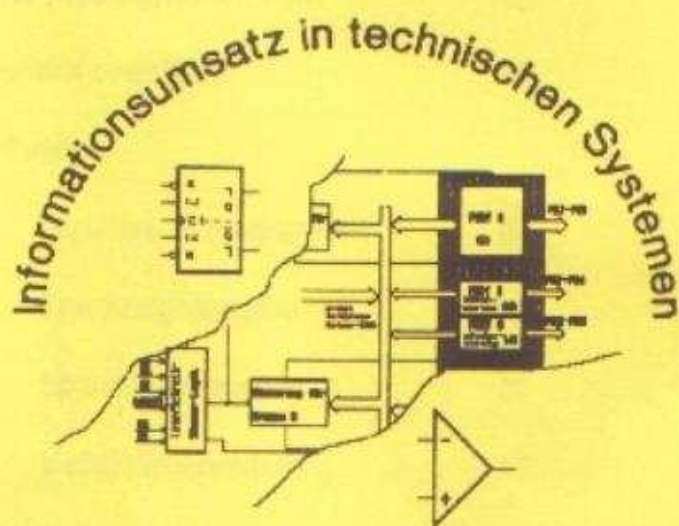


TECHNIK



Messen, Steuern, Regeln
mit dem Computer
DA/AD-WANDLER

Peter Grimm
Gesamtschule Castrop-Rauxel

2/91

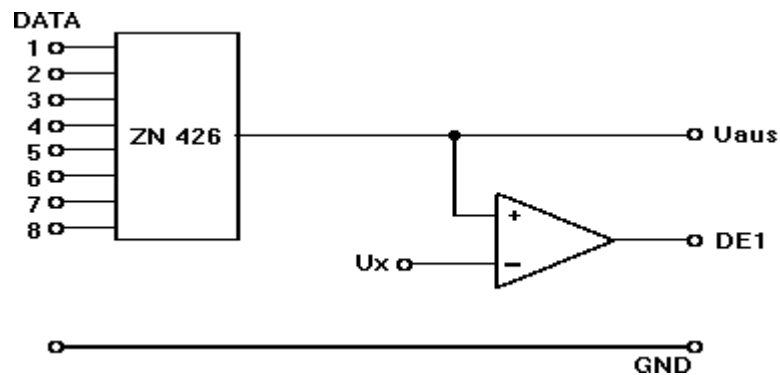
Herausgeber:

Technik-Unterricht: Forum e.V. (TUF)
Memelstraße 75 4100 Duisburg 1

TECHNIK

Messen, Steuern, Regeln
mit dem Computer

DA/AD-Wandler



Hardwareaufbau	01
Mechanische Meßverfahren	03
Duales Widerstandsnetzwerk	04
R/2R Widerstandsnetzwerk	05
Operationsverstärker	06
Software	
Hinweise zu Programmen	07
Spannungsausgabe	08
Spannungsmessung	09
Meßstellenerweiterung	10
Layout	11
Quellennachweis	12

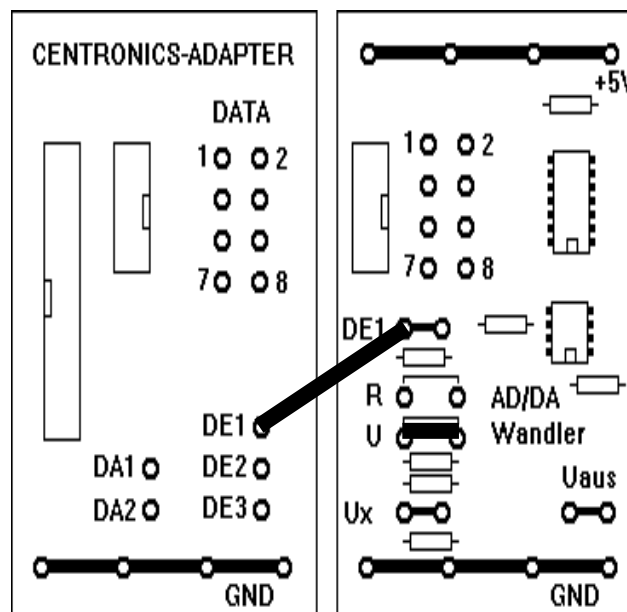
Vorwort

Die vorliegende Schrift stellt eine Ergänzung zu der Veröffentlichung „Benutzung der Druckerschnittstelle für Steuerungsaufgaben“ dar. Viele in dieser Schrift gemachten Aussagen lassen sich leichter verstehen, wenn parallel die obige Schrift herangezogen wird. Die Begriffe analog und digital sowie die Umsetzung des Dezimal- zu Dualzahlensystems werden vorausgesetzt. Es werden nur die theoretischen Grundlagen und Schaltungen erklärt, die zum Verständnis der vorgestellten Platine erforderlich sind.

