

Ա.Ա. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

ԱՐԱԳԱԳՈՐԾ ԼԱՐՄԱՆ ԿԱՅՈՒՆԱՐԱՐԻ ԵԼՔԱՅԻՆ ԱԶԴԱՆՇԱՆԻ
ԳԵՐԼԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՓՈՔՐԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ներկայացված է արագագործ լարման կայունարարի ելքային ազդանշանի գերլարումների փոքրացման մեթոդ: Խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաներում լարման կայունարարի բեռը կարող է կարճ ժամանակով անջատվել, մինչդեռ լարման կայունարարը կարող է շարունակել աշխատանքը: Բեռի կտրուկ անջատվելն առաջացնում է գերլարումներ: Առաջարկվող մեթոդի դեպքում օգտագործվում է կեղծ բեռ, որը միանում է լարման կայունարարի ելքին՝ իրական բեռի անջատվելուն պես, այնուհետև աստիճանաբար անջատվում: Արդյունքում՝ գերլարումները էապես փոքրանում են և դառնում թույլատրելի:

Առանցքային բառեր. ինտեգրալ սխեմա, լարման կայունարար, գերլարում, լարման թռիչքներ, կեղծ բեռ:

Ներածություն: Ներկայումս կոմպլեմենտար մետաղ-օքսիդ-կիսահաղորդիչ (ԿՄՕԿ) տեխնալոգիաները ակտիվորեն շարունակում են մասշտաբավորվել: Մասշտաբավորմանը զուգընթաց օրեցօր մեծանում է ինտեգրալ սխեմաների աշխատանքային արագագործությունը: Այսօր արագագործությունն անցել է ԳՀԳ-ի շեմը, սակայն մեծ արագությունը ենթադրում է մեծ հզորության ծախս: Մյուս կողմից՝ շուկայում մրցունակ լինելու համար անհրաժեշտ է արագագործության մեծացմանը զուգընթաց մշակել մեթոդներ, որոնք միտված կլինեն էներգասպառման փոքրացմանը:

Ինտեգրալ սխեմայի հզորության ծախսը հավասար է հոսանքի և լարման արտադրյալին.

$$W = I * V: \quad (1)$$

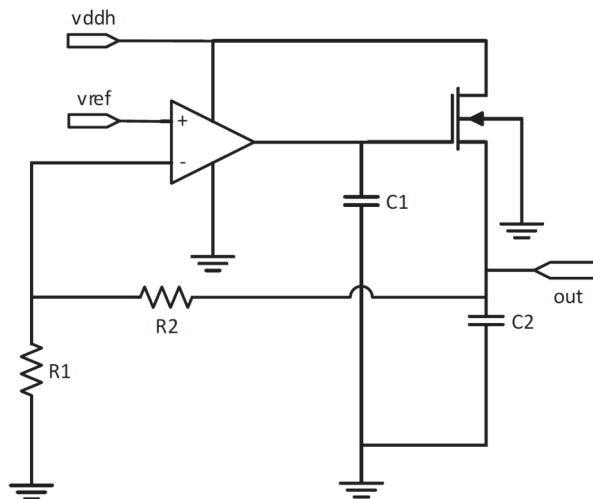
Հզորության փոքրացման նպատակով խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաներում կիրառվում են բազմամակարդակ սնման աղբյուրներ: Թվային բլոկները սնվում են ցածր մակարդակի սնման աղբյուրից (0,7...1 է՝), իսկ անալոգային բլոկները՝ բարձր (1,5...2 է՝): Այսպիսով, համակարգի թվային բլոկների լարումը 2 անգամ իջեցնելիս էապես փոքրանում է ընդհանուր ծախսվող հզորությունը:

Թվային բլոկները հիմնականում աշխատում են բարձր հաճախություններով, և այդ արագ փոխանջատումները լարման թռիչքներ են առաջացնում ցածր մակարդակի սնման լարման վրա: Զգայուն սխեմաների համար այդ թռիչքները կարող են վտանգավոր լինել. այդ պատճառով օգտագործվում են լարման կայունա-

րարներ, որոնց էլքում ձևավորվում է ցածր մակարդակի կայուն լարում, իսկ լարման մակարդակը որոշում է նախագծողը:

Արագագործ մուտք/էլք հանգույցներում լարման կայունարարի բեռը էապես մեծ է՝ համեմատած ավելի դանդաղագործների հետ, և քանի որ բեռը մեծ է, օգտագործվում են մեխանիզմներ, որպեսզի անհրաժեշտության դեպքում բեռն անջատվի: Բեռի կտրուկ անջատումը հանգեցնում է գերլարման, որը վտանգավոր է բարակ փականով տրանզիստորների համար: Վերոնշյալ երևույթը տեղի է ունենում բոլոր այն լարման կայունարարներում, որոնցում լարման կայունացման ժամանակը ավելի մեծ է՝ համեմատած բեռի միացվելու ժամանակին:

Լարման կայունարարի էլքը հաստատվում է և ունի դիմադրողականություն սնման լարման աղմուկներից: Իսկ էլքային լարման արժեքը կախված է մուտքային լարումից և դիմադրությունների հարաբերակցությունից [1]: Նկ.1-ում ներկայացված է լարման կայունարարի հիմնական սխեման:



Նկ.1. Լարման կայունարարի հիմնական սխեման

Լարման կայունարարը ներկայացնում է բացասական հետադարձ կապով համակարգ, որի դերն է էլքային ազդանշանի կայունացումն ու սնման դրողերի աղմուկների ճնշումը: Ելքային ազդանշանի կախվածությունը մուտքային լարումից և դիմադրությունների հարաբերակցությունից ներկայացված է հաջորդիվ.

$$V_{out} = \frac{V_{ref} * (R1 + R2)}{R1} \quad (2)$$

Լարման կայունարարի առաջին կասկադը օպերացիոն ուժեղարար է, որն ապահովում է համակարգի ուժեղացումը, իսկ երկրորդ կասկադը ակունքային կրկնիչ է, որն ապահովում է մեծ հոսանքի հոսք դեպի բեռը: C1 ունակությունը

գտում է ակունքային կրկնիչի մուտքային աղմուկները, իսկ C2-ը կապագերծող ունակություն է, որը փոքրացնում է ելքային աղավաղումները և ճնշում է բարձր հաճախականային աղմուկները, որոնք կարող են փոխանցվել և մուտքային ազդանշանից և սնման դողերից:

Գերլարումների առաջացման պատճառը. Աշխատանքի ընթացքում, որպես լարման կայունարարի առաջին կասկադ, նախագծվել և օգտագործվել է օպերացիոն ուժեղարար, որը, համաձայն HSPICE [2] նմանակման, ունի 60 η ուժեղացում, 7 U_{Zg} թողունակության շերտ, 75° փուլի պաշար և 20 η ուժեղացման պաշար: Վերոնշյալ պարամետրերից երևում է, որ օպերացիոն ուժեղարարը կայուն աշխատում է որպես կրկնիչ: Նախագծման փուլում մեծ կարևորություն է տրվել սնման աղմուկների ճնշման գործակցին (ՄԱՃԳ) [3], քանի որ այդ գործակիցն է արտահայտում, թե որքան լավ են սնման դողերի աղմուկները ճնշվում ելքում (3): Նախագծված օպերացիոն ուժեղարարն ապահովում է -60 η -ից փոքր ՄԱՃԳ՝ փոքր հաճախությունների դեպքում, իսկ վատագույն դեպքում՝ -21 η 100 U_{Zg} -ի պարագայում, որն ապահովում է ավելի քան 10 անգամ ուժեղացում:

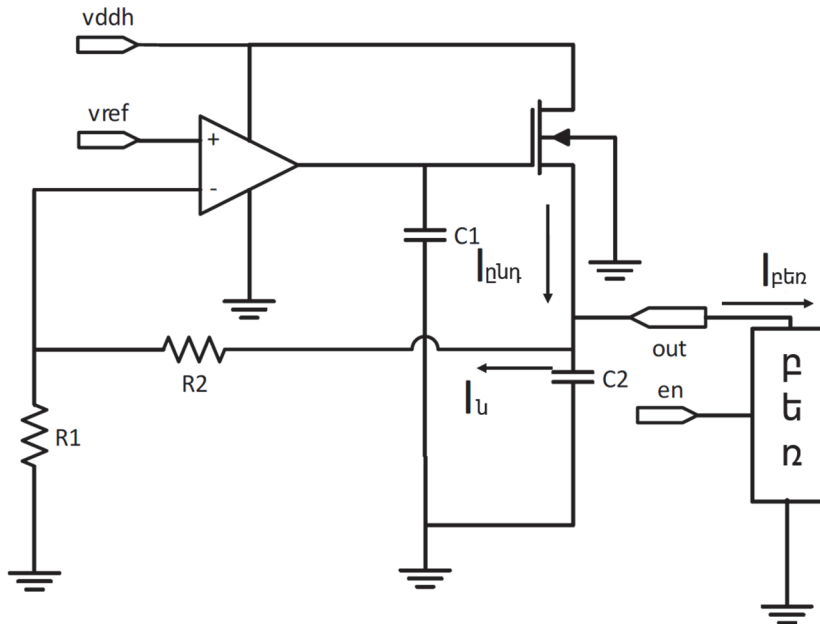
$$MAG = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (3)$$

Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաներում սնման աղմուկների հնարավոր աղմուկի չափը հավասար է աղմուկի 3...5%-ին, այսինքն՝ վատագույն դեպքում աղմուկը կլինի 90 μ V, որը 10 անգամ ճնշելիս կստացվի 9 μ V:

Խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաներում գոյություն ունեն հաստ և բարակ փականներով տրանզիստորներ: Հաստ փականով տրանզիստորների համար լարման մակարդակը 1,8 μ V է, թույլատրելի շեղման տիրույթը՝ $\pm 10\%$, իսկ բարակ փականովների դեպքում՝ 1 μ V և կրկին $\pm 10\%$ թույլատրելի տիրույթ:

Լարման կայունարարն օգտագործվում է բարակ փականով տրանզիստորների սնուցումն ապահովելու համար, ուստի լարման կայունարարի ելքում գերլարումների առկայությունը կարող է հանգեցնել մինչև անգամ տրանզիստորների ծակման, եթե գերլարումները մեծ են թույլատրելի մակարդակից:

Նկ.2-ում և (4)-(7)-ում ներկայացված է գերլարումների և լարման թռիչքների առաջացման պատճառը:



Նկ.2. Գերլարումների առաջացման մեխանիզմը

HSPICE նմանակումը ցույց է տալիս ավելի քան 20% գերլարում, որի տևողությունը մոտ 40 նվ է: Գերլարման և լարման թռիչքի պատճառը արագ փոխանջատվող en ազդանշանն է, որի հետևանքով բեռն անջատվում է:

Սկզբնական փուլում, երբ բեռը դեռ միացված է ելքային կասկադին, հոսանքի հիմնական մասը հոսում է դեպի բեռը, և մի փոքր մասը՝ դեպի լարման կայունարարի ներքին սխեման: Արդյունքում ձևավորվում է ելքային լարումը:

$$I_{ընդ} = I_{բեռ} + I_{ն}, \quad (4)$$

$$V_{out} = I_{ընդ} * (R_{ն} || R_{բեռ}): \quad (5)$$

Երբ բեռն անջատվում է, լարման կայունարարը չի կարող ակնթարթորեն արձագանքել. արդյունքում՝ ամբողջ հոսանքը հոսում է դեպի լարման կայունարարի ներքին սխեման, և ելքային լարումը թռիչքաձև աճում է՝ առաջացնելով գերլարում:

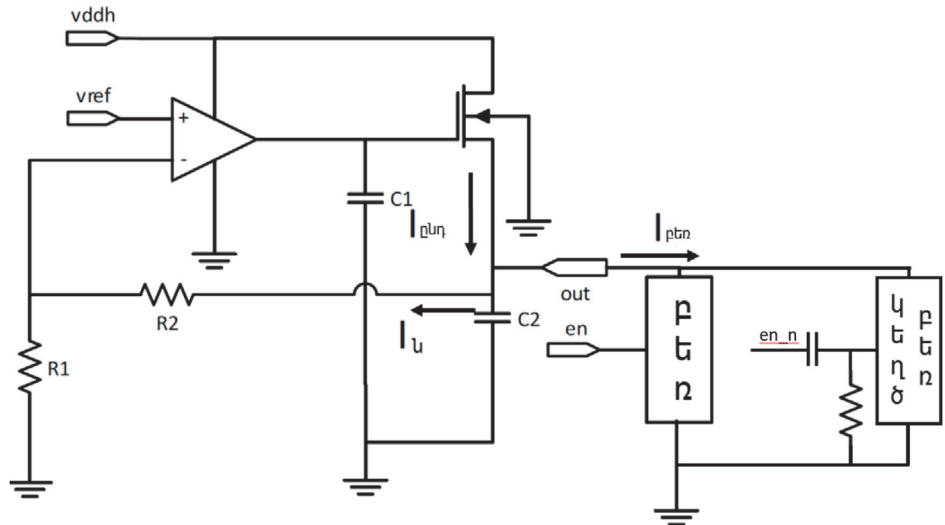
$$V_{out} = I_{ընդ} * R_{ն}: \quad (6)$$

