

## СЕНСОРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЛІФТОВІЙ ІНДУСТРІЇ

В роботі представлено новий підхід у ліфтобудуванні – розробку та впровадження сенсорних технологій керування ліфтовими механізмами. На відміну від традиційних систем керування, сенсори не підвержені механічним зносам і старінню, мають набагато більший ресурс, досить дешеві та технологічні, дозволяють здійснювати безконтактне керування, мають можливість нарощування та інтеграції у складні аналогові або цифрові структури керування, відкривають нескінченний простір для дизайнерських рішень.

Ключові слова: ліфт, сенсор, ємність, панель виклику, панель наказів.

V. I. STETSYUK, O. P. VOYTUK  
Khmelnytsky National University

### SENSOR TECHNOLOGIES IN LIFT INDUSTRY

The paper presents a new approach to building up the elevator - the development and implementation of sensor technology lift control mechanisms. Unlike traditional control systems, sensors have no mechanical wear and aging, have far more resources are rather cheap and Technological allow contactless control, are able to build and integration of complex analog or digital structure of management, open endless simple to design solutions

Keywords: elevator sensor capacitance call panel, the panel orders.

#### Вступ

Система керування ліфтом залежить від типу ліфта, його призначення, системи електроприводу і деяких інших чинників. Традиційно огани керування ліфтовими механізмами виготовляються у вигляді тактильних механічних (електро-механічних) кнопок. Однак механічна комутація, як би якісно не була реалізована, має ряд недоліків, основним із яких є механічне зношення рухомих частин та відповідно обмежений ресурс роботи. Впровадження сенсорних технологій керування ліфтовими механізмами дозволяє позбутися вказаного недоліку та забезпечує цілий ряд переваг: невелику вартість (окремі інтегральні сенсори коштують 3-5 грн.), технологічність (можливість виготовляти їх великими партіями за технологіями друкованого монтажу зі 100% повторюваністю), безконтактне керування через різноманітні ізоляційні матеріали товщиною до 1-2 см (пластик, скло, дерево, кераміка, тощо), можливість герметизації, багатоканальність, можливість інтеграції у складні аналогові або цифрові структури керування. Крім того, відкривається широкий простір для найрізноманітніших дизайнерських рішень, так як зовнішню захисну поверхню сенсора можна структурувати, фарбувати наносити логотипи, формувати різноманітні піктограми та інш. Привабливість використання для ліфтової індустрії полягає також у антивандальності та розширенні функціональних можливостей систем керування.

#### Основна частина

Сенсорне керування можна реалізувати різноманітними способами, але найбільш дешевим та практичним є використання спеціалізованих інтегральних мікросхем. Сучасною помисловістю випускається широка номенклатура подібних пристроїв: одноканальних (AT42QT1010, TTP223), 4-канальних (TTP224), 7-канальних (AT42QT1070), 8-канальних (TTP226), 10-канальних (QT1103) 16-канальних (TTP229), тощо. Наприклад, TTP223-BA6 являється одноканальним ємнісним сенсором із наднизьким рівнем споживання енергії (1,5-3 мкА), який може працювати в різноманітних режимах (рис. 1, табл. 1):

- статичний – ввімкнення (активація) сенсора відбувається при торканні, а вимкнення при відпусканні; даний варіант є аналогом механічної кнопки без фіксації, однак тривалість активації сенсора обмежена 16 секундами, після чого кнопка автоматично переходить у вимкнений стан;

- тригерний – міна вихідного сигналу відбувається при кожному торканні сенсора, аналогічно механічній кнопці з фіксацією; при відключенні напруги живлення й повторному включенні кнопка переходить у режим, що чекає.

Крім того, вихідний стан в залежності від стану виводу ANLB і може бути прямим або інверсним. До особливостей слід також віднести можливість захисту входу від електростатичного потенціалу більше 5000 В. Структура сенсора представлена на рис. 3.