Für den gesamten Ausdruck danke ich der Firma INDULA in Dortmund-Aplerbeck.

Die Platine ist so entworfen, daß sie wieder sehr schnell über ein 10-poliges Kabel mit dem Centronics-Adapter verbunden werden kann. Andererseits sind alle Datenleitungen auch über 1,3mm Lötnägel erreichbar, so daß die Platine auch für andere Systeme nutzbar bleibt. Das Bestückungs- und Platinenlayout befindet sich am Ende der Schrift. In Verbindung mit dem bereits vorgestellten Centronics-Adapter (siehe Literaturverzeichnis) kann der Schaltungsaufbau wieder sehr einfach erfolgen.

Die Schaltung zeigt die vorzunehmenden Verbindungen für eine Spannungsmessung:



Unter der Voraussetzung, daß eine stabilisierte Spannungsquelle von +5V als Stromversorgung dient, lassen sich mit Hilfe der Platine folgende Experimente verwirklichen:

- Spannungsausgabe zwischen 0..2,55V in 0,01V-Schritten
Dimmereffekt, Drehzahlsteuerung eines Gleichstrommotors
- Spannungsmessung zwischen 0..2,55V in 0,01V-Schritten
Temperaturbestimmung mittels Meßbrücke (z.B. mit KTY10)
Oszilloskopdarstellung mit Hilfe der Dümmlersoftware (ca. 40 DM)
Die Dümmlerdiskette enthält alle im Dümmlerbuch (siehe Literaturhinweise) erläuterten Programmbeispiele im Quellcode
- Widerstandsmessung 1k..255k in 1k-Schritten
Temperaturbestimmung mittels NTC-, PTC-Widerstand
Lichtstärkebestimmung mittels LDR

Die Verbindungen für die vorgestellten Experimente sind nachfolgend aufgeführt. Aus Vereinfachungsgründen werden die in allen Versuchen gemeinsam herzustellenden Verbindungen vorab genannt:

- | | |
|------------|--|
| 25-poliges | Verbindungskabel zum Rechner (Druckerausgang) |
| 10-poliges | Verbindungskabel Adapterplatine-Wandlerplatine |
- über dieses Kabel erfolgt auch die GND-Verbindung
Versorgungsspannung an +5V und GND

Spannungsausgabe:

- Spannungsausgabe zwischen GND und U_{aus} , Belastbarkeit ca. 2mA

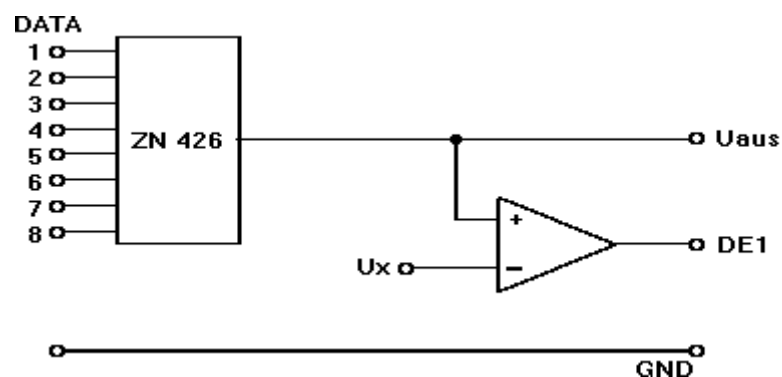
Spannungsmessung:

- Verbindung DE1 - DE1
- Brücke bei U
- Meßspannung zwischen GND und U_x

Widerstandsmessung:

- Verbindung DE1 - DE1
- Brücke bei R
- Widerstand zwischen GND und R_x

Vereinfachter Schaltungsaufbau:



Die Schaltung besteht in erster Linie aus einem integriertem R/2R Widerstandsnetzwerk mit nachgeschaltetem Komparator. Auf den nachfolgenden Seiten werden nur die Grundlagen vermittelt, die zum Verständnis dieser Schaltung und zum Programmieren erforderlich sind.

