

# Sterowanie dotykiem

*Panele operatorskie, określane również jako HMI, oraz komputery znajdując obecnie zastosowanie nie tylko w przemyśle. Wygoda posługiwania się ekranem dotykowym przemawia za stosowaniem tego typu rozwiązań także w elektronice konsumenckiej oraz w różnych terminalach dostępnych w miejscach publicznych. W artykule omówiono aktualnie oferowane panele, ich cechy, technologie, jakie zastosowano do ich wykonania oraz praktyczne aspekty implementacji panelu dotykowego.*

Na polskim rynku oferowane są HMI z ekranami o przekątnych od kilku do ponad 20 cali. Wraz ze spadkiem cen samych matryc, następuje też naturalna popularyzacja wersji większych. Naturalnie, istnieją również zastosowania, gdzie dominują panele małe, często nawet tekstowe monochromatyczne. Nabywcy paneli operatorskich kierują się całym szeregiem cech, które decydują o wyborze konkretnego rozwiązania. Wynika to nie tylko z mnogości możliwych zastosowań ekranów dotykowych, ale także dużych różnic pomiędzy nimi.

## Ważne cechy paneli

Trudno jednoznacznie wskazać, jakie parametry techniczne paneli są najważniejsze. Oprócz wielkości ekranu, na pewno ważnym elementem decydującym o użyciu danego wyświetlacza jest zakres temperatury pracy. Zasadnicze znaczenie ma temperatura dolna, która standardowo kończy się na zerze stopni – pracę w warunkach poniżej zera umożliwiają dopiero wersje specjalne. Producenci paneli, oprócz urządzeń z ekranami dotykowymi, oferują też produkty z tradycyjną klawiaturą, która może cechować się różnym stopniem złożoności.

Panele operatorskie i komputery panelowe są w istocie, oprócz ich najprostszycj wersji, mniej lub bardziej złożonymi komputerami przemysłowymi. Wydajność obliczeniowa tych urządzeń, a także ich możliwości komunikacyjne są coraz bardziej zbliżone do parametrów standardowych komputerów przemysłowych czy PC. Wynika to z rosnącej liczby funkcji, jakie obecnie pełnią te urządzenia.

Współczesne panele operatorskie i komputery panelowe coraz częściej agregują dane i łączą różne systemy w całość. Z tego powodu wykorzystywane są w nich wydajne jednostki centralne, np. Intel Core 2 Duo, a one same, oprócz dużego ekranu, często nie wiele różnią się od standardowych komputerów przemysłowych. Producenci HMI zwracają również uwagę, że ich klienci wymagają od tego typu urządzeń coraz większej liczby

funkcji multimedialnych – wyświetlania wideo, odtwarzania oraz rejestracji dźwięku itp. Z tych powodów niektóre panele wyposażane są w wydajne karty graficzne pozwalające na wyświetlanie obrazów o dużej rozdzielczości i głębi kolorów, karty dźwiękowe, a ich obudowy zawierają głośniki, a nieraz także mikrofon i kamerę. Niektóre z omawianych produktów mają także możliwość rozbudowy poprzez wykorzystanie karty rozszerzeń.

Minimalizacja zużycia energii przez urządzenia elektryczne i elektroniczne to już od kilku lat jeden z najważniejszych trendów na rynku elektroniki i automatyki. O ile w przypadku elektroniki powszechnego użytku, projektanci mają na celu zazwyczaj zapewnienie jak najdłuższego czasu pracy urządzeń zasilanych bateryjnie, ograniczenie zużycia energii przez panele operatorskie ma na celu wyeliminowanie z nich układów aktywnego chłodzenia. Brak konieczności wymuszania przepływu powietrza pozwala na zrezygnowanie z wentylatora, który jest jednym najbardziej awaryjnych elementów wszelkich systemów komputerowych. Chłodzenie pasywne umożliwia także tworzenie rozwiązań o dużym stopniu ochrony IP, czyli w praktyce urządzeń o szczelnych obudowach. Jest to szczególnie istotne w przypadku zastosowań w środowisku o dużym zapyleniu czy wilgotności, które są typowe dla aplikacji przemysłowych. Naturalnie rozwiązania bezwentylatorowe nie dotyczą wszystkich HMI i komputerów panelowych. W szczególności nie obejmują one urządzeń o dużej wydajności obliczeniowej, które bazują na układach takich jak wspomniane Intel Core Duo czy Core 2 Duo i podobnych. Pomimo to, na rynku można znaleźć komputery z procesorami Core 2 Duo w wersjach bezwentylatorowych.

Panele operatorskie i komputery przemysłowe tworzone są zazwyczaj z wykorzystaniem technologii, która już jakiś czas wcześniej pojawiła się w komputerach PC. Jeszcze niedawno bardzo popularne były procesory Pentium M, XScale oraz inne układy specja-

lizowane – np. firmy Via Technologies. Od jakiegoś czasu są one wypierane z rynku na rzecz układów Core Duo i Core 2 Duo, a także Atom. Układy te zapewniają wydajność obliczeniową wystarczającą do wielu typowych aplikacji wizualizacji, a do tego charakteryzują się drastycznie małym zużyciem energii.

Czynnikami wspierającym trend tworzenia rozwiązań bezwentylatorowych jest szybka popularyzacja dysków i kart pamięci Flash, które obecnie dostępne są u większości głównych dostawców komputerów przemysłowych na rynku. Stanowią one mogą zamienniki tradycyjnych dysków twardej i pozwalają na wyeliminowanie z panelu HMI czy komputera panelowego wszystkich części ruchomych.

