



D/A

Digital/Analogwandler

für den NDR - Computer

Graf Elektronik Systeme GmbH
Magnusstr. 13 · Postfach 1610
8960 Kempten (Allgäu)
Telefon: (08 31) 62 11
Teletex: 831804 = GRAF
Telex: 17 831 804 = GRAF

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



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Technische Daten	1
3. Prinzipbeschreibung	2
3.1 Das Prinzip der Digital-Analogwandlung	2
3.2 Wandlungsmethoden	3
3.3 Das R-2R-Umsetzverfahren	4
3.4 Kenngrößen von Umsetzern	6
4. Aufbauanleitung	8
4.1 Achtung C-MOS-Bauteile	8
4.2 Stückliste	8
4.3 Bestückungsanleitung	10
4.4 Jumperstellung	11
5. Test der Baugruppe	11
5.1 Test mit der CPU 68k	12
5.2 Test mit der CPU Z80	13
6. Fehlersuche	14
6.1 Sichtprüfung	14
6.2 Messungen	15
7. Schaltungsbeschreibung	16
7.1 Schaltplan	16
7.2 Funktionsbeschreibung der Schaltung	17
8. Anwendungsbeispiele	17
8.1 Die D/A-Baugruppe als Funktionsgenerator	18
9. Bauelemente	21
10. Layouts	24

1. Einleitung

Mit dem Digital-Analog-Wandler haben Sie eine zuverlässige und ausgereifte Baugruppe erworben, mit der Sie in Zukunft viel Spaß beim Ansteuern und Regeln von Steuer- und Regeleinrichtungen mit Ihrem NDR-Klein-Computer haben werden.

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.

Dieser Digital-Analog-Wandler können Sie zusammen mit der CPU 68k oder mit der CPU Z80 einsetzen. Er kann aber sicher auch für andere Rechner benützt werden.

Was ist nun ein Digital-Analog-Wandler?

Damit man analoge Größen (Spannungen, Ströme) mit einem Digitalrechner, zum Beispiel einem Mikroprozessorsystem, an die Peripherie ausgeben kann, müssen vom Rechner kommandierte digitale Werte in analoge Signale, zum Beispiel in verschiedene hohe Spannungen, umgewandelt werden.

Man kann also durch programmieren verschieden hohe Spannungswerte (z.B. zum Ansteuern von Regelkreisen) an die Peripherie ausgeben. Wie hoch die maximal ausgegebene Spannung sein kann, hängt vom verwendeten Wandlerbaustein ab. Bei dem von uns verwendeten Baustein sind es 2,5V.

Unser Digital-Analog-Wandler hat zwei Ausgänge mit einer Auflösung von jeweils 8 Bit. Als D/A-Bausteine werden IC's vom Typ ZN-428-8 von Ferranti verwendet, die besonders einfach anzusteuern und schnell bei der Wandlung sind.

Auflösung: Dies ist der Wert um den sich die analoge Spannung ändert wenn man die niederwertigste Stelle des Datenwortes verändert.

2. Technische Daten

Betriebsspannung: +5V

Stromaufnahme: 50mA

Platinengröße: 100x75x1,5

Busgröße: NDR-Klein-Bus 36-polig

Wandlungsausgänge: 2

Ausgangsspannung: 0-2,5V

Wandlungszeit: 800ns

Auflösung: 8 Bit

Referenzspannung des Wandlerbausteins: +2,5V (Intern erzeugt)

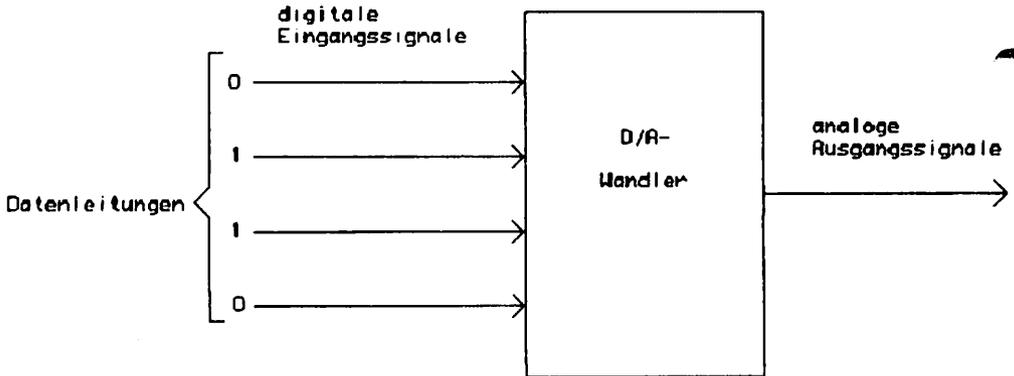
Betriebstemperatur: 0 C bis +70 C

3. Prinzipbeschreibung

3.1 Das Prinzip der Digital-Analogwandlung

Wie geht nun eine Digital-Analogwandlung vor sich?

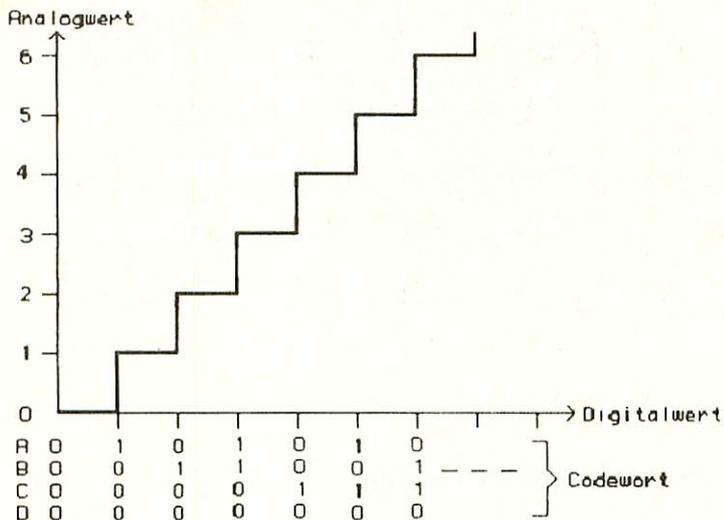
Ein Digital-Analog-Wandler stellt eine Schnittstelle vom Computer zur Außenwelt dar. Er hat die Aufgabe, digitale Datenwörter (z.B. 1010) in analoge Spannungs- oder Stromwerte umzuwandeln. Die Datenwörter können per Programm eingegeben und verändert werden.



Man kann also praktisch per Software verschiedene Spannungen an die Ausgänge legen.

Mit diesen veränderbaren Ausgangsspannungen können vom Computer nun verschiedene Peripheriegeräte angesteuert werden (z.B. zu Regelzwecken).

Der Digital-Analog-Wandler setzt ein digitales Stellsignal in eine analoge Darstellung um. Meist erfolgt die Umsetzung des Codeworts in eine elektrische Gleichspannung oder einen Gleichstrom. Die wichtigsten Umsetzer sind mit bewerteten Widerständen oder Widerstandsnetzwerken aufgebaut. Mit der Bezeichnung "bewertet" wird ausgedrückt, daß der jeweilige wirksame elektrische Widerstand einen ganz bestimmten Ohmwert haben muß. Meist sind die Widerstandswerte dual abgestuft. An diesen erzeugt ein Gleichstrom oder eine Gleichspannung ein analoges elektrisches Signal, das dem jeweiligen Digitalwert entspricht.

