5- الصناديق ذات توابع التحويل G_{2m} و G_{3m} مربوطة على التسلسل. يعطى تابع التحويل الناتج عن دمجهما:

$$G_{4m}=\frac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)}$$

6- الصندوق G_{4m} في حالة تغذية خلفية سالبة مع الصندوق G_{1m}. يعطى تابع التحويل الناتج عن دمجهما:

$$T(s)=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{\dfrac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)}}{1+\dfrac{G_1G_2G_3G_4.H_3}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)(G_1G_4)}}$$

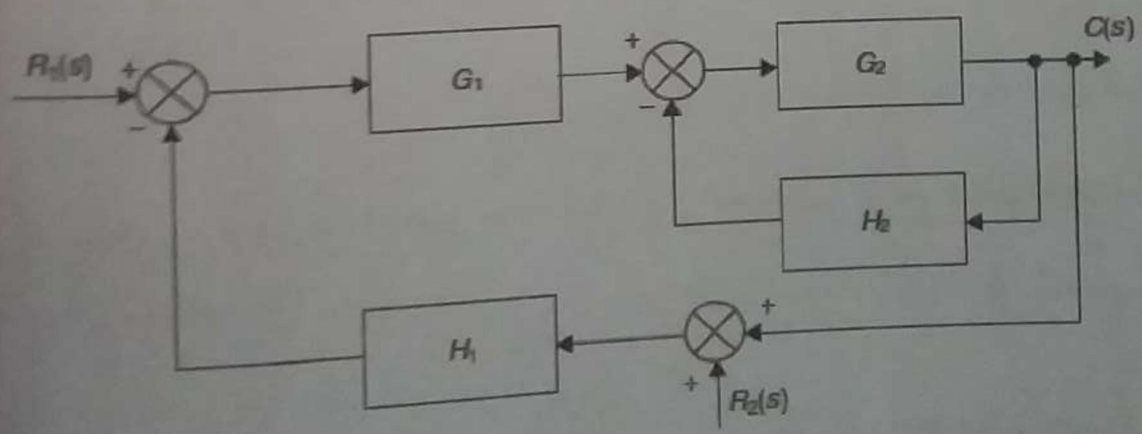
بتبسيط العلاقة السابقة نجد:

$$T(s)=\frac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)(G_2G_3H_3)}$$

■

مثال 2-18:

لنوجد علاقة خرج النظام $C(s)$ المبين بالشكل (2-39) وذلك عندما يؤثر كلا الدخلين $R_1(s)$ و $R_2(s)$ بآن واحد.



الشكل (2-39): النظام متعدد المداخل المقصود بالمثال (2-18).

إن المخطط الصندوقي (2-39) يمكن أن يبسط ليبدو على النحو المبين بالشكل (2-40). لنطبق مبدأ التراكم وذلك على النحو التالي:

5- الصناديق ذات توابع التحويل G_{2m} و G_{3m} مربوطة على التسلسل. يعطى تابع التحويل الناتج عن دمجهما:

$$G_{4m}=\frac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)}$$

6- الصندوق G_{4m} في حالة تغذية خلفية سالبة مع الصندوق G_{1m}. يعطى تابع التحويل الناتج عن دمجهما:

$$T(s)=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{\dfrac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)}}{1+\dfrac{G_1G_2G_3G_4.H_3}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)(G_1G_4)}}$$

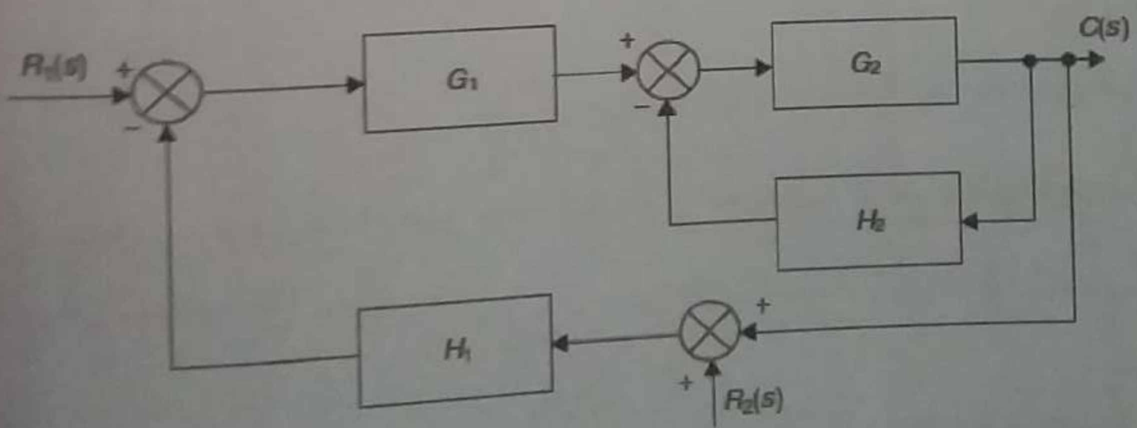
بتبسيط العلاقة السابقة نجد:

$$T(s)=\frac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_1G_2H_1)(1+G_3G_4H_2)(G_2G_3H_3)}$$

■

مثال 2-18:

لنوجد علاقة خرج النظام $C(s)$ المبين بالشكل (2-39) وذلك عندما يؤثر كلا الدخلين $R_1(s)$ و $R_2(s)$ بآن واحد.



الشكل (2-39): النظام متعدد المداخل المقصود بالمثال (2-18).

إن المخطط الصندوقي (2-39) يمكن أن يبسط ليبدو على النحو المبين بالشكل (2-40).

لنطبق مبدأ التراكم وذلك على النحو التالي:

2-11 نظم الرتبة الأولى والثانية:

2-11-1 نظم الرتبة الأولى (First order systems):

يُوصف النظام من الرتبة الأولى بواسطة معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى، على الشكل التالي:

$$a\frac{dy(t)}{dt}+by(t)=cr(t) \quad (115-2)$$

في هذه المعادلة تمثل $r(t)$ و $y(t)$ إشارتي الدخل والخرج للنظام من الرتبة الأولى.

بتطبيق تحويل لابلاس على المعادلة السابقة وذلك عند شروط ابتدائية معدومة، نجد:

$$(as+b)Y(s)=cR(s)$$

بالتالي، يكون تابع تحويل النظام:

$$G(s)=\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{c}{as+b}$$

للحصول على الشكل العام لتابع تحويل نظام من الدرجة الأولى، نقسم البسط والمقام على (b):

$$G(s)=\frac{c/b}{a/b\,s+1}$$

والذي يمكن أن يكتب على الشكل التالي:

٢

$$G(s)=\frac{K}{1+\tau s},\quad K,\tau\in\Re^{+}\_\_(116-2)$$

تمثل المعادلة السابقة الشكل العام لتابع تحويل نظام من الدرجة الأولى، حيث K هو ربح النظام في الحالة المستقرة و τ ثابت زمن النظام ويُعطى بالثانية.

2-11-2 نظم الرتبة الثانية (second order systems):

يُوصف النظام من الرتبة الثانية بواسطة معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية، على الشكل التالي:

$$a\frac{d^2y(t)}{dt^2}+b\frac{y(t)}{dt}+cy(t)=er(t)\_\_(117-2)$$

في هذه المعادلة تمثل $r(t)$ و $y(t)$ إشارتي الدخل والخرج للنظام من الرتبة الثانية.

بتطبيق تحويل لابلاس على المعادلة السابقة وذلك عند شروط ابتدائية معدومة، نجد:

$$\left(as^2+bs+c\right)Y(s)=eR(s)$$

بالتالي، يكون تابع تحويل النظام:

$$G(s)=\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{e}{as^2+bs+c}$$

للحصول على الشكل العام لتابع تحويل نظام من الدرجة الثانية، نقسم البسط والمقام على c:

$$G(s)=\frac{e/c}{a/cs^2+b/cs+1}$$

والذي يمكن أن يكتب على النحو التالي:

$$G(s)=\frac{K}{\frac{1}{\omega_n^2}s^2+\frac{2\zeta}{\omega_n}s+1}\_\_(118-2)$$

يمكن أن يكتب أيضاً تابع تحويل النظام من الدرجة الثانية بحيث يكون معامل s^2 مساوياً لـ (1)، أي:

$$G(s)=\frac{K\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}\_\_(119-2)$$

بالتالي، ينتج لدينا:

