

AY-3-8910

Generator dźwiękowy do ZX-SPECTRUM PIOTR BEDNARSKI

Mikrokomputer ZX-SPECTRUM jest urządzeniem przeznaczonym przede wszystkim do zabawy i nauki. Język programowania BASIC, duża pojemność pamięci i kolorowy monitor graficzny o dużej rozdzielczości umożliwiają tworzenie animowanych gier. Jedynym elementem, którego brakuje, jest wysokiej jakości generator dźwięku. W mikrokomputerze SPECTRUM dźwięk jest wytwarzany programowo. Sposób ten ma dwie podstawowe wady. Po pierwsze: generacja odbywa się kosztem czasu mikroprocesora, który czynnie uczestniczy w procesie tworzenia dźwięku, po drugie – nie ma możliwości syntezy bardziej złożonych przebiegów (kształtowania obwiedni), co jest konsekwencją istnienia tylko jednego kanału dźwiękowego.

Mikrokomputery innych firm, np. ORIC, czy COMMODORE 64 są wyposażone fabrycznie w scalone układy generacji i syntezy dźwięku. Układem powszechnie wykorzystywanym w komputerach osobistych do tego celu jest układ AY-3-8910 produkowany przez firmę General Instruments. Układ ten w bardzo prosty sposób może być dołączony do ZX-SPECTRUM.

Układ AY-3-8910 zawiera trzy niezależne tory dźwięku oraz dwa 8-bitowe układy wejścia/wyjścia wykorzystane np. do sterowania urządzeń zewnętrznymi, takich jak drukarka. Układ ma 16 wewnętrznych rejestrów, które mogą być zapisywane przez komputer. Dzięki wewnętrznym rejestrům układ pracuje niezależnie od mikroprocesora (ang. processor independent); tzn. po załadowaniu danych do rejestrów, układ zaczyna sam generować dźwięk, a komputer może dalej wykonywać swój własny program. Generowanie dźwięku nie absorbuje więc czasu mikroprocesora, a zatem nie opóźnia wykonywania programu.

OPIS FUNKCJONALNY UKŁADU

Rejestry wewnętrzne R0-R5 (tablica 1) określają orientacyjną i dokładną częstotliwość dźwięku dla poszczególnych kanałów. Częstotliwość ta zależy od częstotliwości sygnału zegarowego, doprowadzonego do układu. Dla sygnału zegarowego 3,5 MHz

najmniejsza częstotliwość generowana przez układ wyniesie ok. 54 Hz (jest to 1/65025 częstotliwości sygnału na wejściu CLOCK). Aby uzyskać mniejsze częstotliwości należy zbudować dodatkowy oscylator lub zastosować dzielnik sygnału zegarowego ZX-SPECTRUM.

Rejestr R6 ustala częstotliwość wysyłania próbek szumu generowanego w sposób pseudolosowy.

Rejestr R7 zawiera informacje o kierunku przesyłania danych przez układy wejścia /wyjścia oraz o włączeniu lub wyłączeniu danego kanału dźwiękowego. Na przykład, załadowanie R7 wartością 11101011 spowoduje ustawienie obu portów we/wy jako wyjścia; kanałem B będzie przesyłany szum, a kanałem C sygnał okresowy.

Do ustawiania amplitudy sygnałów w poszczególnych kanałach służą rejestry R8-R10.

Rejestry R11 i R12 służą do przesyłania danych między komputerem a portami we/wy.

