ترانزســـتور هجيـــن يعتـــبر تطبيقـــاً لترانزستورات BJT وترانزستورات FET

Category: المجلة الثقافية,شروحات ودروس

written by Jamila | 14 أبريل، 2020

نتابع في سلسلة الترانزستورات، ونتحدث اليوم عن ترانزستور هجين يعتبر تطبيقاً لترانزستورات BJT وترانزستورات FET، حيث يستفيد من ميزات كل منها.. متابعة مفيدة وممتعة..

الترانزستور ثنائي الوصلة ذو البوابة المعزولة

:Insulated Gate Bipolar Transistor

يطلق عليه اختصاراً IGBT، وهو عبارة عن تقاطع أو

تهجين بين ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية Bipolar

Junction Transistor BJT وترانزستور تأثير الحقل الكهربائي Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor MOSFET، مما يجعل منه مفتاح الكتروني مثالي لدرجة كبيرة.

يجمع ترانزستور IGBT بين مزايا هذين الترانزستورين سوية، فهو يأخذ من ترانزستور MOSFET صفات ممانعة الدخل العالية (كلما ارتفعت مقاومة الدخل قلت قيمة التيار اللازم لقيادة الترانزستور) وسرعات التبديل الكبيرة (كلما ارتفعت سرعة التبديل زاد مردود وأداء الحمل) في حين يأخذ من ترانزستور BJT جهد الإشباع المنفض. فحصل بالنتيجة على نوع من الترانزستورات قادر على تحمل تيارات باعث – مجمع كبيرة جداً مقادة

بواسطة تيار بوابة قيمته 0 أمبير تقريباً.

تقنية ترانزستور IGBT:

يستخدم هذا الترانزستور تقنية البوابة المعزولة Insulated Gate IG التي تتمتع بها ترانزستورات MOSFET والتي تشكل القسم الأول من اسم الترانزستور IGBT مضافاً لها مزايا أداء الخرج لترانزستورات الوصلة ثنائية القطبية التقليدية Bipolar Transistor BT والتي تشكل القسم الثاني من اسم الترانزستور IGBT. نحصل نتيجة لذلك على ترانزستور IGBT يملك قدرة تبديل خرج كبيرة مضافاً إليها خصائص النقل للترانزستورات ثنائية القطبية ويتم التحكم بجهده كما في حالة ترانزستور MOSFET.

يستخدم ترانزستور IGBT بشكل رئيسي في تطبيقات الكترونيات القدرة (الكترونيات القدرة: أحد فروع الهندسة التي تهتم بعملية التحكم الالكتروني في التطبيقات المختلفة بواسطة تيارات عالية)، المعرجات Inverter، والمبدلات Converters ومولدات القدرة Power Supplies، حيث يكون المطلوب الحصول على عنصر تبديل حالة صلبة (حالة صلبة تعني أنه لا يمتلك أي أجزاء ميكانيكية متحركة كالتي تملكها المرحلات المستخدمة في أنظمة القيادة الآلية للمحركات التحريضية)، ولا يمكن لترانزستورات القدرة BJT وMOSFET تحقيقه بشكل فردي، فالتيارات المرتفعة والجهود الثنائية العالية تكون متوفرة، ولكن ذلك يكون

على حساب سرعات التبديل التي تكون منخفضة لدرجة كبيرة في ترانزستورات BJT، على خلاف ترنزستورات MOSFET التي تتمتع بسرعات تبديل عالية لكن كلفة تصميم مفاتيح تعمل على جهود وتيارات مرتفعة يكون باهظ الثمن وصعب الإنجاز.

فالميزة التي سنحصل عليها بواسطة ترانزستورات IGBT بالمقارنة مع ترانزستورات BJT و MOSFET هي تأمينها لربح قدرة أكبر من ترانزستور BJT مع إمكانية العمل تحت جهود مرتفعة وضياعات دخل منخفضة كما في ترانزستورات MOSFET.

