den Bedienungskomfort: Die Gatter N1 . . . . N4, die mit dem Schalter "CAP LOCK" verbunden sind, invertieren beim Drücken dieses einrastenden Schalters das Bit 5 des ASCII-Worts. Hierdurch werden alle Buchstaben als Großbuchstaben (englisch "capitals") geschrieben, ohne daß die Shift-Taste gedrückt werden muß. Die nicht mit Buchstaben belegten Tasten behalten dagegen die Funktion bei, die sie ohne Drücken der Shift-Taste haben. Vorteilhaft ist diese Großschreibung zum Beispiel bei der Eingabe von Basic-Programmen in einen Computer, der die Umwandlung von Klein- in Großbuchstaben nicht selbst erledigt.
Eine weitere, mehr äußerliche Neuerung ist das zusätzliche numerische Hex-Tastenfeld mit den Funktionstasten F1 . . . F8. Während die Zifferntasten 0 . . . F den gleichnamigen Tasten des großen Tastenfelds parallelgeschaltet sind, führen die Leitungen von den Tasten F1 . . . F8 direkt nach außen; diese Tasten können daher für beliebige Zwecke verwendet werden.

Optionen

Die erste der beiden bereits erwähnten Optionen ist die Kode-Wandlung, die dann notwendig wird, wenn einer oder mehreren Tasten andere, von der ASCII-Norm (siehe Tabelle 1) abweichende Bitmuster zugeordnet werden sollen. Wie aus Bild 1 hervorgeht, ist hierzu nur ein EPROM vom Typ 2716 notwendig. Die vom Encoder erzeugten ASCII-Kodewörter werden als Adressen für das EPROM verwendet. Der jeweils adressierte Speicherplatz muß das neue Wort enthalten, das den als Adresse dienenden ASCII-Kode ersetzen soll. Mit den Drahtbrücken



Das selbstgebaute Ersatz-(E)PROM für IC4.

Stückliste (ohne Optionen)