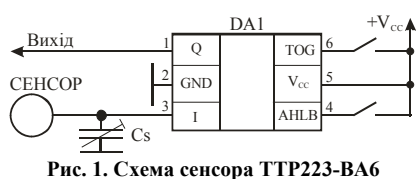


Рис. 1. Схема сенсора TTP223-BA6

Таблиця 1 – Вихідні стани сенсора TTP223-BA6

TOG	ANLB	Стани виходу Q
0	0	Статичний режим, активний вихід – високий рівень (0)
0	1	Статичний режим, активний вихід – низький рівень (1)
1	0	Тригерний режим, активний вихід – високий рівень (0)
1	1	Тригерний режим, активний вихід – низький рівень (1)

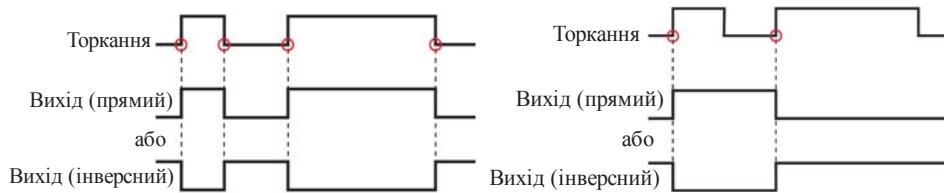


Рис. 2. Режими роботи сенсора

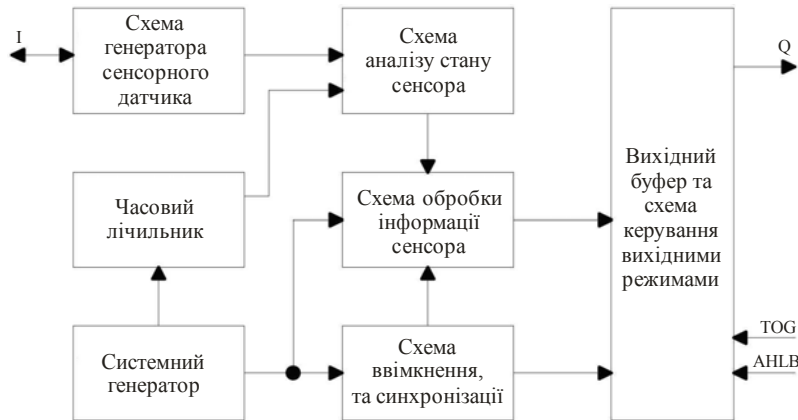


Рис. 3. Структура одноканального сенсора

Принцип дії даних сенсорів оснований на зміні ємності при торканні поверхні над струмопровідним покриттям (рис. 4) [1]. Власна початкова ємність самого сенсора без врахування будь-яких паразитних ємностей визначається наступним чином:

$$C_S = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{T}, \quad (1)$$

де  $\varepsilon_0$  – діелектрична стала  $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $\varepsilon_r$  – відносна діелектрична проникність матеріалу верхньої панелі (наприклад скла);  $T$  – товщина верхньої панелі;  $A$  – площа області доторку (область сенсора, рис. 4).

При внесенні у зону сенсора зовнішнього об'єкта, разом із ним привноситься зовнішня ємність  $C_F$ :

$$C_{\Sigma} = C_S + C_F \quad (2)$$

Зрозуміло, що більш тонкі панелі із матеріалу з високим коефіцієнтом діелектричної проникності дають більш високу зміну ємності під час дотику а, отже, більш високий коефіцієнт підсилення та краще співвідношення сигнал/шум (в даному випадку це міра якості вимірювання ємності). Однак значне зменшення ємності, окрім збільшення чутливості, знизить завадозахищеність. Таким чином, регулювання чутливості сенсора може здійснюється трьома шляхами:

- розмірами електродної області (чим більший розмір електроду, тим більша чутливість);
- товщиною матеріалу на поверхні сенсорного електроду (рис. 4);
- ємністю конденсатора  $C_S$  ( $0 \leq C_S \leq 50$  пФ – рекомендоване значення ємності для сенсора на рис. 1) відповідно від максимальної при низькому значенні до мінімальної при найбільшому.

