



Dotykowy tablet

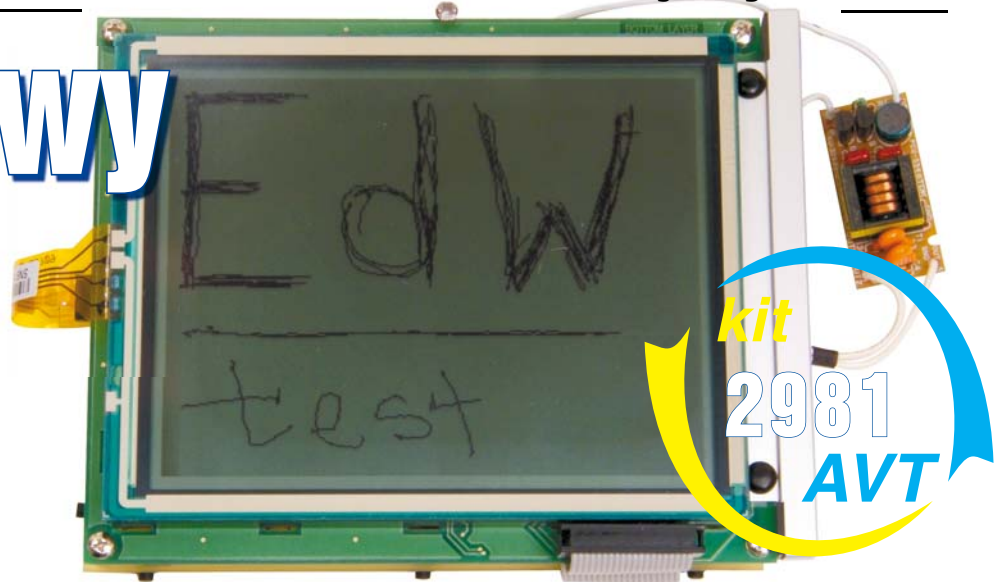
Od wielu lat w nowoczesnym sprzęcie elektronicznym pojawiają się wyświetlacze dotykowe. Na samym początku pojawiły się w nowoczesnych mikrokomputerach znanych nam bardziej pod nazwą palmtop. Coraz częściej pojawiają się one w telefonach komórkowych i smartfonach, w zasadzie salony sieci komórkowych są w dużej mierze zdominowane przez telefony z panelem dotykowym. Ostatnio również pojawiają się w nowoczesnych odtwarzaczach multimedialnych.

Takie wyświetlacze dotykowe w praktyce okazują się bardzo niezawodne oraz dają wiele możliwości obsługi urządzenia. Pomysł na ich nietypowe wykorzystanie są w zasadzie nieograniczone. Jednym z pomysłów jest podążanie punktów bądź linii na wyświetlaczu za palcem, dzięki niemu panel dotykowy stwarza nam możliwość rysowania obrazków na wyświetlaczu graficznym.

Prezentowane w artykule urządzenie wykorzystuje wyświetlacz graficzny 1-bitowy oraz panel dotykowy, który umożliwia rysowanie obrazków. „Dotykowy tablet”, jak sama nazwa wskazuje, pozwala na zapisywanie notatek na wyświetlaczu oraz zmywanie ich za pomocą pojedynczego przycisku. Urządzenia można używać jako notatnika na biurku, który będzie nam przypominał o zadaniach, jakie mamy do wykonania następnego dnia. Może również zastąpić bloki rysunkowe naszych i zaprzyjaźnionych dzieci. Niewątpliwie będą one miały wiele radości z ciągłego rysowania i zmywania różnego rodzaju bazgrołów.

