

Manual de Operação

# EXPLORER II

Gerador de Sons  
Programável para  
TK90X, TK95 e  
ZX Spectrum 48K

COMPATÍVEL COM O JOGO VIXEN

**SYNCHRON**®

## INTRODUÇÃO

O ZX Spectrum, criado em 1982 por Sir Clive Sinclair na Inglaterra, logo tornou-se um tremendo sucesso porque tornava acessível aos usuários iniciantes e de pequeno poder aquisitivo avançados recursos visuais e sonoros inexistentes ou muito caros até então.

Mas o tempo e a tecnologia são implacáveis. Numa tentativa de atualizar o Spectrum em relação aos novos micros que surgiam, a Sinclair Research lançou em 1986 o ZX Spectrum 128, compatível com o antigo modelo 48K, mas com vários melhoramentos: teclado "full size", 32Kb de ROM, 128Kb de RAM, interface serial RS232C e um chip PSG - Programmable Sound Generator - que ampliava sensivelmente o desempenho sonoro do *Speccy*.

O PSG *AY-3-8912* da General Instruments é um chip veterano sendo utilizado, além do ZX Spectrum 128, também no Atari ST e no Amstrad CPC. No MSX utiliza-se um chip da mesma família, o *AY-3-8910*. A diferença entre o 8910 e o 8912 não está nas características sonoras ou no método de programação, que são idênticos, mas na sua habilidade de controlar periféricos através de portas de I/O, o que não vem ao caso, pois não interfere na função essencial destes chips, que é a *geração de sons e ruídos*.

O *Explorer* é um acessório que dará acesso a todos os recursos sonoros do ZX Spectrum 128, quando conectado a um TK90X ou TK95.

Permitirá a estes micros, com apenas 48Kb, rodar vários jogos com fantásticas trilhas sonoras que normalmente só seriam ouvidas num Spectrum 128. Os usuários com conhecimentos mais aprofundados em linguagem de máquina poderão transpor músicas compostas em MSX ou Atari ST para serem executadas no TK através do *Explorer*. Mesmo os iniciantes poderão compor suas próprias melodias em BASIC, embora o melhor desempenho do PSG só possa ser obtido em assembly.

A seguir você terá as informações necessárias para aproveitar todos os recursos do seu *Explorer*.

## INSTALAÇÃO

O *Explorer* é um cartucho que deve ser conectado à porta "expansão" de um TK90X ou TK95. Sempre que inserir ou retirar o cartucho, certifique-se de que a fonte de alimentação esteja DESLIGADA.

Uma vez inserido cuidadosamente o cartucho, ligue a fonte do micro. O seu TK deve entrar em funcionamento como de hábito. A imagem e o som devem se apresentar normalmente sem qualquer sinal do *Explorer* ainda.

Para sua primeira experiência com o *Explorer*, conecte o gravador e carregue com **LOAD** o primeiro programa da fita que acompanha o cartucho e este manual. Trata-se de um programa demonstração que lhe mostrará do que o *Explorer* é capaz. Após o carregamento, aumente o volume da TV e siga as instruções no vídeo (caso você não consiga nenhum som na TV desligue o micro, verifique todas as conexões, verifique se há superaquecimento da fonte ou do próprio cartucho. Se não descobrir o problema, entre em contato com o seu revendedor o mais rápido possível).

Satisfeito com esta demonstração, você pode prosseguir a leitura deste manual e aprender a programar o PSG ao seu gosto, ou simplesmente desfrutar vários jogos já disponíveis, sob uma nova dimensão com fantásticas trilhas sonoras. O seu revendedor divulgará regularmente novos programas compatíveis com o *Explorer*.

E se desejar ouvir o *Explorer* com uma qualidade de áudio superior, conecte um cabo da saída MIC do seu micro para a entrada de um amplificador de alta fidelidade.

Obs.: Se seu micro é um ZX Spectrum 48K original, você deverá ter uma versão especial do *Explorer*, pois este micro não tem o canal de áudio pela TV, e o sinal do PSG não pode ser obtido nem pela saída MIC do micro. O seu *Explorer* tem um "jack" para saída de áudio no lado direito do cartucho. Sua única opção é ligar um amplificador a este "jack" através de um cabo específico.

