

Magnetofon cyfrowy DAR-001, część 3

Epoka magnetofonów szpulowych zakończyła się definitywnie, dni magnetofonów kasetowych chyba są policzone, mimo, że nadal można je znaleźć w popularnych wieżach stereo. Czy to oznacza koniec przyjemności dokonywania własnych nagrań? Na pewno nie, natomiast trzeba się będzie pogodzić ze zmianą nośnika.

W artykule przedstawiamy konstrukcję nowoczesnego, cyfrowego magnetofonu zapisującego muzykę na kartach CompactFlash i dyskach twardech. To jeden z najbardziej zaawansowanych projektów, jakie ukazały się w ostatnim czasie na łamach EP.

Rekomendacje:

wykonanie magnetofonu można polecić doświadczonym Czytelnikom – to projekt o wysokim stopniu trudności, dający jednak maksimum satysfakcji po szczęśliwym uruchomieniu.



Oprogramowanie

Program główny dla magnetofonu DAR-001 napisałem w języku C. Użyłem kompilatora AVR-GCC z nakładką AVRSide.

Dysk HDD jest podłączony zgodnie ze specyfikacją ATA i pracuje w trybie PIO. Procesor obsługuje 10 rejestrów dysku. Rejestr danych dysku jest 16-bitowy. Pozostałe rejestry dysku są 8-bitowe.

Karta CompactFlash została podłączona jako PC Card – procesor obsługuje wtedy 9 rejestrów karty CF. W tym trybie pracy karty wszystkie rejestry (również rejestr danych) są 8-bitowe.

Adresowanie pamięci masowych może się odbywać albo w trybie CHS (Cylinder-Head-Sector, czyli cylinder-głowica-sektor), albo w trybie LBA (Logical Block Addressing). Wybrałem tryb pracy LBA dysku i karty CF. Tryb LBA jest prostszy w obsłudze – cała przestrzeń dysku/karty jest adresowana liniowo za pomocą jednej 28-bitowej liczby. Drugim powodem wybrania trybu LBA jest to, że dyski/karty o pojemności powyżej 512 MB można obsługiwać tylko w trybie LBA.

Obsługa dysków (kart CF)

Przed wysłaniem do dysku/karty jakiegokolwiek polecenia, należy odczekać, aż w rejestrze statusu bit RDY będzie równy „1”, a bit BSY będzie równy „0”. Do zarządzania dyskiem użyłem tylko trzech rozkazów: odczyt sektora/sektorów – kod 0x20, zapis sektora/sektorów – kod 0x30 oraz odczyt tablicy identyfikacji dysku (kod 0xEC). W pierwszej kolejności należy wykonać rozkaz odczytu tablicy identyfikacji dysku. Po prawidłowym wykonaniu tego polecenia można odczytać 512 bajtów opisujących dysk/kartę. Na podstawie tych informacji program obsługi magnetofonu najpierw sprawdza całkowitą liczbę sektorów na dysku/karcie. Jeśli całkowita liczba sektorów nośnika jest większa od 32 MB, to program przechodzi do odczytu pierwszego sektora na dysku (MBR) zawierającego tablicę partycji. Oprogramowałem obsługę partycji typu 0x0E (FAT-16 w trybie LBA). Dla partycji większych od 512 MB możliwe jest wykorzystanie partycji 0x06 (FAT-16). W przyszłości przewiduję obsługę również partycji typu 0x0B (FAT-32). Kolejność danych na dysku jest następująca: MBR (Master BOOT Record), sektory zarezerwowane 1, BPB (BIOS Parameter Block), sektory zarezerwowane 2, pierwsza kopia tablicy alokacji plików FAT, druga kopia tablicy alokacji plików FAT, katalog główny, obszar danych.

Magnetofon DAR-001 podczas nagrywania wpisuje do nowo utworzonego zbioru ciąg próbek w kolejności: *LSB_Kanał_Lewy*, *MSB_Ka-*

PODSTAWOWE PARAMETRY

Parametry nagrywania (typowe)

- Częstotliwość próbkowania: 32000, 44100, 48000 Hz
- Rozdzielczość: 16 bitów
- Dynamika: 92 dB
- Zniekształcenia nieliniowe (S/THD+N): 90 dB

Parametry odtwarzania plików *.WAV lub *.MP3 (typowe)

- Częstotliwość próbkowania: 8000...48000 Hz
- Rozdzielczość: 16 bitów
- Dynamika: 90 dB
- Stosunek sygnał/szum (S/N): 87 dB

Parametry odtwarzania z wejść SPDIF (Typowe)

- Częstotliwość próbkowania: 32000, 44100, 48000 Hz
- Rozdzielczość: 24 bity
- Dynamika: 107 dB
- Zniekształcenia nieliniowe (THD): 0,003%
- Napięcie wyjściowe sygnału audio: 1 V (wartość skuteczna), 3Vpp (peak-to-peak)
- System plików: FAT16 – LBA
- Obsługa kart CompactFlash 32 MB...4 GB
- Obsługa dysków HDD 512 MB...128 GB (wykorzystuje do 16 GB)

nał_Lwey, LSB_Kanał_Prawy, MSB_Kanał_Prawy itd. Po zagończeniu nagrywania tworzony jest nagłówek nagranych zbioru WAV. Nagłówek jest wpisywany na początku nagranych zbioru – pierwsze 11 próbek (44 bajty) są w ten sposób tracone, ale nie ma to większego znaczenia, ponieważ 11 próbek przy częstotliwości próbkowania równej 44100 odpowiada czasowi około 0,25 ms.