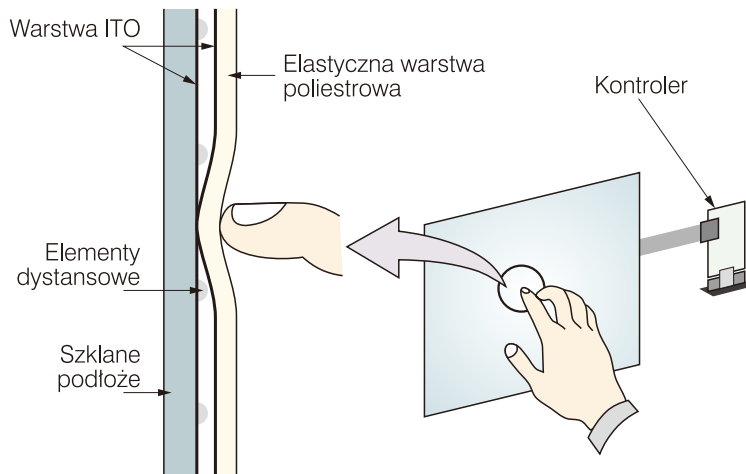
## Komunikacja sieciowa

Dostępne na rynku HMI oraz komputery panelowe różnicowane są jeszcze pod jednym względem – występujących w nich interfejsów sieciowych. Typowo zawierają porty do sieci szeregowych (RS232, RS485 i inne), USB, a także Ethernet. Dostępne są również wykonania z interfejsami sieci przemysłowych. W ostatnich latach, szczególnie szybko popularyzowały się USB i Ethernet i są one obecnie traktowane jako standard w większości omawianych urządzeń. Ich użycie ułatwia konfigurację i obsługę paneli, a także umożliwia ich łatwą integrację w większych sieciach. Zmiany w technologii paneli operatorskich obejmują również popularyzację wykorzystania sieci bezprzewodowych.

Obecnie niektóre z takich urządzeń, w szczególności komputery przemysłowe, zawierają wbudowany interfejs Wi-fi czy Bluetooth, a wybrane umożliwiają nawet transmisję danych z wykorzystaniem sieci komórkowych. Oczywiście taka funkcjonalność nie jest potrzebna wszystkim klientom – przykładowo komunikacja bezprzewodowa będzie zbędna w HMI, który wbudowany jest w maszynę przemysłową i służy do jej sterowania. Jednakże w przypadku niewielkiego terminalu przenośnego lub instalacji HMI na pojeździe czy w oddalonym od centrali miejscu zakładu możliwość tego typu transmisji danych staje się zbawienna – zarówno dla instalatorów urządzeń, jak też jej obsługi.

## Oprogramowanie

Na nowoczesny panel operatorski składa się nie tylko wydajny i energooszczędny sprzęt, ale także specjalistyczne oprogramowanie, które nie jest dostępne w klasycznych



Rysunek 1. Zasada działania panelu rezystancyjnego

komputerach PC. Producenci paneli wkładają bardzo dużo wysiłku w zapewnienie łatwej wymiany danych z tymi urządzeniami, czemu służy np. obsługa standardów komunikacyjnych OPC (OLE for Process Control) – w szczególności OPC A&E (Alarms and Events) czy metod bezpiecznego przesyłania danych do baz przemysłowych. Standardem jest coraz częściej wykorzystanie w panelach różnego rodzaju serwerów – WWW, FTP czy VNC. Umożliwiają one udostępnianie informacji w sieciach lokalnych i Internecie oraz zdalny dostęp do urządzenia w celu jego konfiguracji i sterowania. Duże znaczenie mają narzędzia do kontroli stanu panelu, jego temperatury, wykorzystania zasobów i ewentualnie kalibracji interfejsu dotykowego.

Naturalnym uzupełnieniem platformy sprzętowej jest system operacyjny i oprogramowanie narzędziowe. W bardzo wielu, jeżeli nie większości paneli, standardem jest jeden z systemów Microsoft Windows – najczęściej CE oraz XP Embedded. Windows Vista, pomimo długiej już obecności na rynku, nie przyjęły się do zastosowań przemysłowych. Producenci oferują też własne systemy własnościowe, często zintegrowane z oprogramowaniem dedykowanym do paneli.

Nieraz wchodzi ono w skład dostawy panelu, tj. oferowane jest jako preinstalowane i skonfigurowane przez dostawcę. Uzupełnieniem systemów operacyjnych są narzędzia software'owe, czego przykładem jest B&R Automation Studio, TwinCAT i inne – pozwalają one na programowanie różnych urządzeń, w tym paneli, a także często są kompletnym środowiskiem uruchomionym systemów automatyki. Oczywiście uzupełnieniem dla paneli jest też oprogramowanie SCADA, które pozwala nie tylko na bieżącą wizualizację procesu, ale zazwyczaj daje również dostęp do funkcji takich jak przedstawianie trendów, generowanie raportów, analiza danych procesowych i innych.

Duże możliwości dają dostępne od jakiegoś czasu procesory dwurdzeniowe. Pozwa-

lają one na taki podział zasobów, aby jeden z rdzeni odpowiadał za interfejs wizualny, a drugi za obsługę procesów technologicznych. Dzięki temu, w przypadku wystąpienia błędu w wątku związanym z obsługą interfejsu użytkownika, kontrola procesu nie jest wstrzymywana, a jedynie wyzwalany jest skonfigurowany alarm.

### Nowoczesne technologie paneli dotykowych

Najważniejszym elementem omawianych komputerów panelowych i paneli operatorskich są, wynalezione już ponad 30 lat temu, panele dotykowe. Przeżywają one ciągle rozwój i zajmują coraz ważniejsze miejsce w aplikacjach HMI. Obecnie trudno wyobrazić sobie już panele operatorskie, czy komputery panelowe bez ekranów dotykowych, które ze względu na intuicyjność

i prostotę obsługi wyparły tradycyjną klawiaturę i myszkę z zastosowań tego typu. Ekran dotykowy coraz częściej montowane są również w elektronice użytkowej, w której coraz większą popularnością cieszą się interfejsy typu Multi-Touch.

### Czym jest panel dotykowy?

Panel dotykowy jest w istocie autonomicznym urządzeniem zamontowanym przed wyświetlaczem LCD (lub dowolnym innym), które umożliwia sterowanie poprzez dotknięcie go palcem lub wskaźnikiem. Wskazanie miejsca na ekranie za pomocą dotyku należy do najbardziej przyjaznych form kontaktu z użytkownikiem – nawet takim, który nie radzi sobie z używaniem tradycyjnego komputera osobistego.

