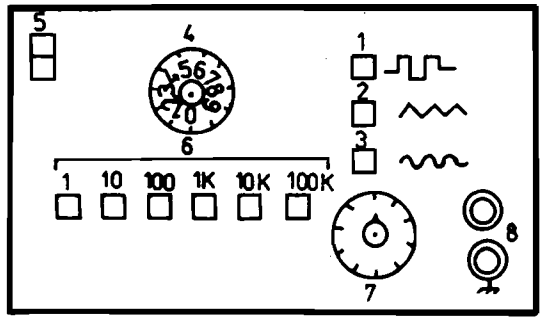
الباب الخامس

مولدات الدوال ودوائرها العملية

مولدات الدوال ودوائرها العملية

٥ / ١ - مقدمة

تستخدم مولدات الدوال فى توليد موجات مربعة ومثلثة وجيبية... إلخ، والتى تحتاج إليها فى اختيار وإصلاح ومعايرة الدوائر الإلكترونية، وتتميز مولدات الدوال بإمكانية تغيير كل من التردد والقيمة القصوى للموجة المولدة، والشكل (٥ - ١)، يعرض مخططًا توضيحيًا لمولد دوال يعطى ثلاث موجات، وهى مربعة، مثلثة، جيبية.



شكل (٥ - ١)

حيث إن:

مفتاح اختيار الموجة المربعة	1
مفتاح اختيار الموجة المثلثة	2
مفتاح اختيار الموجة الجيبية	3
مفتاح ضبط التردد	4
مفتاح الوصل والفصل	5
مفاتيح مدى الترددات	6

مفتاح تحديد القيمة القصوى للموجة المولدة	7
مخارج مولد الدوال	8

طريقة استخدام مولد الدوال :

لاستخدام مولد الدوال الذى نحن بصدده والمبين بالشكل (٥ – ١) لتوليد موجة جيبية ترددها 8KHZ وسعتها 4V نتبع النقاط التالية :

١ – نضع المفتاح 5 فى وضع ON .

٢ – نضغط على مفتاح اختيار الموجة الجيبية 3 .

٣ – نحدد مدى التردد بالضغط على مفتاح 1KHZ ضمن مفاتيح المدى 6 .

٤ – ندير مفتاح ضبط التردد 4 وصولاً للوضع 8 .

٥ – نضبط سعة الموجة المتولدة بواسطة مفتاح ضبط السعة 7 .

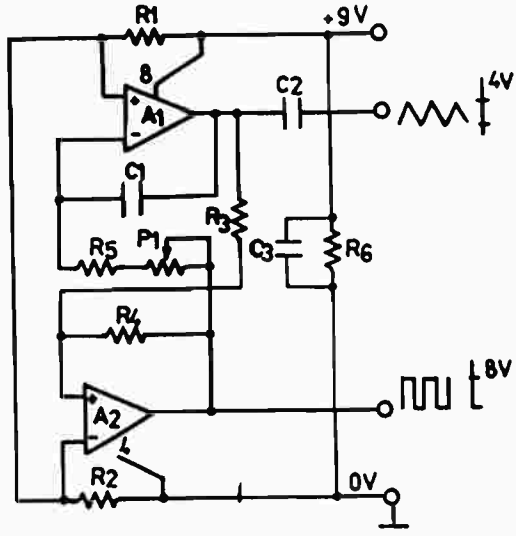
ويمكن الاستعانة بجهاز الأسيلسكوب فى النقاط ٤ ، ٥ .

ويلاحظ عادة عند استخدام مولدات الدوال لتوليد موجات لها قيم قصوى صغيرة تستخدم مقاومة على التوالى مع الطرف الموجب لمولد الدوال تساوى (100KΩ : 1MΩ)، وذلك للتخلص من الضوضاء الشديدة Noise التى تصاحب هذه الموجات .

٥ / ٢ – الدوائر العملية لمولدات الدوال

الدائرة رقم (٢٦)

الشكل (٥ – ٢) يعرض دائرة مولد دوال فى مدى التردد الصوتى (AF) .