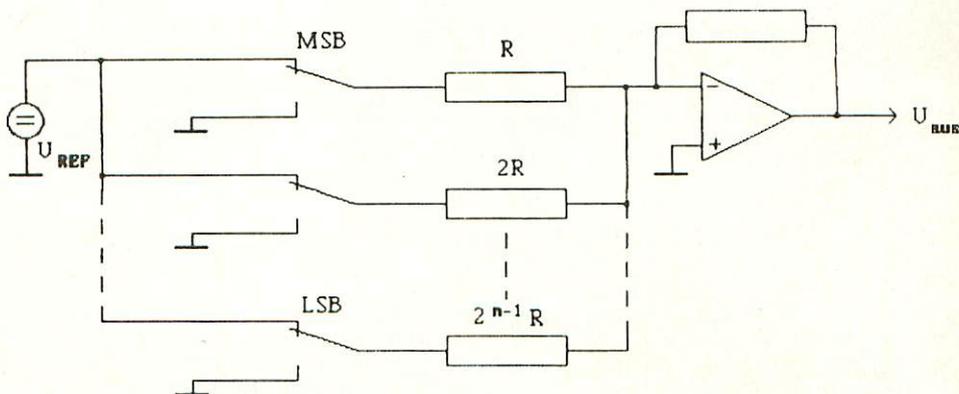


Nach dem obigen Bild ist jedem Digitalwert ein bestimmter Analogwert zugeordnet. Als Umsetzerkennlinie entsteht auch hier eine Treppenkurve.

3.2 Wandlungsmethoden

Die einfachste Möglichkeit zur Darstellung gewichteter Spannungen stellt ein Summierer dar, dessen Eingangswiderstände gemäß der Wertigkeit des korrespondierenden Datenbits gewichtet sind. Die Anzahl der Eingangswiderstände entspricht der Länge des Datenworts (siehe Bild).

Ist nun ein Bit gesetzt, so wird der entsprechende Schalter geschlossen.



Nach diesem Prinzip lassen sich Umsetzer mit relativ geringer Genauigkeit und Stabilität realisieren. Diese Parameter hängen zum einen stark von der absoluten Genauigkeit der Widerstände, zum anderen von deren Temperaturverhalten ab.

Dieser Nachteil wird beim Aufbau hochauflösender Umsetzer besonders deutlich, da ja die Widerstände mit $2 \exp n$ gewichtet sind; es ist nahezu unmöglich, hochohmige Widerstände mit der geforderten Genauigkeit herzustellen.

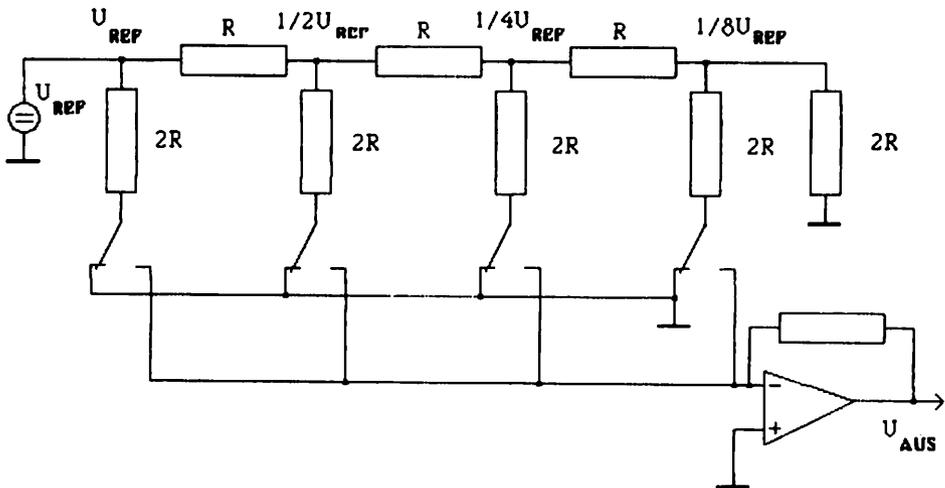
Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß der Eingangswiderstand der Verstärkerstufe sowie der Lastwiderstand der Referenzquelle nicht konstant sind, was sich negativ auf das dynamische Verhalten auswirkt.

Das zur Zeit gängigste Verfahren beruht auf dem Prinzip des belasteten Spannungsteilers auf der Basis eines R-2R-Leiternetzwerkes. Dieses Verfahren wird auch bei dem von uns verwendeten Baustein angewendet.

3.3 Das R-2R-Umsetzverfahren

Die wichtigsten Eigenschaften des R-2R-Verfahrens sind:

- * konstanter Lastwiderstand an der Referenzquelle
- * konstanter Eingangswiderstand am Summierer (gleichbedeutend mit konstantem Innenwiderstand des Netzwerkes)



Die Referenzspannungsquelle bildet zusammen mit den Widerständen, Stromkreise die durch Schalter geöffnet und geschlossen werden können.

Wie hoch die Ausgangsspannung ist, hängt davon ab, welche Schalter auf Masse beziehungsweise am Verstärkereingang liegen.

Die Schalter werden vom Eingangssignal gesteuert. Beim Signal 0 liegt der Schalter auf Masse und beim Signal 1 liegt er dann am Verstärker.

Mit dem oben gezeichneten Umsetzer können wir also ein 4-Bit Wort darstellen. Wir haben also 16 verschiedene Möglichkeiten eine Spannung darzustellen.

Eine Spannung von 5V ließe sich also in 16 Schritte zerlegen. Das sind $5/16=0,3125V$ pro Schritt.

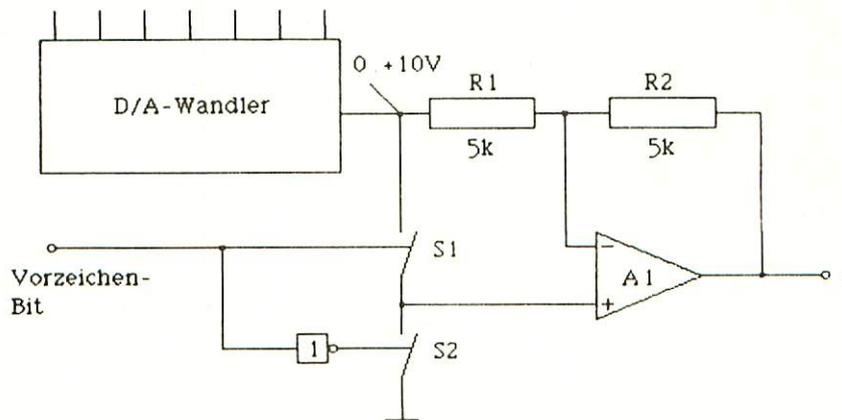
Wir könnten also Ausgangsspannungen von 0 bis 5V in Schritten von $0,3125V$ darstellen ($0V; 0,3125V; 0,625V...$)

Die R-2R-Umsetzung läßt eine unipolare- und bipolare-Umsetzung zu.

Unipolar: Die Ausgangsspannung liegt zwischen 0V und z.B. +1V oder +5V. Für die A/D-Umwandlung einer unipolaren Spannung benützt man den Dualcode sowie sein Komplement oder den BCD-Code sowie sein Komplement.

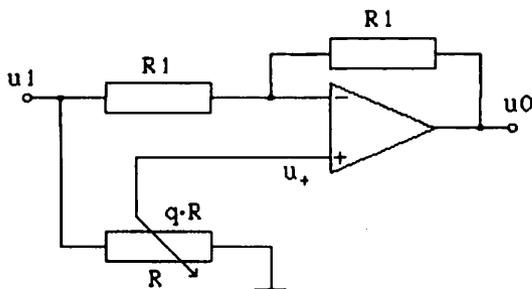
Bipolar: Die Meßspannung liegt z.B. zwischen +5V und -5V oder zwischen +10V und -10V. Für die A/D-Umwandlung einer bipolaren Spannung benötigt man dagegen andere Codes. Sie müssen so aufgebaut sein, daß ein besonderes Bit (Vorzeichen-Bit) für das Vorzeichen vorhanden ist. Beim Dualcode mit Vorzeichen gibt das erste Bit das Vorzeichen an, und zwar für positive Werte die Zahl 1, für negative Werte die Zahl 0. Für gleiche Absolutwerte wird der gleiche Digitalwert (ohne Vorzeichen-Bit) geschrieben.
Beispiel: +2V U(R) : 1010
 -2V U(R) : 0010

Bei unserer Schaltung wird die unipolare Umsetzung angewendet. Soll die bipolare Umsetzung angewendet werden, müßte die Schaltung folgendermaßen aussehen:



Vorzeichen-Bit	S1	S2
1	geschlossen	offen
0	offen	geschlossen

Bei dieser Schaltung wird das Vorzeichen-Bit direkt zur Umsteuerung der Polarität verwendet. Wenn das Vorzeichen-Bit gleich 1 ist, verbindet der Schalter S1 den nichtinvertierenden Eingang von A1 mit dem Ausgang des D/A-Wandlers. Der Operationsverstärker überträgt das Signal mit dem Verstärkungsfaktor 1. Ist dagegen das Vorzeichen-Bit gleich 0, so verbindet der Schalter S1 den nichtinvertierenden Eingang von A1 mit Masse. A1 arbeitet dann als invertierender Verstärker, mit der durch R_2/R_1 bestimmten Verstärkung, in diesem Fall ist die Verstärkung $V=-1$. Das folgende Bild zeigt die zu dieser Betriebsweise gehörende Operationsverstärker Grundschialtung.



