

Peter Rix

Mehrfach-Plotten mit AIM-65 und PC-100

Der in den baugleichen Computern AIM-65 und PC-100 eingebaute kleine Thermodrucker wird vollständig per Software gesteuert. Dies ermöglicht die Ausgabe von Kurven und Bildern mit der Auflösung von 120×100 Punkten. Das hier vorgestellte Programm kann sogar bis zu sechs Funktionen gleichzeitig plotten.

Mit dem Beitrag „Formel-Input beim AIM-65“ [1] wurden die grafischen Möglichkeiten des AIM-Druckers auf einer

komfortabel zu bedienenden Ebene zugänglich gemacht. Für Anwendungen im naturwissenschaftlich-technischen Auf-

gabebereich reicht jedoch die Darstellung einer einzelnen Kurve in den wenigsten Fällen aus.

Die Leistungen des Plot-Programms

Das vorliegende Programm baut auf dem Ansatz von „Formel-Input“ auf, erweitert den Leistungsumfang im Hinblick auf Anforderungserfordernisse aber wesentlich. Das Programm ist für die 4-KByte-Version des AIM geschrieben und läßt den Ausdruck von bis zu sechs Funktionen gleichzeitig zu. Dabei dürfen Formvariable (Parameter), durch Semikolon getrennt, in der Input-Zeile mit definiert werden. Bereits definierte Funktionsterme dürfen in weiteren Funktionen unter ihrem Namen $Y0...Y5$ wieder aufgerufen werden, dabei darf auch das Argument verändert oder eine Verschachtelung vorgenommen werden, z. B. mit $Y0=1/X$ und $Y1=\sin(X)$ gilt auch

$$Y2=Y0(X-2) = 1/(X-2)$$

$$Y3=Y0(Y1(-X)) = 1/\sin(-X)$$

$$Y4=Y1(Y0) = \sin(1/X)$$

Das Definitionsintervall jeder Funktion kann gegenüber dem Zeichenintervall beliebig eingeschränkt werden. Das erlaubt Zeichnung, Ableitung und Integration stückweise definierter oder zusammengesetzter Kurven. Wird das Definitionsintervall auf Null verkleinert, so bleibt die Funktion definiert, wird aber nicht mehr gezeichnet. Zu jeder definierten Funktion Y_i kann der Ableitungsgraf $Y_j=(Y_i)'$ über den Differenzenquotienten $Y_j=(Y_i(X+DX)-Y_i)/DX$ gezeichnet werden. DX ist die Programmvariable für die Schrittweite auf der X-Achse.