شكل (٥ – ٢)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10KΩ/0.5W	R1 , R2, R5
مقاومة كربونية 47KΩ/0.5W	R3
مقاومة كربونية 100KΩ/0.5W	R4 , R6
مقاومة متغيرة 100KΩ/1W	P1
مكثف سيراميكى سعته 4.7 nF	C1
مكثف سيراميكى سعته 100 nF	C2 , C3
مكبر عمليات مزدوج طراز TLC 272	IC1 (A1 , A2)

نظرية عمل الدائرة:

تقوم الدائرة بتوليد موجة مثلثة وأخرى مستطيلة فى خلال نطاق التردد الصوتى، والدائرة المتكاملة IC1 عبارة عن مكبر عمليات مزدوج من عائلة CMOS، حيث إنها تتميز باستهلاك تيار صغير وتعمل من خلال مدى واسع من الترددات.

مكبر العمليات A2 يعمل كقادح شميت ويمثل خرجه موجة مستطيلة ويقوم A1 والموصل على شكل مكامل بتحويل خرج A2 إلى موجة مثلثة.

ويتوقف تردد المولد على العلاقة R/C.

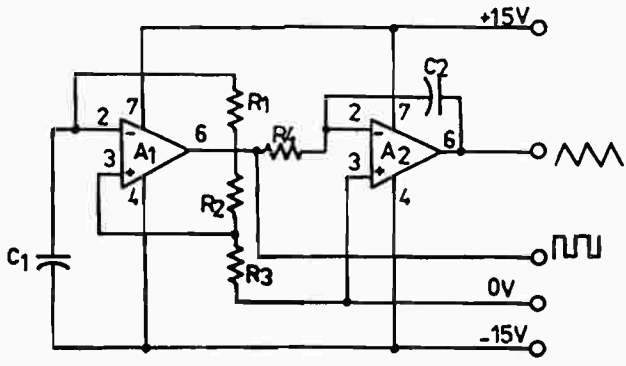
ويمكن حساب تردد المولد من العلاقة

$$F = R_4 / 4\ [(R_5 + P_1)\ (R_3C_1)]$$

وعليه يمكن التحكم فى تردد المولد بواسطة P1.

الدائرة رقم (٢٧)

الشكل (٥ – ٣) يعرض دائرة مولد دوال يعطى موجة مربعة وأخرى مثلثة.



شكل (٥ – ٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ/0.5W	R1
مقاومة كربونية 22KΩ/0.5W	R2
مقاومة كربونية 10KΩ/0.5W	R3 , R4
مكثف كيميائى سعته 0.2 µF - 25V	C1
مكثف كيميائى سعته 1 µF - 25V	C2
مكبر عمليات طراز 741	IC1 (A1 , A2)

نظرية عمل الدائرة :

- مكبر العمليات A_1 موصل فى الدائرة كمذبذب عديم الاستقرار وخرجه يتغير بشكل ثابت من المستوى العالى إلى المستوى المنخفض، كما أن له ممرين للتغذية الخلفية الأول إلى الطرف غير العاكس (3) عن طريق R_3 , R_2 واللتان تحددان الجهد المرجعى عند ذلك المدخل، أما الممر الثانى إلى الطرف (2) عن طريق C_1 , R_1، حيث يقومان بتحديد تردد المذبذب.

- مكبر العمليات A_2 موصل فى الدائرة كمكامل، حيث يقوم بتحويل الموجة المربعة من خرج A_1 إلى موجة مثلثة ترددها يساوي تردد الموجة المربعة.

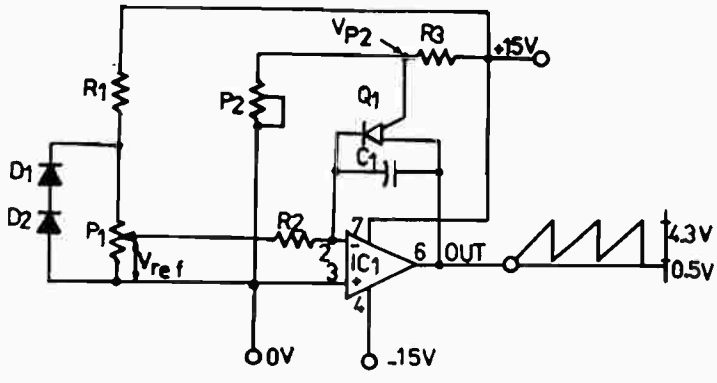
ولعدم تشوه الموجة المثلثة يفضل أن يكون الثابت الزمنى R_4C_2 مساوياً لضعف الثابت الزمنى C_1R_1.

