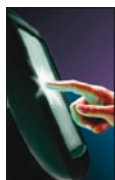


# Principy dotykových panelů a jejich využití v automatizaci

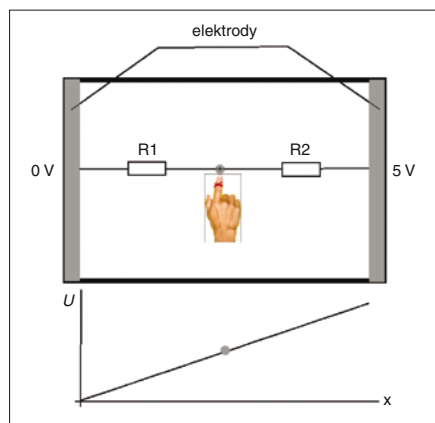
Ing. Martin Novák Ph.D.,  
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,  
 ústav přístrojové a řídicí techniky



Cílem článku je seznámit čtenáře se základními a nejrozšířenějšími principy dotykových panelů (v anglické literatuře touch screen) a dále ukázat příklad konkrétní aplikace, která využívá tohoto zařízení ke zvýšení uživatelského komfortu.

## 1. Úvod

Ve vývoji průmyslových aplikací je možné sledovat několik trendů. Jeden z nich je rozšiřování počtu nabízených funkcí, další trend je ve snaze zjednodušit obsluhu aplikace. Jedním z možných způsobů řešení, které splňuje oba tyto požadavky, tj. integraci většího počtu funkcí a zároveň jednodušší ovládní, je vybavení aplikace dotykovou obrazovkou. Na ní se nacházejí veškerá menu pro nastavení, je zob-



Obr. 1. Princip rezistivní dotykové obrazovky

razován aktuální stav, informace o procesu atd. Uživatel pak jednoduchým stiskem dotykové obrazovky vybírá z předem připravené nabídky funkcí, které chce využívat a zobrazovat.

Principů, které lze využít pro realizaci dotykového panelu, je celá řada:

- rezistivní (4-, 5-, 8drátové),
- kapacitní,
- infračervené,
- SAW (Surface Acoustic Wave – s povrchovou akustickou vlnou),
- ostatní principy.

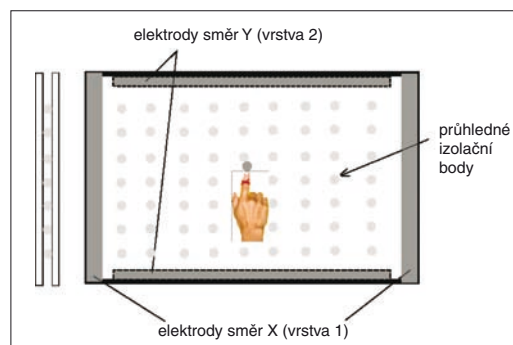
## 2. Rezistivní (odporové) dotykové panely

Jedním z nejčastěji používaných principů dotykových obrazovek (v anglicky psané literatuře touch panel, touch screen) je princip

rezistivní. Tento princip je podle údajů výrobců využíván asi v 75 procentech aplikací s dotykovými panely.

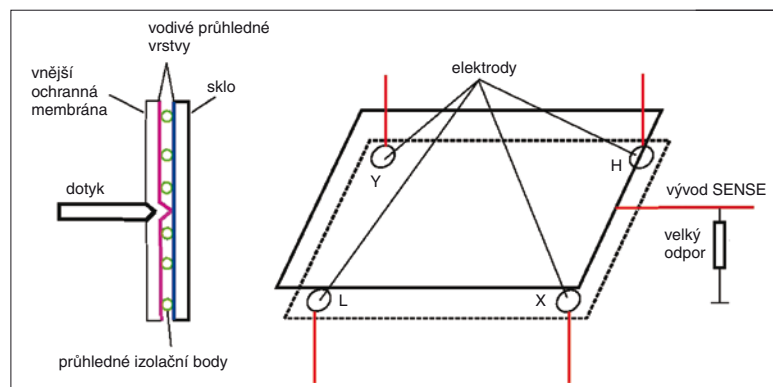
### 4vodičový rezistivní panel

Panel se skládá z několika vrstev. Dvě vrstvy panelu jsou potaženy průhlednou vodivou fólií. Uspořádání jedné vrstvy ukazuje



