

## 7. ДИЈАГНОСТИЧКИ УРЕЂАЈИ НА БАЗИ УЛТРАЗВУКА

**Ултразвук** је звук нечујан за људско чуло слуха, односно механички талас који преноси енергију осцилација у опсегу учестаности већа 20 kHz. до 1000 MHz.

Ултразвук се у медицинској дијагностици користи за снимање унутрашњих органа.

Ултразвучни дијагностички уређаји омогућавају:

- детекцију положаја и величине појединих органа у телу,
- одређивање положаја страних тела у организму,
- детекцију кретања органа и телу,
- мерење брзине протока крви у телу,
- ехокардиографију – ултразвучно испитивање срца,
- ехоофтамлогија – испитивање очне јабучице помоћу ултразвука.
- артериографија – ултразвучни приказ крвних судова.

Знатно пре примене ултразвука за снимање унутрашњих органа развијен је већ почетком прошлог века Рентгенски апарат. Иако је рентгенски апарат од изузеног значаја за развој медицине има велики недостатак што су Рентгенски зраци штетни за организам. Зато је, посебно за преглед трудница, тражено боље, безопасно решење.

Идеју за даљинско одређивање локације објекта помоћу таласа човек нашао у природи: слепи мишеви се оријентишу помоћу ултразвука. Док је за лоцирање објекта у атмосфери погодније користити радио таласе, за објекте у води једино решење је ултразвук. Већ у другом светском рату ултразвук се користи за лоцирање подморница а звук за одређивање положаја топова. У медицинској дијагностици ултразвук се почиње користити 70-тих година прошлог века.

### 7.1. Генерисање и простирање ултразвука

Ултразвук се генерише помоћу електромеханичких претварача, најчешће помоћу кварцног пиезоелектричног претварача. Пиезоелектрични ефекат представља својство кварцне плочице да под дејством променљивог електричног поља мења димензије и, обратно, да под дејством променљиве механичке силе на површинама плочице ствара променљиво електрично поље. Захваљујући пиезоелектричном ефекту могуће је наизменичним напоном високе учестаности генерисати механичке осцилације које ће произвести ултразвучни талас.

Пиезоелетричне плочице од кристала кварца су основни елементи у ултразвучним сондама које врше функцију електромеханичког и обратно механоелектричког претварача. Сонде врше функцију предаје и пријема ултразвучних сигнала, као реверзибилни микрофон.

Ултразвук у процесу простирања кроз материјалну средину губи своју механичку енергију услед термичких губитака и расипања, а у нехомогеној средини долази до преламања и рефлектовања ултразвука. Код ткива су у односу на ултразвук значајни параметри: *слабљење*, *карактеристична импеданса* и *полуталасни слој*.

**Слабљење**, уобичајено означено са ознаком ***a*** од енглеског ***atenation***, ултразвука кроз организм може се изразити следећом формулом:

$$a[\text{dB}] = 2f[\text{Hz}]d[\text{cm}],$$

где је ***f*** – учестаност осциловања честица, ***d*** – дубина продирања ултразвука, а 2 је због тога што се у дијагностици користи рефлектовани талас и ултразвук прелази растојање ***d*** два пута. Ултразвук слаби, губи енергију и јачину због топлотних губитака и расејавања односно дисперзије. Топлотни губици настају као последица трења честица у процесу осцилиловања, а до расејавања долази због нехомогености ткива и ћелија. У циљу елиминације ваздуха који изазива велико слабљење између сонде и тела ставља се гел. Смањење амплитуде импулса ултразвука због слабљења услед простирања је експоненцијално и зато у се пријемнику који детектује импулсе рефлектованог ултразвука уграђује специјални појачавач са аутоматском регулацијом појачавања који различито појачава импулсе зависно од тренутка када долазе односно зависно са које дубине су рефлектовани.

**Карактеристична импеданса  $Z_c$**  је величина помоћу које се изражава отпорност одређене средине према ултразвуку, зависи од брзине ултразвука ***v*** и густине средине  **$\rho$** , и може да се изрази помоћу формуле:

$$Z_c = v \times \rho.$$

**Полуталасни слој  $P_s$**  представља дубину до које продире ултразвук при чему се његова јачина смањи на половину почетне вредности. Величина полуталасног слоја зависи од састава преносне средине и учестаности осциловања.

У следећој табели су приказане карактеристичне вредности појединих супстанци у односу на ултразвук.

