

„E-Field” Pojemnościowy panel dotykowy

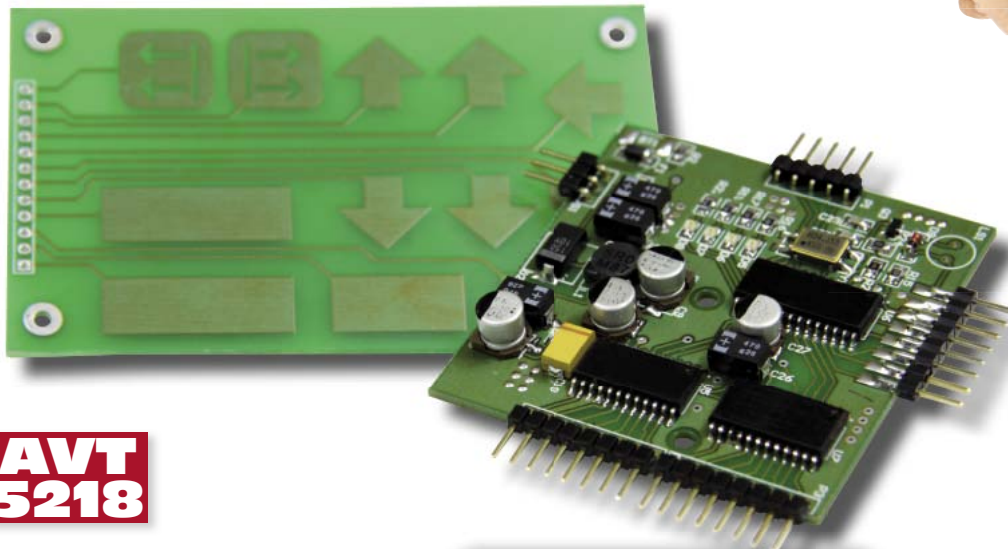


Panele dotykowe to nie tylko moda, ale również możliwość wykonania urządzenia o niepowtarzalnym wyglądzie. Przedstawiony projekt panelu dotykowego może być użyty jako część systemu sterowania, znajdując zastosowanie praktycznie wszędzie: w urządzeniach przemysłowych, systemach bezpieczeństwa i kontroli dostępu. Interfejs tego typu niewątpliwie uatrakcyjni każde budowane urządzenie.

Rekomendacje: budowę polecamy wszystkim, którzy poszukują łatwego do wykonania, funkcjonalnego panelu o niewielkim poborze energii.

Chęć skonstruowania własnego panelu dotykowego przyszła mi podczas praktycznej realizacji mojej pracy dyplomowej, gdzie wymagane było zastosowanie bezawaryjnego przełącznika o dużej żywotności przeznaczonego do sterowania manipulatorem. We wzmiankowanym projekcie była konieczność zastosowania więcej niż 10 przycisków. Popularność paneli dotykowych wzrasta z dnia na dzień, ich obecność jest widoczna w szerokiej gamie sprzętu AGD-RTV, przemyśle, rozrywce i wielu innych dziedzinach. Zalety, które daje użycie panelu dotykowego to: większa trwałość (brak styków), możliwość wykonania przycisków jako elementów obudowy oraz możliwość jej hermetycznego zamknięcia.

Prezentowane urządzenie wykonano z użyciem układu dedykowanego do zastosowania w panelach dotykowych MC34940 firmy Freescale. Zgodnie z rekomendacją producenta, układy te mogą znaleźć zastosowanie w urządzeniach kontrolnych jako wykonawcze panele dotykowe, do wykrywania położenia, w urządzeniach kontrolnych w przemyśle, w peryferiach komputerowych, przy pomiarach wielkości fizycznych (np. poziom cieczy). Jeden układ potrafi ob-



**AVT
5218**

służyć do siedmiu lub do dziewięciu przycisków, którymi w tym projekcie są niewielkie powierzchnie wykonane tak, jak zwykła płytką drukowaną.