Die Verfahren können leicht mit Hilfe von Papierstreifen demonstriert bzw. von den Schülern geübt werden. Voraussetzung, wir können max. Längen von 255 mm messen.

1. Rampen-Verfahren

Für dieses Verfahren benötigen wir 255 Papierstreifen in den Längen 1mm, 2mm ... 255mm. Nehmen wir an, die Länge eines 97,2 mm langen Holzstabes soll bestimmt werden.

- Verfahren:
- 1 - Wir legen den ersten Streifen (1mm) neben die zu messende Länge;
 - 2 - Wir vergleichen mit der Meßgröße;
 - 3 - Ist der Streifen größer als die Meßgröße, dann ENDE, sonst weiter;
 - 4 - Meßgröße wird dem angelegten Papierstreifen zugeordnet;
 - 5 - Nächsten Streifen anlegen (2mm, 3mm ... 255mm);
 - 6 - Bei Schritt 2 fortfahren.

Nach dem 98. mal ist der Streifen größer als die Meßgröße, das Verfahren ist beendet. Da die Meßgröße nicht mehr neu zugeordnet wird (siehe Schritt 4), ist der Meßwert mit 97mm ermittelt.

2. Binäres Wägeverfahren

Für dieses Verfahren benötigen wir nur 8 Papierstreifen in den Längen (128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1)mm. Nehmen wir auch hier an, daß die Länge eines 97,2 mm langen Holzstabes zu bestimmen sei.

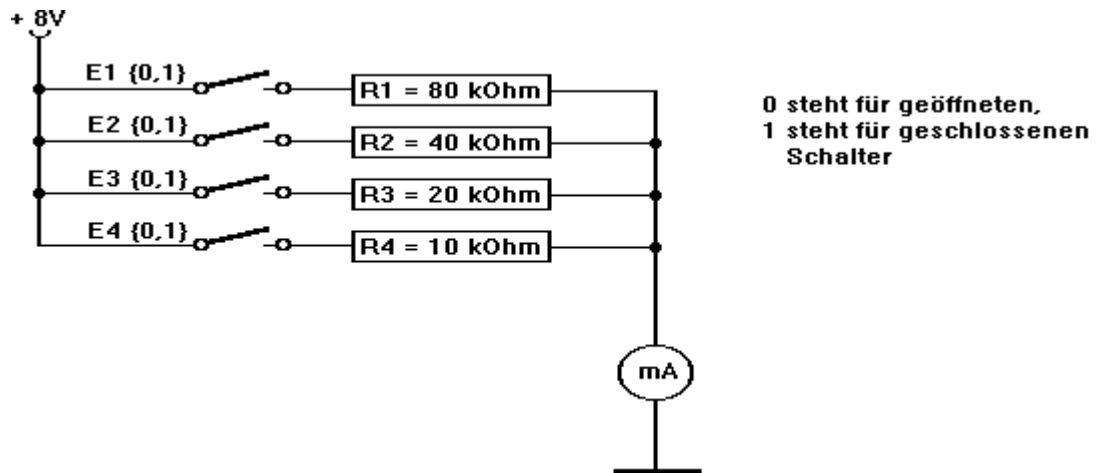
Verfahren: Die 8 Streifen werden nacheinander mit der zu messenden Größe verglichen. Ist der Meßwert (hier 97,2mm) kleiner als der Papierstreifen, dann wird die Länge des Papierstreifens nicht berücksichtigt, im anderen Fall wird die Länge zum bestehenden Wert addiert.

1. $97,2\text{mm} < 128\text{mm}$	Meßwert = 0mm	Streifen nicht berücksichtigt
2. $97,2\text{mm} > 64\text{mm}$	Meßwert = 64mm	Streifen berücksichtigt
3. $97,2\text{mm} > 32 + 64\text{mm}$	Meßwert = 96mm	Streifen berücksichtigt
4. $97,2\text{mm} < 16 + 96\text{mm}$	Meßwert = 96mm	Streifen nicht berücksichtigt
5. $97,2\text{mm} < 8 + 96\text{mm}$	Meßwert = 96mm	Streifen nicht berücksichtigt
6. $97,2\text{mm} < 4 + 96\text{mm}$	Meßwert = 96mm	Streifen nicht berücksichtigt
7. $97,2\text{mm} < 2 + 96\text{mm}$	Meßwert = 96mm	Streifen nicht berücksichtigt
8. $97,2\text{mm} > 1 + 96\text{mm}$	Meßwert = 97mm	Streifen berücksichtigt

Nach 8 Vergleichsoperationen ist der Meßwert ermittelt. Das binäre Wiegeverfahren kommt immer mit 8 Schritten aus, während das Rampenverfahren im schlechtesten Fall 255 Schritte benötigt.

