

Wissenswertes über die PC-Tastatur-Kodierung

Neben der guten Verfügbarkeit, den niedrigen Kosten und der gewohnten Bedienung hat die Verwendung einer PC-Tastatur zum direkten Anschluss an ein Mikrocontrollersystem auch noch den Vorteil, dass man wertvolle Portpins spart, die man sonst zur Abfrage einer aus Einzeltastern zusammen gestellten Tastatur benötigt.

Eine PC-Tastatur gibt hingegen ein serielles Signal ab und stellt somit eine ideale Ergänzung für ein Mikrocontrollerprojekt dar. Allerdings weist der Aufbau des Signals einer PC-Tastatur einige Besonderheiten auf. Für die serielle Datenübertragung werden zwei Signalleitungen verwendet: Eine Leitung (Data) transferiert die Daten, die andere (Clock) den Takt.

Das Protokoll der seriellen Datenübertragung ist sehr komplex und soll im folgenden näher erläutert werden. Das meist verbreitetste Keyboard ist die sogenannte MF2-Tastatur (multi- functional keyboard version 2), die in ihren Ursprüngen von IBM für die Computer der Reihen XT, AT und PS2 entwickelt wurde. Mittlerweile sind diese Tastaturen zum Industriestandard geworden. Nahezu alle PCs sind mit ihnen ausgestattet. Die Tastatur selbst enthält einen sogenannten Tastaturcontroller zur Erzeugung des Tastaturcodes und zur Kommunikation mit der Tastaturschnittstelle des PC. Meist handelt es sich dabei um einen maskenprogrammierten Mikrocontroller. Die Daten werden gemäß dem IBM-Protokoll gesendet und empfangen.

Zu den Befehlen gehören: Die Steuerung der LEDs, die Tastenwiederholungsrate und -geschwindigkeit sowie die Auswahl von Scan-Codes, wovon die MF2 Tastatur drei verschiedene bereitstellt. Code 1 wird von XT/PC- und PS/2-30-kompatiblen Computern und Code 2 von AT und allen anderen PS/2-kompatiblen Computern benutzt. Code 3 (siehe Abb.1) unterstützt Workstations und Terminalemulationen auf PC's. Der länderspezifische Tastaturtreiber im Betriebssystem übersetzt eine gedrückte Taste in das gewünschte Zeichen. Wenn eine Taste gedrückt wird, erzeugt die Tastatur einen Make- Code. Dieser Code entspricht dem Scan-Code der Taste. Durch die Wiederholungsfunktion wird bei gedrückter Taste fortlaufend der Make-Code wiederholt. Diese Funktion kann hinsichtlich

Ansprechdauer und Wiederholrate programmiert werden. Wenn eine Taste losgelassen wird, erzeugt die Tastatur einen Break-Code. Ist Scan-Code-Satz 3 eingestellt, wird kein Break-Code gesendet und die Wiederholungsfunktion ist ausgeschaltet. Nach einem Reset wählt die Tastatur standardmäßig den Scan-Code-Satz 2. Zu beachten ist, dass sich eine PC/XT-Tastatur nicht programmieren lässt, weil der interne Controller nicht zur Entgegennahme von Daten vorbereitet ist. Erst mit der Einführung der AT-Computer wurde die Tastatur bedienungsfreundlicher, weil sich deren Verhalten durch Software an die Bedürfnisse des Benutzers anpassen lässt. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf eine Tastatur, die im AT-Modus eingestellt ist.

