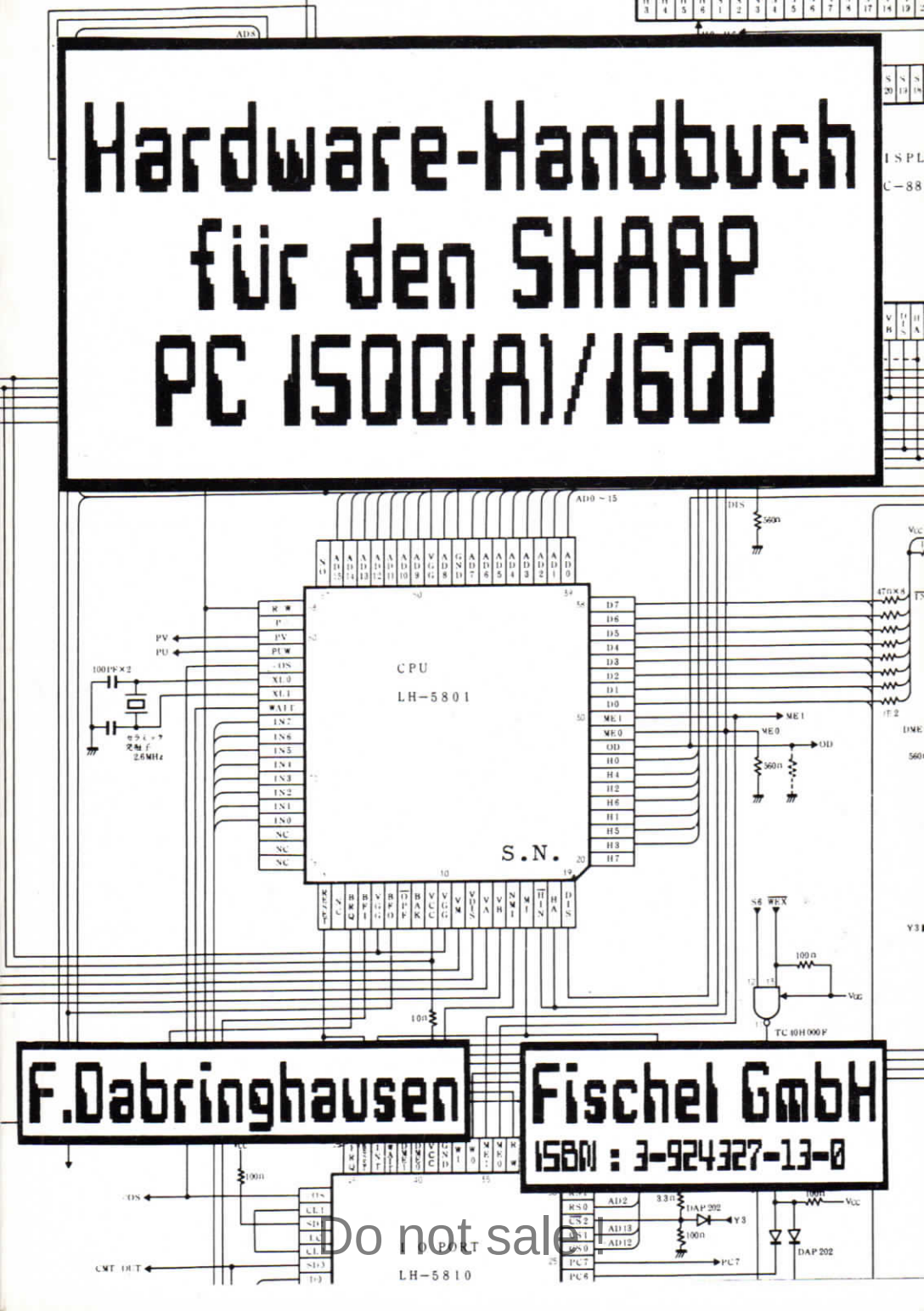
Hardware-Handbuch für den SHARP PC 1500(A)/1600



F.Dabringhausen

Fischel GmbH
ISBN : 3-924327-13-0

Hardware-Handbuch für den SHARP PC 1500(A)/1600

Herausgeber
Fischel GmbH
Kaiser-Friedrich-Str. 54a
1000 Berlin 12

Berlin 1987

Inhaltsverzeichnis

Digital-Analog-Wandler

Speichererweiterung

Anwendungsschaltungen

Anhang

Vorwort

Dieses Buch soll dem PC 1500/1600-Besitzer einen Zugang zu der Hardware des Rechners vermitteln. In dem Inhalt werden bewußt fast nur Einzelschaltungen gezeigt, die der Anwender zu größeren Schaltungen zusammensetzen kann. Es würde der Flexibilität nicht dienen, nur Gesamtschaltungen anzubieten, da es den Anwender zu sehr festlegen würde.
Der PC 1500 ist zwar gemessen an der schnellen Entwicklung auf dem Markt der Kleinrechner ein "Oldie", ist aber meiner Meinung nach immer noch ein leistungsfähiger Rechner. Der PC 1600 ist natürlich um einiges besser. Er hat fast all das dem 1500er fehlte. Für eine einfach zu realisierende Erweiterung ist der aus dem Rechner herausgeführte Adreß- und Datenbus (Dies ist nicht bei allen Rechnern der Fall. Daher die gute Eignung für solche Projekte) sehr nützlich. Auch ist die eingebaute Uhr des Rechners für die Meßdatenerfassung unbedingt notwendig, wenn man zeitabhängige Meßdaten erfassen will. Und nicht zuletzt ist die Größe des Rechners ein weiterer Pluspunkt. Meßdatenerfassung kann man auch mit einem Personal-Computer betreiben; dies ist aber nur für ortsfeste Anwendungen interessant, da das System nicht transportabel ist. Die hier vorgestellten Erweiterungen eignen sich überall dort, wo ein mobiles und preiswertes Meßsystem benötigt wird. Industriegeräte sind zwar genauer, aber auch erheblich teurer, so daß sich oft die Anschaffung für die entsprechende Aufgabenstellung nicht lohnt. Ein Low-cost System kann diese Lücke schließen, wenn man für den speziellen Anwendungsfall auch mit nicht ganz so extremer Genauigkeit auskommt, bzw. nicht unbedingt unter extremen Bedingungen arbeitet.
Die in dem Buch vorgestellten Schaltungen sind fast alle in der Praxis erprobt, und Sie brauchen

lediglich etwas Mut, die Schaltungen nachzubauen. Es soll kein Spezialwissen vermittelt werden, sondern an praxiserprobten Schaltungen Anregungen gegeben werden. Da das Buch auch nicht als Programmierhandbuch geschrieben ist, werden auch keine komplexen Programme angeboten. Natürlich werden Hinweise zur Programmierung gegeben, sowie kurze Beispielprogramme, damit Sie nicht ganz im Dunkeln stehen.
Der erste Teil des Buches beschäftigt sich mit Grundlagen, damit auch der Unerfahrene weiß, worum es geht, und was gemacht wird.
Grundkenntnisse in Maschinensprache sind nicht unbedingt notwendig, können aber sehr hilfreich sein. Es wäre beispielsweise sinnlos, sich einen schnellen A-D-Wandler aufzubauen, ohne ihn durch Maschinensprache bedienen zu können.
Fast alle Schaltungen wurden in der Praxis erprobt, aber dennoch besteht ein geringes "Restrisiko", daß sich Fehler eingeschlichen haben. Daher kann für die Richtigkeit oder Funktionsfähigkeit der Schaltungen keine Gewähr übernommen werden. Auch für Schäden, die aus dem Gebrauch der Schaltungen entstehen kann keine Haftung übernommen werden.

Adreßbus und Datenbus

In diesem Kapitel sollen lediglich die elementarsten Grundbegriffe etwas genauer dargestellt werden, die aber für das Verständnis der Erweiterungen notwendig sind. Wenn Sie über diese Grundbegriffe bescheid wissen, überschlagen Sie das Kapitel einfach.

Am einfachsten ist es, wenn Sie sich den Speicherbereich des Rechners als Ringbuch mit 65536 Seiten vorstellen, die von 0 bis 65535, oder als Hexadezimalzahl von 0000 bis FFFF durchnummeriert sind. Jede dieser Seiten kann eine Zahl von 0...255 enthalten (Hexadezimal 0...FF). Eine Seite entspricht der Einheit Byte. Für diese Seiten gibt es 3 verschiedene Möglichkeiten:

1. Die Seiten sind nicht im Ringbuch vorhanden, können aber nachträglich eingeheftet werden. Dies entspricht einer Speichererweiterung. Mit dem CE 161 heften Sie sozusagen 16384 (&4000) neue Seiten ein, die Sie beschreiben können.
2. Die Seiten können nur gelesen werden, aber nicht beschrieben werden. Dies entspricht den ROM-Bereichen des Rechners, wo z. B. das Betriebssystem des Rechners abgelegt ist. Damit das Betriebssystem nicht verändert werden kann, sind diese Seiten schreibgeschützt.
3. Die Seiten sind vorhanden, und man kann sie sowohl lesen als auch beschreiben. Hier hat man es mit den RAM-Bereichen zu tun, in denen Programme oder Daten gespeichert werden können.

Um die Seiten beschreiben oder lesen zu können, benötigt man den Daten- und Adreßbus. Mit dem Adreßbus wählt man die Seite aus, und mit dem Datenbus werden dann Daten zwischen der Seite und dem Prozessor ausgetauscht.

Der Datenbus besteht aus 8, der Adreßbus aus 16 Leitungen. Mit 8 Leitungen kann man $2^8 =$ 256 Zahlen, und mit 16 Leitungen kann man $2^{16} =$ 65536 Zahlen darstellen. Dies ist der Grund, weshalb das Buch 65536 Seiten hat, die man mit maximal 256 verschiedenen Zahlen/Seite beschreiben kann. Für größere Zahlen benötigt man dann 2 oder mehr Seiten.
Eine Besonderheit des PC 1500 ist der 2. Speicherbereich des Rechners, in den nochmals bis zu 65536 Seiten passen. Sie können es sich einfach als 2. Ringbuch vorstellen, welches neben dem 1. liegt. Der Rechner blättert normalerweise nur im 1. Ringbuch, aber wenn Sie dem Rechner ausdrücklich sagen, daß Sie im 2. Buch blättern möchten, tut er dies. Wie dies geschehen kann wird später erklärt. Für uns ist erstmal wichtig, daß dort nur sehr wenige Seiten eingeheftet sind. Denn alle Hardwareerweiterungen verhalten sich nicht anders als eine neue Seite in diesem Buch. Und neue Seiten kann man logischerweise nur dort einheften, wo noch keine Blätter vorhanden sind.

PEEKs und POKEs

Der Zugriff auf diese Seiten erfolgt durch die BASIC-Befehle PEEK und POKE. PEEK liest einen Wert aus einer Seite, POKE schreibt diesen Wert auf diese Seite. (Beim PC 1600 XPEEK und XPOKE)
Um die Zahl, die auf einer Seite steht, lesen zu können, muß die Seitennummer (= Adresse) angegeben werden. Demnach gehört zu dem PEEK-Befehl auch die Adresse. Die Syntax hierfür ist PEEK adr (adr steht für die Adresse).

Beispiel:
Sie möchten wissen, welchen Wert die Speicherzelle (= Seite) 1234 enthält. PEEK 1234 liefert Ihnen diesen Wert. Probieren Sie es aus. Das Ergebnis ist eine Zahl zwischen 0 und 255.

Um einen Wert auf eine Seite schreiben zu können, muß die Seitennummer (= adr) sowie der Wert (=wert) angegeben werden. Hierfür gilt folgende Syntax: POKE adr,wert.

Beispiel:
Sie möchten in die Seite 4321 den Wert 234 schreiben.
POKE 4321,234 schreibt diesen Wert auf diese Seite.
Sie können jetzt über den PEEK-Befehl kontrollieren, ob der Wert dort angekommen ist. Liefert PEEK 4321 nicht den Wert 234, sondern 255, dann hat das Schreiben nicht funktioniert, weil Sie versucht haben, eine Seite zu beschreiben, die nicht in dem Buch vorhanden war.
Sie können mit einem POKE-Befehl aber auch mehrere Werte in die nachfolgenden Speicherzellen schreiben.

Beispiel:
POKE 2345,10,20,30,40 schreibt in 2345 den Wert 10, die nachfolgenden Werte werden auf die folgenden Seiten geschrieben (2346=20; 2347=30 und 2348=40).
Die Befehle PEEK und POKE beziehen sich auf den normalen Speicherbereich. Um an den schon beschriebenen 2. Speicherbereich zu gelangen, wird an den Befehl einfach das Zeichen "#" angehängt.
PEEK&EF00 greift auf das Byte der Adresse &EF00 im 1. Speicherbereich zu. PEEK#&EF00 greift auf das BYTE der Adresse &EF00 im 2. Speicherbereich zu.
Das Gleiche gilt für den Befehl POKE und POKE#.
Hier ein kleiner Hinweis auf eine mögliche Fehlerquelle: Wenn Sie POKE adr,wert in eine Basiczeile schreiben und ENTER drücken, dann wird der POKE-Befehl im Rechner in einen internen Code (Token) umgewandelt. Wenn Sie den Befehl später in ein POKE# adr,wert umwandeln, dann genügt es nicht, dem POKE adr,wert ein "#" anzuhängen, da der

Rechner es nicht versteht. Sie müssen den Befehl POKE löschen, und POKE# schreiben. Das gleiche Problem tritt auch auf, wenn Sie in einer alten Zeile aus CURSOR den Befehl GCURSOR machen wollen.

Masken und Verschiebeoperationen

Im vorigen Kapitel haben Sie gesehen, wie man den Inhalt einer Seite des Ringbuches liest. Diese Seite (BYTE) ist die kleinste adressierbare Einheit. Bei den Erweiterungen ist es aber vielfach wichtig zu wissen, welche Bits in dem Byte gesetzt sind. Auch kommt es vor, daß man einzelne Bits setzen oder löschen möchte. Dies kann über sogenannte Masken erreicht werden. Da dies sehr wichtig ist, möchte ich ausführlich darauf eingehen.
An dieser Stelle möchte ich einige Bemerkungen zur hexadezimalen Schreibweise machen. Auf dieser Ebene der Programmierung ist die hexadezimale Schreibweise üblich, weil sie große Vorteile bietet. Da der PC 1500 Hexadezimalzahlen (vorangestelltes "&") verarbeiten kann, ist ihre Verwendung auch sinnvoll.
Der große Vorteil ist die leichte Umrechnung von Hexadezimalzahlen in Binärzahlen und umgekehrt. Ein Byte besteht nämlich aus genau 2 Hexadezimalzahlen. Die folgende Tabelle soll eine Umrechnungshilfe sein:

Dezimal	Hexadezimal	Binär
0	0	0 0 0 0
1	1	0 0 0 1
2	2	0 0 1 0
3	3	0 0 1 1
4	4	0 1 0 0
5	5	0 1 0 1
6	6	0 1 1 0
7	7	0 1 1 1
8	8	1 0 0 0
9	9	1 0 0 1
10	A	1 0 1 0
11	B	1 0 1 1
12	C	1 1 0 0
13	D	1 1 0 1
14	E	1 1 1 0
15	F	1 1 1 1

Wenn Sie z.B. in einem Byte bestimmte Bits setzen möchten, schreiben Sie sich das Bitmuster einfach folgendermaßen auf:

```
1 1 0 1   0 0 1 0
  (&D)      (&2)
```

Nach der Tabelle entspricht das 1. Halbbyte dem Wert "D", und das 2. Halbbyte dem Wert "2".
Das Bitmuster entspricht also dem Wert &D2. Wenn Sie jedoch die Dezimalwerte auf diese Weise zusammensetzen würden, dann bekämen Sie das Ergebnis 132, und dies ist <u>falsch</u> ! Der richtige dezimale Wert ist 210. Die Berechnung hierfür ist nicht so einfach.
Um mit Masken arbeiten zu können, muß man etwas über die AND- und OR-Verknüpfungen wissen. Die beiden Tabellen geben über die Ergebnisse der Verknüpfungen Aufschluß:

A	AND	B	Ergebnis
0		0	0
0		1	0
1		0	0
1		1	1

A	OR	B	Ergebnis
0		0	0
0		1	1
1		0	1
1		1	1

Bei der AND-Verknüpfung wird das Ergebnisbit nur gesetzt, wenn beide Bits den Wert "1" haben.
Bei der OR-Verknüpfung wird das Ergebnisbit schon gesetzt, wenn nur ein Bit der beiden den Wert "1" hat.

Bits lesen

Die AND-Verknüpfung wird verwendet, um den Zustand eines Bits lesen zu können.

Ein Beispiel:
Bei dem Byte 156 (es liegt normalerweise Dezimal vor) möchten Sie wissen, ob das Bit 6 gesetzt ist. Dazu setzen Sie in Ihrer Maske das Bit 6, und verknüpfen die beiden Werte. Den Wert 156 können sie in seiner Dezimalform lassen, die Maske schreiben Sie Dual auf, und rechnen sie in eine Hexadezimalzahl um. Maske 0 1 0 0 0 0 0 0 = &40
Geben Sie es jetzt in den Rechner ein:

156 AND &40 <ENTER>. Das Ergebnis ist 0. Der Rechner hat folgendermaßen gerechnet:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	Hex	Dez
Wert	1	0	0	1	1	1	0	0		156
Maske	0	1	0	0	0	0	0	0	&40	
Ergebnis	0	0	0	0	0	0	0	0		0

Die übereinanderliegenden Werte werden einfach gemäß der Tabellen verknüpft, und das Ergebnis darunter geschrieben. Da bei der AND-Verknüpfung

ein Bit nur gesetzt wird, wenn <u>beide</u> Bits auf 1 gesetzt sind, wird im Ergebnis kein Bit gesetzt.

Versuchen wir es mit der Zahl 226:

226 AND &40 <ENTER> Ergebnis = 64

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	Dez	Hex
Wert	1	1	1	0	0	0	1	0	226	
Maske	0	1	0	0	0	0	0	0		&40
Ergebnis	0	1	0	0	0	0	0	0	64	&40

Wie man sieht, ist das Ergebnis der Verknüpfung 0, wenn das Bit nicht gesetzt ist. Ist das Bit gesetzt, dann ist das Ergebnis gleich dem Wert der Maske, beziehungsweise >0.

<u>Anwendungsbeispiel:</u>

Sie möchten wissen, ob in der Speicherzelle &EF01 Bit 3 gesetzt ist. (Maske 0 0 0 0 1 0 0 0 = &OB) PEEK&EF01 AND &OB <ENTER> ergibt 8, d. h. das Bit ist gesetzt.

<u>Bits löschen</u>

Die AND-Funktion wird auch verwendet, um Bits zu löschen. In dem Wert 170 sollen die unteren 4 Bits auf den Wert 0 gesetzt werden. Dazu werden die Bits, die unbeeinflußt bleiben sollen, auf 1 gesetzt, und diejenigen, die gelöscht werden sollen, werden auf 0 gesetzt.
Die Maske ist 1 1 1 1 0 0 0 0 = &FO
Berechnung:

170 AND &FO (Ergebnis ist 160)

Der Rechner hat wie folgt gerechnet:

Bit	7 6 5 4	3 2 1 0	Dez	Hex	ASCII
Wert	1 0 1 0	1 0 1 0	170	&AA	"X"
Maske	1 1 1 1	0 0 0 0		&F0	
Ergebnis	1 0 1 0	0 0 0 0	160	&A0	"P"

Sie sehen, daß die oberen Bits unbeeinflußt bleiben, und die unteren gelöscht werden.

Anwendungsbeispiel:

Sie möchten die Bits 2 und 3 des Speichers &7650 löschen, die anderen aber unbeeinflußt lassen.
Die Maske ist 1 1 1 1 0 0 1 1 = &F3

```
A = PEEK &7650        ; Speicher lesen
A = A AND &F3         ; Verknüpfung
POKE &7650,A          ; Speicher zurückschreiben
```

Sie haben eine Speicherzelle geändert, die für die Speicherung von Text verwendet wird. Schreiben Sie in die Variable E$="X" rein. Führen Sie die Verknüpfung durch, und sehen Sie nach, was aus dem "X" geworden ist. Es ist ein "P" geworden. Der Grund ist, daß "P" als 0 1 0 1 1 0 0 0 im Rechner gespeichert wird. Wenn Sie die Bits 2 und 3 auf 0 setzen, bleibt 0 1 0 1 0 0 0 0 übrig, und dies ist der interne Wert für "P".

Einzelne Bits setzen

Hierfür wird die OR-Verknüpfung verwendet. Nach der Definition wird ein Bit dann gesetzt, wenn ein Bit der beiden den Wert 1 hat. Demnach müssen die Bits, die gesetzt werden sollen, in der Maske auf 1, die anderen auf 0 gesetzt werden.

Beispiel:
Die Bits 0 und 1 des Wertes 80 sollen auf 1 gesetzt werden. Die Maske ist 0 0 0 0 0 0 1 1 = &03

80 OR &03 Ergebnis ist 83

Der Rechner hat wie folgt gerechnet:

Bit	7 6 5 4	3 2 1 0	Dez	Hex	ASCII
Wert	0 1 0 1	0 0 0 0	80	&50	"P"
Maske	0 0 0 0	0 0 1 1		&03	
Ergebnis	0 1 0 1	0 0 1 1	83	&53	"S"

Anwendungsbeispiel:

```
A = PEEK &7650      ; Wert lesen
A = A OR &03        ; Verknüpfung
POKE &7650,A        ; Wert zurückschreiben
```

Wenn Sie vom vorherigen Versuch noch das Zeichen "P" in der Variablen hatten, dann haben Sie jetzt daraus ein "S" gemacht.

Bits verschieben

Für den Betrieb der Wandler ist auch die Verschiebung von Bits sehr wichtig. Eine Verschiebung um ein Bit nach links entspricht einer Multiplikation des Wertes mit 2. Eine Verschiebung um ein Bit nach rechts entspricht einer Division des Wertes durch 2.
Bei dem Wandler µPD 7004 liegt das 10-Bit-Ergebnis in 2 Bytes vor, da eine Speicherzelle nur 8 Bit breit ist. Daher muß das Ergebnis in 2 Byte aufgeteilt werden. Um die beiden Werte richtig zusammenzusetzen, müssen die Werte verschoben werden. Die Werte liegen wie folgt vor:

	Bit	7 6 5 4	3 2 1 0
Höherwertiges	Byte	x x x x	x x x x
Niederwertiges	Byte	y y 0 0	0 0 0 0

(x,y steht für einen beliebigen Zustand)

Das höherwertige Byte muß um 2 Bits nach links geschoben werden, das niederwertige Byte muß um 6 Bit nach rechts geschoben werden. Nehmen wir an, daß das höherwertige Byte in der Variablen HB und das niederwertige Byte in der Variablen LB gespeichert ist.
Eine Verschiebung um 2 Bit nach links entspricht einer 2-maligen Multiplikation mit 2, beziehungsweise einer einmaligen mit 4 (2^2).
Eine Verschiebung um 6 Bits nach rechts entspricht einer 6-maligen Division durch 2, beziehungsweise einer einmaligen durch 64 (2^6).
Wenn beide Bytes so aufbereitet sind, dann kann man sie über die OR-Funktion verknüpfen, und das Ergebnis in der Variablen W speichern.

		Bit	9 8	7 6 5 4	3 2 1 0
HB	=			x x x x	x x x x
LB	=			y y 0 0	0 0 0 0
HB=HB*4	=		x x	x x x x	x x 0 0
LB=LB/64	=			0 0 0 0	0 0 y y
W=LB OR HB	=		x x	x x x x	x x y y

Dies kann man natürlich auch kürzer ausdrücken:

W = HB * 4 + LB / 64

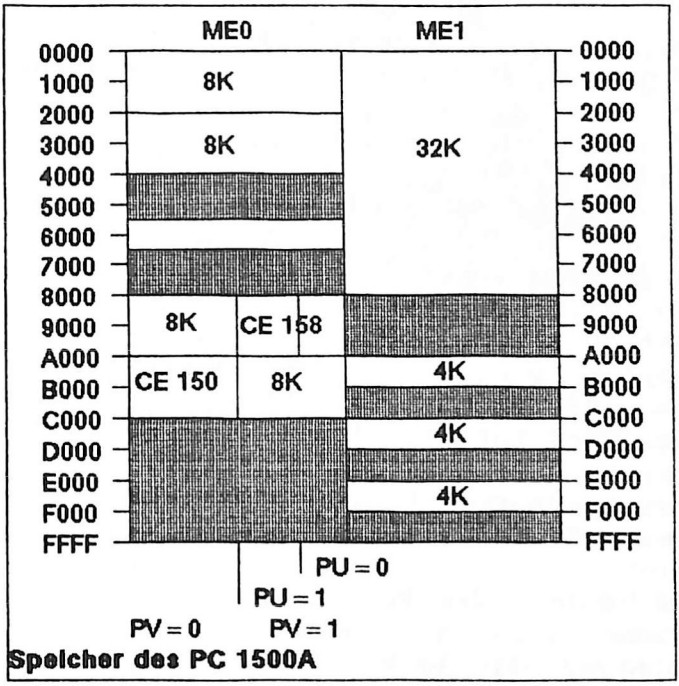
In der Praxis sieht es später so aus, daß Sie Ihre Werte aus bestimmten Speicherzellen mit dem Befehl PEEK erhalten, aber am Prinzip ändert sich nichts. Angenommen, die beiden Werte liegen im 2. Speicherbereich an den Stellen &EF00 (H-Byte) und an

&EF01 (L-Byte). Dann sieht die Rechnung so aus:

W = PEEK#&EF00 * 4 + PEEK#&EF01 / 64

Freie Speicherbereiche

Um die Erweiterungen richtig betreiben zu können werden Speicherbereiche benötigt, die vom Rechner oder dessen Peripheriegeräten nicht verwendet werden.



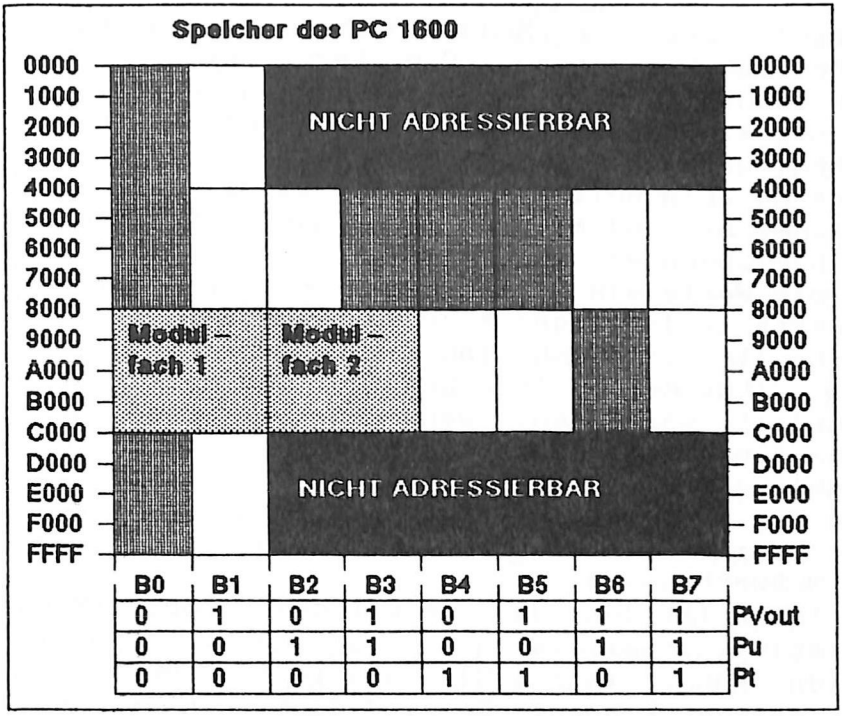
Speicher des PC 1500A

Das erste Bild zeigt die Speicheraufteilung des PC 1500. Auf der linken Seite liegt der Bereich ME 0, in dem Programme lauffähig sind. Die rechte Seite ME 1 ist nur als Datenspeicher verwendbar oder für andere Peripheriegeräte. Der ME 0 Bereich ist nur von 0000...7FFF für Basicprogramme geeignet. Die dunklen Bereiche sind für Erweiterungen

nicht geeignet, da die Bereiche bereits vom Rechner belegt sind.
Es gibt aber noch weitere Einschränkungen :
Wenn Sie ein 16 K-Modul verwenden, dann ist auch der Bereich 0000...3FFF belegt. Ist der Plotter CE-150 angeschlossen, dann ist der Bereich A000...BFFF belegt, aber nur bei PV="0". Ist die PV-Leitung "1", dann ist der Bereich nutzbar für Erweiterungen. Dies ist bei der Auswahl der Chip-Select-Schaltung für die Erweiterungen zu beachten.
Der Bereich 8000...9FFF ist ebenso 2-fach genutzt. Dieser Bereich wird von der Erweiterung CE-158 genutzt, wenn diese angeschlossen ist. Sie können aber trotzdem Ihre Erweiterungen dort installieren, da die CE-158 im Bereich PV="1" liegt. Ihre Erweiterungen müssen lediglich durch die Wahl der Chip-Select-Schaltung im Bereich PV="0" liegen.
Speichererweiterungen im Bereich 8000...BFFF erlauben die Programmierung neuer Basic-Befehle.
Der Bereich ME 1 ist sehr interessant für Speichererweiterungen, die als sogenannte RAM-Disks arbeiten, da im Bereich 0000...7FFF ein zusammenhängender Speicherbereich von 32 KByte existiert.
Die Bereiche A000..AFFF, C000..CFFF und D000..DFFF eignen sich gut für Hardwareerweiterungen, wobei der Bereich E000...EFFF besonders leicht zu dekodieren ist.
Wenn im PC 1600 der PC 1500-kompatible Prozessor angesprochen wird, dann verhält sich die Speicheraufteilung wie die im PC 1500.

