

**Bild 1: Sprachplatine für den NDR-Klein-Computer**

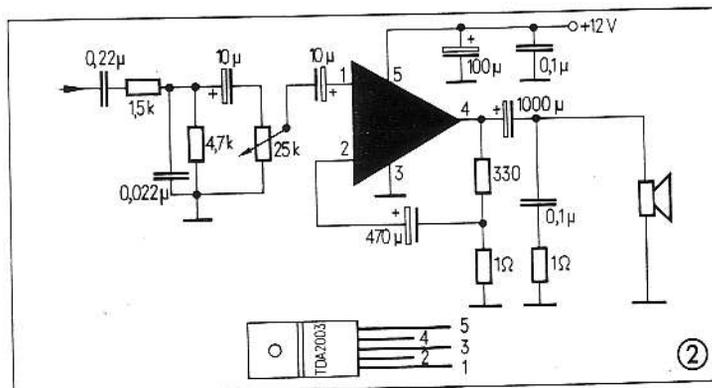
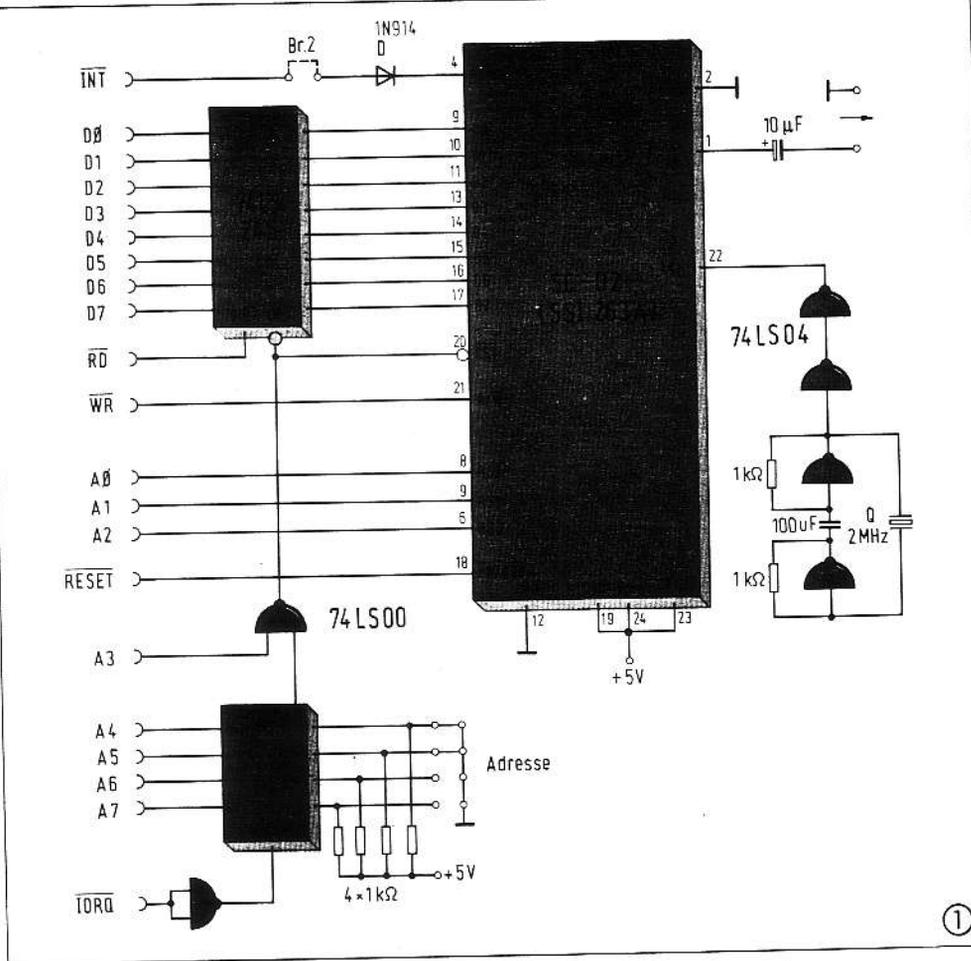
**Bild 2: Verstärker mit Eingangsfilter zur Verbesserung der Sprachqualität.**

Nachdem die Firma Votrax schon vor Jahren das preisgünstige Sprach-IC SC-01 vorgestellt hatte (das damals durch seine recht gute Sprachverständlichkeit hervortrat – s. mc 11/82, S. 44), kommt sie heute mit dem Nachfolgemodell auf den Markt.

