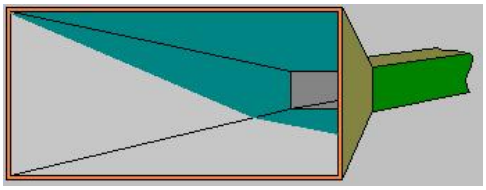
المحولات والدوائر الإلكترونية

قلم/ ماجد عطس محمد

المحولات:

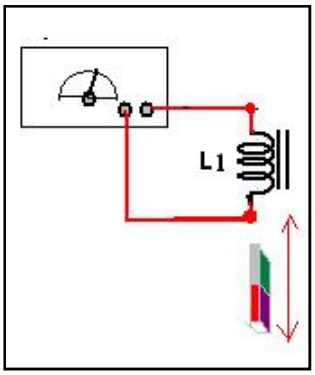
المحولات هى وسيلة لتحويل الطاقة من حالة لأخرى على نفس الصورة لتلاءم حمل معين أو استخدام ما.
فالمحول الكهربى يحول الطاقة الكهربية من فولت و أمبير إلى فولت آخر وتيار آخر، و الميكانيكى من قوة وسرعة لقوة أخرى و سرعة أخرى ولكن لا يحولها مثلا من كهرباء لميكانيكا أو غير ذلك، فتلك لها أسماء أخرى مثل الحساسات و المحركات و غيرها من الأسماء.
وقد تظن عزيزى القارئ أنها تلك الأجسام المملوءة بالحديد، و لك الحق لشهرتها لكنها ليست الوحيدة.

فى الصوتيات مثلا، نجد أن البوق الملحق بالمذياع هو فى الواقع محول صوتى لتوفيق معاوقة الهواء وهى ٤١ أوم للمذياع لزيادة كفاءته، وفى هوائى الرادار أو الأقمار الصناعية و الميكرو ويف عموما نجد Feed Horn أو قمع التغذية لنفس السبب. و ستتعجب لو علمت أن الفوهات الضيقة أو الواسعة فى الموائع (سوائل أو غازات) تقوم بنفس الفكرة، وعلبة التروس فى الميكانيكا (فتيس أو ناقل السرعة فى السيارة) كلها صور متنوعة لأداء واحد/ و إنما الاختلاف فقط بسبب تغير الوسط.

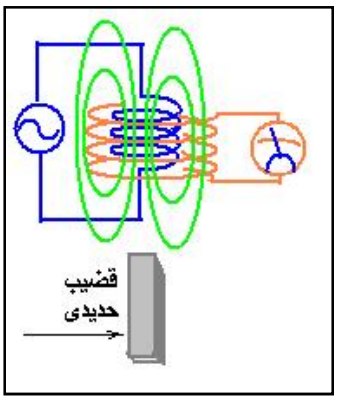


إذن ما هى المحولات؟

المحول هو وسيلة لتحويل الطاقة المارة من صورة لأخرى، و بمعنى أدق تزيد القوة على حساب السرعة أو العكس. فى الكهرباء الفولت هو القوة الدافعة الكهربية و السرعة هى للإلكترونات أى التيار، وفى الموائع سواء غاز أو سائل يكون الضغط مع معدل السريان و فى الموجات اللاسلكية المركبة الكهربية و المركبة المغناطيسية للموجة.
طبعا هناك أنواع عديدة من المحولات ولكننا هنا نقصر دراستنا على ما له علاقة بالدوائر الإلكترونية أما وحدات القدرات العالية و متعدد الأوجه (الغازات) فهذا مجال الهندسة الكهربية.

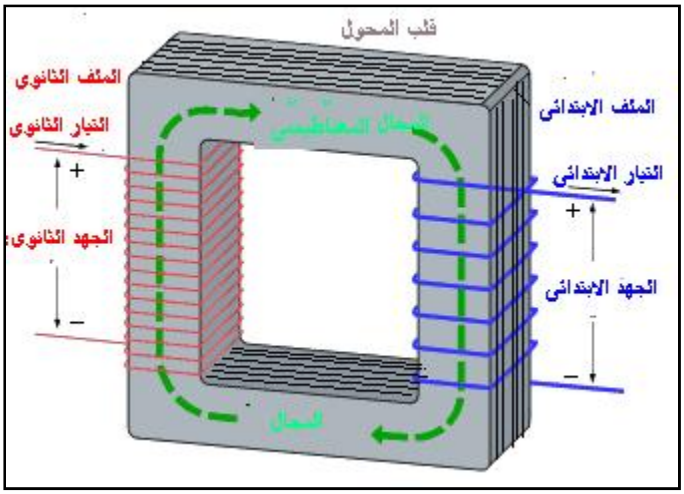


هناك قاعدة عامة أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم
إذن طاقة الدخول = طاقة الخروج لا تزيد إحداها ولا تقل
لكن قبل أن تعترض، طاقة الخروج عادة تتشتت فى أكثر من مسار مما يجعل طاقة الخروج المستفادة أقل من طاقة الدخول.
هذا يقودنا لتعريف ما يسمى "كفاءة التحويل" أو كفاءة المحول" أو يكفى "الكفاءة" وهى ببساطة: كم من جملة الطاقة التى تدخل، أستطيع الاستفادة منها فى الخرج.
الكفاءة =طاقة الخرج المستفادة ÷ طاقة الدخول المستهلكة.
بالنسبة للكهرباء، يجب أن نتعامل مع الجهد والتيار. ولنقل التيار بدون توصيل، فأحد الوسائل هى المجال المغناطيسى، إذن نحول التيار إلى مجال مغناطيسى و نتقبله فى الجهة الأخرى بالصورة التى نحب.
لكن كلنا نذكر تلك التجربة البسيطة عن المغناطيس والملف المتصل بمقياس حيث لم يكن يمر تيار إلا عندما يتحرك المغناطيس، وأن التيار المتولد يزداد مع زيادة سواء السرعة أو المعل (التردد)



كل هذه الأمور تضع لنا التصور كيف يجب أن يتركب المحول
ملف يدخل فيه التيار ليولد مجال مغناطيسى وآخر يتأثر بهذا المجال ليولد تيار الخرج
آه - لا تنسى أن التيار الداخل يجب أن يتغير باستمرار بدلا من جعل الملف هو الذى يتحرك - أليس كذلك؟

الشرح السابق وضع لنا تصور لتركيب المحول بأن يكون ملف متصل بالمصدر الكهربى المتغير **(الأزرق)** و حوله **ملف أخر (البرتقالى)** ليتلقى منه المجال المغناطيسى المتولد**(الأخضر)**. حسنا لكى نستطيع أن نحافظ على تغير المصدر يجب أن يزيد و ينقص ولكى نعرف طبيعة هذا الجهد والتيار المار يفضل أن يكون متردد فتكون بذلك خواصه **محددة**.
لزيادة المجال أو الفيض المغناطيسى يفضل وضع مادة ذات ممانعة مغناطيسية أقل من الهواء فتزداد خطوط المجال و تنتقل طاقة أكثر، وهو قضيب الحديد الرصاصى.



الحديد بهذه الصورة سيزيد المجال و يحسن الأداء لكن كلما زادت خطوط المجال زادت كفاءة النقل و لزيادة هذه الخطوط نقلل من ممانعة مسارها أى نقلل من المسار فى الهواء، لذا يجب أن يكون المسار المغناطيسى مغلق أيضا. لهذا فالحديد يصنع بهذه الصورة حيث يكون بصورة تمثل مسار مغلق.
لكن الحديد بهذا الحجم يمثل أيضا ملف ثانوى يمر فيه تيار يسبب تسخين للحديد و يشكل فقد كبير **للطاقة!**
لهذا يصنع الحديد عادة من شرائح و تعزل عن بعضها بالورنيش أو ورق عازل أو طبقة من السيلكون و يسمى حديد سيليكونى كما بالصورة.

كيف نحسب القدرة التى يمكن نقلها؟
ببساطة كلما زادت خطوط المجال المغناطيسى زادت بالتبعية الطاقة التى يمكن نقلها و عدد هذه الخطوط يتناسب **مع عدد اللفات مضروبا** فى قيمة التيار المار.
هذه هى القوة التى تولد المجال لكن عدد الخطوط فى الهواء أقل منها فى الحديد لأن للحديد ممانعة أقل، لذا تزداد هذه الخطوط بنسبة تعتمد على نوع هذا الحديد نسميها β النسبية و بضربها فى قيمة الهواء نحصل على β **الطاقة** وهى أقصى عدد للخطوط لكل سم مربع بدون تشبع.
هكذا نجد أن القدرة لها علاقة بهذه القيمة مضروبة فى مساحة مقطع الحديد، فكلما زاد مقطع الحديد تمكن من تحمل المزيد من الخطوط و مزيد من الطاقة.

كيف نحسب الفولت المناسب لكل لفة؟
اللفة هى ملف و لها حث و معاوقة و من**قانون أوم نجد أن**
الفولت = التيار × **المعاوقة**
حيث التيار هو الكافى لتمرير الخطوط السابق الحديث عنها
المعاوقة هى **٢** ×**ط** × **التردد** × **الحث**
حث الملف يعتمد على أبعاد هذه اللفة
مماسبق نجد أن المعادلة للفولت

$$V=4.44*F*N*\beta*A*10^{-4}$$

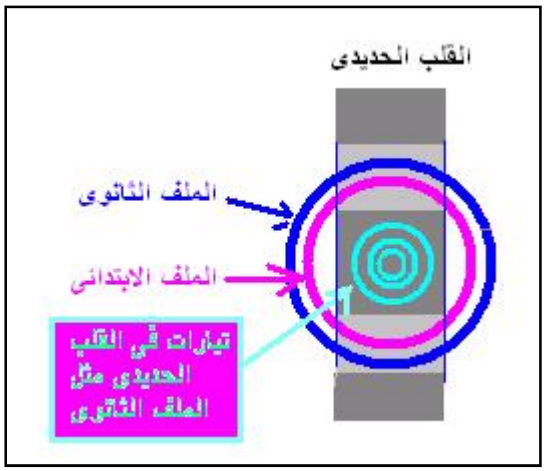
٤.٤٤ × 10^{-4} هو ثابت ناتج من التعويض بقيم الحث للملف و باقى الثوابت السابق ذكرها
F **التردد** ذات
N **عدد اللفات للملف**
β للحديد المستخدم
A مساحة مقطع الحديد

وهذه هى المعادلة العامة التى سنستخدمها فى حساب المحولات.

طبعاقد ترى أنها معقدة و بها كثير من القيم الغير مرغوبة، لكن لحسن الحظ بنظرة فاحصة تجد أنها ابسط مما تتصور فلا يوجد بها سوى معامل الحديد المستخدم وهو أنواع قليلة للكهرباء و بالتالى سنعوض بقيمة متوسطة الحديد السيليكونى و نستخدم المرة القادمة إن شاء الله ناتج هذا التعويض.

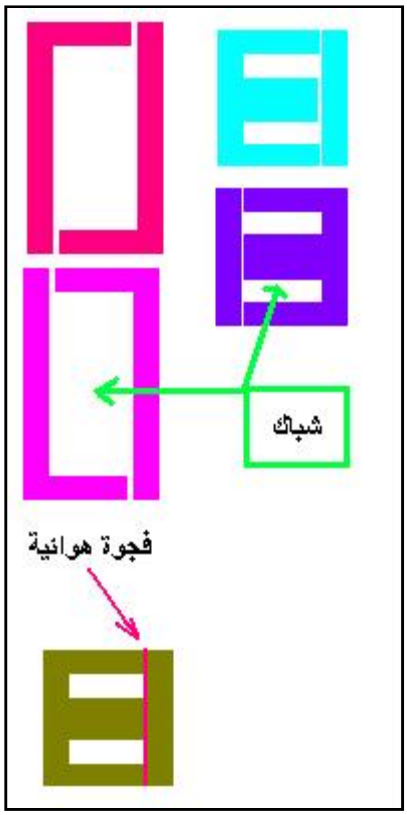
لماذا تصنع المحولات من الشرائح؟

لو نظرنا لتركيب المحول من أعلى أو صنعنا قطاع فى منتصفه، سنجد الصورة كما يلى



فنجد أن كل من الملف الابتدائى و الثانوى محيط بالقلب الحديدى و المجال المغناطيسى المتولد من الملف الابتدائى يقطع الملف الثانوى و القلب الحديدى على السواء، فما يمنع تكون تيار أيضا فى القلب الحديدى باعتباره ملفا ثانويا؟!!

الحقيقة هذا ما يحدث بالفعل إلا أن المشكلة أن هذا الملف عليه قصر فلا يحد التيار المار به سوى مقاومة مادة الحديد وهى وإن كانت أعلى قليلا من النحاس إلا أنها و لكبر مقطع القلب تكون صغيرة جدا **مسببة** ما يشبه **القصر على المحول**. هذه التيارات تسمى تيارات دوّاميه **أو إ**عصارية Eddy Currents وهى من أكبر مسببات **التلف المحولات**.

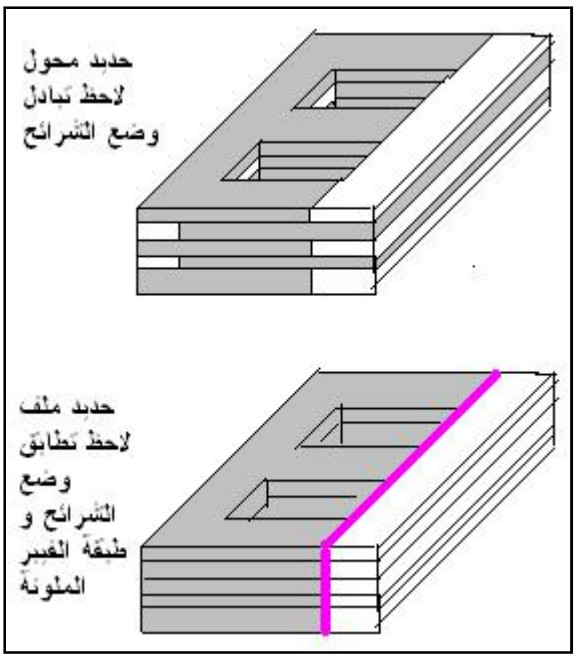


لتقليل هذه التيارات، يجب زيادة مقاومة مسارها و ذلك بعمل القلب من شرائح تقطع مسار هذه التيارات فتؤدى عملها بطريقتين معا، تقليل المساحة التى تولد الجهد المسبب لهذه التيارات و تقطيع مسار التيار **مما** يجعل من الصعب جدا أن يجد مسار دورة كاملة موازية للملفات والمجال المغناطيسى.
تصنع شرائح الحديد من عدة أشكال أشهرها EI وهى قطعة على شكل **الحرف** E **والأخرى على شكل الحرف** I و عند التجميع توضع مرة جهة اليمين و الأخرى جهة اليسار كما بالرسم حتى تقع فجوة الأولى بعيدا عن فجوة التالية و هكذا. يلاحظ هنا أن الجزء الأوسط يكون ضعف الأحرف لأن المجال المغناطيسى فيه سيتوزع لنصفين نصف **فى كل حرف**.

الشكل التالى هو حرف L وهو متماثل العرض ويوضع أيضا كما بالرسم لتحقيق نفس الهدف.

الفراغ بداخل أى من الأشكال المتنوعة يسمى شباك Window وهو الذى سيحتوى ما يسمى المشكِّل بتشديد الكاف فهو الذى يشكل اللفات وهو على شكل بكرة عادية أو مجرد اسطوانة تلف عليها لفات السك و طبعا يجب أن تكون من مادة عازلة و قوية الاحتمال لتتحمل إدخال شرائح الحديد فلا تتمزق كالبلاستيك أو الفيبر أو غيره من المواد التى لا تنصهر بسهولة ولا تحترق مكونة كربون يسبب قصر.
يلف الملف حول البكرة ثم يدخل الحديد.

هناك فى الدوائر الإلكترونية أو الكهربية ،وخاصة تلك التى تتعامل مع الموتورات، تنشأ الحاجة لملفات ذات حث كبير مثل ٢ هنرى و حتى ٣٠ هنرى مثلا و تتحمل تيار كبير، لذا تصنع كما يصنع المحول تماما إلا أنها من ملف **واحد فقط**. غالبا هذه الملفات تتحمل تيار مستمر إضافة للتيار المتردد وهذا يعرضها للتشبع مما يفقدها قيمة الحث ويقلل أداؤها، لذا تصنع من المقطع EI **و توضع كل الشرائح** E معا من جهة واحدة ثم توضع شريحة من العازل لضمان وجود فجوة هوائية كما بالشكل الأسفل.



لذلك يسهل التفريق بين المحول و الملف بمجرد **النظر،فكما بالصورة نلاحظ تداخل الشرائح فى** المحولات كما بالصورة العليا و تطابقها فى الملف **كما بالصورة السفلى** ووجود مادة عازلة المبينة باللون الأحمر لتوفير الفجوة الهوائية.

فى الختام يجب ضم الشرائح جيدا إما بالورنيش أو المسامير مع الورنيش أو أى ضواغط خارجية كما يوضع أحيانا بين بكرة السلك والشرائح قطعة تزنق الشرائح معا حتى لا يسبب المجال المتردد صوت زنه عالية نتيجة الاهتزاز الميكانيكى و الذى يعتبر فاقد و تقليل من كفاءة المحول.

محول الحديد السيليكونى:

لنصمم محول بالحديد السيليكونى، سنعوض بقيم الحديد**فى المعادلة السابقة و التردد = ٥٠ ذ/ث و نصل لعدة معادلات مختصرة**
نبدأ أولا بالقدرة المطلوبة للحمل
القدرة = تيار الحمل × جهد الحمل = كذا وات.

مساحة مقطع حديد المحول = الجذر التربيعى للقدرة

مثلا لنصمم محول ١٠٠ وات يحول من ٢٢٠فولت إلى ١٢فولت.
محول ١٠٠ وات جذرها ١٠ نستخدم ١٠سم٢
لكن الفراغات لعزل رقائق الحديد تقلل المساحة الفعلية لذلك نفترض المساحة الفعلية **٠.٩ المساحة المحسوبة**
فتكون ١٠ ÷ ٠.٩ = ١١.١١سم٢
طبيعى قد لا نجد المقاس المطلوب لذا نختار المقاس الأكبر مباشرة أو إذا كنا سنصنع البكرة التى سنلف عليها الملف يمكن أن نختار المساحة المحسوبة أو أكبر قليلا لتعويض الفراغات.
نفترض أن المساحة التى وجدناها هى **٣سم×٤سم=١٢سم مربع** وهى أكبر قليلا من المطلوب وهذا أفضل
عدد اللفات لكل واحدفولت = ٥٠ ÷ مساحة المقطع
ن = ٥٠ ÷ 12 = 4.16667 لفة لكل فولت طبعا يمكننا استخدام **٤.٢ لفة لكل فولت أو أكثر**
ملف ٢٢٠ يحتاج ٢٢٠ × ٤.٢ = ٩٢٤ لفة
ملف ١٢ فولت يحتاج ١٢ × ٤.٢ = ٥٠.٢ لفة طبعا هنا إما نستخدم **٥٠ لفة أو ٥١ لفة**
الآن التيار**فى الملف الثانوى**
قلنا أنه **١٠٠ وات و الخرج ١٢ فولت** يكون التيار = **١٠٠ ÷ ١٢ = ٨.٣٣٣** أمبير
يحسب قطر السلك على أساس الفقد الحرارى به كمقاومة بالأوم وهو لسلك النحاس
قطر السلك = ٠.٨ جذر التيار إن كان داخلى غير جيد التهوية و يمكن أن نصل إلى
قطر السلك = ٠.٦ جذر التيار إن كان خارجى و جيد التهوية.

ق = ٠.٨ × جذر ٨.٣٣٣ = ٠.٨ × ٢.٨٨٧=٢.٣ مللى متر أو ٢٣ ديزيم
إذا كان ملف جيد التهوية لكونه آخر ملف من الخارج و يمكن تهويته **أو** تبريده يمكن تقلل **٠.٨ إلى ٠.٦ أو حتى ٠.5**

الآن الملف الابتدائى
نعلم أن الدخل أكبر من الخروج لوجود الفقد فى المحولات الصغيرة نفترض الكفاءة **٨٠%**
إذن الدخل ١٠٠ ÷ ٠.٨ =١٢٥ وات
لو الدخل مثلا ٢٢٠ فولت يكون التيار **١٢٥ ÷ ٢٢٠ = ٠.٥٧** أمبير
قطر السلك = ٠.٨ جذر ٠.٥٧ = ٠.٨ × 0.6 =0.75 مم أو ٦ ديزيم

هذه العلاقات الرياضية مشتقة من العلاقات الصحيحة **الكاملة** للمحولات مع التعويض فى معاملاتها بالآتى
التردد = ٥٠ ذ/ث
القلب = حديد سيليكونى -شرائح
السلك من النحاس لأن الألمونيوم له مقاومة نوعية **أعلى**
نوع المحول ملفان منفصلان ابتدائى و ثانوى ملفوفان على مشكل واحد أو ثلاث أزواج من الملفات على ثلاث قلوب (٣فاز)

لو صححنا بنسبة التردد يمكن أن نستخدمها لأى تردد نشاء وهذا ما سنفعله المرة القادمة إن شاء الله

ترانسفورمر ٤٠٠ هيرتز:

فى الأجهزة المحمولة جوا (أى بالطائرات) عادة تستخدم تردد ٤٠٠ ذ/ث وذلك لتقليل حجم ووزن كل المعدات المستخدمة للحديد و منها المحولات عموما وذلك قبل انتشار الفرايت ، لهذا فمن المجدى دراسة هذا النوع فالبعض قد يتعرض له خاصة انتشار محولات المسماة "تشوبر Chopper" المعتمدة على الفرايت و التى تعمل على ترددات أعلى و سيأتى شرحها لاحقا.

المعادلة العامة للمحول هى

$V=4.44*F*N*\beta*A*10^{-4}$

حيث V هو الفولت و F التردد و N عدد اللفات و A مساحة المقطع و β هو الفيض لنوع الحديد المستخدم و المعادلة السابقة حسبت بالتعويض عن التردد = ٥٠ و β بالقيمة الخاصة بالحديد السيليكونى ثم وجدنا النسبة

N ÷ V= ١٠٠٠٠ ÷ (٤.٤٤ × ٥٠ × β × A) ≈ ٥٠/مساحة المقطع لفة لكل فولت

لنفترض أننا نريد عمل نفس المحول السابق ولكن للتردد ٤٠٠ هيرتز وهو تردد الشائع فى عالم الطيران لتقليل وزن الأجهزة المحمولة جوا

مساحة المقطع = جذر القدرة= جذر ١٠٠ = ١٠

الآن برفع التردد من ٥٠ إلى ٤٠٠ يزداد معدل تغيير المجال بنفس النسبة و بالتالى ينقل قدرة أكبر بنفس النسبة وهى = ٤٠٠ ÷ ٥٠ = ٨

إذن إما أن نعتبر أن المحول ينقل ٨٠٠ وات أو نقلل المقطع فيصبح ١٠ ÷ ٨ = ١.٢٥ سم مربع ليظل ١٠٠ وات كما كان.

لو اعتبرنا المقطع الجديد ١.٢٥سم مربع،

عدد اللفات / فولت من المعادلة السابقة بالتعويض عن التردد بالقيمة الجديدة و مساحة المقطع بالقيمة الجديدة وهى تساوى ٥٠ ÷ (٨ × ١.٢٥)=٥٠ ÷ ١٠ = ٥ لفات لكل فولت

لنفترض أننا سنأخذ نفس المحول السابق ذو المقطع ١٠ سم مربع والذى كان ١٠٠ وات و أصبح الآن ٨٠٠ وات عدد اللفات سيقسم على ٨ أى

اللفات لكل فولت= ٤.٢ ÷ ٨ = ٠.٥٢٥ لفة لكل فولت

مما سبق نرى أن مساحة مقطع الحديد نقصت و بالتالى الوزن و عدد اللفات أيضا قل بنفس النسبة مما يقلل وزن النحاس أو سيبقى عدد اللفات مع صغر محيط اللفة محققا أيضا نفس النتيجة وهذا طبعا حسب ما إذا استخدمت نفس القلب للحصول على قدرة أعلى أو قلب أصغر لنفس القدرة.

لكن بما أن القدرة زادت، فقطر السلك أيضا يزيد تباعا و يحسب بنفس الخطوات السابقة:

القدرة = الفولت × التيار و من التيار نحسب قطر السلك

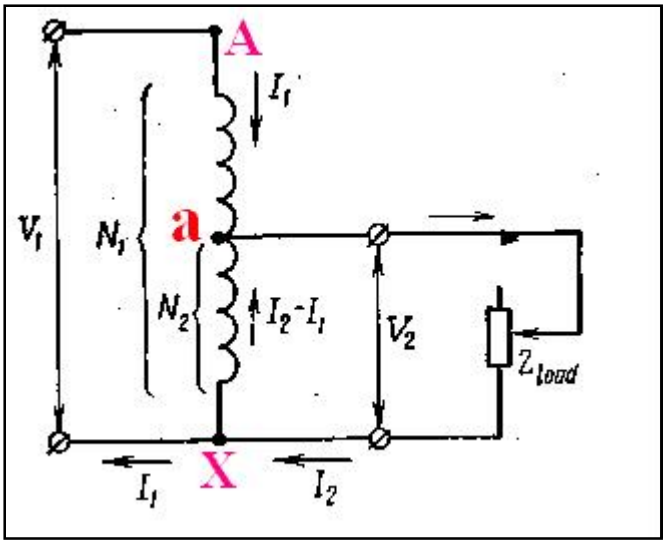
نفس الكلام يمكن تطبيقه لأى تردد آخر كما سنرى لاحقا فى تطبيقات أخرى

جدير بالذكر أن الحديد السيليكونى يمكن استخدامه حتى ٢٠٠٠ ذ/ث قبل أن تزداد نسبة الفقد بصورة معوقة لكن هذا لا يمنع استخدامه على كافة الأطلاق الصوتى ٢٠٠٠٠ ذ/ث بفرض أن الفقد تعوضه الدوائر الإلكترونية.

لتقليل الفقد فى محولات الترددات الأعلى من ٥٠ذ/ث، تصنع من شرائح أقل سمكا من المعتاد.

