

# Kalibracja ekranów dotykowych w praktyce

*Długotrwałe używanie ekranu dotykowego może spowodować, że w wyniku zużycia materiałów lub zwyczajnego upływu czasu, parametry elektryczne zastosowanych komponentów ulegną zmianie, a panel przestanie poprawnie reagować na dotyk. Powoduje to najczęściej zmniejszenie precyzji wyznaczania punktów dotyku, co znacząco utrudnia posługiwanie się interfejsem. Na szczęście w dosyć łatwy sposób można przywrócić pełną sprawność panelu przeprowadzając jego kalibrację. Alternatywą jest też nabycie ekranu, który byłby praktycznie niewrażliwy na zużycie.*

Szybkość zużywania się ekranu dotykowego i rodzaje powstających problemów zależą od technologii, w której został on wykonany. Najczęściej kalibracji wymagają ekrany rezystywne 4- i ewentualnie 8-przewodowe. Wynika to z faktu, że zawierają one elementy mechaniczne, które stykają się ze sobą, tym samym zużywając się. Jednakże ekrany pojemnościowe (powierzchniowe), pomimo braku takich elementów również z czasem wymagają rekalkibracji, gdyż materiały z których się składają powoli starzeją się. Co więcej, nawet ekrany dotykowe wykonane w technologii SAW mogą niekiedy zniszczyć się w taki sposób, że ponowna kalibracja przywróci je do pełnej sprawności. Jedynie panele pojemnościowe typu *projected capacitive* oraz układy wykorzystujące siatkę podczerwieni mogą działać latami bez konieczności regulacji ich ustawień.

Konieczność okresowej kalibracji może być w niektórych zastosowaniach bardzo kłopotliwa, a czasami po prostu kosztowna. Z tego względu tworząc nowy projekt z ekranem dotykowym warto skorzystać z oferty dystrybutora, które dostarcza panele wykonywane w wielu różnych technologiach. Przykładem takiej firmy jest gdański Unisystem, który znacząco rozszerzył swoją ofertę paneli dotykowych. Wprowadził do sprzedaży szereg paneli firm Winstar i Densitron, z którymi od lat współpracuje w dziedzinie wyświetlaczy. Firma Unisystem oferuje też wsparcie techniczne dla użytkowników oferowanych przez nią klientów.

## Które ekrany kalibrować?

Decydując się na zastosowanie większości z dostępnych na rynku ekranów dotykowych będziemy musieli liczyć się z tym, że jeśli produkowane przez nas urządzenie będzie długo użytkowane, to z czasem pojawią się klienci, których sprzęt będzie wymagał

rekalkibracji. Dlatego też warto przygotować się na taką ewentualność. Co więcej, w wypadku ekranów rezystancyjnych, oporność zastosowanych w nim warstw, nawet jeśli jest jednolita na całej powierzchni, może różnić się pomiędzy poszczególnymi egzemplarzami. Dlatego procedura kalibracji może być przydatna także w chwilę po zakupie ekranu, a nie tylko po pewnym czasie jego użytkowania. Na precyzję działania mogą mieć też wpływ warunki środowiskowe. Na przewodność warstw wpływają np. zmiany temperatury, a więc tym samym na wyniki pomiarów dokonywanych przez stosowne kontrolery.

Ekrany 5-przewodowe są nieco mniej narażone na zużycie i rzadziej wymagają kalibracji. Wynika to z faktu, zmiany rezystancji uginającej się warstwy foliowej nie mają istotnego znaczenia dla precyzji wyznaczania punktu dotknięcia.

## Precyzja działania

To, czy warto przeprowadzać kalibrację zależy też od oczekiwanej precyzji działania ekranu, a więc po części i od jego wielkości. Przykładowo, niewielki graficzny wyświetlacz LCD, przeznaczony do obsługi palcami wymaga zazwyczaj dokładności określenia pozycji dotknięcia na poziomie 10% całej długości lub szerokości ekranu. Tymcza-

**TEMAT  
NUMERU**

### Dodatkowe informacje:

Artykuł opracowano na podstawie materiałów dostarczonych przez firmę Unisystem.

sem, użytkowany w normalnych warunkach w trakcie całego swojego „życia” nie powinien powodować błędów na poziomie 5%, co oznacza że w tej sytuacji kalibracja zupełnie nie będzie potrzebna.

