

Tema 5

SENSORES CAPACITIVOS

PARTE 2

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Introducción

Un poco de electromagnetismo básico...

En un sensor capacitivo tipo plano, la capacidad asociada es

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d}$$

- ϵ , o permitividad dieléctrica del medio
- S , o superficie de las placas constituyentes
- d , o distancia de separación entre ellas (idealmente muy pequeña)

En uno de tipo cilíndrico hueco, la capacidad equivalente es:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \epsilon \cdot H}{\ln(R_{EXT}) - \ln(R_{INT})}$$

- ϵ , o permitividad dieléctrica del medio
- H , o longitud del cilindro
- R_{EXT} , R_{INT} , o radios exterior e interior

¿Qué parámetro puede variar?

En ambos casos, las variaciones de la permitividad se transmiten linealmente a la capacidad.

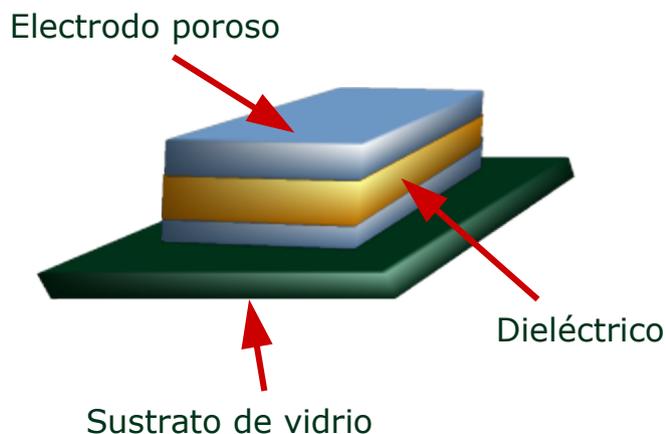
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

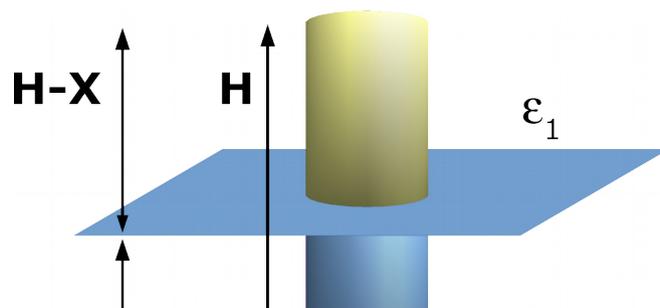
Variaciones de la permitividad

Ejemplos clásicos: Sensores de humedad y de nivel



Sensor de humedad

Una capa metálica porosa permite el intercambio de humedad con el ambiente. El dieléctrico es un polímero u óxido metálico cuya permitividad crece linealmente con la humedad relativa.



Sensor de nivel de líquido

El condensador cilíndrico del dibujo puede entenderse como dos condensadores en paralelo con impedancias:

$$C_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_1 \cdot (H - x)}{\ln(R_{EXT}) - \ln(R_{INT})} \quad C_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_2 \cdot x}{\ln(R_{EXT}) - \ln(R_{INT})}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

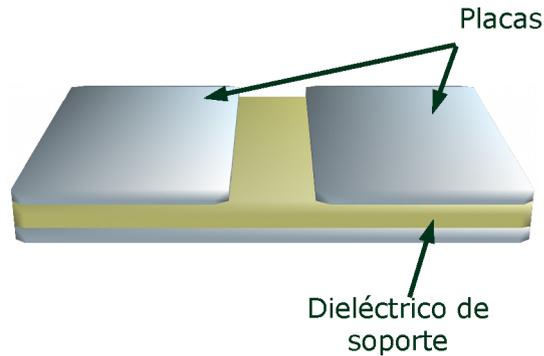
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Construible ad hoc.

