

ADA 16

Teil 3

8-16 Bit-A/D-D/A-Wandlerkarte für PCs

Im abschließenden Teil dieses Artikels stellen wir Ihnen das Teilschaltbild des Analog/Digital-Wandlers vor. Es folgen Nachbau und Abgleich dieser Einsteckkarte für IBM-PCs und kompatible Rechner, mit der sowohl A/D- als auch D/A-Wandlungen mit hoher Auflösung durchgeführt werden können.

Der Analog/Digital-Wandler

Kommen wir zunächst zur Beschreibung des Analog/Digital-Wandlers, der in Abbildung 4 dargestellt ist. Das Herzstück dieser Teilschaltung stellt der 4 Phasen, 2 Rampen-Analog/Digital-Wandler IC 35 des Typs TSC 500 dar. In Tabelle 2 sind

die verschiedenen Ansteuerkombinationen und ihre Bedeutung angegeben.

Der Baustein TSC 500 beinhaltet CMOS-Schalter, Eingangspuffer, Operationsverstärker, 2Stufen-Komparator sowie digitale Steuerlogik. Die Einheiten stellen einen Analog-Prozessor dar, dessen Auflösung von 7 Bit bis 16 Bit einstellbar ist. Der TSC 500 benötigt somit eine externe Ansteuerlogik über seine

beiden Eingänge A und B (Pin 12, 13). In Abbildung 5 ist das Steuertiming zum TSC 500 gezeigt. Während der ersten beiden Abgleichphasen (Zero-Integrator-Output, Auto Zero) spielt der Ausgang COMP (Pin 14) keine Rolle.

In der Signalintegrationsphase zeigt der Steuerausgang COMP die Polarität des Eingangssignals an. Bei positiver Eingangsspannung ist dieser Ausgang auf „H“-Pegel und bei negativer Eingangsspannung auf „L“. Es folgt die Deintegrationsphase wobei der COMP-Ausgang zuerst einen „H“-Pegel ausgibt. Sobald die Deintegrationsphase abgeschlossen ist, (ist abhängig von der Eingangsspannung an Pin 1 des TSC 500) wechselt der COMP-Ausgang von „H“ auf „L“-Pegel. Hiermit wird angezeigt, daß die laufende Messung abgeschlossen ist. Damit keine Abgleich-

Schritt	Steuerleitung		Funktion
	A	B	
0	0	0	Zero Integrator Output
1	0	1	Auto Zero
2	1	0	Signal Integrate
3	1	1	Deintegrate

Tabelle 2:
Ansteuerkombinationen und ihre Bedeutung für den TSC 500

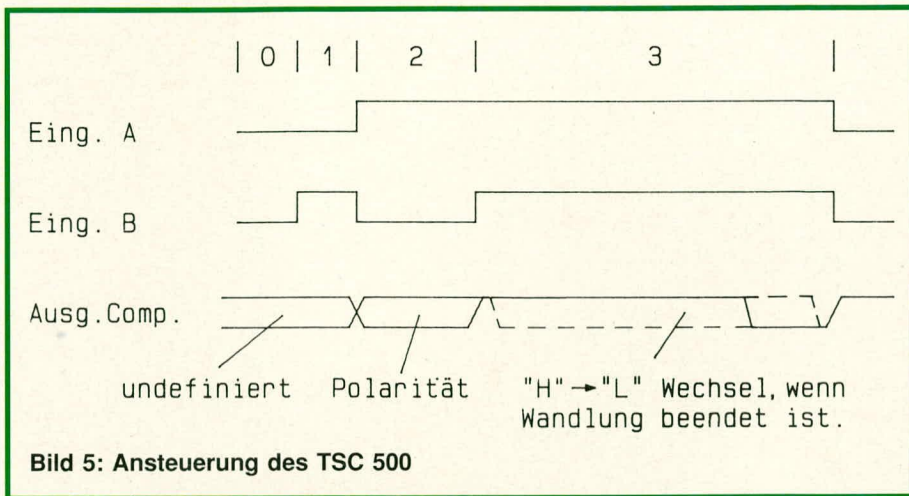


Bild 5: Ansteuerung des TSC 500

probleme für den nächsten Meßzyklus auftreten, sollten anschließend die Steuerleitungen A und B den TSC 500 in den Zero-Integrator-Output-Mode versetzen.

Die Taktfrequenz für die Ablaufsteuerung wird mit Hilfe des Oszillators IC 20 A, B in Verbindung mit C 16, R 25, 26 sowie Q 1 erzeugt. Diese Frequenz wird mit IC 21 A durch 16 geteilt, d.h. auf 250 kHz. Der Zähler IC 21 B des Typs 74 LS 393 ist als Ablaufzähler für die Steuerung des TSC 500 geschaltet. Die Ablaufgeschwindigkeit und damit die

Wandlungszeit bzw. Auflösung steuert der Teiler IC 22 des Typs CD 4020 in Verbindung mit dem „1 aus 4“-Schalter IC 23 A,B und dem IC 24 A.

Die Auswahl erfolgt über den 8 Bit-Zwischenspeicher IC 37 des Typs 74 LS 374. Aus Tabelle 3 sind die Steuerbitkombinationen zu entnehmen. Die Schaltung, bestehend aus IC 20 D sowie IC 30 A, B erzeugt einen kurzen „L“-Impuls an Ausgang Q von IC 30 B, nachdem der Zählerstand des IC 21 B den Stand „4“ erreicht hat.

