

Panele dotykowe

Technologie i techniki detekcji dotyku

Panele dotykowe to urządzenia autonomiczne, które nie zawsze muszą pracować w połączeniu z wyświetlaczem LCD. Owszem, wyświetlacz jest bardzo ciekawym uzupełnieniem i rozszerza możliwości takiego panelu, jednak nie wszystkie urządzenia wymagają jego zastosowania. Przykładem mogą być automaty do sprzedaży biletów, w których użytkownik może po prostu wybrać jedną z opcji nadrukowanych na stałe np. pod przezroczystym panelem. W artykule opiszemy wady i zalety poszczególnych rozwiązań oraz podamy przesłanki, którymi może kierować się konstruktor wybierając panel dotykowy do budowanej przez siebie aplikacji.

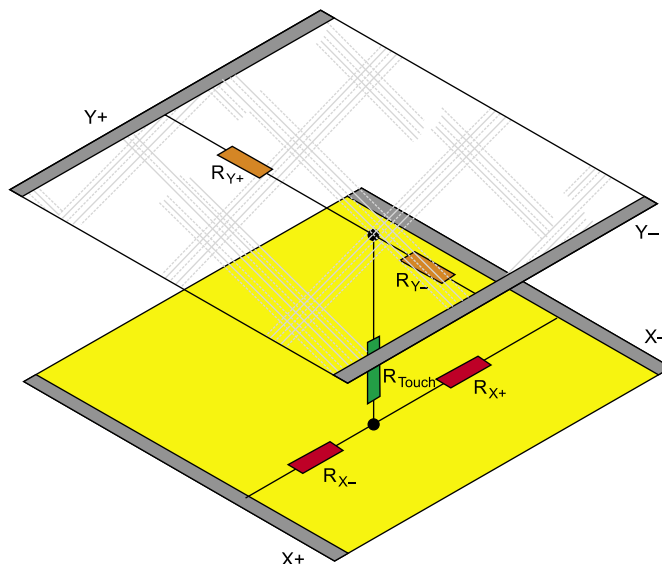
W momencie oddawania tego numeru EP do druku, rynek paneli dotykowych jest zdominowany przez dwie technologie: pojemnościową i rezystancyjną. Jednak nie wolno nie doceniać innych technik detekcji dotyku, jak chociażby optyczna, której rozwój umożliwia postęp w dziedzinie przetwarzania obrazu. Każda z technik detekcji ma swoje wady i zalety, dlatego nie sposób powiedzieć, która z nich jest najlepsza. Jest tu podobnie, jak przy doborze innych rozwiązań – zawsze któreś jest najlepsze w danych warunkach eksploatacji. Warto znać wady i zalety każdego z nich po to, aby później nie żałować swojego wyboru.

Wydaje mi się, że przez większość konstruktorów „panel dotykowy” w znaczeniu komponentu jest rozumiany jako połączony na etapie produkcji zespół panel dotykowy + wyświetlacz LCD. Takie rozumienie tego pojęcia zostało niejako wymuszone przez rynek urządzeń masowych, ale jest błędne. Owszem, wyświetlacz i odpowiednie warstwy panelu mogą być ze sobą spajane na etapie produkcji, ale zauważymy, że nawet w takim przypadku sterownik wyświetlacza nie zajmuje się obsługą panelu, a raczej ten ma wyprowadzone osobne złącze, nierzadko obsługiwane (zwłaszcza przy zastosowaniu technologii pojemnościowej) przez odrębny, specjalizowany kontroler, co świadczy o niezależnym funkcjonowaniu obu tych części składowych.

Panele rezystancyjne

Panele rezystancyjne są niedrogie w produkcji i łatwe w obsłudze z poziomu aplikacji. Składają się one z kilku warstw, z których najważniejsze są dwie przewodzące oraz jedna (o strukturze siatki) pełniąca rolę dystansu pomiędzy nimi. Ścieżki przewodzące naniesione na obu warstwach krzyżują się, ale nie są ze sobą zwarte, ponieważ pomiędzy nimi jest umieszczona warstwa dystansująca.