Rodzaje pracy układu scalonego AY-3-8910 Tablica 2

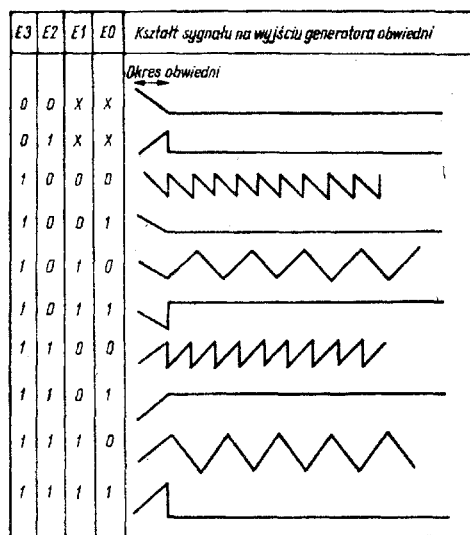
Rodzaj pracy	BDIR	BC1	BC2
Układ nieaktywny	0	0	1
Odczyt danych z rejestru	0	1	1
Zapis danych do rejestru	1	0	1
Wybranie rejestru	1	1	1

Schemat układu przedstawiono na rys. 1. Układ dekodujący został zbudowany w oparciu o cztery bramki NOR (US2). Do wybierania układu generatora służą dwie linie adresowe: A6 i A7, które po zdekodowaniu i zbramkowaniu sygnałami WR i $\bar{IO}\bar{R}\bar{Q}$ są doprowadzone do wejść sterujących BC1 oraz BDIR (tablica 2).

Przycisk RESET służy do zerowania wszystkich rejestrów układu. Na rys. 2 przedstawiono sposób wybierania kształtu obwiedni z wykorzystaniem rejestru R13.

