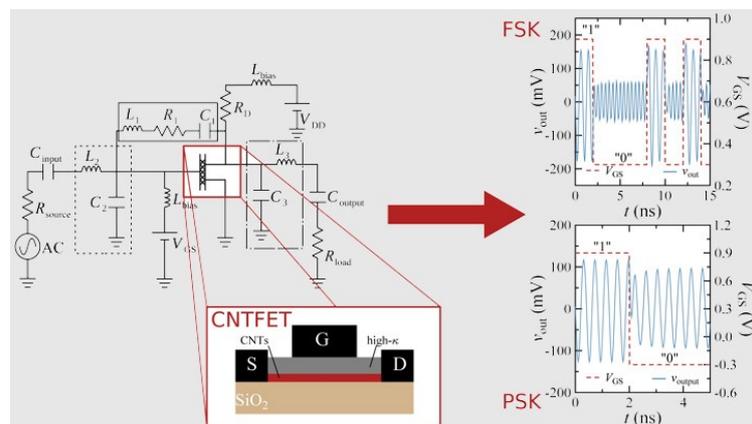


06/10/2021

Hacia el desarrollo de circuitos multifuncionales utilizando dispositivos emergentes a base de carbono



Durante los últimos años la demanda de sistemas de comunicación robustos ha ido en aumento como respuesta a las necesidades de la población por más y mejores opciones de conectividad. Las tecnologías de semiconductores emergentes, como por ejemplo dispositivos a base de carbono, han surgido como una alternativa en el corto plazo para incrementar los límites de desempeño de circuitos integrados. En particular, los nanotubos de carbono (CNTs) aparecen como una opción para ser utilizados en el canal de transistores de efecto de campo (FETs) de nueva generación, abriendo la puerta para ser utilizados en el diseño de circuitos de radiofrecuencia, explotando las características intrínsecas de los CNTs, como la ambipolaridad, para diseñar circuitos multifuncionales de alto desempeño.

Las características intrínsecas de los transistores de efecto de campo de nanotubos de carbono (CNTFETs); transporte quasi-balístico, excelente control de compuerta, ambipolaridad y alta linealidad inherente, los hacen serios contendientes para el desarrollo de aplicaciones de alta frecuencia (incluso en frecuencias cercanas a 100 GHz [1]) y bajo consumo de potencia. La ambipolaridad (capacidad de transportar cargas negativas y positivas al mismo tiempo) en particular, permite diseñar circuitos con múltiples funcionalidades como multiplicadores de frecuencia, amplificadores o moduladores, a partir

de un sólo dispositivo. Diseñar circuitos multifuncionales a base de tecnologías emergentes en un solo circuito integrado trae como consecuencia simplificar los procesos de fabricación y reducir los costos de producción así como obtener diseños de tamaño y consumo mínimo con un excelente desempeño. Dichas características hacen que este tipo de diseños sean muy deseables para satisfacer las demandas actuales de la industria.

En este contexto, se ha desarrollado una investigación conjunta entre el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universitat Autònoma de Barcelona y el Instituto Politécnico Nacional en México [2], con la finalidad de estudiar la factibilidad de utilizar CNTFETs en el diseño de circuitos multifuncionales de alta frecuencia. Para lo anterior se requiere, un modelo compacto que describa adecuadamente los fenómenos físicos dentro del CNTFET y que, a su vez, sea computacionalmente eficiente para el diseño de circuitos. En este trabajo, se ha utilizado un modelo compacto de CNTFETs a gran señal calibrado con datos experimentales [3, 4]. Como resultado de esta colaboración internacional, se han propuesto un par de novedosos circuitos multifuncionales, cada uno con dos modos de funcionamiento: un amplificador de frecuencia configurable y un amplificador de fase configurable. En ambos casos se pudo demostrar que la ambipolaridad en los CNTFETs puede ser aprovechada para este tipo de aplicaciones con topologías simples en el diseño de circuitos en donde además se consideraron redes de acoplamiento capaces de funcionar apropiadamente en los dos modos de funcionamiento.

Además, un par de moduladores PSK y FSK -circuitos fundamentales para los sistemas de comunicación de alta tasa de transferencia de datos-, a base de CNTFETs, fueron propuestos por primera vez utilizando estos circuitos multifuncionales. Se observó que este tipo de esquemas de modulación son capaces de ser implementados en alta frecuencia, por ejemplo 2.4 GHz, utilizando un solo transistor, conmutando la polarización de compuerta del mismo. Todo ello permite conjuntar fácilmente la parte digital y la analógica de un sistema de comunicaciones.

Haciendo uso de modelos compactos físicos sofisticados y validados experimentalmente, se pueden lograr, en conjunto con un diseño circuital eficiente, proyecciones de desempeño, como la presentada en este trabajo, que involucren a tecnologías emergentes como los CNTFET. Con el fin de impulsar este tipo de tecnologías, es fundamental la colaboración entre grupos de fabricación con grupos dedicados al estudio de a nivel dispositivo y circuital. Este tipo de estudios son de especial interés para demostrar que los dispositivos ambipolares, como los CNTFETs, pueden ser considerados como serios contendientes a corto plazo para ser utilizados en el diseño de soluciones multifuncionales de alta frecuencia y alta eficiencia en circuitos integrados monolíticos. Además, los resultados obtenidos pueden extrapolarse para investigar otro tipo de dispositivos ambipolares como por ejemplo transistores de efecto de campo a base de grafeno.

Javier N. Ramos-Silva¹, Aníbal Pacheco-Sánchez², Eloy Ramírez-García¹, David Jiménez²

¹Instituto Politécnico Nacional, UPALM (México)

²Departamento de Ingeniería Electrónica
Escuela de Ingeniería
Universitat Autònoma de Barcelona

Referencias

- ^[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
- ^[2] 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.
- ^[3] M. Schröter, M. Haferlach, A. Pacheco-Sanchez, S. Mothes, P. Sakalas, M. Claus, **A Semiphysical 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
- ^[4] 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](#)