Obr. 2. Celkové uspořádání 4vodičové rezistivní dotykové obrazovky

obr. 1. Na stranách fólie jsou naneseny dvě elektrody. Mezi elektrody je připojeno napětí známé velikosti, např. 5 V. V místě dotyku dojde k rozdělení napětí v poměru odporů  $R_1$ ,  $R_2$ . V případě, že následující vyhodnocovací obvody mají velký vstupní odpor, je závislost výstupního napětí takto vytvořeného odporového děliče lineárně závislá na poloze.



Obr. 3. Celkové uspořádání 5vodičové rezistivní dotykové obrazovky

Pro měření polohy dotyku ve směru X a Y jsou potřebné dvě takto uspořádané průhledné fólie, otočené vzájemně o 90°. Fólie jsou vzájemně izolovány průhlednými body, které zabraňují jejich náhodnému dotyku. Uspořádání viz obr. 2. Při měření polohy dotyku je nejprve nutné připojit napětí na elektrody v první vrstvě. Při dotyku dojde ke styku dvou dosud vzájemně izolovaných fólií a na elektrodách druhé fólie se objeví napětí, jehož velikost je úměrná souřadnici místa dotyku. Pro měření druhé souřadnice se napětí připojí na druhou fólii a měří se na elektrodách fólie první.

Popsaný dotykový panel se nazývá 4vodičový, podle počtu vyvedených elektrod. Patří mezi jedny z nejčastěji používaných typů dotykových panelů. Mezi výhody patří zejména nízká cena, vysoká spolehlivost, možnost ovládní panelu v rukavicích, odolnost proti chemickým vlivům atd.

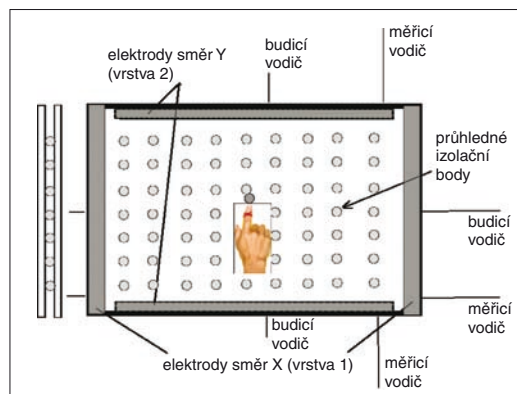
### 5vodičový rezistivní panel

Nevýhodou 4vodičového panelu je menší životnost, způsobená citlivostí na poškrábání povrchu. Tuto nevýhodu odstraňuje 5vodičové uspořádání. Výrobci udávají životnost 5vodičových panelů je až desetkrát větší než u panelů 4vodičových. Struktura panelu je velice podobná panelu 4vodičovému.

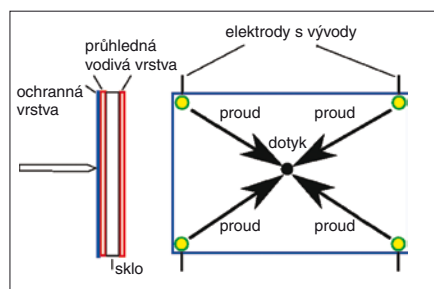
Na čtyři elektrody označené Y, L, H, X je přivedeno napětí 5 V. Vývod SENSE je uzemněný přes relativně velký odpor. V případě, že panel není stisknutý, je na vývodu SENSE nulové napětí. V případě dotyku dojde ke kontaktu dosud oddělených průhledných vodivých vrstev. Na vývodu SENSE se objeví napětí a začíná měření polohy dotyku. Vyhodnocovací obvod přivede napětí na

elektrody H, X a elektrody Y, L uzemní. Napětí na vývodu SENSE je tak úměrné poloze dotyku ve vodorovném směru. Pro změření polohy vyhodnocovací obvod přivede napětí na elektrody Y, H a uzemní elektrody L, X. Napětí na vývodu SENSE je tak úměrné poloze dotyku ve svislém směru.

