

Schrittmotor-Fernsteuerung zur Abstimmung einer magnetischen Antenne (1)

KURT JENDRESCHKE

Die Leistungsfähigkeit der magnetischen Antenne im TX-Betrieb (Senden) steht und fällt mit einer exakten Abstimmung. Probleme damit spiegeln sich auch in FA-Beiträgen der letzten Jahre wider. Die erhöhten Forderungen der Verfügung 306/97 des BMPT treffen früher oder später auch die CB-Funker, da trotz geringer 4-W-Sendeleistung (mindestens ein „hi“ kann ich mir dabei nicht verkneifen) deren Antennen oft in unmittelbarer Nähe von Personen betrieben werden. Schlecht abgestimmte Antennen verursachen in den Zuleitungen Verluste, die sich auch als Störfeldstärken nicht nur für TV bemerkbar machen.

In diesem Beitrag wird eine Lösung für eine ferngesteuerte Abstimmung der magnetischen Antenne vorgestellt, die gegenüber der im FA 6/95 dargestellten alle bisherigen Erfahrungen berücksichtigt.

Um z.B. den ganzen CB-Kanal-Bereich abzustimmen, benötigt man bei einer magnetischen Antenne entsprechend ihrem konstruktiven Aufbau (siehe hierzu Bild 1) nur etwa 22° (dies entspricht 0,55° pro Kanal) Winkelverstellung des Luftdrehkondensators. Eine Fehleinstellung von etwa 2° bewirkt bei Sendebetrieb bereits einen SWR-Anstieg auf >1,5.

Hieran ist zu erkennen, daß eine feinstufige Fernsteuerung erforderlich ist, die entweder zur Kontrolle mit einer direkten SWR-Messung oder einer Kanalanzeige zu koppeln ist. Eine relativ einfache und sichere Lösung war nur mittels Fernsteuerung eines Schrittmotors zu realisieren.

Minimalvariante und deren Hauptbauteile

Die Minimalvariante der Antennensteuerung besteht im vorliegenden Fall aus einem unipolaren 4-Strang-Schrittmotor, der mit 200 Schritten 360° abdeckt. Seine Betriebsdaten sind: 12 V/33 Ω pro Strang, $I_{max} = 350 \text{ mA/Strang}$.

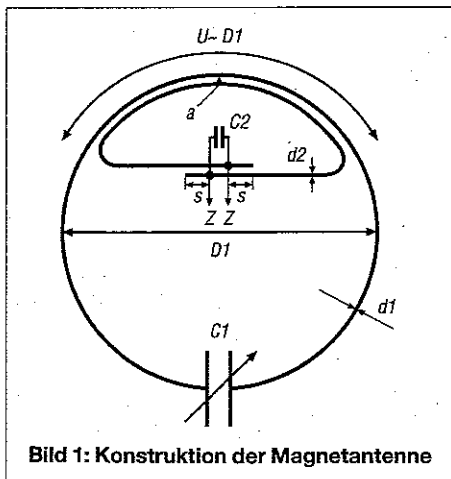


Bild 1: Konstruktion der Magnetantenne

Bild 2: Der Schrittmotor findet in einer Kunststoffbox Platz.

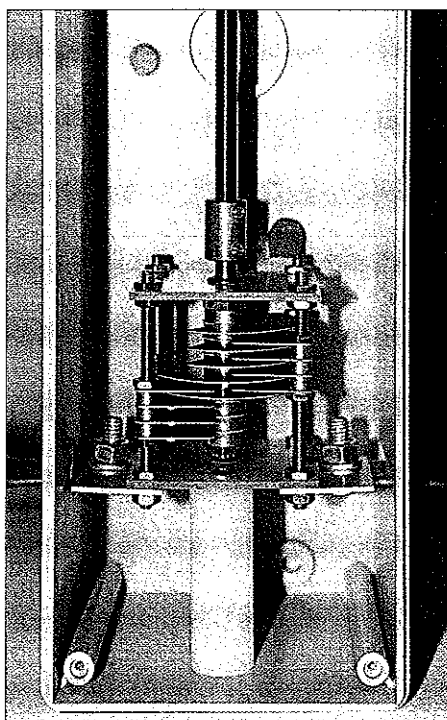
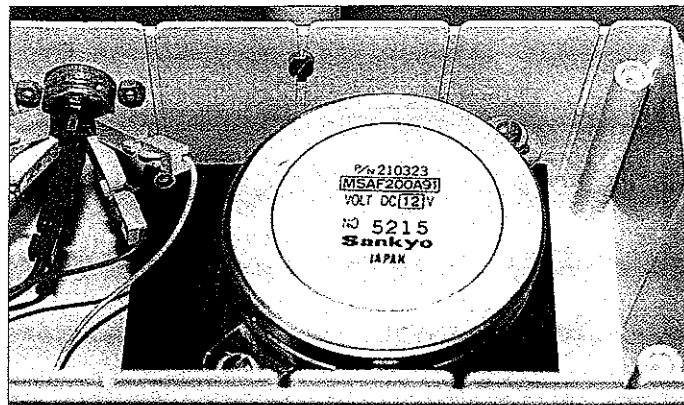


Bild 3: Mittels einer Kunststoffachse wird der Schrittmotor mit dem Luftdrehkondensator verbunden. Fotos: Autor

Ausgewählt wurde hier ein Schrittmotor vom Typ „Sankyo MSAF200A91“ mit einem Lochabstand Flansch 80 mm. Die Achsenstärke dieses Motors beträgt 5 mm × 9,5 mm. Das Ganze stammt aus einem zum Aufbauzeitpunkt verfügbaren Sonderangebot der Firma Conrad Electronic für nur 3 DM. Sicherlich lassen sich aber auch andere Schrittmotortypen mit vergleichbaren technischen Eigenschaften finden, die dafür geeignet sind.

