

INTRODUCCIÓN.

La industria de comunicaciones siempre ha sido un mercado muy exigente y rentable para las empresas de semiconductores y circuitos integrados (CI's). Los nuevos sistemas de comunicación son muy demandantes, requieren operar a muy alta frecuencia, alto grado de integración, bajo consumo de energía, así como alto desempeño. La tecnología de los semiconductores ha logrado hacer frente a dichas demandas, dado que ha permitido incrementar la velocidad de operación y la densidad de integración de los CI's.

Desde la invención del transistor bipolar en 1947, las frecuencias de operación de los transistores han mejorado paulatinamente [1]. En 1958 los transistores bipolares de germanio, alcanzaron frecuencias de corte superiores a 1 GHz [2]. Desde esas fechas, diferentes tecnologías han sido investigadas, buscando aumentar aún más las frecuencias de operación de los transistores. Tecnologías como los MESFET (Metal Semiconductor Field Effect Transistor), HBT (Heterojunction Bipolar Transistor), HEMT (High Electron Mobility Transistor), entre otras se han desarrollado intensamente gracias a su alto desempeño en aplicaciones de microondas. En general, los compuestos semiconductores III-V poseen muy alta movilidad de electrones, por lo que se les ha considerado materiales idóneos para aplicaciones de muy alta y extremadamente alta frecuencia, de este modo en el año 2000, se logró el desarrollo de dispositivos con materiales III-V a frecuencias del orden de 1 THz [3].

Debido a las ventajas de las tecnologías con materiales III-V para aplicaciones de radiofrecuencia (RF), durante mucho tiempo el MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) de silicio fue considerado un dispositivo lento, ruidoso y poco adecuado para aplicaciones de RF. Pero gracias al continuo desarrollo de los MOSFETs para aplicaciones analógicas y digitales, su rendimiento ha mejorado considerablemente en los últimos años [4], por lo que este dispositivo ha encontrado más aceptación en la comunidad de RF.

Hasta la fecha, el MOSFET de silicio se ha utilizado ampliamente para aplicaciones en el rango inferior a los GHz, pero el mercado de estos transistores va aumentando a medida que avanza la tecnología. De este modo, en la última década el MOSFET ha alcanzado sorprendentemente altas velocidades de operación, por lo que la comunidad internacional ha comenzado a considerarlos como una alternativa eficiente para aplicaciones analógicas en los rangos de microondas y ondas milimétricas. Este desarrollo de los MOSFETs se basa en la continua reducción de sus dimensiones, proceso conocido como escalado, gracias al cuál, se han reducido sus dimensiones desde varios micrómetros hasta las tecnologías actuales del orden de 65 nanómetros [5].

Esta continua reducción de las dimensiones de los MOSFETs, se ve afectada por la aparición de fenómenos indeseables conocidos como efectos de canal corto (SCE- Short Channel Effects) [1], los cuales implican la pérdida de control de los fenómenos electrostáticos por parte de la compuerta del transistor. Dichos efectos son un desafío tecnológico ya que degradan las características de operación del transistor.

Para reducir los SCE en MOSFETs de escala nanométrica, arquitecturas con múltiples compuertas han emergido como una de las nuevas estructuras más prometedoras, gracias al control simultáneo del canal con más de una compuerta. La idea de la doble compuerta (DG) en el MOSFET fue introducida por primera vez por J.-P. Colinge [6]. Comenzando por el FinFET [7], otros MOSFETs de múltiples compuertas han sido introducidos [8], como el de tres compuertas puertas (TG), compuerta pi (PG), compuerta cuádruple (QG), compuerta omega- $(\Omega-G)$, etc.

De este modo, los FinFETs aparecen como dispositivos prometedores para aplicaciones digitales debido a su alta inmunidad a los SCE y su excelente compatibilidad con la tecnología planar CMOS, así como para aplicaciones analógicas debido a las altas frecuencias de operación previstas. La mayoría de las investigaciones realizadas en FinFETs se han centrado en sus

aspectos tecnológicos y las perspectivas en las aplicaciones digitales, mientras que sólo unos pocos han evaluado sus figuras de mérito analógicas.

Por otro lado, la implementación de estas tecnologías, requiere el desarrollo de modelos adecuados, capaces de predecir su comportamiento a pequeña-señal lo que es crucial para el diseño de circuitos analógicos. Esto permitiría el progreso de una amplia gama de aplicaciones en la industria de telecomunicaciones, que como se ha observado, cada día requiere de dispositivos operando a mayores velocidades y con mejor desempeño.

Por estos motivos, el objetivo de ésta Tesis es extraer los parámetros del modelo de circuito equivalente de pequeña-señal para transistores FinFET de tres compuertas, lo que permitirá el correcto modelado de dichos dispositivos en los rangos de microondas y posiblemente en ondas milimétricas para determinar metodologías de diseño de circuitos analógicos y digitales. Así mismo, se observará la influencia de cada parámetro en el comportamiento dinámico de los transistores, para que en futuras investigaciones puedan optimizarse.