

Ս.Ս. ԱԲԱԶՅԱՆ

ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՄԽԵՄԱՆԵՐԻ ՄԱՌԻՑՄԱՆ ԵՎ ՀՈՂԱՆՑՄԱՆ ՑԱՆՑԻ
ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ներկայացված է լարման անկման նվազեցմանն ուղղված սնուցման և հողանցման ցանցի նախագծման մեթոդ: Ըստ ներկայացված մեթոդի՝ ցանցի լարերի երկարությունները նվազեցվում են, մինչդեռ մետաղական միջմիացումների քանակը մնում է համարյա անփոփոխ, ինչի արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվում՝ ստանալու սնուցման լարի մոտավորապես 36,7% և հողանցման լարի մոտավորապես 18,3% լարման անկման նվազում՝ համեմատած ստանդարտ սնուցման և հողանցման ցանցի հետ:

Առանցքային բառեր. լարման անկում, սնուցման ցանց, անկման նվազեցում:

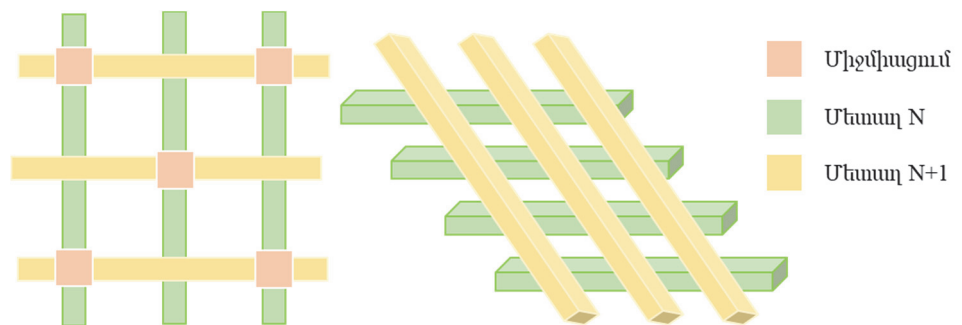
Ներածություն: Ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) ներկայիս տեխնոլոգիական առաջընթացը նոր մարտահրավերներ է առաջ բերում դրանց նախագծման և ստուգման դեպքում: Բացի դրանից, ավելի ու ավելի մեծ կարևորություն են ձեռք բերում արդեն հայտնի երևույթները: Լարման անկումը ԻՍ նախագծման գործընթացում կարևոր երևույթներից մեկն է: Այն դիտարկվում է սնուցման և հողանցման հանգույցների դեպքում, երբ սնուցման լարի վրա լարումը նվազում է, իսկ հողանցման լարի վրա՝ ավելանում: Արդյունքում՝ անկման մեծ արժեքը կարող է հանգեցնել ԻՍ աշխատանքի խափանման՝ ընդհուպ միջև սխալ տրամաբանության իրականացումը:

Սնուցման և հողանցման ցանցի նախագծման եղանակներից մեկում [1] ներկայացվում է տեղային խիտ ցանցի կիրառման արդյունքում դրա վրա լարման անկման օպտիմալացման մեթոդը: Այս մեթոդի կիրառման արդյունքում այն հատվածներում, որտեղ կա հավանականություն հետագայում մեծ չափի անկման առաջացման, ներդրվում են հատուկ տիպի մետաղներ և միջմիացումներ: Լարման անկման գնահատումը կատարվում է ցանցի վրա պատահական ընտրության մեթոդով անցմամբ կորստի գնահատման միջոցով: Այս մեթոդի հիմնական թերությունն այն է, որ տեղայնացված խիտ կառուցվածքով սնուցման և հողանցման ցանցը զբաղեցնում է մեծ քանակով ծրագծման ուղիներ, որի արդյունքում այդ հատվածում մեծանում է լարերի խտությունը:

Նախագծման մեկ այլ եղանակում [2] ներկայացված է դինամիկ լարման անկման գնահատման և օպտիմալացման մեթոդ: Այս աշխատանքի հիմնական նպատակը ստանդարտ բջիջների տեղաշարժի միջոցով լարման անկման նվազեցումն է: Երբ որևէ բջիջում նկատվում է լարման բարձր անկում, ալգորիթը տեղաշարժում է այդ բջիջը դեպի սնուցման և հողանցման լարեր՝ ապահովելով ԻՍ սնուցման և հողանցման ցանցի և բջջի սեփական սնուցման և հողանցման դողերի միջև ավելի քիչ դիմադրություն: Համակարգը օժտված է նաև մեքենայական ուսուցման ալգորիթներով, որը հնարավորություն է տալիս ուղղորդել բջջի վերջնական տեղաշարժը՝ լավագույնս կարգավորելով լարման անկումը:

Մեկ այլ եղանակ է [3] ԻՍ սնուցման ցանցի այնպիսի նախագծման մեթոդը, որը, բացի լարման անկման գնահատումից և օպտիմալացումից, կատարում է նաև ժամանակային համաձայնեցում: Այս եղանակի դեպքում ցանցի նախագծման ժամանակ հաշվարկվում է ժամանակային սխալանքը՝ որպես ֆունկցիայի հիմնական արգումենտ:

ԻՍ նախագծման դեպքում սնուցման և հողանցման ցանցը պատրաստվում է հիմնականում ըստ նախագծի, օգտագործվող բջիջների ձևի, սխեմայում գործող լարումների և այլն: Ցանցի բարդությունը կախված է նրանից, թե ինչպիսի նախագիծ է իրականացվում՝ մեկ լարումով, տարբեր լարումներով և այլն: Չնայած այս հանգամանքին, ԻՍ նախագծման ժամանակ պարզագույն սնուցման և հողանցման ցանցը ներկայացնում է տարբեր մետաղական շերտերով ուղղահայաց և հորիզոնական մետաղների խումբ (նկ. 1) [4]:



Նկ. 1. Պարզագույն սնուցման և հողանցման ցանց

Այսպիսի կառուցվածքը հնարավորություն է ստեղծում՝ ունենալու բոլոր մետաղական շերտերի միացման հնարավորություն և բավականին մեծ քանակի մետաղական միջմիացումներ, որոնց քանակը անմիջականորեն ազդում է ցանցի վրա լարման անկմանը: Որքան ավելի շատ են միջմիացումները, այնքան ավելի

շատ զուգահեռ միացված դիմադրություններ են լինում ցանցում, ուստի և փոքրանում է ընդհանուր դիմադրությունը:

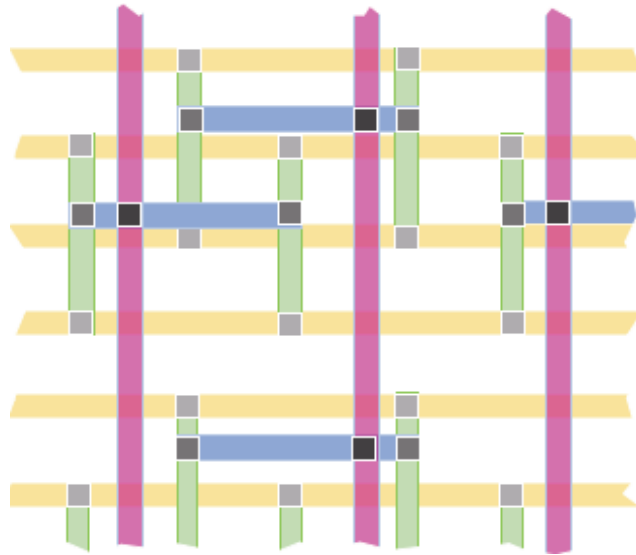
Այնուամենայնիվ, մետաղական լարերի մեծ քանակությունը մի կողմից՝ առաջացնում է հաջորդական պարազիտային դիմադրություններ, որոնք ազդում են լարման անկման վրա, մյուս կողմից՝ ավելացնում է ծրագծման ուղիների վրա ծանրաբեռնվածությունը: Մրա արդյունքում հնարավոր են խնդիրներ և՛ լարման անկման տեսանկյունից, և՛ ծրագծման գերծանրաբեռնվածություն՝ հաշվի առնելով ժամանակակից ԻՍ-երի փոքր չափերը [5,6]:

Այսպիսով, խնդրի լուծման վերլուծություններից երևում է, որ չնայած առաջարկվող մեթոդների կիրառման արդյունքում հնարավոր է նվազեցնել սնուցման և հողանցման ցանցի վրա լարման անկումը, այնուամենայնիվ, դա կատարվում է ծրագծման ուղիների քանակի կորստի հաշվին:

Առաջարկվող կառուցվածքը: Նկարագրված լարման անկման և ծրագծման ծանրաբեռնվածության խնդիրներից խուսափելու, բայց, միևնույն ժամանակ, միջմիացումների բավարար քանակություն ունենալու համար առաջարկվում է սնուցման և հողանցման ցանցի նախագծման մոտեցում, որը պահպանում է տարբեր (հաջորդական) մետաղական շերտերի միջև եղած միջմիացումների ընդհանուր քանակը, բայց նվազեցնում է մետաղների երկարությունը:

Մոտեցման առանձնահատկությունն այն է, որ այն հատվածներում, որտեղ չկան հարևան մետաղական շերտերի միջև միացումներ, մետաղական շերտերը հանվում են: Այսպես, ոչ անընդհատ մետաղական ցանցում նվազում է դիմադրությունը՝ ի հաշիվ հեռացված մետաղական կտորների, բայց քանի որ հարևան շերտերի միջև միջմիացումների քանակը մնում է նույնը, զուգահեռ դիմադրությունները պահպանվում են:

Նկարագրված ցանցը (նկ. 2) ներկայացնում է ամբողջ ԻՍ լայնությամբ ուղղված 1-ին մետաղական շերտ, որին հետևում են «կարճ» մետաղ 2-ի և մետաղ 3-ի շերտերը, ապա 4-րդ մետաղական շերտով ամփոփվում են բոլոր միացումները և միանում իրար:



Նկ. 2. Առաջարկվող ցանցի կառուցվածքը

Այս կառուցվածքի կիրառման արդյունքում նվազում են մետաղների երկարությունները 2-րդ և 3-րդ մետաղական շերտերում, բայց քանի որ միջմիացումների քանակը նույնն է մնում (լարերի «կտրված» մասերն ընկնում են միջմիացումներից դուրս), դա բացասական ազդեցություն չի ունենում ցանցի վրա: Այսպիսով, նվազում է լարերի ընդհանուր երկարությունը՝ նվազեցնելով պարագիտային դիմադրությունը և լարման անկումը:

Բացի լարման անկման նվազումից, ըստ նկարագրության՝ ավելի քիչ քանակի երկայնական և լայնական մետաղների օգտագործումը նվազեցնում է ծրագծման ուղիների ծանրաբեռնվածությունը: Այսինքն, քանի որ այդ հատվածով այլևս սնուցման կամ հողանցման լար չի անցնում, կարելի է տանել սովորական ծրագծման լար: Արդյունքում՝ սնուցման և ծրագծման ցանցի այսպիսի կառուցվածի կիրառումը հնարավորություն է տալիս նաև բարելավել ծրագծումը և ժամանակային որոշ պարամետրեր:

Փորձնական արդյունքները: Նկարագրված սնուցման և հողանցման ցանցի նախագծման մեթոդի առավելություններն ու թերությունները ցուցադրելու և նախագծման ստանդարտ մոտեցման հետ համեմատություններ անելու համար կատարվել են 2 նախագծեր, որոնց նախագծման ժամանակ և՛ առաջարկվող մեթոդի, և՛ ստանդարտ նախագծի դեպքում մետաղների կենտրոնների հեռավորությունը, լայնությունը և հեռավորությունը նույնն են պահվել:

Ինչպես երևում է կառուցված ցանցերի նախագծման ընթացքում ստացված պարամետրերից (աղ. 1), մետաղների երկարությունները այն մետաղական շերտերի դեպքում, որտեղ կիրառվել է երկարության նվազեցում, կարճ են մոտավորապես 21...22%-ով՝ համեմատած ստանդարտ նախագծման եղանակի մետաղների երկարությունների: Բայց, մյուս կողմից՝ այդ մետաղական շերտերի և հարևան մետաղական շերտերի միջև միջմիացումների քանակը միմյանցից ունեն շատ փոքր՝ մոտավորապես 3...4% տարբերություն:

Աղյուսակ 1

Ցանցերի ստացված պարամետրերը

Ստուգվող պարամետր	Մետաղական շերտ	Ստանդարտ մոտեցում	Առաջարկվող մոտեցում
Լարի երկարություն (մկմ.)	Մետաղ 1	318423,352	305381,609
	Մետաղ 2	636847,341	473257,572
	Մետաղ 3	11630,085	9447,751
	Մետաղ 4	15283,113	16147,38
Միջմիացումների քանակ	Մետաղ 1-2	17333374	18172974
	Մետաղ 2-3	27826	26983
	Մետաղ 3-4	28719	27930
Մետաղների քանակ	Մետաղ 1	1569	1473
	Մետաղ 2	3141	3258
	Մետաղ 3	55384	52904
	Մետաղ 4	55375	56124