Die Aufteilung des Speichers des 1600ers ist etwas komplizierter. Es existieren 8 Banks nebeneinander, die über die Leitungen PVout, PU und Pt gesteuert werden. Der Bereich, der schwarz eingezeichnet ist, ist nicht adressierbar. Die grauen Bereiche werden vom Betriebssystem verwendet, und in den hellgrauen Bereichen liegen die Speichermodule. Je ein Block von 4000 entspricht übrigends

16KByte.



	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
PVout	0	1	0	1	0	1	1	1
Pu	0	0	1	1	0	0	1	1
Pt	0	0	0	0	1	1	0	1

Die Tabelle unter der Speicherbereichstabelle gibt die Zustände der Bank-Select-Leitungen beim ansprechen der Banks B0...B7 an.
Da nach meinen Informationen von Sharp demnächst ein PC 1600 mit neuem Betriebssystem ausgeliefert werden soll, weiß ich nicht, ob die Aufteilung wie sie hier angegeben ist, auch beibehalten wird. Die Informationen bezüglich des 1600ers sind also mit Vorsicht zu behandeln.

Tips für große Datenmengen

Speziell bei der Meßdatenerfassung fallen oft große Datenmengen an. Ein Rechenbeispiel macht dies deutlich: Sie wollen eine Stunde lang jede Sekunde einen Meßwert abspeichern und später auswerten. Dies allein sind 3600 Meßwerte, die untergebracht sein wollen. Wenn Sie diese Werte in der üblichen Art und Weise in dimensionierten Variablen speichern wollen, benötigen Sie 28807 Byte, da Sie die Werte als Fließkommawerte abspeichern. Da Meßwerte in der Regel aber nur 1 Byte (8 Bit) oder 2 Byte (16 Bit) groß sind, verschenkt man unnötig Raum. (Für den PC 1600-Besitzer ist dieser Platz natürlich vorhanden, wenn das Diskettenlaufwerk vorhanden ist, zumal der 1600er komfortable Befehle zur Dateiverwaltung hat.)
Wenn Sie nun richtig vorgehen, kommen Sie mit 3607 Byte bei 8-Bit-Meßwerten bzw. 7207 Byte bei 16-Bit-Meßwerten aus.
Der Trick ist der, daß Sie mit dem Befehl DIM eine Variable dimensionieren. Dies schafft Ihnen einen freien Raum, in dem Sie dann Ihre Meßwerte mit POKE ablegen können. Es sind dabei einige Regeln zu beachten, da Sie Ihren Rechner sonst ganz schön durcheinanderbringen können. Ein Programm- und/oder Datenverlust wäre die Folge!

1. Vor der Dimensionierung der Variablen müssen Variablen mit dem Befehl CLEAR gelöscht worden sein.
2. Die DIM-Anweisung muß VOR jeder anderen DIM-Anweisung erfolgen, sowie vor jeder Benutzung einer Variablen (außer der Standardvariablen A...Z, A$...Z$).
3. Die Variable darf nicht für die Speicherung von Daten im üblichen Sinne verwendet werden.

Einige Tips zur DIMensionierung von Variablen:

1. Verwenden Sie möglichst Textvariablen, da diese sich am leichtesten berechnen lassen.
2. Die Anzahl der freien Bytes errechnet sich bei Textvariablen aus der Anzahl Elemente x Länge. Einige Berechnungsbeispiele machen dies deutlich:

```
DIM AB$(9) *69 schafft  10 x 60=   600 freie Bytes
DIM Y$(0)  *30 schafft   1 x 30=    30 freie Bytes
DIM T$(78) *67 schafft  79 x 67=  5393 freie Bytes
DIM T$(255)*80 schafft 256 x 80= 20480 freie Bytes
DIM V$(A)  * B schafft A+1 x  B        freie Bytes
```

Sie können sich also nach der Anzahl der benötigten Bytes die Variablen zusammenstellen.

Die Adressen, unter denen Sie die Meßwerte abspeichern können, müssen errechnet werden.
Die Endadresse, unter der Sie Daten abspeichern können, ist PEEK &7864*256-9.
Die Anfangsadresse ist gleich der Endadresse minus der Anzahl der Bytes, die reserviert wurden.
Die Werte werden dann mittels des POKE-Befehls in die Speicherzellen geschrieben. Sie wollen z. B. 5000 8-Bit Meßwerte aufnehmen und anschließend auf dem Drucker protokollieren.
Anstatt der Meßwerte werden Zufallswerte in die Liste eingetragen. Sie können natürlich auch durch Meßwerte ersetzt werden. Die Zufallszahlen müssen (wg. 8 Bit) zwischen 0 und 255 liegen.
Für 5000 Werte müssen 100 Variable mit 50 Zeilen definiert werden.

```
DIM A$(99)*50
H=PEEK &7864*256-9
L=H-5000
FOR I=L TO H
  POKE I,RND(255)
NEXT I
```

```
FOR I=L TO H
  LPRINT PEEK I
NEXT I
```

Sollen 5000 16-Bit Meßwerte abgespeichert werden, so benötigen Sie den doppelten Speicherplatz. Außerdem müssen Sie die Werte in ein H-Byte und ein L-Byte aufspalten.
Die Spaltung erfolgt nach folgendem Schema:

```
H-Byte = INT (WERT/256)
L-Byte = (WERT/256 - HBYTE) * 256
```

Die Zusammensetzung der Werte für den Gebrauch erfolgt umgekehrt.

```
WERT = H-Byte * 256 + L-Byte
```

Für 16-Bit-Werte (2 Byte) sieht das Programm folgendermaßen aus:

```
DIM   A$(199)*50              ; Freiraum schaffen
H=PEEK &7864*256-9            ; Endadresse
L=H-10000                     ; Startadresse
FOR I=L TO H STEP  2
  WERT=RND (65237)            ; Wert erzeugen
  HB=INT (WERT/256)           ; H-Byte abspalten
  LB=(WERT/256-HB)*256        ; L-Byte abspalten
  POKE I,HB,LB                ; abspeichern
NEXT I
FOR I=L TO H STEP 2
  HB=PEEK I                   ; H-Byte lesen
  LB=PEEK (I+1)               ; L-Byte lesen
  WERT=HB*256+LB              ; zusammensetzen
  LPRINT WERT                 ; ausdrucken
NEXT I
```

n-Sekunden-Takt

Für die Meßdatenerfassung ist es wichtig, in genau definierten Zeitabständen zu messen. Durch die im Rechner eingebaute Uhr ist dies möglich. Das folgende Programm kann dazu hilfreich sein.

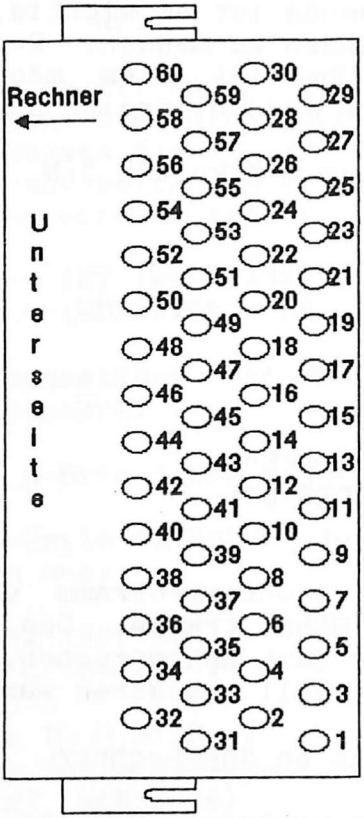
```
INPUT"Messung alle n Sekunden ";N
DT=(N+1)/10000
T=TIME
"LOOP"
   GOSUB"CLK"
   GOSUB"MESS"
GOTO"LOOP"

"CLOCK"
IF T>TIME GOTO "CLOCK"
T=DMS (DEG TIME+DEG DT)
RETURN
```

Ihre Messung sollte als Unterprogramm geschrieben sein und das Label "MESS" tragen. Das Unterprogramm darf nicht mehr Zeit beanspruchen, als die Zeit, die als Meßintervall angegeben wurde.

Anschluß an den Rechner

Der Anschluß an den Rechner geschieht über den 60poligen Stecker, der leider relativ schlecht zugänglich ist. Beachten Sie bei Ihrem Platinenlayout, daß der Stecker NUR IN LÄNGSRICHTUNG in das normale 1/10"-Raster paßt.
Die angegebenen Belegungen können je nach Produktionsdatum unterschiedlich sein !
Das Bild zeigt den Stecker von der Unterseite.



PIN	PC 1500		PC1600	
1	A7	Adreßbus	A7	Adreßbus
2	A6	Adreßbus	A6	Adreßbus
3	A5	Adreßbus	A5	Adreßbus
4	A4	Adreßbus	A4	Adreßbus
5	A3	Adreßbus	A3	Adreßbus
6	A2	Adreßbus	A2	Adreßbus
7	A1	Adreßbus	A1	Adreßbus
8	A0	Adreßbus	A0	Adreßbus
9	PB0	Port	INT1	
10	PC7	Port	M1	

11	Vcc	ca +4.7 Volt	Vcc	ca +4.7 Volt
12	Vcc	ca +4.7 Volt	Vcc	ca +4.7 Volt
13	NC	nicht angeschl.	RSTE	
14	NC	nicht angeschl.	PT	Chip-Select
15	PU	Chip-Select	PU	Chip-Select
16	PV	Chip-Select	PV	Chip-Select
17	D7	Datenbus	D7	Datenbus
18	D6	Datenbus	D6	Datenbus
19	D5	Datenbus	D5	Datenbus
20	D4	Datenbus	D4	Datenbus
21	D3	Datenbus	D3	Datenbus
22	D2	Datenbus	D2	Datenbus
23	D1	Datenbus	D1	Datenbus
24	D0	Datenbus	D0	Datenbus
25	INHIB	ROM-unterdrück.	INHIB	ROM-unterdrück.
26	WEX	Ext. Wait-Signal	IORQ	
27	CMTIN	Eingang Cassette	CMTIN	Eingang Cassette
28	W	Wait-Bedingung	W	Wait-Bedingung
29	CMTOU	Ausgang Cassette	CMTOU	Ausgang Cassette
30	INT	Interrupteingang	INT	Interrupteingang
31	A8	Adreßbus	A8	Adreßbus
32	A9	Adreßbus	A9	Adreßbus
33	A10	Adreßbus	A10	Adreßbus
34	A11	Adreßbus	A11	Adreßbus
35	A12	Adreßbus	A12	Adreßbus
36	A13	Adreßbus	A13	Adreßbus
37	A14	Adreßbus	A14	Adreßbus
38	A15	Adreßbus	A15	Adreßbus
39	PB1	Port	VGG	
40	NC	nicht angeschl.	NC	nicht angeschl.
41	VCC	ca +4.7 Volt	VCC	ca +4.7 Volt
42	VCC	ca +4.7 Volt	NC	nicht angeschl.
43	F-GND	Gehäusemasse	F-GND	Gehäusemasse
44	F-GND	Gehäusemasse	F-GND	Gehäusemasse
45	BATT	Batteriespannung	BATT	Batteriespannung
46	BATT	Batteriespannung	BATT	Batteriespannung
47	BATT	Batteriespannung	VP	
48	BATT	Batteriespannung	NC	nicht angeschl.
49	NC	nicht angeschl.	MREQ	
50	BFO	Vcc out	BFO	Vcc out

51	CKL	Takt 1.3 MHz	CKL	
52	GND	Masse	GND	Masse
53	GND	Masse	GND	Masse
54	GND	Masse	GND	Masse
55	GND	Masse	NC	nicht angeschl.
56	DME0	Chip Select ME1	DME0	Chip Select ME1
57	R/W	Read/Write Sign.	WR	Write Signal
58	DME1	Chip Select ME0	ELH	
59	ME1	ME1-Ebene	IOE	
60	OD	Output disable	RD	Read Signal

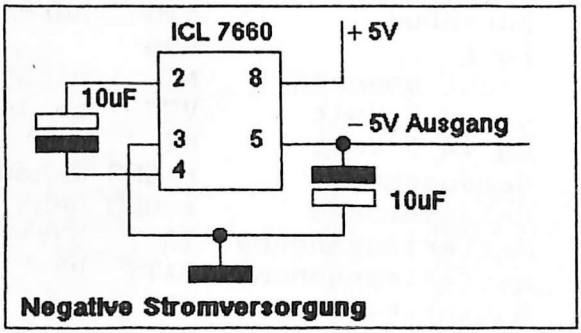
Anmerkungen :

IOE fungiert als ME1, falls XPOKE, XPEEK und XCALL-Befehle verwendet werden. Es wird wie ME1 verwendet.

R/W entspricht dem WR (Write-Signal) des 1600ers. Die Leitung RD ist lediglich die Umkehrung des WR-Signales.

Negative Versorgungsspannung

Manche Schaltungen benötigen zusätzlich zur positiven Versorgungsspannung eine negative Spannung. Der Wandler 7109 und einige Operationsverstärker benötigen eine solche.



Da aber der Rechner nur eine positive Versorgungsspannung liefert, muß diese erzeugt werden, falls

man nicht eine externe Spannungsquelle hinzuziehen möchte.
Für eine negative Versorgungsspannung benötigt man lediglich den Schaltkreis ICL 7660 und zwei Kondensatoren von 10 µF. Die Schaltung liefert ca. -5 Volt, die mit etwa 40 mA belastet werden können.

Referenzspannungsquellen

Jeder Wandler braucht eine genaue Spannungsquelle, mit der der eingehende Meßwert verglichen werden kann. Mit der Genauigkeit dieser Spannungsreferenz steht und fällt die gesamte Genauigkeit.
Die hier vorgestellten Referenzspannungsquellen verhalten sich alle wie Zenerdioden, und werden auch so beschaltet.
Die Verwendung einer Zenerdiode als Spannungsreferenz ist grundsätzlich möglich, aber Zenerdioden, die ein gutes Temperaturverhalten zeigen, sind solche mit Zenerspannungen über 6.8 V. Dies ist aber für unseren Fall, wo die Betriebsspannung bei ca. 4.5 Volt liegt, ungeeignet.
Die Referenzspannungsquelle sollte einen möglichst geringen TK (Temperaturkoeffizient) besitzen.
An einem Rechenbeispiel soll einmal die Auswirkung gezeigt werden.

Temperaturbereich	:	5...30 Grad
TK der Referenz	:	100 ppm/C (=100E-6)
Auflösung des Wandlers	:	12 Bit (=4096)

(ppm bedeutet $x10^{-6}$)
Der Temperaturunterschied beträgt 25 Grad

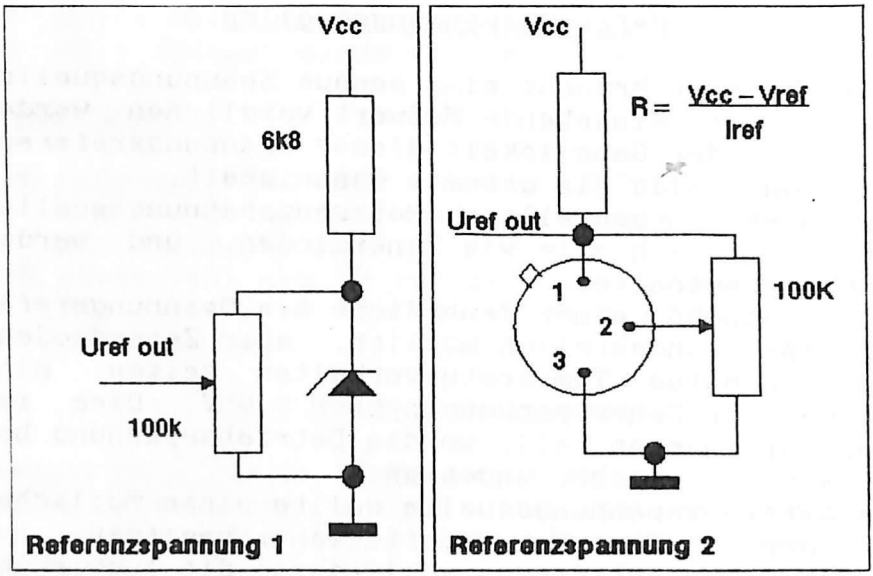
Fehler = 4096 * 25 Grad * 100E-6 1/Grad = 10.24

Über den angegebenen Temperaturbereich schwanken die Werte also um immerhin ca. 10 Werte. dies sind zwar nur 0.25 %, aber für einen 12-Bit-Wandler ist

dies eigentlich zuviel.
Dieselbe Rechnung für einen 8-Bit-Wandler:

Fehler = 256 * 25 Grad * 100E-6 1/Grad = 0.64

Die Abweichung beträgt ca. 1/2 Digit, und damit wäre die Spannungsreferenz gut geeignet.



Hier einige Referenzspannungsquellen mit ihren typischen Temperaturkoeffizienten:

ICL 8069 DCZQ 2	1.2 V	100 ppm/C°	500 µA
ICL 8069 CCZQ 2	1.2 V	50 ppm/C°	500 µA
ICL 8069 BCSQ 2	1.2 V	25 ppm/C°	500 µA
ICL 8069 ACSQ 2	1.2 V	10 ppm/C°	500 µA
ZN 4004	2.45 V	35 ppm/C°	>2 mA
ZN 423	1.26 V	30 ppm/C°	>1.5 mA
ZN 458	2.45 V	30 ppm/C°	>2 mA
ZNREF050	5.00 V	35 ppm/C°	500µA
ZNREF040	4.00 V	35 ppm/C°	500µA
ZNREF025	2.50 V	35 ppm/C°	500µA

Wie bei Zenerdioden muß auch hier ein gewisser Strom fließen, damit die Spannung stabil ist. Dieser Strom ist in der letzten Spalte angegeben. Bei der Berechnung des Vorwiderstandes sollte man den Strom möglichst nah an den vorgegebenen Wert anpassen, um eine zusätzliche Belastung des Rechners zu vermeiden.
Da man aber mit dem Wert der Referenzspannung alleine nicht viel anfangen kann, muß man den Wert über einen Trimmer einstellbar machen. Das folgende Schaltbeispiel "Referenzspannung 1" verwendet den Typ ICL... . Der Trimmer sollte ein Cermet-Spindeltrimmer sein. Das Schaltbeispiel "Referenzspannung 2" arbeitet mit den Typen ZNREF 050, 040 und 025. Diese Referenzspannungselemente sind bereits am Element selbst trimmbar. Bei der 1. Schaltung läßt sich der Wert der Referenzspannung nur nach unten korrigieren, hierbei läßt sich der Wert auch nach oben korrigieren. Dies ist wichtig, da normalerweise nicht die exakten Werte der Referenzspannung benötigt werden, sondern binäre Werte wie 2.55, 1.023, 4.095.

Chip-Select-Schaltung

Die Chip-Select-Schaltung ist die eigentlich wichtigste Schaltung, da nur Sie es ermöglicht, ein peripheres Gerät an den Rechner anzuschließen.
Wenn Sie z.B. einen Wandler an den Datenbus anschließen, muß dieser wissen, wann die Daten auf dem Datenbus (der ja ständig mit den verschiedensten Daten belegt ist) speziell für ihn gültig sind. Deshalb wird ein Signal benötigt, welches dem Bauteilen mitteilt, daß die Daten, die zur Zeit auf dem Datenbus liegen, für Ihn bestimmt sind. Der Wandler hat hierfür einen speziellen Eingang, der meistens CE (Chip-Enable) genannt wird.
Ist der Eingang logisch "1", dann wird Ihm so mitgeteilt, daß die Daten nicht für Ihn bestimmt

sind, bzw. daß er auch keine Daten auf den Datenbus geben darf. Seine Ein/Ausgangsleitungen sind in diesem Zustand hochohmig.
Liegt an dem Eingang eine logische "0" an, wird Ihm mitgeteilt, daß er jetzt Daten lesen darf, bzw. daß er jetzt Daten auf den Datenbus geben darf. Ob er Daten lesen oder schreiben soll, wird ihm über die Read/Write-Leitung mitgeteilt.
Da alle Erweiterungen und angeschlossenen Bauteile über den Adreßbus angesprochen werden, wird auch hier das Chip-Select-Signal aus dem Zustand des Adreßbusses gewonnen.
Als erstes muß ein freier Speicherbereich "ausgeguckt" werden, in dem das Bauteil betrieben werden soll. Der Speicherbereich darf auf keinen Fall von einem anderen Bauteil oder Speicher belegt sein, da sonst bei Aufruf der Adresse beide Bauteile gleichzeitig Daten auf den Datenbus geben, und dies darf natürlich nicht sein. Es gibt hier einen Sonderfall : Unter der gleichen Adresse darf z.B. ein Ausgabebauteil und ein Eingabebauteil existieren, wenn durch die R/W-Leitung sichergestellt ist, daß nicht beide gleichzeitig arbeiten.

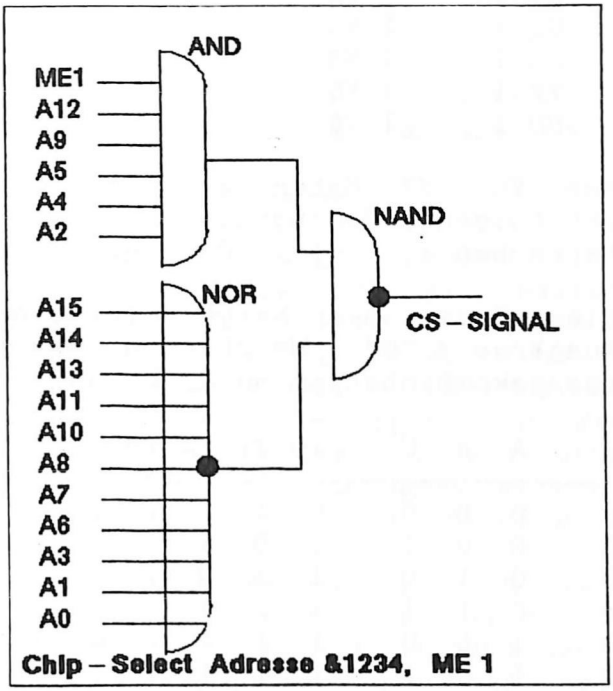
CS	R/W	Ausgabebaustein	Eingabebaustein
1	0	hochohmig	hochohmig
1	1	hochohmig	hochohmig
0	0	gibt Daten aus	hochohmig
0	1	hochohmig	liest Daten

Die eigentliche Chip-Select-Schaltung ist eine Logikschaltung, die bei definierten Zuständen der Leitungen des Adreßbusses ein Ausgangssignal auf "1" oder "0" setzen.
Soll Ihre Erweiterung z.B. auf die Adresse &1234 im 2. Speicherbereich (ME 1) reagieren, muß eine Logikschaltung aufgebaut werden, die bei Aufruf dieser Adresse ein negatives Signal liefert.

&1234 entspricht folgendem Bitmuster :

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Zustand	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0

Außerdem muß die Leitung ME 1 logisch "1" sein. Folgende Digitalschaltung liefert bei genau diesem Zustand am Adreßbus ein log. "0", ansonsten ein log. "1" :



Was diese Schaltung macht, nennt man eine vollständige Dekodierung, da der Baustein nur unter einer einzigen Adresse ansprechbar ist. Alle Adreßleitungen werden einbezogen. Oft ist es aber nicht notwendig, alle Adreßleitungen einzubeziehen. Der Vorteil ist, daß dann die Schaltung einfacher wird.

Hier soll ein Demultiplexer vorgestellt werden, der bis zu 8 Chip-Select-Signale liefern kann. Der 74HC138 hat 3 Enable-Eingänge G1 G2 G und 3 Eingänge A B C, die aus einer dort anstehenden Binärzahl von 000...111 einen von 8 CS-Ausgängen Y0...Y7 schalten.

```
  A ,--_--, +
  B 1     1 Y0
  C 1     1 Y1
 G1 1     1 Y2
 G2 1     1 Y3
  G 1     1 Y4
 Y7 1     1 Y5
GND 1_____1 Y6
```

Die Ausgänge Y0...Y7 haben alle logisch "1" solange nicht folgende Bedingungen an den Enable-Eingängen herrschen : G1 : "0" G2 : "0" G : "1"

Erst wenn diese Bedingungen hergestellt sind, wird einer der Ausgänge Y "0". Welcher "0" wird, hängt von der Eingangskombinbation an A, B und C ab.

G	G1	G2	A	B	C	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
andere			egal			1	1	1	1	1	1	1	1

Hiermit läßt sich schon eine brauchbare Chip-Select-Schaltung ohne weitere Bauteile aufbauen, und zwar im Bereich ME1.

ME 1 wird auf G gelegt
A 15 wird auf G1 gelegt
A 14 wird auf G2 gelegt
A 0 wird auf A gelegt
A 1 wird auf B gelegt
A 2 wird auf C gelegt

Die Schaltung ist unvollständig dekodiert, da die 14 Adreßleitungen A0...A13 nicht dazu beitragen, daß der Chip-Select aktiv wird.
Der Chip wird aktiv, wenn folgender Zustand des Adreßbusses anliegt :

ME1	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

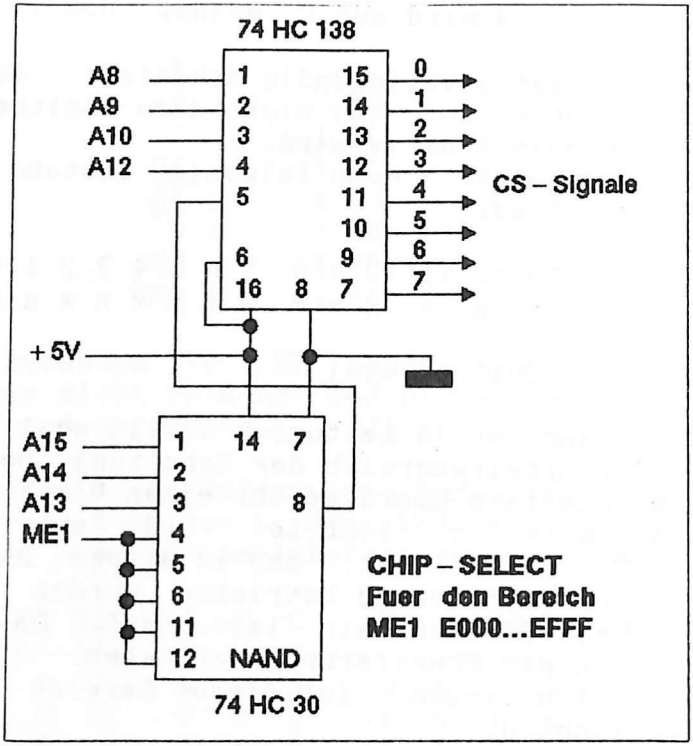
"x" bedeutet : Zustand egal

Da der Zustand der 14 Leitungen 0...13 egal ist, kann man den Arbeitsbereich der Schaltung berechnen. Die Schaltung überstreicht einen Bereich von 2^{14}=16384 Byte = 16Kbyte, und zwar von 0000...3FFF. Dies heißt, daß in diesem Bereich keine andere Erweiterung betrieben werden darf, also auch kein RAM-Baustein liegen darf. Da aber einige Firmen RAM-Erweiterungen anbieten, die in diesem Bereich liegen, ist dieser Bereich nicht unbedingt günstig.
Von dem Bereich ME 0 kann auch nur abgeraten werden, da auch hier vielfach alles mit Erweiterungen belegt ist. Meiner Meinung nach gibt es 3 sehr günstige Bereiche, die sehr selten belegt werden (ich kenne keinen Fall). Es sind folgende Bereiche im ME 1 :

A000...AFFF C000...CFFF E000...EFFF

Diese Bereiche haben jeweils 4 KByte. Durch die seltene Nutzung bietet sich eine unvollständige

Dekodierung an, damit sich die Schaltung vereinfacht. Der Bereich E000...EFFF ist am leichtesten zu dekodieren, daher soll hier die Schaltung dafür angegeben werden.



