

12 Bit-AD-Wandlerkarte AD 12

8 analoge Differenzeingänge auf einer PC-Einsteckkarte machen Ihren IBM-kompatiblen PC zu einem hochwertigen Meßgerät für analoge Eingangssignale.

Allgemeines

Die Meßwertaufnahme und Verarbeitung stellt einen großen Bereich in der Elektronik dar, in dem der PC immer mehr sinnvolle Anwendungen findet, bei stark wachsender Verbreitung.

Als Verbindungsglied zur meist analogen Außenwelt eignet sich in hervorragender Weise die hier vorgestellte 12 Bit-AD-Wandlerkarte. Durch einen vorgeschalteten Multiplexer können die jeweils 8 Differenzspannungseingänge programmgesteuert umgeschaltet und somit die Meßwerte von 8 unabhängigen Meßstellen quasi gleichzeitig abgefragt und ausgewertet werden.

Mit dem hier vorgestellten, besonders günstig zu realisierenden Analog-Digital-Wandler können im 1-Kanalbetrieb bis zu 8 Messungen pro Sekunde und im 8-Kanalbetrieb jeweils eine Messung pro Se-

kunde und Kanal vorgenommen werden. Der AD-Wandler liefert Meßwerte im Bereich zwischen -1999 bis +1999, was einer Auflösung von rund 12 Bit entspricht. Genau genommen entsprechen 12 Bit 4096 Schritten, d. h. ± 2048 Schritten. Der im vorliegenden Fall eingesetzte integrierte AD-Wandler bietet jedoch eine Vielzahl an Vorteilen (Differenzeingänge, Störempfindlichkeit, Preiswürdigkeit usw.), so daß die wenigen an echten 12 Bit fehlenden Schritte als vernachlässigbar anzusehen sind.

Zusätzlich ist noch eine Überlauferkennung sowohl in positiver als auch negativer Richtung vorgesehen.

Die PC-Einsteckkarte läßt sich so konfigurieren, daß nach Abschluß einer AD-Wandlung ein Interrupt ausgelöst wird und das im PC laufende Programm den Meßwert unmittelbar verarbeiten kann. Hierdurch besteht als besonderes Feature auch

die Möglichkeit, Meßwertaufnahmen im Hintergrund des Rechners ablaufen zu lassen.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß für die Auslösung eines PC-Interrupts nicht nur die üblichen Interrupt-Anschlüsse auf dem 8-Bit-Slot, sondern zusätzlich die erweiterten Interrupt-Leitungen auf dem 16 Bit-Slot eines ATs zur Verfügung stehen. Dadurch ist gewährleistet, daß diese PC-Einsteckkarte auch mit anderen PC-Einsteckkarten kombinierbar ist, ohne die schon fast obligatorischen Interruptkonflikte.

Natürlich läßt sich die PC-Einsteckkarte auch in einen PC-XT-8-Bit-Slot einsetzen.

Als Besonderheit bietet die AD 12-Einsteckkarte die bereits erwähnten Differenzspannungseingänge. Hierbei wird die Spannung zwischen 2 Analogeingängen gemessen.

Während üblicherweise der negative Eingang an der Schaltungsmasse liegt und dann die Eingangsspannung gegenüber dem Massepotential gemessen wird, können bei der AD 12 beide Meßeingangsanschlüsse im Bereich der Betriebsspannung von ± 5 V gegenüber der Schaltungsmasse verschieden sein.

Diese quasi Potentialfreiheit bietet entscheidende Vorteile, speziell im Hinblick auf genaue Messungen. Geringe Potentialunterschiede und Störeinstreuungen werden nämlich durch eine Differenzspannungsmessung in optimierter Weise unterdrückt.

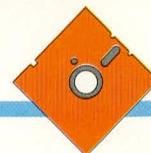
Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, beispielsweise an dem positiven Eingang eine Referenzspannung von 2,5 V zu legen und dann mit dem negativen Eingang die Differenzspannung zwischen diesem Eingang und der 2,5 V-Spannung zu messen. Natürlich ist auch eine konventionelle massebezogene Messung möglich, indem der negative Meßspannungseingang an die Schaltungsmasse gelegt wird.

