

KORIŠTENJE PROGRAMA NI MULTISIM U IZVOĐENJU LABORATORIJSKIH VJEŽBI IZ ELEKTRONIČKIH SKLOPOVA I DIGITALNE ELEKTRONIKE

UTILIZING THE NI MULTISIM PROGRAM FOR THE EXECUTION OF LABORATORY EXERCISES IN ELECTRONIC CIRCUITS AND DIGITAL ELECTRONICS

Jure Zorić

Univerzitet u Bihaću
Tehnički fakultet
Irfana Ljubijankića bb
77000 Bihać
Bosna i Hercegovina

Ključne riječi:

Multisim, virtualni instrumenti, obrazovanje, elektronički sklopovi, digitalna elektronika

Keywords:

Multisim, virtual instruments, education, electronic circuits, digital electronics

Paper received:

30.05.2022.

Paper accepted:

30.09.2022.

Pregledni rad

REZIME:

Konvencionalni školski laboratoriji često su neadekvatno opremljeni u smislu potrebnog hardvera, prostora i druge pomoćne opreme za kvalitetno izvođenje vježbi iz područja koje spada u elektrotehniku. Posebni softverski proizvodi poput programa NI Multisim otklanjaju tu prepreku, te omogućuju kvalitetno savladavanje nastavnog gradiva. Ovaj članak govori o upotrebi, u srednjoškolskom obrazovanju, posebnog softverskog proizvoda NI Multisima, koji se koristi za modeliranje i simulaciju rada elektroničkih sklopova i digitalnih elektroničkih sustava. Opisani su konkretni slučajevi u izvođenju laboratorijskih vježbi iz elektroničkih sklopova i digitalne elektronike kroz koje se mogu naslutiti mogućnosti proizvoda NI Multisim. Na kraju članka predstavljeni su zaključci o obavljenom radu.

Review article

SUMMARY:

Conventional school laboratories are often inadequately equipped in terms of the necessary hardware, required space and other supporting equipment needed to guarantee the quality of laboratory exercises in the field of electrical engineering. Special software products such as NI Multisim remove many obstacles and enable better mastering of learning materials. This article discusses the use of a special software product called NI Multisim in modeling and simulating operations of electronic circuits and digital electronic circuits at the high school level. Specific cases of performing laboratory exercises on electronic circuits and digital electronics are described, what also gives a glimpse of potentials of NI Multisim. At the end of the article, conclusions about the work performed are presented.

1. UVOD

Osim teoretskog znanja o raznim elektroničkim i digitalnim sklopovima bitno je i znanje koje učenici stječu kroz praktične vježbe. Ta dva oblika nastave, teoretska i praktična, treba da se međusobno nadopunjavaju i, kao jedinstvena cjelina, omoguće usvajanje znanja i vještina u skladu sa sposobnostima pojedinih učenika.

Praktična nastava se obično izvodi u konvencionalnim školskim laboratorijima. Međutim, kako su oni nerijetko neadekvatno opremljeni, često se koriste posebni softverski proizvodi koji otklanjaju tu prepreku, te omogućuju kvalitetno savladavanje nastavnog gradiva.

1. INTRODUCTION

In addition to theoretical knowledge about analog and digital circuits, the knowledge that students acquire through practical exercises is also important. These two forms of teaching, theoretical and practical, should complement one other and, as a whole, enable the acquisition of knowledge and skills in accordance with the abilities of individual students.

Practical classes are usually held in conventional school laboratories; however, as they are often inadequately equipped, specialized software products are often used to remove this obstacle and allow the mastering of teaching materials at a higher level.

Na tržištu postoji nekoliko softverskih proizvoda za simulaciju rada elektroničkih sklopova i digitalnih elektroničkih sustava. Najpopularniji simulator je SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*) [1,2], osmišljen na Kalifornijskom sveučilištu u Berkeleyu u ranim 70-im godinama XX stoljeća.

NI Multisim [3,4], u nastavku teksta *Multisim*, simulator je zasnovan na SPICE-u, proizveden od NI, američke multinacionalne kompanije, ranije poznate kao *National Instruments Corporation*, sa sjedištem u Austinu, Teksas. Dizajniran je s naglaskom na upotrebi u obrazovanju, te uključuje akademske značajke koje pojednostavljaju podučavanje koncepata iz elektronike.

Korištenjem ovog simulatora na računalu, korisniku programa je omogućeno simuliranje rada elektroničkih sklopova i na taj način korisnik produbljuje znanje o načinu na koji ti sklopovi funkcioniraju. Korisnik ima na dispoziciji razne komponente i mjerne instrumente koji se primjenjuju u elektroničkim mjerenjima kako bi postigao svoje ciljeve.

