

## Повышение квалификации «Техническое обслуживание группы медицинского диагностического оборудования с единым принципом безопасности пациента «ALARA» для сервисных инженеров широкого спектра

**В программе повышения квалификации рассматривается группа диагностического оборудования, связанного с медицинской визуализацией**



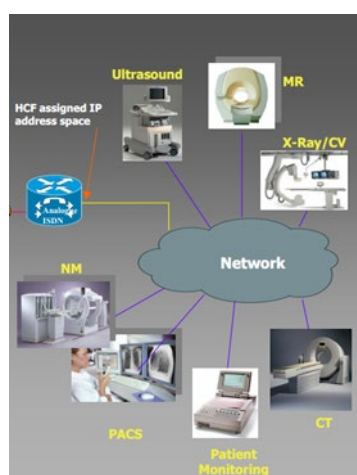
### Введение

Одна из причин неудовлетворительной визуализации - отсутствие надлежащего сервисного обслуживания техническим персоналом!

В текущих сложных условиях повысить квалификацию специалистов можно комплексным подходом в подготовке сервисных инженеров широкого спектра. Такова тактика и стратегия коммерческого рынка сегодня, бизнес требует большего, меньшим числом инженеров. На деле, требования бизнеса не согласуются с профессиональными возможностями сервисных инженеров. Ограниченный доступ к обучению по зарубежной медицинской технике в компаниях-производителей заставляет большую часть сервисных инженеров работать на базе знаний, полученных из интернета.

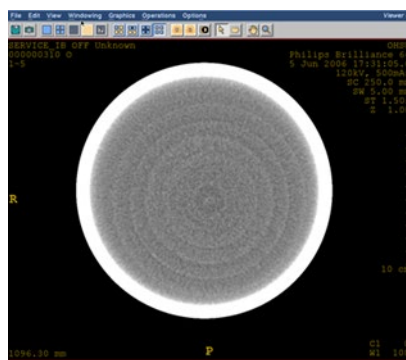
**Программа обучения затрагивает медицинское оборудование исключительно зарубежного производства.**

Повсеместное внедрение искусственного интеллекта (ИИ), особенно затронуло группу медицинского диагностического оборудования с единым принципом безопасности пациента, а именно: ультразвуковые аппараты (US), цифровое рентгеновское оборудование (Digital X-Ray), компьютерные томографы (CT), комбинированное оборудование (CT-PET), магнитно-резонансные томографы (MRI), томографы ядерной медицины (NM).



Эта группа диагностики патологий методом визуализации особенно завоевала интерес у разработчиков ИИ. Искусственный интеллект по приведенной группе оборудования работает на огромном массиве базы данных (снимках). Качество массива данных зависит в первую очередь от групп специалистов, участвующих непосредственно или косвенно в создании его. Эта группа состоит из: клинических специалистов, инженеров сервисной службы. Клинические специалисты, методами оптимизации протоколов, добиваются удовлетворительной визуализации индивидуально под каждого пациента. Инженеры сервисной службы поддерживают надлежащее качество визуализации с помощью процедур протоколов сервисного обслуживания. Разработчики искусственного интеллекта опираются на достоверность массива данных, учитывая вклад в конечный результат каждого из перечисленных. Среди технических факторов, влияющих на достоверность конечного результата, важное место занимают: диагностика, качественный контроль, калибровки, контроль на безопасность. Отсутствие удовлетворительной визуализации **требует более тщательного анализа технических артефактов, сообщений об отказах и кодов системных ошибок.** Коды ошибок чаще всего могут быть многоуровневыми, влияющие на конечный результат, на качество визуализации исследований пациентов. **Отсутствие удовлетворительной визуализации - риск ошибочного диагноза в патологии пациентов.** Предлагается ускоренная программа подготовки, приближенная к реалиям клиник. **Произведена коррекция предыдущих программ обучения под потребности рынка, сделав упор на решение чисто практических и прикладных задач, стоящих перед сервисным инженером.**

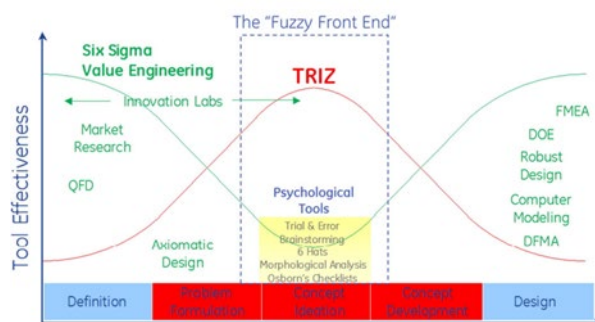
## «Анализ причин отказов и неисправностей в модулях «Digital Front-End» единой группы медицинского диагностического оборудования: US, Digital X-Ray, CT, CT-PET, MRI



### Предисловие

Груда металла и программных средств для единой группы медицинского диагностического оборудования вида: US, Digital X-Ray, CT, CT-PET, MRI, только ради одного - визуализировать не инвазивно органы человека. Чем выше качество технического обслуживания, тем достовернее результат!! **Модуль «Digital Front-End»** является главной аппаратно-программной частью всей системы, на который опираются прежде всего параметры клинических протоколов всей перечисленной группы диагностического оборудования. Естественно, каждый вид оборудования группы имеет свои протоколы, соответствующие международным стандартам. Контроль технических параметров заводских протоколов производится при всех видах технического обслуживания автоматически, сервисными встроенными тестами в процессе диагностики системы. Метрологический контроль корреляционным образом связан также с заводскими протоколами. Таким образом всеми перечисленными системами (**US, Digital X-Ray, CT, CT-PET, MRI**) управляют заводские протоколы, параметры которых влияют в основном на аппаратно-программную область

модуля «Front-End». Подход к восстановлению элементов модуля методом - меняй платы и паяй, пагубный, приводит чаще всего к массовым отказам дорогостоящей элементной базы. Модуль требует особого отношения с точки зрения отказов, несмотря на наиболее полный листинг кодов ошибок в сервисной документации. Один и тот же код ошибки требует специального анализа, иногда с привязкой к серийным номерам системы, блока и даже платы. Анализ стоит во главе любой процедуры, связанной с поиском отказа и устранением его причины. Компания «GE», и не только, например, опирается на методiku, изображенную на рисунках ниже.