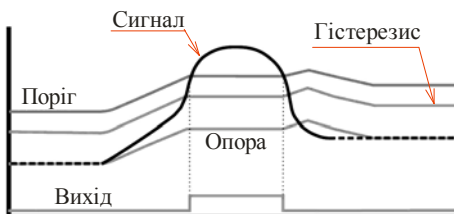


Рис. 5. Компенсація дрейфу сенсора

Особливістю сенсорів є наявність функції компенсації дрейфу (функція автоматичного калібрування) (рис. 5). Дрейф опорного сигналу може відбуватися через зміну ємності  $C_S$  з плином часу або наявності сторонніх предметів на поверхні сенсора. Це запобігає помилковим виявленням сенсора. Компенсація дрейфу відбувається на основі швидкого зростання вихідної напруги, обмеженої зміною опорного рівня і порогового значення із деяким гістерезисом (рис. 5). Після ввімкнення живлення, сенсор не активний протягом приблизно 0,5 сек., а далі переходить у режим автокалібрування. У режимі малої потужності період калібрування становить близько 4 сек. При тривалому утриманні сенсора повторне калібрування буде тривати біля 16 сек. Якщо утримання продовжуватиметься (випадково або з'явилась інша перешкода), то привнесена цими процесами додаткова ємність буде скомпенсована, сенсор її врахує та перейде у нормальний режим роботи. Максимальний час відгуку складає близько 60 мс при швидкому режимі та 220 мс в режимі малої потужності.

TTP223-BA6 [1] може перебувати у двох режимах: в режимі низької потужності (рис. 6,а) та у

швидкому режимі *Fast* (рис. 6,б). Режим низької потужності – це режим економії енергії. При торканні сенсора та відповідного спрацювання, пристрій переключиться на режим *Fast*. Якщо продовжувати утримувати сенсор, то він почне здійснювати автокалібровку і протягом 16 сек. перейде у режим зниженого енергоспоживання.