المحول الذاتى Auto Transformer:

هو محول مكون من ملف واحد حيث يشترك الابتدائى و الثانوى فى جزء من **الملف**
إن استخدم كمحول رافع فجهد المصدر يكون جزء من جهد الحمل وعلى المحول أن يولد فقط فرق الجهد بين **المنبع والحمل**



و إن استخدم كمحول خافض ، فإن التيار من المصدر يعبر للحمل و عليه فالمحول عليه أن يولد فرق التيار بين الابتدائى والثانوى

K = N1:N2=V1:V2
النقطة a هى النقطة المشتركة بين الابتدائى و **الثانوى** ، A هى دخول المصدر ، x **النقطة المشتركة** بين الابتدائى والثانوى ، P هى القدرة للكل أو جزء حسب التسمية و الرموز المضافة لها – **من الرسم نجد**
P1=V1*I1= V2*I2=P2
النقطة a تقسم الملف لجزأين الجزء a -x **المشترك** **والجزء** A-a **على التوالى مع الدخول**
من اتجاه التيار كما بالرسم نجد أن الملف المشترك به تيار يساوى الفرق بين تيار الحمل و تيار المنبع
I2-I1
وهذه نقطة هامة جدا عند حساب مقطع السلك حيث توفر كثيرا جدا فى قطر السلك و من ثم الكلفة
و بحساب القدرة
P_{A-a} = (V1–V2)I1=V1*I1-V2*I1
و الجزء المشترك
P a-x=V2(I2-I1)=V2*I2-V2*I1
بما أن
P1=V1*I1= V2*I2=P2
إذن القيمتان للقدرة متساويتان
P_{A-a} = P a-x
لا تنزعج وتقول ما نجنى من هذا ، فقط تذكر أن الجزء المشترك بين الدخول والخروج، به فرق التيارين وليس أحدهما أى أن المحول أصبح محول ابتدائى ثانوى لنقل فرق التيار وليست التيار كله و بالتالى نسبة مناظرة من **القدرة ونسبة الوفر** K

In the case of a step-down autotransformer $(V_1 > V_2)$

$$K_e = \frac{P_{st}}{P_{throu}} = \frac{(V_1 - V_2) I_1}{V_1 I_1} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = 1 - \frac{1}{K} \qquad (8.1)$$

and for the step-up transformer $(V_2 > V_1)$

$$K_e = \frac{P_{st}}{P_{throu}} = \frac{(V_2 - V_1)}{V_2} = 1 - \frac{1}{K}$$

حيث K نسبة الجهد الأعلى للجهد الأقل (بصرف النظر أيهما دخول أو خروج)

لنحسب الآن محول ذاتى لنرى الفرق
مثلا لنفترض نفس المحول السابق ١٠٠ وات
مساحة المقطع كلت جذر القدرة = ١٠ سم^2

فى حال استخدام محول ذاتى للتحويل من ٢٠٠ إلى ٢٢٠ مثلا نجد نسبة الوفر = ٢٢٠-٢٠٠ مقسوما على ٢٢٠
أى = ٢٠ ÷ ٢٢٠ = ٠.٠٩ أو تقريبا ٠.١
أى تعمل تصميم لمحول قدرته ١٠٠ × ٠.١ = ١٠ وات فقط
فتكون مساحة القطع = جذر ١٠ = ٣.٢سم^{٢}
تيار الدخول = ١٠٠ ÷ ٢٢٠ = ٠.٤٥ أمبير
قطر السلك = ٠.٨ جذر التيار = ٠.٨ × ٠.٦٧=٠.٥٤ أو 0.5 ديزيم
هذا القطر للفات ٢٠ فولت فقط أى الفرق بين ٢٢٠ – ٢٠٠
تيار الخرج = ١٠٠ ÷ ٢٠٠ = ٠.٥ أمبير
فرق التيارين = ٠.٥- ٠.٤٥ = ٠.٠٥ أمبير فقط
قطر السلك = ٠.٨ جذر ٠.٠٥ = ٠.٨ × ٠.٢٢ = ٠.١٨ أو ١.٨ ديزيم و أقرب قيمة هى ٢ ديزيم
وهذه للملف ٢٠٠فولت وواضح الفرق فى القطر والوزن و الثمن فى استخدام ٢ بدلا من 0.5 و أيضا وزن وحجم الحديد

نلاحظ هنا أن كلما زاد الفرق بين جهد الدخول و جهد الخروج قلت نسبة الوفر لذلك هو جيد فى الاستخدامات مثل التحويل من ١١٠ إلى ٢٢٠ أو ضبط الجهد لتعويض التغير مثلا ٢٢٠ ± نسبة ما للتصحيح عبر أطراف نقل لكنه غير مجدى فى حالات مثل ٢٢٠ : ١٢ فولت لسببين
أولا نسبة التوفير = ٢٢٠-١٢= ٢٠٨ بالقسمة على الجهد الأعلى ٢٢٠ تصبح
٢٠٨ ÷ ٢٢٠ = ٠.٩٥ أى أن المحول ١٠٠ وات يعتبر

٩٥ وات وهى نسبة لا تذكر بل فى الواقع إن بدأت بحمل ٩٥ وات ستقربه إلى ١٠٠ لسهولة الحساب إن لم ترفع القيمة أكثر من قبل معامل أمان.
السبب الثانى خطير جدا أن الجهد ٢٢٠ له مرجع الأرض لذا لو لمست السلك "الحى" كهلك أو علك لذلك يستخدم دوما محول يسمى محول عزل وهو ٢٢٠ : ٢٢٠ لتوفير العزل الكهربى عن الأرض للحماية فيكون لمس طرف واحد غير خطر و للأسف المحول الذاتى لا يوفر هذه الميزة
لكن هذا لا يعنى أن هذا الأسلوب لا يستخدم بل العكس كان يستخدم كثيرا فى محول الجهد العالى لشاشات التلفاز لتوفير جهد تغذية الفتيلة أو جهود أخرى متنوعة حيث كافة جهود الخرج معزولة عن الأرضى.
هذا النوع من المحولات، يلف على قلب دائرى يسمى Toroidal و يستخدم مع دائرة تحكم صغيرة كمثبت جهد أو للحصول على جهد يغير يدويا حسب الحاجة و قد يكون توفاز واحد أو ٣ فاز
ماذا نفعل لو لم نجد السلك المناسب؟ هل استبدل السلك بسلكين بنصف القطر؟؟

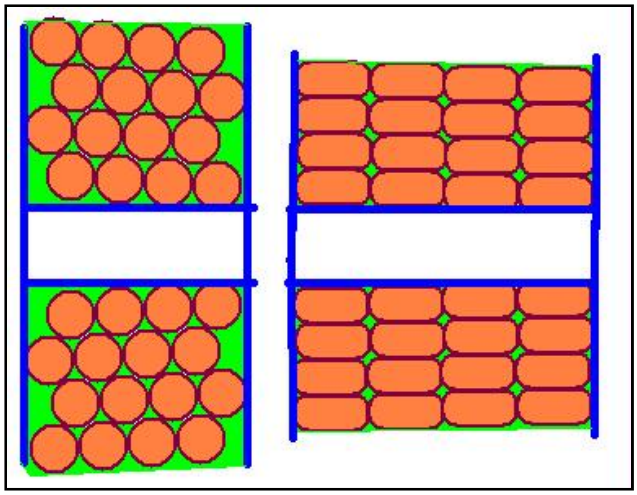
سلك واحد أم أسلاك متعددة

قد يحتاج الأمر سلك ذو قطر أكبر من المتاح و ذلك لأن: إما المطلوب تيار عالى أو المحول ذو قدرة كبيرة و يتطلب الأمر تيار مناسب

المشكلة أن البعض يظن أن ما نقدمه هو قانون سماوى لا يقبل الجدل و ينسى من أين اشتققناه

الأساس فى حساب مقطع السلك هو الحرارة المتولدة فيه نتيجة لمرور التيار، و أرجو أن نتذكر مرة أخرى أننا قلنا الملف الخارجى يبرد أكثر من الداخلى و من ثم استخدمنا نسبة ٠.٦ إلى ٠.٥ بدلا من ٠.٨

أيضا العلاقة المستخدمة أصلا مشتقة من قاعدة تجريبية هى أن كل مللى متر مربع من النحاس الأحمر يتحمل من ٦ إلى ٨ أمبير، فلو فهمنا هذه الحقائق و تذكرناها نجد أن الحلول متعددة فمثلا توجد شرائط تباع بالمتر طول المللى متر مثلا ٢×٣ الخ وهكذا



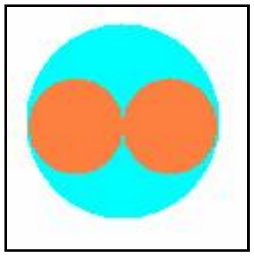
قولى ٢×٣=٦ مللى متر مربع

٦ مللى × ٨ أمبير = ٤٨ أمبير

بالمعادلة السابقة ٤٨ أمبير توازى سلك ٤١ ديزيم أى ٤.١ مم

الميزة فى استخدام شرط مربع مزدوجة فأولا لا تتقيد بقطر محدد كما فى السلك الدائرى فالشرط ٢×٣ = ٦ × ١ أو ما يتوافر طالما مساحة المقطع مساوية أو تزيد، و ثانيا عند اللف تصف الأسلاك المربعة أفضل من المستديرة ولا تترك بينها فراغات كما بالرسم و تكون أفضل.

ماذا لو أصبح الأمر حتميا استخدام سلك دائرى، هل سلكين بقطر ١مم يحلان محل سلك ٢مم مثلا؟



كما ذكرنا أن الأساس هو مساحة المقطع، وهذا الرسم يبين سلكين بقطر ١ (اللون البرتقالى) مرسومين داخل سلك بمقاس ٢ باللون السماوى. واضح أنهما أقل بكثير من أن يكونا مساويين.

إذن ما الحل؟؟

المسألة مسألة دوائر و حساب مساحات

مساحة الدائرة =ط ق^{٢} /٤ = ٠.٢٥ × ٣.١٤ ×ق ×ق

إذن

مساحة كلية = مساحة ١ + مساحة ٢ + مساحة ٣ الخ

يمكننا أن نأخذ الثوابت ٠.٢٥ و ٣.١٤ مشترك و تحذف من الطرفين يبقى

مربع القطر المطلوب = مربع القطر الأول + مربع القطر الثانى + مربع القطر الثالث الخ

ق كلى ×ق كلى =ق١ ×ق١ +ق٢ ×ق٢ +ق٣ ×ق٣

و لكن كيف سأحسب؟

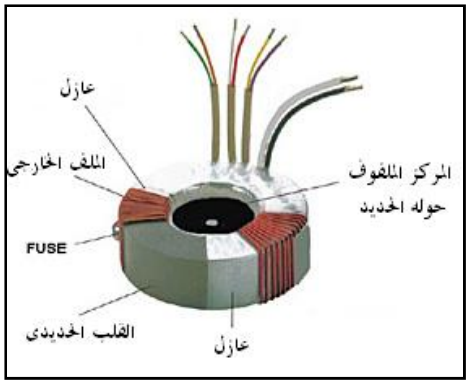
ببساطة

١- ربع قطر السلك المطلوب و نسميه المطلوب
٢- ربع السلك المتاح و نسميه المتاح
٣- اطرح المتاح من المطلوب يتبقى لك الباقى
٤- جذر الباقى هو قطر السلك الواجب إضافته

و ماذا لو الباقى أكبر من المتاح؟!

إذن ستحتاج لأكثر من سلكين.

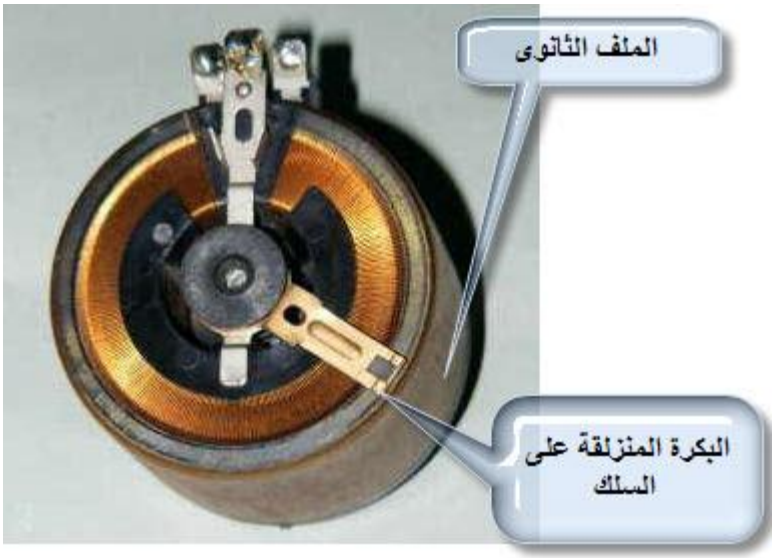
المحول الحلقى Toroidal transformer



المشكلة كما سبق فى الفجوة الهوائية، فهى تسبب فقد بعض من المجال المغناطيسى، كما تسبب بعض الاهتزاز الميكانيكى وهو بلا شك فقد فى القدرة.

لإلغاء هذه الفجوة، صنع البعض القلب من شريط طويل من الحديد السيليكونى ملفوف كالزنبرك على هيئه كعكة مستديرة كما بالصورة ثم يلف عليها السلك متعامدا عليها . يلف الابتدائى أولا بالداخل ثم طبقة عازلة ثم الثانوى من الخارج ليحظى بالتهوية و لسبب آخر سنذكره.

هذه الطريقة تلغى الفجوة مما يجعل الكفاءة أعلى لأن المجال المغناطيسى محتوى كليا بداخل الحديد ولا توجد فجوات ليعبر خلالها. أيضا تلاشى الزن و الصوت وهو فقد ميكانيكى للطاقة الكهربية، لهذا أصبح قياسيا فى كمجال الصناعة.



الشكل الحلقى جعل من الممكن أن يستخدم فى تطبيقات خاصة جدا لا تصلح فيها المحولات العادية وهو أحد أسباب لف الملف الثانوى على السطح كما سبق أن ذكرنا. يمكن وضع بكرة متحركة مما يجعل الخرج متغير و يمكن ضبطه يدويا و يسمى فارياك

وهو تطبيق متميز للحصول على جهد متردد بقيمة حسب الحاجة، أو آليا لصنع مثبت الجهد المتردد بدائرة تحكم صغيرة و يحرك البكرة موتور تيار مستمر صغير.
الصورة لمثبت ذو ثلاث أوجه.

الشكل الحلقى أيضا أعطى له ميزة سنتحدث عنها تفصيلا لأهميتها وهى محول التيار والذى يستخدم فى قياس التيار فى الكابلات أو فى الدوائر الإلكترونية.

فيما عدا هذا فيمكن استخدامه فى كل الاستخدامات التى يستخدم فيها المحول العادى. مثل الربط بين الدوائر وغيره مما سيأتى شرحه.
ببساطة، كل ما يصلح للمحول العادى يصلح أيضا للحلقى، و يزيد الحلقى فى تطبيقين.

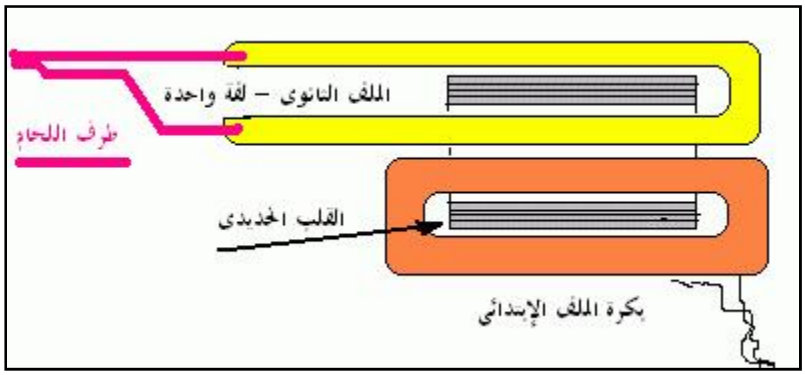
يمكن أيضا استخدام أنواع أخرى من الخامات مثل الفرايت ليناسب الترددات العالية.
قوانينه لا تخرج عن قوانين المحول العادية فهو ببساطة اختلاف شكلى فقط، أما الأداء و النظرية مطابقة.

تطبيقات لأنواع مختلفة من المحولات الكهربية

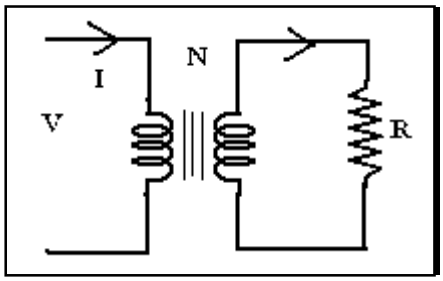
الآن نتكلم عن أنواع خاصة من المحولات وهى كاوية المسدس محولات اللحام و محولات صهر المعادن
كلها تشترك فى شىء واحد وتختلف فى آخر
تشترك فى كونها محول له ملف ابتدائى ٢٢٠فولت أو ٣فاز ٣٨٠فولت و ملف ثانوى مكون من لفة واحدة فقط
تختلف فى نوعية الحمل
سنتكلم الآن عن النوع الأول

كاويات اللحام:

وهى عبارة عن ملف ابتدائى ملفوف على بكرة ذات مقطع طويل و ملف ثانوى لفة واحدة من قضيب من النحاس قطرة حوالى 0 مم و الحمل هو طرف اللحام وهو من السلك النحاس الأحمر ذو قطر **أى حوالى ١- 1.0 مم**



القلب الحديد عبارة عن شريط طويل من الحديد السيليكونى المعزول و يلف فى قلبيهما كما **بالرسم**
عند توصيل التيار يتولد تيار فى الملف الثانوى شديد جدا لدرجة أنها تصهر القصدير (٣٨٠ – ٤٠٠ درجة مئوية) فى ثانيتين **أو ثلاث**
لحساب هذا النوع من المحولات **، لا** نتبع الأسلوب التقليدى السابق ولكن نحسب تحويل المعاوقة أو المقاومة
عندما يكون محول موصل بحمل R فلو كان ذو نسبة تحويل N **إلى ١ فسنجد**

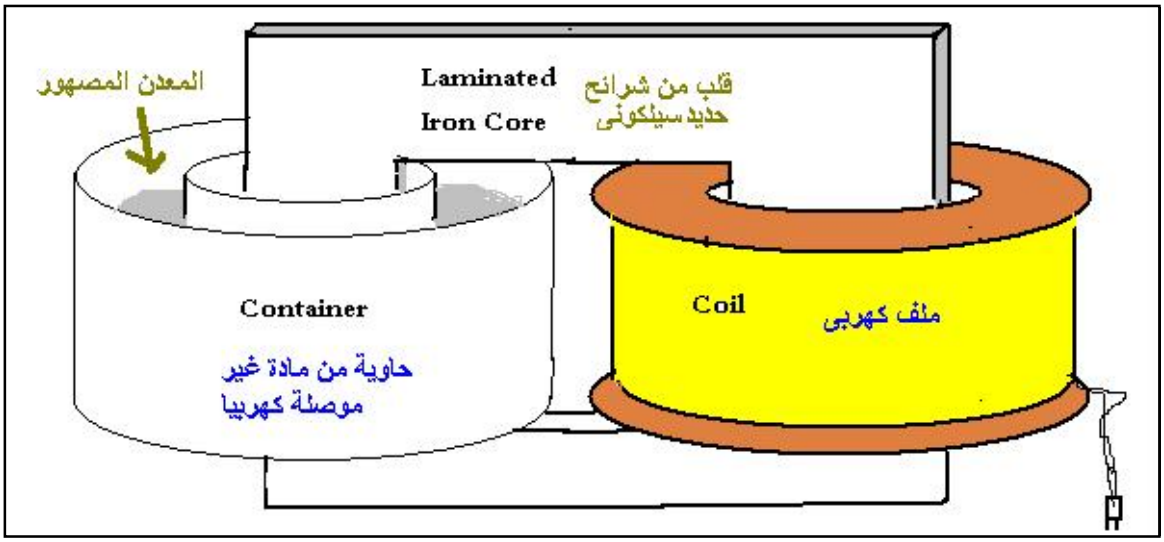


جهد الحمل = جهد المصدر ÷ N
تيار الحمل = تيار المصدر × N
يمكننا القول أن مقاومة الحمل = جهد الحمل ÷ تيار الحمل =
(جهد المصدر ÷ N) مقسوما على تيار المصدر × N
أى = مقاومة الحمل مقسومة على مربع نسبة التحويل
إن كانت نسبة اللفات ١٠٠ إلى ١ تضرب المقاومة فى ١٠٠٠٠
لذا يكون الحساب كالآتى :
أريد كاوية ١١٠ **ولت**
إذن التيار = **القدرة** ÷ **الفولت** = ١١٠ ÷ ٢٢٠ = ٠.٥ أمبير
مقاومة الدخول = **الفولت** ÷ التيار = ٢٢٠ ÷ ٠.٥ = ٤٤٠ Ω
سأستخدم سلك لحام من النحاس طوله مثلا ١٠ سم و مساحة مقطعه مثلا ٢ مم٢
ستكون مقاومة هذه القطعة = المقاومة النوعية للنحاس × **الطول** ÷ **مساحة المقطع**
لنفترض أنها كانت ٠.٠١ Ω
نسبة المقاومات هى ٤٤٠ ÷ ٠.٠١ = ٤٤٠٠٠
نسبة اللفات = جذر ٤٤٠٠٠ = ٢١٠ لفة **للملف الابتدائى و لفة واحدة للثانوى**
سلك الابتدائى يحسب كما سبق = ٠.٨ جذر التيار = ٠.٨ جذر ٠.٥ = ٠.٥٧

الفرن الكهربى:

لنبنى فرن كهربى فالقضية مشابهة لكاوية اللحام السابقة إلا أننا لا نعرف الحمل مسبقا و قد يتغير أثناء العملية تغيرا كبيرا حيث وضع الخامات فى المستوعب تكون ذات مقاومة أكبر من بعد صهرها لأن القطع الصلبة ليست على اتصال كهربى كسائل منصهر فدائما تتلامس القطع فى نقط لذلك كلما صغر حجمها كان ذلك أفضل

لو أردت صهر معادن ذات درجة انصهار متوسطة مثل البرنز أو الرصاص أو القصدير الخ يمكنك عمل جهاز كما بالرسم و تستخدم مستوعب من الحديد الذى يسخن و تصهر ما بداخله أو مستوعب من مادة عازلة لتتولد الحرارة داخل المعدن نفسه وهذا أكفأ بالطبع.



أما إن أردت صهر الحديد فعادة تكون البوتقة موضوعة فى وسط الملف لأنها تصنع من مواد غير موصله للكهرباء و الحرارة ولكنها تتحمل الدرجات العالية و يترك خلوص بينهما حتى لا تحرق الحرارة العالية الملف

للحساب نبدأ بأقصى ظروف تشغيل حيث الكمية القصوى سائلة فى المستوع أو البوتقة يمكن حساب مساحة المقطع و من ثم المقاومة و بتحديد الطاقة التى ستستخدمها بالوات أو كيلو وات يمكنك هنا تحديد عدد لفات الملف كما حسبناها المرة الماضية

هنا لا يجب التوصيل المباشر للتيار العمومى حيث النتائج غير متوقعة لعدم معرفة طبيعة الحمل لحظيا لذا يفضل استخدام محول ذاتى يغير جهد الدخول تدريجيا مع مراقبة التيار المار فى الملف و ضبطه فى حدود آمنة.

هذه الطريقة مضمونة و سهلة الحساب و التوقع، وتتميز بأنها بدون حمل عبارة عن محول بدون حمل يتصل ملفه الابتدائى بالتغذية، ولهذا فهو لا يستهلك تيار ولكنه ملف أى حث و معامل القدرة Power Factor له يقترب من

الصفر. وعند وضع الحمل المراد صهره، يبدأ فى سحب التيار وهو مثالى من هذه الجهة إلا أنه قد يعيبه بعض النقاط منها أن الكتل الكبيرة أنسب من الكتل الصغيرة فالضغط الناجم عن الوزن، يساعد على جودة التوصيل و زيادة مرور التيار مما يساعد على سرعة التسخين.
لعلاج هذه الظاهرة، لجأ البعض لاستخدام ترددات أعلى من ٥٠ ذ/ث وهى بالطبع تساعد على نقل الطاقة عبر المجال المغناطيسى للخام المراد صهره و لكن التردد العالى أيضا له مشاكله فلابد من عمل دائرة الكترونية تتحمل هذا القدر من الطاقة و تتحمل أيضا معامل القدرة السيئ و ربما تحتاج لعشرة أمثال الطاقة الفعلية، إلا أنها **ذات فوائد** لا تحصى حيث يمكنك زيادة دوائر الحماية و يمكنك تثبيت الطاقة المنقولة للحمل و تغيير التردد لملائمة المعدن المراد صهره و تحديد التيار المناسب للكمية الخ

أفران التردد العالى:

فى البدء يمكن رفع التردد حتى ٢٠٠٠ ذ/ث حيث لا يختلف تركيب الفرن كثيرا عما سبق.
عند رفع التردد خارج حدود الحديد العادى للمحول، لا يمكن استخدام الأسلوب السابق فلا يوجد فيرايت كبير بهذا القدر فضلا عن كونه سهل الكسر ولا يتحمل الحرارة العالية، لذا يكتفى بالفرايت فى عمل المذبذب **إن احتاج الأمر**.
الآن نضطر لاستخدام ملفات هوائية، و طبعا ذات قطر كبير لتمرير الجسم بداخلها، وهذا يجعل الحث قليل، كما سنضطر لتبريدها، لذا ستصنع من مواسير نحاسية يمر الماء بداخلها.

الحث القليل يخلق مشكلة أخرى وهى أن **استخدام التردد الأعلى** ليناسب الحث المنخفض، يتسبب فى قلة سمك الطبقة التى تسخن وذلك بتأثير السطح Skin Effect و انخفاض التردد لا يناسب الحث المنخفض، لهذا تستخدم عادة دوائر رنين لمحاولة معالجة هذا **التناقض**.
دوائر الرنين المعروفة إما توالى أو توازى، وسبق شرحها تفصيلا فى **سلسلة** "تصميم الدوائر الإلكترونية" و كلا النوعين مستخدم فى هذا التطبيق وذلك حسب رؤية المصمم و حاجته من الآلة.
دائرة التوازى يكون التيار فيها أضعاف التيار المار فى المصدر، ويسحب من المصدر فقط ما يفقد فى الحمل وهو هنا مقاومة ماسورة الملف النحاسية و المادة المعالجة أى الشيء الذى نقوم بتسخينه. هذه الخاصية تجعل منها أكثر قبولا لقلة التأثير على المكبر **فى حالة لا حلى، فضلا عن أن** دائرة الرنين تعمل كمكبر تيار أو "**مركز أو مجمع**" تيار و بهذا فحتى عند الحمل نتوقع أن يكون تيار الدائرة أكبر من تيار المكبر أو المهتز.