## PROGRAMAÇÃO

Os conceitos tratados neste capítulo são essencialmente técnicos, e embora se exponham apenas informações básicas sem grande aprofundamento, provavelmente serão de difícil assimilação para o novato em programação de computadores em geral. Recomendamos, tanto para os mais experientes como para os iniciantes, o estudo de outras obras citadas na bibliografia no final deste manual.

O AY-3-8912 é um gerador de sons e ruídos programáveis (PSG), com três canais independentes denominados A, B e C. Fisicamente os três canais são mixados num único sinal de áudio monoaural que será reproduzido pelo aparelho de TV simultaneamente com o canal de som standard do TK90X/TK95.

O PSG pode ser controlado através de seus 16 *registros* (apenas os registros 0 a 13 são relevantes). O procedimento para a programação de qualquer das suas funções, explicadas adiante, constitui-se de dois passos:

1. *Escrever* o número do registro a selecionar na porta de I/O FFFDh (65533): **OUT (FFFDh), R**
2. *Escrever* o valor a ser atribuído ao registro na porta BFFDh (49149): **OUT (BFFDh), V**. Se quiser atribuir outros valores ao mesmo registro, este passo pode ser repetido sucessivamente sem a necessidade de repetir o passo 1.

Os registros do PSG são os seguintes:

- Geradores de tom: Produzem as freqüências básicas em onda quadrada para cada canal.
  - R0 - Ajuste fino canal A
  - R1 - Ajuste grosso canal A
  - R2 - Ajuste fino canal B
  - R3 - Ajuste grosso canal B
  - R4 - Ajuste fino canal C
  - R5 - Ajuste grosso canal C

A freqüência do tom em um canal é determinada por um número de 12 bits, sendo os 8 bits menos significativos tomados do registro de "ajuste fino" (b0-b7) e os 4 bits mais significativos tomados do registro de "ajuste grosso" (b0-b3). A freqüência básica do PSG - a mais alta que pode ser produzida, quando os ajustes fino e grosso são zerados - é determinada pela freqüência de clock, aproximadamente 1.855 MHz, dividida por 16, ou seja, cerca de 116 KHz, totalmente inaudível. O limite inferior, com o ajuste grosso=15 e ajuste fino=255 é de cerca de 28 Hz.

Para evitar cálculos e facilitar seu trabalho no final deste manual há uma tabela com os valores necessários para os registros de ajuste grosso e fino para todas as notas musicais numa faixa de oito oitavas.

- Gerador de ruído: Produz um pulso pseudo-aleatório modulado em frequência em onda quadrada.  
R6 - Período do gerador de ruído

O período da fonte de ruído é determinado por 5 bits deste registro (b0-b4). Na prática, valores baixos (mínimo=0) produzem ruídos de alta frequência, mais agudos e valores altos (máximo=31) produzem ruídos de baixa frequência, mais graves.

- Mixers: Combinam as saídas dos três geradores de tom e do gerador de ruído em cada canal.  
R7 - Mixer e controle de I/O.  
b0 - Tom canal A  
b1 - Tom canal B  
b2 - Tom canal C  
b3 - Ruído canal A  
b4 - Ruído canal B  
b5 - Ruído canal C

A presença de ruído e/ou tom pode ser definida independentemente para cada canal. Um bit=0 indica que sua função correspondente está *habilitada*. Portanto, se R7=0 os três canais terão ruído e tom habilitados. Se R7=63 os três canais estarão desabilitados (silenciados) completamente. Qualquer combinação (tom, ruído, tom e ruído, nem tom nem ruído) é permitida para cada canal.

- Controle de Amplitude: Permite aos conversores D/A um padrão de volume fixo (sob controle direto da CPU) ou variável (usando a saída do *Gerador de Envelope*).  
R8 - Controle de amplitude canal A  
R9 - Controle de amplitude canal B  
R10 - Controle de amplitude canal C

Para cada registro, se b4=0 a amplitude será fixa num dos 16 níveis possíveis (0-15) de acordo com os bits b0-b3. Se b4=1, a amplitude será variável de acordo com os registros do *Gerador de Envelope*.