Konstruktorzy paneli dotykowych dążą do stworzenia urządzenia, które będzie jak najbliższe pewnym założeniom. Nie powinny one zakłócać wyświetlania obrazu, muszą charakteryzować się wysoką rozdzielczością oraz być aktywowane dowolnym wskaźnikiem. Ważną ich cechą jest też odporność na kurz, wilgoć, środki chemiczne, oleje i zanieczyszczenia, które mogą występować w otoczeniu. Istotną jest wreszcie łatwość instalacji na panelu wyświetlacza – idealnie gdyby była ona tak prosta, jak montaż innych urządzeń peryferyjnych.

### Panele rezystancyjne

Ekran dotykowy mogą być wykonane w różnych technologiach – do najpopularniejszych należą panele rezystancyjne (rysunek 1). Istnieją przy tym 4-, 5-, 6-, 7- oraz 8-przewodowe odmiany tej technologii. Nie-

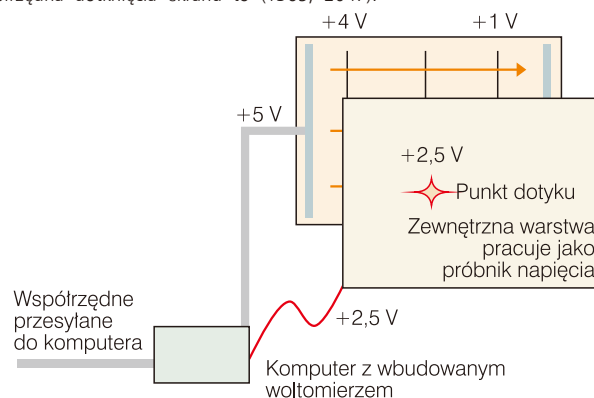
#### Jak działa kontroler czteroprzewodowego ekranu dotykowego?

Na przykładzie 12-bitowego kontrolera, pracującego z rozdzielczością 4096x4096 (np. TSC2046 firmy Texas Instruments) o napięciu zasilania elektrod: 3 V.

Dotknięcie ekranu w 1/3 współrzędnej x oraz 1/2 współrzędnej y powoduje następujące działania kontrolera:

- Pomiar współrzędnej x:
  - kontroler dostarcza napięcie pomiędzy elektrody dolnej płaszczyzny;
  - za pomocą elektrody górnej powierzchni odczytuje spadek napięcia (w tym przypadku 1 V);
  - układ próbkuje wartość napięcia i oblicza wartość współrzędnej x ( $1/3 \cdot 4095 = 1365$ ).
- Pomiar współrzędnej y:
  - układ zmienia funkcjonowanie warstw przewodzących - odłącza zasilanie od warstwy x i podłącza je między elektrody warstwy górnej;
  - następuje odczyt wartości spadku napięcia na powierzchni górnej za pomocą elektrody X+ (1,5 V);
  - kontroler oblicza wartość współrzędnej y ( $1,5/3 \cdot 4095 = 2047$ ).

Obliczona współrzędna dotknięcia ekranu to (1365, 2047).



Rysunek 2. Zasada obliczania pozycji w systemie 4-przewodowym

## AUTOMATYKA I MECHATRONIKA

zależnie od liczby przewodów, panele tego typu zbudowane są z dwóch warstw odseparowanych za pomocą elementów dystansowych - warstwy podłoża (najczęściej szklanego) z jednorodną powłoką rezystancyjną oraz warstwy górnej, która jest elastyczna i również przewodząca. Ta ostatnia musi być od zewnątrz twarda i wytrzymała, gdyż jest powierzchnią styku z otoczeniem. Istnieją również wersje ekranów rezystancyjnych, w których obie warstwy są elastyczne.

W chwili naciśnięcia na ekran, zewnętrzna warstwa ugina się w kierunku podłoża i następuje zwarcie w punkcie styku. Wartość spadku napięcia w punkcie przyciśnięcia ekranu jest proporcjonalna do współrzędnych na jego powierzchni. Układ kontrolera obsługujący panel przetwarza napięcie analogowe na wartość cyfrową i przesyła ją do układu sterującego (rysunek 2). Ze względu na zasadę działania paneli rezystancyjnych, istnieje możliwość wymuszenia akcji palcem, paznokciem, piórem czy też w palcem w rękawicy roboczej. Ekran tego typu i ich sterowniki mogą być łatwo integrowane w systemach wbudowanych, przez co należą do najbardziej praktycznych i ekonomicznych typów paneli dotykowych.

### 4W, czyli cztery przewody

Czteroprzewodowe panele rezystancyjne należą do najłatwiejszych w produkcji. Łatwo również na ich przykładzie zrozumieć zasadę działania tego typu ekranów dotykowych.

Do określenia współrzędnych punktu dotyku wykorzystywane są obydwie warstwy przewodzące. Pokryte są one zwykle od strony styku tlenkiem cynkowo-indowym - substancją, która przewodzi prąd i jest zarazem przezroczysta. Na zewnętrznych krawędziach obu warstw umiejscowione są elektrody, do których podłączone są przewody kontrolera. W pierwszym etapie detekcji, układ sterujący dostarcza napięcie stałe do dolnej warstwy przewodzącej. W tym samym czasie górna warstwa pełni rolę próbnika napięcia i podłączona jest do układu mierzącego napięcie w kontrolerze modułu. Dzięki temu można określić jedną ze współrzędnych styku. Następnie wystarczy, że układ zamieni działanie obu warstw - dostarczy napięcie do górnej warstwy, podczas gdy dolna będzie służyła woltomierzowi - w ten prosty sposób uzyskuje się drugą ze współrzędnych. Podstawowa wada tego rozwiązania wynika z faktu wykorzystania giętkiej warstwy do określania jednej ze współrzędnych. Częste wyginanie zewnętrznej powłoki powoduje powstawanie miniaturowych zadrapań na powierzchni pokrytej tlenkiem cynkowo-indowym. Zadrapania wpływają z kolei na zniekształcenie, początkowo stosunkowo liniowej charakterystyki warstwy rezystancyjnej, a co za tym idzie

powstanie niedokładności określenia jednej ze współrzędnych punktu dotyku. Dlatego, jak łatwo się domyślić, czteroprzewodowe panele rezystancyjne nie należą do najbardziej wytrzymałych. Gwarantowana liczba dotknięć palcem wynosi około miliona lub znacznie mniej, w przypadku używania piór dotykowych i innych twardych przedmiotów przyspieszających proces niszczenia matrycy. Wtedy wartość ta może spaść do poziomu około 100 tys., co w przypadku obszaru o wymiarach 20x20 mm odpowiada zaledwie kilku miesiącom normalnego użytkowania panelu.