Panel dotykowy i jego obsługa

Istnieją cztery główne rodzaje paneli dotykowych. Jedną z nich jest oporowy ekran dotykowy, który podczas dotyku zwiera przezroczyste elektrody. Elektrody są wykonane zazwyczaj przez naporowanie cienkiej warstwy metalu na folię poliestrową. Każda elektroda ma dwa wyprowadzenia. Każda elektroda jest ustawiona w innej orientacji (jedna w pozycji poziomej, a druga w pionowej). Zawsze jedna elektroda pracuje jako rezystor, przy czym lepszym porównaniem jest tutaj potencjometr liniowy, czyli zwyczajny dzielnik napięcia. Drugą elektrodę można porównać do osi obrotowej potencjometru,



która ustawiając się na konkretnej pozycji, wyznacza napięcie. Można więc poprzez pomiar napięcia na tej elektrodzie uzyskać konkretną pozycję na panelu dotykowym.

Nasze wymagania są jednak nieco większe: aby uzyskać dane dwuwymiarowe, musimy najpierw jedną elektrodę ustawić jako potencjometr, a następnie to samo zrobić z drugą, odczytując napięcie z pierwszej elektrody. Niestety żadna z elektrod nigdy nie wskazuje równej wartości minimalnej (zazwyczaj 0V) oraz maksymalnej (w zależności od napięcia zasilania, w omawianym układzie jest to 5V).

Do przetwarzania napięcia na sygnał cyfrowy służą przetworniki analogowo-cyfrowe – w skrócie ADC (Analog to Digital Converter). Dzięki nim jesteśmy w stanie przetworzyć wartość analogową pozycji naszego palca na ekranie dotykowym na cyfrową. Uzyskaną wartość mikroprocesor będzie przetwarzać w taki sposób, aby uzyskać konkretną pozycję na naszym wyświetlaczu LCD (można to porównać do układu współrzędnych). Nasz pomiar powinien mieć przynajmniej o połowę większą rozdzielczość niż nasz wyświetlacz, by jak najbardziej wyeliminować błędy powstałe podczas przetwarzania. Dlatego też w prezentowanym układzie został wykorzystany przetwornik o rozdzielczości 10 bitów; jest on bardzo wygodny, ponieważ został połączony ze strukturą mikrokontrolera. Wadą jest tutaj mała prędkość uzyskiwania próbek. Warto również wspomnieć, że pisząc czy rysując coś na ekranie dotykowym, nasz palec czy rysik (może być również ołówek, bądź niepiszący długopis) porusza się dość szybko. Jeżeli będziemy dokonywać pomiarów co 50ms (20Hz), może okazać się, że palec, będąc na pozycji 0, 0 (x, y), nagle w kolejnym pomiarze znajdzie się poza połową, czyli w naszym przypadku 160, 120. Dlatego też panel dotykowy powinien być odświeżany nieco częściej. Prezentowany układ wykonuje pomiary z częstotliwością 400Hz i wydaje mi się, że jest to najmniejsza częstotliwość,

z jaką powinien być odświeżany cały panel dotykowy (podczas jednego taktu odświeżana jest pozycja x, i pozycja y).

Mając przetworzone napięcie na postać cyfrową, musimy jeszcze informację stosownie przetworzyć, czyli dostosować wartość uzyskaną z przetwornika do naszego wyświetlacza. Jak już wcześniej wspomniałem, pierwszą czynnością jaką powinien wykonać mikroprocesor, jest dopasowanie wartości z przetwornika do punktu 0, 0 na wyświetlaczu. W takim razie przy każdym pomiarze musimy odjąć liczbę, która jest wartością pomiaru 0, 0.

