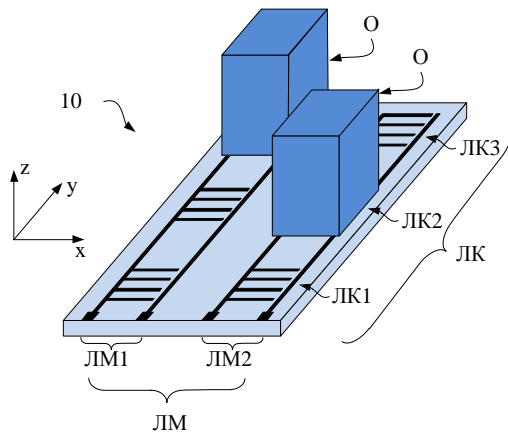


Сажетак

Полица (10) обухвата: две или више линија места (ЛМ) за поставку објеката (О) на којима се налазе локације (ЛК). Овај систем полица се нпр. може користити у малопродајним објектима. Број производа на полици (N) у односу на пуну полицу (N_{max}) може се пратити у реалном времену. Овим производом успешно се избегава проблем празних полица.



Слика 1

Увод-опис проблема, стање технике

Презентована иновација односи се на надзор присуства објеката (броја производа) ускладиштених на полици.

Проблем „празне полице“ (eng. *out-of-shelf*) један је од честих појава у сектору малопродаје који води до губитка продаје и смањења поверења купаца. Појам *out-of-shelf* (OOS) користи се у ситуацији када купац током куповине не може наћи производ (или довољан број производа) које жели да купи, на полици у супермаркету. Могуће је да производ постоји у складишту али није изнет у довољној количини на полицу. Разлози постојања OOS су проблеми у наручивању производа и допуњавању полица. Људски надзор у овом случају је спор, скуп и подложан грешкама. Због тога постоји велика потреба за развијањем комплетног интелигентног система који може да детектује OOS и да пружи све информације о стању и статусу производа на рафу у супермаркету.

Проблем празне полице или недовољно попуњене полице често изазива новчане губитке продавцу и губљење поверења купца. Систем

полица са надзором може бити подешен да прати попуњеност полице и да предупреди стварање проблема празне полице.

Досадашња решења овог проблема користила су:

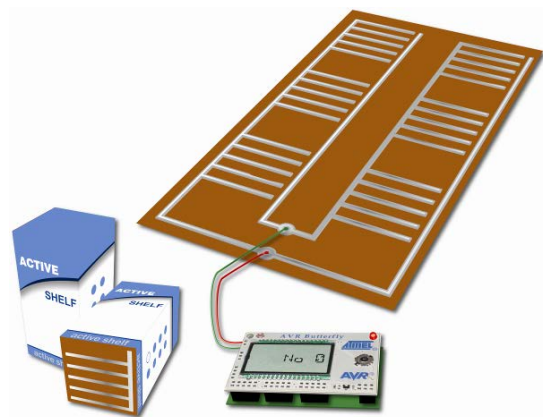
- претвараче са сензорима тежине,
- систем камера са препознавањем облика,
- систем са светлосним диодама и фотодетекторима
- *RFID* тагове (налепнице)

који су надзирали стање (попуњеност) полице.

Кратак опис решења

Степен иновативности пројекта је велики јер предвиђа реализацију комплетно новог сензорског интелигентног система за надзор броја производа на рафу у маркету. Такво решење тренутно не постоји у супермаркетима у нашој земљи и региону.

Основна идеја за детекцију броја производа на рафу заснива се на промени капацитивности интердигиталног кондензатора (ИДК) коме је један сет електрода („прстију“) постављен на тест платформи, а други на кутији (амбалажи самог производа), као што је илустровано на слици 2.



Слика 2

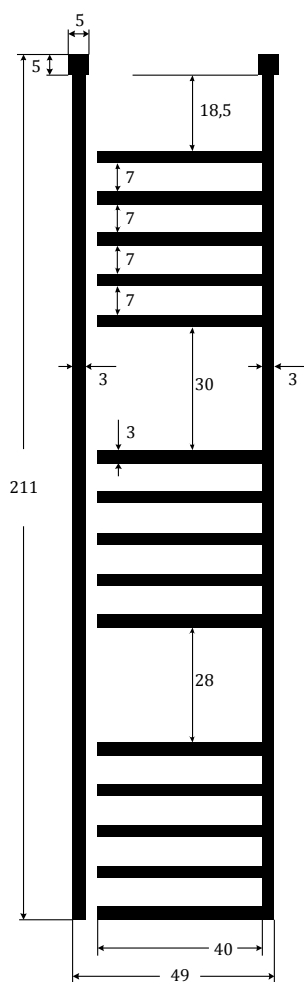
Када се производ постави на платформу (полицу), формира се чешљасти кондензатор. Пошто су кондензатори повезани у паралелу додавањем новог производа на полицу, повећава се укупна капацитивност. Обрнуто, када се неки производ уклони са полице еквивалентна капацитивност структуре ИДК-а се смањује. На основу опсега капацитивности управљачки софтвер у микроконтролеру приказује на дисплеју – тачан број производа који се тренутно налази на рафу у маркету. У првој фази планирано је да се користи комерцијално сребрно мастило (инк) за штампање инк-цет методом. У следећој фази планирано је да штампање на амбалажи буде помоћу бакра који је нешто економски исплативији. Предложена структура ИДК-а може се лако прилагодити (скалирати) кутијама разних величина и димензија у зависности од типа производа (на пример, козметичка индустрија, медицина итд.).

