

Zaštitno kodiranje signala

Laboratorijska vježba 9

SP

*LFSR za generiranje nizova
maksimalne duljine, PN nizovi*

Student:

prezime	Ime	mat. broj
	Laboratorij	Datum

Sadržaj:

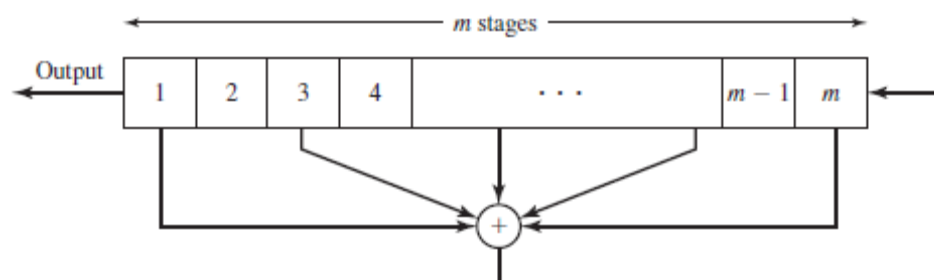
1.	LABORATORIJSKA VJEŽBA 9: LFSR ZA GENERIRANJE NIZOVA	
	MAKSIMALNE DULJINE, PN NIZOVI	1
1.1.	1.1. Uvod	1
1.2.	1.2. DEFINICIJA	1
1.2.1.	1.2.1. ŠUM	1
1.2.2.	1.2.2. OMJER SIGNAL-ŠUM (S/N ILI SNR)	2
1.3.	Vrste šumova i kako oni utječu na mrežu	2
1.3.1.	PRIMJENA	3
1.4.	Teorijske osnove	3
1.5.	Generiranje nizova maksimalne duljine posmičnim registrom	4

Sazdano od:

Napomena: Cjelovit opis vježbe nalazi se na: MOODLE

1. Vidi: [Maximum-Length Sequences.doc](#)
2. Vidi: [Linear Feedback Shift Registers.doc](#),
3. Vidi: [LFSR i binomni polinomi.doc](#)
4. Vidi: [Polinomski prikaz LFSR.doc](#)
5. Vidi: [Linear feedback shift register.doc](#)

1. LABORATORIJSKA VJEŽBA 9: LFSR ZA GENERIRANJE NIZOVA MAKSIMALNE DULJINE, PN NIZOVI



Slika 10.47 Općenit posmični registar s m-stanja i linearnom povratnom vezom.

Tablica 10.3 Veze posmičnoga registra za generiranje nizova maksimalne vjerojatnosti ML (maximum-likelihood)

1.1. 1.1. Uvod

Postoje razni načini kako generirati slučajan šum. Metoda koja izgleda kao najočitija počinje od elementa na koje djeluje šum, otpor (termički šum), tranzistor, Zener dioda, itd., i povećavaju proizveden šum. U stvari, to je metoda koja se koristi za mjerenje šuma profesionalnom opremom vrlo visokih frekvencija. Za niže frekvencije, obično se koristi rješenje pseudo-slučajnoga niza binarnih znakova PRBS (*Pseudo-Random Binary Sequence*). Iako se ne radi o potpuno slučajnome nizu (jer isti strujni krugovi točno reproduciraju isti niz impulsa), njihova statistička i frekvencijska ponašanja su vrlo slična bijelome šumu (približno iste snage u frekvencijskome pojasu koji nas ovdje zanimaju), gdje je generiran niz dovoljno dugačak.

1.2. 1.2. DEFINICIJA

1.2.1. 1.2.1. ŠUM

Šum je neželjena električna ili elektromagnetska energija koja degradira kvalitetu signala i podataka. Šum se javlja u digitalnim i analognim sustavima, a može utjecati na datoteke i komunikacije svih vrsta, uključujući tekst, programe, slike, audio i telemetriju.

U ožičenim krugovima kao što je povezivanje na Internet telefonskom linijom, vanjski šum generiraju aparati u blizini, električni transformatori, šum se stvaraju atmosferske (ne)prilike pa se generira čak i iz svemira. Taj šum ima male ili nikakve posljedice. Međutim, za vrijeme jakih oluja, ili na mjestima s mnogo električkih uređaja u upotrebi, vanjski šumovi mogu utjecati na komunikaciju. U internetskom povezivanju šum usporava brzinu prijenosa podataka, jer sustav mora prilagoditi svoju brzinu odgovarajućim uvjetima na liniji. U telefonskom razgovoru, šum zvuči kao pištanje ili krčanje.

Šum predstavlja veći problem u bežičnim, nego u ožičenim sustavima. Općenito, šum koji potječe izvan sustava, obrnuto je proporcionalan frekvenciji, a upravo proporcionalan valnoj duljini. Na niskim frekvencijama (npr. 300 kHz), atmosferski i električki šum puno su veći nego na visokim frekvencijama (npr. 300 MHz). Šum unutar bežičnih prijemnika, poznat kao *unutarnji šum*, manje je ovisan o frekvenciji. Veći problem zadaju unutarnji šumovi na visokim frekvencijama nego li oni na niskim frekvencijama. Što su manji vanjski, to su značajniji unutarnji šumovi.

Stalno se nastoje razviti bolji načini obrade šumova. Tradicijska metoda je smanjiti propusnost signala u najvećoj mogućoj mjeri. Što manji prostor spektra zauzima signal, manje šumova prolazi kroz strujni krug primatelja. Međutim, smanjenje propusnosti ograničava maksimalnu brzinu isporučenih podataka. Drugi, ne tako davno razvijen plan za smanjenje učinka šumova naziva se *digitalna obrada signala* (*Digital Signal Processing*). Postoji još jedan pristup, a to je korištenje optičkih vlakana. To je tehnologija koja je najmanje osjetljiva na šum.

