

Приведены результаты численных расчетов (рис.2) для типичных  $p^+-n-p^+$ -кремниевых ИПД с параметрами:  $\mu_p \cong 450 \text{ см}^2/(В\cdot\text{с})$ ,  $V_{OS} \cong 9 \cdot 10^5 \text{ см/с}$ ,  $J_0 \cong 10 \text{ А/см}^2$ ,  $S \cong 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2$ ,  $L \cong 5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ ,  $T \cong 0,3 \cdot 10^{-10}$ ,  $\theta_s \cong 0,186 \theta$ ,  $N_s \cong 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_s(L) \cong 10^{17} \text{ см}^{-3}$  (значению  $N_s(L)$  соответствует  $\alpha \cong 1,34 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$ ). Показана зависимость  $R_B$  (соответствует кривой  $\alpha=0$ ) от угла пролета  $\theta$  (рис.2). Как видно, при наличии градиента легирующих примесей в пролетном участке ДОО по абсолютной величине увеличивается, а частотный диапазон смещается в область более низких частот.

Таким образом, с помощью выбора соответствующего профиля легирования примесей в  $n$ -области можно в ИПД структурах в определенных условиях увеличить ДОО по абсолютной величине.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян В.М., Буниатян В.В. Инжекционно-пролетные диоды / ЕГУ, - Ереван, 1986. - 226с.
2. Harutunian V.M., Buniatian V.V. The influence of capture of the injected current carriers on the characteristics of BARITT diodes // Sol. St. Electron.-1977.-V.20, № 6.-P. 491-496.
3. Арутюнян В.М., Буниатян В.В. ВЧ характеристики ИПД с неоднородно распределенной примесью в пролетной области // Тез. докл.1-й Нац. конф. "Полупроводниковая микроэлектроника", 22-23 мая, Дилижан /ЕГУ, -1997.- С.95-99.
4. Wright G.T. Small-signal characteristics of semiconductor punch-through injection and transit time diodes // Sol.St.Electron.-1973.-V.16, № 8.- P.903-912.
5. Wright G.T. and Sultan N.B. Small-signal design theory and experiment for the punch-through injection transit time oscillator // Sol.St.Electron.-1973.-V.16, № 4.- P.535-544.
6. Eknoyan O., Sze S.M. and Yang E.S. Microwave BARITT diode with retarding field // Sol. St. Electron.- 1977, - V.20, № 4. - P.285-291.

ГИУА

13.08.1997

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. LI, № 3, 1998, с. 366 - 371.

ՋՏԳ 681.325.6

ՌԱԴԻՈԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ

Ա. Ս. ՄԿՐՏՉԱՆ

### ՖՈՐՄԱԼ ՆԵՅՐՈՆԻ ՏՏՏ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԻՆԵՍԱՆ

Ֆիտարվում է ֆորմալ նեյրոնի էլեկտրական սխեման, որը մուտքային - ելքային տրանսպարանական մակարդակներով լիովին համատեղելի է ավանդական տրանզիստոր-տրանզիստորային տրանսպարանական (ՏՏՏ) սխեմաների հետ, իր մեջ գաղակցում է ՏՏՏ էմիտերական ավանդական տրանսպարանական (ԷԿՏ) սխեմաների առանձնահատկությունները պիստակ է գոյություն ունեցող տեխնոլոգիաներով ինտեգրալ իրականացման համար:

Рассматривается электронная схема формального нейрона, которая по входным и выходным логическим уровням полностью совместима с традиционными ТТЛ схемами, сочетая в себе достоинства ТТЛ и ЭСЛ схем, и пригодна для интегрального исполнения по существующим технологиям.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

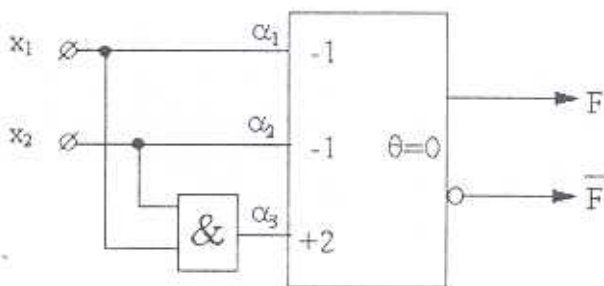
A formal neuron electronic circuit completely compatible with traditional TTL on input and output logic levels combining the advantages of TTL and ECL is considered. It suits for the integrated realization by existing technologies.

