

A/D 8x16

**Baugruppe für Analog - Digital
Umsetzung**

16 Kanäle mit je 8 Bit Auflösung

für den NDR - Computer

Graf Elektronik Systeme GmbH





1	Einführung
	1.1 Zum NDR-Computer
	1.2 Wozu dient die A/D 8*16 ?
	1.3 Wie setzt man die A/D 8*16 ein?
2	Technische Daten
3	Prinzipbeschreibung
	3.1 Das Prinzip der Analog-Digital-Wandlung
	3.2 Die sukzessive Approximation
	3.3 Kenngrößen von Umsetzern
4	Aufbauanleitung
	4.1 CMOS-Warnung
	4.2 Stückliste
	4.3 Aufbau Schritt für Schritt
5	Testanleitung
	5.1 Erste Prüfung ohne ICs
	5.2 Test im System (ohne Meßgeräte)
	5.3 Test mit dem Oszilloskop
6	Fehlersuchanleitung
	6.1 Mögliche Fehler und ihre Behebung
7	Schaltungsbeschreibung
	7.1 Funktionsbeschreibung der Schaltung
	7.2 Der Baustein ADC-0816
8	Anwendungsbeispiele
	8.1 Demonstrationsschaltung
	8.2 Grundprogram V4.3
9	Diverses
	9.1 Ausblick
	9.2 Kritik
10	Unterlagen zu den verwendeten ICs
	10.1 TTL-ICs
	10.2 Auszüge aus dem Datenblatt zum ADC-0816
11	Literatur
	11.1 Die Zeitschrift LOOP
	11.2 Empfohlene Fachbücher
	Anhang A: Schaltplan

1. Einführung

1.1 Zum NDR-Computer

Der NDR-Computer wird in der Fernsehserie "Computer Modular - Schritt für Schritt" aufgebaut, erklärt und in Betrieb genommen. Diese Serie wird vom Norddeutschen Rundfunk und vom Bayerischen Fernsehen ausgestrahlt. Es werden bald auch die Regionalsender anderer Bundesländer die Sendung in ihr Programm aufnehmen.

Zur Serie gibt es einige Begleitmaterialien, es ist daher nicht unbedingt notwendig, die Fernsehserie gesehen zu haben, um den NDR-Computer zu bauen und zu begreifen:

- Bücher:

Rolf-Dieter Klein,
"Mikrocomputer selbstgebaut und programmiert"
2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage
ISBN 3-7723-7162-0, DM 38,-
erschienen im Franzis-Verlag, München
Bestellnummer: R001
Auf diesem Buch baut die NDR-Serie auf

Rolf-Dieter Klein,
"Die Prozessoren 68000 und 68008"
Rechnerarchitektur und Sprache im NDR-KLEIN-Computer
ISBN 3-7723-7651-7, DM 78.-
erschienen im Franzis-Verlag, München

- Sonderhefte der "mc"

"Mikrocomputer Schritt für Schritt"
Bestellnummer: SONDERNDR
"Mikrocomputer Schritt für Schritt Teil 2"
Bestellnummer: SONDERH2

- Zeitschriften "mc" und "ELO" des Franzis-Verlages

- Zeitschrift "LOOP" der Firma Graf (siehe Kapitel 11.1)

- Videocassetten:

lizenzierte Originalcassetten für den privaten Gebrauch. Auf diesen zwei Cassetten sind die 26 Folgen der Fernsehserie enthalten.
Systeme: VHS, Beta, Video 2000
Freise: siehe gültige Preisliste

1.2 Wozu dient die Baugruppe A/D 8*16 ?

Da wir bei der Entwicklung unsere Erfahrung der letzten Jahre, verbunden mit neuester Technologie einbringen konnten, haben Sie nun die Gewähr, eine nachbausichere und funktionstüchtige Schaltung einzusetzen.

Was ist nun ein Analog-/Digitalwandler?

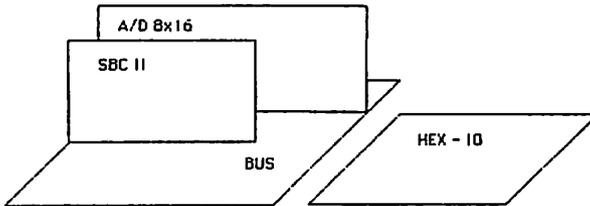
Um analoge Größen, die als Spannungen vorliegen, mit einem Digitalrechner, zum Beispiel einem Mikroprozessorsystem, verarbeiten zu können, müssen dem analogen Wert digitale Werte zugeordnet werden. Da dieser Prozess nicht kontinuierlich durchführbar ist, wird die analoge Spannung zu bestimmten Zeitpunkten abgetastet und die momentanen Spannungswerte in digitale Datenwörter umgesetzt. Bei der Signalumsetzung wird eine zeitdiskrete Amplitudenquantisierung vorgenommen.

Durch den im Folgenden beschriebenen A/D 8x16 Wandler haben Sie die Möglichkeit 16 analoge Meßwerte (z.B. 16 verschiedene Spannungen) in digitale Signale mit einer Auflösung von 8-Bit umzuwandeln.

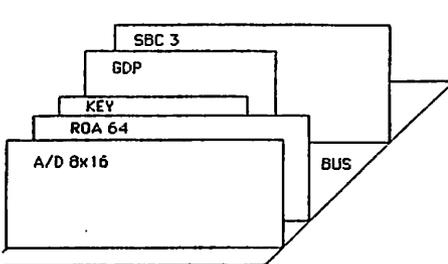
AUFLÖSUNG: Dies ist der Wert, um den sich die Eingangsspannungen ändern müssen, damit die niederwertigste Stelle des Datenworts verändert wird (bei unserem Baustein sind es 20mV).

1.3 Wie setzt man die Baugruppe ein ?

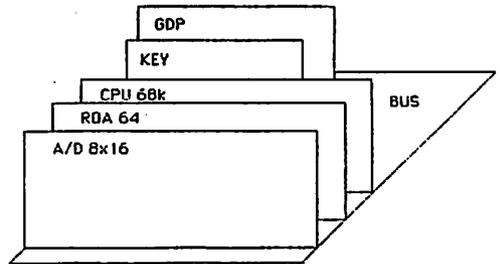
Die A/D 8x16 kann mit jedem System betrieben werden, angefangen vom Einsteigerpaket über ein Z80-System (CPU Z80, SBC2, SBC3, CPU 64180) bis zum 16- und 32-Bit-System (CPU 68k, CPU 68000, CPU 68020). Die folgenden Abbildungen zeigen drei Konfigurationsbeispiele.



Konfiguration mit dem Einsteigerpaket



Konfiguration mit SBC 3



Konfiguration mit der 68 - CPU

2. Technische Daten

Betriebsspannung: +5V
Stromaufnahme: 100 mA
Leiterplattengröße: 145x80x1,5 mm
Ausgröße: HDI-Bus 54-polig
Wandlereingänge: 16
Wandlungszeit: 100ns
Auflösung: 8-Bit
Eingangsspannung pro Kanal: 0-5V
Betriebstemperatur: -40 °C bis +85 °C
Betriebsfrequenz der Karte: 660 KHz
Maximale Frequenz des ADC 0810: 1,2 MHz

3. Prinzipbeschreibung

3.1 Das Prinzip der Analog-Digital-Wandlung

Wie geht eine Analog-/Digitalwandlung nun vor sich?

Der Analog-/Digitalwandler stellt eine Schnittstelle vom Computer zur Außenwelt dar. Er hat die Aufgabe analoge Größen, die als Spannungen vorliegen, mit einem Digitalrechner, zum Beispiel mit einem Mikroprozessorsystem zu verarbeiten, dazu müssen den analogen Werten digitale Werte zugeordnet werden.

So kann zum Beispiel, einer Spannung von 3V der digitale Wert 1010 zugeordnet werden, oder einer Spannung von 5V der Wert 1111 usw. Dieser Prozess kann aber nicht kontinuierlich durchgeführt werden, also wird die analoge Spannung zu einem bestimmten Zeitpunkt abgetastet und dieser Spannungswert wird dann in ein digitales Datenwort umgesetzt, nach dieser Umsetzung wird der nächste Spannungswert abgetastet und umgesetzt und so weiter.

Wie groß die Zeitdauer zwischen zwei Abtastungen ist, hängt vom Wandlungsverfahren und vom verwendeten Wandlerbaustein ab. Eine Spannung kann ja, z.B. zwischen 0 und 5V, beliebig viele Werte annehmen. Wir haben aber nicht die Möglichkeit jedem Spannungswert ein Datenwort zur Verfügung zu stellen.

Je nachdem, wieviele Datenwörter man zur Verfügung hat (hängt vom Wandlerbaustein ab), muß man nun die Spannung in kleine Schritte zerlegen.