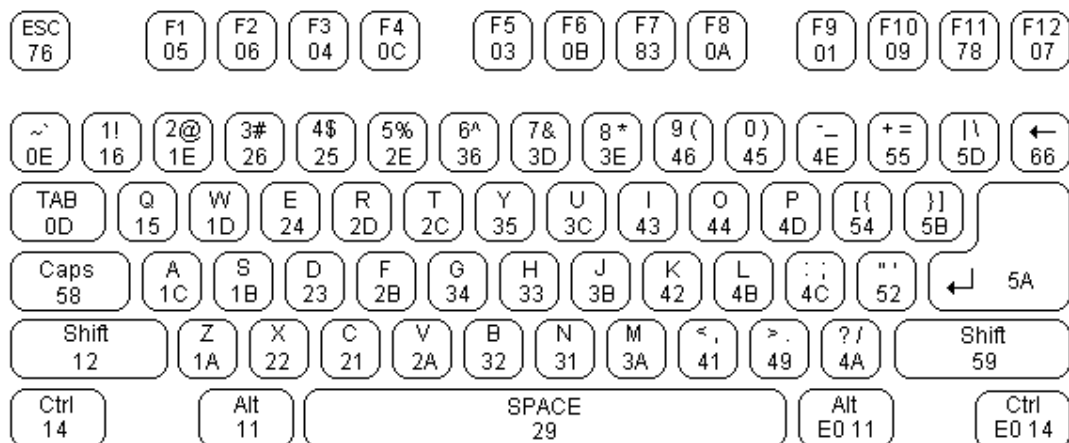


Abb. 1 standardmäßiger Sender für eine Tastatur Code 3

Senden und Empfangen

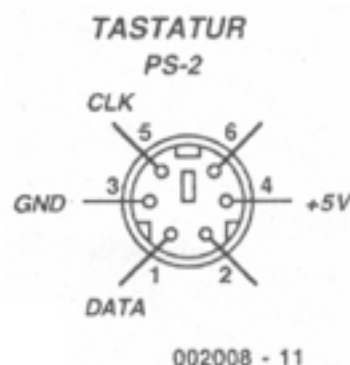


Abb. 2. Anschlussbelegung für einen gängigen Tastaturstecker (6-poliger PS-2-Stecker).

Die Stromversorgung der Tastatur erfolgt vom PC aus mit einer Spannung von 5V (siehe Abb.2). Der Stromverbrauch beträgt maximal etwa 200 mA. Der Takt wird generell von der Tastatur bestimmt und liegt im Bereich zwischen 10 und 16,7 kHz. Es werden ein Startbit (immer 0), acht Datenbits (mit Bit 0 zuerst), ein ungerades Paritätsbit und ein Stopbit (immer 1) gesendet. Wenn von einem externen Gerät oder System (normalerweise dem PC) Daten an die Tastatur gesandt werden, erkennt der Tastaturcontroller dies daran, dass die Datenleitung vom externen Gerät (dem PC) auf Masse gelegt wird. Das Keyboard sendet nun das Taktsignal und erwartet die Daten synchron zu diesem Takt. Die Datenleitung muss danach einen Stoppbit High-Pegel aufweisen. Ist dies nicht der Fall, wird so lange weiter getaktet, bis diese Bedingung erfüllt ist. Anschließend wird der Befehl FEh als Aufforderung für ein neues Datenpaket gesendet. Die Daten werden mit der steigenden Taktflanke übernommen. Nach dem Erkennen des Stopp-Bits wird die Datenleitung vom Tastaturcontroller für die Dauer einer Bitperiode auf *Low* gelegt. Jeder empfangene Befehl (Ausnahme: ECHO und RESEND) wird spätestens nach 20 ms von der Tastatur mit dem Byte FAh (ACK) beantwortet.

Wenn die Tastatur Daten im AT-Format an ein externes Gerät sendet, sieht der Ablauf wie folgt aus: Bevor die Tastatur Daten sendet, wird geprüft, ob die Takt- oder Datenleitung auf Masse liegt. Die Kommunikation kann gesperrt werden, indem man, dauerhaft Low-Pegel auf die Taktleitung legt. Die Sendedaten werden dann intern gespeichert. Erst wenn Takt- und Datenleitung auf *High* liegen, kann die Tastatur Daten senden. Die Datenleitung wird auf *Low* (Startbit) gelegt und der Takt erzeugt. Die Daten sind gültig mit der fallenden Taktflanke und wechseln nach der steigenden Taktflanke.

Für die Implementierung eines MF-2- Tastaturanschlusses in einem Mikrocontrollersystem benötigt man noch die im folgenden aufgelistete Information über die wichtigsten Befehle und Return-Codes einer AT-Tastatur. Die Tastatur-Codes, das heißt, die Codes, die von der Tastatur je nach Scan- Code-Satz beim Betätigen einer Taste geliefert werden, sind in der

Tabelle (ab Seite 9) angegeben.