Ил. 3. Table 1, Ref. 5.

Ֆորմալ նեյրոնը (ՖՆ) բազմաֆունկցիոնալ եւ ուսուցանվող տրամաբանական էլեմենտ է, որը, ի տարբերություն սովորական շենային տրամաբանական էլեմենտի, ի վիճակի է իրականացնել տվյալ քանակությամբ ( $\delta$ ) տրամաբանական փոփոխականների ցանկացած տրամաբանական ֆունկցիա [1,2,3]: Վերջին տարիներին նեյրոնային ցանցերի եւ նեյրոքոմփյուտերների հետ տարվող աշխատանքների ակտիվացման կապակցությամբ նեյրոնային էլեմենտների ինտեգրալ իրականացման խնդիրը խիստ արդիականացել է:

Ֆորմալ նեյրոնների՝ ներկայումս գոյություն ունեցող էլեկտրական սխեմաները հիմնականում ենթերակապակցված (էԿՏ) սխեմաներ են [4]: Մինչդեռ այսօր ամենատարածված ինտեգրալ միկրոսխեմաները տրանզիստորա-տրանզիստորային (ՏՏՏ) տրամաբանական սխեմաներն են, որոնք մուտքային եւ էլքային տրամաբանական մակարդակներով անհամատեղելի են ՖՆ-երի գոյություն ունեցող էլեկտրական սխեմաների հետ:

Էլեկտրոլ վերը ասվածից, ՖՆ-ի ՏՏՏ սխեմայի մշակումը օրվա խնդիր է, սխեմա, որը ոչ միայն օժտված է ՏՏՏ - էԿՏ սխեմաների դրական հատկանիշներով, այլեւ բավարարում է միկրոէլեկտրոնային տեխնոլոգիայի այսօրվա պահանջները եւ այդ իմաստով պիտանի է ինտեգրալ իրականացման համար:



Նկ. 1. Երկմուտք ՖՆ-ի օրինակ

Դիտարկենք AND տեսակի ՖՆ-ի օրինակ (նկ. 1): Այն տարբերվում է ՌԷ, Մակկալլոկի NAND նեյրոնից նրանով, որ այստեղ ֆունկցիոնալ  $X_1$  եւ  $X_2$ ,

մուտքերը փոխազդում են միմյանց հետ ոչ թե «արգելում», այլ «թուլատրում» ձևով [1, 4]:  $X_1$ -ը եւ  $X_2$ -ը կոչվում են ֆունկցիոնալ (տրամաբանական) մուտքեր, իսկ  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  մուտքերը սինապտիկ մուտքեր: Ընդհանուր դեպքում նեյրոնի շեմային էլեմենտի (ՇԷ) աշխատանքը բնութագրվում է հետևյալ առնչությամբ.

$$F = \text{sign} \left\{ \sum_{i=1}^n \alpha_i w_i - \theta \right\}, \quad (1)$$

որտեղ  $w_i$  -ն  $i$ -րդ սինապտիկ մուտքի կշիռն է ( $w_i \in \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ );  $\theta$  - ն նեյրոնի գրգռման շեմը ( $\theta = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ):

Ընդ որում, Sign ֆունկցիան որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$\text{Sign}(\varphi) = \begin{cases} 1, & \text{եթե } \varphi \geq 0, \\ 0, & \text{եթե } \varphi < 0: \end{cases} \quad (2)$$

Նշանակենք

$$\sigma_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i w_i \quad (3)$$

եւ անվանենք գումարային գրգռում, որն ստանում է նեյրոնը, երբ նրա մուտքին գալիս է ազդանշանների որոշակի համակցություն (կոմբինացիա): Առաջնորդվելով այս նշանակումներով եւ ընդունելով, որ  $\theta = 0$ , կարելի է ասել, որ նկ.1-ում բերված նեյրոնն իրականացնում է