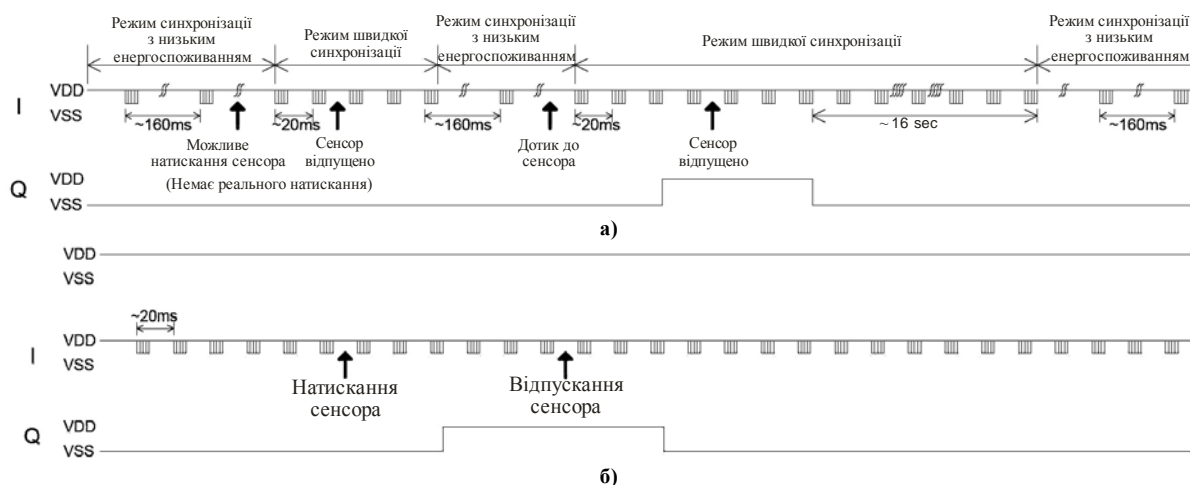


Рис. 6. Режими роботи сенсора:  
а) режим низької потужності; б) швидкий режим

Як було сказано вище, промисловістю випускається широкий спектр ємнісних сенсорів. Одноканальні сенсори, як правило прості та мають обмежений функціональний набір. Серед багатоканальних одним із самих бюджетних і максимально функціональних є TTP229-BSF (рис. 7) [2].

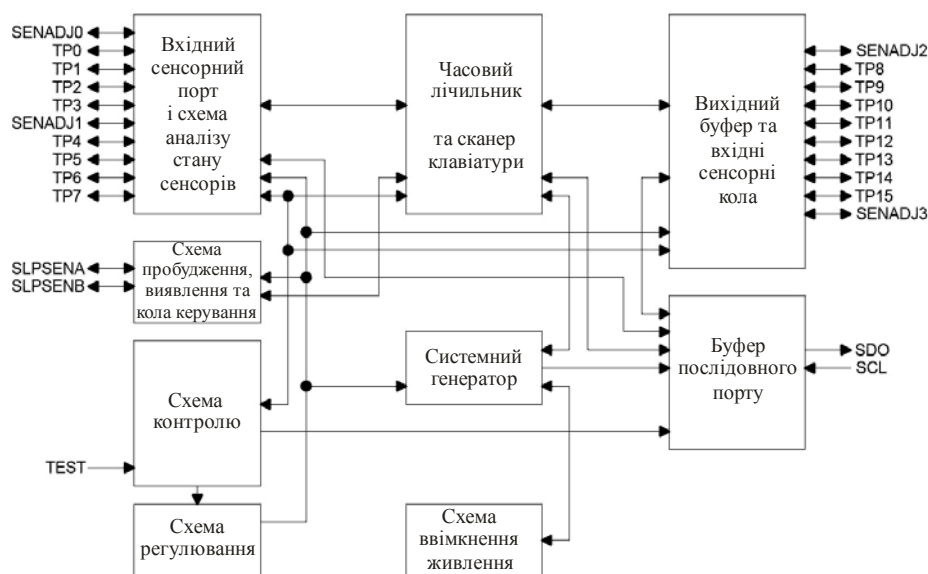


Рис. 7. Структура 16-канального сенсора

Пристрій містить 16 сенсорних каналів, 8 із яких паралельно являються власними вихідними буферами з можливістю вибору типу логічного виходу (рис. 8). Мікросхема має низьке енергоспоживання (всього 2-9 мкА в сплячому режимі). Окрім того серед переваг даного сенсора: вбудований регулятор сенсорної чутливості, два види частоти дискретизації (8 Гц та 64 Гц), режим автокалібрування, та інші [2].

Обв'язка мікросхеми мінімальна, сенсорні кнопки E1-E16 підключаються безпосередньо до виводів мікросхеми. За допомогою конденсаторів CJ0-CJ3, CJWA, CJWB можна регулювати чутливість сенсорних кнопок – чим більше ємність конденсаторів, тим нижче чутливість. Рекомендована ємність конденсаторів 1-50 пФ. Лінії мікросхеми TP8-TP15 відіграють подвійну роль, окрім відстеження стану сенсорних кнопок, можна налаштувати режим роботи клавіатури за допомогою перемичок JP1-JP8. Якщо перемичка встановлена, то лінія мікросхеми підтягується до загального проводу через високоомний резистор, на вході встановлюється низький логічний рівень “0”, при відсутності перемички високий рівень “1”. Нижче в таблиці наведені основні режими роботи:

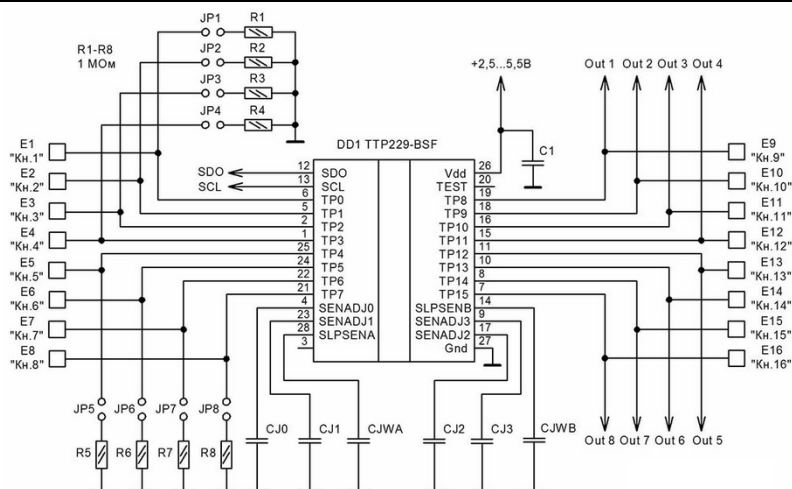


Рис. 8. Схема 16-канального сенсора

Таблиця 2

## Основні режими роботи 16-канального сенсора

Вивід мікросхеми	Стан виводу		Опис
	TP0	TP1	
TP0 (перемичка JP1) TP1 (перемичка JP2)	1	1	Задіяно 8 вихідних буферів: звичайний логічний вихід, активний логічний рівень – високий. Послідовний інтерфейс передачі даних: звичайний логічний вихід, активний логічний рівень – низький.
	1	0	Задіяно 8 вихідних буферів: звичайний логічний вихід, активний логічний рівень – низький. Послідовний інтерфейс передачі даних: звичайний логічний вихід, активний логічний рівень – високий.
	0	1	Задіяно 8 вихідних буферів: вихід відкритий стік з підтяжкою до 1, активний логічний рівень – низький. Послідовний інтерфейс передачі даних: звичайний логічний вихід, активний логічний рівень – низький.
	0	0	Задіяно 8 вихідних буферів: вихід відкритий стік з підтяжкою до 0, активний логічний рівень – високий. Послідовний інтерфейс передачі даних: звичайний логічний вихід, активний логічний рівень – високий.
TP2 (перемичка JP3)	1		Задіяно 8 кнопок (E1-E8) і вихідні буфери.
	0		Задіяно 16 кнопок (E1-E16)
TP3 (перемичка JP4) TP4 (перемичка JP5)	TP3	TP4	Одна група (16 кнопок): фіксується натискання тільки однієї кнопки. 1-а група: E1-E4, E9-E12 – фіксація натискання однієї кнопки 2-а група: E5-E8, E13-E16 – фіксація натискання однієї кнопки 1-а група: E1-E4, E9-E12 – фіксація натискання однієї кнопки 2-а група: E5-E8, E13-E16 – фіксація натискання декількох кнопок Одна група (16 кнопок): фіксується натискання декількох кнопок
	1	1	
	1	0	
	0	1	
TP5 (перемичка JP6)	1		Частота опитування кнопок у сплячому режимі дорівнює 8 Гц
	0		Частота опитування кнопок у сплячому режимі дорівнює 64 Гц
TP6 (перемичка JP7)	1		Тривалість опитування кнопок у сплячому режимі дорівнює 4 мс
	0		Тривалість опитування кнопок у сплячому режимі дорівнює 2 мс
TP7 (перемичка JP8)	1		Захист від “залипання” кнопки відключений
	0		Захист від “залипання” кнопки включений: максимальний час 80 секунд

