

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.350507

DESIGN OF A RING OSCILLATOR FOR DIRECT CONVERSION OF CAPACITANCE INTO FREQUENCY IN CAPACITIVE SENSOR INTERFACES (p. 6–13)**Vadym Hula**Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3336-8644>**Vitalii Vintoniak**Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1538-1881>**Volodymyr Hryha**Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-525X>

This study examines CMOS ring oscillators that are used as converters of capacitive sensor parameters. The issue with most analytical models is their assumption of symmetric stage loading, making them inaccurate for the topology where a sensor connection to a single node introduces asymmetry. The lack of a validated model for 45-nm technology complicates the design of sensitivity and energy efficiency.

An analytical model for the capacity to frequency converter that accounts for asymmetric loading has been built and verified. The model is based on the physical principle of summing asymmetric stage delays and a linear approximation of inverter delay versus load capacitance.

A parametric analysis was performed in LTSpice (sensor capacitance C_{sensor} is from 0 to 2.5 pF) to verify the model. It was determined that the oscillation period has a quasi-linear dependence on capacitance; therefore, the frequency dependence is hyperbolic. The proposed model predicts the frequency with a maximum relative error of no more than 1.55% over the entire simulation range (21.17–29.96 MHz) compared to SPICE data.

Key metrics have been analyzed: the average sensitivity is 3.52 MHz/pF, while the instantaneous sensitivity is non-linear, decreasing from 5.57 MHz/pF to 2.15 MHz/pF. Power consumption increases slightly (151.3–155.7 μ W), as the capacitance growth is compensated by the frequency drop. Energy per cycle (E_{cycle}), conversely, increases almost linearly (5.05–7.35 pJ) with a slope of 0.92 pJ/pF. This closely matches the theoretical value of $VDD^2 = 1.0$ pJ/pF, confirming the dominance of dynamic power consumption.

The proposed model allows engineers to accurately predict and design the capacity-to-frequency characteristics, sensitivity, as well as power consumption of compact integrated sensor interfaces.

Keywords: ring oscillator, complementary metal-oxide-semiconductor structure, micro-electro-mechanical systems, frequency, capacitive sensor.