супстанца	$\alpha$ [dB/cm]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$v$ [m/s]	$Z_c 10^6$ [kg/m <sup>2</sup> s]	$P_s$ [m]
Вода	0,002	0,992	1529	1,50	0,1
Мишићи	1,65-1,75	1,07	1570	1,68	0,021
Масно ткиво	1,35-1,68	0,97	1400	1,40	0,033
Кости	3-10	1,77	3360	6	0,0023
Крв	0,1	1,01	1550	1,56	0,35

## 7.2. Принцип рада и блок шема ултразвучних дијагностичких уређаја

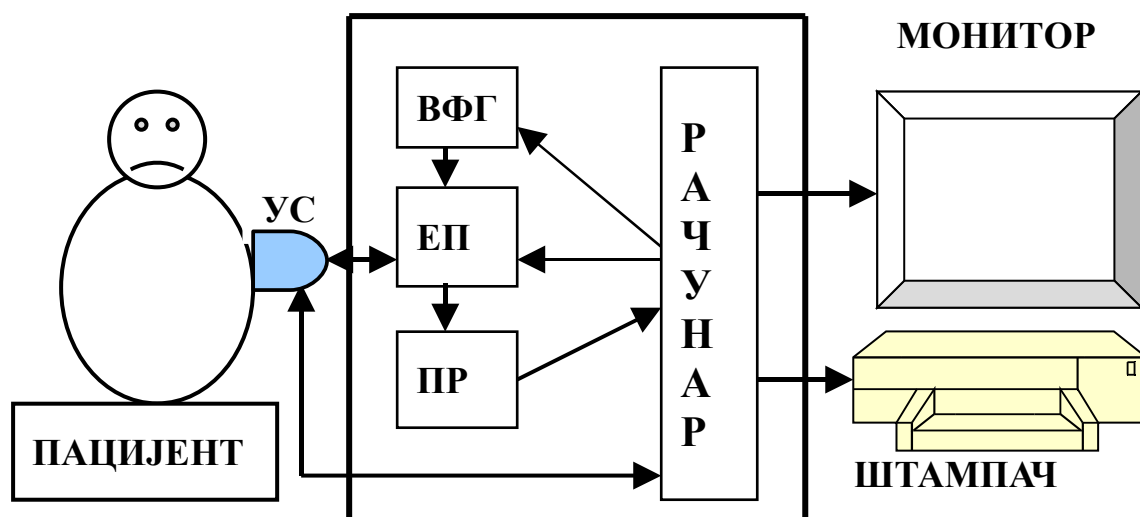
Снимање унутрашњих органа помоћу ултразвука заснива се на одређивању растојања између граничних површина појединих ткива и органа у телу. Подаци о растојањима представљају основу за одређивање облика и величине унутрашњих структура у организму. Растојања се одређују на основу мерења времена простирања ултразвука кроз поједине слојеве унутрашњих ткива. Време  $t_r$  простирања ултразвука од сонде и назад после рефлексије од одређеног слоја може се веома прецизно мерити. Растојању  $d$  између сонде и рефлектујућег слоја је директно пропорционално мереном времену  $t_r$ :

$$d = v t_r / 2$$

где је  $v$  – брзина простирања ултразвука, а време  $t_r$  се дели са 2 због тога што ултразвук и при повратку, то значи два пута прелази растојање  $d$ , односно мерено време је два пута веће од времена за које ултразвук пређе растојање  $d$ .

Растојања и позиције тачака од којих се рефлектује звук по једном правцу, односно на једној линији одређују се за један положај сонде. Померањем сонде и мерењем у више положаја добијају се тачке по више линија. Тачке на више суседних линија, слично као у телевизији, чине слику.

Када се сонда задржи на истом месту али се угаоно заокреће и снима за више положаја добијају се тачке на скупу правих које се зракасто шире од додира сонде са телом и на тај начин добија се секторски приказ.



Сл. 7.1. Општа блок шема ултразвучног дијагностичког система: УС – ултразвучна сонда, ВФГ – високофреквенцијски генератор, ЕП – електронски прекидач, ПР - пријемник



Сл. 7.2. Снимање са ултразвучним дијагностичким уређајем

Ултразвучни уређај садржи, без обзира на ком је технолошком нивоу развијен следеће, основне компоненте:

- пиезоелектричну сонду за предају и пријем ултразвучних таласа,
- генератор високофреквенцијског напона,
- пријемник сигнала рефлектованог ултразвука,
- електронски прекидач,
- рачунар,
- монитор, и
- штампач.

Општа блок шема савременог ултразвучног уређаја дата је на слици 7.1. а слика прегледа са на слици 7.2.

У високофреквенцијском – ВФГ осцилатору генеришу се осцилације електричног поља које се преко електронског прекидача ЕП преносе на пиезоелектрични претвращач у ултразвучној сонди УС где се ове електричне осцилације претварају у механичке осцилације и на тај начин се генерише и емитује ултразвук. Учестаност  $f$  ВФ генератора је веома важан параметар који одређује таласну дужину  $\lambda$  ултразвука на основу познате релације  $\lambda = v/f$ , где је  $v$  – брзина ултразвука. Ова учестаност  $f$  је у медицинској дијагностици одређена као компромис два захтева: дубине продирања и резолуције, у односу на које је испуњење захтева у зависности од  $f$  противуречно. Дубина продирања ултразвука обрнуто је сразмерна учестаности а резолуција односно тачност мерења растојања директно сразмерна са  $f$ .