Der SC-02 arbeitet wie sein Vorgänger mit Phonemensynthese. Das bedeutet, der Baustein erzeugt die einzelnen Laute, aus denen sich dann beliebige Worte und Sätze zusammenfügen lassen. Im Baustein sind für jeden Laut der Sprache Tonhöhe, Dauer, Betonung, Stimmhaftigkeit und andere Parameter gespeichert. Darin liegt auch der Vorteil der Phonemensynthese. Der Baustein kann alle Laute der Sprache wiedergeben und verfügt so prinzipiell über den gesamten Wortschatz der Sprache.

Die Anzahl der Laute für ein Wort ist zwar größer als die Zahl der Buchstaben, hält sich aber doch in Grenzen. So braucht man nur ca. 90 Byte für eine Sekunde gesprochenen Text. Der SC-02 kennt 64 Phoneme (= Laute) und kann auch im Gegensatz zu seinem Vorgänger die wichtigsten deutschen Laute. Dazu hat er noch Register, in denen man die Dauer, Anstiegsrate, Artikulation, Lautstärke und Stimmlage eines Lauts verändern kann. Das braucht man, um die Sprache lebendig klingen zu lassen und um die Verständlichkeit zu verbessern. Und damit sind wir schon bei den Schwierigkeiten. Die Texte, die der Computer sprechen soll, werden als Folge von Lauten gespeichert (s. Tabelle). Das Erzeugen von wirklich gut verständlichen Texten ist deshalb

ELO 12/1984



Der NDR-Klein-Computer spricht

## Augen zu, Ohren auf

Die nächste Grippewelle kommt bestimmt. Unser Sprachausgabe-Baustein wird es Super-Computerfreaks trotz starker Halsschmerzen ermöglichen, Wünsche nach Grog und Wärmflasche laut und deutlich zu äußern. Ernsthaft: Der SC-02 bietet viel für eine verständliche Sprachausgabe.

```

; Sprachausgabe im Z80-Grundprogramm
; Rolf-Dieter Klein 840930
; Startadresse ist der Name SPRICH
; Eingabe des Programms auf Adresse 8800
; Eingabe der Phonemgruppen auf Adresse 8900

8800:

tab:=8900      ; Tabelle der Phoneme definieren
sprich:=#     ; Startadresse des Programms
3e 00 d3 d8   ; SSI 263 zuerst Initialisieren
3e 50 d3 d9   ; Sonst erscheint kein Fertig-Signal
3e a8 d3 da
3e 5c d3 db
3e e9 d3 dc
11 tab.w      ; Adresse der Tabelle ins DE-Register
21 #14.w      ; Anzahl der Phonemgruppen
cd schleife   ; in der Hauptschleife ausgeben
warte:=#
db d8         ; SSI-Port einlesen
e6 80         ; und warten bis SSI bereit ist
ca warte     ; solange abfragen bis fertig
1a           ; Dauer und Phonemcode laden
d3 d8        ; und ausgeben
13          ; naechste Adresse
1a          ; Inflection
d3 d9        ; ausgeben
13          ; naechste Adresse
1a          ; Rate/Inflection
d3 da        ; ausgeben
13          ; naechste Adresse
1a          ; Control/Articulation/Amplitude
d3 db        ; ausgeben
13          ; naechste Adresse
1a          ; Filter Frequenz
d3 dc        ; ausgeben
13          ; naechster Phonem-Block
cd endschleife ; Ende der Hauptschleife
c9           ; Ende des Programms

8900:         ; Phonemgruppen fuer "HELLO"
00 68 a8 5c e9
00 68 a8 5c e9
0a 68 d8 50 e9
6c 39 98 52 e9
4b 4a d8 5c e9
9b 4c c8 5a e9
22 48 c8 5a e9
9b 3f 98 5c e9
91 34 98 5c e9
52 2a a8 5c e9
9b 33 98 53 e9
d6 3c c8 50 e9
00 2c c8 5c e9
00 0c c8 5c e9

