الفصل

8

تصميم دوائر المفاتيح الكهربائية

Switching Networks Design

١ – دوائر المفاتيح الكهربائية Switching Networks

من التطبيقات الخاصة للمنطق الرياضى استخدامه فى تصميم شبكات المفاتيح الكهربية وهى عبارة عن دوائر كهربية مثل الموجودة فى مفاتيح الإضاءة الكهربائية ، وهذه الدوائر الكهربية عبارة عن ترتيب من الأسلاك والمفاتيح الكهربائية ، وكما نعلم فإن المفتاح الكهربائى يستعمل فى توصيل أو فصل الكهرباء عن الدائرة ويكون فى أحد وضعين :

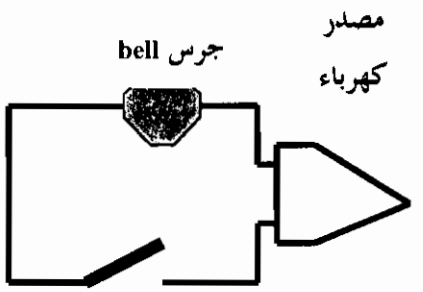
الوضع الأول : المفتاح الكهربائى فى حالة تشغيل " ON " أى يمر التيار الكهربائى بالدائرة.

الوضع الثانى : المفتاح الكهربائى فى حالة عدم تشغيل " OFF " أى لا يمر التيار الكهربائى بالدائرة.

حالة تشغيل " ON "

حالة عدم تشغيل " OFF "

ومن أمثلة هذه الدوائر الكهربائية دائرة الجرس الكهربائى الموضحة بشكل (١)، فعند الضغط على مفتاح الجرس فإن المفتاح يصبح فى حالة تشغيل ON أى يمر التيار الكهربائى بالدائرة وفى هذه



شكل (١)

obeikandl.com

الحالة يدق الجرس بينما فى الوضع العادى فإن مفتاح الجرس لا يكون مضغوط وبالتالى يكون المفتاح الكهربائى فى حالة عدم تشغيل OFF أى لا يمر التيار الكهربائى بالدائرة وفى هذه الحالة لا يدق الجرس.

وبعض الدوائر الكهربائية تحتوى على اكثر من مفتاح كهربائى ، وبفرض أن دائرة تحتوى على مفتاحين نرمز لهما p , q فإنه يوجد طريقتان لتوصيل المفتاحين بالدائرة :

الطريقة الأولى : التوصيل على التوالى

شكل (٢)

شكل (٢) يوضح توصيل المفتاحين p , q على التوالى وفى هذه الحالة فإن التيار الكهربى يمر بالدائرة عندما يكون كل من المفتاحين p , q فى حالة تشغيل ON أما إذا كان أحد المفتاحين أو كليهما فى حالة عدم تشغيل OFF فإن التيار الكهربى لن يمر بالدائرة.

والسؤال الآن

"هل عمل المفتاحين فى حالة توصيلهما على التوالى يذكرك بأى شئ فيما درسته بالمنطق؟"

نلاحظ أن توصيل المفتاحين p , q على التوالى يشبه الوصلة $p \wedge q$ وكما نعلم فإن الوصلة $p \wedge q$ تكون صواب فقط عندما يكون كل من p , q صواب وخلاف ذلك يكون خطأ وبالمثل عند توصيل المفتاحين p , q على التوالى فإن التيار الكهربى يمر بالدائرة فقط إذا كان كل من المفتاحين p , q فى حالة تشغيل ON وخلاف ذلك لا يمر التيار الكهربى بالدائرة، ويمكن تلخيص سلوك الدائرة الكهربائية فى هذه الحالة بالجدول الأتى:

سلوك الدائرة	q	p
T	T	T
F	F	T
F	T	F
F	F	F

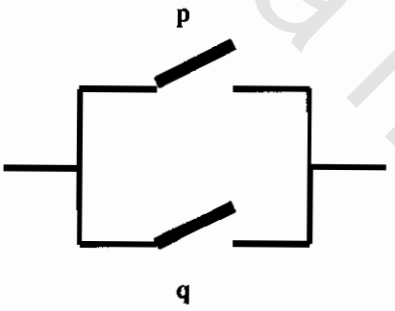
حيث

T تعنى أن المفتاح الكهربائى فى حالة تشغيل ON أى أن التيار الكهربى يمر بالدائرة

F تعنى أن المفتاح الكهربائى فى حالة عدم تشغيل OFF أى أن التيار الكهربى لا يمر بالدائرة.

ونلاحظ من الجدول أن سلوك الدائرة الكهربائية فى حالة توصيل المفتاحين p , q على التوالى ينطبق تماما مع جدول الحقيقة للتقرير $p \wedge q$.

الطريقة الثانية : التوصيل على التوازى



شكل (٣)

شكل (٣) يوضح توصيل المفتاحين p , q على التوازى وفى هذه الحالة فإن التيار الكهربى يمر بالدائرة عندما يكون أحد المفتاحين p , q أو كليهما فى حالة تشغيل ON والحالة الوحيدة التى لا يمر فيها التيار الكهربى بالدائرة هى عندما يكون كل من المفتاحين p , q فى حالة عدم تشغيل OFF .

والآن نكرر السؤال

"هل عمل المفتاحين فى حالة توصيلهما على التوازى يذكرك بأى شئ فيما درسته بالمنطق؟"

obeikandl.com

نلاحظ أن توصيل المفتاحين p , q على التوازى يشبه الفاصلة $p \vee q$ وكما نعلم فإن الفاصلة $p \vee q$ تكون صواب عندما يكون أحد التقريران p , q أو كليهما صواب والحالة الوحيدة التى يكون فيها الفاصلة $p \vee q$ خطأ هى عندما يكون كل من التقريران p , q خطأ وبالمثل عند توصيل المفتاحين p , q على التوازى فإن التيار الكهربى يمر بالدائرة عندما يكون أحد المفتاحين p , q أو كليهما فى حالة تشغيل ON والحالة الوحيدة التى لا يمر فيها التيار الكهربى بالدائرة هى عندما يكون كل من المفتاحين p , q فى حالة عدم تشغيل OFF، ويمكن تلخيص سلوك الدائرة الكهربائية فى هذه الحالة بالجدول الآتى:

p	q	سلوك الدائرة
T	T	T
T	F	T
F	T	T
F	F	F

ونلاحظ من الجدول أن سلوك الدائرة الكهربائية فى حالة توصيل المفتاحين p , q على التوازى ينطبق تماما مع جدول الحقيقة للتقرير $p \vee q$. وبعض الدوائر الكهربائية تحتوى على مفاتيح يتحدد وضعها (وضع تشغيل ON أو وضع عدم تشغيل OFF) عن طريق مفتاح آخر، بمعنى أن الدائرة قد تحتوى على مفتاحين بحيث إذا كان أحدهما فى وضع التشغيل ON فإن المفتاح الآخر يكون فى الوضع المضاد أى فى وضع عدم التشغيل OFF والعكس صحيح.