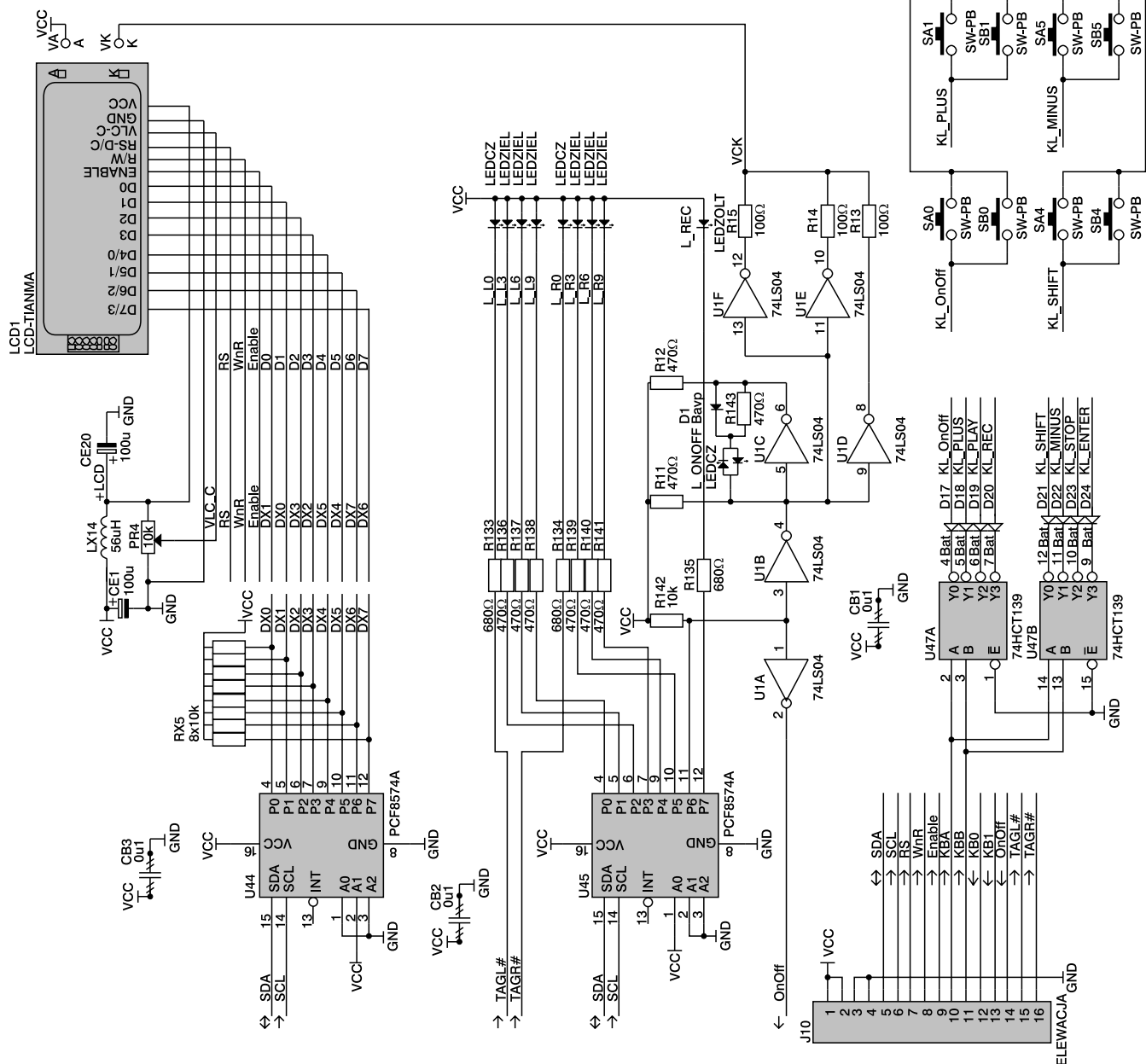
Montaż i uruchomienie

Magnetofon DAR-001 został zamontowany na dwustronnej płytce drukowanej z metalizowanymi otworami. Większość elementów jest typu SMD. Elementem o największym zagęszczeniu nóżek jest układ