Bei unserem Wandlerbaustein haben wir nun eine Auflösung von 8-Bit, also haben wir $2^8 = 256$ verschiedene Datenwörter zur Verfügung. Folglich können wir die analoge Eingangsspannung (hier 5V) in 256 Einzelschritte zerlegen. Es ergibt sich also pro Schritt eine Spannung von ungefähr 20mV. Das bedeutet, daß wir die Spannung von 0V an in 20mV-Schritten bis 5V hochregeln können (0V, 0,02V, 0,04V usw.) und jedem einzelnen Schritt wird nun ein Datenwort zugeordnet (z.B. 0000, 0001, 0010 usw.).

Sie fragen sich nun sicher, was passiert, wenn die zu messende Spannung nun nicht genau 0,1V oder 0,12V ist, sondern irgend ein Wert dazwischen.

Wenn dieser Fall auftritt, wird der vorhandene Spannungswert einfach auf-, oder abgerundet. Wie dieses Auf- oder Abrunden genau vor sich geht, ist je nachdem, was für eine Umsetzungsmethode in dem verwendeten Wandlerbaustein Anwendung findet, verschieden.

Beim Einsatz von A/D-Umsetzern ist darauf zu achten, ob quasistationäre (= keine Änderung des Signales während des Umsetzens) oder zeitlich variante Signale gemessen werden sollen. Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen werden auch unterschiedliche Umsetzungsmethoden angewendet.

Wir wollen hier die gebräuchlichsten Umsetzungsmethoden nur kurz erwähnen, eine nähere Erläuterung der verschiedenen Umsetzungsmethoden würden den Rahmen dieses Handbuches sprengen.

Umsetzungsmethoden: Sägezahnverfahren
Integrationsverfahren
Doppelintegrationsverfahren
Treppenstufenverfahren
Parallelverfahren
Nachlauf- od. Kompensationsverfahren

Das wohl verbreitetste Verfahren ist das Wägeverfahren (sukzessive Approximation). Dieses Verfahren wird auch in dem von uns verwendeten Baustein, dem ADC 0816, angewendet.

Das Wägeverfahren ermöglicht bei geringer Linearitätsabweichung und großer Auflösung kleine Wandlungszeiten.

Bevor wir die eigentliche Schaltung beschreiben, wollen wir uns zuerst noch mit dem Verfahren der "sukzessiven Approximation" befassen, denn das Verständnis dieser Umsetzungsmethode ist wichtig für das Verständnis der ganzen Schaltung.

3.2 Die sukzessive Approximation .

Beim Verfahren der sukzessiven Approximation nach Bild 1, wird wie bei einem Kompensator die Meßspannung $U(1)$ mit einer Vergleichsspannung $U(v)$ verglichen.

Das Prinzip der sukzessiven Approximation:

Bei der sukzessiven Approximation wird die Vergleichsspannung $U(v)$ durch einen Parallelverschlüssler nach Bild 2 erzeugt. Der Komparator 2 steuert abhängig vom Vorzeichen der Spannungsdifferenz $(U1-Uv)$ die Schaltlogik 3, die den Parallelverschlüssler 4 stufenweise schaltet, bis die Spannungsdifferenz eine gegebene Schwelle unterschreitet.

Die jeweiligen Schalterstellungen des Stufenverschlüsslers ergeben dann das Meßergebnis.

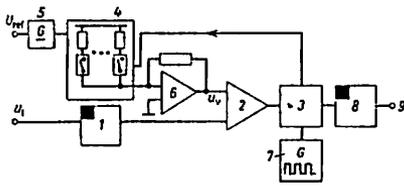


Bild 1

- 1, analoger Speicher für U(1)
- 2, Spannungskomparator
- 3, Steuerlogik für 4
- 4, der Parallelverschlüssler 4 bildet aus der Referenzspannung 5 mit dem Summierverstärker 6 die Vergleichsspannung U(v)
- 7, Taktgenerator
- 8, Speicher und Anzeige für den Digitalwert
- 9, Digitalwert-Ausgabe

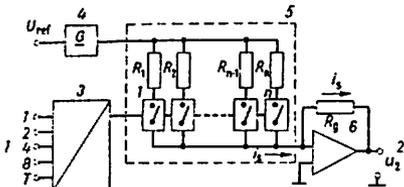
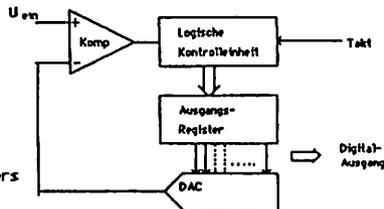


Bild 2

- 1, Codeeingang mit Takteingang
- 2, Analogausgang
- 3, Steuerdecoder
- 4, Referenzspannungsquelle
- 5, Bewertungsstromkreise mit Ausgangsstrom
- 6, Summierverstärker mit Rückführungswiderstand Rg liefert die Ausgangsspannung U(2)

Bild 2 zeigt schematisch die Bildung des Analogsignals.

Eine Referenzspannungsquelle 4 bildet zusammen mit den Bewertungswiderständen R_1 bis R_n Stromkreise, die durch vom Eingangssignal gesteuerte Schalter geöffnet und geschlossen werden können. Die Ströme die sich, z.B. bei binärem Aussteuerungscode wie $2^{(exp 0)}:2^{(exp 1)}:2^{(exp 2)}:\dots:2^{(exp n)}$ verhalten, bilden über den Summierverstärker 6 mit dem Rückführungswiderstand R_g an Ausgang 2 eine der Summe der Ströme, proportionale Spannung.



Blockschaltbild eines A/D Umsetzers

Also der Wandler besteht aus einem Komparator, einer durch einen Takt gesteuerten Kontrolleinheit, einem Register und einem D/A-Umsetzer. Zu Beginn der Wandlung wird mit dem ersten Takt das Höchstwertige Bit gesetzt. Der D/A-Umsetzer stellt die entsprechenden Spannung am Referenzeingang des Komparators ein, und das anliegende Signal wird mit der Referenz verglichen. Ist die Signalspannung größer, bleibt das Bit gesetzt, anderenfalls wird es gelöscht. Dieser Vorgang wird in den folgenden Taktzyklen mit den nächstwertigen Stellen wiederholt. Auf diese Weise erhält man ein 8-Bit Wort nach 8 Taktzyklen. Die Taktfrequenz und damit die Umsetzgeschwindigkeit wird hauptsächlich durch das Einschwingverhalten des D/A-Umsetzers begrenzt.

Das Übertragungsverhalten ist von Wandlerbaustein zu Wandlerbaustein unterschiedlich, und wird durch die im Folgenden beschriebenen Parameter gekennzeichnet.

3.3 Kenngrößen von Umsetzern

Auflösung: Dies ist der Wert, um den sich die Eingangsspannung ändern muß, damit die niederwertigste Stelle des Datenworts (LSB) verändert wird. Für binär codierte Umsetzer gilt:

$$1 \text{ LSB} = \text{FSR}/2^{(exp)n}$$

FSR = Endwert

n = Anzahl der Datenbits

Monotonie: Monotonie besteht dann, wenn bei kontinuierlichem Erhöhen der Eingangsspannung auch der digitale Ausgangswert ständig größer wird.

Nichtlinearität: Unter Nichtlinearität wird die maximale Abweichung der Übertragungsfunktion von der Geraden durch Anfangs- und Endwert angegeben.

Differentielle Nichtlinearität: Sie gibt die Abweichung zweier benachbarter Stufen von der Geraden durch Anfangs- und Endwert an.

Umsetzzeit: Dies ist die Zeit, die benötigt wird, um einer anliegenden Eingangsspannung einmalig einen digitalen Zahlenwert zuzuweisen.

Quantisierungsfehler: Sie sind zum Teil systembedingte, unvermeidbare Fehler da nicht jeder Spannung ein diskreter Zahlenwert zugeordnet werden kann, sondern nur einem Spannungsbereich ein Wert zugewiesen wird. Der systembedingte Fehler entspricht $\pm 0,5\text{LSB}$. Kommen zu diesem Fehler noch weitere Fehler (Bauteiltoleranzen) hinzu, so wird der Quantisierungsfehler größer spezifiziert, z.B. $\pm 1\text{LSB}$. Dies bedeutet, daß man sich auf die Angaben des letzten Datenbits nicht mehr verlassen kann, folglich verringert sich die Auflösung um ein Bit.

Die folgenden Bilder sollen die beschriebenen Definitionen noch einmal anschaulich darstellen.

Wie das mittlere Bild zeigt, gibt der Umsetzer den Code 100 nicht aus, sondern springt von 011 nach 101. Dieser Effekt wird als "missing code" bezeichnet.

Die oben beschriebenen Kenngrößen sind bauteilabhängig und werden vom Hersteller spezifiziert. Auf sie hat der Anwender keinen Einfluß.

