

Lecture 4



محولات الإشارة التشابيهية

(Analog signal conditioning)

✓ مبادئ محولات الإشارة التشابهيّة Principles of Analog signal conditioning

تقوم محولات الإشارة بتحويل إشارات الخرج لكل مرحلة من نظام التحكم لتتوافق مع شكل إشارة الدخل لمرحلة تالية من نظام التحكم لتحقيق إمكانيات الربط السليم بين المراحل وضمن حلقة التحكم.

تقوم محولات الإشارة عادة بوظيفة تحويل إشارة خرج الحساس مهما كان نوعه إلى إشارة ذات طبيعة كهربائية أو غازية.

يجب البحث عن مواد في الطبيعة تملك خواص مناسبة لتساعدنا في تشكيل محولات الإشارة ، فعلى سبيل

المثال يمكن استخدام مادة كبريتات الكاديوم (*Sulfide cadmium*) لقياس شدة الضوء

(*light intensity*) بتحويل شدة الضوء إلى مقاومة كهربائية متغيرة. تشكل مادة كبريتات الكاديوم

علاقة عكسية غير خطية بين المقاومة الكهربائية للمادة و شدة الضوء الساقط عليها.

١. تغيرات أساس ومستوى الإشارة (Signal level and Bias Changes)

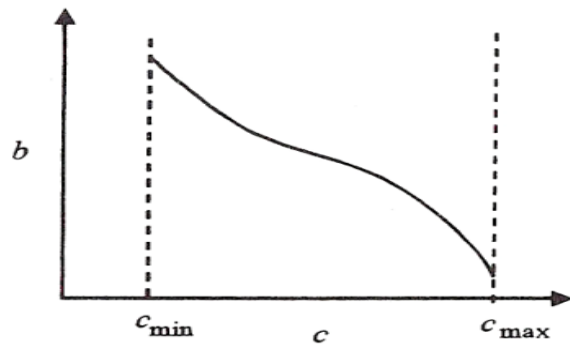
المكيفات الأكثر شيوعا تستخدم ضبط مستوى المطال (*magnitude*) والقيمة الصفرية (*zero value*) كجهود كهربائية للدلالة على متغير النظام. على سبيل المثال إذا كانت جهود خرج الحساس تتغير ضمن المجال ($0.2 - 0.6 V$).
يتم في المرحلة الأولى: ضبط القيمة الصفرية (*zero value*) بتحويل بداية المجال ($0.2 V$) إلى قيمة الصفر، بذلك يصبح المجال بعد الضبط ($0 - 0.4 V$)، تسمى هذه المرحلة (**zero shift**).
يتم في المرحلة الثانية: تحويل المجال إلى جهود ($0 - 5 V$) الأكثر انتشارا للربط بين عناصر نظام التحكم. يتم ذلك باستخدام مكبر جهد بعامل تكبير (**gain**) يعادل (12.5). نحتاج في بعض الحالات إلى تضعيف الإشارة (*attenuation*) والتي تتم باستخدام مكبرات جهد بعامل تكبير (**gain**) اصغر من الواحد.

يجب الأخذ بعين الاعتبار خلال عمليات الضبط والتكبير **الاستجابة الترددية وممانعات الدخل** **والخرج** (*Frequency response – output & input impedance*).

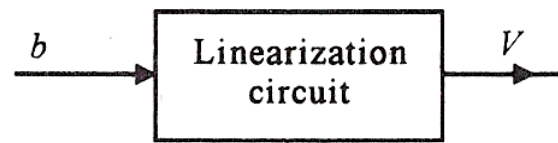
١. التحويل للخطية Linearization

تكون عادة العلاقة بين إشارة دخل وخرج الحساس **علاقة غير خطية**، يبين الشكل (a) على سبيل المثال العلاقة اللاخطية العكسية بين إشارة الدخل ($c_{min} - c_{max}$) وخرج الحساس (b).
نقوم بربط دارة تحويل الخواص إلى خطية على خرج الحساس، حيث يبين الشكل (b) رمز هذه الدارة والشكل (c) الخواص الخطية بين إشارة دخل الحساس ($c_{min} - c_{max}$) وخرج دارة تحويل الخواص إلى خطية (v).

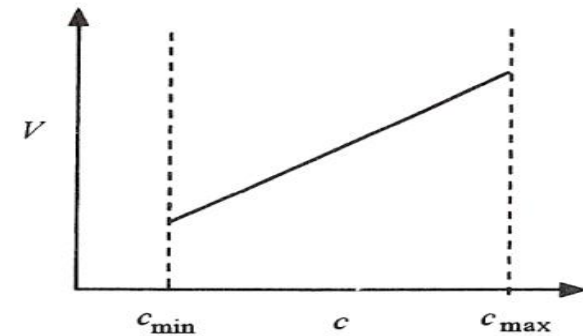
ونظرا لصعوبة تشكيل مثل هذه الدارات فإننا نقوم بإرسال إشارة خرج الحساس إلى الحاسب لتحويل العلاقة إلى خطية باستخدام برامج رياضية (software).