Insgesamt stehen so 8 Differenzspannungseingänge, entsprechend 16 Anschlüssen, zur Verfügung, wobei die Meßspannung selbst im Bereich zwischen ± 2 V bzw. ± 200 mV liegen kann (einstellbar).

Optional ist die komfortable Bediensoftware ELV-Graph verfügbar zum Einlesen und zur übersichtlichen, vielfältigen grafischen Darstellung in Kurvenformen (Oszilloskopfunktion) oder auch als Balkendiagramm. Diese Software wurde bereits im „ELVjournal“ 3/91 ausführlich beschrieben.

Achtung:

Im Gegensatz zu einem Handmultimeter oder vielen konventionellen Meßgeräten, die üblicherweise vollständig potentialfrei arbeiten, ist die Schaltungsmasse der AD 12-Einsteckkarte mit der Schaltungsmasse des PCs verbunden, der wiederum



am Schutzleiteranschluß liegt. Messungen mit der AD 12 dürfen daher ausschließlich an stromlosen, potentialfreien, vom Netz getrennten Geräten vorgenommen werden.

Blockschaltbild

Abbildung 1 zeigt das Blockschaltbild der 12 Bit-AD-Wandlerkarte AD 12. Ganz links im Bild ist der PC-Bus zu sehen. Die Kommunikation und Pufferung der 8 Datenleitungen zwischen PC-Bus und internem Bus erfolgt über den bidirektionalen Bus-Treiber.

Am Intern-Bus ist der AD-Wandler mit seinen Treibern angeschlossen. Der AD-

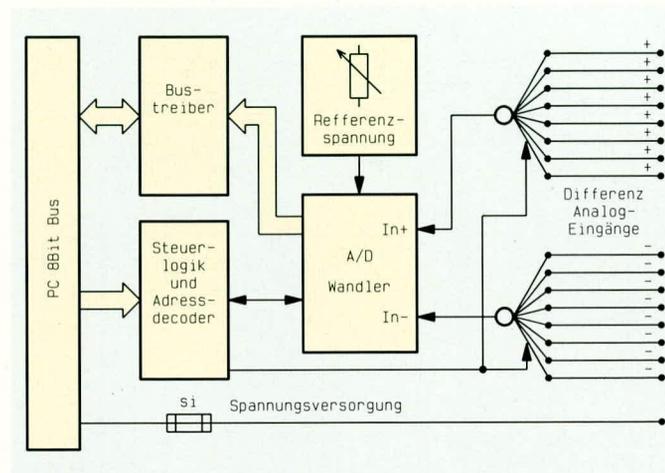


Bild 1: Blockschaltbild der 12 Bit-AD-Wandlerkarte

Wandler und die vorgeschalteten Analog-Multiplexer sind wiederum ihrerseits an die gemeinsame Steuer- und Adreßdecoderlogik angeschlossen. Die Eingänge der Multiplexer sind direkt auf den 25poligen Steckverbinder geführt, wo auch die unterschiedlichen Betriebsspannungen für die Versorgung von kleineren externen Verbrauchern anliegen.

Schaltung

In Abbildung 2 ist das komplette Schaltbild der AD 12-PC-Einsteckkarte dargestellt. Hauptbestandteil ist der AD-Wandler IC 10 des Typs ICL 7107.

Bei diesem Baustein handelt es sich um den bekannten integrierten AD-Wandler mit Anzeigentreiber, der direkt eine 3,5stellige 7-Segment-LED-Anzeige treiben kann. Durch die hohe Verbreitung ist der 7107 um ein Vielfaches günstiger als manch vergleichbarer Wandler.

Im vorliegenden Einsatzfall treibt der 7107 allerdings keine LED-Anzeigen, d. h. die entsprechenden Ausgangsinformationen müssen umgesetzt werden, wozu ein geringfügig erhöhter Beschaltungsaufwand erforderlich ist, allerdings ebenfalls mit

sehr preiswerten Komponenten.