Opis rejestrów wewnętrznych układu scalonego AY-3-8910 Tablica 1

Rejestr	Bit							
	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
R0	Częstotliwość tonu w kanale A							
R1	Dokładna - 8 bitów							
R2	Orientacyjna - 4 bity							
R3	Częstotliwość tonu w kanale B							
R4	Dokładna - 8 bitów							
R5	Orientacyjna - 4 bity							
R6	Okres szumu							
R7	Okres - 5 bitów							
R8	Rejestr sterujący							
R9	We/Wy							
R10	Szum							
R11	Ton							
R12	Port B							
R13	Port A							
R14	Port C							
R15	Port D							
R16	Port E							
R17	Port F							
R18	Port G							
R19	Port H							
R20	Port I							
R21	Port J							
R22	Port K							
R23	Port L							
R24	Port M							
R25	Port N							
R26	Port O							
R27	Port P							
R28	Port Q							
R29	Port R							
R30	Port S							
R31	Port T							
R32	Port U							
R33	Port V							
R34	Port W							
R35	Port X							
R36	Port Y							
R37	Port Z							
R38	Port AA							
R39	Port AB							
R40	Port AC							
R41	Port AD							
R42	Port AE							
R43	Port AF							
R44	Port AG							
R45	Port AH							
R46	Port AI							
R47	Port AJ							
R48	Port AK							
R49	Port AL							
R50	Port AM							
R51	Port AN							
R52	Port AO							
R53	Port AP							
R54	Port AQ							
R55	Port AR							
R56	Port AS							
R57	Port AT							
R58	Port AU							
R59	Port AV							
R60	Port AW							
R61	Port AX							
R62	Port AY							
R63	Port AZ							
R64	Port BA							
R65	Port BB							
R66	Port BC							
R67	Port BD							
R68	Port BE							
R69	Port BF							
R70	Port BG							
R71	Port BH							
R72	Port BI							
R73	Port BJ							
R74	Port BK							
R75	Port BL							
R76	Port BM							
R77	Port BN							
R78	Port BO							
R79	Port BP							
R80	Port BQ							
R81	Port BR							
R82	Port BS							
R83	Port BT							
R84	Port BU							
R85	Port BV							
R86	Port BW							
R87	Port BX							
R88	Port BY							
R89	Port BZ							
R90	Port CA							
R91	Port CB							
R92	Port CC							
R93	Port CD							
R94	Port CE							
R95	Port CF							
R96	Port CG							
R97	Port CH							
R98	Port CI							
R99	Port CJ							
R100	Port CK							
R101	Port CL							
R102	Port CM							
R103	Port CN							
R104	Port CO							
R105	Port CP							
R106	Port CQ							
R107	Port CR							
R108	Port CS							
R109	Port CT							
R110	Port CU							
R111	Port CV							
R112	Port CW							
R113	Port CX							
R114	Port CY							
R115	Port CZ							
R116	Port DA							
R117	Port DB							
R118	Port DC							
R119	Port DD							
R120	Port DE							
R121	Port DF							
R122	Port DG							
R123	Port DH							
R124	Port DI							
R125	Port DJ							
R126	Port DK							
R127	Port DL							
R128	Port DM							
R129	Port DN							
R130	Port DO							
R131	Port DP							
R132	Port DQ							
R133	Port DR							
R134	Port DS							
R135	Port DT							
R136	Port DU							
R137	Port DV							
R138	Port DW							
R139	Port DX							
R140	Port DY							
R141	Port DZ							
R142	Port EA							
R143	Port EB							
R144	Port EC							
R145	Port ED							
R146	Port EE							
R147	Port EF							
R148	Port EG							
R149	Port EH							
R150	Port EI							
R151	Port EJ							
R152	Port EK							
R153	Port EL							
R154	Port EM							
R155	Port EN							
R156	Port EO							
R157	Port EP							
R158	Port EQ							
R159	Port ER							
R160	Port ES							
R161	Port ET							
R162	Port EU							
R163	Port EV							
R164	Port EW							
R165	Port EX							
R166	Port EY							
R167	Port EZ							
R168	Port FA							
R169	Port FB							
R170	Port FC							
R171	Port FD							
R172	Port FE							
R173	Port FF							
R174	Port FG							
R175	Port FH							
R176	Port FI							
R177	Port FJ							
R178	Port FK							
R179	Port FL							
R180	Port FM							
R181	Port FN							
R182	Port FO							
R183	Port FP							
R184	Port FQ							
R185	Port FR							
R186	Port FS							
R187	Port FT							
R188	Port FU							
R189	Port FV							
