

РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

на гл. ас. д-р инж. Стоян Михайлов Кирилов

за участие в конкурс за заемане на академична длъжност „Доцент“,

в област на висше образование: 5. Технически науки,

професионално направление: 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,

специалност: „Теоретична електротехника“,

обявен в ДВ брой 28 / 01-04-2025

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

Гл. ас. д-р инж. Стоян Кирилов, представя за участие в конкурса 1 монографичен труд (Показател В3) и 15 публикации (Показатели Г7 и Г8). Реферирани и индексирани в Scopus и/или Web of Science са 13 публикации, от които 3 са с SJR. Останалите 2 са публикации в нереперирани списания с научно рецензиране или в съвременни български научни издания с научно рецензиране от Националния референтен списък. От представените публикации 1 е на български език и 15 са на английски.

II. ПОКАЗАТЕЛ В3: РЕЗЮМЕ НА МОНОГРАФИЧЕН ТРУД

Кирилов, Стоян. “Моделиране и симулации на мемристори и мемристорни вериги в електронни схеми и невронни мрежи,” *Издателство на Технически Университет - София*, 2025, ISBN 978-619-167-580-7.

Монографията е посветена на един сравнително нов електронен елемент – мемристорът. Той е с много малки размери в нано-метровия диапазон, има запамятаващи и комутационни свойства и добра съвместимост с CMOS технологиите. Има приложения в различни електронни схеми и невронни мрежи. Монографията представя изследване на някои от най-често използваните мемристорни модели и вериги. Предложени са аналитични решения на някои от съответстващите диференциални уравнения, както и числени решения чрез диференчни уравнения, реализирани в GNU Octave и LTSPICE. Създадена е библиотека с мемристорни модели в GitHub. Монографията съдържа четири глави.

Глава 1 представя въведение в софтуерните продукти GNU Octave, LTSPICE, които основно се използват за изследване и симулации на мемристорите. Представено е тяхното физично описание, структура, принципи на функциониране, запамятаващи и комутационни свойства и поведение в електромагнитно поле.

Глава 2 описва моделирането на мемристори в GNU Octave и изследването на някои често използвани модели. Разгледани са някои от най-често използваните стандартни мемристорни модели, както и някои модифицирани модели с подобро бързодействие и приложимост в сложни електронни схеми. Изследвани са основните характеристики при синусоидален и импулсен режим.

В Глава 3 са изследвани някои често използвани мемристорни вериги с приложения в електронни схеми и невронни мрежи. Основно са анализирани последователна и паралелна верига с два мемристора, генератор с логически елементи и мемристори, логически елементи и невронна мрежа, базирани на мемристори. Разгледани са основните режими на работа на мемристорите в тези устройства – меко и твърдо превключване.

В Глава 4 е направена съпоставка на мемристорни модели по отношение на тяхната точност, бързодействие, сложност, нелинейност, запаметяващи и комутационни свойства. Изразени са техните основни преимущества и недостатъци. Описана е тяхната приложимост в електронни схеми и невронни мрежи.

III. СПИСЪК С ПУБЛИКАЦИИ И РЕЗЮМЕТА - Показател Г7:

Списък с научни публикации, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни научна информация

№	Списък на публикации по показател Г.7 <i>научни публикации в издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация</i>
Г 7. 1	Kirilov, S. M, Todorova, V. I, Nakov, O. N, Mladenov, V. M, „Application of a memristive neural network for classification of covid-19 patients,“ <i>International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing</i>, 2021, vol. 15, DOI: 10.46300/9106.2021.15.138, E-ISSN: 1998-4464, pp. 1282 – 1291. (Google scholar, Scopus), SJR 0.195. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85115339601&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Application+of+a+memristive+neural+network+for+classification+of+covid-19+patients%29
Г 7. 2	Mladenov V.; Kirilov S., A Nonlinear Drift Memristor Model with a Modified Biolek Window Function and Activation Threshold, <i>MDPI Electronics</i> 2017, vol. 6, issue 77. https://doi.org/10.3390/electronics6040077, pp. 1 – 15, (Scopus, Web of Science, Google Scholar), IF 2.412, SJR 0.360, CiteScore 2.7. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85032031168&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Nonlinear+Drift+Memristor+Model+with+a+Modified+Biolek+Window+Function+and+Activation+Threshold%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230&relpos=2
Г 7. 3	Mladenov, V. and Kirilov, S.M., 2024, September. “A Simple Memristor Model for Memory Crossbars,” In <i>2024 12th IEEE International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI)</i>, Sozopol, Bulgaria (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/COMSCI63166.2024.10778508 (Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85215105801&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-

	KEY%28A+Simple+Memristor+Model+for+Memory+Crossbars%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230&relpos=1
Γ 7. 4	Mladenov, V., Kirilov, S. and Zaykov, I., “A General Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Filters,” <i>Proceedings of 11th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies - MOCAST 2022</i>, 08-10 June 2022, Germany, Bremen, DOI 10.1109/MOCAST54814.2022.9837766, pp. 1 – 4, (Scopus, Web of Science, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85136123753&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+General+Model+for+Metal+Oxide-Based+Memristors+and+Application+in+Filters%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230
Γ 7. 5	V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and S. M. Kirilov, "A Nonlinear Titanium Dioxide Memristor Model for Memory Crossbars Analysis," 2022 <i>26th IEEE International Conference Electronics</i>, 2022, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810434. (Scopus, Web of Science, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85135043222&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Nonlinear+Titanium+Dioxide+Memristor+Model+for+Memory+Crossbars+Analysis%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Γ 7. 6	V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and S. M. Kirilov, "Application of a Nonlinear Drift Memristor Model in Analogue Reconfigurable Devices," 2022 <i>26th International Conference Electronics</i>, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810389. (Scopus, Web of Science, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85135059470&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Application+of+a+Nonlinear+Drift+Memristor+Model+in+Analogue+Reconfigurable+Devices%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230
Γ 7. 7	V. Mladenov and S. Kirilov, "An Improved Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Memory Crossbars," 2022 <i>18th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD)</i>, Sardinia, Italy, 12 June 2022 – 16 June 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SMACD55068.2022.9816355. (Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85134730681&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28An+Improved+Model+for+Metal+Oxide-Based+Memristors+and+Application+in+Memory+Crossbars%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230
Γ 7. 8	V. Mladenov and S. Kirilov, A Neural Synapse Based on Ta2O5 Memristor, 2021 <i>17th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications (CNNA)</i>, Catania, Italy, 29 – 30 September 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/CNNA49188.2021.9610807. (Scopus, Google Scholar)