Prezentowane urządzenie składa się z dwóch 7-przyciskowych układów MC34940 kontrolowanych przez procesor MSP430F123 firmy Texas Instruments, który dodatkowo zapewnia komunikację pomiędzy panelem a urządzeniem zewnętrznym. Dane przesyłane są z użyciem interfejsu I²C. Gotowość do ich nadania sygnalizowana jest za pomocą wyjścia IRQ.

MC34940

Schemat blokowy MC34940 pokazano na **rys. 1**, natomiast jego zasadę działania układa ilustruje **rys. 2**. Wewnętrzny generator wytwarza przebieg sinusoidalny o częstotliwości 120 kHz i amplitudzie 5 V. Częstotliwość pracy generatora jest ustalana za pomocą zewnętrznego rezystora R_{OSC} . Sygnał ten kierowany jest przez wewnętrzny multiplexer do jednego z siedmiu doprowadzeń elektrod (wybór przy pomocy stanów bitów ABC). Jednocześnie do tego samego doprowadzania podłączone jest za pośrednictwem innego multiplexera wejście wewnętrzного detektora zamieniającego przebieg sinusoidalny na odpowiadające mu napięcie stałe. Napięcie wyjściowe detektora jest odwrotną funkcją pojemności, tzn. zwiększenie pojemności skutkuje zmniejszeniem się napięcia wyjściowego detektora. Łatwo domyślić się,

AVT-5218 w ofercie AVT:
AVT-5218A – płytką drukowaną

- Podstawowe informacje:**
- Zasilanie: akumulator lub port USB,
 - Mikrokontroler MSP430F123 lub MSP430F1232,
 - Obsługa panelu 2×MC49940 (Freescale),
 - Możliwość podłączenia do 14 elektrod,
 - Sygnalizacja stanu za pomocą diod LED,
 - Wyjściowy interfejs I²C z linią żądania odbioru danych IRQ
 - Płytką drukowaną dwustronna, metalizowana o wymiarach 57×55 mm

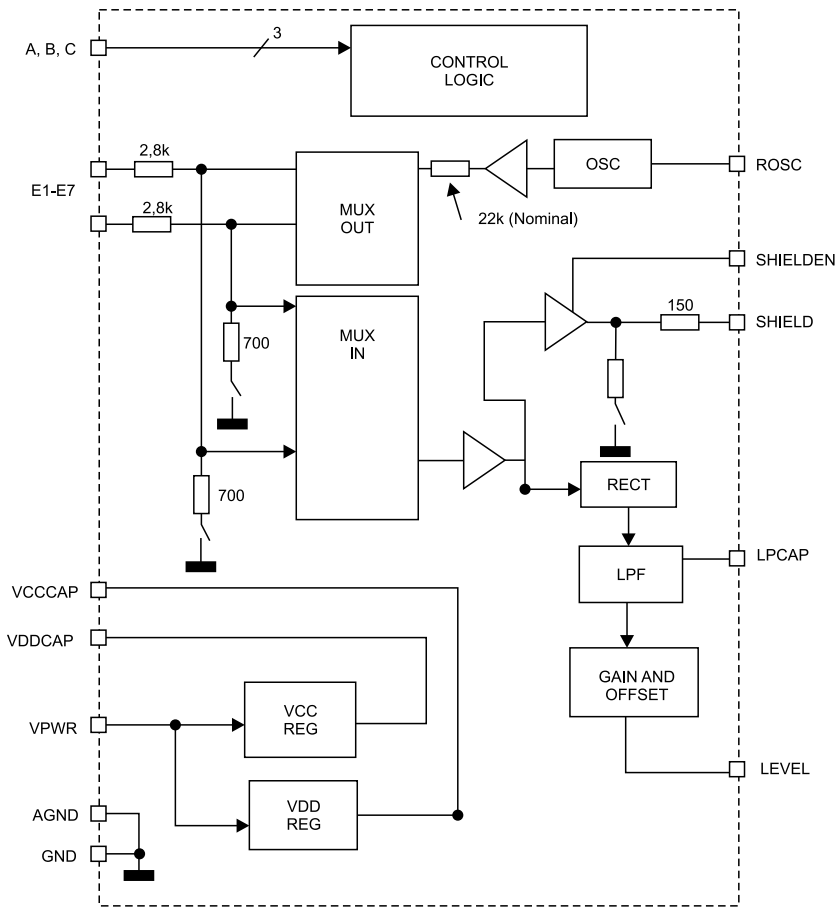
Dodatkowe materiały na CD i FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 18366, pass: 3scpp470