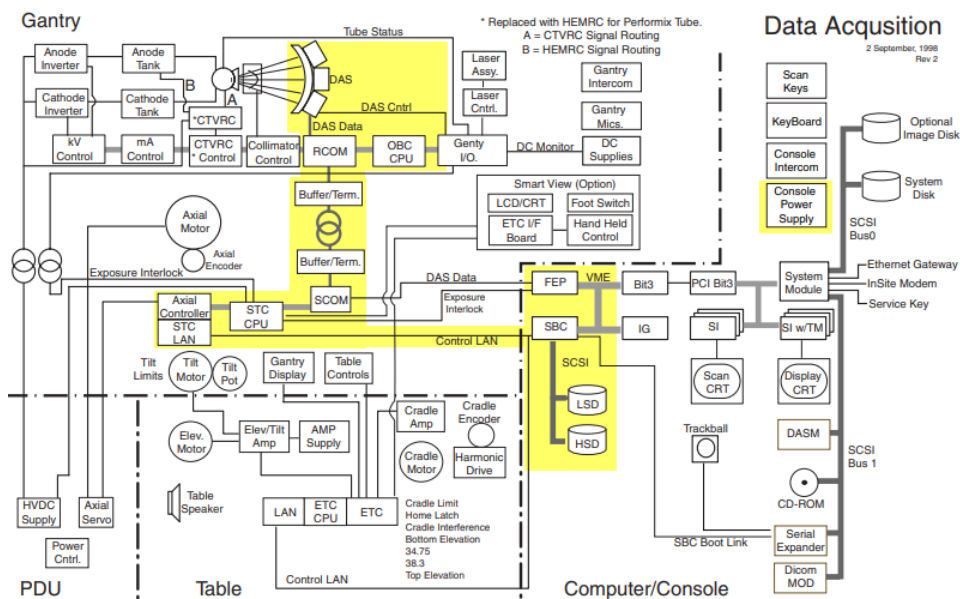


GE's Design for Six Sigma Methodology					
DEFINE	MEASURE	ANALYZE	DESIGN	OPTIMIZE	VERIFY
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Identify Product/ Process Performance &amp; Reliability CTQ's</li> <li>2) Set Quality Goals</li> <li>3) VOC / QFD</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4) CTQ Flowdown to Subsystems &amp; Components</li> <li>5) Measurement System Analysis &amp; Capability</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6) Develop Conceptual Designs</li> <li>7) Statistical Reliability Analysis</li> <li>8) Build Scorecards</li> <li>9) Risk Assessment</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>10) Build System &amp; Sub-System Models</li> <li>11) Generate Transfer Functions</li> <li>12) Capability Flow-up for All Subsystems &amp; Gap Identification</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>13) Optimize Design</li> <li>14) Statistical Analysis of Variance Drivers</li> <li>15) Robust Design</li> <li>16) Error Proofing</li> <li>17) Tolerance Analysis &amp; Allocation</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>18) Statistically Confirm that Product / Process Matches Predictions</li> <li>19) Develop Manufacturing &amp; Supplier Control Plans</li> <li>20) Document &amp; Transition</li> </ol>

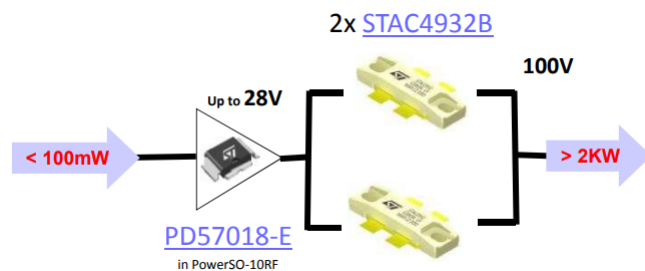
Результаты анализа, в том числе по отказам с помощью данной методики, превзошли ожидания, на то есть статистика.

Содержание лекции является дополнением к перечню программ по теме «сервисное обслуживание медицинского оборудования» для группы: US, Digital X-Ray, CT, CT-PET, MRI. Материал создан на базе прикладной сервисной документации по моделям различных компаний производителей, в основном по фирмам GE, Philips. Почему такое внимание модулю «Front-End»? Дело в том, что первичное звено этого модуля имеет специфические технические и технологические особенности, например, по: нанотехнологиям, радиационно-стойкой элементной базе, питающим напряжениям, контролю на безопасность пациента, токам утечки, калибровочным и метрологическим параметрам, и т.д. В этот модуль заложен комплексный контроль за управлением всей диагностической системой в целом. Модуль охвачен глубокими обратными связями, на что указывает листинг кодов ошибок в сервисной документации. Головное звено общей архитектуры этого модуля (Gantry, магнит с катушками, детекторы, датчики) прерогатива компании производителя с жесткой привязкой к единым стандартам и нормативным документам. Главная функция модуля - сбор информации от датчика, детектора, радиочастотной катушки с предварительной «сырой» обработкой для передачи данных для последующего анализа и Post обработки с целью отображения информации.

Ниже пример, структурная схема архитектуры СТ, выделена одна из областей модуля Front-End, отвечающая за сбор и обработку первичной информации.



Это первичное звено на пути формирования изображения, на этом этапе закладывается фундамент качественной визуализации. При несоответствии технических параметров протоколам управления, оборудование может зависать или отображать ошибки и сообщения о некорректности установок. Что касается документации, не всегда только сервисная документация позволяет решить серьезную проблему, связанную с этим модулем. Компания производитель сопровождает свое оборудования в течение всего периода разумной эксплуатации. На этот счет в течение эксплуатационного периода оборудования выпускаются специальные сервисные замечания (технические бюллетени), о которых как правило знают только официалы. Достаточно случаев, когда требуется лишний раз проверить, производились ли действия, описанные в этих бюллетенях по отношению к обслуживаемому оборудованию. Есть сервисные службы, которые считают, раз установлено оборудование, значит все в порядке, нет повода сомневаться. На самом деле не так, вот поэтому многие модели оборудования имеют техническую проблему, которая тянется годами. При отказах ищут кота в мешке. Количество таких технических бюллетеней по модулю «Front-End» в период эксплуатации может достигать десятка и более. Сервисные замечания находятся в корреляционной зависимости с программными средствами системы, особенно это касается их версии. Обслуживание этого модуля сопряжены с трудностями управления микро-выключателями и контролем индикации на платах. **Все эти моменты отражены в процедурах планового обслуживания.** Основная ответственная функция по модулю – калибровка отдельных узлов и всего модуля в целом. Калибровка требует специального инструментария, опыта работы и знаний в этой области. На модуль Front-End завязаны высоковольтные источники питания, в которых используется дорогостоящая элементная база, чаще всего двойного применения.