تعريف ١ : المفاتيح المتتامة Complementary Switches

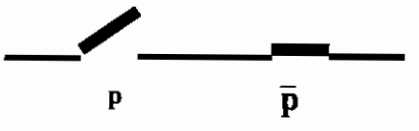
المفتاحان اللذان لهما دائما أوضاع متضادة يسميان مفتاحان متتامان.

وإذا كان لدينا مفتاحان متتامان ورمزنا للمفتاح الأول بالرمز p فسوف نرمز للمفتاح المتمم له بالرمز $\overline{p}$ وهذا يعنى انه

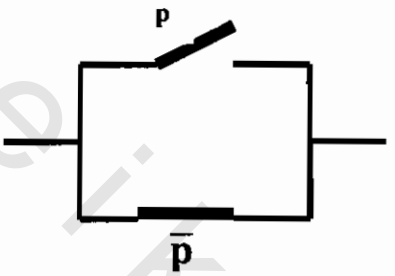
إذا كان المفتاح p فى وضع التشغيل فإن المفتاح المتمم $\overline{p}$ يكون فى وضع عدم التشغيل

وإذا كان المفتاح p فى وضع عدم التشغيل فإن المفتاح المتمم $\overline{p}$ يكون فى وضع التشغيل

أى إن أحد المفتاحان المتتامان دائما فى وضع عدم التشغيل OFF .



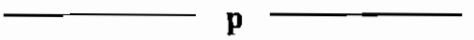
شكل (٤)



شكل (٥)

وفى شكل (٤) يوجد مفتاحان متتامان $\overline{p}$, p موصلان على التوالى حيث نلاحظ أن التيار الكهربائى لن يمر مطلقا فى هذه الدائرة لان أحد المفتاحان الموصلان على التوالى دائما فى وضع عدم التشغيل OFF بينما فى شكل (٥) يوجد مفتاحان متتامان $\overline{p}$, p موصلان على التوازى حيث نلاحظ أن التيار الكهربائى سوف يمر دائما فى هذه الدائرة لان أحد المفتاحان الموصلان على التوازى دائما فى وضع التشغيل O N.

ومرة أخرى نلاحظ التشابه القوى بين المفاتيح المتتامة وبين التقرير ونفيه فى المنطق ، وكما نعلم فإن التقرير ونفيه دائما لهما قيم حقيقة متضادة وهذا ما يتحقق أيضا على المفاتيح المتتامة، أى أن $\overline{p}$ فى لغة المنطق يمثل $\sim p$. وفى تعاملنا مع رسم المفاتيح بالدوائر الكهربائية سوف نستخدم النموذج الموضح بالشكل (٦) ليمثل مفتاح كهربائى p غير معلوم ما إذا كان فى وضع التشغيل ON أو وضع عدم التشغيل OFF.



شكل (٦)

وشكل (٧) يوضح مفتاحان متتامان $\bar{p}$, p موصلان على التوالى

p $\bar{p}$

شكل (٧)

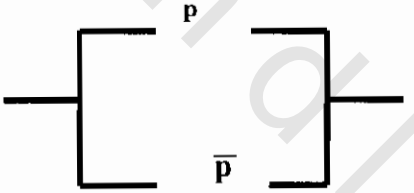
والتيار الكهربائى لن يمر خلال هذه الدائرة والسبب هو انه

"إذا كان المفتاحp فى وضع التشغيل فإن المفتاح المتمم $\bar{p}$ يكون فى وضع عدم التشغيل وإذا كان المفتاح المتمم $\bar{p}$ فى وضع التشغيل فإن المفتاح p يكون فى وضع عدم التشغيل."

والجدول الآتى يوضح سلوك هذه الدائرة والذى يتفق مع الوصلة $p \wedge \bar{p}$ ونلاحظ من الجدول أن التقرير $p \wedge \bar{p}$ يكون خاطئ منطقيـــا، أى إن الدائرة لن يمر بها تيار كهربائى على الإطلاق.

p	$\bar{p}$	$p \wedge \bar{p}$
T	F	F
F	T	F

وشكل (٨) يوضح مفتاحان متتامان $\bar{p}$, p موصلان على التوازى



شكل (٨)

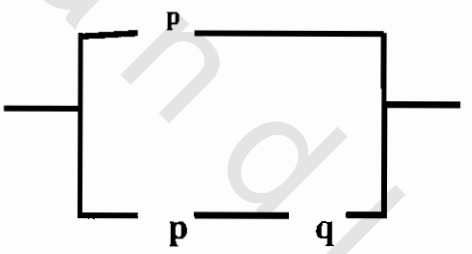
والتيار الكهربائى سوف يمر دائما خلال هذه الدائرة والسبب هو انه

"إذا كان المفتاح p فى وضع عدم تشغيل فإن المفتاح المتمم $\bar{p}$ يكون فى وضع التشغيل وإذا كان المفتاح المتمم $\bar{p}$ فى وضع عدم تشغيل فإن المفتاحp يكون فى وضع التشغيل."

والجدول الآتى يوضح سلوك هذه الدائرة والذى يتفق مع الفاصلة $p \vee \bar{p}$ ونلاحظ من الجدول أن التقرير $p \vee \bar{p}$ يكون صائب منطقيـا أى إن الدائرة يمر بها تيار كهربائى دائما.

p	$\bar{p}$	$p \vee \bar{p}$
T	F	T
F	T	T

وبعض الدوائر الكهربائية تكون اكثر تعقيدا حيث تحتوى على مفاتيح يتم توصيلها لتعمل معـا فى نفس الوضع (وضع تشغيل O N أو وضع عدم تشغيل OFF) بمعنى أن الدائرة قد تحتوى على مفتاحين بحيث إذا كان أحدهما فى وضع التشغيل ON فإن المفتاح الآخر يكون فى نفـس وضع التشغيل ON وإذا كان أحدهما فى وضع عدم التشغيل OFF فإن المفتاح الآخر يكـون فى نفس وضع عدم التشغيل OFF وسوف نستخدم نفس الرمز لتمثيل مثل هذه المفاتيح الـتى تعمل معا فى نفس الوضع. وشكل (٩) يوضح دائرة كهربائية تحتوى على مفتاحين مـن هـذا النوع حيث رمزنا لكل منهم بالرمز p .