Napięcie zasilające jest przykładane do jednej z warstw i mierzone na drugiej (rysunek 1). Na skutek docisku za pomocą (częściej) specjalnego rysika lub palca warstwy zwierają się i w ten sposób powstaje para rezystancyjnych dzielników napięcia o napięciu wyjściowym charakterystycznym dla danego miejsca o współrzędnych X, Y na panelu. Obsługa takiego panelu sprowadza się do pomiaru dwóch napięć tego dzielnika za pomocą przetwornika analogowo – cyfrowego i określaniu na tej podstawie położenia punktu nacisku. Typowe



Rysunek 1. Zasada działania typowego, rezystancyjnego touch panelu 4-przewodowego

wartości rezystancji rezystorów dzielnikowych wynoszą 180...920 Ω. Różne kontrolery przeznaczone do obsługi paneli rezystancyjnych opisywaliśmy w EP 2/2011.

Jak łatwo domyślić się z powyższego opisu, użytkownik musi ścisnąć dwie warstwy folii, aby nastąpiło zwarcie. Dlatego ekranów rezystancyjnych nie da się obsługiwać lekkimi naciśnięciami. Obniża to ich trwałość (zależnie od producenta, typowo ok. 1 mln naciśnień rysika) i powoduje pewien dyskomfort obsługi, który może mieć znaczenie dla niewielkich urządzeń przenośnych. Z zastosowaniem rysika jest jeszcze jeden problem – trzeba znaleźć sposób, aby użytkownik nie zgubił go. Wśród wad należy również wymienić pogorszenie kontrastu i jasności świecenia wyświetlacza leżącego pod panelem na skutek przejścia światła przez warstwy z naniesionymi ścieżkami rezystancyjnymi działającymi jak polaryzatory i niską odporność mechaniczną samego panelu (można je łatwo uszkodzić zarysowując, nacinając, przekłuwając). W niektórych aplikacjach istotny może być fakt, że za pomocą zwykłego panelu rezystancyjnego 4- lub 5-doprowadzeniowego praktycznie nie da się wykonać interfejsu *multi touch*. Istnieją co prawda rozwiązania, w których panel jest dzielony na obszary i dzięki temu staje się możliwa detekcja kilku dotknięć jedno-

Tabela 1. Zestawienie podstawowych cech touch paneli rezystancyjnych o różnej liczbie przewodów (na podstawie www.microchip.com)

Właściwość	Liczba doprowadzeń		
	4	5	8
Liniowość	Bardzo dobra	Słaba	Bardzo dobra
Moc zasilania	Mała	Średnia	Mała
Stabilność termiczna	Słaba	Słaba	Możliwa auto-kompensacja
Trwałość	Średnia	Duża	Średnia
Cena	Niska	Średnia	Średnia
Liczba dostawców	Wielu	Wielu	Bardzo niewiele

częściej (np. produkowane przez Apex Material Technology Corp.), ale ten rodzaj interfejsu ma w porównaniu z panelem pojemnościowym dosyć ograniczone możliwości. Dodatkowo, na skutek rozrzutu parametrów oraz starzenia się, panel rezystancyjny wymaga kalibracji przed użyciem i czasami w trakcie eksploatacji.

Głównymi zaletami tej technologii są jej niska cena oraz odporność na oddziaływanie środowiska. Panel rezystancyjny, nawet mokry lub zakurzony, nadal będzie działał, o ile tylko woda nie dostanie się pomiędzy warstwy przewodzące. Ponadto, same panele są stosunkowo cienkie i pomimo ramki na obrzeżach tylko nieznacznie powiększają grubość wyświetlacza.