Поэтому при замене элементной базы в случае отказа, доступ к ней ограничен.

Особенность модуля «Front-End» в том, что 80% Preset установок по клиническим протоколам приходится на аппаратно-программную часть. Preset установки калиброваны на заводе изготовителе и находятся в специальной области памяти системы, это «метрологический» эталон системы, отвечающий за безопасность пациента. Благодаря этому эталону диагностические системы относятся к классу самокалибруемой и само-настраиваемой системы. Любое несоответствие клиническим протоколам должен замечать доктор по изменению визуализации, указывающий на признак проблем в модуле. Для доктора, Preset установки основное звено управления системой. Потеря пользовательской информации грозит большими проблемами для сервисного инженера. **Динамический диапазон, один из параметров, отвечающий за помехозащищенность системы определяется только модулем Front-End.** Модуль подвержен внешним электромагнитным излучениям, что создает проблемы, связанные с артефактами. На этот счет имеется специальный раздел лекции.

**Цель лекции на примерах разных моделей и поколений медицинского диагностического оборудования показать закономерность одних и тех же проблем, связанных с отказами в разные периоды эксплуатации оборудования. Причем, решение большинства проблем связано с наличием надлежащей профессиональной информации.** Главное в лекции - подчеркнуть наиболее существенные разделы сервисной документации, имеющие прикладное практическое применение в повседневной работе сервисного инженера. Это поможет сделать более продуктивным и сам процесс самообразования в дальнейшем. Одна из задач предлагаемой лекции, расширение возможностей одного специалиста по сервисному обслуживанию до нескольких единиц различного обслуживаемого оборудования, что может заинтересовать в первую очередь руководителей сервисных организаций. Ко всему прочему это касается и сервисного инженера, чем выше квалификация и шире кругозор специалиста, тем выше спрос на него.

**В чем новизна и отличия предоставляемого курса лекций от предыдущих.**

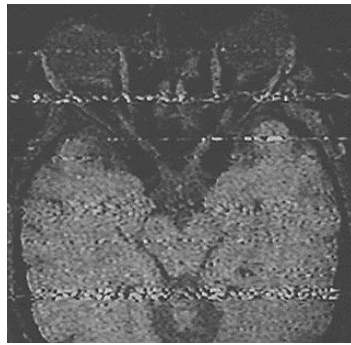
**Курс рассчитан на 4 или 5 дней непрерывного обучения, в зависимости от квалификации и уровня выполняемых сервисным инженером процедур.** Несмотря, на непродолжительный срок обучения, представленный материал включает несколько фаз тренинга одновременно по нескольким видам оборудования одной большой группы и рассчитан на дальнейшее самообразование. При этом каждая фаза тренинга курса учитывает категорию сложности технического обслуживания.

**В новую лекцию вошел материал, касающийся диагностики и восстановления радиочастотных катушек для МРТ.**



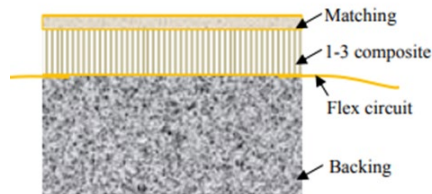
Пример артефакта радиочастотной катушки.





А также датчиков для ультразвуковых аппаратов.

Пример классической архитектуры акустического преобразователя датчика.

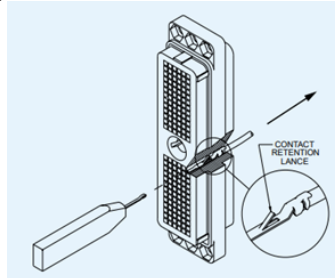


Пример визуализации артефактов датчика.



Радиочастотные катушки и ультразвуковые датчики являются неотъемлемой частью модулей «Front-End». Затрагивается одна из важных процедур перед выполнением работ по восстановлению – диагностика артефактов, контроль на соответствие заданным техническим параметрам, и интерпретация кодов ошибок на предмет вероятностного отказа.

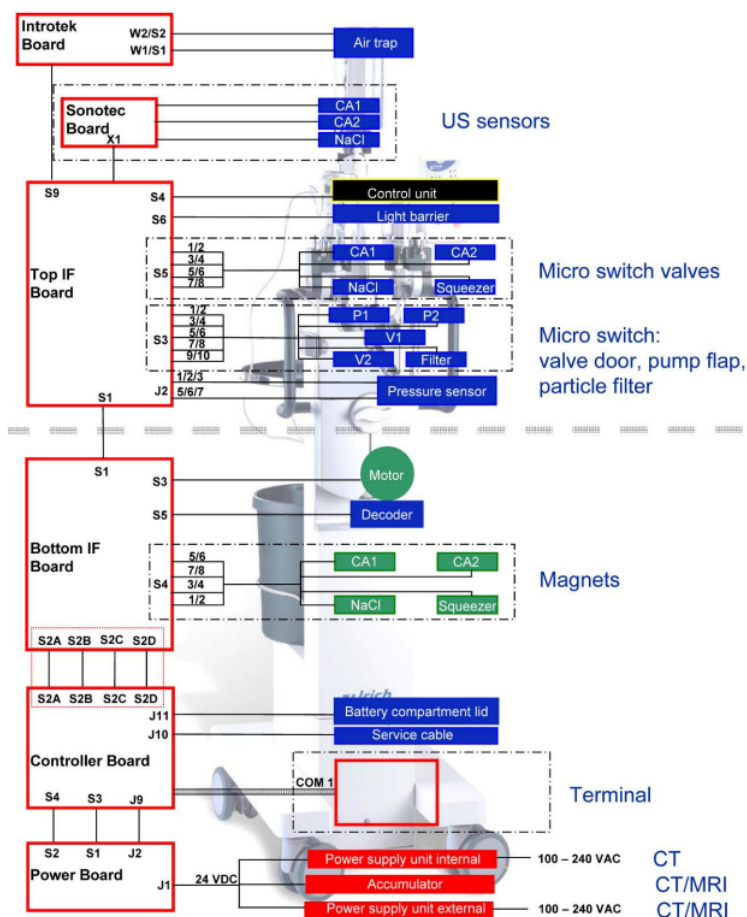
Пример устранения вероятного отказа в коннекторе датчика.