3.4 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 Daten

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.

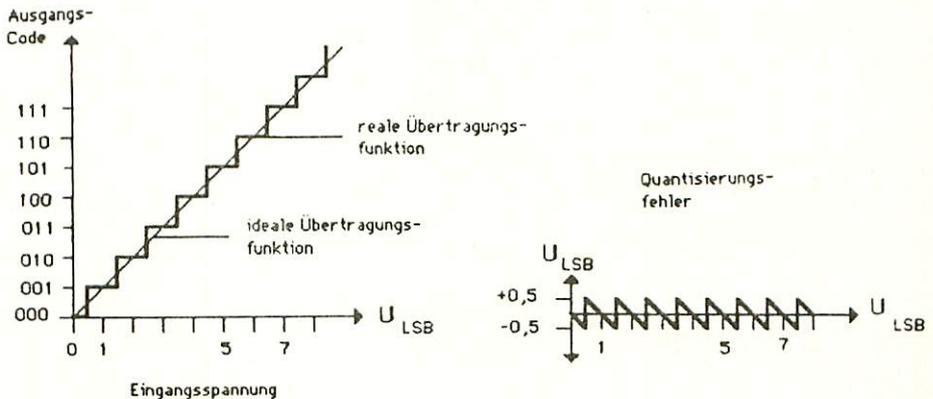


Bild 1 Übertragungsfunktion eines idealen A/D-Umsetzers (streng monoton und linear)

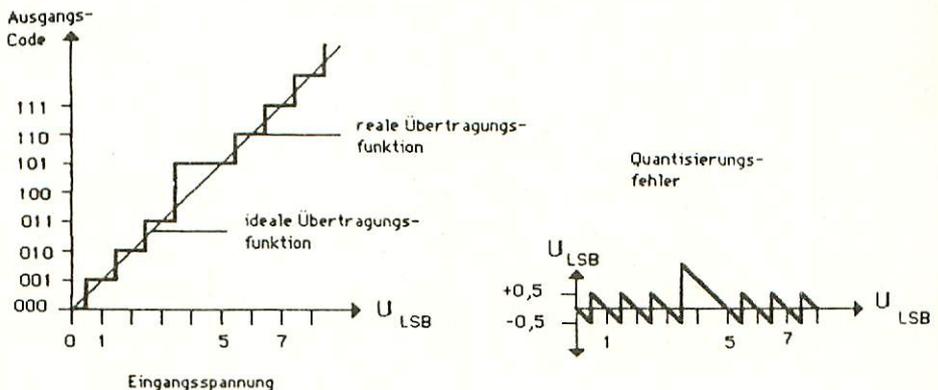


Bild 2 Übertragungsverhalten eines monotonen, aber nicht linearen A/D-Umsetzers

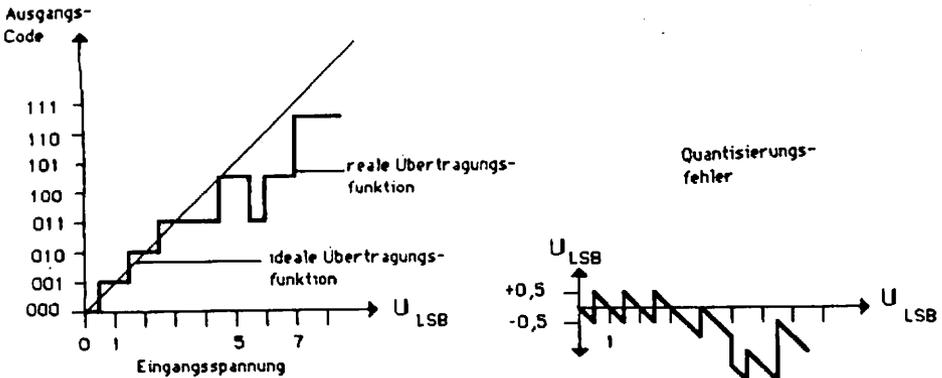


Bild 3 Übertragungsverhalten eines nichtmonotonen A/d-Umsetzers

4. Aufbauanleitung

4.1 Achtung C-MOS-Bausteine

C-MOS-Bausteine sind hochempfindlich gegen elektrostatische Aufladungen!
 Bewahren oder transportieren Sie C-MOS-Bausteine nur auf dem leitenden Schaumstoff auf! (Alle Pins müssen kurzgeschlossen sein)

Tip: Fassen Sie an ein geerdetes Teil (z.B. Heizung, Wasserleitung oder an den Schutzkontakt der Steckdose, bevor Sie einen Baustein berühren.

4.2 Stückliste

Prüfen Sie nun zunächst den Bausatz auf Vollständigkeit.

Anzahl	Bezeichnung		Nr. im Bild
1	D/A r2	Platine	
1	R1	1 kOhm (braun/schwarz/rot)	1
1	R2	390 Ohm (orange/weiß/braun)	2
1	R3	1 kOhm (braun/schwarz/rot)	3
1	N1	8x3,3 kOhm Netzwerkwiderstand	4
2	C1,C2	100 pF Kondensator	5
2	C3,C4	10 uF Elektrolytkondensator	6
1	ST1	4-pol. Stiftleiste gewinkelt	7
1	JMP1	2x7-pol. Stiftleiste gerade	8
1	ST2	1x36-pol. Stiftleiste gewinkelt	9
5	SO16	Socket 16-polig	
2	IC1,IC2	ZN 428-8	
1	IC3	74 LS 138	
2	IC4,IC5	74 LS 85	
2		Shuntstecker	