Tento typ panelu se vyznačuje vysokou životností, možností ovládní v rukavicích,



Obr. 4. Celkové uspořádání 8vodičové rezistivní dotykové obrazovky



Obr. 5. Celkové uspořádání kapacitní dotykové obrazovky

odolností proti působení nečistot a kapalin, vysokou přesností a citlivostí.

### 8vodičový rezistivní panel

Konstrukce 8vodičového dotykového panelu vychází z panelu 4vodičového a k jeho 4 elektrodám se vývody přidávají ještě 4 vodiče, určené pro měření. Čtyři vodiče jsou tak určeny pro buzení panelu a čtyři pro měření. Tím je možné při kalibraci panelu eliminovat chyby měření vzniklé úbytky napětí v panelu, vodičích a vyhodnocovacích obvodech panelu. Princip panelu ukazuje obr. 4.

### 3. Kapacitní dotykový panel

Kapacitní dotykový panel je složen ze dvou průhledných vodivých vrstev nanesených na sklo. Tyto dvě vrstvy tvoří kondenzátor s definovanou kapacitou. Na jedné vrstvě jsou v rozích vytvořeny celkem čtyři elektrody, v každém rohu jedna. Vnější elektroda je z důvodů ochrany před poškozením překryta ještě další ochrannou vrstvou. Na elektrody je přivedeno malé napětí. V klidu je odběr proudu z elektrod velmi malý. Při dotyku (nebo dostatečnému přiblížení) dojde ke vzniku parazitní kapacity mezi vrchní průhlednou elektrodou a předmětem (uživatelem). Tím se zvětší odběr proudu z elektrod, který je vyhodnocován. Velikost proudu odebraného z jednotlivých elektrod je přitom úměrná jejich vzdálenosti od místa dotyku. Nevýhodou tohoto typu panelu je to, že předmět musí být alespoň částečně vodivý, protože jím prochází proud. Tento typ panelu není tedy vhodný pro ovládní v rukavi-

cích. Výhodou je naopak velká odolnost a necitlivost na vnější vlivy, jako např. kapaliny, vlhkost atd.

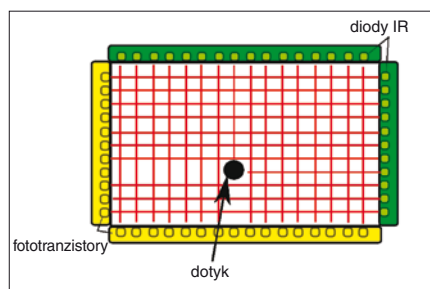
### 4. Infračervený panel

Infračervený panel funguje díky dvojici dioda IR – fototranzistor. Dioda IR vysílá paprsek infračerveného světla (záření) směrem na fototranzistor. V případě dotyku panelu dojde k přerušení tohoto paprsku a k detekci dotyku.

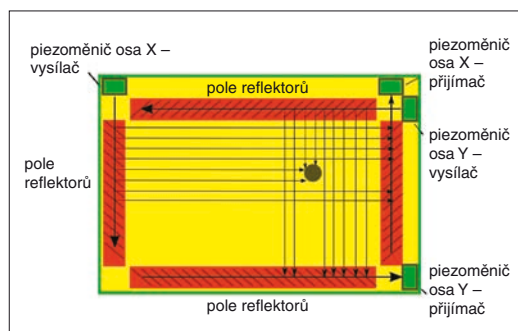
Výhodou tohoto typu panelu je vysoká průhlednost, protože obraz není překryt žádnou další vrstvou, jako je tomu u ostatních typů panelů. Nevýhodou je naopak menší přesnost panelu a zejména nemožnost detekovat malé předměty. Z těchto důvodů tento typ panelu nenajdeme u aplikací, které vyžadují ovládní pomocí dotykového pera (stylus), ale spíše u aplikací, kde je vyžadováno ovládní pouze větších prvků na obrazovce.

