

Nutzung der Soundkanäle

PLAY	Tongenerierung mittels Notennamen bzw. -nummern
PLAY(n)	Abfrage der Musikpuffer
SOUND	Direkte Programmierung des Soundgenerators

Mit dem im Computergrundgerät vorhandenen Soundgenerator können für die einzelnen Tonkanäle (max. 3 Kanäle 1)) beliebige Töne bzw. Rauschen (nur mit Sound) in den verschiedensten Frequenzen erzeugt werden. Der Tonumfang beträgt 8 Oktaven. Weiterhin gibt es fest vorgegebene Hüllkurven, deren Abarbeitungsgeschwindigkeit veränderlich ist.

Nach dem Netzeinschalten, mit dem RBASIC-Befehl BEEP und bei jeder Fehlermeldung wird der Soundgenerator mit Standardparametern initialisiert. Am Ende dieses Abschnittes folgt eine zusammenfassende Darstellung der Anweisungen PLAY und SOUND.

Tongenerierung mittels Notennamen

Format: PLAY zka(,zkb(,zkc))

zkn - Zeichenkette (Konstante oder Variable) für den jeweiligen Soundkanal, die den zu spielenden Tonverlauf beinhaltet. Die Zuordnung der Zeichenketten zu den Tonkanälen erfolgt entsprechend ihrer Position in der PLAY-Anweisung, d.h. zka wird dem Kanal A, usw. zugewiesen.

Funktion: Ein zu spielender Tonverlauf wird mit Hilfe spezieller Musik-Macro-Kommandos beschrieben. Auf diese Weise können u.a. die Noten direkt in zkn stehen. Der Leistungsumfang der PLAY-Anweisung entspricht dem der DRAW-Anweisung für grafische Ausgaben.

Musik-Makro-Kommandos

An, Bn, Cn, Dn, En, Fn, Gn A#n,...,G#n bzw. A+n,...,G+n A-n,...,G-n (n=1...64) (Standard: n=4)	Der erste Buchstabe stellt die Notenbezeichnung dar (der deutschen Note H entspricht dabei die internationale Bezeichnung B). Die Halbtöne werden durch die nachgestellten Zeichen # oder + (z.B. Fis mit F# oder F+) bzw. durch das Zeichen - (z.B. Des mit D-) gekennzeichnet. Ein # oder + bzw. ein - bedeutet, daß ein Halbton höher bzw. tiefer gespielt wird. Der Parameter n gibt die Länge der Note in 1/n-tel an (1/1, 1/2, 1/4,...,1/64). Es können auch Zwischenwerte (z.B. n=3) angegeben werden. Ist n=0 bzw. nicht angegeben, so wird automatisch die Länge angenommen, die durch den Befehl L definiert wurde.
---	---

Beispiel 1: 10 BEEP :REM Standardwerte einstellen
20 PLAY "C4 D8 E8 F2 G4 A8 B8 C2":REM Tonleiter mit unterschiedlich langen Noten

1) z.Zt. (bis Ende 1990) ist nur Kanal A im vollen Umfang nutzbar.

Mn (n=1..65535)
(Standard: n=255)

Festlegen der Periodendauer für die mit dem Befehl S festgelegte Hüllkurve. Je kleiner n ist, desto schneller wird die charakteristische Wellenform (siehe S) durchlaufen.

Beispiel 6: In diesem Beispiel wird die gleiche Tonfolge wie im Beispiel 5 ausgegeben, allerdings wird der Lautstärkeverlauf durch eine Hüllkurve (in Zeile 25) bestimmt.

```

10 BEEP                                :REM Standardwerte einstellen
20 PLAY "L8"                           :REM Notenlänge für Kanal A
25 PLAY "S1 M1800"                     :REM max. Lautstärke, abklingend
30 PLAY "C4 D E F4 R4 G4 A B O5 C2"

```

Sn (n=1..15) Festlegen des Lautstärkeverlaufes einer Tonfolge mittels 8 verschiedener Hüllkurven. Der Lautstärkeverlauf wird somit durch die jeweilige Hüllkurve gesteuert, d.h. eine zuvor mit Vn programmierte Lautstärke ist wirkungslos. Einige Parameter ergeben die gleiche Hüllkurve. Bei fehlendem Parameter gilt n=1. Folgende Hüllkurven sind möglich:

Parameter n	Kurve	Lautstärkeverlauf
0,1,2,3,9	@_____	! sofort max. Lautstärke, dann abklingend und aus
4,5,6,7,15	/_____	! ansteigend bis max. Lautstärke, dann aus
8	@@@@@@	! anfangs ganz laut, dann leiser werdend und danach wieder ganz laut usw.
10	@/@/@/	! anfangs ganz laut, dann abklingend und wieder langsam ansteigend usw.
11	@	! anfangs ganz laut, dann leiser werdend und danach sofort max. Lautstärke, so bleibend
12	////////	! ansteigend bis max. Lautstärke, dann aus usw.
13	/	! ansteigend auf max. Lautstärke, so bleibend
14	/@/@/@	! langsam ansteigend, danach abklingend usw.