Da der Stellwinkel von 1,8° pro Schritt viermal größer als die Mindestanforderung ist, mußte zusätzlich eine Untersetzung 4:1 mittels Zahnrad-Kombination (15 Z/60 Z) Modul 0,5 aus dem Modellbau vorgesehen werden. Damit konnte eine Winkelverstellung von 0,45° pro Schritt erreicht werden, die eine erforderliche Mindest-Auflösung von etwa = 0,55° pro Kanal realisiert.

Diese Teile wurden auch in einer C-Box (Bild 2) über dem Luftdrehko untergebracht und mittels Kunststoffachse (6 mm

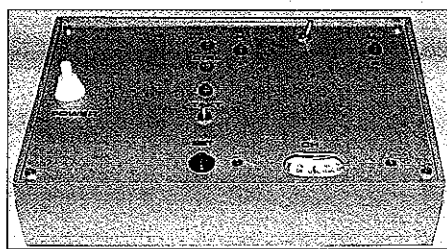


Bild 4: Ansicht des Mustergerätes

Durchmesser) mit dem Luftdrehko (Bild 3) kraftschlüssig verbunden.

Für den sehr leichtgängigen Luftdrehkondensator der Fa. Anneck ist dieser kleine Schrittmotor völlig ausreichend. Eine ungewollte Verstellung wird bereits durch die Untersetzung verhindert. Außerdem weisen Schrittmotoren auch im spannungslosen Zustand ein Haltemoment auf.

Der Ansteuer-IC ist ein Typ SAA 1027 für einen unipolaren 4-Strang-Schrittmotor bis 400 mA/Strang, der Taktgeber-IC (modifizierter Timer) ist vom Typ NE 555. Die gesamte Fernsteuerung kann in einem Pultgehäuse, wie es in Bild 4 zu sehen ist, untergebracht werden, das unmittelbar neben dem CB-Funkgerät aufgestellt wird.

Schrittmotor-Fernsteuerung zur Abstimmung einer magnetischen Antenne (4)

KURT JENDRESCHKE

Im abschließenden Teil dieses Beitrags soll nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Leistungsfähigkeit einer Magnetantenne im Sendebetrieb mit der exakten Abstimmung steht und fällt. Schlecht abgestimmte Antennen führen zu Verlusten und Störfeldern. Das aufgebaute Mustergerät unserer fernabgestimmten Antenne war hier in der Lage, auf jedem CB-Kanal ein akzeptables Stehwellenverhältnis am SWR-Meter zur Anzeige zu bringen. Die Fernsteuerungselektronik kann je nach Gusto natürlich noch mit weiteren Zusätzen, wie z.B. einem Automatikabgleich usw., ergänzt werden. Hier ist dann die eigene Kreativität gefragt...

Für den versierten Bastler ist auch der Einbau weiterer Features interessant. Da der Luftdrehko einen unbegrenzten Drehwinkel hat, jedoch für die Kanaleinstellung nur ein Bruchteil genutzt wird, montierte man zur Begrenzung maximaler Winkelstellungen zwei IR-Gabel-Lichtschranken, die beim Erreichen der Grenzstellung (z.B. 2 bis 3 Schritte über den Kanalgrenzen) den Setzeingang auf Low setzen, d.h. Stop, und die bisher aktive Richtungs-LED blinkt. Nach Umschaltung des 4-Ebenen-Kippschalters auf die andere Richtung wird der Setzeingang wieder freigegeben.

Das Nonplusultra für die gesamte Fernsteuerung wäre natürlich der automatische Abgleich, zumindest aber eine Kopplung mit dem DIAL-Knopf der Kanalwahl. Selbst eine zweistellige Kanalanzeige kann ein IC-Fresser mit vielen Problemen werden, da dies mit einem einfachen BCD-codierten dekadischen Vor-/Rückwärtszähler infolge der Kanalaufteilung im CB nicht machbar ist.

Fazit

Der Antennentyp mit Resonanzringabstimmung (sogenannte magnetische Antenne) im CB ist mit einer exakt funktio-

nierenden Fernsteuerung im TX-Betrieb die bessere Alternative gegenüber kurzen Stabantennen. Eine Montage innerhalb des Dachraumes eines Satteldaches oder mit Hülle auf einem Balkon wird von Vermietern auf Grund der geringen Abmessung ohne erforderliche Betriebs- bzw. Blitzschutzterde am ehesten toleriert.