Istnieje również technologia, która doskonale nadaje się do tworzenia dowolnych, przezroczystych interfejsów dotykowych, dostosowanych do wymagań nietypowych projektów. Pozwala ona na konstruowanie transparentnych klawiatur matrycowych, przezroczystych przycisków dotykowych umieszczanych w dowolnych miejscach ekranu lub *touch* paneli o nietypowych kształtach i niemal dowolnych wymiarach. Pozwala też na względnie tanie tworzenie tego typu interfejsów już przy niewielkich woluminach produkcyjnych. Ta technologia polega na drukowaniu elektrod interfejsu dotykowego za pomocą drukarek przemysłowych. Koszt wykonania pojedynczego panelu lub klawiatury sprowadza się jedynie do opracowania projektu oraz materiałów, takich jak folia i tusz. Nie ma potrzeby tworzenia jakiegokolwiek masek wzorcowych. Sekret tej technologii tkwi w specjalnie przygotowanym atramencie polimerowym, który jest przezroczysty i przewodzi prąd. Może on być nakładany na folię, szkło, plek-syglas lub dowolną powierzchnię poliwęglanową (fotografia 2).

Podstawowe cechy paneli rezystancyjnych zamieszczono w tabeli 1. Nie sposób w ramach tego artykułu przedstawić pełną ofertę rynkową oraz parametry wszystkich paneli rezystancyjnych dostępnych w handlu, ponieważ są one oferowane przez ogromną liczbę dostawców. Dlatego w tabeli 2 i tabeli 3 zamieszczono przykładowe wymiary popularnych paneli rezystancyjnych dostępnych w ofercie polskich dystrybutorów.

Panele pojemnościowe

Zasada działania dotykowych paneli pojemnościowych polega na pomiarze zmiany pojemności kondensatora utworzonego przez elektrody panelu.

Ten rodzaj paneli dotykowych ma szereg zalet: do jego obsługi wystarczą delikatne dotknięcia, dobrze rozpoznaje przemieszczanie się dotyku i dzięki temu nadaje się do budowy interfejsów *multi touch*.

Tabela 2. Przykładowe wymiary touch paneli rezystancyjnych, 4-przewodowych

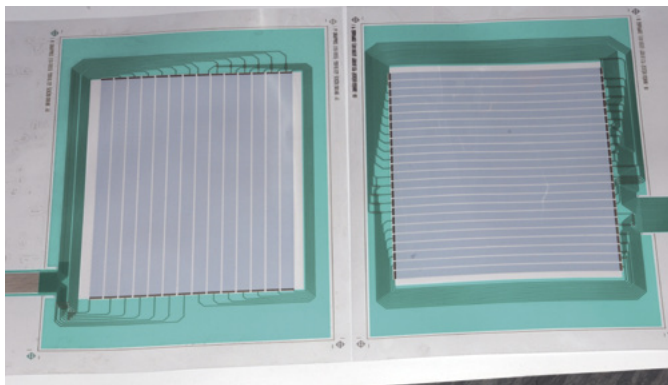
Typ panelu	Obszar aktywny [mm]	Obszar wyświetlacza [mm]	Przekątna ekranu LCD [cale]
4W-0350	70,08×52,56	71,8×53,7	3,50"
4W-0501	102,5×76,5	106×80	5,00"
4W-0570	116,2×87,4	122×93,9	5,70"
4W-0641	130×98	136×102	6,40"
4W-065W	143,8×79,8	145,6×81,6	6,50"
4W-070A	153,6×86,6	156,2×89,2	7,00"
4W-0800	162,2×121,8	173,8×131,8	8,00"
4W-082W	176,8×99,6	180,8×103,6	8,20"
4W-0840	171,8×129,2	173,8×131,8	8,40"
4W-0891	198,5×117,4	201,5×119,9	8,90"
4W-1010	220,6×129,4	223,6×132,4	10,10"
4W-1020	222×132,5	224,6×135,1	10,20"
4W-104A	213,5×160,7	217×164,9	10,40"
4W-1160	256,4×144,3	259,4×147,3	11,60"
4W-1202	246×184,5	250×188,5	12,00"
4W-1210	249×187	253×191	12,10"
4W-1500	305×229	308,5×235	15,00"
4W-1510	307,1×231,1	311,1×235,1	15,10"