آلية عمل ترانزستورات IGBT:

يعتبر تأثير ترانزستور IGBT مشابهاً لدمج تأثيري كل

من ترانزستور تأثير الحقل FET (Field Effect Transistor) وترانزستور BJT ويمكن تمثيل ذلك على شكل دمج كل من الترانزستور FET و BJT بدارة دارلينغتون (دارة يتم فيها التحكم بتيار قاعدة ترانزستور الخرج عن طريق التحكم بتيار مجمع ترانزستور الدخل).

الشكل 1: الدارة المكافئة للترانزستور IGBT والرمز الالكتروني

نلاحظ من الشكل أن ترانزستور IGBT يمتلك لاث أطرا، فهو عنصر موصل يدمج مدخل ترانزستور MOSFET ذو البوابة المعزولة من النمط الناضب بخرج

ترانزستور ثنائي الوصلة PNP ضمن دارة دارلينغتون، ويتم ترميز الأطراف كما يلي: المجمع (Collector) الباعث (Emitter) والبوابة (Gate)، حيث تكون النهايتان C،E متصلتان بمسار موصل أما النهاية G فتكون متصلة بنقطة التحكم.

إن نسبة التضخيم في التيار التي يتم الحصول عليها من ترانزستور IGBT يمكن تمثيلها كنسبة بين إشارة خرجه إلى إشارة دخله، وتجدر الإشارة إلى أنه في ترانزستورات BJT يتعلق تيار المجمع C بتيار القاعدة B بنسبة تكبير (ربح) تسمى النسبة بيتا β وتحسب من العلاقة:

$$IC=\beta.IB$$

أما بالنسبة لترانزستور تأثير الحقل الكهربائي نوع معدن – أوكسيد نصف ناقلMOSFET، فإنه لا وجود لتيار الدخل طالما أن البوابة معزولة عن القناة الحاملة للتيار الرئيسي، لذلك فإن ربح ترانزستور تأثير الحقل FET يكون مساوياً لنسبة التغير في تيار الخرج إلى التغير في جهد الدخل مما يجعل منها عنصراً ناقلاً، وهذه النتيجة مطبقة تماماً على ترانزستور IGBT وبالتالي يمكننا تمثيل الترانزستور IGBT كترانزستور قدرة من النوع BJT يتم التحكم بتيار قاعدته عن طريق التحكم بجهد بوابة الترانزستور MOSFET.

استخدام ترانزستور IGBT كمفتاح الكتروني مستقر:

عند استخدام الترانزستور IGBT كمفتاح الكتروني

مستقر متحكم به static controlled switch ، فإن هذا الترانزستور يمتلك مستويات جهد وتيار مشابهة لترانزستور ثنائي القطبية BJT، حيث تقوم إشارة دخل الجهد الموجب الثابتة المطبقة عبر البوابة والباعث بالحفاظ على حالة العنصر IGBT في حالة التشغيل On State، أما في حال غياب إشارة الدخل فإن الترانزستور سيكون في حالة القطع Off State كما هي حالة في ترانزستورات BJT.

الشكل 2: خصائص ترانزستور IGBT

يتطلب الترانزستور IGBT قيمة جهد صغيرة تطبق على بوابته من أجل تشغيله لأنه عنصر ذو جهد متحكم به

وذلك على خلاف ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية BJT الذي يتطلب تيار قاعدة مطبق بشكل مستمر بكمية كافية للحصول على حالة الإشباع (القيمة المناسبة لتشغيله).

يعتبر الترانزستور IGBT عنصراً وحيد الاتجاه، أي أنه يقوم بتحويل التيار في الاتجاه الأمامي فقط من المجمع إلى الباعث على خلاف ترانزستور MOSFET الذي يمتلك قدرة التوصيل في الاتجاهين (حيث يكون عنصر متحكم به في الاتجاه الأمامي وغير متحكم به في الاتجاه العكسي).