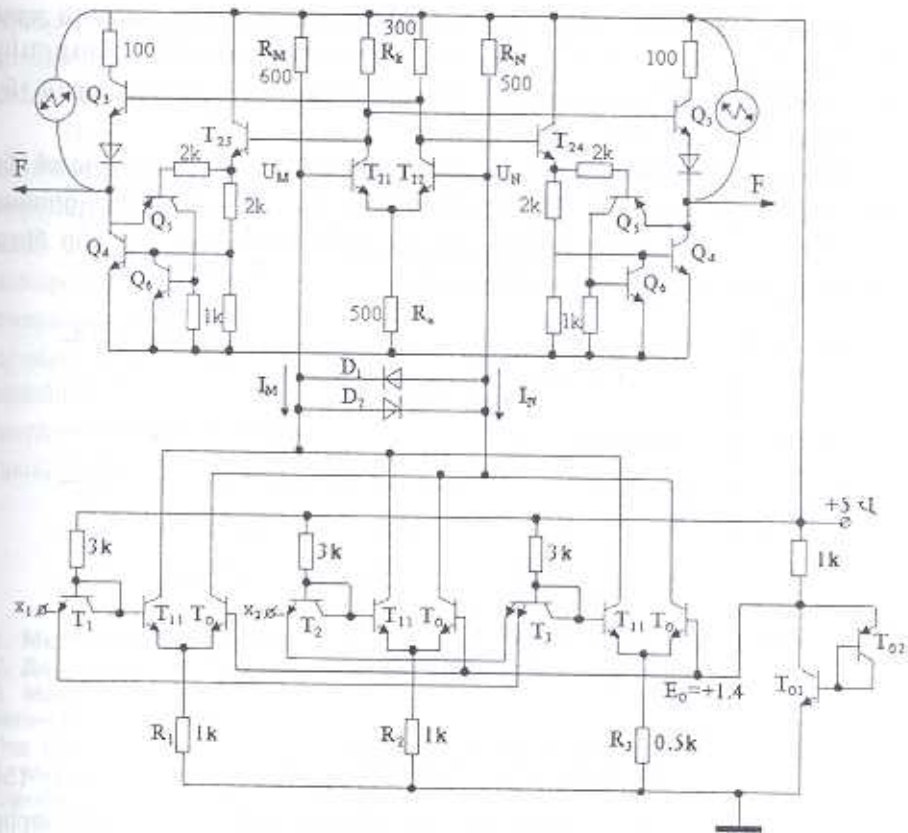
$$F = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 \quad (4)$$

տրամաբանական ֆունկցիան, որը երբեմն կոչվում է «համարժեքության» կամ Վեբբի ֆունկցիա [5]: Դժվար չէ նկատել, որ վերջինս հանրահայտ «մոդուլ 2-ով գումարում» կամ «անհամարժեքություն» ֆունկցիայի բացատրման է: Այսինքն

$$\bar{F} = x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2:$$

Նշենք նաեւ, որ (4) ֆունկցիան  $F = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_n \vee x_1 x_2 x_3, \dots, x_n$  ֆունկցիայի մասնավոր դեպքն է. ֆունկցիա, որը լայն կիրառություն ունի պատկերների ճանաչման խնդիրներում, մասնավորապես պատկերի եզրագիծը գտնելու համար:

Այժմ դիտարկենք նկ.1-ում բերված երկմուտք նեյրոնի առաջարկվող SSS սխեման (նկ. 2): Սխեմայի հիմքում ընկած է երկկասկաղ էԿՏ սխեման, որը մանրամասն նկարագրված է գրականության մեջ [4]: Տարբերությունն այն է, որ սխեմայի մուտքային եւ ելքային կասկաղները կառուցված են այնպես, որ այն, առանց միջանկյալ համաձայնեցնող շղթաների, կարող է աշխատել SSS սխեմաների հաջորդական շղթայում (նկ.3):