Upotreba softverskih proizvoda za simulaciju [5,6] poput *Multisima* nije uvijek samo zbog neadekvatne opremljenosti laboratorija. Oni se mogu koristiti i zbog sigurnosti koju pružaju u pokusima koji se izvode sa visokim naponima i strujama. Kod takvih pokusa simulacijom se može vidjeti ponašanje sklopova, bez opasnosti od strujnog udara ili oštećenja sklopa.

Simulacijske vježbe obično se izvode na način da učenici dobivaju zadatak iz prethodno teoretski obrađenog gradiva. Oni treba da samostalno izvedu zadatak te dobivene rezultate protumače s učiteljem i zabilježe rješenja u odgovarajuća izvješća.

2. ZNAČAJKE MULTISIMA

Multisim predstavlja jednostavno okruženje za podučavanje, jer se koncepti mogu oživjeti simulacijom bez brige o sintaksi SPICE-a, što obezbjeđuje da se učenici mogu usredotočiti na razumijevanje koncepata sklopova, umjesto da budu frustrirani učenjem okoline. Oni mogu u hodu mijenjati vrijednosti određenih komponenata i vidjeti kako se rezultati simulacije mijenjaju u stvarnom vremenu.

There are numerous software products on the market that simulate the operation of electronic circuits and digital electronic systems. The most popular simulator is SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*) [1,2] designed at the University of California at Berkeley in the early 1970s of XX century.

NI Multisim [3,4], hereinafter referred to as *Multisim*, is a SPICE-based simulator, manufactured by NI, a US multinational company formerly known as *National Instruments Corporation*, based in Austin, Texas. It is designed with an emphasis on educational use, and incorporates academic features that simplify the teaching of electronics concepts.

By using this simulator on a computer, the user of the program is enabled to simulate the operation of electronic circuits and deepen own understanding of how these circuits work. The user has various components and measuring instruments at disposal that can be used for electronic measurements in order to achieve goals.

Use of software products for simulation [5,6], such as *Multisim*, does not come always as a consequence of lacking the adequate laboratory equipment. They can also be preferred for the security they provide in experiments which use relatively high voltages and currents. In such experiments, simulation can provide an insight into the behavior of the circuits, without the risk of electric shock or damage to the circuit.

Simulation exercises are usually based on material previously studied by the students. They should independently perform the required tasks, interpret results they obtained with the teacher and record the solutions in the appropriate reports.

2. MULTISIM'S FEATURES

Multisim is a straightforward teaching environment, because concepts can be brought to life via simulation, without worrying about SPICE syntax, enabling students to focus on understanding circuit concepts, rather than being frustrated by learning environment. They can change the values of certain components in real time and see how simulation results change in real time as well.

Multisim posjeduje mogućnost prilagođavanja korisničkog sučelja, kao i dostupnih instrumenta i analiza, radi bolje kontrole nad onim što učenik može vidjeti i čemu može pristupiti, u svrhu pružanja fleksibilnosti pri uvođenju koncepata na kontrolirani način, tako da učitelj može prilagoditi složenost softvera trenutnoj razini znanja učenika. Navođenje učenika da istražuju scenarije "što ako" pomoću simulacije pojačava koncepte koji se predaju u učionici ili laboratoriju.

Bitan aspekt Multisima je bogata knjižnica elektroničkih i digitalnih komponenti. Knjižnica omogućava korisniku pristup više od 14 000 različitih komponenti od poznatih svjetskih proizvođača poput *Analog Devices*, *Maxim Microchip*, *Texas Instruments* i mnogih drugih u lako pretraživim kategorijama. Komponente se mogu podijeliti u sljedeće tipove:

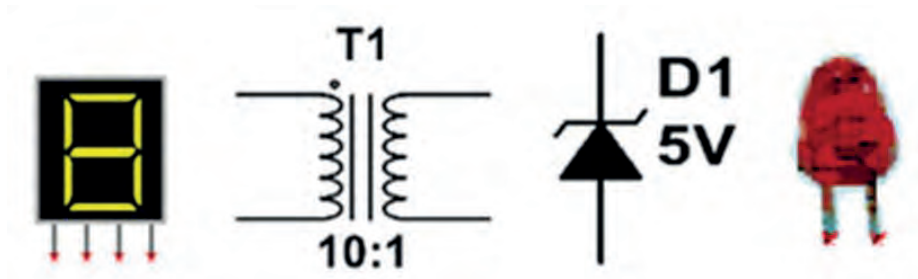
- interaktivne komponente poput sklopki i potencijometara kojima se može upravljati za vrijeme trajanja simulacije,
- animirane komponente (poput LED-a i 7-segmentnih LED zaslona) koje mijenjaju svoj izgled kao odgovor na rezultate simulacije,
- virtualne komponente koje omogućuju postavljanje njihovih parametara na bilo koju vrijednost,
- tzv. *rated* komponente koje "pregore" ako su prekoračeni određeni parametri (naprimjer, snaga ili struja) i
- 3D komponente koje koriste fotografije koje izgledaju poput stvarnih komponenti kako bi zamijenile tradicionalne shematske simbole.