### 5. Panel s povrchovou akustickou vlnou (SAW)

Panel s povrchovou akustickou vlnou (SAW – Surface Acoustic Wave) je složen ze čtyř piezoelektrických měničů. Dva jsou určeny pro vysílání a dva pro přijímání signálu. Elektrický signál přivedený na vysílací měniče je přeměněn na ultrazvukový signál s frekvencí přibližně 5 MHz. Signál se šíří polem reflektorů, které část signálu propustí a část odrazí do kolmého směru. Na druhé straně panelu je opět pole reflektorů a přijímací piezoměnič. Signál se v poli reflektorů soustředí do jednoho směru, dopadne na tento přijímací piezoměnič a ten jej přemění zpět na signál elektrický. Poloha dotyku je získána porovnáním referenčního změřeného signálu získaného při kalibraci bez dotyku a aktuálního změřeného signálu v době dotyku. Principiálně se jedná o měření doby šíření signálu.



Obr. 6. Celkové uspořádání IR dotykové obrazovky



Obr. 7. Celkové uspořádání dotykové obrazovky s povrchovou akustickou vlnou

### 6. Ukázková aplikace – univerzální regulátor

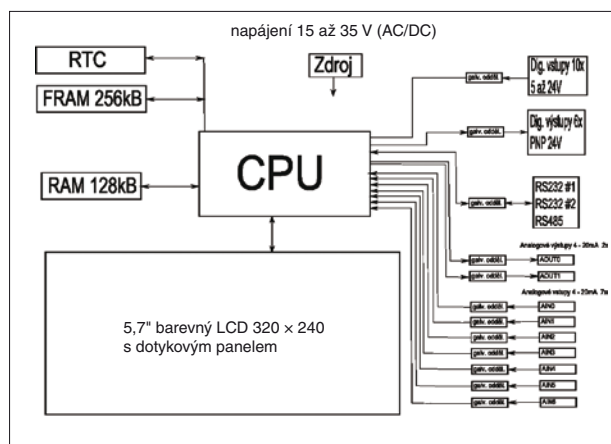
Jako ukázková aplikace, ve které je využit jeden z typů popsaného dotykového panelu, byl zvolen univerzální regulátor. Vzhledem k snadné

Výhody a nevýhody popsaných principů dotykových panelů

Typ panelu	Výhody	Nevýhody
rezistivní 4vodičový	nízká cena, rozlišení malých detailů, možnost zjištění síly dotyku	menší průhlednost, menší odolnost proti poškrábání a chemikáliím
rezistivní 5vodičový	větší odolnost proti poškrábání a chemikáliím	vyšší cena, složitější vyhodnocovací obvod
rezistivní 8vodičový	přesnější než 4vodičový	vyšší cena, složitější vyhodnocovací obvod
kapacitní	lepší průhlednost než rezistivní panel, odolnost proti vnějším vlivům	není vhodné pro ovládní v rukavicích, složitější vyhodnocovací obvod
infračervený	výborná průhlednost, dobrá trvanlivost	vyšší cena, problematické rozlišení malých detailů
SAW (povrchová akustická vlna)	dobrá průhlednost, dobrá trvanlivost, rozlišení malých detailů, odolnost proti poškození	vyšší cena, složitější vyhodnocovací elektronika

dostupnosti, nízké ceně a jednoduchosti přímého připojení panelu k řídicímu procesoru regulátoru byl zvolen 4vodičový rezistivní panel. Menší průhlednost panelu ve srovnání s některými jinými popsanými typy není u této aplikace na závadu.