شكل (٩)

وفى بداية دراستنا للمنطق تعرفنا على التقارير البسيطة واستخدمنا أدوات الربـط فى تكويـن تقارير مركبة من التقارير البسيطة وتعرفنا على جداول الحقيقة لهذه التقارير المركبة، والآن نحن بصدد تطبيق مفاهيم المنطق على الدوائر الكهربائية، فالمفاتيح الكهربائية تعادل التقارير البسيطة ودوائر المفاتيح الكهربائية تعادل التقارير المركبة، والشكل (٩) يوضح دائرة توصيل علـى التوازى تتكون من:

١ - السلك العلوى يحتوى على المفتاح p .

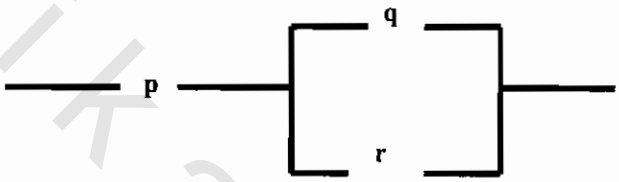
٢ - السلك السفلى يحتوى على مفتاحان p , q موصلان على التوالى وبلغة المنطق يمكن التعبير عنهم بالصورة $p \wedge q$.

أذن بلغة المنطق يمكن تمثيل هذه الدائرة بالصورة

$$p \vee (p \wedge q)$$

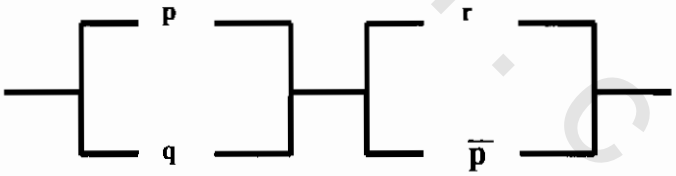
وفى الأمثلة القادمة نقوم بترجمة بعض دوائر المفاتيح الكهربائية إلى لغة المنطق .

مثال ١ : اكتب بلغة المنطق ما تعنيه الدائرة الآتية:



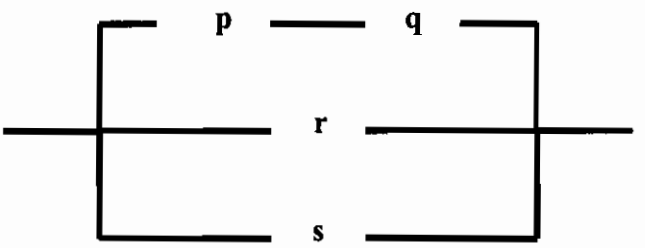
الحل : المفتاحان q , r موصلان على التوازى وبلغة المنطق يمكن تمثيلهم بالصورة $q \vee r$ والمفتاح p موصل على التوالى مع باقى الدائرة ، أذن بلغة المنطق فإن الدائرة المعطاة يمكن تمثيلها بالصورة $p \wedge (q \vee r)$.

مثال ٢ : اكتب بلغة المنطق ما تعنيه الدائرة الآتية:



الحل : الدائرة تحتوى على مجموعتين متصلتين على التوالى وكل مجموعة تحتوى على مفتاحين متصلين على التوازى، أذن بلغة المنطق فإن الدائرة المعطاة يمكن تمثيلها بالصورة $(p \vee q) \wedge (r \vee \sim p)$ حيث $\sim p$ تعنى المفتاح المتمم $\overline{p}$.

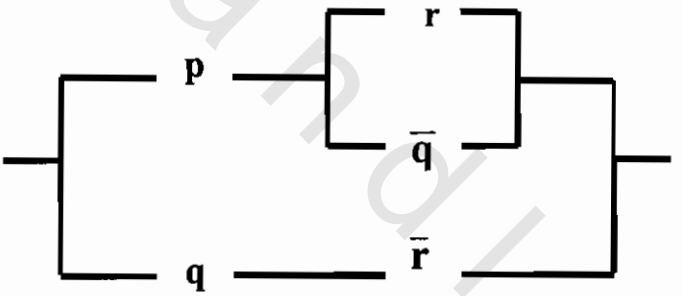
مثال ٣ : اكتب بلغة المنطق ما تعنيه الدائرة الآتية :



الحل : الدائرة تحتوى على ثلاث مجموعات متصلة على التوازى

الدائرة بلغة المنطق $(p \wedge q) \vee r \vee s$

مثال ٤ : اكتب بلغة المنطق ما تعنيه الدائرة الآتية :

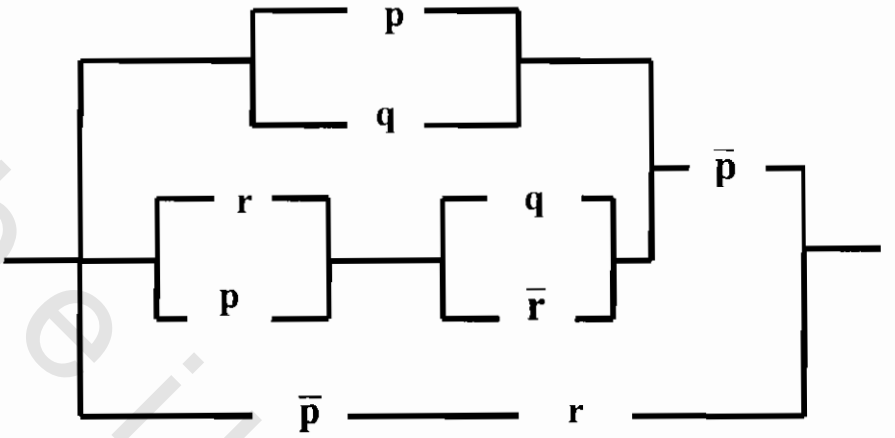


الحل : الدائرة بلغة المنطق

$$(p \wedge (r \vee \sim q)) \vee (q \wedge \sim r)$$

obeikandl.com

مثال ٥ : اكتب بلغة المنطق ما تعنيه الدائرة الآتية :



الحل : الدائرة بلغة المنطق

$$\Big(\big((p \vee q) \vee ((r \vee p) \wedge (q \vee \sim r))\big) \wedge \sim p\Big) \vee (\sim p \wedge r)$$

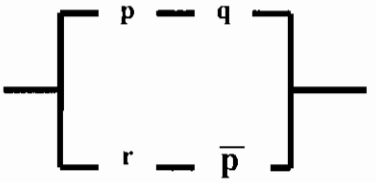
فى الأمثلة السابقة تعاملنا مع دوائر من المفاتيح الكهربائية وتم التعبير عن كل منها بلغة المنطق، وفى الأمثلة القادمة سوف نقوم بالعملية العكسية وهى رسم دوائر المفاتيح المناظرة لتقارير مكتوبة بلغة المنطق حيث الوصلة $\wedge$ تعنى توصيل على التوالى والفاصلة $\vee$ تعنى توصيل على التوازى والتقرير المنفى $\sim p$ يعنى أن الدائرة الكهربائية تحتوى على مفتاح متمم للمفتاح p ويرمز له $\bar{p}$.

