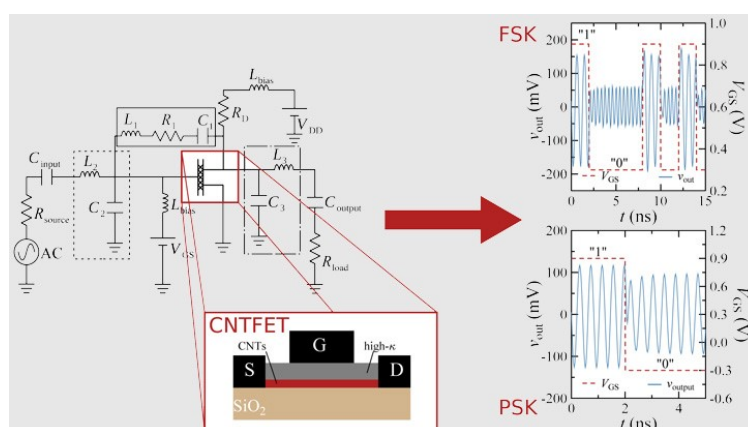


06/10/2021

## Cap al desenvolupament de circuits multifuncionals utilitzant dispositius emergents basats en carboni



Durant els últims anys la demanda de sistemes de comunicació robustos ha anat en augment com a resposta a les necessitats de la població per més i millors opcions de connectivitat. Les tecnologies de semiconductors emergents, com per exemple dispositius a base de carboni, han sorgit com a alternativa a curt termini per incrementar els límits d'acompliment de circuits integrats. En particular, els nanotubs de carboni (CNTs) apareixen com a una opció per a ser utilitzats en el canal de transistors d'efecte de camp (FETs) de nova generació, tot obrint la porta per ser utilitzats en el disseny de circuits de radiofreqüència, explotant les característiques intrínseques dels CNTs, com la ambipolaritat, per dissenyar circuits multifuncionals d'alt acompliment

Les característiques intrínseques dels transistors d'efecte de camp de nanotubs de carboni (CNTFETs); transport quasi-balístic, excel·lent control de comporta, ambipolaritat i alta linealitat inherent, els fan seriosos contendents per al desenvolupament d'aplicacions d'alta freqüència (fins i tot en freqüències pròximes als 100 GHz [1]) i baix consum de potència. En particular, l'ambipolaritat (capacitat de transportar càrregues negatives i positives al mateix temps) permet dissenyar circuits amb múltiples funcionalitats com a multiplicadors de freqüència, amplificadors o moduladors, a partir d'un sol dispositiu. Dissenyar circuits multifuncionals a base de tecnologies emergents en un sol circuit integrat te com a

conseqüència simplificar els processos de fabricació i reduir els costos de producció així com obtenir dissenys de grandària i consum mínim amb un excel·lent acompliment. Aquestes característiques fan que aquest tipus de dissenys siguin molt desitjables per satisfer les demandes actuals de la indústria.

En aquest context, s'ha desenvolupat una recerca conjunta entre el Departament d'Enginyeria Electrònica de la Universitat Autònoma de Barcelona i l'Institut Politècnic Nacional a Mèxic [2], amb la finalitat d'estudiar la factibilitat d'utilitzar CNTFETs en el disseny de circuits multifuncionals d'alta freqüència. Per a això es requereix un model compacte que descriu adequadament els fenòmens físics dins del CNTFET i que, al seu torn, sigui computacionalment eficient per al disseny de circuits. En aquest treball, s'ha utilitzat un model compacte de CNTFETs a gran senyal calibrat amb dades experimentals [3, 4]. Com a resultat d'aquesta col·laboració internacional, s'ha proposat un parell de nous circuits multifuncionals, cadascun amb dues maneres de funcionament: un amplificador de freqüència configurable i un amplificador de fase configurable. En tots dos casos es va poder demostrar que la ambipolaritat en els CNTFETs pot ser aprofitada per a aquest tipus d'aplicacions amb topologies simples en el disseny de circuits on, a més, es van considerar xarxes d'acoblament que poden funcionar apropiadament en les dues maneres de funcionament.

A més, un parell de moduladors PSK i FSK -circuits fonamentals per als sistemes de comunicació d'alta taxa de transferència de dades-, a base de CNTFETs, van ser proposats per primera vegada utilitzant aquests circuits multifuncionals. Es va observar que aquest tipus d'esquemes de modulació poden ser implementats en alta freqüència, per exemple 2.4 GHz, utilitzant un sol transistor, commutant la polarització de comporta d'aquest. Això permet conjuntir fàcilment la part digital i l'analògica d'un sistema de comunicacions.

Fent ús de models compactes físics sofisticats i validats experimentalment, es poden aconseguir, en conjunt amb un disseny circuital eficient, projeccions d'acompliment, com la presentada en aquest treball, que involucrin tecnologies emergents com els CNTFET. Amb la finalitat d'impulsar aquest tipus de tecnologies, és fonamental la col·laboració entre grups de fabricació amb grups dedicats a l'estudi de nivell dispositiu i circuital.

Aquest tipus d'estudis són d'especial interès per demostrar que els dispositius ambipolars, com els CNTFETs, poden ser considerats com a seriosos contendents a curt termini per ser utilitzats en el disseny de solucions multifuncionals d'alta freqüència i alta eficiència en circuits integrats monolítics. A més, els resultats obtinguts poden extrapolar-se per a investigar un altre tipus de dispositius ambipolars com per exemple transistors d'efecte de camp a base de grafè.

**Javier N. Ramos-Silva<sup>1</sup>, Aníbal Pacheco-Sánchez<sup>2</sup>, Eloy Ramírez-García<sup>1</sup>, David Jiménez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, UPALM (México)

<sup>2</sup>Departament d'Enginyeria Electrònica  
Escola d'Enginyeria  
Universitat Autònoma de Barcelona

## Referències

[1] C. Rutherglen et al., **Wafer-scalable, aligned carbon nanotube transistors operating at**

**frequencies of over 100 GHz**, *Nature Electronics*, vol. 2, pp. 530-539, Nov. 2019. doi: 10.1038/s41928-019-0326-y

<sup>[2]</sup> J. N. Ramos-Silva, A. Pacheco-Sanchez, E. Ramírez-García, D. Jiménez, **Multifunctional High-Frequency Circuit Capabilities of Ambipolar Carbon Nanotube FETs**, *IEEE Transactions on Nanotechnology*, vol. 20, pp. 474-480, May 2021, doi: 10.1109/TNANO.2021.3082867.

<sup>[3]</sup> M. Schröter, M. Haferlach, A. Pacheco-Sanchez, S. Mothes, P. Sakalas, M. Claus, **A Semiphsical Large-Signal Compact Carbon Nanotube FET Model for Analog RF Applications**, *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 62, no. 1, pp. 52-60, Jan. 2015. doi: 10.1109/TED.2014.2373149

<sup>[4]</sup> M. Schröter, M. Haferlach, M. Claus, **CCAM Compact Carbon Nanotube Field-Effect Transistor Model (Version 2.0.3)**, *nanoHUB*. doi: 10.4231/D3VD6P595, 2015.

[View low-bandwidth version](#)