Omjer signal-šum S/N ili SNR (*signal to noise ratio*) - U analognih i digitalnih komunikacijama, omjer signal-šum mjeri se jakosti signala u odnosu na šum okoline. Ovaj omjer obično se mjeri u decibelima.

1.2.2. OMJER SIGNAL-ŠUM (S/N ILI SNR)

U analognih i digitalnih komunikacijama, omjer signal-šum, često se označava kao S/N ili SNR, a predstavlja mjeru jakosti signala u odnosu na šum okoline. Omjer se obično mjeri u decibelima [dB] i koristi formulu omjera signal-šum. Ako je dolazna snaga signala V_s u [μV], a razina šuma V_n , također u [μV], onda je omjer signal-šum, S/N , u decibelima dan formulom:

$$S/N = 20 \log_{10}(V_s/V_n) \text{ [dB]}.$$

Ako je $V_s = V_n$, onda je $S/N = 0$. U ovome slučaju, granica signala je neprepoznatljiva, jer razina šuma ozbiljno je ugrožava. U digitalnih komunikacijama, to će vjerojatno smanjiti brzinu podataka zbog čestih pogrešaka koje zahtijevaju da izvor (odašiljanje) ponovi slanje nekih paketa podataka.

Idealno, V_s je veći od V_n , pa je veći odnos signal-šum pozitivan. Kao primjer, pretpostavimo da je $V_s = 10,0$ [μV], a $V_n = 1,00$ [μV]. Onda je:

$$S/N = 20 \log_{10}(10.0) = 20,0 \text{ [dB]}$$

Ovo jasno opisuje signal. Ako je signal mnogo slabiji, ali još uvijek iznad šumova - recimo 1,30 [μV], onda je:

$$S/N = 20 \log_{10}(1.30) = 2,28 \text{ [dB]}$$

Ovo je granična situacija. U ovim uvjetima moglo bi doći do smanjenja brzine podataka.

Ako je V_s manji od V_n , onda je S/N negativan, što predstavlja nizak omjer signal-šum. U ovoj situaciji, nije moguća pouzdana komunikacija ukoliko se ne poveća razina signala i/ili smanji razina šuma na određenoj (prijemniku).

Uvijek se nastoji postići maksimalan omjer S/N . Tradicijski, to se čini pomoću najužega mogućeg propusnoga pojasa prijemnoga sustava u skladu sa željenom brzinom podataka. Međutim, postoje i drugi načini. U nekim slučajevima, tehnike raspršenoga spektra mogu poboljšati svojstva sustava.

Omjer S/N može se povećati priskrbom maksimalne razine snage izvora. U nekim sustavima koji rade na visokoj razini, unutarnji šum se sveo na minimum spuštanjem temperature sklopova koja je skoro apsolutna nula (-273 stupnja Celzijusa ili -459 stupnjeva Fahrenheita). U bežičnim sustavima, uvijek je važno optimizirati svojstva antena za prijenos i primanje signala.

1.3. Vrste šumova i kako oni utječu na mrežu

Šum je svaki neželjeni signal u komunikacijskome krugu. Druga definicija naziva šum neželjenim smetnjama. Superponira se na koristan signal i teži zasjeniti njegov informacijski sadržaj. Postoje mnoge vrste šumova; Međutim, četiri vrste za telekomunikacijske ili prijenos podataka, najvažnije su toplinski šum, intermodulacijski šum, preslušavanje i impulsni šum.

Termički šum pojavljuje u svim medijima za prijenos i komunikacijskoj opremi, uključujući pasivne uređaje. On proizlazi iz slučajnih gibanja elektrona i odlikuje se jedinstvenom razdiobom energije preko frekvencijskoga spektra i Gaussovom raspodjelom razina. Svaka element opreme i sam prijenosni medij doprinose termalnome šumu u komunikacijskome sustavu, ako je temperatura toga elementa ili medija iznad apsolutne nule. Kad god se molekule zagrijevaju iznad apsolutne nule, prisutan je termički šum. Što se stvara ili primjenjuje više topline, to je veći stupanj termičkoga šuma.

Intermodulacijski šum IM (*Intermodulation noise*) posljedica je prisutnosti intermodulacijskih umnožaka. Ako dva signala frekvencija f_1 i f_2 prođu kroz nelinearan uređaj ili medij, rezultat će sadržavati IM umnožak koji predstavlja lažne frekvencijske komponente energije. Za određeni uređaj, ove komponente mogu biti unutar ili izvan frekvencijskoga opsega. IM umnošci mogu se proizvesti harmonicima poželjnih signala, ili kao međusobni umnošci harmonika ili umnošci između harmonika jednoga i drugoga osnovnoga signala ili između samih signala. Umnošci se javljaju ako se dva (ili više) signala zajedno "miješaju".