Univerzální regulátor s tímto typem panelu je v současné době vyvíjen v ústavu při-



Obr. 8. Blokové schéma regulátoru MReg

strojové a řídicí techniky Fakulty strojní ČVUT v Praze. Nasazení regulátoru je uvažováno pro řízení technologie výroby piva v malých soukromých pivovarech. Nicméně regulátor je koncipován jako zcela univerzální jednotka se standardizovanými rozsahy vstupů a výstupů, a je možné ho tedy nasadit do libovolné jiné technologie.

Jako zobrazovací jednotka regulátoru je použit barevný grafický LCD s rozměrem 5,7", rozlišením 320 x 240 bodů a dotykovou obrazovkou. Blokové schéma regulátoru je na obr. 8.

Řídicí procesor regulátoru je 8bitový procesor Silabs C8051F120. Taktovací frekvence je 100 MHz, procesor obsahuje 8 vstupně/výstupních 8bitových portů, osmikanálový 12bitový 100 ksp/s<sup>\*)</sup> AD převodník, dvoukanálový 12bitový DA převodník a další periferie.

Napájecí část regulátoru je spínaná a umožňuje běh regulátoru s napájecím napětím v širokém rozsahu 15 až 35 V. Napájení je možné jak střídavé, tak i stejnosměrné, přičemž nezáleží na polaritě na vstupních svorkách.

Regulátor obsahuje nezálohovanou paměť RAM s kapacitou 128 kB. Paměť RAM je využita jako grafická paměť dotykové obrazovky a pro uložení veličin regulátoru, kte-

ré nevyžadují zálohování hodnot v případě výpadku napájecího napětí. Pro zálohované veličiny je určena paměť FRAM s kapacitou 256 kB. V paměti FRAM je také uložen záznam o průběhu regulace. Jsou ukládány hodnoty všech digitálních vstupů/výstupů a analogových vstupů/výstupů regulátoru společně s datem a časem záznamu. Záznam je možné přenést po sériové lince do PC k dalšímu vyhodnocení. Při době mezi záznamy 15 sekund (běžná doba mezi záznamy v oblasti potravinářství) vystačí kapacita paměti FRAM na dobu přibližně 68 hodin.

Digitální vstupy jsou galvanicky oddělené od ostatních částí zařízení. Každý digitální vstup má vlastní indikační diodu, která udává, jaká logická úroveň je na něj připojena. Vstupy vyhodnocují jako úroveň log. 1 napětí větší než 5 V, standardně jsou navrženy na

rá udává, jaká logická úroveň je na něj připojena. Výstupy jsou zapojeny jako výstupy typu PNP, tj. při log. 1 na výstupu regulátoru se na svorce objeví kladné výstupní napětí. Standardně je uvažováno napětí 24 V, které je přivedeno na samostatnou svorku vstupů. Je tedy možné použít i jiné výstupní napětí. Výstupy jsou chráněny proti přepětí, přepólování a nadproudu. Výstupní ochrana se aktivuje při proudu větším než 400 mA.

Regulátor dále obsahuje 2 sériové linky RS-232 a jednu sériovou linku RS-485. Linky jsou galvanicky odděleny od ostatních částí.

Seďm analogových vstupů regulátoru je navrženo pro standardizovaný rozsah 4 až 20 mA. Všechny analogové vstupy jsou galvanicky odděleny od jádra regulátoru a navzájem od sebe. Dva analogové výstupy regulátoru jsou navrženy pro standardizovaný rozsah 4 až 20 mA. Všechny analogové výstupy jsou galvanicky odděleny od jádra regulátoru a navzájem od sebe.

