جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

حساسات ومجسات

المحاضرة الرابعة

د.م. خولة حموي
khawla.hamwi@gmail.com

العام الدراسي: ٢٠٢٣-٢٠٢٤

عناوين المحاضرة

- مجسات السعة المتغيرة Variable-Capacitance Transducers
- حساس الدوران السعوي Capacitive Rotation Sensor
- حساس الانتقال السعوي Capacitive Displacement Sensor
- دارة السعة الجسريةCapacitive Bridge circuit
- محاسن ومساوئ

مجسات السعة المتغيرة

- مجسات السعة المتغيرة هي حساسات عالية الممانعة ومنخفضة التردد

Impedance= (1/jwC) ⬇ Frequency ➔ impedance ⬆

- الحساسات السعوية هي أجهزة لا تحتوي على اتصال مباشر بين الحساس والجسم المتحرك
- تتطلب دارات ملائمة خاصة
- بالإضافة إلى الحساسات السعوية التشابهية توجد أيضاً مجسات سعوية رقمية مثل مقياس السرعة الرقمي

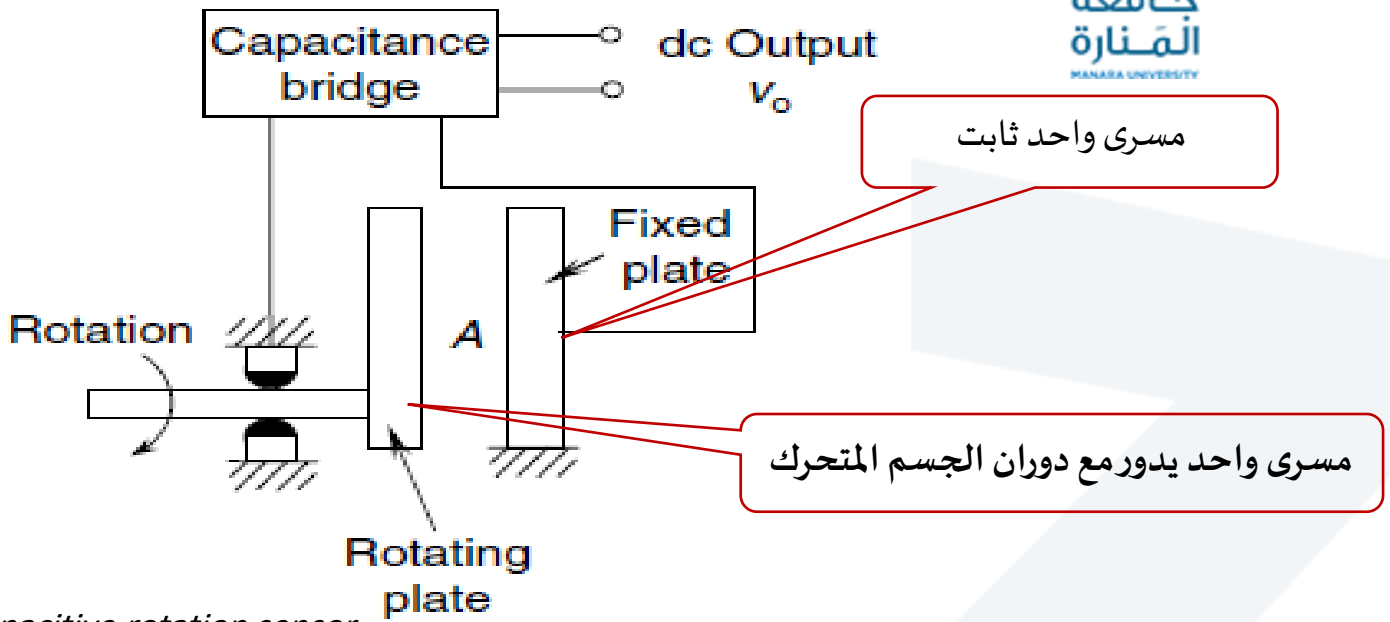
- تمتلك السعة أو المكثف مسريين يخزنان شحنة كهربائية. تولد هذه الشحنة فرق جهد بين المسرين
- السعة بين مسرين تعطى بالعلاقة