ويمكن حساب تردد المولد من العلاقة :

$$F = 1 / 2R_1C_1 \qquad HZ$$

الدائرة (٢٨)

الشكل (٥ – ٤) يعرض دائرة مولد موجة سن المنشار.



شكل (٥ – ٤)

عناصر الدائرة:

R_1	مقاومة كربونية 10KΩ / 0.5W
R_2, R_3	مقاومة كربونية 100KΩ / 0.5W
P_1	مقاومة متغيرة 10KΩ / 1W
P_2	مقاومة متغيرة 50KΩ / 1W
C_1	مكثف كيميائى سعته 0.1μF - 15V
D_1, D_2	موحد سليكونى طراز 1N914
Q_1	ترانزستور PUT طراز 2N6027
IC_1	مكبر عمليات Op - Amp طراز 741

نظرية عمل الدائرة:

يوصل مكبر العمليات بالدائرة كمكامل، وبالتالى فإن جهد الدخل الموصل على الطرف العاكس (2) يؤدى إلى شحن المكثف C_1 خطياً إلى جهد التشبع +Vsat، وفى نفس الوقت يظهر فى خرج المكامل جهد خطى يزداد فى الاتجاه الموجب والذى يؤدى عند نقطة معينة إلى توصيل الترانزستور Q_1 ليصبح (ON)، الأمر الذى يؤدى إلى تفريغ المكثف C_1 من خلاله إلى أرضى الدائرة لتكتمل نبضة الخرج الأول للمكامل ثم تعاد دورة شحن وتفريغ المكثف C_1 لنحصل على موجة سن المنشار فى خرج المكامل.

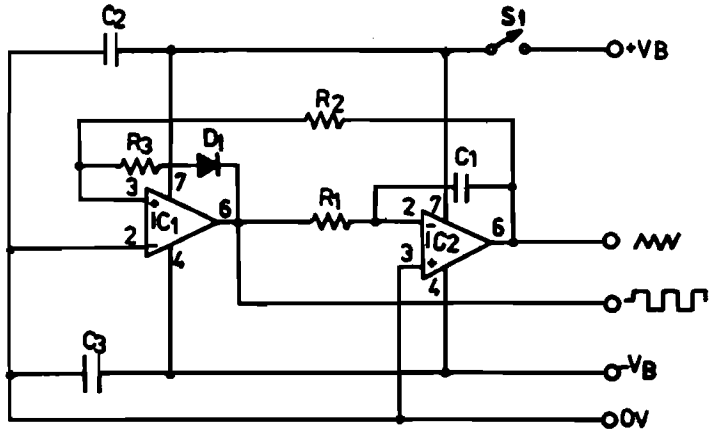
الموحدان D_1 , D_2 يؤديان إلى استقرار الجهد عبر المقاومة المتغيرة P_1 (جهد الدخل)، كما تقوم P_2 بتحديد جهد القدح للترانزستور Q_1 والذى عنده تبدأ دورة عمل جديدة للمولد.

ويمكن حساب تردد المولد من العلاقة التالية:

$$F = \frac{Verf}{R_2C_1} \times \frac{1}{Vp_2 - 0.5V} \; HZ$$

الدائرة رقم (٢٩)

الشكل (٥ – ٥) يعرض دائرة مولد إشارة مستطيلة وأخرى مثلثة .



شكل (٥ – ٥)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 120KΩ / 0.5W	R_1
مقاومة كربونية 100KΩ / 0.5W	R_2
مقاومة كربونية 270KΩ / 0.5W	R_3
مكثف سيراميكى سعته 120 nF	C_1
مكثف سيراميكى سعته 100 nF	C_2 , C_3
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1
مكبر عمليات Op - Amp طراز 741	IC_1 , IC_2
جهد التغذية	V_B
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1

نظرية عمل الدائرة :