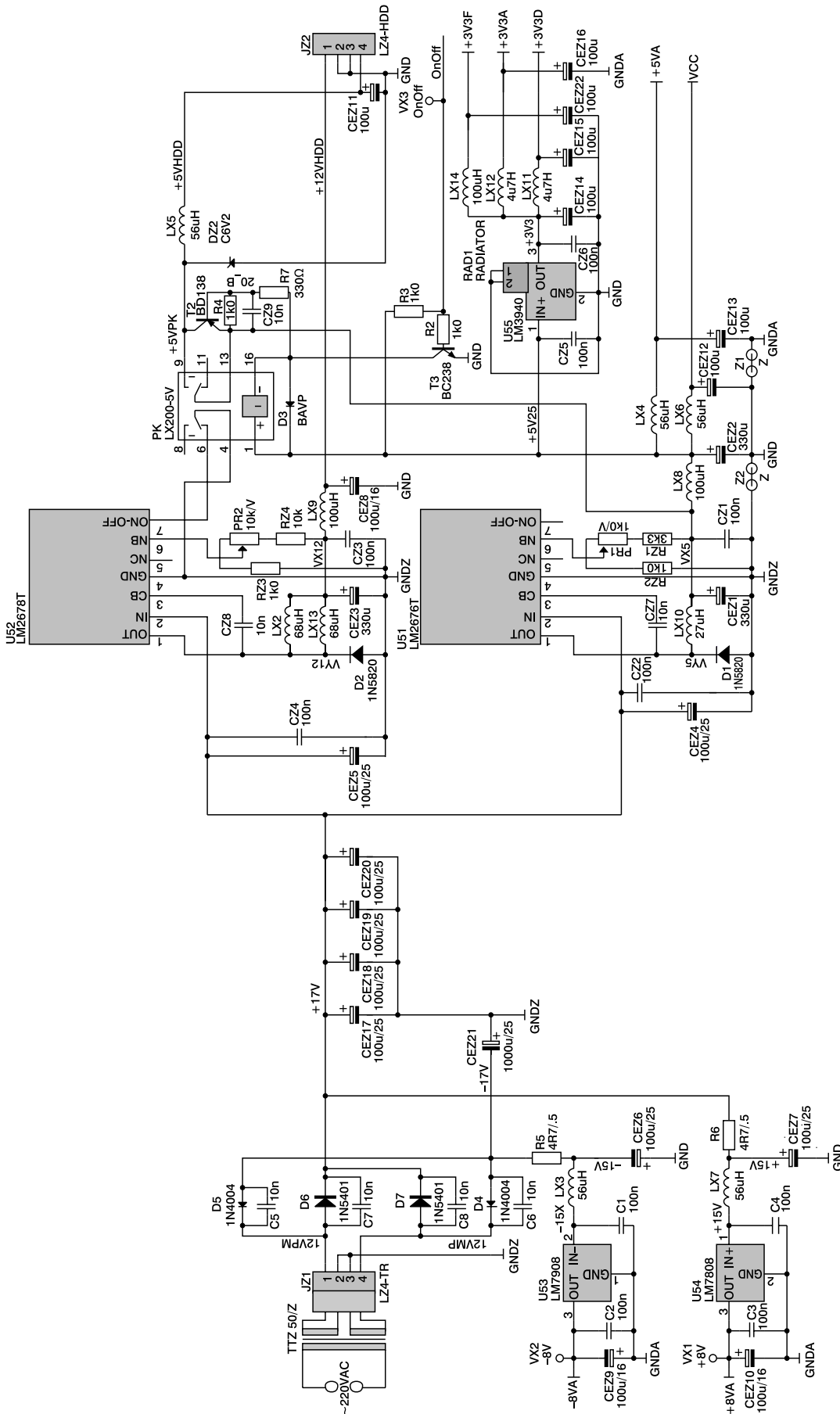
U6 (DIR1703) – obudowa SSOP28 o rastrze 0,65 mm. Schematy montażowe przedstawiono na rys. 8 (płytki główna) i rys. 9 (płytki panelu czołowego).

Montaż płytki DAR-001 rozpoczynamy od zamontowania układów U6 i U25. Należy do tego celu użyć pasty lutowniczej i grubego, tępego grotu. Przed pierwszym włączeniem zasilania magnetofonu należy połączyć kawałkiem srebrzanki masy GND i GNDA (masa zwykła i masa analogowa) w pobliżu układu U7.

Początkowo do zasilania płytki DAR-001 wystarczy jedno napięcie stabilizowane +5 V. Mając zewnętrzny zasilacz +5 VDC/500 mA można zasilik płytke poprzez złącze