- wzory płytek PCB
- listingi, program
- projekty pokrewne
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych na **Wykazie Elementów** kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD i FTP:
(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
AVT-5183 vkeyboard – Wirtualna klawiatura (EP 4/2009)

że zbliżając obiekt do elektroniki dodajemy zewnętrzny kondensator, co skutkuje wzmiankowanym spadkiem napięcia i właśnie ten fakt wykrywany jest przez układ.

W związku z tak rozumianą zasadą działania niezmiernie istotny jest dobór materiałów, z których będzie utworzona ta dodatkowa pojemność. Ważny jest dobór dielektryka umieszczonego pomiędzy palcem użytkownika a elektrodą układu scalonego. Od jego rodzaju i grubości będą zależały wymagania odnośnie czułości. W związku z tym jest konieczne wyznaczenie przybliżonej pojemności jakiej możemy się spodziewać podczas



Rys. 1. Wewnętrzna budowa układu MC34940

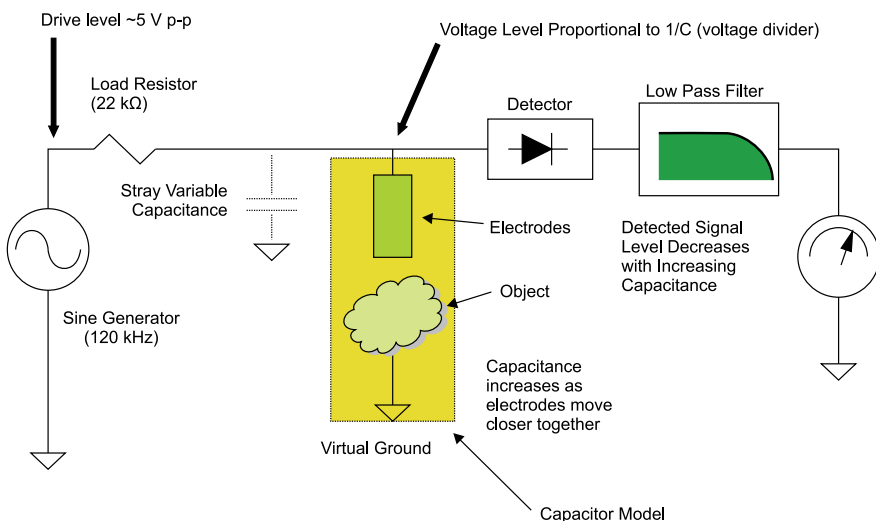
dotyku. Sposób jej szacowania pokazano w ramce 1.

Układ przystosowany jest do pracy przy jednej z 3 częstotliwości oscylatora: 60 kHz, 120 kHz i 240 kHz. Można je wybierać zmieniając wartość R_{OSC} na odpowiednio 20, 39 i 82 k Ω . Obniżenie częstotliwości umożliwia pomiar pojemności w szerszym zakresie, natomiast jej podniesienie poprawia czułość panelu.

Napięcie sinusoidalne za detektorem jest filtrowane przez dwójnik dolnoprzepustowy RC. Producent celowo umieścił na zewnątrz jego elementy, aby dać projek-

tantowi możliwość ustalenia kompromisu pomiędzy zaburzeniami odbieranymi z otoczenia, a czasem reakcji. Typowo stosowany kondensator 10 nF ustala czas reakcji na 2,5 ms; natomiast 1 nF – 500 μ s. Należy jednak zauważyć, że zmniejszanie pojemności prowadzi do zwiększenia poziomu szumów.

Układ MC34940 ma możliwość obsługi do 7 elektrod oznaczonych E1...E7. Najczęściej są one wykonywane jako ścieżki wytrawione na laminacie. Wejścia elektrod E1...E7 są zabezpieczone przed wyladowaniami ESD (do 2 kV).



