



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

Elemente de Electronică Analogică

8. Principii de realizare a circuitelor integrate liniare

Aspecte tehnologice privind implementarea structurilor integrate

Elementele de circuit care se pot realiza în tehnologia circuitelor integrate liniare sunt limitate atât ca tipuri cât și ca performanțe. Aceste limitări sunt mult mai importante la circuitele liniare în comparație cu circuitele digitale și țin de natura schemelor de aplicație și de modul de implementare a componentelor active și pasive. Vom face o trecere în revistă a principalelor componente utilizate pentru implementarea schemelor electronice:

Inductanțele - nu se pot realiza în structură monolitică. Se pot implementa scheme ale căror impedanțe echivalente să prezinte (și) un caracter inductiv (în cadrul cursului 6 vor fi date exemple).

Capacitățile –se realizează, de obicei, prin doua tipuri de structură :

Capacități MOS (metal-oxid-semiconductor)– aceste capacități sunt cel mai des implementate, datorită tensiunii maxime la care pot lucra, mai mare ($\sim 60 - 70V$), și a capacități parazite reduse. Schema echivalentă a unei capacități MOS este prezentată în figura 1.1.

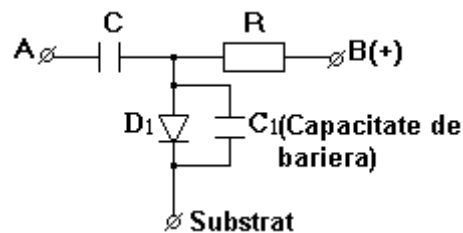


Figura 1.1

Unde : S – substrat

R – rezistență de pierderi

D1 – joncțiune de izolare a substratului

C1 – capacitate de barieră

Coeficientul de variație cu temperatura pentru acest tip de capacitate este descris de relația 1.1.

$$\frac{\Delta C}{\Delta T} = 15 \text{ ppm}/^\circ C \quad (1.1)$$

(ppm – parti pe milion)

Capacități cu jonctiune – au avantajul că nu necesită modificarea procesului tehnologic față de tehnologia standard, dar de obicei se pot utiliza numai atunci când nu este necesară izolarea substratului. Aceste capacități se pot obține, principal, din orice jonctiune care intră în construcția unui circuit monolitic.

Schema echivalentă a unui asemenea tip de capacitate este prezentată în figura 1.2 :

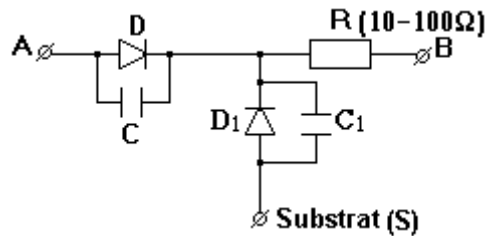


Figura 1.2

Aceste capacități prezintă și câteva dezavantaje legate de faptul că ocupă o arie de siliciu mare, au o valoare care depinde de tensiunea aplicată, iar rezistența serie (R) are valoare destul de mare (10-100Ω).

Jonctiunile cele mai utilizate pentru implementarea acestui tip de capacitate sunt : CB și EB, având următoarele performante:

$$\begin{array}{l} J_{CB} - U_{CB} = 60V \\ J_{BE} - U_{BE} = 6 \div 9V \end{array} \quad \text{capacitățile obținute fiind :} \quad \begin{array}{l} 4 \div 10 \times 10^{-1} \text{ pF} / \mu\text{m}^2 \\ 1 \div 3 \times 10^{-3} \text{ pF} / \mu\text{m}^2 \end{array}$$

Rezistențele – utilizate în circuitele integrate se pot împărții în două mari categorii :

- Rezistențe peliculare
- Rezistențe semiconductoare (de difuzie, «ciupite », de volum)

Rezistențele peliculare – se obțin prin depunerea de material rezistiv pe o suprafață monolitică și prezintă avantajele că :

-se pot obtine valori mari ale rezistentei

- au o liniaritate foarte bună
- au un coeficient de variație cu temperatura redus
- au elemente parazite reduse.

Rezistențele de difuzie – se realizează prin difuzia bazei sau a emitorului, o schemă echivalentă, prin difuzia bazei, fiind prezentată în Figura 1.3.

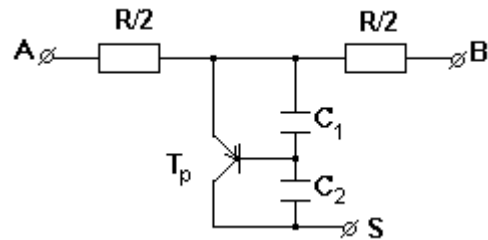


Figura 1.3

Aceste rezistențe prezintă dezavantajul că au o variație cu temperatura importantă (0,1 – 0,2% °C), prezintă capacități parazite, un tranzistor parazit (*baza-strat epitaxial-substrat*) care apare în mod involuntar în procesul tehnologic și nu se pot realiza rezistențe de valori mari.