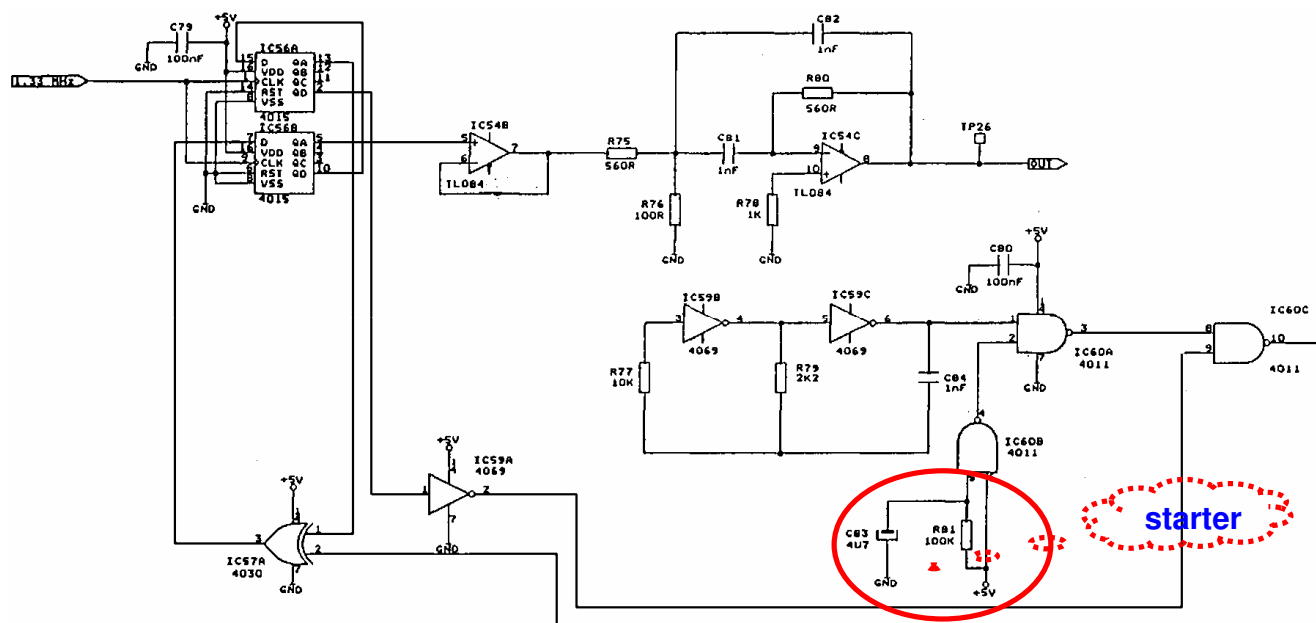
Preslušavanje označava neželjeno uparivanje putova signala. U osnovi postoje tri uzroka preslušavanja: (1) električni spoj između prijenosnih medija, kao što su između parova žica na glasovnim frekvencijama (VF) kabela, (2) loša kontrola frekvencijskoga odziva (tj. neispravan filter ili loše oblikovanje filtra) i (3) nelinearna svojstva analognih (FDM) multipleksnih sustava. Pretjerana razina može pogoršati preslušavanje. Analogan prijenos iskrivljuje se preslušavanjem pa se smanjuje učinkovitost BER (*bit error rate*) na digitalnome putu.

Impulsni šum je kontinuiran niz nepravilnih impulsa ili šumova "šiljaka" kratkoga trajanja, široke spektralne gustoće i relativno visokih amplituda. Jezikom struke, ovi šiljci često se nazivaju *vršci* (*hits*). Impulsni šum degradira telefoniju malo ili nikako. Međutim, može ozbiljno narušiti svojstva krugova i mreža za prijenosa podataka.

Inženjer u telekomunikacijama koji radi na prijenosnim uređajima, često se naziva *borac protiv šumova*.

1.3.1. PRIMJENA

Komunikacijske vježbe koriste modul šuma koji proizvodi pseudo-slučajan binarni niz, a zatim ih šalje kroz niskopropusni filter. Sklop se koristi na sljedeći način:



Slika: Generator pseudo slučajnoga niza bitova

Sklop se sastoji od skupine D bistabila (IC56) i ekskluzivnih-ILI vrata (IC57) dizajniranih za stvaranje unaprijed određene dužine niza impulsa, nasumce raspoređenih u toj dužini. Integrirani sklop 4015 je posmični registar koji sadrži osam D bistabila, proizvodeći niz duljine 255 bita ($2^n - 1$), gdje je n broj bistabila. Bistabili imaju zajednički takt, a svaki bistabil vodi do sljedećega (trajanje takta impulsa je 1.33 MHz). Dva izlaza koja se koriste za dobivanje željenoga niza vode na ekskluzivna-ILI vrata čiji se izlaz vodi na ulaz posmičnoga registra.

Šum kojega generira ova struktura pokriva cio pojas frekvencija koje se koriste u modulaciji.

Sustav zahtijeva starter (na shemi prikazan crvenom bojom). Za kreiranje startera generira se impuls čije vrijeme trajanja određuju C83 i R81.

1.4. Teorijske osnove

[Predavanje ZKS 6.doc](#)

[Predavanje ZKS 7.doc](#) (VIT)