References

- Abdullah, M. A., Elamien, M. B., Deen, M. J. (2025). A 0.4 V CMOS Current-Controlled Tunable Ring Oscillator for Low-Power IoT and Biomedical Applications. *Electronics*, 14 (11), 2209. <https://doi.org/10.3390/electronics14112209>
- Qiao, Z., Boom, B. A., Annema, A.-J., Wiegerink, R. J., Nauta, B. (2018). On Frequency-Based Interface Circuits for Capacitive MEMS Accelerometers. *Micromachines*, 9 (10), 488. <https://doi.org/10.3390/mi9100488>
- Szerner, M., Nazdrowicz, J. (2025). Study on Comb-Drive MEMS Acceleration Sensor Used for Medical Purposes: Monitoring of Balance Disorders. *Electronics*, 14 (15), 3033. <https://doi.org/10.3390/electronics14153033>
- Lee, H., Woo, J.-K., Kim, S. (2010). CMOS differential-capacitance-to-frequency converter utilising repetitive charge integration and charge conservation. *Electronics Letters*, 46 (8), 567–569. <https://doi.org/10.1049/el.2010.3416>
- Li, L., Lai, X., Wang, Y., Niu, Z. (2023). High-Power-Efficiency Read-out Circuit Employing Average Capacitance-to-Voltage Converter for Micro-Electro-Mechanical System Capacitive Accelerometers. *Sensors*, 23 (20), 8547. <https://doi.org/10.3390/s23208547>
- Cicalini, M., Piotta, M., Bruschi, P., Dei, M. (2021). Design of a Capacitance-to-Digital Converter Based on Iterative Delay-Chain Discharge in 180 nm CMOS Technology. *Sensors*, 22 (1), 121. <https://doi.org/10.3390/s22010121>
- Kotyk, M., Dovgyi, V., Kogut, I., Holota, V. (2018). Schematic-Topological Modeling of the SOI CMOS Ring Oscillators for Sensor Microsystems on Chip. *Physics and Chemistry of Solid State*, 19 (4), 358–362. <https://doi.org/10.15330/pcss.19.4.358-362>
- Arya, R., K. Singh, B. (2023). Ring Oscillator for 60 Meter Bandwidth. *Computer Systems Science and Engineering*, 46 (1), 93–105. <https://doi.org/10.32604/csse.2023.029220>
- Lee, I., Sylvester, D., Blaauw, D. (2016). A Constant Energy-Per-Cycle Ring Oscillator Over a Wide Frequency Range for Wireless Sensor Nodes. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 51 (3), 697–711. <https://doi.org/10.1109/jssc.2016.2517133>
- Takahashi, S., Huang, Y.-M., Sze, J.-J., Wu, T.-T., Guo, F.-S., Hsu, W.-C. et al. (2017). A 45 nm Stacked CMOS Image Sensor Process Technology for Submicron Pixel. *Sensors*, 17 (12), 2816. <https://doi.org/10.3390/s17122816>
- Wang, L. T.-N. (2010). Design and Measurement of Parameter-Specific Ring Oscillators. EECS Department, University of California, Berkeley. Available at: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2010/EECS-2010-159.html>
- Novosyadlyj, S., Dzundza, B., Gryga, V., Novosyadlyj, S., Kotyk, M., Mandzyuk, V. (2017). Research into constructive and technological features of epitaxial gallium-arsenide structures formation on silicon substrates. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (5 (87)), 54–61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.104563>
- Zhu, Z., Liu, S. (2024). Digitalized analog integrated circuits. *Fundamental Research*, 4 (6), 1415–1430. <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2023.01.006>
- Gryga, V., Dzundza, B., Dadiak, I., Nykolaichuk, Y. (2018). Research and implementation of hardware algorithms for multiplying binary numbers. 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 1277–1281. <https://doi.org/10.1109/tcset.2018.8336427>
- Aiello, O. (2025). On Standard Cell-Based Design for Dynamic Voltage Comparators and Relaxation Oscillators. *Chips*, 4 (3), 31. <https://doi.org/10.3390/chips4030031>
- Chen, L., Li, B., Cheng, C. (2025). Arrayable TDC with Voltage-Controlled Ring Oscillator for dToF Image Sensors. *Sensors*, 25 (15), 4589. <https://doi.org/10.3390/s25154589>
- Mohammad, K., Thomson, D. J. (2017). Differential Ring Oscillator Based Capacitance Sensor for Microfluidic Applications. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 11 (2), 392–399. <https://doi.org/10.1109/tbcas.2016.2616346>

18. Bisdounis, L., Nikolaidis, S., Koufopavlou, O. (1998). Analytical transient response and propagation delay evaluation of the CMOS inverter for short-channel devices. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 33 (2), 302–306. <https://doi.org/10.1109/4.658636>
19. Adler, V., Friedman, E. G. (1997). Delay and Power Expressions for a CMOS Inverter Driving a Resistive-Capacitive Load. *Analog Design Issues in Digital VLSI Circuits and Systems*, 29–39. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6101-9_3
20. Kim, S., Agrawal, V. D., Danaher, J. J. (2015). Verification of the Alpha-Power Law by a CMOS Inverter Chain S. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Verification-of-the-Alpha-Power-Law-by-a-CMOS-Chain-Kim-Agrawal/7fb16b366fb4a953265175d1e4dbb4d709f9a8526>
21. Michal, V. (2012). On the low-power design, stability improvement and frequency estimation of the CMOS ring oscillator. *Proceedings of 22nd International Conference Radioelektronika 2012*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/260999799_On_the_Low-power_Design_Stability_Improvement_and_Frequency_Estimation_of_the_CMOS_Ring_Oscillator
22. Bulk CMOS Models. Available at: <https://mec.umn.edu/ptm>
23. Razavi, B. (2019). The Ring Oscillator [A Circuit for All Seasons]. *IEEE Solid-State Circuits Magazine*, 11 (4), 10–81. <https://doi.org/10.1109/mssc.2019.2939771>
24. Ciarpi, G., Monda, D., Mestice, M., Rossi, D., Saponara, S. (2023). Asymmetric 5.5 GHz Three-Stage Voltage-Controlled Ring-Oscillator in 65 nm CMOS Technology. *Electronics*, 12 (3), 778. <https://doi.org/10.3390/electronics12030778>
25. Sakurai, T., Newton, A. R. (1990). Alpha-power law MOSFET model and its applications to CMOS inverter delay and other formulas. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 25 (2), 584–594. <https://doi.org/10.1109/4.52187>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353247

FORMATION OF INFORMATIVE SIGNALS IN AN OPTICAL TOXIC GAS DETECTOR (p. 14–25)

Olena Aksimentyeva

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3836-9607>

Roman Holyaka

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7720-0372>

Bohdan Tsizh

Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland
Stepan Gzhytskyi National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-1016>

Hryhoriy Barylo

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5749-9242>

Detection of various gas environments is an important security task, especially in conditions of military operations and in contaminated areas. In this case, optical gas sensors of the colorimetric type are effective, which can promptly signal the presence of toxic substances in “field conditions”, do not require complex equipment or energy consumption.