Ултразвучни талас слаби 1 dB по сваком Hz и по сваком сантиметру дубине. То значи да би се оствариле веће дубине продирања треба радити са што мањом учестаношћу  $f$ , односно што већом таласном дужином  $\lambda$ . Зато ако је потребна слика већих димензија и посматрање органа на већим дубинама треба радити са нижим учестаностима, односно већим таласним

дужинама, али се тада губи на резолуцији. Ниже учестаности  $f$ , односно веће талсане дужине  $\lambda$ , су неповољније за посматрање ситних детаља јер је минимална дебљина која се са ултразвуком може видети већа од четвртине таласне дужине. За бољу резолуцију слике потребно је одредити се за већу учестаност ВФ генератора  $f$ .

У медицинској дијагностици за преглед меких ткива користи се учестаности у опсегу од 1 до 10 MHz. Овај опсег се користи зато што у се телесним ткивима ултразвук простире брзином од око 1500 m/s и у опсегу 1 до 10 MHz таласне дужине ултразвука су између 0.15 mm и 1.5 mm. Изабрани опсег представља оптимално решење за постојеће захтеве у погледу тачности мерених димензија, резолуције слике и дубине продирања. Дубина продирања, како је већ речено, директно је сразмерна таласној дужини док је тачност мерења растојања, а зато и оштрина слике, обрнуто сразмерни.

У дијагностици се за дубинске претраге до 20 cm код одраслих користе учестаности 3,5 MHz, за снимања средњих дубина и деце 5 MHz и за снимања малих дубина 7,5 MHz, док се у офталмологији за преглед очне јабучице користи сонда која ради на учестаности 16 MHz.

Помоћу сонде ултразвук се усмерава ка унутрашњим органима који се испитују. Ултразвучна сонда УС ради реверзибилно и има функцију и да рефлектовани ултразвучни сигнал претвори у електрични који се помоћу електронског прекидача ЕП усмерава ка пријемнику ПР.

Пријемник ПР има функцију да сигнале који су пиезо претварачу настали детекцијом рефлектованих ултразвучних импулса прво довољно појача а затим их проследи преко аналогно-дигиталног конвертора у процесор рачунара. Појачавач пријемника ПР је специфичан и треба да испуњава специфичне захтеве у погледу регулације појачања. Појачање треба да је зависно од времена наилаaska импулса који су настали од рефлектованог ултразвука. Што је време наилаaska импулса дуже појачање треба да буде веће јер импулси настају из већих дубина и зато су више ослабљени па их треба пропорционално више појачати. Ако је регулација појачања адекватна може се добити добар контраст у слици.

Процесор рачунара има функцију да обради сигнале из пријемника и да на основу њих, као и на основу података о кретању сонде врши синтезу слике.

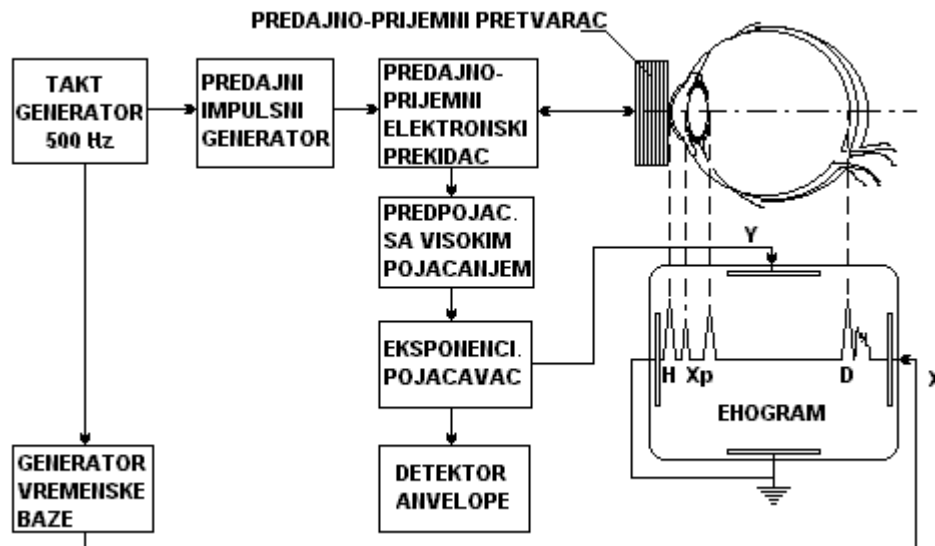
Ултразвучни апарати, за разлику од филмских апарата и оптичких ендоскопа, као и скенери и систем нуклеарне магнетне резонансе, слике генеришу вештачки. Слика која се приказује на монитору или штампачу је синтетичка, формира се математичким методама, помоћу специјалних програма, на основу измерених података. Ту чињеницу треба имати у виду код експлоатације и одржавања уређаја.