Tabelle 3: Auflösungssteuerung des TSC 500

D7	D6	D5	D4	Auflösung	Wandlungszeit ca.	Messungen sec. c.a.
0	0	0	0	16 Bit	500 ms	2
0	0	0	1	15 Bit	260 ms	4
0	0	1	0	14 Bit	130 ms	7,5
0	0	1	1	13 Bit	65 ms	15
0	1	0	0	12 Bit	32 ms	30
0	1	0	1	11 Bit	16 ms	61
0	1	1	0	10 Bit	8 ms	122
0	1	1	1	9 Bit	3 ms	244
1	0	0	0	8 Bit	2 ms	488
1	1	0	0	7 Bit	1 ms	976

IC 20, 31, 32 übernehmen die Steuerung des TSC 500. Die Zähler IC 26, 27 des Typs 74 LS 393 sind so geschaltet, daß sie bis zu 16 Bit hochzählen können. Getaktet mit einer Frequenz von 250 kHz durch IC 25 A bzw. IC 25 B zählen IC 26, 27 während der Deintegrationsphase solange hoch, bis der COMP-Ausgang des IC 35 von „H“ auf „L“-Pegel wechselt. Bei einer Auflösung von 7 Bit würde diese Zählerkette maximal bis 127 hochzählen, während bei einer 16 Bit-Auflösung der Zählerstand bis zu 65.535 hochlaufen kann. Die beiden Zählerzustände werden über IC 28, 29 des Typs 74 LS 374 ausgelesen.

Das D-Flip-Flop IC 33 B des Typs 74LS 74 speichert die Polarität während des Überganges zwischen Integrations- und Deintegrationsphase. Hat der COMP-Ausgang während der Deintegrationsphase seinen Zustand noch nicht auf „L“ gewechselt, so liegt ein Überlauf vor. Dies wird dann im D-Flip-Flop IC 33 A gespeichert.

Sobald eine Wandlung abgeschlossen ist, wechselt der Ausgang des IC 34 A auf „H“-Pegel. Dieser Zustand sowie die Informationen über den Überlauf und die Polarität können durch den Tristate-Bus-Treiber IC 38 des Typs 74 LS 125 in den Rechner eingelesen werden. Die Datenbits D 3 bis D 7 sind hier nicht von Bedeutung. Nach Beendigung des Einlesevorgangs wird IC 34 A über IC 34 B angesteuert und der Q-Ausgang (von IC 34 A) wechselt wieder auf „L“-Pegel. Hierdurch wird das Wandlungsende signalisiert. Die Informationen für Überlauf und Polarität sind nur eine gewisse Zeit nach Wandlungsende gültig. Deshalb ist darauf zu achten, daß möglichst schnell nach Abschluß einer Wandlung ebenfalls Polarität und Überlauf geprüft werden. Den Gültigkeitsbereich für diese Informationen zeigt Abbildung 6.