- Gerador de Envelope: Produz um modelo de envelope que pode ser usado para modular em amplitude à saída de cada *Mixer*.  
R11 - Ajuste fino do período do envelope  
R12 - Ajuste grosso do período do envelope  
R13 - Controle do envelope

Os registros R11-R12 compõem um número de 16 bits que determina a duração de um ciclo do envelope (maior valor, maior período). O *Explorer* permite frequências de envelope entre 0.1 Hz e 7200 Hz.

A "forma" do envelope é determinada pelo R13 combinando os seguintes efeitos:

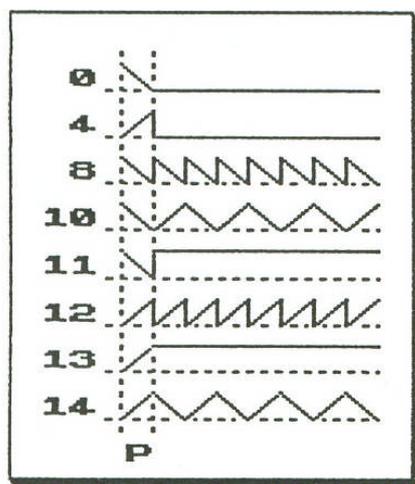
**b0 - Hold:** Quando ativo, limita o envelope a um único ciclo de *attack* ou *decay* e mantém o volume no pico ou a zero, respectivamente, até uma nova mudança de envelope.

**b1 - Alternate:** Quando ativo, o efeito *attack/decay* de um ciclo será alternado no período seguinte; isto é, o som se elevará por um ciclo e então decairá por outro ciclo (ou vice-versa).

**b2 - Attack:** Quando ativo, o som se elevará do zero ao pico em um ciclo. Se permanecer inativo, o efeito é o oposto, *Decay*: O som começa do pico e decairá a zero em um ciclo.

**b3 - Continue:** Quando inativo, o envelope programado nos demais bits durará apenas um ciclo e então cairá (ou permanecerá) a volume zero. Quando ativo, o envelope será repetido continuamente, até uma nova programação.

Na prática, 8 envelopes diferentes podem ser obtidos. A seguir uma representação gráfica das possibilidades do *Gerador de Envelope* conforme a modulação determinada por R13 e o período determinado por R11-R12.



- Conversores D/ A: Os três conversores *digital-analógico* do PSG permitem que cada canal possa ter um sinal analógico sujeito ao *Controle de Amplitude* e opcionalmente ao *Gerador de Envelope*.

Resumindo, cada canal - A, B ou C - pode ter tom e/ou ruído habilitados na sua saída (R7). Os tons podem ser definidos independentemente para cada canal (R0-R5), mas o ruído é definido simultaneamente para todos os canais (R6). Volumes fixos diferentes podem ser definidos para cada canal (R8-R10), mas o gerador de envelope atuará igualmente sobre todos os canais onde estiver ativo (R11-R13).

Embora o PSG não possa ser classificado como um sintetizador, a sua habilidade de modificar a forma de onda nas suas saídas permite que diferentes sons sejam produzidos, com excelentes resultados.

## EXEMPLOS

Programar o PSG não é tarefa simples. Para se iniciar na utilização dos seus recursos, você deve digitar os programas aqui sugeridos prestando atenção a cada comando e tentando compreender o seu efeito segundo a teoria explicada no capítulo anterior.

Todos os programas em BASIC devem ter as duas sub-rotinas listadas a seguir. A primeira efetiva o comando ao PSG com o *registro* e o *valor* especificados pelo usuário. A segunda sub-rotina limpa os registros do PSG, deixando-o em silêncio e pronto para nova programação.

```
9000 REM | ROT COMANDO PSG |
9010 OUT 65533, R: OUT 49149, V
9020 RETURN
9100 REM | ROT CLEAR PSG |
9110 FOR R=13 TO 0 STEP -1: LET V=0: GOSUB 9000: NEXT R: RETURN
```