Für die Aktivierung des Bereiches E000...EFFF muß zunächst einmal nur der Bereich Exxx erkannt werden. Der Rest vorläufig uninteressant. Es muß also folgender Zustand des Adreßbusses erkannt werden :

ME1	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

ME1, A15, A14 und A13 werden auf das NAND-Gatter gelegt. Der Ausgang wird also nur "0", wenn ALLE

Signale "1" sind. Der Ausgang des NAND geht auf G1. A12 geht an G2, und G wird auf 5 Volt ("1") gelegt. Die Schaltung wird jetzt nur aktiviert, wenn die Adresse Exxx im ME1 angesprochen wird.
Die Adreßleitungen A8, A9 und A10 sorgen für die Auswahl der Chip-Select-Leitung.

Adreßbus binär	Adr.Bus HEX	CS-Ausgang aktiv
1110 x000 xxxx xxxx	E0xx / E8xx	0
1110 x001 xxxx xxxx	E1xx / E9xx	1
1110 x010 xxxx xxxx	E2xx / EAxx	2
1110 x011 xxxx xxxx	E3xx / EBxx	3
1110 x100 xxxx xxxx	E4xx / ECxx	4
1110 x101 xxxx xxxx	E5xx / EDxx	5
1110 x110 xxxx xxxx	E6xx / EExx	6
1110 x111 xxxx xxxx	E7xx / EFxx	7

Daß 2 Adressen angegeben werden, liegt daran, daß Bit 11 "0" oder "1" sein kann. Bei der Hexadezimalen Adresse kann für die xx natürlich jede beliebige Zahl angegeben werden. So ergeben sich im Prinzip pro CS-Leitung 2^9 = 512 Adressen, unter der die Leitung aktiv wird.
Man hätte auch für die Wahl der CS-Leitung auch die Adreßbusleitungen 0...2 verwenden können, aber dies empfiehlt sich nicht, da einige Wandler diese Leitungen für eine weitere Dekodierung für sich beanspruchen !
Auch RAM-Bausteine brauchen die niederwertigen Leitungen für eine interne Dekodierung. Beispielsweise benötigt ein 8K-RAM die Leitungen A0...A12, weil 2^{13}= 8192 = 8K ist. Hierbei müssen also nur die Adreßleitungen A13, A14 und A15 dekodiert werden. Diese Dekodierung ist besonders einfach. Schaltungen hierzu finden Sie im Abschnitt über die Speichererweiterungen.

Anmerkungen zum 1600er :

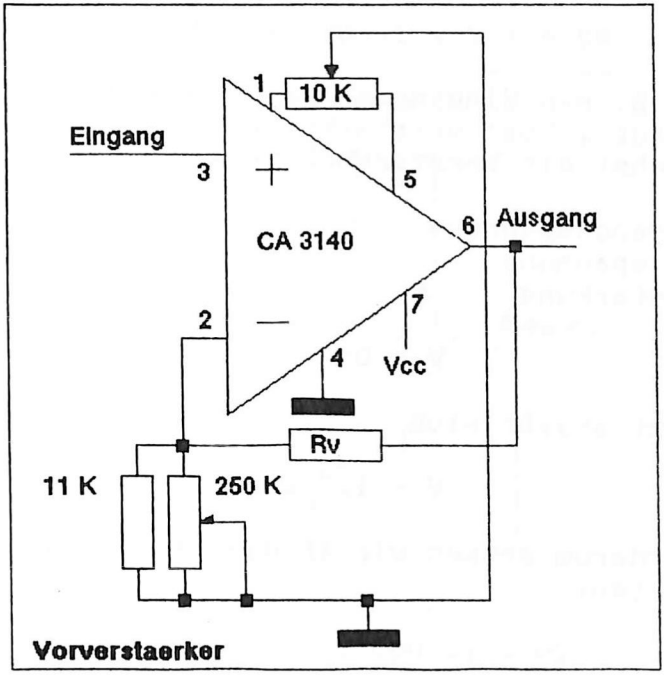
Leider ist mir zur Zeit noch nicht allzuviel über die Hardware des 1600ers bekannt. Außerdem existiert meines Wissens auch noch kein Assembler, der die Maschinenprogrammierung erleichtert. Deshalb sollten Sie Ihre Chip-Select-Schaltung ruhig für den 1500er auslegen. Die oben genannte Schaltung funktioniert sowohl am 1500er als auch am 1600er. Sie müssen die Adressen die beim 1500 mit PEEK#adr und POKE#adr aufgerufen werden lediglich mit XPEEK#adr und XPOKE#adr ansprechen. Es ist auch NICHT notwendig, den PC 1600 in den PC 1500-Modus zu versetzen. Die Maschinenprogramme müssen dann für den 1500er Prozessor geschrieben werden,und werden mit XCALLadr aufgerufen.

Dieser Abschnitt wurde recht ausführlich behandelt, aber Sie sollten dafür auch jetzt in der Lage sein, sich nicht streng an den vorgegebenen Schaltplan zu halten, wenn Sie andere Vorstellungen für Ihren Chip-Select haben.

Eingangsverstärker

Wenn die ankommenden Signale sehr schwach sind, empfiehlt sich die Verwendung eines Eingangsverstärkers. Ich möchte Ihnen 2 ICs vorstellen, die hierfür geeignet sind. Fangen wir mit der preiswerten Version an:
Der CA 3140 ist ein preiswerter C-Mos-Operationsverstärker, der mit einseitiger Versorgungsspannung betrieben werden kann. Bei einseitiger Spannungsversorgung und einem Eingangssignal von 0 Volt reicht das Ausgangssignal bis auf ca. 1 mV an 0 Volt heran. Für diesen Operationsverstärker ist ein Offsetabgleich notwendig. Die Verstärkung des Operationsverstärkers wird über die Widerstandskombination R1, R2 eingestellt. R1 sollte nicht weniger als 10 KΩ betragen. Wenn man den Wert von

R1 auf 11 KΩ festsetzt, und parallel einen Trimmer von 250 KΩ anordnet, kann man die Berechnung durchführen, als ob man einen Widerstand von 10 KΩ gewählt hätte. Mit dem Trimmer kann man dann später einen Feinabgleich der Verstärkung durchführen. Dies ist wichtig, da für die ausgerechnete Widerstandskombination ohnehin nach den Gesetzen von Murphy und Klipstein kein Wert der Standardreihe für Widerstände (E 12, E 24...) paßt. Durch den Trimmer kann man diese Ungenauigkeiten ausgleichen. Sie sollten für diese Schaltungen nur Metallfilmwiderstände und Cermet-Trimmer verwenden, da diese 1. eine höhere Genauigkeit, und 2. einen niedrigen Temperaturkoeffizienten haben.



Beim CA 3140 ist noch eine Sache zu beachten:
Die Ausgangsspannung erreicht bei einseitiger Stromversorgung nur ca. 2.0 Volt. Daher muß die

Referenzspannung soweit es geht (beim 7004 ist dies NICHT möglich) auf den entsprechenden Wert eingestellt werden. Berechnung der Verstärkung:
Die Verstärkung V, die erreicht werden soll, errechnet sich wie gesagt aus den Widerständen R1 und R2.

$$V = (R1 + R2) / R1$$

Da die Verstärkung sowie R1 mit 10 KΩ vorgegeben ist, kann man die Formel umstellen:

$$R2 = (V \times R1) - R1$$

oder

$$R2 = (V \times 10\ 000) - 10\ 000$$

Wenn z. B. ein Eingangssignal von 50 mV vorliegt, welches auf 1 Volt verstärkt werden soll, müssen wir zunächst die Verstärkung berechnen.

Ue = Eingangsspannung
Us = Sollspannung
V = Verstärkung

$$V = Us / Ue$$

eingesetzt ergibt sich:

$$V = 1/0.05 = 20$$

Dies wiederum setzen wir in die obige Formel ein und erhalten:

$$R2 = (20 \times 10\ 000) - 10\ 000 = 190\ 000$$

Der Wert von R2 sollte also 190 KΩ betragen. Der Wert von 190 KΩ ist natürlich (!) nicht in der E 24 Reihe vertreten. Der nächste Widerstand wäre 200 KΩ. Deshalb muß ein Widerstand parallel ge-

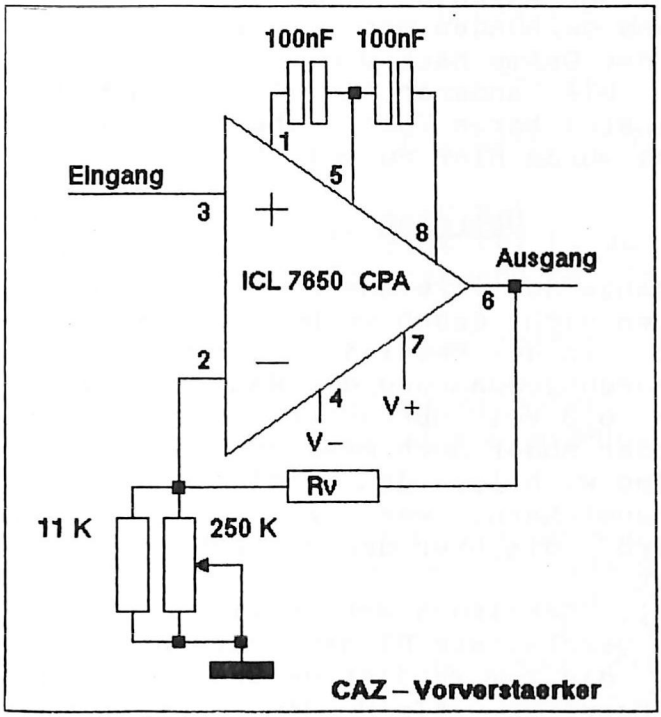
schaltet werden. Dieser Widerstand errechnet sich nach der Formel: Rp = 1 / (1 / Rs + 1 / Rv)

Rp = Parallelwiderstand
Rs = Sollwiderstand
Rv = Vorhandener Widerstand

Rp = 1 / (1/190 000 - 1/200 000) = 3 800 000

Für diesen Widerstand kann man 3.6 MΩ nehmen. Das geringe "Restrisiko" läßt sich durch den Trimmer ausgleichen.

Verwendung des ICL 7650

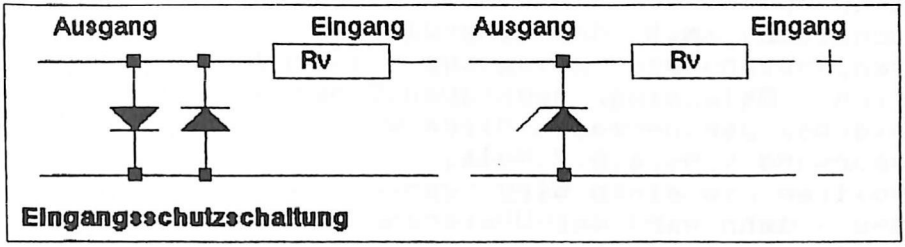


Der ICL 7650 ist ein recht teurer Präzisionsoperationsverstärker mit hervorragenden Werten. Der große Vorteil dieses OpAmps liegt in dem automatischen Offsetabgleich, den er periodisch selbst durchführt. Sie brauchen den Abgleich also nicht mehr selbst durchzuführen. Für den internen Abgleich benötigt er die beiden Kondensatoren, für die Sie nur hochwertige Folienkondensatoren, z. B. Wima MKS-Kondensatoren, verwenden sollten.
Der OpAmp sollte mit positiver und negativer Versorgungsspannung betrieben werden (max +-8 Volt), die Sie auf Grund der niedrigen Stromaufnahme aus dem ICL 7660 entnehmen können (siehe negative Stromversorgung).
Die Beschaltung für die Verstärkung und deren Berechnung ist im Prinzip genauso wie oben beschrieben. Der Anschluß Clamp kann mit dem negativen Eingang verbunden werden. Dies hat den Effekt, daß sich der OpAmp nach Übersteuerungen schneller "erholt". Die anderen Anschlüsse sind für einen extern einstellbaren Takt, aber eine genauere Beschreibung würde hier zu weit führen.

Überspannungsschutz

Die Eingänge der verwendeten A-D-Wandler sind im allgemeinen nicht gegen zu hohe Eingangsspannungen geschützt. In der Regel darf die Eingangsspannung die Versorgungsspannung des Wandler-ICs nicht um mehr als 0.3 Volt überschreiten, da sonst der Wandler oder sogar noch mehr zerstört werden kann. Es ist also wichtig, den Wandler gegen Überspannungen abzusichern, wenn oft mit Spannungen gearbeitet wird, die über der genannten Eingangsspannung liegt.
Bei der 1. Schaltung werden einfach zwei antiparallel geschaltete Dioden verwendet, die die Spannung, die zum Wandler gelangen kann auf max. 0.7 Volt begrenzt. Als Dioden können normale Dioden, oder aber besser Schottky-Dioden verwendet

werden. Der Strom durch die Dioden wird durch den Vorwiderstand begrenzt.



Rechenbeispiel für den Vorwiderstand :

Zulässiger Strom : 10 mA
Max. Eingangsspannung : 50 Volt

(R=U/I) R = 50V / 0.01A = 5000Ω

Belastung des Widerstandes : ($P=I^2xR$)

$P = 0.01^2 \times 1000 = 0.1$ Watt = 100mW

Belastung der Diode : (P=Ud x I)
Die Durchbruchspannung beträgt bei Dioden ca. 0.7 Volt, bei Zenerdioden entsprechend der Type mehr.

P = 0.7V x 0.01A = 0.007 Watt = 7 mW

Bei der Berechnung der Belastung einer Zenerdiode muß die entsprechende Durchbruchspannung eingesetzt werden.

Die Eingangsspannungen dürfen für genaue Messungen nicht mehr als die Hälfte der Durchbruchspannung betragen, da der Knick der Diodenkennlinie nicht scharf ist. Wird die Diode in diesem Bereich betrieben, dann ist die Diode etwas leitend, und bildet zusammen mit dem Vorwiderstand einen Spannungsteiler, der das Meßergebnis verfälscht. Die

Schaltung mit den beiden Dioden eignet sich für Meßspannungen bis ca 300mV. Die Eingangsspannung kann sowohl positiv als auch negativ sein. Bei der Schaltung mit der Zenerdiode sind höhere Eingangsspannungen zulässig, solange sie positiv sind. Bei einer negativen Eingangsspannung gilt wie bei der normalen Diode wieder eine Durchbruchspannung von ca 0.7 Volt.
Sollten Sie einen Eingangsspannungsteiler verwenden, dann wird der Überspannungsschutz hinter dem Teiler angeordnet.

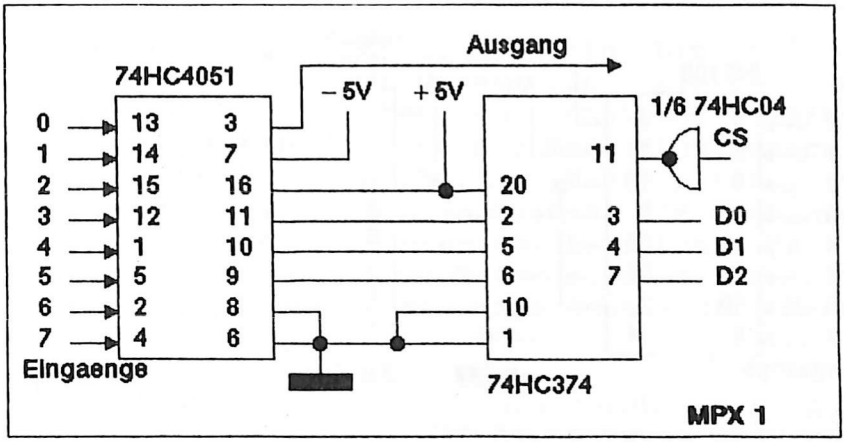
Multiplexschaltungen

Ein Analogmultiplexer ist ein elektronischer Schalter, der einen von mehreren Eingängen anwählen, und auf den Ausgang schalten kann. Aus einem Eingang werden so mehrere Eingänge.
Zwei der später vorgestellten Wandler haben bereits intern einen Multiplexer integriert, so daß mehrerer Meßkanäle vorhanden sind. Der ICL 7109 hat jedoch nur einen Meßeingang. Da aber dieser Wandler auf Grund seiner hohen Genauigkeit, und der Fähigkeit sowohl positive als auch negative Signale messen zu können sehr interessant ist, sollte auch dieser mit mehreren Eingängen ausgestattet werden.
Alle vorgestellten Multiplexer haben gemeinsam, daß der angewählte Kanal über 2 oder 3 Wahleingänge angewählt wird. Die Information über den gewählten Kanal ist binär kodiert.

A0	A1	A2	gewählter Meßkanal
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5

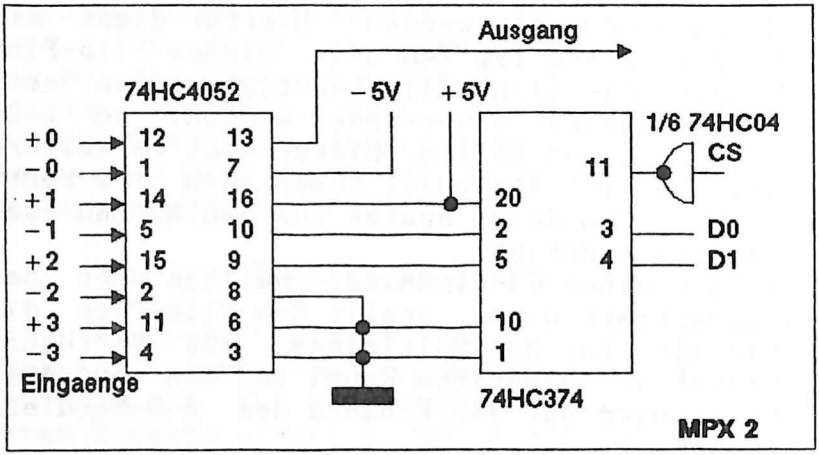
1	1	0	6
1	1	1	7

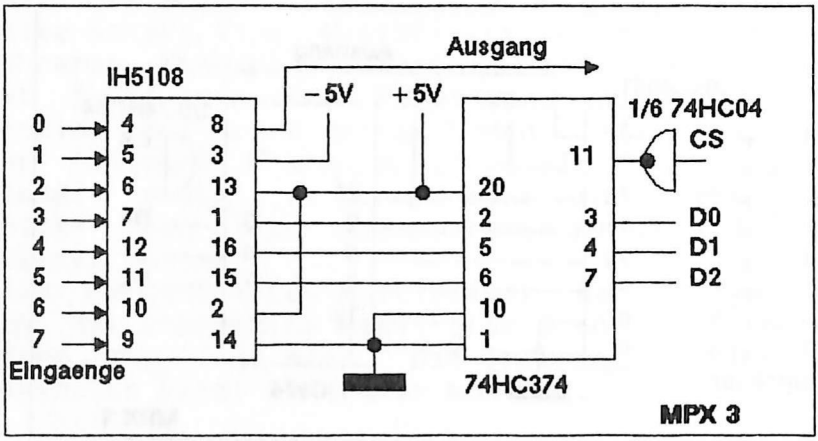
Die Information über den gewählten Kanal muß aus dem Datenbus gewonnen werden. Hierfür dient ein Oktal Flip-Flop vom Typ 74HC374. Dieses Flip-Flop hat 8 Kanäle, die nicht alle benötigt werden, aber sie können anderweitig verwendet werden, so z.B. zur Ansteuerung von Relais. Hierzu gibt es weitere Informationen im Abschnitt über den I/O-Port. Außerdem wird ein Kanal später für den Aufbau des Wandlers 7109 benötigt.
Bei Empfang eines CS-Signales, welches über den 74HC04 invertiert wird, stellt das Flip-Flop die Steuersignale für den Multiplexer zur Verfügung und schaltet den gewählten Kanal auf den Ausgang. Der Ausgang wird auf den Eingang des A-D-Wandlers gelegt.



Die Schaltungen MPX 1 und MPX 2 sind mit den preiswerten Analogmultiplexern 74HC4051 und 74HC4052 aufgebaut. Die beiden Schaltungen MPX 3 und MPX 4 verwenden die (wesentlich) teureren Typen IH5108 und IH5208 der Firma Intersil. Die Beeinflussung des Meßsignales durch die Typen der Firma Intersil ist geringer als durch die preis-

werteren ICs, da der Leckstrom bei ≤100pA liegt. Für normale Anwendungen ist aber die preisgünstigere Ausführung ausreichend.

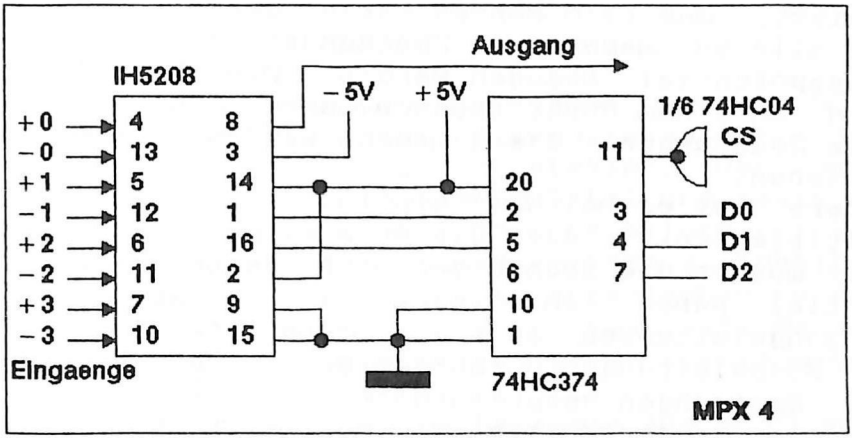




Beschreibung von MPX 1 und MPX 3

Diese beiden Schaltungen sind bis auf die Verwendung anderer ICs in ihrer Wirkungsweise gleich. Es handelt sich hierbei um einen 8-Kanal-Multiplexer. Alle zu messenden Spannungen beziehen sich auf das gleiche 0-Potential. Sie können also nur Spannun-

gen messen, die auf die gleiche Masse bezogen sind. Es ist also z.B. nicht möglich, an mehreren Meßbrücken gleichzeitig zu messen.



Beschreibung von MPX 2 und MPX 4

Auch diese beiden Schaltungen sind bis auf die Verwendung der verschidenen ICs gleich. Der Unterschied zur vorherigen Schaltung besteht darin, daß hier nicht nur die Meßleitung geschaltet wird, sondern auch die Masseleitung. Sie können also auch Spannungen messen, die sich nicht auf das gleiche Massepotential beziehen. Da bei dieser Schaltung auch die Masseleitungen gemultiplext werden reduziert sich die Anzahl der Meßkanäle auf 4.

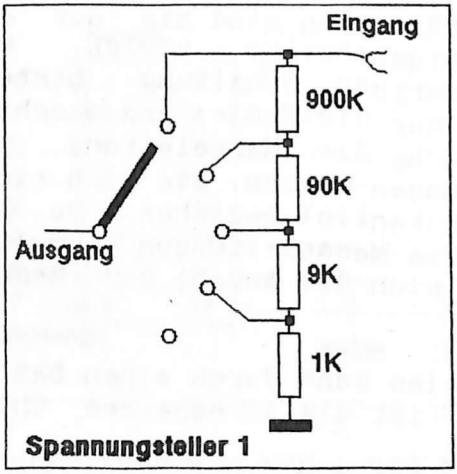
Die Auswahl des Meßkanales kann durch einen BASIC-Befehl erfolgen. (adr ist die Adresse des Chip-Select-Signales)

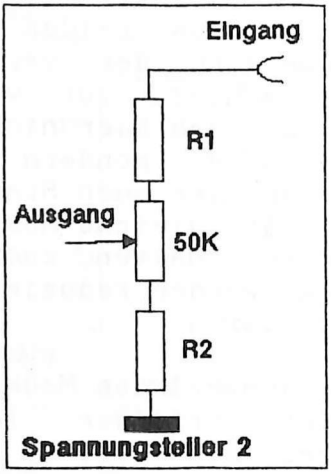
Beispiel.:

```
POKE#adr,5 wählt Kanal 5
POKE#adr,3 wählt Kanal 3
```

Spannungsmessung, Spannungsteiler

Wenn der A-D-Wandler keine Differenzeingänge besitzt, muß beim Messen darauf geachtet werden, daß alle zu messenden Spannungen auf dasselbe Massepotential bezogen werden. Die Masseleitung wird an einem Punkt angeschlossen, auf den sich alle Spannungen, die gemessen werden, dann auch beziehen.
Anders ist es bei Wandlern (oder vorgeschalteten Multiplexern), die Differenzeingänge besitzen. Hier müssen die Spannungen nicht dasselbe Massepotential haben. In diesem Fall müssen zu den Eingangsleitungen auch die entsprechende Anzahl von Masseleitungen vorhanden sein. Trotzdem dürfen die Spannungen gegeneinander nicht beliebig hoch werden, da der Multiplexer sonst "stirbt". Diese Spannungen müssen den Betriebsdaten des Bauteiles entnommen werden.





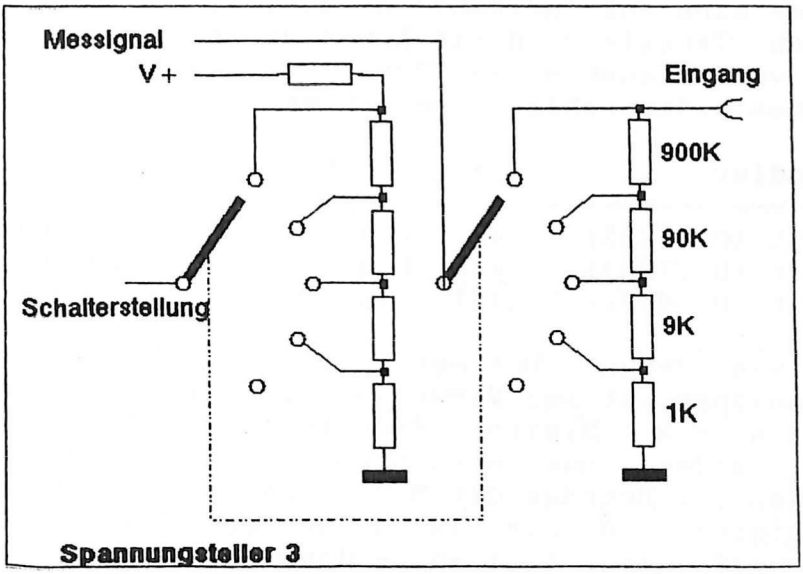
Wichtiger Hinweis:

Da die Eingangsspannungen nicht galvanisch vom Rechner getrennt sind, dürfen Sie nur mit für den Menschen ungefährlichen Spannungen arbeiten. Wenn

eine Spannung angelegt wird, liegt eine Seite der Spannung auch immer am Gehäuse an!