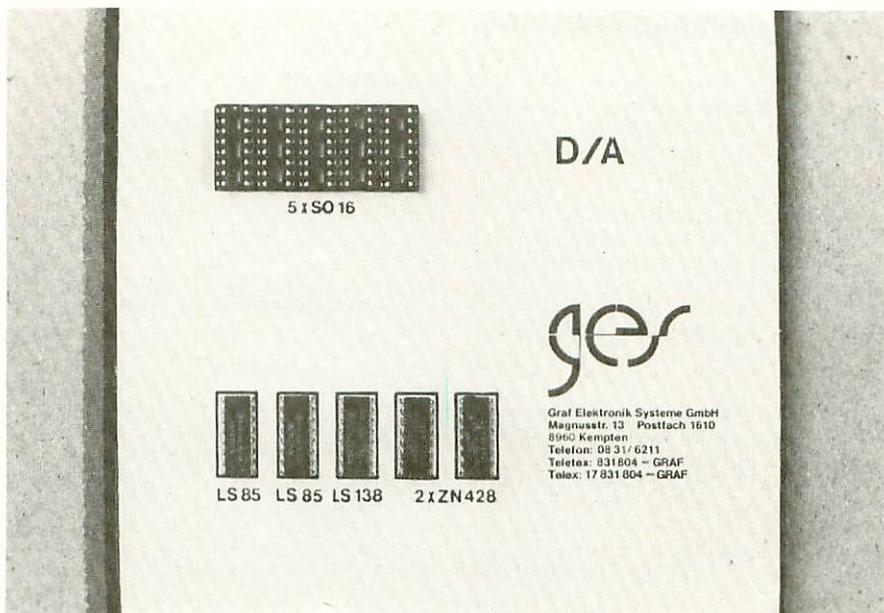


Foto 1: Bausatzbestückung

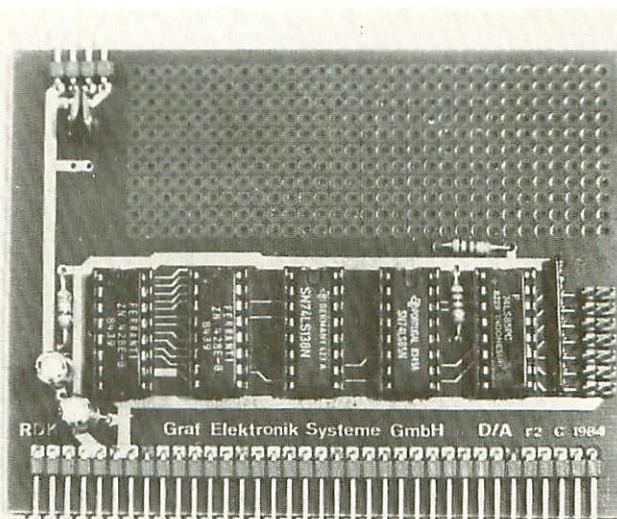


Foto 2: fertig bestückter D/A-Wandler

4.3 Bestückungsanleitung

Beim Aufbau Ihrer Baugruppe wäre es angebracht wenn Sie sich an die folgende Beschreibung halten würden. Wenn Sie die Platine betrachten finden Sie auf einer Seite den Hinweis "löt's", 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 Platine 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 Platine ist.

Jetzt löten Sie die 4-polige Steckerleiste noch an.

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 Platine 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 $8 \times 3,3$ kOhm Widerstand einlöten. Auf dem Netzwerkwiderstand befindet sich links neben dem Aufdruck ein weißer Punkt. Dieser Punkt muß auf +5V gelegt werden (auf die dicke Leiterbahn)

Jetzt löten Sie am besten die 2x7-polige Steckerleiste ein. Dabei gehen Sie am besten so wie bei der 36-poligen Steckerleiste vor.

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

Wenn Sie nun die Kondensatoren einlöten, müssen Sie bei den beiden Elektrolytkondensatoren (C3 u. C4) auf die Polung achten. Der +Pol ist auf den Kondensatoren und auf der Platine gekennzeichnet.

Bei den Kondensatoren C1 und C2 müssen Sie auf die Polung nicht achten.

Nun haben Sie die Platine mit allen passiven Bauelementen bestückt (die IC's werden vorerst noch nicht aufgesteckt) und es wird Sie sicherlich interessieren, ob Sie bis hierher alles richtig gemacht haben.

Deshalb können Sie als ersten Test, überprüfen ob alle IC's an der notwendigen Versorgungsspannung liegen.

Mit einem Meßgerät (Multimeter oder Oszilloskop) kann man die Spannungen wie folgt messen:

Sie stecken die Wandlerplatine auf die Busplatine, schalten die Spannungsversorgung ein und messen mit einem Meßgerät die Spannung an den IC's .

Jeweils am letzten Pin der IC's 1-5 müssen +5V anliegen .

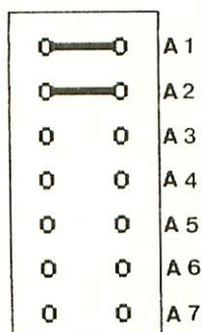
Nachdem Sie die Versorgungsspannungen überprüft haben und alles in Ordnung ist, können Sie die IC's aufstecken. Dabei müssen Sie aufpassen daß die IC-Beine nicht verbogen werden und die im Bestückungsplan angegebene Richtung eingehalten wird. Die Kerbe auf dem IC muß immer mit der auf dem Sockel übereinstimmen.

4.4 Jumperstellung

Jetzt müssen Sie noch die Adressleitungen A1 und A2 auf Null legen; dies geschieht dadurch daß Sie an der Stiftleiste die oberen zwei Stifte überbrücken. Wenn die Adressen A1 und A2 auf 0 liegen ergibt sich das folgende binäre Wort:

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
1	1	1	1	1	0	0	0
└───┬───┬───┬───┘				└───┬───┬───┬───┘			
F				8			

Unter dieser Adresse wird die Baugruppe vom Prozessor angesprochen.



JMP1

5. Test der Baugruppe

Wie testen wir nun am Besten unsere fertig aufgebaute Baugruppe?

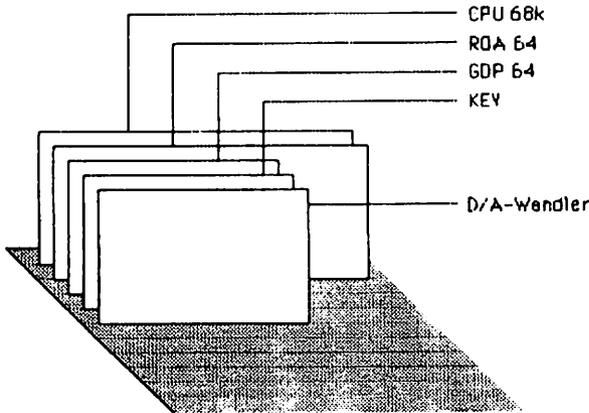
Mit dem D/A-Wandler sollen später Peripherie-Geräte angesteuert werden, deshalb bietet es sich an, die Baugruppe gleich mit einem Programm zu testen, das ein in der Praxis gebräuchliches Ausgangssignal liefert. Die im Test beschriebenen Programme liefern uns ein sogenanntes Sägezahnsignal.

Die folgenden Tests für die verschiedenen CPU's sind sich alle in ihrer Art ähnlich.

Für die Durchführung der Tests genügt es wenn Sie ein Vielfachmeßgerät verwenden. Wenn Sie natürlich glücklicher Besitzer eines Oszilloskops sind, dann können Sie dieses natürlich auch zum Testen benutzen.

5.1 Test mit der CPU 68k

Für den folgenden Test benötigen Sie folgende Konfiguration:



Stecken Sie nun die Platinen auf die Busplatine und nehmen Sie das System in Betrieb. Auf dem Monitor erscheint nach dem Einschalten das Grundmenü, gehen Sie nun in den Editor und geben Sie das folgende Programm ein:

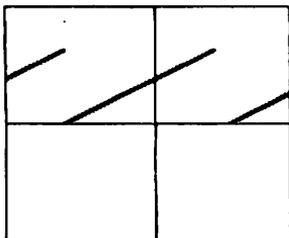
```

Adr.
=FFFFFFF8      DAO EQU $FFFFFFF8
=FFFFFFF9      DA1 EQU $FFFFFFF9

9C00           DA:
9C00           ADDQ.B #1,D0      *erhöhe um wert um 1
9C02           MOVE.B D0,DA0     *wert an ausgabe 1
9C08           MOVE.B D0,DA1     *wert an ausgabe 2
9C0E           BRA.S DA         *und zurück
    
```

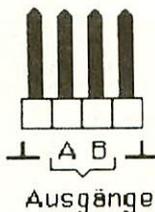
Wenn Sie das Programm eingegeben haben, dann können Sie mit Ctrl KX wieder aus dem Editor. So, jetzt müssen Sie noch in den Assembler gehen, dort können Sie auch sehen ob Sie das Programm richtig eingegeben haben. Gibt der Assembler keine Fehlermeldung mehr aus, dann können Sie das Programm starten.

Wenn Sie das Programm gestartet haben, dann erhalten Sie auf dem Oszilloskop das folgende Bild. Sie erhalten übrigens an beiden Ausgängen dasselbe Bild.