Die Umsetzung der vom 7107 gelieferten Ausgangsinformationen erfolgt über einen Bustreiber und eine Umdecodierung mit geeigneter Software. Zur eindeutigen Bestimmung der ausgegebenen Zifferreicht dabei die Auswertung von 5 der 7 Segment-Ausgänge (A, B, E, F, G). Diese 5 Digitalleitungen werden jeweils über einen Bustreiber (IC 4 bis IC 6) des Typs 74 LS244 sowie über den internen 8 Bit-Bus dem bidirektionalen Bustreiber IC 1 des Typs 74 LS245 zugeführt, der wiederum die Verbindung zum PC-Datenbus herstellt.

Am internen 8 Bit-Datenbus ist weiterhin der 8 Bit-Zwischenspeicher IC 7 vom Typ 74LS273 angeschlossen, der ausgangsseitig für die Interrupt-Freigabe und die Selektierung der 8 Eingangskanäle sorgt.

Analogteil

An der 25poligen Sub-D-Buchse der PC-Einsteckkarte sind für jeden Kanal 2 Differenzeingänge vorgesehen. Hier können direkt die

Analog-Differenzspannungen im Bereich zwischen -2 V und $+2\text{ V}$ (-200 mV bis $+200\text{ mV}$) angelegt werden.

Darüber hinaus stehen an diesem Steckverbinder die Schaltungsmasse sowie die $\pm 5\text{ V}$ - und $\pm 12\text{ V}$ -Betriebsspannungen, die jeweils über eine Schmelzsicherung abgesichert sind, zur Versorgung von externen Kleinverbrauchern zur Verfügung.

Soll die Eingangsspannung gegenüber Massepotential gemessen werden, so können die negativen Differenz-Eingangsspannungspins (Pin 15 bis 22) jeweils mit der Analogmasse Pin 1, Pin 10 oder Pin 11 verbunden werden. Damit läßt sich eine Eingangsspannung von jeweils -2 V bis $+2\text{ V}$ (-200 mV bis $+200\text{ mV}$) gegenüber dieser gemeinsamen Masseleitung an jeden Eingangspin anlegen.

Ist die zu messende Analogspannung potentialfrei gegenüber der PC-Versorgungsspannung, ist es grundsätzlich günstiger, die negative Eingangsspannung IN- mit der negativen Referenzspannung (COMM und Vref-) zu verbinden. Der Vorteil liegt darin, daß bei kurzgeschlossenem Eingang das System auch tatsächlich „000“ anzeigt. Der Nullpunktfehler wird um so größer, je höher die Differenzspannung zwischen der genannten Bezugsmasse (COMM) und IN- wird. Je nach eingestelltem Grundmeßbereich können dies

einige Digit der niederwertigsten Stelle ausmachen (im allgemeinen jedoch nicht über 1 bis 2 Digit).

Die analogen Eingangsspannungen werden über einen $100\text{ k}\Omega$ -Widerstand und einen 22 nF -Kondensator auf die Multiplexeingänge von IC 11 und IC 12 gegeben. Diese RC-Kombination stellt einen wirksamen Schutz gegen steiflankige Überspannungen dar. Niederfrequente, positive oder negative Überspannungen werden durch die unteren Schutzdioden von IC 11 und IC 12 im Zusammenhang mit den $100\text{ k}\Omega$ -Vorwiderständen R 13 bis R 28 wirksam begrenzt.

Die Analogausgänge der Multiplexer gelangen auf die Differenzspannungseingänge IN+ und IN-. Der ICL7107 arbeitet nach dem Dual-Slope-Wandlungsverfahren, woraus sich eine sehr hohe Einstreuempfindlichkeit ergibt.

Für die Taktgenerierung ist der interne Oszillator mit dem Widerstand R 10 und dem Kondensator C 14 zu beschalten. An Pin 38 liegt dann die Taktfrequenz von ca. 130 kHz an.