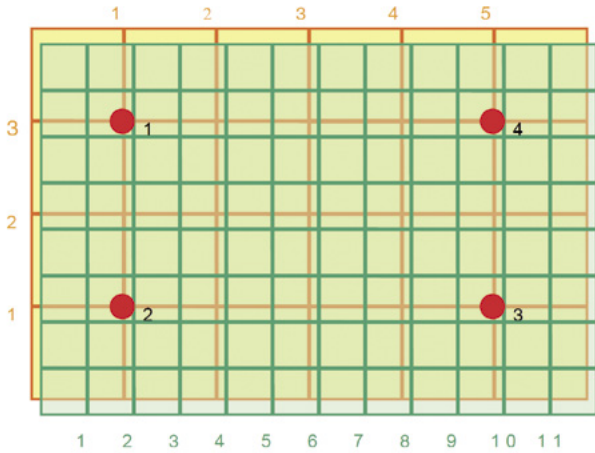
Jednakże w wypadku 5-calowego wyświetlacza LCD o rozdzielczości 320×240 pikseli lub wyższej, a szczególnie w sytuacji, gdy jest on obsługiwany rysikiem, konieczne jest by użytkownik mógł poprawnie wskazać dowolny piksel. Oznacza to, że od panelu oczekuje się precyzji działania na poziomie 0,3%, którą trudno utrzymać bez przeprowadzania kalibracji. Jest to tym bardziej istotne w sytuacji, gdy do poruszania się po ekranie używane jest piórko, które przyczynia się do znacznie szybszego zużycia ekranu.

## Kalibracja z użyciem dwóch stałych

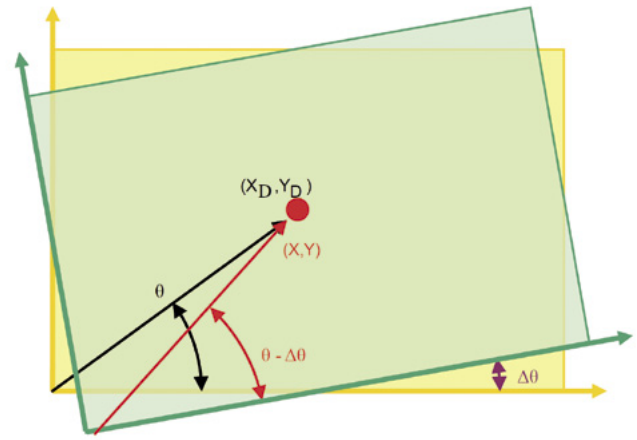
Kalibracja tego typu przydatna jest szczególnie zaraz po wyprodukowaniu urządzenia, gdyż służy uwzględnieniu ewentualnych przesunięć pomiędzy pozycją ekranu dotykowego, a wyświetlacza. Ponadto prowadzi do korekcji skalowania, co ma znaczenie w sytuacjach gdy wymiary ekranu i wyświetlacza różnią się między sobą. Jest ona skuteczna tylko wtedy, gdy zakłada się, że ekran jest równolegle ułożony względem boków wyświetlacza. Inaczej mówiąc – że nie jest obrócony.

Tabela 1. Rodzaje ekranów i częstość, z jaką wymagają okresowej rekalkibracji

| Konieczność rekalkibracji   | Rodzaj panelu dotykowego   |
|---|--|
| Wymaga okresowej rekalkibracji, zależnej od stopnia zużycia                 | Rezystancyjny 4-przewodowy, rezystancyjny 6-przewodowy, rezystancyjny 8-przewodowy |
| Wymaga rzadkiej, okresowej kalibracji                                       | Pojemnościowy powierzchniowy   |
| Może wymagać rzadkiej okresowej kalibracji, w zależności od stopnia zużycia | Rezystancyjny 5-przewodowy   |
| Zazwyczaj nie wymaga okresowej rekalkibracji                                | SAW  |
| Nie wymaga okresowej rekalkibracji  | Pojemnościowy (projected capacitive), siatka podczerwieni                          |



Rysunek 1. Sugerowany układ kalibracji z dwiema danymi, przy użyciu czterech punktów kalibracyjnych.



Rysunek 2. Kalibracja z trzema danymi, która uwzględnia obrót ekranu względem wyświetlacza.

Kalibrację tę przeprowadza się obliczając tzw. offset w pionie i w poziomie. Procedura jest prosta: na ekranie wyświetlane są kolejno cztery punkty, które musi dotknąć użytkownik rysikiem. Porównanie wartości współrzędnych odczytanych z ekranu dotykowymi z zadanymi do wyświetlenia pozwala na określenie offsetu. Jednakże w tym celu wystarczy zastosować tylko dwa punkty, ale w praktyce znacznie lepiej jest użyć czterech. Pozwala to bowiem osiągnąć większą precyzję kalibracji.

Procedura z użyciem czterech punktów prowadzi do otrzymania nadokreślonego układu równań, który można rozwiązać parami i wyciągnąć średnią z uzyskanych wyników.