Постоји велики потенцијал за јефтину производњу електронских компоненти и кола на флексибилним подлогама захваљујући томе што су базирани на адитивним процесима за разлику од силицијумске технологије која је базирана на наношењу слојева па уклањању вишка материјала, итд. Захваљујући чињеници да се електронске компоненте и кола (укључујући и сензоре) могу штампати на пластичној фолији, оне могу имати нове карактеристике као што су транспарентност, могућност савијања, лакоћа, могућност производње на великим ролнама а то значи на великим површинама (већим него што је силицијумски вејфер).

Детаљан опис решења

Дизајн сензора.

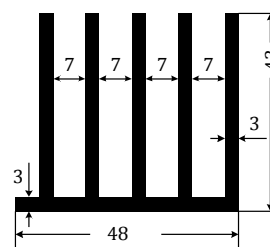
Основна идеја рада сензора заснива се на промени капацитивности интердигиталног кондензатора (ИДК). Један сет електрода кондензатора („прстију“) постављен је на полицу а други на саму кутију (производ). Када се производ постави на полицу капацитивност сензора се повећава, и обрнуто, када се производ скине са полице капацитивност сензора се смањује. Дизајн и димензије (у милиметрима) једног реда електрода (електроде са полице, има их три) приказане су на слици 3, док је електрода са кутије приказана на слици 4.



Слика 3

При одабиру димензија водили смо се димензијама стандардне фармацеутске кутије за дечије сирупе, чије су димензије око 5.0 mm × 5.5 mm. Прорачун за ИДК димензија датих на

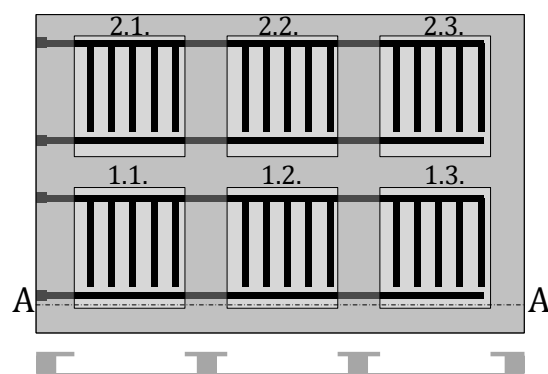
сликама 3 и 4 даје резултат да капацитивност једног кондензатора у редној вези износи 4.8 pF.



Слика 4

Проводне електроде коришћене структуре интердигиталног кондензатора штампане су штампачем Dimatix® DMP-3000 (по систему кетрица са пиезо, инк-џет системом штампања). Као проводни слој коришћено је комерцијално сребрно мастило за инк-џет штампу (са концентрацијом сребра од 20 %). Подлога на којој је штампано је на Картон филм дебљине 50 μm. Фреквенција при штампању на DMP-3000 подешена је на 4 kHz а напон на бризгалици је амплитуде 28 V, док је резолуција, размак између капљица 25 μm. После штампања структура се суши у пећници на 200 °C током 45 минута. Слика 1 представља проводни инк-џетом одштампани сегмент интердигиталног кондензатора на савитљивој Картон филм подлози. Картон филм је одабран као подлога због своје механичке флексибилности, отпорности на хемијска дејства и термичке стабилности.

Као што се види на слици 1, други део структуре интердигиталног кондензатора постављен је на кутију (производ). Кутије се постављају у лежишта од 5 mm × 5.5 mm на полицу на коју је залепљен Картон филм са одштампаним другим сетом електрода.



