

Використання технології GMSL для передачі потоку відео даних високої якості

Пономаренко Б. А., ORCID [0000-0002-4033-932X](https://orcid.org/0000-0002-4033-932X)

Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)

Київ, Україна

Анотація—Робота присвячена опису та дослідженню технологій передачі потоку даних з відеокамер, призначених для використання у сучасних автомобілях. В роботі проведено теоретичний аналіз найбільш популярних технологій передачі потоку відео, таких як Gigabit Ethernet і Wi-Fi. Аналіз показав, що згадані технології є не ефективними через їх низьку стійкість до електромагнітних завад і високу вибагливість до умов використання. Показано, що в умовах, які розглядаються, найбільш доцільним рішенням для передачі потоку відео є використання технології GMSL, яка дає можливість значно підвищити стійкість до електромагнітних завад, швидкість передачі, та якість зображень, що передаються. Розглянуто можливість використання технології GMSL в пристрої, який реалізує передачу даних з модуля камери. Запропоновано реалізувати можливість контролю режиму роботи камери з керуючого пристрою з використанням технології GMSL.

Ключові слова — технологія GMSL; microcontroller; серіалізатор; десеріалізатор; PC; UART.

I. ВСТУП

Розвиток електроніки в останні десятиліття вплинув на автомобільну галузь. В сучасних автомобілях важливе місце займає обробка та передача даних з датчиків руху, парктроніків, відеокамер, що є запорукою безпеки пасажирів та транспортного засобу. На основі даних, отриманих з відеокамер, датчиків, забезпечується можливість спостереження за навколишнім середовищем, сусідніми з автомобілем об'єктами. Ці дані можуть бути використані для створення автомобілів з функцією безпілотного управління, наприклад, таксі без водіїв [1]. Відповідно, зі збільшенням кількості датчиків, камер, виростають вимоги щодо технологій передачі потоку відеоданих.

Доцільно розглянути найбільш популярні дротові та бездротові технології передачі даних. До цих технологій належать Gigabit Ethernet та Wi-Fi [2], [3]. Безперечно, перелічені технології можна використовувати для передачі даних (в тому числі потоку відео), однак для використання в автомобілях вони повинні задовольняти жорсткі вимоги, які стосуються гарантій відправки даних без втрат, а також стійкості до електромагнітних завад. В цих умовах здається привабливою також ідея застосування технології передачі даних GMSL (англ. *Gigabit Multimedia Serial Link*) з метою поєднати переваги вказаних технологій та врахувати перелічені вище вимоги. Метою цієї роботи є дослідження можливості застосування технології GMSL для вирішення задач передачі потоку відео високої якості

II. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ВИСОКОЇ ЯКОСТІ

Для передачі даних будь-якого формату можна скористатися двома способами — провідним та безпровідним. Вони мають власну реалізацію, протоколи, вимоги до програмного та апаратного забезпечення. Зважаючи на те, що предметом дослідження є технологія, яку потрібно застосувати в автомобільній електроніці, то критеріями, на які варто звернути увагу являються: гарантія доставки даних, відстань та швидкість передачі даних, вимоги до пропускної здатності каналів, низьке споживання енергії, стійкість до електромагнітних завад, невисока ціна.

Найбільш поширеними провідними та безпровідними технологіями, які дозволяють передавати дані високої якості являються Gigabit Ethernet і Wi-Fi відповідно. Перевагами технології Gigabit Ethernet являється передача даних з досить високою швидкістю (до декількох гігабіт за секунду, в залежності від стандарту). Також дані можна передавати на значну відстань (до 100 м без суттєвої втрати якості), що є важливим фактором, так як в автомобілі датчики не знаходяться поруч з керуючим мікроконтролером, який прийматиме та оброблятиме дані. Головним недоліком цієї технології можна вважати відсутність повної гарантії доставки даних, що передаються. Для безпомилкової роботи автомобілів, особливо з безпілотним управлінням, це є критичним моментом, адже відсутність даних про навколишнє середовище, сусідні об'єкти в будь-який момент може спричинити аварійну ситуацію та загрозу життю людей. Також, враховуючи, що автомобіль матиме багато відеокамер, для кожної з яких необхідно забезпечити наявність



власного кабелю для зв'язку з керуючим мікроконтролером, це значно підвищить вартість виробництва та зменшить об'єм вільного місця, яке можна використати ефективніше.