Якщо на лінії TP2 високий логічний рівень (TP2=1), то активно 8 сенсорних кнопок (на схемі E1-E8), інших 8 ліній мікросхеми TP8-TP15 переналаштовуються на вихід (Out1-Out8). Логічний рівень на вихідних лініях залежить від стану сенсорних кнопок, 1-а кнопка відповідає виходу Out1, 2-а кнопка виходу Out2 і т. д., також дані про стан кнопок передаються по послідовному інтерфейсу. У режимі 16 активних кнопок (TP2=0), лінії мікросхеми TP8-TP15 переналаштовуються на вхід. У цьому випадку інформація про

стан кнопок передається тільки по послідовному інтерфейсу. Таким чином, лінії TP8-TP15 можуть відслідковувати стан сенсорних кнопок E9-E16, або виступати як вихідні буфери. Лінія TP0 відповідає за тип логічного виходу, значенню TP0=1 відповідає звичайний логічний вихід, якщо значення дорівнює 0, то одержуємо вихід з відкритим стоком. Від стану лінії TP1 залежить активний рівень вихідних буферів і послідовного інтерфейсу. За допомогою ліній TP3, TP4 можна встановити два режими сканування кнопок: фіксація “натискання” тільки однієї кнопки або відразу декількох кнопок, це може бути зручно, коли необхідно відслідковувати “натискання” якої-небудь комбінації кнопок. Лінії TP5, TP6 відповідають за частоту і тривалість сканування кнопок у сплячому режимі. У мікросхемі є функція захисту від “залипання” кнопок, наприклад у випадку влучення на кнопку стороннього предмету, відбудеться спрацювання, і якщо захист включений, через 80 секунд кнопка заново калібрується та повертається у нормальний стан. За цю функцію відповідає лінія TP7.

Мікросхема TTP229 автоматично переходить у сплячий режим, якщо протягом певного часу не було зафіксовано “натискання” на сенсорах. Крім цього є функція постійного авто-калібрування сенсорних кнопок, що дозволяє мікросхемі підлаштовуватися під зміну навколишнього “емнісного” фону, і коректно фіксувати дотик.

Багатоканальні сенсори, наприклад TTP229, інколи мають цифровий інтерфейс (SPI, I<sup>2</sup>C, тощо), що дозволяє вбудовувати їх у складні мікроконтролерні системи керування та розширювати функціональні можливості. Мікросхема TTP229 передає дані по двопровідній лінії I<sup>2</sup>C на мікроконтролер панелі наказів, який забезпечуючи передачу команд у блок ревізії і далі у станцію керування (рис. 9).

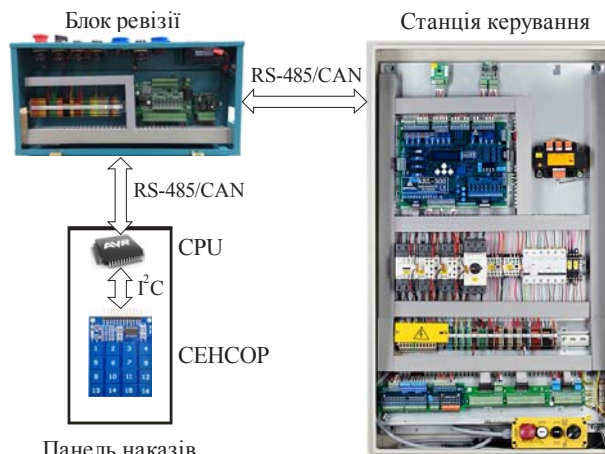


Рис. 9. Інтеграція сенсорних технологій у структуру ліфта

Обмін інформацією здійснюється по інтерфейсам RS-485 або CAN. Станція керування, отримавши команду з панелі наказів (наприклад, виклик потрібного поверху) відповідно її виконує.

