

# Laborator 5 - Circuite ELIN de expandare

## 1 Obiective

În cadrul laboratorului se vor analiza principalele celule de expandare utilizate pentru realizarea aplicațiilor ELIN (Extern Liniar Intern Neliniar). Celulele de expandare sunt specifice perechii de funcții neliniare utilizate, astfel, pentru circuitele în domeniul logaritmic avem funcția **exponențială**, pentru domeniul hiperbolic avem funcția **invers tangentă hiperbolică** iar pentru domeniul radical avem **funcția de ridicare la pătrat**. Există multe variante de circuite electronice pentru implementarea funcției de expandare, în cadrul laboratorului se va analiza un exemplu din fiecare. Verificarea funcționării corecte a circuitelor se va face folosind analiza de punct static, **DC op pnt**, și analiza de curent continuu, **DC sweep**.

## 2 Mersul lucrării

### 2.1 Implementarea funcțiilor neliniare de expandare utilizând surse comportamentale

Pentru o mai bună înțelegere a funcționării circuitelor care implementează funcțiile de expandare, implementați funcțiile **exponențial**, **invers tangentă hiperbolică** și **ridicare la pătrat** folosind surse de curent comportamentale. Aceste circuite se vor putea folosi și pentru analiza circuitelor de expandare implementate cu tranzistoare. Pașii de urmat:

- creați un proiect nou în Ltspice și salvați proiectul cu numele **expandare.asc**;
- desenați schema de test din Figura 1, unde sursele B1 și B3 sunt surse de curent comportamentale arbitrare (**bi**), sursa B2 este sursă de tensiune comportamentală arbitrară (**bv**) iar sursele V1 și V2 sunt surse de tensiune de 0V folosite pentru citirea curentului de ieșire;

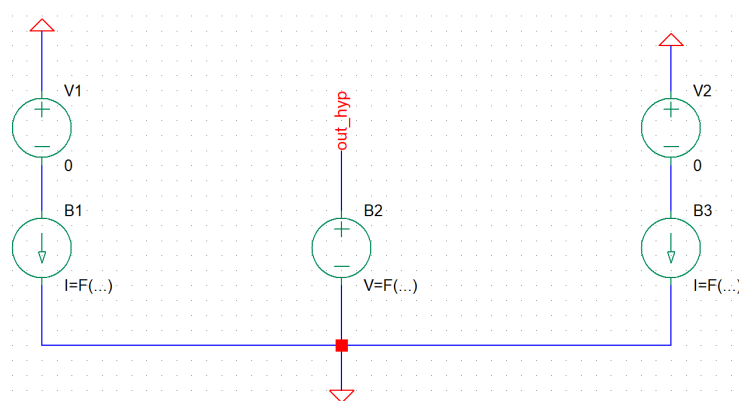


Figura 1: Schema electrică cu implementarea funcțiilor de expandare folosind surse comportamentale

- configurați sursele comportamentale astfel încât să realizeze funcțiile neliniare dorite:

$$\begin{array}{ll} \text{exponențial} & I = \{I_{ref}\} \cdot \exp\left(\frac{\{x\}}{\{V_{ref}\}}\right) \\ \text{tangenta hiperbolic} & V = \{V_{ref}\} \cdot \operatorname{atanh}\left(\frac{\{x\}}{\{I_{ref}\}}\right) \\ \text{ridicare la pătrat} & I = \frac{(\{x\} \cdot \{x\})}{\{I_{ref}\}} \end{array}$$

unde  $V_{ref}$  este o tensiunea de referință (uzual  $V_T$  sau  $2 \cdot V_T$ ),  $I_{ref}$  este un curent continuu de referință (curentul de polarizare a tranzistoarelor) și  $x$  este semnalul de intrare (tensiune sau curent).

- folosind comanda **SPICE Directive** → **PARAM** definiți un set de parametri pentru tensiunea de referință, curentul de referință și semnalul de intrare  $x$ , și dați valori acestora (**.PARAM Vref=100m Iref=100u x=1p**);
- ridicați caracteristica de transfer pentru cele trei circuite rulând o analiză de curent continuu (**DC sweep**), unde modificați parametrul  $x$  între niște valori rezonabile pentru care operațiile implementate de cele trei circuite au sens;
- scalați parametrii  $V_{ref}$  și  $I_{ref}$  pentru fiecare funcție în parte astfel încât semnalele de la ieșire să fie vizibile pe același set de coordonate; care dintre cele trei funcții realizează expandarea cea mai bună?

## 2.2 Circuitul electric pentru implementarea funcției exponențial de tip N

Ridicați caracteristica de transfer a unui circuit exponențial de tip N (current sink) implementat cu tranzistoare bipolare și tranzistoare MOS care lucrează în sub-prag. Comparați caracteristica de transfer cu cea ideală obținută folosind sursa de curent comportamentală. Determinați domeniul util de variație a tensiunii de intrare pentru perechile de modele de tranzistoare BJT respectiv MOS alese, măsurând abaterea dintre valorile tensiunilor de ieșire. Pașii de urmat:

- creați un proiect nou în Ltspice și salvați proiectul cu numele **test\_exp\_N\_mos.asc**;
- desenați schema de test din Figura 2;
- înlocuiți modele generice de tranzistoarele MOS cu modelele **N\_180n** & **P\_180n**;
- includeți biblioteca **mos.txt** în proiect;
- alegeți o valoare pentru parametrul **IE** (curentul de polarizare a tranzistoarelor) și proiectați tranzistoarele MOS (găsiți raportul W/L corespunzător) pentru a lucra în regiunea sub-prag; pentru dimensionare puteți folosi fișierul Excel **MOS-sizing.xls**
- rulați o analiză de punct static (**DC op pnt**) și verificați dacă tranzistoarele lucrează în regiunea dorită (regiunea sub-prag); măsurați valoarea curentului continuu de la ieșire;
- completați circuitul cu sursa de curent comportamentală pentru implementarea funcției exponențiale;