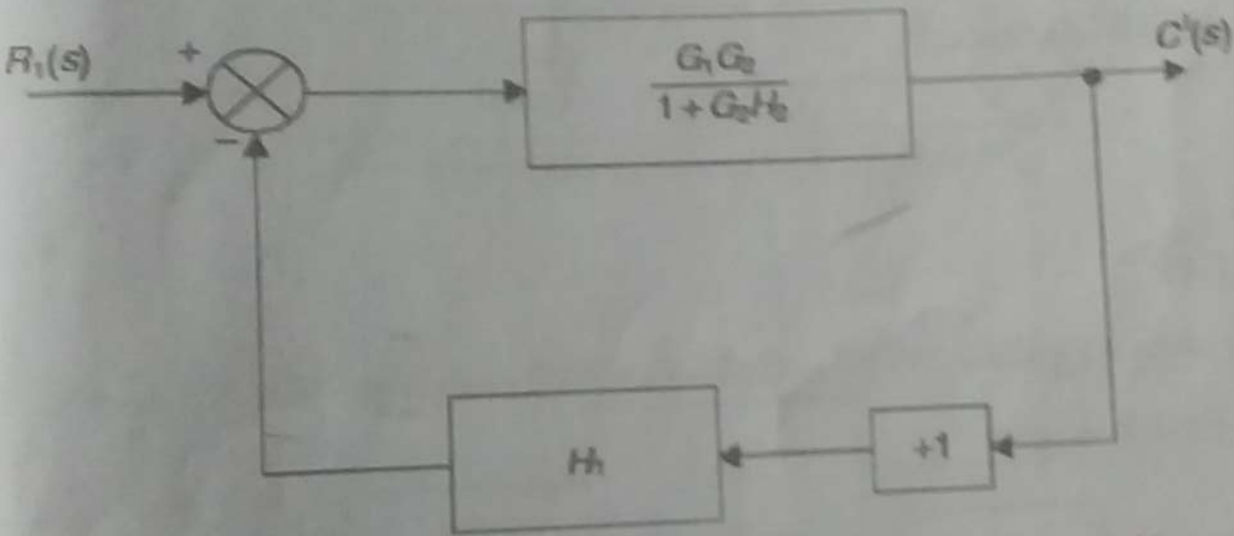
$$C^{II}(s)=\frac{-G_1G_2H_1}{1+G_2H_2+G_1G_2H_1}R_2(s)$$

يمكن ملاحظة أن المقام في علاقتي $C^{I}(s)$ و $C^{II}(s)$ متطابق.

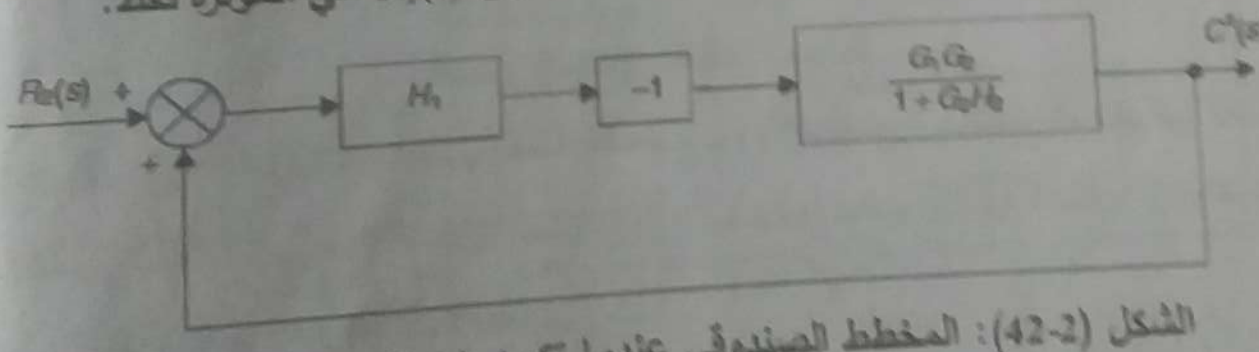
3- بتطبيق مبدأ التراكم، نحصل على الاستجابة الكلية للنظام لإشارتي الدخل $R_1(s)$ و $R_2(s)$، أي:

$$C(s)=C^{I}(s)+C^{II}(s)=\frac{G_1G_2R_1(s)-G_1G_2H_1R_2(s)}{1+G_2H_2+G_1G_2H_1}$$

إن استبدال نقطة التجميع بـ (+1) أو (-1) يعتمد على الإشارة عند نقطة التجميع. ■



الشكل (2-41): المخطط الصندوقي عندما تكون $R_1(s)$ هي المؤثرة فقط.