مثال ٦ : ارسم دائرة مفاتيح كهربائية لتمثيل التقرير

$$(p \wedge q) \vee (r \wedge \sim p)$$

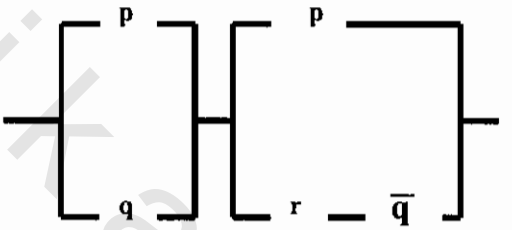
الحل :

التقرير المعطى من نوع الفاصلـــــة. أذن رســـم الدائرة المطلوبة يكون على التوازى وكل ســلك يحتوى على مفتاحين موصلين على التوالى .



مثال ٧ : ارسم دائرة مفاتيح كهربائية لتمثيل التقرير

$$(p \vee q) \wedge (p \vee (r \wedge \sim q))$$



الحل :

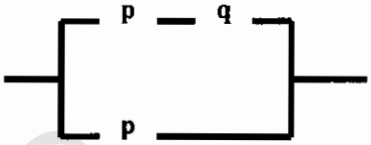
الأقواس بالتقرير المعطى توضح أن التقرير من نوع الوصلة أى توصيل على التوالى لمجموعتين. المجموعة الأولى $p \vee q$ وهى توصيل على التوازى والمجموعة الثانيـة $p \vee (r \wedge \sim q)$ وهى توصيل على التوازى بداخله توصيل على التوالى $r \wedge \sim q$.

يمكن استخدام قوانين المنطق فى تبسيط دوائر المفاتيح الكهربائية وهذا يمثـل فائدة كبيرة ، فإنقاص عدد المفاتيح داخل الدائرة الكهربائية يعـــنى مـــن الناحية العملية توفير الوقت والجهد والأموال ، ويتم تبسيط الدوائر عـــن طريق مفهوم الدوائر المتكافئة والذى يشابه تماما مفهوم التقارير المتكافئة .

تعريف ٢ : يقال عن دوائر مفاتيح كهربائية أنها دوائر متكافئة إذا كانت تؤدى نفس العمل.

وبفرض أن لدينا دائرتان متكافئتان فهذا يعنى انه إذا مر التيار الكهربائى خلال الدائـــرة الأولى فإنه يمر خلال الدائرة الثانية وإذا لم يمر التيار الكهربائى خلال الدائرة الأولى فإنه لن يمر خـــلال الدائرة الثانية .

مثال ٨ : نفرض الدائرة الموضحة بالشكل



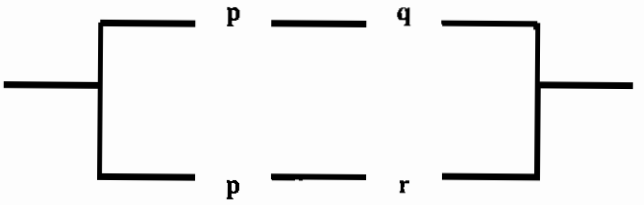
وبلغة المنطق يمكن تمثيل هذه الدائرة على صورة التقرير $(p \wedge q) \vee p$ ، وبتكويـــن جدول الحقيقة

p	q	$p \wedge q$	$(p \wedge q) \vee p$
T	T	T	T
T	F	F	T
F	T	F	F
F	F	F	F

نلاحظ من الجدول أن التقرير $(p \wedge q) \vee p$ يكافئ التقرير p ، ومن الصـــف الأول والثانى بالجدول نلاحظ أن التيار يمر بالدائرة إذا كان المفتاح p فى وضع التشغيل ON ومن الصف الثالث والرابع نلاحظ أن التيار لا يمر بالدائرة إذا كان المفتـــاح p فى وضـــع عـــدم التشغيل OFF. أذن الدائرة المعطاة تكافئ الدائرة المبسطة الآتية :

أى أننا استطعنا باستخدام مفهوم التكافؤ المنطقى أن نبسط الدائرة المعطاة من دائرة تحتوى على ثلاثة مفاتيح إلى دائرة تحتوى على مفتاح واحد فقط وبالطبع هذا يؤدى إلى خفض التكلفة عند تصميم الدائرة .

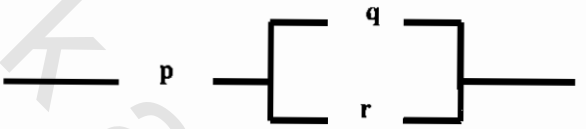
مثال ٩ : أوجد وارسم دائرة مبسطة تكافئ الدائرة الآتية :



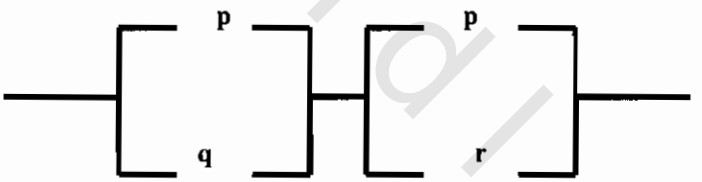
الحل : الدائرة المعطاة يمكن التعبير عنها بلغة المنطق فى الصورة $(p \wedge q) \vee (p \wedge r)$

وباستخدام قوانين المنطق نعلم من قانون التوزيع أن

$(p \wedge q) \vee (p \wedge r) \equiv p \wedge (q \vee r)$ أذن الدائرة المعطاة تكافئ الدائرة الآتية



مثال ١٠ : أعطيت دائرة المفاتيح الكهربائية الآتية



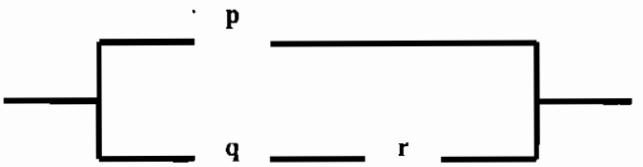
باستخدام قوانين المنطق أوجد وارسم دائرة مبسطة تكافئ الدائرة المعطاة .