Die Referenzspannung wird an Vref+ und Vref- dem AD-Wandler zugeführt. Nach Anlegen der Betriebsspannung stellt sich an dem COMM-Eingang (Pin 32) gegenüber der positiven Versorgung eine interne Referenzspannung von ca. $2,8\text{ V}$ ($2,6$ bis $3,1\text{ V}$) bei hoher Stabilität ein. Der Temperaturkoeffizient beträgt typ. 80 ppm .

Durch die Verbindung des Vref(-)Eingangs mit dem COMM-Eingang wird erreicht, daß mit dem Einstellregler R 5 und dem Spannungsteiler R 9 bis R 11 am Vref(+)-Eingang die Referenzspannung einstellbar ist. Diese beträgt die Hälfte des Bereichsendwertes. Bei einem Meßbereich von 2 V ist demnach hier eine Differenzspannung von $1,000\text{ V}$ einzustellen, während bei einem Meßbereichsendwert von 200 mV lediglich 100 mV anliegen müssen.

Die im Schaltbild angegebene Dimensionierung bezieht sich auf einen 2 V -Meßumfang. Soll der Meßbereich bei 200 mV liegen, ist der $10\text{ k}\Omega$ -Widerstand R 10 durch einen $560\text{ }\Omega$ -Widerstand und der $220\text{ k}\Omega$ -Widerstand R 8 durch einen $22\text{ k}\Omega$ -Widerstand zu ersetzen.

Der Kondensator C 15 dient zur Referenzspannungsintegration, während die aus R 8, C 16 und C 17 bestehende RC-Kombination für die Meßspannungsintegration und -deintegration zuständig ist.

Digitalteil

Der ICL7107 besitzt aufgrund seiner Konzeption keinen separaten Steuerausgang, der die Beendigung einer Messung signalisiert. Für die Zusammenarbeit mit einem Rechner ist diese Kennzeichnung jedoch erforderlich, so daß im vorliegen-