.. @ ^ Schrägstrich Ziffer 3

Beispiel 7: Dreistimmige Tonausgabe mit jeweils aktiver Hüllkurve. In diesem Fall können alle Kanäle nur mit der gleichen Hüllkurve arbeiten. (Beachten Sie bitte die weiter unten angegebenen Hinweise zu diesem Sachverhalt !)

```

10 BEEP
15 PLAY "S1 M1800","S1 M1800","S1 M1800 O5":REM Hüllkurve 1
20 PLAY "GGGF+G","B O5 C O4 BAB","DEDDD" :REM alles 1/4-Noten

```

Tn (n=32..255) Festlegen der Tongeschwindigkeit. Der Parameter n gibt die Anzahl der zu spielenden 1/4-Noten pro Minute an. Damit können Musikstücke sehr variabel im Tempo gestaltet werden. Bei fehlendem Parameter gilt n=120. Das Kommando ist ebenfalls für die Kanäle getrennt verwendbar.

Beispiel 8: Durch Einfügen der Zeile 28 in das Programm von Beispiel 6 ergibt sich das folgende Beispiel. Hier kann durch Variation des Parameters von T (in Zeile 28) dessen Wirkung erprobt werden.

```

10 BEEP
20 PLAY "L8"                           :REM Notenlänge für Kanal A
25 PLAY "S1 M1800"                     :REM max. Lautstärke, abklingend
28 PLAY "T200"                         :REM 200 1/4-Noten pro Minute
30 PLAY "C4 D E F4 R4 G4 A B O5 C2"

```

Vn (n=0..15) Einstellen der Lautstärke für die einzelnen Kanäle. Eine zuvor aktivierte Hüllkurve wird

Beispiel 9: Wird die Zeile 25 vom Beispiel 8 durch die Zeile

Da die Dauer der Musikausgabe abhängig von den zu spielenden Noten, Pausen, usw. ist, kann es vorkommen, daß die Abarbeitung der PLAY-Anweisung (durch den BASIC-Interpreter) eher fertig ist als die eigentliche Tonausgabe. Das liegt daran, daß die drei Kanäle Puffer haben, in denen durch den Interpreter die Macro-Kommandos und Parameter in geeigneter Form abgelegt werden. Das Lesen dieser Puffer und die Übergabe der Daten an den Soundgenerator erfolgt interruptgesteuert, d.h. unabhängig vom weiteren Programm. In manchen Fällen kann es nun wichtig sein, daß man feststellen kann, ob in den Puffern noch Daten für die Abarbeitung vorhanden sind oder nicht. Diese Abfrage kann mit der Funktion PLAY(n) erfolgen.

Format: PLAY(n)

n - Nummer des Tonkanals

Funktion: Ist das Ergebnis dieser Funktion gleich -1 (TRUE), so bedeutet das, daß für den angegebenen Kanal (bei n=1,2,3) bzw. bei einem der drei Kanäle (n=0) noch Daten im Musikpuffer vorhanden sind. Eine 0 (FALSE) gibt an, daß keine Daten mehr vorhanden sind.

Beispiel 12: In diesem Beispiel erfolgen die Ausschriften 'Oktave ...' fortlaufend ohne direkten Bezug zur tatsächlichen Tonausgabe ! Durch Löschen der Anweisung REM in Zeile 80 kommt die Funktion PLAY(1) zur Anwendung. Bei erneutem Start erfolgen die Ausschriften synchron mit der Tonausgabe!

```
10 BEEP
20 FOR I=2 TO 5
30 PRINT "Oktave Nr. ";I
40 J=I*12 : X1=J : X2=J+4 : X3=J+7
50 PLAY "N=X1;"           :REM Note C
60 PLAY "N=X2;"           :REM Note E
70 PLAY "N=X3;"           :REM Note G
80 REM IF PLAY(1)=-1 THEN 80
90 NEXT
```

Direkte Programmierung des Soundgenerators

Format: SOUND reg,par

reg - Register des Soundgenerators (0...13)
par - Parameter für das selektierte Register

Bedeutung der einzelnen Register und der möglichen Parameter:

Registerpaar 0-1: Mit diesem Registerpaar erfolgt die Einstellung des
par = 0...255 Frequenzwertes (FW) des Tones, welcher im Kanal A
(für Reg. 0) ausgegeben werden soll
Dabei enthält das Register 0 das Low-Byte (FL) des
par = 0...15 Frequenzwertes und das Register 1 das High-Byte (FH) des
(für Reg. 1) im Kanal A auszugebenden Frequenzwertes.