	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85122979609&origin=recordpage
Г 7. 9	Kirilov S., Mladenov V., Integrator device with a memristor element, <i>7th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST)</i>, Thessaloniki, Greece, 07-09 May 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST.2018.8376656. (Web of Science, Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85050132459&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Integrator+device+with+a+memristor+element%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Г 7. 10	Mladenov V., Kirilov S., Learning of an Artificial Neuron with Resistor-Memristor Synapses, <i>IEEE ANNA '18; Advances in Neural Networks and Applications</i>, St. Konstantin and Elena Resort, Bulgaria, 15-17 September 2018, pp. 1-5. (Scopus, Google Scholar). https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85068581436&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Learning+of+an+Artificial+Neuron+with+Resistor-Memristor+Synapses%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Г 7. 11	Kirilov, S. and Zaykov, I., 2020. Analysis of memristor-based differentiating circuit. <i>COMPEL-The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering</i>, 39(3), pp.683-690. (Web of Science, Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85081610142&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Analysis+of+memristor-based+differentiating+circuit%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec&relpos=5
Г 7. 12	Mladenov V., Kirilov S., A Nonlinear Memristor Model with Activation Thresholds and Variable Window Functions, <i>15th IEEE International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications</i>, VDE, 2016, pp. 1-2, ISBN:978-3-8007-4252-3 (Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073240608&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Nonlinear+Memristor+Model+with+Activation+Thresholds+and+Variable+Window+Functions%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Г 7. 13	Mladenov V., Kirilov S., Synthesis and Analysis of a Memristor-Based Perceptron for Logical Function Emulation, <i>Przegląd Elektrotechniczny</i> vol. 1, 2016, pp. 24-27. (Scopus, Google Scholar), SJR 0.19, CiteScore 1.0. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84964063314&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Synthesis+and+Analysis+of+a+Memristor-Based+Perceptron+for+Logical+Function+Emulation%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec

Резюмета на публикации по показател Г.7

7.1 Kirilov, S. M, Todorova, V. I, Nakov, O. N, Mladenov, V. M, „Application of a memristive neural network for classification of covid-19 patients,“ *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 2021, vol. 15, DOI: 10.46300/9106.2021.15.138, E-ISSN: 1998-4464, pp. 1282 – 1291. (Google scholar, Scopus), SJR 0.195.

Резюме: (на български език)

Глобалната пандемия от COVID-19 засегна живота на милиони хора по целия свят. Всеки ден научаваме нови факти за корона-вируса. В статията е описан принос към тези знания, свързан с използването на мемристорни невронни мрежи и алгоритми, които ни помагат да анализираме данните на пациентите и да определим кои пациенти са с повишен риск от развитие на тежки медицински състояния след заразяване с COVID-19. Ефективно разделяне на потенциални пациенти на подгрупи от болни и здрави се извършва с помощта на софтуерни и хардуерни невронни мрежи, машинно обучение и групиране без учител. През последните години много научни работи са свързани с намаляване на площта на невронните чипове за хардуерна реализация на невронни мрежи. За тази цел е направена частична замяна на CMOS транзисторите в невронните мрежи с мемристори. Някои от основните предимства на мемристора са по-ниската консумация на енергия, нано-машабните размери, добрият запамятаващ ефект и добрата съвместимост с CMOS технологията. Поради тази причина, основната цел на тази статия е прилагането на невронна мрежа, базирана на мемристор, със синапси базирани на танталов оксид за анализ на COVID-19. Проведени са допълнителни експерименти с групиране на данни. Експериментите показват, че всъщност пациенти със специфични съпътстващи здравословни проблеми и индикатори са по-предразположени към развитие на тежко протичане на COVID-19. Това изследване е полезно за инженери и учени, за да могат по-лесно да идентифицират пациенти, които биха се нуждаели от медицинска помощ.

7.2 Mladenov V.; **Kirilov S.,** A Nonlinear Drift Memristor Model with a Modified Biolek Window Function and Activation Threshold, *MDPI Electronics* 2017, vol. 6, issue 77. <https://doi.org/10.3390/electronics6040077>, pp. 1 – 15, (Scopus, Web of Science, Google Scholar), IF 2.412, SJR 0.360, CiteScore 2.7. (20 точки)

Резюме: (на български език)

Основната идея на настоящото изследване е да се предложи нов мемристорен модел с високо нелинейно йонно отместване, подходящ за компютърни симулации на мемристори от титанов диоксид с широк диапазон от мемристори напрежения. За тази цел е приложена комбинация от оригиналната прозоречна функция на Биолек и претеглена синусоидална прозоречна функция на Хан. Новият мемристорен модел е базиран както на модела на обобщените гранични условия (GBCM), така и на модела на Биолек, но има подобро свойство - повишена степен на нелинейност на йонното отместване поради допълнителната претеглена синусоидална прозоречна функция. Предложеният тук модифициран

мемристорен модел е сравнен с мемристорния модел на Пикет, който е използван тук като референтен модел. След това модифицираният модел на Биолек е коригиран така, че основните му зависимости да бъдат почти идентични с тези на модела на Пикет. След няколко симулации на предложения нов модел е установено, че поведението му е подобно на реалистичния модел на Пикет, но функционира без проблеми със сходимостта и поради това е подходящ и за компютърни симулации. Предложеният тук модифициран мемристорен модел е сравнен и с мемристорния модел на Йоглекер и са установени няколко предимства на новия модел.

7.3 Mladenov, V. and **Kirilov, S.M.**, 2024, September. “A Simple Memristor Model for Memory Crossbars,” In *2024 12th IEEE International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI)*, Sozopol, Bulgaria (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/COMSCI63166.2024.10778508 (Scopus, Google Scholar) (20 точки)

Резюме: (на български език)

Мемристорите са предпочитани схемни компоненти с много добри комутационни и запамятаващи свойства. Те се отличават с малка консумация на енергия, нано-размери и добра съвместимост с CMOS интегралните схеми с висока плътност на монтажа. Мемристорите са подходящи за създаване на невронни мрежи, масиви-памети и различни електрически и електронни схеми. Проектирането, анализът и симулациите на мемристори елементи и електронни схеми, базирани на мемристори, чрез софтуерни симулатори, са важни задачи. Тази статия предлага анализ на мемристори в GNU Octave и LTSPICE чрез някои числени методи. Разглежданият модифициран модел на мемристори е подходящ, тъй като е с висока скорост на работа, много добри характеристики на превключване и включва праг на активиране, който позволява процеси на четене и запис. Проведено е сравнение с няколко други редовно използвани стандартни и модифицирани модела на мемристори и анализ на тяхното поведение. Анализите са направени в LTSPICE и Octave, а сравнението на получените резултати потвърждава точната работа на модела. Предложената работа може да бъде подходяща както за образователни, така и за научни цели.