Widerstände:
R1 = 680 k
R2,R3 = 100 k
R4 = 4M7
R5 = 2M2
R6 = 10 k

Kondensatoren:
C1 = 4n7
C2 = 56 p
C3,C9,C10 = 100 n
C4 = 47 n
C11 = 1 µ/16 V

Halbleiter:
D1 = DUS (1N4148)
IC1 = AY-5-2376
IC2 = 4011
IC3 = 4093

außerdem:
14-polige IC-Fassung für Flachkabel-Anschluß
Tastensatz

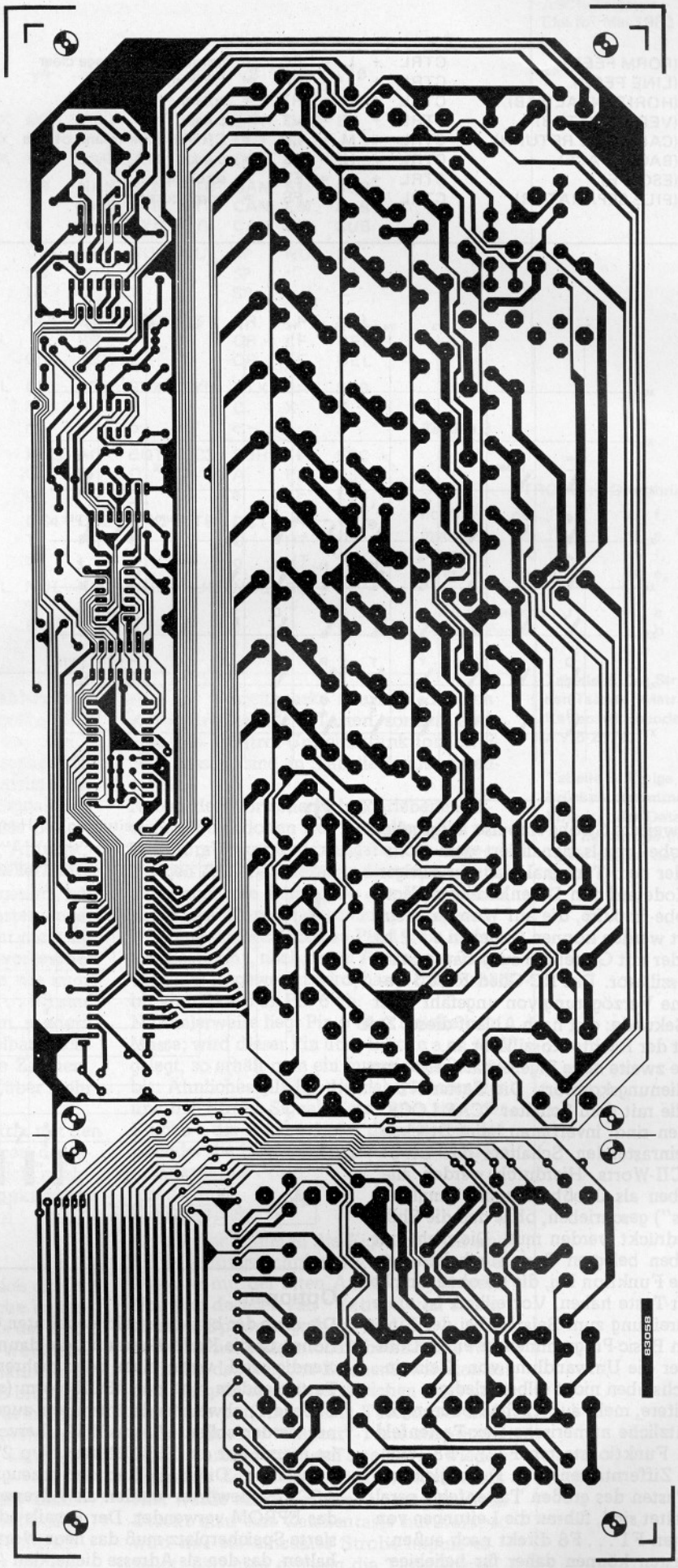
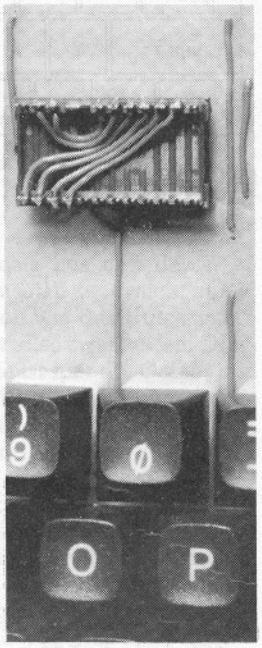


Bild 4. Kupfer- und Bestückungsseite der Tastatur-Platine; sie ist hier aus Platzgründen 60% verkleinert wiedergegeben.

ASCII-Tastatur
Elektor Mai 1983



Die ersten 128 Bytes von IC4 enthalten den gleichen Kode wie der Wert der anliegenden 7-bit-Adresse. Wird dieser Daten-Block gewählt (A7 . . A10 an Masse), dann kann man das EPROM durch einige Drahtbrücken ersetzen. Werden diese Drahtbrücken auf einen DIL-Stecker gesetzt, dann erhält man ein selbst gebautes PROM.

Einige Drahtbrücken im Bestückungsaufdruck sind gestrichelt dargestellt. Diese Drahtbrücken sind dann einzusetzen, wenn die Wahl zwischen gestrichelter und durchgezogener Linie im Bestückungsaufdruck gelassen wird. Auf diese Weise werden beispielsweise die Buchstaben Y und Z vertauscht. Zur Wahl der Drahtbrücke "fr" siehe Bild 2b. Außerdem muß man sich an Tabelle 3 orientieren.