بغلق المفتاح S_1 واكتمال دائرة المولد بوصول جهد التغذية V_B+ إليها يبدأ المولد

فى العمل، فإذا فرضنا أن خرج IC_1 كان سالباً فإن D_1 سيوصل هذا الجهد إلى الطرف غير العاكس (3) ليصبح جهده سالبًا أيضاً، ولما كان الطرف العاكس (2) موصل بأرضى الدائرة فإن خرج IC_1 سيبقى سالباً، هذا الخرج سيمر من طريق R_1 إلى الطرف العاكس (2) لمكبر العمليات IC_2، ونظراً لوجود C_1 فإن خرج IC_2 لن يتغير فجأة، ولكنه سيتغير خطياً هذه الزيادة وعن طريق R_2 سيتحول جهد الطرف غير العاكس (3) لمكبر العمليات الأول IC_1 إلى الجهد الموجب مما يؤدى إلى تحويل خرج IC_1 إلى الموجب وبسرعة ويبقى على هذا الوضع، حيث يبدأ C_1 فى الشحن وبانتهاء شحن C_1 يبدأ فى التفريغ، مما يؤدى إلى انخفاض خرج IC_2 خطياً، ويصبح D_1 فى الانحياز العكسى وعندما يصل جهد الطرف غير العاكس (3) للمكبر IC_1 إلى 0V فإن الخرج يتحول مرة أخرى إلى السالب لتتكرر العملية مرة أخرى.

وعلى ذلك نحصل من المولد على موجة مربعة متماثلة حول محور الصفر وأخرى مثلثة موجبة، حيث يكون جهد القمة للموجة المثلثة يساوى:

$$V_{pp} = - V_B - 2 . \frac{R_2}{R_3} V$$

أما التردد فيساوى:

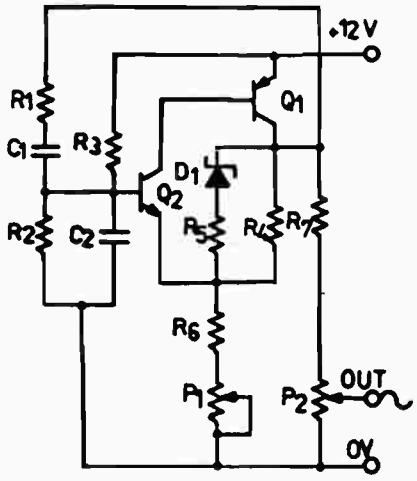
$$F = \frac{1}{2R_1C_1} \quad \frac{R_3}{R_2} \quad HZ$$

حيث إن:

R_2, R_3 بالأوم وسعة المكثف C_1 بالفاراد.

الدائرة رقم (٣٠)

الشكل (٥ – ٦) يعرض دائرة مولد موجة جيبية ذات تردد منخفض.



شكل (٥ – ٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 220KΩ	R1
مقاومة كربونية 270KΩ	R2
مقاومة كربونية 1MΩ	R3
مقاومة كربونية 1.5 KΩ	R4
مقاومة كربونية 2.2 KΩ	R5
مقاومة كربونية 330 Ω	R6

مقاومة كربونية 10KΩ	R_7
* جميع المقاومات المستخدمة قدرتها 0.5W .	
مقاومة متغيرة 1KΩ / 1W	P_1
مقاومة متغيرة 10KΩ / 1W	P_2
مكثف سيراميكى سعته 100 nF	C_1, C_2
موحد زينر 5V6 - 400 mw	D_1
ترانزستور PNP طراز BC 557C	Q_1
ترانزستور NPN طراز BC 549C	Q_2

نظرية عمل الدائرة :

بتوصيل جهد التغذية إلى الدائرة تبدأ الدائرة فى التذبذب، حيث تحدد العناصر C_1, C_2, R_1, R_2 والموصلة بعلى شكل قنطرة تردد المذبذب .

ويحسب تردد المذبذب من العلاقة :