Multisim has the ability to adapt the user interface, as well as available tools and analyses, to provide a better control of what a student can see and access, in order to provide flexibility in introducing concepts in a controlled way, so that the teacher can adjust the software complexity to the student's current level of knowledge. Encouraging students to explore "what if" scenarios through simulation reinforces concepts already taught in the classroom or laboratory.

An essential aspect of Multisim is the rich library of electronic and digital components.

The library provides the user with access to more than 14 000 different components from world-renowned manufacturers such as Analog Devices, Maxim Microchip, Texas Instruments, and many others, in easily searchable categories. Components can be divided into the following types:

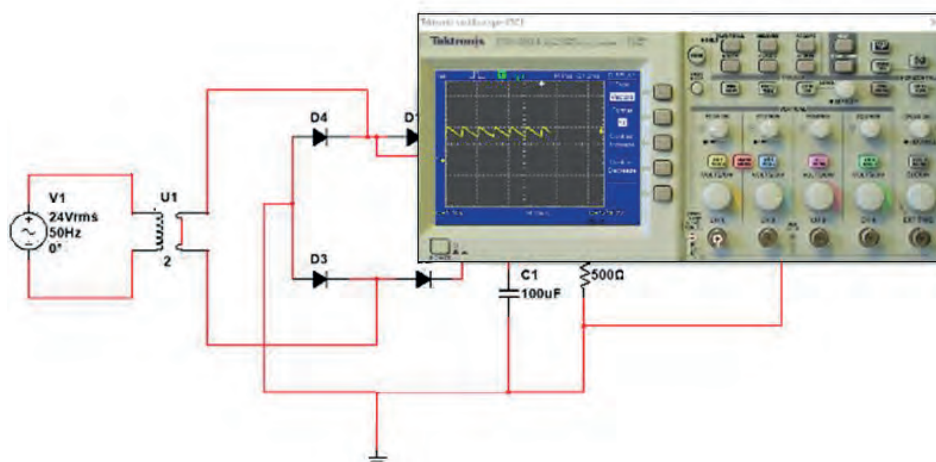
- interactive components such as switches and potentiometers, that can be controlled during the simulation,
- animated components (such as LED and 7-segment LED screens) that change their appearance in response to simulation results,
- virtual components that allow you to set their parameters to any value,
- so-called *rated* components that "burn out" if certain parameters are exceeded (e.g. power or current),
- 3D components that use photos that look like real components to replace traditional schematic symbols.



Slika 1. Primjeri raznih tipova komponenti u Multisimu
Figure 1 Examples of different kinds of Multisim components

Korištenje simulacijskih instrumenata se postiže jednostavnim *drag-drop* principom na radnu površinu unutar Multisima. Tada se može provoditi sva interakcija koja bi se mogla provoditi u stvarnom laboratoriju. Učenici mogu mjeriti ili vršiti postupak otklanjanja problema pomoću raznih virtualnih instrumenata (multimetra, funkcijskog generatora, osciloscopa, Bodeovog plotera, generatora riječi, logičkog analizatora, logičkog konvertora itd.). Pored standardnog paketa instrumenata, Multisim raspolaže i sa simuliranim osciloskopima tvrtki Agilent i Tektronix, koje omogućuju učenje učenika na stvarnim instrumentima ovih dobavljača.

Utilisation of simulation instruments is achieved via a straightforward drag-drop principle within the Multisim desktop. All interactions that could be performed in an actual laboratory can therefore be performed here as well. Students can measure or perform a troubleshooting procedure using a variety of virtual instruments (multimeter, function generator, oscilloscope, Bode plotter, word generator, logic analyzer, logic converter, etc.). In addition to the standard instrument package, Multisim also has simulated oscilloscopes from Agilent and Tektronix, what enable students to learn using real instruments from these suppliers.



Slika 2. Tektronixov osciloskop
Figure 2 Tektronix oscilloscope

3. UTISCI O VJEŽBAMA IZ ELEKTRONIČKIH SKLOPOVA

Stečeno teoretsko znanje iz elektroničkih sklopova učenici su spremni proširiti unutar Multisima izvođenjem laboratorijskih vježbi. Osim toga, cilj je da učenici postanu sposobni koristiti simulacijske instrumente unutar Multisima (ampermetar, voltmeter, ohmmetar, digitalni multimeter, vatmetar itd.) i mjerne instrumente s dvodimenzionalnim prikazom mjerne veličine (katodni osciloskop).