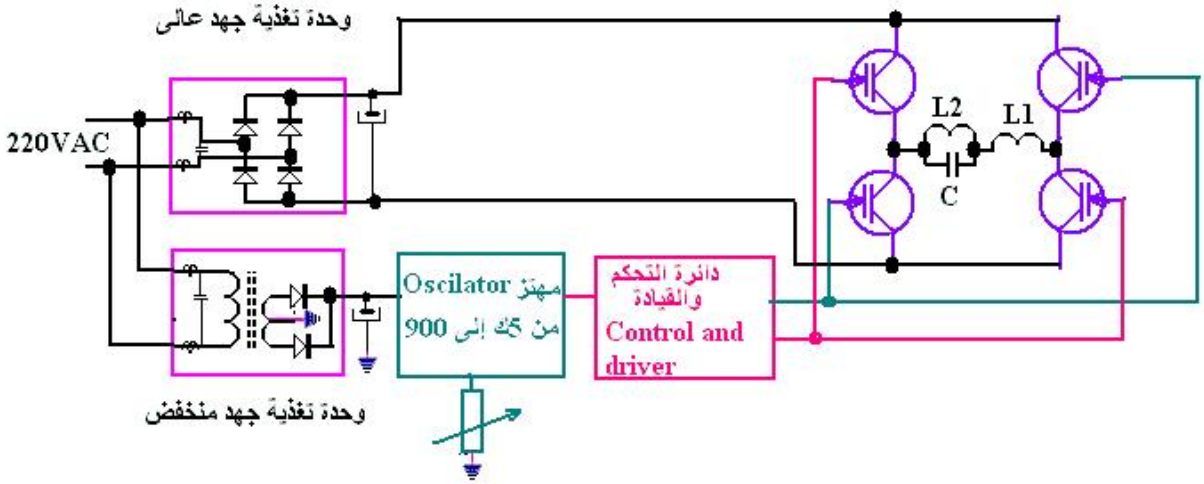
دائرة رنين التوالى تعمل بالعكس فيكون التيار موحدا فى الملف و المكثف و المكبر أو المهتز ولكن الجهد هو الأكبر عدة مرات.
من قوانين دائرة التوالى نجد أن جهد الملف سيساوى جهد المكثف و مضاد له فى الوجه، و من ثم يتطلب الأمر مكثفات ذات جهود عالية جدا مما يشكل عبئا ماديا.
فى جميع الأحوال لا يمكن استخدام مكونات متغيرة لضبط التردد لتحقيق الرنين، وعلى هذا فتغيير تردد المهتز هو الأسلوب المعتمد.

لهذا نجد أن استخدام التيار ذو التردد العالى لأغراض صناعية متعددة أخرى غير صهر المعادن مثل المعالجة الحرارية لأسطح المعادن (التقسية) أو أجزاء منها دون تسخين باقى المعدن أو تركيب كتلة على محور فبتسخين الكتلة، يتسع الثقب ليمرر المحور و بمجرد أن يبرد، تثبت القطعتان معا بالضغط الشديد الناجم عن الانكماش.

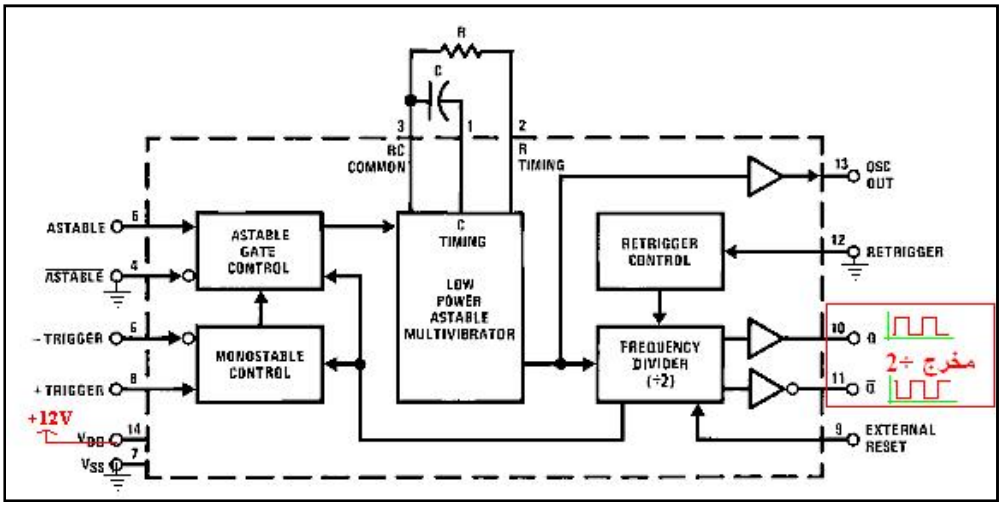
هذا رابط لموقع شركة تصنع هذه الوحدات طبقا للاستخدام
http://www.ceia-power.com/applications.aspx
حيث تتنوع القدرة و التردد وشكل الملف المستخدم حسب حاجة التطبيق.
المرة القادمة إن شاء الله نتحدث عن وحدة توليد القدرة **Inverter** و طبعا لسنا بهدف التصميم النهائى ولكن فقط لفتح الطريق أمام من يريد أن يقوم بعمل تصميم أن يأخذ فى اعتباره بعض النقاط.

وحدة توليد القدرة Inverter

تتكون وحدة توليد القدرة من الأجزاء المبينة فى الرسم **التالى**



وحدتى تغذية واحدة لمرحلة الخرج وهى تحتوى محول ذو قدرة كافية أو قد لا تحتوى محول، وفى جميع الأحوال **لابد من استخدام مرشح** Filter مناسب لأن ترانزستورات القدرة تسحب نبضات ذات تيار عالى سيسبب مشاكل فى دوائر التحكم و الأجهزة المحيطة، و مكثفات التنعيم ليست كافية للتخلص من أثار هذه النبضات.
دائرة تغذية الجهد المنخفض وهى أيضا تحتوى على مرشح Filter **مناسب للتخلص من أى آثار قد تأتى عبر** مصدر التغذية.
مرحلة مهتز أو مذبذب قابل للضبط فى النطاق المطلوب استخدامه، و يجب أن يعطى موجة مربعة ذات معامل دوام **٥٠% Duty Ratio** و ذلك لتوزيع الحمل بالتساوى على الترانزستورات و تسهيل التخلص من التوافقيات على خطوط التغذية، أسهل طريقة للحصول على **٥٠%** بالضبط هى جعل المذبذب يعمل على ضعف التردد و تغذية



الخرج لمذبذب متعدد القسمة على ٢ و من الأمثلة المناسبة
لهذه الطريقة استخدام المتكاملة CD4047 وهى مذبذب متعدد يمكنها أن تولد نبضات مستمرة و لها خرج نبضى و آخر ÷٢ من المخرجين Q,Q\ حتى ١ ميجا.

هذه المتكاملة لا تحتاج سوى توصيل الأطراف **٤،٧،١٢ بالأرض و ١٤** بالجهد الموجب والذى يجب أن يكون **١٢ أو**

١٥ فولت لو تريد تردد قرابة ١ ميجا وهذه سمه عامة فى عائلة CMOS
الطرف ٩ الخاص بوظيفة RESET يمكن استخدامه للتحكم بالتشغيل و الإيقاف. الخرج المزدوج من طرف
١٠،١١ و التردد يضبط بمقاومة بين ٢،٣ و مكثف بين ١،٢. طبعا يفضل استخدام مفتاح لتغيير المكثف حسب
التردد مع استخدام مقاومة ذات مدى محدود لضبط التردد فقط مثلا لاستخدام مقاومة ١ك على التوالى مع مقاومة
متغيرة ١٠ ك و تغيير قيم المكثف حسب التردد المطلوب طبقا للمعادلة

F=1/4.4RC

يلى ذلك مرحلة دائرة التحكم والقيادة وعادة يستخدم فيها إحدى المتكاملات المختصة بالتوائم مع ترانزستورات
الخرج مثل IR2112 فهى تحقق ثلاث أهداف

١- يمكنها الإمداد بالتيار اللازم للترانزستورات العادية أو الجهد الكافى لفتح ترانزستورات MOSFET
٢- تشكيل النبضة بحيث يكون انتقالها أسرع ما يمكن من القفل للفتح لتقليل الفقد فى المرحلة الانتقالية بقدر
الإمكان.
٣- أثناء انتقال مخرج من ١ إلى صفر، ينتقل الآخر من صفر إلى ١ ولا تكون هذه النقلات فجائية ، ولهذا سيكون
هناك مرحلة فى الوسط يكون كلا الترانزستورين فى حال التوصيل مما يشكل قصرا على مصدر التغذية و أبسط
آثاره هو تلف هذه الترانزستورات، و مهمة هذه المتكاملة حذف هذا الجزء المشترك، يمكن تحقيق هذه الوظيفة
باستخدام بوابات XOR Gates

بقى الآن مرحلة الخرج وهى حسب القدرة المطلوبة من زوج أو زوجين من ترانزستورات القدرة، قد تستخدم
وحدات على التوازى أيضا فى القدرات الأكبر.
النوع لا يهم رغم أن غالبية التصميمات تستخدم IGBT لدرجة أن البعض يظن أن IGBT لوحدات UPS فقط.
الفكرة أن ترانزستورات MOSFET أسهل بكثير من العادية فى التحكم إلا أن الأجيال القديمة منها كانت تسبب
سخونة أعلى ولهذا ابتكرت IGBT حيث الدخل MOSFET لتسهيل التعامل يتحكم فى ترانزيستور عادى لتقليل
الحرارة الناجمة عن التيار العالى ، لكن الآن توجد ترانزستورات MOSFET لا تقل جودة عن غيرها.
المهم عندما يذكر الداتا شيت أن الرقم كذا ٦٠ أمبير ٤٠٠ فولت لا تظن أنه يتحمل ٦٠ أمبير عند ٤٠٠ فولت، اقرأ
الباقى بدقة و اعرف أين الحدود الآمنة لاستخدام الترانزيستور.
تصميم مكبرات القدرة مشروح تفصيلا فى "تصميم الدوائر الإلكترونية" وهو لذا خارج نطاق هذه السلسلة
هذا رابط لتصميم وحدة بقدرة ٥٠٠ وات

500 Watt Induction Heater

وهذا رابط يشرح وحدات أكبر خطوة بخطوة بما فيها الملف و مجموعة المكثفات

Induction Heating-1-8

ما هو زيت المحول؟

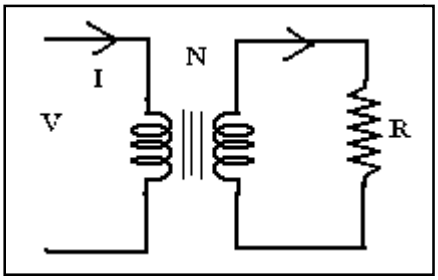
المحولات ذات القدرات الكبيرة، تولد كثير من الحرارة رغم ارتفاع كفاءتها عن مثيلتها المستخدمة منزليا، إلا أن القيمة المطلقة للفقد ستكون كبيرة، فمثلا لو محول قدرته ١٠٠ك ف أ و كفاءته ٩٩% فالفقد هنا ١% فقط ولكنها ١ كيلو وات أيضا ما يوازى مدفأة منزلية أو سخان قوى. لهذا يفضل استخدام حاوية خارجية ذات زعانف تبريد و استخدام وسيط لنقل الحرارة من منبعها (حديد المحول و نحاس الملفات) للمشع وهو جسم المحول **الخارجى**.

يعتمد **انتقال الحرارة عبر** الوسيط على
مساحة السطح – فرق درجات الحرارة و نفترض ثبوتها **للمقارنة**
كتلة الوسيط و الزيت له كتلة أكبر من الهواء **لنفس الحجم**
ضغط التلامس وهو للزيت بتأثير وزنه أعلى من الهواء
قابلية انتقال الحرارة أو جودة التوصيل
درجة سيولة مقبولة لسهولة الحركة فى دورة تيارات الحمل **والتى** تنقل الحرارة خارجه
بقاء السيولة لأطول فترة **ممكنة** أى لا يتأثر مع الزمن و يتأكسد و يتجمد
و لكونه فى وسط كهربى فيجب أن يكون ذو عزل **عالى**
غير قابل للاشتعال أو نقطة الالتهاب تكون عالية
غير قابل للتفاعل الكيمائى مع مكونات **المحول**
عازل للكهرباء وجيد التوصيل للحرارة
فى الرابط التالى خواص زيت فيلبس **الخاص بالمحولات و المكثفات الخ**

http://www.phillips66lubricants.com/NR/rdonlyres/76E8776D-55CA-4F27-89DD-6B6FA657F93F/0/TransformerOil.pdf

محول التيار Current Transformer

كما سبق الشرح فالمحولات كلها نوعين إما ذاتى Auto Transformer أو عادى مكون من ملف ابتدائى وآخر ثانوى أو أكثر
تعطى مسميات كثيرة للمحولات حسب الاستخدام ولكن كلها لا تخرج عن كونها محول تقليدى و الاستخدام مختلف



لو رجعنا لشرح كاوية المسدس سنجد هذا الرسم
والذى يشرح المقاومة على جانبى المحول و للتذكرة نجد أن فى جانب الملف الابتدائى يكون جهد الدخول ف وتيار الدخول ت ، وفى جانب الخروج يضرب الجهد × ن و يقسم التيار على ن حيث ن هى نسبة عدد اللفات
المقاومة = الجهد ÷ التيار = ج ×ن ÷ (ت ÷ن) = ج ÷ت ×ن ×ن
أى أن المعاوقة فى الخروج = مربع نسبة اللفات × معاوقة الدخول
إن كانت النسبة أكبر من واحد يكون الجهد أعلى و المقاومة أعلى و التيار أقل
إن كانت النسبة أقل من واحد يكون الجهد أقل و المقاومة أقل والتيار أعلى

يمكننا استغلال هذه الظاهرة لقياس تيار كبير مار فى كالى حيث يصعب استخدام وسيلة قياس على التوالى لضخامة قطر السلك و ذلك بجعل الابتدائى لفة واحدة من السلك الغليظ والثانوى ٥٠٠ لفة مثلا
نسبة اللفات ١:٥٠٠=٥٠٠
وبالتالى لو كان التيار فى الابتدائى ٥٠٠ أمبير سيكون فى الثانوى ١ أمبير و يمكن قياس ١ أمبير بسهولة
و النقطة الهامة فى الموضوع أن مقاومة جهاز القياس ستكون مقسومة على ٥٠٠×٥٠٠ أى ٢٥٠٠٠٠ مما يجعلها لا توثر على مسار التيار فى الكالى

عمليا يكون الابتدائى نصف لفة أو ثلث لفة أو حتى ربع لفة والسبب بسيط هو جعل الملف الابتدائى عبارة عن الكبل ذاته مار داخل المحول كما بالصورة
نرى فى الصورة ثلاث وحدات واحدة لكل فاز و الكبل يمر داخلها أما المتعادل (الرابع) فلا يقاس عادة

ماذا يوضع إذن أو يوصل به
عادة الهدف منه أحد أمرين، إما القياس المباشر وهو غالبية الأحوال و إما التحكم فى التيار و الحماية
فى حال القياس ، فطبعا يوصل به مقياس وهو أميتر و هذه الأجهزة عياريه و محددة مثلا ٥ أمبير، ١٠أمبير، ٢٥ أمبير ، ٣٥ ، ٤٥،٦٠ أمبير الخ و يرجى الرجوع للجداول القياسية لها للحصول على القيم الدقيقة
لذا فعند ٢٠٠ أمبير أو ٣٠٠ مثلا لن يكون من السهل عمل مقياس لذا تصنع هذه المحولات لتستخدم مع جهاز ٥ أمبير لقياس ٥٠٠ أمبير فيحقق عدة ميزات

١- قلة التكلفة لأن مقياس ٥٠٠ أمبير لاشك مكلف
٢- مرونة الاستخدام حيث الوحدات تعتبر قياسية و متوفرة كما أن هناك وحدات مثل النوع الأول بالصورة العليا يمكن تركيبها و فكها دون التعرض للكابل المار به التيار – أى دون قطع الخدمة.
٣- عند تلف المقياس أو المحول لا يتسبب ذلك فى قطع الإمداد بالتيار

٤- لا توجد جهود عالية تهدد حياة العاملين أثناء صيانتها
٥- يمكن استبدالها أثناء الخدمة
٦- القراءة عن بعد ، فإن تطلب الأمر وضع مقياس فى غرفة مراقبة بعيدة، سيكون المطلوب مد سلك يتحمل تيار المقياس ٥ أمبير لا أن نمرر كابل التيار العالى والذى يكون عادة شريط من النحاس يسمى Buss Bar وقد يكون عالى الجهد الخ
٧- يمكن توفير وحدات لجهود أعلى – فقط تحسين العزل مثل النوع الثانى ، و ذلك دون تغيير المقياس.

الهدف الآخر وهو التحكم فيستخدم مع الدوائر الإلكترونية للعمل كمقياس التيار فعند وصوله لحد معين يتم التحكم فى الدائرة للحد من اندفاع التيار فى دوائر تستخدم التغذية العكسية ، وكثيرا ما تستخدم فى **دوائر مولدات النبضات أو الموجات الخ**

السهم فى الصورة يشير لمحول تيار للتحكم فى تيار خرج وحدة تغذية ٢٠ أمبير حيث نجد قلب من الفرايت حلقى الشكل و عليه عدد من اللفات تمثل خرج المحول أو الملف الثانوى وهناك نصف لفة من سلك غليظ هى التى تمثل الملف الابتدائى والذى يمر فيه التيار المراد قياسه

طبعا هنا نوع الفرايت يتناسب مع التردد المار فى المحول و فى وحدات التغذية غالبا يكون ١٠٠ك ذات **قطر القلب** و سمك الدائرة حسب التيار المار به لأنه ليس من المفروض أن يصل لحد التشبع.

هيه، لقد استخدمت محول تيار مثل هذا فى تطبيق ما، ووجدت أنه من الصعب جدا استخدام الفولت الناتج فى أى عملية كالقياس أو التقويم أو ما شابه، **وفشلت التجربة**.
نعم ماذا تقول؟ فولت؟ هذا محول تيار و الخارج منه تيار و ما لم يوضع له حمل مناسب يحول هذا التيار إلى جهد مناظر، توقع منه عدم الاستقرار فهو ينتج جهد عالى جدا ولكن يسقط بشدة عند التحميل.
إن لم تكن تعلم المقاومة المناسبة له كحمل (مقاومة المقياس القياسى له) **ابدأ** بمقاومة عادية ١٠٠ **أوم ٠.٢٥ وات** ثم قلل قيمتها مثلا ١٠ أوم ثم واحد إن لم تحصل على خطية القياس المطلوبة.
استخدمت أحدها لتحسس ما إن كانت لمبة منارة سليمة (تسحب تيار) **أم محترقة**.

محول التيار Current Transformer والدوائر الإلكترونية:

كما سبق رأينا محول التيار فى خطوط نقل القدرة، لكن الدوائر الإلكترونية أيضا تستشعر التيارات المستمرة و المترددة لتحديد متى يجب أن تتدخل دوائر الحماية.
الطريقة التقليدية كانت باستخدام مقاومة صغيرة ليمر بها التيار ثم قياس فرق الجهد على طرفيها، حسنا هذا حل بسيط و رائع إلا أن له **ثلاث مشاكل**:
الأولى: أن المقاومة غالبا ما يجب أن تكون ذات قدرة عالية أى وات عالى مما يجعلها مكلفة و كبيرة و مبددة لجزء من الطاقة الكلية الثمينة.
ثانيا: غالبا ما تحتاج أن تكون ذات قيمة خاصة وهذا يجعلها سهلة التصنيع لمن ينتج لكنها لن تتوافر فى أسواق **بلاد البلاد**.
ثالثا: أفضل طريقة أن يتم توصيل أحد طرفى المقاومة – والتى يمر بها تيار الحمل – **بالأرض و الأخرى لمدخل** دائرة القياس كما تتطلب الدوائر الإلكترونية، وهذا غالبا ما قد لا يكون مناسبا دوما حيث قد يكون التيار المار ذو جهد عالى جدا أو متصل بالتغذية العمومية **مسببا خطر الصعق أو تردده عالى الخ**.
لهذا وجب استخدام وسائل قياس تيار معزولة فى الدوائر الإلكترونية و هى نوعان:

الأول محول التيار فى الدوائر الإلكترونية
الثانى هو دائرة متكاملة لتحسس التيار.
محول التيار فى الدوائر الإلكترونية هو نموذج مصغر مما سبق شرحه و فى المشاركة السابقة وضعت صورة لدائرة تغذية بنظام التقطيع Chopper Power supply و محول تيار لتثبيت التيار عند حد معين. هذه صورة أخرى لبعض المحولات.

أى من هذه الوحدات له رقم مثل الترانزستورات و الثنائيات فمثلا الرقم أوجدناه AC1020 له صفحة بيانات Data Sheet من نفس مواقع البيانات مثل

/http://www.alldatasheet.com

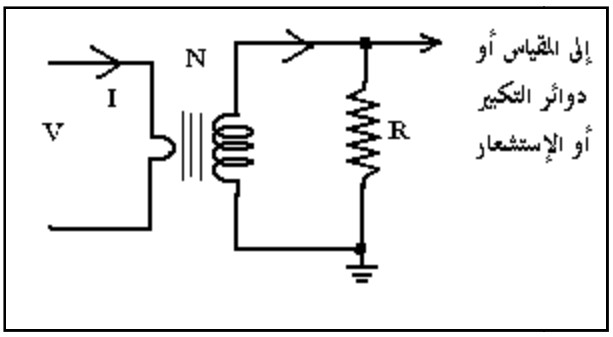
وغيره و ستجد قيمة المقاومة التى يجب أن توصل بين طرفيه.
نلاحظ من الداتا شيت أنها تحدد خرج المحول كذا فولت لكل أمبير شريطة أن يكون الحمل كذا أوم

Electrical Specifications @ 20°C ambient

Electrical Specifications	
Primary Current	20A nom., 60 A max.
Turns Ratio	1000:1 nominal
Volt per Amp Ratio at 20A for 100 ohm load	0.100 V/A
Volt per Amp Ratio at 2A for 100 ohm load	0.097 V/A
DC Resistance at 20°C	41.8 ohms
Dielectric Withstanding Voltage (Hi-pot)	4KVrms
Mechanical Specifications	
Case	Polycarbonate
Encapsulant	Epoxy
Flammibility	Conforms to UL94-VO
Terminals	Pins Ø 0.80mm
Marking	TALEMA Date Code (W/Y) AC1020, Dot at start pin
Approximate Weight	16.3 grams
Tolerance	±0.2mm

الآن كيف نوصله بالدائرة؟

لو رجعنا للدائرة الأولى، ثم أضفنا لها المقاومة، ستصبح هكذا



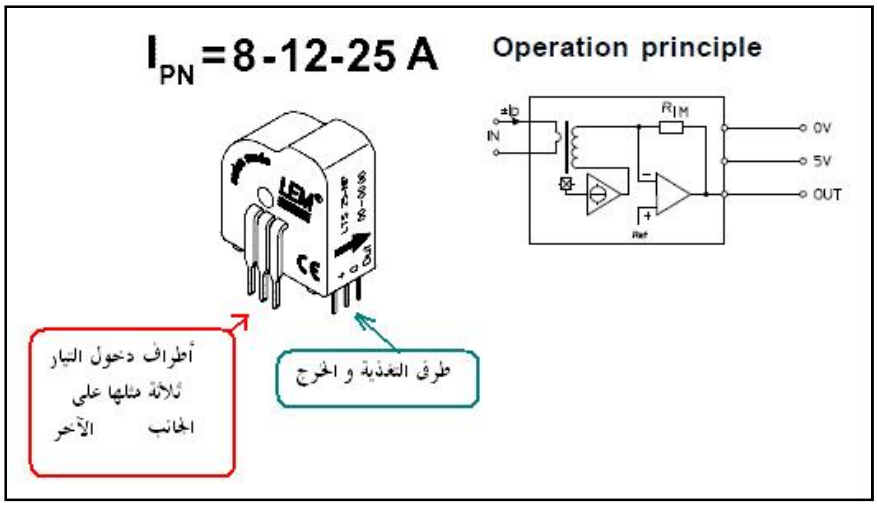
و من الداتا شيت ستعرف أنه يخرج مثلا ٠.١ فولت لكل ١ أمبير، فهذا ستعرف منه قيمة الجهد الخارج.
لكن النتيجة ليست هى ما أريد!!
حسنا أمامك أربعة حلول:
الأول أن تختار غيره يعطى القيمة التى تريد سواء يتحسس تيار أقل أو يعطى فولت أعلى لكل أمبير.
الثانى أن تستخدم مكبر بعده ثم دائرة تقويم إن احتاج الأمر .
الثالث أن تزيد فولت الخرج لكل أمبير بزيادة عدد لفات الكابل الحامل للتيار أى بدلا أن تجعله يمر فقط من الثقب، تعيد إدخاله مرة أخرى ليكون لفة كاملة أو أكثر حول احد جوانب المحول إن كانت الفتحة تسمح بذلك و عليك أن تعيد قياس الخرج فالمصنع لا يعطيك مثل هذه البيانات.
الرابع أن تقوم بلف محول بنفسك من قلب حلقى Toroidal .

كيف نحسب هذا المحول لو أردت عمله؟
لكى تصمم شيئا يجب أن نبدأ بما نريد و ما يسمح به وما لا يسمح به.
نريد قياس التيار بمحول لذا نحتاج لحساب نسبة اللفات، ما لا يسمح به أن نفقد كمية من الطاقة لا داعى لها و ما يسمح به هو فقد طفيف فى فرق الجهد نتيجة لهذه العملية
من الرسم السابق تجد فولت الدخول و تياره وهو المار فى الكابل المراد قياس تياره.
كيف يكون هناك فولت وهذا كابل غليظ وهو بمثابة قصر؟!!!!