В свою чергу головним недоліком технології Wi-Fi є відсутність надійного захисту від електромагнітних завад, які створюватимуться іншими пристроями в бездротовій мережі, та можливе суттєве зниження ефективної швидкості доставки даних із збільшенням кількості кінцевих приймально-передавальних пристроїв мережі, що працюють на таких же частотах (2,4 ГГц або 5 ГГц). До того ж швидкість передачі даних буде меншою, ніж при використанні технології Gigabit Ethernet. Також до недоліків технології можна віднести необхідність постійного підключення до глобальної мережі, що вплине на стабільність та безперервність передачі даних. До переваг використання технології Wi-Fi можна віднести досить низьку вартість при виробництві, так як потреба у використанні кабелів для передачі даних зникне, а також відносно малий об'єм зайнятого місця.

Тому виходить, що перелічені недоліки перекреслюють існуючі переваги та змушують відмовитись від використання цих технологій.

В цих умовах є доцільним звернути увагу на технологію, яка дозволить передавати дані з врахуванням перелічених вимог, а саме, на вже згадану технологію GMSL. Її перевагами є набагато вища (до 10 разів) швидкість передачі даних в порівнянні з Gigabit Ethernet, нижчі затрати на кабелі, підтримка одночасного підключення декількох модулів відеокамер, а також надійний захист від електромагнітних завад, що досягається додатковим кодуванням корисного сигналу та розширенням його спектру [4]. Дана технологія є універсальною, і може одночасно передавати дані з різної периферії, дає можливість вибрати і налаштувати різні режими передачі даних. Ці переваги обумовлюють широке використання технології GMSL в автомобільній промисловості [5].

III. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ GMSL ТА SERDES

GMSL — технологія, основними блоками якої є серіалізатор (*Serializer*) та десеріалізатор (*Deserializer*) (далі — SerDes), які надають можливість перетворювати паралельний потік даних в послідовний, і навпаки (Рис. 1).

Ці блоки являють собою високошвидкісні інтегральні мікросхеми з повною підтримкою високої пропускну здатності комплексного зв'язку типу «один до одного», та задовольняють вимогам до низького споживання енергії. Мікросхеми з'єднуються за допомогою витвої пари або коаксіального кабелю довжиною до 15 м [7]. Загальну схему SerDes зображено на Рис. 2.

Базову структуру SerDes можна поділити на два функціональних блоки:

- блок паралельно-послідовного перетворення PISO (*Parallel In Serial Out*).
- блок послідовно-паралельного перетворення SIPO (*Serial In Parallel Out*).

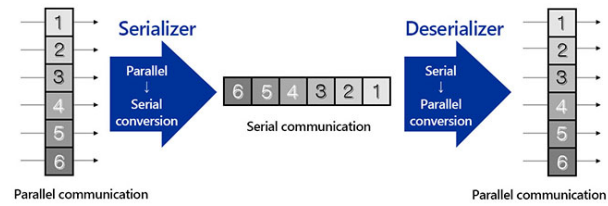


Рис. 1 Процес серіалізації та десеріалізації даних [6]

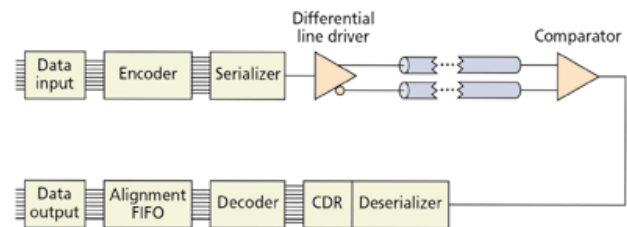


Рис. 2 Загальна схема SerDes [8]

Блок паралельно-послідовного перетворювача PISO зазвичай має паралельний тактовий вхід і набір вхідних ліній даних. Найпростіша форма PISO має тільки регістр зсуву, який приймає паралельні дані і з кожним тактовим сигналом виштовхує їх з високою серійною тактовою частотою. Деякі реалізації можуть застосовувати подвійну буферизацію регістра, щоб позбутися метастабільності при передачі даних з різною тактовою частотою.