Парк современного медицинского оборудования с каждым годом расширяется, чаще приобретается оборудование комбинированного типа, например, «СТ-ПЕТ». Эксплуатация **US, Digital X-Ray, CT, CT-ПЕТ, MRI** подразумевает применение контрастных веществ, тем самым расширяя список инструментария, требующее обслуживания сервисным инженером, например, **Injectors CT/MRI**.



На рисунке структура его применения.



Наблюдаются признаки потребности в специалистах широкого профиля, могущих обслуживать группу оборудования, с единым подходом по стандартам, архитектуре построения модулей, однотипности в элементной базе, технологиям с универсальными программными средствами. Главным техническим звеном здесь является принцип подобия при разработке и производстве медицинского оборудования. Именно стандарты и нормативные документы сами предопределили такие группы, где соблюдается принцип подобия. К одной из таких групп относится диагностическое медицинское оборудование, а именно: **ультразвуковые аппараты, цифровое рентгеновское оборудование, компьютерные томографы, магнитно-резонансные томографы и томографы ядерной медицины.** Некоторые ключевые принципы единения группы:

1. **АЛАРА (As Low As Reasonably Achievable) — один из основных критериев группы на безопасность пациента, в РФ также известен как принцип оптимизации.**

#### What are the ALARA Investigation Levels ?

##### External Radiation Exposures

There are two types of ALARA investigation levels for external occupational radiation exposure as indicated by a dosimeter. If a radiation worker's dose for any calendar quarter (3 months) or calendar year (12 month period) exceeds these values, an investigation is conducted by the RSO to determine if there are reasonable ways to reduce the dose levels.

##### Quarterly Investigation Levels (3 months)

Based on **2.5 %** of any applicable occupational limit :

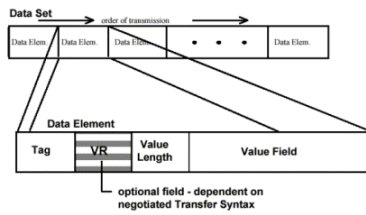
##### Annual Investigation Levels (12 months)

Based on **10 %** of any applicable occupational limit and is related to an individual worker's year-to-date cumulative dose.

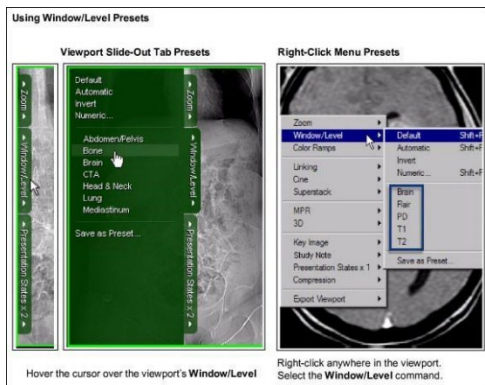
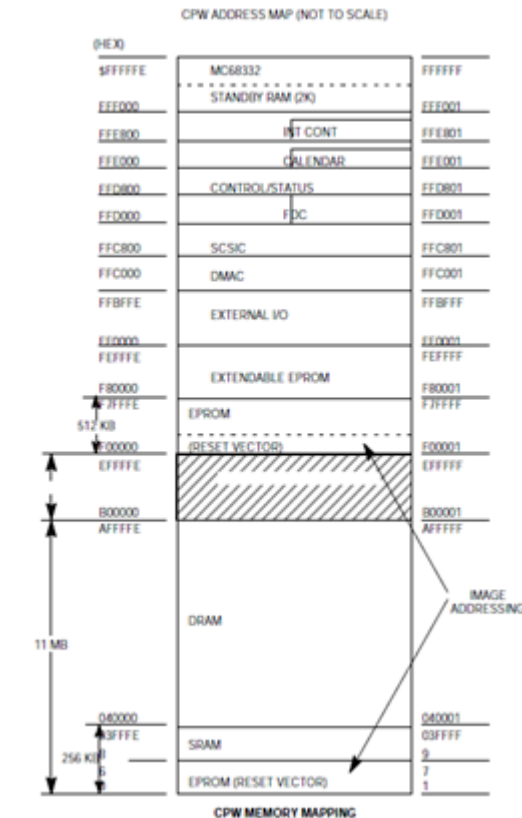
2. Принцип формирования Digital Image Acquisition.

3. Архивация медицинских диагностических изображений.
4. Единый формат протокола обмена информацией.

#### DICOM Elements



5. Единый принцип организации Preset.



6. Общая тенденция по отношению к гальваническим развязкам для периферийных устройств. В медицинских системах для безопасности пациента обычно нужна усиленная изоляция, при рабочем напряжении 125 или 250 В. Чаще всего приходится гальванически развязывать сервисный порт RS-232. Интерфейс RS-232 изолировать довольно легко, но он встречается все реже и реже, уступая место USB как более гибкому и высокоскоростному интерфейсу, для которого сейчас существует огромный выбор периферии. Однако в отличие от RS-232, гальванически развязать интерфейс



USB гораздо труднее, потому что он дифференциальный и двунаправленный. До недавнего времени схемы изоляции USB предполагали использование контроллеров USB, изоляторов - оптопар и других компонентов; это повышало себестоимость системы и увеличивало время разработки. Новый прибор, ADuM4160 от фирмы Analog Devices, включает в себя все необходимые функциональные узлы для гальванической развязки интерфейса USB в медицинских приборах, не требует дополнительных компонентов; он может быть внедрен непосредственно в сигнальную цепь интерфейса USB без модификации программного обеспечения компьютера или периферийного устройства.

7.

## Diagnostic Imaging

Standards & Guidelines

## План и содержание обучения

### План непрерывного обучения:

#### День 1.

1. Модуль «Front-End» ультразвуковых аппаратов (US).
2. Восстановление датчиков.
3. Ответы на вопросы.

#### День 2.

1. Модуль «Front-End» цифрового рентгеновского оборудования (Digital X-Ray).
2. Ответы на вопросы.

#### День 3.

1. Модуль «Front-End» компьютерных и комбинированных томографов (СТ, СТ-PET).
2. Ответы на вопросы.

#### День 4.

1. Модуль «Front-End» магнитно-резонансных томографов (MRI).
2. Восстановление радиочастотных катушек.
3. Ответы на вопросы.