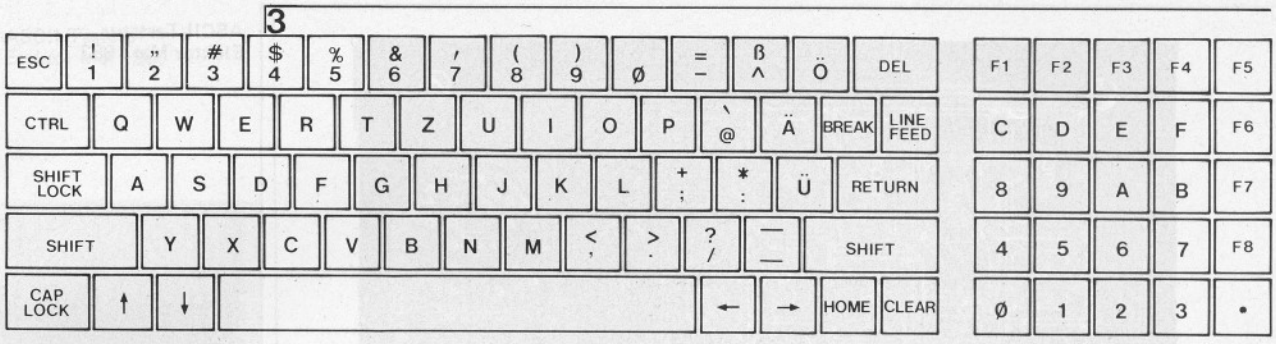


Bild 3. Anordnung der Tasten auf der Platine.

A7 . . . A10 kann einer von 16 Teilbereichen aus dem 2 kByte umfassenden EPROM-Gesamtbereich ausgewählt werden, so daß bei entsprechender EPROM-Programmierung 16 unterschiedliche Kodes zur Verfügung stehen. Wenn eine Kode-Wandlung nicht benötigt wird, entfällt natürlich das EPROM; auf der Platine werden dann die Adreß-Eingänge einfach mit den Daten-Ausgängen verbunden.

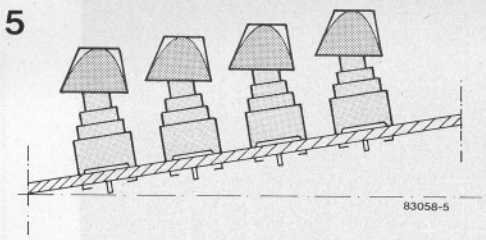


Bild 5. Nach richtigem Einbau der Tasten und Neigung der Platine um ca. 15° steigen die Tastenreihen nach hinten terassenartig an. Dies ist für die Bedienung günstiger als eine flache Bauweise.

Als zweite Option ist die Umwandlung der vom Encoder oder vom EPROM kommenden parallelen Datenwörter in das serielle Datenformat nach der Norm RS 232C vorgesehen. Diesem "Extra" widmen wir uns jedoch an anderer Stelle in diesem Heft, so daß sich hier eine Beschreibung erübrigt.

Bau

Bild 3 zeigt die Anordnung und Zeichenbelegung der Tasten, Bild 4 gibt die Platine wieder; sie ist für Tasten des Fabrikats "Futaba" ausgelegt. Die Datenleitungen enden an einer 14-Pin-DIL-Fassung, in die ein DIL-Stecker mit angeschlossenem Flachkabel gesteckt werden kann. Über die Fassung wird der Tastatur auch die Speisespannung (+5 V) zugeführt, die entweder der Computer bzw. das Video-Interface oder eine andere externe Spannungsquelle liefern muß. Die Anschlüsse der acht Funktionstasten sind nicht über die DIL-Fassung, sondern über eigene Lötpunkte zugänglich.

Vor der Montage der einzelnen Tasten müssen die elektronischen Komponenten einschließlich der Drahtbrücken auf die Platine gesetzt werden.