Rys. 2. Zasada działania układów do paneli dotykowych

Opis działania

Schemat panelu pokazano na rys. 3. Przełącznik S1 służy do wyboru trybu pracy urządzenia. Jego pozycja górna, to normalna praca panelu dotykowego, pozycja dolna to włączenie w obieg baterii układu ładowarki ogniw Li-Ion, Li-Pol, MCP73831. Jest to układ dedykowanej ładowarki ogniw, który w zależności od wersji, umożliwia ładowanie ogniw napięciem 4,20; 4,35; 4,40 lub 4,50 V. Przez zmianę zewnętrznego rezystora R8 możliwe jest też ustalenie prądu ładowania ogniwa. O trwającym ładowaniu informuje świecenie diody LED D4. Ładowarka zasilana jest przez gniazdo mini USB. Użycie MCP73831 może okazać się przydatnym, kiedy zdecydujemy się na zamknięcie urządzenia w obudowie, do której dostęp w chwili wymiany baterii może być kłopotliwy.

Pracę panelu sygnalizuje dioda LED D3. Z racji zasilania baterijnego urządzenia, koniecznym stało się użycie przetwornicy napięcia MAX618 (U1). Jest to układ podwyższający napięcie, pracujący przy częstotliwości przełączania 250 kHz. Układ ten zasilą MC34940. R1, R3, R4, R6 to zestawienie rezystorów tak aby w domowych warunkach dobrać łączną rezystancję 710 k Ω ustalającą napięcie wyjściowe równe 9 V. MAX882(U2) jest w stabilizatorze LDO. C9, C10 i C11 to pojemności filtrujące napięcie.

Dedykowane układy paneli dotykowych MC34940 mają wejścia E1...E7 oraz doprowadzenie SHIELD, które służy do podłączenia ekranu przewodów E1...E7 w sytuacji, gdy panel dotykowy musi być oddalony od części elektronicznej. Sterowanie układem realizowane jest przez wybór elektrody (E1...E7), którego to dokonuje się poprzez odpowiednią kombinację sygnałów A, B i C (tab. 2). Po wyborze elektrody napięcie na wyjściu LEVEL informuje o tym, czy przyłączono do niej dodatkową pojemność. W układzie na tranzystorze BC846 zbudowano prosty układ konwersji napięcia dopasowujący wyjście układu (5 V) do wejścia procesora (3,3 V).