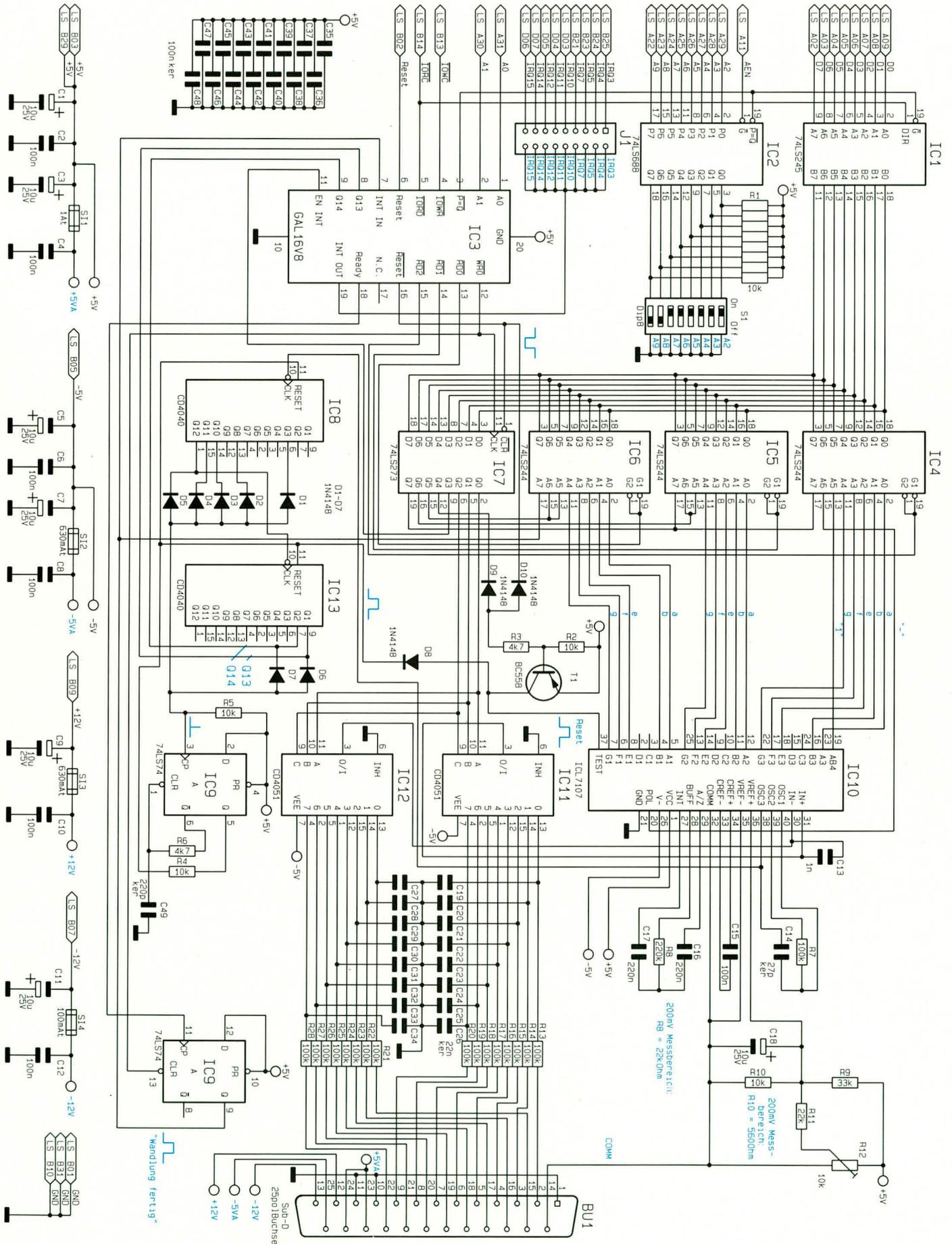


Bild 2: Komplett Schaltung der 12 Bit-AD-Wandlerkarte

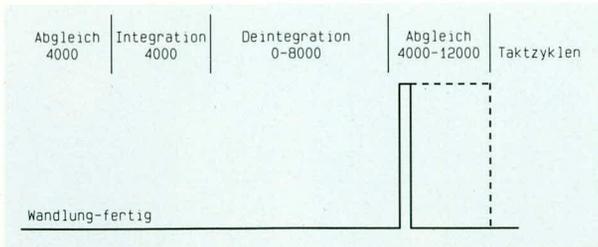
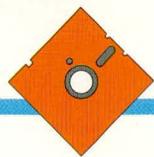


Bild 3: Zeitlicher Ablauf der AD-Wandlung

den Fall eine schaltungstechnische Besonderheit diesen Part übernimmt.

Für eine komplette AD-Wandlung benötigt der ICL7107 16.004 Taktzyklen. Jeder Wandlung ist ein Abgleichzyklus von 4000 Takten vorgeschaltet. Danach erfolgt während genau 4000 weiterer Taktzyklen die Integration der Eingangsspannung mit anschließender Deintegration über die Referenzspannung. Diese Deintegrationszeit ist abhängig vom Wert der Eingangsspannung und kann im Bereich zwischen 0 und 8004 Taktzyklen liegen, wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist. Spätestens nach diesen 8004 Taktzyklen ist die Wandlung beendet, und das Meßergebnis liegt vor.

Der Test-Eingang (Pin 37) des AD-Wandlers besitzt 2 Funktionen. Zum einen ist hierüber ein LED-Test möglich, den wir in der vorliegenden Schaltungsversion nicht benötigen. Zum anderen wird mit dem Anlegen eines High-Pegels an diesen Eingang die interne Ablaufsteuerung zurückgesetzt.

Hierzu dient in unserer Schaltung der Transistor T 1, der über die Reset-Leitung des PCs sowie einen Low-Pegel an Q 4 des IC 7 aktivierbar ist.