نسيت أنه جزء من لفه أو حتى لفه كاملة ولها حث يظهر عليه جزء من الجهد ولو صغير.
نبدأ من القدرة فلو كانت مثلا لدائرة الكترونية يمر بها ٥٠ وات على صورة ١٠ فولت × ٥ أمبير و نريد استشعار هذا التيار، سنفترض أننا نسمح بفقدان ٠.٠٥ وات فى القياس وهى ٠.١ % من القدرة و طبعا يمكنك اختيار قيم أقل بكثير فى القدرات الأعلى.
٠.٠٥ وات فى دائرة الدخل و التيار المار هو ٥ أمبير سيكون الفولت ٠.٠١ فولت.
لو تريد الخرج على المقاومة مثلا ٥ فولت يمكنك استخدام نسبة لفات ١:٥٠٠
الكابل المار فى الفتحة يعتبر من ثلث إلى ربع لفة و ليس لفة كاملة و من هذا ٥٠٠ ÷ ٤ = ١٢٥ لفة
المقاومة المطلوبة ستكون
مقاومة الدخل = ٠.٠١ ÷ ٥ = ٠.٠٠٢ أوم
مقاومة الدخل كما سبق الشرح ستضرب × مربع نسبة التحويل أى
٠.٠٠٢ × ١٢٥ × ١٢٥ = ٣١.٢٥ أوم
يمكنك استخدام أقرب قيمة و تعديل نسبة اللفات لتحصل على ما تريد.
ستحتاج لتعديل نسبة اللفات لأن الكابل المار تتغير نسبته بتغير قطر السلك و ما إن كان مستقيما أم به انحناءة الخ لتجنب هذه التعقيدات ، غالبا ما يوصل بمكبر مع مقاومة متغيرة لضبط التكبير و من ثم الخرج على القيمة الدقيقة المطلوبة أو إن شئت لتغيير نقطة الاستجابة حسب الحاجة كأن تصنع وحدة تغذية تحدد لها كل من جهد الخرج و أقصى تيار للحمل حسب الحاجة.
لتجنب التعقيدات و ضمان الدقة صنعت وحدات شاملة مكبر داخلى حتى نضمن دقة نسبة التحويل و قيمة الخرج.

محول التيار Current Transformer والدوائر المتكاملة :

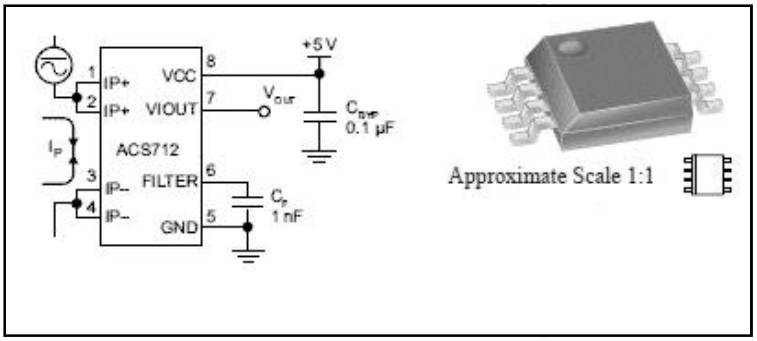
محول التيار كما شاهدنا يمتاز بالبساطة إلا أن الدقة تعتمد على عدة عوامل أهمها نسبة التحويل.
حسنا ، الآن، هل نحسب دخول السلك فى الفتحة المخصصة تعتبر لفة كاملة أم جزء فقط؟ وكم يكون هذا الجزء؟
الجواب يعتمد على قطر السلك و هل هو مستقيم أم به انحناءة تزيد من استدارة السلك حول القلب الحديدى و عدة عوامل شكلية أخرى. السلك المستقيم المار داخل الثقب قد يكون ثلث لفة أو أقل بكثير.
لدى سؤال آخر، لو أردت زيادة حساسية المحول بزيادة لفات الابتدائى فكم تكون؟
هل كونه ملف، يؤثر على نطاقه الترددى؟
للإجابة على هذه الأسئلة و أيضا للحصول على دقة أعلى يجب تثبيت كل هذه العناصر.
لتحقيق هذا الهدف صنعت عدة محولات تناسب الدوائر الإلكترونية تعتمد نفس الفكرة مثل LTS 25-NP و نوع آخر مثل ACS712 يعتمد مبدأ هال.



النوع الأول LTS 25-NP وهو محول تيار مزود بمقاومة داخلية و بمكبر لزيادة الحساسية وهذا يرفع دقته إلى ٠.٢ % . و خطاق ترددى حتى ٢٠٠ ك هرتز و لكل أشكال التيار المتردد و المستمر و النبضات.

نلاحظ أنه صغير الحجم بارتفاع ٢٤ ملليمتر فقط و كما هو مكتوب بأعلاه له ثلاث قيم للتيار، و من الداتا شيت ستجد أن أطراف الدخول المشار لها بالمربع الأحمر ثلاث أسلاك و تخرج من الجانب الآخر .
بتوصيل الثلاث مسارات على التوازى أى الثلاث مداخل معا و أيضا الثلاث مخارج معا، يكون أقصى تيار ٢٥ أمبير.

بتوصيل الثلاث مسارات على التوالى أى كما بالداتا شيت، يكون أقصى تيار ٨ أمبير.
وهناك طريقة فى الداتا شيت مساران فقط يكون ١٢ أمبير.
استخدامه فى الدوائر سهل لأنه يعمل بتغذية ٥ فولت فقط و له ثلاث أطراف مشار إليها باللون الأخضر، طرفى تغذية +٥فولت و أرضى والثالث خرج.
يكون خرجه ٢.٥ فولت عند عدم مرور تيار دخول، يزداد تدريجا بحسب قيمة التيار إلى ٥ فولت عند أقصى تيار موجب (من أطراف الدخول إلى الخروج) و ينقص للصفر بدلا من الزيادة فى التيار السالب أى الاتجاه المضاد، وبهذا يستجيب للتيار المتردد و النبضى.



النوع الآخر متكاملات تعتمد على ظاهرة هال والتى سيأتى شرحها فى الموضوع القادم إن شاء الله وهى خاصية لأشباه الموصلات تجعلها حساسة للمجال المغناطيسى . هذه المتكاملة مثل ACS712 تمتاز بالحجم الصغير جدا فهى متكاملة ذات ٨ أرجل تثبيت سطحى أى طولها ٦ مم و عرضها ٥ مم و ارتفاعها أقل من ملليمتران، وهى لذلك تناسب التطبيقات حيث الحجم والوزن لهما الأولوية.
الاستخدام مشابه للسابقة فهى تستخدم تغذية ٥فولت ، الطرفين ١،٢ معا دخول و الطرفين ٣،٤ معا للخروج ولا يمكن تغيير التوصيلات لتغيير التيار كالسابقة.

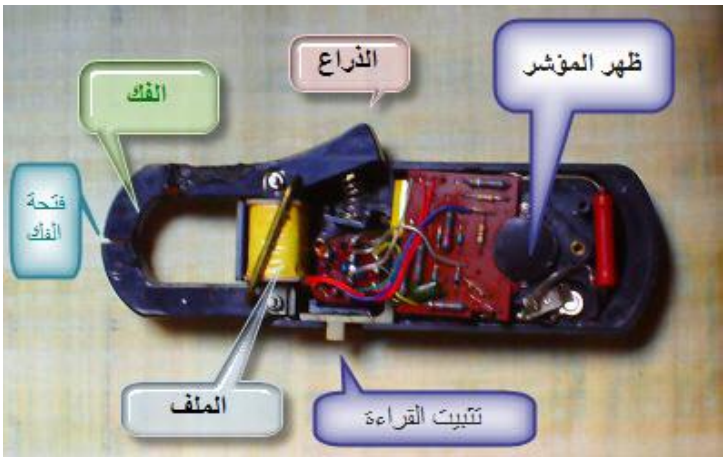
الطرف ٥ أرضى و السادس لتقليل الاستجابة للتردد إن شئت و السابع خروج وهو مثيل للسابقة أى يعطى ٢.٥ فولت عند التيار يساوى صفر و تزداد تدريجا بحسب قيمة التيار إلى ٤.٥ فولت عند أقصى تيار موجب (دخول من ١+٢ إلى ٣+٤ خروج) و ينقص تدريجا إلى ٠.٥ فولت عند عكس التيار.
يوجد منها عدد من الطرز لتقيس تيار أقصى حسب الحاجة.

بنسة قياس التيار Clip on \ Clamp Meter

بنسة قياس التيار هى وسيلة لقياس التيار المتردد أو المستمر المار فى سلك ما أو موصل من أى نوع لذا هى مقياس عادى أو رقمى له فك من شرائح الحديد و يد جانبية و مفتاح أو زر على الواجهة، و مفتاح لاختيار المدى.

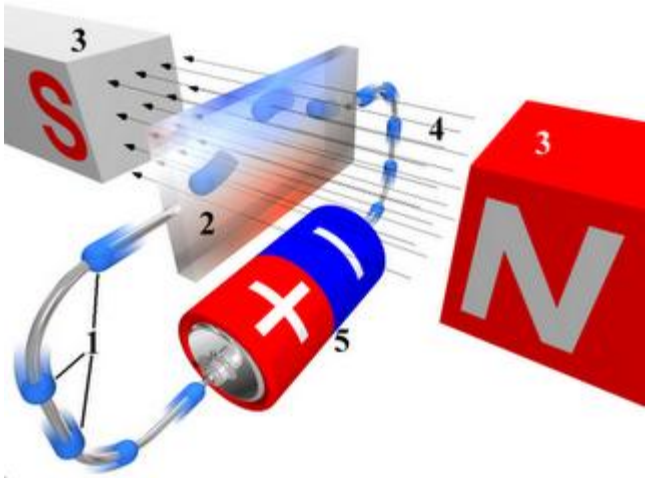
بالضغط على اليد للداخل، يفتح الفك لإدخاله حول السلك أو الموصل المراد قياس التيار المار به، ثم رفع الضغط عن اليد لتغلق بواسطة زنبرك قوى لغلق الدائرة المغناطيسية.
بداخل الجهاز ملف مما يجعلها فى الواقع مجرد محول تيار بسيط عادى و موحد لتوحيد التيار الخارج منه ثم قياسه بالمبين.
المفتاح أو الزر الجانبى (أحيانا أمامى) لتثبيت القراءة وهذه ميزة هامة حيث يمكنك القياس فى مكان يصعب القراءة فيه داخل معدة مثلا ثم تثبيت القراءة و إخراج البنسة للقراءة.

لتسهيل العمل تزود بمداخل لاستخدامه لقياس الفولت والمقاومة حتى يمكن الاستغناء عن جهاز آفو عند اللزوم.



قد يبدو لك أنها ليست فى مجال الإلكترونيات ولكن لو تصنع وحدة تغذية تمد بتيار عالى فهى الأنسب للقياس دون الحاجة لإدخال مقياس على التوالى مع الحمل.
أيضا لقياس التيار الفعلى من مكبر ذو قدرة كبيرة للحمل فى الترددات الصوتية.

لكن الملف لا يناسب قياس التيار المستمر فهو لا ينقل المجال الثابت، لذا بدأت شركة "فلوك" على أول نموذج لقياس التيار المستمر بطريقة كانت تستخدم فيما عرف بالمكبر المغناطيسى Magnetic Amplifier وهى عمل ملفين معا و تغذى أحدهما بنبضات تكفى لتشبع حديد المحول (الفك)، عند التشبع أيضا لا ينقل المحول أى تغير، إذن سينقل حتى التشبع فقط ، لذا ففى وجود مجال من سلك به تيار مستمر سيكون المدى حتى التشبع أقل من حال عدم وجوده و هكذا تم القياس. لاشك أنها تستهلك تيار من البطارية وليست دقيقة حتى اكتشف عالم يدعى "هال" ما عرف بجهاز هال Hall Device وهو شريحة من أشباه الموصلات، عند تعرضها للمجال المغناطيسى، يتغير مسار التيار بها فتتغير مقاومة الشريحة.
تصنع حساسات هال بحيث تزود الشريحة بمكبر داخلى يكبر هذا الأثر لقيمة يمكن استخدامها و بالتالى يتوفر منها نوعين.



الأول تماثلى وهو يعطى فولت يتناسب مع شدة المجال وهو يستخدم فى قياس التيار المستمر فى هذه البنسة ، كما يستخدم أيضا فى البوصلات الإلكترونية و عديد من التطبيقات منها لاقط صوت من السماعات و الهاتف الخ و حيثما تريد قياس شدة مجال مغناطيسى.
الثانى به مقارن بدلا من المكبر فيعمل كمفتاح ON/OFF يعطى قصر لو زاد المجال عن حد معين ثم يعود مفتوح عندما ينقص وهو مستخدم فى كل مراوح الحاسبات إما لتحسس ما إن كانت تدور أو لضبط سرعتها أو قياس معدل دورانها فالمراوح بها مغنطيسات دوارة تجعلها تعطى نبضات مناسبة لعدد الدورات.
البنسة ذات التيار المستمر تستخدم حساس هال ولذا تستخدم بطارية و مكبر و إن كان استهلاكها لا يذكر فتبقى فيها البطارية ٩ فولت شهورا، لكن هذه التقنية تتيح استخدام دوائر متقدمة لتسجيل أقصى قراءة فلو زاد التيار لحظيا قبل أن يستجيب المؤشر لها، تستطيع هذه الدوائر التقاط القيمة و الاحتفاظ بها للتدوين والقراءة.

محولات التردد العالى

المحولات المصنوعة من شرائح الحديد تناسب العديد من الترددات لكن كلما ارتفع التردد، يزداد الفقد فى الشرائح، والسبب كما ذكرنا، التيارات الدوامية.

ما هى التيارات الدوامية؟ ببساطة كما نعرف أن عمل المحول مبنى على أن الجهد الموقع على الملف الابتدائى يولد تيار مناظر فى الملف الابتدائى فيولد مجال مغناطيسى مطابق للجهد الموقع عليه. تغير الجهد لكونه متردد يغير المجال مسببا لهذا المجال أن يقطع كل الوسط المحيط.

استخدام قلب حديدى يجمع غالبية المجال داخله فى محاولة لتركيزه على ملف الخرج و لكن لن يكون ١٠٠% وهو أحد أسباب عدم وصول الكفاءة إلى ١٠٠% . و طبعا أحد الأسباب أن الحديد لن يغلف كل الملف ليحتوى كل خط مجال متولد كما أن بعض الخطوط ستكون داخل الملف ولن تذهب للحديد بسبب سمك الملف .

قطع خطوط المجال لأى وسط يولد فيه جهد كهربى لأن هذا المجال الكهربى يسبب انحراف للإلكترونات حول الذرات لكن إن كان الوسط عازلا ، فهذا يعنى أن هذه الإلكترونات مرتبطة جيدا بالنواة و لن تتحرك مسببة تيار كهربى و بالتبعية يكاد يستحيل قياسه أما إن كان الوسط موصلا ، فهذه الإلكترونات تكون حرة قابلة للحركة وتسبب مرور تيار يمكن قياسه و استخدامه و طبقا لقانون أوم هذا التيار يتناسب مع المقاومة لكن الفولت سيكون دوما ثابت لأنه يعتمد على شدة المجال و معدل التغير.

مما سبق نجد أن الجهد يتولد فى السلك النحاسى بنفس المعدل الذى يتولد فى الحديد ولو نظرنا للقلب الحديدى داخل المحول نجد أنه يمثل لفة واحدة كاملة ، وعلى هذا يتولد فيه نفس الفولت المتولد على لفة واحدة من السلك و من المعدلات السابقة نجد أن هذا الفولت قليل فى المحولات ذات القدرة القليلة و المقطع الصغير و تزيد بزيادة القدرة و بالحساب بالنسبة للمحولات ٥٠ذ/ث نجد أن

القدرة بالوات = مربع مساحة القلب

و عدد اللفات لكل فولت = ٥٠ على مساحة المقطع

فمثلا فى محول صغير لجهاز كاسيت ٤ وات مثلا تكون مساحة المقطع ٢سم مربع و عدد اللفات = ٥٠ ÷٢ ٢٥ لفة / فولت و بالتالى لكل لفة يتولد ١ ÷ ٢٥فولت أى ٤٠ ملى فولت

أما فى محول جهاز ستريو ١٠٠ وات مثلا تكون

مساحة المقطع ١٠سم٢ و عدد اللفات/فولت = ٥٠÷ ١٠ =٥ لفة/فولت و بالتالى يتولد لكل لفة ٠.١ فولت

وهذا أكبر بكثير من القيمة السابقة،فما بالك بمحول ذوقدرة ٥٠٠ وات أو ١٠٠٠ أو أكثر؟!

طبعا ستقول أنه فى الحالة الأولى أفضل من الثانية و فى كلاهما لا يذكر!!

الإجابة ببساطة لا فقانون أوم يقول أن الخطر جسيم لأن المقاومة صغيرة جدا – ربما بضع ملى أوم.

كيف نتخلص من هذا الفولت وآثاره الضارة؟

لا يمكن التخلص منه لكن يمكن تقليل آثاره الضارة بزيادة المقاومة وذلك بجعل الحديد شرائح صغيرة معزولة عن بعضها فلا يستطيع التيار العبور من واحدة لأخرى و يقل ذلك من تأثيره بشدة. عند محاولة إعادة لف محول أو البدء من الصفر حاول أن تتأكد من هذا العزل فلو اتصلت الشرائح كهربيا – ببساطة –لا تجدى.

مجرد زيادة التردد، يزداد الفولت لكل لفة و بالتدريج يزداد الفولت و التيار و يأكل التحسن الذى صنعناه بالشرائح، و عند تردد ١٠٠٠ أى أعلى ٢٠ مرة من المعتاد يزداد الفولت بنفس النسبة فيصبح المثال الأول ٤٠×٢٠=٨٠٠ ملى فولت و ٠.١×٢٠=٢ فولت و بالتبعية التيار يزداد بنفس النسبة و الطاقة المفقودة = الفولت × التيار ستكبر ٢٠×٢٠= ٤٠٠ مرة !! رقم كبير جدا

أى لو كان المحول الصغير يفقد ٠.١ وات سيفقد ٤٠ أى يصبح كاوية لحام.

هذا يفرض تقليل سمك الشريحة لزيادة مقاومة مسار التيار الدوامى. و من هنا نرى أن القلب الأصغر قد يكون أنسب لحاجته لعدد لفات لكل فولت أكبر، لكن القدرة الكلية تقل بسبب التردد العالى و ما يولده من تيارات دوامية.

قد تظن أن الحل فى زيادة لفات الملف الابتدائى عما يجب فيقل عدد اللفات/فولت. بينما يبدو حلا مناسبا إلا أن الحث للملف يتناسب مع مربع عدد اللفات فلو ضربنا اللفات ×٢ سيضرب الحث ×٢×٢ أى ×٤ وهذا يقلل أداء المحول كما أنه يزيد السعة بين لفات الملف الابتدائى و الثانوى.

حقا لم نذكر كثيرا عن السعة سابقا لأن التردد كان ٥٠ ذ/ث لكن مع زيادة التردد سيبدو أثرها واضحا.

الحل الاستمرار فى التصغير و بدلا من الشرائح نستخدم برادة الحديد وتعزل بالمادة الماسكة و تكون ذات طبيعة سيراميكية أو إيبوكسية لتوفير الصلابة وعدم الانصهار.
هناك مسميات عديدة حسب التركيب و الخواص و تقع تحت اسم فرايت و كل نوع له أنسب نطاق ترددى يعمل فيه ، فالخامات التى تستخدم للتعامل مع ترددات التليفزيون و الدش لا تناسب الميكرو ويف وهما لا يناسبان التردد ١٠٠ ك ذ/ث المستخدمة مع وحدات القدرة الحالية كتلك المستخدمة فى الحاسب و الشواحن الحالية.
القدرة لا تحسب بالطرق السابقة فقط تحدد كم وات تريد نقلها ثم تبحث لدى منتج ما عن قلب يستطيع ذلك وهو الذى يوضح ذلك و أيضا أفضل تردد و عدد اللفات/فولت أو حاول مع غيرة فالسوق ملئ .
عند لفها يراعى عدة عوامل حيث تلعب السعة الشاردة بين اللفات دورا خطيرا فى العملية
لو تريد أكفأ نقل، عادة "يبرم أو يضفر" الابتدائى والثانوى معا لكن إن شئت العزل الأفضل نضحى بقليل من الكفاءة مقابل العزل .
هذه النوعية من المحولات غزت مجال أجهزة عدم انقطاع التغذية UPS حيث يمكن تشكيل الخرج على تردد عالى يصل ١٠٠ ك ذ/ث مما يحسن الكفاءة بشكل ملحوظ و أيضا يقلل الوزن والحجم و بالتالى تكليف الشحن و يجعل استخدامها أسهل .

تصميم محولات التردد العالى:

أيضا تسمى محولات بلص أو درايفر – لاين – فرايت الخ
مازالت المعادلة الأساسية للمحولات لم تتغير وهى
ف١÷ن١= ف٢÷ن٢ =ف٣÷ن٣ ولكن المشكلة كيف نحدد هذه النسبة و المسماة لفة/فولت
مازالت أيضا المعادلة التى سبق ذكرها سارية ولكن مشكلتها فى تحديد قيمة β للخامة المستخدمة.
فى حالة الحديد السيليكونى كان لدينا خامة واحدة هى الحديد و يضاف إلية مواد أخرى بنسب مختلفة ولكنها لم تغير خواصه بنسبة كبيرة و أصبح اختيار قيمة وسطية ممكنا.
استخدام البرادة يرفع التردد حتى بضع آلاف ذ/ث، لذلك كان لابد من البحث عن مواد جديدة تناسب مئات الآلاف ذ/ث و مدى الميجا سيكل و الأعلى من ذلك لاستخدامها فى الهوائيات للتليفزيون و الأقمار.
لو راجعنا الروابط التالية سنجد أن هناك مواد كثيرة مختلفة بدء من برادة الحديد لمكونات لا يدخل عنصر الحديد أصلا فى تركيبها
هذه المواد و خواصها ليست قياسية بمعنى كل مصنع له أبحاثه و نتائجه والتى تختلف عن غيره
http://lib.tkk.fi/Diss/2003/isbn9512265877/isbn9512265877.pdf

http://www.mag-inc.com/
http://www.mag-inc.com/ferrites/ferrites.asp
http://www.mag-inc.com/pdf/fc-s1.pdf

https://www.amidoncorp.com/pages/specifications
https://www.amidoncorp.com/specs/2-40.pdf

هذا الخلاف الكبير يجعل حساب كل قيمة للمواد عملية غير مجدية خاصة وان قيمة β أصلا لحساب عدد اللفات/فولت
ظرا لأن حساب اللفات/فولت أصلا مرتبط ارتباطا وثيقا بمساحة المقطع كما ذكرنا سابقا، كانت هناك جدوى من الحسابات لتحديد مساحة المقطع المناسبة للقدرة المطلوبة بالوات و أخيرا "تفصيل" مساحة المقطع أوقلب المحول بزيادة عدد الشرائح المستخدمة
لكن فى هذا النوع فالقلب محدد ولا تستطيع تغييره لذا لو راجعت الروابط السابقة ستجد كل منهم يضع قائمة بمنتجاته طبقا للقدرة فمثلا لوشئت ١٥ وات أو ٤٠ الخ تختار هذا المدى من القدرة

داخل هذه القدرة ستجد عدد من القطاعات كل منها مناسب لتردد معين، و أيضا تجد عدد اللفات /فولت المناسب لهذا القطاع، و من ثم نحدد عدد اللفات الكلى بضرب اللفات /فولت × الفولت المستخدم.
فى حال وجود مركبة للتيار المستمر تمر فى الملف الابتدائى، فنفس التقنية المستخدمة مع الحديد السيليكونى تستخدم هنا، وهى الفجوة الهوائية Air Gap وذلك بوضع شريحة بالسمك المطلوب من مادة تتحمل الحرارة التى قد تتولد فى القلب و تناسب التردد العالى المستخدم مثل الميكا.
و يجب أن نتذكر أن كلما زاد التردد، زادت المشاكل الناجمة عن شكل الملف نتيجة السعة الشاردة.