Vamos começar com efeitos simples usando o gerador de ruído:

```
100 REM | TIROTEIO |
110 LET R=6: LET V=15: GOSUB 9000
120 LET R=7: LET V=7: GOSUB 9000
130 LET R=8: LET V=16: GOSUB 9000
140 LET R=9: LET V=16: GOSUB 9000
150 LET R=10: LET V=16: GOSUB 9000
160 LET R=12: LET V=16: GOSUB 9000
170 LET R=13: LET V=0: GOSUB 9000
180 PAUSE 60: GOTO 100
```

Note como o ruído foi habilitado para os três canais, sob um envelope *decay* simples. Vejamos agora um efeito com tom apenas no canal A e com volume fixo:

```
100 REM | QUEDA LIVRE |
110 LET R=7: LET V=62: GOSUB 9000
120 LET R=8: LET V=15: GO SUB 9000
130 FOR V=50 TO 100: LET R=0: GOSUB 9000: PAUSE 3: NEXT V
140 GOSUB 9000: STOP
```

Se você compreendeu o funcionamento destes programas, certamente já está em condições de juntá-los e obter o efeito de uma bomba em queda seguida da sua explosão, Experimente!

O programa seguinte executa a introdução de "Assim falou Zarathustra" de R. Strauss, tema do filme "2001, uma odisséia no espaço". É bem mais complexo que os programas anteriores, porém é um infinitésimo do que seria a programação de uma obra sinfônica completa. Mas o importante no momento é que você aprenda as técnicas de programação apresentadas.

```
100 REM | COMANDOS BASICOS |
110 GO SUB 9100
120 LET P=60
130 LET A$="07560816091610161256"
140 LET R=VAL A$( TO 2): LET V= VAL A$(3 TO 4): GOSUB 9000: LET A$=A$(5 TO ): IF
A$<>>"" THEN GOTO _40
```

```

150  REM | CANAL A |
160  LET R=0: LET V=7: GO SUB 9000: LET R=1: LET V=1: GOSUB 9000
170  LET R=13: LET V=0: GO SUB 9000: PAUSE P
180  LET R=8: LET V=0: GO SUB 9000
190  REM | CANAL B |
200  LET R=2: LET V=175: GO SUB 9000
210  LET R=13: LET V=0: GO SUB 9000: PAUSE P
220  LET R=9: LET V=0: GO SUB 9000
230  REM | CANAL C |
240  LET R=4: LET V=131: GO SUB 9000
250  LET R=13: LET V=0: GO SUB 9000: PAUSE P
260  LET R=10: LET V=0: GO SUB 9000
270  REM | CANAIS A/B/C |
280  LET R=0: LET V=104: GO SUB 9000: LET R=1: LET V=0: GO SUB 9000
290  LET V=16: FOR R=8 TO 10: GO 9000: NEXT R
300  LET R=12: LET V=120: GO SUB
310  LET R=13: LET V=0: GO SUB 9000
320  PAUSE P/8: LET R=0: LET V=107: GO SUB 9000
990  STOP

```

A esta altura vale lembrar que este manual apenas explica "como pescar o peixe", mas não pretende ensinar "como temperá-lo". O *Explorer* é um instrumento musical, e o aprendizado do seu manuseio é tão difícil quanto qualquer outro instrumento. E é fundamental que o pretendente a compositor tenha *vocação* para a música tanto quanto para a programação de microcomputadores.

## DICAS

Programas do MSX em BASIC, utilizando o comando **SOUND x,y** poderão facilmente ser transferidos para o TK90X/TK95 com a *Explorer*. Basta substituir este comando por **LET R=x: LET V=y: GO SUB 9000** (obviamente as sub-rotinas do capítulo anterior deverão estar presentes) no TK.

Para os programadores em Assembly as dificuldades de programação são praticamente as mesmas do BASIC, porém novas possibilidades se apresentam.

Do software de entretenimento para ZX Spectrum lançado hoje em dia, 80% funcionam de forma diferenciada nos modelos 128K, aproveitando os seus recursos de memória e som. No que se refere ao som, as rotinas de acionamento do PSG nestes programas podem estar no banco principal de 48Kb da RAM - caso em que o *Explorer* executará tais rotinas num TK normal - ou podem estar nos bancos de RAM expandida, impedindo o seu acesso num micro com apenas 48Kb, e este é o caso na grande maioria das vezes.