Die Referenzspannung sowohl für den TSC 500 als auch den AD 7545 liefert

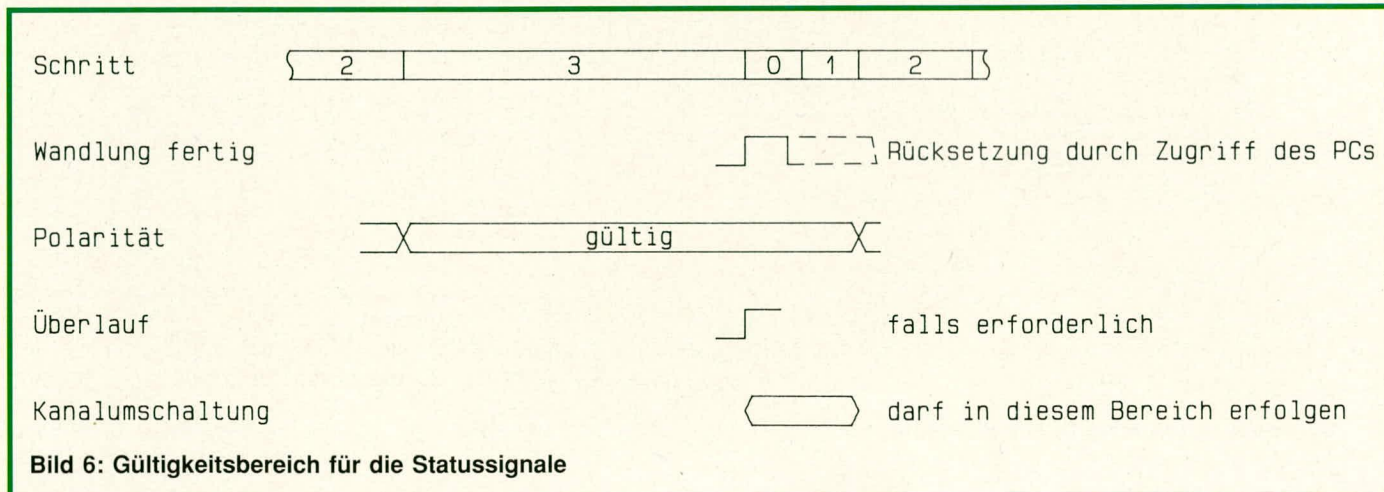


Bild 6: Gültigkeitsbereich für die Statussignale

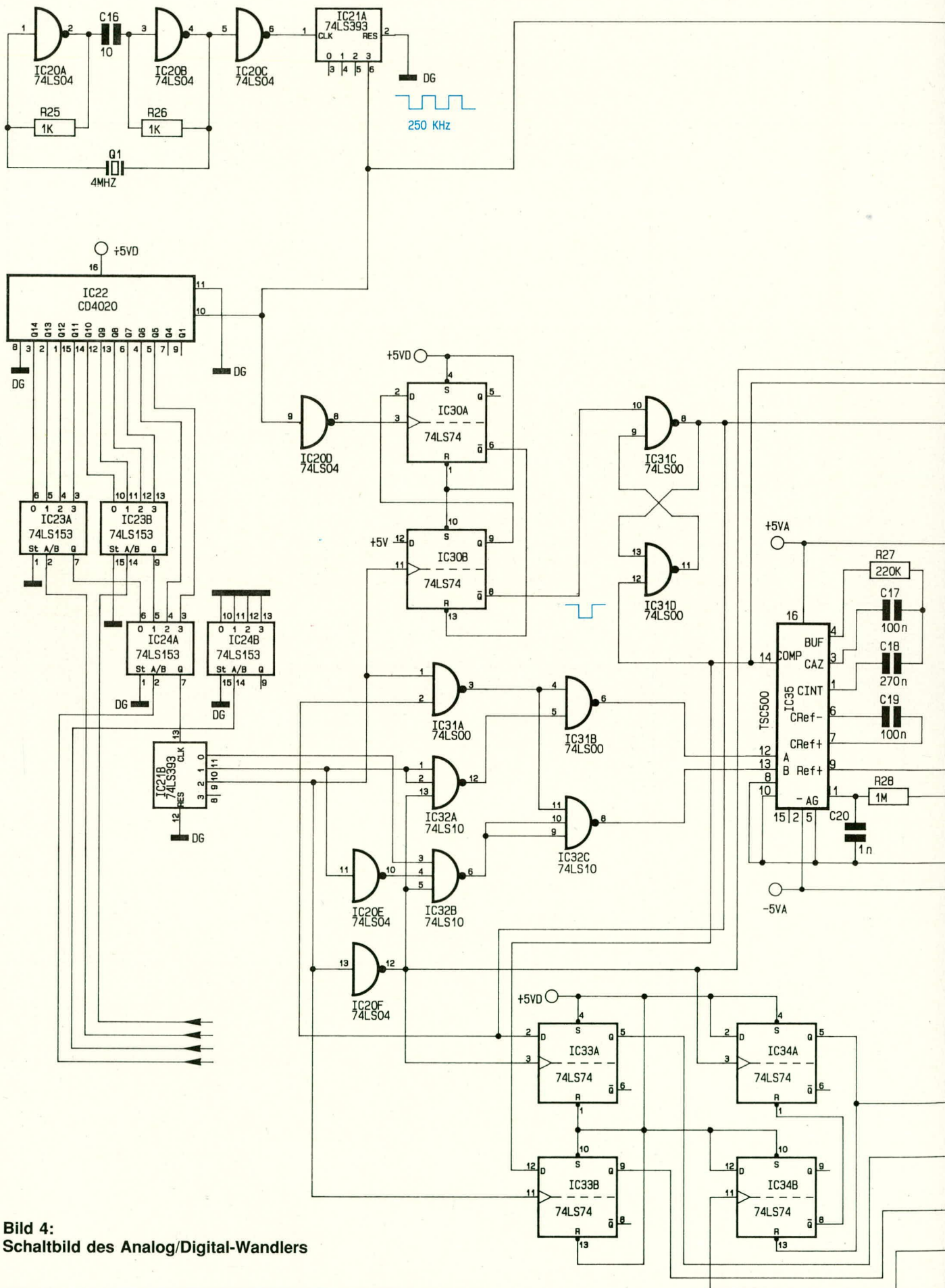
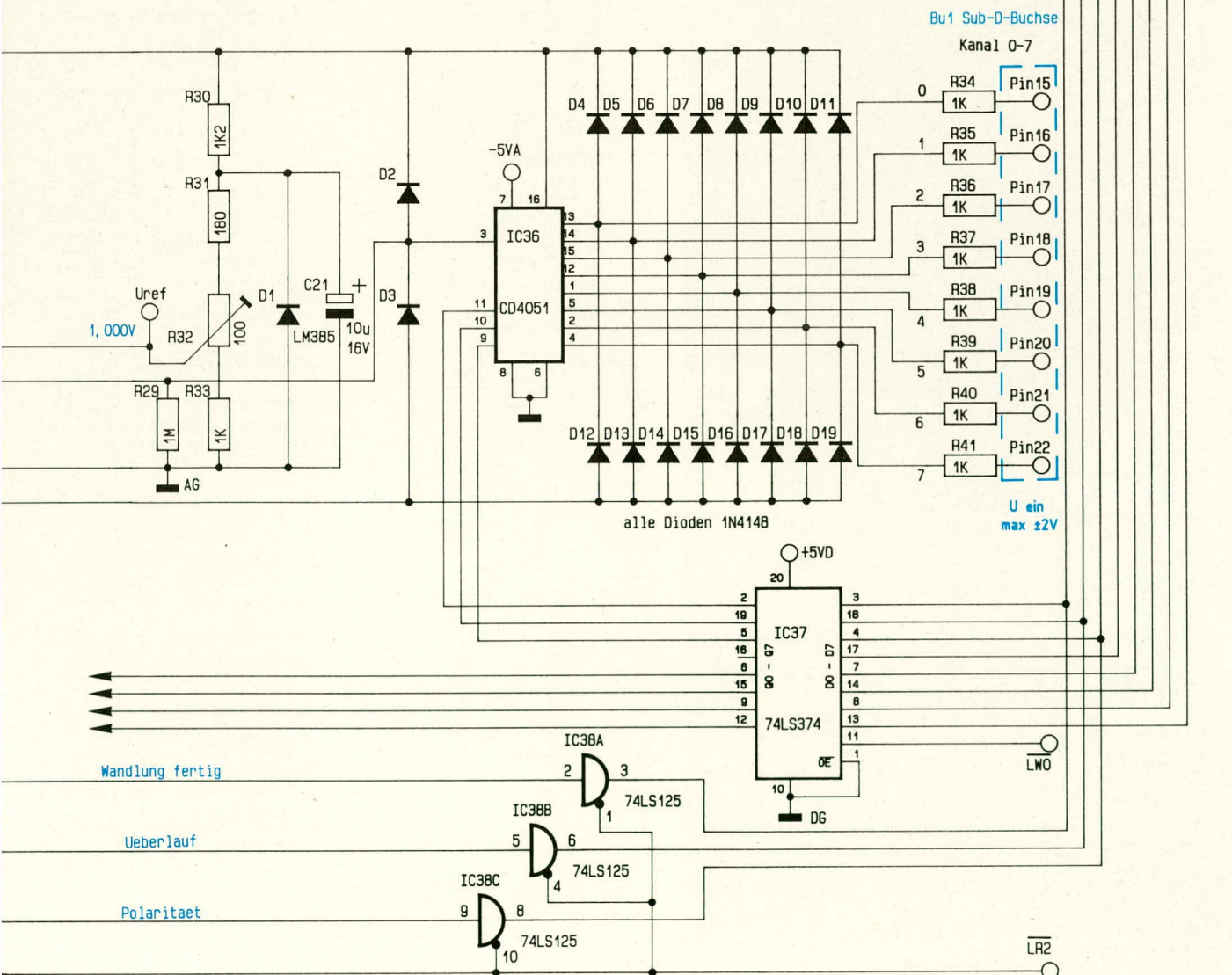
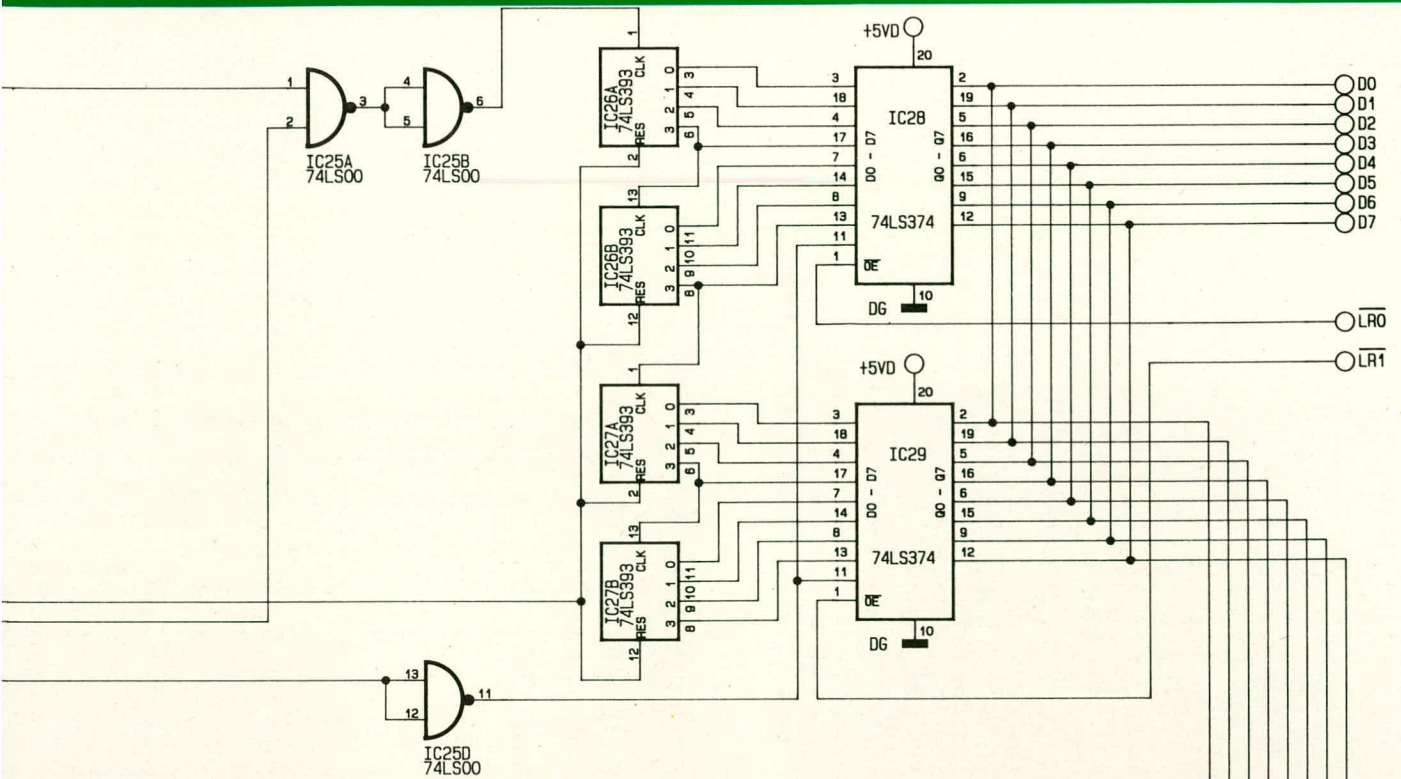