Der Wandlungsablauf beginnt dann definiert mit der Integrationsphase. Diesen Umstand macht sich nun die Schaltung zunutze. Parallel zum internen Ablaufzähler des ICL 7107 läuft ein externer Zähler, der durch den Abgriff am Ausgang OSC 3 (Pin 38 vom IC 10) synchron zum internen Zähler getaktet wird. Haben die nacheinander geschalteten Zähler IC 8 und IC 13 den Stand 16004, so setzt sich dieser durch die Dioden D 1 bis D 7 und IC 9 A mit Beschaltung

Der Meßwert liegt spätestens nach 12.000 Taktzyklen vor. Beim Erreichen des Zählerstandes von 12.288, also kurz nach Beendigung des Wandlungsvorgangs, wird über das UND-Gatter im GAL IC 3 das D-Flip-Flop IC 9 B gesetzt. Dieser Zustand dient als Fertigmeldung für die Treibersoftware und löst bei Freigabe dort einen Interrupt auf einen der Interrupt-Kanäle aus.

In Abbildung 4 ist die Innenschaltung des eingesetzten GALs vom Typ ELV9359 gezeigt. Daraus ist die Funktionsweise dieses programmierten Logikbausteins ersichtlich. Er ersetzt 3 ODER-Gatter, 2 Demultiplexer, 1 UND-Gatter, 1 Inverter sowie

1 Bus-Treiber. Durch die Zusammenfassung vorgenannter Funktionen in einem Baustein läßt sich der komplexe Aufbau der Schaltung recht übersichtlich vornehmen.

Die Adreßleitungen A 0 und A 1 werden dem Multiplexer zugeführt, von denen der obere für die Schreibzugriffe und der untere für die Lesezugriffe zuständig ist. Eine Aktivierung kann nur dann erfolgen, wenn der 8 Bit-Vergleicher IC 2 den richtigen I/O-Adreßbereich selektiert hat und ein I/O-Lese- bzw. Schreibzugriff vorliegt. Welcher der jeweils 4 Ausgänge aktiviert wird, hängt von der Kombination der Adreßleitungen A 0 und A 1 ab.

Der darunter angeordnete Inverter setzt nach dem Programmstart den Zwischenspeicher IC 7 zurück. Dadurch ist gewährleistet, daß, ohne daß die Software die Interrupt-Generierung explizit freigegeben hat, die Karte von sich aus keinen Interrupt auslöst und somit das System nicht beeinträchtigt.

Die in Abbildung 4- darunterliegende Gatterkombination ist für die Ablaufsteuerung im Zusammenhang mit dem Zähler IC 8 zuständig.

Tabelle 1 zeigt die I/O-Adreßzuordnung der 12 Bit-AD-Wandlerkarte. Beim Schreibzugriff auf die Basisadresse wird automatisch das „Wandlung fertig“-Informationsbit gelöscht.

Nachbau

Die AD-12-Einsteckkarte ist sowohl für PC-XTs als auch für IBM-kompatible PCs der AT-Generation geeignet. Beim Einsatz

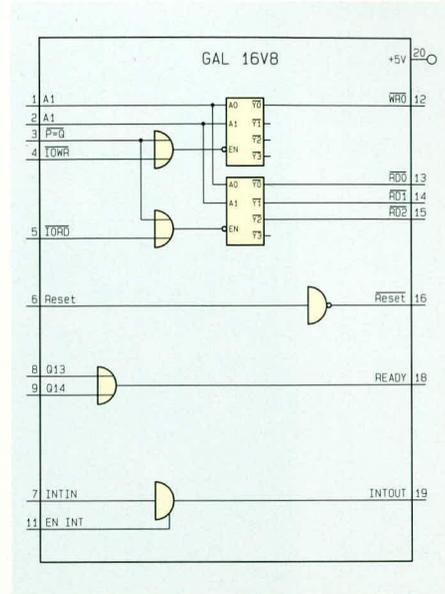


Bild 4: Innenschaltbild des GALs vom Typ ELV 9359

in PC-XT-Computer ist der Einsatz dieser Karte ohne Probleme in einen 8 Bit-Slot möglich, wobei die 16 Bit-Zunge der Leiterplatte dann auf den ICs des Motherboards aufliegt, was aber keine Nachteile mit sich bringt. Lediglich ist darauf zu achten, daß diese Pins keine elektrische Verbindung zu anderen Bauteilen haben.