Також на Рис. 2 можна помітити такі компоненти як компаратор і драйвер, необхідні для коректної роботи диференційної пари, блок CDR (Clock and Data Recovery), що виконує роль відновлення даних.

Блок послідовно-паралельного перетворювача SIPO, як правило, має вивід для тактової частоти, набір вихідних ліній даних і вихідний регістр даних. Тактовий сигнал може бути відновлений безпосередньо з даних, в разі, якщо він був деформований під впливом зовнішніх факторів. Блок SIPO знижує вхідну тактову частоту для паралельного виходу. В реалізаціях даного блоку, як правило, є два регістри, підключені в якості подвійного буфера, один регістр використовується для тактування послідовного потоку, а інший для зберігання паралельних даних.

SerDes включає блоки кодування/декодування (Encoder/Decoder) в форматі 8b/10b. Це кодування використовується для підвищення якості даних, переданих послідовно. Кодування 8b/10b застосовує алгоритм кодування даних в лінії, при якому кожен 8-бітний пакет даних перетворюється в 10-бітний символ. Кодований потік даних 8b/10b має однакову кількість «1» та «0», і обмежує кількість «1» або «0», які йдуть послідовно, до 5 біт [5].

Якщо лінія електропередачі не збалансована постійним струмом, напруга може з часом накопичуватися на лінії, що призводить до помилок в бітах. Наприклад, коли передається потік послідовних «1», емнісні зв'язки в блоці SerDes накопичують постійну напругу, що призводить до появи неправильного «0» у приймачі. Кодування 8b/10b відстежує та контролює кількість «1» та «0», і гарантує, що наступний

сформований символ утримує невідповідність різнополярних бітів в межах ± 1 . При тривалій передачі даних кількість «1» та «0» буде однаковою. Оскільки тактовий сигнал не передається по окремій лінії, то його потрібно «витягти» з потоку даних на приймачі. Приймач робить це, контролюючи переходи, що відбуваються в лінії даних. Довгі послідовності «1» або «0» порушують здатність приймача відновити сигнал тактового сигналу. Але кодування 8b/10b дає можливість уникнути цього шляхом обмеження кількості послідовних «1» або «0». Диференційний вид сигналу знижує вплив синфазних перешкод, а незначна надмірність 8/10 кодування, створює певну здатність коду виявляти помилки, що підвищує стійкість до електромагнітних завад. Одночасно вирішується задача балансу по постійному струму, напрузі [9], [10].

Для управління блоком SerDes та відеокамерами реалізовано підтримку дуплексного каналу керування на основі технологій I2C або UART [11], [12]. Це забезпечує контроль режимів роботи блоків SerDes з головного мікроконтролера, а також можливість отримувати пакети з даними про статус підключеної периферії за допомогою однієї лінії, що зменшує кількість підключень. Тому, про керуючий канал GMSL можна сказати, що він є дуже швидким (у випадку, коли дані передаються по основному каналу), так і повільним (швидкість передачі не перевищує 1 МГц у випадку зворотної передачі контрольних сигналів), а також гнучким в налаштуваннях. Основні дані, які передаються через канали керування, зображено на Рис. 3.

Можна бачити, що користувач має можливість вибрати інтерфейс (I2C/UART), по якому будуть відправлятися дані з налаштуваннями для модуля камери, серіалізатора, десеріалізатора, вибрати опцію розширення спектра (SPREAD SPECTRUM ENABLE), швидкість передачі даних (DATA RATE SELECT), тип кабелю (CABLE TYPE) та ширину пропускання (BANDWIDTH SELECT).

Після всіх налаштувань загальна схема з'єднання модуля камери і дисплею за технологією GMSL має вигляд, відображений на Рис. 4.