Bild 4:
Schaltbild des Analog/Digital-Wandlers



eine Präzisions-Referenzspannungsdiode des Typs LM 385 (D 1). Ein Feinabgleich dieser Spannung auf 1,000 V kann mit Hilfe des Trimmers R 32 erfolgen.

Die Eingangsleitungen für die 8 Analogspannungen sind über die Widerstände R 34 bis R 41 und die Dioden D 4 bis D 19 gegen Überspannungen geschützt. Jeweils eine dieser Eingangsleitungen wird über den Analog-Multiplexer IC 36 des Typs CD 4051, der über den 8 Bit-Zwi-

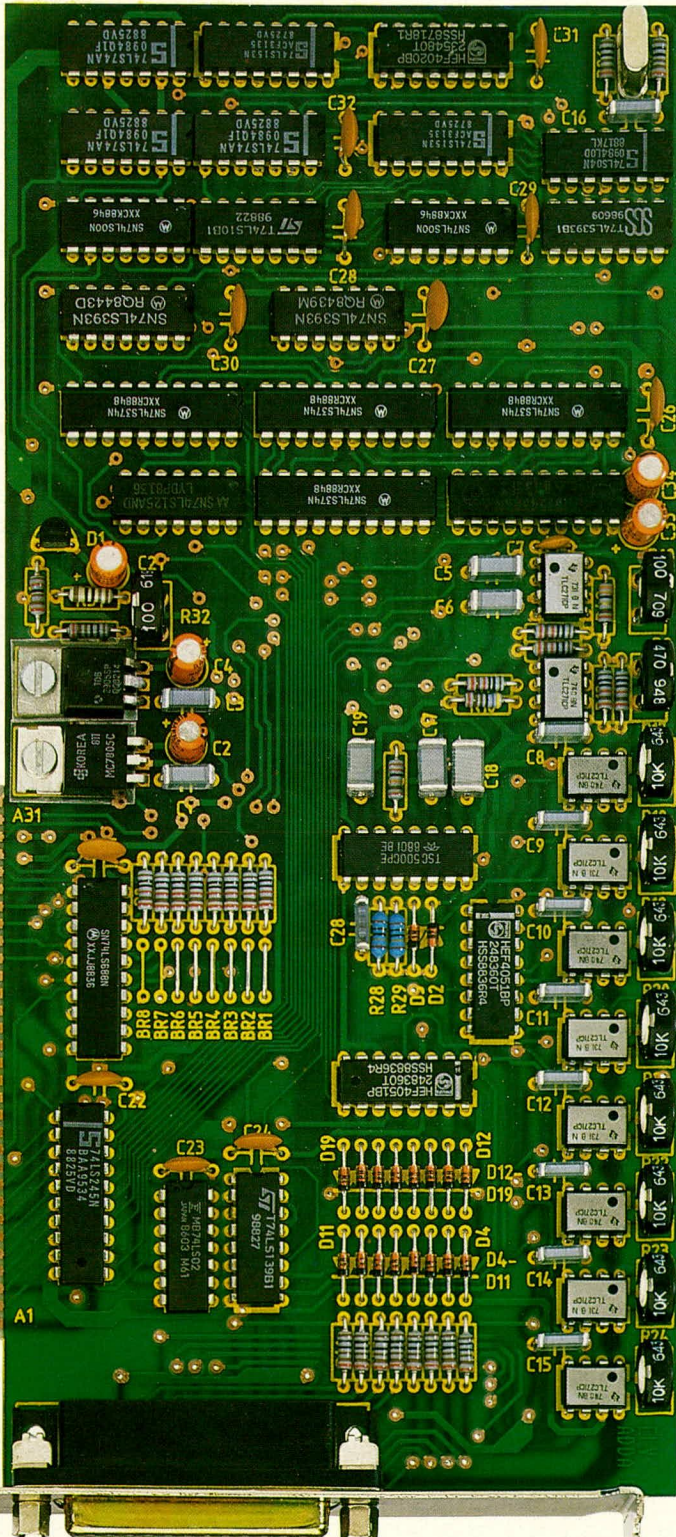
schenspeicher IC 37 gesteuert wird, zum Analogeingang des TSC 500 geführt. Der Innenwiderstand der Analog-Meßschaltung ist durch den Ableitwiderstand R 29 bestimmt und liegt bei ca. 1 MΩ.