Ponadto, te panele tylko nieznacznie pogarszają widzialność umieszczonego pod nimi wyświetlacza. Zazwyczaj mają też wbudowane kontrolery, co zwalnia konstruktora z konieczności implementacji skomplikowanych procedur obsługi. Są też bardzo odporne na zarysowania czy nakłucia, ponieważ zwykle są wykonane ze szkła hartowanego. Często pojemnościowy panel dotykowy działa nawet po stłuczeniu szkła. Dzięki temu, że do zarejestrowania dotyku nie jest konieczny silny nacisk, a panel nie zawiera uginających się elementów, jego konstrukcja jest bardzo trwała. Wytrzymuje nawet 20 milionów dotknięć, czyli około 20-krotnie więcej niż klasyczne *touch* panele rezystancyjne. Ważnym aspektem jest także odporność na środki chemiczne, dzięki czemu panel pojemnościowy może być z łatwością czyszczony. Dla wymagających aplikacji, takich jak na przykład terminale POS/POI wykonywane są również wandaloodporne wersje paneli.

Tabela 3. Przykładowe wymiary touch paneli rezystancyjnych, 5-przewodowych

Typ panelu	Obszar aktywny [mm]	Obszar wyświetlacza [mm]	Przekątna ekranu LCD [cale]
5W-0800	162,2×121,8	164,2×123,8	8,00"
5W-1040	210×158	216×164	10,40"
5W-1041	211,2×158,4	215,2×162,4	10,40"
5W-1200	246,3×184,8	249,9×188,4	12,00"
5W-1210	249×187	253×191	12,10"
5W-1211	245,5×184	253,5×192	12,10"
5W-1500	304×228	309×233	15,00"
5W-1501	302×225	309×233	15,00"
5W-1510	305×229	309×232	15,10"
5W-1700	335×269	344×276	17,00"
5W-1900	375×300	380×305	19,00"
5W-1910	378×305	382×309	19,10"
5W-2130	431×323	437×329	21,30"
5W-2150	475,7×276,2	479,9×271,4	21,50"
5W-062W	150,5×55,6	154,5×60	6,20"
5W-070W	152,4×91,5	155×94,1	7,00"
5W-121W	262×164	266×168	12,10"
5W-150W	333×188	340×196	15,00"
5W-154W	326,2×202	330,8×207	15,40"
5W-1560	344,6×194	348×197,4	15,60"
5W-170W	367,4×229,7	370,2×232,5	17,00"
5W-185W	410,2×230,8	414,2×234,8	18,50"
5W-190W	410×256	415×261	19,00"
5W-200Y	442,8×249	446,8×253,2	20,00"
5W-201W	434×271,5	440×279	20,10"
5W-215W	475×266,5	479×271,5	21,50"
5W-216W	477,5×268,6	480,6×272,1	21,60"
5W-220W	474×297	478×301	22,00"

REKLAMA



Fotografia 2. Dwie warstwy folii, które po złączeniu ze sobą stanowią hermetyczny matrycowy interfejs dotykowy. Zdjęcie zostało wykonane celowo tak, by widać było nadrukowany atrament. W rzeczywistości jest on słabo widoczny (źródło: materiały firmy Qwerty)

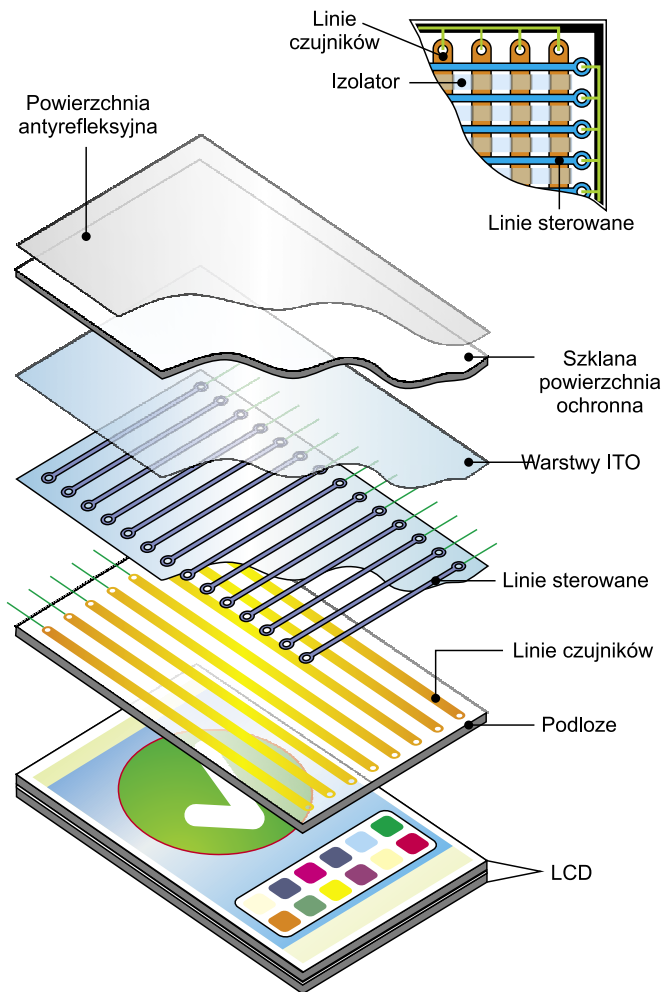
Jednak za podwyższoną trwałość trzeba zapłacić. Panele pojemnościowe są znacznie droższe, niż panele rezystancyjne. Większość popularnych paneli dostępnych na rynku można obsługiwać tylko palcem.