The object of the study is a detector of harmful gases of the colorimetric type. The problem of improving the characteristics of colorimetric sensors by amplifying useful signals and reducing the influence of spurious radiation is being solved.

To solve the problem, a functional and mathematical model of the signal path of a pollutant detector was developed. A method for

forming an optical signal of increased sensitivity due to multiple passage and reflection of light fluxes in a colorimetric sensor model was proposed.

A model of an optical gas detector based on a polyaniline sensor element was manufactured. The presence of ammonia vapors was analyzed using gas-stimulated changes in optical absorption at different wavelengths, namely, 470 ± 5 , 528 ± 7 and 623 ± 5 nm. The proposed functional scheme of the detector signal path allowed to improve its sensitivity and selectivity, which is explained by the amplification of useful signals and the reduction of the influence of parasitic radiation.

The high speed of recovery of the resulting sensor to the initial values (up to 10 s) ensures its reversibility and opens up prospects for effective practical use, in particular, monitoring the state of the environment, the freshness of food products, harmful gas leaks near landfills, chemical storage sites, etc.

Keywords: optical sensor, informative detector signal, conjugated polymers, toxic gases, signal converter.

References

1. Jaaniso, R., Tan, O. K. (Eds.) (2020). *Semiconductor Gas Sensors*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/c2017-0-00001-0>
2. Nikolic, M. V., Milovanovic, V., Vasiljevic, Z. Z., Stamenkovic, Z. (2020). *Semiconductor Gas Sensors: Materials, Technology, Design, and Application*. *Sensors*, 20 (22), 6694. <https://doi.org/10.3390/s20226694>
3. Farea, M. A., Mohammed, H. Y., Shirsat, S. M., Sayyad, P. W., Ingle, N. N., Al-Gahouari, T. et al. (2021). Hazardous gases sensors based on conducting polymer composites: Review. *Chemical Physics Letters*, 776, 138703. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2021.138703>
4. Aksimentyeva, O. I., Tsizh, B. R., Horbenko, Yu. Yu., Konopelnik, O. I., Martynyuk, G. V., Chokhan, M. I. (2018). Flexible elements of gas sensors based on conjugated polyaminoarenes. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 670 (1), 3–10. <https://doi.org/10.1080/15421406.2018.1542057>
5. Hu, C.-W., Yamada, Y., Yoshimura, K. (2017). A new type of gasochromic material: conducting polymers with catalytic nanoparticles. *Chemical Communications*, 53 (22), 3242–3245. <https://doi.org/10.1039/c7cc00077d>
6. Gardner, J. W. (2004). Review of Conventional Electronic Noses and Their Possible Application to the Detection of Explosives. *Electronic Noses & Sensors for the Detection of Explosives*, 1–28. https://doi.org/10.1007/1-4020-2319-7_1
7. To, K. C., Ben-Jaber, S., Parkin, I. P. (2020). Recent Developments in the Field of Explosive Trace Detection. *ACS Nano*, 14 (9), 10804–10833. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c01579>
8. Basso, C. R., Filho, M. V. B., Gavioli, V. D., Parra, J. P. R. L. L., Castro, G. R., Pedrosa, V. A. (2025). Recent Advances in Nanomaterials for Enhanced Colorimetric Detection of Viruses and Bacteria. *Chemosensors*, 13 (3), 112. <https://doi.org/10.3390/chemosensors13030112>
9. Kodir, A., Imawan, C., Permana, I. S., Handayani, W. (2016). Pesticide colorimetric sensor based on silver nanoparticles modified by L-cysteine. *2016 International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology (ISSIMM)*, 43–47. <https://doi.org/10.1109/issimm.2016.7803719>
10. Pinyorospathum, C., Rattanarat, P., Chailapakul, O., Siangproh, W. (2018). P1OS.3 - Colorimetric sensor for phosphate ions detection using 2- mercaptoethanesulfonate modified silver nanoplates. *Proceedings IMCS 2018*, 622. <https://doi.org/10.5162/imcs2018/p1os.3>
11. Malik, S., Singh, J., Saini, K., Chaudhary, V., Umar, A., Ibrahim, A. A. et al. (2024). Paper-based sensors: affordable, versatile, and emerging analyte detection platforms. *Analytical Methods*, 16 (18), 2777–2809. <https://doi.org/10.1039/d3ay02258g>