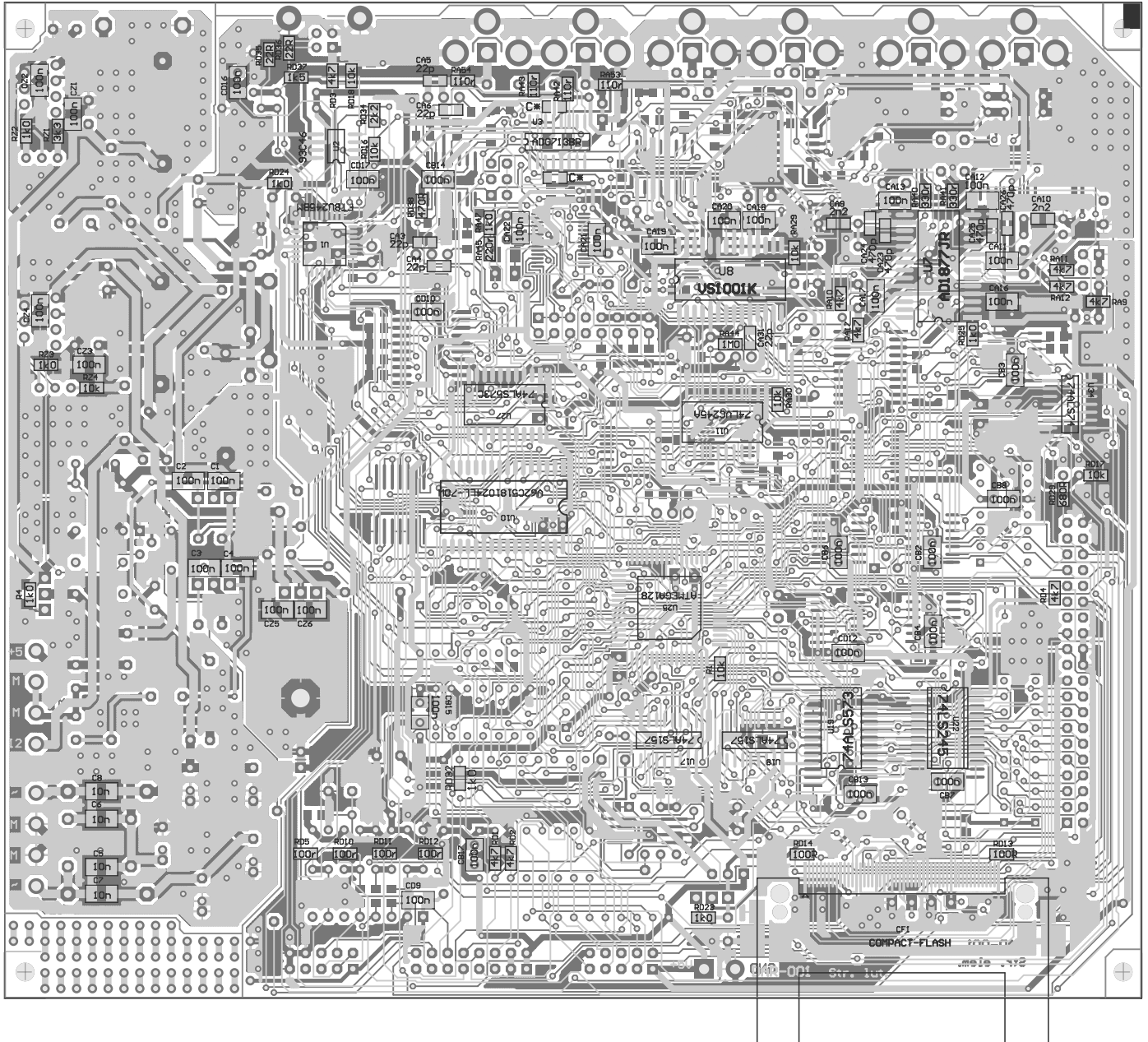
Rys. 6. Schemat płytki płyty czołowej magnetofonu – wyświetlacz LCD, klawiatura, diody LED



Rys. 7. Zasilacz magnetofonu cyfrowego DAR-001

JZ (2x3,81). Jeśli nie przewidujemy użycia takiego zasilacza, to należy zamontować na płycie DAR-001 elementy zasilacza za stabilizację napięcia VCC = +5 V. Należy zatem wlotować diody prostownicze (D4, D5, D6, D7), kondensatory elektrolityczne (CE17, CE18, CE19, CE20, CE21), układ scalony LM2676T (U51) oraz elementy bezpośrednio związane z układem U51. Początkowo nie należy lutować dławików LX4 i LX6. Najpierw uruchomić zasilacz +5 V. W tym celu do złącza JZ1 doprowadzamy napięcie zmienne z transformatora o mocy 50 VA i napięciu wyjściowym 2x12...14 V. Potencjometrem PR1 można wyregulować napięcie wyjściowe stabilizatora +5 V na wartość około 5,25 V (napięcie na kondensatorze CEZ2). Jeśli stabilizator pracuje poprawnie, można wlotować dławiki LX4 i LX6. Po uruchomieniu stabilizatora +5 V można wlotować układ scalony LM3940 (U55) (stabilizator napięcia +3,3 V) wraz z elementami towarzyszącymi układowi U55.