Zu jeder definierten Funktion Y_i kann die Integralkurve

$$Y_j = \int Y_i + C$$

über die Rechteckregel

$$Y_j = Y + \sum (Y_i \star DX); Y = C$$

gezeichnet werden. Das Integrationsintervall (a/b) ist entweder durch das Zeichenintervall oder durch die Definitionsschranken vorgegeben. Die Programmvariable Y muß mit dem Startwert $C = Y_j(a)$ initialisiert werden, sie übergibt am Ende den Wert $Y_j(b)$ an die

```

0  ONW+1GOTO10,100-600,550
1  DEFFN(X)=:RETURN
2  DEFFN(Y)=:RETURN
3  DEFFN(X)=:RETURN
4  DEFFN(Y)=:RETURN
5  DEFFN(X)=:RETURN
6  DEFFN(Y)=:RETURN
7  Y=FNA(X):GOTO3050
8  DATA Y1,Y2,Y3,Y4,Y5,+,+,*+,/+,=
9  DATASGN,INT,ABS,SQR,RND,LOG,EXP,COS,SIN,TAN
10 W=1:DIMU(5),O(5),Y(5)
20 FORM=9T05:GOSUB1000:NEXT:POKE4,155:POKE5,12
100 PRINT"INTERVALL X,Y?":GOSUB900:IFA%="Y"GOTO160
110 IFA%/"X"GOTO300
120 INPUT"X-MIN=":XU:INPUT"X-MAX=":XO:[FXU]=XO-GOTO120
130 DX=(XO-XU)/99:O=-XU/OX:POKE3425,255
140 IF O=0AND O<255THEN POKE3425,O
150 IF W=1THEN W=2:GOTO100
160 INPUT"Y-MIN=":YU:INPUT"Y-MAX=":YO:[FYU]=YO-GOTO160
170 O=(YO-YU)/119:U=-YU/O+.5:POKE3432,255:W=2
180 IF U=0AND U<255THEN POKE3432,U
190 IF O=0GOTO120
300 PRINT"TERM Y0..5?":GOSUB900:M=9:U=0
310 IFA%(A%)<48ORASC(A%)>53GOTO500
320 M=VAL(A%):PRINT"Y":A%:"=":INPUTY%(M):GOSUB1000:X=565+63*M
330 FORY=1TOLEN(Y%(M)):RESTORE
340 FORN=1TO23:READA%:[FA%]>MID%(Y%(M),Y,LEN(A%)):GOTO410
350 IFN=7THENZ=41:N=N+64:Y=Y+1:U=1:GOTO400
360 IFN=7THENZ=58:GOTO430
370 IFN=13THENZ=156+N:GOTO430
380 IFN=13THENZ=172:GOTO430
390 Z=160+N-(N)16)*3:Y=Y+2:GOTO430
400 POKEX,159:POKEX+1,N:POKEX+2,40:POKEX+3,88:X=X+4:GOTO440
410 NEXT:Z=ASC(MID%(Y%(M),Y,1))
420 IF Z=40AND U=1THENX=X-3
430 U=0
440 POKEX,Z:X=X+1:NEXTY:W=INT(W)
500 PRINT"SCHRANKEN Y0..5?":GOSUB900
510 IFA%(A%)<48ORASC(A%)>53GOTO0
520 IFM<VAL(A%)AND W=3THEN GOSUB3000
530 M=VAL(A%):PRINT"Y":A%:"=":INPUTY%(M)
540 PRINT"O":A%:"=":INPUTO(M):W=INT(W)
550 IF W=3THEN GOSUB3000
600 PRINT"TEXT?":GOSUB900:IFA%<"/"GOTO660
610 PRINT" ":RESTORE:FORM=9T05:READA%
620 IFPEEK(565+63*M)=58GOTO650
630 PRINT"A%?":Y%(M)

```

Bild 1. Der Basic-Programmteil der Plot-Software. Bei Änderungen muß man sehr vorsichtig sein, weil sich sonst zahlreiche Adressen verändern – also besser genau ans Listing halten!

```

640 IF XUX(M)ORX(D)OR(M)THENPRINT"X E C":XU(M)F"/":XO(M)F"]
650 NEXT:PRINT" "
660 PRINT"GRAPH?":GOSUB900:M=0
670 ON(A$="J")*(1-W)+1GOTO100,600,700
680 IFPEEK(565+63*M)(X)58THENGOSUB3000
690 M=M+1:IFM<6GOTO680
700 PRINT" X=X:USR(0):PRINT" "PRINT"INTERVALLE:"
710 PRINT"X E C":XU(M)F"/":XO(M)F"]":PRINT"Y E C":YU(M)F"/":YO(M)F"]
720 PRINT" "":GOTO600
900 GETA$:IFA$=""GOTO900
910 RETURN
1000 O(M)=1.7E30:U(M)=-O(M)
1010 FORN=565+63*MTON+49:POKEN,58:NEXT
2000 FORN=3496+100*MTON+99:POKEN,255:NEXT:RETURN
3000 PRINT"ICH BERECHNE Y":M;"!":ONM+1GOSUB1,2,3,4,5,6
3010 POKE929,65+M:X=XU:W=3.5:GOSUB2000
3020 IFY=0ORX(U)M)GOTO3070
3030 IFY(O)ORX(X)O)THENRETURN
3040 GOTO7
3050 IF(YUORY)YOGOTO3070
3060 POKEX/OX+0+3496.5+100*M:Y/O+U
3070 X=X+DX:GOTO3020
    
```

```

0C9B A9 FF 8D 74 A4 A9 53 8D 76 A4 A9 77 8D 77 A4 20
0CAB 4E 8D A9 C1 8D 8C A8 20 A0 FF D0 00 20 A0 FF D0
0C8E 03 4C 79 F0 A0 00 8C 01 A8 A9 02 2C 0D A8 F0 FB
0C8C AD 78 A4 8D 01 A8 AD 00 A5 0D 79 A4 8D 00 A8 A9
0C8B A4 8D 08 A8 A9 08 8D 09 A8 AE 76 A4 2C 74 A4 10
0C8E 08 CA E0 59 D0 0F EE 74 A4 E8 D0 09 E8 E0 64 D0
0C8E 04 CE 74 A4 CA BE 76 A4 C8 C0 0A F0 04 C0 14 D0
0D0E 05 CE 77 A4 30 1C 20 4E 0D 20 1B EC 20 40 0D C0
0D1B 14 F0 A1 A9 00 8D 00 A8 A9 09 0D 00 A0 20 1B EC
0D2F D0 9E 20 40 0D A2 0A 20 A0 FF CA 10 FA A9 E1 D0
0D3E 0C A8 4C CB F0 A9 00 0D 01 A8 AD 00 A8 29 FC 8D
0D48 00 A8 50 A2 00 8E 7B A4 8E 78 A4 8E 79 A4 E8 8E
0D5B 7A A4 AE 76 A4 E0 00 F0 25 AD 77 A4 C9 55 F0 1E
0D6F D0 A8 0D F0 19 D0 0C 0E F0 14 D0 70 0E F0 0F D0
0D7F 04 0E F0 0A D0 38 0F F0 05 D0 0C 0F D0 1C AD 78
0D8B A4 0D 7A A4 8D 78 A4 AD 79 A4 0D 7E A4 8D 79 A4
0D9B 0E 7A A4 CE 7B A4 E0 09 AA 80 89 60 00 00 00
<↑>FROM=0C9B TO=0DAB 8355
    
```