12. Zhang, Y., Xia, O., Ho, K. H., Liang, Z., Lei, D., Zhang, A. P., Tam, H.-Y. (2019). Sliver-Nanoparticle Enhanced Pva Thin-Film Colorimetric Humidity Sensor. 2019 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems & Eurosensors XXXIII (TRANSDUCERS & EUROSENSORS XXXIII), 1219–1221. <https://doi.org/10.1109/transducers.2019.8808495>
13. Kroutil, J., Laposa, A., Povolny, V., Klimsa, L., Husak, M. (2023). Gas Sensor with Different Morphology of PANI Layer. *Sensors*, 23 (3), 1106. <https://doi.org/10.3390/s23031106>
14. Tsizh, B., Aksimentyeva, O. (2020). Ways to improve the parameters of optical gas sensors of ammonia based on polyaniline. *Sensors and Actuators A: Physical*, 315, 112273. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.112273>
15. Tsizh, B., Aksimentyeva, O., Horbenko, Y., Holyaka, R. (2022). Combined Polymer Nanostructures for Selective Gas Sensors. 10th jubilee International Conference “Combined Polymer Nanostructures for Selective Gas Sensors”. Available at: http://www.iop.kiev.ua/~een/conference/nano2022/assets/files/posters/Poster_Tsizh_2022.pdf
16. Wu, Y.-J., Brito, R., Choi, W.-H., Lam, C.-S., Wong, M.-C., Sin, S.-W., Martins, R. P. (2023). IoT Cloud-Edge Reconfigurable Mixed-Signal Smart Meter Platform for Arc Fault Detection. *IEEE Internet of Things Journal*, 10 (2), 1682–1695. <https://doi.org/10.1109/jiot.2022.3210220>
17. Kim, D., Kim, S., An, J., Kim, S. (2017). A portable colorimetric array reader for toxic gas detection. 2017 ISOCs/IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), 1–3. <https://doi.org/10.1109/isoen.2017.7968928>
18. Chaabane, N., Mahfoudhi, S., Belkadhi, K. (2024). Interpolation-Based IoT Sensors Selection. *IEEE Sensors Journal*, 24 (21), 36143–36147. <https://doi.org/10.1109/jsen.2024.3461833>
19. Mukhopadhyay, S. C., Tyagi, S. K. S., Suryadevara, N. K., Piuri, V., Scotti, F., Zeadally, S. (2021). Artificial Intelligence-Based Sensors for Next Generation IoT Applications: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 21 (22), 24920–24932. <https://doi.org/10.1109/jsen.2021.3055618>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353016

DESIGN OF AN AUTOMATIC SYSTEM FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF FIBER-OPTIC CABLES (p. 26–42)

Aliya Alkina

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4879-0593>

Ali Mekhtiyev

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2633-3976>

Yelena Neshina

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8973-2958>

Adam Ujma

University of Applied Sciences in Nysa, Nysa, Poland
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5331-6808>

Ruslan Mekhtiyev

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5416-3444>

Madiyar Musagazhinov

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4521-8172>

Yekaterina Bilichenko

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5709-3576>

This study examines the process of monitoring the technical condition of fiber-optic cables based on the recording and analysis of changes in the pixel structure of the optical spot formed by cladding radiation under mechanical stress. The task addressed relates to the lack of affordable and easy-to-implement means for continuous monitoring of the integrity of fiber-optic communication lines capable of promptly detecting mechanical stress and unauthorized access attempts.

This paper suggests a monitoring principle based on recording additional optical losses arising from microbending of the optical fiber, followed by image processing on a high-resolution photo matrix. It has been experimentally established that changes in the pixel structure of the optical spot formed by cladding radiation on the surface of the high-resolution photo matrix linearly correlate with the magnitude of the applied load and the level of additional losses.

