Amplification التضخيم

- Amplification is used ***to increase the size of the electrical pulses coming from the transducer after an echo is received***. يُستخدم التضخيم لزيادة حجم النبضات الكهربائية القادمة من محول الطاقة بعد استقبال الصدى.
- The ***amount of amplification*** is determined by the ***gain setting***. يتم تحديد مقدار التضخيم من خلال إعداد الكسب.
- The principal control associated with the amplifier is the ***time gain compensation (TGC)***, which allows the user to ***adjust the gain in relationship to the depth of echo sites within the body***. التحكم الرئيسي المرتبط بمكبر الصوت هو تعويض كسب الوقت، والذي يسمح للمستخدم بضبط الكسب فيما يتعلق بعمق مواقع الصدى داخل الجسم.

Scan Generator مولد المسح

The scan generator controls the ***scanning of the ultrasound beam over the body section being imaged***. This is usually done by controlling the ***sequence in which the electrical pulses are applied to the piezoelectric elements*** within the transducer. يتحكم مولد المسح في مسح شعاع الموجات فوق الصوتية فوق قسم الجسم الذي يتم تصويره. يتم ذلك عادة عن طريق التحكم في التسلسل الذي يتم فيه تطبيق النبضات الكهربائية على العناصر الكهرضغطية داخل محول الطاقة.

Scan Converter محول المسح

Scan conversion is the ***function that converts from the format of the scanning ultrasound beam into a digital image matrix format for processing and display***. تحويل المسح الضوئي هو الوظيفة التي تتحول من تنسيق شعاع الموجات فوق الصوتية المسح إلى تنسيق مصفوفة صورة رقمية للمعالجة والعرض.

Image Processor معالج الصور

The digital ***image is processed to produce the desired characteristics for display***. This includes giving it specific ***contrast characteristics*** and ***reformatting the image.*** تتم معالجة الصورة الرقمية لإنتاج الخصائص المطلوبة للعرض. يتضمن ذلك منحها خصائص تباين محددة وإعادة تنسيق الصورة.

Display عرض

The digital ultrasound images are viewed on the equipment display ***(monitor)*** and usually ***transferred to the physician display or work station***. يتم عرض صور الموجات فوق الصوتية الرقمية على شاشة عرض الجهاز (الشاشة) ويتم نقلها عادةً إلى شاشة عرض الطبيب أو محطة العمل.

One component of the ultrasound imaging system that is ***not shown*** is the ***digital storage device*** that is used to ***store images for later viewing*** *أحد مكونات نظام التصوير بالموجات فوق الصوتية الذي لا يظهر هو جهاز التخزين الرقمي الذي يستخدم لتخزين الصور لعرضها لاحقًا.*

Things to Consider أشياء للإعتبار

For any ultrasonic gauging application, ***the choice of gauge and transducer*** will depend on the ***material to be measured***, ***thickness range*** and ***accuracy*** requirements, ***geometry*** and ***temperature***, and any special conditions that may be present. *بالنسبة لأي تطبيق قياس بالموجات فوق الصوتية، يعتمد اختيار المقياس ومحول الطاقة على المادة المراد قياسها، ونطاق السمك ومتطلبات الدقة، والهندسة ودرجة الحرارة، وأي ظروف خاصة قد تكون موجودة.*

1) Thickness Range نطاق السماكة

- Thickness ranges will also dictate the type of gauge and transducer to be selected. In general, ***thin materials require high frequency transducers*** and ***thick or attenuating materials require lower frequencies***. *ستحدد نطاقات السُمك أيضًا نوع المقياس ومحول الطاقة الذي سيتم اختياره. بشكل عام، تتطلب المواد الرقيقة محولات طاقة عالية التردد، بينما تتطلب المواد السميكة أو المخففة ترددات أقل.*
- ***Very thin material*** may not be within the range of a gauge utilizing contact transducers; a ***delay line transducer*** may then be the answer. **قد لا تكون المادة الرقيقة جدًا ضمن نطاق المقياس الذي يستخدم محولات الطاقة المتصلة؛ قد يكون محول خط التأخير هو الحل.**
- Similarly, ***gauges with delay line and immersion transducers*** have ***limited maximum thickness*** capabilities primarily due to ***potential interference from a multiple of the interface echo***. **وبالمثل، تتمتع المقاييس ذات خط التأخير ومحولات الطاقة الغاطسة بقدرات محدودة على الحد الأقصى للسمك ويرجع ذلك أساسًا إلى التداخل المحتمل من مضاعف صدى الواجهة.**