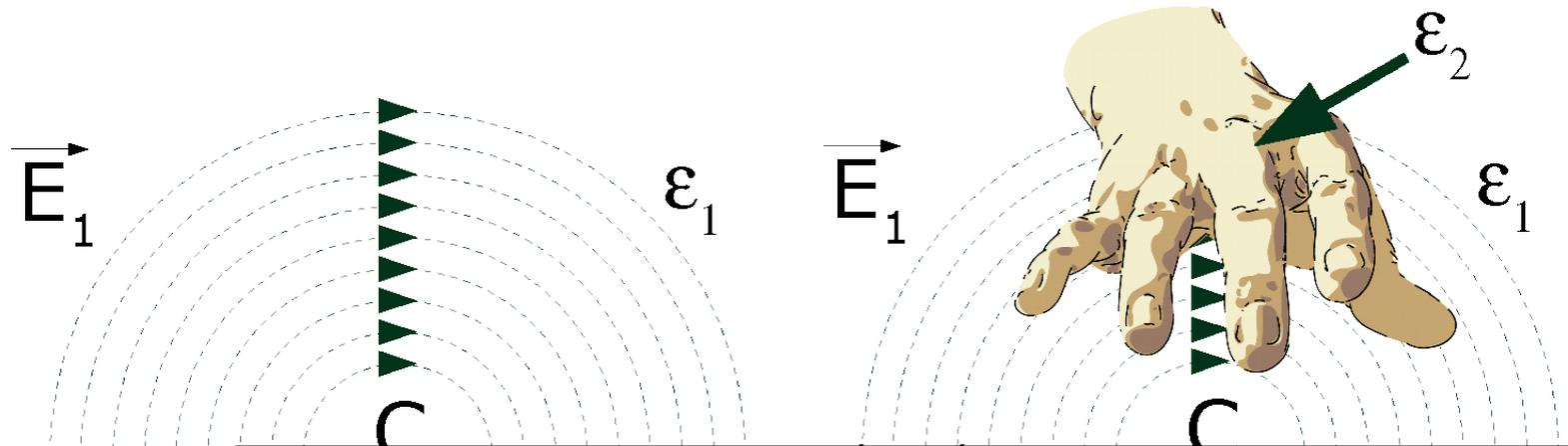
Variaciones de la permitividad

Ejemplos todo/nada: Sensores de proximidad



Sensor de proximidad

La figura adjunta muestra un condensador con placas coplanarias. La expresión exacta de la capacidad es difícil de obtener. Sin embargo, nos interesa su valor sino que cambie.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Variaciones de la distancia

Ejemplos: Sensor de presión y micrófono capacitivo

Zona de presión

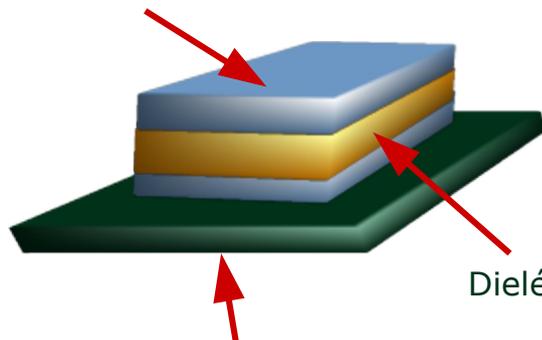


Imagen reciclada 😊

Sensor de presión

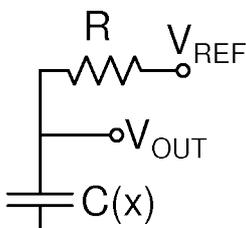
Al ejercer presión sobre una capa del condensador, el dieléctrico se deforma disminuyendo d y aumentando S . Esto ayuda a medir el esfuerzo.

Ojo: El dieléctrico no se deforma uniformemente.

Micrófono capacitivo

Un sistema RC es alimentado por una referencia constante, V_{REF} . Las ondas sonoras provocan pequeños desplazamientos de las placas:

$$d(t) = d_0 + a \cdot f(t) \rightarrow C(t) = \frac{\epsilon \cdot S}{d_0 + a \cdot f(t)}$$



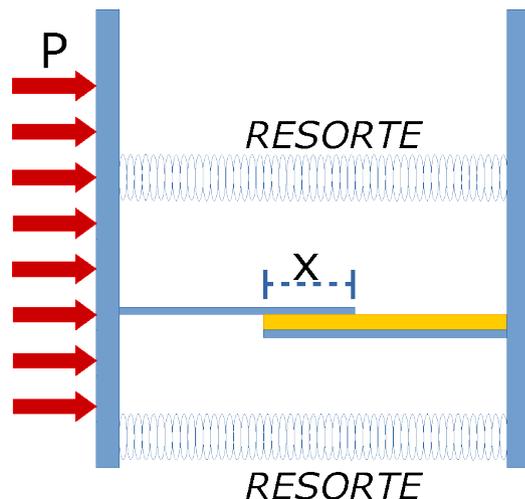
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Variaciones de la superficie

Ejemplos: Sensor de desplazamiento y acelerómetros



Sensor de desplazamiento

La idea de este sensor de desplazamiento (o, por ejemplo, de presión), consiste en crear un condensador cuya anchura aumente con el desplazamiento y, con ello, la capacidad del sistema.

$$C(x) = \frac{\epsilon \cdot a \cdot x}{d} = \frac{\epsilon \cdot a \cdot x_0}{d} + \frac{\epsilon \cdot a \cdot \Delta x}{d} = C_0 + \frac{\epsilon \cdot a}{d} \cdot \Delta x$$



Acelerómetro

Si al sensor anterior se le coloca una masa inercial y se coloca en un vehículo, los desplazamientos de la pared móvil permiten determinar el valor de la aceleración.