The results are attributed to the redistribution of optical power between the fiber core and cladding due to the photo-elastic effect. A distinctive feature of the proposed approach is its elimination of interferometric and reflectometric methods and the use of intelligent optical-digital pixel analysis, which reduces system cost, facilitates scalability, and is resistant to interference.

The designed system could be used for continuous monitoring of fiber-optic communication lines, utility lines, as well as long-distance facilities under real-world conditions, with monitored sections up to 60 km long. Laboratory tests confirmed the system's sensitivity to mechanical loads of 5 N and its suitability for integration into existing telecommunications networks.

Keywords: fiber-optic cables, micro bends, optical losses, photomatrix, pixel analysis, distributed monitoring.

References

1. Guemes, A., Mujica, L. E., del-Río-Velilla, D., Fernandez-Lopez, A. (2025). Structural Health Monitoring by Fiber Optic Sensors. *Photonics*, 12 (6), 604. <https://doi.org/10.3390/photonics12060604>
2. Bado, M. F., Casas, J. R. (2021). A Review of Recent Distributed Optical Fiber Sensors Applications for Civil Engineering Structural Health Monitoring. *Sensors*, 21 (5), 1818. <https://doi.org/10.3390/s21051818>
3. Wang, W., Yiu, H. H. P., Li, W. J., Roy, V. A. L. (2021). The Principle and Architectures of Optical Stress Sensors and the Progress on the Development of Microbend Optical Sensors. *Advanced Optical Materials*, 9 (10). <https://doi.org/10.1002/adom.202001693>
4. Zhang, X., Zhu, H., Jiang, X., Broere, W. (2024). Distributed fiber optic sensors for tunnel monitoring: A state-of-the-art review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 16 (9), 3841–3863. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2024.01.008>
5. Wang, Z., Lu, B., Ye, Q., Cai, H. (2020). Recent Progress in Distributed Fiber Acoustic Sensing with Φ -OTDR. *Sensors*, 20 (22), 6594. <https://doi.org/10.3390/s20226594>
6. Chapalo, I., Stylianou, A., Mégret, P., Theodosiou, A. (2024). Advances in Optical Fiber Speckle Sensing: A Comprehensive Review. *Photonics*, 11 (4), 299. <https://doi.org/10.3390/photonics11040299>
7. Cao, L., Abedin, S., Cui, G., Wang, X. (2025). Artificial Intelligence and Machine Learning in Optical Fiber Sensors: A Review. *Sensors*, 25 (24), 7442. <https://doi.org/10.3390/s25247442>
8. Hu, X., Bai, X., Li, J., He, Y., Li, Y., Li, L. et al. (2025). A fiber optic sensing intrusion detection method based on WPD-EMD and improved ResNet. *Optical Fiber Technology*, 90, 104125. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2024.104125>