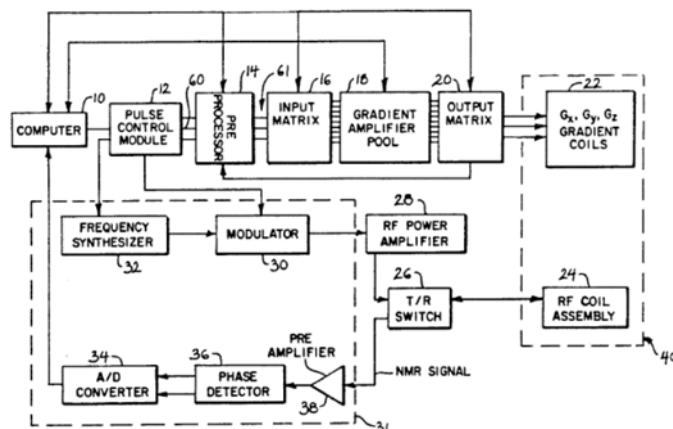
#### День 5. **Дополнительный день.**

1. По предварительному согласованию, в зависимости от квалификации и уровня выполняемых сервисным инженером процедур.
2. Просмотр и копирование материала лекции с дополнениями для самообразования.
3. Ответы на вопросы.

### Единое содержание лекции для группы оборудования: US, Digital X-Ray, СТ, СТ-PET, MRI:

#### Фаза 1.

#### Архитектура и особенности структурных схем модулей «Front-End».

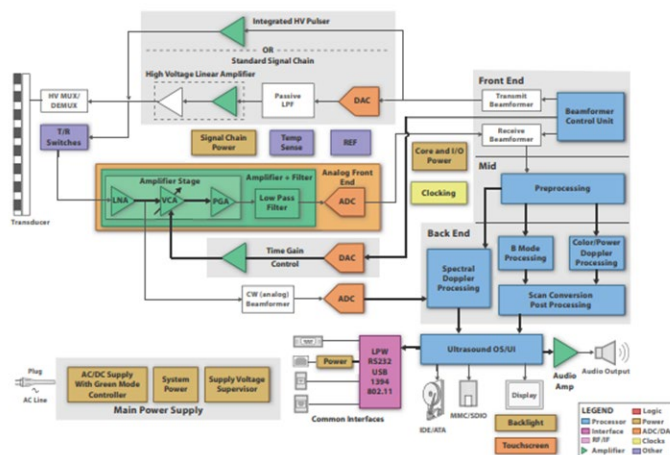


Любую из приведенных ниже структурных схем можно преобразовать до вида, состоящего из следующих аппаратно-программных модулей: **Front-End, Mid-End, Back-End, источник**

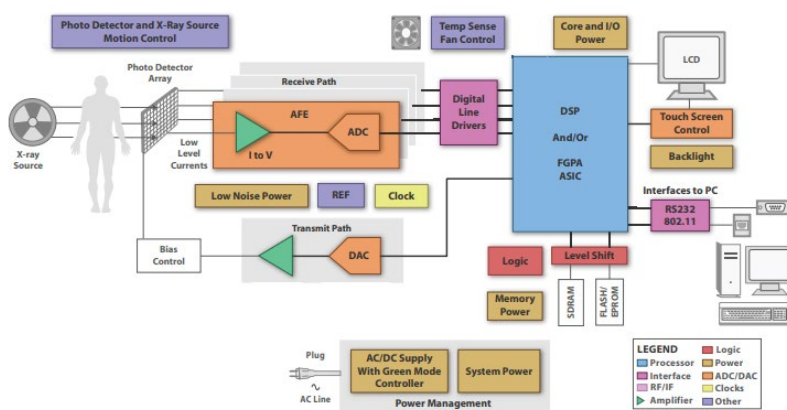
**питания и консоль.** В сервисной документации для всех зарубежных производителей оборудования используется именно такая терминология с целью разграничений функций по управлению системой. Каждый аппаратно-программный модуль имеет свою собственную архитектуру, коды ошибок и перечень проблем, присущие только ему. Прежде всего курс направлен на детальный анализ модулей «Front-End» по всей группе оборудования на предмет «Troubleshooting». **Возникает вполне закономерный вопрос, почему модуль Front-End, а не Back-End или Mid-End? Хотя местами лекция затрагивает элементы архитектуры и других модулей диагностических систем, например, модуль реконструкции изображений, CIRS- (Acquisition Image Reconstruction X-Talk Parameters).** На основании прикладной сервисной документации и по международной статистике отказов и проблем, модуль «Front-End» занимает едва ли не основное место. В сервисной документации модулю Front-End отведено более 40% от общего объема документации по всей группе. **Поэтому в курс лекции входят процедуры сервисного обслуживания, диагностика, отказы, неисправности, коды ошибок и сервисные замечания, исключительно по модулям «Front-End».** Большое внимание уделено калибровкам, одна из важнейших процедур, которая определяет удовлетворительную работу группы оборудования в период эксплуатации, а также при замене плат и модулей.

Пример классических структурных схем для понимания архитектуры модулей Front-End.