Messen höherer Spannungen

Wenn die Spannung, die Sie messen wollen höher ist, als die zulässige Eingangsspannung, dann benötigen Sie einen Spannungsteiler. Der Spannungsteiler der 1. angegebenen Schaltung teilt die Eingangsspannung je nach Schalterstellung 1:1 1:10 1:100 1:1000, der Spannungsteiler der 2. Schaltung ist ein Spannungsteiler, der abgeglichen werden muß. Er eignet sich also nur für spezielle Meßaufgaben. Auf der anderen Seite ist er preiswerter, und genauer.
Beide Schaltungsvorschläge belasten die Spannungsquelle mit ca. 1 MΩ.



Die 3. Schaltung erkennt die Stellung des Spannungsteilers. Da der Rechner bei einer zu messenden Spannung natürlich nicht weiß, um wieviel sie

heruntergeteilt worden ist, kann es notwendig sein, auch die Stellung des Spannungsteilers zu erfassen. Bei der Verwendung eines 2-Ebenen-Schalters ist dies recht einfach zu realisieren. Die zweite Ebene wird einfach mit einer Spannung (z.B. der Rechnerspannung) versorgt. Diese Spannung wird über Widerstände geteilt, und von einem Meßkanal wieder abgegriffen. Aus der gemessenen Schalterstellung kann der Faktor errechnet werden, mit dem die gemessene Spannung multipliziert werden muß, um den richtigen Spannungswert zu erhalten. Der Nachteil hierbei ist natürlich, daß für eine zu messende Spannung 2 Meßkanäle benötigt werden.
Alle in der Schaltung verwendeten Widerstände mit dem Wert 9.. können durch Parallelschaltung der Werte 36 und 12 erreicht werden. Beispiel: 360 KΩ parallel mit 120 KΩ ergibt 90 KΩ.
Für den 1. Vorschlag hat die Auswahl der Widerstände eine entscheidende Bedeutung. In der folgenden Tabelle sind die Abweichungen der Anzeige bei verschiedenen Wandlern und bei verschieden genauen Widerständen gegenübergestellt.

Wandler	1% Widerst.	0.1% Widerst.
8-Bit (0.. 255)	±2.5 Digits	±0.25 Digits
10-Bit (0..1023)	±10 Digits	±1.0 Digits
12-Bit (0..4096)	±41 Digits	±4.1 Digits

Wie wie sehen, beträgt beim 8-Bit-Wandler die Meßunsicherheit bei Verwendung von 1%-igen Widerständen +-2.5 Digits. Hier ist eine Ausstattung mit 1%-Widerständen also noch vertretbar. Beim 12-Bit-Wandler beträgt die Meßunsicherheit schon über 40 Digits, und dies ist nicht mehr akzeptabel. Hier muß mit 0.1%-igen Widerständen gearbeitet werden. Eine Meßwiderstandskette mit 0.1%-igen Widerständen kostet aber 20...30 DM. Wenn Sie unter Umständen auch noch 8 Kanäle so ausrüsten müssen, dann sind Sie alleine für die Widerstände

schon 2 Blaue los. Hier sollte geprüft werden, ob die andere Lösung nicht auch ihren Zweck erfüllt.

Hinweise zur 2. Schaltung

Bei dieser Schaltung muß leider noch etwas gerechnet werden. Der Gesamtwiderstand beträgt ca. 1MΩ. Der Trimmer hat einen Wert von 50 KΩ, damit erhält man eine Einstellmöglichkeit von ca. 5 %. Die Widerstände sollten Metallfilmwiderstände sein. Der Trimmer sollte am Besten ein Cermet-Spindeltrimmer sein, da man den Abgleich am leichtesten durchführen kann. Sie können selbstverständlich auch die Widerstände entfallen lassen, und nur einen Spindeltrimmer verwenden. Dies läßt dann keinen so genaue Anpassung der Eingangsspannung zu, dürfte aber in vielen Fällen ausreichend sein. (Zumindest im Versuchsstadium)

Ue = Eingangsspannung
Ua = Ausgangsspannung
Rt = Widerstand des Trimmers
Rges = Gesamtwiderstand

$$R2 = Ua \times (Rges - Rt) / Ue$$

$$R1 = Rges - Rt - R2$$

Beispiel: Ue = 20 Volt, Ua = 200 mV

$$R2 = 0{,}2 \times (1\,000\,000 - 50\,000) / 20 = 9500\ \Omega$$

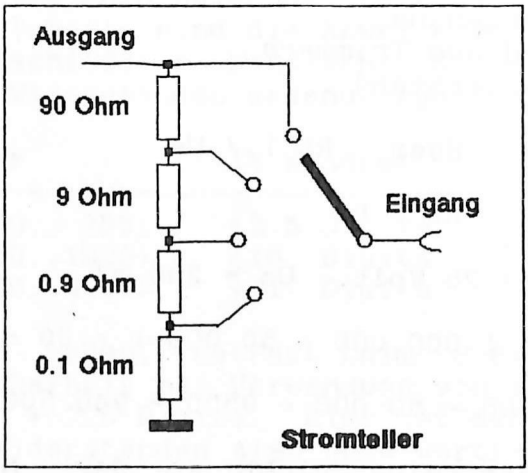
$$R1 = 1\,000\,000 - 50\,000 - 9500 = 940\,500\ \Omega$$

Die Widerstände sind nicht in der Normreihe enthalten, aber durch eine Parallelschaltung kommt man in der Regel sehr nahe an den gewünschten Widerstand heran. Außerdem kann der Wert ja noch über den Spindeltrimmer abgeglichen werden, so daß der Parallelwiderstand nicht unbedingt notwendig ist. Sollten Sie den gewünschten Widerstandswert

nicht erreichen, dann ist es empfehlenswert, die Abweichung für beide Werte in eine Richtung zu wählen. Also nicht den einen Widerstand etwas größer und den anderen etwas kleiner wählen, sondern beide größer oder kleiner als der Sollwert.

Strommessung, Stromteiler

Bei der Strommessung wird der Strom über den Spannungsabfall an einem niederohmigen Widerstand gemessen.
Bei der abgebildeten Schaltung ist die Spannung proportional zu dem durch den Widerstand fließenden Strom. Dadurch, daß durch den Widerstand ein Strom fließt, fällt nach dem Ohmschen Gesetz eine Spannung an dem Widerstand ab, die vom Wandler gemessen werden kann.



Beispiel:

Der Schalter am Stromteiler steht so, daß ein Widerstand von 10Ω eingestellt ist. Der Strom beträgt 12.3mA. Danach fällt eine Spannung von U = 0.0123 A x 10Ω = 0.123 V = 123 mV am Wider-

stand ab, der vom Wandler gemessen werden kann.

Die Belastbarkeit der Widerstände spielt hier eine Rolle, da sichergestellt werden muß, daß bei einem zu hohen Strom die die Widerstände nicht überlastet werden.
Die Belastung P des Widerstandes errechnet sich nach der Formel

$$P = I^2 \times R$$

Beispiel :
Strom = 2 A, Widerstand = 1Ω (zusammengesetzt aus 0.9Ω + 0.1Ω)
Die Belastung der einzelnen Widerstände errechnet sich nach $P = I^2 \times R$ wie folgt.

$$0.9\Omega : 2^2 \times 0.9 = 3.6 \text{ Watt}$$
$$0.1\Omega : 2^2 \times 0.1 = 0.4 \text{ Watt}$$

Sie sollten also auf die Belastbarkeit der Widerstände acht legen, da ein Strom im falschen Meßbereich die Widerstände überlasten kann. Evtl. empfiehlt sich der Einbau einer Sicherung.
Um eine hohe Meßgenauigkeit zu erreichen, sollten Sie 0.1%ige Widerstände verwenden.

Störsignale

Ich möchte hier 3 Störsignale behandeln.

1. Den Rechner
2. Die eigene Schaltung
3. Einstreuungen durch Netzbrumm

(Alle diese Erscheinungen haben nur Einfluß auf AD und DA-Wandler, aber nicht auf digitale Ein- und Ausgänge.)

1. Die Versorgungsspannung des Rechners kann unter Umständen eine Quelle für Störsignale sein. Bei der Untersuchung der vom Rechner gelieferten Spannung mit dem Oszillografen stellten sich folgende Fehlerquellen heraus:

- Die Spannung ist sehr stark mit hochfrequenten Signalanteilen verschmutzt.
- Bei Druckerbetrieb schwankt die Versorgungsspannung.
- Bei entladenen Accus/Batterien sinkt die Spannung leicht ab.
- Bei Betrieb mit dem Netzteil überlagert sich ein Wechselstromanteil.

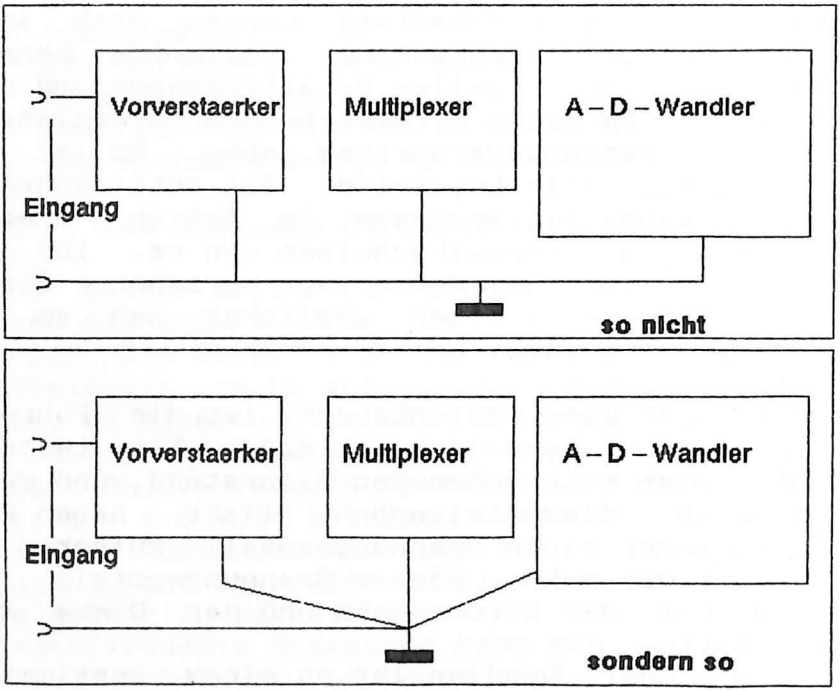
Gegen das Absinken der Spannung kann man nichts tun.
Nach meiner Erfahrung kann man aber leider auch gegen die anderen Störungen leider nicht allzuviel machen. Die Verwendung eines Spannungsreglers, die Störsignale recht gut filtern können, verbietet sich, da diese Regler eine Spannung benötigen, die um ca. 1...2 Volt höher ist als die Ausgangsspannung. Da die Versorgungsspannung aus dem Rechner nur ca. 4,5 Volt beträgt, wäre die zur Verfügung stehende Spannung ca. 2,5 bis 3,5 Volt. Diese Spannung ist aber viel zu niedrig, um irgendwelche ICs sicher zu betreiben.
Niederfrequente Störungen kann man dämpfen, indem man zwischen Vcc und Masse einen Elko anordnet. Der Elko sollte nicht größer als 100 µF sein, da beim Einschalten der Strom in Elko zu groß für die Versorgungsspannung wird. Wenn parallel zu diesem Elko auch noch ein keramischer Kondensator gelegt wird, dann lassen sich auch die höherfrequenten Signalanteile auf einen Wert dämpfen, mit dem man eigentlich leben kann. Für diesen Kondensator kann man eine 100 nF Keramikscheibe nehmen.
Die beste Lösung wäre eine externe Versorgung der Pheripheriegeräte durch eine Batterie, was natürlich recht umständlich ist, aber wenn Sie die

beiden angegebenen Kondensatoren in Ihrer Schaltung berücksichtigen, und auf einen Betrieb des Rechners mit dem Netzteil verzichten, funktionieren die aufgeführten Schaltungen in der Regel problemlos.
Verzichten sie auch darauf, während eines Wandlungsvorganges den Drucker laufen zu lassen.

2. In der eigenen Schaltung können sich auch Fehlerquellen verstecken. Logic-ICs können auf Grund der schnellen Schaltvorgänge und dem damit verbundenen Stromverbrauch Störsignale auf die Spannungsversorgung geben. Es ist zu empfehlen, alle Logic-ICs, die evtl. während eines Wandlungsvorganges in Aktion treten könnten, mit Keramikscheiben von ca. 100 nF zwischen Vcc und Masse zu versehen. Diese Kondensatoren sollten möglichst nah am IC angeordnet werden.

Ein sehr wichtiger Gesichtspunkt ist die Führung der Leiterbahnen bezüglich der Masse. Eine Leiterbahn hat immer einen ohmschen Widerstand, und wenn ein Strom über diese Leiterbahn fließt, haben Sie folglich immer einen Spannungsabfall zwischen 2 Punkten auf der Bahn. Dieser Spannungsabfall ist abhängig von der Stromstärke und der Dicke der Leiterbahn.
Angenommen, der Wandler ist an einem bestimmten Punkt an Masse angeschlossen, und der Eingang für die Spannungsmessung an einem anderen Punkt. Wenn auf dieser Masseleitung ein Strom fließt, haben Sie einen mehr oder minder großen Spannungsabfall auf dieser Leitung. Da der Wandler aber nicht unterscheiden kann, woher diese Spannung kommt, messen Sie falsch.
Die Abhilfe ist relativ einfach. Wenn Sie alle Masseverbindungen an einem einzigen Punkt zusammenführen, verschwindet dieses Problem, da Sie nur zwischen zwei VERSCHIEDENEN Punkten einen Span-

nungsabfall haben können.
Oft haben Wandler eine Analogmasse und eine Digitalmasse. In diesem Fall sollten Sie alle Analogmassen an einem bestimmten Punkt zusammenfassen, und alle Digitalmassen an einem anderen Punkt. Diese beiden Punkte verbinden Sie dann mit einer einzigen Leitung.



Für das Platinlayout ist es in jedem Fall zu empfehlen, alle Massebahnen so dick wie möglich zu gestalten.

Netzbrumm

Eine der häufigsten Fehlerquellen ist die Einstreuung von Netzbrummanteilen. Der zu messenden Gleichspannung wird ein Wechselstromanteil überlagert. Wenn Sie nun einen schnellen Wandler verwen-

den, messen Sie den überlagerten Wechselstromanteil mit. Wenn Sie sicherstellen könnten, daß immer nur im Nulldurchgang des Störsignals gemessen wird, wäre dies nicht tragisch, aber Sie messen an verschiedenen Stellen, und dies äußert sich dann durch schwankende Werte.
Sie können zur Abschirmung der Leitungen abgeschirmte Meßleitungen verwenden, und die Leitungslänge möglichst kurz halten.
Bei integrierenden Wandlern besteht oft die Möglichkeit, über einen Quarz oder eine R-C-Kombination die Meßgeschwindigkeit zu bestimmen. Wichtig ist bei diesen Wandlern die Aufintegrationsphase. Die Taktfrequenz sollte so bestimmt werden, daß die Zeit für diese Phase genau 20 mSec (eine 50 Hz-Periode) oder ein geradzahliges Vielfaches davon beträgt. Dann nämlich heben sich die positiven und negativen Signalanteile gegenseitig auf. Der Wandler wird dadurch unter Umständen etwas langsamer. Beim ICL 7109 beträgt die Integrationsphase 1/4 der Wandlungszeit. Die minimale Wandlungszeit beträgt damit 4 x 20 = 80mS. Die Meßrate beträgt dann

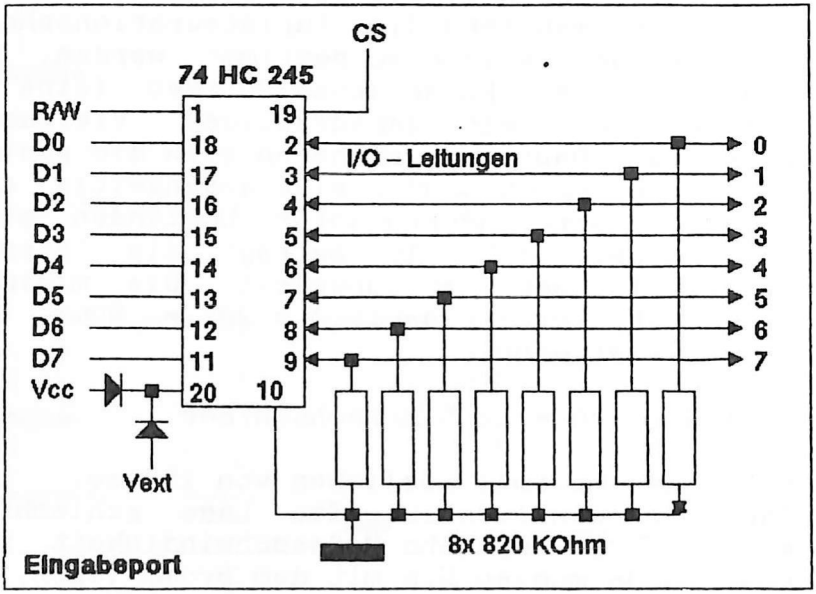
1000 / 80 = 12,5 Messungen/Sec,

gegenüber der maximal möglichen von 25/sec.
Bei anderen Wandlern ist die Lage schlechter. Wollen Sie nicht auf hohe Meßgeschwindigkeit verzichten, dann müssen Sie mit dem Brumm leben, und können nur auf wirksame Abschirmmaßnahmen zurückgreifen.
Wenn die notwendige Meßgeschwindigkeit es aber erlaubt, können Sie den Brummanteil aber auch softwaremäßig filtern. Dies muß allerdings in Maschinensprache erfolgen, da Basic viel zu langsam dafür ist. Die Vorgehensweise ist einfach:
Sie nehmen so viele Meßwerte wie Sie können innerhalb einer Zeitspanne von 20 mSec (oder einem Vielfachen davon) auf, addieren diese Werte, und

teilen dann durch die Anzahl der Meßwerte. Der Wechselstromanteil läßt sich so deutlich verringern.

8-Bit-Eingabeport

Für den Bau eines Eingabeports von digitalen Signalen zwischen 0 und 5 Volt wird das IC 74HC245 verwendet. Dieser Baustein kann aber auch als Ausgabeport verwendet werden, aber nur für kurze Impulse von der Dauer des Chip-select-Signales.



Das IC wird durch den Chip-select-Impuls gesteuert, sowie durch die R/W-Leitung. Ist CS high, dann sind die Datenleitungen alle hochohmig. Sobald CS low ist, wird der Baustein transparent, und zeigt am Ausgang die am Eingang anstehenden Signale. In welche Richtung das IC transparent wird, wird über die Read/Write-Leitung des Rechners bestimmt. In der angegebenen Schaltung gehen die Daten des Datenbusses bei einer Write-Opera-

tion auf die I/O-Leitungen. Bei einer Read-Operation gehen die Daten die an den I/O-Leitungen anliegen auf den Datenbus.

Die Bedienung ist einfach :

POKE adr,wert gibt einen 8-Bit Wert aus
POKE adr liest einen 8-Bit Wert ein.

Da es sich bei den Eingängen des IC's um C-Mos-Leitungen handelt, die sehr hochohmig sind, sind diese Eingänge nicht definiert. Um diesen Eingängen ein definiertes Potential zu geben, werden 8 Pull-Down-Widerstände von den Eingängen nach Masse gelegt. Diese Widerstände können natürlich auch an die Versorgungsspannung angelegt werden. Es wird durch die Widerstände lediglich der entsprechende Eingang mit logisch "0" oder logisch "1" vorbelegt.

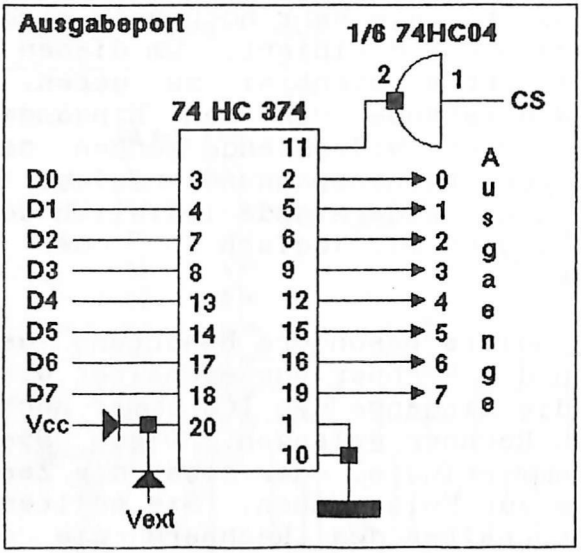
Einem Punkt sollte besondere Beachtung geschenkt werden : Wenn der Rechner ausgeschaltet wird, dann können über die Eingänge des ICs immer noch Spannungen in den Rechner gelangen. Diese Spannungen können Programmverluste, oder sogar die Zerstörung des Rechners zur Folge haben. Sie sollten daher vor dem Ausschalten des Rechners die externen Spannungen vom Eingang entfernen.

Die Dioden werden nur benötigt, wenn das IC von einer externen Versorgungsspannung gespeist werden soll.

8-Bit-Ausgabeport

Für die Konstruktion eines Ausgabeports kann das IC 74HC374 verwendet werden. Dieses IC ist ein Oktal-Flip-Flop. Die Daten, die am Datenbus anstehen, werden auf die Ausgänge durchgeschaltet, wenn am Takteingang eine positive Flanke ansteht. Die Ausgänge bleiben in diesem Zustand, bis ein neuer

Taktimpuls neue Daten durchschaltet.
Die Belastung der Ausgänge sollte insgesamt 20mA nicht überschreiten.
Leider hat dieses IC keinen Eingang für einen Chip-select. Der Chip-select-Impuls weist aber zu dem Zeitpunkt, an dem die Daten übernommen werden sollen, eine negative Flanke auf. Daher muß dieser Impuls über ein zweites IC invertiert werden. Hier kann ein 74HC04 verwendet werden.

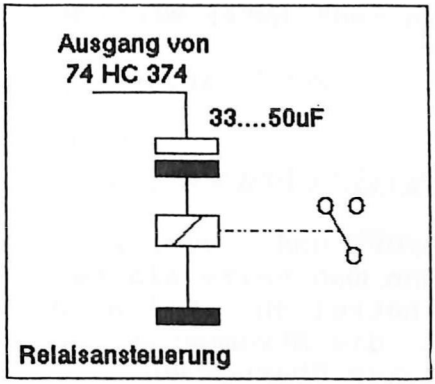


Die Stromversorgung kann vom PC 1500/1600 aus erfolgen. In diesem Falle lassen Sie die beiden Dioden entfallen. Sollen jedoch Lasten von einigen mA mit den Ports versorgt werden, dann empfiehlt sich eine externe Stromversorgung, um die Batterie des Rechners nicht zu sehr zu belasten. Die beiden Dioden verhindern, daß die Rechnerspannung von der externen Spannung getrennt wird. Die jeweils höhere Spannung übernimmt die Stromversorgung. Die Spannung Uext sollte 5 Volt betragen.
Das setzen der Ports geschieht einfach durch setzen einer Speicherzelle.

Setzen des Ports : POKE adr,wert

An dieser Stelle ein Tip : Wenn die ausgegebenen Werte nicht ihren Erwartungen entsprechen, und Sie vermuten einen Kurzschluß in den Datenleitungen, so können Sie dies leicht feststellen, indem Sie die Werte &55 (0101 0101) und &AA (1010 1010) ausgeben. Wollen Sie mehr als 8 Bits ausgeben können, dann können Sie natürlich mehrere Ports nebeneinanderschalten. Jedes IC benötigt dann natürlich sein eigenes CS-Signal.

Relaisansteuerung



An den Ausgabeport lassen sich auch Relais anschließen. Da aber die Leistung des Ports begrenzt ist, und auch die Stromversorgung des Rechners nicht allzusehr belastet werden soll, müssen bistabile Relais verwendet werden. Sie haben ausserdem den Vorteil, daß der Schaltzustand nach dem Ausschalten des Rechners erhalten bleibt. Der Nachteil dieser Relais ist, daß sie relativ teuer sind. Diese Relais werden durch einen Stromstoß geschaltet, und durch einen Stromstoß umgekehrter Polarität zurückgesetzt. Da aber keine Möglichkeit besteht, die Spannung umzupolen, da der Rechner keine negative Spannung liefert, muß das Relais mittels eines kleinen Tricks geschaltet werden.

Mittels eines in Reihe geschalteten Kondensators von 33µF...50µF läßt sich das Relais schalten. Die Schaltung entnehmen Sie bitte der Zeichnung.
Das für diese Zwecke am besten geeignete Relais ist von der Firma SIEMENS. Es trägt die Bezeichnung V23040-C0051-B201.
Wenn alle Ausgangsleitungen mit Relais bestückt sind, lassen sich alle Relais gleichzeitig schalten, wenn die Accus nicht schon sehr entladen sind. Bei Verwendung einer externen Stromversorgung mit entsprechender Leistung können alle Relais in jedem Fall gleichzeitig geschaltet werden.
Der Schaltvorgang geschieht einfach dadurch, daß in den Port ein bestimmter Wert geschrieben wird.

Beispiel : POKE adr,wert

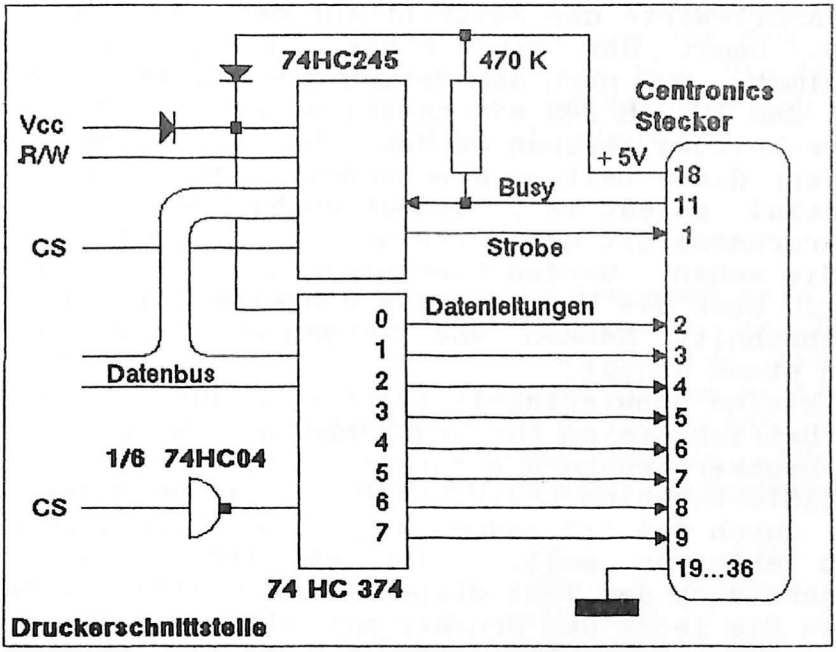
Parallele Druckerschnittstelle

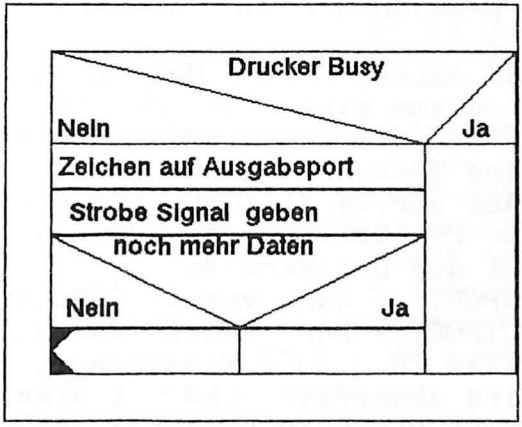
Werden Eingabeport und Ausgabeport zusammen aufgebaut, dann kann man beide als parallele Druckerschnittstelle betreiben. Falls Ihr Drucker 5 Volt liefert, wird die Stromversorgung der Schnittstelle vom Drucker übernommen.
Eine Centronics-ähnliche Druckerschnittstelle benötigt mindestens folgende Signalleitungen :

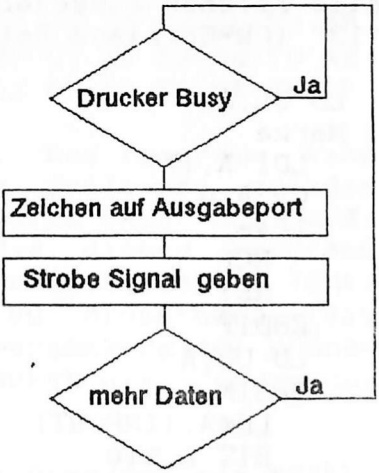
Busy, Strobe, Masse, D0...D7

Der Ablauf ist im Flußdiagramm dargestellt.
Zuerst fragen Sie die Leitung BUSY des Druckers über den Eingabeport ab, ob diese Leitung "1" oder "0" ist. Wenn der Drucker bereit zur Datenaufnahme ist, dann ist diese Leitung "0". Dieses Signal ist allerdings zweideutig, da BUSY auch bei ausgeschaltetem Drucker "0" ist. Daher muß diese Leitung über einen Pull Up Widerstand auf positives Potential gelegt werden, um bei ausgeschaltetem Drucker

einen Signalzustand "1" vorzutäuschen.