Vergleichsversuche von mehr als einem Jahr haben mich von der leichten und stets reproduzierbaren guten Abstimmbarkeit überzeugt.

Gemessen wurde immer mit dem SWR-DIGIT (max. Länge von Steuerkabel/Antennenkabel 15 m), wobei bei jeder Kanaleinstellung ein SWR = 1,0 zur Anzeige gebracht werden konnte. Dieser Wert ist praktisch nicht real (Gerätegenauigkeit nur 5%), allerdings kommt er einem angestrebten SWR von 1,1 recht nahe.

Dagegen muß jede Abstimmung einer Stabantenne am Montageort erfolgen und kann nicht vom Standort des Funkgeräts beeinflusst werden. Wie oft muß man bei Stabantennen an den Radialen nachstellen und ist dann vom Ergebnis enttäuscht.

Je enger die Kopplung zwischen Resonanzring und Koppelschleife, desto exakter muß die Abstimmung mit dem Luftdrehko erfolgen. Versuchsweise durchge-

führte Verstimmung wurde dann auch bei RX-Betrieb eindeutig spürbar. Eine genaue Abstimmung brachte auch Vorteile bei der Verwendung eines selektiven Antennenverstärkers.

Zur Kontrolle wurden SWR-Werte bei beabsichtigter Verstimmung ermittelt:

1. Abstimmung auf Kanal 1 ... schalten zum Kanal 40 ... SWR bis 2,9 (umgekehrt analog)
2. Bei starker Anfangsverstimmung wurde folgender SWR ermittelt:
Ausgangsverstimmung SWR = 2,9 bei Kanal 1 ... schalten zum Kanal 40 ... SWR bis 4,8
3. Der absolute Höchstwert von SWR, der versuchsweise bei Verstimmung erreicht wurde, betrug 7,5.

Ergänzende Hinweise

Ein gemeinsames Treiber-Interface zum Synchronlauf beider Schrittmotoren hat sich infolge großer Unterschiede in der Impedanz der Zuleitungen und des Lastmoments nicht bewährt. Ein eigenes Netzteil (s. Bild 5, Teil 2 des Beitrags) ist nur bei einem in der Ausgangsleistung, der Stabilisierung und Siebung beim Ausgang zu gering dimensionierten Netzteil des CB-Funkgeräts notwendig (Stromimpulse bei 2 Schrittmotoren ≈ 1,5 A).

Beim Einsatz der magnetischen Antenne mit Luftdrehko 8 bis 18 pF (siehe Bild 8) ist beim 40-Kanal-Betrieb eine Vergrößerung der Winkelverstellung durch Entfernung einer und/oder beider äußeren Rotor-scheiben oben und unten möglich. Für den 80-Kanal-Betrieb ist das aber infolge dann fehlender maximaler Kapazität für die untersten Kanäle, d.h. in Richtung Kanal ...41, nicht machbar.

Eine Kapazität $C_2 = 12$ pF (Keramikscheibe), siehe Bild 1, am Einspeisepunkt der Koppelschleife verringert die erforderliche Winkelverstellung um etwa 4° und damit die Auflösung. Auch von einer Glühlampe parallel zum Luftdrehko als Indikator für grobe Abstimmung ist ebenfalls abzuraten, da erhebliche Störfeldstärken und Leistungsverluste auftreten.

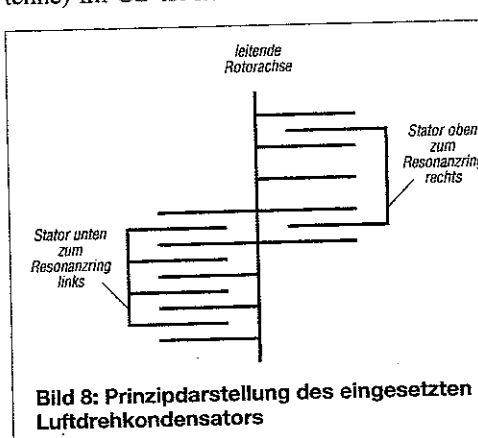


Bild 8: Prinzipdarstellung des eingesetzten Luftdrehkondensators

f in MHz	26,565	.....	26,955	26,965	.....	27,205	27,215	.....	27,225	27,235	27,245	27,255	26,265	.....	27,405											
Channel-Nr.	41		80	1		20	21		22	24	25	23	26		40															
Kanalabstand	10 kHz		10 kHz außer 3-4, 7-8, 11-12, 15-16, 19-20				10 kHz																							
erforderliche C-Variation des Luftdrehko	max. Kapazität															min. Kapazität														

Bild 9: Erforderliche Kapazitätsvariation bezüglich der CB-Kanalunterteilung

Das mV-Meter sollte aber auch Wechselspannungen messen können. Dazu schaltet S1a zunächst C1 mit einer ausreichend hohen Betriebsspannung in den Signalzweig ein. Bleibt die Verstärkung auf dem Gleichspannungsniveau, so wird der arithmetische Mittelwert U_{mitt} oder U_{ar} gemessen und angezeigt.