1.5. Generiranje nizova maksimalne duljine posmičnim registrom

m	Stanja spojena na zbrajalo po modulu-2	m	Stanja spojena na zbrajalo po modulu-2	m	Stanja spojena na zbrajalo po modulu-2
2	<u>(1, 2)</u> (0x3)	13	<u>(1, 9, 11, 13)</u> , <u>(1, 8, 11, 12, 13)</u> , <u>(1, 3, 4, 13)</u> (0x1FFF)	24	<u>(1, 18, 23, 24)</u> , <u>(1, 2, 7, 24)</u> , <u>(1, 3, 4, 24)</u> (0xFFFFF)
3	<u>(1, 3)</u> (0x7)	14	<u>(1, 6, 10, 14)</u> , <u>(1, 2, 12, 13, 14)</u> , <u>(1, 3, 5, 14)</u> , <u>(1, 11, 12, 14)</u> (0x3FFF)	25	<u>(1, 23)</u> , <u>(1, 3, 25)</u> (0x1FFFFFF)
4	<u>(1, 4)</u> (0xF)	15	<u>(1, 15)</u> , <u>(1, 14, 15)</u> (0x7FFF)	26	<u>(1, 21, 25, 26)</u> , <u>(1, 2, 6, 26)</u> (0x3FFFFFF)
5	<u>(1, 2, 5)</u> (0x1F)	16	<u>(1, 5, 14, 16)</u> , <u>(1, 11, 13, 14, 16)</u> , <u>(1, 3, 12, 16)</u> , <u>(1, 2, 3, 5, 16)</u> (0xFFFF)	27	<u>(1, 23, 26, 27)</u> , <u>(1, 2, 5, 27)</u> (0x7FFFFFF)
6	<u>(1, 6)</u> (0x3F)	17	<u>(1, 15)</u> , <u>(1, 14, 17)</u> , <u>(1, 3, 17)</u> (0x1FFFF)	28	<u>(1, 26)</u> , <u>(1, 3, 28)</u> (0xFFFFF)
7	<u>(1, 7)</u> , <u>(1, 3, 7)</u> (0x7F)	18	<u>(1, 12)</u> , <u>(1, 11, 18)</u> , <u>(1, 7, 18)</u> , <u>(1, 2, 5, 18)</u> (0x3FFFF)	29	<u>(1, 28)</u> , <u>(1, 2, 29)</u> (0x1FFFFFF)
8	<u>(1, 5, 6, 7)</u> , <u>(1, 2, 7, 8)</u> , <u>(1, 2, 3, 4, 8)</u> (0xFF)	19	<u>(1, 15, 18, 19)</u> , <u>(1, 14, 17, 18, 19)</u> , <u>(1, 2, 5, 19)</u> , <u>(1, 5, 6, 19)</u> (0x7FFFF)	30	<u>(1, 8, 29, 30)</u> , <u>(1, 4, 6, 30)</u> (0x3FFFFFF)
9	<u>(1, 4, 9)</u> (0x1FF)	20	<u>(1, 18)</u> , <u>(1, 3, 20)</u> (0xFFFF)	31	<u>(1, 29)</u> , <u>(1, 3, 31)</u> (0x7FFFFFF)
10	<u>(1, 3, 10)</u> (0x3FF)	21	<u>(1, 20)</u> , <u>(1, 2, 21)</u> (0x1FFFF)	32	<u>(1, 11, 31, 32)</u> , <u>(1, 2, 3, 5, 7, 32)</u> (0xFFFFF)
11	<u>(1, 2, 11)</u> (0x7FF)	22	<u>(1, 22)</u> (0x3FFFF)	33	<u>(1, 24)</u> , <u>(1, 4, 6, 33)</u>
12	<u>(1, 4, 6, 12)</u>	23	<u>(1, 19)</u> , <u>(1, 18, 23)</u> , <u>(1, 5, 23)</u> (0x7FFFF)	34	<u>(1, 8, 33, 34)</u> , <u>(1, 2, 5, 6, 7, 34)</u> (0x1FFFFFF)
Napomena: Polinomi sa zelenom podlogom su provjereni, a s ljubičastom nisu ispravni! Neprovjereni su 31, 32, 33, 34!					

Tablica 10.3 Veze posmičnoga registra za generiranje nizova maksimalne dužine ML (*maximum-length*)

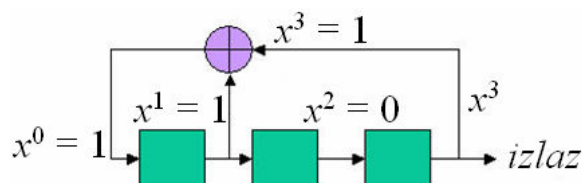
m	Stanja spojena na zbrajalo po modulu-2	m	Stanja spojena na zbrajalo po modulu-2	m	Stanja spojena na zbrajalo po modulu-2
2	<u>(1, 2)</u>	13	<u>(1, 9, 11, 13)</u> , <u>(8, 11, 12, 13)</u> , <u>(1, 3, 4, 13)</u>	24	(1, 18, 23, 24), (1, 2, 7, 24)
3	<u>(1, 3)</u>	14	<u>(1, 6, 10, 14)</u> , <u>(2, 12, 13, 14)</u>	25	(1, 23 (3, 25)
4	<u>(1, 4)</u>	15	<u>(1, 15)</u> , <u>(14, 15)</u>	26	(1, 21, 25, 26), (1, 2, 6, 26)
5	<u>(2, 5)</u>	16	<u>(1, 5, 14, 16)</u> , <u>(11, 13, 14, 16)</u> , <u>(1, 3, 12, 16)</u>	27	(1, 23, 26, 27), (1, 2, 5, 27)
6	<u>(1, 6)</u>	17	(1, 15), (14, 17), (3, 17)	28	(1, 26 (3, 28)
7	<u>(1, 7)</u> , <u>(3, 7)</u>	18	(1, 12), (11, 18), (7, 18)	29	(1, 28),
8	<u>(1, 5, 6, 7)</u> , <u>(1, 2, 7, 8)</u> , <u>(2, 3, 4, 8)</u>	19	(1, 15, 18, 19), (14, 17, 18, 19), (1, 2, 5, 19)	30	(1, 8, 29, 30),
9	<u>(4, 9)</u>	20	(1, 18 (3, 20)	31	(1, 29)
10	<u>(3, 10)</u>	21	(1, 20 (2, 21)	32	(1, 11, 31, 32)
11	<u>(2, 11)</u>	22	(1, 22)	33	(1, 21)
12	<u>(1, 4, 6, 12)</u>	23	(1, 19), (18, 23), (5, 23)	34	(1, 8, 33, 34)