Hilfestellung für die Tastenmontage gibt Bild 5: Dort ist dargestellt, wie die Tastenreihen bei einer Neigung der Tastatur von etwa 15° terassenartig nach hinten ansteigen. Für die Funktionen "SHIFT LOCK" und "CAP LOCK" sind die beiden einrastenden Tasten bestimmt. Die Montage der breiten Leerschrittaste bedarf erhöhter Aufmerksamkeit. Bild 6 zeigt eine Ansicht dieser Taste von vorn und von der Seite. Ebenso wie die genannten Tasten müssen auch alle übrigen Tasten so montiert werden, daß sie sich nicht gegenseitig berühren. Da der Abstand nur ca. 1 mm beträgt, ist einige Sorgfalt geboten. Am besten lötet man zunächst nur einen der beiden Tastenkontaktanschlüsse fest; der zweite folgt, nachdem die Tasten vorschriftsmäßig ausgerichtet sind.

Über das Gehäuse, in das die Tastatur zweckmäßigerweise eingebaut werden sollte, ist nicht viel anzumerken. Geeignet ist jedes Tastaturgehäuse mit einer Neigung der Pultfläche von ungefähr 15°. ◀

Über die Möglichkeit, die ASCII-Tastatur in eine DIN-gerechte Schreibmaschinen-Tastatur zu "verwandeln", werden wir Sie voraussichtlich im Juni-Heft informieren können.

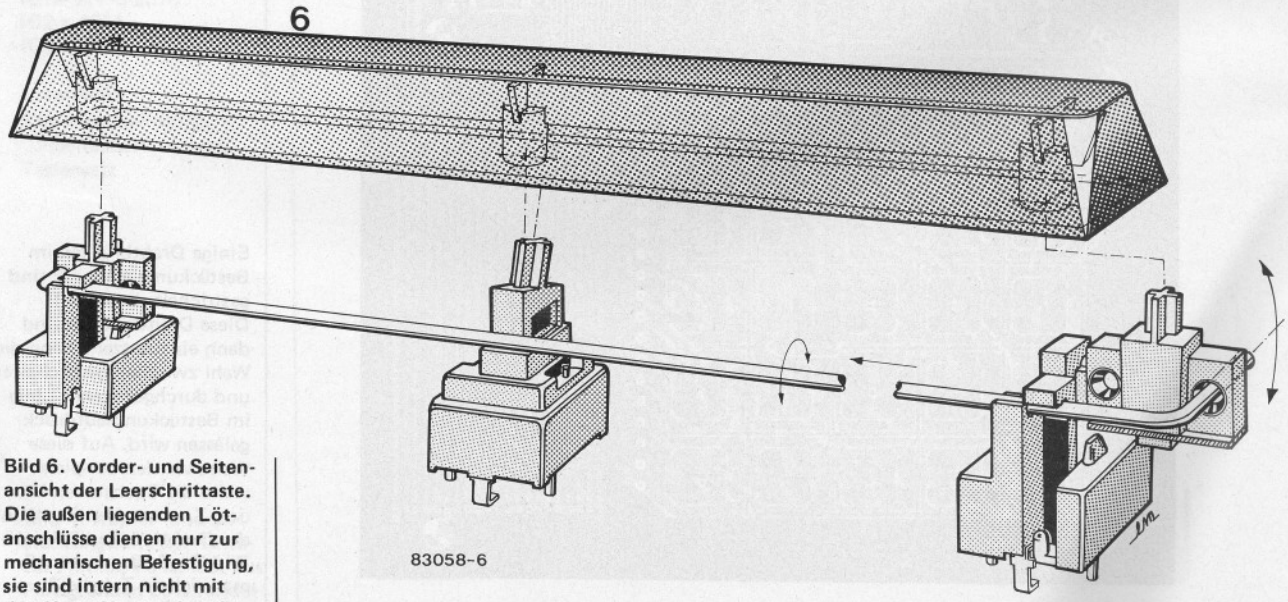


Bild 6. Vorder- und Seitenansicht der Leerschrittaste. Die außen liegenden Lötanschlüsse dienen nur zur mechanischen Befestigung, sie sind intern nicht mit den Kontakten verbunden.