7.4 Mladenov, V., **Kirilov, S.** and Zaykov, I., “A General Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Filters,” *Proceedings of 11th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies - MOCAS* 2022, 08-10 June 2022, Germany, Bremen, DOI 10.1109/MOCAS54814.2022.9837766, pp. 1 – 4, (Scopus, Web of Science, Google Scholar) (13.3 точки)

Резюме: (на български език)

Мемристорите са нови и обещаващи електронни компоненти за памет. Те биха могли да бъдат потенциален заместител на CMOS елементите в някои случаи. Благодарение на техните нано-размери, ниска консумация на енергия и запамятаващи свойства, мемристорите биха могли да се прилагат в изкуствени невронни мрежи, матрици-памет, в програмируеми аналогови и цифрови схеми и други електронни устройства. В тази работа е предложен един модифициран, опростен и бързодействащ модел на мемристор, базиран на преходен метален оксид. Създаден е съответният му LTSPICE библиотечен модел и е

ефективно анализиран в прости аналогови филтри, базирани на мемристори. Функционирането на модела е в съответствие с основните свойства на моделите на мемристорните елементи. Потвърдено е правилното му функциониране и приложимост в електронни схеми, базирани на мемристори.

7.5 V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and **S. M. Kirilov**, "A Nonlinear Titanium Dioxide Memristor Model for Memory Crossbars Analysis," 2022 *26th IEEE International Conference Electronics*, 2022, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810434. (Scopus, Web of Science, Google Scholar) (13.3 точки)

Резюме: (на български език)

В тази работа е представен един модифициран и силно нелинеен модел на мемристор на базата на титанов диоксид с нелинейно йонно отместване на легиращия компонент и неговото функциониране в пасивни и хибридни матрици-памет. В комбинация с една диференцируема и непрекъсната стъпкова функция се разглеждат неговото приложение и анализ в среда на LTSPICE. Описаният мемристорен модел е с подобрена нелинейност, включва прагове на активиране и успешно представя граничните ефекти при режим на твърдо превключване. Проблемите с граничните състояния също са решени до голяма степен чрез използване на една модифицирана прозоречна функция. Получените резултати са сравнени с тези, получени чрез прилагане на класическите мемристорни модели на Lehtonen-Laiho, Joglekar и Bialek. Подобрената прозоречна функция, използвана в предложения модел, позволява промяна на времевата производна на състоянието в широк диапазон и по този начин приложеният мемристорен модел е в състояние да работи правилно при сигнали с висока честота, запазвайки добрите си комутационни свойства. Проведено е сравнение между използваните модели по няколко важни критерия. Потвърдена е правилната работа на предложия мемристорен модел в сложни електронни схеми.

7.6 V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and **S. M. Kirilov**, "Application of a Nonlinear Drift Memristor Model in Analogue Reconfigurable Devices," 2022 *26th International Conference Electronics*, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810389. (Scopus, Web of Science, Google Scholar) (13.3 точки)

Резюме: (на български език)

В тази статия се разглежда един модифициран, силно нелинеен мемристорен модел, базиран на преходен метален оксид, и неговите приложения в аналогови реконфигурируеми устройства. В комбинация с една нелинейна прозоречна функция, съдържаща гладка и диференцируема сигмоидална функция, са описани неговото поведение и анализ в LTSPICE среда. Анализират се няколко аналогови реконфигурируеми схеми, базирани на мемристори, като интегратор, диференцираща схема и лентов филтър, като се прилага модифицираният мемристорен модел. Разглежданият модел е с повишена нелинейност, има прагове на активиране и успешно представя граничните ефекти при функциониране в

режим на твърдо превключване. Промяната на характеристиките на разглежданите устройства се основава на промяната на проводимостта на мемристора. Проблемите с граничните състояния също се избягват до голяма степен, благодарение на приложената стъпаловидна функция. Получените резултати се сравняват с тези, получени от няколко съществуващи мемристорни модела, и се установява добро съвпадение. Потвърждава се правилната работа на разглеждания мемристорен модел в сложни електронни схеми.

7.7 V. Mladenov and **S. Kirilov**, "An Improved Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Memory Crossbars," *2022 18th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD)*, Sardinia, Italy, 12 June 2022 – 16 June 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SMACD55068.2022.9816355. (Scopus, Google Scholar) (20 точки)

Резюме: (на български език)

Благодарение на ценните си свойства, мемристорите са приложими в невронни мрежи, масиви памет, аналогови и цифрови програмируеми устройства и други, а техният дизайн изисква опростени мемристорни модели с добра прецизност. В тази статия е предложен прост, точен, силно нелинеен и бързо функциониращ мемристоричен модел на базата на метален оксид. Благодарение на използването на синусоидална хиперболична зависимост между времевата производна на променливата на състоянието и напрежението, предложеният модел има висока прецизност и правилно представя нелинейното йонно отместване на легиращия компонент. Неговият еквивалентен LTSPICE библиотечен модел включва прагове на активиране и диференцируема сигмоидална функция, която предотвратява евентуални проблеми със сходимостта. Моделът е приложен и анализиран в проста мемристорна матрица-памет. Функционирането на модела е в добро съответствие с основните характеристики и свойства на мемристорите. Установено е неговото правилно функциониране и приложимост в сложни електронни схеми.

7.8 V. Mladenov and **S. Kirilov**, A Neural Synapse Based on Ta2O5 Memristor, *2021 17th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications (CNNA)*, Catania, Italy, 29 – 30 September 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/CNNA49188.2021.9610807. (Scopus, Google Scholar). (20 точки)

Резюме: (на български език)

Основната цел на тази статия е да предложи подобрена синаптична схема, базирана на мемристори, съдържаща делител на ток тип резистор-мемристор и диференциален усилвател с металоксидно-полупроводникови (MOS) транзистори. Мемристорът е изработен от танталов оксид, легиран с кислородни ваканции. Синаптичната верига съдържа само един мемристор и осигурява положителни, нулеви и отрицателни синаптични тегла. Приложеният модел на танталово-оксиден мемристор е базиран на класическия модел на Hewlett-Packard с няколко модификации и опростявания. Благодарение на приложените оптимизации, разглежданият модел на мемристор е по-бърз от съответния оригинален модел. Синаптичните тегла на разглежданата мемристорна схема, приложена в

невронна мрежа, се регулират чрез напрежителни импулси и работата ѝ е анализирана в LTSPICE среда.

7.9 Kirilov S., Mladenov V., Integrator device with a memristor element, *7th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Thessaloniki, Greece, 07-09 May 2018*, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST.2018.8376656. (Web of Science, Scopus, Google Scholar) (20 точки)

Резюме: (на български език)

Интеграторните схеми са важни модули в по-сложни радиоелектронни устройства. Интересът към проектирането на техните нови схемни реализации е свързан главно с основните им приложения. Целта на това изследване е да предложи цялостен анализ на предложената интеграторна схема, базирана на мемристори, с операционен усилвател. Разглежданата схема е базирана на класическата резисторно-кондензаторна интеграторна схема, заедно с операционен усилвател. В предложената схема резисторът е заменен с мемристор. За симулациите е приложен модифициран нелинеен мемристорен модел, предложен по-рано от авторите в друго изследване. За симулациите са използвани и няколко основни мемристори модела. Направена е оценка на резултатите. Предимства на предложената мемристорна интеграторна схема са по-кратката продължителност на преходния процес и по-високата амплитуда на изходния сигнал, по отношение на класическата схема.