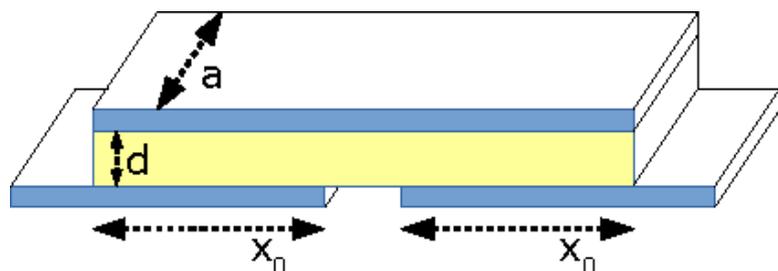
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Capacidades diferenciales

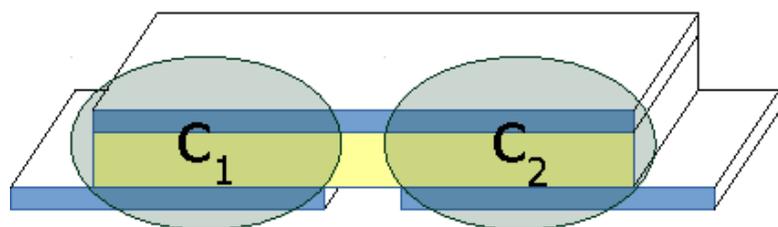
Ejemplo: Cambios relativos en la superficie



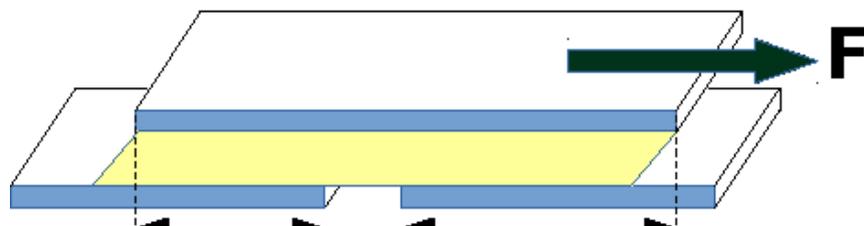
Acelerómetro

En la estructura adjunta, se crean dos capacidades iguales en serie de valor:

$$C_{10} = C_{20} = \frac{\epsilon \cdot a \cdot x_0}{d}$$



Cuando se produce un desplazamiento de la placa superior, las capacidades cambian aunque su suma permanece constante. Esta variación permite calcular el desplazamiento relativo y, por tanto, la fuerza aplicada.



$$C_1 = \frac{\epsilon \cdot a \cdot (x_0 - \Delta x)}{d} = C_{10} \cdot \left(1 - \frac{\Delta x}{x_0}\right)$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \cdot a \cdot (x_0 + \Delta x)}{d} = C_{10} \cdot \left(1 + \frac{\Delta x}{x_0}\right)$$

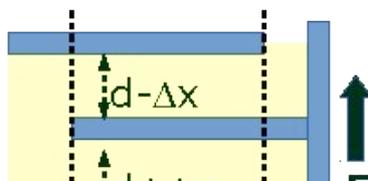
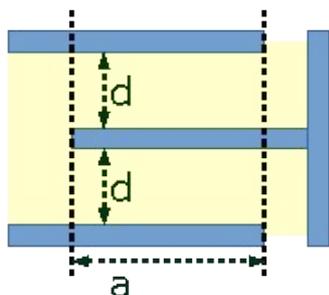
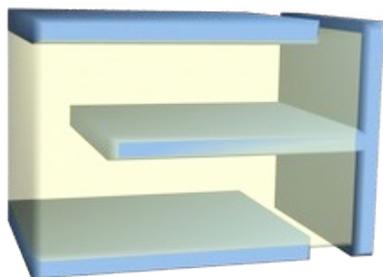
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Capacidades diferenciales