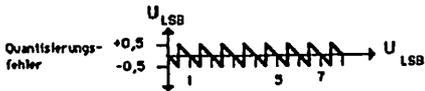
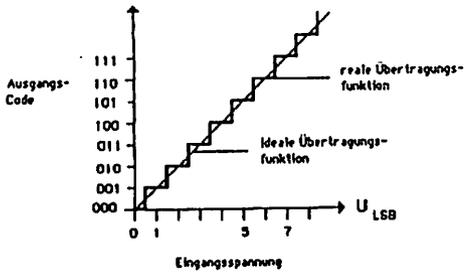


Bild 1 Übertragungsfunktion eines idealen A/D-Umsetzers (streng monoton und linear)

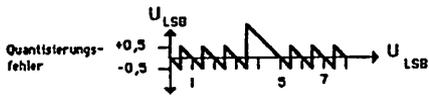
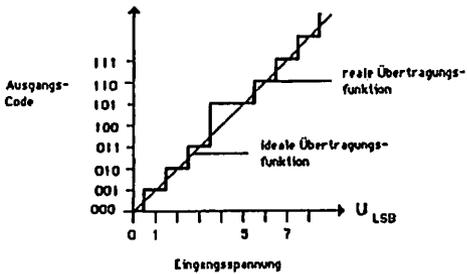


Bild 2 Übertragungsverhalten eines monotonen, aber nicht linearen A/D-Umsetzers

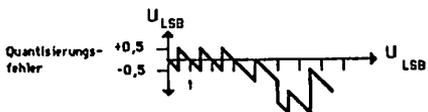
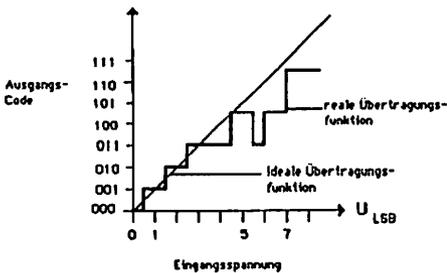


Bild 3 Übertragungsverhalten eines nicht monotonen A/D-Umsetzers

4.3 Aufbau Schritt für Schritt

Beim Aufbau Ihrer Baugruppe wäre es angebracht wenn Sie sich an die folgende Beschreibung halten würden.

Wenn Sie die Leiterplatte betrachten finden Sie auf einer Seite den Hinweis "löts", auf dieser Seite wird ausschließlich gelötet.

Beim Aufbau beginnen Sie am besten mit dem Einlöten der 36-poligen Steckerleiste. Sie sollten hier darauf achten, daß die Stifte parallel zur Leiterplatte liegen, damit die Platine gut auf die Busplatine gesteckt werden kann. Es empfiehlt sich zuerst die beiden äußersten Stifte und einen in der Mitte zu verlöten, um dann zu kontrollieren, ob die Steckerleiste parallel zur Leiterplatte ist.

Nun können Sie alle IC-Fassungen einlöten. Dabei sollten alle Fassungen auf einmal aufgesteckt werden und zum Verlöten umgedreht werden; dabei ist es sehr hilfreich, wenn man beim Umdrehen die Fassungen mit einem Stück Karton auf die Leiterplatte andrückt. So wird erreicht, daß die Fassungen alle eben und gerade liegen. Beim Löten sollten Sie wiederum nur 2 Pins jeder Fassung (möglichst diagonal) verlötet werden. So können anschließend schräg liegende Fassungen noch problemlos korrigiert werden. Bevor die restlichen Pins verlötet werden, sollte ein letzter Kontrollblick auf die Bestückungsseite geworfen werden, ob die Fassungen richtig liegen und ihre Richtungen stimmen. Wie die Fassungen liegen müssen können Sie dem Bestückungsplan entnehmen.

Als nächstes können Sie den 4*1kOhm Widerstand einlöten. Auf dem Netzwerkwiderstand befindet sich links neben dem Aufdruck ein weißer Punkt. Dieser Punkt soll dann rechts liegen (von der Bestückungsseite aus gesehen, die 36-polige Stiftleiste unten).

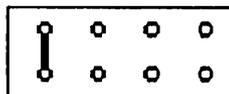
Jetzt löten Sie am besten die 2x20-polige und die 2x4-polige Steckerleiste ein. Dabei gehen Sie am besten so wie bei der 36-poligen Steckerleiste vor.

So, jetzt können Sie noch die beiden Widerstände einlöten. Die Widerstände werden hier liegend eingelötet.

Wenn Sie nun die Kondensatoren einlöten, müssen Sie nicht auf die Polung achten.

4.4 Jumperstellung

Jetzt müssen Sie noch die Adresse A4 mit 0 belegen. Dies geschieht dadurch, daß Sie bei der Stiftleiste JMP 1, die zur Adressierung benötigt wird, an Pin 1 und 2 eine Brücke aufstecken. Die Brücke bewirkt, daß die Adresse A4 auf 0 gelegt wird.



JMP 1

5.2.1 Mit einem Z80-System

Zum Test mit einem Z80-System (CPU Z80, SBC2, SBC3, CPU 64180) geben Sie das Testprogramm ein und starten es. Es erscheinen dann Striche auf dem Bildschirm, deren Länge proportional zur anliegenden Spannung ist. Nicht beschaltete Kanäle müssen Sie auf Masse legen, da sonst Übersprechfehler entstehen.

Achtung: Das Testprogramm greift auf Routinen des Grundprogramms zurück. Sie müssen daher das Grundprogramm-Eprom auf Steckplatz 0 gesteckt haben. Falls Sie das Programm mit ZEAT eingeben, dann müssen Sie es mit Hilfe der Transportroutine auf Bank E 'schaufeln', auf der das Grundprogramm-Eprom auf Steckplatz 0 sein muß.

PAGE 1

```

: Z80 - PROGRAMM FÜR DEN ADC 0810
:
:
: Dieses Programm greift auf das Grundprogramm
: zu. Sie müssen daher das Grundprogramm-Eprom gesteckt haben.
: Falls Sie das Programm mit ZEAT eingeben, so müssen Sie das
: Programm mit Hilfe der Transportroutine (siehe LOOPS) auf
: Bank E bringen, auf der das Grundprogramm-Eprom stecken muß.
:
:
CLRALL EQU 011FH ;ALLES LÖSCHEN
ERAPEN EQU 0221H ;SCHREIBSTIFT AUF LÖSCHEN
SETPEN EQU 021DH ;SCHREIBSTIFT AUF LESEN
SYNC EQU 022BH ;WARTEN AUF SYNCHRON-IMPULS
MOVE0 EQU 0155H ;ANFANGSKOORDINATE
DRAW0 EQU 0165H ;ZEICHNEN BIS ENDKOORDINATE
SETPAGE EQU 0145H ;SEITE UNSCHALTEN
:
:
ORG 8800H ;PROGRAMMBEGINN
:
START:
8800 CD 1F 01 CALL CLRALL ;ALLES LÖSCHEN
8803 21 40 09 LD HL,0040H ;SEITE 1
8806 11 10 00 LD DE,0010H ;SEITE 0
8809 E5 PUSH HL
880A D5 PUSH DE
:
RUN:
8808 21 64 00 LD HL,0064H ;X-POSITION
880E 06 00 LD B,00 ;ZÄHLVARIABLE F. KANAL
:
LOOP:
8810 C5 PUSH BC ;REGISTER RETTEN
8811 D5 PUSH DE ;
8812 E5 PUSH HL ;
8813 11 FF 00 LD DE,00FFH ;Y-POSITION
8816 CD 21 02 CALL ERAPEN ;ALTE LINIE LÖSCHEN
8819 CD 55 01 CALL MOVE0 ;
881C 1E 00 LD E,00 ;
881E CD 65 01 CALL DRAW0 ;
8821 CD 1D 02 CALL SETPEN ;PEN AUF SCHREIBEN
8824 E1 POP HL ;REGISTER ZURÜCKHOLEN

```

8825	D1	POP	DE	:
8826	C1	POP	BC	:
8827	48	LD	C,B	:AKTUELLER KANAL IN C
8828	CD 52 88	CALL	GETADR	:AD-WANDLER AUFRUFEN
8829	5F	LD	E,A	:Y-POSITION
882C	C5	PUSH	BC	:REGISTER NOTEN
882D	D5	PUSH	DE	
882E	E5	PUSH	HL	
882F	CD 55 01	CALL	MOVETO	:NEUE LINIE ZEICHNEN
8832	1E 00	LD	E,00	:
8834	CD 65 01	CALL	DRAWTO	:
8837	E1	POP	HL	:REGISTER ZURUECKHOLEN
8838	D1	POP	DE	
8839	01 14 00	LD	BC,0014H	:X-POSITION ERHOEHEN
883C	09	ADD	HL,BC	:
883D	C1	POP	BC	:REGISTER BC ZURUECKHOLEN
883E	04	INC	B	:NAECHSTER KANAL
883F	3E 10	LD	A,10H	:NEUE WANDLUNG BIS KANAL=16
8841	B8	CP	B	:
8842	20 CC	JR	NZ,LOOP	:
8844	CD 28 02	CALL	SYNC	:WARTEN AUF SYNC-IMPULS :(WEGEN FLIMMERN)
8847	D1	POP	DE	:SEITE UMSCHALTEN
8848	E1	POP	HL	:
8849	E8	EX	DE,HL	: TAUSCHEN VON PO UND P1