2) Geometry الهندسة

A ***contact transducer is preferred for most ultrasonic measurements***, unless ***sharp curvature or small part size*** makes contact measurements impractical. As the surface ***curvature of the test piece increases***, the ***coupling efficiency from the transducer to the test piece is reduced***. In general, as the ***surface curvature increases***, the s***ize of the contact transducer should be reduced***. Extreme curvature or inaccessibility of the test surface requires a system with a ***delay line or an immersion transducer***. **يُفضل استخدام محول الطاقة التلامسي في معظم قياسات الموجات فوق الصوتية، ما لم يكن الانحناء الحاد أو حجم الجزء الصغير يجعل قياسات التلامس غير عملية. ومع زيادة انحناء سطح قطعة الاختبار، تقل كفاءة الاقتران من محول الطاقة إلى قطعة الاختبار. بشكل عام، مع**

زيادة انحناء السطح، يجب تقليل حجم محول الاتصال. يتطلب الانحناء الشديد أو عدم إمكانية الوصول إلى سطح الاختبار نظامًا مزودًا بخط تأخير أو محول طاقة غاطس.

3) Temperature

When heated above a certain temperature (about ***350ºC for PZT***), called its "***Curie Temperature***", transducers ***lose their piezoelectric properties***. Transducer probes should obviously ***not be autoclaved*** (***nor should they be immersed in water unless waterproofed***). ***Thin slices*** of naturally occurring ***quartz crystals*** also show the piezoelectric effect, and are used in ***digital timers and computers***. عند تسخينها فوق درجة حرارة معينة (حوالي 350 درجة مئوية)، والتي تسمى "درجة حرارة كوري"، تفقد محولات الطاقة خصائصها الكهرضغطية. من الواضح أنه لا ينبغي تعقيم مجسات محول الطاقة (ولا ينبغي غمرها في الماء ما لم تكن مقاومة للماء). تُظهر الشرائح الرقيقة من بلورات الكوارتز الطبيعية أيضًا التأثير الكهرضغطي، وتُستخدم في أجهزة ضبط الوقت الرقمية وأجهزة الكمبيوتر.

4) Accuracy دقة

Many factors may affect accuracy: ***sound attenuation and scattering***, ***sound velocity variations***, ***poor coupling***, ***surface roughness***, ***non-parallelism***, ***curvature***, ***echo polarity***, etc. Selection of the best possible combination of gauge and transducer should take into account all these factors. With proper calibration, measurements can usually be made to an ***accuracy of 0.001 inch or 0.01 mm***. قد تؤثر العديد من العوامل على الدقة: توهين الصوت وانتشاره، وتغيرات سرعة الصوت، وضعف الاقتران، وخشونة السطح، وعدم التوازي، والانحناء، وقطبية الصدى، وما إلى ذلك. وينبغي أن يأخذ اختيار أفضل مجموعة ممكنة من المقياس ومحول الطاقة في الاعتبار جميع هذه العوامل. من خلال المعايرة المناسبة، يمكن عادةً إجراء القياسات بدقة تصل إلى 0.001 بوصة أو 0.01 ملم.