Zum Nachbau

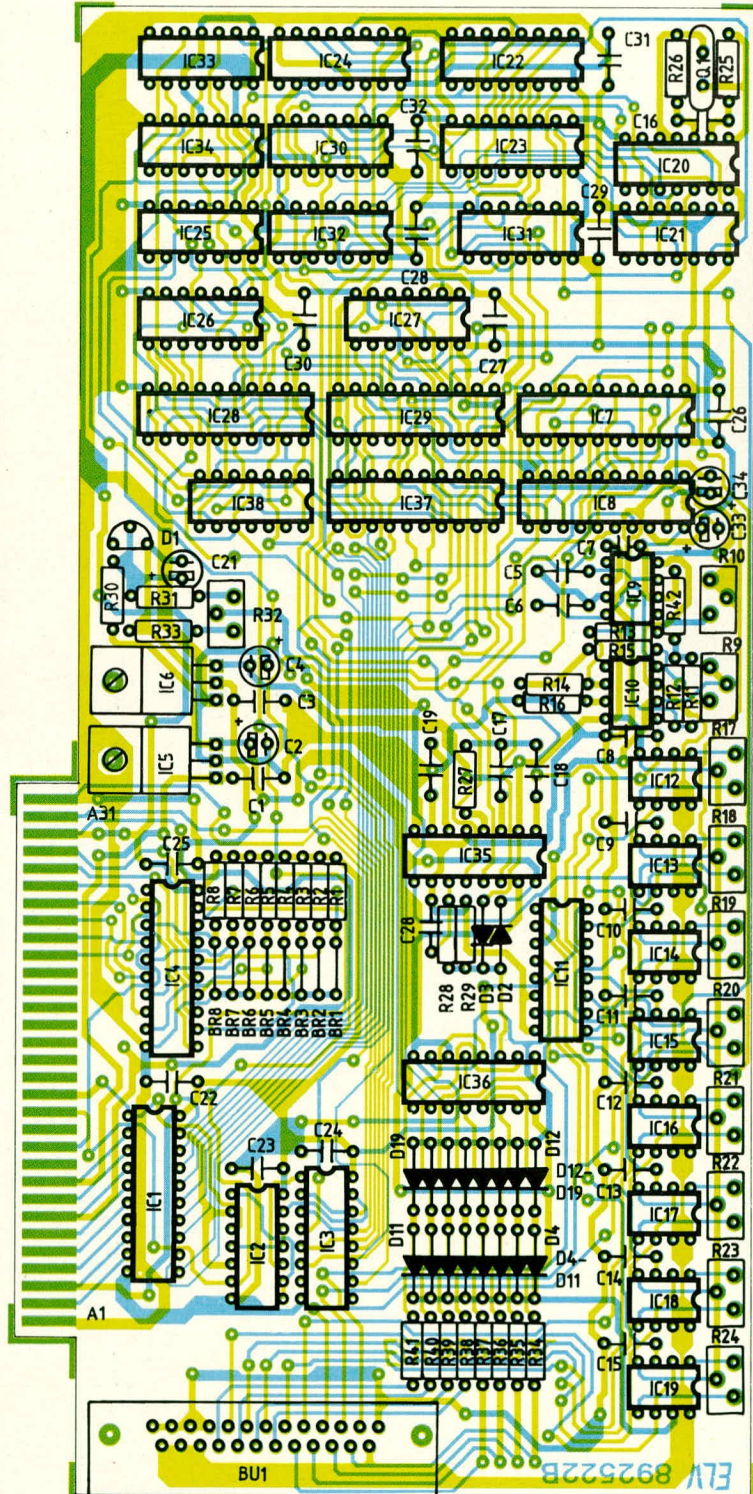
Die komplette Schaltung des ADA 16 ist auf einer 217 mm x 108 mm großen

doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatte untergebracht. An der Busrückwand der Platine befindet sich eine 25polige Submin-D-Printbuchse, die zur Verbindung mit der analogen Außenwelt gedacht ist. Ebenfalls sind an dieser Buchse die Analog-Masse sowie die + 5 V Versorgungsspannung zum Anschluß von Kleinverbrauchern herausgeführt.