Ելքային լարումն աճում է այնքան ժամանակ, քանի դեռ բացասական հետադարձ կապը չի կարգավորել համակարգը: Կայունանալուց հետո ելքային հոսանքը պակասում է այնքան, որ ելքային լարումը հավասարվում է սկզբնական լարման մակարդակին:

$$V_{out} = I_u * R_u \quad (7)$$

Այսպիսով, անհրաժեշտություն է առաջանում՝ մշակելու այնպիսի մեխանիզմներ, որոնք կհակադրեն լարման թռիչքներին, քանի դեռ համակարգը չի կայունացել:

Գերլարումներից պաշտպանության առաջարկվող մեթոդը. Ինչպես արդեն նշվեց, լարման կայունարարի ելքային բեռի անջատվելն առաջացնում է գերլարումներ և լարման թռիչքներ ելքային լարման վրա: Առաջարկվում է ելքային բեռի անջատվելուց անմիջապես հետո միացնել կեղծ բեռ, որպեսզի իրական բեռով հոսող հոսանքը շարունակի հոսել կեղծ բեռով՝ խուսափելու համար գերլարումներից: Սակայն կեղծ բեռ միացնելիս հիմնական հոսանքը անընդհատ կհոսի, այսինքն՝ համակարգը անընդհատ կծախսի ֆիքսված հոսանք: Որպեսզի փոքրացնենք սպառվող հզորությունը այն դեպքում, երբ իրական բեռը անջատված է, առաջարկվում է կեղծ բեռը աստիճանաբար փակել: Այսպիսով, կեղծ բեռը միացնելով՝ խուսափում ենք գերլարումներից և լարման թռիչքներից, իսկ դանդաղ անջատելով փոքրացնում ենք սպառվող հզորությունը սպասման ռեժիմում: Առաջարկվող ճարտարապետությունը ներկայացված է նկ.3-ում:

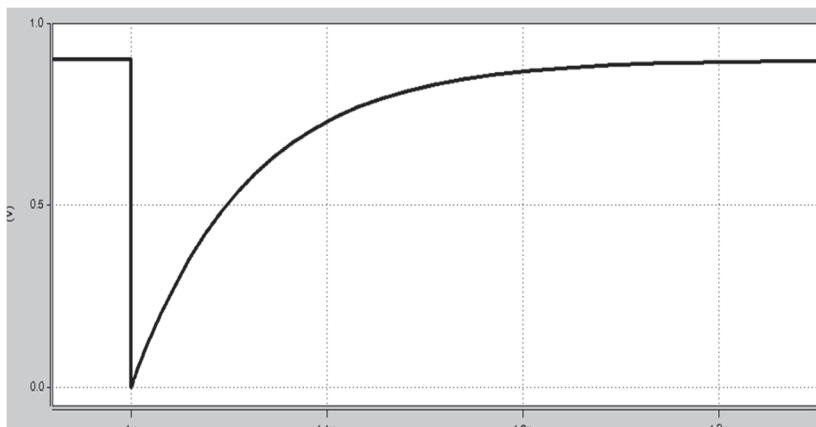


Նկ.3. Առաջարկվող ճարտարապետությունը

Կեղծ բեռի կառավարող ազդանշանը (en_n) իրական բեռի կառավարող ազդանշանի ինվերսն է, որպեսզի իրական բեռն անջատվելիս կեղծը անմիջապես միանա: Կեղծ բեռի կառավարող ազդանշանն անցնում է ցածր հաճախականային գոտիով, որպեսզի կառավարող ազդանշանը միանալուց հետո աստիճանաբար

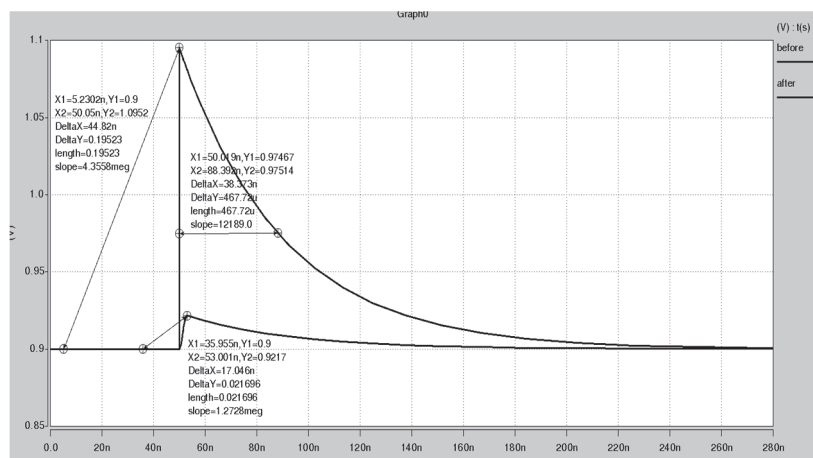
անջատվի, որի ընթացքում լարման կայունարարը կհասցնի կայունացնել համակարգը:

Սկզբնական փուլում ընդհանուր հոսանքի մեծ մասը հոսում է դեպի բեռը: Բեռի անջատվելուց հետո կեղծ բեռը միանում է, և նույն հոսանքը շարունակում է հոսել դեպի կեղծ բեռը, որպեսզի համակարգը զերծ պահի կտրուկ փոփոխություններից, այնուհետև կեղծ բեռը դանդաղ անջատվում է, որի ընթացքում լարման կայունարարը, բացասական հետադարձ կապի շնորհիվ, կայունացնում է ամբողջ համակարգը: Ի վերջո կեղծ բեռը նույնպես անջատվում է՝ ապահովելով նաև արտահոսքի հոսանքից (նկ. 4):



Նկ. 4. Կեղծ բեռի կառավարող ազդանշանը

Նկ.5-ում ներկայացված է լարման կայունարարի ելքային ազդանշանի համեմատությունը գոյություն ունեցող և առաջարկվող մեթոդների միջև:



Նկ.5. Գոյություն ունեցող և առաջարկվող մեթոդների համեմատությունը

Ինչպես երևում է նկարից, մեթոդի կիրառումից հետո գերլարման մակարդակը էապես փոքրացել է, և ամբողջ երկայնքով լարման մակարդակը չի անցնում թույլատրելի սահմանը: Արդյունքները ամփոփված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Գոյություն ունեցող և առաջարկվող մեթոդների համեմատությունը

Պարամետր	Գոյություն ունեցող մեթոդ	Առաջարկվող մեթոդ
Գերլարում (ՄՎ)	195,2	21,6

Եզրակացություն: Արագագործ լարման կայունարարի գերլարումների փոքրացման մեթոդի կիրառման դեպքում գերլարման չափը փոքրանում է մոտ 10 անգամ:

Առաջարկվող մեթոդի կիրառման դեպքում կարևոր չէ լարման թոփչքի տևողությունը, քանի որ լարման մակարդակը երբեք չի անցնում թույլատրելի սահմանը:

REFERENCES

1. **Dobkin B., Williams J.** Analog circuit design volume 2: immersion in the black art of analog design. – Newnes, 2012. –1268p.
2. Hspice Reference Manual, Synopsys Inc.- 2017. -846p.
3. **Teel J.C.** Understanding power supply ripple rejection in linear regulators. -Texas Instruments Incorporated, 2005. –P. 8-10.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, «Միևտիսի Արմենիա» ուսումնական դեպարտամենտ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 28.09.2018:

А.А. МАРТИРОСЯН

МЕТОД СНИЖЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Представлен метод снижения перенапряжений выходного сигнала высокочастотного стабилизатора напряжения. В смешанных сигнальных интегральных схемах нагрузка стабилизатора напряжения может отключиться на короткое время, в то время как работа стабилизатора напряжения продолжается. Резкое отключение нагрузки вызывает перенапряжения. В предлагаемом методе используется фиктивная нагрузка, которая присоединяется к выходу стабилизатора, как только реальная нагрузка отключается, затем постепенно отсоединяется. В результате перенапряжения существенно уменьшаются и становятся допустимыми.

Ключевые слова: интегральная схема, стабилизатор напряжения, перенапряжение, всплеск напряжения, фиктивная нагрузка.

A.A. MARTIROSYAN

**A METHOD OF DECREASING OVERSHOOTS FOR A OUTPUT SIGNAL OF
HIGH SPEED VOLTAGE REGULATOR**

A method of decreasing the overvoltage in the output signal of a high speed voltage regulator is presented. In mixed signal integrated circuits, during the operation, the load of the voltage regulator can switch - off for a short period, while the voltage regulator continues to operate. A fast-switch off of the load causes overshoots. The proposed method uses a fictive load which is connected as soon as the actual load is switched off, and then is gradually connected. As a result, the overshoots are substantially reduced and become permissible.

Keywords: integrated circuit, voltage regulator, overshoot, voltage spikes, fictive load.