W układzie zastosowano 16-bitowy mikrokontroler MSP430f123. Jego zamienni-

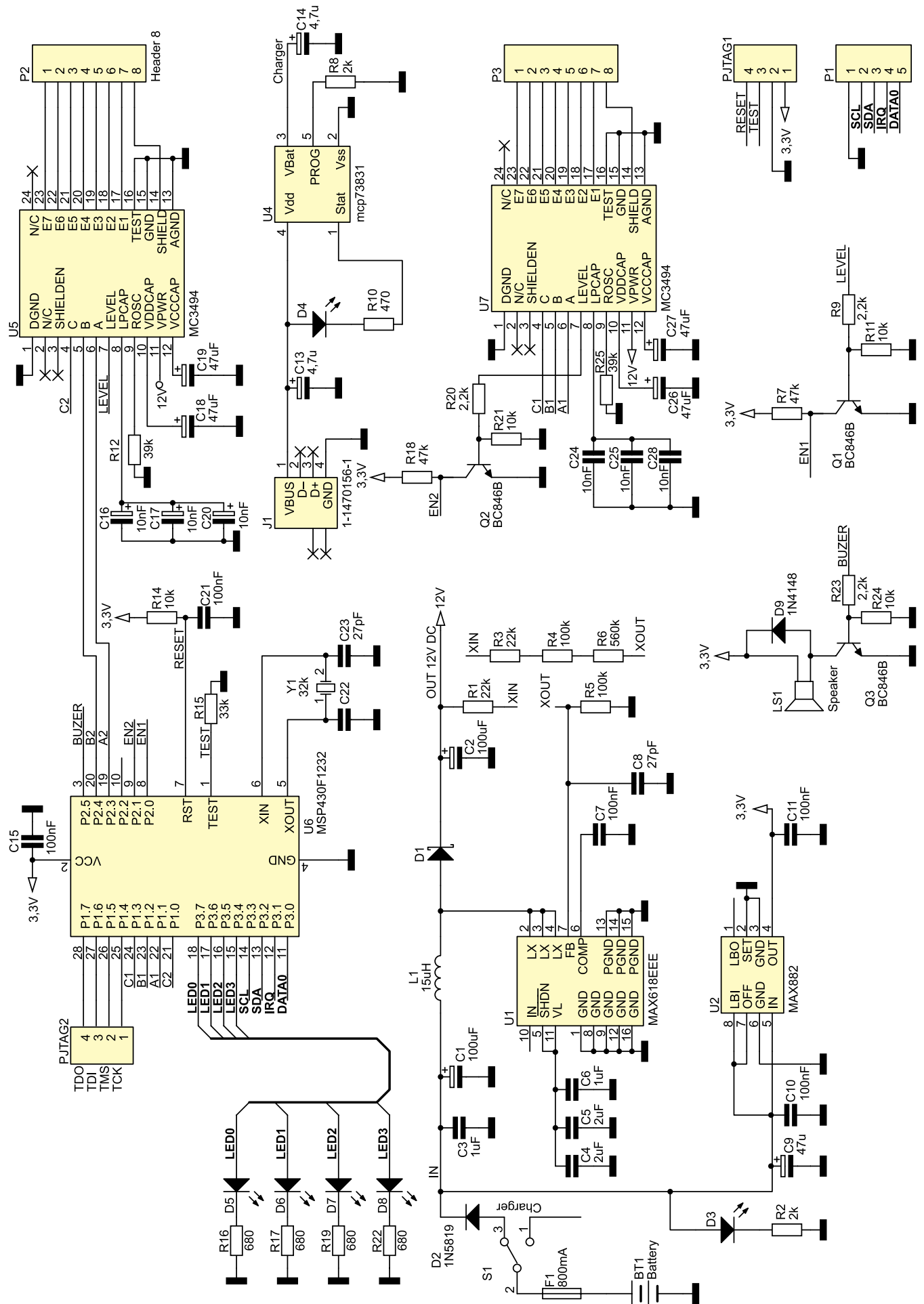
R E K L A M A

STM32 FanClub

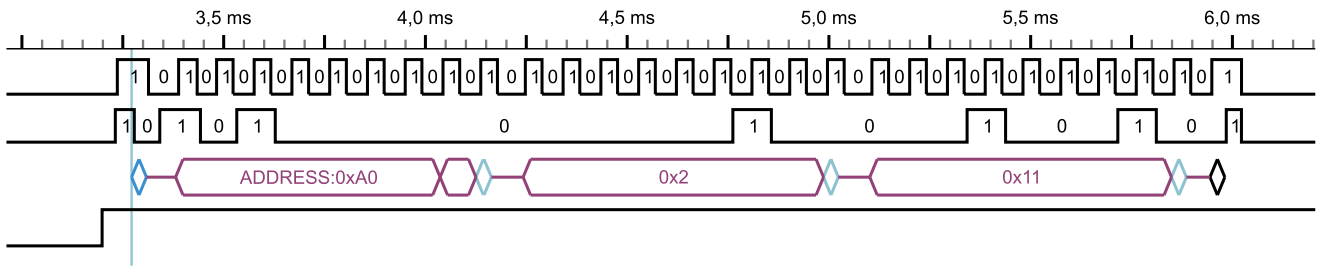
Pierwszy na świecie motyl z STM32

STM32Butterfly

Dostępny m.in. w **KAMAMI**
www.kamami.pl



Rys. 3. Schemat układu odczytu panelu dotykowego



Rys. 4. Przykładowy przebieg z analizatora stanów logicznych po zbliżeniu palca do E4

kiem może być MSP430F1232. Zastosowano układ w obudowie TQFP28, mający 8 kB pamięci Flash oraz 256 B pamięci Ram. Jest on taktowany rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 32768 Hz (kwarc zegarkowy). Programowanie procesora odbywa się przez JTAG (TEST, RESET, TDO, TDI, TMS, TCK). Do procesora dołączone są diody LED D5... D8, które sygnalizują aktywność elektrody.