PAGE 2

884A	E5	PUSH	HL	:
884B	D5	PUSH	DE	:
884C	78	LD	A,E	: NEUE SEITE IN AKKU
884D	CD 45 01	CALL	SETPAGE	: NEUE SEITE ANZEIGEN
8850	18 89	JR	RUN	:NEUE WANDLUNG
8852	3E E0	LD	A,0E0H	:ANFANGSADRESSE
8854	B1	ADD	A,C	:AKTUELLE ADRESSE
8855	4F	LD	C,A	: IN C LADEN
8856	ED 79	OUT	(C),A	:START DER WANDLUNG
8858	DB E0	IN	A,(0E0H)	:WARTEN BIS
885A	CB 7F	BIT	7,A	: WANDLUNG
885C	28 FA	JR	Z,L1	: BEENDET
885E	DB E1	IN	A,(0E1H)	:GEMANDELT WERT EINLESEN
8860	C9	RET		
		END		

GETADR:

L1:

8861

5.2.2 Mit dem 68008-System

Damit wir den A/D-Wandler testen können, müssen wir ein lauffähiges Programm eingeben. Damit wir das Programm eingeben können, müssen wir auf die zweite Menüseite (Grundprogramm 68k) gehen, und von dort in den Editor. Hier geben wir dann das Programm ein. Das Programm finden Sie auf der nächsten Seite.

Wenn wir das Programm eingegeben haben gehen wir mit der Taste Ctrl EX wieder aus dem Editor.

Es erscheint dann wieder die 2. Seite des Menüs auf dem Bildschirm. Jetzt gehen wir in den Assembler um zu sehen ob wir das Programm richtig eingegeben haben.

Gibt der Assembler Fehlermeldungen aus, dann müssen Sie wieder in den Editor gehen und genau nachschauen, ob Sie das Programm richtig eingeschrieben haben, man vergißt bei einem so umfangreichen Programm nämlich leicht ein Komma oder andere Zeichen.

Wenn der Assembler keine Fehlermeldung mehr ausgibt, dann können wir das Programm starten.

Um das Programm zu starten gehen wir zurück ins Grundmenü, wählen die 2 "Programm starten" und geben den Programmnamen "START" ein. Nachdem Sie die Return Taste gedrückt haben erscheinen auf dem Bildschirm 16 stark schwankende Striche.

Wie Sie auf dem Bildschirm sehen können, ist die Anzeige schwer am Schwanken. Um das Schwanken zu beseitigen, müssen alle 16 Kanäle beschaltet werden. So müssen Sie, wenn Sie weniger als 16 Kanäle für Messungen benötigen, die freibleibenden Kanäle auf Masse legen, damit Sie ein stehendes Bild erhalten.

Programm für den ADC 0816

```

AD EQU $FFFFFFE0

9C00          GETAD:          * DO=KANAL, DANN
              * ERGEBNIS

9C00 41F9 FFFFFFFE0    LEA AD,A0
9C06 4230 0000        CLR.B 0(A0,DO.W)    * START WANDLUNG
9C0A          GETLP:
9C0A 1010            MOVE.B (A0),DO
9C0C 6AFC            BPL.S GETLP    * WARTEN BIS GESTARTET
              * IST

9C0E          GETLP1:
9C0E 1010            MOVE.B (A0),DO
9C10 6BFC            BMI.S GETLP1   * WARTEN BIS GEWADELT
9C12 102B 0001        MOVE.B 1(A0),DO * ERGEBNIS
9C16 4E75            RTS

9C18          START:
9C18 363C 0000        MOVE #0,D3    * HAUPTPROGRAMM
9C1C 323C 0064        MOVE #100,D1  * ALLE KANALE 0...15
9C20          LOOP:
9C20 343C 00FF        MOVE #255,D2  * X-KOORDINATE
9C24 4EB9 00000786    JSR $ERAPEN
9C2A 4EB9 0000091E    JSR $MOVETO
9C30 4242            CLR D2
9C32 4EB9 0000098A    JSR $DRAWTO
9C38 4EB9 00000794    JSR $SETPEN  * DANN NEUE LINIE AUS-
              * GEBEN
9C3E 3003            MOVE D3,DO    * KANAL-NR
9C40 6100 FFBE        BSR GETAD     * WERT NACH DO.B
9C44 0240 00FF        AND #$FF,DO  * ERWEITERN AUF WORT
9C48 3400            MOVE DO,D2    * Y-KOORDINATE
9C4A 4EB9 0000091E    JSR $MOVETO
9C50 4242            CLR D2
9C52 4EB9 0000098A    JSR $DRAWTO
9C58 0641 0014        ADD #20,D1    * X-KOORDINATE
9C5C 5243            ADDQ #1,D3
9C5E 0C43 0010        CMP #16,D3
9C62 66BC            BNE.S LOOP
9C64          WASTE:
9C64 4EB9 00000852    JSR $SYNC
9C6A 67FB            BEQ.S WASTE    * NUR ALLE 20MS
9C6C 3039 00009C96    MOVE WRT,DO  * IMMER ABWECHSELND
9C72 33F9 00009C98    MOVE RDR,WRT  * SCHREIBEN, DANN KEIN
9C78 00009C96
9C7C 33C0 00009C98    MOVE DO,RDR    * FLIMMERN
9C82 3039 00009C96    MOVE WRT,DO
9C88 3239 00009C98    MOVE RDR,D1
9C8E 4EB9 00000828    JSR $NEWPAGE  * SEITENFLIP
9C94 6082            BRA.S START   * WIEDER VON VORNE
9C96
9C96 0001            WRT: DC.W 1    * START SEITE 1
9C98 0000            RDR: DC.W 0    * DANN TAUSCHEN
9C9A
9C9A          END

```

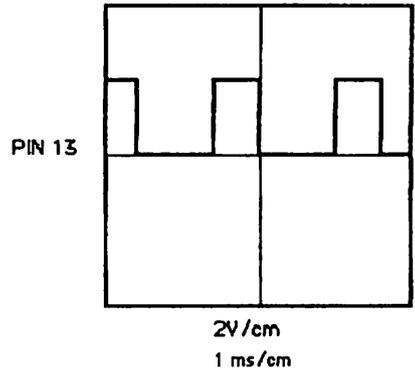
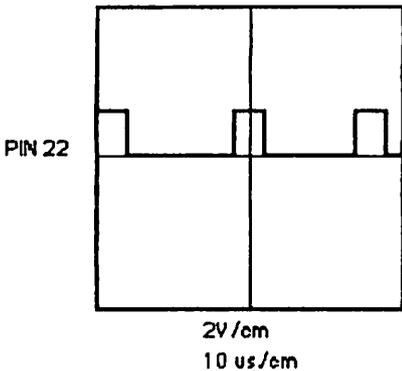
5.3 Test mit dem Oszilloskop

Wenn Sie Besitzer eines Oszilloskops sind, so können Sie den A/D-Wandler natürlich auch mit dem Oszilloskop durchtesten. Da aber die meisten Käufer kein Oszilloskop haben möchten wir uns hier relativ kurz fassen und uns auf die wichtigsten Messungen beschränken.

Als erstes messen Sie am besten die Taktfrequenz, denn ohne sie läuft der Wandlerbaustein nicht. Sie können die Frequenz an Pin 22 des Wandlerbausteins messen.

Ferner können Sie das Signal an Pin 13 des Wandlerbausteins überprüfen. Dieses Signal sagt dem Computer, ob die Wandlung beendet ist und ob der nächste Kanal gewandelt werden kann.

Wie die jeweiligen Oszillogramme aussehen müssen sehen Sie auf den folgenden Bildern.



6. Fehlersuchanleitung

Sollte Ihre Baugruppe bei den in Kapitel 5 beschriebenen Tests nicht funktionieren, so heißt es jetzt systematisch auf Fehlersuche zu gehen.

Wir wollen Ihnen nun ein paar Vorschläge machen, wie eine systematische Fehlersuche mit und ohne Oszilloskop vor sich gehen kann:

6.1 Mögliche Fehler und ihre Behebung

6.1.1 Sind die bisher verwendeten Baugruppen in Ordnung?
(Funktionierte das System ohne die Baugruppe A/D 8*16 ?)

6.1.2 Sind die Jumper richtig gesteckt?

6.1.3 Machen Sie zuerst eine Sichtprobe. Können Sie irgendwo auf der Platine unsaubere Lötstellen (zuviel Lötzinn, manchmal zieht das Lötzinn Fäden) erkennen, die eventuell einen Kurzschluß verursachen könnten? Dann müssen sie diese Lötstellen nachlöten und die unzulässige Verbindung beseitigen.