Ultrasound Modalities طرق الموجات فوق الصوتية

Ultrasound is diagnostically useful in medicine two modalities: ***الموجات فوق الصوتية مفيدة تشخيصياً في الطب بطريقتين:***

1) *Continuous sound energy* uses a ***steady sound*** source, and has applications that include ***fetal heart beat detectors and monitors***. This ***Doppler ultrasound can also be used to evaluate blood flow*** through different structures. 1) تستخدم الطاقة الصوتية المستمرة مصدرًا صوتيًا ثابتًا، ولها تطبيقات تشمل أجهزة كشف ومراقبة ضربات قلب الجنين. يمكن أيضًا استخدام الموجات فوق الصوتية دوبلر لتقييم تدفق الدم عبر الهياكل المختلفة.
2) *Pulsed sound energy* utilizes a quick ***blip of sound*** (like a hand clap), followed by a relatively ***long pause***, during which time an echo has a chance to ***bounce off the target and return to the transducer***. Through electronic processing of the returning sounds, a ***two-dimensional image can be created*** that provides information about the tissues and objects within the tissues 2) تستخدم الطاقة الصوتية النبضية

ومضة سريعة من الصوت (مثل تصفيق اليد)، تليها فترة توقف طويلة نسبيًا، وخلال هذه الفترة يكون للصدى فرصة للارتداد عن الهدف والعودة إلى محول الطاقة. ومن خلال المعالجة الإلكترونية للأصوات العائدة، يمكن إنشاء صورة ثنائية الأبعاد توفر معلومات عن الأنسجة والأشياء الموجودة داخل الأنسجة.

Ultrasound Pulse Generator مولد نبض الموجات فوق الصوتية

The pulse generator (Figure 8.8) produces the ***electrical pulses that are applied to the transducer***. For conventional ultrasound imaging the pulses are produced at a ***rate of approximately 1,000 pulses per second***. A typical ultrasound pulse consists of cycles of ***oscillating amplitudes*** (see Figure 8.8), and contains a ***spectrum of frequencies (bandwidth) dominated by a centre frequency***. يقوم مولد النبض (الشكل 8.8) بإنتاج النبضات الكهربائية التي يتم تطبيقها على محول الطاقة. بالنسبة للتصوير بالموجات فوق الصوتية التقليدية، يتم إنتاج النبضات بمعدل حوالي 1000 نبضة في الثانية. تتكون نبضة الموجات فوق الصوتية النموذجية من دورات ذات سعات متذبذبة (انظر الشكل 8.8)، وتحتوي على طيف من الترددات (عرض النطاق الترددي) يهيمن عليه التردد المركزي.

Ultrasound relies on ***high-frequency sounds to image the body and diagnose patients***. Therefore ultrasound is ***longitudinal waves that cause particles to oscillate back and forth and produce a series of compressions and rarefactions***. تعتمد الموجات فوق الصوتية على الأصوات عالية التردد لتصوير الجسم وتشخيص المرضى. لذلك فإن الموجات فوق الصوتية عبارة عن موجات طولية تتسبب في تأرجح الجزيئات ذهابًا وإيابًا وتنتج سلسلة من الضغطات والتخلخلات.

Sound source (piezoelectric transducer element) is vibrating object which is in contact with the tissue, ***causing it to vibrate***. ***Vibrations are passed in the area of tissue next to the transducer to nearby tissues***. This process continues vibrations or sound ***pass from one area of the tissue to another***. The rate at which tissue structures ***vibrate back and forth is the frequency of the sound***. The ***rate at which vibrations move*** through the tissue is the ***speed of sound***. مصدر الصوت (عنصر محول الطاقة الكهرضغطية) هو جسم مهتز يتلامس مع الأنسجة، مما يؤدي إلى اهتزازها. يتم تمرير الاهتزازات في منطقة الأنسجة المجاورة لمحول الطاقة إلى الأنسجة القريبة. تستمر هذه العملية في تمرير الاهتزازات أو الصوت من منطقة من الأنسجة إلى أخرى. المعدل الذي تهتز به هياكل الأنسجة ذهابًا وإيابًا هو تردد الصوت. إن المعدل الذي تتحرك به الاهتزازات عبر الأنسجة هو سرعة الصوت.