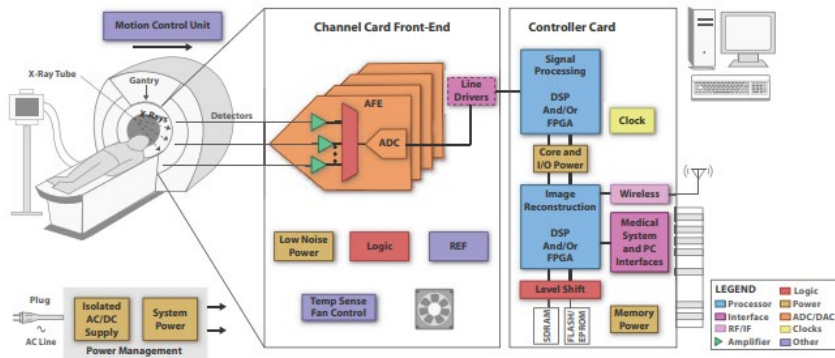
### → Ultrasound



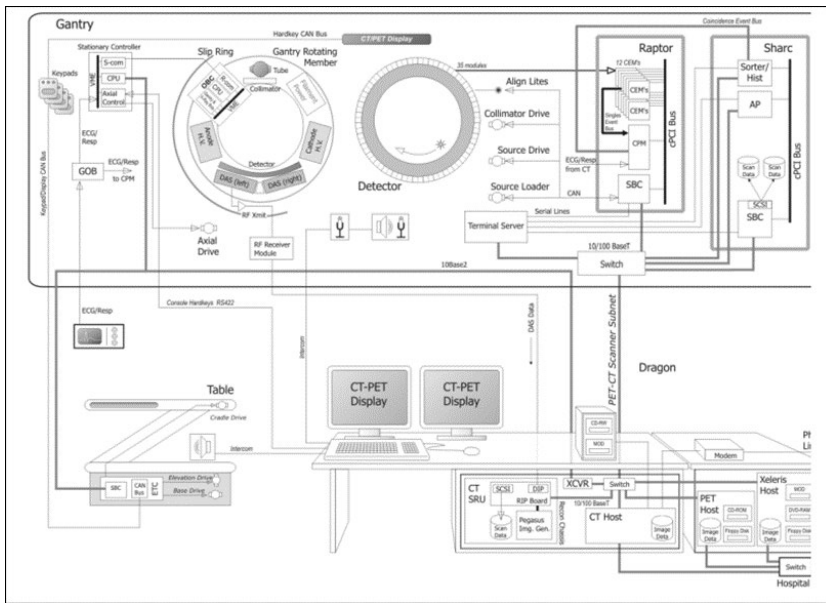
### Цифровое рентгеновское оборудование.



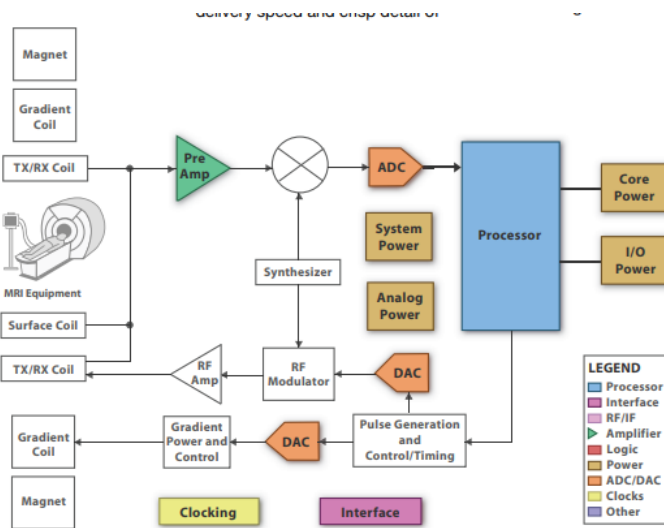
### Компьютерные томографы: СТ.



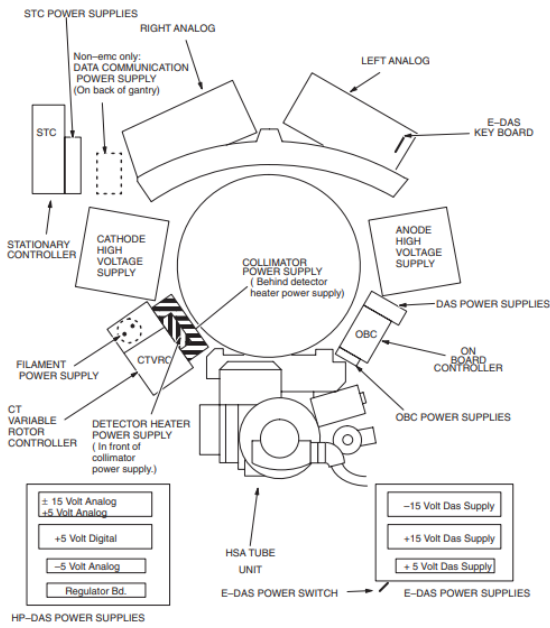
## Комбинированные томографы CT-PET.



## Magnetic Resonance Imaging (MRI).



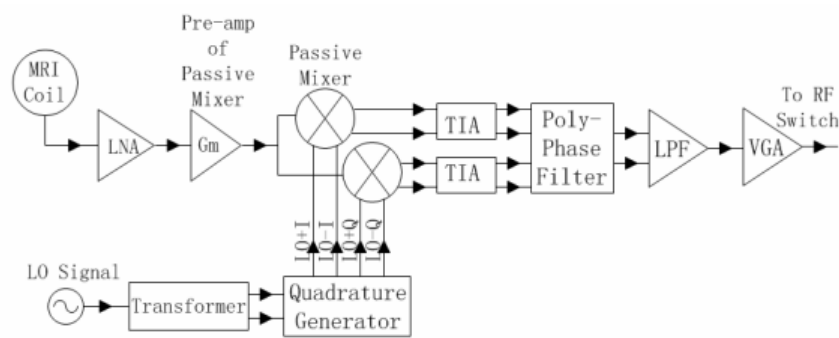
Пример архитектуры модуля Front-End.



## Фаза 2.

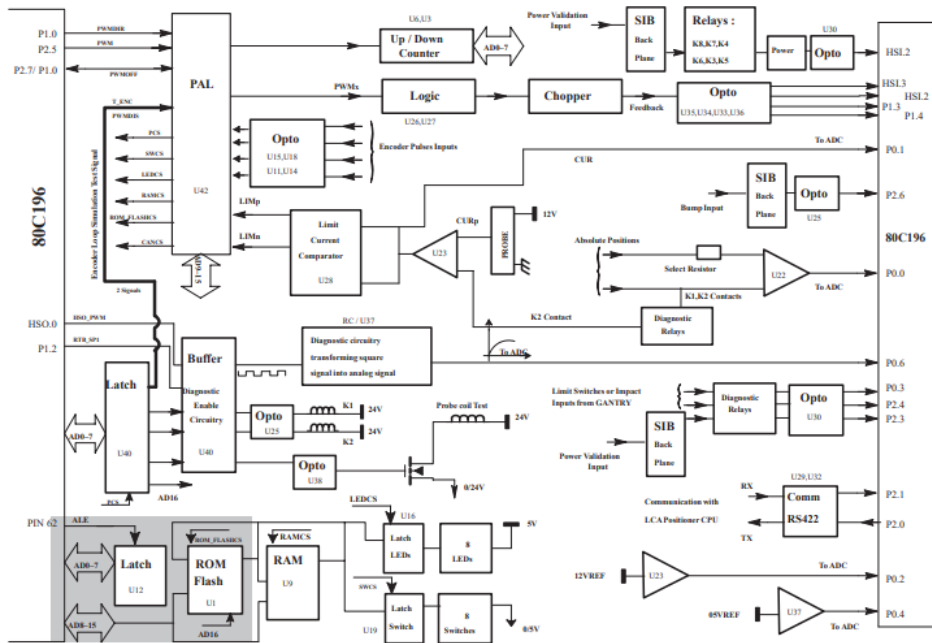
### Архитектура и особенности принципиальных схем модулей Front-End.