Слика 5



Слика 6

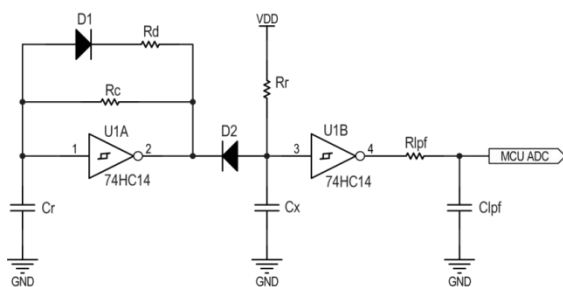
Слика 7 приказује позиције електрода у ситуацији у којој су три кутије постављене у ред на полицама. Ширинна свих проводних линија је 3 mm. Разлика између свих проводних „прстију“ у сету је 7 mm. Када су оба сета електрода интердигиталног кондензатора у идеалном положају, као што приказује слика 5., размак између сета од 10 усправних линија је 2 mm, а величина процепа је 3 mm.

Дизајн полице.

Структура интердигиталног кондензатора штампана инк-џет штампом фиксирана је за плексиглас x -у димензија of 15 cm \times 30 cm (10). Слика 6 приказује изглед полице гледано од горе (горње) и попречни пресек AA' (доле). На истој слици виде се и позиције лежишта (1.1., 1.2., 1.3., 2.1., 2.2., и 2.3.). Захваљујући флексибилности Картон подлоге (на којој су штампане структуре интердигиталног кондензатора), ово решење може лако бити модификовано за полице било којих димензија. Пошто се ови сензори могу штампати и *roll-to-roll* штампарском техником димензије полице су скоро неограничене.

Опис електронског дела система.

Постоји неколико генералних принципа за мерење капацитивности интердигиталних кондензатора у сензорским применама. Овде је за мерење коришћен једноставан конвертер који претвара капацитивност у напон. Варијације овог кола се у литератури могу наћи под именом Мичелових кола (*Mitchell*). Слика 7 приказује три главна блока овог кола.



Слика 7

Примењено коло се може описати као комбинација осцилаторног кола и кола за мерење времена пуњења. Први део кола се користи за генерисање подесног интервала пуњења/пражњења помоћу релаксационог осцилаторног кола са Шмитовим (Schmitt) инвертором. Прагови Шмитовог инвертора су фиксирани тако да је улога циклуса импулсно-ширинске модулације (*енг. PWM - pulse-width modulation*) на излазу одређена повратном спрегом отпорника R_c и R_d . Диода на излазу релаксационог осцилатора омогућује непознатој, капацитивности структуре интердигиталног кондензатора (C_x), да се напуни током високог стања на излазу релаксационог осцилатора (док је диода D_2 обрнуто поларисана). Аналогно, током ниског стања на излазу релаксационог осцилатора (док је диода D_2 директно поларисана) омогућено је пражњење кондензатора C_x . Стварне вредности кондензатора C_r и отпорника R_r , који се користе за одређивање опсега мерених компоненти, зависе од жељеног опсега. Очигледна ограниченост у избору вредности за C_r и R_r је та што интервал пуњења кондензатора C_x кроз отпорник R_r треба да буде мањи од интервала пуњења кондензатора C_r кроз отпорник R_c . Тим условом је омогућено потпуно пуњење кондензатора C_x .

Други део кола производи сигнал *PWM* на излазу другог Шмитовог инвертора са просечним напонем пропорционалним непознатој капацитивности структуре интердигиталног кондензатора. На крају, пасивни нископропусни филтер првог реда убачен је пре конекције на микронтролеров порт аналогно/дигиталног конвертера (*ADC*).

Као део система за мерење и аквизицију података, прорачун и приказ коришћен је Атмелов (*Atmel*[®]) *AVR Butterfly microcontroller development kit*. *AVR Butterfly* плоча је опремљена са довољно брзим Атмеловим *ATmega169* 8 - битним микроконтролером ниске снаге као делом главног система, *LCD*-ом, једним *ADC* са једно-каналним улазним портom, два порта за везе микроконтролера, једна командна палица (*joystick*), пиезоелемент, итд.