When the transducer is in contact with a patient (or some other medium) and a few hundred volts ***DC are suddenly applied to the disk, it instantly expands***, thereby compressing layer of the material in contact with it. Due to the elasticity of the material the ***compressed layer expands and compresses*** an adjacent layer of material. عندما يكون محول الطاقة على اتصال بالمريض (أو أي وسيلة أخرى) ويتم تطبيق بضع مئات من الفولتات فجأة

على القرص، فإنه يتوسع على الفور، وبالتالي يضغط طبقة المادة الملامسة له. بسبب مرونة المادة تتوسع الطبقة المضغوطة وتضغط الطبقة المجاورة من المادة.

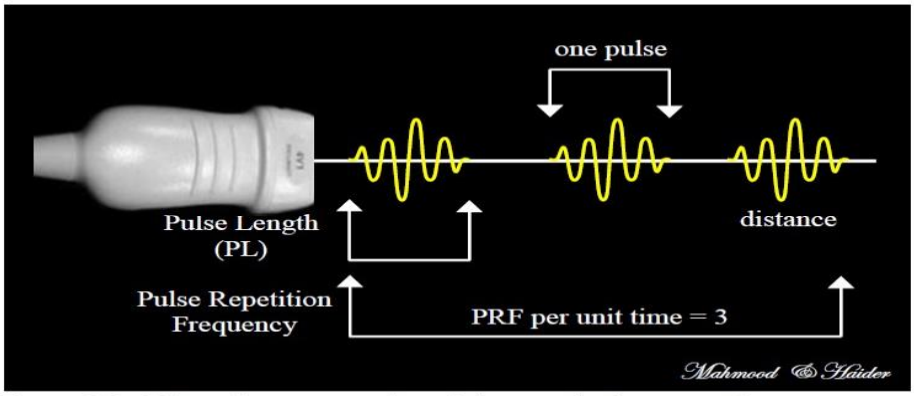

Figure 8.8: Schematic representation of ultrasound pulse generation.

In this way a layer or wave of compression travels with a velocity v through the material, followed by a corresponding wave of decompression of rarefaction. In imaging, such short regular pulses of ultrasound are used. This mechanical sound waves vibrating to create alternating ***zones of pressure*** and upset when spread through the body's tissues. *بهذه الطريقة تنتقل طبقة أو موجة من الضغط بسرعة عبر المادة، تليها موجة مقابلة من تخفيف الضغط من الخلخلة. في التصوير، يتم استخدام مثل هذه النبضات القصيرة المنتظمة من الموجات فوق الصوتية. تهتز هذه الموجات الصوتية الميكانيكية لتكوين مناطق متناوبة من الضغط والانزعاج عند انتشارها عبر أنسجة الجسم.*

Short Pulse

For practical use, ***most modern ultrasound systems*** are designed based on the ***principle of pulse-echo technique***, which means that ***transducer emits only a few cycles of pulses at a time into the human body***. When ***encountering tissues interfaces, reflection and scattering will occur and produce pulse echoes***. By detecting these ***echoes***, tissue positioning and identification as well as ***diagnosis can be made***. *للاستخدام العملي، تم تصميم معظم أنظمة الموجات فوق الصوتية الحديثة بناءً على مبدأ تقنية صدى النبض، مما يعني أن محول الطاقة يصدر بضع دورات فقط من النبضات في المرة الواحدة إلى جسم الإنسان. عند مواجهة واجهات الأنسجة، سيحدث الانعكاس والتشتت وينتج عنها أصداء نبضية. ومن خلال الكشف عن هذه الأصداء، يمكن تحديد موضع الأنسجة وتحديد هويتها بالإضافة إلى التشخيص.*

NOTE: This is the ***pulse rate (pulses per second) and not the frequency*** which is the ***number of cycles or vibrations per second within each pulse***. The principal control associated with the pulse generator is the ***size of the electrical pulses*** that can be used to ***change the intensity and energy of the ultrasound beam***. ملحوظة: هذا هو معدل النبض (نبضات في الثانية) وليس التردد وهو عدد الدورات أو الاهتزازات في الثانية داخل كل نبضة. التحكم الرئيسي المرتبط بمولد النبض هو حجم النبضات الكهربائية التي يمكن استخدامها لتغيير شدة وطاقة شعاع الموجات فوق الصوتية.