Do dodatkowej sygnalizacji aktywnej elektrody może służyć buzzer LS1, który w tym programie jest wyłączony. Procesor po wykryciu aktywności danej elektrody zmienia stan linii IRQ na niski, a następnie przesyła odpowiednie informacje przez I²C.

Oprogramowanie

Główną część programu pokazano na list. 1. Procesor po starcie inicjalizuje porty oraz układ Watchdoga. Następnie włącza i konfiguruje programowy interfejs I²C.

Głównym zadaniem mikrokontrolera jest wybranie odpowiedniej elektrody a następnie sprawdzenie, czy jest ona aktywna. Zadanie to jest realizowane w głównej pętli programu. Kombinację portów zawiera zmienna liczb. W każdej z pozycji case jest wybierana odpowiednia elektroda (set1_EX1());, następnie CPU sprawdza czy jest ona aktywna (if((P2IN&BIT1)!=0x00).

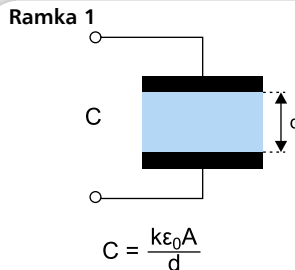
W urządzeniu zamontowano 2 układy, więc najpierw jest skanowany pierwszy, a następnie dla drugi. Wyniki skanowania zapamiętywane są odpowiednio w zmiennych dana1, dana2.

Bit 0 sygnalizuje przerwanie, 1 odpowiada aktywacji E1, 2 – E2 itd. Strukturę zmiennych dana umieszczono niżej

	Bit0	Bit1	Bit2	Bit3	Bit4	Bit5	Bit6	Bit7
danaX	IRQ	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7

Jeśli któraś z elektrod została aktywowana, to generowany jest sygnał IRQ, a przez interfejs I²C wysyłana jest informacja o wystąpieniu zdarzenia, która zawiera kolejno:

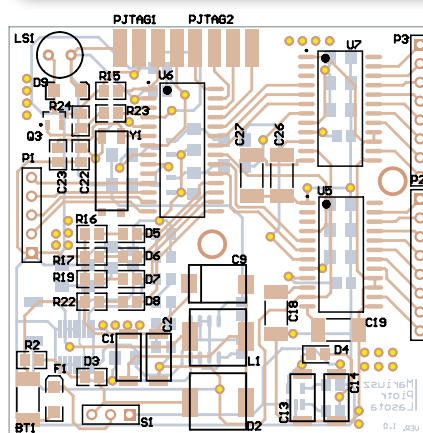
- Bajt 1=0xA0 (na stałe wpisany adres urządzenia, możliwość zmiany w programie).
- Bajt 2: 0x01 lub 0x02 (aktywna elektroda układu MC34940 pierwszego 0x01 lub drugiego 0x02)
- Bajt 3: bitowa informacja o wciśniętym padzie w postaci:



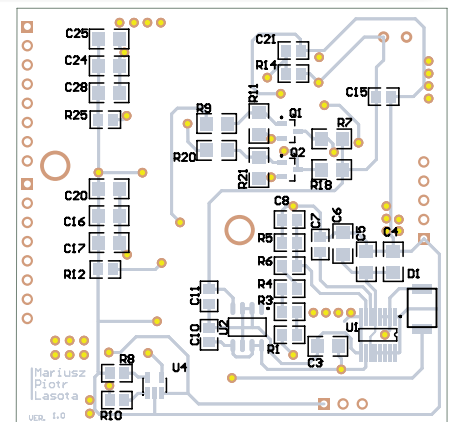
gdzie:
 C – pojemność obliczona
 k(εr) – współczynnik mówiący o przenikalności materiału
 A – powierzchnia wyrażona w m²
 d – dystans po między elektrodami
 ε0 = 1 – przenikalność elektryczna w próżni