6.1.4 Haben Sie auch alle ICs richtig herum und am richtigen Platz eingesteckt? (Vergleiche mit Bestückungsplan)

6.1.5 Sind alle gepolten Bauteile (Elkos, Dioden, usw.) richtig herum eingelötet?

6.1.6 Haben sie auch keine Lötstelle vergessen zu löten?
(sehen sie lieber noch einmal nach)

6.1.7 Sehen Sie irgendwo "kalte" Lötstellen?
Kalte Lötstellen erkennt man daran, daß sie nicht glänzen, sie sind im Vergleich mit richtig gelöteten Lötstellen trübe.

6.1.8 Haben Sie auch nicht zu heiß gelötet?
Wenn der LötKolben zu heiß eingestellt ist und (oder) Sie zu lange auf der Lötstelle bleiben, dann kann es passieren, daß sich die Leiterbahnen von der Platine lösen und Unterbrechungen bilden. Ferner kann es auch passieren, daß Durchkontaktierungen unterbrochen werden, oder daß Bauteile durch zu heißes Löten zerstört werden.

6.1.9 Nehmen Sie alle ICs aus ihren Fassungen. Nehmen Sie sich die Layouts zur Hand und kontrollieren Sie alle Leiterbahnen, mit einem Durchgangsprüfer oder mit einem Ohmmeter auf Durchgang. Bereits kontrollierte Leiterbahnen können Sie, der Übersicht wegen, auf dem Layout mit Bleistift durchstreichen oder mit Farbstiften nachziehen.

o.1.10 Prüfen sie die Versorgungsspannung mit einem Digital-Voltmeter (am Bus +5V, nicht am Netzgerät, da am Kabel bei starker Belastung bis zu 0.5V abfallen können). Toleranzen von $\pm 5\%$ also von 4,75V bis 5,25V sind erlaubt. Falls die Spannung zu gering ist, prüfen Sie, ob die Verbindung vom Netzteil zum Bus mit ausreichend dickem (mind. 2 mm Quadrat) Kabel erfolgt ist. Gegebenenfalls müssen Sie Ihr Netzteil nachregeln. Vorsicht: nie über 5,1V nachregeln, da sich auf einigen Platinen 5,1V Zenerdioden befinden, die ab 5,1V durchschalten, was entweder zum Zusammenbruch Ihrer Versorgungsspannung führt oder die Zenerdiode bis zu Ihrer Zerstörung erhitzt.
Übrigens: Wir empfehlen 5,05V.

Wenn Sie alle Leiterbahnen kontrolliert haben und nichts gefunden haben, dann ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß ein Bauteil defekt ist.

Wenn Sie einen Prüfstift oder ein Oszilloskop haben, dann können Sie jetzt überprüfen, ob an den jeweiligen Ausgängen die richtigen Signale anliegen. Welche Signale wo anliegen müssen, können Sie aus der Schaltungsbeschreibung, aus dem Schaltplan und Ihren eigenen Überlegungen entnehmen.

Falls Sie keine Meßgeräte haben, dann müssen Sie alle Bauteile systematisch austauschen, bis Sie das Defekte gefunden haben. Verwenden Sie dazu eventuell eine zweite Baugruppe (die eines Freundes oder eines Bekannten).

Sollten Sie gar nicht zurande kommen, hilft Ihnen unser Pauschal-Reparatur-Service, dessen Bedingungen Sie der Preisliste entnehmen können.

7. Schaltungsbeschreibung

7.1 Wie funktioniert die Baugruppe A/D 8*16 ?

Nun zur eigentlichen Schaltung des A/D-Wandlers.

Das Herz des 16 Kanal A/D-Umsetzers ist der ADC-0816. Er arbeitet nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation. Er kann 16 Analog-Kanäle mit je 8-Bit Auflösung in etwa 0,1ms wandeln.

Der Wandler belegt 16 I/O-Adressen, denn jede Adresse entspricht einem Kanal.

Diese Kanäle werden mit einem in diesem Baustein integrierten Analog-Multiplexer bearbeitet.

Bei unserer Baugruppe werden die Adressen E0-EF verwendet.

Die erste Hex.-Ziffer (hier E) ist die Adresse unter der die Baugruppe vom Mikroprozessor angesprochen werden kann.

Die zweite Hex.-Ziffer ist die sogenannte Kanaladresse (A0-A3) mit ihr können die 16 analog Eingänge einzeln ausgewählt werden. So bedeutet zum Beispiel E3, daß der 4.Kanal angesprochen wird und der an ihm anliegende Wert gewandelt wird.

Das IC 74LS85 stellt einen Vergleichbaustein dar. An ihm wird die Adresse der Baugruppe eingestellt (hier E), dazu wird das Klemmenpaar 1 gebrückt, die Adressleitung A4 wird also auf 0 gelegt.

$$\begin{array}{cccc} A7 & A6 & A5 & A4 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{array} \text{ bin} = E \text{ hex}$$

Durch den Netzwerkwiderstand N1 wird verhindert, daß nur ein halber Spannungspegel anliegt (eine 1 wird also eindeutig als 1 erkannt).

Wird nun ein Schreibzugriff von E0 bis EF vorgenommen, dann startet der Wandler.

Mit den Adressleitungen A4-A7 wird die Adresse der Baugruppe verglichen. Stimmt die Adresse auf den Adressleitungen mit der eingestellten überein, dann sendet das IC 7 einen Impuls auf die Ausgangsleitung (Pin6).

Dieser Impuls leitet zusammen mit dem Write-Signal (WR) den Wandlungsvorgang ein.

Ferner gibt dieser Impuls, zusammen mit dem Read-Signal (RD) die Bustreiber IC 3 und IC4 frei.

Erscheint ein Signal am EOC-Ausgang dann bedeutet dies, daß die Wandlung beendet ist und der Wandler nun bereit ist, die nächste Wandlung vorzunehmen.

Beim Lesen enthält Kanal A0 den Status, dessen Bit 7 solange auf 1 bleibt bis die Wandlung beendet ist, erst dann wird der bidirektionale Bustreiber (IC 3) durchgeschaltet, und die Daten werden zum Mikroprozessor übertragen.

E1 ist der Datenkanal.

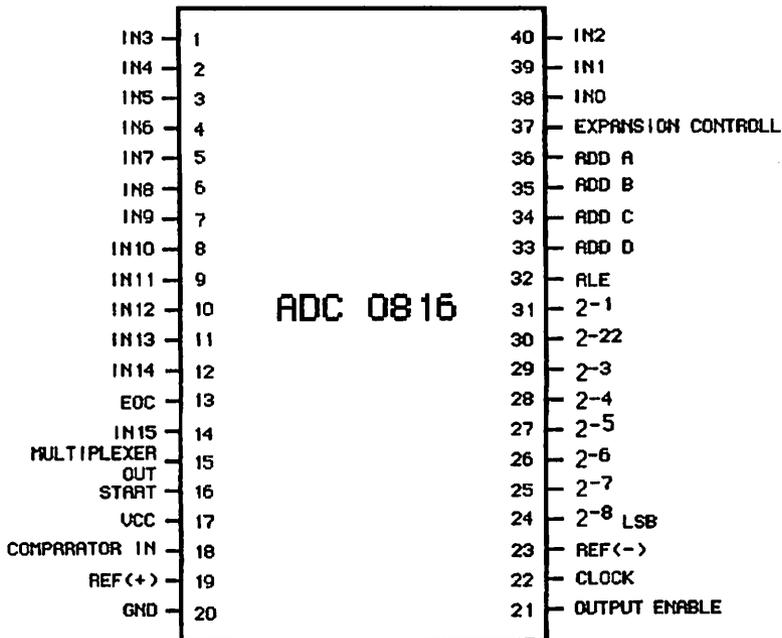
Der Wandlungstakt von 760kHz wird von dem Schmitt-Trigger der im Baustein 74 LS 132 enthalten ist, dem Widerstand R1 und vom Kondensator C2 erzeugt. Diese Frequenz wird durch das D-Flip-Flop auf 380kHz heruntergeteilt und dem Wandlerbaustein zugeführt.

7.2 Der Baustein ADC-0816

Der Baustein ADC-0816 ist eine monolytische C-MOS-Schaltung mit einem 8-Bit Analog/Digitalwandler, einem 16-Kanal Multiplexer und einer Kontroll-Logik, durch die der Wandler mikroprozessorverträglich wird. 'mikroprozessorverträglich' bedeutet, daß sich der Wandler an verschiedene Mikroprozessorsysteme anschließen läßt. Der Wandler hat einige gute Eigenschaften in sich vereinigt, so besitzt er eine hohe Wandlungsgeschwindigkeit, eine hohe Genauigkeit, minimale Temperaturabhängigkeit und einen sehr geringen Leistungsverbrauch.