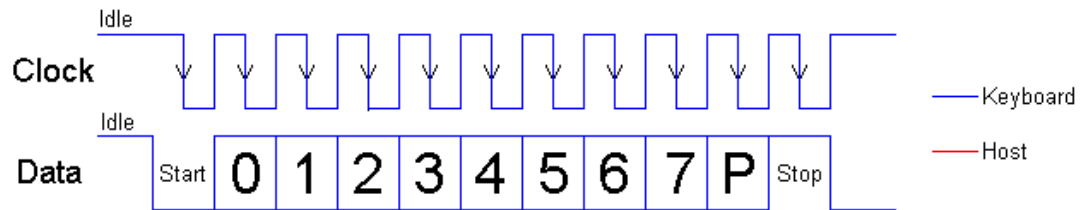


Abb. 3 Datenübertragung von der Tastatur zum PC

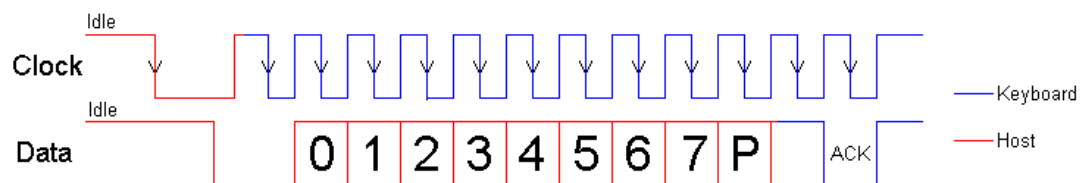


Abb.4 Datenübertragung vom PC zur Tastatur

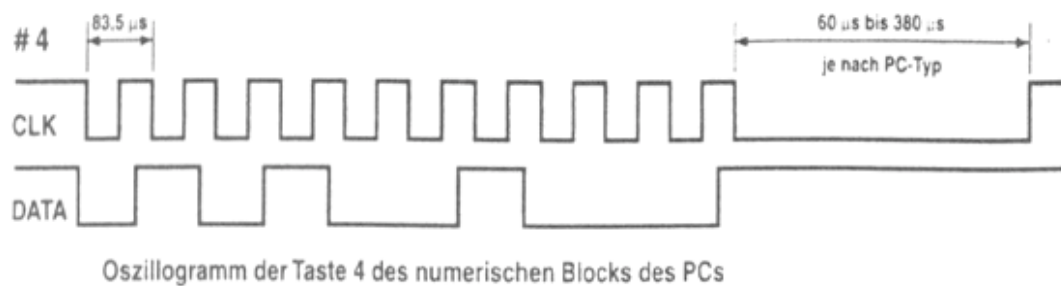


Abb. 3 Beispiel : Signale von Tastatur an PC

Die wichtigsten Befehle:

➤ **SET/RESET MODE INDICATORS - Code EDh**

Dieser Zwei-Byte-Befehl steuert das Verhalten der LED's.

Befehl: Edh

Befehl: 0000 0xxx

Bit 0: Scroll Lock

Bit 1: Num Lock

Bit 2: Caps Lock

1= LED an, 0=LED aus

➤ **ECHO - Code EEh**

Dieser Befehl wird von der Tastatur mit EEh beantwortet und kann zum Feststellen der Anwesenheit einer Tastatur verwendet werden.

➤ **SCAN CodeS SELECT Code FOh**

Dieser Zwei-Byte-Befehl wählt den Scan-Code-Satz aus. Nach einem RESET ist standardmäßig der Satz 2 angewählt. Für Mikrocontrollerapplikationen bietet sich der Einfachheit halber der Scan-Code-Satz 3 an, weil hierbei nahezu allen Tasten kein Break-Code gesendet wird und die Wiederholungsfunktion außer Betrieb ist.

Befehl: FOh

Befehl: 0000 00xx

01 = Scan-Code 1

10 = Scan-Code 2

11 = Scan-Code 3

➤ **READING ID-Code Code F2h**

Nach diesem Befehl sendet die Tastatur 3 Bytes, die eine herstellereigene Codierung aufweisen.

1.Byte = FAn (ACK)

2.Byte =xxxx xxxx

3.Byte =xxxx xxxx

➤ **SET TYPEMATIC RATE/DELAY Code F3h**

Dieser Zwei-Byte Befehl steuert die Geschwindigkeit der Tastenwiederholung und die Verzögerungszeit bis zum Einsetzen der Wiederholung.

Befehl: F3h

Befehl: 0xxx xxxx

Bit6 Bit5 Verzögerung(+/-20%)

0 0 150ms

0 1 500ms

1 0 750ms

1 1 1s

Die Bits 0 - 4 steuern die Wiederholungsfrequenz, die von 2-30 Hz reicht. Es werden im folgenden exemplarisch nur drei Frequenzen angegeben:

Bit 4 Bit 3 Bit 2 Bit 1 Bit 0 Frequenz (+-20%)

0 0 0 0 0 30Hz

0 1 1 1 1 8Hz

1 1 1 1 1 2Hz

➤ **SET ALL KEYS Codes F7h/F8h/F9h/FAh**

Mit diesen Befehlen erhalten die Tasten folgende Attribute:

- *F8h* Alle Tasten liefern einen Make- und Break-Code
- *F9h* Alle Tasten liefern nur einen Make-Code
- *FAh* Alle Tasten erhalten Wiederholfunktion und liefern Make- und Break-Code

Diese Befehle sind nur wirksam, wenn zuvor der Scan-Code Set 3 eingestellt wurde.