Bei sinusförmigen Signalen empfiehlt sich aber die Aussage des Effektivwertes U_{eff} . Zwischen beiden Werten gibt es den Zusammenhang $U_{\text{eff}} = 1,11 \cdot U_{\text{mitt}}$. Für die Praxis bedeutet das eine Verstärkung des U_{mitt} -Wertes um 1,11. Die Widerstandskombination R15 + R14 muß demzufolge das 0,9fache von (R17 + R16) sein.

Auch hier ist die Kalibrierung relativ einfach. In der Schalterstellung U_{eff} wird eine Gleichspannung von 9,00 oder 0,90 V hinter C1 eingespeist. R15 ist so zu verändern, daß der Wert 10,00 bzw. 1,00 V angezeigt wird. Es versteht sich, daß auch diese Kalibrierung im Endzustand wiederholt werden muß.

Bei der Hochohmigkeit der OPVs sowie der Gesamtverstärkung ist einiges zu tun, um speziell die beiden empfindlichen Bereiche 1 mV und 10 mV optimal arbeiten zu lassen. Die Betriebsspannung von ± 9 V wurde aus einem überdimensionierten, sta-

bilisierten und ausreichend gesiebten Netzteil gewonnen.

■ Platine

Die Platine wurde so entworfen, daß die Schalter S1 und S2 sowie R11 direkt eingelötet werden können. Ihre Achsen ragen dann durch die Frontplatte. Diese ist aus Alu und hat damit nach vorn eine abschirmende Wirkung.

Die Platine ist zwar auf der Bestückungsseite als durchgehende Massefläche ausgebildet, hat aber selbst keine abschirmende Wirkung. Sie ist durch vier metallische Gewindebolzen an der Frontplatte befestigt. Die weitere und notwendige Abschirmung der Platine erfolgt durch eine Kappe aus Weißblech.

Für die Meßbuchsen (Cinch) sowie R20 brachte eine separate Weißblechkappe abschirmende Wirkung. Im Endzustand werden im 1-mV-Bereich jetzt ohne Eingangssignal und ohne Meßkabel nur noch Fremdspannungen in der Größe von ca. 20 μ V angezeigt.

■ Musteraufbau

Hinsichtlich Drift und Frequenzgang erwies sich beim Musteraufbau der OP 37 GP (DIL) für IC1 und IC2 als optimal.

SMD-Varianten für IC1 brachten keine Verbesserung gegenüber direkt eingelöteten Schaltkreisen, IC-Fassungen ergaben eine geringfügige Absenkung der Verstärkung ab ca. 30 kHz.

Ohne die Gegenkopplungselemente R13, C4 war die Verstärkung bis ca. 50 kHz linear, allerdings wurden auch ca. 40 μ V Fremdspannung bei offenem Eingang angezeigt. NF-Messungen kleiner ca. 25 Hz sind wenig sinnvoll, da hier abwechselnd LD1 und LD2 leuchten sowie der Zeiger von M1 zwischen 0 und dem Meßwert pendelt.

Die Meßgenauigkeit liegt bei einem Meßinstrument der Klasse 1,5 im oberen Skalendrittel bei $\pm 2\%$, bezogen auf den Endwert. Das Messen kleiner Spannungen (< 10 mV) wird beeinflusst vom Meßaufbau, den Meßkabeln sowie den Fremdfeldern.

R_i sowie die Strom- bzw. Spannungsempfindlichkeit bestimmen die notwendige Verstärkung. Bei einem Äquivalent für IC1 ist zu beachten, daß je nach Typ die Offsetkompensation auch an den Pins 1–5 durch eine positive Spannung oder an einem anderen Pin erfolgen kann. IC1 sollte ohne Fassung eingelötet werden.

Bezugsquelle für die speziellen Halbleiter ist u.a. die Fa. segor electronics, Berlin.

Töne fürs Amateurlabor – mit der Soundkarte erzeugt

Dipl.-Ing. ANDREAS KÖHLER

In [1] wurde ein Weg beschrieben, wie die Soundblasterkarte als Oszilloskop verwendet werden kann. Obwohl man sich der Grenzen dieser Lösung bewußt sein sollte, ist diese Anwendung sicher nicht uninteressant. So ist es dann nur folgerichtig, die technischen Möglichkeiten der Soundkarte auch für Tonausgaben zu verwenden.

Auch hier gibt es Grenzen, die zu beachten sind. Trotzdem lassen sich manche Anwendungen mit der Soundblasterkarte realisieren.

■ Grenzen der Soundblasterkarte

Auch, wenn die Verpackung der Soundblasterkarten mitunter beste technische Parameter suggerieren, sieht die Praxis, insbesondere aus der Sichtweise des Meßtechnikers, etwas anders aus. Diese Grenzen sollen hier zunächst beschrieben werden. Eine Wertung, wie sich diese Grenzen auf die konkrete Anwendung auswirken, muß für jeden Anwendungsfall einzeln geklärt werden.