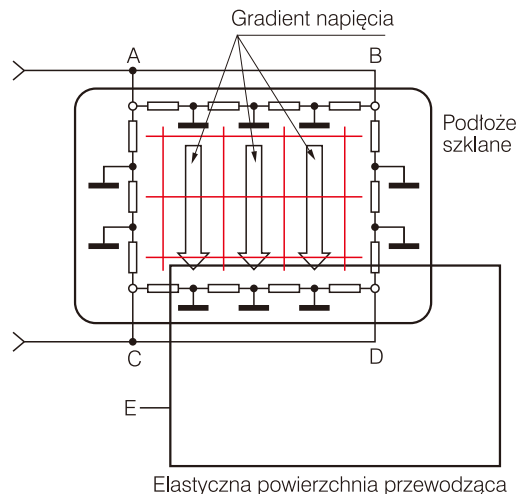
Tym, co również nie służy panelom rezystancyjnym, są zmiany parametrów otoczenia. Rozciąganie i kurczenie się zewnętrznej powłoki poliestrowej pod wpływem zmian temperatury i wilgotności, z czasem zmniejsza jej wytrzymałość, jak również dokładność lokalizacji punktu dotyku. W tej sytuacji można mówić o dryfcie charakterystyki napięciowej panelu, uzależnionym zarówno od zużycia powstałego na skutek normalnego użytkowania, jak i zmian w środowisku pracy.

Czteroprzewodowe panele rezystancyjne sprawdzają się przede wszystkim w ekranach o małych rozmiarach, tj. poniżej 10" - wtedy niedostatki wynikające z ich konstrukcji nie są zbyt znaczące. Za ich stosowaniem stoją przede wszystkim niski koszt, małe zużycie energii i powszechna dostępność szerokiej gamy kontrolerów mogących je obsługiwać. Dzięki tym zaletom często znajdują one zastosowanie w urządzeniach przenośnych, takich jak np. palmtopy.

Dla większych ekranów - zazwyczaj powyżej 10", gdzie błędy pomiaru w wersji 4-przewodowej byłyby już bardzo duże, stosuje się technikę 8-przewodową. Ta modyfikacja panelu 4-przewodowego polega na dodaniu czterech dodatkowych linii ulokowanych na krawędziach każdej z warstw. Służą one do przeprowadzenia autokalibracji w celu zmniejszenia błędów nieliniowości i wpływu rezystancji pasożytniczej. Dzięki temu uzyskuje się większą stabilność pracy ekranu dotykowego w czasie.

### Piąty przewód

Opisane powyżej technologie paneli 4- i 8-przewodowych mają, jak już wspomniiano, jedną podstawową wadę - górna warstwa elastyczna jest stosunkowo mało wytrzymała i powoduje powstawanie błędów nieliniowości. W panelach pięcioprzewodowych, przy określaniu obu współrzędnych dotyku, rolę powierzchni, na której powstaje spadek napięcia, pełni jedynie warstwa dolna. Zewnętrzna powłoka służy tylko jako próbnik napięcia. Wtedy również w wyniku normalnego użytkowania powstają pewne



**Rysunek 3. Schemat działania systemu 5-przewodowego**

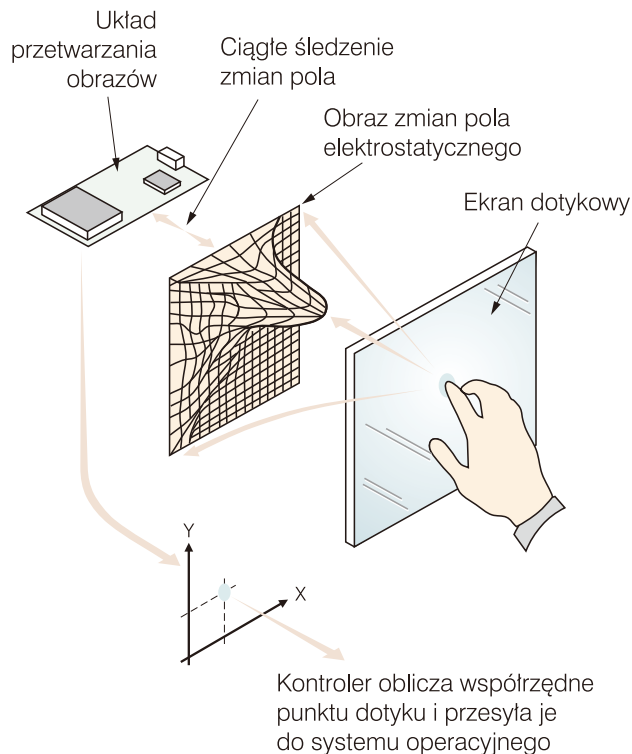
zadrapania górnej warstwy, ale ewentualne nieliniowości nie mają wpływu na dokładność pomiaru.