$$F = 1 / 2\pi R_1R_2C_1C_2 . \quad HZ$$

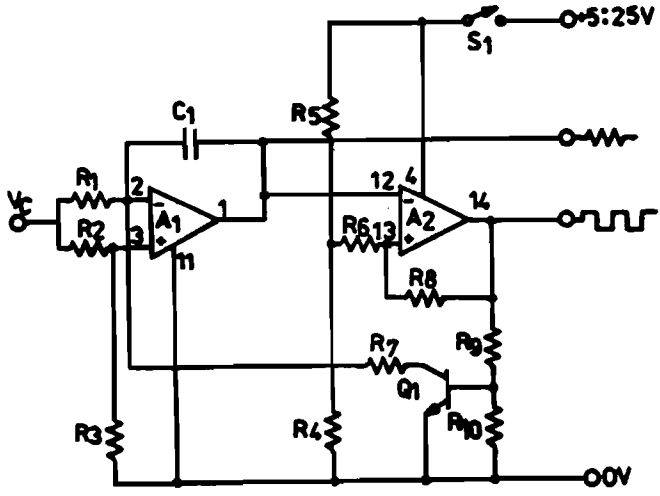
كما أن ثنائى الزينر يقوم بتنظيم جهد خرج المذبذب، فعندما يبدأ جهد خرج المذبذب فى الزيادة يبدأ موحد الزينر بالتوصيل، مما يؤدى إلى خفض كسب مرحلة التكبير، الأمر الذى يؤدى إلى تخميد الذبذبات .

وللمحافظة على إشارة الخرج من التشويه الذى يمكن أن يحدثه موحد الزينر بها، فإنه تم توصيل المقاومة R_5 على التوالى مع الزينر، ومعهما على التوازى المقاومة R_4، فعندما يقترب جهد إشارة الخرج من جهد موحد الزينر، فإن ممانعة الدائرة المكونة من R_4, R_5, D_1 تقل، وبالتالى يتم توليد موجة جيبية خالية من التشوه .

وباستخدام المقاومة المتغيرة P_1 يمكن تجنب قص موجة الخرج، كما يمكن ضبط P_2 للتحكم فى جهد الخرج والذى يقع فى المدى من 0V إلى 4V.

الدائرة رقم (٣١)

الشكل (٥ – ٧) يعرض دائرة مذبذب متحكم به بالجهد Vco يعمل كمولد للموجة المربعة وأخرى مثلثة.



شكل (٥ – ٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ / 0.5W	R1, R6, R8
مقاومة كربونية 47KΩ / 0.5W	R2, R3, R7
مقاومة كربونية 10KΩ / 0.5W	R4, R5, R9 , R10
مكثف سيراميكى سعته 47 nF	C1
ترانزستور NPN طراز BC547	Q1
مكبر عمليات طراز LM324	IC1 (A1, A2)
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S1

نظرية عمل الدائرة:

يعمل المكبر A1 كمكامل، وحيث إن المكثف C1 يعتبر من مكونات دائرة المكامل

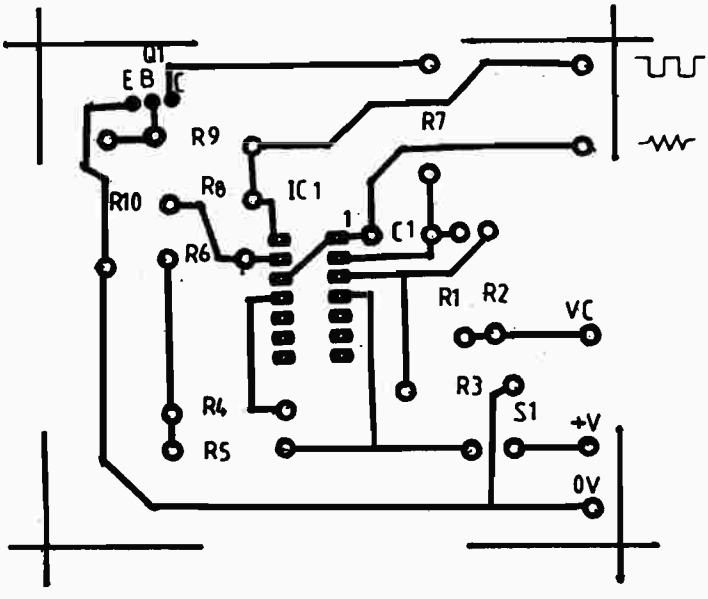
فبجعل المفتاح S1 فى وضع ON يشحن المكثف C1 بتيار ثابت يتوقف على مستوى إشارة جهد التحكم المستخدمة Vc، وعلى ذلك فإن خرج المكامل ينخفض خطياً، هذا الانخفاض يؤدى إلى زيادة خرج المقارن المكون من المكبر A2 والعناصر الملحقة به.