Para 1:

$$\begin{pmatrix} Y_{D1} \\ Y_{D3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_{D1} \\ X_{D3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ d_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Para 2:

$$\begin{pmatrix} Y_{D2} \\ Y_{D4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_2 \\ Y_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_{D2} \\ X_{D4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_2 \\ d_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_2 \\ X_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

gdzie:

$Y_{Dn}$  to współrzędna Y wyświetlacza dla punktu n

$X_{Dn}$  to współrzędna X wyświetlacza dla punktu n

$Y_n$  to współrzędna Y panelu dla punktu n

$X_n$  to współrzędna X panelu dla punktu n

$a_k, b_k, c_k, d_k$  to parametry funkcji transformującej obliczone dla pary równań k.

Po przeprowadzeniu kalibracji, transformacji dokonuje się stosując funkcje:

$$Y_D = aY + b$$

$$X_D = cX + d$$

gdzie parametry:

a, b, c, d mają wartości uśrednione dla obu par wymienionych wcześniej układów równań.

Punkty kalibracyjne na ekranie powinny zostać tak wyznaczone, by dosyć dobrze reprezentowały cały panel. Zaleca się, aby znajdowały się one dosyć blisko brzegów wyświetlacza, ale nie za blisko, byc ekran

dotykowy w tych obszarach może być mniej liniowy, co zmniejszy precyzję jego użytkowania w środkowej części wyświetlacza. Dlatego dobrą praktyką jest umieszczenie punktów w odległości równej 20% wymiarów ekranu (rys. 1.).

### Kalibracja z użyciem trzech stałych

W celu zlikwidowania wpływu obrotu ekranu dotykowego względem wyświetlacza należy zastosować tzw. kalibrację z trzema stałymi, tj. taką w której za pomocą trzech niezależnych od siebie danych będziemy mogli określić trzy cechy opisujące położenie panelu.

W tym celu należy zastosować równanie:

$$(X_D, Y_D) = [K_X R \cos(\theta - \Delta\theta) + X_T, K_Y R \sin(\theta - \Delta\theta) + Y_T]$$

Gdzie  $X_T$  i  $Y_T$  to błędy w precyzji określenia współrzędnych X i Y, a pozostałe oznaczenia zgodne są z rysunkiem 2.

Przy założeniu, że  $\Delta\theta \rightarrow 0$  oraz używając wzorów znanych z trygonometrii:

$$\cos(\theta - \Delta\theta) = \cos\theta + \Delta\theta \sin\theta$$

$$\sin(\theta - \Delta\theta) = \Delta\theta \cos\theta - \sin\theta$$

Co pozwala wyprowadzić dwa równania:

$$X_D = K_X R \cos\theta + K_X R \Delta\theta \sin\theta + X_T$$

$$Y_D = K_Y R \Delta\theta \cos\theta + K_Y R \sin\theta + Y_T$$

Które można uprościć do postaci:

$$X_D = AX + BY + C$$

$$Y_D = DX + EY + F$$

Aby rozwiązać tak określony układ równań potrzebne są trzy niezależne od siebie punkty, tj. takie, które nie leżą w jednej linii prostej. Warto je dobrać tak, by znajdowały się w dużych odstępach od siebie, ale nie przy samej krawędzi ekranu.

Po wskazaniu punktów, analogicznie jak w kalibracji z dwiema stałymi wyznaczamy macierz równań, z tą różnicą, że tu liczba równań odpowiada dokładnie liczbie wartości szukanych:

$$\begin{pmatrix} X_{D1} \\ X_{D2} \\ X_{D3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix}$$

Które rozwiązuje się poprzez:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = M^{-1} \begin{pmatrix} X_{D1} \\ X_{D2} \\ X_{D3} \end{pmatrix}$$

Gdzie  $M^{-1}$  to macierz odwrotna macierzy:

$$M = \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{pmatrix}$$

Analogicznie, jak dla powyższych równań dla osi X wyznacza się parametry dla osi Y.

W celu zwiększenia precyzji kalibracji warto zastosować pomiar z użyciem 5 punktów, gdzie cztery podstawowe punkty wybrane są tak samo jak w wypadku przedstawionej wcześniej kalibracji z dwiema danymi, a piąty umieszczony jest np. w środku wyświetlacza. Kalibrację tę wykonuje się analogicznie jak w poprzednim przypadku, z tą różnicą że macierz ma rozmiary 5x3:

$$M = \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \\ X_4 & Y_4 & 1 \\ X_5 & Y_5 & 1 \end{pmatrix}$$

A do wyznaczenia parametrów A, B, C należy użyć jej dopiero po przekształceniu dokonaniu przekształcenia:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = (M^T \times M)^{-1} \times M^T \times \begin{pmatrix} X_{D1} \\ X_{D2} \\ X_{D3} \\ X_{D4} \\ X_{D5} \end{pmatrix}$$

W przeciwnym wypadku niemożliwe byłoby wykonanie mnożenia macierzy. Jednocześnie, uzyskane w ten sposób wyniki będą od razu uśrednione.

**Marcin Karbowniczek**  
marcin.karbowniczek@ep.com.pl