```

**Bild 3: Sprache mit dem Z-80-Grundprogramm.**

**Bild 4: So spricht der NDR-Klein-Computer in GOSI.**

**Bild 5: Wem Basic lieber ist – bitte sehr!**

nicht einfach. So wird das Wort „HALLO“ durch die Lautfolge „H, EH 1, UH 3, L, L, UH 3, 0, U 1“ programmiert. Wie geht man nun vor, wenn man einen Text programmieren will? Als erstes sucht man sich die Lautfolge für das jeweilige Wort mit Hilfe der Tabelle. Dabei sind oft, insbesondere bei Vokalen, mehrere Laute nötig. Dann hört man sich den Text an und stellt verzweifelt fest, daß es schauderhaft klingt. Werfen Sie die Flinte nicht ins Korn. Durch Probieren und Ändern bekommen Sie den

Text schon hin. Hier ist es genau wie beim Radfahren, im Lauf der Zeit wird man geübter und erwischt auf Anhieb die richtige Lautfolge. Zum Schluß wird dann gefeilt. Durch Ändern von Satzmelodie und Übergängen wird die Sprache angenehmer gemacht. Und vergessen Sie nicht, gelungene Wörter und Sätze schriftlich festzuhalten, z. B. in einem Vokabelheft, wie es in der Schule verwendet wird. Auf diesen

Fundus können Sie dann immer wieder zurückgreifen.

## Die Hardware

Die Schaltung **Bild 1** ist recht einfach. Sie besteht nur aus einem Adreßdecoder, einem Bustreiber, dem SC-02 und der Takterzeugung für den SC-02. Der Preis für einen Bausatz dürfte bei knapp 200 DM liegen. Der Baustein wird auf D0H

```

lerne sprachstart
port 216 0 port 217 80 port 218 168 port 219 92 port 220 233
ende

Ok gelernt, Platz zum lernen: 2343 Bytes und fuer Namen: 650 Bytes.

lerne s :n
solange (:port 216)&128=0 [setze "a 0]
port 216 :n
ende

Ok gelernt, Platz zum lernen: 2256 Bytes und fuer Namen: 635 Bytes.

lerne computer
sprachstart
s 41 s 17 s 55 s 39 s 4 s 20 s 40 s 28 s 0
ende

Ok gelernt, Platz zum lernen: 2213 Bytes und fuer Namen: 631 Bytes.
computer
computer

```

```

o.k.
>list

10 REM Sprachausgabe SSI 263, in BASIC, Rolf-Dieter Klein
20 OUT 216,0 : OUT 217,80 : OUT 218,168 : OUT 219,92 : OUT 220,233
30 REM ----
35 READ N
40 FOR I=1 TO N
45 WAIT 216,128,0
50 READ PH : OUT 216,PH
60 NEXT I
70 STOP
80 REM
200 REM ---- Phoneme ----
210 DATA 9 : REM Anzahl
220 DATA 41,17,55,39,4,20,40,28,0
o.k.
>

```

## ELO-HARDWARE

adressiert, die Brücken sind in Bild 1 eingezeichnet. Das Ausgangssignal, die Sprache, können Sie direkt in einen Verstärker einspeisen, z.B. in Ihre Hi-Fi-Anlage. Sollten Sie einen kleinen Verstärker im Computer vorziehen, bietet Ihnen **Bild 2** einen Vorschlag für einen brauchbaren Verstärker. Das wichtigste ist die Software zur Sprachsynthese, darum jetzt:

### Die Software

Wie man die Baugruppe Sprache nun in der Praxis verwenden kann, sollen hier ein paar Beispiele für alle Sprachen und Prozessoren zeigen.

### Sprechen mit dem Z80-Grundprogramm:

**Bild 3** zeigt das Listing. Der Baustein SC-02 wird auf die Adresse D8 (1101 1000) gelegt. Dort belegt er 8 Portadressen, die zur Steuerung dienen.

Das Z80-Programm soll einmal alle Parameter verändern. Dazu werden pro Phonem acht Bytes benötigt, um den Baustein zu betreiben.

Das Hauptprogramm wird ab Adresse 8800 eingegeben. Mit „tab:= 8900“ wird die Startadresse der Phonemgruppen-Tabelle definiert. Dann folgt die Definition des Namens „spreche“, bei dem das Programm auch gestartet wird.

Als erstes werden die Register des SC-02 auf Standardwerte gesetzt. Damit wird der Baustein für eine Sprachausgabe vorbereitet. Dann wird in einer Schleife zunächst darauf gewartet, daß der Baustein ein Fertig-Signal meldet (Bit 7 am Port D8 ist ungleich Null). Jetzt können die einzelnen Parameter an den Baustein ausgegeben werden. Die Anzahl der Einträge wurde vor dem Schleifen-Befehl geladen und muß verändert werden, wenn man mit dem Programm andere Worte ausgeben will.