Slika 10.47 Općenit posmični registar s m stanja i linearnom povratnom vezom.

stupanj (m)	dužina m niza (N)	polinomi	stupanj (m)	dužina m niza (N)	polinomi
1	1	$x + 1$	17	131071	$x^{17} + x^{14} + 1$
2	3	$x^2 + x + 1$	18	262143	$x^{18} + x^{11} + 1$
3	7	$x^3 + x + 1$	19	524287	$x^{19} + x^{18} + x^{17} + x^{14} + 1$
4	15	$x^4 + x + 1$	20	1048575	$x^{18} + x + 1$
5	31	$x^5 + x^2 + 1$	21	2097151	$x^{20} + x + 1$

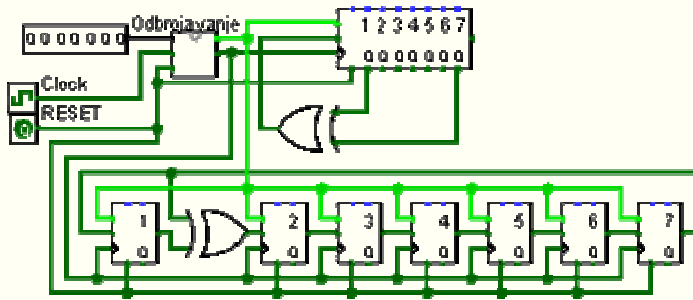
6	63	$x^6 + x + 1$	22	4194303	$x^{22} + x + 1$
7	127	$x^7 + x + 1$	23	8388607	$x^{23} + x^{18} + 1$
8	255	$x^8 + x^7 + x^2 + x + 1$	24	16777215	$(x^{24} + x^{23} + x^{18} + x + 1)$ $(x^{20} + x + 1)$
9	511	$x^9 + x^4 + 1$	25	33554432	$x^{25} + x + 1$
10	1023	$x^{10} + x^3 + 1$	26	67108864	$x^{26} + x^{25} + x^{21} + x + 1$
11	2047	$x^{11} + x^2 + 1$	27	134217728	$x^{27} + x^{26} + x^{23} + x + 1$
12	4095	$x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1$	28	268435456	$x^{28} + x + 1$
13	8191	$x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^8 + 1$	29	536870912	$x^{29} + x + 1$
14	16383	$x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^2 + 1$	30	1073741824	$x^{30} + x^{29} + x^8 + x + 1$
15	32767	$x^{15} + x^{14} + 1$	31	2147483648	$x^{31} + x + 1$
16	65535	$x^{16} + x^{14} + x^{13} + x^{11} + 1$	32	4294967296	$x^{32} + x^{29} + x^{11} + x + 1$

Slijedi primjer generiranja m niza duljine 7. Generator polinom = [310], a može ga se prikazati kao $g = [1011]$ ($g = [x_3x_2x_1x_0]$). Povratne veze posmičnoga registra (LSFR) spojene su na sljedeći način.



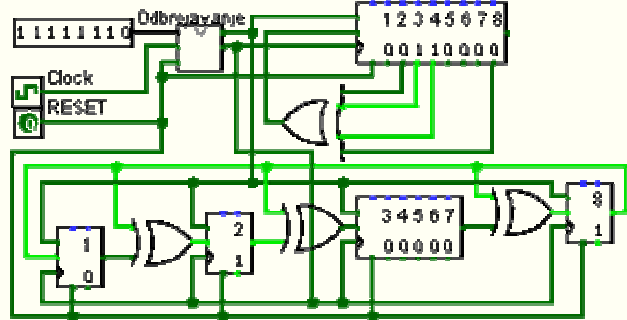
1. 1 stanje (0x1) 	2. 3 stanja (0x3)
$x + 1$ (M niz 1.circ)	$x^2 + x + 1$ (M niz 3.circ)
3. 7 stanja (0x7) 	4. 15 stanja (0xF)
$x^3 + x + 1$ (M niz 7.circ)	$x^4 + x + 1$ (M niz 15.circ)
5. 31 stanje (0x1F) 	6. 63 stanja (0x3F)
$x^5 + x^2 + 1$ (M niz 31.circ)	$x^6 + x + 1$ (M niz 63.circ)

7. 127 stanja (0x7F)



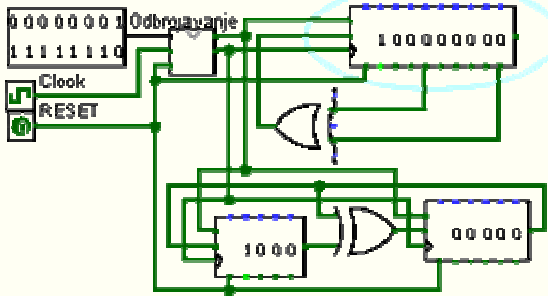
$$(x^7 + x^3 + 1), (x^7 + x + 1) \text{ (M niz 127.circ)}$$

8. 255 stanja (0xFF)



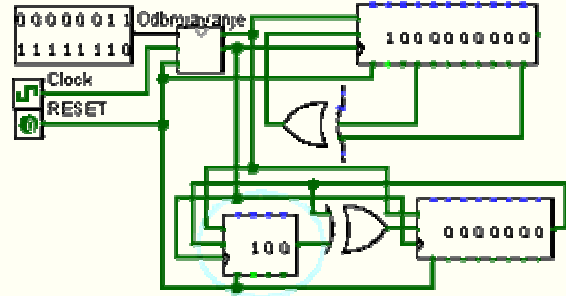
$$(x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1), (x^8 + x^7 + x^2 + x + 1) \text{ (M niz 255.circ)}$$

9. 511 stanja (0x1FF)