7.10 Mladenov V., Kirilov S., Learning of an Artificial Neuron with Resistor-Memristor Synapses, *IEEE ANNA '18; Advances in Neural Networks and Applications, St. Konstantin and Elena Resort, Bulgaria, 15-17 September 2018*, pp. 1-5. (Scopus, Google Scholar). (20 точки)

Резюме: (на български език)

Изкуствените неврони са важни модули в електронните устройства и системи. Поради широкото им приложение, е от голям интерес да се изследват техните нови и ефективни схемни реализации. Целта на това изследване е да се предложи цялостен анализ на модифициран неврон, базиран на мемристор, с мостови мемристор-резисторни синапси. Анализираното в тази статия устройство е базирано на конвенционален неврон за потискане на шума и резистор-мемристорни синапси. Приложената синаптична схема, базирана на мемристори, е способна да реализира положителни, нулеви и отрицателни синаптични тегла. За компютърните симулации е приложен модифициран мемристорен модел с нелинейно йонно отместване, предложен по-рано от авторите в друга изследователска статия. За настоящото изследване са приложени и няколко основни стандартни мемристорни модела. Направено е сравнение между резултатите и е установено добро съвпадение между тях. Предимствата на предложената синаптична схема са широкият диапазон на промяна на синаптичните тегла, лесният им процес на настройка чрез напрежителни импулси и използването само на два мемристора и два наномасабни резистора за един синапсис.

7.11 Kirilov, S. and Zaykov, I., 2020. Analysis of memristor-based differentiating circuit. *COMPEL-The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*, 39(3), pp.683-690. (Web of Science, Scopus, Google Scholar) (20 точки)

Резюме: (на български език)

Цел – Целта на тази статия е да предложи подробен анализ на диференцираща верига, базирана на мемристори, с буферен усилвател, кондензатор и мемристор.

Проектиране/методология/подходи – Анализираната схема е базирана на диференцираща верига с резистор и кондензатор, заедно с буферен операционен усилвател. В предложената схема резисторът е заменен с мемристорен елемент.

Резултати – Разглежданата схема и нейният класически аналог са изследвани, като се използва правоъгълна импулсна последователност като входен сигнал. Направено е сравнение между получените резултати. Предимство на предложената мемристорна схема е по-кратката продължителност, т.е. по-добрата локализация на изходните импулси, по отношение на правоъгълните входни импулси.

Оригиналност/стойност – Диференциращите схеми са важни модули в радиоелектрониката. Поради широкото им използване, от по-голям интерес е да се анализират техните нови потенциални схематични реализации. За компютърните симулации е използван предварително предложен модифициран нелинеен мемристорен модел. Прилагат се и няколко от най-добрите и широко използвани стандартни мемристорни модели.

7.12 Mladenov V., Kirilov S., A Nonlinear Memristor Model with Activation Thresholds and Variable Window Functions, *15th IEEE International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications, VDE*, 2016, pp. 1-2, ISBN:978-3-8007-4252-3 (Scopus, Google Scholar) (20 точки)

Резюме: (на български език)

Основната идея на настоящото изследване е да се предложи нов мемристорен модел с нелинейно йонно отместване, подходящ както за електрически полета с нисък интензитет, така и за полета с висок интензитет. Новият модел е базиран на обобщения модел на мемристори с гранични условия (GBCM) и модела на Йоглекер и има няколко от техните преимущества. Той е способен автоматично да превключва между няколко прозоречни функции на Йоглекер с различни степенни показатели в процеса си на работа, в съответствие с интензитета на електрическото поле.

7.13 Mladenov V., Kirilov S., Synthesis and Analysis of a Memristor-Based Perceptron for Logical Function Emulation, *Przegląd Elektrotechniczny* vol. 1, 2016, pp. 24-27. (Scopus, Google Scholar), SJR 0.19, CiteScore 1.0. (20 точки)

Резюме: (на български език)

Целта на това изследване е да се предложи ново синаптично устройство, базирано на мемристори, за използване в перцептрони. Анализирана е синаптична верига, образувана

от два мемристора, и е получена линейна зависимост между времето и синаптичното тегло за правоъгълни входни импулси. За регулиране на синаптичното тегло се използват импулси с голяма продължителност и висока амплитуда. Работните входни сигнали са с кратка продължителност и ниска амплитуда, за да се избегне промяна на състоянието на мемристора. Успешна работа на новия линеен синапс, базиран на мемристори се установява след мащабиране на синаптичното тегло.

IV. СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИ и РЕЗЮМЕТА - Показател Г8:

Списък на научните публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в съвременни български научни издания с научно рецензиране от Националния референтен списък

№	Списък на публикации по показател Г.8 <i>научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или редактирани колективни трудове</i>
Г 8.1	Kirilov, S.M. and Zaykov, I.D., “A Metal Oxide Memristor-Based Oscillators and Filters,” <i>PROC. THE TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA</i>, ISSN: 2738-8549, https://doi.org/10.47978/TUS.2022.72.02.006, VOL. 72, NO. 2, YEAR 2022, pp. 32 - 37 (Google Scholar) https://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/files/169/paper_10.47978@TUS.2022.72.02.006.pdf
Г 8.2	Kirilov, S. and Zaykov, I., 2021. „A Neural Network with HfO2 Memristors,“. <i>In Proc. Tech. Univ. of Sofia</i> (Vol. 71, No. 1). , ISSN: 1311-0829, https://doi.org/10.47978/TUS.2021.71.01.006, pp. 30-33 (Google Scholar) https://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/files/169/paper_10.47978@TUS.2021.71.01.006.pdf

Резюме на публикации по показател Г.8

8.1. **Kirilov, S.M.** and Zaykov, I.D., “A Metal Oxide Memristor-Based Oscillators and Filters,” *PROC. THE TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA*, ISSN: 2738-8549, <https://doi.org/10.47978/TUS.2022.72.02.006>, VOL. 72, NO. 2, YEAR 2022, pp. 32 - 37 (**Google Scholar**)

Резюме: (на български език)

Мемристорите са нови и нано-размерни електронни пасивни елементи със запамятаващи свойства, потенциално приложими в различни електронни схеми, като невронни мрежи, схеми-памет, аналогови и цифрови устройства, чийто дизайн и анализ изискват прецизни и в същото време прости модели. В тази статия е предложен един модифициран и подобрен

модел на метал-ооксидни мемристори, който да се използва за предварително проектиране на генератори, филтри и други електронни схеми, базирани на мемристори, чрез подходящ софтуер. Предложеният модел има висока точност, опростени математически изрази и включва и прагове на активиране. Съответстващият му LTSPICE библиотечен модел е генериран и приложен за анализ на генератори, нискочестотни и високочестотни филтри. Предложеният модел правилно изразява нелинейното йонно отместване. Анализирани са основните зависимости ток-напрежение и състояние-поток, както за режими на меко превключване, така и за режими на твърдо превключване. Проведените анализи и симулации потвърждават правилната му работа в електронни схеми, представляващи основните характерно особености и характеристики на мемристорните елементи.

