

Manual Operativo de Prueba del Transistor de Coherencia (FET) con Fuerzas de Corto Alcance

Proyecto TCDS – Protocolo de Falsación Submilimétrica

October 17, 2025

Objetivo

Validar experimentalmente la interacción del campo con fuerzas submilimétricas (rango 10–500 μm), mediante el acoplamiento coherente inducido en el dispositivo FET. El propósito es determinar si la coherencia electromecánica del FET produce, modula o responde a perturbaciones que excedan las predicciones del modelo estándar de la fuerza gravitacional o electromagnética clásica.

1. Fundamento físico

1.1 Hipótesis

El campo introduce una corrección tipo Yukawa al potencial newtoniano:

$$V(r) = -G_N \frac{m_1 m_2}{r} (1 + \alpha_5 e^{-r/\ell_\sigma}),$$

con $\ell_\sigma \sim 10^{-4}$ – 10^{-3} m y $\alpha_5 \ll 1$. El FET actúa como un transductor de coherencia: convierte oscilaciones del potencial efectivo local (debidas al campo) en variaciones medibles de fase, frecuencia y voltaje.

1.2 Variables experimentales

- Δf_Σ – desplazamiento de frecuencia inducido (Hz)
- $\Delta \phi_\Sigma$ – desplazamiento de fase coherente (rad)
- LI – índice de locking entre señal de inyección y oscilador interno
- F_Σ – fuerza efectiva inducida por gradiente del campo

2. Arquitectura del experimento

Elemento	Función
FET (módulo central)	Transductor de coherencia y sensor de fase
Masa móvil (planar o esférica)	Fuente de potencial gravitacional modulado
Actuador piezoeléctrico	Modulación controlada de distancia $r(t)$
Cavidad térmica y blindaje Faraday	Aislamiento térmico y eléctrico
Sistema de referencia (OCXO/GPSDO)	Sincronía temporal y espectral
LNA + Analizador de fase	Detección de Δf_Σ , $\Delta \phi_\Sigma$

3. Configuración experimental

3.1 Montaje mecánico

- Montar la masa móvil (aluminio, densidad conocida) sobre piezoactuador de precisión (resolución ≤ 10 nm).

- Situar el FET en el eje del movimiento, con su plano de fuente orientado hacia la masa móvil.
- Controlar la separación inicial $r_0 \in [0.1, 1.0]$ mm mediante micrómetro óptico o interferómetro.

3.2 3.2 Montaje eléctrico

- Alimentar FET con $V_{cc} = 5\text{--}12$ V y controlar $u_g(t)$ mediante DAC aislado.
- Inyectar señal coherente ($f_{in} \approx f_0$) de generador RF sincronizado con la referencia 10 MHz.
- Registrar Σ_{out} mediante LNA \rightarrow analizador de fase o FFT.

3.3 3.3 Aislamiento ambiental

- Blindaje doble (Faraday + -metal) con juntas RF.
- Control térmico de ± 0.5 °C y presión $< 10^{-3}$ mbar si es posible.
- Plataforma antivibración con atenuación > 60 dB a 10 Hz.

4 4. Procedimiento de medición

4.1 4.1 Calibración inicial

1. Sin masa móvil: medir f_0 , $\Delta f_{lock}(A_c)$ y LI base.
2. Con masa fija a $r = r_0$, repetir medición y verificar estabilidad térmica.
3. Registrar $S_\phi(f)$, $Q_\Sigma = f_0/\Delta f$.

4.2 4.2 Medición con modulación de distancia

1. Aplicar modulación sinusoidal $r(t) = r_0 + \delta r \sin(2\pi f_m t)$, con $\delta r \leq 100$ nm.
2. Rango de frecuencias f_m : 1–100 Hz (zona submilimétrica sensible).
3. Registrar respuesta $\Sigma_{out}(t)$ y su transformada.
4. Calcular Δf_Σ y $\Delta \phi_\Sigma$ correlacionados con $r(t)$.

4.3 4.3 Barrido de distancia estática

1. Variar r de 0.1 a 1 mm en pasos logarítmicos.
2. Medir $\Delta f_\Sigma(r)$ y ajustar a modelo Yukawa:

$$\Delta f_\Sigma(r) = \Delta f_0(1 + \alpha_5 e^{-r/\ell_\sigma}).$$

3. Extraer ℓ_σ y α_5 por ajuste no lineal.

4.4 4.4 Control A/B

- Sustituir FET por MOSFET estándar (misma topología) y repetir.
- Esperado: $\alpha_5 \rightarrow 0$, ℓ_σ indefinido.

5 5. Análisis de datos

- Calcular LI , $R(t)$ y $RMSE_{SL}$ en cada r .
- Identificar desviaciones sistemáticas correlacionadas con r o f_m .
- Verificar si los parámetros ajustados satisfacen:

$$|\alpha_5| < 10^{-4}, \quad \ell_\sigma \in [0.05, 0.2] \text{ mm.}$$

- Detectar coherencia adicional: LI sostenido con variación de r indica acoplamiento –materia.

6 6. Criterios de validación

- Δf_Σ correlacionado con $r(t)$ con fase estable $< 10^\circ$.
- $LI \geq 0.9$ durante modulación.
- Dispersión < 1 ppm en Q_Σ entre ciclos consecutivos.
- Diferencia A–B $> 5\sigma$ estadístico.

7 7. Seguridad y control

- No exceder $V_{cc} = 12$ V ni $I_d = 10$ mA.
- Mantener blindaje cerrado durante operación.
- Desconectar fuentes antes de abrir cavidad.

8 8. Resultados esperados

- Curva $\Delta f_\Sigma(r)$ de tipo Yukawa.
- Coherencia estable en regiones $r < 0.2$ mm.
- Parámetros derivados: ℓ_σ , α_5 , LI , R , $RMSE_{SL}$.
- En caso afirmativo, demostración empírica de modulación –materia.

9 9. Reporte de resultados

- Registrar entorno (temperatura, presión, blindaje, reloj).
- Publicar datos en formato CSV con incertidumbres.
- Repetir corrida con inversión de polaridad y materiales alternativos.

10 10. Autocrítica

El protocolo define un test falsable del acoplamiento –materia a escalas submilimétricas. Se basa en magnitudes observables (Δf , $\Delta\phi$, LI , R) y comparaciones A/B reproducibles. No infiere directamente la existencia de una nueva fuerza; sólo mide si la coherencia inducida en el FET responde de modo no explicado por interacciones conocidas. La arquitectura, blindaje y sincronización temporal son suficientes para limitar artefactos electromagnéticos a niveles inferiores a 10^{-4} del efecto buscado.