Kao mjeritelji imaju ozbiljnu zadaću da odaberu pravu mjernu metodu kojom će najtočnije izmjeriti mjerenu veličinu, da pravilno odrede mjerne opsege i provedu mjerenje na ispravan način. Poslije svega toga treba da samostalno obrade i prikažu mjerni rezultat, te da izvedu zaključak.

3. IMPRESSIONS OF EXERCISES FROM ELECTRONIC CIRCUITS

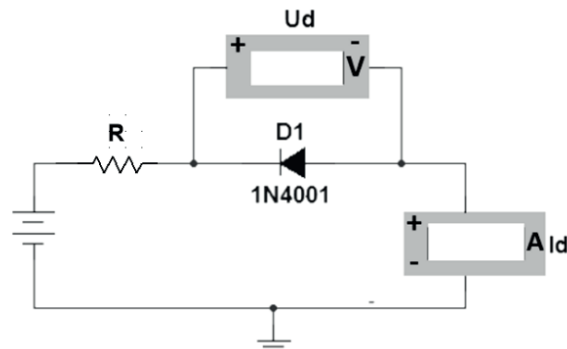
The students are ready to expand their theoretical knowledge of electronic circuits, acquired within Multisim, by performing laboratory exercises. In addition, the goal for students is to become able to use basic simulation instruments (ammeter, voltmeter, ohmmeter, digital multimeter, wattmeter, etc.) and electronic test equipment with two-dimensional display of measurement (cathode oscilloscope) within Multisim.

As the measurers, they have an important task in choosing the correct measuring method to obtain the most accurate measurements, to accurately determine the ranges of measurement and to execute the measurements correctly. After all this, they should independently process and present the measurement result, and be able to draw a conclusion.

3.1. Snimanje strujno-naponske karakteristike energetske diode

Energetska poluvodička dioda predstavlja pojačanu izvedbu poluvodičke diode. Energetske diode u energetske pretvaračima moraju provoditi struje jačine do nekoliko kiloampera u propusnoj polarizaciji, te primati na sebe nekoliko kilovolti napona u reverznoj polarizaciji. Takvi ekstremni zahtjevi za podržavanje izuzetno velikih vrijednosti napona i struje čine analizu ove komponente u školskom laboratoriju nepraktičnom.

Isječak iz laboratorijske vježbe prikazan na slici 3. i predviđen za rad u Multisimu predstavlja shemu za snimanje strujno-naponske karakteristike za zaporan (reverzan) P-N spoj. Za snimanje karakteristike u propusnom području dovoljno je promijeniti polaritet izvora.



Slika 3. Shema spoja za zapornu polarizaciju energetske diode
Figure 3 Diagram for reverse biasing of a power diode

3.2. Punovalni spoj ispravljača u mosnom spoju

Isječak iz laboratorijske vježbe prikazan na slici 4. i predviđen za rad u Multisimu ilustrira koncept punovalnog ispravljača u mosnom spoju, tzv. Graetzov spoj, koji postiže punovalno ispravljanje primjenom četiri diode. Kroz ovu vježbu učenici dobivaju zadatak da odrede srednju vrijednost ispravljenog napona i nacrtaju dijagrame napona sekundara i izlaznog (ispravljenog) napona. Učenici kroz vježbu obogaćuju teoretsko znanje o punovalnom ispravljanju.

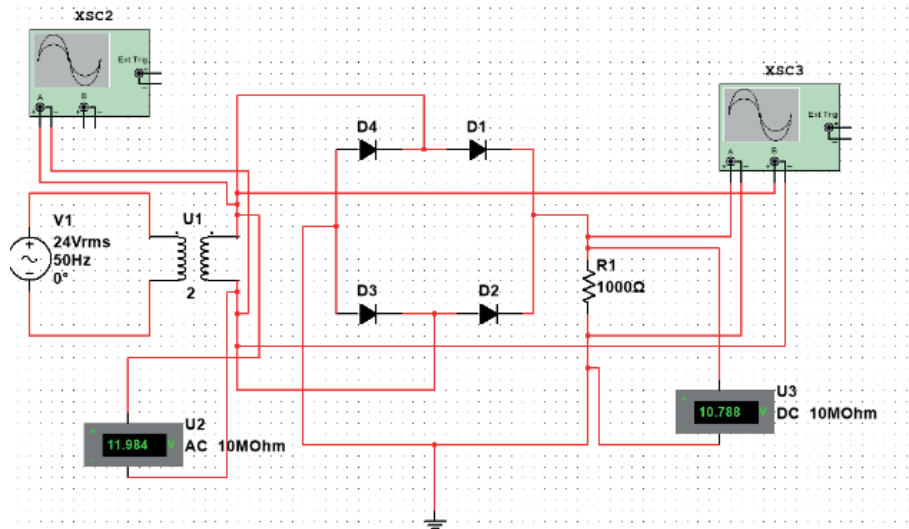
3.1. Recording of the current-voltage characteristic of power diode