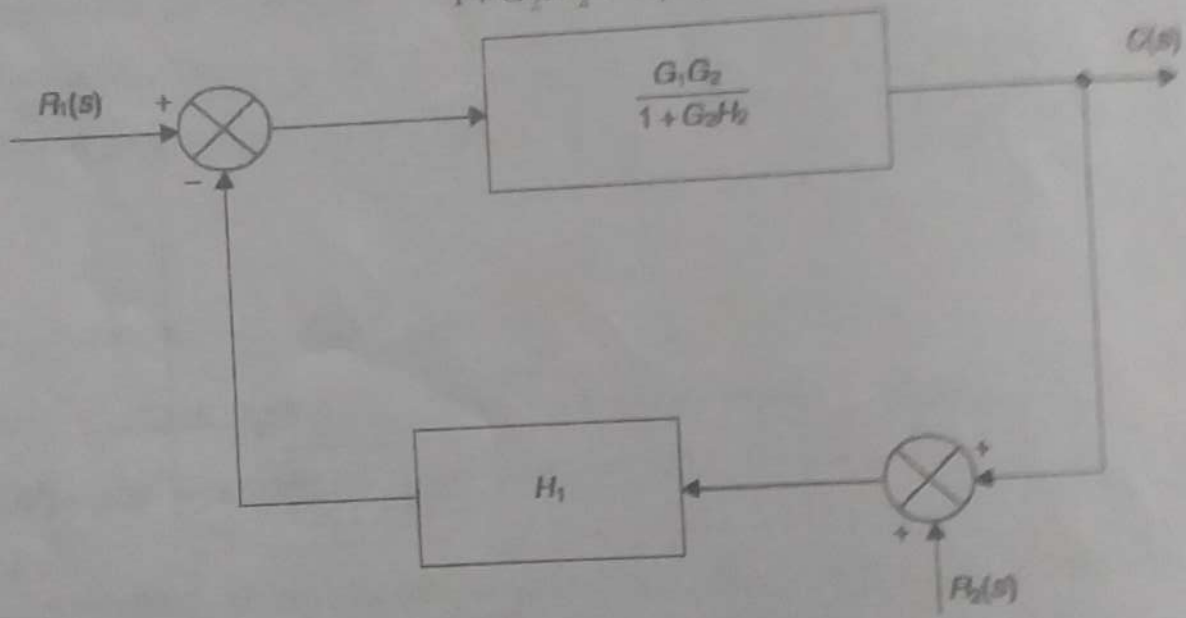
الشكل (2-42): المخطط الصندوقي عندما تكون $R_2(s)$ هي المؤثرة فقط.

1- نضع $R_2(s)=0$، ونستبدل نقطة التجميع بـ (+1)، ينتج لدينا المخطط الصندوقي المبين بالشكل (2-41). في هذا الشكل، تمثل $C^I(s)$ استجابة النظام لإشارة الدخل $R_1(s)$. في هذه الحالة، يكون تابع تحويل النظام:

$$\frac{C^{I}(s)}{R_1(s)}=\frac{\dfrac{G_1G_2}{1+G_2H_2}}{1+\dfrac{G_1G_2H_1}{1+G_2H_2}}$$

بالتالي ينتج لدينا:

$$C^{I}(s)=\frac{G_1G_2}{1+G_2H_2+G_1G_2H_1}R_1(s)$$



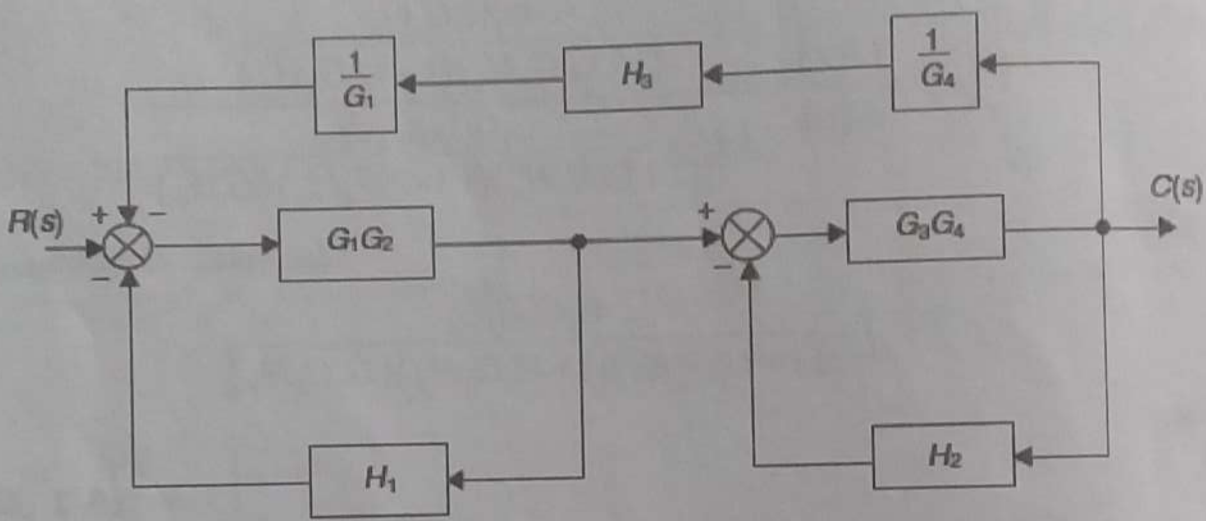
الشكل (2-40): النظام المبسط.

2- نفرض أن $R_1(s)=0$، ونستبدل نقطة التجميع بـ (-1)، فينتج المخطط الصندوقي المبين بالشكل (2-42). في هذا الشكل، تمثل $C^{II}(s)$ استجابة النظام لإشارة الدخل $R_2(s)$. في هذه الحالة، يكون تابع تحويل النظام:

$$\frac{C^{II}(s)}{R_2(s)}=\frac{\dfrac{-G_1G_2H_1}{1+G_2H_2}}{1-\left(\dfrac{-G_1G_2H_1}{1+G_2H_2}\right)}$$

تمثل المعادلات (2-8)، (2-9) و (2-10) معادلات تفاضلية خطية ذات معاملات ثابتة. تتحدد درجة المعادلة التفاضلية بدرجة أعلى مشتق لـ $y(t)$ فيها. تسمى النظم التي توصف بمثل هذه المعادلات، بالنظم الخطية ويكون لها درجة توافق درجة المعادلة الموصفة لها. على سبيل المثال، المعادلة (2-8) تصف نظام من الدرجة الأولى، بينما المعادلات (2-9) و (2-10) تصف نظم من الدرجة الثانية والثالثة على التوالي.

1- نقوم بنقل نقطة التجميع التي تقع إلى يمين الصندوق G_1 إلى يساره، وكذلك نقوم بنقل نقطة التفريع من يمين الصندوق G_4 إلى يساره. يبين الشكل (2-39) المخطط الصندوقي الناتج عن عملية النقل. لاحظ أنه قد تمت إضافة صناديق جديدة هي $(1/G_4)$ و $(1/G_1)$ وذلك للحفاظ على قيم الإشارات قبل وبعد النقل. نقوم بدمج العناصر G_3 و G_4 المربوطة على التسلسل وكذلك نقوم بدمج العناصر G_1 و G_2 المربوطة أيضاً على التسلسل.



الشكل (2-38): المخطط الصندوقي بعد تنفيذ عملية النقل.

2- نقوم بدمج العناصر $(1/G_4)$ و $(1/G_1)$ و (H_3) الموصولة على التسلسل. يشار للصندوق الناتج بـ:

$$G_{1m} = \frac{H_3}{G_1 G_4}$$

3- الصندوق G_3G_4 في حالة تغذية خلفية سالبة مع الصندوق H_2. يشار إلى التحويل الناتج عن تبسيطهما بـ:

$$G_{2m} = \frac{G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2}$$

4- الصندوق G_1G_2 في حالة تغذية خلفية سالبة مع الصندوق H_1. يشار لتابع التحويل الناتج عن تبسيطهما بـ:

$$G_{3m} = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 G_2 H_1}$$