التغير فى خرج المقارن A2 يؤدى إلى تحويل الترانزستور Q1 إلى حالة التوصيل ON، وفى هذه الأثناء يقوم C1 بتفريغ شحنته، مما يؤدى إلى زيادة خرج A1 زيادة خطية هذه الزيادة فى خرج A1 يؤدى إلى انخفاض خرج A2، فيتوقف عمل الترانزستور Q1، ويتحول إلى OFF ليبدأ C1 فى الشحن مرة أخرى.. وهكذا.

وبذلك نحصل على موجة مثلثة من خرج A1، وأخرى مربعة من خرج A2، كما أنه يمكن التحكم فى تردد إشارة الخرج بواسطة جهد التحكم Vc خلال مدى يتراوح ما بين 0V إلى ما يقرب من جهد التغذية والذى يتراوح ما بين V(25 : 5).

دورة عمل إشارة الخرج 50% عندما تكون R2 = R3، وكذلك R1 = 2R7، كما أن العلاقة ما بين R5 , R4 تحدد مستوى الجهد المستمر للإشارة المثلثة.

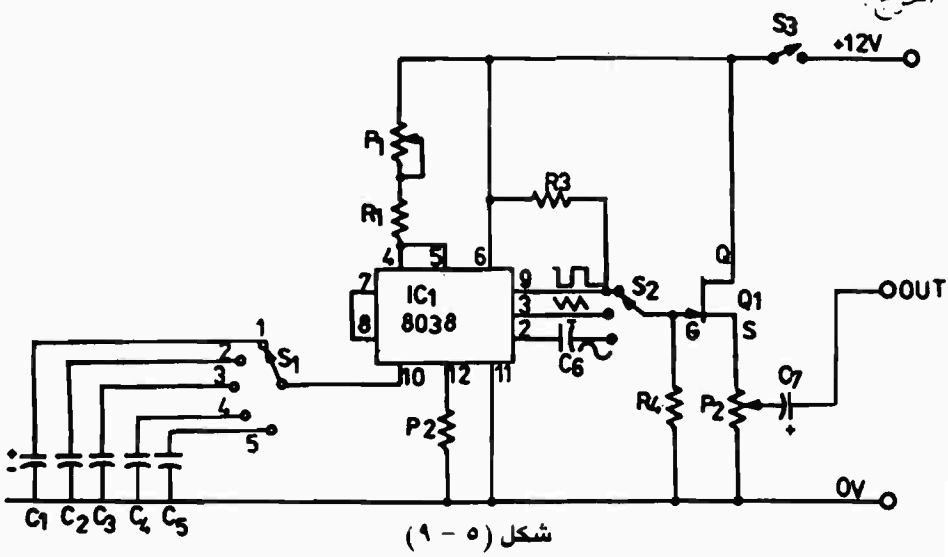
والشكل (٥ – ٨) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة التى نحن بصددها على لوحة نحاسية وجه واحد.



شكل (٥ – ٨)

الدائرة رقم (٣٢)

الشكل (٥ – ٩) يعرض دائرة مولد دوال باستخدام الدائرة المتكاملة (8038) ونحصل منها على موجة مربعة، مثلثة، جيبية، كما يمكن التحكم فى تردد الخرج.



شكل (٥ – ٩)

عناصر الدائرة:

R1	مقاومة كربونية 1KΩ / 0.5W
R2, R3	مقاومة كربونية 100KΩ / 0.5W
R4	مقاومة كربونية 1MΩ / 0.5W
P1	مقاومة متغيرة 10KΩ / 1W
P2	مقاومة متغيرة 1KΩ / 1W
C1	مكثف كيميائى سعته 100μF - 40V
C2	مكثف كيميائى سعته 10μF - 40V
C3, C6 , C7	مكثف كيميائى سعته 1μF - 40V
C4	مكثف كيميائى سعته 0.1μF - 40V

مكثف كيميائى سعته 0.01µF - 40V	C_5
ترانزستور (FET) طراز 2N5457	Q_1
دائرة متكاملة (مولد دوال VCO) طراز 8083	IC_1
مفتاح اختيار دوار قطب واحد خمس سكك	S_1
مفتاح اختيار دوار قطب واحد ثلاث سكك	S_2
مفتاح قطب واحد سكة واحدة.	S_3

نظرية عمل الدائرة:

الدائرة المتكاملة 8083 تعتبر مذبذب متحكم بجهده .Voltage Control OSC (VCO)، له ثلاثة مخارج فى نفس الوقت، حيث يعطى ثلاثة أشكال للموجات وهى:

١ – موجة مربعة على طرف الخرج (9).