➤ **RESET Code FFh**

Durch diesen Befehl werden alle Einstellungen der Tastatur auf ihre Default-Werte zurückgesetzt.

Die wichtigsten Return-Codes:

➤ **BAT COMPLETION CodeAAh**

Dieses Byte wird nach dem Anlegen der Betriebsspannung oder dem Erkennen des RESET-Befehls (FFh) an das externe System gesendet. Es signalisiert einen korrekten Selbsttest.

➤ **RESEND NACK Code FEh**

Bei Datenübertragungsfehlern wird dieses Byte gesendet.

➤ **ACK Code FAh**

Dieses Byte wird nach jedem empfangenen Befehl als Antwort an das externe Gerät gesendet.

➤ **OVERRUN Code 00h/FFh**

Alle gedrückten Tasten werden intern in der Tastatur gespeichert, bis deren Code seriell zum externen Gerät gesendet wird. Bei einem Speicherüberlauf wird bei den Scan-Code-Sätzen 2 und 3 das Byte 00h und beim Scan-CodeSet 1 das Byte FFh gesendet.

➤ **BREAK Code PREFIX Code FOh**

Beim Scan-Code-Satz 2 wird vor dem Break-Code zuerst das Byte FOh gesendet

Programmierbeispiel:

Abschließend soll noch an einem kleinen Beispiel gezeigt werden, wie eine AT-Tastatur von einem (Mikrocontroller-) System aus anzusprechen ist:

Mit dem Einschalten der 5-V-Betriebsspannung wird die Tastatur an +5 V gelegt. Der Tastaturcontroller im Keyboard führt daraufhin einen Selbsttest durch. Nach einem erfolgreichen Selbsttest sendet die Tastatur AAh.





Als Nächstes erfolgt die Auswahl des Scan-Code-Satzes, hier im Beispiel ist es Scan-Code-Satz 3 mit den Befehlen für Scan-Code SELECT und Scan-Code 3:

1. Datenleitung nach Masse legen
2. Synchron zum Tastaturtakt den Befehl FOh senden
3. Tastatur sendet den Code FAh (ACK) als Bestätigung
4. Datenleitung nach Masse legen
5. Synchron zum Tastaturtakt den Befehl 03h senden
6. Tastatur sendet den Code FAh (ACK) als Bestätigung. Jetzt kann eine Taste gedrückt und der Tastencode aus dem Scan-Code-Satz 3 (siehe Tabelle ab Seite 9) empfangen werden.
7. Taste ‚G‘ auf der Tastatur drücken
8. Tastatur sendet den Code 34h

Symbol	Scan-Code-Set1		Scan-Code-Set2		Scan-Code-Set3	
	Make	Break	Make	Break	Make	Break
A	00	10	0E	E0 0E	0E	T
1	02	92	16	E0 16	16	T
2	03	93	1E	E0 1E	1E	T
3	04	94	26	E0 26	26	T
4	05	95	25	E0 25	25	T
5	06	96	2E	E0 2E	2E	T
6	07	97	36	E0 36	36	T
7	08	98	3D	E0 3D	3D	T
8	09	99	3E	E0 3E	3E	T
9	0A	9A	46	E0 46	46	T
0	0B	9B	45	E0 45	45	T
R	0C	9C	4E	E0 4E	4E	T
'	0D	9D	55	E0 55	55	T
Back	0F	9F	66	E0 66	66	T
Tab	0F	9F	0D	E0 0D	0D	T
Q	10	00	15	E0 15	15	T
W	11	01	1D	E0 1D	1D	T
E	12	02	24	E0 24	24	T
D	13	03	2D	E0 2D	2D	T
T	14	04	3C	E0 3C	3C	T
Z	15	05	35	E0 35	35	T
U	16	06	3C	E0 3C	3C	T
I	17	07	42	E0 42	42	T
O	18	08	44	E0 44	44	T
P	19	09	4D	E0 4D	4D	T
Ü	1A	0A	54	E0 54	54	T
.	1B	0B	5D	E0 5D	5D	T