اختبار خامات الفرايت وتحديد خواصها:

لاستغلال خامات الفرايت و مشتقاتها يجب أن نعلم خواصها حتى نتمكن من استخدامها الاستخدام الأمثل و الأهم هو أن فى حال لم تؤدى ما يتوقع منها، نستطيع فهم ما يحدث و تحديد موطن الخلل
معادلة المحول كما ذكرت فى ثانى حلقة فى هذه السلسلة هى:

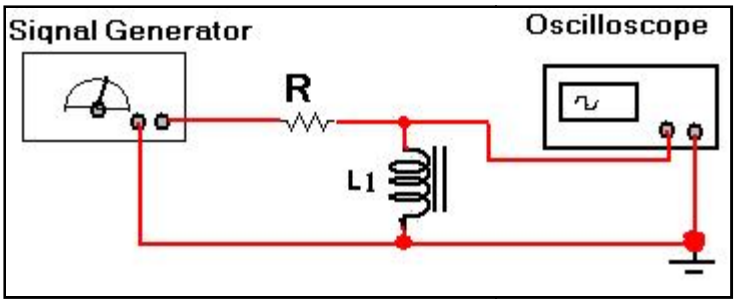
$$V=4.44*F*N*\beta*A*10^{-4}$$

و من البديهى أن نتوقع صلاحيتها بحكم أنها قانون عمل، إذن ما الخلاف؟
لا يوجد خلاف – فقط نريد تحديد القيمة β وهى أقصى قيمة للفيض المغناطيسى Flux Density وهذه القيمة تعتمد على معامل الحث النسبى Relative permeability μr وهى النسبة التى تؤثر بها المادة على عدد خطوط القوى المغناطيسية المتولدة داخل ملف ما يمر فيه تيار معين ما عند إدخالها فيه أو بطريقة أبسط:
لدى ملف ما و يمر فيه تيار محدد، سينتج داخله عدد خطوط قوى مغناطيسية =م مثلا
عند إدخال هذه المادة فى قلب الملف، فسيزيد عدد هذه الخطوط المغناطيسية مثلا إلى ٧م
تقسم نسبة الزيادة لتكون لكل سم٢ من مساحة المادة.
طبعا نذكر أن بعض المواد تقلل عدد الخطوط أى تصرفها عكس الحديد
فى الرابط التالى تجد تصرف أحد المواد المستخدمة فى التردد العالى
http://www.cliftonlaboratories.com/estimating_q_of_ferrite_cores.htm

نلاحظ من الرسم أن المادة لها قيمة عظمى عند نطاق ترددى معين تقل قبله وبعده لذا يجب استخدام هذه المادة فى هذا النطاق.
لحسن الحظ ، وعظم الخامات المتاحة لنا تعمل عند ترددات أقل من الرسم وإنما اخترتها للإيضاح، لكن هذا ليس نهاية المشكلة فمازالت بعض المواد تستخدم تحت ٥٠-١٠٠ ك ذ/ث و غالبا ما تستخدم فى ملفات انحراف الشلالة Yoke و محول الجهد العالى جدا Line لأنها فى التليفزيون تعمل عند ترددات حول ١٥ك ذ/ث
البعض الآخر يعمل على ترددات أعلى من ١٠٠ ك إلى ٢٠٠ك ذ/ث وهى تستخدم عادة فى محول القدرة التى تحول ٢٢٠ ف إلى ما يناسب تغذية الدوائر المختلفة.
بالمناسبة يطلق البعض ما يسمى محول درايف وهذه تسمية خاطئة أو مهنية وليست علمية لأن كلمة درايف Drive هذه تطلق على مرحلة مكبر قبل مرحلة الخرج و هناك مرحلة Drive فى نطاق ترددات الميكروويف ولها محولاتها أيضا وإن اختلفت شكلا و مضمونا رغم كونها مازالت محول بكل فى الكلمة من معانى وحتى مراحل الصوت وفيها محول Drive من شرائح الحديد أيضا، و كلمه محول Drive لا تعنى شيئا محددا.
لتحديد قيمة μr لمادة ما هناك أساليب تخصصية تتبع فى المصانع ولكن لا يتيسر لنا القيام بها لذا نلجأ لأساليب أقرب لإمكانياتنا و تقريبية بحيث تحدد لنا نقطة بداية والتجربة النهائية هى الحكم.
كل ما نحتاجه هو قياس حث الملف الذى يلف حول هذه المادة ثم نغير التردد و نكرر القياس حتى نحدد خواص تلك المادة. من هنا يتضح لنا أننا لا نستطيع استخدام الوسائل التقليدية السهلة كجهاز آفو مثلا أو مقياس حث الملفات لأن كل هذه الأجهزة تعمل بترددات ثابتة محددة.
الحل أن نستخدم مولد ذبذبات له نطاق ترددى حتى ٣٠٠ك ذ/ث إذ كما قلنا معظم المواد تقع فى هذا النطاق، أما إن شئت التوسع للترددات العالية يمكنك استخدام مولد آخر للترددات من ١٠٠ ك إلى ١٠٠ ميجا ذ/ث.
أيضا لا يصلح جهاز آفو عادى لقياس ترددات حتى ١٠٠ ك لذا سنضطر لاستخدام راسم الذبذبات Oscilloscope .

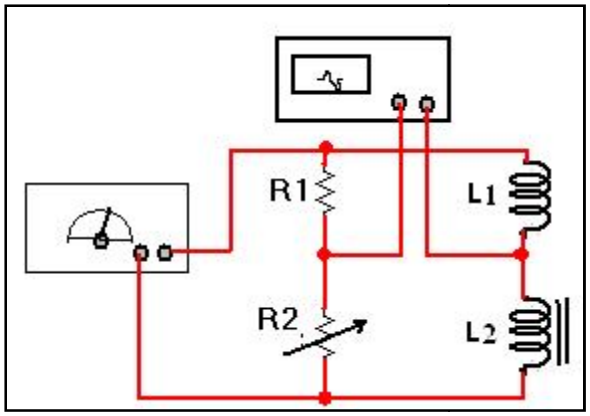
كما سبق أن ذكرت هذه طرق تقريبية فى إطار إمكانياتنا لتقدير نقطة بداية لاستخدام القلوب الفرايت للف محولات.

المطلوب أن نحدد قيمة μr و تغيرها مع التردد و فهمنا لماذا لا تصلح الأجهزة العادية لقياس الحث لأنها تولد ترددات ثابتة محددة.
سنستخدم هنا ملف مكون من ثلاث أو أربع لفات من سلك غليظ و معزول و متباعدة حول القلب الفرايت والذى يجب أن يكون فى وضع التشغيل أى إن كان القلب سيستخدم فى هيئة إصبع إذن يلف حوله هذه اللفات أما إن كان فى صورة نصفين يجمعان لتشكيل شكل مغلق تكون اللفات على الشكل المغلق، إن كنت تستخدم فجوة هوائية فلتوضع بقيمتها الصحيحة فكل هذه العوامل تؤثر فى استجابة الخامة من حيث كم لفة /فولت تحتاج.
الرسم المرفق يحتوى دائرتين لتحقيق الهدف، الدائرة العلوية نستخدم فيها مولد ذبذبات Signal Generator لتوليد ترددات فى النطاق المتوقع للقلب المستخدم و الممكن استنتاجه من التطبيق السابق استخدامه فيه ويراعى أن يكون مولد موجة جيبيه قليلة التشويه.



على التوالى مع مخرج المولد نستخدم مقاومة كبيرة R على التوالى لتحويله من مصدر جهد Voltage Source إلى منبع تيار Current Source فيكون التيار بقدر الإمكان ثابت. نوصل الدائرة كما بالرسم على التوالى.
لفهم ماذا يحدث هنا فالمولد يولد جهد ثابت القيمة والذى يسبب تيار = الفولت ÷ المقاومة R
من هنا نرى لماذا يجب أن تكون قيمة R أكبر بكثير من معاوقة الملف، حتى لا تؤثر قيمة الحث فعليا على التيار .
معاوقة الملف طبعا معروفة = ٢ × ٣.١٤ × التردد × الحث
الحث = مربع عدد اللفات × μ × المساحة ÷ الطول كما هو مشروح فى الرابط
http://www.allaboutcircuits.com/vol_1/chpt_15/3.html
وقد لاحظنا أن μ = μ للهواء = ١ مضروبا فى μ النسبية للمادة لو كانت غير الهواء
هذا التيار المار يولد على أطراف الحث جهدا = التيار × معاوقة الملف السابق ذكرها.
لو تغيرت المعاوقة يتغير الفولت و بالتالى باستخدام جهاز راسم الذبذبات (أو فولتميتر خاص بالترددات العالية) يمكننا قياس الجهد و رسم المنحنى المماثل للمنحنى المعطى فى الشرح السابق

ما لم يكن المولد المستخدم من النوع الاحترافى الذي يولد جهدا ثابتا على المدى الترددى المطلوب، فمن المتوقع أن يتغير هذا الجهد ويسبب خطأ فى القياس لذا من الأفضل استخدام راسم ذو قناتين نقيس بإحداها الخرج والأخرى نقيس بها المولد و نعيد ضبط الخرج كلما تغير.



الدائرة الأخرى أكثر دقة لأنها مبنية على اتزان قنطرة هويتستون Wheatstone bridge و لا تتأثر بالقيمة الفعلية لجهد المصدر .
نستخدم ملفين متماثلين تماما أحدهما يترك فى الهواء بعيدا عن أى مواد مغناطيسية أو موصلة للكهرباء L1 والثانى يوضع فى قلبه الفرايت L2 كما سبق فى الدائرة الأولى، وبهذا تكون معاوقة الثانى هى μr من المرات قدر الأولى.
بضبط قيمة المقاومة R2 حتى الاتزان (أى لا توجد إشارة على راسم الذبذبات) تكون قيمة R2 ÷ R1 هى القيمة المطلوبة
عند تغيير التردد و تغير قيمة μr يختل الاتزان و يعاد الضبط و القيمة الجديدة هى القيمة عند التردد الجديد وهكذا حتى الحصول على أعلى قيم للحث و الترددات المناظرة له تكون هى المدى الممكن استخدام القلب فيه.
لآن وقد عرفنا التردد المطلوب نريد تحديد كم لفة/فولت هذا القلب يمكن أن يتعامل.

باستخدام الدائرة الأولى مع جعل المقاومة أقل فى قيمتها بحيث عند التردد المفضل لنوع القلب يكون الجهد على الملف قرابة نصف جهد المصدر والذى نبدأ بقيمة صغيرة له مثل نصف فولت مثلا.
نلاحظ أن شكل الموجة على الملف خالى من التشويه أى مطابق للموجة الخارجة من المولد.
نرفع الجهد الخارج من المولد تدريجيا مع البقاء على التردد ثابتا و نراقب شكل الموجة على القلب، عندما يبدأ شكل الموجة فى التشوه نعلم أن هذا هو الحد و نقلل عنه قليلا حتى لا يحدث فى أثناء التشغيل.
إذا لم يحدث نقلل عدد اللفات ونعيد التجربة. عدد اللفات الممكن استخدامه هو اكبر قيمة للفولت على الملف بدون تشويه مقسوما على عدد اللفات.

المحولات ١٠٠ك ذ/ث المتاحة بالسوق من أجهزة أخرى

هذا الجزء يشرح من خلال التجربة العملية ما وجدت فى أشهر الوحدات المستخدمة، هذا لا ينفى ما سبق شرحه عن محولات الفرايت ولكنه كما سبق أن عوضنا فى المحول ببيانات الحديد السيليكونى و استخرجنا قانون عملى لنوع واحد من الحديد السيليكونى رغم تباين أنواع الحديد، سنقوم هنا أيضا بالتعويض فى نفس المعادلة بقيم لنوع شائع من الفرايت و مستخدم فى المحولات المعروفة باسم الشوبر و هى متوافرة فى وحدات التغذية للحاسب و أيضا وحدات المحول الإلكترونى ، كما بالطبع توجد فى شاحن الهاتف النقال و تقريبا غالبية وحدات التغذية الحديثة.

المعادلة للحديد السيليكونى كانت

مساحة المقطع = جذر القدرة و باستخدام فرق التردد مع فرق قيمة معامل المغناطيسية β سيكون لدينا

مساحة المقطع = جذر القدرة ÷ ١٥

فلو نريد ٦٠ وات مثلا سيكون جذرها = ٧.٧٤٦ و المساحة المطلوبة = ٠.٥ سم٢

و العكس أيضا لو لدينا قلب مساحة مقطعة ١سم^2 سيكون:

جذر القدرة = ١ × ١٥ = ١٥

القدرة = ٢٢٥ وات تقريبا.

عدد اللفات لكل فولت أيضا بالتعويض استخدمنا القيمة التقريبية ٥٠ ÷ مساحة المقطع لمحولات الحديد السيليكونى

هنا سنستخدم القيمة التقريبية من ٠.٤٤ إلى ٠.٨

أى أن بافتراض وحدات ذات مقطع ١سم٢ سيكون

عدد اللفات لكل فولت ٠.٨ ÷ ١ = ٠.٨ لفة لكل فولت

عدد لفات الملف الابتدائى لو ١١٠ فولت ستكون ١١٠×٠.٨ = ٨٨ لفة

عدد لفات الملف الابتدائى لو ٢٢٠ فولت ستكون ٢٢٠×٠.٨ = ١٧٦ لفة

عدد لفات الملف الثانوى لو ١٢ فولت ستكون ١٢×٠.٨ = ٩ إلى ١٠ لفة

أيضا من الملاحظ أن المحولات ذات القطر الأقل من ١سم^2 ملى المستخدمة فى محول ٦٠ وات أو شاحن المحمول يستخدم معها الثابت ٠.٤٤ و باعتبار مقطعها ٠.٥ سم^2 بذلك تكون عدد لفاتها

٠.٤٤ ÷ ٠.٥ = ٠.٨٨ لفة /فولت

عدد لفات الملف الابتدائى لو ١١٠ فولت ستكون ١١٠×٠.٨٨ = ٩٧ لفة

عدد لفات الملف الابتدائى لو ٢٢٠ فولت ستكون ٢٢٠×٠.٨٨ = ١٩٤ لفة

عدد لفات الملف الثانوى لو ١٢ فولت ستكون ١٢×٠.٨٨ = ١٠ إلى ١١ لفة

و أخيرا أكرر أن هذه البيانات مأخوذة من بعض وحدات المحول الإلكترونى و أنواع متعددة لشاحن المحمول من عدة طرز مختلفة و بعض وحدات التغذية الأخرى فى أجهزة متخصصة. قد تجد لديك ما يخالف هذه البيانات وهذا ربما لكونه قديم الطراز أو ببساطة نوع آخر مخالف لما كان فى حوزتى.

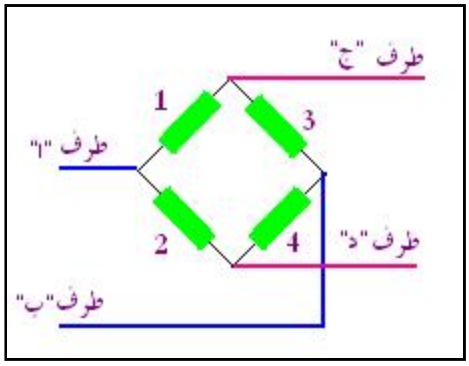
وحدات التغذية باستخدام محولات الفرايت:

تنقسم وحدات التغذية لقسمين وهما

١- القنطرة بنوعيها Half Bridge أى نصف قنطرة و Full Bridge أو القنطرة الكاملة.

٢- المحول الطرفى

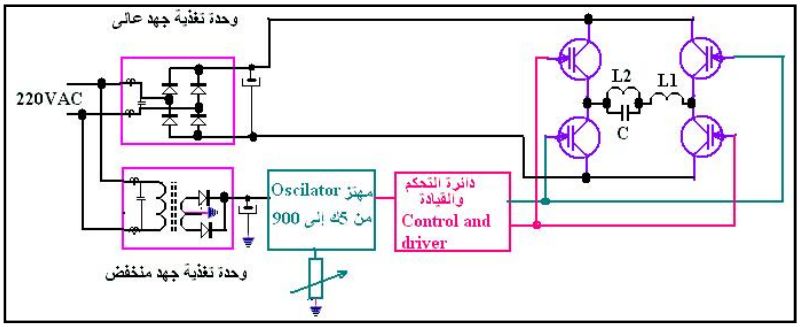
كما نعلم أن القنطرة هى أربع مكونات متماثلة على أضلاع مربع أو معين و نقاط التوصيل على الأركان كما بالشكل Bdg.png



هذا الشكل متعدد الاستخدام و الأداء فيمكن أن ندخل من طرفين مثل "أ" و "ب" و نأخذ من "ج" و "د" أو العكس و يكون الخرج صفر عندما يكون نسبة المكون ١: المكون ٢ = نسبة المكون ٣: المكون ٤ و هى تستخدم فى المرشحات و المذبذبات. من أشهر هذه التركيبات قنطرة هويتستون.

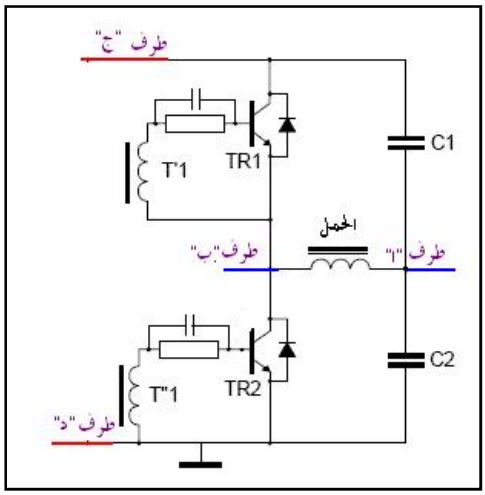
يمكن استخدام ثنائيات كمفاتيح switches فى المكونات ١،٢،٣،٤ فنحصل على دائرة تقويم موجة كاملة حيث تفتح الدايودات لتمرير التيار من طرفى الدخل إلى طرفى الحمل.

باستخدام ترانزستورات كمفاتيح switches فى المكونات ١،٢،٣،٤ فنحصل على دائرة يمكنها تحويل التيار المستمر الموضوع بين طرفى "ج" و "د" مثلا إلى نبضات فى الطرفين "أ" و "ب" يمكن استخدامها فى التحكم فى موتور من حيث السرعة و الاتجاه ، أو يمكن الحصول على نبضات مربعة كتيار متردد يمكن استخدامه فى عديد من التطبيقات سبق التنويه عن بعضها و منها أيضا وحدات التغذية.



نفس الدائرة قنطرة كاملة Full Bridge لو استخدم فيها ٤ ترانزستورات بدلا من المكونات ١،٢،٣،٤ و مثل على ذلك الدائرة السابق شرحها

و لو استخدمنا ترانزستورين فقط بدلا من ١،٢ و استخدمنا أى مكون آخر بدلا من ٣،٤ أو العكس، سميت Half Bridge أى نصف قنطرة و مثل على ذلك الدائرة المبينة حيث يمكن أن نضع الجهد الموجب على الطرف "ج" و الأرض (السالب) على الطرف "د" و عند فتح الترانزيستور TR1 وغلق TR2 يمر التيار عبر الترانزستور TR1 الطرف "ب" ثم عبر الحمل من طرف "ب" إلى الطرف "أ" ثم إلى المكثف C2 والعكس بالعكس أى عند غلق الترانزيستور TR1 وفتح TR2 سيمر التيار من المكثف C1 عبر الحمل فى الاتجاه المضاد للسابق ثم الترانزيستور ٢ و سنأتى على شرح الدائرة تفصيلا لاحقا ، يكفى أن نتذكر الآن هذا الأداء.



هذه الدائرة تتميز بأن الخرج متردد بطبيعته و يمكن استخدامه كمتردد أو تقويمه بموجة كاملة حتى يمكن توزيع الحمل على الترانزيستورين.

أيضا تتميز بخاصية قد تبدو غريبة وهى أن المكثفات أثناء عمل الدائرة تتحمل فقط نصف جهد التغذية ولذا فى الوحدات العاملة على ٢٢٠ متردد وخطرا الأن الجهد الأقصى سيكون ٣١٠ فولت أو أكثر قليلا، تجدها دوما ٢٠٠ أو ٢٥٠ فولت فقيمة الفولت تتجزأ بينهما بينما الترانزستورات تتعرض للجهد كاملا فعند توصيل TR1 يكون جهد التغذية بالكامل على TR2 و عند توصيل TR2 يكون جهد التغذية بالكامل على TR1 ولذا يجب أن يكون تحمل الترانزستورات ٤٠٠ فولت على الأقل، و غالبا ما تستخدم الترانزستورات ١٣٠٠٥ أو ١٣٠٠٧. أيضا الملف الابتدائى للمحول سيكون ١١٠ فولت وليس ٢٢٠ فولت كما تتوقع.

النوع الآخر وهو المحول الطرفى حيث يكون المحول بين المجمع Collector أو المصب Drain للترانزيستور والتغذية و باستخدام نبضات لفتح الترانزيستور يمر التيار فى صورة نبضات فى الملف الابتدائى و بالتالى فى الثانوى.

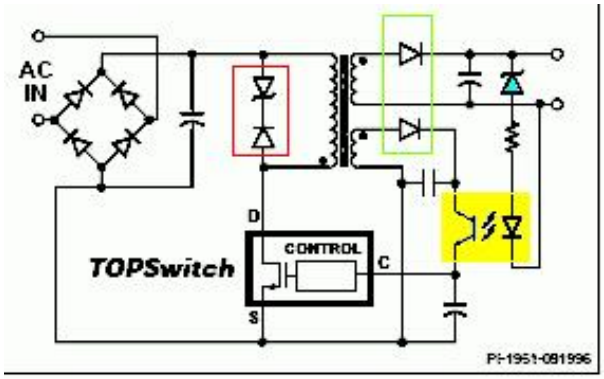


Figure 1. Typical Flyback Application.

FerriteXfrmerLine01.png

هذه الدائرة تعتمد على ترانزيستور واحد يتحمل كل الحمل و يجب أن يتحمل الفولت كاملا و التيار كاملا.

يجب أن نلاحظ هنا أن التيار يمر عندما يكون الترانزيستور متصل أى مفتوح ON فيمر التيار فى الابتدائى و الثانوى و عندما يقفل الترانزيستور فالتيار هو تيار الارتداد المختزن فى المجال المغناطيسى Fly Back وطاقته قليلة جدا و عادة ما توضع وسائل حماية كما بالرسم فى المربع الأحمر حتى تكمل مسارها فى الملف الابتدائى بدلا من الترانزيستور فتتلفه و جدير بالذكر أنها لا تحتوى طاقة تكفى لتغذية الحمل ولكن فقط تكفى لتوليد جهد عالى فينهار الترانزيستور.

الخرج كما ذكرت سيكون فقط عند نبضة الفتح و بالتالى هنا فقط يجدى التقويم و هو بهذا تقويم نصف موجة فقط كما بالمربع الأخضر وهذا يضع مزيد من العبء على الثنائى و يجب أن تراعى فيه قطبية المحول (لاحظ فقط القطبية بجوار كل ملف) إذ لو وصل على الطرف الآخر لن تجد خرج إلا بعكس اتجاه الدايود للحصول على جهد سالب.

الزينر باللون الأزرق يحدد قيمة الخرج من خلال دوائر التحكم والتى سنتناولها إن شاء الله لاحقا.

النوع الآخر وهو المحول الطرفى حيث يكون المحول بين المجمع Collector أو المصب Drain للترانزيستور والتغذية و باستخدام نبضات لفتح الترانزيستور يمر التيار فى صورة نبضات فى الملف الابتدائى و بالتالى فى الثانوى.

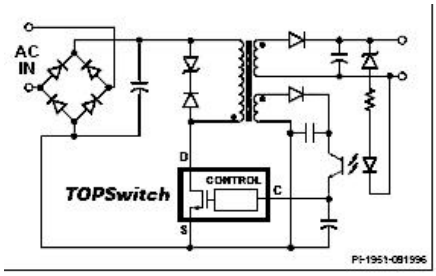


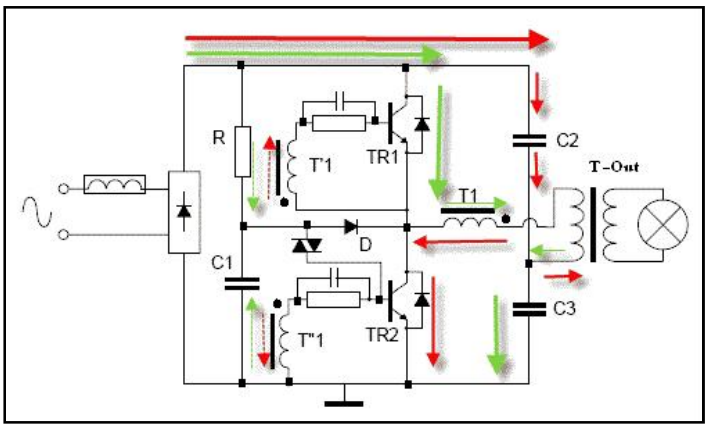
Figure 1. Typical Flyback Application.

المحول الإلكترونى Electronic Transformer

المحول الإلكترونى هو أحد التطبيقات العبقرية للمحول الفرايت حيث يستخدم كمحول للمبات الهالوجين بقدرات من ٦٠ وات و حتى ٢٥٠ وات و خرج ٦فولت أو ١٢ أو ٢٤ فولت ولكن يمكن بناء وحدات بقدرات متنوعة و أكبر من ذلك.
المحول يستخدم الفرايت مع تردد ١٠٠ك هرتز لتوليد الخرج المطلوب و هذه صورة التركيب الداخلى له

دائرته بسيطة وهذا شرحها من شركة ST وهذا موقعها و الوثيقة المحتوية هذه المعلومات

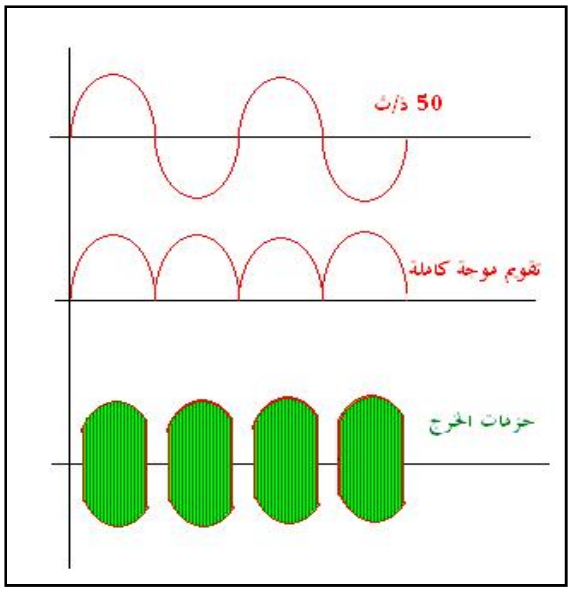
http://www.st.com



APPLICATION NOTE 13707 by P. Fichera, R. Scollo

فكرة هذا المحول مبنية على نصف القنطرة كما سبق الشرح وهى مكونة من الترانزيستورين TR1,TR2 مع المكثفين C3,C2

عند البدء نلاحظ أن الترانزيستورين فى حال القطع فلا يوجد أى تغذية لقاعدة أى منهما.
يتم توحيد التيار العمومي موجة كاملة و تدخل أنصاف الموجات الموجبة على الدائرة فيكون المجمع TR1 موجبا و المكثفان C3,C2 يبدأن فى الشحن كما أن الدائرة R,C1 تبدأ أيضا و عندما يتعدى جهد C1 جهد انهيار الثنائى القادح Trigger Diode فينهار و يفرغ المكثف فى قاعدة TR2 فيفتح و يمر التيار حسب المسار المبين باللون الأحمر، من الموجب عبر C2 ثم محول الخرج T-Out عبر الملف الابتدائى للمحول الصغير T1 إلى TR2 ثم الأرض
نلاحظ هنا أيضا أن المكثفات تتدخل لحد كبير فى قدرة الوحدة لذا كما سنجد فى الوحدات ٦٠ وات قد يكون ٠.٠١ ميكرو بينما ٠.١ ميكرو فى وحدات ١٦٠ وات و تصل إلى ٣٣٠ ميكرو فى وحدات الحاسب.