Tab. 1. Współczynnik k do wyznaczania przybliżonej pojemności

Nazwa materiału	Grubość (1/1000")	k
Folia akrylowa	84,5	2,4...4,5
Szkoło	74,5	7,5
Nylon	68	3,0...5,0
Poliester	10	3,2
Folia winylowa	9	2,8...4,5
Powietrze	-	1,0
Woda	-	80
Lód	-	3,2
Olej silnikowy	-	2,1



Rys. 5. Schemat montażowy: widok od góry



Rys. 6. Schemat montażowy: widok od spodu

Bit: 8.....1 IRQ
 -- 00000000
 E1 00000011 0x03
 E2 00000101 0x05

Oznaczenie wybranej elektrody	C	B	A
E1	0	0	1
E2	0	1	0
E3	0	1	1
E4	1	0	0
E5	1	0	1
E6	1	1	0
E7	1	1	1

R E K L A M A

STM32 FanClub

Jedna z wielu płytek ewaluacyjnych z STM32

ZL30ARM

Dostępna m.in. w

KAMAMI

www.kamami.pl



Wykaz elementów

Rezystory:

- R1, R23: 22 kΩ
- R2: 2 kΩ
- R4, R5: 100 kΩ
- R6: 560 kΩ
- R7, R18: 47 kΩ
- R8: 2 kΩ
- R9, R20, R23: 2,2 kΩ
- R10: 470 Ω
- R11, R14, R21, R24: 10 kΩ
- R12, R25: 39 kΩ
- R15: 33 kΩ
- R16, R17, R19, R20: 680 Ω

Kondensatory SMD:

- C1, C2: 100 μF/25 V
- C3, C6: 1 μF
- C4, C5: 2 μF
- C7, C10, C11, C15, C21: 100 nF
- C8, C22, C23: 27 pF
- C9, C18, C19, C26, C27: 47 μF/25 V
- C13, C14: 4,7 μF/25 V
- C16, C17, C20, C24, C25, C28: 10 nF

Półprzewodniki SMD:

- U1: MAX618
- U2: MAX882
- U4: MCP73831
- U5, U7: MC3494
- U6: MSP430F1232
- D1: Dioda Schottky 2 A
- D2: 1N5819
- D3...D8: LED SMD
- D9: 1N4148
- Q1...Q3: BC846

Inne:

- F1: bezpiecznik 800 mA SMD
- L1: 15 μH SMD
- Y1: kwarc 32 kHz SMD
- LS1: Buzzer
- P1, P2, P3, S1: goldpin kątowy 24 szpilki
- PJTAG1, PJTAG2: goldpin prosty 8 szpilek

- E3 000010010x09
- E4 000100010x11
- E5 001000010x21
- E6 010000010x41
- E7 100000010x81

Przykładowy przebieg z analizatora stanów logicznych dotknięcia padu E4 w układzie 02 pokazano na rys. 4.