٢ – موجة مثلثة على طرف الخرج (3).

٣ – موجة جيبية على طرف الخرج (2).

ومجال تردد مولد الدوال هذا يتراوح ما بين أقل من 0.001HZ إلى أكثر من 1MHZ، ومن هنا يتبين مدى دقة تردد مولد الدوال 8083، كما أن تردد المذبذب يأتى من العلاقة:

$$F = \frac{0.15}{RC} = 0.15 / (P_1 + R_1)\, C_1 : C_5 \qquad HZ$$

ومن العلاقة يمكن التحكم فى تردد خرج مولد الدوال عن طريق التحكم فى كل من سعة المكثف $C_5 : C_1$، وذلك باستخدام المفتاح S_1، كما يتم ضبط التردد بدقة بواسطة ضبط المقاومة المتغيرة P_1.

وعلى أساس قيم العناصر المستخدمة فى تلك الدائرة فإن مجال تردد خرج المولد يتراوح ما بين 0.14HZ إلى حوالى 15KHZ.

وبواسطة المفتاح S2 يمكن اختيار شكل الخرج المطلوب.

الترانزستور Q1 يعمل كمرحلة عزل ما بين خرج مولد الدوال والحمل، وذلك لتقليل الفقد فى الخرج، أما المقاومة المتغيرة P2 فبواسطتها يتم التحكم فى جهد الخرج، وكذلك يمكن زيادة تردد المولد بتقليل قيمة المكثفين C1 : C5 والمقاومة R1 والمتغيرة P1. أما المكثف C7 فيعمل كمكثف ربط ولإزالة الجهود المستمرة عن الدائرة المراد تغذيتها بخرج المولد، والمكثف C6 لزيادة نقاء الموجة الجيبية، وكذلك لمنع تشوهها.

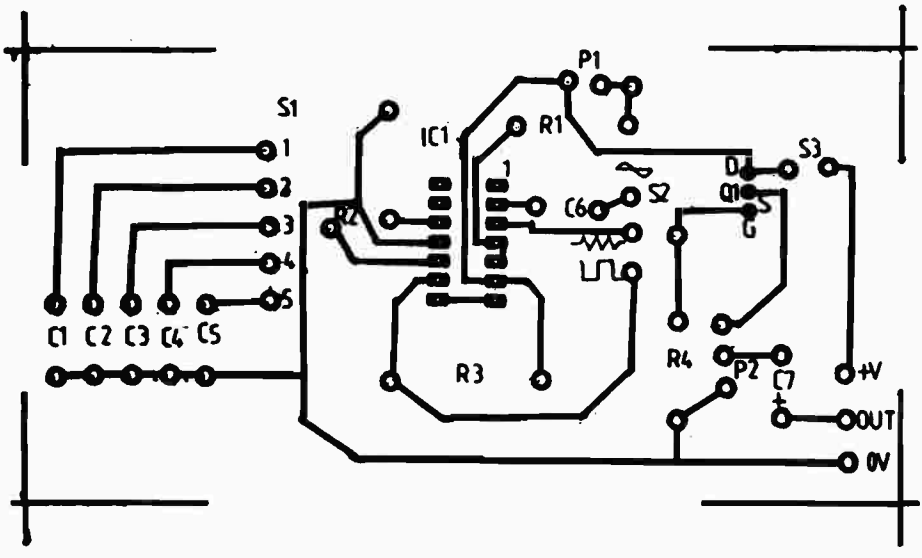
أما عن جهود الموجات التى نحصل عليها من الدائرة وتحت القيم المستخدمة فهى:

١ – الموجة المثلثة Vpp = 4V.

٢ – الموجة المربعة Vpp = 2V.

٣ – الموجة الجيبية Vpp = 1V.

والشكل (٥ – ١٠) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة التى نحن بصددها على لوحة نحاسية وجه واحد.



شكل (٥ – ١٠)