Die komplette Schaltung der AD 12 ist auf einer 160 x 105 mm großen doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatte untergebracht. An der Busrückwand der Platine befindet sich eine 25polige Sub-D-Print-Buchse, die zur Anbindung an die analoge Außenwelt vorgesehen ist.

Ebenfalls an dieser Buchse sind die Analog-Masse (COMM) sowie die 4 Versorgungsspannungen des PCs und deren Massen zur Versorgung von Kleinverbrauchern herausgeführt.

Die Bestückung der Platine wird in gewohnter Weise vorgenommen. Zunächst sind die passiven und aktiven Bauelemen-

Tabelle 1: I/O-Adreßzuordnung der 12 Bit-AD-Wandlerkarte

Basisadresse	schreibend	lesend
+0	D0..D2: Selektierung des AD-Multiplexers D3: Interruptfreigabe D4: Reset AD-Wandler D5..D7: Kartenerkennung	D0..D4: Digit 1 D5, D6: Kartenerkennung D7: H: Wandlung fertig L: Wandlung noch nicht fertig
+1	_____	D0..D4: Digit 2 D5..D7: Kartenerkennung
+2	_____	D0..D4: Digit 3 D5: führende „1“ D6: Vorzeichen D7: Kartenerkennung
+3	_____	_____



Treibersoftware

Zur AD 16 steht eine Treibersoftware zur Verfügung, die beispielhaft die Ansteuerung dieser Einsteckkarte zeigt. Unter anderem kann auch die interruptgesteuerte AD-Wandlung vorgenommen werden, so daß die Verarbeitung quasi im Hintergrund abläuft.

Abbildung 5 zeigt einen Bildschirmausdruck der Testsoftware, die auf einer separaten Diskette vorliegt. Das Testprogramm ist übrigens auch in der ELV-Mailbox abgelegt und kann von dort kostenlos heruntergeladen werden.

Stückliste: 12-Bit-AD-Wandlerkarte mit 8 Eingangskanälen

Widerstände:

560Ω	R10*
4,7kΩ	R3, R6
10kΩ/Array	R1
10kΩ	R2, R5, R10, R4
22kΩ	R11, R8*
33kΩ	R9
100kΩ	R7, R13-R28
220kΩ	R8
Spindeltrimmer, 10kΩ	R12

Kondensatoren:

1nF	C13
27pF/ker	C14
220pF	C49
100nF/ker	C35 - C48
100n	C2, C4, C6, C8, C10, C12, C15,
220nF	C16, C17
10µF/25V	C1, C3, C5, C7, C9, C11, C18

Halbleiter:

ELV9359	IC3
ICL7107	IC10
74LS74	IC9
74LS244	IC4 - IC6
74LS245	IC1
74LS273	IC7
74LS688	IC2
CD4051	IC11, IC12
CD4040	IC8, IC13
1N4148	D1-D10

Sonstiges:

- 1 Sicherung 1A, träge
- 2 Sicherung 630mA, träge
- 1 Sicherung 100mA, träge
- 1 DIP-Schalter, 8fach
- 4 Platinsicherungshalter (2Hälften)
- 1 SUB-D-Buchse, winkelprent, 25polig
- 1 Stiftleiste, 2 x 9polig
- 1 Jumper
- 1 Slotblech, gestanzt

ELV-AD-8 12 Bit/8 Kanal A/D-Wandler Inbetriebnahme-Programm					
Achtung : Negative Werte werden im Binär- und Hexadezimal-System im B-1-Komplement dargestellt!					
: Digitalwerte:			: Analogwerte:		
: Binär			: Dezimal		
Darst. :	BA9876543210	Hex	Dezimal	200mV-Bereich	2V-Bereich
Kanal 0 :	000000000000B	000H	0D	0.0 mV	0.000 V
Kanal 1 :	000000001001B	009H	9D	0.9 mV	0.009 V
Kanal 2 :	000000001100B	00CH	12D	1.2 mV	0.012 V
Kanal 3 :	000001101111B	06FH	111D	11.1 mV	0.111 V
Kanal 4 :	011111001111B	7CFH	1999D	199.9 mV	1.999 V
Kanal 5 :	111110100000B	FA0H	-96D	-9.6 mV	-0.096 V
Kanal 6 :	101110111000B	BB8H	-1096D	-109.6 mV	-1.096 V
Kanal 7 :	++Überlauf++B	H	D	mV	V
IO-Basisadresse ...: 0300H					
Interruptnummer ...: 15					
A/D-Wandlung: ok					
Programm beenden mit : <ESC> oder <ENTER>					