Նկ. 2. Երկմուտք ֆորմալ նեյրոնի SSS սխեման



Նկ. 3. ՖՆ-ի տեղը սխեմաների հաջորդական շղթայում

Ինչպես երևում է նկ.2-ի սխեմայից, երկկասկաղ ԷԿՏ սխեմայի կմախքը պահպանված է [4], այսինքն՝ նեյրոնի սինապտիկ մուտքերն իրականացված են հոսանքի փոխանջատիչներով (ՉՓ), որոնց ելքերում դրական եւ բացասական հոսանքները գունարվում են, իսկ դրանց ( $I_M$  եւ  $I_N$ ) համեմատումը տեղի է ունենում ելքային դիֆերենցիալ ուժեղարարի միջոցով, որի ելքերում նորից դրված են էմիտերային կրկնիչներ: Սխեմայի ելքում միացված են SSS սխեմայի ելքային կասկաղները հաջորդական  $Q_3$  եւ  $Q_4$  տրանզիստորներով (նկ.2), սակայն միացումները կատարված են այնպես, որպեսզի ելքում ապահովվեն անհրաժեշտ տրամաբանական մակարդակները.  $U^0 \leq +0,3$  Վ,  $U^1 \geq +3,6$  Վ:

Բացի դրանից, էլքային կասկաղը պարունակում է նաև հատուկ շղթա ( $Q_5, Q_6$ ), որն ապահովում է  $Q_4$  տրանզիստորի պաշտպանությունը գերբեռնվածության հոսանքից երբ տեղի է ունենում էլքի կարճ միացում +5V սնման գծալարի հետ (նկ.2):

Ֆև-ի էլեկտրական սխեմայի (նկ.2) հաշվարկի համար առաջնորդվում ենք Ֆև-ի կառուցվածքային (նկ.1) սխեմայով եւ (1)...(4) ֆունկցիոնալ առնչություններով: Դրանց հիման վրա նախ կազմում ենք նեյրոնի ճիշտ աշխատանքի (ճշմարտության) աղյուսակը.

<i>Աղյուսակ</i>						
$x_1$	$x_2$	$x_1 \& x_2$	$\sum_{i=1}^3 \alpha_i w_i$	F	Պայմանը	
$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$			$U_M, U_N$	$I_M, I_N$
0	0	0	0	1	$U_M < U_N$	$I_M > I_N$
0	1	0	-1	0	$U_M > U_N$	$I_M < I_N$
1	0	0	-1	0	$U_M > U_N$	$I_M < I_N$
1	1	1	0	1	$U_M < U_N$	$I_M > I_N$

Էլնելով էլեկտրական սխեմայից, կարող ենք գրել.

$$U_M = E - I_M R_M, \quad U_N = E - I_N R_N; \quad (5)$$

Աղյուսակի առաջին տողից հետեւում է, որ, անկախ  $I_M$ -ի եւ  $I_N$ -ի արժեքներից, էլման վիճակում ( $X_1=X_2=0$ ) պետք է բավարարվի  $F=1$  պայմանը: Յետևաբար՝

$$R_M > R_N; \quad (6)$$

Դիֆերենցիալ ուժեղարարի նորմալ փոխանջատման համար բավարար է, որ M եւ N կետերի պոտենցիալները տարբերվեն իրարից գոնե  $\Delta U = 0,3 \dots 0,4V$  -ով. Այսնմայից ելնելում է, որ եթե  $I_M, I_N$  հոսանքների մեծ տարբերության պատճառով  $\Delta U$  ավելի մեծ լինի, քան 0,7 V, ապա կբացվի  $q_1$  կամ  $q_2$  դիոդը, եւ տեղի կունենա  $I_M$  եւ  $I_N$  հոսանքների վերաբաշխում: Այսինքն, առաջարկվող սխեմայում միշտ  $\Delta U = |U_M - U_N| \leq 0,7$  V