The power semiconductor diode represents an amplified type of semiconductor diode. Power diodes in power converters must conduct currents of up to several kiloamperes in forward bias, and receive several kilovolts of voltage in reverse bias. Such extreme requirements to support extremely high voltage and current values make analysis of this component in school laboratories impractical.

The excerpt from the laboratory exercise shown in Figure 3, intended for analysis in Multisim, is a diagram for recording the current-voltage characteristic for the reverse biased P-N junction. To record the characteristic in the forward bias, it is enough to change the polarity of the source.

3.2. Full-Wave Bridge Rectifier

The excerpt from the laboratory exercise shown in Figure 4, intended for analysis in Multisim, illustrates the concept of a full-wave bridge rectifier, sometimes referred to as the Graetz bridge that achieves full-wave rectification using four diodes. Through this exercise, students are tasked with determining the average value of the rectified voltage, then drawing the resultant output waveform of the secondary voltage and the output of rectified voltage. Through this exercise, students enrich their theoretical knowledge of full-wave rectification.



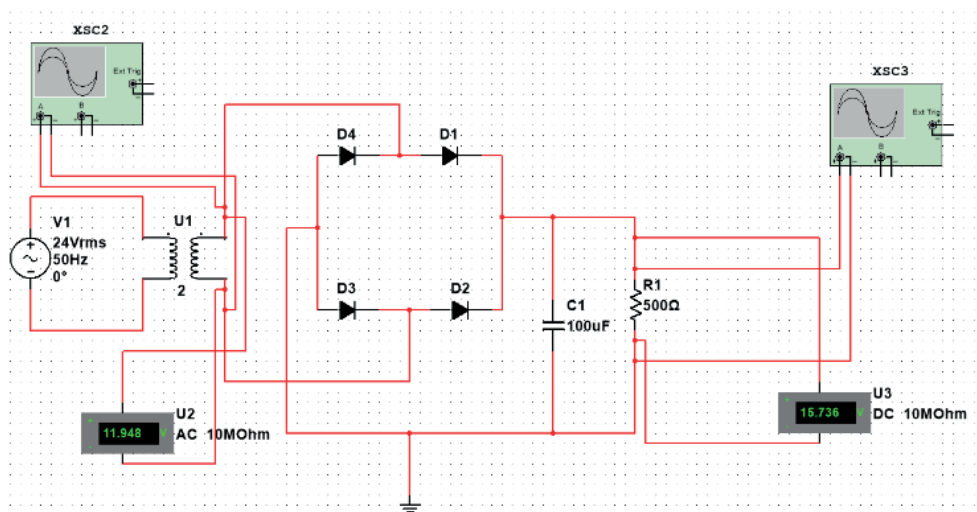
Slika 4. Punovalni ispravljač u mosnom spoju
Figure 4 Full-Wave Bridge Rectifier

3.3. Filtriranje izlaznog napona punovalnog ispravljača u mosnom spoju

Isječak iz laboratorijske vježbe prikazan na slici 5. ilustrira spoj za filtriranje izlaznog napona punovalnog ispravljača s kapacitivnim opterećenjem. Kroz ovu vježbu učenici dobivaju zadatak da za različite vrijednosti otpora trošila i kapaciteta kondenzatora provedu mjerenja srednje vrijednosti izlaznog napona, maksimalne i minimalne vrijednosti izlaznog napona, valovitosti izlaznog napona, vremena nabijanja i izbijanja kondenzatora i proračuna vremenske konstante izbijanja. Osim toga, potrebno je da nacrtaju valne oblike napona na trošilu za neko od mjerenja.