Uruchomienie płytki DAR-001 zaczynamy do części mikroprocesorowej. Należy zamontować procesor (z elementami bezpośrednio związanymi z nim - rezonator kwarcowy RQ5, kondensatory blokujące zasilanie, rezystory między procesorem a złączem JUP lub JUPB itp.) oraz złącze do programowania procesora. Do programowania użyłem



Rys. 8a. Płytką główną magnetofonu – dół

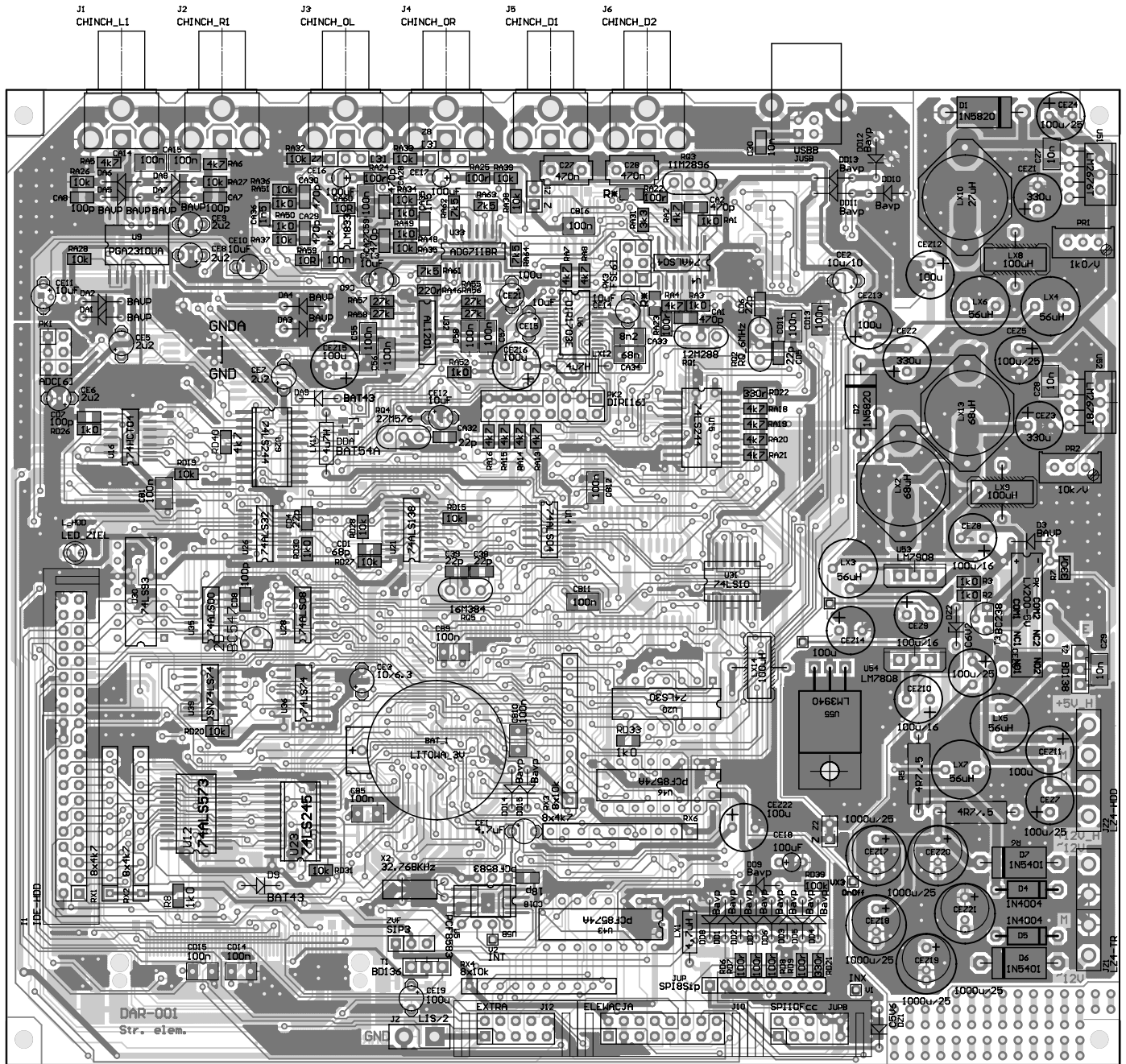
programu PONYPROG2000. Na początku należy odpowiednio ustawić wartości bitów konfiguracyjnych procesora ATmega128 (CKOPT, SUT0, BOOTSZ0) – rys. 10. Następnie na głównej płytce należy wlotować wszystkie układy pracujące z magistralą I²C, czyli układy PCF8574A oraz PCF8583. Jednocześnie na płytce płyty czołowej należy zamontować wyświetlacz, przyciski i inne elementy. Obie płytki należy połączyć ze sobą przewodem wstęgowym. Po wpisaniu do procesora programu DAR001.HEX i uruchomieniu go (po restarcie procesora) na wyświetlaczu powinien pojawić się napis:

```
12:59:59 DAR001
07-01-27,3 SLEEP
```

Jeśli tak będzie, to możemy przystąpić do zamontowania pamięci RAM (U10) oraz dekodera adresów – układy U14, U17, U18, U19, U20, U21, U27, U28 oraz U31. Aby sprawdzić działanie powyższych układów (głównie pamięci RAM) należy zamontować jeszcze układ scalony FT8U245BM (U1) wraz z elementami towarzyszącymi. Umożliwi to podłączenie DAR-001 do komputera kablem USB. Przy pierwszym połączeniu magnetofonu do portu USB komputera konieczne jest zainstalowanie driverów FTD2XX (ftd2xx.sys, ftd2xx.

inf, FTD2XX.DLL, FTD2XX.LIB, FTD2XX.H). Po wykryciu przez system Windows nowego sprzętu należy wybrać opcję „z dysku” i wskazać katalog zawierający powyższe drivery. Po zainstalowaniu nowego sprzętu uruchamiamy na komputerze program *DAR01USB.exe*. Najważniejszy jest napis w lewym dolnym narożniku (nad paskami postępu) „USB USB OK, :-)” – oznacza on poprawne działanie połączenia USB, natomiast napis „USB Error !” oznacza, że transmisja nie działa prawidłowo.