Rolf-D.Klein 68000/08(10/20) Assembler 4.0b (C) 1984

```

009C00          * SPRACHAUSGABE MIT DEM SSI 263
009C00          * ROLF-DIETER KLEIN B40930
009C00          * BAUGRUPPE SPRACHE
009C00
= FFFFFFFD8    SPEAK EQU $FFFFFFD8 * SPRACHPORT
009C00
009C00          START:
009C00          MOVE.B #0,SPEAK          * AUSSCHALTEN
009C04          FFFFFFFD8
009C08          13FC 0000          MOVE.B #50,SPEAK+1      * INFLECTION
009C0C          FFFFFFFD9
009C10          13FC 00A8          MOVE.B #A8,SPEAK+2      * RATE/INFLECTION
009C14          FFFFFFFDA
009C18          13FC 005C          MOVE.B #5C,SPEAK+3      * CTRL/ARTICULATION/AMPLITUDE
009C1C          FFFFFFFDB
009C20          13FC 00E9          MOVE.B #E9,SPEAK+4      * FILTER FREQUENZ
009C24          FFFFFFFDC
009C28          41F9 00009C48      LEA TAB,A0              * ADRESSE DER TABELLE
009C2E          3218              MOVE.W (A0)+,D1         * ANZAHL DER PHONEME
009C30          5341              SUBQ.W #1,D1            * DBRA GEHT BIS -1
009C32          LOOP:
009C32          0839 0007          BTST.B #7,SPEAK         * <0, DANN SSI BEREIT
009C36          FFFFFFFD8
009C3A          67F6              BEQ.S LOOP              * WARTEN BIS PHONEM GESPROCHEN
009C3C          130B FFFFFFFDB      MOVE.B (A0)+,SPEAK      * DANN AUSGEBEN
009C42          51C9 FFEE          DBRA D1,LOOP           * BIS ALLE PHONEME GESPROCHEN
009C46          4E75              RTS                      * ENDE DES PROGRAMMS
009C48
009C48          TAB:
009C48          0046              DC.W ENDE-ANF          * ANZAHL DER PHONEME
009C4A          ANF:
009C4A          00 00 39 2E 17      DC.B 0,0,$38,$2E,$17,$3F,0 * NULL
009C4F          3F 00              DC.B 0,0,$F,$1,$39,$2E,$30 * EINS
009C51          00 00 0F 01 38      DC.B 0,0,$F,$1,$39,$2E,$30 * EINS
009C56          2E 30              DC.B 0,0,$28,$30,$23,$F,$6 * ZWEI
009C58          00 00 28 30 23      DC.B 0,0,$28,$30,$23,$F,$6 * ZWEI
009C5D          0F 06              DC.B 0,0,$25,$1F,$F,$1 * DREI
009C5F          00 00 25 1F 0F      DC.B 0,0,$25,$1F,$F,$1 * DREI
009C64          01              DC.B 0,0,$34,$6,$6,$1F * VIER
009C65          00 00 34 06 06      DC.B 0,0,$34,$6,$6,$1F * VIER
009C6A          1F              DC.B 0,0,$34,$3C,$39,$34 * FUENF
009C6B          00 00 34 3C 38      DC.B 0,0,$34,$3C,$39,$34 * FUENF
009C70          34              DC.B 0,0,$30,$2,$29,$30 * SECHS
009C71          00 00 30 02 29      DC.B 0,0,$30,$2,$29,$30 * SECHS
009C76          30              DC.B 0,0,$2F,$6,$6,$24,$2,$38 * SIEBEN
009C77          00 00 2F 06 06      DC.B 0,0,$2F,$6,$6,$24,$2,$38 * SIEBEN
009C7C          24 02 38              DC.B 0,0,$D,$2C,$2D,$28 * ACHT
009C7F          00 00 0D 2C 2D      DC.B 0,0,$D,$2C,$2D,$28 * ACHT
009C84          28              DC.B 0,0,$38,$11,$6,$39,$2E * NEUN
009C85          00 00 38 11 06      DC.B 0,0,$38,$11,$6,$39,$2E * NEUN
009C8A          38 2E              DC.B 0,0,0,0
009C8C          00 00 00 00          DC.B 0,0,0,0
009C90          ENDE:
009C90
009C90
009C90
009C90
009C90
009C90
008AA2 Ende-Syaboltabelle