Էլնելով էլեկտրական սխեմայից (նկ.2), եւ առաջնորդվելով աղ.1-ով, կարող ենք կազմել 4 անհավասարություններից բաղկացած մի համակարգ, որոնց մեջ մտնում են  $R_M, R_N, R_1, R_2$ , եւ  $R_3$  ռեզիստորների փնտրվող արժեքները: Լուծելով անհավասարությունների համակարգը, կարող ենք որոշել այդ ռեզիստորների արժեքները: Սխեմայի մյուս շղթաների ռեզիստորների մեծությունները սկզբունքային նշանակություն չունեն նեյրոնի ճիշտ աշխատանքի համար: Այդ պատճառով այդ ռեզիստորների մեծությունները կվերցնենք նույնը, ինչ որ դասական SSS եւ ԷԿՏ սխեմաներինը, որպեսզի տրանզիստորների աշխատանքային ռեժիմները չփոխվեն: Նկ.2-ում ռեզիստորների կողքին գրված են նրանց մոտավոր հաշվարկային արժեքները: Անհրաժեշտության դեպքում կարելի է կատարել ավելի ճշգրիտ հաշվարկ

ելնելով տրանզիստորների պարամետրերից: Օգտագործելով ժամանակակից բրմփյութերների հնարավորությունները, կարելի է n-θ պարամետրական տարածության մեջ որոշել նաև սխեմայի կայուն աշխատանքային կետը:

Այսպիսով, առաջարկվող սխեման զուգակցում է SSS սխեմաների պրժանիքները. բարձր խանգարապաշտպանվածությունը մուտքից, ազդանշանի մեծ ամպլիտուդը եւ էԿՏ սխեմաների արագագործությունը (ԶՓ - ների տրանզիստորների աշխատանքի ակտիվ ռեժիմի շնորհիվ): Քանի որ առաջարկվող սխեմայում բացակայում են ռեակտիվ տարրեր, օգտագործվող բաղադրատարրերի (տրանզիստորներ, դիոդներ, ռեզիստորներ) տեխնոլոգիական թույլատրվածքները կարող են հասնել մինչեւ 10%, եւ այդ տիրույթում սխեման դեռեւս անսխալ կատարում է պահանջվող ֆունկցիան (4), ապա կարելի է ասել, առաջարկվող սխեման պիտանի է ինտեգրալ տեխնոլոգիայով իրականացման համար:

### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. **Մկրտչյան Ս.Օ.** Нейроны и нейронные сети. - М.: Энергия, 1971. - 232 с.
2. **Дертоузос М.** Пороговая логика.- М.: Мир, 1967. - 343 с.
3. **Маккаллок У.** Символическое изображение нейрона в виде некоторой логической функции // Принципы самоорганизации: Сб. / Пер. с английского; Под ред. А.Я. Лернера, - М.: Мир, 1966. - 621 с.
4. **Մկրտչյան Ս.Օ.** Проектирование логических устройств ЭВМ на нейронных элементах. - М.: Энергия, 1977. - 200 с.
5. **Поспелов Д.А.** Логические методы анализа и синтеза схем. - М.: Энергия, 1964. - 320 с.

ГИУА 14.01.1997

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. LI, № 3, 1998, с. 371 - 374.

УДК 621.349.74 **РАДИОЭЛЕКТРОНИКА**

**Վ.Ե. ԱՐՍՏԱՄՅԱՆ, Խ.Ա. ՄԱՅՅԱՐ**

## **ՕՅ ՕԴՈՄ ՄԵՏՈԴԵ ՕՓՏԻՄԻԶԱՑԻԱԿԱՆ ԾԻՓՐՈՎՈԳ Ո ԱՆԱԼԱ**

Իրադրվում է թվային կապուղու լավարկման հնարավորությունը կազդրդուն ժամանակի և կապուղու իրադրման ժախսերի գումարային տրժիշի նվազեցման նախապրիվ:

Рассматривается возможность оптимизации цифрового канала путем минимизации суммарного значения времени передачи и затрат на реализацию канала.

Ил. 2. Библиогр.: 3 назв.