Конфигурација рачунара садржи аналогно дигиталне и дигитално аналогне конверторе, оперативну и трајну меморију и тастатуру.

Рачунар поред обраде сигнала врши и контролу рада ВФ генератора, електронског прекидача ЕП и кретања сонде УС.

### 7.3. Начин рада ултразвучних дијагностичких уређаја

Ултразвучни апарати могу радити на три начина рада односно три мода, који се означавају као *А мод*, *В мод* и *(Т)М мод*.

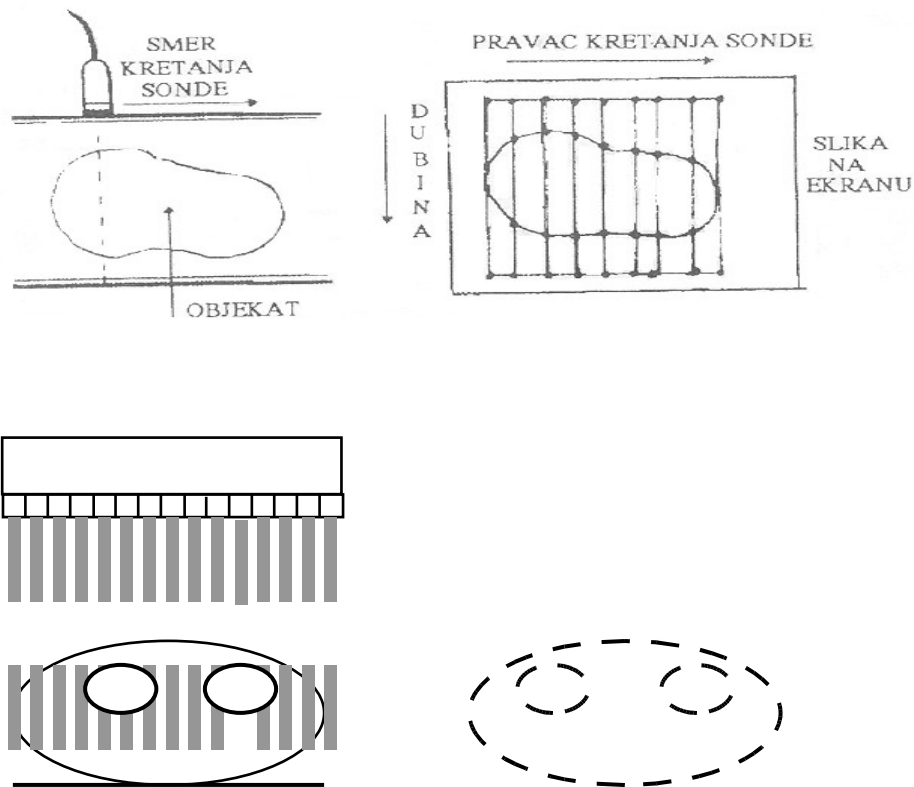


Сл.7.3. Блок шема ултразвучног уређаја у А моду. Н – почетни импулс, Хр – импулс од сочива, D – импулс од очног дна, X и Y – сигнали на отклонском плочама

*А мод* означава приказ растојања појединих слојева на линији простирања ултразвука на основу временског приказа повратка ултразвучних импулса. Рад у А моду најлакше је објаснити помоћу блок шеме првих ултразвучних уређаја са осцилоскопом за мерење дубине појединих органских слојева, што представља рад у А моду, а приказана је на слици 7.3.

Код рада у А моду ултразвучна сонда за сваки положај детектује серију импулса рефлектованих са различитих дубина. Импулси са већих дубина су више ослабљени и зато појачавач у пријемнику треба да им аутомтску регулацију пјачања. Временска растојања између врхова импулса на екрану осцилоскопа или монитора одговарају просторним растојањима између органских слојева од којих се рефлектује ултразвук. Са А модом се добијају тачке пресека на једној линији, односно једндимензионално мерење.

*В мод* представља приказ дводимензионалног пресека, односно слике, В је од Bild – слика. Слика, односно В мод, се синтетише на основу података који се добију у процесу линијске анализе више А модова, односно истовременим приказом суседних линија снимљених у А моду. Примопредајном сондом се врши линијска анализа, претраживање, односно скенирање елемената слике пресека унутрашњег органа организма



в)

Сл. 7.4. В мод са сондом са: а) једним и б) великим бројем пиезо елемената

Синтеза слике у В моду може се реализовати на два начина и то:

- механичким померањем и контролом померања ултразвучне сонде која саржи један или неколико пиезоелектричних претварача, и
- коришћењем сонде са више пиезоелектричних претварача.