الحل :

الدائرة المعطاة يمكن التعبير عنها بلغة المنطق فى الصورة $(p \vee q) \wedge (p \vee r)$ وباستخدام قوانين المنطق نعلم من قانون التوزيع أن

$(p \vee q) \wedge (p \vee r) \equiv p \vee (q \wedge r)$

أذن الدائرة المعطاة تكافئ الدائرة الآتية



٢ - مشكلة ضوء القاعة Hall Light Problem

سوف نناقش الآن أحد المشاكل التقليدية فى شبكات المفاتيح الكهربية وتسمى مشكلة ضوء القاعة وتتمثل فى كيفية التحكم فى ضوء القاعة عن طريق مفتاحين، أحدهم فى بداية القاعة والثانى فى نهايتها. أى أننا نريد أن نتحكم بتشغيل أو عدم تشغيل مصباح القاعة من أيا من المفتاحين، وبمعنى آخر أننا نريد تغيير وضع الدائرة الكهربائية سواء من وضع التشغيل ON إلى وضع عدم تشغيل OFF أو من وضع عدم تشغيل OFF إلى وضع تشغيل ON بمجرد الضغط على أيا من المفتاحين، وبفرض أن المفتاحين هما p , q فإن الاحتمالات الممكنة للمفتاحين تكون

q	p	الاحتمالات الممكنة
T	T	الاحتمال الأول
F	T	الاحتمال الثانى
T	F	الاحتمال الثالث
F	F	الاحتمال الرابع

فى الاحتمال الأول كل من المفتاحين p , q يكون فى وضع التشغيل ON ولكن عند تغيير وضع المفتاح q أو المفتاح p فإننا نحصل على الاحتمال الثانى أو الاحتمال الثالث على الترتيب وفى الاحتمال الرابع المفتاحين p , q يكونا فى وضع عدم تشغيل OFF.

وفى الحقيقة لدينا الآن مجموعتين من التركيبات:

المجموعة الأولى

تشتمل على الاحتمال الأول والاحتمال الرابع وفيها يكون المفتاحين p , q فى نفس الوضع سواء وضع تشغيل كما فى الاحتمال الأول أو وضع عدم تشغيل كما فى الاحتمال الرابع.

المجموعة الثانية

تشتمل على الاحتمال الثانى والاحتمال الثالث وفيها يكون المفتاحين فى وضعين مختلفين أى أنه إذا كان المفتاح p فى وضع التشغيل فإن المفتاح q يكون فى وضع عدم التشغيل وإذا كان المفتاح p فى وضع عدم تشغيل فإن المفتاح q يكون فى وضع تشغيل.

ويمكن بطريقتين مختلفتين تصميم دائرة مفاتيح للتحكم فى تشغيل أو عدم تشغيل مصباح القاعة من أيا من المفتاحين.

الطريقة الأولى

تعتمد على تصميم الدائرة بحيث تحقق :

١ – يمر التيار فى الدائرة إذا كان المفتاحين p , q فى نفس الوضع سواء وضع تشغيل كما فى الاحتمال الأول أو وضع عدم تشغيل كما فى الاحتمال الرابع.

٢ – لا يمر التيار فى الدائرة إذا كان المفتاحين p , q فى وضعين مختلفين كما فى الاحتمال الثانى والثالث.

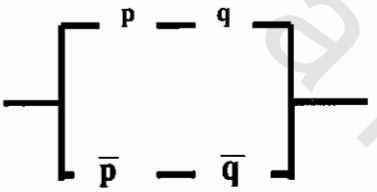
وحيث انه عندما يكون كل من المفتاحين p , q فى وضع التشغيل ON فإن التقرير $p \wedge q$ يكون صواب وعندما يكون كل من المفتاحين p , q فى وضع عدم التشغيل OFF فإن التقرير $p \wedge \sim q$ أو $\sim p \wedge q$ يكون صواب، وكذلك عندما يكون المفتاحين p , q فى وضعين مختلفين فإن التقرير $p \wedge q$ يكون خطأ وكذلك

التقرير $p \wedge \sim q \sim$ يكون خطأ أيضا. أذن بلغة المنطق فإن التقرير الذى يصف دائـرة ضوء القاعة فى هذه الحالة يكون من نوع الفاصلة وفى الصورة

$$(p \wedge q) \vee (\sim p \wedge \sim q)$$

p	q	~ p	~ q	p ∧ q	~p∧~q	(p ∧ q) ∨ (~ p ∧ ~q)
T	T	F	F	T	F	T
T	F	F	T	F	F	F
F	T	T	F	F	F	F
F	F	T	T	F	T	T

ونلاحظ من جدول الحقيقة أن التقرير $(p \wedge q) \vee (\sim p \wedge \sim q)$ يكـون صـواب فى حالة p , q صواب معا أو خطأ معا، أى عندما يكون p , q من نفس النوع، كما نلاحـظ أن التقرير يكون خطأ فى حالة p , q مختلفين.



وبالتالى فإن دائرة المفاتيح الكهربائية الـتى تفـى بالمطلوب فى مشكلة ضوء القاعة نحصـل عليـها برسـم الدائـرة الـتى تمثـل التقريـر $(p \wedge q) \vee (\sim p \wedge \sim q)$.

ونلاحظ من الدائرة أنها موصلة على التوازى

- السلك العلوى يحتوى على المفتـاحين p , q وموصلين على التوالى.
- السلك السفلى يحتوى على المفتاحين المتممين $\overline{q}$, $\overline{p}$ وموصلين على التوالى .

وعندما يكون المفتاحين p , q فى وضع التشغيل ON فإن التيار الكهربائى يمر بالدائرة عن طريق السلك العلوى وكذلك عندما يكون المفتاحين p , q فى وضع عدم التشـغيل OFF فإن المفتاحين المتممين $\overline{q}$, $\overline{p}$ يكونا فى وضع التشغيل ON وبالتالى يمر التيـار الكـهربائى بالدائرة عن طريق السلك السفلى، ولكن بمجرد الضغط على أحد المفتاحين ليصبح المفتـاحين

p , q فى وضعين مختلفين فإن التيار الكهربائى لن يمر سواء بالسلك العلوى أو بالسلك السفلى وبالتالى التيار الكهربائى لن يمر بالدائرة .

الطريقة الثانية

تعتمد على تصميم الدائرة بحيث تحقق :

١ - يمر التيار فى الدائرة إذا كان المفتاحين p , q فى وضعين مختلفين كما فى الاحتمال الثانى والاحتمال الثالث .

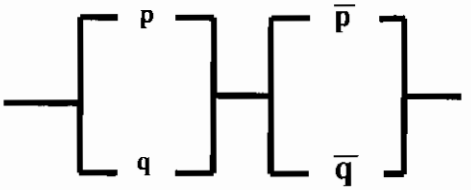
٢ - لا يمر التيار فى الدائرة إذا كان المفتاحين p , q فى نفس الوضع سواء وضع تشغيل كما فى الاحتمال الأول أو وضع عدم تشغيل كما فى الاحتمال الرابع .