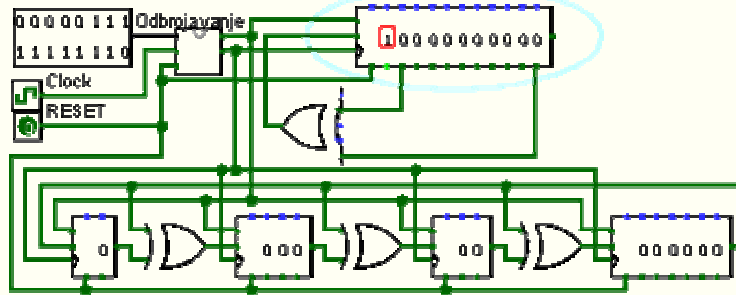
$$x^9 + x^4 + 1 \text{ (M niz 511.circ)}$$

10. 1023 stanja (0x3FF)



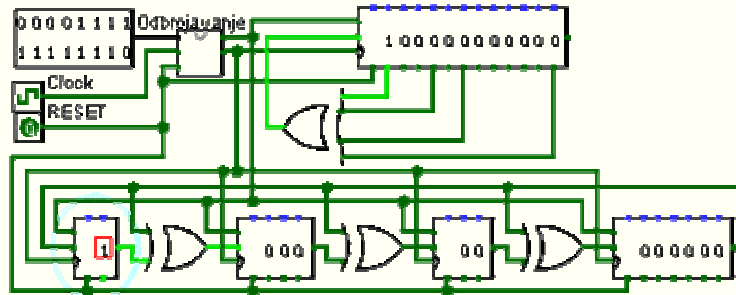
$$x^{10} + x^3 + 1 \text{ (M niz 1023.circ)}$$

11. 2047 stanja (0x7FF)



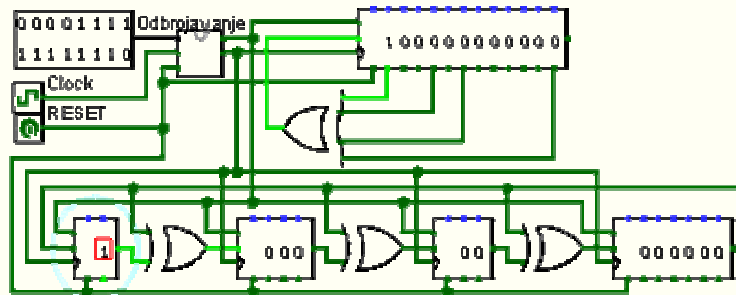
$$x^{11} + x^2 + 1 \text{ (M niz 2047.circ)}$$

12. 4095 stanja (0xFFFF)



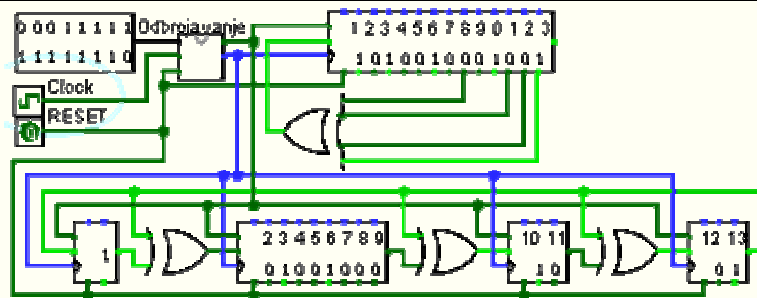
$$x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1 \text{ (M niz 4095.circ)}$$

13. 8191 stanja (0x1FFF)



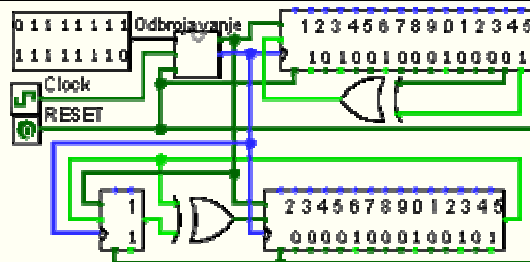
$$(x^{13} + x^{11} + x^9 + x + 1), (x^{13} + x^4 + x^3 + x + 1) \text{ i } (x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^8 + 1) \text{ (M niz 8191.circ)}$$

14. 16383 stanja (0x3FFF)



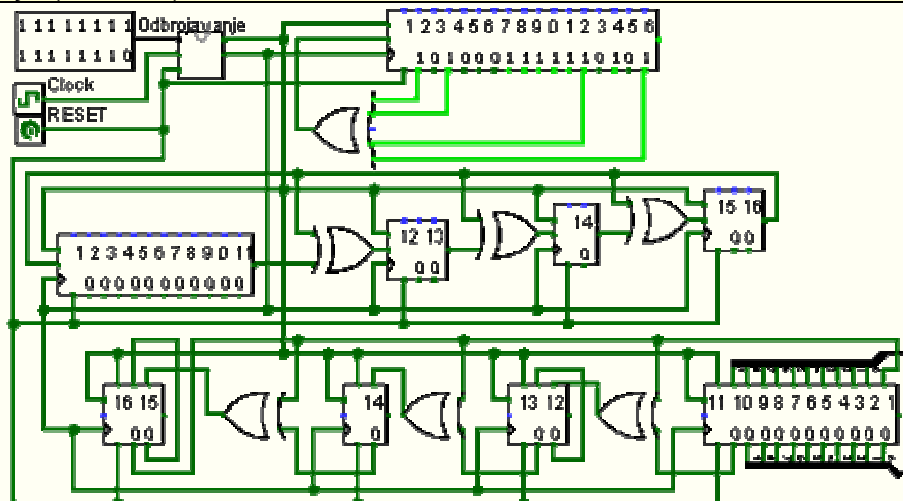
$(x^{14} + x^{10} + x^6 + x + 1)$ i $(x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^2 + 1)$ (M niz 16383.circ)