Bild 2. Der Maschinenprogrammteil steuert den Drucker für die Grafikausgabe. Zur Kontrolle ist noch die Prüfsumme aller Bytes in bestimmten Adressenbereichen angegeben

nächste zu berechnende Funktion, so daß mehrere Integrale in aufeinanderfolgenden Teilintervallen zu einer Kurve zusammengefaßt werden können. Gezeichnet wird in einem 120 x 100-Punktgitter. Bei gleich gewählten Maßstäben auf X- und Y-Achse bleibt dadurch das Bild praktisch verzerrungsfrei. Bild 1 zeigt den Basic-Teil, Bild 2 den Maschinenprogrammteil. Ein typischer Ausdruck ist in Bild 3 wiedergegeben.

Komfortable Bedienung im Dialogbetrieb

„RUN“ initialisiert das Programm, alle Wertetabellen und Funktionsstrings werden gelöscht. „GOTO 0“ oder „GOTO 100“ erlaubt die Fortsetzung eines über F1-Taste oder Fehlermeldung abgebrochenen Programmlaufs ohne Datenverlust. Der Benutzer wird durch eine an-

gegebene 20-Zeichen-Display des AIM angepaßte Menütechnik geführt. Alle Ein- und Ausgabeschritte werden zyklisch abgefragt, sie können entweder durchgeführt oder mit der Leertaste übersprungen werden.

INTERVALL X,Y?

Die Antwort „X“ oder „Y“ erlaubt die Eingabe des jeweiligen Achsenintervalls. Nur bei der Ersteingabe sind beide Intervalle aneinander gekoppelt, später können sie einzeln verändert werden. Nach Änderung eines Achsenintervalls werden alle Grafen bei Anforderung einer Zeichnung neu berechnet.

TERM Y0...5?

Die Antwort „0“.....„5“ erlaubt die Eingabe der zugehörigen Funktionsgleichung als String. Parameter dürfen, durch Semikolon getrennt, in derselben Zeile mit

eingetragen werden. Zulässige Parameternamen sind A...L,P,R,S,T und bis auf Y0...Y5,DX,XU,X0,YU,YO alle zusammengesetzten Namen.

SCHRANKEN Y0...5?

Die Antwort „0“.....„5“ erlaubt die Eingabe einer unteren U(i) und oberen O(i) Definitionsschranke für die Funktion i. Werden keine Schranken vorgegeben, wird ein maximaler Definitionsbereich unterstellt.

TEXT?

Die Antwort „J“ bewirkt den Ausdruck aller Funktionsgleichungen und eventueller zugehöriger Definitionseinschränkungen.

GRAPH?