É comum que os programas venham completos, mas os blocos de código destinados à RAM expandida sejam desprezados no TK durante o carregamento. Programadores experientes podem facilmente descobrir os blocos que contêm as rotinas do PSG e modificá-las para que funcionem em separado, através do *Explorer*.

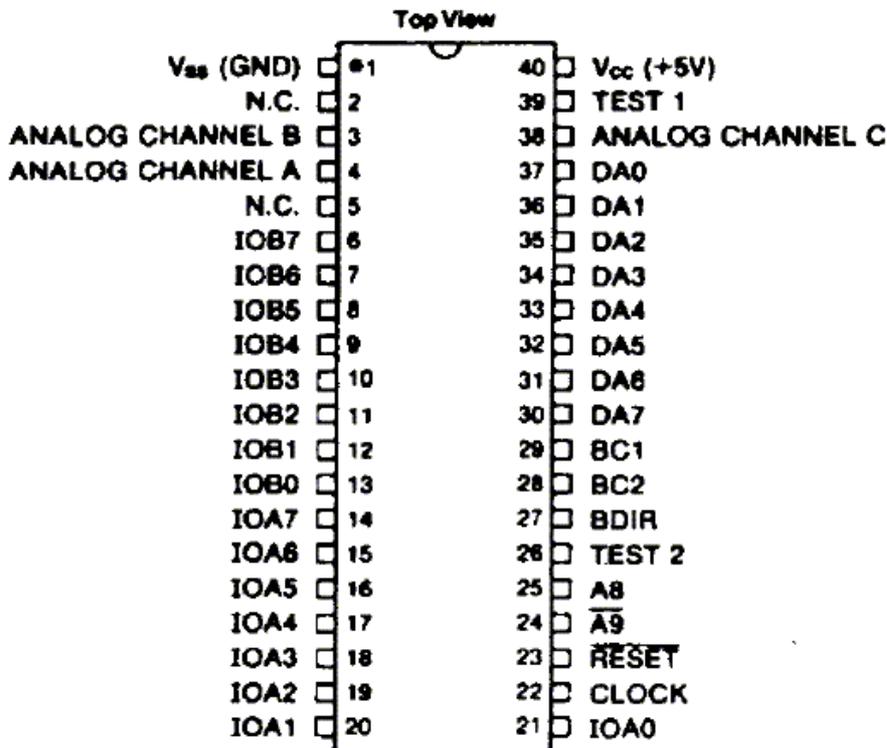
As músicas e efeitos sonoros não interferem no ritmo e andamento dos jogos, pois as rotinas do PSG são quase sempre chamadas via interrupção modo 2 da CPU Z80.

Potencialmente todos os lançamentos recentes para o *Speccy* podem mostrar alguma surpresa com o *Explorer*. Se você descobriu algum novo programa com músicas ou efeitos, comunique o seu revendedor, pois mais usuários poderão usufruir destes recursos que realmente dão uma nova vida ao "velho" TK.

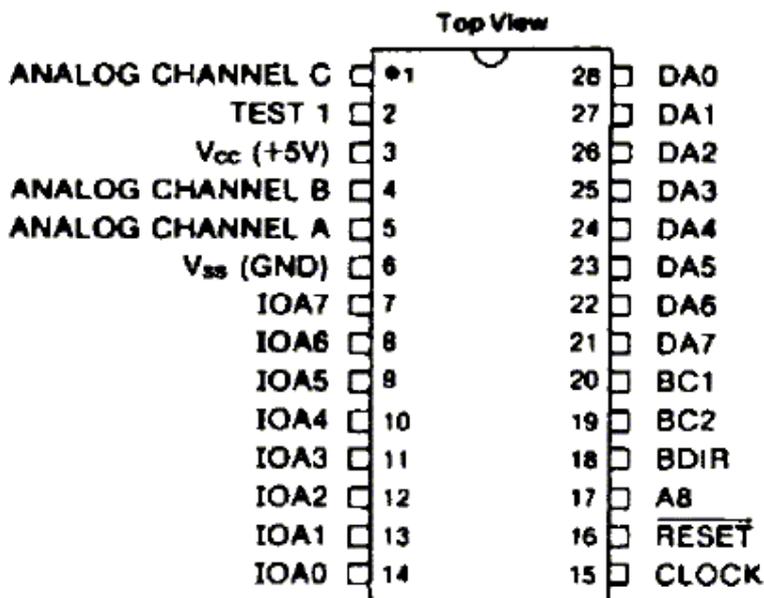
## PINAGEM DOS CHIPS AY-3-8910 e AY-3-8912

Caso queime o CI AY-8912 existe dois clones de fácil localização no mercado, um deles é o **KC89C72** e o outro é o **WF 19054**, são CI's utilizados em máquinas caça-níqueis.