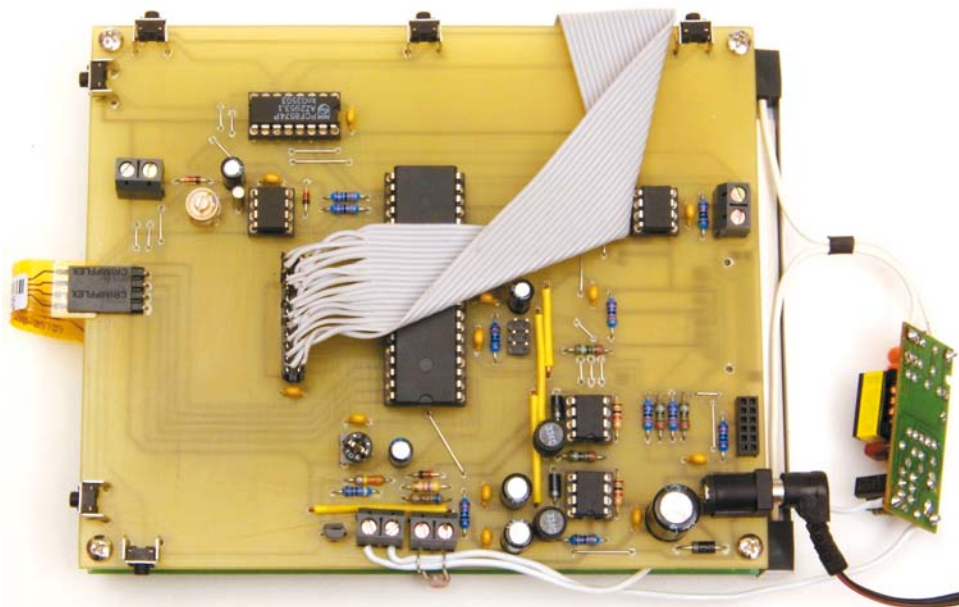
Niestety, nadal nasz pomiar nie jest dopasowany do rozdzielczości wyświetlacza. Aby go dopasować, musimy również pobrać wartość z przetwornika, jaka będzie odpowiadała punktowi ekranu 319, 239 (wystarczy, że wartość zostanie dobrana raz, podczas testów). Mając obie wartości, odejmujemy wartość końca pozycji poziomej od jego początku, podobnie robimy z orientacją pionową. Uzyskujemy wtedy powiększony układ współrzędnych, który dokładnie odpowiada naszemu wyświetlaczowi. Nasz układ jest powiększony w jakiejś skali, a więc aby otrzymać konkretną pozycję na ekranie, musimy obliczyć, o ile razy powinien zostać pomniejszony: szerokość naszego układu współrzędnych dzielimy przez szerokość wyświetlacza i to samo robimy z wysokością. Wartości te nie muszą być liczone przy każdym wejściu do przerwania, ponieważ są one stałe. Mając już wszystkie potrzebne obliczenia, dzielimy nasz wynik odejmowania przez stosowny dzielnik i w ten sposób uzyskujemy konkretny punkt na wyświetlaczu LCD.

Opis układu

Urządzenie zostało zbudowane na bardzo popularnym mikroprocesorze AVR ATmega32, który ma wewnętrzny przetwornik analogowo-cyfrowy o rozdzielczości 10 bitów. Schemat przedstawiony jest na **rysunku 1**. Mikrokontroler pracuje z maksymalną częstotliwością, czyli 16MHz, wyznaczoną

przez rezonator kwarcowy X1. Wbudowany przetwornik ADC jest taktowany częstotliwością 250kHz. Konstruktorzy, którzy już używali przetwornika analogowo-cyfrowego, zapewne zauważą, że ustawiona częstotliwość przewyższa zalecane taktowanie tego modułu peryferyjnego. Rzeczywiście, firma ATMEL gwarantuje poprawną pracę przetwornika przy rozdzielczości 10 bitów w przedziale częstotliwości od 50kHz do 200kHz. Natomiast jeżeli ta częstotliwość zostanie podwyższona, jakość pomiaru ulega pogorszeniu (jest on mniej dokładny). Ponieważ jednak prawidłowa praca z panelem dotykowym zależy głównie od częstotliwości próbek, pozwoliłem sobie nieco przyspieszyć pracę przetwornika. Napięcie referencyjne do przetwornika dostarczane jest poprzez nóżkę AVCC, czyli jest równe napięciu zasilającemu mikroprocesor, tylko jest dodatkowo filtrowane przez L1 i C5 i przez C6.