وحيث انه عندما يكون كل من المفتاحين p , q فى وضعين مختلفين فإن التقرير $p \vee q$ يكون صواب وبالتالى التقرير $\sim p \vee \sim q$ يكون صواب أيضا، وكذلك عندما يكون المفتاحين p , q فى نفس الوضع فإن التقريران $\sim p \vee \sim q$, $p \vee q$ يكون أحدهم صواب والآخر خطأ. أذن بلغة المنطق فإن التقرير الذى يصف دائرة ضوء القاعة فى هذه الحالة يكون من نوع الوصلة وفى الصورة

$$(p \vee q) \wedge (\sim p \vee \sim q)$$

p	q	$\sim p$	$\sim q$	$p \vee q$	$\sim p \vee \sim q$	$(p \vee q) \wedge (\sim p \vee \sim q)$
T	T	F	F	T	F	F
T	F	F	T	T	T	T
F	T	T	F	T	T	T
F	F	T	T	F	T	F

ونلاحظ من جدول الحقيقة أن التقرير $(p \vee q) \wedge (\sim p \vee \sim q)$ يكون صواب فى حالة p , q مختلفين فى النوع، كما نلاحظ أن التقرير يكون خطأ فى حالة p , q صواب معا أو خطأ معا، أى عندما يكون p , q من نفس النوع



وبالتالى فإن دائرة المفاتيح الكهربائية التى تفى بالمطلوب فى مشكلة ضوء القاعة نحصل عليها برسم الدائرة التى تمثل التقرير

$$(p \vee q) \wedge (\sim p \vee \sim q)$$

ونلاحظ من الدائرة أنها موصلة على التوالى من فرعين

- الفرع الأول يحتوى على المفتاحين p , q موصلين على التوازى.
- الفرع الثانى يحتوى على المفتاحين المتممين $\overline{q}$, $\overline{p}$ موصلين على التوازى.

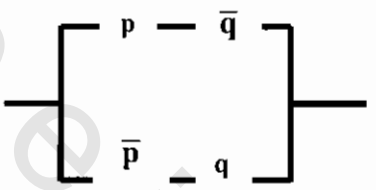
وعندما يكون المفتاحين p , q فى وضع التشغيل ON فإن المفتاحين المتممين $\overline{q}$, $\overline{p}$ يكونا فى وضع عدم التشغيل OFF ونتيجة لذلك فإن التيار الكهربائى يمر بالفرع الأول ولكنه لن يمر بالفرع الثانى وبالتالى التيار الكهربائى لن يمر بالدائرة، ولكن بمجرد الضغط على أحد المفتاحين ليصبح المفتاحين p , q فى وضعين مختلفين فإن المفتاحين المتممين $\overline{q}$, $\overline{p}$ يكونا فى وضعين مختلفين أيضا ونتيجة لذلك فإن التيار الكهربائى سوف يمر بالفرع الأول وكذلك يمر بالفرع الثانى وبالتالى التيار الكهربائى يمر بالدائرة. وباستخدام تكافؤ التقارير نلاحظ أن:

$$\begin{aligned}
&(p \vee q) \wedge (\sim p \vee \sim q) \\
&\equiv ((p \vee q) \wedge \sim p) \vee ((p \vee q) \wedge \sim q) \\
&\equiv (\sim p \wedge (p \vee q)) \vee (\sim q \wedge (p \vee q)) \\
&\equiv ((\sim p \wedge p) \vee (\sim p \wedge q)) \vee ((\sim q \wedge p) \vee (\sim q \wedge q)) \\
&\equiv (\sim p \wedge q) \vee (\sim q \wedge p) \\
&\equiv (p \wedge \sim q) \vee (\sim p \wedge q)
\end{aligned}$$

أذن التقرير الذى يصف دائرة ضوء القاعة فى هذه الحالة يكون من نوع الفاصلة وفى الصورة

$$(p \wedge \sim q) \vee (\sim p \wedge q)$$

p	q	$\sim p$	$\sim q$	$p \wedge \sim q$	$\sim p \wedge q$	$(p \wedge \sim q) \vee (\sim p \wedge q)$
T	T	F	F	F	F	F
T	F	F	T	T	F	T
F	T	T	F	F	T	T
F	F	T	T	F	F	F



وبالتالى فإن دائرة المفاتيح الكهربائية التى تفى بالمطلوب فى مشكلة ضوء القاعة نحصل عليها برسم الدائرة التى تمثل التقرير $(p \wedge \sim q) \vee (\sim p \wedge q)$

ونلاحظ من الدائرة أنها موصلة على التوازى

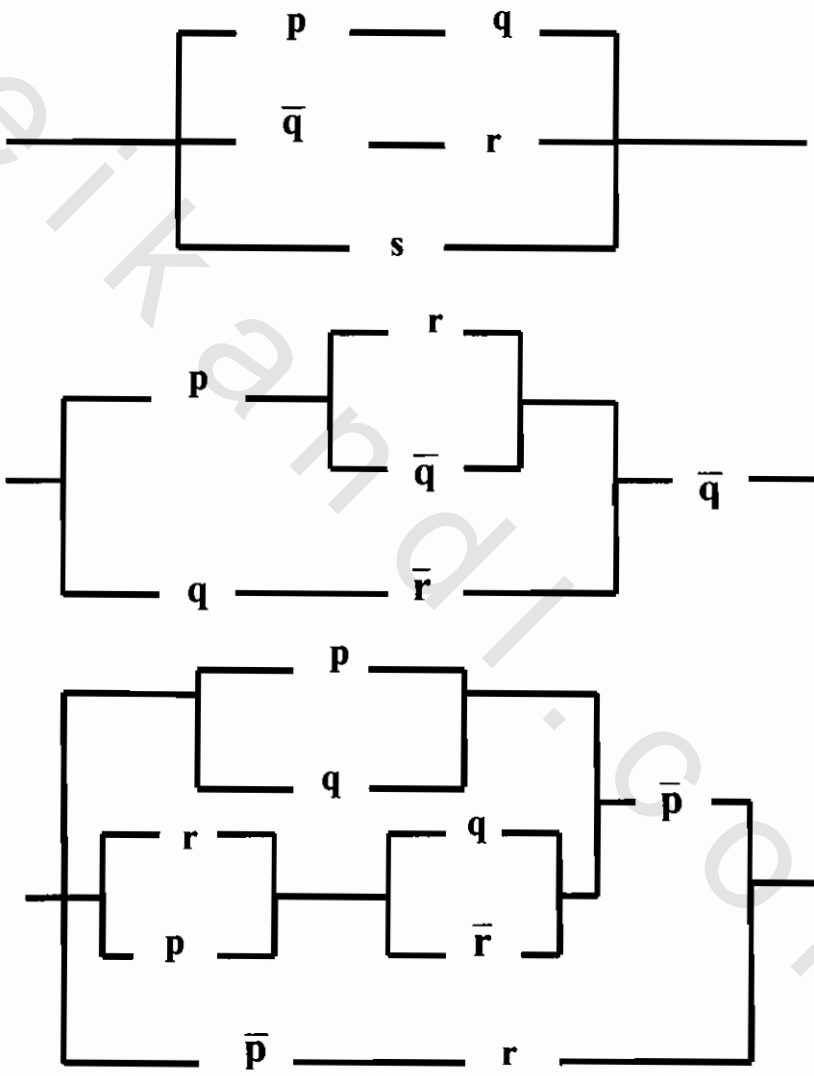
- السلك العلوى يحتوى على المفتاحين $\bar{q}$, p موصلين على التوالى .
- السلك السفلى يحتوى على المفتاحين q , $\bar{p}$ موصلين على التوالى .