### AY-3-8910

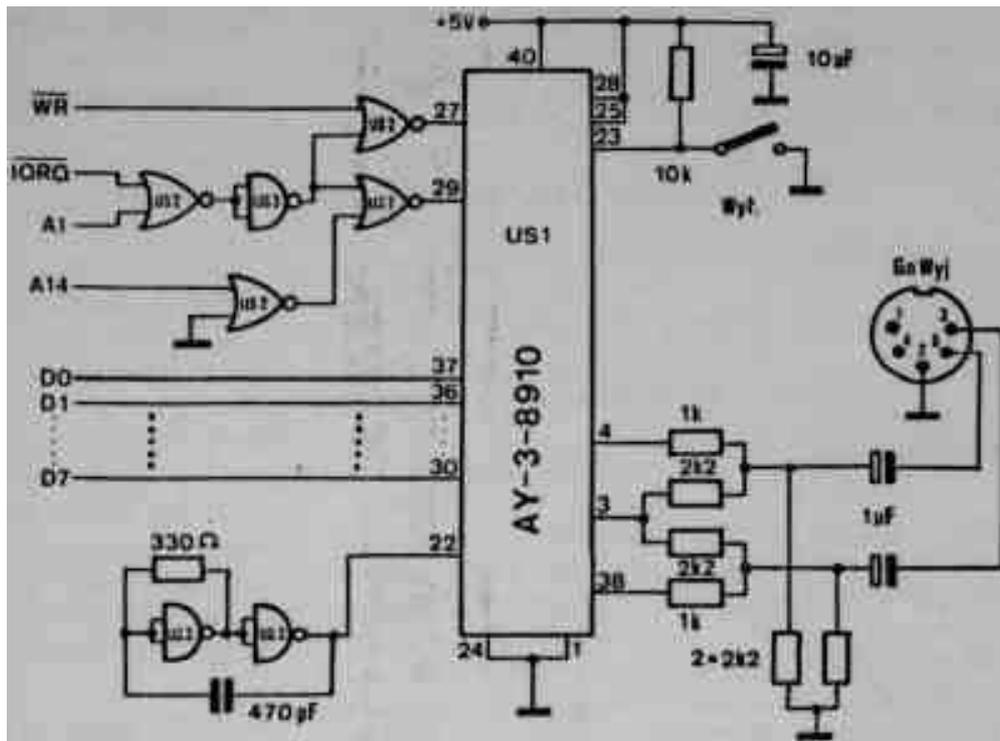


### AY-3-8912





## ESQUEMA ELÉTRICO PARA FAZER SAÍDA STÉREO:

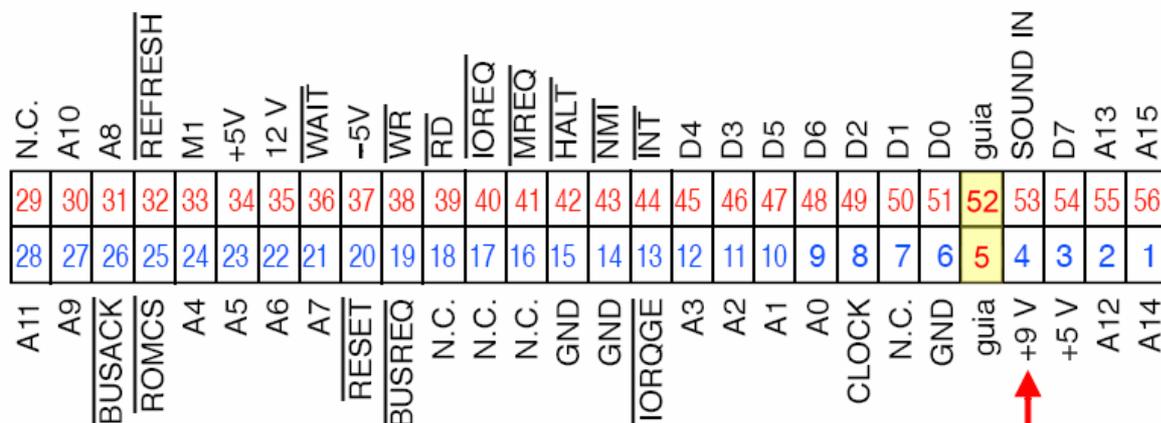


Lembrando que existem diferenças na saída do áudio nos pinos entre os dois chips.

	Canal A	Canal B	Canal C
AY-3-8910	4	3	38
AY-3-8912	5	4	1

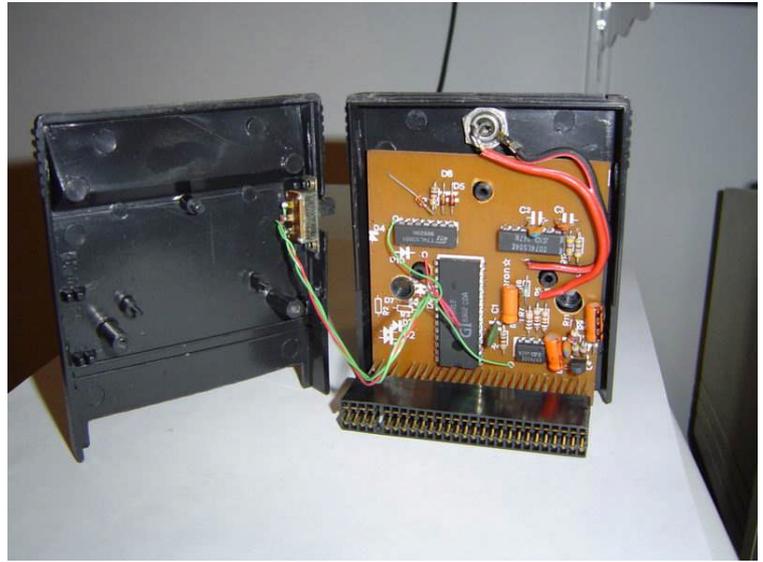
## ESQUEMA DO BARRAMENTO DO TK:

Conector do TK visto por trás do micro



OBS.: Esta tensão vem diretamente da fonte do TK.

FOTOS





**TABELA**

<b>Nota</b>	<b>Freq.</b>	<b>Grosso</b>	<b>Fino</b>
<b>C</b>	32.703	13	217
<b>C#</b>	34.648	13	18
<b>D</b>	36.708	12	86
<b>D#</b>	38.891	11	165
<b>E</b>	41.203	10	253
<b>F</b>	43.654	10	95
<b>F#</b>	46.249	9	202
<b>G</b>	48.999	9	62
<b>G#</b>	51.913	8	185
<b>A</b>	55.000	8	59
<b>A#</b>	58.270	7	197
<b>B</b>	61.735	7	85