W projekcie został użyty moduł wyświetlacza graficznego o rozdzielczości 320x240. Moduł ten zbudowany jest na sterowniku LCD SED1335, ma on własną pamięć RAM o pojemności 32kB i umożliwia pracę w standardzie 8080 oraz 6800. Niestety nasz moduł umożliwia jedynie współpracę z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu 8080. Komunikacja z mikroprocesorem odbywa się poprzez 8-bitową szynę danych. Jest ona podłączona do pinów PA.6, PA.7, PB.0, PC.3, PC.4, PC.5, PC.6 i PC.7. Podłączenie linii danych do różnych portów mikrokontrolera umożliwia lepsze wykorzystanie całego mikrokontrolera oraz uproszczenie mozaiki obwodów na płytce, jednak zwiększa długość kodu i zmniejsza szybkość komunikacji pomiędzy mikrokontrolerem a sterownikiem wyświetlacza. Linie kontrolne RD, WR, A0 (określane również jako RS), CS podłączone są kolejno do pinów PA.4, PB.0, PA.5, PC.2 mikrokontrolera. Linia resetująca wyświetlacz jest połączona z wejściem RESET mikrokontrolera i podciągnięta do plusa zasilania poprzez rezystor R1 o wartości 10kΩ, natomiast pomiędzy z y linią