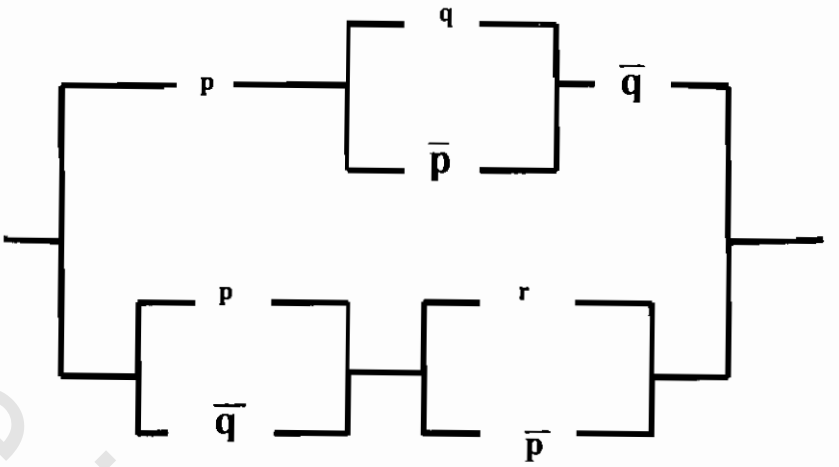
وعندما يكون المفتاحين p , q فى وضع التشغيل ON فإن المفتاحين المتممين $\bar{q}$, $\bar{p}$ يكونا فى وضع عدم التشغيل OFF ونتيجة لذلك فإن التيار الكهربائى لن يمر بالسلك العلوى وكذلك لن يمر بالسلك السفلى، وبالتالى التيار الكهربائى لن يمر بالدائرة، ولكن بمجرد الضغط على أحد المفتاحين ليصبح المفتاحين p , q فى وضعين مختلفين فإن المفتاحين المتممين $\bar{q}$, $\bar{p}$ يكونا فى وضعين مختلفين أيضا وبالتالى التيار الكهربائى يمر بالدائرة بسبب

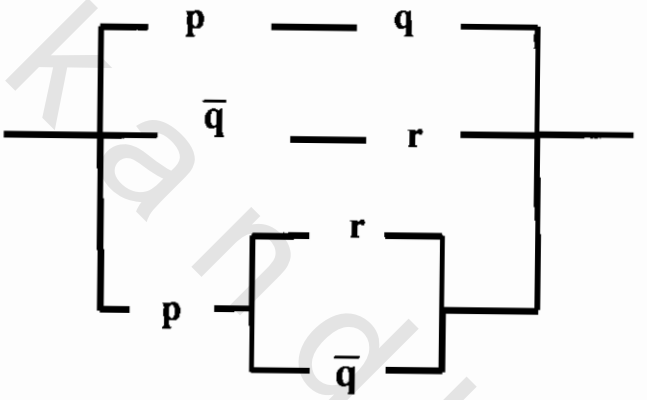
- إذا كان المفتاح p فى وضع تشغيل بينما المفتاح q فى وضع عدم تشغيل فإن التيار الكهربائى سوف يمر بالسلك العلوى.
- إذا كان المفتاح p فى وضع عدم تشغيل بينما المفتاح q فى وضع تشغيل فإن التيار الكهربائى سوف يمر بالسلك السفلى.

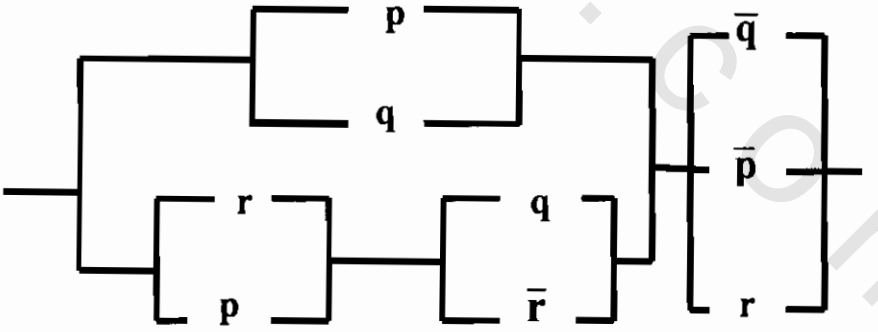
تمارين الفصل الثامن

١ - اكتب بلغة المنطق ما تعنيه كل من الدوائر الآتية :









obeikandl.com

٢ – ارسم دائرة مفاتيح كهربائية لتمثيل كل من التقارير الآتية :

1 - $p \wedge (\sim p \vee q)$

2 - $(p \vee \sim q) \wedge \sim p$

3 - $p \rightarrow q$

4 - $p \leftrightarrow q$

5 - $p \wedge q \rightarrow q \wedge p$

6 - $(\sim p \vee q) \wedge (p \wedge (r \vee \sim q))$

7 - $((r \vee p) \wedge (q \vee \sim r)) \vee \sim p$

8 - $((p \vee q) \wedge \sim p) \vee (\sim p \wedge r)$

9 - $r \rightarrow (p \wedge q)$

10 - $(p \wedge (p \vee \sim q)) \wedge (q \vee \sim r)$

11 - $(p \vee (r \vee q)) \wedge (\sim q \vee \sim r)$

12 - $(p \wedge q) \vee (r \wedge \sim p)$

13 - $\sim (p \wedge q) \wedge (p \vee \sim q)$

14 - $(p \vee \sim q) \wedge (p \vee r)$

15 - $((p \rightarrow q) \wedge \sim q) \rightarrow \sim p$

16 - $((p \wedge q) \vee (p \wedge \sim q)) \vee (\sim p \vee \sim q)$

17 - $(\sim p \wedge q) \vee (\sim p \wedge \sim q)$

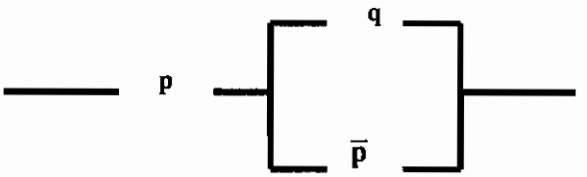
18 - $((p \wedge r) \vee (p \wedge \sim q)) \vee q$