15. 32767 stanja (0x7FFF)



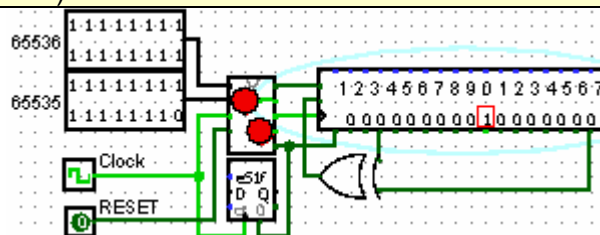
$(x^{15} + x + 1)$, $(x^{15} + x^{14} + 1)$ (M niz 32767.circ)

16. 65535 stanja (0xFFFF)



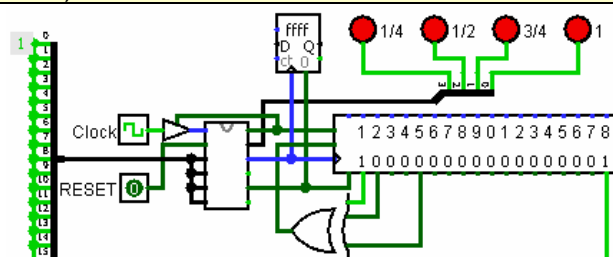
$(x^{16} + x^5 + x^3 + x^2 + 1)$, $(x^{16} + x^{12} + x^3 + x + 1)$, $(x^{16} + x^{14} + x^{13} + x^{11} + 1)$ (M niz 65535.circ) (radi ~ 10 min na XP)

17. 131071 stanja (0x1FFFF)



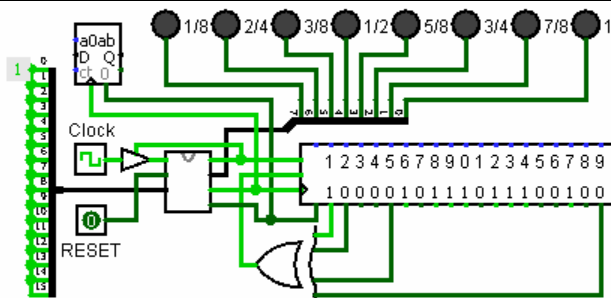
$(x^{17} + x^{14} + 1)$, $(x^{17} + x^3 + 1)$ (M niz 131071.circ)

18. 262143 stanja (0x3FFFF)



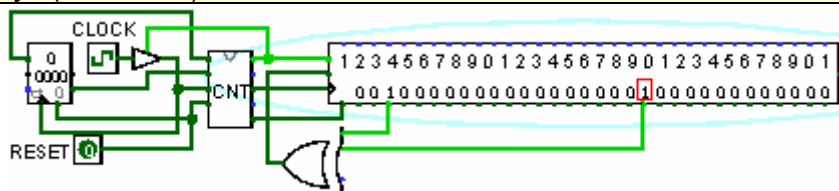
$(x^{18} + x^5 + x^2 + x + 1)$, (M niz 262143.circ)

19. 524287 stanja (0x7FFFF)



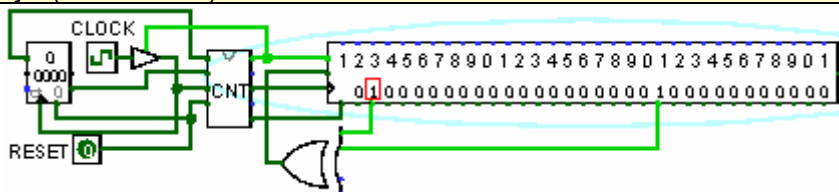
$(x^{19} + x^5 + x^2 + x + 1)$, (M niz 524287.circ)

20. 1048575 stanja (0xFFFFF)



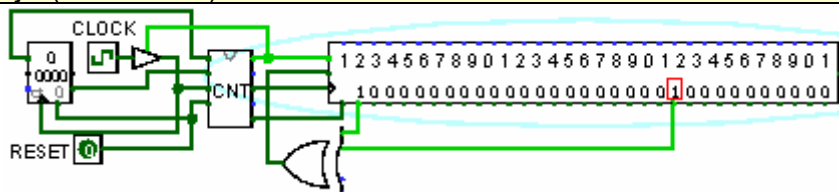
$(x^{20} + x^3 + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

21. 2097151 stanja (0x1FFFFFF)



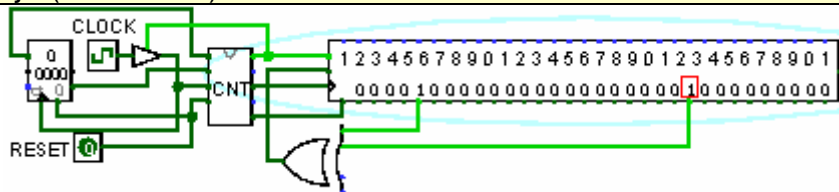
$(x^{21} + x^2 + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

22. 4194303 stanja (0x3FFFFFF)



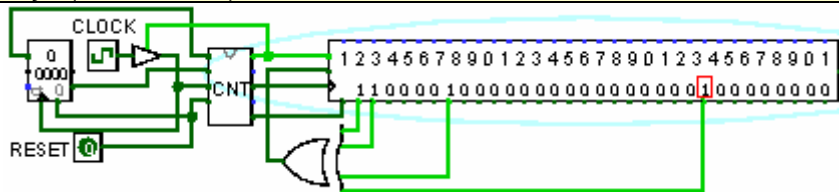
$(x^{22} + x^2 + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