Continuous Wave Mode

- ***Frequency, period, wavelength and propagation speed*** are sufficient to describe ***continuous-wave (CW) ultrasound***. (Cycles repeat indefinitely) التردد، الفترة، الطول الموجي وسرعة الانتشار كافية لوصف الموجات فوق الصوتية المستمرة. (تتكرر الدورات إلى أجل غير مسمى)
- Sonography uses ***pulsed ultrasound***, i.e. a few ***cycles of ultrasound separated in time with gaps of no signal***. يستخدم التصوير بالموجات فوق الصوتية الموجات فوق الصوتية النبضية، أي بضع دورات من الموجات فوق الصوتية مفصولة زمنيًا مع وجود فجوات بدون إشارة.

If, instead of DC, an alternating current (AC) voltage is applied, the crystal face pulses forwards and backwards like a piston, producing ***successive compressions and rarefactions*** (Figure 8.9c). Each compression wave has ***moved forwards by a distance*** called the ***wavelength (λ)*** by the time the next one is produced. *إذا تم تطبيق جهد تيار متردد بدلاً من التيار المستمر، فإن الوجه البلوري ينبض للأمام والخلف مثل المكبس، مما ينتج عنه ضغطات وتخلخلات متتالية (الشكل 8.9ج). تتحرك كل موجة ضغط للأمام بمسافة تسمى الطول الموجي () بحلول الوقت الذي يتم فيه إنتاج الموجة التالية.*

As in Figure 8.9, the ***space through which the ultrasound pulse moves is the beam***. In a diagnostic system, pulses are emitted ***at a rate of approximately 1,000 per second***. The pulse rate (pulses per second) should not be confused with the ***frequency, which is the rate of vibration of the tissue within the pulse*** and is in the ***range of 2-20 MHz***. كما في الشكل 8.9، فإن المساحة التي تتحرك من خلالها نبضة الموجات فوق الصوتية هي الشعاع. في نظام التشخيص، يتم إصدار نبضات بمعدل 1000 تقريبًا في الثانية. لا ينبغي الخلط بين معدل النبض (نبضة في الثانية) والتردد، وهو معدل اهتزاز الأنسجة داخل النبضة ويقع في نطاق 2-20 ميجاهرتز.