Пример приемника одного из каналов радиочастотной катушки «Front-End» архитектуры.



Пример принципиальной схемы CPU «Front-End» архитектуры.





### Фаза 3.

#### Особенности модулей «Front-End» с точки зрения Troubleshooting.

Часто встречающаяся проблема!

Несмотря на подробный листинг неисправностей в сервисной документации, в перечне кодов ошибок не обнаружил свою.

#### Сообщения для оператора.

Copy Exam Failed.	Ошибка копирования записи об исследовании.
De-Identify Failed.	Ошибка деперсонализации.
SMPTE Failed.	Ошибка SMPTE.
CBT Failed.	Ошибка СВТ.
Retrieving information.	Извлечение информации.
The network destination is not responding. If the problem persists contact your network administrator.	Адресат не отвечает. Если проблема повторится, свяжитесь с администратором сети.
CD Eject Failed.	Сбой извлечения компакт-диска.
There are no rows selected.	Не выбраны строки.
Selected Images will be copied to	Выбранные изображения будут скопированы в
Select "OK" to confirm.	Щелкните ОК для подтверждения.
Some of the selected items are locked and will not be deleted	Некоторые из выбранных позиций заблокированы и не будут удалены.

#### Error Text.

CreateEvent failed for these events.	Сбой события CreateEvent для этих событий.
Publish event failed for these events.	Сбой события Publish для этих событий.
Subscribe event failed.	Сбой события подписки.
Unable to set recovery filename.	Не удалось установить имя файла устранения ошибок.
Unable to set error message filename.	Не удалось установить имя файла сообщений об ошибках.
Invalid recovery class type received.	Получен недопустимый тип класса устранения ошибок.
This error is of the Inhibit type, or has already been reported.	Тип этой ошибки – «Запрет», либо сообщение об ошибке уже выводилось.
Prep is not Authorized, acquisition is inhibited.	Подготовка не авторизована, сбор данных заблокирован
Prep on requested while soak time has not elapsed.	Подготовка запрошена до истечения времени, отведенного на разогрев.
Prep on requested while Athena is not ready, waiting for START_EXAM.	Подготовка запрошена до готовности модуля Athena, система ожидает сигнал START_EXAM.
Prep on requested while Room Door is open.	Подготовка запрошена, когда дверь комнаты открыта.
Prep on requested while Fluoro time exceeded 10 mins.	Подготовка запрошена, когда время рентгенографии превысило 10 минут.

## Messages.

The system did not boot properly. Reset the system. Call service if the problem persists.	Система не загрузилась должным образом. Перезагрузите систему. Если проблема сохранится, обратитесь в сервисную службу.
Exposure stopped. Release exposure switch and try again. Call service if problem persists.	Съемка остановлена. Отпустите кнопку экспозиции и повторите попытку. Если проблема сохранится, обратитесь в сервисную службу.
An internal communication failure has occurred. Reset the system if the problem persists.	Сбой внутренней связи. Если проблема сохранится, перезагрузите систему.
X-ray exposure has been prematurely stopped. Try again.	Рентгеновская съемка прекращена раньше времени. Повторите попытку.
X-ray exposures are inhibited. Select the Expose Hold button for more information.	Рентгеновская съемка заблокирована. Щелкните на кнопке «Задержка экспозиции» для вывода дополнительной информации.
Prep/Expose switches are disabled until tube warmup soak time is complete.	Переключатели «Подготовка/Экспозиция» блокируются до завершения разогрева трубки.
An internal communication error occurred. Release the expose switch and try again.	Сбой внутренней связи. Отпустите кнопку экспозиции и повторите попытку.
This protocol is not available. Reselect the protocol or select another to continue.	Этот протокол недоступен. Повторите попытку или выберите другой протокол для продолжения.

## Блокировка (Inhibit).

System is not configured. Select protocol to continue.	Система не настроена. Выберите протокол для продолжения.
The disk is full. Free up disk space to continue.	Диск переполнен. Чтобы продолжить, освободите место на диске.
Start a new exam.	Начать новое обследование.
Tube is warming. Please wait.	Трубка нагревается. Пожалуйста, подождите.
Maximum fluoro time reached. Touch timer reset to continue.	Достигнут момент максимального флюоро. Чтобы продолжить, нажмите сброс таймера.
Collimator error. If problem persists reset system.	Ошибка коллиматора. Если проблема повторится, перезапустите систему.
Thermal limit has been reached. Wait for tube to cool or decrease the technique.	Достигнут температурный предел. Подождите, пока трубка остынет, или ограничьте процедуры.
Room door is open. Close door to continue.	Дверь в помещение открыта. Чтобы продолжить, закройте дверь.
Emergency switch is tripped. Reset switch and follow screen prompts.	Сработал аварийный переключатель. Переведите выключатель в исходное состояние и следуйте подсказкам на экране.
SID is not within GRID allowable range. Adjust tube position or remove grid.	SID не находится в доступной зоне GRID. Отрегулируйте положение трубки или снимите сетку.
Align the overhead X-ray tube to the image receptor.	Соедините контактную трубку рентгена с приемником изображения.

### **CAUTION**

Remove the factory-installed jumper between terminals TB1-7 and TB1-9 in the A1 Panel (Main Disconnect) if present. This is necessary to prevent damage to the UPS EPO Circuitry.

1. Install a 1/2" cord grip (supplied with the kit) in the wall box or the base of the A1 Panel.
2. Route the UPS Control Cable (P/N 5169224) from the UPS through the conduit or raceway to the A1 Disconnect Panel.
3. Connect the BLK 1 wire to terminal TB1-7 in the A1 Panel.
4. Connect the BLK 2 wire to terminal TB1-8 in the A1 Panel.
5. Connect the BRN wire to terminal TB1-9 in the A1 Panel.
6. Connect the BLU wire to terminal TB1-10 in the A1 Panel.
7. Connect the GREEN/YELLOW (GND) and SHIELD wires to Ground Terminal (GND) in the A1 Panel.