23. 8388607 stanja (0x7FFFFFF)



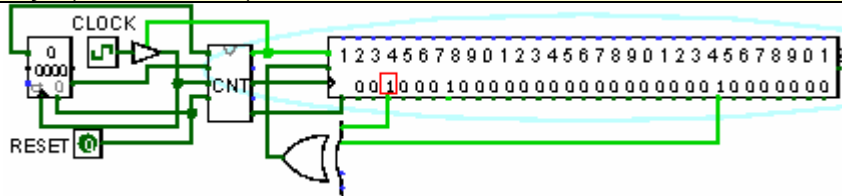
$(x^{23} + x^5 + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

24. 16777215 stanja (0xFFFFF)



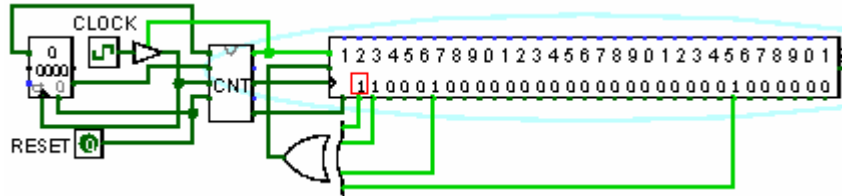
$(x^{24} + x^7 + x^2 + x + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

25. 33554432 stanja (0x1FFFFFFF)



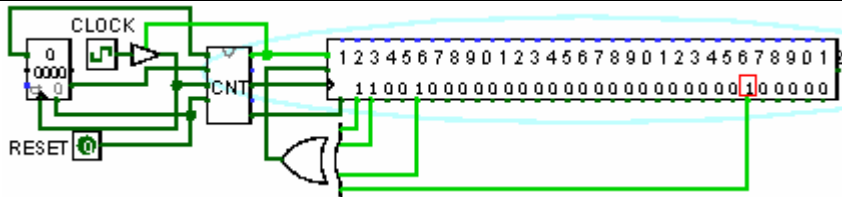
$(x^{25} + x^3 + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

26. 67108864 stanja (0x3FFFFFF)



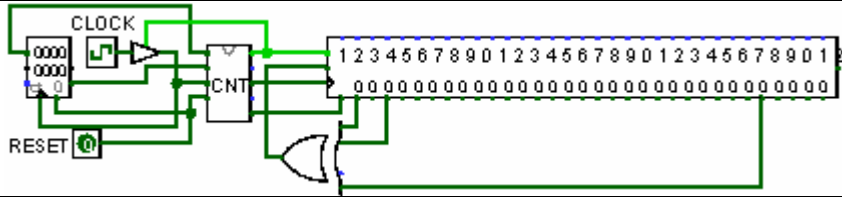
$$(x^{26} + x^6 + x^2 + x + 1), (\text{M niz UNIVERSAL 1.circ})$$

27. 134217728 stanja (0x7FFFFFFF)



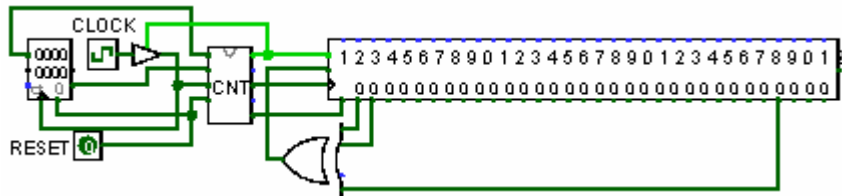
$$(x^{27} + x^5 + x^2 + x + 1), (\text{M niz UNIVERSAL 1.circ})$$

28. 268435456 stanja (0xFFFFFFFF)



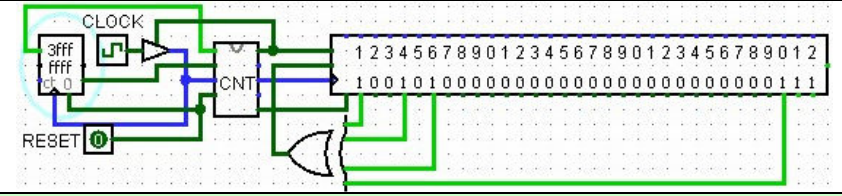
$(x^{28} + x^3 + x + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

29. 536870912 stanja (0x1FFFFFFF)

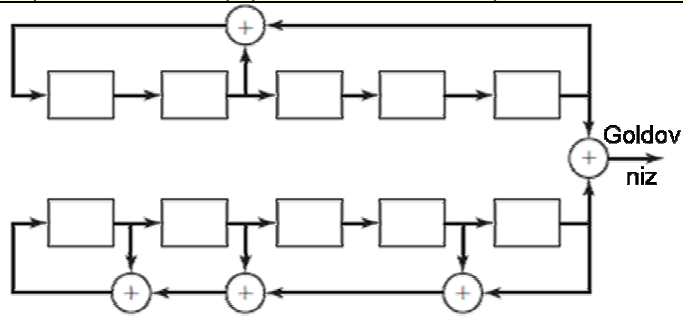


$(x^{29} + x^2 + x + 1)$, (M niz UNIVERSAL 1.circ)

30. 1073741824 stanja (0x3FFFFFFF) (7-dana – Win-7) ([M níz UNIVERSAL 2.circ](#))



31. 2147483648 stanja (0x7FFFFFFF) (14-dana – Win-7)



Slika: Stvaranje Goldovoga niza dužine 31.

32. 4294967296 stanja (0xFFFFFFFF) (28-dana – Win-7)