Budowa ekranów pięcioprzewodowych (rysunek 3) jest bardzo podobna do wcześniej wspomnianych technologii z tym, że jeden z przewodów podłączony jest do zewnętrznej warstwy pełniącej rolę próbnika napięcia a pozostałe cztery przyłączone są do narożników warstwy dolnej. Przed dotknięciem warstwa dolna spolaryzowana jest jednakowym napięciem na całej powierzchni, a górna - uziemiona. W chwili styku kontroler wykrywa wzrost potencjału na warstwie zewnętrznej i przeprowadza procedurę lokalizacji współrzędnych. Układ sterujący pracą panelu najpierw podaje stałą wartość napięcia do narożników A i B oraz uziemia narożniki C i D. W ten sposób uzyskiwany jest równomierny gradient napięcia od góry do dołu panelu. W momencie dotyku kontroler za pomocą przewodu E odczytuje wartość współrzędnej Y, a następnie podaje napięcie na przewody A i C oraz uziemia B i D. Wtedy, za pomocą zewnętrznej warstwy możliwe jest określenie drugiej współrzędnej punktu styku.

Oprócz paneli dotykowych pięcioprzewodowych istnieją również wersje sześcioprzewodowe i siedmioprzewodowe, przy czym są one mniej popularne i rzadko kiedy stosowane. Sześcioprzewodowy panel jest modyfikacją wersji pięcioprzewodowej i zawiera dodatkowo uziemioną warstwę na spodzie dolnej powierzchni. Rozwiązanie siedmioprzewodowe, w porównaniu z pięcioprzewodowym, ma dwie dodatkowe linie na krawędziach ekranu, które służą do eliminacji dryftu powstałego na skutek wpływu zmian parametrów otoczenia.

### Uśrednianie i kalibracja

Bardzo ważna, dla uzyskania dużej dokładności lokalizacji miejsca dotyku, jest praca samego kontrolera. W celu wyeliminowania



Rysunek 4. Zasada działania ekranu NFI

nowania szumów powstałych w wyniku drżenia styków, stosowane są algorytmy uśredniające. Próbkę współrzędnych X i Y są sprawdzane, czy nie wykraczają poza określoną dokładność. Jeśli zestaw próbek nie spełnia określonych norm, jest on odrzucany i algorytm uruchamiany jest od nowa. Taki cykl trwa aż do chwili, gdy określona liczba próbek obu współrzędnych zmieści się w przyjętym przedziale dokładności. Wtedy średnia tych wartości traktowana jest przez kontroler jako współrzędne X i Y, i przesyłana do procesora sterującego pracą całego systemu. Współrzędne X i Y rezystancyjnych ekranów dotykowych są wyznaczone w układzie kartezjańskim - najczęściej wartość współrzędnej X rośnie z lewej na prawo a współrzędnej Y z dołu do góry ekranu, choć bywa także inaczej.

Podsumowując temat paneli rezystancyjnych, należy zaznaczyć że technologia pięcioprzewodowa charakteryzuje się dużo lepszymi parametrami użytkowymi od ekranów czteroprzewodowych (i ich modyfikacji). W tym przypadku żywotność ekranu sięga nawet 35 mln dotknięć. Warstwa zewnętrzna ma zwykle dużą wytrzymałość oraz jest odporna na środki chemiczne i wilgoć. Twardość większości paneli rezystancyjnych wynosi 2H (twardość ołówka 2H), lecz można spotkać także ekrany o twardości 3H. Tego typu ekrany mogą być stosowane wszędzie tam, gdzie system jest narażony na działanie niesprzyjających czynników zewnętrznych, czyli w aplikacjach przemysłowych, takich jak sterowanie procesami technologicznymi czy testowanie wyrobów, systemach medycznych, oraz POS i POI. Wadą omawia-

nej technologii jest niska przepuszczalność światła wynosząca zaledwie 75%, co w niektórych aplikacjach jest niewystarczające. Nie zmienia to faktu, że rozwiązania rezystancyjne są obecnie najczęściej stosowanymi typami paneli dotykowych.

### Pojemnościowe i ultradźwiękowe

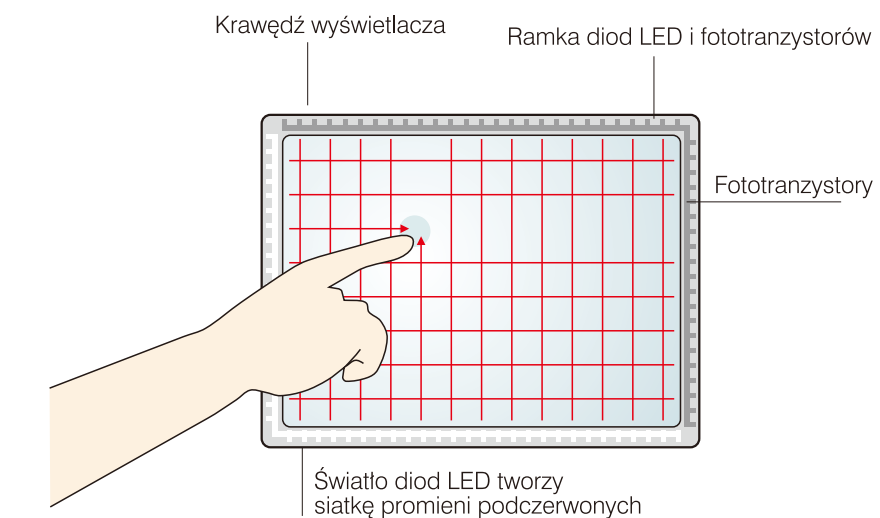
Oprócz ekranów dotykowych typu rezystancyjnego, wykorzystywane są panele działające na zasadzie detekcji zmian pojemności, jasności promieniowania podczerwonego oraz innych parametrów fizycznych.