9. Peng, F., Wu, H., Jia, X.-H., Rao, Y.-J., Wang, Z.-N., Peng, Z.-P. (2014). Ultra-long high-sensitivity Φ -OTDR for high spatial resolution intrusion detection of pipelines. *Optics Express*, 22 (11), 13804. <https://doi.org/10.1364/oe.22.013804>
10. Xu, S., Qin, Z., Zhang, W., Xiong, X. (2020). Monitoring Vehicles on Highway by Dual-Channel φ -OTDR. *Applied Sciences*, 10 (5), 1839. <https://doi.org/10.3390/app10051839>
11. Hu, X., Qiu, G., Karimi, H. R., Zhang, D. (2024). TFF-CNN: Distributed optical fiber sensing intrusion detection framework based on two-dimensional multi-features. *Neurocomputing*, 564, 126959. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.126959>
12. Yang, N., Zhao, Y., Chen, J. (2022). Real-Time Φ -OTDR Vibration Event Recognition Based on Image Target Detection. *Sensors*, 22 (3), 1127. <https://doi.org/10.3390/s22031127>
13. Zhang, S., Xie, S., Li, Y., Yuan, M., Qian, X. (2023). Detection of Gas Pipeline Leakage Using Distributed Optical Fiber Sensors: Multi-Physics Analysis of Leakage-Fiber Coupling Mechanism in Soil Environment. *Sensors*, 23 (12), 5430. <https://doi.org/10.3390/s23125430>
14. Fabbriatore, F., Bertola, N. (2005). Structural performance monitoring for concrete girder bridges with distributed fiber optic sensors. 13th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure. <https://doi.org/10.3217/978-3-99161-057-1-022>
15. Tan, X., Poorghasem, S., Huang, Y., Feng, X., Bao, Y. (2024). Monitoring of pipelines subjected to interactive bending and dent using distributed fiber optic sensors. *Automation in Construction*, 160, 105306. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105306>
16. Abdallah, A., Fouad, M. M., Ahmed, H. N. (2021). Low-cost real-time fiber optic sensor for intrusion detection. *Sensor Review*, 42 (1), 89–101. <https://doi.org/10.1108/sr-03-2021-0090>
17. Mekhtiyev, A., Dunayev, P., Neshina, Y., Alkina, A., Aimagambetova, R., Mukhambetov, G. et al. (2023). Power supply via fiber-optical conductor for sensors of mine working monitoring system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (125)), 15–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289775>
18. Yugay, V., Mekhtiyev, A., Neshina, Y., Aubakirova, B., Aimagambetova, R., Kozhas, A. et al. (2021). Design of an information-measuring system for monitoring deformation and displacement of rock massif layers based on fiber-optic sensors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (114)), 12–27. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244897>
19. Yugay, V., Mekhtiyev, A., Madi, P., Neshina, Y., Alkina, A., Gazizov, F. et al. (2022). Fiber-Optic System for Monitoring Pressure Changes on Mine Support Elements. *Sensors*, 22 (5), 1735. <https://doi.org/10.3390/s22051735>
20. Mekhtiyev, A., Neshina, Y., Alkina, A., Yugay, V., Kalytka, V., Sarsikeyev, Y., Kirichenko, L. (2023). Developing an Intelligent Fiber-Optic System for Monitoring Reinforced Concrete Foundation Structure Damage. *Applied Sciences*, 13 (21), 11987. <https://doi.org/10.3390/app132111987>
21. Yang, X., Qiu, J., Gong, X., Ye, J., Yao, F., Chen, J. et al. (2025). Anomaly Diagnosis Using Machine Learning Method in Fiber Fault Diagnosis. *Computers, Materials & Continua*, 85 (1), 1515–1539. <https://doi.org/10.32604/cmc.2025.067518>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.350507

РОЗРОБЛЕННЯ КІЛЬЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПРЯМОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЄМНОСТІ В ЧАСТОТУ В ІНТЕРФЕЙСАХ ЄМНІСНИХ СЕНСОРІВ (с. 6–13)

В. С. Гула, В. М. Вінтоняк, В. М. Грига

Об'єкт дослідження – кільцеві КМОН-генератори як перетворювачі параметрів ємнісних давачів. Проблема: більшість аналітичних моделей припускають симетричне навантаження каскадів, що робить їх неточними для топології, де підключення давача до одного вузла вносить асиметрію. Відсутність перевіреної моделі для 45-нм технології ускладнює проектування чутливості та енергоефективності. Розроблено та перевірено аналітичну модель яка враховує асиметричне навантаження. Модель базується на принципі сумування затримок асиметричних каскадів та лінійному наближенні затримки інвертора від ємності навантаження. У LTspice виконано параметричний аналіз (ємність давача C_{sensor} від 0 до 2.5 пФ) для верифікації моделі. Встановлено квазілінійну залежність періоду коливань від ємності, тому залежність частоти – гіперболічна. Запропонована модель прогнозує частоту з максимальною відносною похибкою не більше 1.55% у всьому діапазоні моделювання (21.17–29.96 МГц) порівняно з даними SPICE. Проаналізовано ключові метрики: середня чутливість становить 3.52 МГц/пФ, при цьому миттєва чутливість є нелінійною і зменшується з 5.57 до 2.15 МГц/пФ. Споживана потужність незначно зростає (151.3–155.7 мкВт), оскільки ріст ємності компенсується падінням частоти. Енергія на цикл (E_{cycle}), навпаки, зростає майже лінійно (5.05–7.35 пДж) з коефіцієнтом 0.92 пДж/пФ, що з високою точністю відповідає теоретичному значенню $VDD^2 = 1.0$ пДж/пФ, підтверджуючи домінування динамічного споживання. Запропонована модель дозволяє інженерам точно прогнозувати та проектувати характеристику перетворення ємності в частоту, чутливість та енергоспоживання компактних інтегрованих сенсорних інтерфейсів.