На рис. 10-13 приведені діаграми передачі даних по послідовному інтерфейсу з часовими характеристиками у різних режимах роботи:

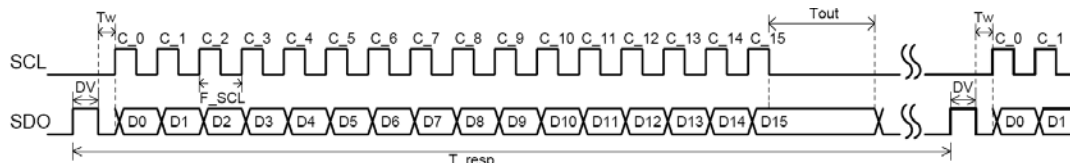


Рис. 10. Діаграма передачі даних послідовного інтерфейсу для 16 вхідних сенсорів, активний стан високий: TP1=0, TP2=0

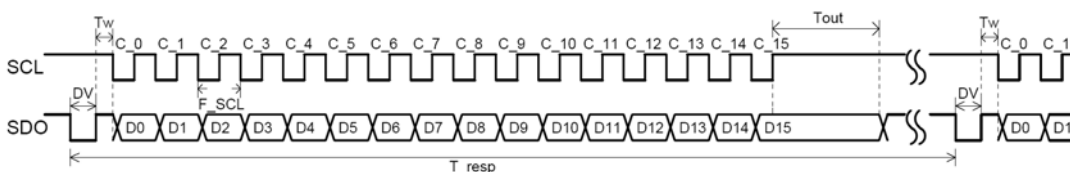


Рис. 11. Діаграма передачі даних послідовного інтерфейсу для 16 вхідних сенсорів, активний стан низький: TP1=1, TP2=0

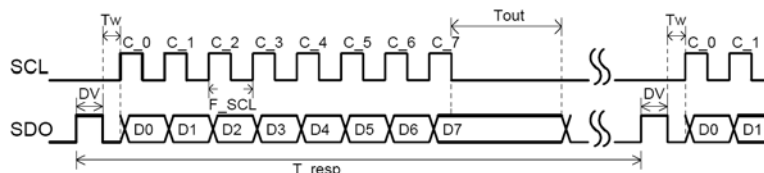


Рис. 12. Діаграма передачі даних послідовного інтерфейсу для 8 вхідних сенсорів, активний стан високий: TP1=0, TP2=1

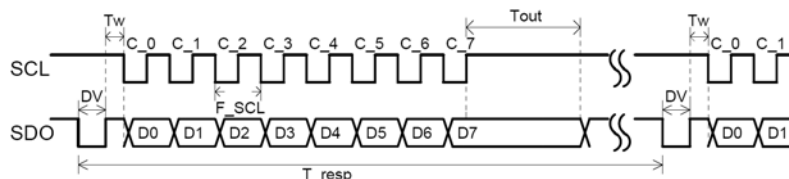


Рис. 13. Діаграма передачі даних послідовного інтерфейсу для 8 вхідних сенсорів, активний стан низький: TP1=1, TP2=1

Лінія SCL призначена для тактування зовнішнім керуючим пристроєм, на лінію SDO мікросхема TTP229 видає дані про стан кнопок. Коли мікросхема фіксує “натискання” кнопки, вона видає на лінію

сигнал  $DV$  тривалістю 93 мкс, який можна використати для переривання в мікроконтролері. Далі при наявності сигналу тактування мікросхема видає один або два байти даних про стан кнопок (залежно від режиму роботи: 8 або 16 активних кнопок). Як видно, полярність сигналів на лініях SCL, SDO залежить від вибору активного логічного рівня. Біти D0-D15 відображають стан кнопок E1-E16. Значення бітів залежить від активного рівня: якщо активний рівень низький, при “натисканні” кнопки відповідний біт установиться в 0, якщо кнопка відтиснута – 1. При високому активному рівні все навпаки. Частота тактування може лежати в межах 1-512 кГц. Якщо сигнал тактування відсутній протягом 2 мс, то послідовний інтерфейс повертається у вихідний стан.