Die Bestückung der Platine wird in gewohnter Weise vorgenommen. Zunächst



Ansicht der fertig bestückten Platine des ADA 16. Originalgröße: 217 mm x 108 mm



Bestückungsplan des ADA 16. Leiterbahnfarben: Lötseite ≙ gelb - Bestückungsseite ≙ hellblau

Stückliste: ADA 16

Widerstände

33Ω	R42
180	R31
1KΩ	R25,R26,R33-R41
1,2 KΩ	R30
4,7 KΩ	R16
10 KΩ	R1-R8,R11-R15
220KΩ	R27
1MΩ	R28,R29
100Ω, Trimmer stehend	R10,R32
1kΩ, Trimmer stehend	R9
10KΩ, Trimmer stehend	R17-R24

Kondensatoren

33pF	C7
1nF	C20
10nF	C8-C16
22nF	C22-C32,keramisch
47nF	C1,C3,C5,C6
100nF	C17,C19
270nF	C18
1µF/16V	C33,C34
10µF/16V	C2,C4,C21

Halbleiter

TLC271	IC9,IC10,IC12-IC19
TSC500	IC35
CD4020	IC22
CD4051	IC11,IC36
74LS00	IC25,IC31
74LS02	IC2
74LS04	IC20
74LS10	IC32
74LS74	IC30,IC33,IC34
74LS125	IC38
74LS139	IC3
74LS153	IC23, IC24
74LS245	IC1
74LS374	IC7,IC28,IC29,IC37
74LS393	IC21,IC26,IC27
74LS688	IC4
AD7545	IC8
7805	IC5
7905	IC6
LM385	D11
1N4148	D2-D19

Sonstige

4MHz Quarz	Q1
25pol.Submin, D-Buchse/90°	BU1
2xSchraube M3x8mm	
2xMutter M3	
1xAbdeckblech	
2xGlimmerscheibe TO220	

sind die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente anhand des Bestückungsplanes auf die Platine zu setzen und zu verlöten. Da sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine untergebracht sind, ist der Aufbau trotz der komplexen Schaltung recht einfach durchzuführen.

Die Bauteile sind möglichst niedrig auf die Platine zu setzen, um eine spätere Berührung mit der im nächsten Slot stekenden Platine zu vermeiden.

Bei den Spannungsreglern IC 5 und IC 6 des Typs 7805 bzw. 7905 ist darauf zu achten, daß jeweils eine Glimmerscheibe zur Isolierung untergelegt wird.

In der Rückwand des Rechners wird ein Abdeckstreifen an der Stelle entfernt, an der die Platine des ADA 16 eingesteckt werden soll. Die Bearbeitung dieses

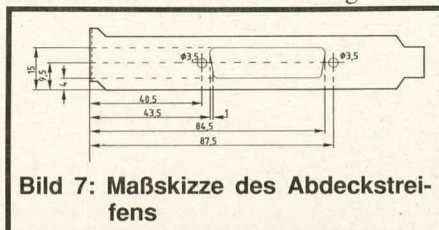


Bild 7: Maßskizze des Abdeckstreifens

Abdeckstreifens wird entsprechend der Abbildung 7 vorgenommen, wobei die Schnittkanten sorgfältig zu entgraten sind.

Bevor die A/D-D/A-Wandlerkarte ADA 16 ihrer Bestimmung übergeben werden kann, müssen noch die Brücken für die I/O-Ansprechadresse eingelötet werden.

Adressierung

Eine nähere Beschreibung der zur Verfügung stehenden I/O-Adreßbereiche ist in Tabelle 4 aufgeführt. Zur Erläuterung der Einstellung des Adreßdecoders, bestehend aus BR 1 bis BR 8 wollen wir die Adresse 300H als Basisadresse für den ADA 16 vorsehen. Da das System einen durchgängigen I/O-Adreßbereich von 4 Adressen benötigt, muß nur einmal die I/O Basisadresse decodiert werden.

Bei dieser Adresse muß es sich immer um eine ganze durch 4 teilbare Zahl handeln. Daraus ergibt sich für die beiden niederwertigsten Bits der Adresse eine 0, die auch nicht einstellbar ist. Die erste Ziffer der I/O-Adresse kann maximal die Zahl 3 sein, da der 16 Bit I/O-Adreßraum des IBM-PCs nur mit 10 Bit, d.h. maximal 400H decodiert ist. Diese Zahl 3 wird später mit den Brücken BR 7 und BR 8 eingestellt. In unserem Beispiel müssen also für die I/O-Basisadresse 300H die Brücken BR 1 bis BR 6 mit einer Drahtbrücke geschlossen sein und die Brücken BR 7 und BR 8 offen bleiben. Die Vergabe der 4 I/O-Adressen an die verschiedenen Funktionen des ADA 16 wurde bereits in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 4: Der E/A-Adreßbereich des IBM-PC

E/A-Adresse	Funktion
000H..00FH	DMA-Controller (8237A-5)
020H..021H	Interrupt-Controller (8259-5)
040H..043H	Zeitgeber/Zähler (8253-5)
060H..063H	Systemregister (8255A-5)
080H..083H	DMA-Seitenregister (74 LS 670)
0A0H..0BFH	NMI-Interrupt-Register
0C0H..0FFH	Reserviert
100H..1FFH	Frontplattencontroller
200H..20FH	Für Computerspiele (Game Port)
210H..217H	Erweiterungseinheit
220H..24FH	Reserviert
278H..27FH	Zweiter Drucker
2F8H..2FFH	Zweite serielle Schnittstelle
300H..31FH	Prototypkarte
320H..32FH	Festplatten-Controller
378H..37FH	Druckerschnittstelle (parallel)
380H..38FH	SDLC-Schnittstelle
3A0H..3AFH	Reserviert
3B0H..3BFH	Monochromadapter und Drucker
3C0H..3CFH	Reserviert
3D0H..3DFH	Farbgrafikkarte
3E0H..3E7H	Reserviert
3F0H..3F7H	Floppy-Controller
3F8H..3FFH	Serielle Schnittstelle

Ist der Aufbau nochmals sorgfältig überprüft, steht der ersten Inbetriebnahme dieser Wandlerkarte nichts mehr im Wege.

Der Abgleich

Nachdem der ADA 16 in Betrieb genommen wurde, sind die verschiedenen Abgleichtrimmer einzustellen.

Zunächst wird mit Hilfe des Trimmers R 32 die Spannung U_w (IC 35 Pin 9 bzw. IC 8 Pin19) auf 1,000 V abgeglichen. Hierdurch ist bereits der Abgleich des Analog/Digital-Wandlers abgeschlossen.