1V/cm
0.5ms/cm

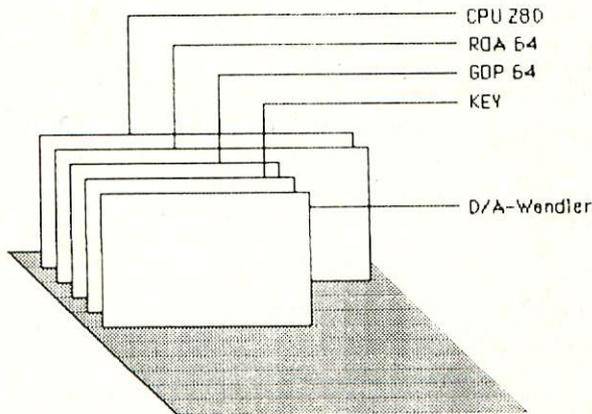
Wenn Sie nun nur ein Vielfach-Meßgerät haben, dann stellen Sie den Meßbereich 2,5V Gleichspannung ein, schließen den Pluspol des Meßinstrumentes an einen der Ausgänge und den Minuspol legen Sie an einen der Masseausgänge.



Wenn nun Ihr D/A-Wandler funktioniert, dann können Sie 1,25V ablesen. Sie werden sich wundern warum Sie nur 1,25V messen, in dem Oszillogramm wird jedoch eine maximale Spannung von 2,5V angezeigt. Die Lösung liegt ganz einfach darin, daß das Meßgerät nicht die Spitzenspannung (2,5V) anzeigt sondern den Mittelwert der gemessenen Spannung. Der Mittelwert ist bei der im Oszillogramm gezeigten Spannung genau die Hälfte, also 1,25V.

5.2 Test mit der CPU Z80

Für den Test mit der CPU Z80 benötigen Sie folgende Konfiguration:



Stecken Sie nun die Platinen auf die Busplatine und nehmen Sie das System in Betrieb. Auf dem Monitor erscheint nach dem Einschalten das Grundmenü. Das folgende Programm geben Sie bei "Ändern" auf die Adresse 8800 ein:

Adr.	SCHLEIFE:= $\$$	*name des programms
8800	3C	*incrementiere a
8801	D3 F8	*ausgabe auf f8
8803	D3 F9	*ausgabe auf f9
8805	C3 SCHLEIFE	*und zurück

Wenn Sie das Programm richtig eingegeben haben, dann können Sie das Programm starten.
Wenn Sie das Programm gestartet haben erhalten Sie dieselbe Ausgabe wie beim Test mit der CPU 68k.
Gehen Sie beim Messen genauso vor wie es beim Test der CPU 68k beschrieben wurde.

6. Fehlersuche

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

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

Sind die bisher verwendeten Baugruppen in Ordnung?
(Funktioniert das System ohne den D/A-Wandler?)

Sind die Jumper richtig gesteckt?

Sind alle erforderlichen Spannungen auf dem Bus angeschlossen? (hier +5V und Masse)

6.1 Sichtprüfung

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

2. Haben Sie auch alle IC's richtig herum am richtigen Platz aufgesteckt? (vergleiche mit Bestückungsplan)

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

4. Ist der Netzwerkwiderstand richtig herum eingelötet?

5. Haben Sie auch keine Lötstelle vergessen zu löten? (sehen Sie lieber noch einmal nach)

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

7. 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.

Sollten Sie nach der Sichtprüfung noch keinen Fehler entdeckt haben, so wird es notwendig, daß man sich ein Meßgerät (Multimeter, Prüfstift, Oszilloskop) zur Hand nimmt.

6.2 Messungen

1. Nehmen Sie alle IC's 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 auf dem Layout mit Bleistift durchstreichen.

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

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

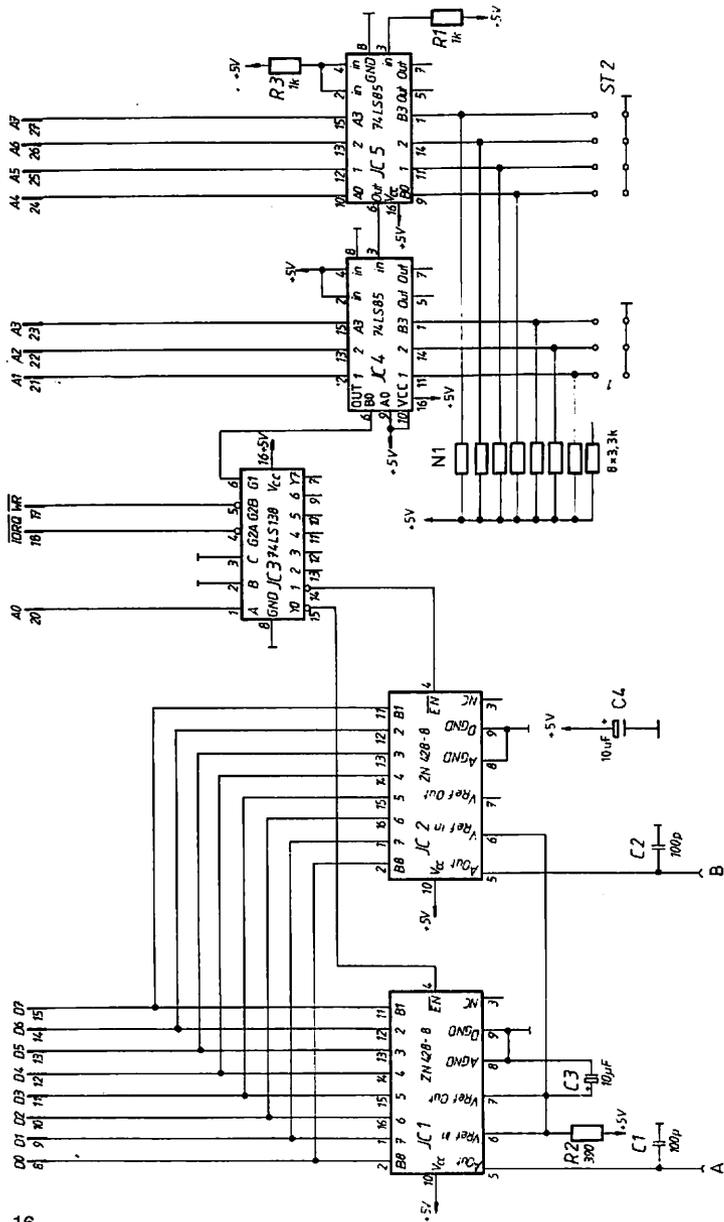
4. Falls Sie keine Meßgeräte haben, dann müssen Sie alle Bauteile systematisch austauschen, bis Sie das Defekte gefunden haben.

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 Schaltplan



D/A		GES	
Modell	Aug 71	16.4.1985	
Sortierim	A.1092	19.12.1985	

7.2 Funktionsbeschreibung der Schaltung

Nun zur eigentlichen Schaltung des D/A-Wandlers.

Das Herz des D/A-Wandlers sind die beiden Wandlerbausteine ZN 428-8. Sie haben je eine Auflösung von 8-Bit, und haben eine Wandlungszeit von 800ns.

Die Baugruppe belegt 2 I/O-Adressen, denn jede Adresse belegt einen Kanal.

Jeder Wandlerbaustein ist für einen Ausgabekanal zuständig. Bei unserer Baugruppe werden die Adressen F8 und F9 verwendet.

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

Die zweite Hex.-Ziffer ist die sogenannte Kanaladresse, mit ihr können die 2 analogen Ausgänge einzeln ausgewählt werden. So bedeutet zum Beispiel F8, daß der 1. Kanal (d.h. der 1. Baustein) angesprochen wird und der an ihm anliegende digitale Wert in einen analogen Wert gewandelt wird.

Das IC 74 LS 85 stellt einen Vergleichersbaustein dar. An den IC's (IC4 u. IC5) werden die Adressen der Baugruppe eingestellt (hier F8 und F9), dazu werden die Klemmenpaare 1 und 2 gebrückt. Die Adressleitungen A1 und A2 werden also auf 0 gelegt.