الملف الابتدائى للمحول الصغير T1 عبارة عن نصف لفة و له ملفان ثانويان لتغذية قاعدتى الترانزيستورين كل منهما خمسة لفات تقريبا و حسب القطبية المبينة و ملفوفة على قلب حلقى من الفرايت بقطر ٥ مم تقريبا، فيبقى TR2 فى حال التوصيل و يبقى TR1 فى حال القطع.
يزداد التيار المار، فيدخل المحول T1 فى حال التشبع فلا ينقل مزيدا من التغذية لقاعدتى الترانزستورين فيبدأ TR2 فى العودة للقطع مرة ثانية، هذا التناقص فى التيار خرج المحول الصغير T1 من التشبع مسببا جهد عكس السابق فيساعد TR2 على القطع بينما يبدأ فى دفع TR1 للتوصيل فيمر التيار فى المسار المبين باللون الأخضر.
مماسبق نرى أن الدائرة تعمل على الاهتزاز الحر المحدد بتردد يعتمد على تشبع الملف الفرايت للمحول الصغير.

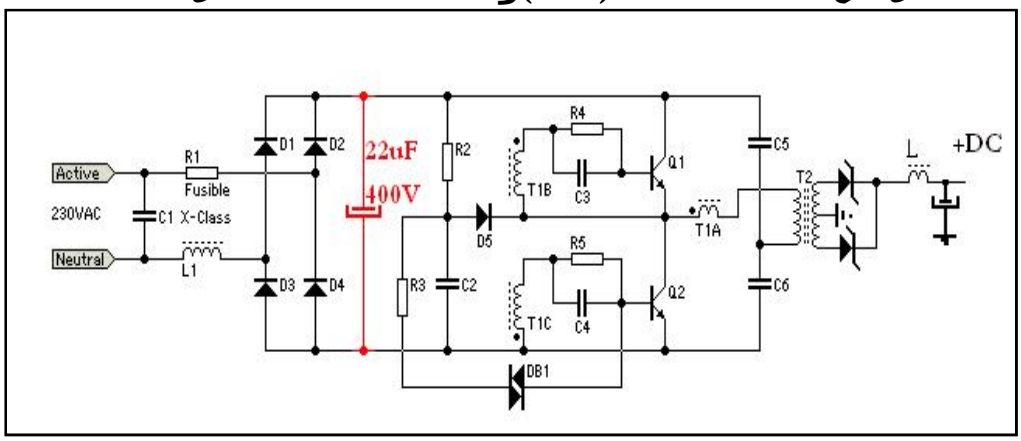
من الشرح السابق نجد أن الدائرة تعطى خرج متردد وتردده حوالى ١٠٠ك هرتز و لكنه متقطع فى صورة حزمات من التردد كما بالرسم فى الوقت من الذبذبة حيث يزيد فولت الدخل عن حد

القدح للثنائى وهو يستخدم فى الإنارة باللمبات الهالوجين و غيره من الأحمال ذات صبغة المقاومة و خالية من المعاوقة سواء الحثية أو السعوية.

يمكنك إعادة لف محول الخرج للحصول على جهد مناسب لو تحتاج إلى جهد غير المصمم له.

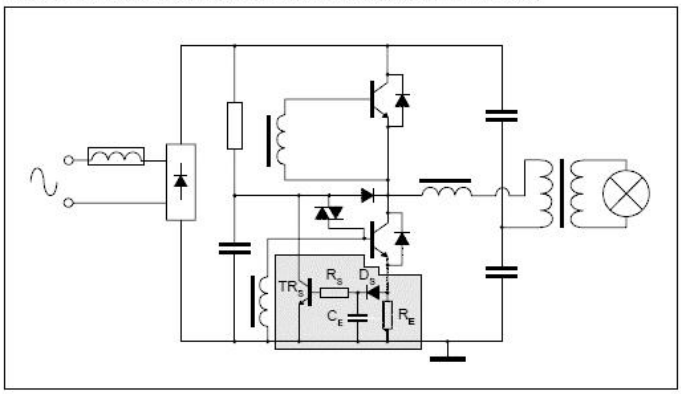
ماذا لو أردت أن تحصل منه على جهد مستمر؟؟

المشكلة تكمن فى التردد حيث أن بعض الثنائيات العادية تعمل فى هذا التردد لكن غالبا ما ستحتاج لثنائيات ذات استجابة سريعة أو ثنائيات شوتكى.
هذا ليس كل الموضوع فالمحول يعتمد على تيار الحمل وهو الذى ينقله المحول الصغير T1 ليفتح ويقفل به الترانزستورات، لذا لو كان الحمل قليلا مثلا LED واحد ، لن يكفى لأن تعمل الدائرة ولن تجد لها خرج سوى **نبضة فى البدء فقط ثم تتوقف.**
لو راجعت الصورة السابقة ستجد مكتوب عليه ٢٠-٦٠Watt و عادة ما يكتب القيمة الفعلية فقط و لكن كتابة القيمة الصغرى هى لتوضيح ذلك، أى أن الحمل لو قل عن حد معين لا يكون الأداء مستقرا. لهذا لو فكرت فى هذا الاستخدام ، يجب أن يكون حملا مستديما كوحدة تغذية لجهاز يبدأ السحب عند الفتح و ليس كمحول خارجى تضعه فى الكهرباء ثم تصل الحمل لأنه لن يعطى خرج إلا بعد توصيل الحمل (الجهاز) **و** تشغيله فيسحب منه تيار يكفى **لبدء العمل.**



أيضا استخدام تقويم نصف موجة سيضع نفس **المشكلة على الدائرة، إذ** سيسحب تيار فى نصف الموجة و يمتنع النصف الآخر ، ولهذا ستضطرب الدائرة وقد يسخن أحد الترانزيستورين وقد **تتوقف عن العمل، لذا** فالأفضل استخدام تقويم **موجة كاملة.**
لو نذكر فى سلسلة الدوائر الإلكترونية، سنجد أن أشباه الموصلات عموما لا تتواءم مع الأحمال الحثية و السعوية، ولكنها يمكن أن تتعامل مع الأحمال الحثية لو كان التيار أقل من تحملها الأقصى، لذا فبعد التقويم ستحتاج لمكثف تنعيم. هذا يشكل مشكلة بالنسبة لثنائيات التقويم فترتفع درجة حرارتها و ينقلها المحول أيضا للترانزستورات التى تسخن بدورها جدا بصورة غير طبيعية ثم تتلف.
الحل أن تفصل بين خرج الثنائيات و المكثف بملف يلف أيضا على قلب من الفرايت ولو كان تيار الحمل كبيرا يفضل استخدام سلك غليظ لأن تأثير السطح أو تأثير القشرة Skin Effect هنا له فعل ملحوظ وتلاحظ ارتفاع حرارة سلك هذا الملف.
كم يكون مكثف الخرج؟
كما ذكرنا فى الرسم الموضح للخرج سابقا، أن الخرج سيكون حزمات من التردد و الذى بعد التقويم سيكون نبضات متحدة الاتجاه بتردد ضعف التغذية أى ١٠٠ ذ/ث، هذا يتطلب مكثفات كبيرة الحجم لتنعيمها وهو غير مقبول بالنسبة للدائرة، وهذه أيضا لها حل، وهو أن نضع مكثف **مناسب مثلا ١٠ ميكرو أو ٢٢ أو حتى ٢٢٠ ميكرو** ٤٠٠ فولت بعد دائرة التقويم الأولى و ذلك بالطبع حسب تيار الحمل فوحدة ٦٠ وات لن تسحب تيار مثل ٦٠٠ **ولت.**
هذا المكثف سيجعل خرج المحول تردد ثابت القيمة تقريبا و إن كان سيعانى بعض التعرجات نتيجة أن المكثف ليس

Figure 2. Transformer with short-circuit protection added (shown shaded grey)

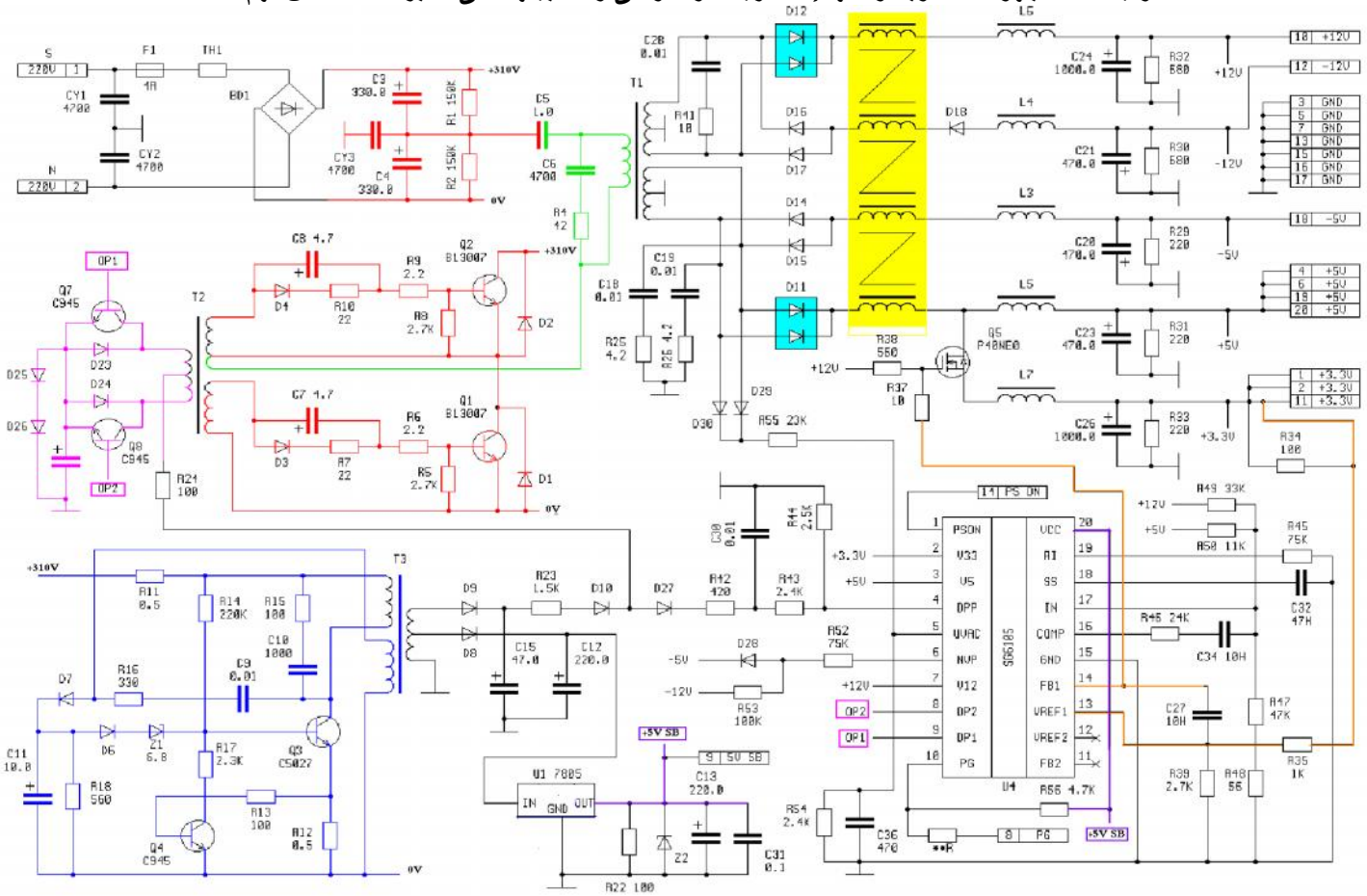


بالكبر الكافى، هذا سيجعل الخرج بعد التقويم جهدا مستمرا تقريبا إلا من بعض من هذه التعرجات الطفيفة.

أيضا يمكن إضافة دائرة لتحسس التيار و عند وصوله لقيمة محددة تتوقف الدائرة كحماية لها وللحمل، والفكرة من شركة ST فى الملف السابق الإشارة إليه وهى
إضافة مقاومة صغيرة بين باعث الترانزيستور و السالب R_E يظهر عليها فولت مساوى لضرب قيمتها فى تيار الترانزيستور.
عندما يصل هذا الفولت لقيمة ١.٢ فولت وهى جهد انحياز الثنائى Ds ، سيبدأ الجهد فى شحن المكثف Cs، و عندما يصل جهد المكثف لقيمة ٠.٦ الكافى لتشغيل الترانزيستور TRs ، سيفتح هذا الترانزيستور ساحبا التيار من ثنائى القدح و بالتالى من قاعدة الترانزيستور TR2 فتتوقف الوحدة عن العمل لحظيا ثم بعد تفريغ المكثف تعود للعمل مرة أخرى.

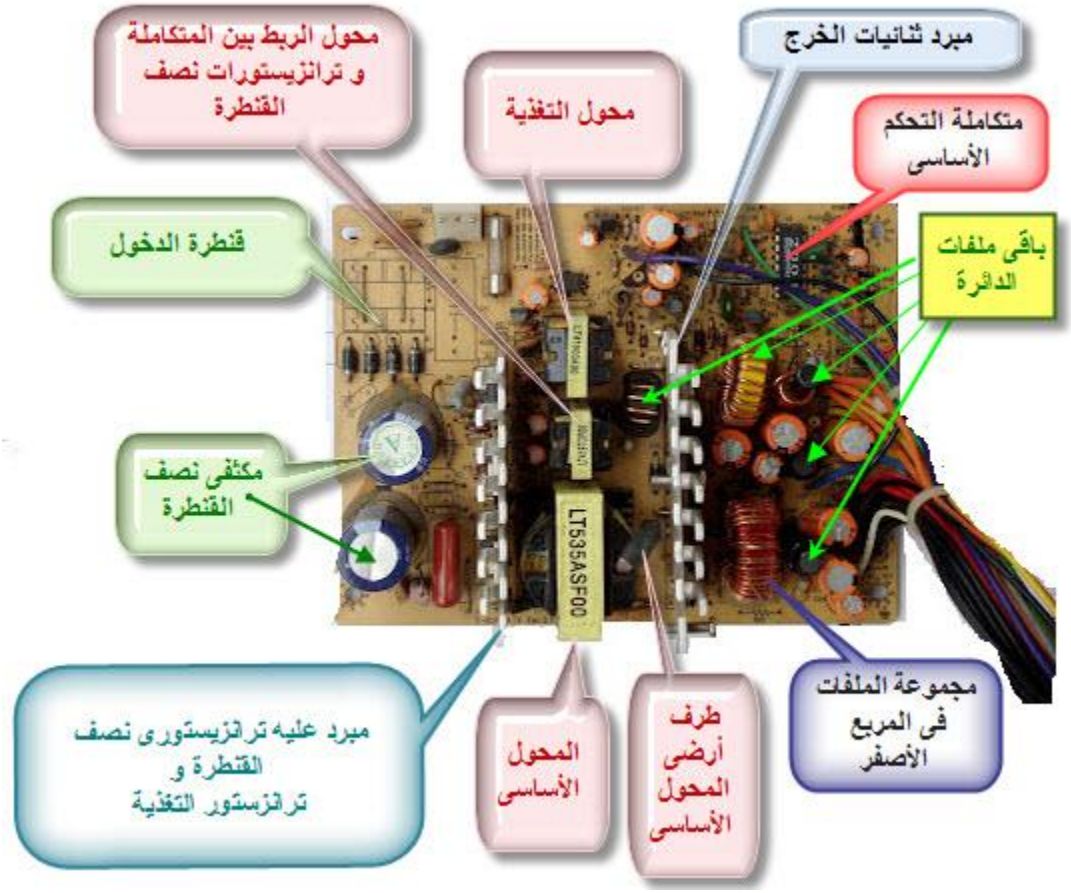
وحدة تغذية الحاسب الآلى:

تعتبر وحدات تغذية الحاسب الآلى من أشهر وحدات التغذية و أكثرها تنوعا من حيث القدرات و الثمن أيضا إلا أنها أقلها كلفة و أكثرها توافرا و شيوعا و يمكن استخدامها فى كثير من التطبيقات و لولا محول الفرايت ما كان يسهل توفيرها إلا فى حجم قد يكون أكبر من حجم الحاسب نفسه.
كما سبق الذكر فهى تعتمد نصف القنطرة و هو أنسب للتيارات العالية لكون الخرج متردد فيوزع على موحدين فى تقويم موجة كاملة بدلا من واحد و ترانزستورين بدلا من واحد و مسارين من الأسلاك بدلا من واحد الخ.
لتسهيل الشرح، سنجد صورة للمنظور و أخرى للدائرة و رجاء **المتابعة** و التنقل بينهما حسب الحاجة.
يدخل التيار العمومى **٢٢٠** فولت لموحد موجة كاملة عبر مقاومة صغيرة أقل من **١٠** أوم حتى لا يندفع التيار لو تصادف توصيل الوحدة عند قمة الموجة فيتلف دائرة التقويم، وفى الوحدات القيمة تمر من خلال مرشح **(فلتر)** لمنع خروج ناتج التقطيع خارج الوحدة لكن فى الوحدات الاقتصادية تحذف كما بالصورة. نتيجة التقويم يشحن **المكثفان** C3,C4 وهما نصف القنطرة، و لضمان تساوى توزيع الجهد عليهما، توصل المقاومتان R1,R2 **على** التوازى معهما. جهد التقويم الآن **٣١١** فولت و يتناقص بالتحميل إلى **٢٠٠فولت أو أقل.**
مكونات القنطرة موضحة باللون الأحمر، لذا نتوقع أن يكون نصف القنطرة الآخر من الترانزيستورين Q1,Q2 **، و من ثم** T1 باللون الأخضر هو المحول الرئيسى كما سبق الشرح و خرجه هنا لمجموعة من موحدات الموجة الكاملة لتوليد كافة الجهود المطلوبة و كلها إما سريعة أو شوتكى و غالبيتها على المبرد المخصص لهم.



This message disappears after registration. http://www.content-images2pdf.com

الثنائى المزدوج D11 و أيضا D12 ثنائيان فى عبوة شبيهة بالترانزيستور حسب التيار فبعضها تعطى ٢ × ١٠ أمبير أى ٢٠ أمبير و البعض قد يصل ٦٠ أمبير فى الحجم الكبير.
باقى الثنائيات من النوع ٣ أمبير أو ٥ أمبير و هى أيضا تثبت على نفس المبرد أحيانا.

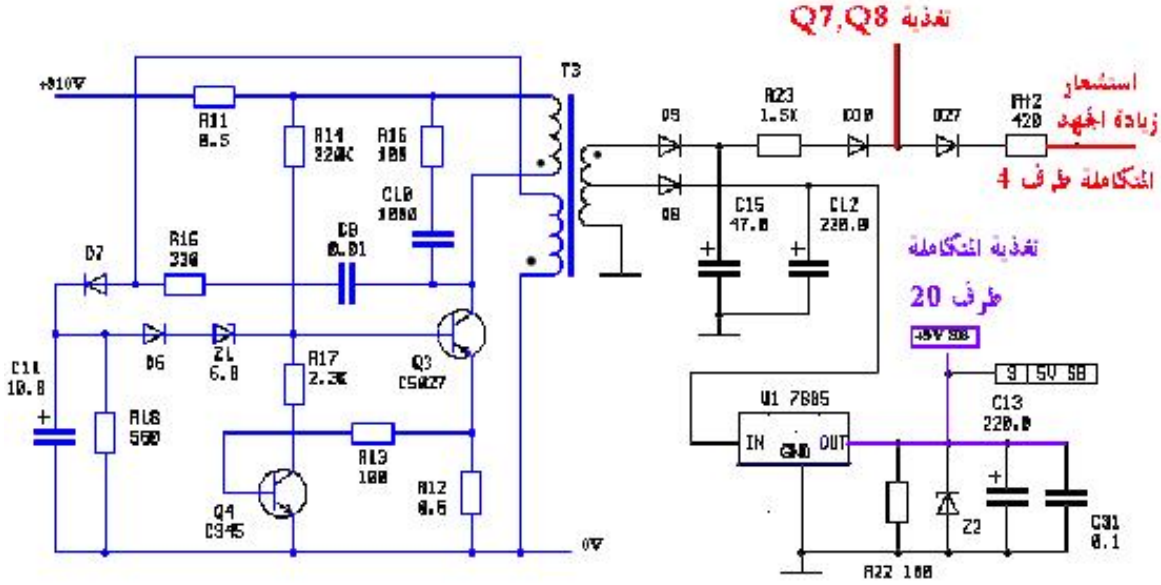


خرج الثنائيات كما سبق لابد من أن يكون لملف وهو فى المربع الأصفر و موجود بالصورة على قلب حلقى.
كل خرج بعد ذلك يوصل لملف مستقل ثم مكثفات الترشيح و أطراف الخرج.
هذا لتوليد كافة الجهود ١٢ ، -١٢ ، ٥ ، -٥ ، ٣.٣ فولت المطلوبة لتشغيل الحاسب بتياراته المتعددة.
الآن من أين تعمل ترانزستورات نصف القنطرة؟؟
بالعودة للون الأحمر سنجد أن قاعدتى الترانزستورين متصلتين بمحول فرايت آخر T2 تماما كما سبق الشرح ولا جديد حتى الآن، إلا أن دخل أو الملف الابتدائى لهذا المحول يأخذ من ترانزستورين Q7,Q8.
من أين يتغذى Q7,Q8 ؟ حسنا هنا بدأ الاختلاف!!
قاعدتى الترانزيستورين تأخذان من المتكاملة U4 أسفل يمين الصورة و هناك عديد من الأرقام متكافئة فى الأداء ولكنها ليست بدائل إما لاختلاف الأطراف أو قيم الأداء الخ مثل ٧٥٠٠ و غيرها.
وظيفة هذه المتكاملة أن تعطى نبضات ذات تردد ثابت ١٠٠ك هرتز تحددها داخليا بدون أى مكونات خارجية وهذا فلا يمكن تغييره، ولكن عرضها يتغير حسب طرف دخول التحسس رقم ١٧ ، لو زاد الجهد تقلل العرض و العكس بالعكس، ببساطة مثبت جهد للخرج، لكنها مزودة بعدم مداخل تستكشف هبوط الجهد فتستشعر حمل زائد فتوقف العمل ملى طرف ٢ لتحسس ٣.٣فولت وطرف ٣ لتحسس ٥فولت وطرف ٧ لتحسس ١٢فولت.
أيضا هذه المتكاملة مزودة بتحسس لانقطاع التيار فتعطى إنذار للحاسب كى يحفظ ما يريد قبل انقطاع التيار و ربما متكاملات أخرى لا تحتوى هذه الخاصية، أيضا الطرف ١ للتشغيل و الإيقاف ليمكن التحكم فيه آليا.
هيه، هنا مشكلة، فى البدء لا يوجد تغذية فمن أين ستعمل هذه المتكاملة لكى تولد باقى الجهود؟!!

دائرة التغذية الاحتياطية:

كما وجدنا سابقا يجب تغذية المتكاملة من مصدر مستمر حتى يمكنها أن تؤدى دورها، حسنا، لو راجعنا الجهود السابقة سنجد أننا تحدثنا عن الجهود ٣.٣ ، ٥ ، ١٢ موجب و سالب ولم نتحدث بعد عن جهد آخر هام وهو 5VSB وهو اختصار 5V Stand By أى احتياطى وهو جهد يظهر بمجرد توصيل الوحدة بالتغذية العامة سواء أكان الحاسب مفتوح أو مغلق و فى بعض الوحدات يكون أيضا هناك ٣.٣ فولت احتياطى و هذه الجهود تعمل على تغذية المتكاملة و أيضا تغذى الحاسب لتشغيل بعض المهام الأخرى حتى يمكن تشغيل الحاسب من خلال زر التشغيل فى الواجهة أو من خلال المؤقت الداخلى أو استجابة لكارت الفاكس أو غيره من الأجهزة الطرفية، وهو يمد منافذ USB بالطاقة حتى أثناء غلق الجهاز فى بعض الحاسبات.

تغذية المتكاملة من هذا الجهد 5VSB على الطرف ٢٠



الدائرة ببساطة من ترانزيستور واحد Q3 وهى معروفة باسم Blocking Oscillator أو المذبذب المانع حيث يستخدم المحول فى توفير التغذية العكسية الموجبة اللازمة لتوليد الاهتزازات فنلاحظ هنا أن المجمع متصل بالملف الابتدائى الطرف الأول بينما الثانى بالتغذية ٣١٠ فولت. الملف الثانوى الأول متصل بالقاعدة بقطبية معكوسة فمن المعروف أن الترانزستور يعكس الإشارة الداخلة ، ثم يعكسها مرة أخرى المحول لتكون فى نفس وجه الدخول ليعاد تكبيرها حتى التشبع و هنا يتوقف التكبير ليعود بالتناقص أى التكبير فى الاتجاه المضاد. نتيجة لما سبق نجد أن التردد يتحدد بالمحول و أيضا بالمقاومة و المكثف فى دائرة القاعدة و يكون الخرج مجموعة من النبضات المربعة و تتميز الدائرة بكفاءة تحويل عالية لأن الترانزيستور دوما فى حال القطع ثم التشبع.

الخرج على ملف ثانوى آخر ليعطى جهد حوالى من ٩ إلى ١٢ فولت لتغذية مثبت الجهد ٧٨٠٥ لتوفير 5VSB لتعمل المتكاملة و تغذية الحاسب و من طرف آخر جهد أعلى قليلا لتغذية الترانزستورات Q7,Q8 المسئولة عن تشغيل مرحلة الخرج.

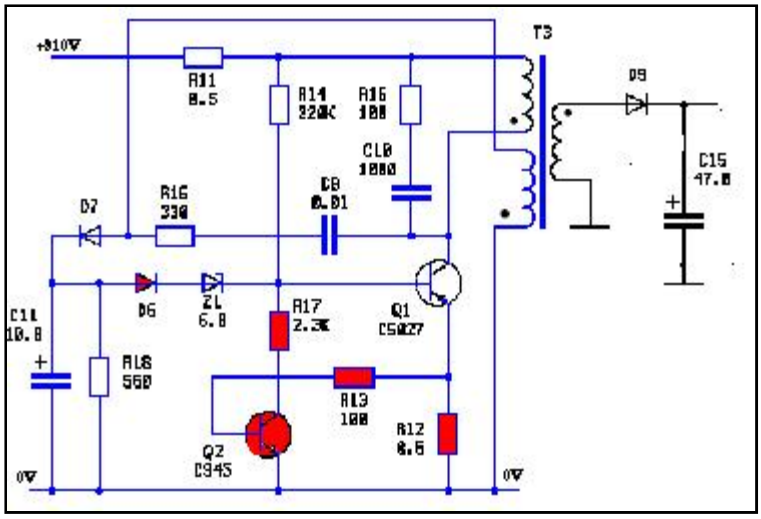
لو زاد السحب لأى سبب من الدائرة، يمر تيار أكبر فى المقاومة R12 فى دائرة باعث Q3 فيزداد الجهد عليها عن ٠.٦ فيمر تيار فى قاعدة Q4 فيسحب التغذية من قاعدة Q3 حتى لا يتلف كنوع من الحماية ضد زيادة الحمل.