Zunächst wäre da die Betriebsspannung. Hier werden für den Endverstärker der Soundkarte meist die +12 V des Netzteils genutzt. Die gleiche Spannung wird aber

auch für den Betrieb von Festplatten, CD-ROM-Laufwerken und der seriellen Schnittstelle genutzt. Daraus ergeben sich einige kritische Punkte.

Erstens enthält diese Spannung große Störspannungen. Diese sind außerdem vom Belastungszustand des Netzteils abhängig. Der Anlaufvorgang einer Festplatte kann daher die Kurvenform des Ausgangssignals verfälschen. Mitunter ist diese Beeinflussung sogar als höherfrequentes Surren gut hörbar. Ein Klirrfaktor von wenigen Promille ist also von dieser Lösung nicht zu erwarten.

Oft wird die Spannung deshalb durch einen Spannungsregler auf der Soundkarte noch zusätzlich stabilisiert. Damit werden zwar die Störgeräusche etwas verringert, aber keineswegs vollständig beseitigt. Andererseits ist damit die Aussteuerbarkeit des Signals recht begrenzt. Setzt man einen

unrealistisch hohen Wirkungsgrad voraus, ergeben sich maximal noch 5 V (Spitze – Spitze) Ausgangsspannung.

Rein rechnerisch ergeben sich somit 0,78 W (Spitze-Spitze) an einem Lastwiderstand von 4 Ω . Da jedoch ein Sinussignal über einen längeren Zeitraum erzeugt werden soll, ist diese kurzzeitige Spitzenleistung kaum länger zu halten. Realistisch dürfte die maximal verfügbare Dauerausgangsleistung unter einem Watt liegen. Das bedeutet, daß die verfügbare Ausgangsspannung recht begrenzt ist.

Wer sich außerdem mit den Datenblättern der NF-Verstärker beschäftigt, wird feststellen, daß die Nutzung der Maximalleistung der NF-Verstärker entsprechende Kühlkörper erfordert. Wenn überhaupt vorhanden, sind die Kühlkörper der Verstärker nur einige Quadratzentimeter groß. Die oft vorhandene interne Verlustleistungsbegrenzung des Verstärkers bestimmt damit ebenfalls die verfügbare Ausgangsleistung und den Klirrfaktor.

Ein weiterer Punkt ist der Frequenzgang. Bei einem HiFi-Verstärker verwendet man sehr große Kondensatoren oder sogar eine Gleichstromankopplung des Lautsprechers, um eine niedrige untere Grenzfrequenz zu realisieren. Bei der Soundkarte sollte dies nicht anders sein. Allerdings steigt auch der Preis eines Elkos mit seiner Kapazität. Hinzu steigt mit der Kapazität auch der Volu-

```

program TONGEN_SOUNDBLASTER;
(Tongenerator mit Soundblaster)
uses Crt, Graph, Dos;
var
portwert, hz, ez, einlen, reg: Integer;
teil, para: Longint;
BA, freq, schritt: Word;
chw: char;
h: string;
freqh, freql, okt, amp, sreg: Byte;
label wmenue;

procedure anfang;
begin
freq := 0;
schritt := 1;
amp := 0;
Clrscr;
GoToXY(5,5);
writeln('PROGRAMM Tongenerator mit Soundblaster');
GoToXY(5,10);
writeln('erstellt von Dipl.-Ing. Andreas Koehler Dessau');
GoToXY(5,15);
writeln('weiter mit der Taste ENTER ');
readln;
end;

procedure schnitt;
label m1, m2, m3;
begin
BA := 512; {200 hex}
asm
mov bx, 0008H {8 Adressbereiche von 200H kontrollieren}
mov dx, [BA] {Grundadresse}
@m2: add dx, 0006H {Initport}
mov cx, 1000H
mov al, 01H
out dx, al {Ruecksetzen ausgeben}
mov dx, [BA]
add dx, 000EH {Statusport}
@m1: in al, dx {lesen}
and al, 080H {nur Bitwertigkeit 128}
cmp al, 080H {gesetzt ?}
jnz @m3 {gefunden}
dec cx {Anzahl Versuche verringern}
jnz @m1 {ein wenig Zeit lassen}
mov DX, [BA]
add dx, 0020H {naechste Adresse}
mov [BA], DX
dec bx
jnz @m2
mov dx, 0000DH {wenn nicht gefunden}
{ausrechnen von FFFF vorbereiten}
@m3: sub DX, 0000EH {Adresskorrektur}
mov [BA], DX {Adresse ablegen}
end;
if BA = 65536 then
begin;
Clrscr;
writeln;
writeln;
writeln('Programm nicht ausfuehrbar');
writeln;
writeln('da keine SOUNDBLASTER Karte');
writeln;
writeln('weiter mit Taste');
readln;
end;
GoToXY(12,20);
write('Soundblaster gefunden auf Adresse ');
writeln(BA);
readln;
end;

procedure sbinit;
begin
for sreg := 0 to 255 do
begin
port[904] := sreg;
delay(5);
port[905] := 0;
delay(5);
end;
end;

procedure feinstell;
begin
freql := para and 255;
freqh := para div 256;
reg := 1;
port[904] := $20;
delay(5);
port[905] := $01; {Multiplikator fuer Modulator}
delay(5);
port[904] := $40;
delay(5);
port[905] := $10; {Modulator Level 40 dB}
delay(5);
port[904] := $60;
delay(5);
port[905] := $0F0; {Attack und Decay}
delay(5);
port[904] := $80;
delay(5);
port[905] := $77; {Sustain und Release}
delay(5);
port[904] := $0A0;
delay(5);
port[905] := freql; {LSB Frequenz}
port[904] := $23;