Po uzyskaniu poprawnego połączenia przez port USB można sprawdzić działanie pamięci RAM.



Rys. 8b. Płytką główna magnetofonu – góra

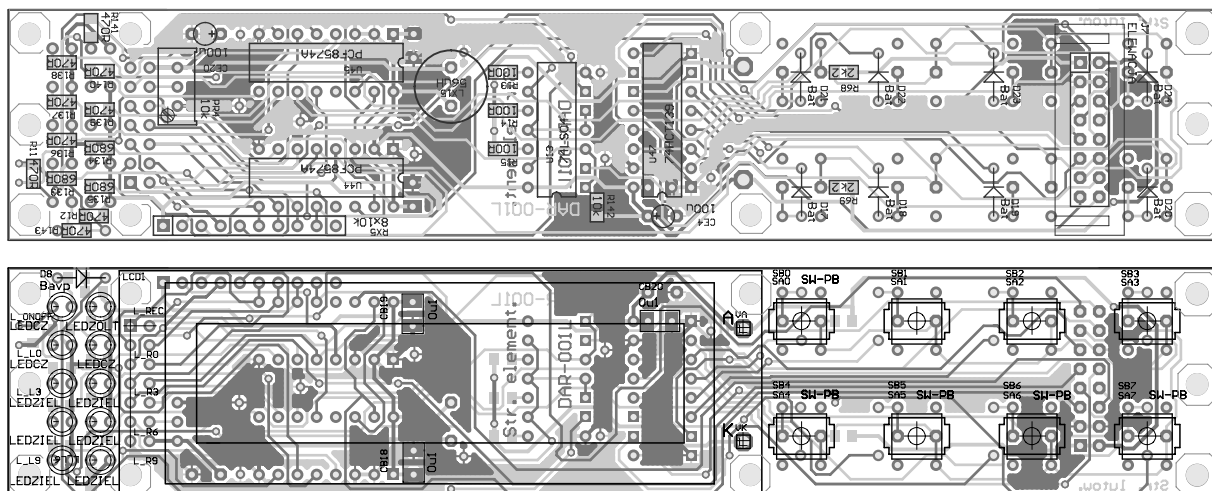
Przeprowadzamy to następująco: przyciskiem „RD *.*->BUF” wczytujemy do bufora podręcznego jakiś plik (np. zdjęcie *.jpg) o długości nie przekraczającej 49152 bajtów, następnie przyciskiem „WR BUF/USB” zapisujemy zawartość bufora podręcznego w pamięci RAM magnetofonu DAR-001. Po tych krokach należy wczytać zawartość pamięci RAM magnetofonu do bufora podręcznego używając przycisku „RD BUF/USB”. W ostatnim kroku zapisujemy przyciskiem „WR BUF->*.*” zawartość bufora podręcznego na dysku komputera pod zmienioną

nazwą. Jeśli pamięć RAM magnetofonu działa poprawnie, to obydwa pliki powinny mieć taką samą zawartość. Podobnie możemy sprawdzić działanie stronicowania pamięci RAM wpisując do niej zawartość pliku o długości nieco mniejszej lub równej 131072 bajtów. Użyjemy wtedy kolejno przycisków „RD *.*->BUF”, „WR RAM/USB”, „RD RAM/USB” oraz „WR BUF->*.*”.

W kolejnym kroku możemy sprawdzić działanie encodera MP3 VS1001k (U8). Najpierw sprawdzamy czy występują na płytce prawidłowe wartości napięć +3 V3 D

(+3,3 V Digital), +3 V3 A (+3,3 V Analog) i ewentualnie +3 V3 F (+3,3 V FLASH). Jeśli napięcia +3,3 V występują, to przystępujemy do montażu bufora 74LVC245A (U11), bufora 74LS244 (U15) oraz układu VS1001k (U8) wraz z elementami towarzyszącymi (rezystory, kondensatory, rezonator RQ4 24,576 MHz). Konieczne jest również wlotowanie układów U16 (74HCT04) i U36 (74LS74) oraz złącz Chinch (J1...J6).