3.3. Full-Wave Rectifier with Capacitor Filter

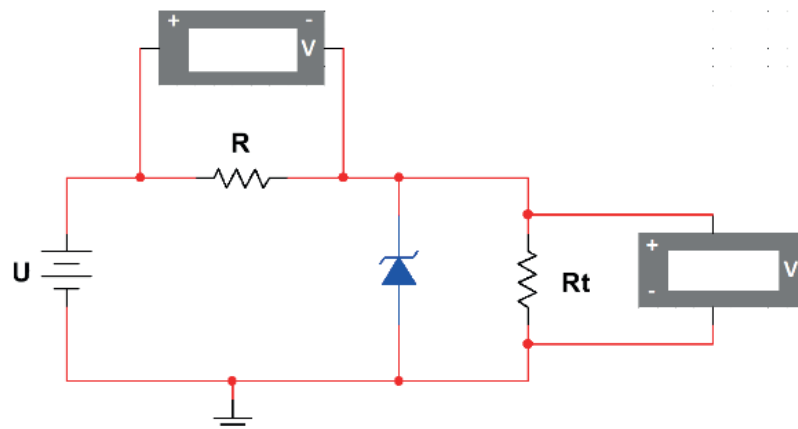
The excerpt from the laboratory exercise shown in Figure 5 illustrates the scheme for filtering the output voltage of a full-wave rectifier with a capacitive load. Through this exercise, students are tasked with determining the average value of the output voltage, maximum and minimum values of the output voltage, the ripple of the output voltage, the rate of charging and discharging of the capacitor and the calculation of the time constant for different values of load resistance and capacitor capacity. In addition, they need to draw voltage waveforms of the load for one of the measurements.



Slika 5. Punovalni ispravljač u mosnom spoju s kondenzatorom
Figure 5 Full-Wave Bridge Rectifier with Capacitor Filter

3.4. Stabilizator napona sa Zenerovom diodom

Isječak iz laboratorijske vježbe prikazan na slici 6. ilustrira spoj za stabiliziranje napona sa Zenerovom diodom, koji mora osigurati stalan izlazni napon, koji se neće mijenjati promjenom ulaznog napona ni promjenom otpora trošila, kao niti promjenom temperature. Učenici tijekom vježbe utvrđuju teoretsko gradivo o stabilizatoru napona sa Zenerovom diodom i uočavaju da Zenerova dioda preuzima na sebe sve promjene ulaznog napona promjenom struje, dajući konstantni izlazni napon trošilu koji je spojen paralelno s njome.



Slika 6 Stabilizator napona sa Zenerovom diodom
Figure 6 Zener Diode as Voltage Stabilizer

3.4. Zener Diode as Voltage Stabilizer

The excerpt from the laboratory exercise shown in Figure 6 illustrates a voltage stabilization with a Zener diode which must provide a constant output voltage that will remain unaffected by changes to the input voltage or by changes to the resistance of the load, nor by temperature changes. During the exercise, students reinforce their theoretical knowledge about Zener diodes as a voltage stabilizer, and will notice that the Zener diode takes on itself all changes of input voltage by changing the current, thus providing a constant output voltage to a load connected in parallel with it.

4. UTISCI O VJEŽBAMA IZ DIGITALNE ELEKTRONIKE

Laboratorijske vježbe iz digitalne elektronike pomoću simulacijskog alata poput Multisima omogućuju učenicima nadogradnju vještina i znanja kroz odabrane edukativne primjere pod vodstvom učitelja. Osim toga, cilj je da učenici postanu sposobni koristiti specifične simulacijske instrumente unutar Multisima, koji su vezani za digitalnu logiku (generator riječi, logički analizador, logički pretvornik itd.).

4.1. Logička algebra

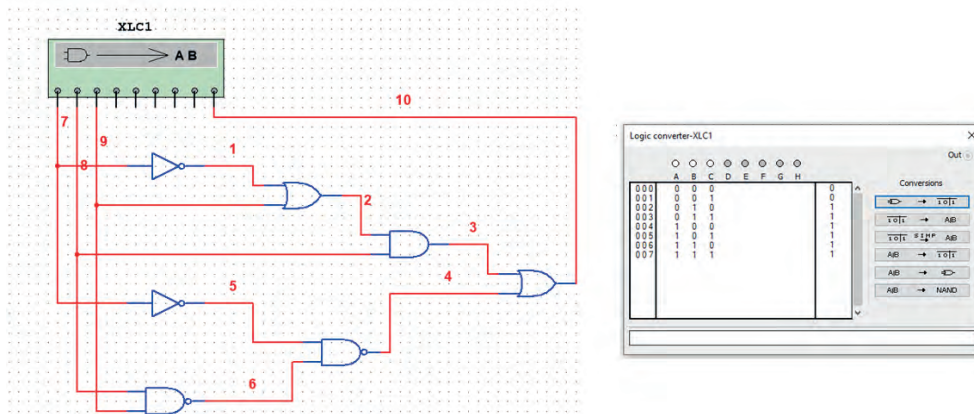
Logički sklopovi spajaju se međusobno radi izvođenja složenijih logičkih operacija. Postupnim spajanjem logičkih sklopova unutar Multisima dobije se odgovarajuća logička shema složenog logičkog sklopa. Nad takvom shemom učenici provode analizu pomoću logičkog pretvornika, kao što je prikazano na slici 7.