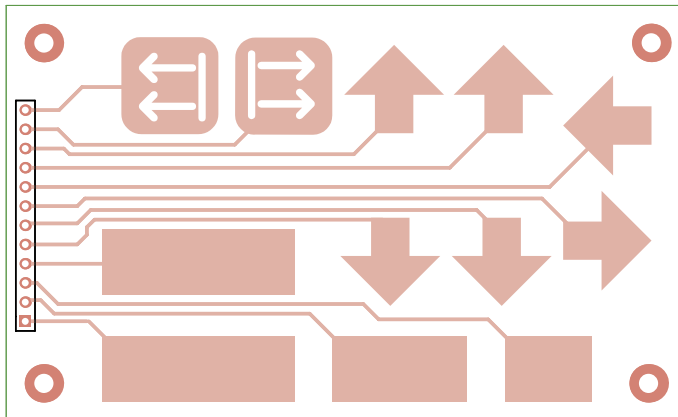
Montaż

Schematy montażowe pokazano na rys. 5 (widok od góry) i rys. 6 (widok od spodu). Sterownik zmontowano na płytce dwustronnej z metalizacją. Montaż jest trudny i raczej niepolecany osobom początkującym, ponieważ w urządzeniu będziemy musieli poprawnie przylutować element w obudowie QSOIC o rastrze 0.635 mm. Montaż rozpoczynamy od wlutowania przetwornicy napięcia i stabilizatora LDO oraz elementów biernych. Teraz należy podłączyć napięcie zasilania i sprawdzić czy wartości napięć na wyjściach zgadzają się ze schematem. Przypomnijmy, że na wyjściach układów napięcia te powinny być równe odpowiednio 3,3 V - MAX882 i 9 V - MAX618. Kolejną czynnością jest wlutowanie procesora oraz reszty wymaganych układów scalonych i elementów biernych (rezystory, kondensatory, diawiki, diody).

List. 1. Główna pętla programu

```
// PROGRAM GŁÓWNY
void main(void)
{
    init(); //peryferia
    init_i2c(); //i2c
    while(1) //skanowanie
    {
        switch(licz)
        {
            case 1:
                set1_E1(); //wybierz segment
                if((P2IN&BIT1)!=0x00) {dana1 |= BIT0+BIT1;}
                ....
            case 7:
                set1_E7(); //wybierz segment
                if((P2IN&BIT1)!=0x00) {dana1 |= BIT0+BIT7; }
                ....
        }
        switch(licz)
        {
            case 8:
                set2_E1(); //wybierz segment
                if((P2IN&BIT0)!=0x00) {dana2 |= BIT0+BIT1; }
                ....
            case 14:
                set2_E7(); //wybierz segment
                if((P2IN&BIT0)!=0x00) {dana2 |= BIT0+BIT7; }
                ....
        }
        licz++;

        if(licz>14){ //zbieranie wyników
            licz=1;
            if((dana1&BIT0)==1) {P3OUT |=IRQ_touch; wpisz_data_i2c(0x01,dana1);}
        //wyslij bajt
            P3OUT &= IRQ_touch; //czysc przerwanie
            if((dana2&BIT0)==1) {P3OUT |=IRQ_touch; wpisz_data_i2c(0x02,dana2);}
        //wyslij bajt
            P3OUT &= IRQ_touch; //czyśc przerwanie
            dana1=0x00; //czyśc bufor
            dana2=0x00;
        }
    }
}
```



Rys. 7. Widok płytki panelu

Do zaprogramowania procesora konieczny jest programator JTAG. Ja użyłem do tego celu oryginalnego programatora USB firmy Texas Instruments MSP-FET430UIF. Procesory te można zaprogramować również przez port UART, jednak w tym urządzeniu nie podłączono ich jego doprowadzeń.

Do skompilowania programu wystarczająca jest wersja demonstracyjna kompilatora IAR, która dostępna jest na stronie internetowej producenta (<http://supp.iar.com/Download/SW/?item=EW430-KS4>). Ma ono ograniczenie do 4 kB kodu wynikowego. Po przeprowadzonej pomyślnie instalacji uruchamiamy program i korzystając z menu ustawiamy typ posiadanego programatora. Nastawy firmowego programatora TI są bardzo dobrze opisane w dokumentacji, która dosłownie krok po kroku tłumaczy niezbędne nastawy.

W następnej kolejności otwieramy plik projektu *File -> Open Workspace*. Klikamy *Project -> Options*, a następnie w pierwszej zakładce *General* wybieramy procesor MSP430f123/1232. *Project -> Make* skompiluje nam program do postaci pliku wynikowego, następnie wybranie *Project -> Debug* programuje procesor. Klawiszem F5 włączamy program. W tej chwili procesor jest już zaprogramowany i gotowy do działania. Ważne jest aby programator również był zasilany napięciem 3,3 V, gdyż inaczej możemy doprowadzić do uszkodzenia procesora.

Zmontowane i zaprogramowane urządzenie jest gotowe do użycia.

Mariusz Piotr Lasota
murphy5@o2.pl