Aufgabe: Bestimme die Länge eines Holzstabes von 153,8mm nach dem binären Wägeverfahren (8-Papierstreifen). Gib hierzu die 8 Einzelschritte des Vergleichs an.

Mit Hilfe der nachfolgenden Schaltung kann ein 4-Bit DA-Wandler realisiert werden.



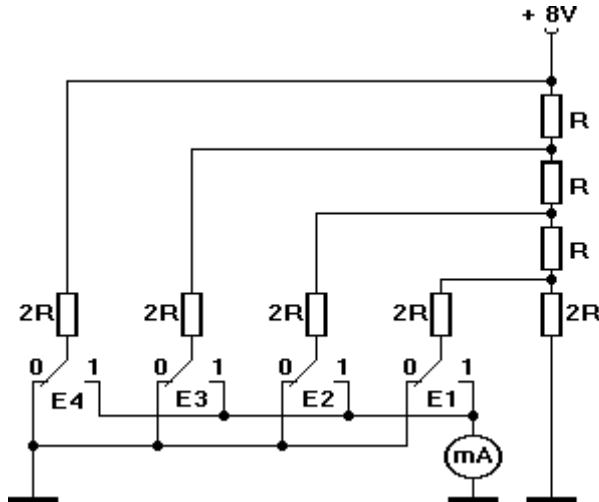
Die Schalter E1..E4 haben gemäß Dualzahlencode die Wertigkeit 1-2-4-8. Wenn die Widerstände entsprechend gewichtet sind, verhalten sich die zugehörigen Ströme genauso.

- a) Nur E1 geschlossen --> $I_1 = U/R_1$ $I_1 = 8V/8k\Omega$ $I_1 = 1 \text{ mA}$
- b) Nur E2 geschlossen --> $I_2 = U/R_2$ $I_2 = 8V/4k\Omega$ $I_2 = 2 \text{ mA}$
- c) Nur E3 geschlossen --> $I_3 = U/R_3$ $I_3 = 8V/2k\Omega$ $I_3 = 4 \text{ mA}$
- d) Nur E4 geschlossen --> $I_4 = U/R_4$ $I_4 = 8V/1k\Omega$ $I_4 = 8 \text{ mA}$

Die Stromausgabe kann mit Hilfe eines Operationsverstärkers (als Strom-, Spannungswandler geschaltet, siehe Bl. 06) in eine Spannungsausgabe umgesetzt werden.

Aufgaben:

- 1a) Geben Sie eine allgemein gültige Formel zur Bestimmung von I_{ges} unter Berücksichtigung der Faktoren E1..E4 an.
- 1b) Bestimmen Sie I_{ges} mit Hilfe der Formel, wenn das Binärmuster (0101) anliegt.
- 2) Wie lautet die Beziehung zwischen I_{ges} und U_{aus} ($U_{aus} = f(I_{ges})$) bei nachgeschaltetem Operationsverstärker?
- 3) Bestimme die Widerstände R1 bis R4 eines dualen Widerstandsnetzwerkes, wenn der Gesamtstrom 10mA bei 5V Versorgungsspannung nicht übersteigen soll. Die Widerstände sind der Reihe E12 zu entnehmen.
(1/ 1,2/ 1,5/ 1,8/ 2,2/ 2,7/ 3,3/ 3,9/ 4,7/ 5,6/ 6,8/ 8,2)



Wie man der Schaltskizze leicht entnehmen kann, ist der Stromfluß immer gleich groß. Unabhängig von der Schalterstellung sind alle Widerstände immer mit dem Minuspol verbunden. Das Netzwerk bietet gegenüber dem vorab vorgestellten dual abgestuften Netzwerk zwei Vorteile:

1. Die Belastung der Stromquelle ist immer gleich groß,
2. Das Netzwerk läßt sich relativ einfach mit nur einem Widerstandswert aufbauen.