Bild 5: Bildschirmausdruck der Test- und Inbetriebnahme-Software der 12 Bit-AD-Wandlerkarte

Tabelle 2 Zuordnung der SUB-D-Steckverbinderpins

Bedeutung	Pin
Kanal 0 positiver Eingang	2
Kanal 1 positiver Eingang	3
Kanal 2 positiver Eingang	4
Kanal 3 positiver Eingang	5
Kanal 4 positiver Eingang	6
Kanal 5 positiver Eingang	7
Kanal 6 positiver Eingang	8
Kanal 7 positiver Eingang	9
Kanal 0 negativer Eingang	15
Kanal 1 negativer Eingang	16
Kanal 2 negativer Eingang	17
Kanal 3 negativer Eingang	18
Kanal 4 negativer Eingang	19
Kanal 5 negativer Eingang	20
Kanal 6 negativer Eingang	21
Kanal 7 negativer Eingang	22
COMM	14
GND	1,10,11
+5 V	23, 24
-5 V	25
+12 V	12
-12 V	13

tergeladen werden (nur die Telefongebühren fallen an).

Inbetriebnahme

Tabelle 2 zeigt die Zuordnung der Steckverbinderpins zu der Hardwareschnittstelle für den Anschluß der Peripherie.

Nachdem der gesamte Aufbau dieser PC-Einsteckkarte nochmals sorgfältig überprüft wurde, kommen wir zur Einstellung der gewünschten I/O-Ansprechadresse mit

Hilfe des 8fach-DIP-Schalters. Gemäß der gewünschten I/O-Basisadresse sind die einzelnen Schalter einzustellen, wobei darauf zu achten ist, daß die gewählte Basisadresse nicht bereits durch vorhandene I/O-Einsteckkarten belegt ist. Eine genaue Vorgehensweise dieser Einstellarbeiten ist im PC-Grundlagen-Artikel im „ELVjournal“ 1/93 auf den Seiten 73 bis 75 beschrieben. Zu beachten ist lediglich, daß die PC-Einsteckkarte 4 aufeinanderfolgende I/O-Adressen belegt.

Sofern erforderlich, wird abschließend noch der Jumper für die Interrupt-Leitungen gesetzt. Eine Kollision mit bestehenden Interrupt-Leitungen muß ausgeschlossen werden. Hierzu empfiehlt es sich, die Interrupt-Einstellung der bereits installierten PC-Einsteckkarten zu überprüfen.

Mit Hilfe des Trimmers R 12 wird die Referenzspannung für den AD-Wandler IC 10 so eingestellt, daß die Hälfte der maximalen Eingangsspannung (200 mV bzw. 2 V) an den Referenz-Differenzeingängen Vref+ und Vref- (Pin 35 und Pin 36 von IC 10) anliegt, d. h. es sind 100 mV bzw. 1000 mV dort einzustellen.

Ersatzweise kann auch in Verbindung mit einer Treibersoftware eine bekannte Spannung, die möglichst in der Nähe des Meßbereichsendwertes liegt, an einen Eingang gelegt und mit Hilfe des Trimmers R 12 und der Treibersoftware die Einstellung vorgenommen werden, wobei der angezeigte Spannungswert dann möglichst genau der eingespeisten Spannung entsprechen sollte. Mit der Treibersoftware kann weiterhin eine Detailprüfung der Analog-Eingangsspannungen erfolgen. Sind alle Tests positiv verlaufen, kann die PC-Einsteckkarte ihren Dienst aufnehmen. **ELV**