Као што је илустровано на слици 7.4.а механичким померањем примопредајне сонде добијају се, за сваки положај сонде, подаци о дисконтинуитетима који представљају елементе слике на једној линији. Подаци о елементима слике по одређеном правцу за сваки положај сонде се памте у меморији процесора слике. После завршеног скенирања, односно померања сонде до краја сниманог сегмента, процесор синтетише слику. Слика се синтетише на основу података који се прикупљају са сондом, појачавају у пријемнику и меморишу у матрици података. За добру синтезу слике потребна је прецизна контрола механичког померања сонде и меморисање свих положаја сонде са којом се врши скенирање. Синтетизована слика приказује се на екрану или штампа на папиру.

Истовремено скенирање више линија и синтеза слике без померања сонде реализује се помоћу сонде у коју је смештено више пиезоелектричних претварача у зајеничко кућиште, како је приказано на слици 7.4б. Резолуција

дуж линија секторске слике зависи од броја пиезо претварача у сонди. У току снимања ултразвучне сонде се прислања на одређено место тела на кожу, претходно намазану гелом, и са тог положаја сонда емитује ултразвук у унутрашњост тела. У односу на површину тела сонда заузима одређен угао под којим се емитује ултразвучни талас. Сондом са једним пиезо елементом се, са једним одређеним углом добијају тачке на једној линији. Угловним закретањем сонде добијају се тачке на више суседних зракасто помеређаних линија и на тај начин се синтетише слика сектора.

Секторске слике су практично најчешћа, типична форма слика код ултразвучних апарата. Такве слике добијају се не само контролисаним закретањем сонде са једним пиезо елементом већ се могу добити и са електронским секторским сондама које није потребно померати. Код електронских секторских сонди елементи су тако позиционирани и имају такву побуду да су генерисани ултразвучни таласи секторски распоређени.

**Б мод** се користи у онкологији, акушерству, гинекологији, урологији, оториноларингологији.

Ултразвучна анализа и синтеза слике слична је електронској линијског анализи у телевизији.

**М или ТМ мод**, скћеница од *Time Motion*, је начин рада ултразвучног апарата помоћу кога се посматра покретна слика, односно кретање, органа или течности помоћу ултразвука. Кретање објекта, који се излаже дејству ултразвука, детектује се на основу *Доплеровог ефекта*.

**Доплеров ефекат** је појава да учестаност сигнала детектованог таласа у пријемнику није иста као и учестаност предајника који емитује таласе уколико постоји померање и релативна брзина између предајника и пријемника. Кад се пријемник и предајник међусобно приближавају учестаност у пријемнику  $f_R$  ће бити већа од учестаости предајника  $f_T$ . Кад се предајник и пријемник међусобно удаљавају  $f_R$  ће бити мања од  $f_T$ . Разлика учестаности  $\Delta f = f_R - f_T$  директно је сразмерна релативној брзини  $\Delta v$  између предајника и пријемника таласа:

$$\Delta v \cos \theta = (f_R - f_T) v_{uz} / 2f_T = k \Delta f,$$

где је  $\theta$  угао између првца простирања таласа и правца кретање објекта,  $v_{uz}$  брзина ултразвука у датој средини, и  $k = v_{uz} / 2f_T$ . Уколико предајник мирује, што је случај код дијагностичке ултразвучне сонде, онда је релативна брзина  $\Delta v$  једнака брзини кретања рефлектујућег слоја или брзини протока крви.

У пријемнику се мери разлика учестаности  $\Delta f$  и на тај начин одређује брзина кретања посматраног органа, по правилу срчаних зализака или крви.

Дијагностички ултразвучни систем може радити са континуалним, импулсним и комбиниваним ултразвучним таласом,

Ултразвучни уређаји са континуалним таласом имају два пиезо претварача и то један за генерисање предајног таласа и други за пријем рефлектованог, ехо таласа. Са овим уређајем се могу прецизно мерити брзине



протока течности, конкретно крви у крвном судовима, у веома широким границама. При детектовању брзине протока крви ултразвучни уређај детектује различите учестаности за различите крвне судове који се налазе на путу ултразвука. Потребно је зато користити фокусирано емитовање ултразвука и одабрати путању на којој се налази што мање крвних судова, најповољније је посматрати само један. Мерење ће бити довољно прецизно уколико се користи филтрирање и посматра проток крви кроз артерију окружену венама јер је релативно велика разлика у брзини протока крви у тим крвним судовима.

Ултразвучни уређаји који раде са импулсима ултразвучних таласа који се емитују у интервалима 2 и 5  $\mu$ s до 5 ms, са истом периодом понављања. Импулсни режим рада омогућава одређивање дубине дубине на којој се одвија одређени проток. Што је дубина већа теже је измерити већи проток. Највећа дубина до које се проток може мерити ограничена је бројем ултразвучних импулса јер је број импулса ограничен трајањем путовања ултразвука до одређене дубине и назад до сонде.