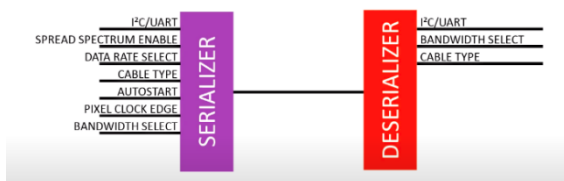


Рис. 3 Контрольні сигнали, що передаються через канали керування [13]

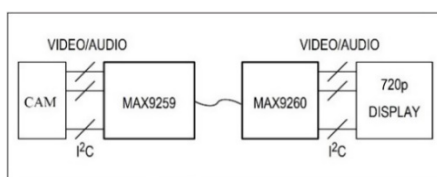


Рис. 4 Загальна схема підключення модуля камери за технологією GMSL [14]

IV. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ GMSL

Використання технології SerDes надало можливість передавати дані на відстань до 15 м без втрати якості даних та швидкості їх передачі. Застосування коаксіального кабелю або витой пари зменшило потребу в додатковому живленні та заземленні, що позитивно впливає на загальну вагу автомобіля. Кодування 8b/10b та розширення спектру дає можливість зменшити вплив електромагнітних завад [15]. Дуплексний канал передачі даних відкинув необхідність застосування додаткових кабелів для під'єднання керуючих сигналів з віддаленого мікроконтролера. В підсумку це дозволить спростити інфраструктуру автомобіля, його дизайн, збільшити потенційно корисний вільний простір, а також зменшити споживання енергії, що є особливо важливою вимогою для електромобілів.

Таким чином, ввівши в себе основні переваги популярних методів передачі даних, дотримавшись вимог щодо стабільності передачі даних та захисту від електромагнітних завад, технологія GMSL знаходить все більш поширене використання в автомобілебудуванні. В майбутньому технологія GMSL може стати стандартом для передачі даних з датчиків, відеокамер в транспортних засобах нового покоління (в тому числі автономних), які потребуватимуть більшої пропускної здатності з високою надійністю передачі даних, низькими затримками при низькому енергоспоживанні.

ВИСНОВКИ

На підставі порівняльного аналізу найбільш популярних дротових та бездротових технологій передачі даних, проведеного з урахуванням їх переваг та недоліків, показано що технологія GMSL є більш доречною для вирішення задач передачі потоку відео в автомобілі.

Розглянуто технічні особливості технології GMSL, а також технології SerDes, яка є складовою вищезгаданої технології. Описано закладений спосіб кодування вхідних даних, що надає можливість забезпечити стабільність передачі даних та їх стійкість до електромагнітних завад.

Все це дозволяє зробити висновок про доцільність використання технології GMSL в автомобільній промисловості для передачі потоку відео.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] "Democratizing Autonomy Empowering the world with AI drivers to provide universal access to transportation of people and goods," 2021. [Online]. Available: <https://www.autox.ai/en/index.html>.
- [2] IEEE, "IEEE Standard for Ethernet," *IEEE Stand. Ethernet*, vol. 2012, no. December, pp. 1–5600, 2012, DOI: 10.1109/IEEESTD.2018.8457469.
- [3] I. 802.11, "IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks- Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *IEEE Std 802.11-2012 (Revision IEEE Std 802.11-2007)*, vol. 11, pp. 1–2793, 2012, DOI: 10.1109/IEEESTD.2012.6178212.
- [4] R. Dorn, "Choosing the Right High-Speed SerDes Technology for ADAS and Infotainment Systems." Maxim Integrated, pp. 1–8,



