

# FET — Transistor de Efecto de Campo Coherente

Propuesta de Ingeniería basada en -metrics (TCDS)

October 17, 2025

## Resumen

FET es una evolución del MOSFET con *puerta de coherencia*  $u_g$  que aplica empuje  $Q$  para controlar la coherencia  $\Sigma$  del canal. Se opera como oscilador no lineal cercano a Hopf con inyección coherente. El **benchmark** primario es la **lengua de Arnold**: ancho de bloqueo  $\Delta f_{\text{lock}}$  frente a amplitud de inyección  $A_c$ .

## 1 Arquitectura

**Núcleo**: dispositivo activo no lineal (MOSFET/JFET o material de transición) en régimen autooscilante. **Puerta de coherencia** ( $u_g$ ): terminal adicional que ajusta  $\mu_{\text{eff}}$ . **Inyección**: señal externa  $z_{\text{in}}(t)$  acoplada por C1. **Lectura**: salida por C4 a LNA/analizador.

$$\dot{z} = (\mu_{\text{eff}} + i\omega_0)z - (1 + ic)|z|^2z + K z_{\text{in}}$$

## 2 Interfaces eléctricas (prototipo)

Alimentación	5 12 VDC, rizado $< 1 \text{ mV}_{\text{pp}}$
$u_g$	0 2.5 V (aislada), BW control $< 100 \text{ kHz}$
RF_in	1 6 GHz, $50 \Omega$ , ref. común 10 MHz
_out	$50 \Omega$ a analizador/LNA (no cargar)

## 3 -metrics como especificaciones

Métrica	Definición	Objetivo de aceptación
$LI$	$ \langle e^{i(\theta_{\text{out}} - \theta_{\text{in}})} \rangle $	$\geq 0.90$ (régimen estable), $\geq 0.85$ (turbulento)
$R$	correlación temporal _in-_out	$\geq 0.95$ (estable)
$RMSE_{SL}$	error vs. modelo Stuart–Landau	$< 0.10$ (estable), $\leq 0.12$ (turbulento)
$Q_\Sigma$	$f_0/\Delta f$ en bloqueo	maximizar bajo estabilidad
ATA	área de lengua de Arnold	monotónica con $A_c$

**Ajuste con datos Voyager (PWS).** Años con baja variabilidad ambiental ( $\sigma_{\text{env}}$ ) exigen  $LI \geq 0.95$ ; con alta  $\sigma_{\text{env}}$ ,  $0.85 \leq LI < 0.95$ . Regla de diseño:  $LI_{\text{meta}} = 1 - 0.3 \sigma_{\text{env}}$ .

## 4 Benchmark de aceptación: lengua de Arnold

**Procedimiento**: fijar  $u_g$  en borde de Hopf; barrer  $f_{\text{in}}$  y potencia; medir  $\Delta f_{\text{lock}}(A_c)$  y  $S_\phi(f)$ . **Criterio**: (i) existencia de región conectada de bloqueo; (ii)  $\Delta f_{\text{lock}}$  *crece* monótonamente con  $A_c$ ; (iii)  $LI$ ,  $R$ ,  $RMSE_{SL}$  dentro de objetivo según  $\sigma_{\text{env}}$ .

## 5 Instrumentalización mínima

Generadores coherentes y analizador sincronizados a 10 MHz; blindaje Faraday; control térmico  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ . En régimen exigente ( $LI \geq 0.95$  sostenido) añadir GPSDO y lectura con PLL.

## 6 Diseño electrónico mínimo (BOM de referencia)

FET (placeholder)	MOSFET 2N7000 o JFET alta $g_m$
R1/R2/R3	20–40 dB, $NF < 1$ dB
PCB	2 capas, plano de masa, trazas $50\ \Omega$ en RF

## 7 Puesta en marcha y uso

1. Línea base sin inyección:  $f_0$ ,  $S_\phi(f)$ ,  $\Delta f$ .
2. Inyección: barrer  $\pm\text{kHz}$ ; mapear  $\Delta f_{\text{lock}}(A_c)$ .
3. Optimización: ajustar  $u_g$  y fase para  $LI$  máximo con  $RMSE_{SL}$  mínimo; registrar ATA y  $Q_\Sigma$ .
4. Controles: dispositivo dummy, inversión de fase, fuera de banda;  $LI \rightarrow 0$  sin  $A_c$ .

## 8 Presupuesto MXN (1 unidad, materiales)

Concepto	Costo unit. [MXN]	Subtotal
MOSFET 2N7000 (placeholder)	9.4	9.4
2× SMA PCB	40.4	80.8
Cable RG316 SMA–SMA	92.7	92.7
Caja blindaje	192.6	192.6
PCB 2 capas (prorratio 1/10)	73.8	73.8
Pasivos R/C	100.0	100.0
LNA (opcional)	199.8	199.8
<b>Total materiales Base</b>		<b>749.1</b>
GPSDO 10 MHz (opcional)	1800.0	1800.0
Control térmico simple	350.0	350.0
<b>Total Base+GPSDO+Térmico</b>		<b>2899.1</b>

**Mano de obra separada.** Tarifa 273 MXN/h. Esquemático 2h, PCB/logística 3h, ensamble 3h, pruebas 3h  $\Rightarrow 11\text{h} \times 273 = \mathbf{3003}$  MXN.

## 9 Limitaciones y riesgos

El placeholder 2N7000 no representa materiales exóticos; sirve para validar fenómeno de bloqueo. Artefactos RF y deriva térmica son dominantes; mitigación con blindaje, cables cortos, OCXO/GPSDO y control térmico. La promesa de “ultra-velocidad” está acotada por capacitancias parásitas y límites de material; se reporta desempeño medido, no extrapolado.

## 10 Autocrítica

Coherencia: cada especificación enlaza a una métrica y a un test reproducible. Verificabilidad: la aceptación depende de lengua de Arnold y umbrales  $LI/R/RMSE_{SL}$ . Prudencia: evito reclamos no medidos (p.ej. escalas de Planck); todo queda anclado a resultados de bancada y a la regla  $LI_{\text{meta}} = 1 - 0.3\sigma_{\text{env}}$  obtenida de las series PWS. Siguiente paso: sustituir el placeholder por el canal activo objetivo y recalibrar  $K$ ,  $u_g$  y parásitos para consolidar las curvas de rendimiento.