#### 7.4. Ултразвучне сонде

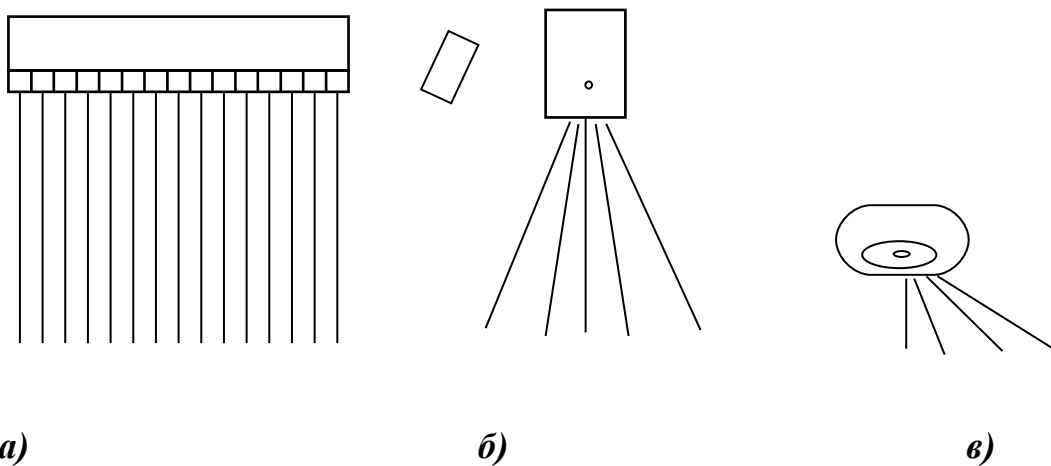
Савремени ултразвучни апарат је специфични рачунарски систем за обраду података добијених из ултразвучних сигнала и синтезу слике. У хардверском погледу основна специфичност овог дијагностичког уређаја су ултразвучне сонде. Постоје различите ултразвучне сонде и оне се могу класификовати како је шематски приказано на слици 7.5.

*Механичке ултразвучне сонде* садрже један или само неколико пиезо елемената. За синтезу слике у В моду потребно је да се сонда контролисано покреће. Могу бити ротационе, код којих мотор ротира пиезоелементе по одређеној путањи или осцилаторне где се пиезо елемент клати за одређени угао како је приказано на слици 7.6.

*Електронске сонде* имају већи број пиезоелектричних претвращача и захваљујући томе могу и без покретања да скенирају одређени простор.



Сл. 7.5. Класификација ултразвучних дијагностичких сонди



Сл. 7.6. Ултразвучне сонде: електронска линеарна *a)* и механичке секторске *б)* и ротациона *в)* сонде. Сонде се за неприступачна места пројектују у облику и величине – гениколошке, кардиолошке, офтамолошке.

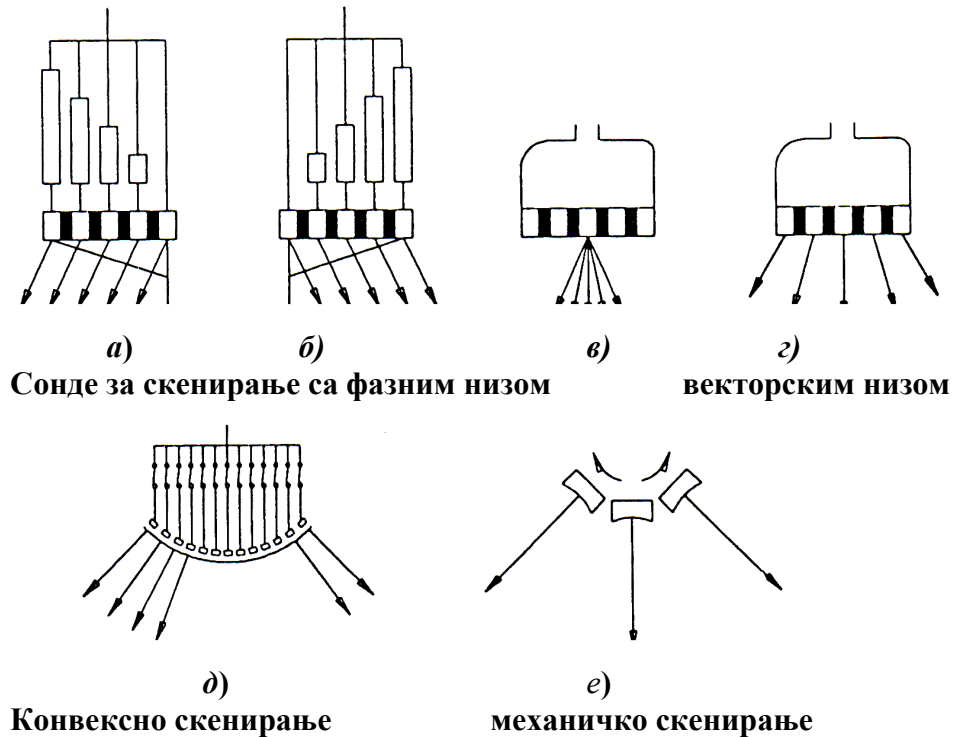
Област у коју продире ултразвук назива се *акустичко поље* и оно се дели на ближу и даљу област. У применама је пожељно да звучни талас буде што више фокусиран јер се у даљем пољу неминовно шири. Разлике у конструкцијама сонди су условљене разликама у захтевима за фокусацијом.