R190	Port FW							
R191	Port FX							
R192	Port FY							
R193	Port FZ							
R194	Port GA							
R195	Port GB							
R196	Port GC							
R197	Port GD							
R198	Port GE							
R199	Port GF							
R200	Port GG							
R201	Port GH							
R202	Port GI							
R203	Port GJ							
R204	Port GK							
R205	Port GL							
R206	Port GM							
R207	Port GN							
R208	Port GO							
R209	Port GP							
R210	Port GQ							
R211	Port GR							
R212	Port GS							
R213	Port GT							
R214	Port GU							
R215	Port GV							
R216	Port GW							
R217	Port GX							
R218	Port GY							
R219	Port GZ							
R220	Port HA							
R221	Port HB							
R222	Port HC							
R223	Port HD							
R224	Port HE							
R225	Port HF							
R226	Port HG							
R227	Port HH							
R228	Port HI							
R229	Port HJ							
R230	Port HK							
R231	Port HL							
R232	Port HM							
R233	Port HN							
R234	Port HO							
R235	Port HP							
R236	Port HQ							
R237	Port HR							
R238	Port HS							
R239	Port HT							
R240	Port HU							
R241	Port HV							
R242	Port HW							
R243	Port HX							
R244	Port HY							
R245	Port HZ							
R246	Port IA							
R247	Port IB							
R248	Port IC							
R249	Port ID							
R250	Port IE							
R251	Port IF							
R252	Port IG							
R253	Port IH							
R254	Port II							
R255	Port IJ							
R256	Port IK							
R257	Port IL							
R258	Port IM							
R259	Port IN							
R260	Port IO							
R261	Port IP							
R262	Port IQ							
R263	Port IR							
R264	Port IS							
R265	Port IT							
R266	Port IU							
R267	Port IV							
R268	Port IW							
R269	Port IX							
R270	Port IY							
R271	Port IZ							
R272	Port JA							
R273	Port JB							
R274	Port JC							
R275	Port JD							
R276	Port JE							
R277	Port JF							
R278	Port JG							
R279	Port JH							
R280	Port JI							
R281	Port JJ							
R282	Port JK							
R283	Port JL							
R284	Port JM							
R285	Port JN							
R286	Port JO							
R287	Port JP							
R288	Port JQ							
R289	Port JR							
R290	Port JS							
R291	Port JT							
R292	Port JU							
R293	Port JV							
R294	Port JW							
R295	Port JX							
R296	Port JY							
R297	Port JZ							
R298	Port KA							
R299	Port KB							
R300	Port KC							
R301	Port KD							
R302	Port KE							
R303	Port KF							
R304	Port KG							
R305	Port KH							
R306	Port KI							
R307	Port KJ							
R308	Port KK							
R309	Port KL							
R310	Port KM							
R311	Port KN							
R312	Port KO							
R313	Port KP							
R314	Port KQ							
R315	Port KR							
R316	Port KS							
R317	Port KT							
R318	Port KU							
R319	Port KV							
R320	Port KW							
R321	Port KX							
R322	Port KY							
R323	Port KZ							
R324	Port LA							
R325	Port LB							
R326	Port LC							
R327	Port LD							
R328	Port LE							
R329	Port LF							
R330	Port LG							
R331	Port LH							
R332	Port LI							
R333	Port LJ							
R334	Port LK							
R335	Port LL							
R336	Port LM							
R337	Port LN							
R338	Port LO							
R339	Port LP							
R340	Port LQ							
R341	Port LR							
R342	Port LS							
R343	Port LT							
R344	Port LU							
R345	Port LV							
R346	Port LW							
R347	Port LX							
R348	Port LY							
R349	Port LZ							
R350	Port MA							
R351	Port MB							
R352	Port MC							
R353	Port MD							
R354	Port ME							
R355	Port MF							
R356	Port MG							
R357	Port MH							
R358	Port MI							
R359	Port MJ							
R360	Port MK							
R361	Port ML							
R362	Port MM							
R363	Port MN							
R364	Port MO							
R365	Port MP							
R366	Port MQ							
R367	Port MR							
R368	Port MS							
R369	Port MT							
R370	Port MU							
R371	Port MV							
R372	Port MW							
R373	Port MX							
R374	Port MY							
R375	Port MZ							
R376	Port NA							
R377	Port NB							
R378	Port NC							
R379	Port ND							
R380	Port NE							
R381	Port NF							
R382	Port NG							
R383	Port NH							
R384	Port NI							