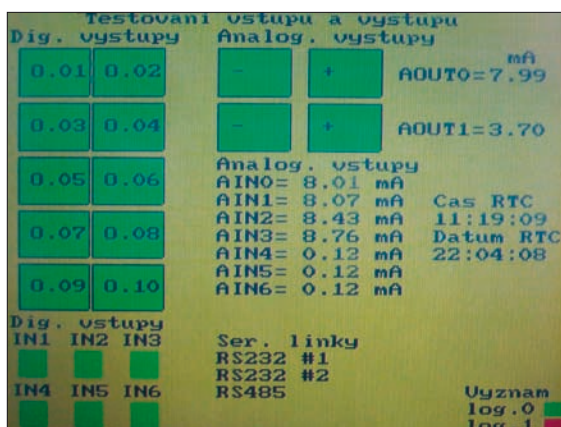
## 7. Závěr

Popsaný univerzální regulátor MReg je určený pro jednodušší aplikace, jako je např. řízení technologie v malých soukromých pivovarech. Tomu odpovídá i jeho koncepce s menším počtem vstupů/výstupů. Přesto poskytuje velký uživatelský komfort díky grafickému vyjádření informací na barevné obrazovce a dotykovému ovládání. Cílem vývoje tohoto regulátoru není vytvářet profesionální průmyslový regulátor. Ty nabízejí mnohem větší možnosti nastavení a pro uživatele dávají k dispozici komfortní prostředky pro tvorbu uživatelských obrazovek a vizualizaci procesu. Regulátor je vyvíjen jako jednodušší alternativa pro řízení s podstatně nižšími náklady na pořízení regulátoru.

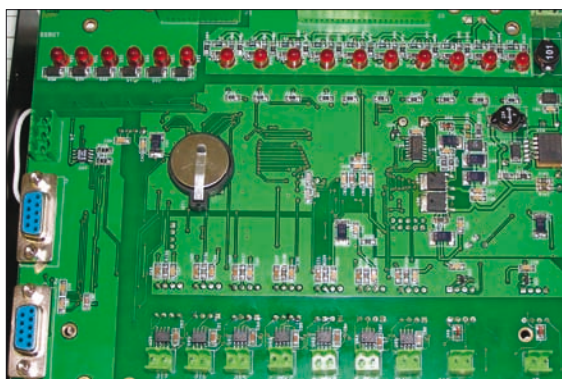
V současné době probíhá příprava na nasazení regulátoru v provozu a příprava nové verze regulátoru, která bude disponovat dalšími rozšířeními, jako je např. přístup do regulátoru přes síť Ethernet apod.

## Literatura:

- [1] LEE, J.: *Resistive Touch Screen for Sunlight Readability*. Dostupné na <http://www.insyncperipherals.com>, stav z 9. 9. 2008.
- [2] *How an Analog Resistive Touch Screen Works*. Hampshire Company, Inc., Application note AN103, dostupné na <http://www.hampshire-touch.com>, stav z 29. 4. 2008.
- [3] *4-Wire and 8-Wire Resistive Touch-Screen Controller Using the MSP430*. Texas Instruments Application Note SLAA384, dostupné na <http://focus.ti.com>, stav z 9. 9. 2008.
- [4] *Introduction of 5Wire Resistive Touch Screen*. ATouch Technologies Co. Ltd., dostupné na <http://www.a-touch.com.tw/product-5w.htm>, stav z 9. 9. 2008.
- [5] *The Working Principle of Capacitive Touchscreen*. OneTouch Technologies Co. Ltd., dostupné na <http://www.one-touch.net>, stav z 10. 9. 2008.



Obr. 9. Ukázka testovací obrazovky regulátoru



Obr. 10. Ukázka vnitřního uspořádání prototypu regulátoru

vstupní napětí 24 V. Vstupy jsou chráněny proti přepětí a proti přepólování.

Digitální výstupy jsou galvanicky oddělené od ostatních částí zařízení. Každý digitální výstup má vlastní indikační diodu, kte-

<sup>\*)</sup>Pozn. redakce: ksp/s = kilosamples per second – rychlost převodníku