8.2. **Kirilov, S.** and Zaykov, I., 2021. „A Neural Network with HfO₂ Memristors,“. *In Proc. Tech. Univ. of Sofia* (Vol. 71, No. 1). , ISSN: 1311-0829, <https://doi.org/10.47978/TUS.2021.71.01.006>, pp. 30-33 (Google Scholar)

Резюме: (на български език)

През последните двадесетина години, невронните мрежи са обект на интензивни анализи. Една от основните идеи на учените е частично да заменят някои от техните CMOS-базирани елементи с мемристори. Мемристорите са предпочитани за приложение поради запаметяващия ефект, ниската консумация на енергия и нано-размерите. Целта на тази статия е да предложи анализ на невронна мрежа с право предаване на сигналите със синапси, базирани на хафноиво-диоксидни (HfO₂) мемристори, за емуляция на XOR логическа функция. Разглежданата невронна мрежа използва синаптични устройства с мемристор, резистор и диференциален усилвател. Предложената синаптична схема може да осигури положителни, нулеви и отрицателни синаптични тегла. За анализа на невронната мрежа са използвани няколко класически и модифицирани модела на HfO₂ мемристори. Мрежата е успешно тествана в среда на LTSPICE. Появата на проблеми със сходимостта е намалена чрез замяна на стандартната стъпаловидна функция в моделите с нейния гладък и диференцируем аналог. Доказана е способността на модифицираните модели за работа в сложни електронни схеми.

Summary of the scientific publications

Assist. Prof. Dr. Eng. Stoyan Mihaylov Kirilov

for participation in a competition for the academic position of "Associate Professor",
in the field of higher education: 5. Technical Sciences, professional field: 5.2. Electrical
Engineering, Electronics and Automation, specialty: "Theoretical Electrical Engineering",
published in State Newspaper Number 28 / 01-04-2025

I. GENERAL CHARACTERISTICS OF SCIENTIFIC WORKS

Assist. Prof. Dr. Eng. Stoyan Kirilov, submits for participation in the competition 1 monographic work (Indicator B3) and 15 publications (Indicators G7 and G8). 13 publications are referenced and indexed in Scopus and/or Web of Science, of which 3 are with SJR. The remaining 2 are publications in non-refereed journals with scientific review or in contemporary Bulgarian scientific publications with scientific review from the National Reference List. Between the submitted publications, 1 is in Bulgarian and 15 are in English.

II. INDICATOR B3: SUMMARY OF MONOGRAPHIC WORK

Kirilov, S. “Modeling and simulations of memristors and memristor circuits in electronic schemes and neural networks” (in Bulgarian), Sofia, Technical University Publishing House, 2025, ISBN 978-619-167-580-7.

The monograph is dedicated to a relatively new electronic element – the memristor. It has very small dimensions in the nanometer range, has storage and switching properties and good compatibility with CMOS technologies. It has applications in various electronic circuits and neural networks. The monograph presents a study of some of the most commonly used memristor models and circuits. Analytical solutions of some of the corresponding differential equations are proposed, as well as numerical solutions using differential equations, implemented in GNU Octave and LTSPICE are conducted. A library of memristor models has been created on GitHub. The monograph contains four chapters.

Chapter 1 presents an introduction to the software products GNU Octave, LTSPICE, which are mainly used for the study and simulations of memristors. Their physical description, structure, principles of operation, storage and switching properties and behavior in an electromagnetic field are presented.

Chapter 2 describes the modeling of memristors in GNU Octave and the study of some commonly used models. Some of the most commonly used standard memristor models are reviewed, as well as some modified models with improved speed and applicability in complex electronic circuits are investigated. The main characteristics in sinusoidal and pulse modes are studied.

In **Chapter 3**, some commonly used memristor circuits with applications in electronic circuits and neural networks are studied. Mainly, series and parallel circuit with two memristors, a generator with logic gates and memristors, logic elements and a neural network based on memristors are analyzed. The main operating modes of memristors in these devices are reviewed - soft and hard switching regimes.

In **Chapter 4**, a comparison of memristor models is made in terms of their accuracy, speed, complexity, nonlinearity, memory and switching properties. Their main advantages and disadvantages are expressed. Their applicability in electronic circuits and neural networks is described.

III. LIST OF PUBLICATIONS and ABSTRACTS - Indicator D7:

List of scientific publications that are referenced and indexed in world-renowned scientific information databases

№	<i>List of publications by indicator G.7</i> <i>scientific publications in journals, referenced and indexed in world-renowned databases of scientific information</i>
Г 7. 1	Kirilov, S. M, Todorova, V. I, Nakov, O. N, Mladenov, V. M, „Application of a memristive neural network for classification of covid-19 patients,“ <i>International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing</i>, 2021, vol. 15, DOI: 10.46300/9106.2021.15.138, E-ISSN: 1998-4464, pp. 1282 – 1291. (Google scholar, Scopus), SJR 0.195. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85115339601&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Application+of+a+memristive+neural+network+for+classification+of+covid-19+patients%29
Г 7. 2	Mladenov V.; Kirilov S., A Nonlinear Drift Memristor Model with a Modified Biolek Window Function and Activation Threshold, <i>MDPI Electronics</i> 2017, vol. 6, issue 77. https://doi.org/10.3390/electronics6040077, pp. 1 – 15, (Scopus, Web of Science, Google Scholar), IF 2.412, SJR 0.360, CiteScore 2.7. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85032031168&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Nonlinear+Drift+Memristor+Model+with+a+Modified+Biolek+Window+Function+and+Activation+Threshold%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230&relpos=2
Г 7. 3	Mladenov, V. and Kirilov, S.M., 2024, September. “A Simple Memristor Model for Memory Crossbars,” In <i>2024 12th IEEE International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI)</i>, Sozopol, Bulgaria (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/COMSCI63166.2024.10778508 (Scopus, Google Scholar)