Die Antwort „J“ führt zum Ausdruck der Grafik. Soweit noch nicht geschehen, werden jetzt die Wertetabellen neu berechnet. Während das geschieht, wird der Name der gerade berechneten Funktion im Display angezeigt. Bei Veränderungen oder Ergänzungen nach dem ersten Grafik-Ausdruck berechnet das System üblicherweise nur die angesprochenen Funktionen neu. Will man einen Rechengang nach jeder Änderung verhindern, so kann man dies durch Neueingabe eines der Achsenintervalle tun.

Inbetriebnahme der Plot-Software

Bei der Ersteingabe des Basic-Programms muß Memory Size 3226 gewählt werden. Zweckmäßigerweise zeichnet man das Programm nach Ersteingabe mit Monitor-D-Befehl als eine Datei auf Band auf. Zu speichern sind die Adressenbereiche:

```

FROM 0 TO D6 MORE?Y
FROM 200 TO A55 MORE?Y
FROM C9B TO DA7 MORE?N
    
```

Der Ladevorgang erfolgt danach mit Monitor-L-Befehl, das Basic-Programm wird über die Warmstartadresse (Monitor-6-Befehl) erreicht. Die mögliche Verschachtelungstiefe von Funktionen (z. B. beim Berechnen höherer Ableitungen) hängt vom verfügbaren Platz im Basic-Stack ab. Um diesen Platz so wenig wie möglich einzuschränken, werden die Wertetabellen ab Zeile 3020 in Bild 1 ohne Unterprogrammtechnik oder FOR-NEXT-Schleifen berechnet. Erfahrungsgemäß ist damit eine Verschachtelungstiefe über vier Ebenen erreichbar, das heißt, aus einer Ausgangsfunktion wird die 4. Ableitung noch ohne OM-Fehler einwandfrei berechnet.

Bei sichtbar verzerrtem Ausdruck muß mit dem Trimpoti auf der AIM-Platine die Druckgeschwindigkeit nachjustiert werden, bis die Kurven und das Achsenkreuz sauber erscheinen.

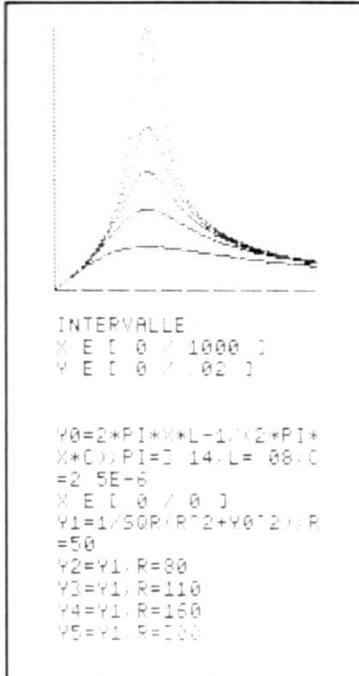


Bild 3. So sieht eine typische Grafik aus; errechnet wurde hier die Durchlaßkurve eines Reihenschwingkreises mit einem variablen Dämpfungswiderstand als Parameter

Mögliche Änderungen am Programm

Ohne Berücksichtigung der PEEK- und POKE-Adressen dürfen in den Basic-Zeilen 0...7 keinerlei Änderungen vorgenommen werden; Änderungen im restlichen Basic-Teil sind dagegen unkritisch. Die verwendeten POKE-Adressen sind: 4-5 = Start des Druckprogramms für USR; 939 = Funktionsname in Zeile 7; 565 = Stringbeginn in Zeile 1; 3425 = Nullstelle der X-Achse; 3432 = Nullstelle der Y-Achse; 3496 = Tabellenanfang. Für Funktionsstrings und Parameter muß stets genügend Speicherplatz reserviert bleiben. Beim Maschinenprogramm kann nach Adresse 0D6A mit der Befehlsfolge CMP Tabellenanfang, X und BEQ 0D89 jeweils der Ausdruck einer weiteren Funktionstabelle bewirkt werden. Für jede Funktion wird eine 100 Byte umfassende Wertetabelle angelegt, die, aufsteigend nach X, die normierten Funktionswerte enthält. Die Tabellenanfangs-Adressen in 0D6C, 0D71, 0D76, 0D7B, 0D80, 0D85 müssen bei einer Verlegung der Tabellen angepaßt werden. Bei einer Verschiebung des Druckprogramms sind die Sprungadressen in 0CAB, 0D12, 0D18 und 0D2E zu korrigieren. 0D61 und 0D68 sind die POKE-Adressen für die X- und Y-Nullstellen.