Ist das Busy-Signal "0", dann können Sie jetzt über den Ausgabeport ein Zeichen (natürlich immer die ASCII-Werte der Zeichen) auf den Ausgabeport geben. Damit der Drucker die das Zeichen auch übernimmt, muß nach dem Setzen des Ausgabeportes über das IC 74HC245 ein negativer Impuls auf die Strobe-Leitung gegeben werden. Da bei den meisten Druckern diese Leitung druckerseitig auf positives Potential gelegt ist, genügt es hier einmal das entsprechende Bit des Ports auf "0" zu setzen.
Wie Sie sehen, werden hier einzelne Bits manipuliert. Über die Manipulation einzelner Bits wurde im Abschnitt "Masken und Verschiebeoperationen" schon etwas gesagt.
Eine kleine Schwierigkeit tritt noch auf. Da Sie kein Betriebssystem für Druckerbefehle haben, ist die Druckersteuerung natürlich schwieriger. Bei den BASIC-Befehlen LPRINT"text"; und LPRINT"text" wird durch das ";" angezeigt, ob ein Zeilenvorschub erfolgen soll, oder ob der Wagen des Druckers nach dem Text stehen bleiben soll. Dieses müssen Sie jetzt dem Drucker mitteilen. Soll ein Zeilenvorschub erfolgen, dann senden Sie, nachdem alle Zeichen ausgegeben worden sind, das Zeichen "13" (CR=Carriage Return=Wagenrücklauf) hinterher.

```
LD UL,A
Marke
  LDI A,(X)
  CP A,0
  IF#=
    RCF
    RET
  ENDIF
  LD UH,A
  BEGIN
    LD#A,(INPORT)
    BIT A,%10
  UNTIL#=
  LD A,UH
```

Das nebenstehende Maschinen-Programm gibt eine Zeichen-Kette, die dem Programm über eine Textvariable mit CALL adr,var$ (XCALL adr,var$ für PC1600) übergeben wurde auf den Druckers aus.
INPORT = Adr. von IC 74HC245
OUTPORT = Adr. von IC 74HC374
Zeile 10...13 : Eingabeport wird abgefragt, und mit einer Maske 00000010 versehen, um das BUSY-Signal auf Leitung 2 zu erkennen. Es geht im Pro-

```
    LD#(OUTPORT),A     gramm erst weiter, wenn BUSY
    LD A,254           low ist.
    LD#(INPORT),A      Zeile 16...17 : Ausgabe des
    RCF                Strobe-Impulses auf dem let-
    DEC UL             zten Bit 11111110. Die Lei-
    IF#=               tung für STROBE habe ich auf
      RCF              Leitung 0 gelegt.
      RET
    ENDIF
  JR MARKE
```

Dieses Programm sollte nur eine Anregung sein, wie die Bedienung geschehen kann. Da ich es Ihnen überlassen habe, welche Adressen Sie für Ihre CS-Signale verwenden, damit Sie Ihr System so flexibel wie möglich gestalten können, kann ich Ihnen auch keinen universellen Maschinencode angeben. Der angegebene Code braucht folgende Bedingungen :

Adresse des Ausgabeports #&E100
Adresse des Eingabeports #&E300
BUSY auf Leitung 1 des Eingabeports
STROBE auf Leitung 0 des Eingabeports

```
2A 45 B7 00 89 02 F9 9A B7 5D 89 02 B5 0D B7 5B
89 02 B5 1B 28 FD A5 E3 00 BF 02 99 08 A4 FD AE
E1 00 B5 FE FD AE E3 00 F9 62 89 02 F9 9A 9E 2F
```

Alle Angaben sind Hexadezimal. Das Programm kann an jede beliebige Stelle des Speichers geladen werden. Der Aufruf erfolgt durch CALL adr,var$. adr ist die Adresse, unter Sie dieses Programm abgespeichert haben. var$ ist eine beliebige Textvariable, in der Sie Ihren zu druckenden Text abgelegt haben. In dieser Programmversion können Sie das Zeichen für CR auch durch die Verwendung des Zeichens π ersetzen.

Benutzer des PC 1600 rufen das Programm mit <u>XCALL</u>.

Allgemeines zu A-D-Wandlern

A-D-Wandler ist eigentlich eine falsche Bezeichnung. Ein Wandler wandelt eigentlich nur eine Meßgröße in eine Größe mit der gleichen Einheit um. Ein A-D-Wandler wandelt aber ein analoges Signal, z.B. 123 mV (Einheit mV), in eine Zahlenfolge (0111 1011) ohne Einheit um. Geräte, die aber eine Meßgröße von einer Einheit in eine andere Einheit umsetzen, werden Umsetzer genannt. Die richtige Bezeichnung wäre also A-D-Umsetzer. Da aber diese Bezeichnung nicht üblich ist, wird die gängige Bezeichnung "Wandler" verwendet, um keine Verwirrung zu stiften.

A-D-Wandler setzen also eine analoge Spannung in eine Zahlenfolge um, die vom Computer verstanden wird, und die dieser weiterverarbeiten kann. Er eignet sich zur Protokollierung von Meßwerten, die über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet werden, und die dann auch weiterverarbeitet werden können.

Das Beste wäre eine Meßwertaufnahme, die möglichst schnell und möglichst genau ist, aber eben diese Bedingungen sind kaum zu erreichen. Extrem schnelle und extrem genaue Wandler erreichen ohne weiteres 4-stellige Preise. Die hier vorgestellten Wandler sind relativ preiswert, und schließen den Kompromiß ein, entweder schnell oder genau zu sein.

Grob gesehen kann man Wandler nach drei Kriterien beurteilen:

1. Auflösung in Bit
2. Skalenendwert
3. Meßgeschwindigkeit

Der Skalenendwert wird in Analogie zum Zeigerinstrument der Wert genannt, der der maximal meßbare Wert ist.

Die Auflösung in Bit gibt an, in wieviele Teile der Skalenendwert aufgeteilt werden kann.

Beispiel:
Ein A-D-Wandler mit 12 Bit und einem Skalenendwert von 409.6 mV kann diese 409.6 mV in 2^{12} Teile (=4096) aufteilen. Die kleinste zu messende Spannungseinheit beträgt also 409.6 / 4096 = 0.1 mV (=100µV).
Ein 8-Bit-Wandler könnte diesen Wert nur in 2^{8} Teile (=256) aufteilen. Die kleinste zu messende Spannungseinheit würde also nur 409.6 / 256 =1.6 mV betragen.

Es gibt 2 wichtige Prinzipien, wie die Wandler den Meßwert digital umsetzen.
Der integrierende Wandler lädt einen Kondensator bis zu einem bestimmten Wert auf, und zählt dann in einem Entladezyklus wieviele Takte notwendig sind, um den Kondensator wieder zu entladen. Die Zahl der Takte entspricht dann dem Meßwert. Diese Wandler sind im allgemeinen genauer, aber auch langsamer als Wandler, die mit dem Verfahren der successiven Approximation arbeiten. Bei diesem Verfahren wird im Wandler eine Spannung erzeugt, die mit dem anstehenden Meßwert verglichen wird. Ist der interne Spannungswert kleiner als der Meßwert, so wird der Wert solange erhöht, bis der interne Wert höher ist.
Hierbei gibt es verschiedene Techniken, den Spannungswert zu ermitteln:

1. Der interne Wert wird treppenförmig immer um 1 erhöht. Dies ist die langsamste Methode, da z.B. bei einem 10-Bit-Wandler bis zu 1024 Takte benötigt werden.
2. Der interne Wert wird auf die Hälfte des Skalenendwertes gesetzt. Je nachdem, ob der interne Wert jetzt höher oder niedriger als

der Meßwert ist, wird 1/4 des Skalenendwertes subtrahiert oder addiert. Dies geht weiter mit 1/8, 1/16, 1/32 ...
Der Wandler tastet sich in einer Art Schlangenlinie an den Wert heran. Ein 10-Bit-Wandler benötigt lediglich 10 Takte.

3. Ein sogenannter Flash-Wandler besitzt intern soviele Komparatoren, wie er für seine Auflösung braucht. Ein 8-Bit-Wandler besitzt 256 Komparatoren. Er ist in einem einzigen Taktzyklus fertig.

Universeller A-D-Wandler

Für diesen Wandler wird ein integrierender Wandler von NEC (Typ µPD 7002) verwendet. Der Wandler hat eine Auflösung von 8 oder 10 Bit, jenachdem, welche Wandlung vom Anwender bestimmt wird. Die Meßrate wird von einem Takt bestimmt, der durch einen Quarz oder eine andere Schaltung gesteuert wird. Die Taktfrequenz sollte zwischen 0.5 und 3 MHz liegen.

	10 Bit		8 Bit	
Takt	Mess/sec	Meßzeit	Mess/sec	Meßzeit
0.5 MHz	50	20mS	125	8mS
1.0 MHz	100	10mS	250	4mS
2.0 MHz	200	5mS	500	2mS
3.0 MHz	300	3.3mS	750	1.7mS

Beschreibung des Wandlers

Die Auflösung beträgt 8 oder 10 Bit. Die Auswahl, ob eine 8- oder 10-Bit-Wandlung gewünscht wird, erfolgt über ein Eingangsregister. Ebenso wird in diesem Register dem Wandler mitgeteilt, welcher der 4 Kanäle 0...3 als Meßeingang dienen soll. Außerdem kann in diesem Register abgefragt werden, ob der Wandler bereits mit der Wandlung fertig ist, oder ob die Wandlung noch läuft.

Eingangsregister

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	*	S	*	*	A	K	K	K

* : Don't care (Zustand egal)
S : Status
K : Meßkanal
A : Auflösung

Binär	Dez	Kanal	Auflösung
0 0 0	0	0	8 Bit
0 0 1	1	1	8 Bit
0 1 0	2	2	8 Bit
0 1 1	3	3	8 Bit
1 0 0	4	0	10 Bit
1 0 1	5	1	10 Bit
1 1 0	6	2	10 Bit
1 1 1	7	3	10 Bit

Der Start der Wandlung geschieht dadurch. daß einfach die Kanalnummer in dieser Register geschrieben wird.
Die ersten 4 Bits sind nur beim Schreiben relevant. Der Zustand der übrigen Bits ist egal. Beim Lesen des Register ist lediglich Bit 6 von Bedeutung. Ist dieses bit "0", so darf das Wandlungsergebnis nicht abgeholt werden, da die Wandlung noch nicht beendet ist. Erst wenn dieses Bit gesetzt ist, ist der Wandler fertig, und das Ergebnis kann gelesen werden. Ob dieses Bit gesetz ist, oder nicht, kann über eine Maske herausgefunden werden.

Das Ergebnis der Wandlung wird in 2 Bytes abgeholt.

```
Bit        7 6 5 4  3 2 1 0
---------------------------
H-Byte     M x x x  x x x x
L-Byte     x x x L  * * * *
```

M = MSB = Höchstwertigstes Bit 12
x = Ergebnisbits 11...1
L = LSB = Niederwertigstes Bit 0
* = don't care = Zustand undefiniert

Wurde eine 8-Bit Wandlung gestartet, dann muß nur das H-Byte abgeholt werden. Bei einer 10-Bit Wandlung ist das Ergebnis aus den beiden Bytes zusammenzusetzen.

```
M x x x  x x x x   x x x L  * * * *
---H-Byte-------   ----L-Byte------
```

Wenn Sie nachzählen, dann stellen Sie fest, daß das Ergebnis nicht wie vermutet 10, sondern 12 Bit hat. Der Grund liegt darin, daß das Ergebnis auf 10 Bit genau ist, aber die letzten beiden Bits enthalten ein gewisses Rauschen, welches aber von der angelegten Spannung abhängig ist. Bei einer Einzelmessung darf das Rauschen der letzten beiden Bits nicht berücksichtigt werden. Wenn jedoch mehrere Messungen aufaddiert werden, und dieser Wert dann durch die Anzahl der Messungen geteilt wird, dann kommt ein Wert heraus, der genauer als 10 Bit ist.
Die Werte (12 Bit) werden aus dem BASIC heraus folgendermaßen zusammengesetzt :

Operation		Zustand der einzelnen Bits			
A=HByte	A <-		H x x x	x x x x	
A=A*256	A <-	H x x x	x x x x	0 0 0 0	0 0 0 0
B=LByte	B <-			x x x L	* * * *
B=B AND 8	B <-			x x x L	0 0 0 0
A		H x x x	x x x x	0 0 0 0	0 0 0 0
B				x x x L	0 0 0 0
W=A OR B	W <-	H x x x	x x x x	x x x L	0 0 0 0
W=W/16	W <-		H x x x	x x x x	x x x L

Der Wert der Wandlung befindet sich jetzt als 12-Bit-Wert in der Variablen W. Wenn Sie nur der 10-Bit-Wert interessiert, dann machen Sie noch folgende Operation :

W = INT (W/4)

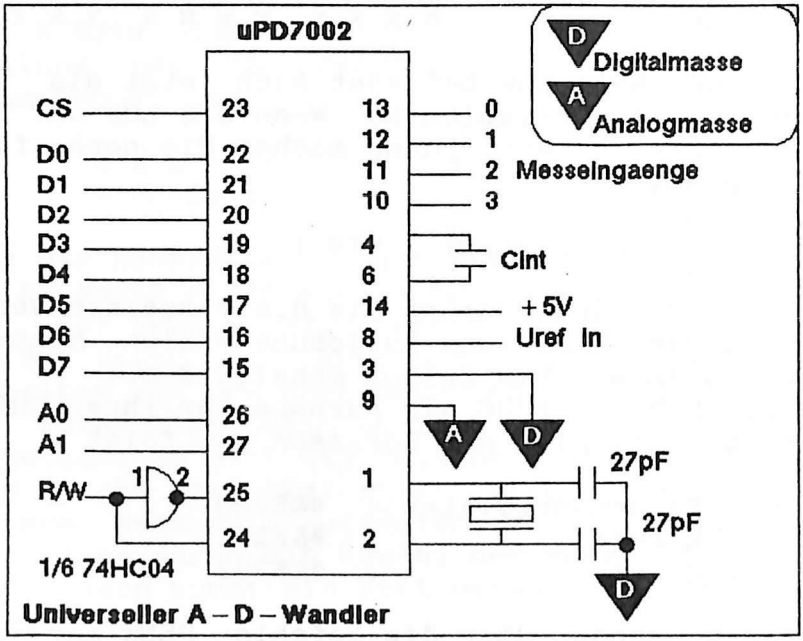
Die Adressen, unter denen Sie die einzelnen Werte lesen, sowie Kanal und Auflösung wählen können, hängen von Ihrer Chip-Select-Schaltung ab.
Haben Sie z.B. #&E200 als Adresse für Ihren Chip-Select gewählt, sind die Adressen wie folgt :

Eingangsregister	:	#&E200
L-Byte	:	#&E201
H-Byte	:	#&E202

Die Werte können über die Befehle PEEK adr geschrieben, und über die Befehle POKE adr,wert gelesen werden. (PC 1600 XPEEK/XPOKE).
Ein kleines Beispielprogramm, um die Meßwerte des Wandlers in die Anzeige zu bringen. Eine Abfrage, ob der Wandler bereits fertig mit der Wandlung ist, erübrigt sich, da BASIC zu langsam ist. Der Wandler ist in jedem Falle bis zum nächsten Befehl fertig.

```
"LOOP"                          :Schleifenstart
  POKE#&E200,5                  ;Kanal 1, 10 Bit
  HB=PEEK#&E201                 ;HByte lesen
  LB=PEEK#&E202                 ;LByte lesen
  W=(HB*256)+(192 AND LB)       ;zusammensetzen
  W=W/64                        ;verschieben
  PRINT W                       ;anzeigen
GOTO"LOOP"                      ;
```

Beschreibung der Hardware :

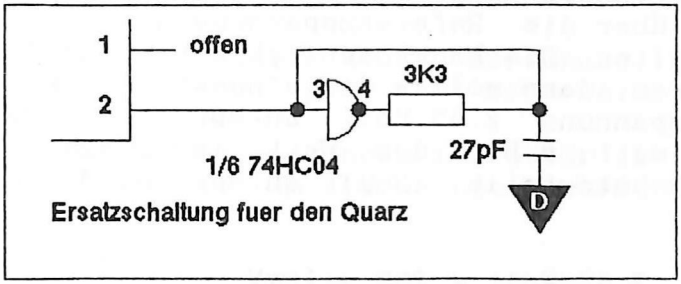


READ/WRITE

Der Wandler benötigt die Signale READ und WRITE getrennt, die beim PC 1500 nur in einem READ/Write Signal zusammengefaßt sind. Das heißt, daß aus diesem Signal wieder 2 Signale erzeugt werden müssen. Dies kann über einen Inverter des 74HC04 geschehen, wie in der Schaltung gezeigt. Beim PC 1600 ist dies nicht notwendig, da die READ und

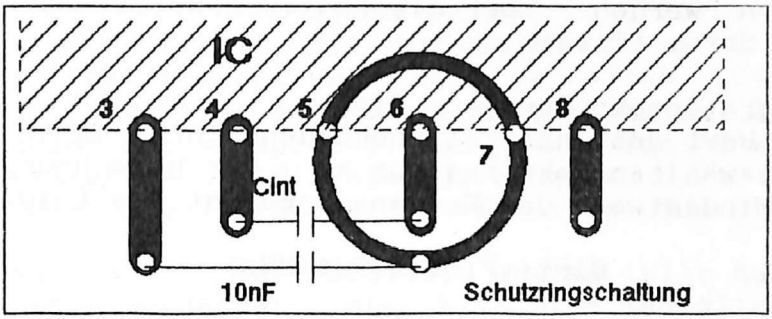
WRITE-Leitungen getrennt vorliegen. Für diesen Rechner kann der Inverter entfallen. Pin 24 des ICs wird dann direkt mit WRITE. und Pin 25 mit Read verbunden.

TAKT



Der Takt für den Wandler kann entweder über einen Quarz erzeugt werden, oder aber auch über eine preiswertere Ersatzschaltung. Wird die Ersatzschaltung verwendet, dann fällt der Quarz, sowie die beiden 27pF-Kondensatoren weg. Die Verwendung eines 74HC04 für den Inverter hat den Vorteil, daß für den PC 1500 noch das notwendige Gatter für die R/W-Leitung übrig ist.
Die Ersatzschaltung schwingt mit ca 3 MHz.

Schutzringschaltung



Im Datenblatt für den µPD 7004 ist eine Schutzringschaltung angegeben, die das Rauschen vermindern soll. Die Schaltung sollte wie in der Zeichnung gezeigt ausgeführt werden.

Referenzspannung

Die Referenzspannung erzeugen Sie wie es im Abschnitt über die Referenzspannungen beschrieben ist. Sollten Sie hauptsächlich 8-Bit Wandlungen durchführen, dann sollte der eingestellte Wert der Referenzspannung 2.55 Volt entsprechen, da der Wandler wg. 8 Bit den Wert in 2^8=256 Teile (0...255) unterteilt. Somit entspricht die Auflösung :

2.55 Volt / 255 = 10mV

Sollten Sie dagegen hauptsächlich mit der 10-Bit Wandlung arbeiten wollen, dann empfiehlt sich eine Referenzspannung von 1.023 Volt. Der Wandler teilt die Eingangsspannung in 1024 Teile (0...1032). Hierbei beträgt dann die Auflösung :

1.023 Volt / 1023 = 1mV

Analog-Digitalmasse

Alle digitalen Verbraucher sollten an der Digitalmasse betrieben werden. Die Analogmasse sollte mit der Digitalmasse nur an einem einzigen Punkt verbunden werden. Über die Analogmasseleitung darf kein Strom fließen !

Integrationskondensator Cint

Der Wert des Integrationskondensators hängt von der gewählten Taktfrequenz ab. Die Berechnung für den Mindestwert des Kondensators ist wie folgt :

Cint(µF)=0.029/f(MHz)

1MHz : 0.029/1 = 0.029µF = 29nF
2MHz : 0.029/2 = 0.0145µF = 15nF
3Mhz : 0.029/3 = 0.0097µF = 10nF

Für den Kondensator sollten Sie einen MKS-Kondensator von hoher Qualität wählen z.B. von WIMA.

Meßeingänge

Die maximal zulässige Eingangsspannung darf die Versorgungsspannung um nicht mehr als 0.3 Volt überschreiten.
Vor den Meßeingängen können Sie natürlich Vorverstärker anordnen, um die Eingangsempfindlichkeit zu steigern.

Schneller A-D-Wandler

Für diese Schaltung wird ein Wandler mit successiver Approximation von NEC verwendet. Es ist der Typ µPD 7004.

Beschreibung des Wandlers

Die Gehäuseform des Wandlers ist etwas ungewöhnlich, da es sich um ein schmales 28poliges DIL-Gehäuse handelt. Hierfür Fassungen zu erhalten ist sehr schwierig. Am Besten behilft man sich mit IC-Kontaktstreifen.
Die Auflösung beträgt 10 Bit. Der Wandler hat 8 Eingänge, die über einen integrierten Multiplexer angewählt werden. Die Wandlungszeit beträgt bei einer Taktfrequenz von 1 MHz lediglich 104µSec, was einer maximal möglichen Meßrate von ca. 10 000 Messungen/Sec entspricht. Das heißt, das eine Programmierung in BASIC absolut sinnlos wäre, wenn man die Möglichkeiten des Wandlers ausschöpfen will.
Der Wandler ist für parallele und serielle Ausgabe der Daten ausgelegt, aber hier wird lediglich der parallele Betrieb betrachtet.

Der Wandler besitzt 1 Register, in dem ihm mitgeteilt wird, welcher Meßkanal gewünscht wird. Ein weiteres Register legt fest, welches Teilerverhältnis für den angelegten Takt benötigt wird, und ob die Daten als 2er-Komplement ausgegeben werden sollen. Zwei weitere Register erlauben das Auslesen der gemessenen Spannung.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Status	*	*	*	*	*	S	T	T
Kanal	*	*	*	*	*	K	K	K
H-BYTE	MSB	x	x	x	x	x	x	x
BIT	x	LSB	0	0	0	0	0	0

STATUS

S Muß "0" sein, wenn normale Datenausgabe gewünscht wird. Ist diese Bit "1", werden die Daten als 2er-Komplement übertragen

T Bestimmt das Teilungsverhältnis des angelegten Taktes. Der Takt sollte so geteilt werden, daß der interne Takt zwischen 0.4 und 1.1 MHz liegt.

1	0	Teilerverhältnis
0	0	1/1
0	1	1/2
1	0	1/4
1	1	1/8

Beim PC 1500 liegt der Takt bei 1.3 MHz. Dies liegt etwas über 1.1 MHz, ist aber nicht tragisch, da der Wandler auch anstandslos mit diesem Takt und einem Teilerverhältnis von 1/1 funktioniert. Würde ein Teilungsverhältnis von 1/2 eingestellt, sinkt die Meßrate um ca 40% ab.
Der Takt des 1600ers liegt ebenfalls bei 1.3 MHz, wenn die Baugruppen über den 1500er Prozessor angesprochen werden (XPEEK, XPOKE, XCALL). Also

reicht ein Teilungsverhältnis von 1/1 auch hier. Der Takt des 1600ers liegt bei 3.58 MHz, wenn der 1600er Prozessor angesprochen wird. (PEEK POKE CALL). Lediglich in diesem Falle muß der Takt um den Faktor 4 geteilt werden. Wird das Teilerverhältnis von 1/4 programmiert, dann beträgt der interne Takt 0.895 MHz. Die Wandlungszeit steigt auf ca. 116µSec, die Meßrate sinkt auf ca 86000 Mess/Sec.
Dieses Register muß nur einmal initialisiert werden, und kann dann so verbleiben, bis der Rechner ausgeschaltet wird.

KANAL
Wird eine Kanalnummer in dieses Register geschrieben, dann startet der Wandler seinen Wandlungsvorgang. Nach einer entsprechenden Wartezeit kann das Ergebnis abgeholt werden. Es gibt hier leider keine Softwaremäßige Erkennung des Wandlungsendes. Daher muß eine Warteschleife programmiert werden. Die Zuordnung der Kanäle entspricht den Dezimalzahlen von 0...7.

H-Byte und L-Byte
MSB : Höchstwertigstes Bit 9
LSB : Niederwertigstes Bit 0
x : Bits 1...8

Da der Meßwert in 2 Bytes "versteckt" ist, muß er erst zu einem Wert zusammengesetzt werden. Dies geschieht, indem man H-Byte mit 4 multipliziert, das L-Byte durch 64 teilt, und dann die Werte addiert.

Beispielprogramm für Meßkanal 5 :

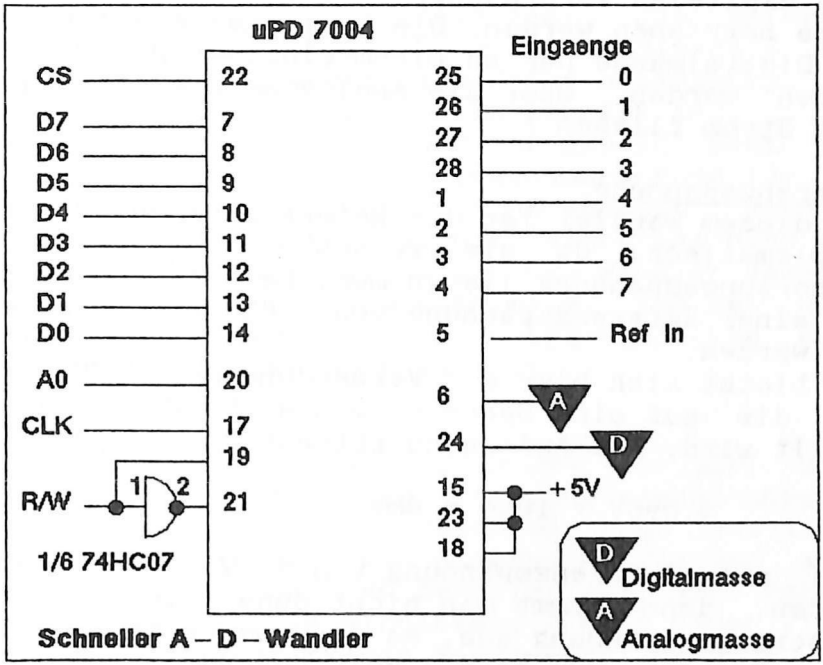
```
POKE# &E601,0        ;Statuswort auf 0 setzen
"LOOP"               ;
   POKE# &E600,5     ;Kanal wählen, Wandler starten
   H=PEEK# &E601     ;H-Byte abholen
   L=PEEK# &E600     ;L-Byte abholen
   W= H*4 + L/64     ;H und L zusammensetzen
   PRINT W           ;
GOTO "LOOP"          ;
```

Im Falle der Basic-Programmierung ist der Wandler in jedem Fall fertig, bevor der Wert abgeholt werden kann. Verzögerungsschleifen sind nur im Falle der Maschinenprogrammierung notwendig.