Na czas testów (przed zamontowaniem układu LM833 (U42)) należy na zworkach Z7 i Z8 połą-



Rys. 9. Płytką panelu czołowego

czyć punkty 1 z 2 (kwadratowy ze środkowym). Konieczne jest również wlotowanie kondensatorów CE16, CE17 i rezystorów RA24, RA25, RA 32 i RA33. Po podłączeniu do gniazd J3 i J4 wzmacniacza lub głośników komputerowych przystępujemy do pierwszych testów enkodera MP3. Do bufora pamięci RAM magnetofonu należy wpisać krótki plik typu MP3 używając programu *DAR01USB.exe*. Wybierając przycisk „RD *.*->BUF” wczytujemy do bufora podręcznego jakiś plik *.MP3 o długości ponad 49152 bajtów, a następnie przyciskiem „WR BUF/USB” zapisujemy zawartość bufora podręcznego w pamięci RAM magnetofonu DAR-001. Po tej czynności klawiszem KL11 (SHIFT) wybieramy alternatywne funkcje klawiatury (FB) i używając klawisza KL13 uruchamiamy odtwarzanie pliku MP3 umieszczonego w pamięci RAM magnetofonu. Ze względu na ograniczoną długość bufora RAM wynoszącą 49152 bajtów usłyszymy dźwięk trwający w zależności od stopnia kompresji około 0,5 sekundy (najlepiej użyć pliku MP3 o dużej kompresji – np. pliku z bitrate 96 kB/s). powinniśmy usłyszeć czysty, niezniekształcony dźwięk.

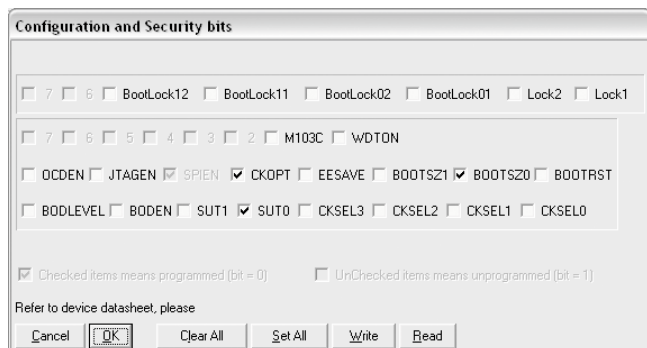
W kolejnym kroku proponuję uruchomić obsługę karty CF i dysku HDD. Należy wlotować bufory U12, U22, U23 oraz złącza do karty CF i przewodu 40-żyłowego do dysku twardego, a także tranzystor T1 i kilku rezystorów związanych bezpośrednio ze złączami CF i HDD. Tranzystor T1 typu BD136 powinien charakteryzować się małym napięciem nasycenia – tranzystor ten pracuje jako klucz napięcia za-

silania karty CF. Karty CF pobierają podczas pracy impulsy prądu o natężeniu kilkuset mA. Zworką ZVF należy wybrać napięcie pracy karty CF. Bezpieczniej będzie wybrać napięcie +3,3 V. Jeśli przewidujemy użycie dysku twardego, konieczne jest zamontowanie w zasilaczu układu LM2678T (U52), przełącznika PK (LX200-5V), tranzystorów T2 i T3 oraz pozostałych elementów składających się na zasilacz +12 V. Potencjometrem PR2 należy wyregulować napięcie wyjściowe na około +12 V. Uwaga – zasilacz ten jest włączany programowo po włączeniu magnetofonu. Zasilacz +12 V powinien mieć chwilową wydajność prądową na poziomie 4 A. Dyski twarde pobierają średnio kilkaset miliamperów, ale w impulsie około 4 A.

Po umieszczeniu w podstawie karty pamięci CF lub po podłączeniu dysku HDD należy klawiszem KL02 lub KL03 wywołać funkcję odczytu identyfikacji nośnika. Na wyświetlaczu w prawym dolnym narożniku na chwilę pojawi się napis „RI_PCC” lub „RI_HDD” (Read Ident. PCC lub HDD), a następnie pojawi się napis „OK0000”, jeśli operacja odczytu identyfikacji się powiedzie lub „RE0001” (Read error) jeśli karta/dysk są niegotowe, albo „RE00FF” przy braku połączenia z nośnikiem. Możliwe są inne numery błędów. Jeśli odczyt identyfikacji nośnika się powiedzie, to możemy użyć programu *DAR01USB.exe* jako menadżera plików. Jeśli w lewym oknie menadżera plików nie uzyskamy sensownie wyglądającej listy plików, możemy spróbować zapisać na karcie/dysku pojedyncze

sektory używając przycisków „Write SEC” i „Read SEC”. Należy pamiętać, że zapis bezpośredni grupy sektorów na karcie/dysku może zniszczyć strukturę logiczną plików.