Քննարկվող երկու տիպի՝ սնուցման և հողանցման ցանցերի վրա կատարվել է լարման անկման արժեքի հաշվարկ, որի արդյունքների համեմատությունից (աղ. 2) երևում է, որ առաջարկվող ցանցի կիրառման արդյունքում և՛ սնուցման ցանցի, և՛ հողանցման ցանցի վրա նկատվում են լարման անկման արժեքների նվազում:

Աղյուսակ 2

Համեմատական արժեքները

Ցանցի լար	Իդեալական լարում, V	Անկումը ստանդարտ նախագծի դեպքում, V	Անկումը առաջարկվող նախագծի դեպքում, V
Մուցում	1,2	5,8e-05	3,9e-05
Հողանցում	0	8,2e-05	6,7e-05

Եզրակացություն: Ներկայացված է լարման անկման արժեքի նվազեցմանն ուղղված սնուցման և հողանցման ցանցի նախագծման եղանակ: Առաջարկվող եղանակի կիրառման արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվել սնուցման լարի վրա ունենալ մոտավորապես 36,7% լարման անկման օպտիմալացում, իսկ հողանցման լարի վրա՝ մոտավորապես 18,3%՝ ստանդարտ ցանցի կառուցման եղանակի համեմատ: Լարման անկման նվազեցման հիմքում ընկած է հաջորդական դիմադրությունների արժեքի նվազեցման մեթոդը՝ մետաղական որոշ շերտերի կարճացման հաշվին, անփոփոխ պահելով զուգահեռ դիմադրությունները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Mamikonyan N., Melikyan N. and Musayelyan R.** IR Drop Estimation and Optimization on DRAM Memory using Machine Learning Algorithms // 2020 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS).- Varna, Bulgaria, 2020.- P. 1-4, doi: 10.1109/EWDTS50664.2020.9224772.
2. Dynamic IR-Drop ECO Optimization by Cell Movement with Current Waveform Staggering and Machine Learning Guidance / **X. X. Huang, H. C. Chen, S. W. Wang, et al** // 2020 IEEE/ACM International Conference on Computer Aided Design (ICCAD).- San Diego, CA, USA, 2020.- P. 1-9.
3. **Kawakami Y., Fukui M. and Tsukiyama S.** Power grid optimization with consideration of timing violation by IR drop // 2008 International SoC Design Conference.- Busan, 2008.- P. I-109-I-112, doi: 10.1109/SOCCDC.2008.4815585.
4. **Aslam M. U., Cheema M. U., Cheema M. B. and Samran M.** Design analysis and optimization of ground grid mesh of extra high voltage substation using an intelligent software // 2014 The 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, Semarang.- 2014.- P. 339-345, doi: 10.1109/ICITACEE.2014.7065768.
5. **Sinha A. and Chowdhury S.** Mesh-structured on-chip power/ground: design for minimum inductance and characterization for fast R, L extraction // Proceedings of the IEEE 1999 Custom Integrated Circuits Conference (Cat. No.99CH36327).- San Diego, CA, USA, 1999.- P. 461-465, doi: 10.1109/CICC.1999.777323.
6. **Yoshitome T.** Hierarchical analyzer for VLSI power supply networks based on a new reduction method // 1991 IEEE International Conference on Computer-Aided Design Digest of Technical Papers.- Santa Clara, CA, USA, 1991.- P. 298-301, doi: 10.1109/ICCAD.1991.185258.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 08.03.2021:

С.С. АБАЗЯН

**МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТКИ ПИТАНИЯ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

Представлен метод проектирования сетки питания и заземления, направленный на уменьшение величины падения напряжения. Согласно предлагаемому методу, сокращаются длины проводов питания и заземления, в то время как количество межуровневых соединений остается неизменным. При использовании данного метода падение напряжения на сети питания оптимизировано примерно на 36,7% и на сети заземления - примерно на 18,3%, по сравнению со стандартным методом проектирования сетки.

Ключевые слова: падение напряжения, сетка питания, уменьшение ИК.

S.S. ABAZYAN

**A METHOD FOR POWER AND GROUND MESH DESIGN FOR
INTEGRATED CIRCUITS**

A power and ground mesh design method is presented, which is aimed at decreasing the IR drop value. According to the proposed method, the wire lengths of power and ground network are decreased, while the interlayer connection count is kept unchanged. Because of this, by using the proposed method, it becomes possible to optimize the IR drop on the power net by about 36,7%, while on the ground net - about 18,3%, compared to the standard mesh design method.

Keywords: IR drop, power mesh, IR optimization.