Der 8-Bit A/D-Umsetzer benützt das Verfahren der sukzessiven Approximation zum Wandeln der analogen in die digitalen Signale. (Das Verfahren wurde bei der Schaltungsbeschreibung schon erklärt) Der Wandler hat eine Auflösung von 8-Bit, das bedeutet, wenn eine Eingangsspannung von 5,12V anliegt, kann er diese Spannung in 256 Schritten herunterteilen. Der kleinste Einzelschritt des Wandlers beträgt also 20mV.

P I N - B E L E G U N G



8. Anwendungsbeispiele

Für unseren A/D-Wandler ergeben sich vielseitige Anwendungsmöglichkeiten in der Meßtechnik.

Dadurch daß wir 16 Eingänge haben, können wir 16 verschiedene Meßstellen anfahren und gleichzeitig 16 verschiedene Meßwerte aufnehmen und darstellen.

Mit dem eingegebenen Programm lassen sich im Prinzip nur Vergleichsmessungen durchführen und Meßwertänderungen darstellen. Das Ablesen von richtigen Meßwerten (z.B. 2,3V) ist nicht möglich.

So könnte man zum Beispiel mit temperaturabhängigen Widerständen die Temperaturänderungen an 16 verschiedenen Meßstellen darstellen und sie miteinander vergleichen.

Ferner könnten Sie mit den entsprechenden Meßtastern grobe Oberflächenuntersuchungen an Werkstücken durchführen. Bei Unebenheiten treten dann auf dem Bildschirm Spannungsänderungen auf.

Mit pH-Meßfühlern können Sie auch Säuredichtemessungen oder Änderungen der Säuredichten in Flüssigkeiten auf dem Monitor darstellen.

Wie Sie sehen ließe sich die Aufzählung der Anwendungen für unseren A/D-Wandler noch beliebig fortsetzen.

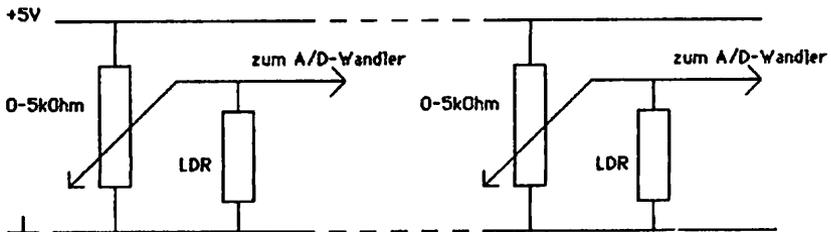
Jetzt wollen wir noch kurz eine einfache Schaltung beschreiben, die sich leicht nachbauen läßt und die Funktionsweise des Wandlers deutlich macht.

8.1 Demonstrationsschaltung

Bei dieser Demonstrationsschaltung benötigen Sie dieselbe Konfiguration wie im Kapitel 5. Test.

Sie können auch dasselbe Programm wie vorne verwenden.

Mit der folgenden Schaltung haben Sie die Möglichkeit, wechselnde Lichteinflüsse auf dem Monitor darzustellen.



Im Prinzip handelt es sich hier um einen simplen Spannungsteiler dessen Ausgangsspannung zunimmt, je weniger Licht auf den lichtabhängigen Widerstand (LDR) fällt.

Je weniger Licht auf den LDR fällt, desto größer wird sein Widerstand und desto mehr Spannung fällt an ihm ab.

Wenn Sie die Schaltung aufbauen wollen, müssen Sie die Masseleitung, wie die Signalleitungen auf die Steckerleiste des A/D-Wandlers führen, sonst erhalten Sie kein ruhig stehendes Bild. Ferner empfiehlt es sich, da die LDR-Widerstände sehr empfindlich sind, parallel zu jedem LDR einen Kondensator von ca. 4,7 Mikrofarad zu schalten, dadurch erhalten Sie ein ruhigeres Bild.

Falls Sie die Schaltung nicht für alle 16 Eingänge bauen wollen, müssen Sie die freibleibenden Eingänge auf Masse legen.

8.2 Anwendungsbeispiel mit dem 68008-Grundprogramm

Mit dem 68008-Grundprogramm und mit dem A/D-Wandler können Sie ein recht brauchbares Skop für niederfrequente Wechselspannungen auf dem Bildschirm darstellen.

So kann man zum Beispiel die Sprachsignale eines Mikrophons auf dem Bildschirm darstellen. (Dazu benötigt man aber einen Vorverstärker)

Das Skop arbeitet mit 2 Bildebenen, so daß ein flimmerfreies Bild entsteht. Es werden dazu zunächst die A/D-Werte in einen Buffer zwischengespeichert. Dann wird eine unsichtbare Bildseite gelöscht, indem die dort dargestellte Skop-Kurve durch überschreiben gelöscht wird. Dort wird dann auch die neue Kurve eingetragen. Dann werden die Bildseiten gewechselt und das Ganze beginnt von vorne. Man benötigt zum Löschen die alte Information. Hier wird das Unterprogramm GEADB verwendet.

Im Register D50 wird die Kanalnummer angegeben, denn wie wir ja wissen, besitzt der Wandler 16 Eingangskanäle und wir müssen einen davon genau definieren. (Nämlich den, auf den wir die Eingangsspannung legen wollen)

AD EQU \$FFFFFFE0

ORG \$A800

GETAD:

LEA AD,A0
CLR.B 0(A0,D0,V)

A800 START:
A800 JSR \$CLRSCREEN
A806 LEA BUFFER1,A0
A80C BSR CLEAR
A810 LEA BUFFER2,A0
A816 BSR CLEAR
A81A LEA BUFFER3,A0
A820 BSR CLEAR
A824 LEA BUFFER4,A0
A82A BSR CLEAR
A82E CLR D0
A830 CLR D1
A832 JSR \$SETFLIP
A838 LEA BUFFER1,A1
A83E LEA BUFFER2,A2
A844 LEA BUFFER3,A3
A84A LEA BUFFER4,A4
A850 MOVE #0,VIEW
A854
A858 MOVE #1,WRT
A85C
A860
A860 LOOP:
A860 MOVE VIEW,D1
A866 MOVE WRT,D0
A86C JSR \$NEWPAGE
A872 MOVE.A1 A1,A0
A874 BSR FILL
A878 MOVE.A1 A3,A0
A87A JSR \$SERAPEN
A880 BSR AUSGABE
A884 MOVE.A1 A1,A0
A886 JSR \$SETPEN
A88C BSR AUSGABE
A890 EXG A4,A1
A892 EXG A4,A2
A894 EXG A4,A3
A896 EOR #1,VIEW
A89A
A89E EOR #1,WRT
A8A2
A8A6 JSR \$CSTS
A8AC BEQ LOOP
A8B0 RTS
A8B2
A8B2 AUSGABE:
A8B2 MOVE.M1 A0,-(A7)

A88C JSR \$MOVETO
A8C2 MOVE #128-1,D3
A8C6 LPA:
A8C6 MOVE.B (A0)+,D2
A8C8 JSR \$DRAWTO
A8CE ADD #4,D1
A8D2 DBRA D3,LPA
A8D6 MOVE.M1 (A7)+,A0
A8DA RTS

A8DC FILL:
A8DC MOVE.M1 A0,-(A7)
A8E0 MOVE #128-1,D3
A8E4 LPP:
A8E4 CLR D0
A8E6 JSR \$GETADB
A8EC MOVE.B D0,(A0)+
A8EE DBRA D3,LPP
A8F0 MOVE.M1 (A7)+,A0
A8F4 RTS

A8F8 CLEAR:
A8F8 MOVE #512-1,D3
A8FA LPB:
A8FE CLR.B (A0)+
A890 DBRA D3,LPB
A894 RTS

A894 VIEW: DC.W 0
A896 WRT: DC.W 0

A898
A898 BUFFER1: DS.B 512
AA98 BUFFER2: DS.B 512
AC98 BUFFER3: DS.B 512
AE98 BUFFER4: DS.B 512
AE98
END

9. Diverses

9.1 Ausblick

Korrekturen für dieses Handbuch werden in der Zeitschrift LOOP bekanntgegeben. Man sollte dann die fehlerhaften Stellen von Hand korrigieren.