Rys. 2. Sposób wybierania obwiedni dźwięku

Sygnal zegarowy może być doprowadzony z ZX-SPECTRUM bezpośrednio przez dzielnik częstotliwości lub z dodatkowego oscylatora (rys. 3).

Wyjście analogowe układu można dołączyć do dowolnego wzmacniacza akustycznego (np. do magnetofonu współpracującego z komputerem).

PROGRAMOWANIE GENERATORA

Programowanie układu jest możliwe za pomocą instrukcji IN i OUT języka BASIC lub instrukcji wejścia/wyjścia asemblera Z80.

Wpisywanie danych do rejestru o numerze n odbywa się następująco:

- wybieramy rejestr n instrukcją OUT 63, n
- wpisujemy dane d do wybranego rejestru instrukcją OUT 95, d .

Cykl wpisywania danych do rejestru składa się więc zawsze z dwóch instrukcji OUT.

Odczytywanie danych z rejestru portu ustawionego jako wejście odbywa się również w dwóch etapach:

- wybieramy rejestr n instrukcją OUT 63, n
- odczytujemy dane instrukcją LET $d=IN 63$.

PRZYKŁAD 1: eksplozja

```

10 OUT 63:6: OUT 95:31: REM USTAWIENIE GENERATORA SZUMU
20 OUT 63:7: OUT 95:7: REM USTAWIENIE KANAŁÓW A,B,C DLA SZUMU
30 OUT 63:8: OUT 95:16: REM USTAWIENIE AMPLITUDY KANAŁU A
40 OUT 63:9: OUT 95:16: REM USTAWIENIE AMPLITUDY KANAŁU B
50 OUT 63:10: OUT 95:16: REM USTAWIENIE AMPLITUDY KANAŁU C
60 OUT 63:12: OUT 95:20: REM USTAWIENIE CZASU OPADANIA
70 OUT 63:13: OUT 95:0: REM USTAWIENIE ORWIEDNI NA OPADANIE

```

PRZYKŁAD 2: laser

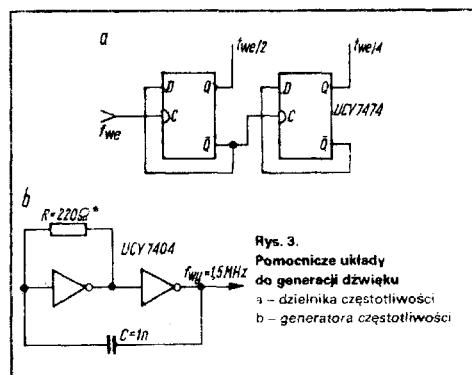
```

10 FOR I=0 TO 13: REAR A: OUT 63:I: OUT 95:A: NEXT I
20 DATA 190,0,0,0,0,0,0,126,16,0,0,0,10,15
30 PAUSE 10: RESTORE : GO TO 10

```

PRZYKŁAD 3: CENTRONICS interface

Podprogram napisany w języku asemblera Z80, służący do wysyłania zawartości akumulatora (kod ASCII 7-bitów) na drukarkę. Port A ustawiony jako wejście (przyjmowanie sygna-



Rys. 3. Pomocnicze układy do generacji dźwięku
a - dzielnik częstotliwości
b - generatora częstotliwości

tu BUSY od drukarki) - bit PA0. Port B ustawiony jest jako wyjście: bity PB0-PB6 - kod ASCII, bit PB7 - sygnał STROBE.

```

INICJALIZACJA LD A,7 #WYBRANIE REJ. STER.
OUT (63),A
LD A,#10111111 #A-WY, R-WE
OUT (95),A
RET

```

Podprogram inicjalizujący powinien być wywołany przed rozpoczęciem drukowania.

Podprogram zapewnia przesłanie z potwierdzeniem oraz umożliwia przerwanie wysyłania danych w dowolnej chwili (naciśnięcie BREAK).

CENTRONICS INTERFACE - AY-3-8910

```

PROCDD PUSH AF #KOD NA STDS
LD A,15 #WYBRANIE REJ. R15
OUT (63),A
POP AF #7-RIT KOD ASCII
CPL
OUT (95),A #WYSŁANIE STROBE=1
CPL
OUT (95),A #WYSŁANIE KODU ASCII
LD A,14 #WYBRANIE REJ. R14
OUT (63),A
WAIT CALL #1F54 #SPRAWDZENIE CZY BREAK
JR NC,ERR #TAK
IN A,(63) #CZYTANIE SYGNAŁU BUSY
BIT 0,A
JR NZ,WAIT #BUSY=1, CZEKAJ
LD A,15 #WYBRANIE REJ. R15
OUT (63),A
CPL
OUT (95),A #WYSŁANIE STROBE=1
RET #POWRÓT DO PROGRAMU GŁÓWNEGO
ERR EI
JP #1B7B #KOMUNIKACJA "L"

```

Układ generatora dźwięku i interface'u do drukarki został zbudowany przez autora i działa bez zastrzeżeń.

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH ELEMENTÓW

Układy scalone
US1-AY-3-8910 firmy General Instruments
US2-UCY74LS02N
Inne
Gniazdo mikrofonowe, gniazdo ELTRA 881025 do drukarki

LITERATURA

- [1] „Sinclair Projects”, June/July 1983
- [2] Katalog firmy General Instruments 1983
- [3] Logan I., O'Hara F.: COMPLETE SPECTRUM ROM DISASSEMBLY, Melbourne House 1983