	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85215105801&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Simple+Memristor+Model+for+Memory+Crossbars%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230&relpos=1
Γ 7. 4	Mladenov, V., Kirilov, S. and Zaykov, I., "A General Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Filters," <i>Proceedings of 11th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies - MOCASST 2022</i>, 08-10 June 2022, Germany, Bremen, DOI 10.1109/MOCASST54814.2022.9837766, pp. 1 – 4, (Scopus, Web of Science, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85136123753&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+General+Model+for+Metal+Oxide-Based+Memristors+and+Application+in+Filters%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230
Γ 7. 5	V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and S. M. Kirilov, "A Nonlinear Titanium Dioxide Memristor Model for Memory Crossbars Analysis," 2022 <i>26th IEEE International Conference Electronics</i>, 2022, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810434. (Scopus, Web of Science, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85135043222&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Nonlinear+Titanium+Dioxide+Memristor+Model+for+Memory+Crossbars+Analysis%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Γ 7. 6	V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and S. M. Kirilov, "Application of a Nonlinear Drift Memristor Model in Analogue Reconfigurable Devices," 2022 <i>26th International Conference Electronics</i>, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810389. (Scopus, Web of Science, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85135059470&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Application+of+a+Nonlinear+Drift+Memristor+Model+in+Analogue+Reconfigurable+Devices%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230
Γ 7. 7	V. Mladenov and S. Kirilov, "An Improved Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Memory Crossbars," 2022 <i>18th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD)</i>, Sardinia, Italy, 12 June 2022 – 16 June 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SMACD55068.2022.9816355. (Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85134730681&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28An+Improved+Model+for+Metal+Oxide-Based+Memristors+and+Application+in+Memory+Crossbars%29&sessionSearchId=9214578e989695337be76b32b0af6230
Γ 7. 8	V. Mladenov and S. Kirilov, A Neural Synapse Based on Ta2O5 Memristor, 2021 <i>17th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications (CNNA)</i>,

	Catania, Italy, 29 – 30 September 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/CNNA49188.2021.9610807. (Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85122979609&origin=recordpage
Γ 7. 9	Kirilov S., Mladenov V., Integrator device with a memristor element, <i>7th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST)</i>, Thessaloniki, Greece, 07-09 May 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST.2018.8376656. (Web of Science, Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85050132459&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Integrator+device+with+a+memristor+element%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Γ 7. 10	Mladenov V., Kirilov S., Learning of an Artificial Neuron with Resistor-Memristor Synapses, <i>IEEE ANNA '18; Advances in Neural Networks and Applications</i>, St. Konstantin and Elena Resort, Bulgaria, 15-17 September 2018, pp. 1-5. (Scopus, Google Scholar). https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85068581436&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Learning+of+an+Artificial+Neuron+with+Resistor-Memristor+Synapses%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Γ 7. 11	Kirilov, S. and Zaykov, I., 2020. Analysis of memristor-based differentiating circuit. <i>COMPEL-The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering</i>, 39(3), pp.683-690. (Web of Science, Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85081610142&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Analysis+of+memristor-based+differentiating+circuit%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec&relpos=5
Γ 7. 12	Mladenov V., Kirilov S., A Nonlinear Memristor Model with Activation Thresholds and Variable Window Functions, <i>15th IEEE International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications</i>, VDE, 2016, pp. 1-2, ISBN:978-3-8007-4252-3 (Scopus, Google Scholar) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073240608&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28A+Nonlinear+Memristor+Model+with+Activation+Thresholds+and+Variable+Window+Functions%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec
Γ 7. 13	Mladenov V., Kirilov S., Synthesis and Analysis of a Memristor-Based Perceptron for Logical Function Emulation, <i>Przegląd Elektrotechniczny</i> vol. 1, 2016, pp. 24-27. (Scopus, Google Scholar), SJR 0.19, CiteScore 1.0. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84964063314&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Synthesis+and+Analysis+of+a+Memristor-Based+Perceptron+for+Logical+Function+Emulation%29&sessionSearchId=b5cc30eed7115bed1c69e89604b258ec

Summaries of publications by indicator G.7

7.1 Kirilov, S. M., Todorova, V. I, Nakov, O. N, Mladenov, V. M, „Application of a memristive neural network for classification of covid-19 patients,“ *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 2021, vol. 15, DOI: 10.46300/9106.2021.15.138, E-ISSN: 1998-4464, pp. 1282 – 1291. (Google scholar, Scopus), **SJR 0.195**.

Summary

The global pandemic of COVID-19 has affected the lives of millions around the globe. We learn new facts about this corona virus every day. A contribution to this knowledge is described in the paper and it is related to employment of memristor neural networks and algorithms that help us analyze patients' data and determine what patients are at increased risk for developing severe medical conditions once infected with the COVID-19. An efficient separation of potential patients in ill and healthy sub-groups is conducted using software and hardware neural networks, machine learning and unsupervised clustering. In the recent years, many works are related to reducing of neural chips area for the hardware realization of neural networks. For this purpose, a partial replacement of CMOS transistors in neural networks by memristors is made. Some of the main memristor advantages are its lower power consumption, nano-scale sizes, sound memory effect and a good compatibility to CMOS technology. In this reason, the main purpose of this paper is application of a memristor-based neural network with tantalum oxide memristor synapses for COVID-19 analysis. Additional experiments with data clustering are conducted. Experiments show that in fact patients with specific underlying health conditions and indicators are more predisposed to develop severe COVID-19 illness. This research is helpful for engineers and scientists to easier identifying patients that would need medical help.

7.2 Mladenov V.; **Kirilov S.**, A Nonlinear Drift Memristor Model with a Modified Biolek Window Function and Activation Threshold, *MDPI Electronics* 2017, vol. 6, issue 77. <https://doi.org/10.3390/electronics6040077>, pp. 1 – 15, (Scopus, Web of Science, Google Scholar), IF 2.412, SJR 0.360, CiteScore 2.7.

Summary

The main idea of the present research is to propose a new memristor model with a highly nonlinear ionic drift suitable for computer simulations of titanium dioxide memristors for a large region of memristor voltages. For this purpose, a combination of the original Biolek window function and a weighted sinusoidal window function is applied. The new memristor model is based both on the Generalized Boundary Condition Memristor (GBCM) Model and on the Biolek model, but it has an improved property—an increased extent of nonlinearity of the ionic drift due to the additional weighted sinusoidal window function. The modified memristor model proposed here is compared with the Pickett memristor model, which is used here as a reference model. After that,

the modified Biolek model is adjusted so that its basic relationships are made almost identical with these of the Pickett model. After several simulations of our new model, it is established that its behavior is similar to the realistic Pickett model but it operates without convergence problems and due to this, it is also appropriate for computer simulations. The modified memristor model proposed here is also compared with the Joglekar memristor model and several advantages of the new model are established.