Literatur

- [1] Formel-INPUT beim AIM-65. FUNKSCHAU 1980, Heft 25, Seite 97.
- [2] AIM-65 plottet Funktionen. FUNKSCHAU 1980, Heft 12, Seite 94.

(FRQL/FRQH) direkt proportional und wird in einem 23-µs-Zeitraster erzeugt – so lange dauert nämlich ein Durchlauf der Schleife FGEN. Bezeichnet man den 16-Bit-Wert mit F, so ergibt sich für die Ausgangsfrequenz f:

$$f = \frac{F}{23 \mu s \cdot 256^2}$$

Daraus ergibt sich: $F = f \cdot 1.50733 \approx 1 f + \frac{1}{2} f + \frac{1}{256} f$, was sich sehr einfach mit einem kleinen Assembler-Programm errechnen läßt. Auch sind die Frequenzsprünge recht klein geworden; um bei der obigen Beispielfrequenz von 2 kHz zu bleiben: $F = 3015$ ergibt $f = 2000.2$ Hz, und $F = 3014$ liefert 1999.6 Hz. Ein kleiner Nachteil sei nicht verschwiegen: Bei höheren Ausgangsfrequenzen ist das Signal spektral nicht mehr ganz rein, da wegen des 23-µs-Zeitrasters ein Phasen-Jitter auftritt.

```

OC13      PASS 2
0000 PB          =$A800
0000 PBD         =$A802
0000 FRQL        *=*+1
0001 FRQH        *= $C00
0C00 START      A9FF LDA  £$FF
OC02          8D02A8 STA  PBD
OC05 FGEN       98    TYA
OC06          6500 ADC  FRQL
OC08          A8    TAY
OC09          8A    TXA
OC0A          6501 ADC  FRQH
OC0C          AA    TAX
OC0D          8D00A8 STA  PB
OC10          18    CLC
OC11          90F2  BCC  FGEN
OC13          .END
OC13          ERRORS= 0000
  
```

6502-Programm zur Erzeugung eines NF-Rechtecksignals von 0.66 Hz bis etwa 5 kHz am Port PB7, hier mit der AIM-65-Adressenbelegung

Aufs Hertz genau

Wer einen Mikrocomputer zur Erzeugung einer bestimmten Frequenz einsetzt, verwendet dazu meist entweder eine Zählschleife für die halbe gewünschte Periodendauer, wobei nach jedem Durchlauf ein Port umgeschaltet wird, oder (falls im System vorhanden) einen programmierbaren Timerbaustein wie den 6522 im Freilauf-Modus. Der Nachteil beider Verfahren ist, daß sich die Ausgangsfrequenz nur in recht gro-

ben Schritten ändern läßt, da sie durch Teilung aus dem (1-MHz-)Systemtakt abgeleitet wird. Beim 6522-Timer ergibt sich aus einer halben Periodendauer von 250 µs eine Frequenz von 2000 Hz, aus 251 µs jedoch nur noch 1992 Hz, und Zwischenwerte sind nicht möglich. Bei Zählschleifen werden die Frequenzsprünge noch größer. Ein weiterer Nachteil ist, daß bei der Eingabe der gewünschten Frequenz über ein Tastenfeld erst einmal eine Routine zur Kehrwertbildung nötig ist. Diese Nachteile vermeidet die Routine im Bild. Die Ausgangsfrequenz ist hier einer 16-Bit-Variablen in 0000/0001

Das Beispielprogramm im Bild ist für den AIM-65-PC-100 geschrieben und frei verschiebbar. Es liefert am Port PB7 die gewünschte Ausgangsfrequenz, an PB6 die doppelte, an PB5 die vierfache usw. Dabei wird angenommen, daß keine PB-Leitung anderweitig als Ausgang verwendet werden soll. Schließt man an PB einen D/A-Wandler an, so erhält man eine Sägezahn-Signal. Der Programm-Abbruch kann mit Reset oder einem Interrupt erfolgen.

Das Prinzip der Routine entstammt dem im Franzis-Verlag erschienenen Buch „Anwendungsbeispiele für den Mikroprozessor 6502“ (RPB 173), wo ein Sinussignal über einen D/A-Wandler erzeugt wird. Herwig Feichtinger