Daß die Ströme auch bei dieser Schaltung dual abgestuft sind, läßt sich relativ einfach erklären. Die parallel geschalteten Widerstände $2R + 2R$ rechts unten lassen sich zusammenfassen zu:

$$1/R_{\text{er}} = 1/2R + 1/2R = 2/2R = 1/R \quad \rightarrow$$

$R_{\text{er}} = R$

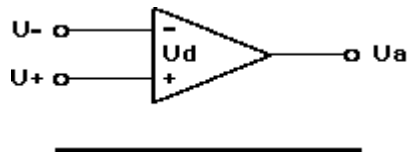
Der Ersatzwiderstand R der Parallelschaltung läßt sich mit dem darüberliegenden Widerstand R zusammenfassen zu $R + R = 2R$. Da die darüber angeordnete Schaltung genau den gleichen Aufbau besitzt, läßt sie sich ebenfalls wieder zu $2R$ zusammenfassen. Zuletzt bleiben nur noch 2 parallel geschaltete Widerstände der Größe $2R$ übrig, die sich (siehe oben) zu dem Gesamtersatzwiderstand R zusammenfassen lassen. Nach dem Ohmschen Gesetz läßt sich der Strom zu $I = U/R$ bestimmen.

Jetzt betrachten wir das Netzwerk von "oben" (techn. Stromrichtung). Da das Netzwerk symmetrisch aus den parallelgeschalteten Widerständen $2R$ besteht, teilt sich der Strom an den Knotenpunkten jeweils zur Hälfte auf. Beim nächsten Knotenpunkt teilt sich der Strom $1/2 I$ wieder in zwei gleich große Anteile $1/4 I$. Die Ströme die jeweils durch die Schalter $E1..E4$ fließen sind dual abgestuft und haben die Wertigkeit $1/2, 1/4, 1/8$ und $1/16$.

Mit Hilfe eines Operationsverstärkers (siehe Bl. 06) lassen sich die Ströme leicht in gewünschte Spannungswerte umsetzen.

Aufgabe : Bestimme R in Ohm, wenn bei $E1$ ein Strom von 1mA fließen soll.
Die Versorgungsspannung sei 8V

Der Operationsverstärker ist ein Differenzspannungsverstärker, die Ausgangsspannung ist durch:



$$U_a = U_d \cdot V$$

$$U_a = (U_+ - U_-) \cdot V \quad \text{gegeben.}$$

U_d = Differenzeingangsspannung
 U_a = Ausgangsspannung
 V = Verstärkung

U_+ = Spannung am nichtinvertierenden Eingang
 U_- = Spannung am invertierenden Eingang

Idealisierter Operationsverstärker (vereinfacht betrachtet)

- Die Spannung zwischen den beiden Verstärkereingängen ist 0 Volt, das heißt, daß wegen der unendlich hohen Verstärkung eine unendlich kleine Spannung am Eingang nötig ist, um eine Spannung am Ausgang zu erzielen.
- Der Verstärkereingangsstrom ist 0 Ampere, das heißt, daß wegen des unendlich hohen Eingangswiderstandes beim Betrieb des Verstärkers in die Eingänge kein Strom hinein- oder herausfließt.

Die Komparator-Schaltung

In dieser Schaltung fehlt der rückkoppelnde Widerstand, $V \rightarrow \infty$
 Die Versorgungsspannung sei einseitig +5V.

Annahme: $U_+ > U_-$ d.h. U_d positiv, U_a geht gegen unendlich wegen V .
 Max. aber nimmt U_a den Wert der Versorgungsspannung $+U_s$ an. Aus diesen Überlegungen folgt:
 $U_a = +5V$, diese Spannung wird dem log. Wert 1 zugeordnet.

$U_+ < U_-$ d.h. U_d negativ, U_a geht gegen minus unendlich wegen V .
 Max. nimmt U_a den Wert $-U_s$ an. Aus diesen Überlegungen folgt bei einseitiger Versorgungsspannung:
 $U_a = 0V$, diese Spannung wird dem log. Wert 0 zugeordnet.

Auf den vorgestellten DA/AD-Wandler übertragen gilt:

U_+ = U_{aus} vom DA-Wandler
 U_- = U_x, U_{ein} anliegende Meßspannung
 U_a = DE1 Eingang auf der Centronics-Adapterplatine, wird softwaremäßig auf 0,1-Signal abgefragt

DE1 wechselt erst dann von 0- auf 1-Signal, wenn $U_{aus} > U_{ein}$.