```

```

delay(5);
port[905] := $01; {Multiplikator fuer Traeger}
delay(5);
port[904] := $43;
delay(5);
port[905] := amp; {Amplitudeneinstellung}
delay(5);
port[904] := $63;
delay(5);
port[905] := $0F0; {Attack und Decay Traeger}
delay(5);
port[904] := $83;
delay(5);
port[905] := $77; {Sustain und Release}
delay(5);
port[904] := $0B0;
delay(5);
port[905] := ($20 OR (4 * OKT + freqH));
{MSB Frequenz Octave und Ton an}
end;

```

```

procedure wertanz;
begin
GoToXY(5,20);
write('Die aktuelle Frequenz betraegt ');
write(freq);
writeln(' Hz');
GoToXY(5,22);
write('Die aktuelle Schrittweite betraegt ');
write(schritt);
writeln(' Hz');
GoToXY(5,24);
write('Die aktuelle Amplitude betraegt ');
write(amp);
writeln(' dB');
end;

```

```

procedure einstell;
const wert: longint = 50000;
pot: longint = 20;
begin
if freq > 6243 then freq := 6243;
if freq < 25 then freq := 25;
if freq > 25 then okt := 0;
if freq > 48 then okt := 1;
if freq > 97 then okt := 2;
if freq > 195 then okt := 3;
if freq > 390 then okt := 4;
if freq > 780 then okt := 5;
if freq > 1560 then okt := 6;
if freq > 3121 then okt := 7;
para := Round(freq shl (pot-okt)/wert);
feinstell;
end;

```

```

procedure hertz;
label hertz1;
begin
einlen := 0;
freq := 0;
GoToXY(5,18);
write('Die Eingabefrequenz betraegt ');
repeat
h := readkey;
if h = #13 then goto hertz1;
einlen := einlen + 1;
val(h, hz, hz);
freq := (freq * 10) + hz;
GoToXY(41,18);
write(freq);
until einlen > 5;
hertz1: GoToXY(41,18);
writeln(freq);
einstell;
Delay(30000);
end;

```

```

procedure fschritt;
label schritt1;
begin
einlen := 0;
schritt := 0;
GoToXY(5,22);
writeln('Die aktuelle Schrittweite betraegt ');
repeat
h := readkey;
if h = #13 then goto schritt1;
einlen := einlen + 1;
val(h, hz, hz);
schritt := (schritt * 10) + hz;
GoToXY(41,22);
writeln(schritt);
until einlen > 4;
schritt1: GoToXY(41,22);
writeln(schritt);
Delay(30000);
end;

```

```

procedure plus;
begin
if freq < (8243 - schritt) then
begin
freq := freq + schritt;
einstell;
end;
end;

```

```

procedure minus;
begin
if freq > (25 + schritt) then
begin
freq := freq - schritt;
einstell;
end;
end;

```

```

procedure frequenz;
begin
Clrscr;
wertanz;
GoToXY(5,1);
writeln('Frequenzeinstellung');
GoToXY(5,4);
writeln(' F und Zifferneingabe = Frequenz');
GoToXY(5,7);
writeln(' S und Zifferneingabe = Schrittweite');
GoToXY(5,10);
writeln(' + und Zifferneingabe = Frequenzerhoehung');
GoToXY(5,13);
writeln(' - und Zifferneingabe = Frequenzverringern');
GoToXY(5,16);
writeln('Space ..... zum Hauptmenue ');
case readkey of
'F', 'f': hertz;
'S', 's': fschritt;
'+': plus;
'-': minus;
':': EXIT;
end;
frequenz;
end;

```

```

procedure ahoch;
begin
if amp > 0 then
begin
amp := amp - 1;
port[904] := $43;
delay(5);
port[905] := amp;
delay(5);
end;
end;

```

```

procedure arunter;
begin
if amp < 63 then
begin
amp := amp + 1;
port[904] := $43;
delay(5);
port[905] := amp;
delay(5);
end;
end;

```

```

procedure amplitude;
begin
repeat
Clrscr;
GoToXY(5,5);
writeln('Amplitudeneinstellung');
GoToXY(5,10);
writeln(' Amplitude verringern... - ');
GoToXY(5,13);
writeln(' Amplitude erhoehen... + ');
GoToXY(5,16);
writeln(' Zurück zum Hauptmenue... SPACE');
wertanz;
chw := readkey;
if chw = '+' then ahoch;
if chw = '-' then arunter;
if chw = ':' then EXIT;
until false;
end;