Kommen wir nun zur Einstellung des Digital/Analog-Umsetzers. Hier ist zuerst die Offsetspannung mit R 10 und anschließend die Verstärkung mit R 9 exakt einzustellen. Die Vorgehensweise ist wie folgt:

Zunächst wird der digitale Wert von 2048, entsprechend 0 V über ein geeignetes Programm auf den I/O-Port des Analog/Digital-Umsetzers gegeben. In Tabelle 6 ist ein in Pascal geschriebenes Programm aufgelistet, mit dessen Hilfe eine einfache Bedienung des D/A-sowie A/D-Wandlers möglich wird. Tabelle 7 zeigt ein entsprechendes Programm in Basic.

Nachdem der digitale Wert von 2048 vorgegeben wurde, ist der Trimmer R 10 so einzustellen, daß am Ausgang des IC 10 (Pin 6) genau 0 V anstehen. Danach ist der digitale Wert 4095 (+ 2 V Ausgangsspannung) in das D/A-Wandler IC 8 einzuschreiben. Jetzt kann mit R 9 die Verstärkung so eingestellt werden, daß am Ausgang des IC 10 (Pin 6) eine Spannung

Tabelle 6
Pascal Testprogramm für den A/D-Wandler

```

Program ADDA_Wandler;
( AD Wandler Routinen )

USES CRT, DOS; ( nur für Turbo 4.0 oder 5.0 )

CONST Basisadr = $300; ( Basisadresse )

VAR Error : Byte;
    Auflösung : Byte;
    Zahl : Integer;
    Spannung : Real;

Function Zweihoch ( Exponent : Byte ) : Real;
Var Z : Real;
    I : Byte;
Begin
    Z := 1;
    For I := 1 to Exponent do Z := Z * 2;
    Zweihoch := Z;
End;

Procedure AUFL_Kanal_AD ( Auflösung, Kanal: Byte;
    Var Error: Byte);
( Auflösung und Kanalnummer einstellen )
    Kanal : 0..7; Auflösung : 7..16
    Error : 0 : Kein Fehler
    1 : Auflösung in falschen Zahlenbereich
    2 : Zahlenwert für Kanal ist zu groß
    3 : Zahlenwert für Auflösung und Kanal
        im falschen Bereich )
VAR Aufl : Byte;
Begin
    Error := 0;
    If not (Auflösung in (7..16)) Then Error := Error+1;
    If Kanal > 7 Then Error := Error+2;
    If Error = 0 Then
        Begin
            If Auflösung <> 7 Then Aufl := 16 - Auflösung
            Else Aufl := 12;
            Port [Basisadr + 0] := Kanal + (Aufl SHL 4)
        End;
    End;

Function End_of_Conversion : Boolean;
( Diese Funktion fragt ab, ob die nächste AD Wandlung
    schon beendet ist )
Begin
    End_of_Conversion := Port [Basisadr + 2] AND $01 <> 0;
End;

Function Read_AD : Real;
( Diese Funktion liest den AD Wandler aus und schreibt
    diesen Wert in die Variable Read_AD einschließlich
    Polarität hinein. Ein Überlauf wird durch die Zahl
    1E5 gekennzeichnet )

```

```

Var Zahl : Real;
Begin
    If (Port [Basisadr + 2] AND $02) = 0
        Then Begin ( nur, wenn kein Überlauf vorliegt )
            Zahl := 2.56E2 * Port [Basisadr + 1]
                + Port [Basisadr + 0];
            If (Port [Basisadr + 2] AND $04) = 0
                Then Zahl := Zahl * -1;
            End
        Else Zahl := 1E5; ( Überlauf )
    Read_AD := Zahl;
End;

Procedure AD_IN;
Var AD_Kanal : Byte;
    Dummy : Boolean;
    Error : Byte;
    AD_Basis : Real;
    Messwert : Real;
Begin
    CLSR;
    Write ('Bitte Auflösung eingeben (7..16) Bit: ');
    Readln (Auflösung);
    Write ('Bitte Kanalnummer eingeben (0..7): ');
    Readln (AD_Kanal);
    CLSR;
    Writeln ('Messwerte vom A/D Wandler ');
    Writeln ('Kanal : ', AD_Kanal );
    Writeln ('Auflösung : ', Auflösung, ' Bit');
    Writeln;
    Writeln ('Abbruch mit Tastendruck !!!');
    Dummy := End_of_Conversion;
    AUFL_Kanal_AD ( Auflösung, AD_Kanal, Error);
    AD_Basis := Zweihoch (Auflösung);
    If Error = 0
        Then
            Repeat
                Until End_of_Conversion or Keypressed;
                Gotoxy (1,7);
                If not Keypressed
                    Then
                        Begin
                            Messwert := READ_AD;
                            If Messwert = 1E5
                                Then Writeln ('Überlauf ')
                                Else Writeln ('Messwert : ',
                                    Messwert * 2 / AD_BASIS:1:4, ' V ');
                            End
                        Else Writeln ('Abbruch durch Tastendruck ');
                    Until Keypressed
                Else
                    Case Error of
                        0 : Writeln ('Auflösung in falschen Zahlenbereich');
                        1 : Writeln ('Zahlenwert für Kanal ist zu groß ');
                        2 : Writeln ('Zahlenwert für Auflösung und Kanal ',
                            'im falschen Bereich');
                    END; ( of Case )
            End;
    BEGIN
        AD_IN;
    END.