Registerpaar 2-3: wie Registerpaar 0-1, aber für Kanal B

Registerpaar 4-5: wie Registerpaar 0-1, aber für Kanal C

Register 6: Mit dem Wert dieses Registers wird die Rauschfrequenz
par = 0...31 eingestellt, d.h. mit diesem Parameter wird die höchst
mögliche Frequenz der im Frequenzgemisch enthaltenen
Grundwellen festgelegt. Mit par=0 wird die höchste
Frequenz eingestellt. Dieses Register wird für alle 3
Kanäle verwendet, d.h. für die mit Register 7 fest
gelegten Kanäle gilt die gleiche Rauschfrequenz.

Register 7: Mit diesem Register werden die Kanäle ausgewählt, für die
par = 0...31 eine Tonausgabe und/oder das Rauschen erfolgen soll.
Ist das entsprechende Bit von par gesetzt, so ist die
Betriebsart für diesen Kanal aktiv, andernfalls inaktiv.
Es können auch beide Betriebsarten für einen Kanal
gleichzeitig aktiv sein. Für die einzelnen Bits von par
gilt folgende Zuordnung:

Bit n = 0/1 -> Tonausgabe bzw. Rauschen aus/an

n=0,1,2 -> Tonausgabe für Kanal A, B, C
n=3,4,5 -> Rauschen -#-

Register 8,9,10: Diese Register enthalten die Lautstärkewerte für die Kanäle A, B, bzw. C. Mit par=0 wird für den jeweiligen Kanal jegliche Tonausgabe abgeschaltet. Mit par=1-15 wird die Lautstärke eingestellt. Bei par=16 wird die Hüllkurve aktiviert, d.h. die Lautstärke wird entsprechend der eingestellten Hüllkurve (mit Register 13) und der Hüllkurvenfrequenz (Register 11/12) verändert.

Registerpaar 11-12: Mit diesem Registerpaar erfolgt die Einstellung der Hüllkurvenfrequenz, wobei Register 11 dem Low-Byte (FLH) und Register 12 dem High-Byte (FHH) entspricht. Je kleiner der Frequenzwert ($FHH \cdot 256 + FLH$) ist, desto schneller wird die Hüllkurve durchlaufen.

Register 13: Der Wert dieses Registers gibt an, nach welcher Hüllkurve die Lautstärke verändert wird. Die Zuordnung der möglichen Hüllkurven zu den Parametern ist dieselbe wie bei der PLAY-Anweisung. Damit eine Hüllkurve wirksam wird, muß diese mit dem Wert 16 im zugehörigen Lautstärke register aktiviert werden. Der Wert dieses Registers gilt einheitlich für alle Kanäle (analog zu Register 6).

- Hinweise:**
1. Für die Tonausgabe muß für den jeweiligen Kanal
 - im Register 7 das Bit für die Tonausgabe gleich 1 sein,
 - im Lautstärkeregister ein Wert von 1-15 stehen, sowie
 - ein geeigneter Frequenzwert (FW) in den Tonregistern stehen.
 2. Damit für einen beliebigen Kanal Rauschen erzeugt wird, muß
 - im Register 6 eine Rauschfrequenz eingestellt werden,
 - im Register 7 das Bit für Rauschen gleich 1 sein, sowie
 - im Lautstärkeregister ein Wert von 1-15 stehen.
 3. Falls Rauschen und/oder Tonausgabe mit aktiver Hüllkurve mehrstimmig programmiert wird, so arbeiten die beteiligten Kanäle mit der gleichen Rauschfrequenz und/oder der gleichen Hüllkurve.
 4. Wenn die Register des Soundgenerators programmiert sind, erfolgt die Tonausgabe bis zur erneuten Programmierung dieser Register ständig. D.h. während der Rechner andere Dinge bearbeitet, kann weiterhin eine Tonausgabe erfolgen.

Beispiel: Mit dem folgenden Beispiel wird das Geräusch eines Hubschraubers angedeutet. Durch Drücken einer Taste wird die Tonausgabe beendet

```
10 SOUND 0,111          :REM Frequenzwert          (Low-Byte)
20 SOUND 1,0             :      für Kanal A          (High-Byte)
30 SOUND 6,30            :REM Rauschart einstellen
40 SOUND 8,16            :REM Hüllkurve für Kanal A an
50 SOUND 11,44           :REM Hüllkurvenfrequenz     (Low-Byte)
60 SOUND 12,1            :      (High-Byte)
70 SOUND 13,14           :REM Hüllkurvenform (auf- und abschwellend)
80 SOUND 7,&B00001001    :REM Kanal A Tonausgabe u. Rauschen an
90 IF INKEY$ = "" THEN 90
100 BEEP                 :REM Standartwerte einstellen
```