حيث

$$C = \frac{kA}{x},$$

A المساحة المشتركة بين المسرين X عرض الفجوة بين المسرين kثابت الوسط

حساس الدوران السعوي



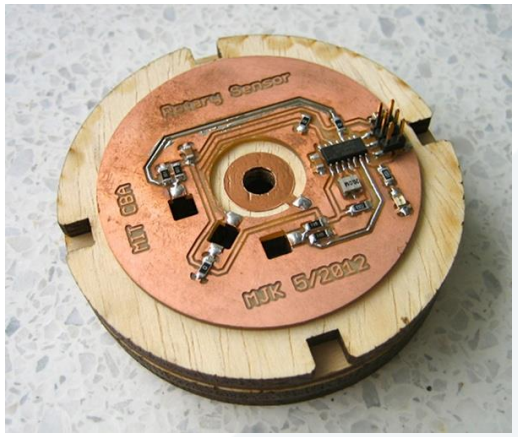
Capacitive rotation sensor

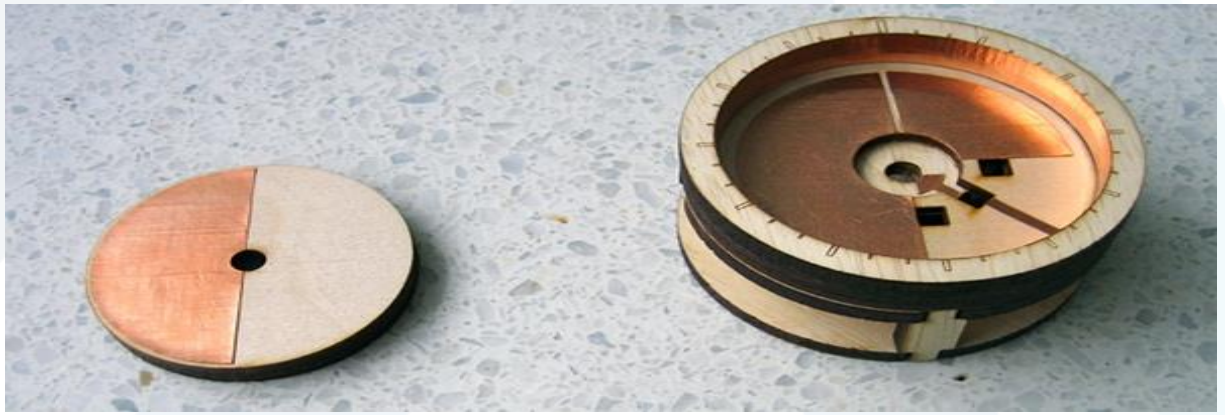
المساحة المشتركة A تتناسب مع زاوية الدوران θ وبالتالي:

$$C = K\theta,$$

حيث k ثابت الحساس

هذه العلاقة خطية بين C وθ





حساس الدوران السعوي

حساسية هذا الحساس تحسب كما يلي:

$$S = \frac{\partial C}{\partial \theta}$$

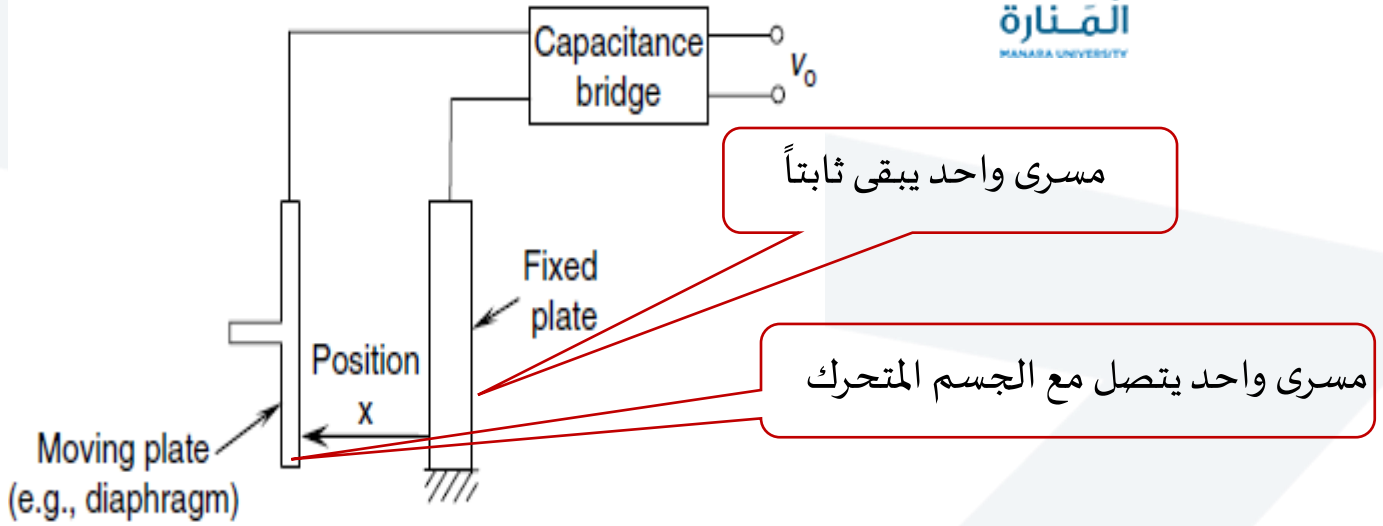
$$C = K\theta,$$

$$\Rightarrow \quad S = \frac{\partial C}{\partial \theta} = K,$$

والتي تكون ثابتة خلال عملية القياس

وهذا متوقع بسبب أن علاقة الحساس خطية

حساس الانتقال السعوي



Capacitive displacement sensor

علاقة الحساس تعطى كما يلي:

$$C = \frac{K}{x}.$$

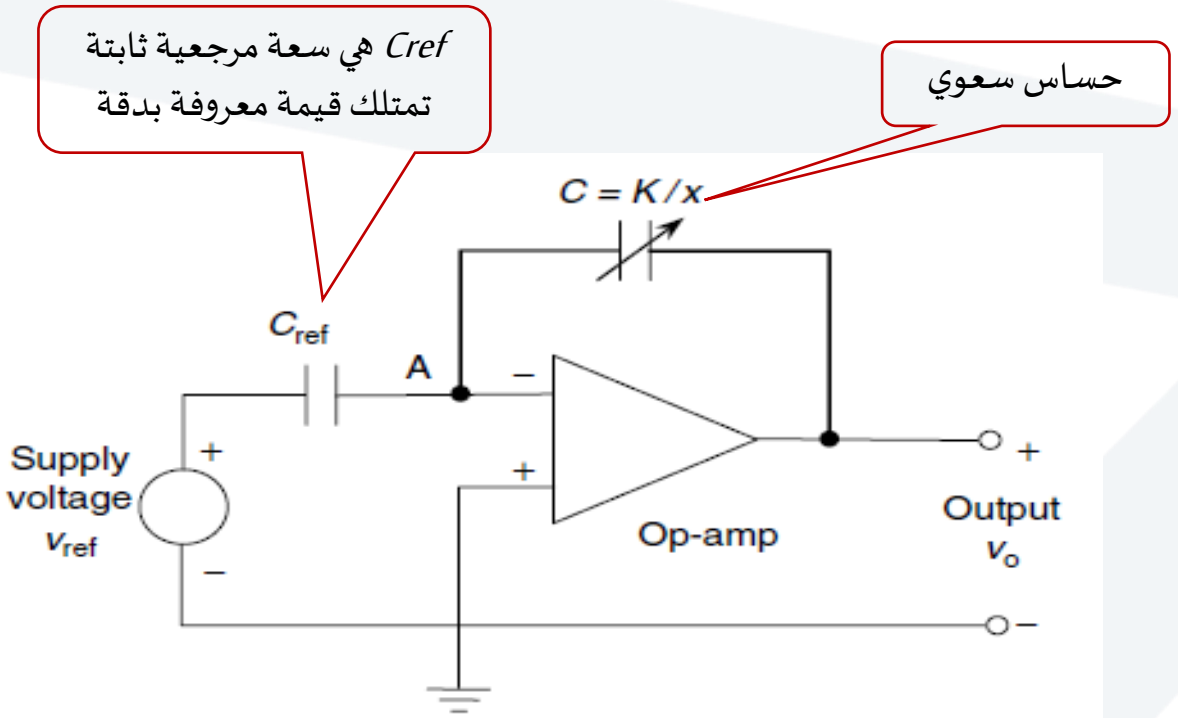
الحساسية الموافقة تعطى بالعلاقة

$$S = \frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{K}{x^2}.$$

$$C = \frac{K}{x}.$$

علاقة الحساس غير خطية والطريقة البسيطة لجعلها كذلك هي استخدام مضخم عاكس

حساس الانتقال السعوي



Linearizing amplifier circuit for a capacitive transverse displacement sensor.

بما أن ربح الجهد لمكبر العمليات عالي جداً، فإن الجهد عند المدخل العاكس (النقطة A) يساوي الصفر عملياً (لأن المدخل غير العاكس مؤرض)

بما أن ممانعة مكبر العمليات عالية أيضاً، فإن التيار المار بين مدخلي مكبر العمليات مهمل

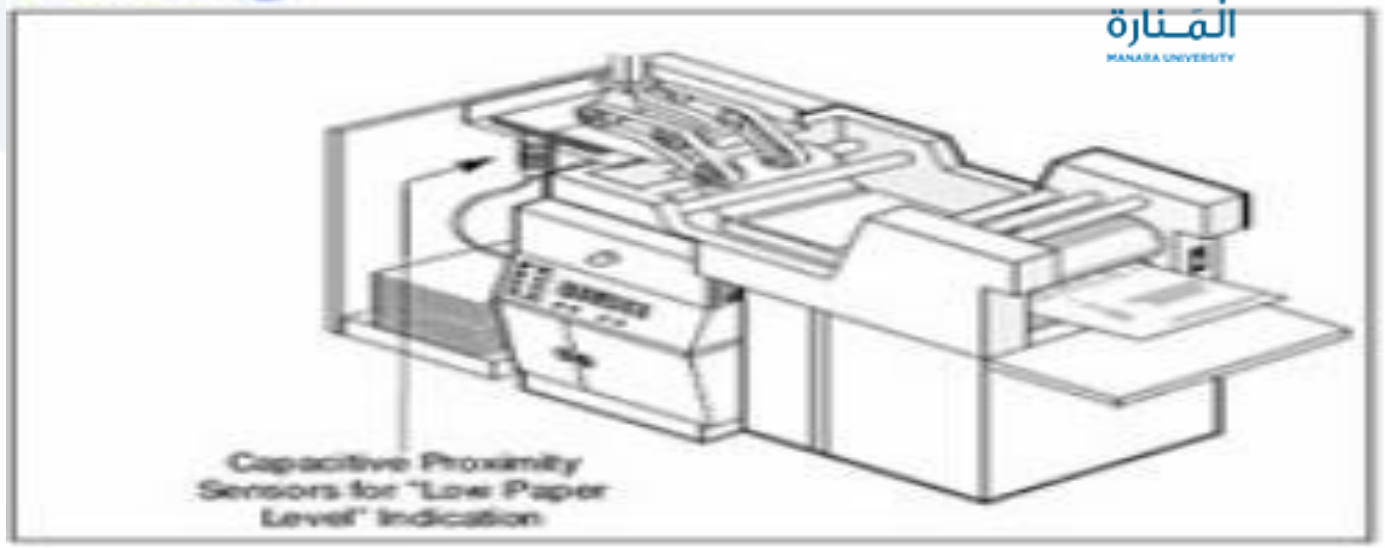
بتطبيق توازن الشحنة عند النقطة A ***vref Cref + voC =0***