Po uruchomieniu obsługi karty CF i dysku HDD przystępujemy do montażu przetwornika ADC. Na początek proponuję wlotować układy 74LV04 (U4) i ADG713BR (U3) wraz z elementami towarzyszącymi (rezonatory kwarcowe RQ1 – 12,288 MHz i RQ3 – 11,2896 MHz). Działanie generatorów warto sprawdzić oscyloskopem. Generator 12,288 MHz jest potrzebny do nagrań z częstotliwościami próbkowania 32 i 48 kHz oraz jego sygnał o częstotliwości 12,288 MHz jest wykorzystywany przez odbiornik SPDIF (U6). Generator częstotliwości 11,2896 MHz jest wykorzystywany podczas nagrań z częstotliwością próbkowania równą 44,1 kHz. W kolejnym kroku należy wlotować układ scalony AD1877JR (U7) oczywiście ze wszystkimi rezystorami, kondensatorami i diodami związanymi z tym układem. Należy także wlotować potencjometr elektroniczny, czyli układ PGA2310UA (U9). Układ ten można zdobyć jako próbkę od firmy Texas Instruments. Jeśli nie będzie to możliwe, to w jego miejsce można zamontować (poza płytką drukowaną) zwykły potencjometr 2x10 kΩ łącząc przewodami ekranizowanymi wyprowadzenia 9, 11, 14 i 16 układu U9 z odpowiednimi wyprowadzeniami potencjometru. Wlotowanie układu PGA2310UA (U9) wymaga zamontowania w zasilaczu stabilizatorów liniowych LM7808 (U54) i LM7908 (U53). Stabilizują one napięcia +8 V i -8 V. Uruchomie-



Rys. 10. Ustawienie bitów konfiguracyjnych mikrokontrolera Atmega128 w magnetofonie DAR-001

nie przetwornika AD1877JR wymaga wlotowania pozostałych układów logicznych TTL (U26, U29, U30, U34, U35 i U39). Po wlotowaniu wszystkich tych układów uruchamiamy magnetofon DAR-001 i wywołujemy funkcję ustawiania parametrów nagrywania. Wybieramy klawiszem KL04 tor ADC. Przyciskami KL02 i KL12 ustawiamy odpowiednią częstotliwość próbkowania (jeśli nie zamontowano kwarcu 11,2896 MHz, to nie wy-

bieramy częstotliwości 44,1 MHz), a przyciskami KL03 i KL13 można ustawić wzmocnienie toru audio. Do złącz J1 i J2 należy doprowadzić stereofoniczny sygnał audio o napięciu skutecznym 200 mV...2 V. Po zaakceptowaniu ustawień nagrywania klawiszem KL14 (ENTER) przechodzimy do dokonania próbnego nagrania (BUF lub REC).

Po uruchomieniu toru ADC możemy sprawdzić działanie odbiornika DIR1703E (U6). Należy wlotować wszystkie rezystory i kondensatory związane z układem U6. Na polu krosowym PK6 należy założyć zworkę 6 i 8. Do złącz J5 i/lub J6 należy doprowadzić cyfrowy sygnał SPDIF (np. z komputera) o częstotliwości próbkowania 44,1 kHz lub

48 kHz. W magnetofonie, podczas ustawiania parametrów nagrywania, należy wybrać klawiszem KL03 tor DIR, a następnie klawiszami KL02 i KL12 odpowiednie wejście cyfrowe. Jeśli odbiornik DIR1703E odbierze prawidłowo sygnał cyfrowy SPDIF, to pojawi się napis „F:44kHz” lub F:48kHz”.

Na koniec montujemy układy ADG711 (U33) i LM833 (U42) wraz z elementami bezpośrednio związanymi z nimi. Jeśli przewidujemy użycie magnetofonu DAR-001 jako przetwornik DAC (przetwornik cyfrowego sygnału SPDIF na sygnał analogowy), należy wlotować również układ AL1201 (U32). Układ AL1201 można kupić w sklepie internetowym pod adresem <http://www.profusionplc.com>. Po zamontowaniu układów scalonych U33 i U42 (i ewentualnie U32) należy na zworkach Z7 i Z8 połączyć punkty 2 z 3 (okrągły ze środkowym).

Zbyszko Przybył
Zbyszek.Przybyl@interia.pl

AKUMULATORY BEZOBSŁUGOWE




Typ	Napięcie (V)	Pojemność (Ah)	Wymiary [mm]			Waga [kg]	Cena
			Wysokość	Długość	Głębokość		
NP 1,2-6		1,2	54,5	97	25	0,31	46
NP 3-6		3	64	134	34	0,57	61
NP 4-6		4	105,5	70	47	0,85	51
NP 7-6	6	7	97,5	151	34	2	84
NP 12-6		12	97,5	151	50	2,05	89
NP 0,8-12		0,8	61,5	96	25	0,35	130
NP 1,2-12		1,2	54,5	97	48	0,57	75
NP 2-12		2	89	150	20	0,7	144
NP 2,3-12		2,3	64	178	34	0,94	79
NP 3,2-12	12	3,2	64	134	67	1,17	84
NP 4-12		4	106	90	70	1,57	86
NPH 5-12		5	106	90	70	2	144
NPH 2-12		2	88	68	51	0,84	135
NP 7-12 (L)		7	97,5	151	65	2,65	89
NPW45-12		7	97,5	151	65,0	2,7	107
NP 12-12		12	97,5	151	98	4,09	177
NP 17-12		17	167	181	76	5,97	228
NP 24-12		24	125	166	175	8,92	274
NP 38-12		38	170	197	165	13,93	441
NP 65-12		65	174	350	166	22,82	626

tel. 022 568 99 50
z oferty www.sklep.avt.pl
handlowy@avt.pl