Таблиця 3

Параметри часових характеристик				
Параметр	мін.	тип.	макс.	од. вим.
$DV$	–	93	–	мкс
$T_w$	10	–	–	мкс
$T_{OUT}$	–	2	–	мс
$T_{resp}$ (16)	–	32	–	мс
$T_{resp}$ (8)	–	16	–	мс
$F_{SCL}$	1000	–	512000	Гц

На основі описаних сенсорних технологій виготовлено поверхові панелі виклику (рис. 14,а) та панелі наказів ліфту (рис. 14,б).

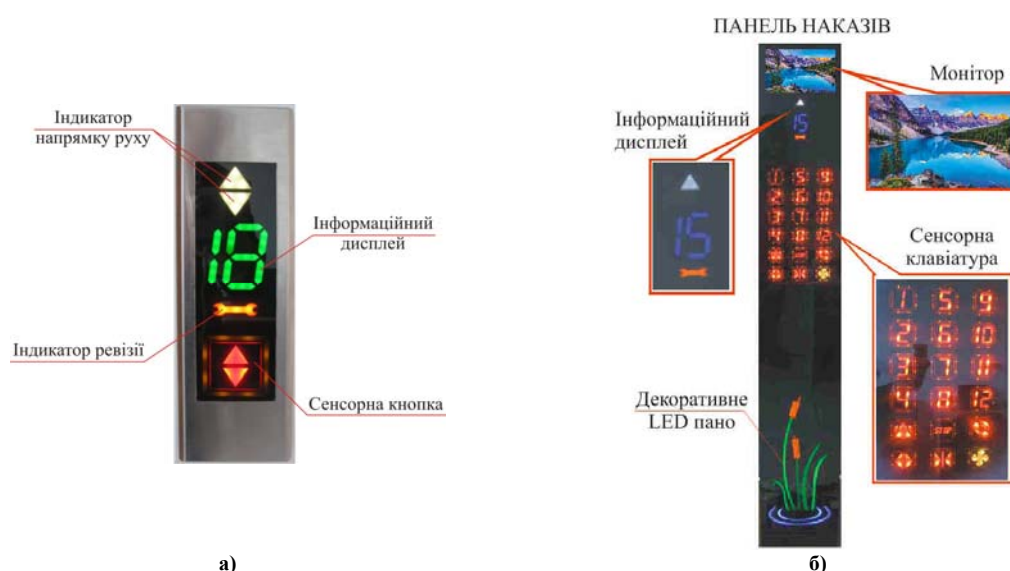


Рис. 14. Ліфтове сенсорне обладнання: а) поверхова панель виклику; б) панель наказів

### Висновки

Застосування сенсорних технологій дозволило здійснити новий підхід у ліфтобудуванні. Розробка та впровадження сенсорів у сфері керування ліфтовими механізмами дозволить значно збільшити термін експлуатації панелей виклику та панелей наказів, розширити їх функціональні можливості, покращити дизайн. Окрім того, сенсори досить дешеві та технологічні, а також дозволяють інтегрувати їх до сучасних систем керування ліфтами, які повністю побудовані на сучасних мікроконтролерах і мають цифрові шини керування.

### Література

1. TTP223-BA6 [Електронний ресурс] : Технічний опис. – Режим доступу : <http://www.tontek.com.tw/download.asp?sn=475>. – Назва з екрану.
2. TTP229-BSF [Електронний ресурс] : Технічний опис. – Режим доступу : <http://www.tontek.com.tw/download.asp?sn=737>. – Назва з екрану.

### References

1. TTP223-BA6 [Electronic resource]: Technical description. – Access mode : <http://www.tontek.com.tw/download.asp?sn=475>. – Name of the screen.
2. TTP229-BSF [Electronic resource]: Technical description. – Access mode : <http://www.tontek.com.tw/download.asp?sn=737>. – Name of the screen.

Рецензія/Peer review : 11.4.2017 р.

Надрукована/Printed : 18.6.2017 р.

Стаття рецензована редакційною колегією