```

6

**E**rstaunlich,  
mit wie vielen  
Sprachen  
programmiert  
werden kann.

**Bild 6:** Zum Schluß Sprachausgabe für den „Großen“.

**Bild 7:** Die 64 Phoneme des SC-02.

**Bild 8:** Für jedes Phonem gibt es einen ganzen Haufen Parameter – Experimentieren ist angesagt.

**Bild 9:** Zusammengesetzte Laute.

Dieses Beispiel sei nur eine Anregung für eigene Experimente mit dem Sprachbaustein.

### Sprechen in GOSI

In GOSI geht das noch eleganter. Dazu zeigt das **Bild 4** die einzelnen Programmteile. Das Programm „Sprachstart“ belegt die Register des SC-02

| Hexcode | Phonem | Beispiel       | Hexcode | Phonem | Beispiel                       |
|---------|--------|----------------|---------|--------|--------------------------------|
| 00      | PA     | (Pause)        | 20      | L      | LIFT                           |
| 01      | E      | MEET           | 21      | L1     | PLAY                           |
| 02      | E1     | BENT           | 22      | LF     | FALL                           |
| 03      | Y      | BEFORE         | 23      | W      | WATER                          |
| 04      | Y1     | YEAR           | 24      | B      | BAG                            |
| 05      | AY     | PLEASE         | 25      | D      | PAID                           |
| 06      | IE     | ANY            | 26      | KV     | TAG                            |
| 07      | I      | SIX            | 27      | P      | PEN                            |
| 08      | A      | MADE           | 28      | T      | TART                           |
| 09      | A1     | CARE           | 29      | K      | KIT                            |
| 0A      | EH     | NEST           | 2A      | HV     | (halte Vokal)                  |
| 0B      | EH1    | BELT           | 2B      | HVC    | (halte schließenden Vokal)     |
| 0C      | AE     | DAD            | 2C      | HF     | HEART                          |
| 0D      | AE1    | AFTER          | 2D      | HFC    | (halte schließenden Zischlaut) |
| 0E      | AH     | GOAT           | 2E      | HN     | (halte Nasallaut)              |
| 0F      | AH1    | FATHER         | 2F      | Z      | ZERO                           |
| 10      | AW     | OFFICE         | 30      | S      | SAME                           |
| 11      | O      | STORE          | 31      | J      | MEASURE                        |
| 12      | OU     | BOAT           | 32      | SCH    | SHIP                           |
| 13      | OO     | LOOK           | 33      | V      | VERY                           |
| 14      | IU     | YOU            | 34      | F      | FOUR                           |
| 15      | IU1    | COULD          | 35      | THV    | THERE                          |
| 16      | U      | TUNE           | 36      | TH     | WITH                           |
| 17      | U1     | CARTOON        | 37      | M      | MORE                           |
| 18      | UH     | WONDER         | 38      | N      | NINE                           |
| 19      | UH1    | LOVE           | 39      | NG     | RANG                           |
| 1A      | UH2    | WHAT           | 3A      | :A     | MÄRCHEN (deut.)                |
| 1B      | UH3    | NUT            | 3B      | :OH    | LÖWE (deut.)                   |
| 1C      | ER     | BIRD           | 3C      | :U     | FÜNF (deut.)                   |
| 1D      | R      | ROOF           | 3D      | :UH    | MENU (französ.)                |
| 1E      | R1     | RUG            | 3E      | E2     | BITTE (deut.)                  |
| 1F      | R2     | MUTTER (deut.) | 3F      | LB     | LUBE                           |

Phonencodes mit kürzester Dauer!