<b>C</b>	65.406	6	236
<b>C#</b>	69.296	6	137
<b>D</b>	73.416	6	43
<b>D#</b>	77.782	5	210
<b>E</b>	82.406	5	126
<b>F</b>	87.308	5	47
<b>F#</b>	92.498	4	229
<b>G</b>	97.998	4	159
<b>G#</b>	103.826	4	92
<b>A</b>	110.000	4	29
<b>A#</b>	116.540	3	226
<b>B</b>	123.470	3	170
<b>C</b>	130.812	3	118
<b>C#</b>	138.592	3	68
<b>D</b>	146.832	3	21
<b>D#</b>	155.564	2	233
<b>E</b>	164.812	2	191
<b>F</b>	174.616	2	151
<b>F#</b>	184.996	2	114
<b>G</b>	195.996	2	79
<b>G#</b>	207.652	2	46
<b>A</b>	220.000	2	14
<b>A#</b>	233.080	1	241
<b>B</b>	246.940	1	213
<b>C</b>	261.624	1	187
<b>C#</b>	277.184	1	162
<b>D</b>	293.664	1	138
<b>D#</b>	311.128	1	116
<b>E</b>	329.624	1	95
<b>F</b>	349.232	1	75
<b>F#</b>	369.992	1	57
<b>G</b>	391.992	1	39
<b>G#</b>	415.304	1	23
<b>A</b>	440.000	1	7
<b>A#</b>	466.160	0	248
<b>B</b>	493.880	0	234