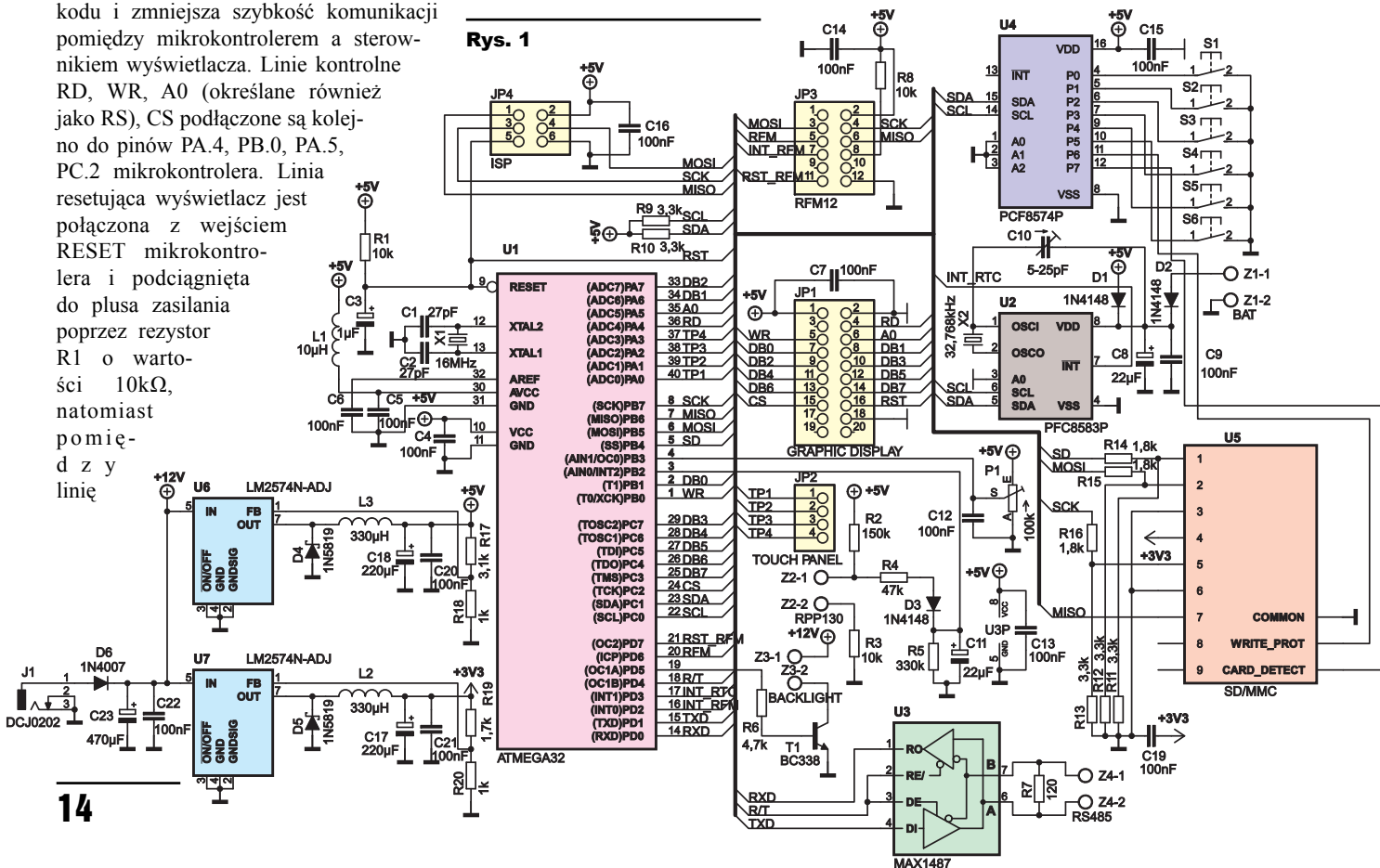


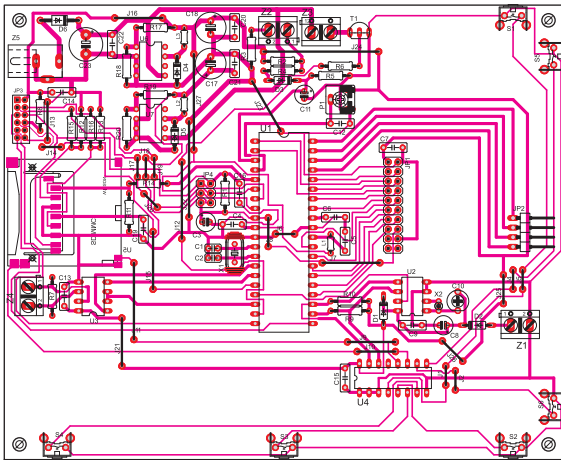
RESET a masę wpięty został kondensator C3 o pojemności 1μF. Takie połączenie umożliwia wywołanie stanu niskiego na linii RESET zarówno mikrokontrolera, jak i wyświetlacza podczas załączenia zasilania. Tu część Czytelników, znających dobrze procesory AVR, zapyta, dlaczego został zbudowany układ resetujący, skoro takowy znajduje się w strukturze większości mikrokontrolerów AVR? Otóż doświadczenie mówi, że nie zawsze wewnętrzny układ resetujący AVR-a jest dobrym rozwiązaniem. Jest to niestety moduł, który wielokrotnie mnie zawodził przy zasilaniu mikrokontrolera z zasilacza impulsowego, bądź z sieci energetycznej, na której pojawiały się znaczne spadki napięcia.

Takie urządzenie, bez układu resetującego zbudowanego na elementach RC, z niewiadomych przyczyn w trakcie działania potrafiło się samo zresetować.

Panel dotykowy wyświetlacza LCD jest podłączony do nóżek PA.0, PA.2 oraz PA.3. Każda z tych nóżek znajduje się na porcie, który umożliwia podłączenie wewnętrznego przetwornika analogowego. Pomiar dokonywany jest jedynie poprzez dwie nóżki PA.1 i PA.2. Podczas jednego wejścia do przerwania odświeżającego panel dotykowy zostały dodane dwa kroki, które wykrywają, czy palec bądź rysik znajdują się na panelu. Gdy w pierwszym kroku pomiar dokonywany jest na nóżce PA.1 skonfigurowanej