Zależnie od wykorzystywanego sposobu pomiaru zmiany pojemności, panele różnią się pomiędzy sobą możliwościami stosowania w różnych aplikacjach.

Najbardziej rozpowszechnione techniki stosowane do pomiaru zmiany pojemności panelu dotykowego to:

- **Surface capacitance:** panel tego typu jest zbudowany z płyty izolacyjnej, która z jednej strony jest powleczone przezroczystą warstwą przewodzącą. Na obrzeżach tej płyty znajdują się elektrody doprowadzające do niej niewielkie napięcie. Dotknięcie przewodnikiem (np. ludzkim palcem) wywołuje zmianę pola elektrycznego, a tym samym pojemności mierzonej przez kontroler, który może określić położenie dotyku. Panele tego mają ograniczoną rozdzielczość i są narażone na pojemności pasożytnicze występujące na skutek sprzężeń. Oprócz tego, mogą one być wrażliwe na zabrudzenie i wilgoć. Panel działający na zasadzie pomiaru ładunku powierzchniowego wymaga kalibracji.
- **Projected capacitance (PCT):** wszystkie panele PCT są wykonywane jako matryca ścieżek przewodzących ułożona na warstwie szklanej (rysunek 3). Zależnie od budowy panelu, ścieżki te mogą być umieszczone na pojedynczej warstwie lub na dwóch warstwach. Napięcie przyłożone do ścieżek wywołuje pole elektryczne, które może być mierzone. Palec tworzy „połączenie” pomiędzy ścieżkami, które to może być wykryte i odpowiednio zinterpretowane przez kontroler w każdym punkcie przecięcia się. W zależności od sposobu pomiaru pojemności przez kontroler, rozróżnia się dwa rodzaje paneli PCT: *mutual capacitance* oraz *self capacitance*. Pierwsza metoda polega na indywidualnym pomiarze pojemności każdego z kondensatorów tworzonych przez przecinające się ścieżki. Ta metoda charakteryzuje się dużą rozdzielczością oraz możliwością wykrywania wielu dotknięć, dzięki czemu może być używana przy wykonywaniu interfejsów wielodotykowych. W drugiej metodzie, kolumny i wiersze są analizowane naprzemiennie, niezależnie – położenie dotyku jest mierzone indywidualnie dla wierszy i dla kolumn poprzez pomiar prądu. Niestety, w ten sposób nie da się określić położenia kilku jednoczesnych dotknięć, a nawet gorzej – przy jednoczesnym dotknięciu otrzymuje się zafałszowane informacje o współrzędnych dotyku.

W tabeli 4 zamieszczono wymiary popularnych paneli pojemnościowych do urządzeń embedded. Warto zauważyć, że oprócz różnych przekątnych obszaru roboczego LCD, który mogą przykrywać, panele te mają różne grubości – od 3 do 9 mm.



Rysunek 3. Pojemnościowy panel dotykowy montowany na wyświetlaczu LCD, funkcjonujący za pomocą techniki PCT.