إن الميزة الرئيسية لاستخدام ترانزستور IGBT (خلافاً لأنواع الترانزستورات الأخرى) هي العمل ضمن الجهود

العالية ومقاومة التشغيل المنخفضة القيمة، بالإضافة لسهولة قيادته وسرعات التبديل العالية فيه، كما أن خاصية تيار قيادة البوابة الصفري يجعله خياراً مناسباً للتطبيقات المتوسة السرعة ذات جهود التشغيل العالية كما يستخدم في تطبيقات التحكم بعرض النبضة Pulse Width Modulation PWM والتحكم بمغيرات السرعة وأنظمة توليد القدرة والمعرجات (محولات التيار المستمر لى تيار متناوب) المستخدمة في أنظمة القدرة الشمسية بالإضافة لتطبيقات محولات التردد التي تعمل في مجال مئات الكيلوهرتز.

مقارنة بين ترانزستور IGBT وترانزستورات BJT و MOSFET

يمكن القول إن مبدأ التشغيل لدارات قيادة البوابة لترانزستور تأثير الحقل ذو البوابة المعزولة IGBT مشابهة لحد كبير لمبدأ تشغيل ترانزستور MOSFET ذو القناة الناضبة من النوع N أما الاختلاف الرئيسي فيكمن في أن المقاومة المقدمة من قناة التوصيل الرئيسية عند تدفق التيار في الترانزستور في حالة التشغيل ON State فتكون قيمتها أصغر بكثير في حالة الترانزستور IGBT، لذلك تكون مستويات التيار أعلى مقارنة بتلك في ترانزستور MOSFET.

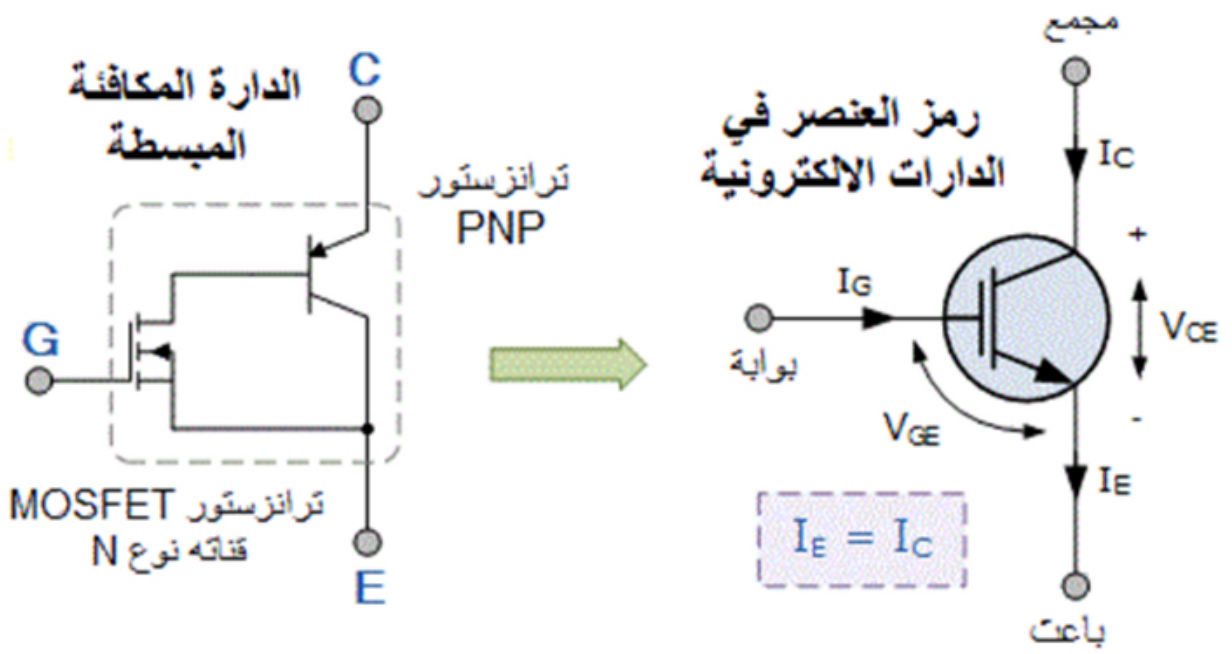
يبين الجدول التالي مقارنة بين ترانزستور تأثير الحقل ذو البوابة المعزولة IGBT وكل من ترانزستورات BJT وMOSFET:

الخلاصة:

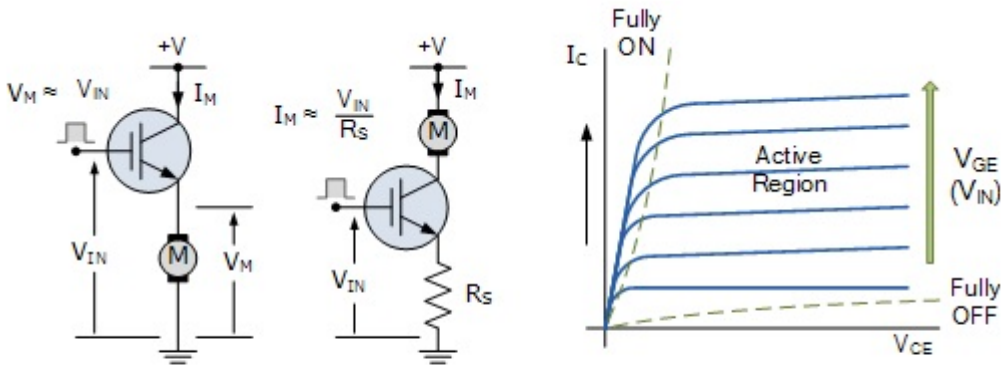
يمكن القول بأن ترانزستور IGBT هو عبارة عن عنصر تبديل نصف ناقل يملك خصائص خرج ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية BJT، ولكن يتم التحكم به بنفس الطريقة التي يتم التحكم بها بترانزستور MOSFET.

إحدى مزايا ترانزستور IGBT الرئيسية هي بساطة قيادته في حالتي الوصل والفصل أو في المنطقة الخطية الفعالة أو كمضخم قدرة، وبوجود ضياعات ناقلية منخفضة عند التشغيل بالإضافة لقدرته على تبديل جهود مرتفعة بدون حدوث ضرر، فإن كل ذلك يجعل هذا الترانزستور مثالياً لقيادة الأحمال الحثية

"التحريضية" كالوشائع والمحركات الكهرومغناطيسية.



Picture Private WWW.MBSMGROUP.TN
Picture Private Copyright WWW.MBSMGROUP.TN



Picture Private WWW.MBSMGROUP.TN
Picture Private Copyright WWW.MBSMGROUP.TN

خصائص العنصر	ترانزستور القدرة ثنائي القطبية BJT	ترانزستور القدرة MOSFET	ترانزستور IGBT
مستويات الجهد	مرتفعة أقل من 1000 فولت	مرتفعة أقل من 1000 فولت	مرتفعة جداً أكثر من 1000 فولت
مستويات التيار	مرتفعة أقل من 500 أمبير	منخفضة أقل من 200 أمبير	مرتفعة أكثر من 500 أمبير
آلية قيادة الدخل	تيار بمعامل تكبير من 20-200	جهد بين البوابة والمصرف V_{GS} بين 3-10 فولت	جهد بين البوابة والباعث بين 4-8 فولت
ممانعة الدخل	منخفضة	مرتفعة	مرتفعة
ممانعة الخرج	منخفضة	متوسطة	منخفضة
سرعة التبديل	بطيئة (ميكرو ثانية)	سريعة (نانو ثانية)	متوسطة
الكلفة	منخفضة	متوسطة	مرتفعة

Picture Private WWW.MBSMGROUP.TN
Picture Private Copyright WWW.MBSMGROUP.TN