Ekrany w technologii powierzchniowej stanowią jeden z typów pojemnościowych paneli dotykowych. W odróżnieniu od rezystancyjnych ekranów dotykowych ich powierzchnia zewnętrzna nie jest giętka, lecz zbudowana wyłącznie z nieruchomych elementów. Szklane podłoże pokryte jest jednorodną warstwą tlenku cynkowo-indowego, a całość przykryta szkłem zapewniającym dużą odporność na działanie czynników zewnętrznych. W narożnikach ekranu umieszczone są elektrody wytwarzające zmienne pole elektryczne. Dotknięcie ekranu palcem lub przewodzącym rysikiem powoduje zamknięcie obwodu elektrycznego pomiędzy ciałem a powierzchnią, na której zgromadzone są ładunki. W momencie dotyku z każdej z elektrod do miejsca styku płynie minimalny prąd wynikający z powstania zaburzenia pola na warstwie tlenku. Wartość prądu wypływającego z każdej z elektrod jest zależna od odle-

głości od punktu dotyku i na tej podstawie kontroler może wyliczyć jego współrzędne i przesyłać je dalej do systemu. Wadą powierzchniowych ekranów pojemnościowych jest możliwość wskazania punktu wyłącznie poprzez kontakt elementem przewodzącym - w praktyce specjalnym piórem lub dłonią. Praca plastikowym wskaźnikiem lub w rękawicy roboczej nie jest możliwa.

Odmianą paneli pojemnościowych są panele NFI (Near Field Imaging, **rysunek 4**), które pozwalają na lokalizację punktu dotyku przez dodatkową warstwę ochronną umieszczoną przed ekranem. Dzięki temu, panel może być zainstalowany za grubszym, nawet kilkunastomilimetrowym szkłem ochronnym. Określenie współrzędnych punktu dotyku sprowadza się do analizy pola elektrycznego zmieniającego się tuż przy powierzchni ekranu. Wykorzystując odpowiednią technikę akwizycji danych pomiarowych oraz operacje przetwarzania, możliwe jest dokładne obliczenie współrzędnych miejsca zmiany pola elektrycznego. Ekrany NFI są na tyle dokładne i czułe, że możliwe jest również korzystanie z nich w rękawicy roboczej. Panele te znakomicie sprawują się w trudnych warunkach - są odporne na wpływ zanieczyszczeń i mycie pod wysokim ciśnieniem, dzięki czemu są często stosowane zakładach przemysłowych. Ekrany NFI noszą również nazwę *Projected Capacitive*.

Pojemnościowe panele dotykowe charakteryzują się wysokim współczynnikiem przepuszczania światła, który sięga 90% i dużą trwałością. Ich czas życia przekracza 200 milionów dotknięć. Błąd nieliniowości w przypadku paneli pojemnościowych rzadko kiedy jest większy niż 1,5%. Ponadto stosowanie dodatkowej warstwy antyrefleksyjnej minimalizuje odbicia światła. Panele pojemnościowe, oprócz aplikacji przemysłowych, znajdują również zastosowanie w urządzeniach użytku publicznego, aplikacjach medycznych, terminalach POS, POI i bankomatach.



Rysunek 5. Zasada działania ekranu na podczerwień

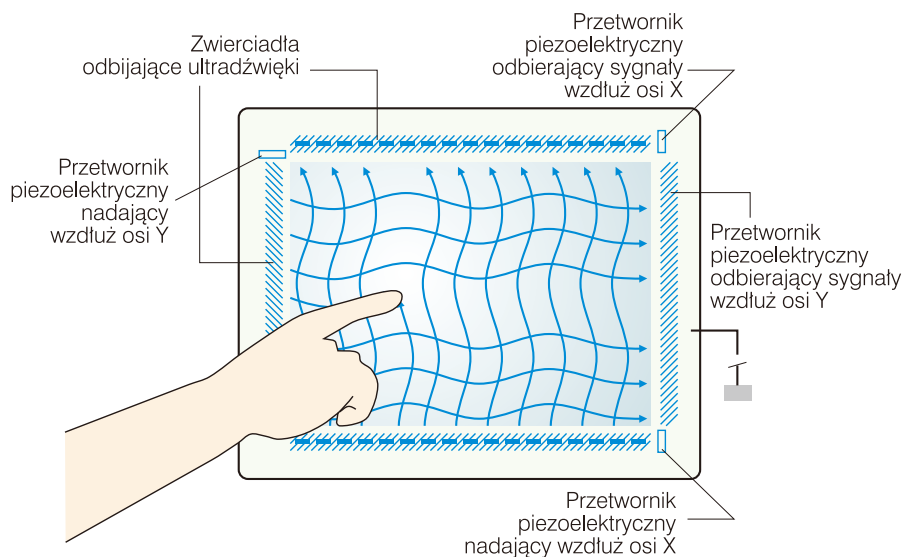
**A może podczerwień?**

Trzecią z technik wykorzystywanych w panelach dotykowych jest wytworzenie promieniowania podczerwonego za pomocą diod LED rozmieszczonych wzdłuż dwóch prostopadłych krawędzi, naprzeciw których znajdują się elementy światłoczułe (rysunek 5). Do działania tego typu paneli nie jest konieczna ochronna warstwa zewnętrzna - mogą one być zamontowane jedynie w formie ramki, bezpośrednio na wyświetlaczu, nie wprowadzając tym samym żadnych zniekształceń obrazu. Promieniowanie emitowane przez diody tuż nad powierzchnią panelu LCD tworzy gęstą siatkę promieni podczerwonych, które są detekowane przez elementy światłoczułe - dotknięcie ekranu dowolnym wskaźnikiem powoduje przerwanie drogi dla światła, co pozwala na łatwe określenie współrzędnych punktu dotyku.

Działanie tego typu paneli nie zależy w żaden sposób od stanu powierzchni ekranu, przez co niemożliwe jest fizyczne zużycie się materiału, a wszelkie zadrapania powłoki szklanej nie mają wpływu na pracę systemu. Panel działa nawet wtedy, gdy zewnętrzna szklana powierzchnia jest stłuczona - w tym przypadku wystarczy ją wymienić bez konieczności kupowania całego ekranu. W pewnych zastosowaniach, jeżeli istnieją takie wymogi, warstwa ochronna może okazać się zbędna i można z niej nawet zrezygnować. Omawiane ekrany, w odróżnieniu od rezystancyjnych i pojemnościowych, nie wymagają okresowej kalibracji. Nie uszkadza ich kurz, wilgoć, woda czy nawet śnieg, a obecnie dostępne modele wyposażone są typowo w układy, które umożliwiają praktycznie całkowite wyeliminowanie zakłóceń powodowanych przez światło zewnętrzne. W związku z tym, panele działające w technologii podczerwonej spotkać można w wielu aplikacjach - od kiosków multimedialnych i bankomatów począwszy, poprzez wyposażenie medyczne, aż do systemów zarządzania produkcją i sprzedażą. Maksymalny rozmiar paneli podczerwonych to nawet 150", dzięki czemu mogą być one również stosowane w wielkich tablicach interaktywnych.