Die Adressen, unter denen Sie die Register ansprechen können, hängen von Ihrer gewählten Chip-Select-Adresse ab.
Haben Sie z.B. #&E200 als Adresse für Ihren Chip-Select gewählt, sind die Adressen wie folgt :
Die Werte können über die Befehle PEEK adr geschrieben, und über die Befehle POKE adr,wert gelesen werden. (PC 1600 XPEEK/XPOKE).
Für den Fall, daß Ihre CS-Schaltung für den Bereich #&E600 ausgelegt ist, gelten folgende Adressen :

Register	Adresse	Operation	Beispiel
Status	#&E601	schreiben	POKE# &E601,0
Kanal	#&E600	schreiben	POKE# &E600,4
H-Byte	#&E601	lesen	PEEK# &E601
L-Byte	#&E600	lesen	PEEK# &E600

Beschreibung der Hardware



READ/WRITE

Der Wandler benötigt die Signale READ und WRITE getrennt, die beim PC 1500 nur in einem READ/Write Signal zusammengefaßt sind. Das heißt, daß aus diesem Signal wieder 2 Signale erzeugt werden müssen. Dies kann über einen Inverter des 74HC04 geschehen, wie in der Schaltung gezeigt. Beim PC 1600 ist dies nicht notwendig, da die READ und WRITE-Leitungen getrennt vorliegen. Für diesen Rechner kann der Inverter entfallen. Pin 19 des ICs wird dann direkt mit WRITE, und Pin 21 mit Read verbunden.

TAKT

Der Takt wird der Leitung CLK des Rechners entnommen.

Analog-Digitalmasse

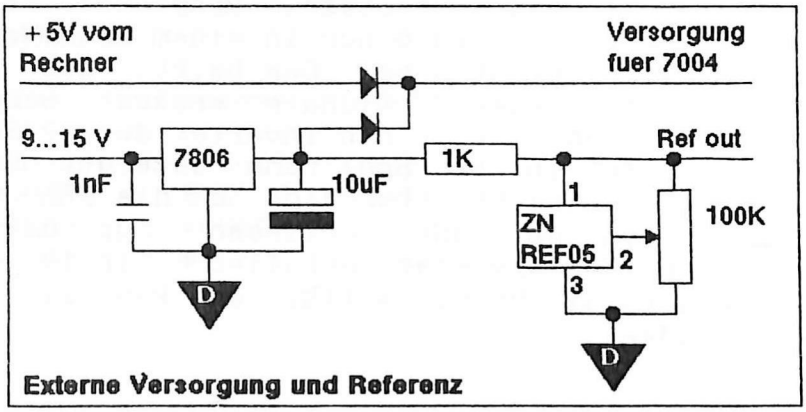
Alle digitalen Verbraucher sollten an der Digitalmasse betrieben werden. Die Analogmasse sollte mit der Digitalmasse nur an einem einzigen Punkt verbunden werden. Über die Analogmasseleitung darf kein Strom fließen !

Referenzspannung

Bei diesem Wandler ist die Referenzspannung etwas problematisch, da sie zwischen 4 Volt und der Versorgungsspannung liegen muß. Es kann also nicht mit einer Referenzspannung von 1.023 Volt gearbeitet werden.
Es bietet sich hier die Verwendung der ZNREF 040 an, die auf eine Spannung von 4.095 Volt eingestellt wird. Die Auflösung beträgt dann :

4.096V / 1024 = 4mV

Soll eine Referenzspannung von 5 Volt verwendet werden, dann kommt man nicht ohne eine externe Versorgungsspannung aus, da die vom Rechner gelieferte Spannung nur ca 4.7 Volt beträgt.



Die Schaltung für die externe Versorgungsspannung arbeitet mit einem Spannungsregler der die externe Spannung auf 6 Volt stabilisiert. Die Referenzspannungsquelle ZNREF 050 wird von diesen 6 Volt gespeist, und liefert eine Referenzspannung, die am Trimmer auf 5.12 Volt einzustellen ist.
Die eigentliche Versorgung für das IC geht über eine Diode, die die Versorgungsspannung für den µPD 7004 auf die ca 5.4 Volt herabsetzt, die für den Betrieb erlaubt sind. Die Rechnerspannung wird ebenfalls über eine Diode auf den Wandler gegeben. Beide Dioden verhindern ebenfalls, daß bei einer nicht vorhandenen Versorgungsspannung eine Rückspannung in den Rechner gelangt.

Meßeingänge
Die maximal zulässige Eingangsspannung darf nicht höher sein, als die Versorgungsspannung + 0.3 Volt. Da die Referenzspannung sehr hoch liegt, ist es problematisch, Eingangsverstärker anzuschließen. Der CA 3140 benötigt z.B. eine Versorgungsspannung, die mindestens 2 Volt höher liegt, als das zu verstärkende Meßsignal. Da hier aber die Meßspannung 4 oder 5 Volt betragen kann, sollte die Versorgungsspannung für den CA 3140 mindestens 7...8 Volt betragen. Bei externer Versorgungsspannung kann die notwendige Spannung hierzu vor dem Spannungsregler abgegriffen werden. Der CA 3140 verträgt maximal 35 Volt.

Genauer A-D-Wandler

Für diesen Wandler wird ein integrierender 1-Kanal- 12-Bit A-D-Wandler der Firma INTERSIL verwendet. Der Wandler mit der Bezeichnung ICL 7109 ist ein Ableger des Bekannten 7106/07. Diese beiden Typen werden sehr oft in 3 1/2-stelligen Digitalmultimetern verwendet. Diese Wandler sind für die Ansteuerung von LED/LCD-Anzeigen ausgelegt, währendessen der 7109 mit einem Adreß- und

Datenbus ausgerüstet ist.

Beschreibung des Wandlers

Die Eingangsempfindlichkeit läßt sich stufenlos von 400mV...4 Volt einstellen. Die Auflösung beträgt dabei 100µV...1mV.
Die Meßrate beträgt maximal 30 Messungen/Sec. Es ist aber empfehlenswert, die Meßrate auf 12.5 Messungen/Sekunde festzulegen, da dies einer Wandlungszeit von 80mS entspricht. Da 1/4 dieser Wandlungszeit der Aufintegration des Meßsignales im Integrationskondensator dient, beträgt die Aufintegrationszeit bei 80mS genau 20mS, und dies entspricht genau einer 50 Hz-Schwingung, wie sie durch Einstreuungen oft vorkommt. Wenn aber über genau eine 50 Hz-Periode lang das Meßsignal aufintegriert wird, dann wird der Anteil des Netzbrumms weitgehend rausgefiltert.
Der Wandler besitzt kein Eingangsregister, sondern nur zwei Ausgangsregister, um die Daten zu lesen. Der Start des Wandlers wird über einen positiven Impuls an einem speziellen Eingang gestartet.

Die Ausgangsregister :

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
H-Byte	P	O	*	*	M	x	x	x
L-Byte	x	x	x	x	x	x	x	L

P = Polarität "1" positiv "0" negativ
O = Overflow "1" Overflow "0" kein Overflow
* = Nicht definiert
M = Höchstwertigstes Bit (Bit 11)
x = Bits 1...10
L = Niederwertigstes Bit (Bit 0)

Wie Sie sehen, hat der Wandler ein Bit für die Polarität. Er kann also im Gegensatz zu den anderen vorgestellten Wandlern auch negative Spannungen messen. Leider benötigt der Wandler eine negative Spannung. Die Schaltung für die negative Versorgung können Sie einem der vorangegangenen Abschnitte entnehmen.
Da auch hier die Werte in 2 Bits versteckt sind müssen sie zusammengesetzt werden. Dies kann wiefolgt geschehen.

```
H=H-Byte          / H <-- P O * *  x x x x
L=L-Byte          / L <-- x x x x  x x x L
OV=HB AND 128     /Overflow          Maske 1000 0000
PO=HB AND 64      /Polarität         Maske 0100 0000
WE=HB AND 15      /Höchstw. Bit über Maske 0000 1111
WE=WE*256 + LB /H-Bits nach links schieben, und
                 L-Byte addieren.
```

Ist OV nach den Operationen >1, dann liegt ein Overflow vor.
Ist PO nach den Operationen >1, dann ist die gemessene Spannung positiv.

Für das Auslesen der beiden Ergebnisbytes wird ein Chip-Select-Signal benötigt.
Für den Start des Wandlers wird ein zweites Chip-Select-Signal benötigt. Der Wandler wird über das Setzen eines Ausganges eines Octal-Flip-Flops gestartet. Vor dem Start einer neuen Wandlung muß es wieder zurückgesetzt werden.
Der Start des Wandlers geschieht durch Setzen des Bits 3 des Flip-Flops. Warum gerade Bit 3 verwendet wird, soll später erklärt werden.

Die Adressen, unter denen Sie die einzelnen Werte lesen können, sowie den Wandler starten können, hängen von Ihrer Chip-Select-Schaltung ab.

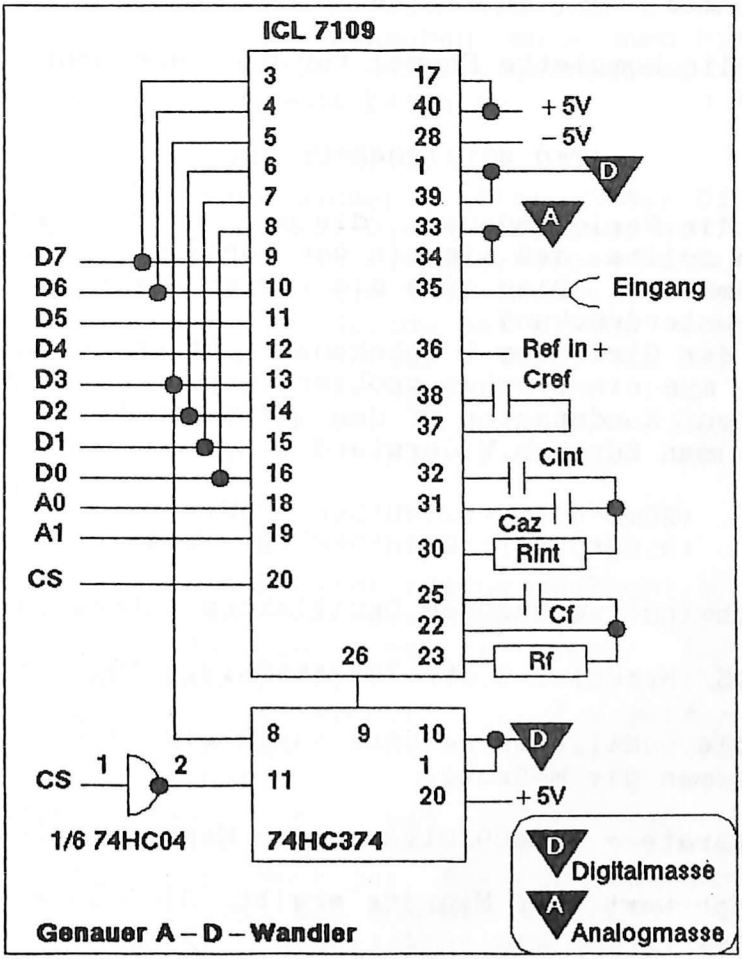
Haben Sie z.B. #&E100 als Adresse für Ihren Chip-Select zum Starten des Wandlers, und #&E200 als Adresse zum Lesen des Ergebnisses gewählt, sind die Adressen wie folgt :

```
Wandler starten  : #&E100
H-Byte           : #&E202
L-Byte           : #&E201
```

```
"LOOP"
  POKE# &E100,0,8,0                  ;Wandler starten
  FOR I=0 TO 5 : NEXT I              ;Verzögerung
  H=PEEK# &E202                      ;HByte abholen
  L=PEEK# &E201                      ;LByte abholen
  W=(H AND 15)*256+L                 ;Wert errechnen
  IF H AND 64 > 1 LET O$="OVER"      ;Overflow prüfen
  IF H AND 128 < 1 LET W=-W          ;Polarität prüfen
  PRINT W;O$                         ;Anzeigen
GOTO"LOOP"
```

Die Verzögerungsschleife ist unbedingt notwendig, da der Wandler relativ langsam ist. Für den Betrieb am PC 1600 muß die Verzögerungsschleife noch um den Faktor von ca 2.5 verlängert werden, da der PC 1600 deutlich schneller ist als der PC 1500.
Ist die Verzögerungsschleife zu kurz, dann erhalten Sie stark schwankende Meßergebnisse.

Zur Hardware



TAKT

Der Wandler muß mit einem externen Takt versorgt werden. Dies geschieht durch die Bauteile Rf und Cf. Die Frequenz, mit der diese Schaltung schwingt ist :

$$f=0.45/(Rf*Cf)$$

Der Kondensator Cf sollte dabei nicht kleiner sein, als 50pF. Rf sollte in der Gegend von 100KΩ liegen.
Hier die komplette Formel für die Berechnung des Taktes :

$$(T*0.45)/(2048*Cf)=Rf$$

T ist die Periodendauer, die möglichst so gewählt werden sollte, daß sie ein ganzzahliges Vielfaches von 20mS ist. Dies gibt die besten Werte bei der 50-Hz-Unterdrückung.
Da in der Gleichung 2 Unbekannte (Rf,Cf) vorhanden sind, muß ein bischen probiert werden. Setzt man für den Kondensator Cf den Wert 56pF ein, so erhält man für den Widerstand :

$$(20mS*0.45)/(2048*56E-12pF)=$$
$$(0.02*0.45)/(2048*56E-12)= 7847\ \Omega$$

Die Schwingfrequenz des Oszillators beträgt also :

$$0.45/(Rf*Cf)\ :\ 0.45/(7847*56E-12)= 102.4\ KHz$$

Wird die Oszillatorfrequenz durch 8192 geteilt, so erhält man die Meßrate.

Meßrate = 102400/8192 = 12.5 Messungen/Sec

Der Kehrwert der Meßrate ergibt die Dauer der Messung.

Dauer = 1/Meßrate = 1/12.5 = 0.08 S = 80mS

Eine Messung dauert also genau 80mS. Dies ist wichtig zu wissen, damit die Verzögerungsschleife richtig berechnet werden kann.
Das vorangegangene Beispiel war ausgelegt für maximale Meßgeschwindigkeit, bei der gerade noch die 50Hz-Frequenz gefiltert werden kann. Die Werte

für Cf und Rf waren 56pF und 7850Ω. Sie können mit den Werten arbeiten. Sollten Sie andere Werte als in dem Rechenbeispiel wünschen, so können Sie sich diese errechen. Die Oszillatorfrequenz sollte nicht mehr als 245.8KHz betragen.

Analog-Digitalmasse

Alle digitalen Verbraucher sollten an der Digitalmasse betrieben werden. Die Analogmasse sollte mit der Digitalmasse nur an einem einzigen Punkt verbunden werden. Über die Analogmasseleitung darf kein Strom fließen ! Gerade bei dieser schaltung sollten Sie besonders darauf achten, da der Wandler gegenüber dem 8-Bit Wandler eine 16x höhere Auflösung hat. Dazu kommt noch, daß der Skalenendwert mit 400mV sehr niedrig ist. Die Auflösung beträgt dann 100µV !

Referenzspannung

Bei der Auswahl der Referenzspannungsquelle sollten Sie auf einen niedrigen Temperaturkoeffitienten achten, da dieser bei der hohen Auflösung stärker ins Gewicht fällt. Bedenken Sie, daß ein 3 1/2-stelliges Digitalmultimeter für seinen Meßbereich 11 Bit Auflösung (2^{11}=2048) benötigt. Dieser Wandler hat noch 1 Bit (=Faktor2) mehr.
Bei diesem Wandler wird die Referenzspannung so eingestellt, daß sie dem halben Skalenendwert entspricht. Der Wert der Referenzspannung kann zwischen 2.048 Volt und 204.8mV betragen. 2.048 V Referenzspannung entspricht einem Maximalen Wert der Eingangsspannung von 4.095 Volt. Die Auflösung beträgt dann :

4.096V/4096 = 1mV

Wird als Referenzspannung 204.8mV gewählt, so liegt die maximale Eingangsspannung bei 4095mV. Die Auflösung beträgt dann :

$$409.6mV/4096 = 0.1mV = 100\mu V$$

Das Einstellen der Referenzspannung ist mit einem 3 1/2-stelligen DMM recht schwierig, da Sie in den 2.00 (20.0) Volt-Bereich schalten müssen. Beim Abgleich der Spannung gleichen Sie am Besten so ab, daß Ihre Anzeige zwischen 0.204 und 0.205 (2.04 und 2.05) pendelt, oder aber leihen Sie sich ein 4 1/2-stelliges DMM.

Die Kondensatoren

Der Kondensator für Cf kann eine Keramikscheibe sein, da er nicht so kritisch ist.
Die Kondensatoren Cint (Integrationskond.), Caz (Auto-Zero-Kond.) und Cref (Referenzkond.) sollten dagegen von hoher Güte sein. Wenn es möglich ist, sollten Sie Polypropylen z.B. WIMA MKP verwenden. Da diese aber sehr groß sind, und obendrein noch sehr schlecht zu beschaffen, können Sie auch Polyäthylen-Kondensatoren verwenden. Z.B. der Typ WIMA MKS liefert sehr gute Ergebnisse.
Die Werte der Kondensatoren :

Cref : 1µF
Cint : 150nF
Caz : 330nF

Integrationswiderstand Rint

Die Größe des Integrationswiderstandes hängt von der eingestellten Referenzspannung ab. Der Widerstand sollte folgenden Wert haben :

$$Rint = 2*Uref/20\mu A$$

Ist die Referenzspannung auf 2.048 V eingestellt ergibt sich :

$$R = 2*2048/20E-6 = 200\ K\Omega$$

Bei Uref=2048mV ergibt sich folgender Wert :

$$R = 2*0.2048/20E-6 = 20\ K\Omega$$

Die CS-Schaltung

Der Wandler benötigt wie vorher erwähnt 2 CS-Signale. Ein Signal ist für das Auslesen der Werte aus dem Wandler. Das Andere geht auf ein Octal-Flip-Flop, und muß deshalb vorher noch invertiert werden. Für den Startimpuls des Wandlers wird die Datenbusleitung 3 verwendet. Man kann natürlich jede andere Datenbusleitung dazu nehmen, aber ich habe diese Leitung ausgewählt, weil der Wandler nur einen einzigen Eingang besitzt. Wenn Sie wollen, können Sie die Multiplexerschaltung aus einem der vorangegangenen Abschnitte hier direkt übernehmen. Diese Schaltung belegt nämlich die Datenbusleitungen 0...2. Der 74HC374 steuert in diesem Fall den Wandler und den Multiplexer.
Das Eingangsregister des Flip-Flops sieht dann folgendermaßen aus :

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	*	*	*	*	W	K	K	K

* nicht belegt, Zustand egal
K Meßkanal
W Wandlerstartimpuls

Sie können jetzt gleichzeitig den Meßkanal wählen und den Wandler starten.

Beispiel für Kanal 5 :

Folgende Bitkombination muß nacheinander ausgegeben werden :

7 6 5 4	3 2 1 0	Dezimal
* * * *	0 1 0 1	5
* * * *	1 1 0 1	13
* * * *	0 1 0 1	5

Dies kann durch den Befehl POKE adr,5,13,5 erfolgen. (PC 1600 : XPOKE) adr ist Ihre Chip-Select-Adresse.

Einfacher 8-Bit D-A-Wandler

Ein Digital-Analog-Wandler wandelt eine vom Rechner vorgegebene Bitkombination in eine analoge Spannung um. Der ZN428 von FERRANTI hat eine Auflösung von 8 Bit. Für die meisten Anwendungsfälle von D-A-Wandlern wird diese Auflösung reichen.

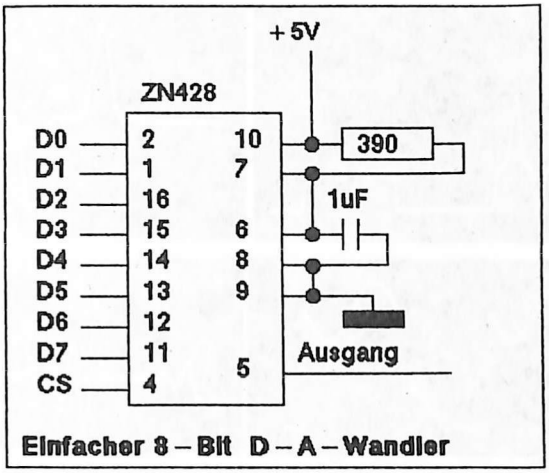
Beschreibung des Wandlers

Die Ausgangsspannung beträgt 0...2.55 Volt mit einer Auflösung von 10mV.
Die Wandlungszeit des ZN428 beträgt lediglich 1.25 µSec. Das heißt, daß Sie über 800000 Spannungswerte/Sec ausgeben könnten, falls der Rechner diese liefern könnte. Da dieser davon natürlich weit entfernt ist, brauchen Sie sich um Verzögerungsschleifen keine Gedanken zu machen, auch nicht in Maschinensprache.
Die Ausgabe der Spannungswerte auf den Ausgang ist sehr einfach. Es wird einfach mittels

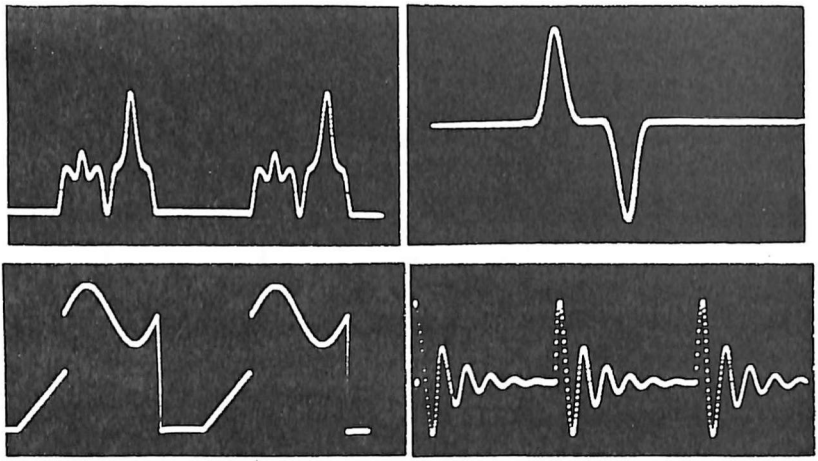
POKE adr,wert

eine Zahl zwischen 0 und 255 auf die Chip-Select-Adresse geschrieben. Am Ausgang erscheint dann eine Spannung zwischen 0 und 2.55 Volt.

Beschreibung der Hardware



Der Wandler benötigt die 8 Datenbusleitungen, sowie eine Chip-Select-Schaltung.
Eine Referenzspannung ist im IC bereits integriert. Der Wert der Referenzspannung ist nicht einstellbar, und beträgt typisch 2.55 Volt. Dieser Wert kann aber zwischen 2.48 und 2.62 schwanken. Diese Schwankungsbreite von 7 Digits ist recht hoch, aber Sie haben die Möglichkeit, eine externe Referenzspannung zu verwenden. Dazu wird die Brücke zwischen Pin 6 und Pin 7 entfernt. der Widerstand entfällt ebenfalls. Pin 6 ist jetzt der Eingang für Ihre externe Referenzspannung.
Der Ausgang des Wandlers ist leider nicht sehr belastbar. Außerdem kann man mit einer zwischen 0 und 2.55 Volt einstellbaren Spannung nicht allzuviel machen. In diesem Bereich lassen sich aber sehr gut Spannungen auf einen Oszillografen geben. Die gezeigten Oszillogramme sind mit dem ZN428 auf einen Oszillografen gegeben. Die gezeigten Kurven sind synthetisch im Rechner erzeugt worden.



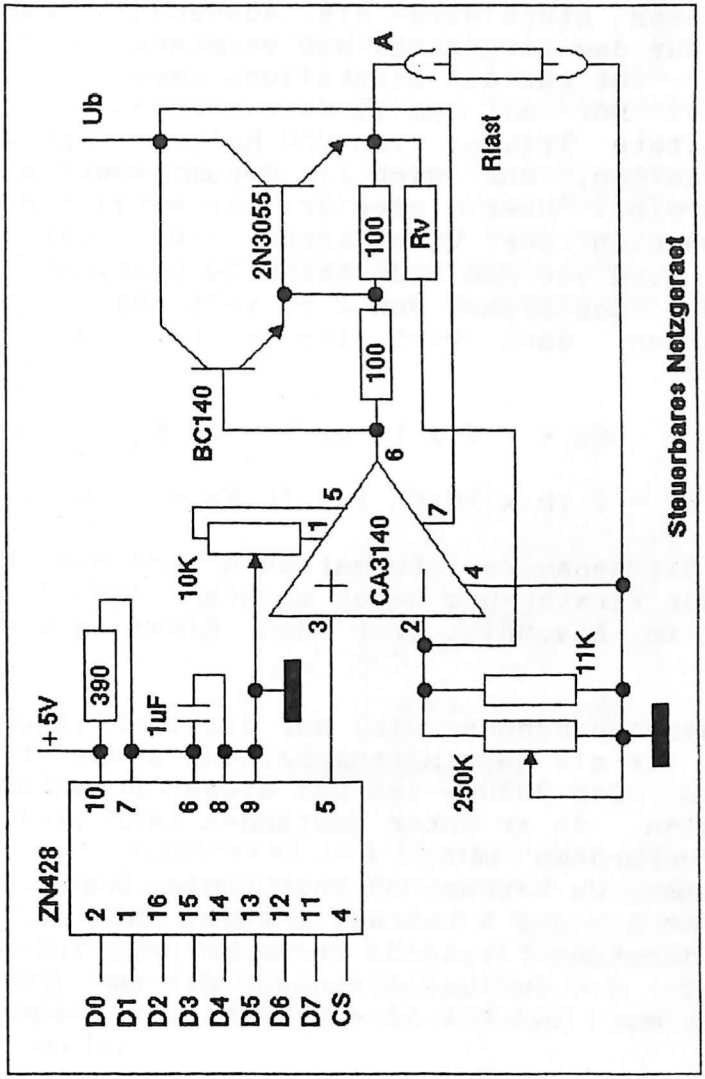
Hier ein kleines Programm, um 255 Werte, die im Bereich 7D00...7DFF vorher abgespeichert wurden, mit maximaler Geschwindigkeit auszugeben. Das Programm besteht aus einer Endlosschleife, und ein Abbruch ist nur über das Drücken der RESET-Taste erreichbar.
Die Werte müssen als 8-Bit-Werte in den Bereich eingePOKEd werden.
Das Programm ist im Speicher frei verschiebbar. Es wird die Syntax des RVS-Macroassemblers verwendet.

```
LD XH,&7D
LD XL,&00
LOOP
  LD  A,(X)
  LD# (DAOUT),A
  INC XL
JR LOOP
```

DAOUT ist die Adresse des Chip-Select-Signales.

Computergesteuertes Netzteil

Um dem Wandler etwas mehr "Power" zu geben, muß das Ausgangssignal sowohl im Strom, als auch in der Spannung verstärkt werden.