العلاقة الخطية لجهد الخرج بدلالة الانتقال تعطى بالعلاقة :

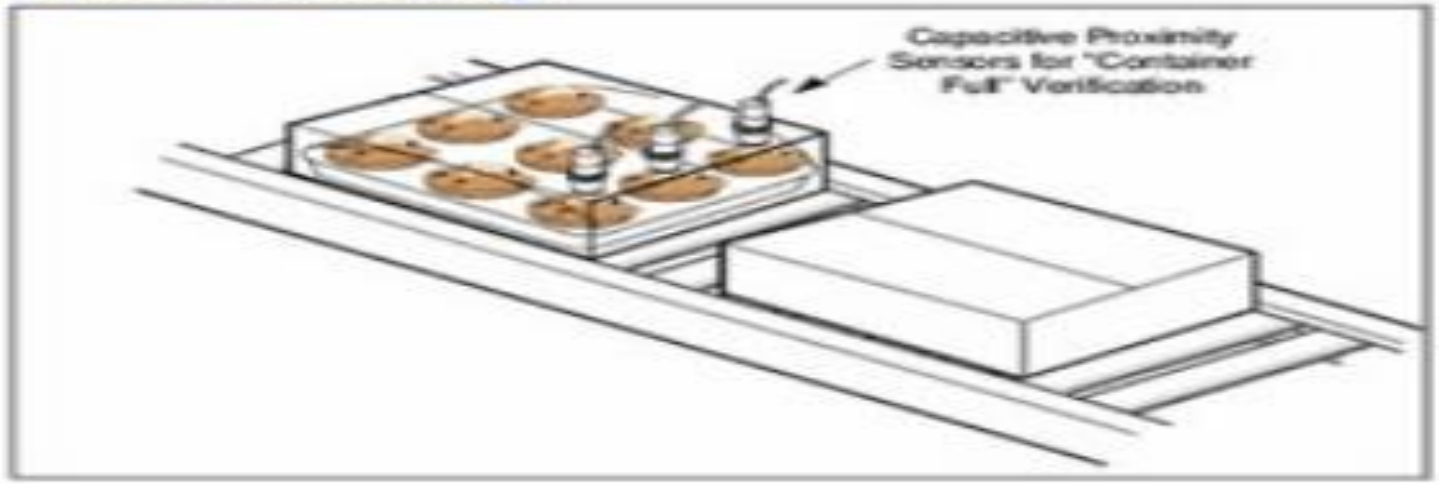
$$v_o = -\frac{v_{ref} C_{ref}}{K} x.$$

تطبيقات الحساسات السعوية

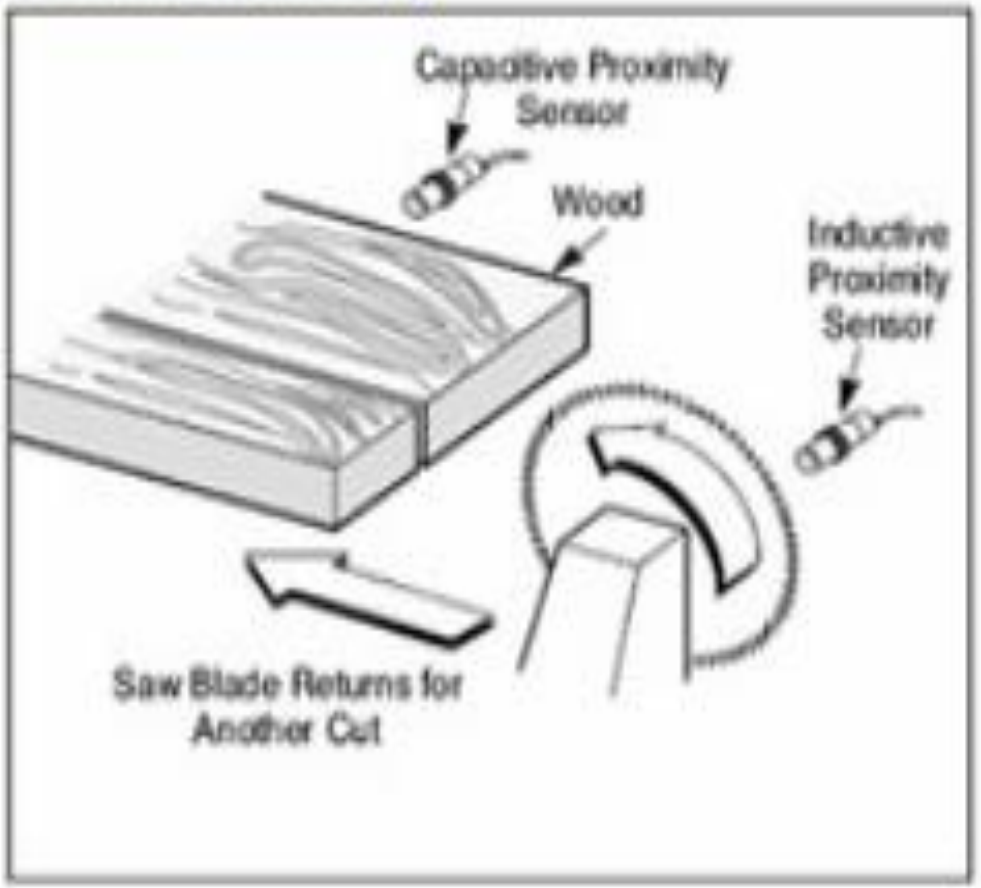
Printing



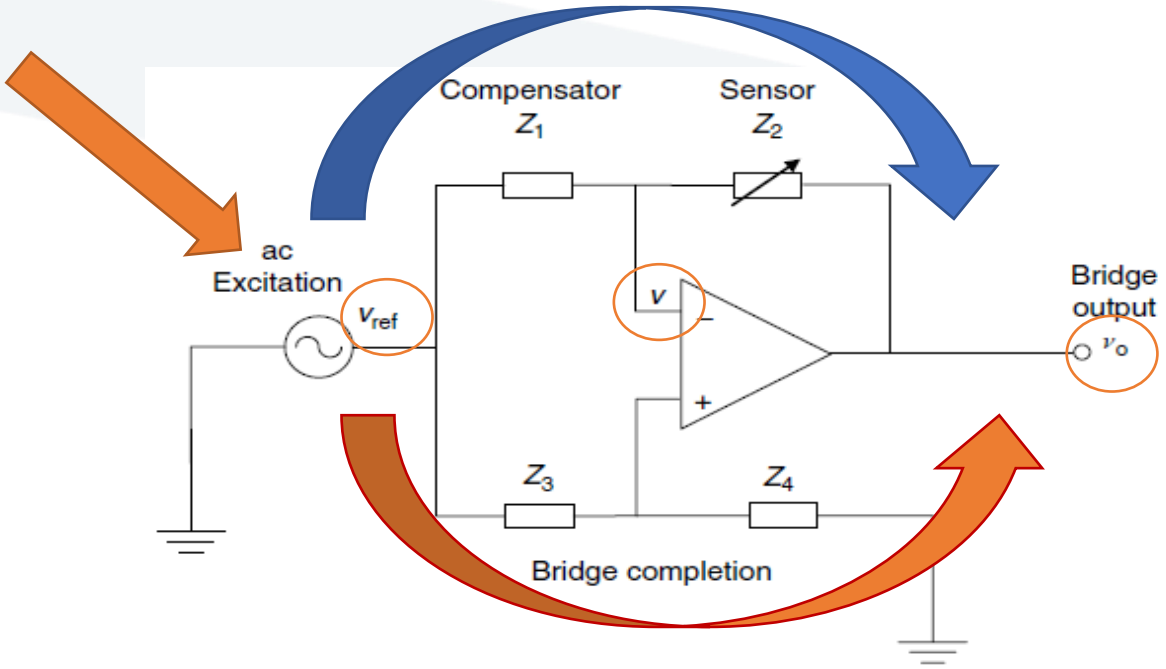
Food Processing



Wood Industry



دارة السعة الجسرية



A bridge circuit for capacitive sensors.

تتطلب الحساسات التي تعتمد على تغير السعة بعض وسائل القياس للحصول على الإشارة المطلوبة

علاوة على ذلك فإن التغير في السعة الناتج عن تغيرات غير مرتبطة بالقيمة المقاسة (على سبيل المثال التغيرات الناتجة عن الرطوبة، الحرارة، الرطوبة وغير ذلك) تسبب أخطاء ويجب أن تعوَّض.

معادلات توازن التيار تعطى كما يلي:

$$\frac{v_{ref} - v}{Z_1} + \frac{v_o - v}{Z_2} = 0,$$

$$\frac{v_{ref} - v}{Z_3} + \frac{0 - v}{Z_4} = 0,$$