Symbol	Scan-Code-Set1		Scan-Code-Set2		Scan-Code-Set3	
Cancel Lock	3A	BA	58	E0 58	1A	M R
A	1E	0E	1C	E0 1C	1C	T
S	1F	0F	1D	E0 1D	1D	T
D	20	10	22	E0 22	22	T
F	21	11	23	E0 23	23	T
G	22	12	24	E0 24	24	T
H	23	13	25	E0 25	25	T
I	24	14	26	E0 26	26	T
K	25	15	27	E0 27	27	T
L	26	16	28	E0 28	28	T
Ö	27	17	29	E0 29	29	T
Ä	28	18	2A	E0 2A	2A	T
#	2B	19	2B	E0 2B	2B	T
DEFINITION	1C	0C	5A	E0 5A	5A	T
SHIFT L	2A	1A	12	E0 12	12	M R
J	56	D6	61	E0 61	13	T
V	2C	1C	1A	E0 1A	1A	T
Y	2D	1D	22	E0 22	22	T
C	2E	1E	24	E0 24	24	T
V	2E	1E	2A	E0 2A	2A	T
R	20	10	22	E0 22	22	T
N	21	11	24	E0 24	24	T
M	22	12	2A	E0 2A	2A	T
	23	13	11	E0 11	11	T
	24	14	10	E0 10	10	T
_	25	15	1A	E0 1A	1A	T
SHIFT R	26	16	50	E0 50	50	M R
STOP L	1D	0D	14	E0 14	14	M R

Symbol	Scan-Code-Set1		Scan-Code-Set2		Scan-Code-Set3	
Alt	28	R8	11	E0 11	10	M R
Space	20	R0	20	E0 20	20	T
Num	15	C5	77	E0 77	76	M
7 Nk	17	C7	6C	E0 6C	6C	M
4 Nk	1R	CR	6R	E0 6R	6R	M
1 Nk	1E	Cf	60	E0 60	60	M
/ Nk	E0 35	E0 R5	E0 4A	E0 E0 4A	77	M
2 Nk	12	C2	75	E0 75	75	M
5 Nk	1C	CC	72	E0 72	72	M
3 Nk	50	D0	73	E0 73	73	M
0 Nk	52	D2	70	E0 70	70	M
* Nk	27	R7	7C	E0 7C	7E	M
9 Nk	10	C0	7D	E0 7D	7D	M
6 Nk	1D	CD	74	E0 74	74	M
3 Nk	51	D1	7A	E0 7A	7A	M
Entf Nk	53	D3	71	E0 71	71	M
_ Nk	1A	CA	7B	E0 7B	84	M
= Nk	1F	CF	70	E0 70	7C	M
Enter	E0 1C	E0 0C	E0 5A	E0 E0 5A	70	T
Esc	01	01	76	E0 76	02	M
F1	2B	BB	05	E0 05	07	M
F2	2C	BC	06	E0 06	0E	M
F5	2E	BE	02	E0 02	27	M
F6	10	C0	0B	E0 0B	2E	M
F7	11	C1	82	E0 82	27	M
F8	12	C2	0A	E0 0A	2E	M
F9	13	C3	01	E0 01	17	M
F10	14	C4	00	E0 00	AE	M

Symbol	Scan-Code-Set1		Scan-Code-Set2		Scan-Code-Set3	
F11	57	C7	78	E0 78	56	M
F12	58	D8	07	E0 07	5E	M
Druck	E0 2A	E0 B7	E0 12	E0 E0	57	M
Pollen	16	C6	7E	E0 7E	5F	M
Pause	E1 1D	Kein	E1 12	Kein	62	M
Einf	E0 52	E0 D2	E0 70	E0 E0 70	67	M
Entf	E0 53	E0 D3	E0 71	E0 E0 71	6A	T
	E0 1B	E0 CB	E0 6B	E0 E0 6B	61	T
Pos1	E0 17	E0 C7	E0 6C	E0 E0 6C	6E	M
Ende	E0 1F	E0 CF	E0 6D	E0 E0 6D	65	M
	E0 18	E0 C8	E0 75	E0 E0 75	63	T
	E0 50	E0 D0	E0 72	E0 E0 72	60	T
Bild oben	E0 10	E0 C0	E0 7D	E0 E0 7D	6F	M
Bild unten	E0-51	E0-D1	E0-7A	E0-F0-7A	6D	M
	E0 10	E0 CD	E0 74	E0 E0 74	6A	T

Nb = Nummernblock

M = Make Code bei Tastendruck

B = Break Code bei Loslassen der Taste

T = Typmatic Wiederholfunktion mit Verzögerung + Make

Quellenangabe:

- Elektor (Nr.2, 2000): PC-Tastatur-Kodierung. Was Sie schon immer über das Signal einer PC Tastatur wissen wollten
- www.beondlogic.com: Abbildung1,3,4