Die Schaltung des D-A-Wandlers ist wie vorher. Der Ausgang des Wandlers geht aber auf einen Operationsverstärker. Die Schaltung mit dem CA 3140 ist die normale Verstärkerschaltung, die auch für die Eingangsverstärker der A-D-Wandler Verwendung findet. Ein Unterschied liegt lediglich in der Rückführung des Signales.
In dieser Stufe wird die Ausgangsspannung des ZN428 auf das gewünschte Maß verstärkt. Der 10 KΩ-Trimmer ist für die Einstellung des Nullpunktes gedacht. Der mit dem 11 KΩ Widerstand parallelgeschaltete Trimmer von 250 KΩ ist ungefähr so einzustellen, daß sich ein Gesamtwiderstand von 10KΩ ergibt. Über diesen Trimmer erfolgt dann der Feinabgleich der Verstärkung. Die Verstärkung selbst wird von dem Widerstand Rv bestimmt. Möchten Sie das Signal von 2.55 Volt auf 25.5 Volt verstärken, dann wird eine Verstärkung von V=10 benötigt.

$$Rv = (V \times 10\ K\Omega) - 10\ K\Omega$$

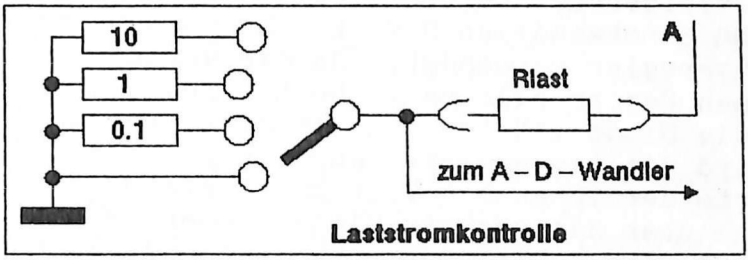
$$Rv = (10 \times 10\ K\Omega) - 10\ K\Omega = 90\ K\Omega$$

Wenn Sie genauere Informationen über die Berechnung der Verstärkung haben möchten, dann lesen Sie bitte im Abschnitt über den Eingangsverstärker nach.

Die Ausgangsspannung wird auf die Transistorschaltung, die als Darlingtonschaltung ausgeführt ist gegeben. Der 2N3055 ist bei dieser Schaltung gut zu kühlen, da er unter Umständen sehr viel Leistung "verbraten" muß.
Angenommen Ub beträgt 35 Volt, die Ausgangsspannung am Ausgang A beträgt 1 Volt, und der durch den Widerstand fließende Strom beträgt 1.5 Ampere, dann ist die Verlustleistung, die am Transistor anfällt mit 34V * 1.5A = 51 Watt doch recht hoch.

Hier sollte übrigends gesagt werden, daß der Ausgang nicht kurzschlußfest ist. Sie sollten also in den Ausgang eventuell noch eine Sicherung einbauen.
Die Ausgangsspannung ist sehr stabil, da die Rückführung des Signales nicht vom Ausgang des Operationsverstärkers erfolgt, sondern die Transistorstufe mit in den Regelkreis einbezieht. Der OpAmp regelt seine Ausgangsspannung solange nach, bis an der Rückführung der gewünschte Verstärkungsfaktor erreicht ist.
Um den Ausgangsstrom zu kontrollieren, kann ein A-D-Wandler verwendet werden. Die Schaltung zur Laststromkontrolle läßt den A-D-Wandler die Spannung messen, den durch den Stromfluß an einem Widerstand abfällt. Es sind 4 Meßbereiche vorgesehen :

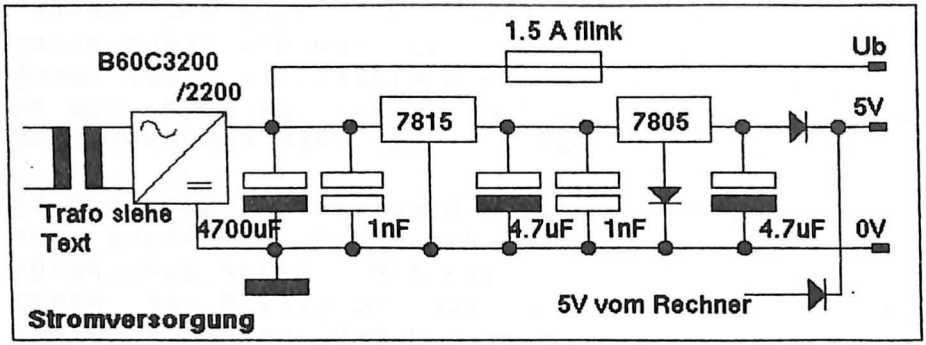
0Ω	:	Keine Strommessung
0.1Ω	:	0...2.5 A
1Ω	:	0...250mA
10Ω	:	0...25 mA



In den 3 Strommeßbereichen beträgt der Spannungsabfall bei dem höchsten angegebenen Strom immer 250mV. Die Messung des Stromes, die in regelmäßigen Abständen erfolgen sollte, erlaubt ein Herunterregeln der Spannung bei Überlast. Außerdem können dadurch Strom-Spannunungskennlinien aufgenommen werden.

Die Widerstände sollten mindestens folgende Leistung haben : 0.1Ω/1Watt, 1Ω/0.5Watt, 10Ω/0.5Watt.

Das Netzteil :



Für den Gleichrichter kann ein B40C3700/2200 verwendet werden. Dieser Typ verträgt ungekühlt einen Ausgangsstrom von 2.2 Ampere.
Der nachfolgende Elko ist zum Sieben der Spannung gedacht, und sollte mindestens 4700µF/40V haben.
Die nachfolgenden Spannungsregler erzeugen die für den ZN428 notwendigen 5 Volt. Es werden hier 2 Spannungsregler verwendet, da die Verlustleistung für einen Regler alleine zu hoch wäre.
Durch die Diode (1N4148 o.ä) im mittleren Bein des 7805 wird die Ausgangsspannung etwas angehoben, um die erforderlichen 5,6 Volt zu liefern, da die Spannung über die nächste Diode wieder um 0.6 Volt abgesenkt wird. Dies ist notwendig, da auch die Spannung des Rechners über eine Diode geleitet wird. Durch die Diodenschaltung kann bei einem ausgeschaltetem Gerät keine Rückspannung in das jeweils andere Gerät gelangen.
Die Versorgungsspannung für die Verstärkerstufe wird vor den Spannungsreglern abgegriffen.
Da Sie es hier mit Netzspannung zu tun haben, ist allergrößte Vorsicht geboten !

Der Trafo sollte auch primärseitig mit einer Sicherung abgesichert sein.

Das Netzteil ist eine etwas knifflige Sache, da der CA 3140 als absolutes Maximum 36 Volt verträgt. Wird eine Verstärkung von 10 gewählt, so soll die Ausgangsspannung 25.5 Volt betragen. Der CA 3140 kann nur auf ca 2 Volt an seine eigene Versorgungsspannung heran aussteuern. Das heißt, daß die Versorgungsspannung 27.5 Volt betragen muß. Da aber durch die B-E Strecken nochmals ca 1.5 Volt verloren gehen muß Ub mindestens 29 Volt betragen.

Anschluß und Auswahl des Trafos

Die Qualität des Trafos hat großen Einfluß auf die Funktionsfähigkeit der Schaltung. Ein Ringkerntrafo oder ein Schnittbandkerntrafo von mindestens 50 VA ist zu empfehlen.
Die Betriebsspannung, die von der Platine zur vollen Aussteuerung der Ausgangsspannung benötigt wird, ist 29 Volt DC (Gleichspannung). Die maximal auftretende Spannung ist 36 Volt DC. Beide Spannungen beziehen sich auf die Betriebsspannung hinter dem Gleichrichter gemessen. Der Trafo ist also so zu wählen, daß im Leerlauf 36 Volt DC nicht überschritten, und im Falle der Vollast 29 Volt nicht unterschritten wird. Die angegebenen Spannungen eines Trafos sind aber in der Regel Spannungen unter Nennlast. Die Leerlaufspannung ist aber demnach höher. Folgende Faustformel sollte der Berechnung zugrundeliegen :

$$Ut = (Ub + 1.2) / \sqrt{2}$$

Ut Nennspannung des Trafos
Ub Betriebsspannung der Schaltung

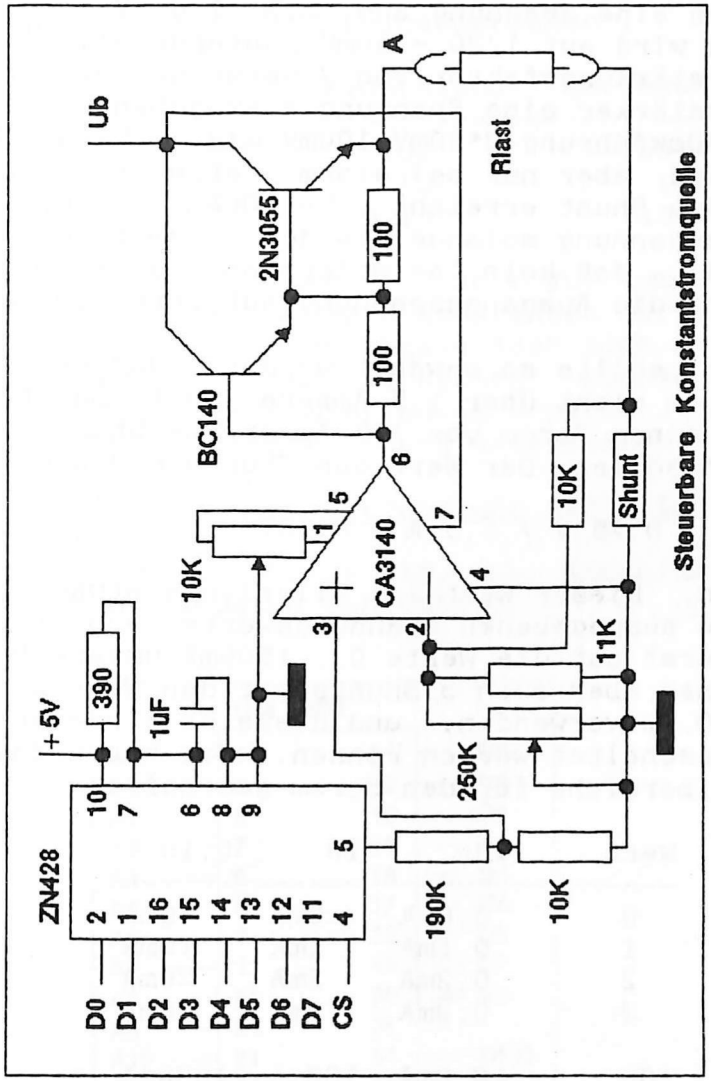
Beispiel :

$$Ub=30\ V \quad \dashrightarrow \quad Ut=(30+1.2)/\sqrt{2} = 22\ Volt$$

Ein Trafo von 22 Volt (Wechselstrom) dürfte also die ideale Spannungsquelle sein, wenn die Leerlaufspannung nicht zu hoch ist. Die maximale Trafospannung darf ca. $(36-1.2)/\sqrt{2} = 24.5$ V betragen. Ein Trafo von 24 Volt hat aber mit Sicherheit eine zu große Leerlaufspannung. Bevor Sie sich Ihre Schaltung zerstören, wählen Sie lieber eher einen Trafo mit zu niedriger Spannung, als einen mit einer zu hohen Spannung ! Es ist bestimmt nicht so tragisch, wenn das Netzteil statt 25.5 Volt nur 23 oder 24 V abgeben kann.
Die Leerlaufspannung eines Trafos kann etwas gedämpft werden, wenn an dem Trafo selbst ein Lastwiderstand angebracht wird, der ihm eine Leistung von ca. 1/4 Watt entzieht. Die größte Spitze wird dadurch etwas gedämpft.
Das Verhältnis Leerlaufspannung/Betriebsspannung ist im allgemeinen bei Trafos mit größerer Leistung besser.

Konstantstromquelle

Eine Variante der Netzteilschaltung ist die Konstantstromquelle. Hierbei wird die Rückführung nicht an dem Ausgang A angeschlossen, sondern an einem Shunt in dem Laststromkreis. Die Ausgangsspannung des ZN428 wird über den Spannungsteiler 190KΩ/10KΩ auf 1/20 des Wertes geteilt.



Der Verstärkerbaustein ist auf eine Verstärkung von 2 eingestellt.

Zweck des Ganzen :
Sie geben eine Spannung aus, z.B. 1.00 Volt. Diese Spannung wird auf 1/20 = 50mV runtergeteilt. Durch den Verstärkungsfaktor von 2 versucht der Operationsverstärker eine Spannung auszugeben, bis er in der Rückführung 2*50mV=100mV mißt. Diese Spannung wird aber nur bei einem definierten Strom durch den Shunt erreicht. Der OpAmp erhöht die Ausgangsspannung solange bis der Strom fließt. Für den Fall, daß kein Lastwiderstand angeschlossen ist, geht die Ausgangsspannung auf ihren maximalen Wert.
Der Shunt sollte so gewählt werden, daß der maximale Strom nicht über 1.5 Ampere liegt. Das heißt, daß bei einem Strom von 1.5 Ampere am Shunt 250mV abfallen sollen. Der Wert des Shunts muß also

$$0.25\ V\ /\ 1.5\ A = 0.167\Omega$$

betragen. Dieser Wert ist allerdings etwas krumm, und die ausgegebenen Spannungswerte von 0...255 müssen erst auf die Werte 0...1500mA umgerechnet. Sie können aber auch 3 Shunts mit den Werten 10Ω, 1Ω und 0.1Ω verwenden, und diese so einbauen, daß sie umgeschaltet werden können. Sie haben damit 3 Einstellbereiche für den Strom geschaffen.

Wert	10Ω	1Ω	0.1Ω
0	0.0mA	0mA	0mA
1	0.1mA	1mA	10mA
2	0.2mA	2mA	20mA
3	0.3mA	3mA	30mA
100	10.0mA	100mA	1000mA
101	10.1mA	101mA	1010mA
254	25.4mA	254mA	2540mA
255	25.5mA	255mA	2550mA

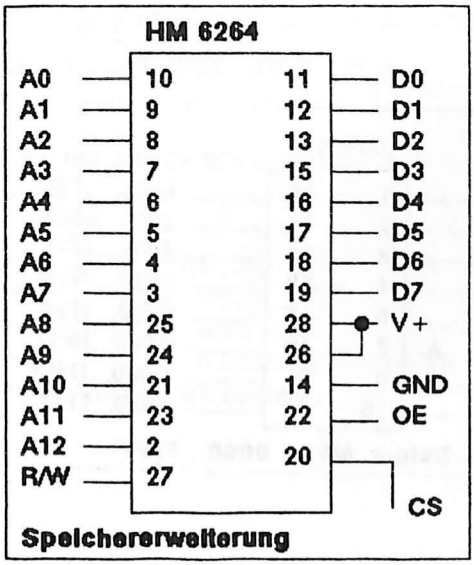
Die Werte im Bereich 0.1Ω über 1500mA dürfen vom Rechner nicht eingestellt werden. Die Auflösungen in den Bereichen sind folgendermaßen :

Strom	Widerstand	Auflösung
0... 25mA	10Ω	100µA
0...250mA	1Ω	1mA
0...1.5 A	0.1Ω	10mA

Diese Schaltung eignet sich sehr gut zum Laden von NiCd-Accus, die ja einen konstanten Strom benötigen. Wenn Sie darüber hinaus auch noch mit einem A-D-Wandler den Strom überwachen, können Sie die Accus auch noch vor Überladung schützen. Bei 1.5 Volt/Zelle sollte die Ladung abgebrochen werden.

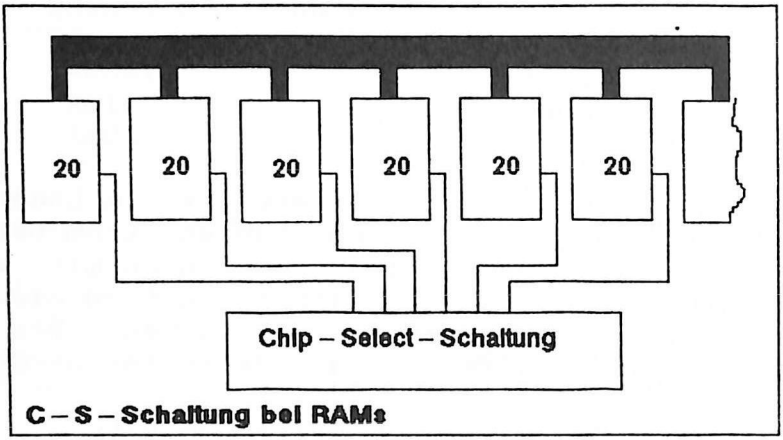
Speichererweiterung mit dem 6264

Der 6264 ist ein 8KByte RAM. Der Anschluß erfolgt nach dem angegebenen Schaltbild.



Speichererweiterung

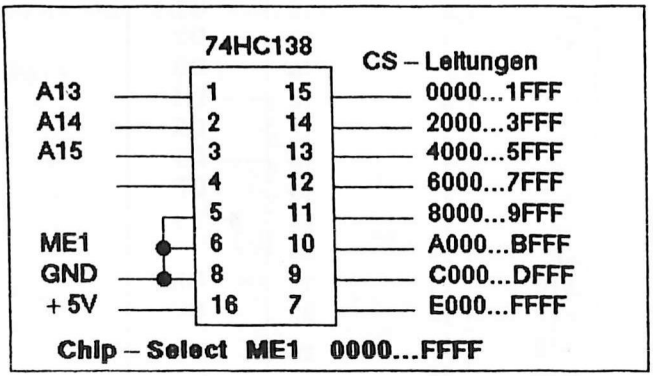
Werden mehrere Ram-Bausteine angeschlossen, können alle Anschlüsse parallel angeschlossen werden, bis auf Pin 20. Dieser Anschluß ist für das Chip-Select-Signal gedacht.



C – S – Schaltung bei RAMs

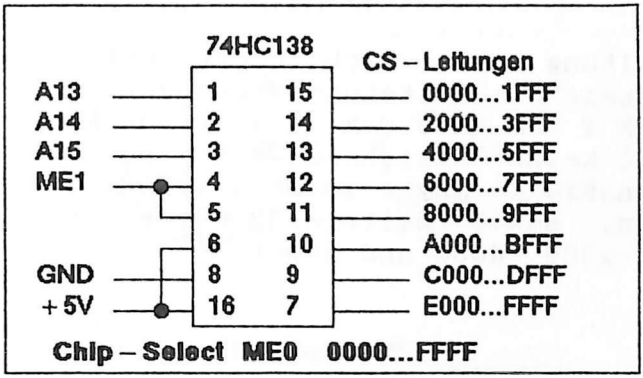
Ein 8-K-Ram hat 13 Adreßleitungen A0...A12. Dies bedeutet, daß für eine vollständige Dekodierung des gesamten Speicherbereiches noch 3 Adreßleitungen dekodiert werden müssen.

Beispiel 1



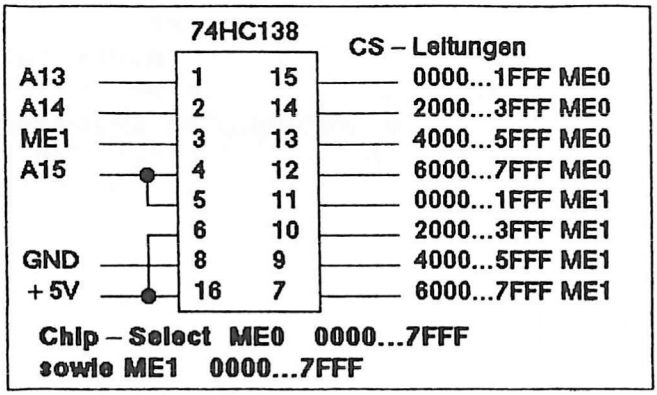
Der komplette Speicherbereich ME 0 wird mit dieser C-S-Schaltung abgedeckt. Da aber einige der Bereiche nicht benutzt werden dürfen, dürfen auch die entsprechenden C-S-Leitungen nicht für die RAMs verwendet werden. Wenn Sie keine Speichererweiterung verwenden, dann können die Leitungen für 0000 und 2000 verwendet werden. Sollten Sie keine CE-158 besitzen, dann steht auch noch die Leitung A000 zur Verfügung.

Beispiel 2



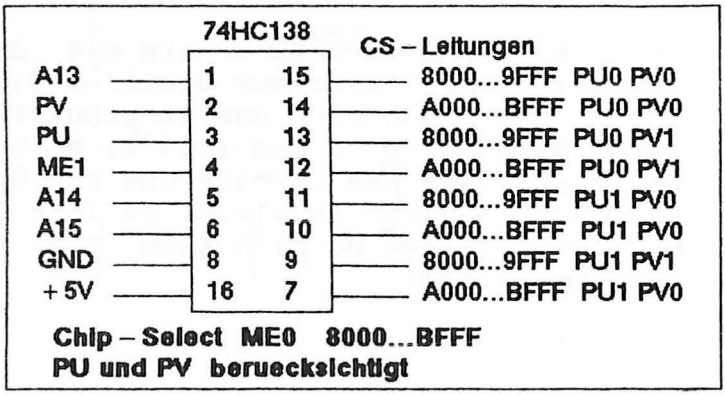
Der komplette Speicherbereich ME 0 wird mit dieser C-S-Schaltung abgedeckt, aber nur die C-S-Signale für 0000, 2000, 4000 und 6000 dürfen genutzt werden, da die Bereiche ab 8000 zum Teil nicht belegt werden dürfen. Für eine RAM-Erweiterung von 8KByte sind diese Bereiche sowieso zu klein, da ihre Größe nur 4K beträgt. In diesem Bereich kann z.B. eine RAM-Disk Programme ablegen.

Beispiel 3



Diese Schaltung läßt sich recht gut für eine sinnvolle Speichererweiterung verwenden, da beide Bereiche ME 1 und ME 0 zum Teil abgedeckt werden. Sollten Sie keine Speichererweiterung verwenden, dann können Sie 16 KByte im ME 0 (0000 und 2000) installieren, sowie weitere 32 KByte im Bereich ME 1 (0000, 2000, 4000 und 6000)

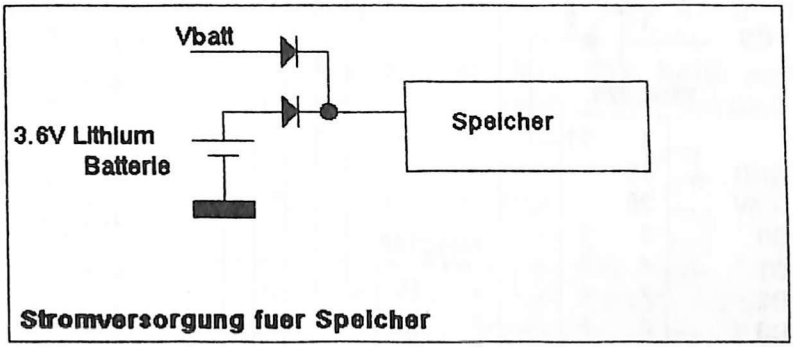
Beispiel 4



Diese Schaltung läßt eine Speichererweiterung im Bereich ME 0 von 8000...BFFF zu. Dieser Bereich ist durch die Signale PU und PV in mehreren Banks adressierbar. Dies ist sinnvoll, wenn Sie neue Basic-Befehle programmieren wollen. Achten Sie aber darauf, daß sie in diesem Bereich nicht Ihren Peripheriegeräten in die Quere kommen.

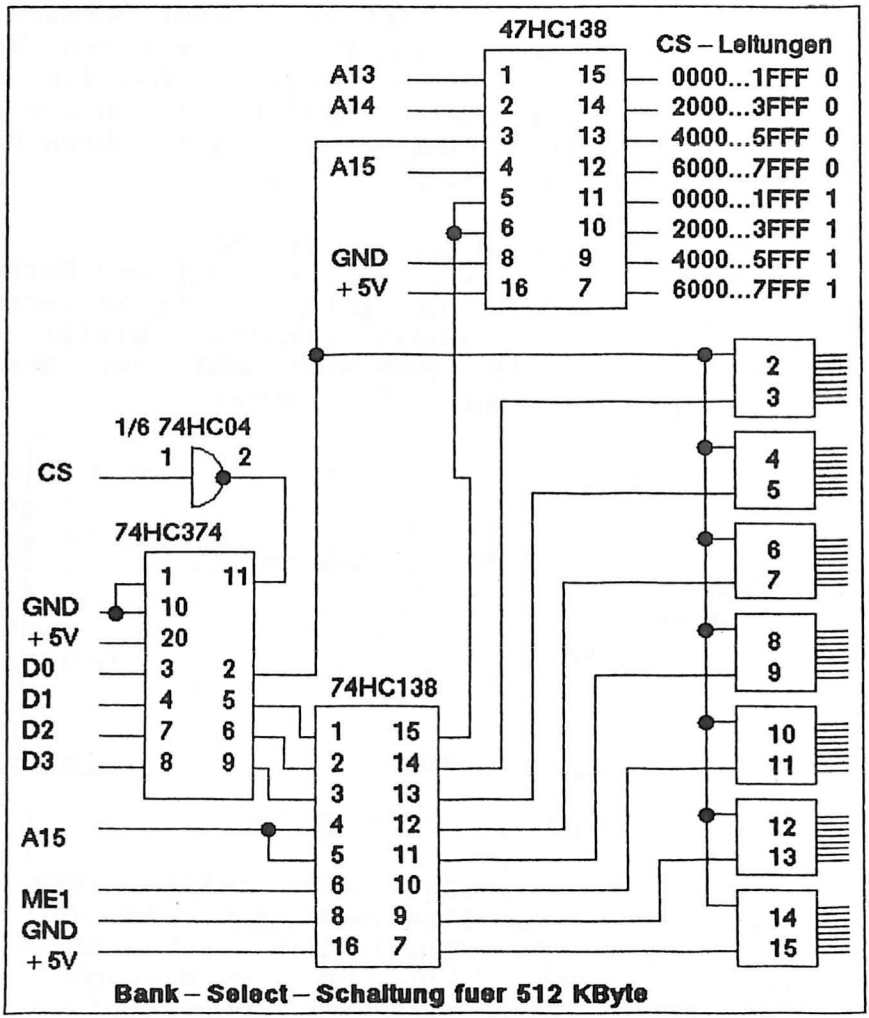
Stromversorgung der Rams

Ihre RAMs sollten, wenn sie außerhalb des Rechners angeordnet sind, mit einer Lithiumbatterie versehen werden, damit der Inhalt erhalten bleibt. Bei eingeschalteter Versorgung übernimmt der Rechner die Versorgung der RAMs.



Bank-Select-Schaltung

Hier noch eine Schaltung, um zu zeigen, was alles mit dem Rechner möglich sein kann. Es ist eine Schaltung, um eine Erweiterung von 512 KByte anschließen zu können. Ob dies für diesen Rechner sinnvoll ist, wage ich aber zu bezweifeln.



Für die Erweiterung werden 64 8K-RAMs benötigt. Diese benötigen auch 64 CS-Signale, die von 8 74HC138 geliefert werden. Jedes dieser 74HC138 adressiert 64 KByte, die im ME 1 liegen. Da dort aber nur 32 KByte zusammenhängend vorliegen, wird über eine Leitung des Octal-Flip-Flops 74HC374 bereits ein Bank- Select-Signal gesteuert. 3 wei-

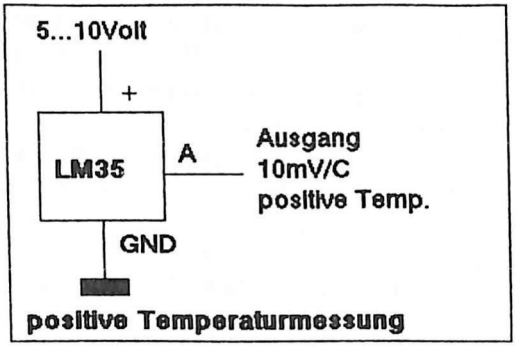
tere Leitungen des Flip-Flops aktivieren jeweils einen der 8 Chip-Select-Dekoder 74HC138.
Die Steuerung durch den 74HC374 benötigt auch eine Chip-Select-Schaltung, die Sie wie üblich im Bereich ME 1 anordnen können.
Bevor Sie auf einen Speicher zugreifen können, müssen Sie die die Bank angeben, die Sie anwählen wollen.