Механичке секторске сонде се користе за прегледе горњег абдомена, срца, полних органа и неонаталног прегледа главе.

Електронске линеарне су за прегледе дојки, штитне жлезде и тестиса.

Сонде за скенирање са фазним низом – *phased Array* на малој контактної површини са ткивом могу да врше фокусирање на различитим дубинама и зато су најпогодније за кардиолошке прегледе.

Механичке и конвексне – *convex* секторске сонде имају бољи квалитет слике од сонди са фазним низом зато што су пиезо претварачи позиционирани у правцу предајног и пријемног ултразвучног снопа.



Сл. 7.7. Секторске сонде са електронским скенирањем а), б), в), г) и д) и механичким скенирањем е)

## 7.5. Синтеза слике помоћу ултразвучног апарата

Ултразвучни апарати генеришу, односно састављају, синтетишу слику на основу података који се прикупе у току скенирања сниманог дела помоћу ултразвука. Рачунар вештачки синтетише слику помоћу специјализованих програма и може је приказати у различитим формама.

**Статична секторска, сиво контрасна слика** представља основну форму слике код ултразвучног апарата као на слици 7.8. Са контрастом, односно сивом скалом омогућено је разликовање врсте ткива. Контраст се генерише на основу интензитета одјека.



Сл. 7.8. Секторска слика ултразвучног апарата

**Динамична слика са покретним детаљима** генерише се, поред основне статичне форме, помоћу процесора савремених ултразвучних апарата, на основу Доплеровог ефекта, и у реалном времену приказују се покрети ткива и ток крви у организму.

**Слика са кодирањем у боји** је могућност коју ткође могу да имају савремени ултразвучни уређаји. Развијени су специјализовани програми који омогућавају да се прикажу слике у боји не само токови крви већ и органа.

**Слике попречног пресека организма**, што се зове **томографски приказ**, могу да дају ултразвучни уређаји сложенијих конфигурација. Томографија је првенствено развијена за рентгенске скенере али су новије генерације ултразвучних апарата опремљене са програмима који састављањем секторских слика праве слику комплетног попречног пресека. За томографски снимак потребно је да у току процеса снимања сонда направи ротационо кретање, односно обилазак око тела.

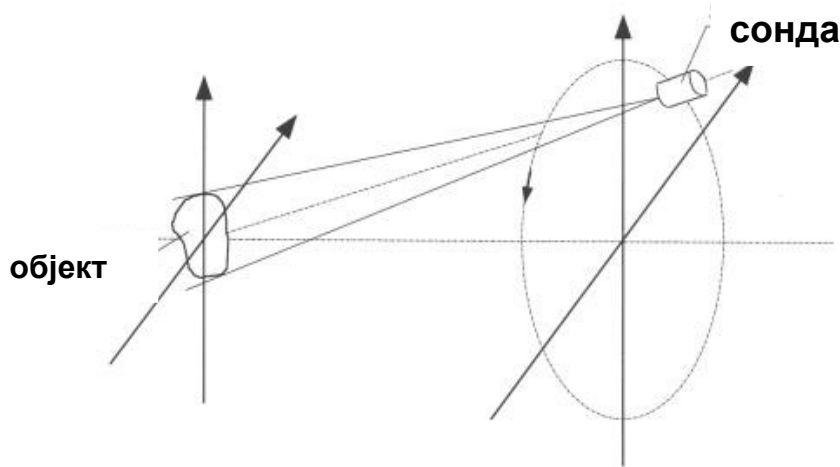
**Тродимензионалне слике**, што се рекламира као просторни **3Д** приказ, могу да остваре само најсавременији ултразвучни апарати са моћним процесорима и великим меморијама.

**Четвородимензионална 4Д слика** што означава тродимензионалну динамичну слику са покретним детаљима је просторна слика која се мења у времену као четвртој димензији представља највећи домет техничке подршке ултразвучној дијагностици. Остварује се најкомплекснијим системима који се пројектују за будуће примене.