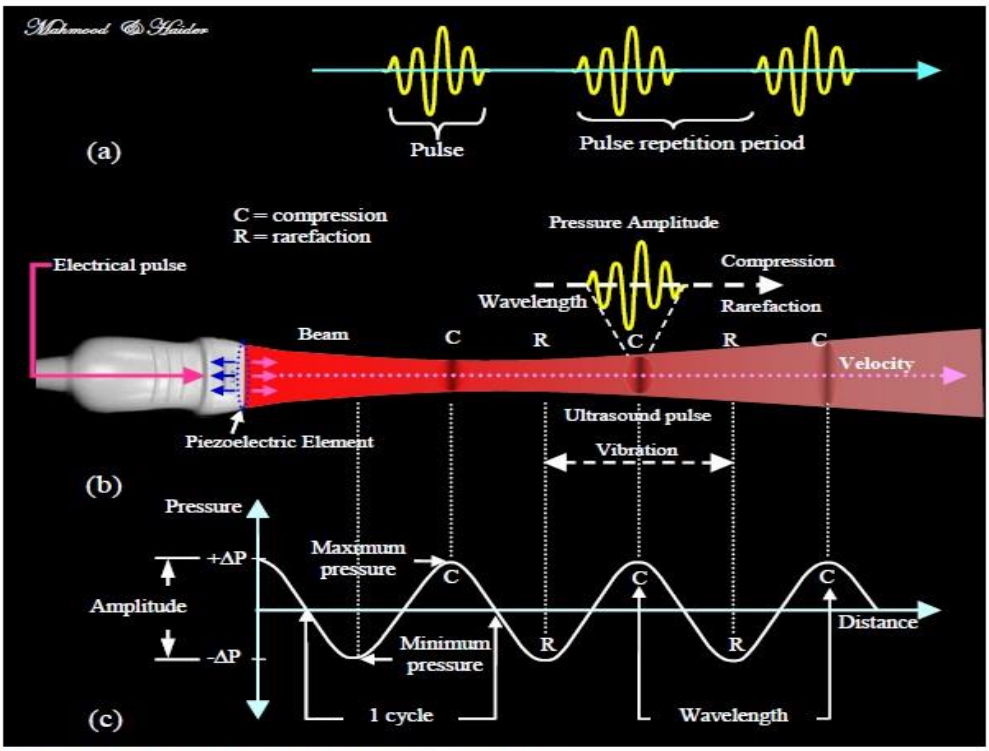

Figure 8.9: The Production of an Ultrasound Pulse.

The frequency (f) with which ***compressions pass any given point is the same as the frequency at which the transducer vibrates and the frequency of the AC voltage applied to it. It is measured in megahertz (MHz)***. التردد الذي تمر به الضغوطات في أي نقطة معينة هو نفس التردد الذي يهتز عنده محول الطاقة وتردد الجهد المتردد المطبق عليه. يتم قياسه بالميغاهرتز ميغاهيرتز

For comparison, Figure 8.9c shows the pressure wave-form of a pulsed wave, after periods in duration. ***Pulse duration is the amount of time from the beginning to the end of a single pulse of ultrasound***. The sound ***in most diagnostic ultrasound systems is emitted in pulses rather than a continuous stream of vibrations***. At any instant, the vibrations are contained within a relatively small volume of the material. It is this volume of vibrating material that is referred to as the ***ultrasound pulse***. As the vibrations are passed from one region of material to another, the ***ultrasound pulse, but not the material, moves away from the source***. للمقارنة، يوضح الشكل 8.9ج شكل موجة الضغط للموجة النبضية، بعد فترات زمنية. مدة النبضة هي مقدار الوقت من بداية إلى نهاية نبضة واحدة من الموجات فوق الصوتية. ينبعث الصوت في معظم أنظمة الموجات فوق الصوتية التشخيصية على شكل نبضات بدلاً من تيار مستمر من الاهتزازات. وفي أي لحظة، يتم احتواء الاهتزازات ضمن حجم صغير نسبيًا من المادة. يُشار إلى هذا الحجم من المادة المهتزة باسم نبض الموجات فوق الصوتية. عندما تنتقل الاهتزازات من منطقة من مادة إلى أخرى، فإن نبض الموجات فوق الصوتية، وليس المادة، تتحرك بعيدًا عن المصدر.

In soft tissue and fluid materials ***the direction of vibration is the same as the direction of pulse movement away from the transducer***. This is characterized as ***longitudinal vibration*** as opposed to the ***transverse vibrations that occur in solid materials***. في الأنسجة الرخوة والمواد السائلة، يكون اتجاه الاهتزاز هو نفس اتجاه حركة النبض بعيدًا عن محول الطاقة. ويتميز هذا بأنه اهتزاز طولي على عكس الاهتزازات العرضية التي تحدث في المواد الصلبة.

As the ***longitudinal vibrations*** pass through a region of tissue, ***alternating changes in pressure*** are produced. During one ***half of the vibration cycle*** the tissue will be compressed with an ***increased pressure***. During the ***other half of the cycle*** there is a ***reduction in pressure and a condition of rarefaction***. Therefore, as an ultrasound pulse moves through tissue, each location is subjected to ***alternating compression and rarefaction pressures***. عندما تمر الاهتزازات الطولية عبر منطقة من الأنسجة، يتم إنتاج تغيرات متناوبة في الضغط. خلال نصف دورة الاهتزاز، سيتم ضغط الأنسجة مع زيادة الضغط. خلال النصف الآخر من الدورة هناك انخفاض في الضغط وحالة من الخلخلة. لذلك، عندما تتحرك نبضة الموجات فوق الصوتية عبر الأنسجة، يتعرض كل موقع لضغوط متناوبة وضغوط تخلخل.

﴿أَلَا بِذِكْرِ اللَّهِ تَطْمَئِنُّ الْقُلُوبُ﴾

By:Mohammed Jabbar Hussein