```

```

procedure ende;
begin
sbinit;
Clrscr;
GoToXY(5,10);
writeln('Ende des Tongeneratorprogramms');
writeln;
writeln('© Dipl.-Ing. Andreas Koehler');
writeln;
writeln;
writeln('Dessau 1998 ');
writeln;
writeln('Weiter mit der >ENTER< Taste ');
readln;
chw := '3';
end;

```

```

procedure Menue;
begin
repeat
Clrscr;
GoToXY(3,1);
writeln('Tongenerator mit Soundblasterkarte');
GoToXY(5,5);
writeln('Frequenzeinstellung... 1');
GoToXY(5,9);
writeln('Amplitudeneinstellung... 2');
GoToXY(5,13);
writeln('Ende... 3');
GoToXY(5,17);
writeln('Ihre Wahl bitte ');
chw := readkey;
if chw = '1' then frequenz;
if chw = '2' then amplitude;
if chw = '3' then EXIT;
until false;
end;

```

```

begin
anfang;
schnitt;
sbinit;
wmenue: wmenue;
if chw < '3' then goto wmenue;
ende;
end.

```

menbedarf. Aus diesem Grund ist kaum ein Koppelkondensator größer als 470 µF. Daraus resultieren untere Grenzfrequenzen im Bereich von 50...300 Hz.

Das heißt nicht, daß Frequenzen unter 300 Hz nicht erzeugbar sind. Ihre verfügbare Amplitude ist jedoch für manche Anwendungen nicht brauchbar. Vorteilhaft ist andererseits, daß die Ausgänge der Soundkarte recht robust sind. Kurzzeitige Kurzschlüsse verlaufen oft glimpflich.

Die obere Frequenzgrenze wird durch die Zahl der verfügbaren Oktaven begrenzt. Hierbei sind meist 7 oder 8 Oktaven verfügbar. Theoretisch sind durch die Zusammenschaltung mehrerer als Operatoren bezeichneter Tongeneratoren beliebige Wellenformen erzeugbar. Den physikalischen Hintergrund dazu bildet die Fouriersynthese. Da allerdings der Aufwand beträchtlich ist, wurde die vorgestellte Lösung auf Sinussignale beschränkt.

Ein weiteres Problem ist die Amplitudeneinstellung. Bedingt durch die Verwendung preiswerter Bauteile ist die Amplitudeneinstellung mit großen Fehlern behaftet. Es ist also keineswegs von einem reproduzierbaren Zusammenhang zwischen eingestelltem Dämpfungswert des Mischers und der Ausgangsamplitude auszugehen. Dies gilt insbesondere bei der Anwendung verschiedener Soundkarten. Hinzu kommt die Frequenzabhängigkeit des Signals.

Abschließend noch einige Randbemerkungen zur Anwendung. Die Soundkarte ist mit ihrem Slot-Blech leitend mit dem PC-Gehäuse verbunden. Das Gehäuse des PC sollte im Normalfall das Potential des Schutzleiters führen. Das heißt, es besteht eine galvanische Verbindung zwischen Masse der Soundkarte und Netzanschluß. Bei der Prüfung von Geräten, die Netzspannung führen, ist dies gegebenenfalls zu berücksichtigen.

■ Programmgrundlagen

Das Programm sollte so einfach wie möglich gehalten werden. Es wurde auf die Programmiersprache Turbo Pascal zurückgegriffen. Als Hardware wird eine Soundblaster-kompatible Soundkarte genutzt. Für das Programm wird nur der Funktionsumfang einer Adlib-Karte genutzt. Damit ist das Programm prinzipiell auch mit einer Adlib-Karte nutzbar.

In diesem Fall muß allerdings die Hardwareerkennung übersprungen werden. Diese Routine sucht nach einer Soundblasterkarte auf den I/O Adressen 200 - 270 hex. Wie aus dem weiteren Programm jedoch hervorgeht, werden nur die Register der Adlib-Karte auf der I/O-Adresse 388/389hex (Adresse 904/5dez) genutzt.

Am Anfang des Programms werden alle möglichen Register auf den Wert 0 zurück-

gesetzt. Dazu wird auf Adresse 904 eine Registernummer übergeben und anschließend in das zugehörige Datenregister auf Adresse 905 der Wert 0 geschrieben. Je nach Rechengeschwindigkeit und Alter der Soundkarte ist nach jeder Schreiboperation eine kleine Verzögerung notwendig.

Insbesondere schnelle Rechner und ältere Soundkarten können einen größeren Wert für Delay erfordern. Diesbezügliche Probleme äußern sich in nicht reproduzierbaren „Tonausgaben“ der Soundkarte.

Steuerbar sind über das Programm zwei Parameter, zum einen die Frequenz, zum anderen die Signalamplitude. Genaugenommen wird nicht die Signalamplitude gesteuert, sondern die Dämpfung des Ausgangssignals.