4. IMPRESSIONS OF EXERCISES FROM DIGITAL ELECTRONICS

Laboratory exercises in digital electronics using a simulation tool, such as Multisim, allow students to advance their skills and knowledge through educational examples under the guidance of a teacher. In addition, the goal for students is to become able to use specific simulation instruments within Multisim that are related to digital logic (word generator, logic analyzer, logic converter, etc.).

4.1. Boolean Algebra

Logic gates connect together to make more complicated logical operations. By gradual combination of logic gates within Multisim, an appropriate logic scheme of a complex logic circuit is obtained. Students perform an analysis of such a scheme using a logic converter as shown in Figure 7.



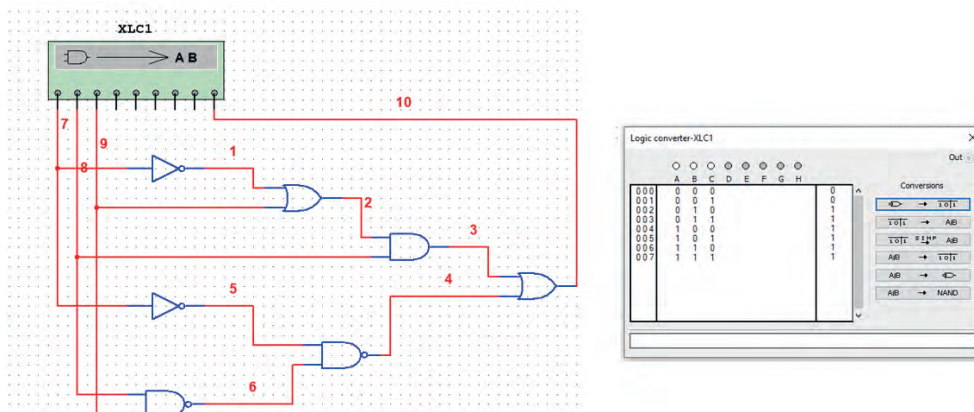
Slika 7. Primjer s logičkom algebrom
 Figure 7 Logic algebra example

4.2. Uvjetno invertiranje sklopom isključivo NILI

Integrirani sklopovi, građeni od logičkih sklopova isključivo NILI, mogu se iskoristiti za uvjetno invertiranje ulaznog signala, kao što je prikazano na slici 8. Učenici upišu u generatore riječi stanja ulaza A i B prema prethodnom zadanom vremenskom dijagramu, te s pomoću logičkog analizatora snime signal na izlazu Y.

4.2. Conditional Inversion With Exclusive-NOR Gates

Integrated circuits built with exclusive-NOR gates can be used for conditional inversion of the input signal as shown in Figure 8. Students write in the word generators the state of inputs A and B, according to the previously given time diagram, and use a logic analyzer to record the signal at output Y.



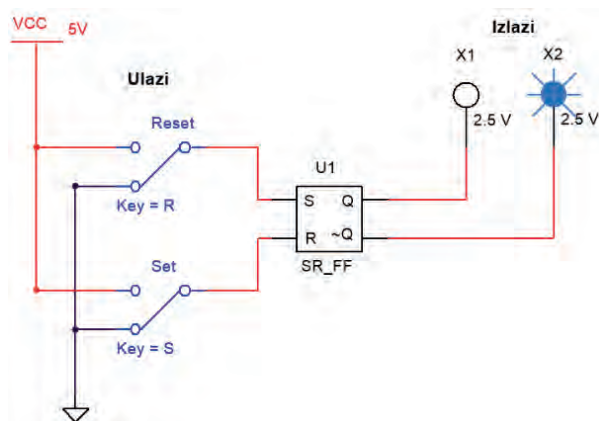
Slika 8. Primjer s integriranim sklopovima isključivo NILI
 Figure 8 Exclusive-NOR Gates example

4.3. Bistabil SR

Temeljni sklop sa svojstvom pamćenja u digitalnoj elektronici je bistabilni multivibrator, kraće bistabil (engl. *bistable multivibrator*, flip-flop), koji predstavlja bitan aspekt digitalne elektronike. Spajanjem logičke sheme prema slici 9. učenici dobivaju integriranu verziju bistabila SR, jednog od tipova bistabila, te mijenjanjem stanja ulaza preko indikatorskih svjetala vide stanja izlaza.

4.3. Bistable SR

The basic circuit with memory properties in digital electronics is a bistable multivibrator, shorter bistable (flip-flop or latch), which represents an important aspect of digital electronics. By connecting the logic scheme according to Figure 9, students get an integrated version of the bistable SR, one of the types of bistable, and by changing the state of the input through the indicator lights see the state of the output.