7.3 Mladenov, V. and **Kirilov, S.M.**, 2024, September. “A Simple Memristor Model for Memory Crossbars,” *In 2024 12th IEEE International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI)*, Sozopol, Bulgaria (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/COMSCI63166.2024.10778508 (Scopus, Google Scholar)

Summary

Memristors are favorable circuit components with very good commutating and memory properties. They are with small power usage, nano-sizes, and good compatibility to CMOS high-density integrated circuits. Memristors are relevant for creating neural nets, memory arrays, and various electric schemes. The design, analysis and simulations of memristor elements and electronic schemes, based on memristors by software simulators are significant tasks. This paper offers analysis of memristor arrays in GNU Octave and LTSPICE by some numerical methods. The considered modified memristor model is an appropriate one, because it is with a high-rate operation, very good switching features and includes activation threshold, which permits reading and writing processes. A comparison with several other regularly used standard and modified memristor models and analysis of their behavior are conducted. Analyses are made in LTSPICE and Octave, and comparison of obtained results approves model's accurate operation. The suggested work could be suitable for both educational and scientific utilizations.

7.4 Mladenov, V., **Kirilov, S.** and Zaykov, I., “A General Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Filters,” *Proceedings of 11th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies - MOCAST 2022*, 08-10 June 2022, Germany, Bremen, DOI 10.1109/MOCAST54814.2022.9837766, pp. 1 – 4, (Scopus, Web of Science, Google Scholar)

Summary

Memristors are novel and hopeful electronic memory components. They might be potential substitution of the CMOS elements. Owing to their nano dimensions, low power consumption and memorizing properties, the memristors could be applied in artificial neural networks, memory matrices, programmable analog and digital schemes and other electronic circuits. In this work, a modified and simple, fast operating transition metal oxide-based memristor model is proposed. Its respective LTSPICE library model is created and effectively analyzed in simple memristor-based analog filters. The model's operation is in agreement with the main patterns of the memristive

elements. Its correct functioning and applicability in memristor-based electronic circuits is confirmed.

7.5 V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and **S. M. Kirilov**, "A Nonlinear Titanium Dioxide Memristor Model for Memory Crossbars Analysis," *2022 26th IEEE International Conference Electronics*, 2022, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810434. (Scopus, Web of Science, Google Scholar)

Summary

In this work, a modified and highly nonlinear ionic drift titanium dioxide memristor model and its operation in passive and hybrid memory crossbars are presented. In a combination with a differentiable and continuous step-like function, its application and analysis in LTSPICE are considered. The described memristive model is with an enhanced nonlinearity, it includes activation thresholds and successfully represents the boundary effects for hard-switching mode. The terminal state issues are also resolved by the used modified window function. The obtained results are compared with those, derived by applying the classical Lehtonen-Laiho, Joglekar and Biolek memristor models. The improved window function, used in the suggested model, allows altering the time derivative of the state in a broad range and thus the applied memristor model is able to properly operate at higher-frequency signals, retaining its good switching properties. A comparison between the used models according to several significant criteria is conducted. The correct operation of the proposed model in complex electronic schemes is confirmed.

7.6 V. M. Mladenov, I. D. Zaykov and **S. M. Kirilov**, "Application of a Nonlinear Drift Memristor Model in Analogue Reconfigurable Devices," *2022 26th International Conference Electronics*, 13 June 2022 - 15 June 2022, Palanga, Lithuania, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF55059.2022.9810389. (Scopus, Web of Science, Google Scholar)

Summary

In this paper, a highly nonlinear drift transition metal oxide-based memristor model and its applications in analogue reconfigurable devices are considered. In a combination with a nonlinear window function, containing a smooth and differentiable step-like function, its incorporation and analysis in LTSPICE environment are described. Several memristor-based analogue reconfigurable circuits, as an integrator, a differentiating circuit, and a band-pass filter are analysed, applying the modified memristor model. The considered model is with an increased nonlinearity, has activation thresholds and successfully represents the boundary effects for hard-switching operation. The alteration of the characteristics of the considered devices is founded on the change of memductance. The terminal state problems are also avoided, due to the applied step-like function. The derived results are compared with those, obtained from several existing memristor models and a good proximity is established. The proper operation of the considered memristor model in complex electronic circuits is confirmed.

7.7 V. Mladenov and **S. Kirilov**, "An Improved Model for Metal Oxide-Based Memristors and Application in Memory Crossbars," *2022 18th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD)*, Sardinia, Italy, 12 June 2022 – 16 June 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SMACD55068.2022.9816355. (Scopus, Google Scholar)

Summary

Owing to their valuable properties, memristors are applicable in neural networks, memory crossbars, analog and digital programmable devices and others, and their design require simplified memristor models with a good precision. In this paper, a simple, accurate, highly nonlinear and fast operating metal oxide-based memristor model is proposed. Due to the use of a sine hyperbolic dependence between the time derivative of the state variable and voltage, the suggested model has a high precision and correctly represents the nonlinear dopant drift. Its equivalent LTSPICE library model includes activation thresholds and a differentiable sigmoid function, which prevents convergence problems. The model is applied and analyzed in a simple memory matrix. The model's operation is in a good agreement with the main fingerprints of the memristors. Its correct functioning and applicability in complex electronic schemes are established.

7.8 V. Mladenov and **S. Kirilov**, A Neural Synapse Based on Ta2O5 Memristor, *2021 17th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications (CNNA)*, Catania, Italy, 29 – 30 September 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/CNNA49188.2021.9610807. (Scopus, Google Scholar).

Summary

The main purpose of this paper is to propose an improved memristor-based synaptic scheme, containing a resistor-memristor current divider and a differential amplifier with Metal Oxide Semiconductor (MOS) transistors. The memristor is made of tantalum oxide, doped by oxygen vacancies. The synaptic circuit contains only one memristor and produces positive, zero and negative weights. The applied tantalum oxide memristor model is based on the classical Hewlett-Packard model with several modifications and simplifications. Owing to the applied optimizations, the considered memristor model is faster than the corresponding original model. The synaptic weights of the considered memristor scheme, applied in a neural network are adjusted by voltage pulses and its operation is analyzed in LTSPICE environment.

7.9 Kirilov S., Mladenov V., Integrator device with a memristor element, *7th IEEE International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAS)*, Thessaloniki, Greece, 07-09 May 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCAS.2018.8376656. (Web of Science, Scopus, Google Scholar)

Summary

Integrator circuits are significant units in complex radio-electronic devices. The interest in designing of their new schematic realizations is mainly related to their general applications. The aim of this research is to propose a comprehensive analysis of an offered memristor-based integrator circuit with operational amplifier. The circuit under analysis is based on the classical resistor-capacitor integrator scheme together with an operational amplifier. In the suggested circuit, the resistor is replaced with a memristor. For the simulations a previously proposed by the authors in another research modified nonlinear drift memristor model is applied. Several main memristor models are used for the simulations as well. An assessment of the results is completed. Advantages of the proposed memristive integrator circuit is the shortened duration of the transient and the higher amplitude of the output signal.

7.10 Mladenov V., **Kirilov S.**, Learning of an Artificial Neuron with Resistor-Memristor Synapses, *IEEE ANNA '18; Advances in Neural Networks and Applications*, St. Konstantin and Elena Resort, Bulgaria, 15-17 September 2018, pp. 1-5. (Scopus, Google Scholar).