Rys. 1





Rys. 2 Płytkę w skali 50%

jako wejście bez rezystora podciągającego do plusa zasilania, a nóżki PA.2 i PA.3 pełnią funkcję wyjść (PA.2 stan niski, a PA.3 stan wysoki), to w następnym kroku nóżka PA.1 konfigurowana jest jako wejście z rezystorem podciągającym, ten krok umożliwi wykrycie dotyku na panelu. Podobnie sprawa przedstawia się z kolejnymi krokami pomiaru. Gdyby nóżka PA.1 była jedynie skonfigurowana jako wejście bez rezystora podciągającego, to niemożliwe byłoby stwierdzenie, czy dotknięto panelu, ponieważ wartości zmieniałyby się same (losowo). Gdyby natomiast skonfigurować ją na stałe jako wejście z rezystorem podciągającym, to nasze wyniki byłyby niedokładne. Dlatego też krok pierwszy wyznacza pozycję, na której znajduje się nasz palec, a krok drugi wykrywa, czy faktycznie panel został przez nas dotknięty.

Podświetlenie wyświetlacza zostało podłączone do mikrokontrolera poprzez tranzystor T1. Uwaga: osoby, które posiadają podświetlenie z przetwornicą impulsową i świetłówką CCFL, mogą wymienić tranzystor na mocniejszy. Przedstawiany model pracuje na tranzystorze BC338 z taką przetwornicą impulsową, jednak można się sparzyć przy jego dotknięciu.

Podświetleniem wyświetlacza steruje wbudowany w mikroprocesor komparator analogowy. Nóżka nieodwracająca AIN0 podłączona jest z garstką elementów (R4, R2, R3, R5, D3, C11) oraz fotorezystorem dołączonym do złącza Z2. Zastosowany tutaj fotorezystor jest odpowiednikiem starego RPP130. Wejście odwracające AIN1 jest dołączone do potencjometru P1 o wartości 100kΩ i kondensatora C12 o pojemności 100nF. Za pomocą tego potencjometru ustawiony jest próg zadziałania, od jego ustawienia zależy, przy jakim oświetleniu zostanie włączone podświetlenie. Jak łatwo się domyślić, całość tworzy prosty wyłącznik zmierzchowy, który steruje podświetleniem wyświetlacza.

Urządzenie zasilane jest poprzez stabilizator impulsowy U6, bardzo popularny układ LM2574, który wymaga kilku elementów

zewnętrznych: diody Schottky'ego D4 typu 1N5819, dławika o pojemności 330μH (henrów) i kondensatorów C18 i C20 filtrujących zasilanie. Napięcie wyjściowe ustalane jest przez dzielnik napięcia R17 i R18. Uzyskane napięcie na tym dzielniku podawane jest na sprzężenie zwrotne układu U6. Dzielnik napięcia jest ustawiony w ten sposób, że na wyjściu daje napięcie ok. 5V.

Wykorzystanie wszystkich nóżek mikrokontrolera zmusiło mnie do poszerzenia zasobu portów poprzez podłączenie układu PCF8574 do magistrali I²C. Układ ten obsługuje 6 przycisków oraz styki slotu kart pamięci MMC/SD/SDHC. Niestety w omawianym projekcie slot nie został wykorzystany. Jedynie przycisk S1 jest użyty do kasowania zapisanego ekranu LCD.

Program zapisany w pamięci Flash mikrokontrolera został napisany w języku C w popularnym kompilatorze WinAVR. Program jest dość prosty i opiera się jedynie na skonfigurowaniu kilku wewnętrznych modułów peryferyjnych mikrokontrolera, po czym odblokowane zostaje przerwanie od przepełnienia licznika TIMER0. Licznik zgłasza przerwanie z częstotliwością 400Hz, w przerwaniu tym następuje odczytanie wartości przetwornika analogowo-cyfrowego oraz zretworzenie, a następnie rysowana jest linia na wyświetlaczu LCD. Cały program zajmuje jedynie 2186 bajtów! Można go ściągnąć z Elportalu.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki drukowanej sterownika pokazany jest na rysunku 2. Wiele przewidzianych tam elementów jest zbędnych, ponieważ projekt został wykonany z myślą o kilku urządzeniach. Jednym z nich jest właśnie „Dotykowy tablet” i jeżeli chcemy zbudować ten układ, trzeba wykrzesać Wykaz elementów. Elementy dodatkowe, niepotrzebne w tablicy, są tam oznaczone gwiazdką (*).