دوائر المحول الطرفى:

دوائر المحول الطرفى

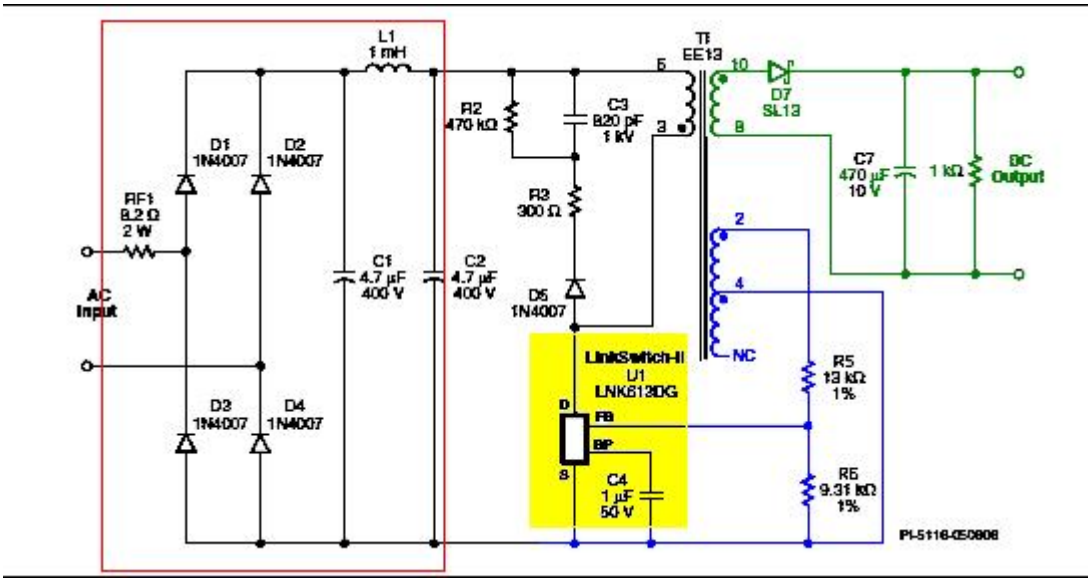
تشمل هذه الدوائر كثير من دوائر التغذية منها دوائر التلفاز و بعض وحدات التغذية ووحدات شاحن المحمول بكافة طرزها و أنواعها وهى تنقسم لنوعين
دوائر المذبذب المانع Blocking Oscillator و دوائر المتكاملات مثبتات الجهد.

دوائر المذبذب المانع Blocking Oscillator **وشاحن المحمول**



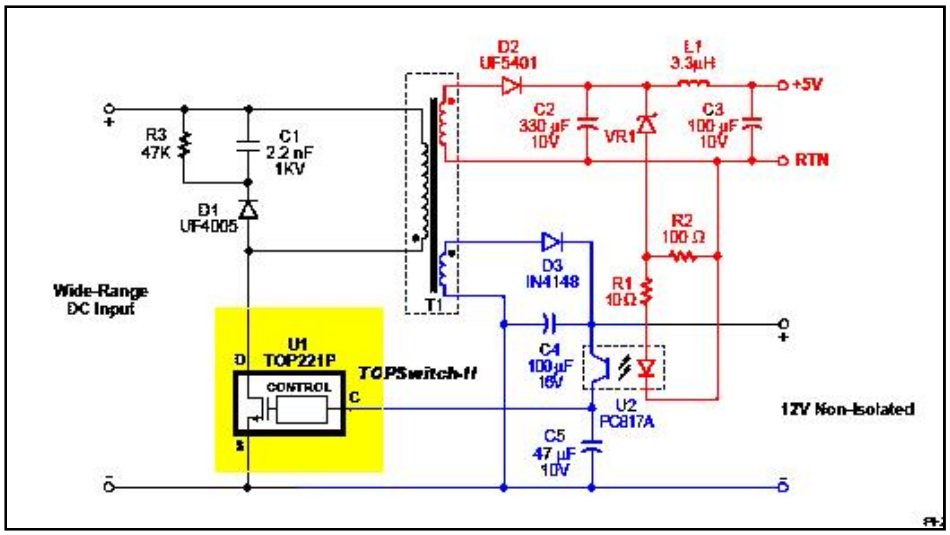
وهى مستخدمه فى التلفاز و كثير من الأجهزة الإلكترونية أيضا ووحدات التغذية.
هذه الدائرة هى مطابقة لما شبق شرحها فى وحدة الحاسب كتغذية احتياطية لهذا فلن نكرر **الشرح مرة** أخرى، فقط نعيد وضع الدائرة بعد حذف الزيادات التى **كانت مطلوبة**. أيضا بعض الدوائر تستخدم عينة من **الخرج من خلال** Opto-coupler لتثبيت الجهد.
فى الهاتف المحمول، تستخدم هذه الدائرة أيضا و لتقليل التكلفة يستبدل الترانزستور Q1 **برقم ١٣٠٠١ نظرا لأن القدرة محدودة جدا –فقط ٥ إلى ١٠ وات و تحف المكونات الملونة باللون الأحمر فى دائرة** الحماية . جدير بالذكر أنه فقط مصدر تغذية و يسمى **شاحن تجاوزا، أما دائرة الشاحن التى تستشعر حالة** البطارية و تقوم بكل العمل فهى داخل الهاتف بدليل أن غالبية الهواتف يمكن شحنها من منفذ USB **والذى يعطى ٥فولت ثابتة.**

دوائر التغذية بالمتكاملة:
لتوفير ضبط للخرج و تثبيت للجهد، يتطلب الأمر أخذ عينة من الخرج و إعادتها للدائرة لمحاولة ضبط الخرج عند القيمة الصحيحة، لذا مشكلة الطريقة السابقة، أن المذبذب يتغير تردده بتأثير التغذية العكسية ولذا فمجال تثبيت الجهد محدود.
ما المطلوب إذن؟ حسنا تعديل عرض النبضة بحيث إذا زاد الخرج نقلل عرض النبضة و العكس بالعكس لتثبيت جهد الخرج مع تغير الحمل. هذه الطريقة تتطلب مذبذب مستقل لتثبيت تردده، و دائرة تعدل عرض نبضته حسب الحاجة و التى غالبا ما ستكون مولد سن منشار و مقارن، معك حق الدائرة معقدة قليلا لكن ليست مستحيلة فكثير من المتكاملات صنعت لتقوم بهذا الغرض.
أحدث المتكاملات التى صممت لتكون أبسط ما يمكن حتى الآن نوعان الأول مجموعة LNK و الثانية مجموعة TOP.
مجموعة LNK613 **على** LNK616 **تتكون من متكاملة من ٤ أطراف فقط شاملة كافة الدوائر ولا تحتاج إلا** للمحول وبضع مقاومات وهذه دائرتها



ستقول هناك الكثير من المكونات والدائرة ليست سهلة!! مهلا فالمربع الأحمر دائرة تقويم من ٢٢٠ متردد و يمكنك استخدام دايود واحد و مكثف فقط بدلا منها أو ما شئت.
يبقى داخل المربع الأصفر المتكاملة ذاتها و بها طرف D وهو المصب Drain للترانزستور الموسفت وهو يوصل بالمحول. لا تنسى أن أى ملف يوصل بترانزستور من أى نوع يلزمه دايود أو مقاومة مثل R3 و مكثف مثل C3 حتى لا يسبب التقطيع إتلاف للترانزستور.
المحول له ملفات ثانويان الأخضر و يوصل بدائرة التقويم من دايود و مكثف و الثانى بمجزئ جهد من R5,R6 لتحديد قيمة الخرج. نعم هذه فقط دائرة التغذية العكسية ولا حاجة لرابط ضوئى Opto-coupler لكن حتى الآن لم تصنع منها بقدرات أعلى من ٥ وات.
وطرف S وهو المنبع Source للموسفيت و يوصل بالأرضى أو السالب ثم طرف FB وهو Feed Back أى التغذية العكسية و طرف BP أى تمرير أو By Pass وهو مثبت جهد داخلى يحتاج مكثف تمرير لتقليل الضوضاء عليه.

المجموعة الثانية TOP209 وحتى TOP227 من ثلاث أطراف فقط و تصل حتى ١٥٠ وات حسب رقمها وهى داخل المربع الأصفر و أيضا لها ٣ أطراف D وهو المصب Drain و S المنبع أو Source كما سبق و الثالث C وهو Control أو تحكم.



الدائرة ببساطة كما سبق المحول بين الموجب و الترانزستور، و ملف ثانوى باللون الأحمر ليعطى الخرج المطلوب من خلال دايود تقويم D2 و مرشح خرج من ملف و مكثف.
التغذية العكسية من خلال

زينر VR1 و المقاومة R1 و Opto Coupler أو رابط ضوئى، طبعا الرابط الضوئى يحتاج جهد موجب لكى يعمل و لهذا نحتاج لملف آخر باللون الأزرق مع دايود لتوفير الجهد المستمر المطلوب.
فى حدود معينة من الخرج يتم تعديل عرض النبضة لضبط الخرج و إن زاد يمكن أن تتوقف كليا حتى لا يزيد الخرج عن المطلوب.

تتميز هذه الدوائر بعدة خصائص عن دوائر القنطرة أو نصف القنطرة و بعضها حسنات والأخرى قيود.
الحسنات طبعا البساطة فهى ترانزيستور واحد ولا يوجد مكثفين.

نلاحظ أن كل الدوائر يعمل فيها ترانزيستور واحد توصيل ثم قطع، هذا يجعل التيار دوما يمر فى اتجاه واحد وهذا يفرض أن يكون المحول له قطبية محددة، فعندما يكون الترانزستور مفتوح ON و التيار يمر فى الملف الابتدائى، سيمر أيضا فى الثانوى فى اتجاه الثنائى ، و عند القطع، لن يمر تيار فى الاتجاه العكسى ، ولهذا لا يصلح أن نعكس الدايود للحصول على جهد سالب ولا يصلح أن نكون دائرة تقويم موجة كاملة.
لاحظ أن محولات هذه الدوائر لها نقطة تحدد وجه كل ملف أو اتجاهه.
هيه، لدى وحدة تعطى جهد سالب و أنت تقول هذا لا يمكن!!
قلت لا يمكن عكس الدايود ولم أقل لا يمكن الحصول على جهد سالب، و للحصول على جهد سالب يجب قلب كل من الملف و الدايود – أى نقلب الدايود و نضعه على الطرف الآخر من الملف.
نلاحظ أيضا أن التيار يمر فى ترانزيستور واحد مما يجعله يتحمل الحمل كله وحده – نفس الكلام ينطبق على الدايود فى دائرة الحمل مما يشكل عبئ على التصميم.
أخيرا وليس آخرا، الخرج من نبضة واحدة مقابل نبضتين فى دائرة القنطرة مما يجعل العبء أيضا على دائرة المرشح من ملف و مكثف أكبر و لهذا تفضل دوما دوائر القنطرة فى الأحمال الكبيرة مثل وحدات الحاسب و التى تصل لأكثر من ١٠٠٠ وات.

محولات الصوت

هناك أنواع عديدة من المحولات يطلق عليها نفس الاسم و تشترك كلها فى خاصية واحدة هى نقل الصوت. بعضها ينقل القدرة كما فى مراحل خرج مكبرات الصوت، والبعض ينقل فقط الإشارة و هدفه هو العزل كما فى حال التليفونات و البعض بهدف الموائمة كما فى حال بعض الميكروفونات.
هذا رابط ملف يتناول بعض محولات الصوت و مشاكلها.
http://www.jensen-transformers.com/an/Audio%20Transformers%20Chapter.pdf

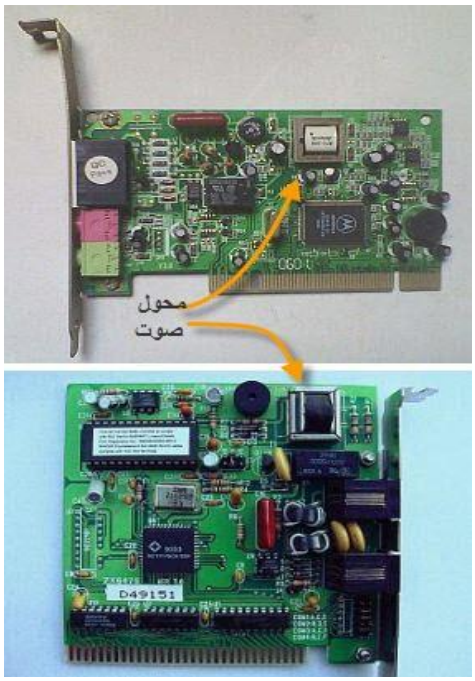
أهم مشكلة تواجه هذه المحولات هى التردد. مما سبق ذكرنا أن محور التصميم هو التردد والذى يحدد باقى العوامل، لكن التردد الصوتى يتراوح من **٢٠ إلى ٢٠٠٠٠ ذ/ث** مما يجعل الفارق كبير.
ليست المشكلة فى أى تردد نحسب عليه نسب اللفات، فكما قد يكون قد خطر ببالك نختار الأقل أى **٢٠ذ/ث** مضحيا بالوزن ليكون مناسبا لكافة الترددات، حسنا، عند التردد الأعلى بنسبة **١٠٠٠ : ١** فهناك العديد من اللفات والتى تشكل حثا إضافيا دون داعى مسببا معاوقة كبيرة فى ملفى الدخول والخروج و مقللا التيار و من ثم القدرة، و الأسوأ من ذلك، وجود ملف كبير يولد سعة كبيرة بين لفاته و هى تشكل نوعا من قصر الدائرة على كلا الملفين، مما يجعل فى النهاية نقل الترددات العالية لا يكاد يتم.
إذن سنتبع الطرقة التقليدية التى تبعناها دوما وهى نصف القيمة.
فكرة رائعة، ولكن نصف القيمة هى **١٠٠٠٠ ذ/ث** و هكذا نقوم بالحساب:
التردد الأوسط هو **١٠٠٠٠ ذ/ث ، التردد الأعلى ٢٠٠٠٠ ذ/ث** وعنده تكون قيمة الحث الضعف.
إذن ما قيمة التردد الذى تقل عنده قيمة الحث إلى النصف؟ - مفاجئة؟ هو **٥٠٠٠ ذ/ث**
هل هذا يعنى أننا سنتعامل مع المدى **٥٠٠٠ ذ/ث إلى ٢٠٠٠٠ ذ/ث**؟ و ما هى الأصوات التى تقع فى هذا المدى؟
بالتأكيد هذه الطرق التقليدية لم تناسب هذا المحول، لذا وجب أن نبحث عن أسلوب مختلف لتصميمه.
هل خطر ببالك الحل؟ وهل أجبت على السؤال الأخير؟ ربما هو الحل!!
أجل ما هى الأصوات فى هذا المدى؟ أو نغير السؤال قليلا ليكون ما هى الأصوات – **ومن ثم الترددات**- التى نريد نقلها؟؟

Old telephone earpiece.

Brandes radio headphones, circa 1920.

هذا يقودنا لعدة إجابات، لأن كل مستخدم و له احتياجاته و نبدأ تاريخيا، أول محول صوت استخدم كان فى الهاتف الأرضى، حيث تم تصميم النظام باستخدام البطاريات و الميكروفون الكربونى و الريلايات و السماعات الكهرومغناطيسية و الحوس الكهربى . تذكر أن الصمامات الإلكترونية لم تكن قد اخترعت بعد، ناهيك عن أشباه الموصلات و الترانزيستور.
المحول هنا استخدم فى وظيفتين، الأولى تمرير التيارات القادمة للسماعة و الصادرة من الميكروفون للخط و جزء منها أيضا للسماعة فأنت تسمع جزء يسير من صوتك من السماعة وهو ما يعطى الإحساس بأن الخط "حى" و ليس مقطوعا.
الاستخدام الثانى فى محطات التقوية repeaters للتمكن من زيادة أقصى طول للخط ممكن.
إذن الهدف هنا نقل التردد الصوتى للبشر، فما هو النطاق الترددى للبشر؟
الرجل البالغ من ٨٥ إلى ١٨٠ ذ/ث و الأنثى من ١٦٥ إلى ٢٥٥ ذ/ث تقريبا و الأطفال أعلى قليلا، لكن التوافقيات ضرورة للتمييز بين الأصوات، فلو لم تنقل، لن تستطيع التمييز بين صوت شخص وآخر، لذا اعتمد النطاق الترددى للتليفون منذ ذلك الحين وإلى الآن بالمدى **٣٠٠ إلى ٣٤٠٠ ذ/ث**.
هذا لا يعنى أن التردد **٣٩٩ ذ/ث** لن يمر أو **٣٤٠١ ذ/ث** أيضا سيفقد لكن هناك مبدأ شرحناه فى سلسلة "تصميم الدوائر الإلكترونية" أن النطاق الترددى هو المدى الذى بعده تقل الطاقة للنصف وهو نشأ من هذه الهوافق الأولى حيث يقل الصوت المسموع للنصف لأن العلاقة بين شدة الصوت مع الإحساس بدرجة العلو هى علاقة لوغاريتمية.
إذن فى الهواتف محولات الصوت من **٣٠٠ ذ/ث إلى ٣٤٠٠ ذ/ث** و يمكن احتساب التردد الأوسط.

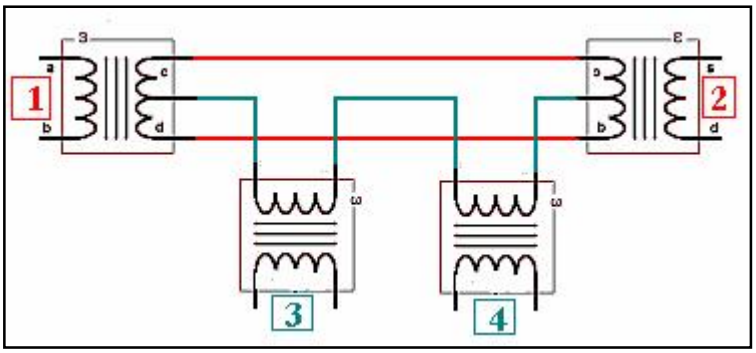
مازالت حتى يومنا هذا هذه المحولات مستخدمة فى دوائر الهواتف الإلكترونية المتقدمة الحديثة فهى أرخص و أبسط وسيلة لعزل ترددات الصوت عن التيارات المستمرة المطلوبة لتشغيل الخطوط



الصورة تبين كارتى فاكس للحاسب و فى كل منهما محول صوت بنسبة ١:١ لهذا الهدف

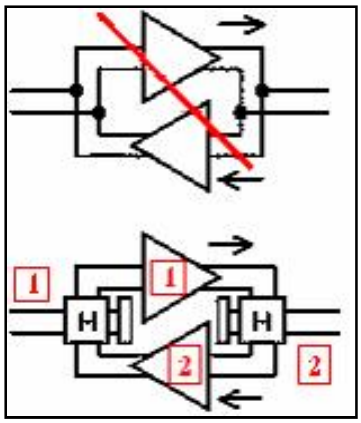
نعلم أننا نحتاج سلكين للربط بين جهازى هاتف للحديث، و لو أردنا إنشاء دائرة أخرى نحتاج سلكين آخرين أى أربعة أسلاك.طبعا متوقع لكن عندما يكون الحديث بين بلدين، فالمسافة ترفع كلفة الأسلاك وبالتالى استخدام ثلاث أسلاك فقط توفر كثيرا.
هل ظننت أنك ستستخدم سلك مشترك بين الهاتفين؟؟ هذا السلك مع هذه المسافة سيكون له مقاومة ويظهر عليه فرق جهد من الحديثين مسببا تداخل – أى كل شخص يسمع الحوار الآخر و تفقد السرية.

باستخدام محولات الصوت ١:١:١ يمكن عمل ما تسمى بدائرة الشبح Phantom circuit حيث يوصل الخط الثانى على نقطة المنتصف للمحول كما بالرسم



المشترك ١ يمر تياره عبر الخطوط الحمراء للمشترك ٢، وظرا لتماثل الدائرة فإن الجهد بين نقطتى المنتصف للمحولات ستكون متساوية و بالتالى فرق الجهد يساوى صفرا ولا يمر تيار من هذا الحديث فى مسار ٣،٤ و المار لحديث ٢ تجاه ١.
المتحدث ٣ يمر تياره فى نقطة المنتصف للأطراف و بالتالى يولد مجالين متعارضين يضيع كل منهما الآخر وبالتالى لا تنشأ محصلة تنقل هذا الحديث للمشترك ١ وفقط يتوجه للمشترك ٤ و بالمار من ٤ إلى ٣.
الميزة فى هذه الدائرة أنك لتكون "ن" دائرة ستحتاج فقط "ن+١" خط بدلا من "٢ن" خط أى لو لديك ١٠٠ مشترك، ستحتاج ١٠١ سلك بدلا من ٢٠٠
أيضا فى المسافات الطويلة ، لن يكون من الممكن استخدام الهاتف لأن مقاومة السلك ستكون كبيرة و استخدام سلك غليظ يكلف فى ثمن الخامات و ثمن التثبيت والأعمدة التى تحمل الخطوط، لذا قد يكون من الأفيد أن نضع مكبرات كل مسافة معقولة تعوض هذا الفقد.

محول الفصل Hybrid Transformer :

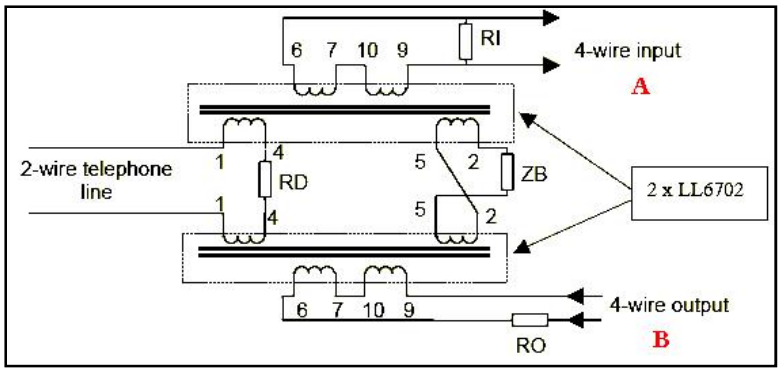


توصلنا فى المرة الماضية للحاجة أن نضع مكبرات كل مسافة معقولة تعوض الفقد فى الكابلات و لكن كيف للمكبر أن يفرق بين الحوار من أ إلى ب و الرد من ب إلى أ؟ إذن نضع مكبرين متعاكسين!! فكرة جيدة إلا أنهما يكونان دورة مغلقة و تسبب التغذية العكسية أن يتحولا لمهتز.

إذن ما الحل؟ ببساطة فى نقطة وضع المكبر، نفصل حديث ١ إلى ٢ ثم نمرره لمكبر مستقل (١) و أيضا حديث ٢ إلى ١ و نمرره فى مكبر آخر مستقل (٢)، كيف هذا و هما فى سلكين معا؟ **بمحول الفصل** Hybrid و سنرمز له بالحرف H ، وقبل أن نبدأ الشرح، يجب أن نتفق على ما هو مسموح و ما هو غير مسموح.

طبقا للرسم التوضيحى السابق، يجب للإشارة القادمة من المتحدث ١ على اليسار أن تمر **للمكبر ١** العلوى، و ممكن لها أن تتسرب أو تخرج لخرج المكبر ٢ السفلى لأن المكبر يمرر الإشارة فى اتجاه واحد فقط من مدخله لمخرجه وليس العكس، وعليه فما سيصل من ١ **لمخرج ٢** سيفقد ولن يمر عبره، وما يخرج من المكبر ١ يجب أن يمر كله للمتحدث ٢ ولا يخرج منها شيء للمكبر ٢ بقدر الإمكان طبعا، حتى لا يعاد تكبيره من خلال ٢ و نكرر الدوران و التغذية الموجبة المسببة للاهتزاز.

بالمثل يجب للإشارة القادمة من المتحدث ٢ على اليمين أن تمر للمكبر ٢ **السفلى، و ممكن** لها أن تتسرب أو تخرج **لخرج المكبر ١** العلوى لأن المكبر يمرر الإشارة فى اتجاه واحد فقط من مدخله لمخرجه وليس العكس، وعليه فما سيصل من ٢ **لمخرج ١** سيفقد ولن يمر عبره، وما يخرج من المكبر ٢ يجب أن يمر كله للمتحدث ١ ولا يخرج منها شيء للمكبر ١ **بقدر الإمكان طبعا**. هذه هى الدائرة.



هذه الدائرة تمثل محول فصل H واحد وهى مركبة من محولين مصنعين خصيصا لهذا الهدف **من ٤ ملفات متماثلة و تباع كقطعة برقم** LL6702 كما بالصورة و هناك كثير من البدائل، و تستخدم هذه الدائرة لتحويل من ١ **للمكبر ١** بالرسم الأول و نحتاج لتكرار هذه المجموعة مرة **أخرى للمجموعة** H اليمنى لتحويل من ٢ **للمكبر ٢**.

التيار المتردد من الخط الأيسر ينقسم لنصفين على الملفين ١،٤ بالمحول العلوى والسفلى ، الملفين ٦،٧ مع ٩،١٠ يولد كل منهما نفس النصف المماثل للدخل ١،٤ المناظر له، إذن سيخرج ما يساوى الدخل القادم من اليسار **من كل من الطرف العلوى** A **و الطرف السفلى** B ، الطرف العلوى مطلوب فهو سيذهب للمكبر العلوى كما سبق الشرح والذى يمثل بمقاومة دخوله RI ، أما السفلى فهو سيذهب لخرج المكبر ٢، و بالرغم من اتفاقنا على أن هذا لا يشكل معضلة من جهة نظرية العمل لأن المكبر يمرر الإشارة فى اتجاه واحد فقط من مدخله لمخرجه وليس العكس أى أن لن يخرج من B شيئا، إلا أن مقاومة خرج المكبر عادة ما تكون صغيرة، لذا يفضل أن نضيف له **مقاومة** RO تمنع تأثير خرج المكبر على المحول.