Summary

The artificial neurons are important modules in the electronic devices and systems. Due to their widespread application, it is of high interest their new and efficient schematic realizations to be investigated. The purpose of this research is to suggest a comprehensive analysis of a modified memristor-based neuron with bridge memristor-resistor synapses. The analyzed in this paper device is based on a conventional neuron for noise suppression and resistor-memristor synapses. The applied memristor-based synaptic circuit is able to realize positive, zero and negative synaptic weights. For the computer simulations, a previously proposed by the authors in another research paper modified nonlinear drift memristor model is applied. Several main memristor models are also applied for the present investigation. A comparison between the results is made and a good matching between them is established. Advantages of the proposed synaptic circuit are the wide range of altering the synaptic weights, their simple tuning process by voltage pulses and the use of only two memristors and two nano-scale resistors.

7.11 **Kirilov, S.** and Zaykov, I., 2020. Analysis of memristor-based differentiating circuit. *COMPEL-The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*, 39(3), pp.683-690. (Web of Science, Scopus, Google Scholar)

Summary

Purpose – The purpose of this paper is to propose a detailed analysis of a memristor-based differentiating circuit with buffering amplifier, a capacitor and a memristor.

Design/methodology/approach – The analyzed circuit is based on a resistor-capacitor differentiating scheme together with a buffering operational amplifier. In the proposed circuit, the resistor is replaced by a memristor element.

Findings – The considered circuit and its classical analog are investigated using a rectangular pulse sequence as input signal. A comparison between the derived results is made. An advantage of the proposed memristor circuit is the shortened duration, i.e. higher localization, of the output pulses of rectangular input pulses to be derived.

Originality/value – Differentiating circuits are important modules in radio-electronics. Because of their widespread usage, it is of higher interest that their new potential schematic realizations are analyzed. For the computer simulations, a previously proposed modified nonlinear memristor model is used. Several of the best and widely used basic memristor models are applied as well.

7.12 Mladenov V., **Kirilov S.**, A Nonlinear Memristor Model with Activation Thresholds and Variable Window Functions, *15th IEEE International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications, VDE*, 2016, pp. 1-2, ISBN:978-3-8007-4252-3 (Scopus, Google Scholar)

Summary

The fundamental idea of the present research is to propose a new nonlinear drift memristor model suitable both for low- and high-intensity electric fields. The new model is based on the Generalized Boundary Condition Memristor Model (GBCM) and Joglekar model and it has several of their advantages. It is also able to switching automatically between several Joglekar window functions with different exponents in its operation process in accordance with the electric field intensity.

7.13 Mladenov V., **Kirilov S.**, Synthesis and Analysis of a Memristor-Based Perceptron for Logical Function Emulation, *Przegląd Elektrotechniczny* vol. 1, 2016, pp. 24-27. (Scopus, Google Scholar), SJR 0.19, CiteScore 1.0.

Summary

The purpose of this research is to propose a new memristor-based synaptic device for use in perceptrons. A synaptic circuit made by two memristors is analyzed and a linear relationship between time and synaptic weight is obtained for rectangular input pulses. For adjusting the synaptic weight pulses with long duration and high magnitude are used. The operating input signals are with short duration and low amplitude to avoid altering the memristor state. A successful operation of the new memristor linear synapse is established after scaling the synaptic weight.

IV. LIST OF PUBLICATIONS and ABSTRACTS - Indicator G8:

List of scientific publications in non-refereed journals with scientific review or in contemporary Bulgarian scientific publications with scientific review from the National Reference List

№	List of publications by indicator D.8 scientific publications in non-refereed journals with scientific review or edited collective works
Г 8.1	Kirilov, S.M. and Zaykov, I.D., “A Metal Oxide Memristor-Based Oscillators and Filters,” <i>PROC. THE TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA</i>, ISSN: 2738-8549, https://doi.org/10.47978/TUS.2022.72.02.006, VOL. 72, NO. 2, YEAR 2022, pp. 32 - 37 (Google Scholar) https://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/files/169/paper_10.47978@TUS.2022.72.02.006.pdf
Г 8.2	Kirilov, S. and Zaykov, I., 2021. „A Neural Network with HfO₂ Memristors,“. <i>In Proc. Tech. Univ. of Sofia</i> (Vol. 71, No. 1). , ISSN: 1311-0829, https://doi.org/10.47978/TUS.2021.71.01.006, pp. 30-33 (Google Scholar) https://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/files/169/paper_10.47978@TUS.2021.71.01.006.pdf

Summaries of publications by indicator G.8

8.1. **Kirilov, S.M.** and Zaykov, I.D., “A Metal Oxide Memristor-Based Oscillators and Filters,” *PROC. THE TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA*, ISSN: 2738-8549, <https://doi.org/10.47978/TUS.2022.72.02.006>, VOL. 72, NO. 2, YEAR 2022, pp. 32 - 37 (**Google Scholar**)

Summary

Memristors are novel and nano-sized electronic passive elements with memorizing properties, potentially applicable in different electronic schemes, as neural networks, memory circuits, analog and digital devices, which design requires precise and simple models. In this paper, a modified and improved model of metal oxide memristors is proposed, in order to be used for preliminary engineering of memristor-based generators, filters and other electronic circuits. The offered model has a high accuracy, simplified math expressions and includes activation thresholds as well. Its corresponding LTSPICE library model is generated and applied for analysis of oscillators, low-pass and high-pass filters. The suggested model correctly expresses the nonlinear ionic dopant drift. The basic current-voltage and state-flux relationships are analyzed for both soft-switching and hard-switching modes. The conducted analyses and simulations confirm its correct operation in electronic circuits, representing the main fingerprints of memristor elements.

8.2. **Kirilov, S.** and Zaykov, I., 2021. „A Neural Network with HfO₂ Memristors,“. *In Proc. Tech. Univ. of Sofia* (Vol. 71, No. 1). , ISSN: 1311-0829, <https://doi.org/10.47978/TUS.2021.71.01.006>, pp. 30-33 (**Google Scholar**)

Summary

In the last twenty years, the neural networks are under intensive analyses. One of the main ideas of the scientists is to partially replace some of their CMOS-based elements by memristors. Memristors are preferred for application due to their memory effect, low power consumption and nano-size dimensions. The purpose of this paper is to propose an analysis of a feed-forward neural network with HfO₂ memristor-based synapses for XOR logic function emulation. The considered network uses synaptic devices with a memristor, resistor and a differential amplifier. The proposed synaptic scheme can ensure positive, zero and negative synaptic weights. For the neural network analysis several classical and modified HfO₂ memristor models are used. The network is successfully tested in LTSPICE. The occurrence of convergence problems is reduced by replacing the standard step function in the models by its smooth and differentiable analogue. The capability of the modified models for operation in complex schemes is proven.