(a)



(b)



(c)

١٠. التحويلات: Conversions:

تقوم محولات الاشارة عادة بتحويل المتغير الكهربائي لخرج الحساس والذي عادة يكون بشكل مقاومة كهربائية الى اشارة تيار او جهد كهربائي باستخدام الجسور الكهربائية (*electrical bridges*) او المضخمات (*amplifiers*) التي تملك عامل ربح متغير حسب قيمة مقاومة خرج الحساس.

١١. نقل الإشارة: Signal transmission

عادة يتم نقل الاشارة باشارة تيار تتغير ضمن المجال (4 – 20 mA)، لذلك يتم عادة تحويل اشارة خرج الحساس قبل الارسال الى اشارة تيار، حيث يتم تحويل هذه الاشارة عند الاستقبال الى اشارة جهد وذلك للحد من تاثير تغيرات مقاومة الاستقبال على اشارة الارسال ومنعا لظهور تيارات قصر عند حدوث القصر. ويتم عند الاستقبال تحويل اشارة التيار الى جهد.

1. الترشيح والممانعة التوافقية (الندية) Matching Filtering and Impedance

هناك نوعان اضافيان من محولات الاشارة تتلخص وظيفتهما بالترشيح وملائمة الممانعة.

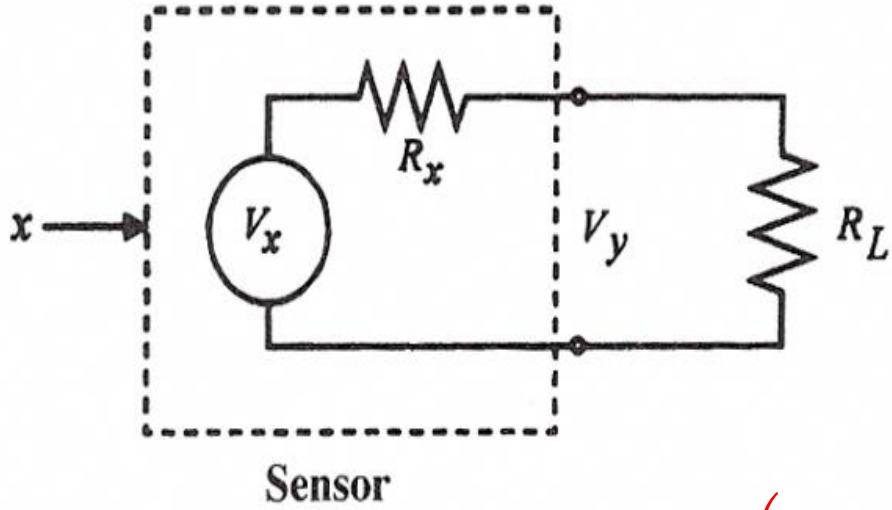
تحمل بعض اشارات الخرج مركبات تشويش يجب ترشيحها في دارات التحكم والقياس، لذلك نستخدم عادة الدارات المختلفة للمرشحات مثل **مرشحات الترددات العالية والمنخفضة والحزمية (high pass – low pass – notch filters)**، كما تصنف المرشحات حسب عناصرها الى:

- ✓ **المرشحات غير الفعالة (passive filters)** وهي التي تتكون من عناصر خطية (مقاومات-مكثفات- ملفات).
- ✓ **المرشحات الفعالة (active filters)** وهي التي تتكون من عناصر غير خطية (ترانزستورات...) حيث تتحدد بعامل الربح (*gane*) والتغذية العكسية (*feedback*).

كما تتطلب محولات الاشارة ضرورة **تشكيل الممانعة التوافقية (Matching Impedance)** منعا لحدوث اخطاء في القياس ناجمة عن الممانعة الداخلية لدارة مرسل الاشارة (*transducer internal impedance*) او ممانعة خط نقل الاشارة (*line impedance*).

1. التحميل: Loading

يختلف سلوك الدارات الكهربائية حسب نظام العمل.



يكون جهد خرج الحساس متناسب مع قيمة المتغير (X) في حالة اللاحمل معادلا (V_X)، بينما في حالة التحميل بحمولة (R_L) يصبح جهد الخرج للحساس (V_y) اصغر من جهد اللاحمل نتيجة هبوط الجهد على الممانعة الداخلية للحساس (R_x).