9.2 Kritik

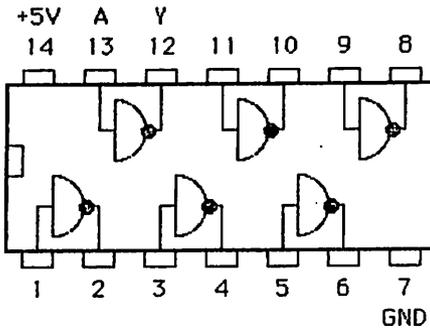
Bitte senden Sie uns die ausgefüllte Kritikkarte, die dem Bausatz beiliegt, zurück. Sie helfen uns, unsere Produkte und unseren Service noch besser zu gestalten. Für Fehlermeldungen und Verbesserungen, die dieses Handbuch betreffen, sind wir immer dankbar!

10. Unterlagen zu den verwendeten ICs

10.1 TTL - ICs

74LS04

6 Inverter



Logiktablelle:

A	Y
0	1
1	0

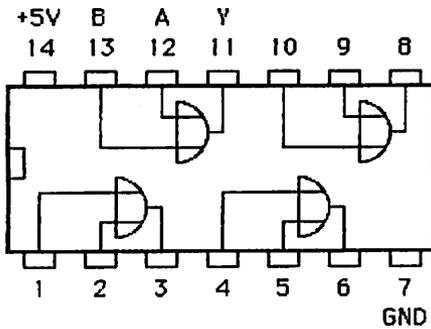
Typ. Impuls-
Verzögerungszeit: 10 ns

Typ. Versor-
gungsstrom: 4 mA

positive Logik:
 $Y = \overline{A}$

74LS32

4 OR-Gatter mit je zwei Eingängen



Logiktablelle:

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

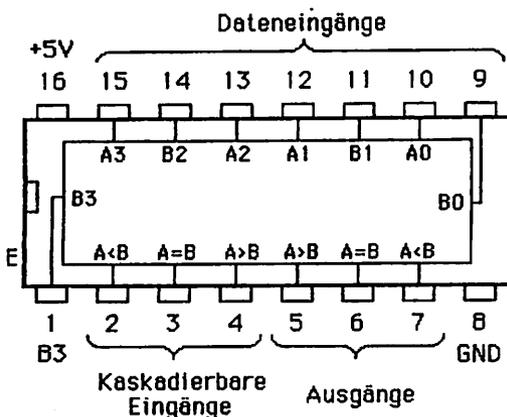
Typ. Impuls-
Verzögerungszeit: 12 ns

Typ. Leistungs-
aufnahme: 20 mW

positive Logik:
 $Y = A + B$

74LS85

4-Bit Vergleicher



Typ. Vergleichszeit
für 4 Bit:

24 ns

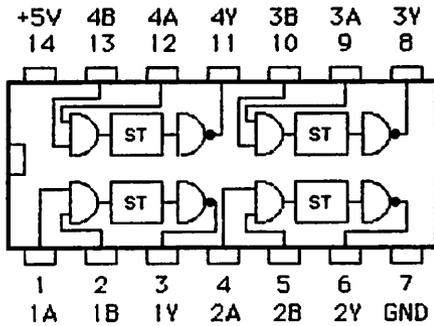
Typ. Leistungsauf-
nahme:

52 mW

Dateneingänge				Kaskadierbare Eingänge			Ausgänge		
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A>B	A<B	A=B	A>B	A<B	A=B
A3>B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L
A3<B3	X	X	X	X	X	X	L	H	L
A3=A3	A2>B2	X	X	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2<B2	X	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1>B1	X	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1<B1	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=A1	A0>B0	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0<B0	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	L	L	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	H	L	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	L	H	L	L	H
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	X	X	H	L	L	H
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	H	L	L	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	L	L	H	H	L

74LS132

Vier NAND-Schmitt-Trigger mit je zwei Eingängen



Typ. Versorgungsstrom : 20 mA

Typ. Impulsverzögerungszeit : 15 ns



A to D, D to A

ADC0816, ADC0817 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 16-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0816, ADC0817 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 16-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 16-channel multiplexer can directly access any one of 16 single-ended analog signals, and provides the logic for additional channel expansion. Signal conditioning of any analog input signal is eased by direct access to the multiplexer output, and to the input of the 8-bit A/D converter.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0816, ADC0817 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0816, ADC0817 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For similar performance in an 8-channel, 28-pin,

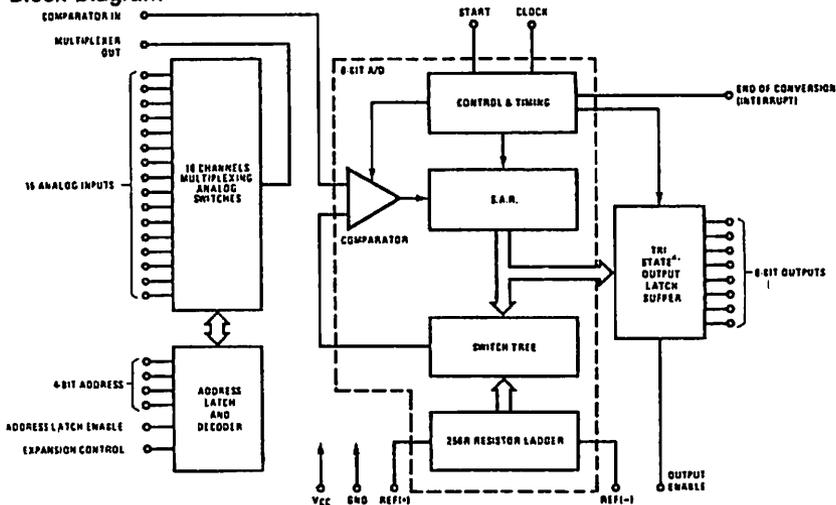
8-bit A/D converter, see the ADC0808, ADC0809 data sheet. (See AN-258 for more information.)

Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error — $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μ s
- Single supply — 5 V_{DC}
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- 16-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet T²L voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 40-pin DIP package
- Temperature range -40°C to +85°C or -55°C to +125°C
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE[®] output
- Direct access to "comparator in" and "multiplexer out" for signal conditioning

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

Block Diagram



Functional Description

Multiplexer: The device contains a 16-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address line and the expansion control line to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

Additional single-ended analog signals can be multiplexed to the A/D converter by disabling all the multiplexer inputs. The additional external signals are connected to the comparator input and the device ground. Additional signal conditioning (i.e., prescaling, sample and hold, instrumentation amplification, etc.) may also be added between the analog input signal and the comparator input.

TABLE I

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE				EXPANSION CONTROL
	D	C	B	A	
IN0	L	L	L	L	H
IN1	L	L	L	H	H
IN2	L	L	H	L	H
IN3	L	L	H	H	H
IN4	L	H	L	L	H
IN5	L	H	L	H	H
IN6	L	H	H	L	H
IN7	L	H	H	H	H
IN8	H	L	L	L	H
IN9	H	L	L	H	H
IN10	H	L	H	L	H
IN11	H	L	H	H	H
IN12	H	H	L	L	H
IN13	H	H	L	H	H
IN14	H	H	H	L	H
IN15	H	H	H	H	H
All Channels OFF	X	X	X	X	L

X = don't care

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached +1/2 LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For an SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0816, ADC0817, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

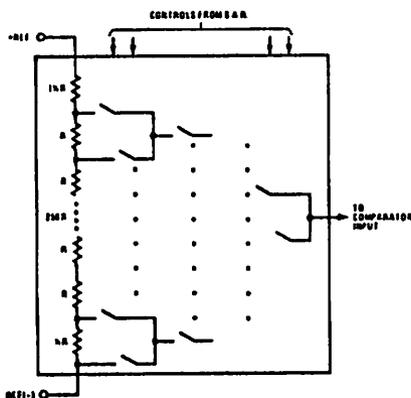


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

Functional Description (Continued)

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 1 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the

repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0816 as measured using the procedures outlined in AN-179. The characteristic is generated with the analog input signal applied to the comparator input.



FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

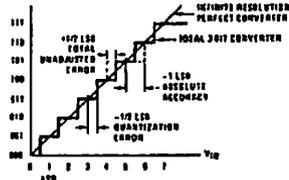
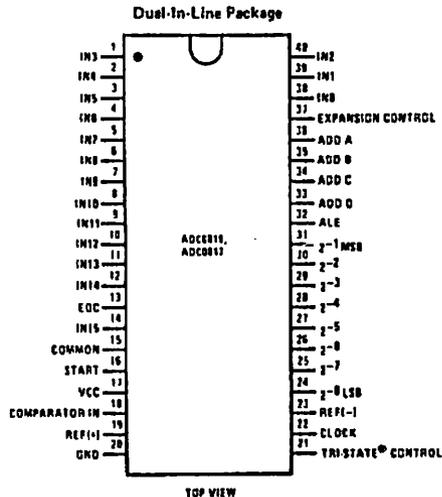


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve



FIGURE 4. Typical Error Curve

Connection Diagram



11. Literatur

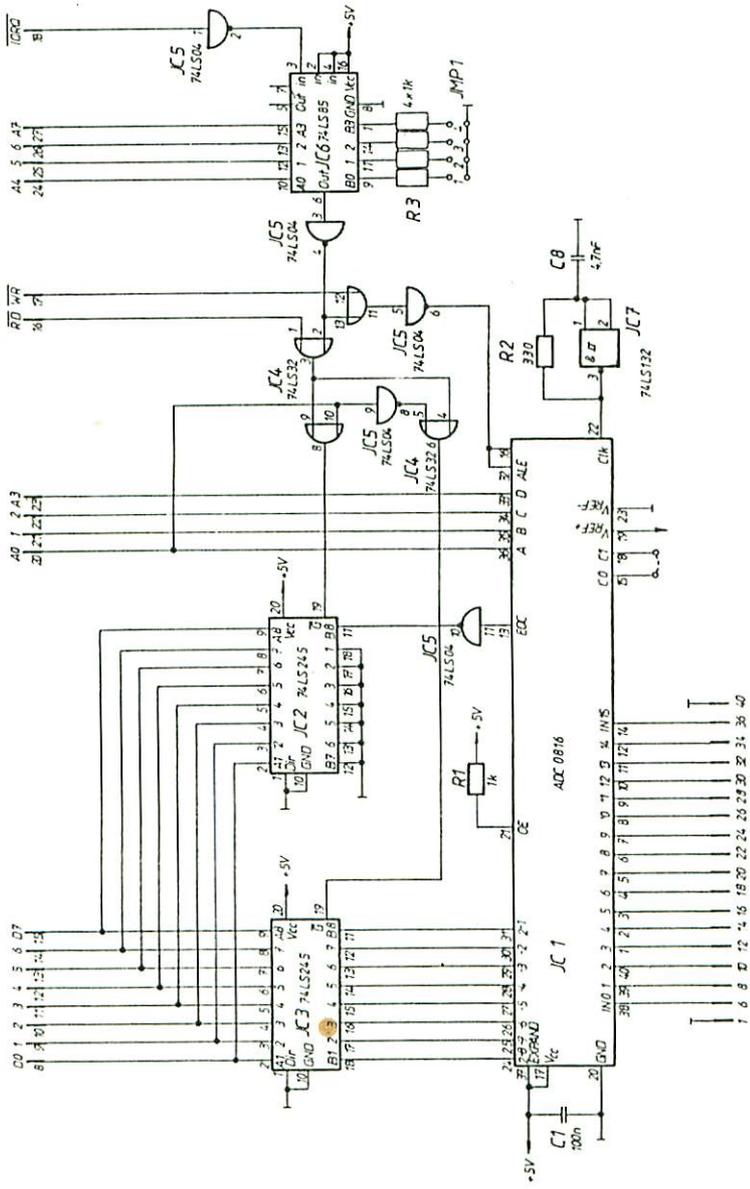
11.1 Hinweis auf LOOP

In unserer Zeitschrift LOOP wird regelmäßig über neue Produkte und Änderungen bzw. Verbesserungen berichtet. Es ist für Sie von großem Vorteil, LOOP zu abonnieren, denn dadurch ist sichergestellt, daß Sie auch immer über die neuesten Informationen verfügen.

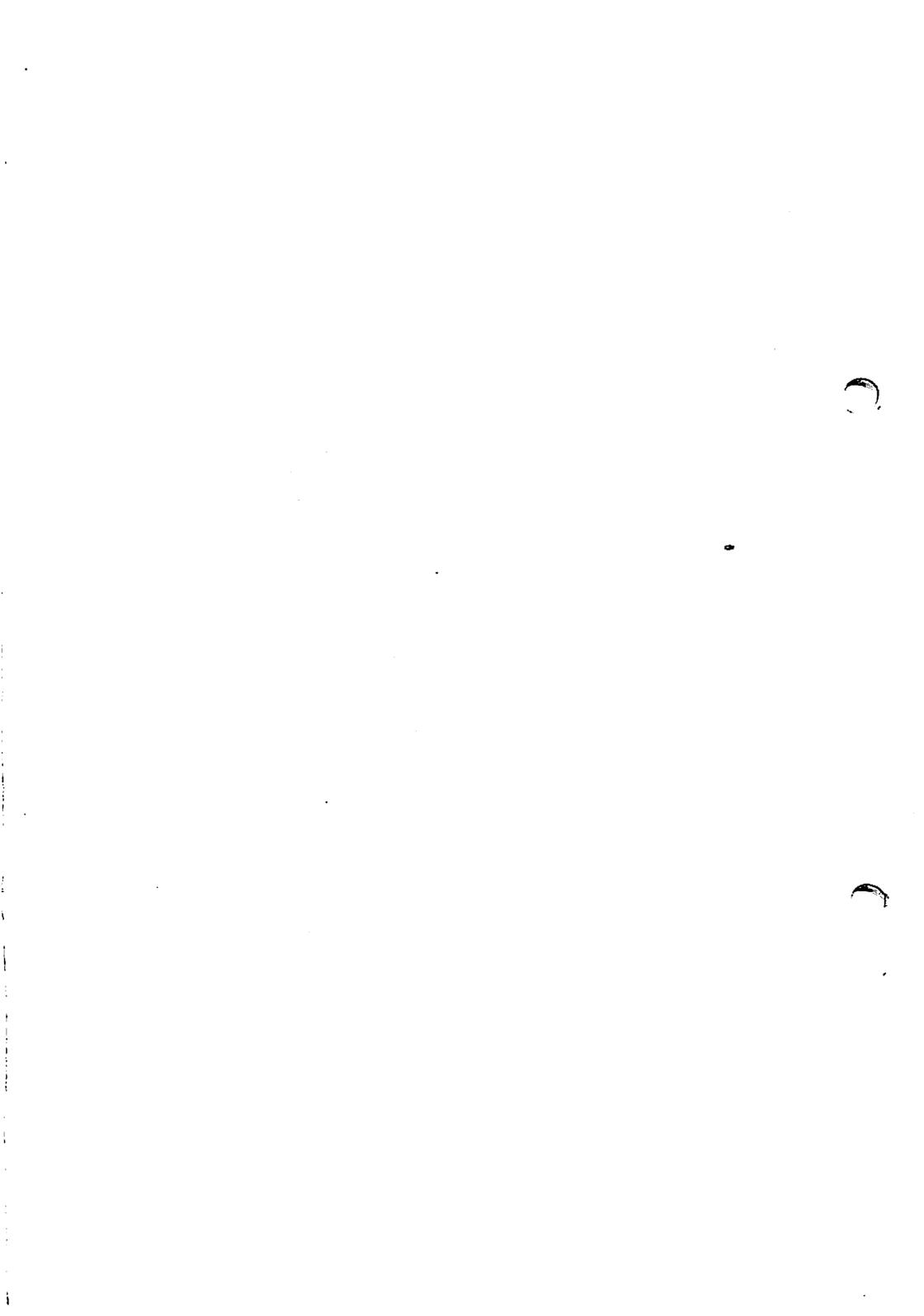
Ein LOOP-ABO können Sie bei jeder Bestellung einfach mitbestellen.

Auch auf der Kritikkarte können Sie ein LOOP-Abo ganz einfach bestellen.

Anhang A: Schaltplan



AD 8x16	
Arbeitsz.	10.1.1985
Sperrherr	08.07.1986



Neu!



Telefonservice
08 31- 62 11
jeden Mittwochabend
bis 20.00 Uhr

Graf Elektronik Systeme GmbH

Magnusstraße 13 · Postfach 1610
8960 Kempten (Allgäu)
Telefon: (08 31) 62 11
Teletex: 831804 = GRAF
Telex: 17 831804 = GRAF
Datentelefon: (08 31) 6 93 30

Verkauf:

Computervilla
Ludwigstraße 18 b
(bei Möbel-Krügel)
8960 Kempten-Sankt Mang
Telefon: 08 31 / 6 93 00

Geschäftszeiten: GES GmbH + Verkauf

Mo. - Do. 8.00 - 12.00 Uhr, 13.00 - 17.00 Uhr
Freitag 8.00 - 12.00 Uhr
Telefonservice

Filiale Hamburg

Ehrenbergstraße 56
2000 Hamburg 50
Telefon: (0 40) 38 81 51

Filiale München:

Georgenstraße 61
8000 München 40
Telefon: (0 89) 2 71 58 58

Öffnungszeiten der Filialen:

Montag - Freitag
10.00 - 12.00 Uhr, 13.00 - 18.00 Uhr
Samstag 10.00 - 14.00 Uhr

The logo for GES GmbH, featuring the letters 'ges' in a stylized, lowercase, sans-serif font. The letters are interconnected, with the 's' having a long, sweeping tail that loops back towards the 'e'. The logo is positioned in the bottom right corner of the advertisement.