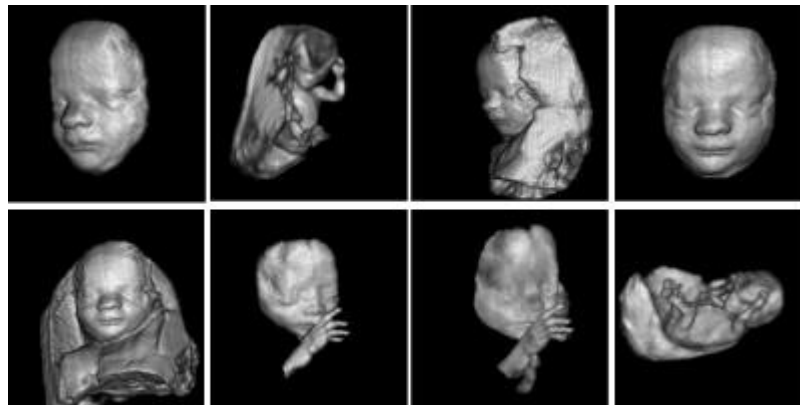
Снимање са ултразвуком за синтезу 3Д слике може се обавити са једном или више ултразвучних сонди које се крећу по одређеним путањама.

Цртеж на слици 7.9. илуструје принцип снимања са једном секторском сондом. Сонда емитује и детектује фокусиран ултразвучни талас и креће се ротационо око објекта. Са једном ротацијом може се добити слика попречног пресека, односно томографски снимак. Затим се сонда помери по оси и поново креће са ротационим кретањем. Рачунар помоћу програма на основу сложених математичких алгорита синтетише прво додимензионалне слике подужних сегмената а затим синтетисане дводимензионалне 2Д слике повезује и саставља тродимензионалну 3Д слику објекта.

На слици 7.10 су слике које се могу добити помоћу ултразвука са уређајем синтезу тродимензионалне слике сниманог објекта.



Сл. 7.9. Формирање тродимензионалне 3Д слике помоћу ултразвука



Сл. 7.10. Тродимензионални приказ нерођеног детета помоћу ултразвука

## 7.6. Тестирање ултразвучних дијагностичких уређаја

Исправан рад медицинских уређаја је од изузетне важности јер се на основу добијених података и приказа доносе дијагностички закључци. Грешке уређаја могу да наведу на погрешну дијагнозу што може да има фаталне последице. Вероватнића грешке се повећава са повећањем комплексности уређаја и алгоритама који се извршавају. Ултразвучни дијагностички уређаји спадају у категорију сложенијих уређаја који вештачки синтетишу слику на основу података од сензора и математичких изранунавања. Тестирање исправности ових уређаја прописује се зато као обавезна процедура.

Прописано је неколико специјалистичких нивоа за тестирање уређаја и они се наводе у упуству за коришћење и одржавање сваког уређаја. Тако је,

на пример, за мерење интензитета и профила снаге потребно имати специјализоване инструменте и та се мерења врше у специјализованим установама.

За тестирање слике постоји тест са такозваним дводимензионалним фантомом. Фантом је вештачки израђен објекат који за време претрааге ултразвучним таласом симулира структуре људског тела. Упутство за рад са таквим фантомом објашњава шта би на екрану уређаја требало да се код исправног апарата види. Са фантомом се проверава оштрина слике и контраст, односно резолуција и сива скала. Развијени су фантоми и за раду М моду са којима се симулирају проток крви у крвним судовима. Употреба оваковог фантома је компликованија него дводимензионалног и зато тестирање треба да се повери стручњаку.

Ултразвучна сонда је најскупља и најосетљивија компонента уређаја која је и највише изложена механичким потресима и хабању. Без сонде ултразвучни уређај не може да функционише а могућности оштећења су стално присутне. Зато се често прибегава импровизованом тестирању исправности. Тако се, на пример, механичка сонда може испитати тако што се сонда полако помера преко оловке и прати се слика на екрану. Код исправног уређаја рефлексја од оловке треба да се види на екрану за све време померања.

Електронска секторска сонда може се тестирати гледањем игле за инекције у посуду са водом. Непомична игла треба да има и оштру непомичну слику на екрану уређаја.

Савијање кабла не сме да утиче на слику на екрану.

Наведене сугестије могу да послуже код свакодневних запажања и прегледа док је за право тестирање потребно поступити по процедурама и таблицама која се прописују у упутствима за уређај.

## 7.7. Контролна питања

1. Шта је *ултразвук*?
2. Које су *примене ултразвука у медицинској дијагностици*?
3. Каква је *основна структура ултразвучног дијагностичког уређаја*?
4. Шта значи *А мод рада* код ултразвучног дијагностичког уређаја?
5. Како се формира слика помоћу ултразвука?
6. Шта је то и како се користи *Доплеров ефекат*?
7. Како се класификују *дијагностичке ултразвучне сонде*?
8. На којим учестаностима раде дијагностичке ултразвучне сонде?
9. Какве слике могу приказати ултразвучни апарати?
10. Како се врши *тестирање ултразвучних дијагностичких уређаја*?