⑦

Registeradressierung

| Register    | Name                      | Bitposition                |
|-------------|---------------------------|----------------------------|
| RS2 RS1 RS0 |                           | D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0    |
| 0 0 0       | Dauer/Phonem              | dr1 dr0 p5 p4 p3 p2 p1 p0  |
| 0 0 1       | Inflexion                 | i10 i9 i8 i7 i6 i5 i4 i3   |
| 0 1 0       | Geschwind./Inflexion      | q3 q2 q1 q0 i11 i2 i1 i0   |
| 0 1 1       | Ctrl/Artikulation/Lautst. | ct tr2 tr1 tr0 a3 a2 a1 a0 |
| 1 x x       | Filterfrequenz            | f7 f6 f5 f4 f3 f2 f1 f0    |

| Variable | Funktion   | Voreinst.                                      |
|----------|--|--|
| dr0-dr1  | Definieren der Phonemdauer   | 00   |
| p0-p5    | Phonemcode   |  |
| i0-i11   | Definieren der Inflexions-Zielfrequenz und -änderungsgeschwindigkeit                   | i10-i6: 00100<br>i11,i2-i0: 1000<br>i5-i3: 000 |
| q0-q3    | Definieren der Sprechgeschwindigkeit   | 1010   |
| ct       | Definieren der Rückmeldeleitung A/R oder dr0-dr1<br>Wird auch über Pin PD/RSI gesetzt. |  |
| tr0-tr2  | Definieren der Bewegung der Formantposition für die Artikulation                       | 0101   |
| a0-a3    | Lautstärke   | 1100   |
| f0-f7    | Definieren der Sprachfilterfrequenz  | 11101001                                       |

⑧

mit den Standardwerten. Dabei entspricht der sedezimalen Adresse D8, die dezimale Adresse 216, wie sie in GOSI verwendet wird. Mit dem Befehl „S“ kann man ein einzelnes Phonem ausgeben. Die restlichen Parameter werden diesmal nicht verändert, denn beim SC-02 genügt es auch, nur die Phoneme zu programmieren

und die restlichen Parameter zu belassen. Dabei leidet zwar die Sprachqualität etwas, jedoch ergeben sich sehr kompakte Darstellungen. Mit „computer“ wird der Text „C O M P U T E R“ ausgegeben. Dieser Text setzt sich aus den Phonemen „K O M P Y I U T E R“ zusammen. Mit solchen einzelnen De-

initionen kann man dem Computer lauter einzelne Worte beibringen, die man dann am Schluß einfach durch Angabe des Klartextes ausgeben kann.

**Sprechen in BASIC**

Auch in BASIC geht es ganz einfach. Man speichert die Datenwerte in einem DATA-Feld und liest sie mit READ einzeln ein.

Nur kann man hier nicht so elegant neue Wörter erzeugen, wie in GOSI, sondern muß ggf. alles in Unterprogrammzahlen verstecken. Bild 5 zeigt das Listing mit dem Z80-Basic.

**Sprechen mit dem 68000**

Bild 6 zeigt schließlich ein Beispiel für den großen 68K-Computer. Auch hier werden einmal nur die Phoneme verändert. Es wird eine Tabelle mit den Ziffern 0 bis 9 ausgesprochen. Die Adresse der Baugruppe SPRACHE ist ebenfalls D8. Die vielen F's bei der Definitionen sind nötig, da der 68000 einen anderen Adreßbereich besitzt als der Z80.

**Anregungen**

Wer will, kann einmal ein Programm konstruieren, mit dem man komfortabel die Parameter des SC-02 einstellen und optimieren kann. Auch interessant wäre ein Programm, das aus normalem Text die Phoneme durch Zerlegung gewinnt und den Text dann direkt spricht. Vielleicht kann man sogar die Sprachmelodie und Betonung automatisch erzeugen.

Rolf-Dieter Klein  
Jürgen Plate

Zusammengesetzte Laute

| Lautkombination      | Beispiel |
|----------------------|----------|
| A AY Y               | RAIN     |
| A IE EH1 UH3 LF      | MAIL     |
| AH1 AE1 EH1 Y        | TIME     |
| AH1 EH1 IE AW UH3 LF | SMILE    |
| AH1 EH1 IE UH3 ER    | FIRE     |
| UH3 AH1 Y            | RIGHT    |
| O U                  | STONE    |
| OU O O               | FOUR     |
| AH1 AW O U           | POWER    |
| UH3 AH1 O U          | HOUSE    |
| O UH1 AH1 I IE       | BOY      |
| O UH3 EH1 I OO LF    | SPQILER  |
| IU U U               | SPOON. D |
| YI IU U U            | MUSIC    |
| T HFC SCH            | CHURCH   |
| KV HVC HF            | ANGRY    |
| D J                  | JUST     |
| KV HF HFC            | LAKE. CH |
| P HF                 | PIPE     |
| K HF W               | QUICK    |
| T HF                 | TOP      |
| HFC K HF HVC S       | EXIT     |