Durch den Netzwerkwiderstand N1 wird verhindert, daß ein halber Spannungspegel anliegt (eine 1 wird also eindeutig als eine 1 erkannt). Wird nun ein Schreibzugriff von F8 bis F9 vorgenommen dann startet der Wandler.

Mit den Adressleitungen A1-A7 wird die Adresse der Baugruppe verglichen. Stimmt die Adresse auf den Adressleitungen mit der eingestellten Adressen überein, dann sendet das IC4 und das IC5 einen Impuls auf die Ausgangsleitung.

Dieser Impuls leitet zusammen mit dem Write-Signal und dem \overline{IORQ} -Signal den Wandlungsvorgang ein.

Der Datenbus ist direkt an die D/A-Umsetzer geführt, die einen internen Zwischenspeicher besitzen. Eine Rückmeldung, wann die Wandlung beendet ist, ist nicht nötig, da die Umsetzer eine Wandlungszeit von nur ca. 800ns besitzen.

Die Wandlung geschieht intern mit Hilfe eines R-2R-Widerstandsnetzwerkes. Die Ausgangsspannung kann zwischen 0V und 5V liegen. Als Referenzspannungsquelle werden intern erzeugte 2,5V verwendet.

Die 100pF Kondensatoren an den Ausgängen verhindern ein Überspringen bei den internen Umschaltvorgängen.

8. Anwendungsbeispiele

So, nach soviel Erklärungen und Funktionsbeschreibungen stellt man sich die Frage; wofür man den D/A-Wandler überhaupt brauchen kann.

Wie Sie mittlerweile wissen, wandelt der D/A-Wandler vom Prozessor kommende binäre Datenwörter in analoge Ausgangsspannungen um.

Sie können also durch programmieren verschiedene Spannungen an den Ausgang legen.

Praktisch bedeutet dies, daß Sie mit Ihrem D/A-Wandler Steuerungsaufgaben durchführen können.

So können Sie bei Motoren per Programm Drehzahländerungen oder Richtungsänderungen vornehmen.

Oder Sie können zeitabhängige Schaltungen aufbauen (z.B. Motor1 läuft und nach 2sek wird Motor2 eingeschaltet.) und die Zeit per Software einstellen und verändern.

Wenn Sie im Besitz des "68008 Grundprogramm" Buches sind, so finden Sie dort auch ein schönes Beispiel (S.150) wie Sie die D/A-Baugruppe anwenden können. Es wird dort unter anderem gezeigt, wie Sie mit der Baugruppe Buchstaben auf dem Oszilloskop darstellen können.

Die Palette der Anwendungen ließe sich nun unendlich fortsetzen. Ihrer Phantasie sind bei der Anwendung des D/A-Wandlers fast keine Grenzen gesetzt. Auf eines sollten Sie aber achten. Wenn Sie Steuerungsschaltungen aufbauen, dann dürfen Sie die Geräte (Motoren, Lampen usw.) nicht direkt an den D/A-Wandler anschließen, denn er darf nur ganz schwach belastet werden. Sie müssen also die Geräte über Verstärkerschaltungen anschließen.

8.1 Die D/A-Baugruppe als Funktionsgenerator

Wie Sie wissen läßt sich der D/A-Wandler recht vielseitig anwenden. Hier wollen wir Ihnen nun als Anwendungsbeispiel den D/A-Wandler als Funktionsgenerator vorstellen.

Was macht nun ein Funktionsgenerator?

Mit einem Funktionsgenerator ist es möglich verschiedene Spannungsarten, wie zum Beispiel Sinus-, Sägezahn-, Dreiecksspannungen u.a. zu erzeugen.

Erzeugen einer Sinusspannung:

Mit dem folgenden Programm können Sie eine Sinusspannung erzeugen die in der Amplitude, in der Frequenz und in der Phasenlage veränderbar ist.

```

=FFFFFFF8      DAO EQU $FFFFFFF8
=FFFFFFF9      DA1 EQU $FFFFFFF9

9C00            START:
9C06            CLR D1                *x-koordinate und winkel
9C02            DA:
9C02            MOVE #128,D2         *y=128
9C06            JSR @MOVETO          *startposition
9C0C            MOVE D1,D0           *dann y-wert ermitteln
9C0E            JSR @DSIN            *dazu sin berechnen
9C14            EXT.L D0             *für div vorbereiten
9C16            DIVS #4,D0           *nun bereich -64 bis +64
9C1A            ADD #128,D0          *basis verschieben
9C20            MOVE D0,D2           *neuer wert
9C22            MOVE.B D0,DAO        *ausgabe an ausg. a
9C28            MOVE.B D0,DA1        *ausgabe an ausg. b
9C2E            JSR @DRAWTO          *linie ausgeben
9C34            ADD #1,D1            *von 0 bis 360 grad
9C3A            CMP #360,D1          *wenn 360 erreicht dann
9C3E            BNE DA              *auf start sonst auf da
9C42            BSR START
  
```

Wenn Sie das Programm eingegeben haben, wird die Sinusschwingung auf dem Bildschirm dargestellt und auf beide Ausgänge der D/A-Baugruppe ausgegeben.

Sie können jetzt die Amplitude in 0,2V-Schritten vergrößern oder verkleinern. Dies geschieht dadurch, daß Sie den Zahlenwert in Zeile 9C16 vergrößern oder verkleinern.

Dem Erhöhen der Amplitude sind Bausteinabhängige Grenzen gesetzt. Wie Sie aus den vorhergehenden Beschreibungen wissen, kann der Wandler nur eine maximale Ausgangsspannung von 2,5V liefern, also können Sie die Amplitude auch nicht größer als 2,5V machen. Die 2,5V entsprechen hier etwa dem Faktor 2.

Wenn Sie nun eine größere Amplitude eingeben (Faktor 1), dann können Sie auf dem Bildschirm erkennen wie die Spannung, die größer als 2,5V ist, einfach "abgeschnitten" wird. Genauso wie die Spannung auf dem Bildschirm dargestellt ist wird Sie auch an den Ausgang übertragen.

Bei unserem Baustein können Sie keine "echte" Sinusspannung mit plus- und minus-Werten erzeugen, weil unser Baustein nach der unipolaren-Umsetzung arbeitet (siehe auch 3. Prinzipbeschreibung)

Sie erhalten hier also eine Sinusspannung die einer Gleichspannung überlagert ist.

Die Frequenz der Ausgangsspannung läßt sich in Zeile 9C34 verändern. Sie dürfen nur in 2-er-Schritten die Frequenz regeln. Die Frequenz macht pro Doppelschritt einen Sprung von 20 Hz.

Erzeugung einer Rechteckspannung

Jetzt wollen wir noch ein kleines Beispiel zeigen wie Sie mit dem D/A-Wandler eine Rechteckspannung erzeugen.

```

=FFFFFFF8      DA0 EQU $FFFFFFF8
=FFFFFFF9      DA1 EQU $FFFFFFF9

9C00           START:
9C00           CLR D1                * x-koordinate
9C02           CLR D3                * startwinkel
9C04           SCHLEIFE:
9C04           MOVE #128,D2          * y=128
9C08           JSR @MOVETO           * startposition
9C0E           CLR D2                * vorbereiten für summe
9C10           MOVE #1,D4            * term 1
9C14           BSR COSTEIL           * berechnen
9C18           MOVE #-3,D4           * term 2
9C1C           BSR COSTEIL           * berechnen
9C20           MOVE #5,D4            * term 3
9C24           BSR COSTEIL           * berechnen
9C28           MOVE #-7,D4           * term 4
9C2C           BSR COSTEIL           * berechnen
9C30           MOVE #9,D4            * term 5
9C34           BSR COSTEIL           * berechnen
9C38           MOVE #-11,D4          * term 6
9C3C           BSR COSTEIL           * berechnen
9C40           MOVE #13,D4           * term 7
9C44           BSR COSTEIL           * berechnen
9C48           MOVE #-15,D4          * term 8
9C4C           BSR COSTEIL           * berechnen
9C50           MOVE #17,D4           * term 9
9C54           BSR COSTEIL           * berechnen
9C58           MOVE #-19,D4          * term 10
9C5C           BSR COSTEIL           * berechnen
9C60           EXT.L D2              * normieren
9C62           DIVS #4,D2            * bereich anpassen
9C66           ADD #128,D2           * basislinie
9C6A           MOVE.B D0,DA0         * ausgabe an ausg. a
9C70           MOVE.B D0,DA1         * ausgabe an ausg. b
9C76           JSR @DRAWTO           * linie ausgeben
9C7C           ADD #2,D3              * in 2 grad-schritten
9C80           ADD #1,D1              * von 0 bis 360 grad