<b>Nota</b>	<b>Freq.</b>	<b>Grosso</b>	<b>Fino</b>
<b>C</b>	523.248	0	221
<b>C#</b>	554.368	0	209
<b>D</b>	587.328	0	197
<b>D#</b>	622.256	0	186
<b>E</b>	659.248	0	175
<b>F</b>	698.464	0	165
<b>F#</b>	739.984	0	156
<b>G</b>	783.984	0	147
<b>G#</b>	830.608	0	139
<b>A</b>	880.000	0	131
<b>A#</b>	932.320	0	124
<b>B</b>	987.760	0	117
<b>C</b>	1046.496	0	110
<b>C#</b>	1108.736	0	104
<b>D</b>	1174.656	0	98
<b>D#</b>	1244.512	0	93
<b>E</b>	1318.496	0	87
<b>F</b>	1396.928	0	82
<b>F#</b>	1479.968	0	78
<b>G</b>	1567.968	0	73
<b>G#</b>	1661.216	0	69
<b>A</b>	1760.000	0	65
<b>A#</b>	1864.640	0	62
<b>B</b>	1975.520	0	58
<b>C</b>	2092.992	0	55
<b>C#</b>	2217.472	0	52
<b>D</b>	2349.312	0	49
<b>D#</b>	2489.024	0	46
<b>E</b>	2636.992	0	43
<b>F</b>	2793.856	0	41
<b>F#</b>	2959.936	0	39
<b>G</b>	3135.936	0	36
<b>G#</b>	3322.432	0	34
<b>A</b>	3520.000	0	32
<b>A#</b>	3729.280	0	31
<b>B</b>	3951.040	0	29
<b>C</b>	4185.984	0	27
<b>C#</b>	4434.944	0	26
<b>D</b>	4698.624	0	24
<b>D#</b>	4978.048	0	23
<b>E</b>	5273.984	0	21
<b>F</b>	5587.712	0	20
<b>F#</b>	5919.872	0	19
<b>G</b>	6271.872	0	18
<b>G#</b>	6644.864	0	17
<b>A</b>	7040.000	0	16
<b>A#</b>	7458.560	0	15
<b>B</b>	7902.080	0	14

## BIBLIOGRAFIA

- Ivor Spital e Rupert Goodwins. *Sinclair ZX Spectrum +2 User Manual*. Reino Unido. AMSTRAD Plc.. 1986.
- Charles F. Durang e Judith Richland, *Timex Sinclair 2068 User Manual*. E. U. A.. Timex Computer Co.,1983. pp. 185-195.
- V. C. Corcoran e M. H. Branigin. *Timex Sinclair 2068 Technical Reference Manual*. Idem. ibidem. 1984. pp. 21-33.
- J. M. O. Bussab, *MSX - Musica*, Sao Paulo. McGraw-Hill, 1987.
- Sharon Zardetto Aker. "Making music with the ZON-X81". *Sync*. E. U. A. Nov./Dez. 1983. pp. 42-44
- John Ainslo, "The Sound of Music". *ZX Computing*. Reino Unido. Dez. 1985/ Jan. 1986. pp. 66-73.
- Cláudia E. Gomes. "Efeitos sonoros no MSX". *Micro Sistemas*. Out. 1986, pp. 6-13.

Este manual **ORIGINALMENTE** foi composto com o DTP Pack da PCG Software em um ZX Spectrum +3 e impresso em uma Olivia EI3030 da Elebra.

Esquema redesenhado *by* Eduardo Luccas

2ª Revisão *by* Clóvis Friolani

Reprodução proibida.

SZK. **VISION**

EXPLORER

**Criação: Ricardo Suzuki**

**Projeto: Jorge Braga da Silva**



**1990 SYNCHRON**