Stellvertretend für die Portadressen wird hier wieder die Basisadresse 888 (sonst 632 bzw. 956) benutzt. Hinweise zu den Programmen (siehe Bl. 08, 09, 10):

DA-Wandler

Die vorab genannten mechan. Verfahren werden hier in die Programmiersprache Pascal 3.0 umgesetzt. Über die DATA-Leitungen 1..8 wird der Baustein ZN 426 von Ferranti angesteuert. Dieser Baustein enthält ein R/2R-Widerstandsnetzwerk für 8 Bit sowie die zugehörigen elektronischen Schalter. Pro Bit am Eingang erhöht sich die Ausgangsspannung um ca. 10 mV. Wenn alle Eingänge angesteuert sind (dez. 255, bin. 1111 1111) werden 2.5V ausgegeben (halbe Versorgungsspannung).

AD-Wandler

Entscheidend für den AD-Wandler ist die Abfrage des DE1-Eingangs. DE1 kann die log. Werte 0 und 1 annehmen. Wenn die über DATA 1..8 ausgegebene Spannung größer ist als U_x , dann nimmt DE1 den Wert 1 an, sonst den Wert 0. Wird der entsprechende Port softwaremäßig abgefragt (Portwert := Port[888+1]), dann wird bei DE1=1 der Wert 127 und bei DE1=0 der Wert 111 ausgegeben (die Werte sind rechnerabhängig).

Spannungsausgabe

Die Zahlen werden zuerst als Textzeichen eingelesen, zusammenkopiert und dann in einen Zahlenausdruck (integer, procedure val) umgewandelt. Bei der Eingabe wird ein Echo (read(kbd,...)) auf dem Bildschirm unterdrückt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, daß ein Betätigen der Taste ESC zum Programmabbruch führt ohne zusätzliche Betätigung der Taste RET. Das restliche Programm ist hoffentlich selbsterklärend.

Spannungsmessung nach dem Rampen-Verfahren

Die entscheidende Zeile ist `IF Port[889] = 127 then exit;`. Solange der Ausgabewert $U_{aus} < U_x = U_{ein}$ ist, wird der Zahlenwert 111 eingelesen. Sobald durch die Zählschleife der Wert von U_{aus} steigt, bis schließlich $U_{aus} > U_x$, dann wechselt der eingelesene Wert auf 127, das Programm bricht ab. Der laufende Zähler i entspricht der ausgegebenen Spannung U_{aus} und somit auch der der Spannung U_x .

Spannungsmessung nach dem Binären-Wägeverfahren

Die entscheidende Zeile ist hier `IF Port[889] = 111 then b:= b+a;`, d.h. ist DE1=0 wird b aufaddiert. Hat DE1 den Wert 127, wird nicht aufaddiert, der alte b -Wert bleibt bestehen. Interessant ist noch der Befehl `shr` (shift right). Der Befehl bewirkt das bitweise Schieben eines 8-Bit Datenworts nach rechts. Das jeweils niederwertigste Bit geht verloren.

Beispiel: 1.Schritt (1001 1011)
 2.Schritt (0100 1101)
 3.Schritt (0010 0110)

Durch diesen Befehl kann die Funktion m.E. sehr elegant geschrieben werden.

Program Spannungsausgabe;

```
const ioaus      = 888;

var  Uaus,m      : integer;
     Eingabe     : char;
     Zahl        : string[3];

procedure Uein;
begin
  m:=2;          { erforderlich für die Prozedur val }
  Zahl:='';
  repeat
    read(kbd,Eingabe);
    Zahl:=Zahl+Eingabe;
    gotoxy (21,16); write (' ');          { alte Zahl überschreiben }
    gotoxy (21,16); write (Zahl);
  until (Eingabe = chr(13)) or (Eingabe = chr(27)); { Ende mit <RET> bzw. <ESC> }
    val(Zahl,Uaus,m);                    { Umwandlung string -> integer }
    port[ioaus]:=Uaus;
end;

begin
  port[ioaus] := 0;                      { Definiertes Anfangszustand }
  clrscr;
  gotoxy (12,10);
  write ('Spannungsausgabe zwischen Uaus und GND');
  gotoxy (12,13);
  write ('Eine Zahleneingabe zwischen 0..255 + <RET> ergibt am Ausgang');
  gotoxy (12,14);
  write ('eine Spannung zwischen 0..2,55V.           Ende = <ESC> ');
  gotoxy(12,16);
  write ('Eingabe: ');
  repeat
    Uein;                                { Aufruf der Prozedur }
  until Eingabe = chr(27);              { Ende mit <ESC> }
  clrscr;
  port[ioaus] := 0;                    { Definiertes Anfangszustand }
end.
```

Hinweis: Die Prozedur Uein kann auch weggelassen werden und als Aufgabe zur Verbesserung der Programmeingabe an die Schüler übertragen werden.