```

Pascal Testprogramm für den D/A-Wandler

```

Program ADDA_Wandler;
( DA Wandler Routinen )

USES CRT, DOS; ( nur für Turbo 4.0 oder 5.0 )

CONST Basisadr = $300; ( Basisadresse )

VAR DAKanal : Byte;
    Error : Byte;
    SPG_INT : Integer;
    Spannung : Real;

PROCEDURE DA ( Wert : Integer; Kanal : Byte;
    Var Error : Byte);
( Wert und die dazugehörige Kanalnummer ausgeben )
    Kanal : 0..7; Wert : -2047..0..+2047
    Error : 0 : Kein Fehler
    1 : Zahlenwert für Zahlenwert ist zu groß
    2 : Zahlenwert für Kanal ist zu groß
    3 : Zahlenwert für Zahlenwert und Kanal
        ist zu groß )
Begin
    Error := 0;
    If ABS ( Wert ) > 2047 Then Error := Error + 1;
    If Kanal > 7 Then Error := Error + 2;
    If Error = 0 Then
        Begin
            Wert := Wert + 2048;
            Port [BASISADR + 2] := HI (Wert) + (Kanal SHL 4);
            Port [BASISADR + 1] := LO (Wert); ( MSB und Kanal schreiben )
        End; ( Später löschen )
    End;

Procedure DA_AUS;
Begin
    Write ('Bitte Spannungswert eingeben [-2..0..+2V] ');
    Readln (Spannung);
    SPG_INT := Round (Spannung / 2 * 2047); ( Umrechnung )
    Write ('Bitte Kanalnummer eingeben (0..7): ');
    Readln (DAKanal, Error);
    DA (SPG_INT, DAKanal, Error);
    Case Error of
        0 : Writeln ('OK ');
        1 : Writeln ('Zahlenwert für Spannung ist zu groß ');
        2 : Writeln ('Zahlenwert für Kanal ist zu groß ');
        3 : Writeln ('Zahlenwert für Spannung und Kanal ist ',
            'zu groß');
    END; ( of Case )
END;
BEGIN
    DA_AUS;
END.

```

Tabelle 7
Basic Testprogramm für den D/A-Wandler

```

100 REM
110 REM ***** D/A Wandler Routinen *****
120 REM
130 PRINT "Bitte Spannungswert eingeben [-2..0..+2]: "
140 INPUT V
150 IF V > 2 THEN 170
160 IF V < -2 THEN 190
170 PRINT "Zahl nicht im Bereich !!!!!!"
180 GOTO 130
190 DIG = INT ( V / 2 * 2047 )
200 PRINT "Bitte Kanalnummer eingeben [ 0..7 ] : "
210 INPUT K
220 IF K > 7 THEN 240
230 IF K < 0 THEN 260
240 PRINT "Zahl nicht im Bereich !!!!!!"
250 GOTO 200
260 REM **** Ausgabe auf D/A Wandler *****
270 DIG = DIG + 2048
280 OUT &H302, INT ( DIG / 256 ) + K * 16
290 OUT &H301, DIG AND &HFF

```

Basic Testprogramm für den A/D-Wandler

```

300 REM
310 REM ***** A/D Wandler Routinen *****
320 REM
330 PRINT "Bitte Auflösung eingeben [ 7..16 ] : "
340 INPUT A
350 IF A > 16 THEN 370
360 IF A < 7 THEN 400
370 PRINT "Zahl nicht im Bereich !!!!!!"
380 GOTO 330
390 PRINT "Bitte Kanalnummer eingeben [ 0..7 ] : "
400 INPUT K
410 INPUT K
420 IF K > 7 THEN 440
430 IF K < 0 THEN 460
440 PRINT "Zahl nicht im Bereich !!!!!!"
450 GOTO 400
460 REM **** Ausgabe auf A/D Wandler *****
470 IF A < 7 THEN B = 16 - A ELSE B = 12
480 OUT &H300, K + B * 16
490 CLS
500 PRINT "Messwerte vom A/D Wandler "
510 PRINT "Kanal : ", K
520 PRINT "Auflösung : ", A, " Bit"

```

```

530 PRINT
540 PRINT "Abbruch mit Tastendruck !!!!"
550 D = INP (&H300) : REM **** Dummy lesen
560 REM **** Schleife ****
570 IF INKEY$ < "" THEN END
580 IF (INP (&H302) AND &H1) = 0 THEN 570
590 LOCATE 7,1
600 GOSUB 700
610 IF MW = 100000! THEN 660
620 PRINT "Messwert : ";
630 PRINT USING "+.#####"; MW * 2 / 2.5;
640 PRINT " V"
650 GOTO 570
660 PRINT "Überlauf "
670 GOTO 570
699 REM **** Messwert lesen *****
700 IF (INP (&H302) AND &H2) <> 0 THEN 740
710 MW = (256 * INP (&H301)) + INP (&H300)
720 IF (INP (&H302) AND &H4) = 0 THEN MW = MW * -1
730 GOTO 750
740 MW = 100000!
750 RETURN

```

von exakt 2,000 V anliegt. Wie bereits erwähnt, wäre zur Erreichung eines Umsetzfaktors von 1 mV/Schritt an dieser Stelle auch ein Abgleich auf 2,048 V möglich. Dies kann je nach individuellen Wünschen vorgenommen werden.

Die beiden genannten Einstellungen sind noch einmal durch eine Wiederholungsmessung zu überprüfen und ggf. nachzugleichen, wobei grundsätzlich der erste Schritt die Nullpunkteinstellung und der zweite Schritt die Verstärkungseinstellung bilden sollte. Ein abschließender Test

erfolgt, wenn der digitale Wert der Zahl 0 in den D/A-Umsetzer geschrieben wird. Es muß jetzt eine Spannung von -2 V am Ausgang des IC 10 (Pin 6) zu messen sein. Der Vollständigkeit halber sei noch angemerkt, daß die angegebenen Spannungen gegenüber der Analog-Masse zu messen sind.

Zum Abschluß sind noch die 8 Ausgangsoperationsverstärker IC 12 bis IC 19 einzustellen. Dies geschieht in der Weise, daß jeder Kanal mit 0 V, d.h. dem digitalen Wert von 2048 angesteuert wird.

Anschließend ist ein Offset-Abgleich an den entsprechenden Operationsverstärkern mit Hilfe der Trimmer R 17 bis R 24 vorzunehmen, d.h. die Ausgänge werden auf 0 V eingestellt. Gemessen werden die Ausgangsspannungen dieser Operationsverstärker z.B. an den entsprechenden Anschluß-Pins der 25poligen Submin-D-Buchse, die an der Stirnseite der Platine angeordnet ist. Nachdem die Abgleicharbeiten beendet sind, steht dem Einsatz der PC Einsteckkarte ADA 16 nichts mehr im Wege. **ELV**