

**УДК 621.391, 621.396**

**М. О. Стрембіцький, к.т.н., доц.; О. І. Стрембіцька, PhD; І. І. Олійник; В. В. Батюк;  
В. М. Слободян**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ВУЗЛАМИ СТОМАТОЛОГІЧНОЇ УСТАНОВКИ**

**M. O. Strembitskyi, PhD, Assoc. Prof.; O. I. Strembitska, PhD; I. I. Oliinyk;  
V. V. Batiuk, V. M. Slobodjan**

### **ANALYSIS OF METHODS OF IMPLEMENTING COMMUNICATION BETWEEN NODES OF A DENTAL UNIT**

Стоматологія в Україні займає важливе місце у сфері охорони здоров'я. Вона є невід'ємною частиною медичної системи країни і надає широкий спектр послуг у галузі дентального догляду. Розвиток стоматології в Україні відбувається в двох напрямках – навчання та перекваліфікація медичного персоналу та впровадження сучасного обладнання. Основними викликами, які постали перед галуззю в останні роки, є налагодження виробництва власного обладнання, яке б задовольняло потреби ринку.

Стоматологічна установка є основним функціональним обладнанням стоматологічного кабінету. Оскільки стоматологічна установка є складним обладнанням, яке включає декілька взаємопов'язаних вузлів, то важливим завданням при проектуванні є визначення та реалізації взаємодії між вказаними вузлами.

Взаємодія між вузлами стоматологічної установки відбувається із використанням електричних, пневматичних та гідравлічних сигналів. Найбільш перспективним напрямком є використання електричних аналогових та цифрових сигналів, оскільки використання такого типу зв'язку дозволяє зменшити габаритні розміри вузлів та робить можливим використання вузлів (блоки стоматологічних інструментів, сепаратори, тощо), які виготовлені із врахуванням можливості встановлення зв'язку шляхом використання електричних сигналів.

При проектуванні та виготовленні стоматологічних установок важливе значення має мінімізація механічних з'єднань, які впливають на технологічність та ремонтпридатність обладнання. Тому перевага надається використанню цифрових сигналів, які потребують меншої кількості проводів для реалізації зв'язку. Розвиток систем цифрового зв'язку та засобів їх апаратної реалізації створює можливість використання в обладнанні, у тому числі і стоматологічному, ряду протоколів передачі даних - CAN, RS-485, SPI, I2C, Ethernet, RS-232, USB, Bluetooth, Wi-Fi, тощо. Оскільки стоматологічні установки згідно із міжнародними стандартами класифікуються як медичне обладнання, тому при виборі протоколу передачі даних необхідно враховувати галузеві стандарти.

На сучасному етапі розвитку цифрових технологій, провідні місця серед протоколів передачі даних займає Ethernet. Використання Ethernet забезпечує плавну інтеграцію та зв'язок між вузлами стоматологічної установки, забезпечуючи обмін даними в реальному часі. У контексті стоматологічної установки використання Ethernet відповідає вказівкам, встановленим стандартом IEEE 802.3, який визначає використання кабелів, роз'ємів і комутаторів. Однак важливим недоліком при проектуванні стоматологічних установок з протоколом передачі даних Ethernet в контексті дрібносерійного виробництва є вартість елементів (кабелі, роз'єми, тощо), а також особливості програмного забезпечення, яке повинно підтримувати стандартизовані протоколи.

В умовах дрібносерійного виробництва доцільним є використання протоколів передачі даних, які не потребують використання дорогого апаратного забезпечення та їх реалізація дозволяє інтегрувати у стоматологічні установки додаткові вузли (табл. 1).

Таблиця 1 Порівняльна характеристика протоколів передачі даних

Параметр	Протокол передачі даних					
	RS-232	RS-485	SPI	I2C	USB	CAN
Максимальна кількість підключених пристроїв	1	32	4	128	127	110 (2.0B)
Кількість задіяних проводів (крім GND)	2	2 або 4	4	2	3	2
Максимальна швидкість передачі даних	115200 біт/с	10 Мбіт/с	50 Мбіт/с	100 кбіт/с	5 Гбіт/с (USB 3.0)	1 Мбіт/с (2.0B)
Дані, які можна передати за один цикл	8 біт	8 біт	8 біт	32 біти	до 512 байт	8 байтів
Відстань, на яку можна передати дані	15 м при 9600 біт/с	1200 м при 100 кбіт/с	до 2м	до 5м при 100 кбіт/с	до 3м (USB 3.0)	до 500м при 125 кбіт/с
Кабель	Неекраниований	Вита пара	Неекраниований	Екраниований	Екраниований	Вита пара
Порт мікроконтролера	UART	UART	SPI	I2C	USB	CAN
Завадостійкість	Ні	Так	Ні	Ні	Так	Так

**Висновок.** Важливою вимогою до протоколу передачі даних, який використовується в стоматологічних установках є завадостійкість, оскільки можливе використання інструментів, які в процесі роботи використовують високочастотний струм (діатермокоагулятори, тощо). Тому для використання у стоматологічних установках придатними є три основні протоколи передачі даних – USB, RS-485 та CAN. Використання протоколу передачі даних USB через невелику довжину кабелю створює обмеження при проектуванні вузлів стоматологічної установки. Аналіз використання протоколів передачі даних RS-485 та CAN у вузлах, які можна використати в процесі проектування стоматологічної установки (сепаратори, стоматологічні інструменти, тощо), свідчить що виробники обладнання віддають перевагу CAN. Його інтеграція у стоматологічну установку дозволяє проектувати виріб, який відзначається не лише технологічністю та ремонтпридатністю, але і дає можливість користувачеві отримувати додаткові функції за рахунок під'єднання до мережі CAN вузлів, роботу яких в іншому випадку потрібно було б контролювати додатково.

### Література

1. Dain S. Medical Devices and Computer Networks: A Review of Communications Protocols. Journal of the American Medical Informatics Association. 1998. №1091. P. 991.
2. Ghassemi P., Caldato F., Garzia F. CANOpen Communication Protocol for Safety Critical Medical Devices. IEEE Latin America Transactions. 2019. №17(6). P. 1018-1025.
3. Biondi A., De Sio C., Manco M. Design and Verification of a CANOpen Communication Stack for Sensor Data Acquisition in Medical Devices. In 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). 2019. P. 1023-1028.
4. Safaei M., Sharifi S. Design and Implementation of a Smart RS485-Based Communication System for Medical Devices. Journal of medical signals and sensors. 2019. №9(2). P. 99-106.