Optyczne ekrany dotykowe

Zazwyczaj pod tym pojęciem rozumie się panel zbudowany z leżących naprzeciw siebie rzędów czujników i źródeł światła podczerwonego. W ten sposób powstaje siatka promieni świetlnych i kiedy palec przerwie wiązkę lub wiązkę w danym miejscu, to układ elektroniczny może ustalić współrzędne punktu dotknięcia. Takie panele są jednak mniej precyzyjne od omówionych wcześniej ekranów pojemnościowych lub rezystancyjnych i mają wiele potencjalnych źródeł zakłóceń. Do błędów odczytów mogą doprowadzić interferencje, za-



Fotografia 4. Optyczny ekran dotykowy zastosowany przez firmę HP w komputerze HP 150

Tabela 4. Przykładowe wymiary touch paneli pojemnościowych

Typ panelu	Obszar detekcji [mm]	Obszar wyświetlacza [mm]	Wymiary zewnętrzne [mm]	Przekątna ekranu LCD [cale]
CA-0560N		116×88	133×103,5×3	5,60"
CA-070WN		155×94,1	165,2×105,3×3	7,00"
CA-1040N	206×159	218×168	233×180×3	10,40"
CA-1200N	241×183	251×191	265,5×205×3	12,00"
CA-121WN		263×165	278,5×178×3	12,10"
CA-1500N	291×220	307×232	326,5×253,5×3	15,00"
CA-1561N		348×197,4	363,4×215,4×3	15,60"
CA-1700N	321×258	341×274	360×295×3	17,00"
CA-170WN	351×220,5	371×233,5	384×247,5×3	17,00"
CA-1810N	350×266	370×286	383×297×3	18,10"
CA-1900N	358×291	380×309	402×329×3	19,00"
CA-190WN	393×245	415×261	428×278×3	19,00"
CA-2130N	413×311	438×330	456×349×3	21,30"
CA-220WN	452×282	478×301	493×319,4×3	22,00"
CA-104DN-6	206×159	218×168	233×180×6	10,40"
CA-120DN-6	241×183	251×191	265,5×205×6	12,00"
CA-150DN-6	291×220	307×232	326,5×253,5×6	15,00"
CA-170DN-6	321×258	341×274	360×295×6	17,00"
CA-190DN-6	297×289	380×309	402×329×6	19,00"
CA-190WN-6	393×245	415×261	428×278×6	19,00"
CA-220WN-6	452×282	478×301	493×319,4×6	22,00"
CA-104DN-9	206×159	218×156	233×180×9	10,40"
CA-120DN-9	241×183	251×191	265,5×205×9	12,00"
CA-150DN-9	291×220	307×232	326,5×253,5×9	15,00"
CA-170DN-9	321×258	341×274	360×295×9	17,00"
CA-190DN-9	380×309	380×309	402×329×9	19,00"

brudzenie (np. kurz w otworach czujników) lub niezamierzony ruch dłoni czy innego przedmiotu. Wśród jej zalet należy wymienić łatwość implementacji i wyszukiwania ewentualnych usterek prototypu oraz niezależność od przedmiotu dotykającego – może to być rysiki, palec, cokolwiek, co przerwie wiązkę światła. Dlatego tę technologię stosuje się przede wszystkim w dużych ekranach, stosowanych na przykład na ekspozycjach. Często ppaneli optycznych używa się jako uzupełnienie np. paneli dotykowych w celu aktywowania ich obsługi.

Jako ciekawostkę można podać fakt, że w latach osiemdziesiątych niektóre z firm – producentów sprzętu komputerowego stosowały ten rodzaj panelu w terminalach używanych w punktach obsługi klientów. Na przykład firma HP w komputerze biurowym HP 150 wyprodukowanym w 1983 r. (fotografia 4).

Inną metodą detekcji dotyku, jest określanie współrzędnych dotknięcia za pomocą kamer obserwujących pewien obszar zaintereso-

Tabela 5. Przykładowe wymiary touch paneli z powierzchniową falą akustyczną. Na podstawie materiałów firmy Groovy Technology Corporation (www.gtouch.com.tw).