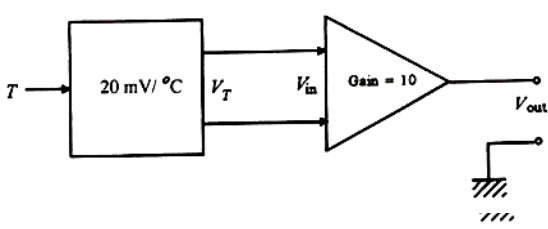
$$V_y = V_X \left(1 - \frac{R_x}{R_L + R_x} \right)$$

يتحدد جهد خرج الحساس في حالة التحميل بالعلاقة التالية:

نسعى دائما لجعل ($R_L \gg R_x$) من اجل تخفيض هبوط الجهد على المقاومة الداخلية للحساس.

مثال :

بفرض حساس درجة حرارة يعمل بتابع نقل ($20mv/c^0$) ويملك مقاومة داخلية تعادل ($5k\Omega$)، يربط خرج الحساس على مضخم جهد بعامل ربح يعادل (10) وبمقاومة دخل تعادل ($10k\Omega$)، والمطلوب تحديد جهد خرج المضخم عندما تكون درجة الحرارة للوسط المقاس تعادل ($50c^0$).

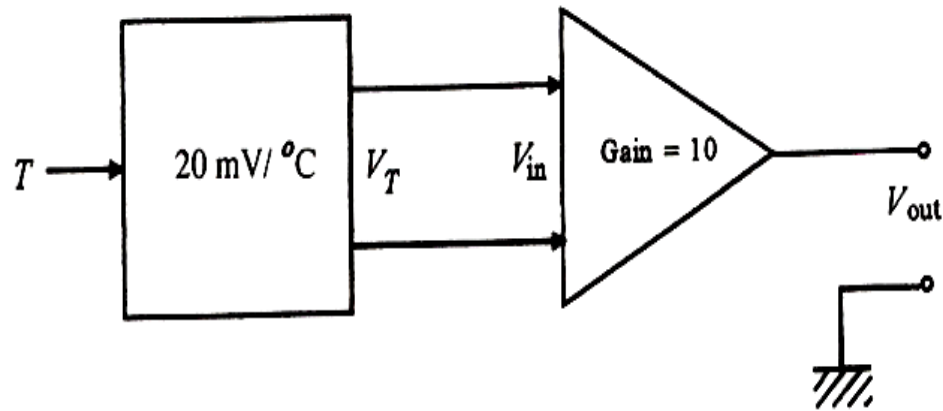


الحل :

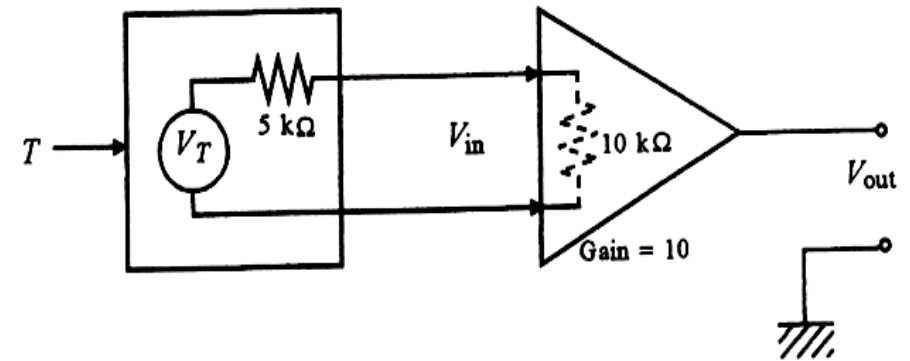
نحدد جهد خرج الحساس في حالة التحميل والذي يعادل جهد دخل المضخم بالعلاقة التالية :

$$V_{in} = V_T \left(1 - \frac{5k\Omega}{10k\Omega + 5k\Omega} \right)$$

وبما ان: $V_T = \frac{20\text{mv}}{c^0} * 50c^0 = 1V$ فان $(V_{in} = 0.67 V)$



المخطط الصندوقي للنظام



الدارة المكافئة للنظام

دارات الملائمة الخطية: *PASSIVE CIRCUITS*

تعتبر دارات مجزئات الجهود والجسور (*Bridge÷r circuits*) من الدارات الخطية الأكثر استخداماً في محولات الإشارة، مثل استخدام دارات الجسور في قياس متغيرات نظام التحكم بواسطة تغيرات مقاومة الحساس.

كما تعتبر دارات المرشحات الخطية أساس في حذف إشارات التشويه عند ربط عناصر نظام التحكم مع بعضها، وسوف نستعرض فيما يلي أهم الدارات الخطية المستخدمة في محولات الإشارة.