Ejemplo: Cambios relativos en la distancia



Acelerómetro

En cambio, en la estructura adjunta se van a medir cambios en las distancias entre placas. El problema viene de que, al estar en el denominador, la relación es no lineal:

$$C_{10} = C_{20} = \frac{\epsilon \cdot a \cdot b}{d_0}$$

El desplazamiento de la placa central modifica simultáneamente las dos capacidades:

$$C_1 = \frac{\epsilon \cdot a \cdot b}{d_0 - \Delta x} \approx C_{10} \cdot \left(1 + \frac{\Delta x}{x_0} \right)$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \cdot a \cdot b}{d_0 + \Delta x} \approx C_{10} \cdot \left(1 - \frac{\Delta x}{x_0} \right)$$

Ante pequeños desplazamientos, el sistema puede considerarse

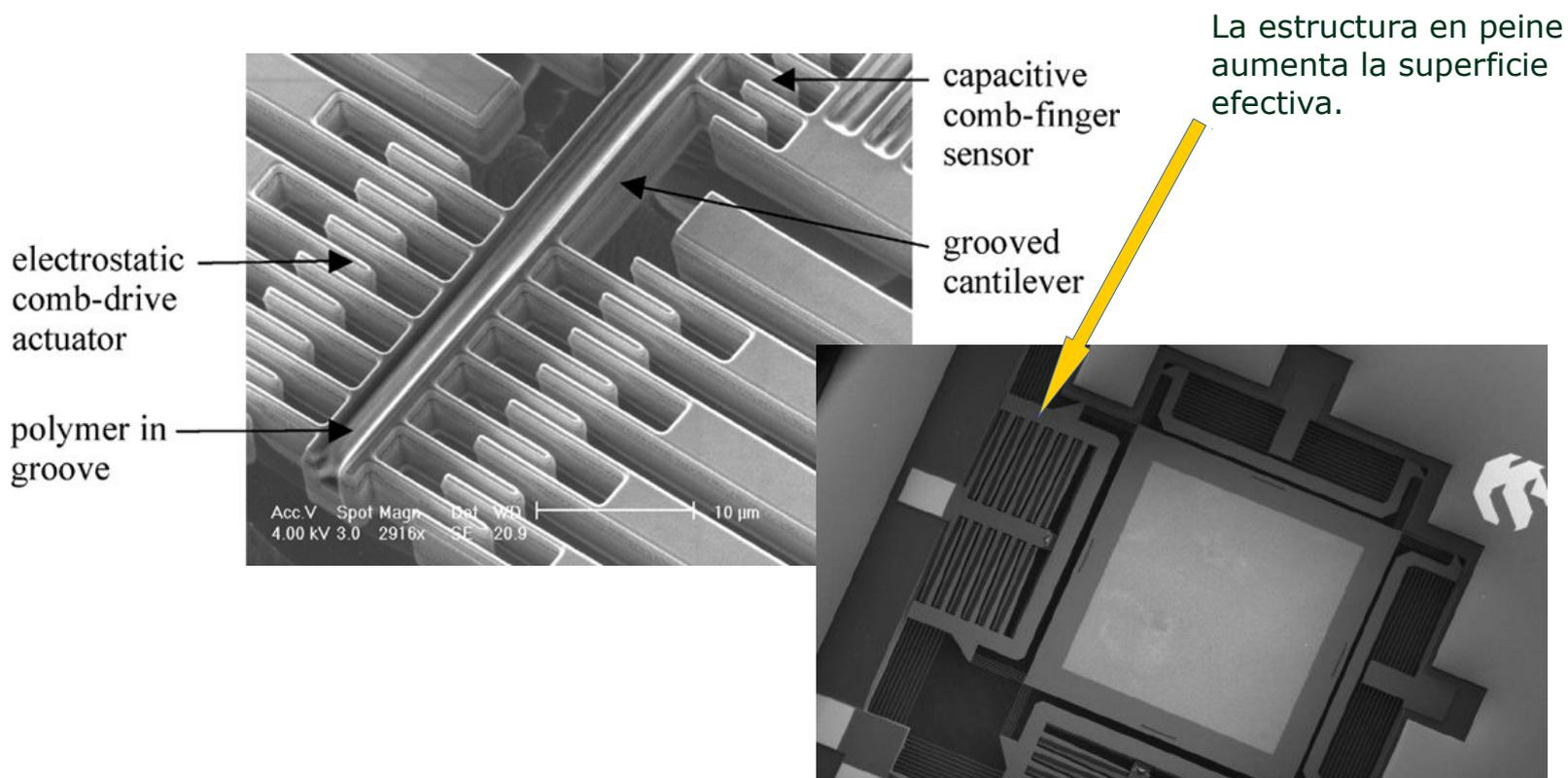
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Capacidades diferenciales

Ejemplo: MEMS



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70