Rezistențele ciupite – sunt rezistențe de difuzie, realizate prin difuzia bazei la care se îngustează aria transversală. Prezintă dezavantajul că sunt neliniare, au o tensiune de străpungere mică ($U_{eb} \sim 7V$), au un coeficient de variație cu temperatura ridicat (în domeniul $-55 \sim 125$ °C raportul de variație este de 3 :1), iar valoarea rezistenței se controlează greu în procesul tehnologic.

Rezistențele de volum – folosesc stratul epitaxial de tip **n** din interiorul unei insule de izolare tip **p**.

Observații : În tehnologia monolitică valorile rezistențelor și capacităților sunt limitate : capacitatoarele până la 100pF și respectiv rezistoarele până la 200kΩ. Eroare de realizare a rezistențelor, față de valoarea individuală proiectată, este mare (+/-10%), însă eroarea de raport are valori mici (sub 1%).

Tranzistoare : Caracteristicile privind realizarea tranzistoarelor sunt următoarele :

- deviațiile față de valorile proiectate, în special deviația câștigului de curent, au valori mari (+/-15%), dar deviațiile față de raport sunt sub 3%
- tranzistoarele au același profil de impurități și aceleași proprietăți de frecvență la geometrie identică, fiind realizate în același timp
- tranzistoarele pnp au câștig de curent și frecvență de tăiere inferioară față de tranzistoarele npn astfel :

$$pnp - \beta < 30 \quad \text{și } f_T < 30MHz$$

$$nnp - \beta : 100 \div 400 \quad \text{și } f_T > 30MHz$$

- se pot realiza tranzistoare care au câștig mare de curent (tranzistoare super β), având $\beta \sim 2000 \dots 10000$, dar care au tensiunea de străpungere mică ($\sim 5 \dots 9V$)

Diodele : Diodele se pot implementa utilizând orice joncțiune asociată unui tranzistor, schema echivalentă fiind prezentată în figura 1.4

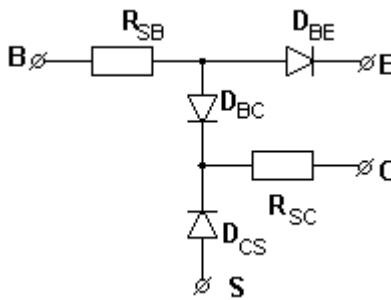


Figura 1.4

Structura pune în evidență grupurile de diode D_{BE} , D_{BC} care formează un tranzistor activ de tip npn, iar grupul de diode D_{bc} , D_{cs} formează un tranzistor parazit de tip pnp (pentru o polarizare corespunzătoare). Dioda D_{cs} nefiind izolată, în general nu se folosește. Rezultă cinci moduri de cuplare a joncțiunilor unui tranzistor, care sunt prezentate în tabelul 1.1

Mod de cuplare	Rezistență serie	Tensiunea de străpungere	Tranzistor pnp parazit
	R_{SB} (mica)	7V (mica)	Nu
	$R_{SC}+R_{SB}/\beta$ (mica)	7V (mica)	Nu
	$R_{SB}+R_{SC}$ (mare)	40V (mare)	Da
	$R_{SB}+R_{SC}$ (mare)	40V (mare)	Da
	$R_{SB}+R_{SC}$ (mare)	7V (mica)	Da

Tabelul 1.1

Diodele Zener – Realizarea diodelor Zener exploatează faptul că joncțiunea emitor-bază, polarizată invers prezintă o caracteristică de diodă Zener ($U_{DZ} \sim 7V$). Această tensiune prezintă un coeficient de variație cu temperatura pozitiv ($\sim 2.3mV/^\circ C$). Acest coeficient este aproximativ egal, în valoare absolută, cu coeficientul de variație cu temperatura (coeficient negativ) al tensiunii directe a joncțiunii bază-emitor. Utilizând aceste observații se poate obține o structură de diodă Zener compensată cu temperatura ($\sim 0.233mV/^\circ C$), care este prezentată în figura 1.5

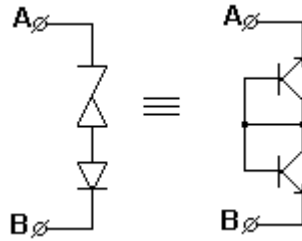


Figura 1.5

Avantajele stucturilor (circuitelor) integrate

- Componentele active și pasive fiind realizate tehnologic simultan prezintă o împerechere a parametrilor pe un domeniu larg de temperatură
- Se pot implementa structuri cu un număr mare de elemente active
- Prețul de cost nu mai este dependent de numărul componentelor ci de aria de siliciu ocupată de catre componente
- Randamentul de fabricație variază invers proporțional cu aria de siliciu ocupată
- Simplificarea procesului de proiectare al aplicațiilor

Exemple de circuite integrate analogice:

Din clasa circuitelor analogice putem aminti :

- Amplificatoare operaționale liniare
- Amplificatoare operationale cu transconductanta
- Amplificatoare logaritmice și exponențiale
- Comparatoare
- Stabilizatoare și referințe de tensiune/curent
- Convertoare A/D și D/A
- Multiplicatoare analogice
- Filtre analogice
- Generatoare de semnal
- Circuite cu calare de faza
- Circuite care realizează funcții speciale.