Ключові слова: кільцевий генератор, комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник, мікроелектромеханічні системи, частота, ємнісний давач.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353247

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАТИВНИХ СИГНАЛІВ В ОПТИЧНОМУ ДЕТЕКТОРІ ТОКСИЧНИХ ГАЗІВ (р. 14–25)

О. І. Аксіментьєва, Р. Л. Голяка, Б. Р. Ціж, Г. І. Барило

Детектування різноманітних газових середовищ є важливим завданням безпеки, особливо в умовах воєнних дій та на забруднених територіях. При цьому ефективними є оптичні газові сенсори колориметричного типу, які можуть оперативного сигналізувати про наявність токсичних речовин у «польових умовах», не вимагають складного обладнання чи енерговитрат.

Об'єктом дослідження є детектор шкідливих газів колориметричного типу. Вирішувалась проблема покращення характеристик колориметричних сенсорів шляхом підсилення корисних сигналів та зменшення впливу паразитного випромінювання.

Для вирішення поставленої проблеми розроблено функціональну та математичну моделі сигнального тракту детектора забруднюючих речовин. Запропоновано спосіб формування оптичного сигналу підвищеної чутливості за рахунок багатократного проходження та відбиття світлових потоків в макеті колориметричного сенсора.

Виготовлено макет оптичного газового детектора на основі поліанілінового сенсорного елемента. Проведено аналіз наявності випарів аміаку, використовуючи газостимульовану зміну оптичного поглинання на різних довжинах хвиль, а саме, 470 ± 5 , 528 ± 7 і 623 ± 5 нм. Запропонована функціональна схема сигнального тракту детектора дозволила покращити його чутливість та селективність, що пояснюється підсиленням корисних сигналів та зменшенням впливу паразитного випромінювання.

Висока швидкість відновлення отриманого сенсора до вихідних значень (до 10 с) забезпечує його реверсивність і відкриває перспективи для ефективного практичного використання, зокрема, моніторингу стану навколишнього середовища, свіжості харчових продуктів, витоків шкідливих газів поблизу сміттєзвалищ, місцях складування хімічних речовин та ін.

Ключові слова: оптичний сенсор, інформативний сигнал детектора, спряжені полімери, токсичні гази, сигнальний перетворювач.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353016

РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ (р. 26–42)

Aliya Alkina, Ali Mekhtiyev, Yelena Neshina, Adam Ujma, Ruslan Mekhtiyev, Madiyar Musagazhinov, Yekaterina Bilichenko

Об'єктом дослідження є процес моніторингу технічного стану волоконно-оптичних кабелів на основі реєстрації та аналізу змін піксельної структури оптичної плями, сформованої оболонковим випромінюванням за механічних впливів.

Проблема, що розв'язується, полягає у відсутності доступних за вартістю та простих у реалізації засобів безперервного моніторингу цілісності волоконно-оптичних ліній зв'язку, здатних своєчасно виявляти механічні впливи та спроби несанкціонованого доступу.

У статті представлено принцип контролю, заснований на реєстрації додаткових оптичних втрат, що виникають унаслідок мікрозгинів оптичного волокна, з подальшою обробкою зображення на фотоматриці високої роздільної здатності. Експериментально встановлено, що зміна піксельної структури оптичної плями, сформованої оболонковим випромінюванням на поверхні фотоматриці високої роздільної здатності, лінійно корелює з величиною прикладеного навантаження та рівнем додаткових втрат.

Отримані результати пояснюються перерозподілом оптичної потужності між серцевиною та оболонкою волокна внаслідок фотопружного ефекту. Відмінною особливістю запропонованого підходу є відмова від інтерферометричних і рефлектометричних методів та використання інтелектуального оптико-цифрового аналізу пікселів, що забезпечує зниження вартості системи, простоту масштабування та стійкість до завад.

Розроблена система може застосовуватися для безперервного моніторингу волоконно-оптичних ліній зв'язку, інженерних комунікацій та протяжних об'єктів в умовах реальної експлуатації за довжини контрольованих ділянок до 60 км. Лабораторні випробування підтвердили чутливість системи до механічних навантажень від 5 Н і можливість її інтеграції в існуючі телекомунікаційні мережі.

Ключові слова: волоконно-оптичні кабелі, мікрозгини, оптичні втрати, фотоматриця, аналіз пікселів, розподілений моніторинг.