Für die Frequenzeinstellung ist zu berücksichtigen, daß der mögliche Frequenzbereich in 8 Oktaven gegliedert ist. Dies erschwert die Programmierung etwas, da die Parameterberechnung damit nicht ganz eindeutig ist. Ausgegangen wird von der Formel

$$\text{Frequenz} = 50000 \cdot \text{Parameter} \cdot 2^{(\text{Oktave} - 20)}$$

Der Parameter darf dabei ganzzahlige Werte zwischen 0...1023 annehmen. Die Oktave darf einen Wert zwischen 0 und 7 haben. Damit ergibt sich ein nutzbarer Frequenzbereich zwischen 0 und 6243 Hz. Die Möglichkeiten, die der Frequenzmultiplikator bietet, werden in diesem Programm nicht genutzt.

Zu beachten ist noch, daß sich durch die verwendeten Rechenverfahren (Ganzzahlarithmetik) geringfügige Abweichungen der berechneten Frequenzen von den erzeugten Frequenzen ergeben können. In den meisten Fällen dürften die Abweichungen jedoch nicht weiter stören.

Die berechneten Werte für Oktave und Parameter werden anschließend aufbereitet und an die zuständigen Register übergeben. Der niederwertige Teil des Frequenzparameters wird an das Register mit der Adresse 0A0hex übergeben. Die beiden höherwertigen Bits des Frequenzparameters werden in das Register mit der Adresse 0B0hex als Bit 0 und Bit 1 übergeben. Die Bits 2, 3 und 4 desselben Registers speichern die berechnete Oktave (0...7) ab. Im selben Register gibt das Bit 5 die Tonausgabe frei.

Die Amplitude wird eingestellt, indem ein Dämpfungsfaktor vorgegeben wird. Im Programm wird mit Schritten von 1 dB gearbeitet. Die Genauigkeit dieses Dämpfungsfaktors ist jedoch nicht allzu groß. Eine Ursache dürfte sein, daß das Dämpfungsnetzwerk im Schaltkreis nicht abgeglichen ist. Die Amplitudeneinstellung erfolgt über das Register mit der Adresse 43hex.

■ Programm

Wie schon erwähnt, ist das Programm in Turbo Pascal geschrieben. Nebenstehend ist

das vollständige Quell-Listing wiedergegeben. Bei der Gestaltung der Bedienoberfläche wurde auf Tastaturbedienung orientiert, da die Versuchsaufbauten nur selten eine komfortable Arbeit mit einer Maus gestatten. Die Kommentare sind zum besseren Verständnis eingefügt. Mit diesen mußte eine Anpassung des Programms an eigene Anwendungen problemlos möglich sein. Nach dem Start des Programms meldet sich dieses mit einer Ausschrift und erwartet einen beliebigen Tastendruck. Anschließend wird das Vorhandensein einer Soundkarte kontrolliert. Obwohl nur der Funktionsumfang der Adlib-Karte genutzt wird, ist das Vorhandensein einer Soundblaster-Karte erforderlich. Wird keine Soundkarte gefunden, endet das Programm mit einer entsprechenden Meldung. Wer nur eine Adlib-Karte verwendet, muß also die Routine „schnitt“ anpassen. Ist eine geeignete Karte vorhanden, so wird die Grundadresse erkannt, dezimal ausgegeben und auf einen Tastendruck gewartet. Danach werden die Register der Soundblasterkarte zurückgesetzt. Dabei kann es kurzzeitig zu „ungewollten Tonausgaben“ kommen.

Anschließend erscheint ein Menü, mit dem zwischen Frequenzeinstellung, Amplitudeneinstellung und Programmende gewählt werden kann. Bei Wahl des Menüpunkts Programmende erscheint eine Meldung, und nach einem Tastendruck endet das Programm.

Durch die Wahl einer „I“ im Hauptmenü gelangt man zum Menüpunkt zur Einstellung der Frequenz. Ein „F“ oder „f“, gefolgt von einer Zifferneingabe, nimmt die Einstellung der Frequenz in den oben angeführten Grenzen vor. Mit der Eingabe eines „S“ oder „s“, gefolgt von einer Zifferneingabe, wird eine Schrittweite für die Veränderung der Frequenz vorgegeben. Anschließend kann mit den Tasten „+“ und „-“ die Frequenz um die entsprechende Schrittweite verändert werden.

Mit der Space-Taste gelangt man wieder in das Hauptmenü. Vom Hauptmenü gelangt man mit der Taste „2“ in das Menü zur Amplitudeneinstellung. Mit den Tasten „+“ und „-“ kann die Dämpfung des Ausgangssignals vorgenommen werden. Die Space-Taste führt wieder ins Hauptmenü zurück. Es steht jedem Nutzer selbstverständlich frei, die Algorithmen für eigene Anwendungen anzupassen.

Literatur

- [1] Köhler, A.: PC-Oszilloskop mit Soundblasterkarte, FUNKAMATEUR 11/1998, S.1258/9
- [2] Arndt, H.: Ausflug in die Soundblasterwelt, FUNKAMATEUR 1/98, S.32 - 34
- [3] Dembowski: Sound am PC, Markt und Technik Verlag, 1994, Haar bei München, ISBN 3-87791-517-5
- [4] Lehmann, Riethmüller, Straßburg: Das Soundblaster Profibuch, Addison Wesley GmbH, 1994, ISBN 3-89319-762 1