Umrechnungen zwischen der echten Tonfrequenz und dem Frequenzwert

F	echte Tonfrequenz in Hz
FT	Taktfrequenz des Rechners (3750000) in Hz
FW	Frequenzwert
FL	Low-Byte des Frequenzwertes
FH	High-Byte " "

Tonfrequenz in Frequenzwert

```
FW = FT / (32 * F)           Es gilt: 28 Hz < F < 117188 Hz
FL = FW MOD 256
FH = FW / 256
```

Frequenzwert in Tonfrequenz

$$\begin{aligned} \text{FW} &= \text{FL} + \text{FH} * 256 & \text{Es gilt: } 0 < \text{FL} < 255 \\ \text{F} &= \text{FT} / (32 * \text{FW}) & 0 < \text{FH} < 15 \end{aligned}$$

Kurzübersicht zu PLAY und SOUND

PLAY-Kommando	!	Funktion
C D E F G A B	!	Tonname mit möglicher Längenangabe (1...64) und
	!	Tonhöhenveränderung um 1/2 Ton (+ # -)
O	!	Auswahl zwischen 8 Oktaven (1...8)
N	!	Tonhöhe durch Zahlenangabe (1...96)
L	!	Tonlänge (1...64)
.	!	Tonlänge um die Hälfte verlängern
R	!	Pause (1...64)
T	!	Tempo (32...255)
V	!	Lautstärke (0...15)
S	!	Hüllkurve (1,4,8,10,11,12,13,14)
M	!	Hüllkurvenabstimmung (1...65535)

Sound- register	Funktion	Bit 7	6	5	4	3	2	1	0
0	Tonfrequenz Kanal A	FL(A)							
1		x	x	x	x				FH(A)
2	Tonfrequenz Kanal B	FL(B)							
3		x	x	x	x				FH(B)
4	Tonfrequenz Kanal C	FL(C)							
5		x	x	x	x				FH(C)
6	Rauschfrequenz	x	x	x					RP
7	Auswahl Ton- bzw. Rauschkanal	! Rauschen				! Ton			
		x	x	C	B	A	C	B	A
8	A	x	x	x	H				L(A)
9	Lautstärke Kanal B	x	x	x	H				L(B)
10	C	x	x	x	H				L(C)
11	Hüllkurvenfrequenz	FHL							
12		FHH							
13	Hüllkurvenform	x	x	x	x				HKF

Parameter für Tonfrequenz

```
FW      = 3750000 / (32 * F)          ; F - reale Tonfrequenz (in Hz)
FH(n)   = FW / 256
FL(n)   = FW mod 256
```

Rauschparameter

$$RP = 3750000 / (32 * F) \quad ; F - \text{max. Frequenzanteil im Rauschen} \\ (3780 \text{ Hz} < F < 117188 \text{ Hz})$$

Kanalauswahl

```

! 7 6 5 4 3 2 1 0 !
! x ! x !      !      !      !      !      !      !      !
-----
                !      !      !      !      !      !
                !      !      !      !      !      ----
                !      !      !      !      ----
                !      !      !      ----
                !      !      !
                !      !      ----
                !      ----
                ----
                ----
                ----

```

Bit n = 0/1 --> Kanal aus/ein

	Kanal A	Tonausgabe
"	B	"
"	C	"
"	A	Rauschen
"	B	"
"	C	"

Lautstärkeeinstellung

```

! 7   6   5   4   3   2   1   0 !
! x ! x ! x !   1   !   !   !   !
-----
!   !   !   !   !
!   ----- Lautstärke L (0...15)
!
----- =1 Aktivierung Hüllkurve
          =0 konstante Lautstärke
              entsprechend Bit 0-3

```

Hüllkurvenform (HKF)

Nr.	Bit								Kurvenform						
	!	7	..	4	!	3	!	2		!	1	!	0	!	
0	!	x			!	0	!	0	!	x	!	x	!	@_____	x - beliebig (0/1)
4	!	x			!	0	!	1	!	x	!	x	!	/_____	
8	!	x			!	1	!	0	!	0	!	0	!	@@@@@@	
9	!	x			!	1	!	0	!	0	!	1	!	@_____	
10	!	x			!	1	!	0	!	1	!	0	!	@/@/@/	
11	!	x			!	1	!	0	!	1	!	1	!	@	
12	!	x			!	1	!	1	!	0	!	0	!	////////	
13	!	x			!	1	!	1	!	0	!	1	!	/	
14	!	x			!	1	!	1	!	1	!	0	!	/@/@/@	
15	!	x			!	1	!	1	!	1	!	1	!	/	

@ ^ Schrägstrich Ziffer 3