1. دارات مجزئات الجهد (*Divider Circuits*)

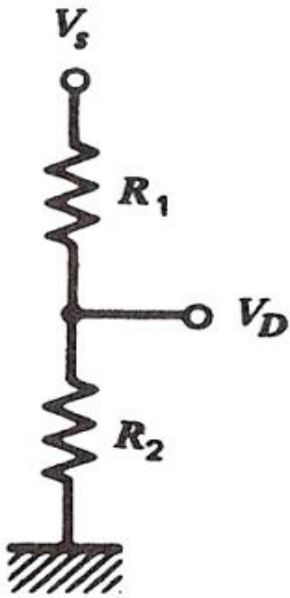
يبين الشكل دارة مجزى جهد، حيث:

V_S : جهد التغذية Supply voltage

R_1, R_2 : مقاومات التجزئة Divider resistors

يتحدد جهد الخرج V_D للمجزئ بفرض أن R_2 تمثل مقاومة الحساس بالمعادلة التالية:

$$V_D = \frac{R_2 * V_S}{R_1 + R_2}$$



يمكن أن تمثل المقاومة R_1 أو R_2 بمقاومة الحساس التي تتغير وفق تغير وسط النظام (درجة الحرارة على سبيل المثال).
يجب التأكيد على النقاط التالية عند استخدام دارات مجزئات الجهد في محولات الإشارة:

يجب التأكيد على النقاط التالية عند استخدام دارات مجزئات الجهد في محولات الإشارة:

- (I) تعتبر تغيرات جهد خرج المجزئ غير خطية إذا كانت تغيرات إحدى المقاومات R_1 أو R_2 غير خطية مع تغيرات إشارة البارامتر المتحكم به (تغيرات درجة الحرارة على سبيل المثال).
- (II) يجب الانتباه عند تصميم المجزئ إلى ممانعة خرج المجزئ (R_0) والتي تتحدد بمقاومة مكافئة لوصل (R_1, R_2) على التفرع مما يجعل مقاومة الخرج منخفضة.
- (III) تكون الطاقة الكهربائية المصروفة في دارات مجزئات الجهد ذات قيم مرتفعة نتيجة أنها تعادل مجموع الاستطاعات المصروفة في المقاومات (R_1, R_2).

مثال : بفرض استخدام حساس تتغير مقاومته عند تغير **البارامتر المتحكم به** (متحول النظام) ضمن المجال $(4 - 12k\Omega)$ ، وبفرض ربط الحساس مع مجزى جهد بمقاومة $(R_1 = 10k\Omega)$ وان جهد التغذية $(V_S = 5V)$ والمطلوب تحديد ما يلي:

(I) الحدود الدنيا والعظمى لتغيرات جهد الخرج (V_D) .

(II) مجال تغير ممانعة الخرج.

(III) الاستطاعة المصروفة في (R_2) .

الحل:

(I) تكون القيمة الدنيا لجهد الخرج عند $(R_2 = 4k\Omega)$ بالتعويض نجد :

$$V_{D,min} = \frac{R_2 * V_S}{R_1 + R_2} = \frac{4 * 5}{14} = 1.43 V$$

تكون القيمة العظمى لجهد الخرج عند $(R_2 = 12k\Omega)$ بالتعويض نجد :

$$V_{D,max} = \frac{R_2 * V_S}{R_1 + R_2} = \frac{12 * 5}{22} = 2.73 V$$

II. مجال تغير ممانعة الخرج.

تحدد ممانعة الخرج بالمقاومة المكافئة (R_1, R_2) عند ربطهما على التفرع

$$(R_0) = \frac{R_2 * R_1}{R_1 + R_2}$$

تكون القيمة الدنيا لمقاومة الخرج عند $(R_2 = 4k\Omega)$

$$(R_{0,min}) = R_2 * R_1 / (R_1 + R_2) = (4 * 10) / 14 = \mathbf{2.86 k\Omega}$$

تكون القيمة العظمى لمقاومة الخرج عند $(R_2 = 12k\Omega)$

$$(R_{0,max}) = R_2 * R_1 / (R_1 + R_2) = (12 * 10) / 22 = \mathbf{5.45 k\Omega}$$

III. الاستطاعة المصروفة في (R_2) .

نسعى دائما عند تصميم المجزئ إلى جعل الاستطاعة المصروفة في مقاومة الحساس اقل ما يمكن.

تتغير الاستطاعة المصروفة في مقاومة الحساس مع تغيرات **البارامتر المتحكم به** (متحول النظام) وبالتالي مع تغيرات مقاومة الحساس.

$$P_{R2} = \frac{V_D^2}{R_2} \quad \text{تحدد الاستطاعة المصروفة في } (R_2) \text{ بالعلاقة التالية:}$$

$$P_{R2,min} = \frac{V_{D,min}^2}{R_{2,min}} = \frac{1.43^2}{4} = \mathbf{0.51 \text{ mW}}$$

$$P_{R2,max} = \frac{V_{D,max}^2}{R_{2,max}} = \frac{2.73^2}{12} = \mathbf{0.62 \text{ mW}}$$