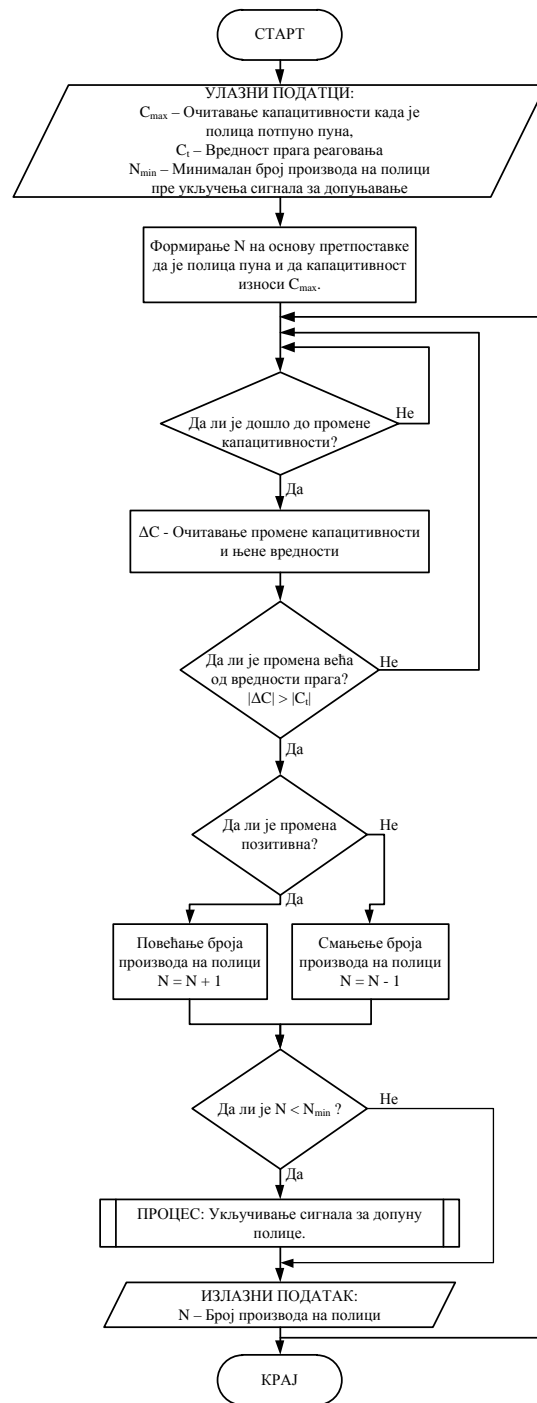
Плоча долази са препрограмираним бутлодер фирмвером што дозвољава веома лако репрограмирање микроконтролера помоћу његовог *UART*-а. Програми за мерење, прикупљање, обраду и приказ података написани су у *C* програмском језику. Основна

улога програма је прикупљање података при мерењу помоћу ножице микроконтролера *ADCI (MCU PortF1)* и приказивење прикупљених података. Прагови Шмитовог микроконтролера налазе се у линеарном делу карактеристике пуњења /пражњења кондензатора, између једне трећине и две трећине напона напајања.

Опис функционалности.

На дијаграму који се приказан на слици 8 објашњен је ток података. При укључењу уређаја долази до иницијализације. Усваја се вредност за C_{max} (вредност која се у том тренутку измери на полици), C_t (је вредност која је препрограмирана и која приближно одговара капацитивности једног кондензатора), N_{min} (број производа који је прихватљив на полици, после којег се активира сигнач за допуну полице). Сматра се да је полица потпуно пуна, односно да је број производа на полици у том тренутку N_{max} и он је једнак тренутаном броју производа N .

Чека се догађај промене капацитивности. Када се он деси, промена капацитивности (ΔC) упоређује се са препрограмираном вредношћу прага реаговања C_t . Уколико је промена мања од вредности прага сматра се да није изазвана узимањем или врећањем производа на полицу већ је последица хазарда и не узима се у обзир. Супротно томе, ако је промена већа од префенисане вредности прага улази се у следеће разматрање. То питање је да ли је промена позитивна или негативна, односно да ли је на полицу додат производ или је узет са ње. Ако је промена позитивна производ је додат на полицу и број производа се повећава за један ($N = N + 1$). У случају да је промена негативна производ је узет са полице и број производа се смањује за један ($N = N - 1$). Када је утврђен тренутни број производа на полици остала је још само провера: Да ли је тај број производа прихватљив или треба укључити сигнал за допуну полице? Уколико је тај број производа прихватљив циклус се завршава, приказује се нови број производа и чека се следећа промена капацитивности. У случају да је број производа мањи од жељеног, укључује се процедура за давање сигнала за допуну полице, приказује се нови број производа и чека се следећа промена капацитивности.



Слика 8

Процедура за сигнализацију за допуну полице обухвата звучну и светлосну индикацију. Она се лако може изменити, да по жељи (наручиоца или корисника полице) даје сигнал *SMS* поруком, *e-mail*-ом или буде уврштена у постојећи програм контроле набавке.

Примена проналаска.

Општи циљ предложеног система је решавање проблема недостатка производа на рафу (полици) у маркетима. На тај начин би се обезбедио важан параметар који пружа задовољење потреба и сигурности купаца. Дакле, циљ би био развијање сложеног мултисензорског интелигентног система за праћење броја производа на рафу (полици) у продавницама односно супермаркетима. Тај систем би у великој мери заменио ангажовање људских ресурса на овим задацима, што захтева утрошак времена, енергије, и подложно је грешкама.

Друга врста могуће примене овог уређаја односи се на детектор против крађе или не дозвољеног узимања за производе који стоје у стакленој витрини и не могу се узимати без присуства продавца. У случају да продавац није приметио да је неко од купаца узео производ полица би се огласила звучним и/или светлосним сигналом.