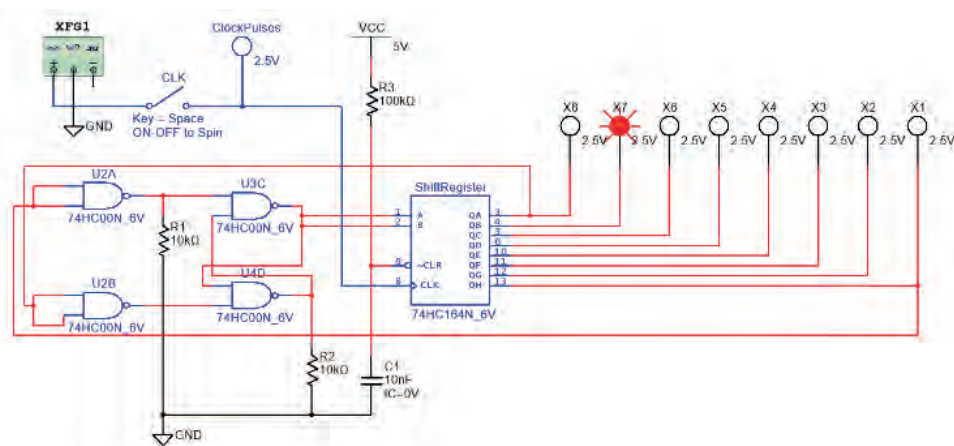
Slika 9. Shema integrirane izvedbe bistabila SR
Figure 9 Scheme of Integrated Version of Bistable SR

4.4. Digitalni rulet

Na slici 10. dat je prikaz realizacije složenog projekta – digitalni rulet. Samo jedna LED žaruljica može svijetliti u nekom trenutku. Prstenasti brojač je zadužen da LED diode svijetle, jedna po jedna, u slijedu. Prstenasti brojač je jednostavno realiziran s posmačnim registrom s dodatnim sklopovima. Složeniji projekti poput ovoga mogu biti prikladni za darovite učenike.

4.4. Digital Roulette

In Figure 10, there is the implementation of a complex project - digital roulette. Only one LED bulb can light up at a time. The ring counter is in charge of making the LED light up, one by one, in sequence. The ring counter is simply done with a shift register with additional circuits. More complex projects like this one may be suitable for gifted students.



Slika 10. Digitalni rulet
Figure 10 Digital Roulette

5. ZAKLJUČAK

U slučaju da ne postoji adekvatno opremljen školski laboratorij, moguće je koristiti simulacijske pakete u nastavi elektroničkih sklopova i digitalne elektronike. U ovome radu opisano je izvođenje takve nastave pomoću jednog od najpoznatijih alata koji omogućuju simulaciju – Multisima. Ukratko su navedene značajke samog programa, te se pristupilo

5. CONCLUSION

If there is no adequately equipped school laboratory, it is possible to use computer simulation software for the teaching of electronic circuits and digital electronics. This paper described the implementation of such types of teaching using one of the most famous tools that allow simulation - Multisim. The features of the program were briefly described,

upotrebi samog alata na odabranim primjerima. Treba napomenuti da interakcije između učitelja i učenika tijekom izvođenja laboratorijskih vježbi potiču aktivno učenje i dovode do maksimiziranja učinka teoretskih predavanja.

and the use of the program was studied with selected examples. It should be noted that interactions between teachers and students during the performance of laboratory exercises encourage active learning and maximize the effects of theoretical lectures.

6. REFERENCES

[1] Nagel, L. W, and Pederson, D. O., SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), Memorandum No. ERL-M382, University of California, Berkeley, 1973

[2] Warwick, C., Everything you always wanted to know about SPICE* (*But were afraid to ask) EMC Journal. Nutwood UK Limited (82): 27–29. ISSN 1748-9253

[3] Báez-López, D., Guerrero-Castro, F. E., Circuit Analysis with Multisim. Universidad de las Américas-Puebla, Morgan & Claypool, 2011

[4] Báez-López, D., Guerrero-Castro, F. E., and Cervantes-Villagómez, O., Advanced Circuit Simulation Using Multisim Workbench. Universidad de las Américas-Puebla, Morgan & Claypool, 2012

[5] Nagel, L. W, SPICE2: A computer program to simulate semiconductor circuits, Memorandum No. M520, Department of Electrical Engineering, University of California at Berkeley, 1975

[6] Antognetti, P. and Massobrio, G., Semiconductor device modeling with SPICE, McGraw-Hill Book Co., New York, 1988

Corresponding author:

Jure Zorić

University of Bihać

Faculty of Technical Engineering

Irfana Ljubijankića bb

77000 Bihać

Email: jure091@gmail.com

Phone: + 387 63 809 886