Składanie urządzenia rozpoczynamy standar-

dowo. Na samym początku należy wlotować elementy najmniejsze, czyli rezystory, diody 1N4148, następnie nieco większe, tj. pozostałe diody, kondensatory ceramiczne, następnie podstawki pod układy scalone. Na samym końcu należy dolutować elementy największe, czyli goldpiny, dławiki oraz gniazda i tranzystory. Jako ostatnie należy wlotować microswitche.

Po poprawnym zmontowaniu należy włożyć stabilizator impulsowy do podstawki. Następnie podłączyć zasilanie i sprawdzić napięcie na wyjściu stabilizatora. Jeżeli wszystko jest w porządku, możemy włożyć resztę układów w podstawki. A następnie przystąpić do zaprogramowania mikroprocesora, jeśli nie zostało to jeszcze wykonane. Na płytce znajduje się złącze ISP, które służy do podłączenia programatora.

Jeżeli wszystko zostało poprawnie złożone i zaprogramowane, to urządzenie po włączeniu zasilania powinno od razu działać. Panel dotykowy rejestruje z częstotliwością 400Hz dotyk i za każdym razem przeprowadza linię pomiędzy ostatnim zarejestrowanym punktem a nowym. Przycisk S1 służy do kasowania tego co narysowaliśmy na ekranie.

Jakub Cieśliński

jakub.cieslinski.92@wp.pl

Wykaz elementów

R1,R3	10kΩ (0207)	X1	16MHz
R2	150kΩ (0207)	Z2,Z3	ARK2
R4	47kΩ (0207)	RPP130	– mocowany do złącza Z2
R5	330kΩ (0207)	Podstawki prec.	(DIP40x1,DIP16x1,DIP8x1)
R6	4,7kΩ (0207)	Wyświetlacz graficzny ze sterownikiem	SED1335 320x240 z panelem dotykowym
R9,R10	3,3kΩ (0207)	* Wykaz dodatkowych elementów	
R17	3,1kΩ (0207)	R7	120Ω (0207)
R18	1kΩ (0207)	R8	10kΩ (0207)
P1	100kΩ montażowy	R11-R13	3,3kΩ (0207)
C1,C2	27pF ceramiczny	R14-R16	1,8kΩ (0207)
C3	1μF elektrolit. lub tantalowy	R19	1,7kΩ (0207)
C4-C7,C12,C15,C16,C20,C22	100nF ceramiczny lub MKT	R20	1kΩ (0207)
C11	22μF	C8	22μF
C18	220μF	C9,C13,C14,C19,C21	100nF ceramiczny
C23	470μF/35V		bądź MKT
D3	1N4148	C10	5-25pF trymer
D4	1N5819	C17	220μF
D6	1N4007	D1,D2	1N4148
T1	BC338	D5	1N5819
U1	ATmega32	JP3	gniazdo golpin z rastrem 2mm 2x6
U4	PCF8574	L2	dławik 330μH 1A
U6	LM2574N-ADJ	S2-S6	microswitch kątowy
J1	gniazdo zasilające typu JACK	U2	PCF8583
JP1	goldpin 2x10 + gniazda + taśma 20-żyłowa z gniazdem FC-20P	U3	MAX1487
JP2	goldpin 1x4	U5	gniazdo kart MMC/SD z wyrzutnikiem (WIESON)
JP4	goldpin 2x3	U7	LM2574N-ADJ
L1	10μH (0307)	X2	32,768kHz zegarkowy
L3	dławik 330μH 1A	Z1	ARK2
S1	microswitch kątowy		Podstawki precyzyjne (DIP8x3)

Płytkę drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2981.