**Ultradźwięki w panelach dotykowych**

Być może jest to zaskakujące, ale również akustyka znalazła swoje miejsce wśród technologii ekranów dotykowych. Jest to jednocześnie miejsce całkiem znaczące - istnieją bowiem aż trzy typy ekranów wykorzystujących rozchodzenie się dźwięków. Pierwszymi dwoma są panele w technologii SAW i GAW - skróty te oznaczają odpowiednio *Surface Acoustic Wave* oraz *Guided Acoustic Wave*, przy czym pierwsze człony nazw określają charakter rozchodzenia się ultradźwięków. W pane-



**Rysunek 6. Zasada działania ekranu ultradźwiękowego**

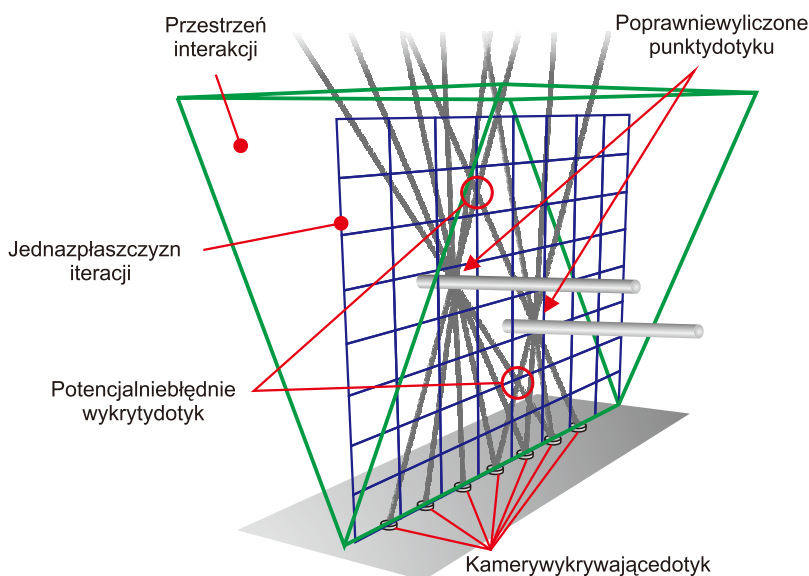
lach SAW propagacja odbywa się na powierzchni ekranu, natomiast w GAW, dzięki właściwościom szkła, przez sam ekran (rysunek 6).

Trzecią technologią należącej do omawianej grupy jest technika rozpoznawania impulsu dźwiękowego APR (Acoustic Pulse Recognition). To nowatorskie rozwiązanie bazuje na pomiarze dźwięku powstałego w momencie dotknięcia ekranu. Panel APR składa się jedynie z szyby zamontowanej przed wyświetlaczem i kilku mikrofonów piezoelektrycznych rozmieszczonych na jego krawędziach. Dotknięcie każdego miejsca panelu wiąże się z generacją nieco innego dźwięku, który, w formie sygnału elektrycznego, cztery miniaturowe przetworniki przesyłają do kontrolera. Zarejestrowany sygnał jest następnie porównywany z wcześniej stworzoną tablicą dźwięków dla całego ekranu. Na skutek tego ignorowane są dźwięki otoczenia niezgodne z zapisanymi próbkami.

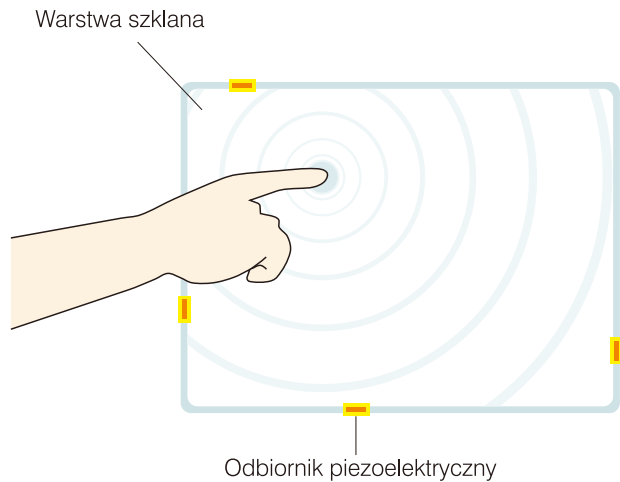
Ekrany akustyczne charakteryzuje jedna, bardzo ważna zaleta - dzięki zastosowaniu wyłącznie płyty szklanej, która umieszczana jest przed wyświetlaczem LCD, zniekształcenia obrazu są znikome. Również przejrzystość paneli jest wysoka i sięga ponad 90%, a nawet, w przypadku GAW, praktycznie 100%. Ekrany GAW pozwalają, w odróżnieniu od SAW, na umieszczenie ich w szczelnych obudowach i zapewnienie wysokiego stopnia ochrony urządzenia, w którym są wykorzystywane. Panele akustyczne desygnowane są m.in. do terminali POS i POI, punktów sprzedaży biletów oraz systemów sterowania automatyką przemysłową.