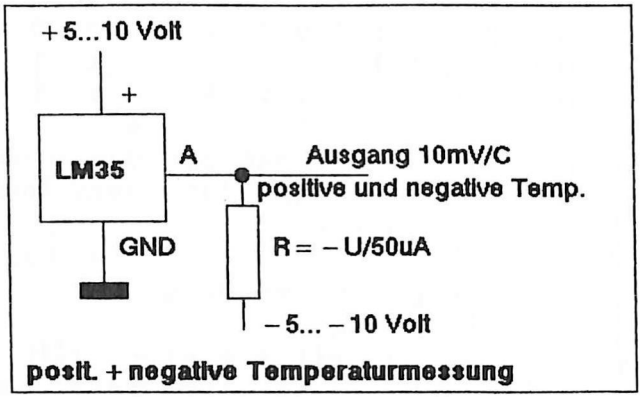
BANK	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
D1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
D2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Praktisch sieht es so aus, daß Sie die Bank mittels POKE adr,bank anwählen, und dann ganz normal auf die Speicher zugreifen können.

Temperaturmessung

Die Temperaturmessung mittels eines LM 35 von National Semiconductor ist eine recht einfache Sache. Der Temperatursensor wird mit dem Eingang "+" an eine Spannung von 5...10 Volt angeschlossen. Am Ausgang "A" liegt dann eine temperaturabhängige Spannung, die sich mit einer Temperaturdrift von 10mV/°C ändert. Bei 100°C liegt dort eine Spannung von 1 Volt an. Ist dieser Wert für den verwendeten A-D-Wandler zu groß, dann muß der Wert durch einen Spannungsteiler geteilt werden.
Der Nachteil der 1. Schaltung ist, daß nur positive Temperaturen gemessen werden können.
Bei der 2. Schaltung können auch negative Temperaturen gemessen werden. Allerdings wird auch eine negative Stromversorgung benötigt. Diese Schaltung ist in Verbindung mit dem ICL 7109 wohl am besten geeignet, da dieser ebenfalls eine negative Versorgung benötigt.





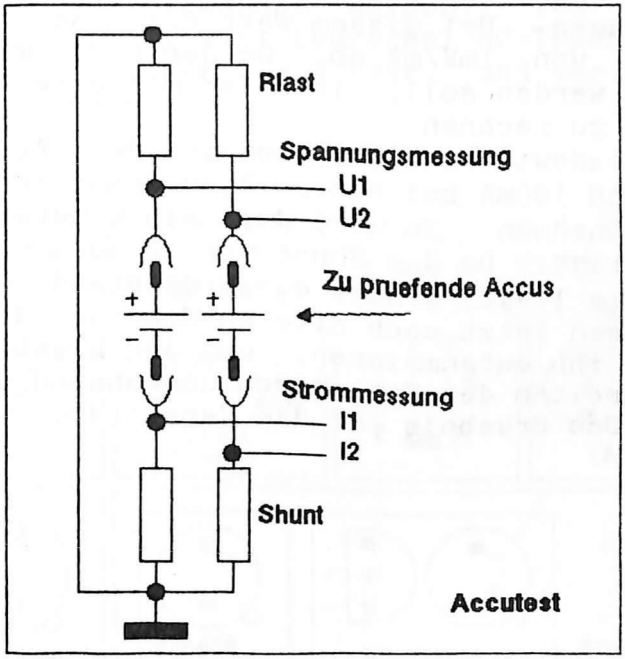
Der LM 35 ist in verschiedenen Klassen bezüglich Temperaturbereich und Genauigkeit erhältlich. Die billigste Ausführung kostet ca. DM 10.–.

Typ	Temp/°C	Genauigkeit/±°C
LM 35	-55...150	0.8
LM 35A	-55...150	0.4
LM 35C	-40...110	0.8
LM 35CA	-40...110	0.4
LM 35D	0...100	0.9

Die angegebenen Genauigkeiten sind typische Werte und gelten für Temperaturen im Grenzbereich. Die allgemeine Genauigkeit liegt höher.

Accutest

Wenn Sie im Besitz von NiCd-Accus sind, möchten Sie vielleicht über den Zustand der Accus genauer bescheid wissen, da Accus mit der Zeit an Kapazität verlieren, oder aber auch durch Tiefentladung und Überladung geschädigt werden können.
Um eine Kapazitätsprüfung eines Accus durchführen zu können sollten Sie die Accus vorher vollständig aufladen.
Dann entladen Sie die Accus, während Sie gleichzeitig den Strom und die Spannung messen.
Am Beispiel eines Mignon NiCd-Accus soll der Vorgang demonstriert werden.



Mignon-Accus haben meistens eine Kapazität von 500mAh. Diese Angabe ist in der Regel die Kapazität, die der Accu bei einer 5-stündigen Entladung mit einem durchschnittlichen Strom von 100mA hat.

Gemessen wird die Zeit, bis zu der die Spannung des Accus 1.0 Volt nicht unterschreitet. Die Accus sollten nach Unterschreiten der Spannung von 1 Volt nicht weiter entladen werden, da sonst der Accu Schaden nehmen kann. Unter 1 Volt beginnen im inneren des Accus chemische Zersetzungsprozesse. Es ist dabei übrigends gleichgültig, ob der Accu durch Entladung oder durch lange Lagerung unter die 1 Volt-Gerenze abfällt.

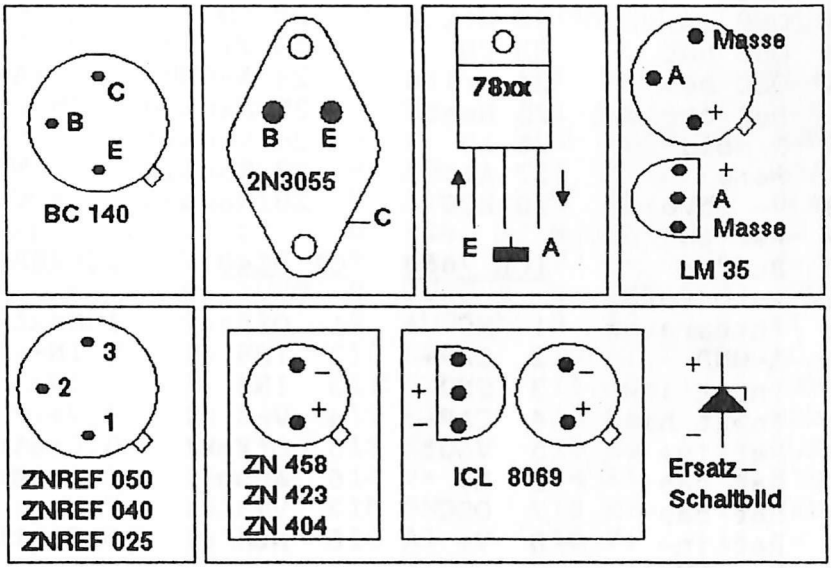
Der der Shunt für die Messung des Stromes sollte 1Ω betragen. Bei diesem Wert fällt an ihm eine Spannung von 1mV/mA ab. Da der Accu mit 100mA entladen werden soll, ist also mit einer Spannung um 100mV zu rechnen.
Der Entladewiderstand Rlast muß dem Accu einen Strom von 100mA bei einer Accu-Nennspannung von 1.2 V entnehmen. Es wird dazu ein Widerstand von 12Ω benötigt. Da der Shunt von 1Ω auch mit in dem Stromkreis liegt, genügt ein Widerstand von 11Ω.
Sie müssen jetzt noch alle 10 Sekunden den Strom messen, ihn aufsummieren, und das Ergebnis nach unterschreiten der Entladeschlußspannung durch 360 teilen. Das Ergebnis ist die Kapazität.

Anschlußbelegungen

Für die IC's werden an dieser Stelle die Anschlußbelegungen gegeben. Die Zählrichtung setze ich als bekannt voraus. Es würde den Rahmen des Buches sprengen, alle Anschlüsse noch zu erklären. Für weitere Informationen muß ich auf die Datenblätter der Hersteller verweisen, die übrigends auch sehr oft Applikationen für Ihre IC's enthalten.

IH, ICL : INTERSIL
ZN : Ferranti
µPD : NEC

Anstelle der genannten 74HC...-Typen können in der Regel auch die entsprechenden CD... sowie die 74LS...-Typen verwendet werden. Ich bevorzuge jedoch die (nicht viel teureren) HC-Typen, da die Schaltzeiten dieser ICs kürzer, und der Stromverbrauch geringer ist.



ICL 7109		µPD 7002		µPD 7004		HM 6264	
1	D-GND	1	X0 Clk	1	Kanal4	1	NC
2	Status	2	X1	2	Kanal5	2	A12
3	Polarity	3	D-GND	3	Kanal6	3	A7
4	Overrange	4	Int-cap	4	Kanal7	4	A6
5	Bit 11	5	Guard	5	Uref	5	A5
6	Bit 10	6	Int-cap	6	D-GND	6	A4
7	Bit 9	7	Guard	7	Bit 7	7	A3
8	Bit 8	8	Uref	8	Bit 6	8	A2
9	Bit 7	9	A-GND	9	Bit 5	9	A1
10	Bit 6	10	Kanal 3	10	Bit 4	10	A0
11	Bit 5	11	Kanal 2	11	Bit 3	11	Bit 0
12	Bit 4	12	Kanal 1	12	Bit 2	12	Bit 1
13	Bit 3	13	Kanal 0	13	Bit 1	13	Bit 2
14	Bit 2	14	V+ +5V	14	Bit 0	14	GND
15	Bit 1	15	Bit 7	15	V+ 5V	15	Bit 3
16	Bit 0	16	Bit 6	16	EOC	16	Bit 4
17	Test	17	Bit 5	17	Clk	17	Bit 5
18	L-Enable	18	Bit 4	18	Mode	18	Bit 6
19	H-Enable	19	Bit 3	19	Write	19	Bit 7
20	C-Enable	20	Bit 2	20	A0	20	CS1
21	Mode	21	Bit 1	21	Read	21	A10
22	OSC in	22	Bit 0	22	CS	22	OE
23	OSC out	23	CS	23	V+ 5V	23	A11
24	OSC sel	24	Write	24	A-GND	24	A9
25	Buf osc out	25	Read	25	Kanal0	25	A8
26	R/Hold	26	A0	26	Kanal1	26	CS2
27	Send	27	A1	27	Kanal2	27	WE
28	V- -5Volt	28	EOC	28	Kanal3	28	V+
29	Ref out						
30	Buffer						
31	Auto zero						
32	Integrator						
33	A-GND						
34	Input low						
35	Input high						
36	Ref in+						
37	Ref cap+						
38	Ref cap-						
39	Ref in-						
40	V+ 5Volt						

ICL 7660		CA 3140		ICL7650CPA	
1	NC	1	Offset	1	Cexta
2	CAP+	2	IN-	2	IN-
3	GND	3	IN+	3	IN+
4	CAP-	4	V-	4	V-
5	Vout	5	Offset	5	Cretn
6	LV	6	Ausg.	6	Ausgang
7	OSC	7	V+	7	V+
8	V+	8	NC	8	Cextb

74HC245		74HC374		74HC138		74HC30		74HC04	
1	DIR	1	OC	1	A	1	A	1	1A
2	A1	2	Q1	2	B	2	B	2	1Y
3	A2	3	D1	3	C	3	C	3	2A
4	A3	4	D2	4	G2A	4	D	4	2Y
5	A4	5	Q2	5	G2B	5	E	5	3A
6	A5	6	Q3	6	G1	6	F	6	3Y
7	A6	7	D3	7	Y7	7	GND	7	GND
8	A7	8	D4	8	GND	8	Y	8	4Y
9	A8	9	Q4	9	Y6	9	NC	9	4A
10	GND	10	GND	10	Y5	10	NC	10	5Y
11	B8	11	CLK	11	Y4	11	G	11	5A
12	B7	12	Q5	12	Y3	12	H	12	6Y
13	B6	13	D5	13	Y2	13	NC	13	6A
14	B5	14	D6	14	Y1	14	Vcc	14	Vcc
15	B4	15	Q6	15	Y0				
16	B3	16	Q7	16	Vcc				
17	B2	17	D7						
18	B1	18	D8						
19	CS	19	Q8						
20	Vcc	20	Vcc						

ZN428E-8		IH5108		IH5208		74HC4051		74HC4052	
1	Bit 6	1	A0	1	A0	1	E4	1	E0a
2	Bit 7	2	EN	2	EN	2	E6	2	E2a
3	NC	3	V-	3	V-	3	AUSG	3	AUSG_a
4	CS	4	E0	4	E0a	4	E7	4	E3a
5	OUT	5	E1	5	E1a	5	E5	5	E1a
6	REF IN	6	E2	6	E2a	6	EN	6	EN
7	REF OUT	7	E3	7	E3a	7	V-	7	V-
8	A-GND	8	AUSG	8	AUSG_a	8	GND	8	GND
9	D-GND	9	E7	9	AUSG_b	9	A2	9	A1
10	Vcc 5V	10	E6	10	E3b	10	A1	10	A0
11	Bit 0	11	E5	11	E2b	11	A0	11	E3b
12	Bit 1	12	E4	12	E1b	12	E3	12	E0b
13	Bit 2	13	V+	13	E0b	13	E0	13	AUSG_b
14	Bit 3	14	GND	14	V+	14	E1	14	E1b
15	Bit 4	15	A2	15	GND	15	E2	15	E2b
16	Bit 5	16	A1	16	A1	16	V+	16	V+

In eigener Sache

Ein großer Teil der hier vorgestellten Hardwareentwicklungen sind in der Praxis realisiert und können bestellt werden. Da Sie sich aber dieses Buch vermutlich gekauft haben, um selbst zu experimentieren, möchte ich Ihnen eine Arbeitserleichterung anbieten.
Ausgehend von der Überlegung, daß

1. die Handhabung des 60-poligen Steckers recht schwierig ist,
2. bei einer Fehlentwicklung dieser teure Stecker praktisch nicht auszulöten ist, und
3. bei Verwendung dieses Steckers die Steckdose für weitere Geräte blockiert ist,

habe ich eine Platine entwickelt, die es erlaubt, die Eigenentwicklungen an dieser Platine zu betreiben. Auf der Platine sind 3 Steckplätze für Erweiterungen vorhanden, so daß mehrere Geräte gleichzeitig betrieben werden können. Die 3 Steckplätze sind mit Steckdosen ausgerüstet, an die die Erweiterungen mit handelsüblichen Steckern und Flachbandkabel angeschlossen werden.
Bei Verwendung dieser Schnittstelle können Sie auch Eigenentwicklungen und von mir bezogene Entwicklungen gemischt verwenden.
Diese Platine ist wirklich eine große Arbeitserleichterung für Sie. Der Preis beträgt DM 90.-

Die Steckdosen der Platine im Einzelnen:

Slot 1: 36polig, 16 Adreßleitungen, 8 Datenleitungen, Takt, Masse, R/W, OD, INT, PU, Vcc, Vbatt, PC7
Slot 2: 20polig, 2 Adreßleitungen, 8 Datenleitungen, Takt, Masse, R/W, Vbatt, Vcc, PC7, INT, CS1, CS2,CS3
Slot 3: 20polig, 2 Adreßleitungen, 8 Datenleitungen, Takt, Masse, R/W, Vbatt, Vcc, PC7, INT, CS3, CS4, CS5

Anmerkung : PC 7 ist nur für den PC 1500 gedacht, da beim 1600er der Port nicht mehr vorhanden ist.

Das besondere an den Slots 2 und 3 sind die CS-Leitungen. Es sind Chip-Select-Leitungen, die bereits vorhanden sind. Sie brauchen sich also nicht mehr um die Dekodierung der Chip-Select-Signale zu kümmern, da diese Dekodierung von der Elektronik auf der Platine vorgenommen wird. Dies ist eine sehr große Arbeitserleichterung. Alle von mir entwickelten Schaltungen kommen mit diesen CS-Leitungen aus. Der Arbeitsbereich liegt im ME-1, und zwar im Bereich #&E000...#&EFFF. Mit dieser Platine CONN 1 wird eine Bedienungsanleitung geliefert, die alle lieferbaren Baugruppen genauer beschreibt.
Eine kurze Beschreibung der lieferbaren Teile:

1. AD 3 universeller A-D-Wandler, 4-Kanal, 8/10-Bit, 400/150 Messungen/S, 250-mV-Eingänge
   Software: Aufzeichnung schneller Vorgänge,

   4-Kanal-Multimeter digital und analog
2. TRC 1 schneller A-D-Wandler, 8-Kanal, 10-Bit, 10 000 Mess/S, 4-Volt-Eingänge, Abschwächer auf der Platine, Eingangsimpedanz 50 kΩ
   Software: Aufzeichnung schneller Vorgänge
3. AD 12.8 genauer A-D-Wandler, 8-Kanal, 12-Bit, 12 Mess/S, 400-mV-Eingänge
   Software: 8-Kanal-Multimeter
4. AD 12.4 wie AD 12.8, jedoch 4 Kanäle als Differenzeingänge (kein gemeinsames Bezugspotential)
   Software: 4-Kanal-Multimeter
5. IO-1 8-Kanal Input/Output-Port und Druckerschnittstelle parallel
   Software: Verwendung als Druckerschnittstelle
6. RK 1 Relaiskarte für IO-1, wird mit 1 Relais geliefert. Kann auf 8 Relais erweitert werden
7. RSQ 1 D-A-Wandler mit 2 Ausgängen 0...2.55 V max. 25 mA und 0...25.5 Volt max. 1.5 Amp. Lieferung ohne Kühlkörper und Trafo

Die Software ist für den PC 1500 geschrieben, und ist nicht ohne weiteres übertragbar.

Aufbau der Schaltungen

Zum Nachbau der Schaltungen eignet sich die Verwendung von Lochrasterplatten in Verbindung mit der Fädeltechnik, falls Sie keine eigenen Platinenlayouts entwerfen wollen. Bei der Fädeltechnik werden die Verbindungen mit einem speziellen Kupferlackdraht erstellt. Unter der Hitzeeinwirkung des Lötkolbens schmilzt der Lack an der Lötstelle und stellt eine Verbindung her. Der übrige Teil des Drahtes bleibt isoliert. Das heißt, daß die Drähte sich auch gefahrlos kreuzen können.
Die Erstellung einer geätzten Leiterplatte ist jedoch in jedem Fall besser, da die Verbindungen kontrollierter sind, und die Beständigkeit gegen mechanische Einflüsse größer ist.
Wenn Sie keine Möglichkeit haben, die Leiterplatten selbst zu ätzen, dann ist im Anhang "Bezugsquellen" eine Adresse angegeben, wo Sie Ihre Platinenlayouts preiswert anfertigen lassen können. Diese Adresse ist für Einzelstücke (und auch Kleinserien) zu empfehlen. Voraussetzung ist eine Vorlage im Maßstab 1:1. Die Vorlage kann auf einfaches Papier mit Tusche gezeichnet werden. Es können aber auch Abreibesymbole verwendet werden. Günstiger (besonders für Ihre Entwicklung) ist die Verwendung einer speziellen UV-durchlässigen Folie, die bereits ein Raster im 1/10" Maßstab aufgedruckt hat.
Eine einseitige Platine (1/2 Europakarte) kostet exclusive Film nur 6.50 DM. Pro Bohrung wird 3 Pf berechnet. Die Lieferzeit beträgt ca. 10 Tage. Die formlose Einsendung des Layouts, und der Vermerk "FISCHEL" auf dem Umschlag genügt für eine zügige Abwicklung.
ACHTUNG, beachten Sie bei der Erstellung Ihres Layouts die Hinweise im Kapitel "Störsignale".

Bezugsquellennachweis

Der Bezugsquellennachweis wird ohne Gewähr auf Richtigkeit und Vollständigkeit gegeben.

Frank Dabringhausen
Stromgasse 33
5100 Aachen
0241/36311

Hier können Sie allen Ärger über das Buch ablassen, oder nachfragen, wenn Ihnen etwas nicht klar geworden ist.
(Telefonische Anfragen sind mir lieber als schriftliche) Unter der Telefonnummer bin ich bis 24°° ansprechbar.

Firma Hake Elektronik Vaalserstr. 14 5100 Aachen Tel.: 0241/26277	Widerstände, Kondensatoren Fassungen, Dioden, Trafos Gleichrichter, Spannungsregler, Platinenherstellung

Hier können Sie Ihre Platinenlayouts hinsenden. Die Lieferung erfolgt per Nachnahme. Die Lieferzeit beträgt ca. 10...14 Tage. Der Preis beträgt für eine einseitige Eurokarte DM 12.--, 1/2 Eurokarte DM 6.50. Muß ein Film von der Vorlage gezogen werden, kostet dies DM 8.-- (bzw. 4.50).
Pro Bohrung wird 3 Pf berechnet.
Abgegebene Layouts sollten auf Transparentpapier entweder mit Tusche gezeichnet, oder mit Bändern geklebt sein. Als bessere Zeichenunterlage empfiehlt sich jedoch eine spezielle Rasterfolie mit aufgedrucktem Raster (1/10"). Die Leiterbahnstärke sollte mindestens 0.5 mm betragen.

Johannes Vogel Zu den Löthwiesen 8 4134 Rheinberg 1	Flight-Cases

Herstellung von professionellen Flight-Cases zum Einbau des Rechners mit Peripherie nach Maßangaben mit Einbauschinen. (Flight-Cases werden vorzugsweise von Musikern zum Transport der empfindlichen Instrumente eingesetzt)

Dr. Gerhard Kunz Am Burgweiher 81 5300 Bonn 1 Tel.: 0228/646307	SHARP-Stecker spezielle Hardware-entwicklungen
Altron GmbH Gaußstr. 10 3160 Lehrte Tel.: 05132/53024	Vertragshändler für FERRANTI ICs
Spezial-Elektronik Postfach 1308 3062 Bückeburg Tel.: 05722/203110	INTERSIL-Bauteile
Rein Elektronik Postfach 5160 4054 Nettetal Tel.: 02153/733-0	NEC-Bauteile
Bürklin Schillerstraße 40 8000 München 2 Tel.: 089/555321	Aktive und passive Elektronikbauteile in großer Auswahl.
Conrad electronic Postfach 1180 8452 Hirschau Tel.: 09622/30-111	Rasterfolien, viele Bauteile

PREISLISTE

PC-1500 (A)

1) PC - 1500 Programmier-und Programmhandbuch(ISBN 3-924327-00-9)
   VK = 49.- DM
2) PC - 1500A Maschinensprachehandbuch (ISBN 3-924327-06-08)
   VK = 49.- DM
3) PC - 1500A Tips- und Tricks - Handbuch (ISBN 3-924327-12-2)
   VK = 49.- DM
4) Ergänzungsheft zum PC - 1500A Maschinensprachehandbuch
   (ISBN: 3-924327-17-3) VK = 15.- DM
5) PC - 1500(A)/1600 Hardwarehandbuch (ISBN: 3-924327-13-0)
   VK = 49.- DM
6) Die besten Programme für den Sharp PC - 1500(A)/1600
   (ISBN: 3-924327-26-2) VK = 49.- DM
7) PC-1500 Intern von Schlieker VK = 59.- DM

PC - 1401/02/21/50

1) PC - 1401/02 Systemhandbuch (ISBN: 3-924327-01-7)
   VK = 39.- DM
2) PC - 1401 Anwendungshandbuch (ISBN: 3-924327-08-4)
   VK = 39.- DM
3) PC - 1401/02 Maschinensprachehandbuch (ISBN: 3-924327-11-4)
   VK = 49.- DM
4) PC - 1450 Maschinensprachehandbuch (ISBN: 3-924327-23-8)
   VK = 49.- DM
5) PC - 1401/02/21 Maschinenspracheprogrammsammlung
   (ISBN: 3-924327-16-5) VK = 49.- DM
6) PC - 1450 Anwendungshandbuch (ISBN: 3-924327-18-1)
   VK = 49.- DM
7) Zum Sharp PC - 1421 Begleitheft mit einigen Programmbeispielen (ISBN: 3-924327-28-9) VK = 15.- DM
8) Der Sharp in deiner Hand VK = 29.- DM
9) Tips- und Tricks - Programmhandbuch für Sharp PC - 1401/02/21 (ISBN: 3-924927-33-5) VK = 49.- DM

PC - 2500

1) PC - 2500 Systemhandbuch (ISBN: 3-924327-20-3)
   VK = 49.- DM
2) PC - 2500 Anwendungshandbuch (ISBN: 3-924327-38-6)
   VK = 49.- DM

PC - 1350

1) PC - 1350 Maschinensprachehandbuch(ISBN: 3-924327-10-6)
   VK = 59.- DM
2) PC - 1350 Anwendungshandbuch (ISBN: 3-924327-15-7)
   VK = 49.- DM

PC - 1245/51/60/61

1) PC - 1245/51/60/61 Anwendungshandbuch(ISBN: 3-924327-14-9)
   VK = 49.- DM
2) Sharp PC - 1260/61 Maschinensprachehandbuch
   (ISBN: 3-924327-29-7)) VK = 49.- DM

PC - 1100

1) PC - 1100 Anwendungshandbuch
   (ISBN: 3-924327-45-9) VK = 39.- DM

PC - 1600

1) Sharp PC - 1600 Systemhandbuch (ISBN: 3-924327-31-9)
VK = 49.- DM

MZ - 700/800

1) MZ - 700/800 Maschinensprachehandbuch (ISBN: 3-924327-07-6)
VK = 49.- DM
2) Für den Sharp MZ - 700 Systemhandbuch S-Basic
(ISBN: 3-924327-27-0) VK = 39.- DM

Sharp Taschencomputer allgemein

1) Computerlexikon für Sharp - Computer (ISBN: 3-924327-21-1)
VK = 49.- DM
2) Hackerhandbuch für Sharp - Computer(ISBN: 3-924327-24-6)
VK = 49.- DM
3) Mathematikprogrammsammlung für Sharp - Computer
(ISBN: 3-924327-25-4) VK = 49.- DM
4) Finanz- und Wirtschaftsprogrammsammlung für Sharp Taschen-
computer (ISBN: 3-924327-30-0) VK = 49.- DM
5) Grafikhandbuch für Sharpcomputer (ISBN: 3-924327-04-1)
VK = 49.- DM
6) BASIC-Lehrbuch für Sharp Computer (ISBN: 3-924327-09-2)
VK = 49.- DM
7) Software-Recht (ISBN: 3-924327-03-3)
VK = 29.- DM
8) Statistikprogrammsammlung für Sharp Computer
(ISBN: 3-924327-32-7) VK = 49.- DM
9) Datenerfassungshandbuch für Sharp - Taschencomputer
(ISBN: 3-924327-34-3) VK = 49.- DM
10) Computer-Recht: Handbuch für Software-Piraten und
Staatsanwälte (ISBN: 3-924327-35-1) VK =
11) Schönschrift und Textverarbeitung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-37-8) VK = 49.- DM
12) Sharp-Computerhandbuch für Immobilien- und Hausverwaltungen
(ISBN: 3-924327-39-4) VK = 49.- DM
13) BASIC-Erweiterungen für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-40-8) VK = 49.- DM
14) Bauingenieur- und Baustatikprogrammsammlung für Sharp-
Computer (ISBN: 3-924327-41-6) VK =
15) Vermessungswesen-Programmsammlung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-42-4) VK =
16) Physikprogrammsammlung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-43-2) VK = 49.- DM
17) CAD- und Grafikprogrammsammlung (Computer Aided Design)
für Sharp-Computer (ISBN: 3-924327-44-0) VK = 49.- DM
18) Elektrotechnik-Programmsammlung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-46-7) VK =
19) Finanzmathematische-Programmsammlung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-47-5)
20) Lohn- und Einkommensteuer mit Sharp-Taschencomputer: Ein
Steuerhandbuch für Arbeitnehmer (ISBN: 3-924327-48-3) VK =
21) Navigationsprogrammsammlung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-49-1) VK =

22) Landwirtschafts-Programmsammlung für Sharp-Computer
(ISBN: 3-924327-50-5) VK =


DURCH INFORMATION VORN
1000 BERLIN 12 TEL. (030) 3236029
POCKET-SOFTWARE
Fischel GmbH
SHARP-USER-CLUB DEUTSCHLAND
FISCHEL G.M.B.H. KAISER-FRIEDRICH-STR. 54 A