- 2017,
URL:
<https://www.maximintegrated.com/content/dam/files/design/technical-documents/white-papers/choosing-the-right-high-speed-serdes-tech-for-ad-as-and-infotainment-systems.pdf>.
- [5] "GIGABIT MULTIMEDIA SERIAL LINKS (GMSL) FOR ADAS (Design Guide)." Maxim Integrated, pp. 1–11, 2018, URL:
<https://www.maximintegrated.com/content/dam/files/design/technical-documents/design-guides/gigabit-multimedia-serial-links-for-ad-as.pdf>.
- [6] "Overview of In-vehicle Camera : SerDes Environment." [Online]. Available: <https://net-vision.co.jp/sv-english/overview.html>.
- [7] "What is SerDes (Serializer/Deserializer)?" [Online]. Available: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-serdes.html>.
- [8] R. Nelson, "Serdes devices challenge ATE," 2001. [Online]. Available: <https://www.edn.com/serdes-devices-challenge-ate/>.
- [9] "MAX3872. Multirate Clock and Data Recovery with Limiting Amplifier." Maxim Integrated Products, pp. 1–15, 2007, URL:
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX3872.pdf>.
- [10] "8b10b Encoder/Decoder MegaCore Function (ED8B10B)." p. 1–11, 2001,
Надійшла до редакції 29 березня 2021 р.
- URL:
<https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/ds/dsed8b10b.pdf>.
- [11] "BASICS OF UART COMMUNICATION." [Online]. Available: <https://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>.
- [12] "BASICS OF THE I2C COMMUNICATION PROTOCOL." [Online]. Available: <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>.
- [13] maxim integrated, "SerDes part 3: All about line coding," 2021. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=krCEYz_wFZ3s&list=PLJo-JDlnT6xvQQVe6zM0XDExmqGEmhspF&index=11&ab_channel=maximintegrated.
- [14] maxim integrated, "SerDes — Part 7: Pixels and the Serial Stream," 2021. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=Rz_Kyl3qA7s&list=PLJo-JDlnT6xvQQVe6zM0XDExmqGEmhspF&index=13.
- [15] "Understanding Spread Spectrum for Communications," 2020. [Online]. Available: <https://www.ni.com/ru-ru/innovations/white-papers/06/understanding-spread-spectrum-for-communications.html>.

UDC 004.322

Using GMSL Technology for Transmitting Stream of High-Quality Video Data

B. A. Ponomarenko, ORCID [0000-0002-4033-932X](https://orcid.org/0000-0002-4033-932X)

Department of design of electronic digital equipment

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—The article is devoted to the description and research of technologies for data flow transmission from video cameras designed for use in modern cars. The paper provides a theoretical analysis of the most popular wired and wireless data streaming technologies, such as Gigabit Ethernet and Wi-Fi. Analysis of the most important characteristics showed, that the mentioned technologies are not effective due to their significant shortcomings, which are critical in the production of cars, and will not allow their usage. The main disadvantages of Gigabit Ethernet technology are the lack of guarantees of full delivery of transmitted data. Given that the data obtained can be used for self-driving control systems, the technology cannot be used for transmitting the data stream to the camera, as there will be a possibility of endangering the safety of the passenger and accidents to the vehicle. Disadvantages of Wi-Fi technology include low data rates and lack of reliable protection against electromagnetic interference. Given the advantages and disadvantages of the above technologies, it was decided to abandon the possibility of their usage and consider suitable options. It is shown, that in the considered conditions, the most expedient solution for data transmission from the video camera is GMSL technology, which makes it possible to significantly increase the resistance to electromagnetic interference, the overall transmission rate, and the quality of the transmitted data. The technical features of GMSL technology, in particular SerDes technology, which is one of the main components of the above technology, are considered. For SerDes technology, the process and features of converting a parallel data stream into a serial, data transmission, and inverse data conversion into a parallel form are described. The usage of this technology makes it possible to transmit data over a distance of up to 15 meters (without significant loss of quality). Described is a method of encoding input data in the format 8b/10b. This encoding makes it possible to ensure the stability of data transmission and their overall resistance to electromagnetic interference. This is achieved by noise of the useful carrier signal. Describes the possibility of restoring the clock signal using the CDR block after receiving data on the differential pair, as it does not contain a separate line for this signal. At the same time the problem of current and voltage balance is solved. The methods of controlling the video camera module and SerDes components using I2C and UART interfaces are shown. The peculiarity of the control signals is that they can be directed in different directions due to the duplex transmission channel. The expediency of using GMSL technology in a device that implements data transmission from the camera module is considered. The advantages of using the described technology and their compliance with the established requirements are given. It is proposed to implement the ability to control the mode of operation of the camera from the control device using GMSL technology.

Keywords — GMSL technology; microcontroller; serializer; deserializer; I2C; UART.