حيث v هو الجهد المشترك عند مداخل مكبر العمليات

دارة السعة الجسرية

بحذف v من المعادلتين السابقتين نحصل على:

$$v_o = \frac{(Z_4/Z_3 - Z_2/Z_1)}{1 + Z_4/Z_3} v_{ref}.$$

عندما $\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{Z_4}{Z_3}$, خرج الجسر معدوم (v=0) والجسر يقال عنه متوازن

بما أن جميع الممانعات تتأثر بشكل مشابه للتغيرات المحيطة فإن الجسر المتوازن سيحافظ على الشرط السابق حتى تحت تأثير التغيرات المحيطة عدا ممانعة الحساس Z2 التي تتغير بسبب القيمة المقاسة . تعوض هذه التغيرات المحيطة ضمن الدارة الجسرية (Z1)كي لا تؤثر على قيمة خرج الحساس

خرج الجسر الناتج عن تغير الحساس δZ بدءاً من حالة التوازن يعطى بالعلاقة

$$\delta v_o = -\frac{v_{ref}}{Z_1(1 + Z_4/Z_3)} \delta Z.$$

مطال وزاوية الطور δVo مع الأخذ بالاعتبار Vref سيحددان قيمة δZ وذلك بفرض Z1 و Z4/Z3 معروفين

محاسن ومساوئ

ميزة المجسات السعوية أنها لا تحتاج إلى اتصال مباشر (noncontacting) ← تأثيرات الحمل الميكانيكي مهملة

هناك بعض الأحمال في هذا النوع من المجسات كالتي تنتج عن قوى العطالة للمسرى المتحرك ومقاومة الاحتكاك بين الجسم المتحرك والمسرى المتحرك

يمكن حل هذه المشكلة من خلال استخدام الجسم المتحرك نفسه كمسرى متحرك

تتأثر هذه المجسات بعوامل البيئة المحيطة مثل الرطوبة، الحرارة، الضغط.. وذا ما يولد أخطاء في عملية القياس

يمكن حل هذه المشكلة من خلال استخدام الدارة الجسرية لتعويض هذه التأثيرات

سعات خارجية ممكن أن تؤثر على قراءة الحساس كالسعات الناتجة عن الكبل

يمكن حل هذه المشكلة من خلال استخدام مضخم الشحنة (Charge amplifier)

الحساسية المنخفضة لحساسات الانتقال السعوية التي قد تصل في بعض الأنواع إلى 1PF بالميلي متر

يمكن حل هذه المشكلة من خلال استخدام جهود تغذية عالية ودارات تضخيم لزيادة حساسية الحساس