```

9C84	CMP #360,D1	* wenn 360 erreicht dann
9C88	BNE SCHLEIFE	* auf start sonst schleife
9C8C	BSR START	
9C90	COSTEIL:	
9C90	MOVE D3,D0	* z.b. bei 3
9C92	MULU D4,D0	* sin(3*x)
9C94	JSR 6COS	
9C9A	EXT.L D0	* wegen div
9C9C	DIVS D4,D0	* sin(3*x)/3 etc
9C9E	ADD D0,D2	
	RTS	

Wenn Sie nun das Programm eingegeben haben, dann erscheint auf dem Bildschirm die erzeugte Rechteckspannung. Eine Rechteckspannung kann durch die Überlagerung von mehreren Sinusspannungen erzeugt werden. Dieses Verfahren wird hier angewendet, deshalb erhalten Sie keine ganz saubere Rechteckform auf dem Bildschirm.

Bei der Anwendung spielen die Spannungsspitzen an den Ecken eine untergeordnete Rolle.

Die Funktion kann natürlich noch mehr geglättet werden, indem man die Werte ab Zeile 9C58 weiterhin kontinuierlich erhöht.

Zur Erzeugung unserer Rechteckspannung wurde die Fouriersynthese angewandt.

Dazu wurde die folgende Formel eingegeben:

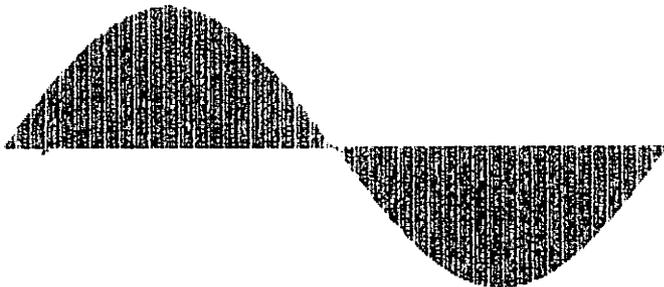
$$u(t)=k*(\cos(x)- \cos(3x)/3 + \cos(5x)/5 -\cos(7x)/7)$$

Die Fouriersynthese hat den entscheidenden Vorteil, daß Sie mit ihr praktisch fast jede Spannungsform darstellen können.

Die dazugehörigen Formeln finden Sie in den entsprechenden Tabellenbüchern und Formelsammlungen.

Mit unserer D/A-Baugruppe können Sie also fast jede beliebige Spannungsform ausgeben. Sie müssen dazu nur die entsprechende Formel der Fouriersynthese in das Programm einsetzen.

In den folgenden Abbildungen sehen Sie die entsprechenden Monitorbilder für die beiden Beispielprogramme.



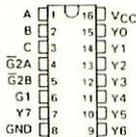
9. Bauelemente

74 LS 85

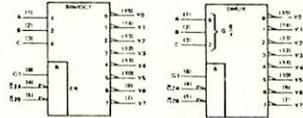
4 Bit Vergleicher

- 16-poliger Chip
- 8 Eingänge für A und B
- 3 Eingänge: Cascading Inputs
- 3 Ausgänge: Outputs

Nur wenn $A_0=B_0$, $A_1=B_1$, $A_2=B_2$, $A_3=B_3$ wird das Signal vom Eingang (Cascading Inputs) "A=B" zum Ausgang (Output) "A=B" durchgeschaltet. Wird dieses Ausgangssignal wieder als Eingangssignal an einen anderen Baustein dieser Reihe gelegt, so können mehr als nur 4-Bit-Wörter miteinander verglichen werden.



- Ohne externe Bauelemente als 4-Bit-Binärdekodeur verwendbar
- Mit nur einem externen Inverter als 5-Bit-Binärdekodeur verwendbar

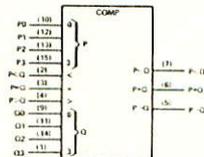
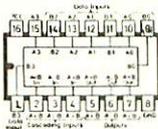


74 LS 138

3-Bit-Binärdekodeur

- 16-poliger Chip
- 3 Eingänge A, B, C
- 8 Ausgänge Y0 bis Y7
- 3 Freigabeeingänge G1, G2A, G2B

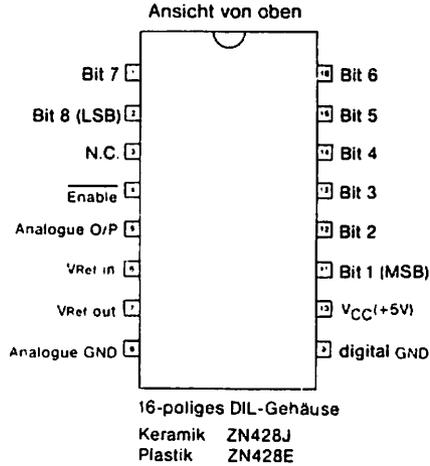
Der 74 LS 138 setzt das binäre Bitmuster an den drei Eingängen A, B und C in ein dekodiertes Signal an einem von acht möglichen Ausgängen um. Der Ausgang, der dem binären Wert an den Eingängen entspricht, wird LOW, alle anderen bleiben HIGH. Der Ausgang wird jedoch nur dann LOW, wenn die drei Freigabeeingänge (Enable) die korrekten Pegel aufweisen. G1 muß HIGH sein, G2A und G2B müssen LOW sein.



Der integrierte 8 bit-D/A-Umsetzer ist Mikroprozessor-kompatibel – die Binärzahl kann am Eingang zwischengespeichert werden. Die analoge Ausgangsspannung ist proportional dem Produkt aus der Referenzspannung (U_{REF} -Eingang) und der eingegebenen Zahl (bit 1 bis bit 8). Wenn man die Referenzspannung variabel macht, kann der D/A-Umsetzer auch multiplizieren.

MERKMALE

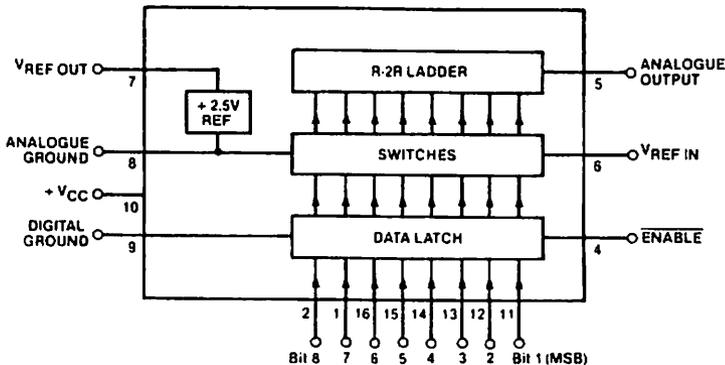
- Mikroprozessor-kompatibel
- Speichereingänge bit 1 bis bit 8
- Einschwingzeit 800 ns (typ)
- Nichtlinearität $\pm 1/2$ LSB
- Monotonie über den Betriebstemperaturbereich
- +5 V Versorgungsspannung U_B . TTL- und CMOS-kompatibel
- Betriebstemperaturbereiche
ZN 428 E 0 bis + 70°C
ZN 428 J -55 bis +125°C