**Analiza z wykorzystaniem kamer**

Kolejną ze stosowanych technik jest metoda analizy obrazu tuż przy powierzchni ekranu. Dwie kamery umieszczone są w narożnikach ekranu, bądź tuż za nim, natomiast w przeciwnych rogach znajdują się aktywne (diody LED) lub pasywne (powierzchnie



**Rysunek 7. Zasada wyznaczania miejsca dotyku w ekranach dotykowych z kamerami**



**Rysunek 8.** Dzięki użyciu czujników wykorzystujących całkowite, wewnętrzne odbicie światła jest możliwe sterowanie aplikacją przez kilka osób jednocześnie

odbijające) nadajniki podczerwieni. Dotyk ekranu powoduje powstanie cienia, który rejestrowany jest przez kamery (rysunek 7). Obraz z kamer trafia następnie do kontrolera, który z dużą dokładnością oblicza współrzędne punktu. Ze względu na sposób akwizycji, dotyk jest rzeczywiście rejestrowany tuż przed faktycznym zetknięciem się wskaźnika z ekranem. W tym rozwiązaniu dodatkowa powierzchnia zewnętrzna nie jest potrzebna, dzięki czemu zredukowany jest wpływ uszkodzeń powierzchni wyświetlacza. Kalibracja tego typu paneli wymagana jest jedynie przy ich pierwszym uruchomieniu i polega na dotknięciu ekranu w kilku określonych miejscach. Niemniej zastosowanie kamer ma z pewnością wpływ na wysoką cenę tego typu rozwiązań.

### Biometria i siła dotyku

Ciągły rozwój technologii ekranów dotykowych powoduje pojawianie się coraz to nowszych rozwiązań. Przykładem jest wykorzystanie metody stosowanej od dawna w biometrii - FTIR (Frustrated Total Internal Reflection). Bazuje ona na zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia światła

i faktu, że wypustki linii papilarnych, stykając się z powierzchnią, absorbują światło, natomiast wgłębienia je odbijają. Ta metoda, choć jest ciągle rozwijana i mało popularna, pozwala na sterowanie ekranem za pomocą kilku wskaźników (kilku palców) jednocześnie. Dzięki temu możliwe jest również sterowanie przez kilku użytkowników jednocześnie, co może być wykorzystane w dużych aplikacjach interaktywnych (rysunek 8).

Istnieją także panele działające w oparciu o pomiar siły dotyku. Czujniki tensometryczne, które rozmieszczone są na krawędziach panelu, zmieniają rezystancję w zależności od siły nacisku na powierzchnię ekranu, co z kolei jest przeliczane na współrzędne. W tym przypadku możliwy jest także pomiar trzeciej współrzędnej! Panele takie, mimo dużego współczynnika przenikalności, charakteryzują się gorszym czasem reakcji i niewielką dokładnością, przez co nie są powszechnie wykorzystywane.

### Jakość obrazu

Bardzo ważną cechą paneli operatorskich jest jakość wyświetlanego obrazu. Niemal wszystkie technologie ekranów dotykowych wymagają stosowania warstwy zewnętrznej, która, pomimo że pełni rolę ochronną, powoduje pogorszenie jakości wyświetlanego obrazu. W szczególności tłumi ona energię świetlną, wprowadzając dodatkowe odbicia i zmniejszając kontrast oraz jasność oglądanego obrazu. Zmianie ulega także jego kolorystyka.

Najlepszym, jak do tej pory materiałem, z którego wykonywane są warstwy zewnętrzne, jest szkło, którego

przepuszczalność światła wynosić może ponad 90% (jest ona najwyższa spośród materiałów wykorzystywanych w tym celu). Powłoki stosowane w ekranach rezystancyjnych i pojemnościowych pokrywane mogą być również warstwą antyrefleksyjną. Dodatkową przewagą szkła nad innymi materiałami jest jego duża twardość, przez co panele szklane są stosunkowo odporne na zarysowania. Większość środków chemicznych i zmiany temperatury otoczenia nie mają też wpływu na deformację ekranu szklanego. W wymagających aplikacjach tradycyjne szkło może zostać zastąpione odpowiednikiem odpornym na wysokie temperatury lub żrące środki chemiczne.

### Wskaźnik i interfejsy

Wbrew pozorom, duże znaczenie przy wyborze rodzaju panelu, może mieć typ stosowanego wskaźnika. Ekran rezystancyjny, akustyczne i podczerwone pozwalają na dotknięcia praktycznie każdym przedmiotem, począwszy od piór wskazujących, poprzez długopisy, karty identyfikacyjne aż do ubranej w rękawicę roboczą dłoni. Ograniczone pod tym względem są ekrany pojemnościowe, które mogą być pobudzone jedynie wskaźnikami przewodzącymi – specjalnym piórem lub gołą dłonią. Technologia GAW, charakteryzująca się większą czułością od SAW, pozwala na sterowanie analogiczne jak w przypadku ekranów rezystancyjnych.

Nie ma natomiast większych ograniczeń w zakresie stosowanych interfejsów. Kontrolery ekranów dotykowych dostępne są najczęściej z powszechnie stosowanymi interfejsami - USB, RS-232, RS-485 lub PS/2. Producenci dostarczają również szereg programów diagnostycznych, demonstracyjnych oraz sterowników dla systemów operacyjnych Windows, Linux, Unix, QNX czy też MAC OS.

Typowe parametry paneli dotykowych zamieszczono w tabeli 1.

**Łukasz Mazur**  
**Marcin Karbowniczek**

REKLAMA

## SIMSCAD

Oprogramowanie SIMSCAD służy do odczytu i rejestracji danych z urządzeń wyposażonych w interfejs MODBUS-RTU.

Program działa jako urządzenie MODBUS-MASTER i komunikuje się z urządzeniami SLAVE za pomocą konwertera USB-RS485.

SIMSCAD w wersji standard umożliwia odczyt do 16 rejestrów przechowywujących wartości typu INT, DINT, WORD, DWORD lub REAL. Dla każdego odczytywanego rejestru możliwe jest ustawienie indywidualnych parametrów komunikacji, takich jak adres urządzenia slave, numer rejestru urządzenia, timeout, typ odczytywanej zmiennej.

Odczytywane wartości są wyświetlane w oknie programu. Mogą być także rejestrowane do pliku oraz na wykresie. Program dostępny w zestawie z konwerterem USB-RS485.

www.wobit.com.pl

**USB-RS485 Converter Opto + SIMSCAD 660 zł netto**