Spannungsmessung nach dem Rampen-Verfahren

Program Spannungsmessung_1;

```
const a    = 100;
var    i    : integer;

procedure Ausgabe;
begin
  for i:=0 to 255 do begin
    if keypressed then halt;
    port[888]:=i;
    gotoxy(35,12); write (i);
    delay(a);
    if port[889]=111 then exit;
  end;
end;

begin
  clrscr;
  writeln ('Nacheinander werden die Werte von 1..255 ausgegeben. ');
  writeln ('Stimmen angelegte und ausgegebene Spannung überein. ');
  writeln ('wird ein zusätzliches 1-Signal ausgegeben. ');
  writeln;
  writeln ('<TASTE> beendet das Programm');
  Ausgabe;
  repeat until keypressed;
end.
```

Aufgaben:

1. Baue die nebenstehende Funktion AD_Wandler in das Programm ein und ermittle den Zeitgewinn bei unterschiedlicher Spannungsmessung.
2. Das Programm soll zusätzlich zum Meßwert Datum und Uhrzeit ausgeben.
3. Die Meßdaten sollen jede Minute abgespeichert und bei Bedarf auf dem Bildschirm bzw. Drucker ausgegeben werden.

Binäres-Wägeverfahren

```
FUNCTION AD_Wandler : byte;
  VAR    a,b : byte;
  CONST  DE1 = 16;

BEGIN
  a:=128; b:=0;
  REPEAT
    Port[888]:=a+b; write;
    IF ((DE1 AND Port[889])=0) THEN
      b:=b+a;

      a:=a shr 1;
  UNTIL a<1;
  AD_Wandler:=b;
end;
```

Meßstellenerweiterung

Sind an mehreren Meßstellen z.B. Temperaturen (Spannungen) zu messen, dann muß die Schaltung geeignet erweitert werden. Das nachfolgende Programm zeigt ansatzweise die Erfassung von 4 Temperaturmeßstellen. Hierzu sind 4 Temperaturfühler (besser mit Meßbrücke) und ein Multiplexer erforderlich. Die Bausteine können dem ESTU-System entnommen werden. Zur Ansteuerung des Multiplexers werden die Ausgabeleitungen DA1 und DA2 (888+2, siehe Quellennachweis 1,2) herangezogen. Die in den Prozeduren Temperatur1..4 erforderliche Funktion AD_Wandler ist auf Blatt 09 beschrieben. Der in den Prozeduren auftauchende Faktor 3.09 erlaubt eine softwaremäßige Korrektur und somit Abgleichung des Meßfühlers.

Program Temperatur_Erfassung;

```
var temperatur : array [1..4] of integer;
    k          : integer;

Procedure temperatur_1;
begin
    temperatur[1] := round (AD_Wandler/3.09);
    gotoxy(10,13); write(' ');
    gotoxy(10,13); write(temperatur[1], ' grd');
    delay(280);
end;

{ Procedure temperatur_2; }
{ Procedure temperatur_3; }
{ Procedure temperatur_4; }

begin
    clrscr; k:=0;
    writeln ('Das Programm ermittelt die Temperaturen von 4-Meßstellen');
    writeln ('Abbruch mit <CTRL-C>');
    gotoxy ( 9,11); write (' Mess-1 ');
    repeat
        port[890] :=1; temperatur_1;           { port[890] schaltet den Multiplexer }
        { port[890] :=0; temperatur_2; }
        { port[890] :=5; temperatur_3; }
        { port[890] :=4; temperatur_4; }
    until keypressed;
end.

Aufgaben: 1. Warum sollten die Temperaturfühler z.B. (NTC-Widerstand) besser mit einer Meßbrücke + Operationsverstärker benutzt werden?
2. Ergänze das vorgestellte Programm so, daß das Programm ordnungsgemäß die 4 Temperaturen auf dem Bildschirm ausgibt.
3. Vervollständige das Programm dadurch, daß alle Meßdaten in bestimmaren Zeitintervallen abgespeichert und bei Bedarf auf dem Bildschirm bzw. Drucker ausgegeben werden können.
```