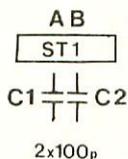


GRENZDATEN

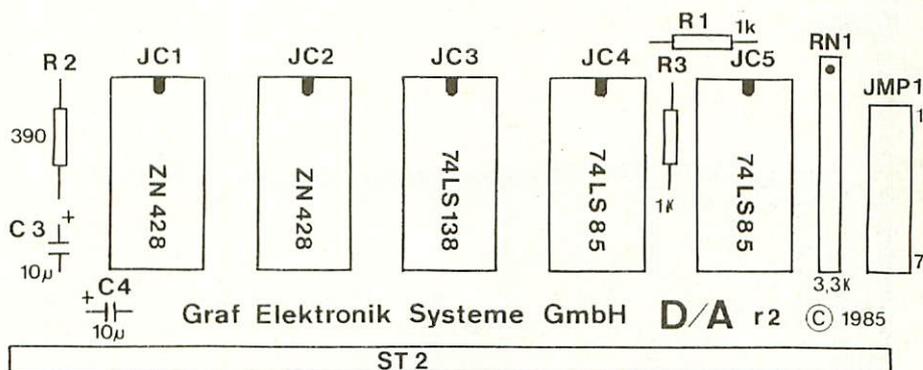
Versorgungsspannung U_B	+7 V
Spannungsbereich	
Logikeingänge u. U_{REF} -Eingang	0 bis + U_B
Betriebstemperatur	
ZN 428 J	-55 bis +125°C
ZN 428 E	0 bis + 70°C
Lagertemperatur	-55 bis +125°C

BLOCKSCHALTBILD



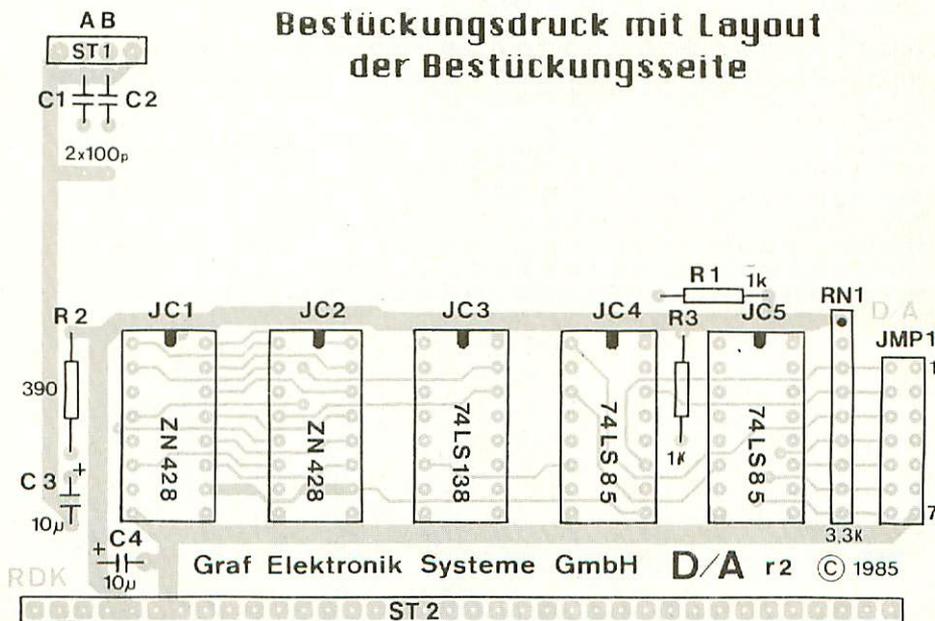


Bestückungsdruck



RDK

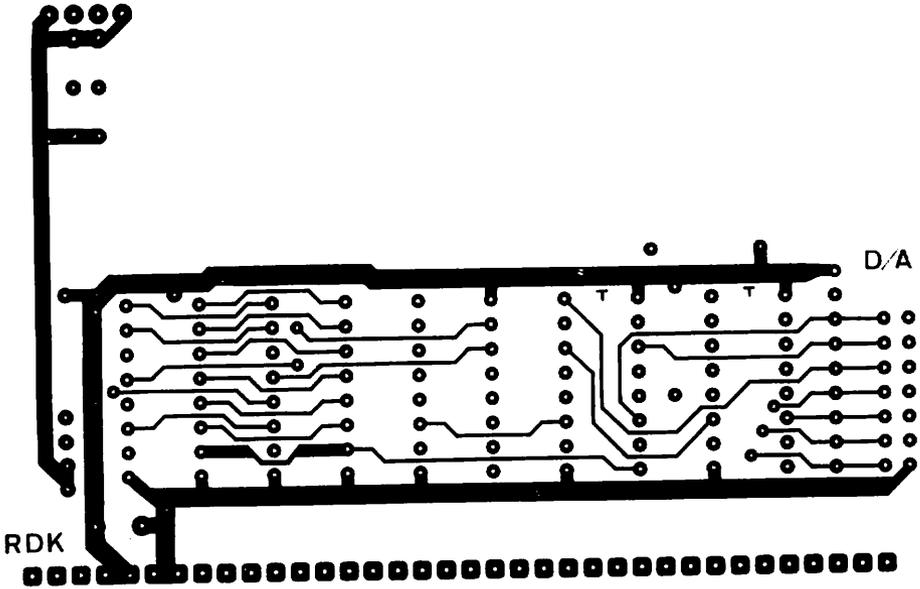
Bestückungsdruck mit Layout der Bestückungsseite



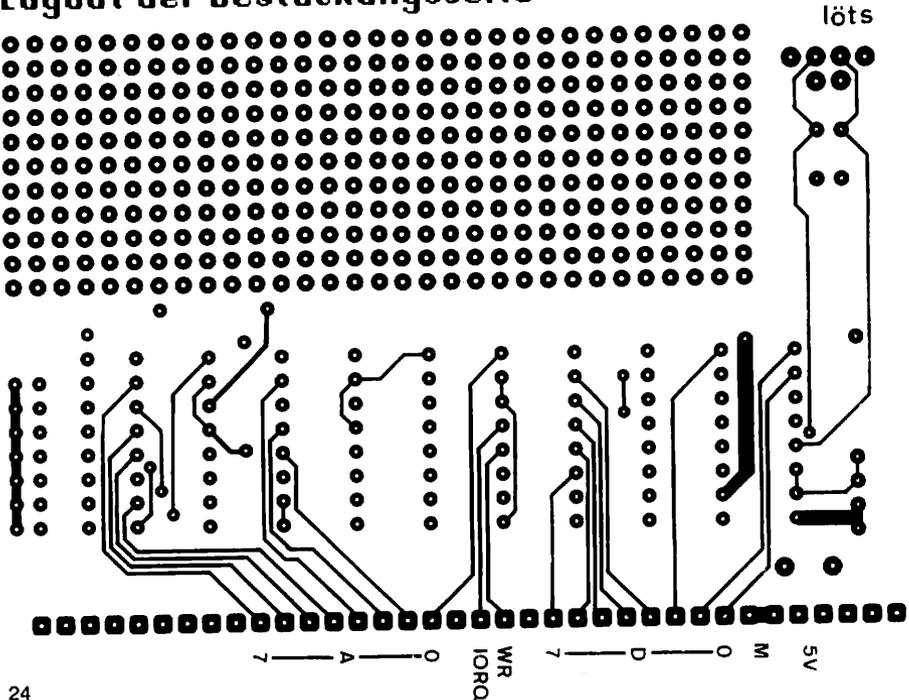
RDK

10. Layouts

Layout der Lötseite



Layout der Bestückungsseite





Graf Elektronik Systeme GmbH
Magnusstr. 13 · Postfach 1610
8960 Kempten (Allgäu)
Telefon: (08 31) 62 11
Teletex: 831804 = GRAF
Telex: 17 831 804 = GRAF

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