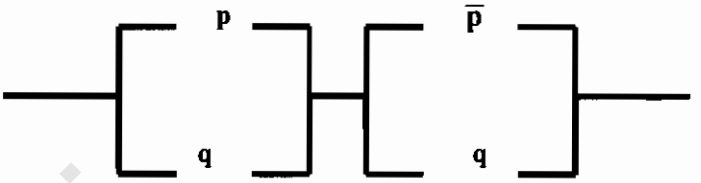
19 - $(p \wedge (\sim q \vee r)) \vee q$

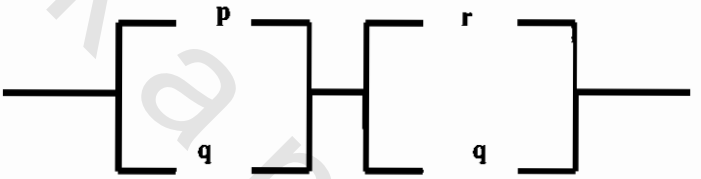
20 - $(p \wedge q) \vee ((p \wedge r) \wedge (\sim q \wedge p))$

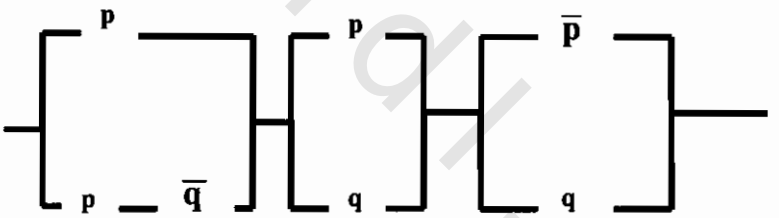
obeikandl.com

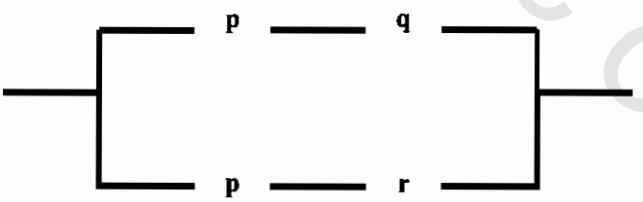
٣ - أوجد وارسم دائرة مبسطة تكافئ الدائرة المعطاة فى كل مما يأتى :



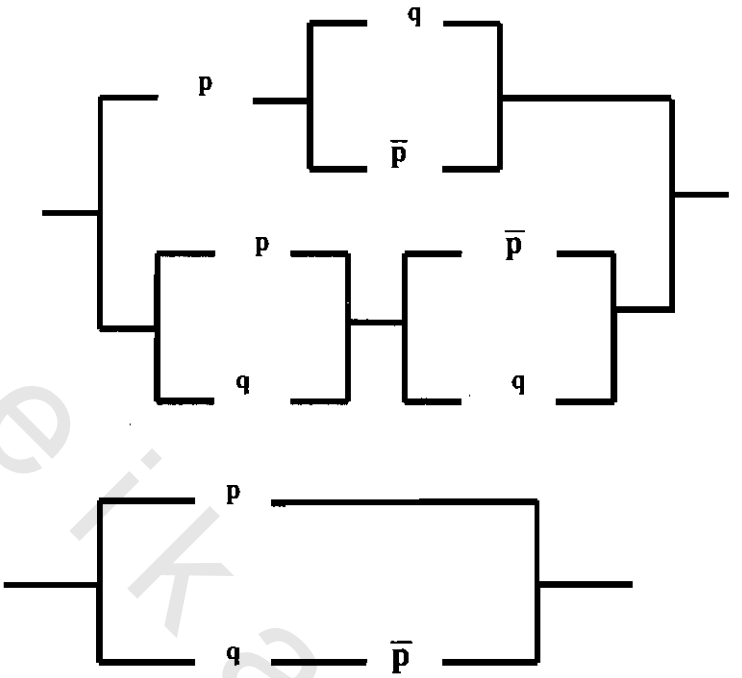








obeikandl.com



٤ – ارسم دائرة مفاتيح كهربائية لتمثيل كل من التقارير الآتية فى ابسط صورة :

(1) $p \rightarrow (\sim q \wedge r)$

(2) $\sim q \rightarrow \sim p$

(3) $(p \rightarrow q) \rightarrow q$

(4) $\sim (\sim p \wedge \sim q)$

(5) $(p \wedge q) \vee (p \wedge r)$

(6) $(p \vee q) \wedge (p \vee r)$

(7) $(p \rightarrow r) \vee (q \rightarrow r)$

(8) $\sim (p \wedge q) \wedge (p \vee \sim q)$

(9) $p \wedge q \rightarrow q \wedge p$

(10) $(p \vee \sim q) \wedge \sim p$

obeikandl.com

(11) $(p \wedge (\sim q \vee r)) \vee q$

(12) $(p \wedge q) \vee ((p \wedge r) \vee (\sim q \wedge p))$

(13) $((p \wedge q) \vee (p \wedge \sim q)) \vee (\sim p \wedge \sim q)$

(14) $(\sim p \wedge q) \vee (\sim p \wedge \sim q)$

(15) $((p \wedge r) \vee (p \wedge \sim q)) \vee q$

٥ - فى اجتماع بين ثلاثة مديرين بأحد الشركات (رأفت - محمد - سمير) يراد التصويت على قرار بالموافقة أو عدم الموافقة وفقا لقاعدة الأغلبية، بمعنى انه يتم الموافقة على اتخاذ القرار إذا وافق اثنين على الأقل ويتم عدم الموافقة على اتخاذ القرار إذا لم يوافق اثنين على الأقل، علما بأن الثلاثة سوف يشتركون بصورة فعلية فى التصويت (لا يوجد امتناع عن التصويت). المطلوب رسم دائرة فى ابسط صورة توضح عملية اتخاذ القرار.