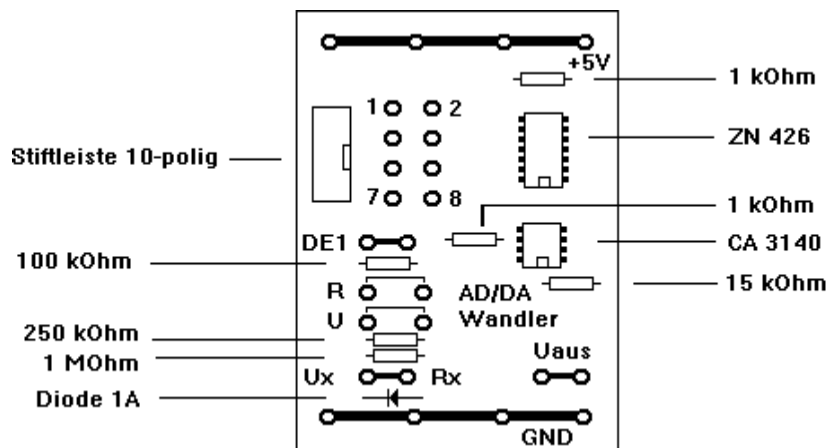
Bestückungs- und Platinenlayout wurden beide mit dem Programm RULE erstellt. Das Programm zeichnet sich durch geringe Kosten (55 DM Stand 1990) sowie einfache Handhabung aus. Die vorhandenen Optionen sind m.E. ausreichend für die Belange des Technikunterrichts. Der Druckmodus erlaubt den stufenlos vergrößerten Ausdruck der Bildvorlage. Zur Erzielung einer besseren Auflösung drucke ich z.B. mit 142% aus und verkleinere anschließend von A3 auf A4 auf dem Schulkopierer. Da ich nicht für alle Kopierer geeignete Vergrößerungen beifügen kann, belasse ich es bei den Ausdrucken 100% und 142%.

Hinweis zum Bestückungslayout:

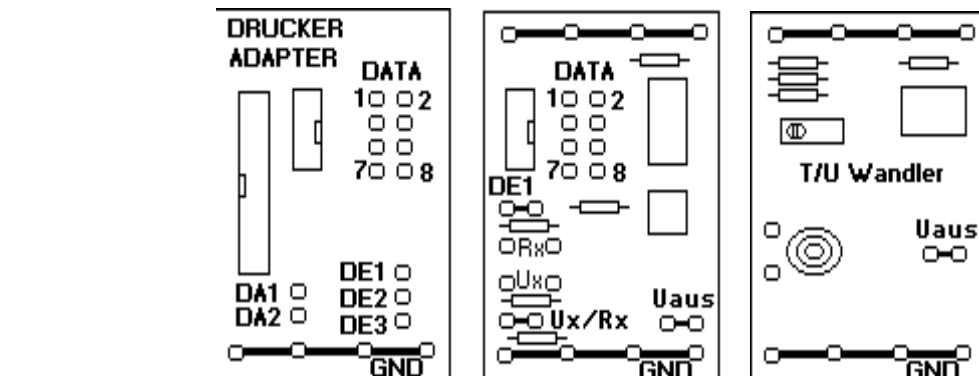
Leider wird das halbprofessionelle Ergebnis (die geätzte Platine) dadurch getrübt, daß die Platinenbeschriftung oft mit Filzschreiber von Hand erfolgt. Hier schafft das Umkehrfarbband (35 DM) der Fa. Compedo für Abhilfe. Der Platinenaufdruck erfolgt spiegelbildlich auf "normalem" Papier, anschließend wird das Papier auf die Platine gelegt und durch Aufbügeln übertragen.

Platinenlayout (100%)

Bestückungslayout



Hinweis zur Anschlußbelegung:



1. Schmidt/Weber Messen und Experimentieren,
IBM und Kompatible, Ferd. Dümmers Verlag
Bonn 1989
2. Grimm TECHNIK
Messen, Steuern, Regeln mit dem Computer
Benutzung der Druckerschnittstelle für Steuerungsaufgaben
TUF (Hrsg.) 3/90
3. Pütz Einführung in die Mikroprozessor-Anwendung
vgs Verlagsgesellschaft
Köln 1987
4. Pütz Experimente
Einführung in die Digitalelektronik 3
vgs Verlagsgesellschaft
Köln 1983
5. RULE Platinenlayoutprogramm
Harald Friedrich
Sudetenring, 6405 Eichenzell
Tel.: 06659/2249
6. Compedo Farbband
Fa. Compedo
Postfach 1352
5860 Iserlohn
Tel.: 02371/41071-73