الآن عندما تأتى الإشارة من الطرف B ، ستنقسم أيضا نصفين بين الملفين ٦،٧ **و ٩،١٠ فى المحول** السفلى وهو ما يسبب نصف هذا الجهد على الملف ١،٤ **و نصف آخر على الملف ٢،٥ فى نفس المحول**

الجهد على ٤،١ السفلى سيسبب مرور تيار فى ١،٤ **العلوى و** ٢،٥ السفلى سيسبب مرور تيار فى ٢،٥ **العلوى ولكن** ٢،٥ **العلوى متصل عكس** ١،٤ العلوى أى يضعف كل منهما الآخر، فلو وضعنا ZB **مماثلة لإعاقة الخط** على اليسار ستتم معادلة ١،٤ **العلوى مع** ٢،٥ العلوى ولن يخرج شيء من المحول العلوى فى اتجاه المكبر وهذا أهم ما فى الموضوع.

هكذا الحوار الآتى من الخط على اليسار سيخرج للمكبر العلوى فبكبر و يخرج من مخرج A و ما يخرج منه عبر B سيفقد، و الآتى من **المكبر** B سيكبر و يخرج إلى الخط و لكنه يتعادل فى المحول ولا يخرج منه شيء إلى المكبر A و دائرة مشابهة على الجانب الأيمن كما بالصورة الأولى.

تصميم محول الصوت فى التليفونات:

طبعا سنبدأ بكونه محول بنسبة ١:١ و هذا يحدد نسبة اللفات لكن لا يحدد عددها. لهذا يجب **أن نأخذ فى اعتبارنا عنصر آخر للمعادلة .**

حسنا لتكن القدرة، كما سبق فالقدرة تحدد مساحة مقطع الحديد و عدد اللفات لكل فولت و لكنها لا تحدد الفولت ولا عدد اللفات الكلية.

إذن نرجع للدائرة الأصلية لنضيف منها العنصر المفقود، إما الفولت كمحولات الفولت أو المقاومة أو التيار كمحولات التيار. بالعودة لدوائر و مواصفات الهاتف التقليدى نجد أنه ٦٠٠ أوم وهو قيمة المعاوقة الداخلية لأن الهاتف منذ هاتف جراهام بل الأول وحتى الآن و من ثم تكون كل خطوط النقل لها نفس المعاوقة و بعد انتشارها بالملايين وفى بلاد عديدة بدأت المكبرات الإلكترونية لذا كان من الضرورى الإبقاء على مواصفات الأجهزة **الموجودة. حسنا لنبدأ الحساب.**

لدينا القدرة و لدينا المقاومة إذن نحسب كل من الفولت والتيار.

من المفارقات المذهلة أن نجد أن التليفونات –نظرا لكونها الأقدم ظهورا أى قبل الصمامات و المكبرات بكل أنواعها- كانت السبب فى العديد من القواعد والثوابت فى عالم الإلكترونيات فهى الأساس فى اختيار **٦٠٠ أوم مقاومة الخط و العدة** "الهاتف ذاته" و أيضا وحدة "**إلى**" لقياس شدة الصوت و التى وجدت كبيرة فاستخدمت الديسى بل وهى من **Decimal** أى عشرى وهى جزء من عشرة أجزاء.

القدرة الصوتية المستخدمة هى صفر ديسيبل، و نلاحظ أن هذه القيمة و المسماة "زيرو دى بى" **موجودة فى كل** الأجهزة، فكل مداخل الصوت فى المسجلات و التلفاز و غيره يسمى "زيرو دى بى"، وأى جهاز به مقياس، تجد الحد المثالى له "زيرو دى بى".

ولكن زيرو يعنى لا شيء فكيف؟ لا تنسى أنها وحدة لوغاريتمية و لوغاريتم صفر = ١

إذن لو حسبنا هذه القيمة سنجدها تقابل **١ ملى وات، و المقاومة ٦٠٠** أوم إذن الجهد = **٠.٧٧ فولت**

لنبدأ محولنا الآن ، مساحة القلب = جذر القدرة = جذر ١ = ٠.٠٠١ = ٠.٠٣١٦٢ سم^{٢}

هذا يوازى تقريبا **٢ مم** × **٢مم** وهو بالطبع أصغر من أن يحقق عمليا لذا فأى مساحة قلب متاحة يمكن استخدامها، لكن هل هناك أمر آخر ربما يتدخل فى الحساب؟؟

حسنا من حيث المبدأ كلا لكن لو نظرنا بدقة لكيفية عمل سنجد أن عند رفع السماعة للرد على المكالمة أو طلب مكالمة جديدة، يمر تيار فى الدائرة قدره تقريبا **٨٠** ملى أمبير ، وهذا ما تستشعر به الدوائر حالة الخط ، فترد على **المشترك بالحرارة بمعنى** "جاهز للطلب" ويهبط التيار

إذن يجب أن يمر هذا التيار فى ملفات المحولات دون أن يسبب لها حالة التشبع، أو يستخدم مكثف لتمرير التيار **المستمر فى مسار و المتردد فى مسار آخر.**

حسنا نختار القلب الذى لا يتشبع بهذا التيار و أى فائض فى مساحة مقطع القلب سيكفى لنقل الصوت فالحسابات **لقدرة ١** ملى وات أعطت مساحة قليلة.

بقى أن نحدد التردد وهو تردد النطاق فى التليفونات وهو من **٣٠٠ إلى ٣٠٠٠ ذ/ث، فلو استخدمنا التردد الأدنى** وهو **٣٠٠ ذ/ث** يكون لدينا

الحل ٦٠٠ أوم و القدرة ٦٠٠ ملى وات و الفولت ٠.٧٧٥ فولت و لو أخذنا أقل مساحة قلب ملى ١ سم٢ تكون عدد اللفات /فولت = ٥٠ ÷ ١ = ٥٠ لفة كما كان سابقا

نقسم هذه النسبة على نسبة التردد **٣٠٠ : ٥٠ أى ٦** يكون لدسنا

٥٠ ÷ ٦ = ٨.٣ لفه /فولت

بضرب هذه القيمة فى الفولت المطلوب وهو **٠.٧٧٥** ينتج **٦.٥ لفة**

لاحقا تطورت التقنيات و ظهرت المكبرات و الصمامات و الحاجة لمحولات ذات قدرة كبيرة لنقل التيارات ذات الترددات الصوتية من الصمامات للمذياع مع تعديل الممانعة لتناسب القيمة العالية جهة الصمامات مع القيمة المنخفضة جهة البوق (الهورن) ، هنا المشكلة تعقدت لضرورة **فى الطاق الترددى بقدر الإمكان، لذا نعود لنفس السؤال مرة أخرى** –ما هى الترددات المطلوبة؟

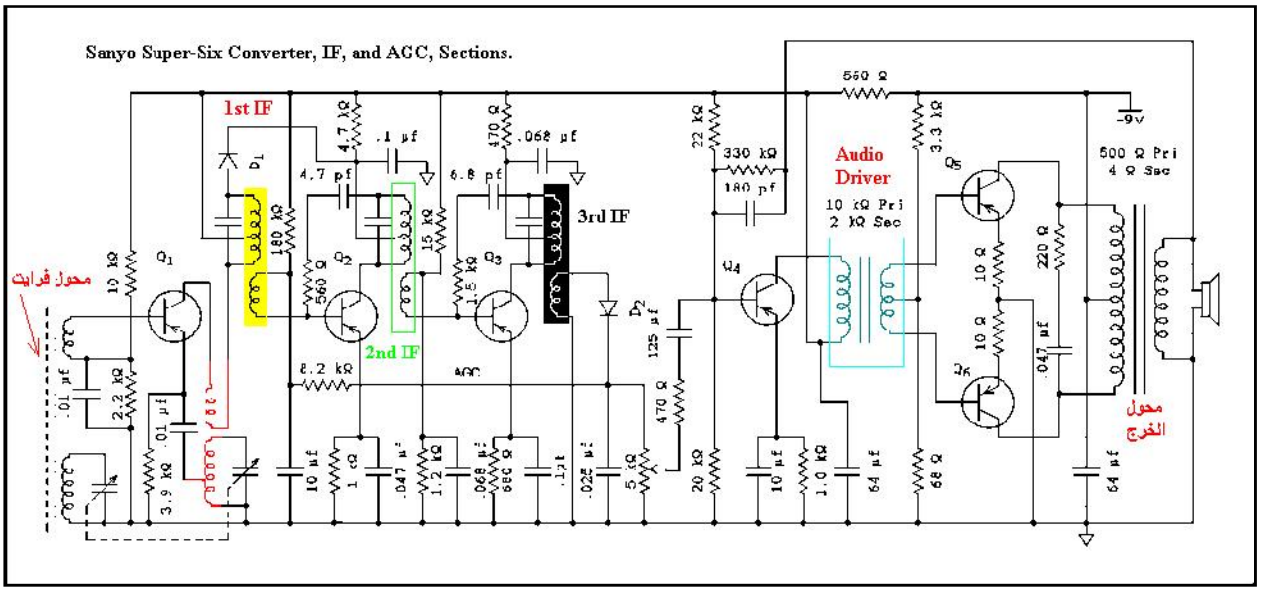
محولات الصوت للمكبرات:

فى دوائر القدرة بالصمامات كانت المحولات ضرورة لأنها تقوم بالمواءمة حيث ترفع معاوقة السماعة من **٨ أوم إلى ٥** ك أوم أو أكثر وهو الحمل المناسب **لعلى الصمام.**
مازالت هذه الدائرة مستخدمة ولكن فى مولدات نغمة جرس لذا ليست ذات موضوع لصغر القدرة المطلوبة ، فقط المهم نسبة اللفات لتحقيق الاهتزاز.
للقدرات العالية استخدمت المحولات لنفس السبب و تم التغلب على مشكلة التيار المستمر باستخدام دوائر Class B و بقيت مشكلة حساسية هذه المحولات للتردد وكانت تعوق الحصول على دوائر ذات جودة عالية HI-FI ولكن لحد بعيد تم التغلب على هذه المشكلة باستخدام التغذية العكسية السالبة، و للتفصيل يرجى الرجوع لموضوع تصميم الدوائر الإلكترونية.
من المتوقع بدوائر الترانزيستور أن ينتهى استخدام المحولات تماما فهى قادرة على تشغيل السماعات مباشرة بأى مقاومة و أى قدرات دون الحاجة لمحولات مواءمة، لكن تأتى الرياح بما لا تشتهى السفن.
ماذا لو لديك مكبر **٢٠٠ وات مثلا و الحمل ٤** أوم، سيكون التيار ببساطة **٧.١** أمبير.
هذا يتطلب سلك على الأقل **٣ مم^{٢}** وهو مكلف خاصة لو أردت توزيع هذه القدرة على مبنى به عدة طوابق و قطاعات أو غرف.
المشكلة الأخرى، السماعات المتاحة إما ٨ أوم أو ٤ أوم، كيف نوصل أى عدد منها للوصول لقيمة **٨ أو ٤ أوم؟؟ المحولات مرة أخرى!!**
نضع محول مناسب لقدرة السماعة ليرفع المقاومة ثم نفعل العكس عند المكبر وهو نفس ما يحدث فى محطات توليد القدرة للنقل حيث يرفع الجهد عند المولد ثم تنقل عبر خط نقل للحمل (محطة توزيع..الخ) حيث يخفض الفولت مرة أخرى و تحقق فائدة مباشرة وهى استخدام سلك أرفع.
فى المثال السابق كان التيار **٧.١** أمبير و الجهد **٢٨** فولت فيمكننا رفع الجهد لأى قيمة مناسبة.
اتفق على قيمتين قياسيتين هما **٧٠ فولت و ١٠٠ فولت فى المثال السابق لو رفعنا الخرج إلى ١٠٠ فولت ستكون النسبة ٣.٦** وهى نفس النسبة التى يقسم عليها التيار فيصبح **٢** أمبير و يكفيه سلك نصف مم^{٢}.
الآن نضع على كل سماعة محول من ١٠٠ فولت لما يناسب قدرتها و بهذه الطريقة نستطيع توصيل السماعات على التوازى مباشرة دون أى مشاكل كما تفعل بالمصابيح العادية، و تقسم إلى مساحات و قطاعات كما تريد.

محولات الدوائر اللاسلكية IF,RF,data

غالبية الدوائر الإلكترونية تعمل بملف به وصله منتصفية ، استخدم كلمة "منتصفية" فهى ليست بالضرورة فى النصف تماما ولكن تتراوح من ١:٥ إلى ١:١ مما يجعل الملف هذا يعمل بنظرية المحول الذاتى وهو فى كثير من دوائر المهتز مثل هارتلى الخ.قد تحتاج لتغيير القسمة للضبط، لذا يجعل قلبه من مادة الفرايت ليناسب التردد و بشكل "محوى" أو "برغى" أو "فلاووظ" ليمكن تحريكه بمفك لتحقيق الضبط. الصورة ١ تبين هذه الملفات و شكل القلب. غالبا ذو ثلاث أطراف.
العلبة المعدنية لتحمى الملف من أن يؤثر فى الدوائر المحيطة به أو يؤثر هو فيها.

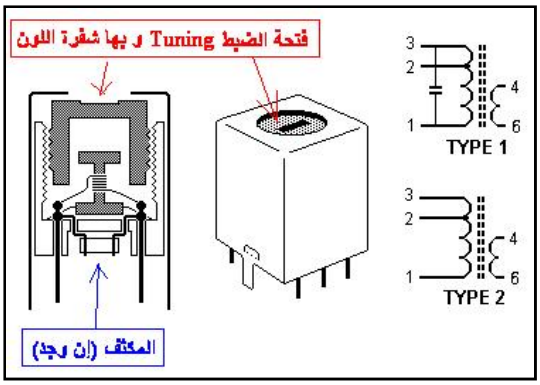
نفس الشكل ذو خمسة أطراف يستخدم فى كل أجهزة الاستقبال فيما يسمى محول التردد البينى I.F. Transformer و الشكل ٢ يبين ترقيم أطرافه.
لفهم دوره نلقى نظرة سريعة على دائرة راديو تقليدية، ولا عجب أن تجد هذا الكم من المحولات و إن لم تذكر صراحة.
قبل الشرح نذكر أن أغلب الأجهزة تعمل بنظرية Super Heterodyne أو اقتران التردد، حيث تكبر الإشارة ثم تمزج بمذبذب محلى تردده دوما أعلى من المحطة بمقدار ثابت فينتج المجموع و الفرق، الفرق سيكون دوما ثابت القيمة مما يمكن من انتقاء عالى للمحطات و زيادة الحساسية.
هذه دائرة راديو كامل للموجة المتوسطة AM



وهى من هذا الموقع
http://www.angelfire.com/planet/funwithtransistors/AJ6-5.html
أول شيء تجده ما يسمى "محول الفرايت" و للأسف يطلق عليه مسميات مثل عمود الفحم الخ. هو قضيب من الفرايت هدفه تركيز المجال المغناطيسى للموجات اللاسلكية، عليه ملف كبير ليمكن اختيار القناة منه بواسطة مكثف متغير أسفل يسار الصورة.
لو نذكر من سلسلة تصميم الدوائر الإلكترونية، نجد أن معاوقة الدخول للترانزيستور عموما صغيرة (بضع كيلو أوم على أحسن حال)، هذه المعاوقة تقلل من جودة دائرة الرنين فتقل الانتقائية بين المحطات، لهذا لابد من تقليل

المعاوقة من جهة الترانزيستور و تكبيرها من جهة الرنين كما سبق الشرح في محول المواءمة، لذا تجد ملف آخر صغير بأعلى محول الفرايت هو المتصل بقاعدة الترانزيستور Q1 وهو أول مكبر، و كلاهما على نفس القلب الفرايت.

الترانزيستور Q1 حقا يقوم بدورين، مكبر و أيضا مذبذب من خلال التغذية العكسية من الملف ذو اللون الأحمر و الموصل به أيضا مكثف متغير و خط منقط ليبين ارتباطه ميكانيكيا بالمكثف السابق المتصل بدائرة الرنين مما يجعل تردده دوما أعلى من المحطة المختارة بمقدار ثابت. الشكل ٣ السابق به الملف ذو اللون الأحمر الخاص بهذه الدائرة.



لو لاحظنا هنا أننا نحتاج ملفين، العلوى ذو طرفين لتوفير التغذية العكسية من مجمع الترانزيستور و الملف الثانى لتحقيق الرنين و تغذية دخل الترانزيستور فتكمل دائرة التغذية، و أيضا محول ذاتى لتحقيق المواءمة لذا يتكون من ملفين و خمسة أطراف. لذا يصنع فى علبة خاصة شكلها مألوف فى كل جهاز راديو تقريبا – الشكل ٣ السابق يبين مجموعة المحولات هذه بألوانها القياسية، و الشكل التالى تركيبه من الداخل.

كما سبق الشرح أيضا القلب فرايت و لكنه ثابت و له غلاف خارجى من الفرايت أيضا به قلاووظ لتحريكه للداخل أو الخارج للضبط. للتمييز طلى الجزء العلوى المرئى من مكان الضبط باللون الأحمر ولهذا استخدمت نفس اللون فى تلوين أجزاؤه.

من أين نأخذ الخرج إذن؟ - تماما من المجمع Collector و هو حسب النظرية السابقة تردد الفرق وهو ٤٥٥ك هرتز فى استقبال تعديل الاتساع AM و ١٠.٧ ميجا فى استقبال FM و لهذا نستخدم المحول الموصول فى دائرة المجمع.

علمنا أن الترانزيستور الأول مذبذب محلى Local Oscillator و مازج فى آن و يخرج التردد البينى من محول فى دائرة المجمع Collector.

من دراسة الترانزيستور نعلم أن دوائر الترانزيستور تعانى من صغر المعاوقة وهو يسبب قله الكسب الكلى للمرحلة، فضلا عن وجود المقاومة الصغيرة يقلل من جودة دوائر الرنين لذا يجب أن يكون ما يوضع فى دائرة المجمع Collector محول ذاتى لتوفيق الممانعة و تكبيرها قليلا و هكذا يتم حل مشكلة دائرة المجمع Collector و معاوقتها المنخفضة، الآن نواجه مشكلة أخرى وهى الربط مع دائرة القاعدة Base للترانزيستور التالى Q2 وهى ذات شقين: الجهد المستمر للمجمع أعلى مما يناسب القاعدة، و معاوقة دخول القاعدة المنخفضة تقلل من جودة دوائر الرنين. الأولى يمكن حلها بمكثف لكن الثانية تحتاج محول، و بدلا من عمله ذاتى، يمكن عمله ملف منفصل كما بالرسم ، يحل المشكلتين معا و نستغنى عن استخدام المحول، وهو المحاط بالمربع الأصفر طبعا اللون الأصفر كما بالشكل ٣ أيضا ملف عليه اللون الأصفر للتمييز.

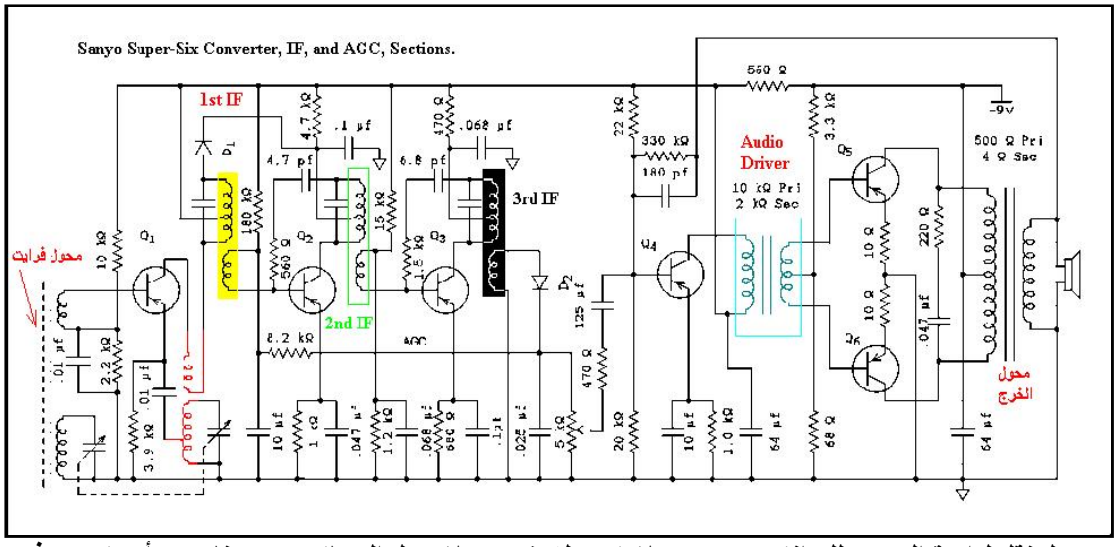
نلاحظ أن المرحلة الثانية Q2 تشابه خرج المرحلة الأولى طبعا مع حذف ملف المذبذب و الهوائى و خرجها محول مشابه أيضا وهو المحاط بمربع أبيض فالشكل ٣ يوضح الملف ذو اللون الأبيض، و للتمييز أحطته بإطار أخضر وهو يغذى المرحلة الثالثة Q3 و التى خرجها أيضا محول مماثل بلون أسود – الشكل ٣- تغذى الكلتف الصوتى D2 و مفتاح التحكم فى شدة الصوت.

لماذا كل هذه الألوان، الم يكن يكفى واحدا فقط و الضبط يقوم بالفرق؟

الأحمر للمذبذب لا جدال حوله لاختلاف التردد الواضح.

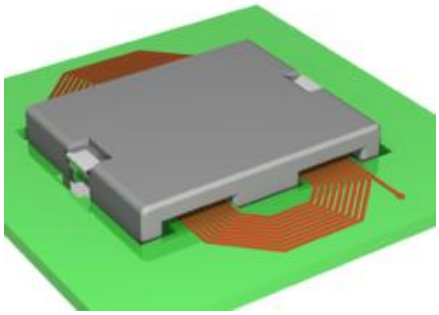
الأصفر يأخذ من دائرة مذبذب و تغذى مرحلة يعتمد عليها كسب الجهاز كله فهى أكثر المراحل كسبا. لماذا؟ لكونها الوحيدة بين دائرتين متماثلتين لكن ما قبلها دائرة تصمم لتهتز دون مشاكل وتولد على أقل ضوضاء فهى أول مرحلة استقبال لذا فمعاوقة خرجها قد تكون مرتفعة نوعا ما و يجب على المرحلة الثانية أن تتواءم معها

الأبيض يجب أن يتواءم مع دائرة التقويم و هى هنا تقويم نصف موجة بواسطة D2 ثم تغذى مكثف تنعيم 0.025 ميكرو فراد وهو قصر على تردد ٤٥٥ك المستخدم فى هذه المرحلة و يمرر فقط إشارة الصوت، فلو هذا القصر

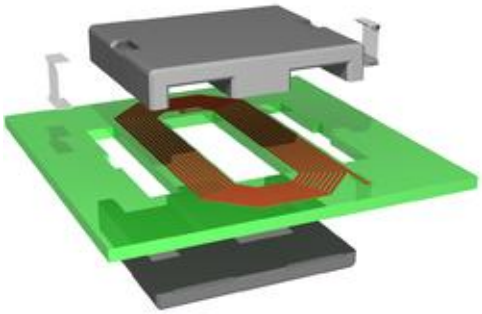


بدون محول نقل لدائرة المجمع للترانزيستور Q3 لا يكون له خرج و لا يعمل الجهاز، ومن هنا يجب أن تكون هذه المرحلة متوائمة مع هذه الشروط لكل تردد.

يخرج الصوت للترانزيستور Q4 وهو أول مرحلة تكبير صوتى وهو يغذى مرحلة خرج طراز دفع وجذب Push Pull لهذا تحتاج هذه المرحلة لتوليد إشارتين متماثلتين و متعاكستين فى الوجه ، لهذا استخدم فى خرج Q4 محول ملفه الثانوى له وصله منتصف وهى غالبا ما تكون على دقة عالية فقد يلف من سلكين معزولين معا ثم يتم توصيل أول أحدهما بآخر الثانى للحصول على تماثل لا يتحقق من لف أحدهما فوق الآخر. أيضا نلاحظ أن الابتدائى ذو معاوقة ١٠ ك بينما الثانوى ٢ ك فقط لرفع مقاومة القاعدة القليلة لتناسب مجمع الترانزيستور Q4 .
الخرجين يغذيان الترانزيستورين Q5,Q6 حيث يقوم محول الخرج بجمع الخرجين و توفيق المقاومة الصغيرة للسماعة ٨ أوم مع القيمة المطلوبة للترانزستورات وهى بضع كيلو أوم



النوع الأخير هو محولات البيانات حيث تكون الترددات عالية تصل عدة ميجا أوم وهى إما لكون التردد أصلا عالى أو لنقله نبضات عرضها قليل.
العالم فورير قام بتحليل الموجات المتنوعة الأشكال و خلص لحقيقة أن أى شكل موجى يمكن تكوينه من مركبة مستمرة و تردد أساسى و توافقياته.
التوافقى هو ضعف التردد أو ٣ أمثال التردد أو ٤ أمثال الخ حتى مالا نهاية كلما قل عرض النبضة كانت محتوياتها من التوافقيات أكثر لهذا فنبضات الرادار أو غيرة من الأجهزة المعتمدة على نبضات رفيعة تحتوى توافقيات كثيرة.



ليست مشكلة التوافقيات فى عددها قدر ما هى فى التردد الأصلى فمثلا
تردد ١ كيلو يكون التوافق الخامس له ٥ كيلو فقط بينما التردد ١ ميجا التوافق الثالث له ٣ ميجا و التردد ١٠٠ ميجا التوافق الثانى ٢٠٠ ميجا
لهذا قد نحتاج لعدة محولات مختلفة التردد لتوفير النطاق الواسع فيما يسمى الرنين المرحل Staggered Tuning وهو كان مستخدما فى التلفاز قبل استخدام الدوائر المتقدمة الحديثة.
الشكل التالى يوضح أنواع من المحولات تصنع من البوردة ذاتها لتحقيق دقة تماثل أعلى، قد تكون الملفات متداخلة على وجه واحد أو متوازية على وجهين و يمكن استخدام فرايت كما بالصورة لتعزيز المجال المغناطيسى.
أرجو أن تكون هذه السلسلة قدمت شيئا لمن بذل الجهد مشكورا لقراءتها.