Typ panelu	Obszar detekcji [mm]	Obszar wyświetlacza [mm]	Wymiary zewnętrzne [mm]	Przekątna ekranu LCD [cale]
GP-120F-SK-GA01A	247×184	431,80×324,61	431,80×324,61×4	12"
GP-150F-SK-GA01A	306×230	431,80×324,61	431,80×324,61×4	15"
GP-150F-SK-GA01SB	306×230	431,80×324,61	431,80×324,61×6	15"
GP-170F-SK-GA01A	340×272	431,80×324,61	431,80×324,61×4	17"
GP-170F-SK-GA01SB	340×272	431,80×324,61	431,80×324,61×6	17"
GP-190F-SK-GA01A	380×302	431,80×324,61	431,80×324,61×4	19"
GP-190F-SK-GA02Z	379×304	431,80×324,61	431,80×324,61×3	1"
GP-213-SK-GA01Z	431,80×324,61	431,80×324,61	431,80×324,61×3	21,3"

Tabela 6. Porównanie własności paneli dotykowych w szkolnej skali 1 (źle) ...6 (celująco). Na podstawie materiałów firmy Nextwindow (www.nextwindow.com).

Własność	Rodzaj panelu				
	Rezystancyjny	Pojemnościowy	Z falą akustyczną	Optyczny – wiązki światła	Optyczny – z kamerami
Przeźroczystość	1	4	6	6	6
Możliwość stosowania z dużymi ekranami	1	1	2	6	6
Odporność na celowe uszkodzenia	1	4	4	4	5
Stabilność parametrów	2	4	4	6	5
Łatwość produkcji	6	4	2	2	6
Łatwość integracji z urządzeniem	2	1	2	4	5
Niezależność od rysika	6	2	2	6	6
Dokładność określania współrzędnych dotyku	4	6	6	6	6
Możliwość detekcji poza obszarem wyświetlania	4	2	1	1	6
Szczelność, odporność na kurz	4	4	1	3	5

wania. Zwykle takie kamery są umieszczane w rogach obsługiwanego ekranu (czy obszaru), ale równie dobrze można je umieścić w innym miejscu. Mikroprocesor analizujący obraz może w ten sposób nie tylko wyznaczać współrzędne dotyku, ale również jego wielkości oraz liczbę punktów. Wydaje się, że ta metoda zyska ogromną popularność zwłaszcza w świecie komputerów osobistych.

Panele akustyczne

Zasada działania takich paneli opiera się o pomiar zaburzeń fali akustycznej. W rogach panelu akustycznego są umieszczone przetworniki, które przesyłają przez szkło fale ultradźwiękowe. Po bokach takiego panelu dodatkowo znajdują się reflektory i w szkle powstaje wzorec fali dźwiękowej. Kiedy palec lub rysik dotyka powierzchni, powstaje zaburzenie, które powoduje zmianę tego wzorca. Wadą tej techniki jest wysoka cena przetworników oraz komponentów współpracujących, dlatego ta technika detekcji dotyku jest droższa od pozostałych. Z tego powodu stosuje się ją raczej rzadko i niemal wyłącznie w systemach kasowych lub automatach informacyjnych. Dane zamieszczone w tabeli 5 pozwolą na zorientowanie się w wielkościach dostępnych paneli.

Podsumowanie

Przeglądając materiały dostępne na stronach internetowych producentów i dystrybutorów łatwo zauważyć ogromną liczbę oferowanych paneli dotykowych. Ogromna oferta świadczy o popularności tego rodzaju interfejsu. Bez wątpienia najbliższe lata przyniosą dalszy rozwój tej technologii. Wielu producentów już przygotowuje się do wytwarzania monitorów komputerowych z ekranem dotykowym o bardzo dużej przekątnej. Takie ekrany będą pełniły rolę stołów multimedialnych i wówczas obrazki podobne do tych oglądanych na filmach Sci-Fi na stałe zagospodzą w naszych domach. Śniadanie na e-wydaniu Elektroniki Praktycznej? A dlaczego by nie?

Jacek Bogusz, EP