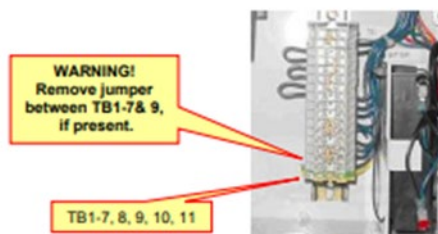


Illustration 12: A1 Panel TB1 Terminals

## **Фаза 4. FRONT- END (FE) DIAGNOSTIC.**

Замечание.

Пароли и ключи к программным средствам и средствам диагностики не предоставляются!!

### **4.1. Оптимизация процедур при анализе мест отказа и их причин.**

Технологии развиваются и совершенствуются, но проблем с отказами и неисправностями в медицинском оборудовании не становится меньше, они становятся более коварными. С внедрением высоких технологий естественно совершенствуется и инструментарий для технической диагностики высоко технологичного оборудования, доступ к которому все менее доступен для Российского сервисного инженера. Анализ вероятного места отказа, его причины и решение самой проблемы становятся одной из самых сложных процедур при диагностике оборудования. Причин тому несколько: высокая степень интеграции элементной базы, программируемые контроллеры, нет доступа к многоуровневым паролям резидентных диагностических средств, отсутствует полный комплект сервисной документации под версию программных средств, высокая стоимость метрологического инструментария контроля качества, нет доступа к прикладным диагностическим программным средствам удаленного доступа, ограничен доступ к элементной базе двойного применения и т.д. **Повсеместное внедрение искусственного интеллекта ставит другие еще более сложные задачи перед техническим персоналом, обслуживающим медицинское оборудование.** Внедрение искусственного интеллекта на первый план выносит значимость качества визуализации. Отказы становятся многоуровневыми, т.е. код ошибки может указывать на несколько неисправностей, требуется специальные знания и инструментарий для оптимизации места отказа. Недосток информации по новым технологиям частично можно компенсировать не традиционным методом. При анализе документации на всю представленную группу оборудования просматривается общая закономерность развития систем от одной модели к другой. Эта закономерность определяется развитием технологий и в первую очередь элементной базы и прикладных программных средств. Каждая новая технология ограничена международными стандартами и нормативными документами на законодательном уровне. Практически любая внедряемая технология начинает свой путь от заявки на изобретение. Очевидно для понимания проблем, связанных с новыми технологиями можно воспользоваться патентами, а также стандартами. Ни одна модель оборудования не развивается с нуля, каждая последующая опирается на опыт, технологии предыдущей. Особенно интересна эволюция

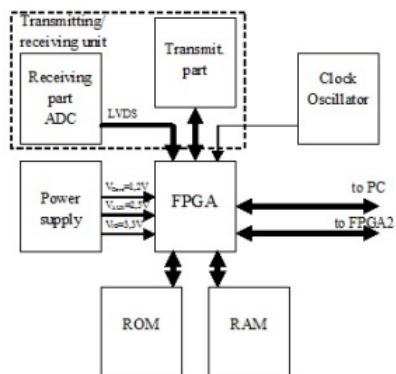
развития элементной базы от принципиальной схемы до воплощения ее в кристалл. В качестве примера в лекции представлена технология развития элементной базы на примере многофункционального модуля FPGA (Field Programmable Gate Array).



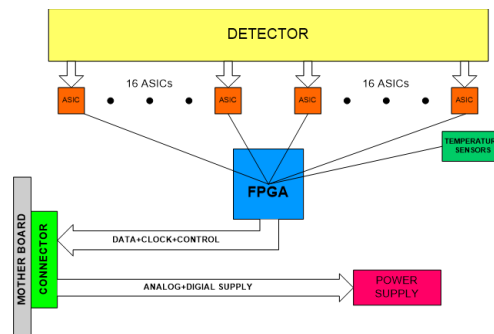
Table 1: DAS Control Board - Switch, Connector & Test Point Descriptions

Item	Label	Description
S1	S1	DCB Board Reset switch
	TX	Fiber Optic, High Speed Serial DAS Data Out
	RX	Fiber optic, High Speed Serial DAS Data In. (For External loopback Testing Only)
TP1	TDO	JTAG Data Output for FPGA Programming
TP2	LGND	Digital Ground
TP3	VCC	+5 VDC Digital

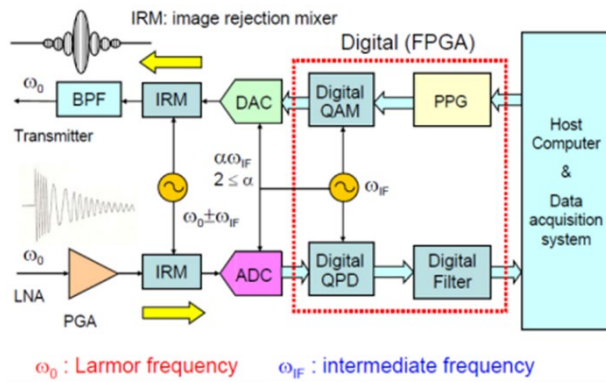
Классический пример интерфейса FPGA.



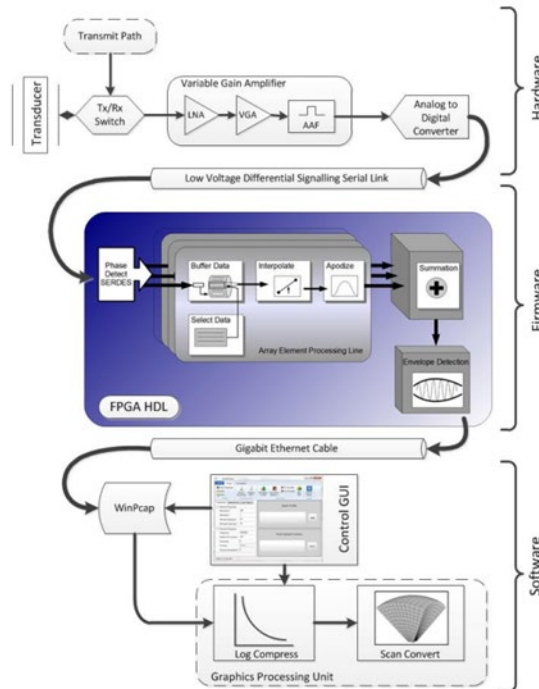
Примеры из практики применения FPGA в различном оборудовании.  
Пример1.



Пример 2.



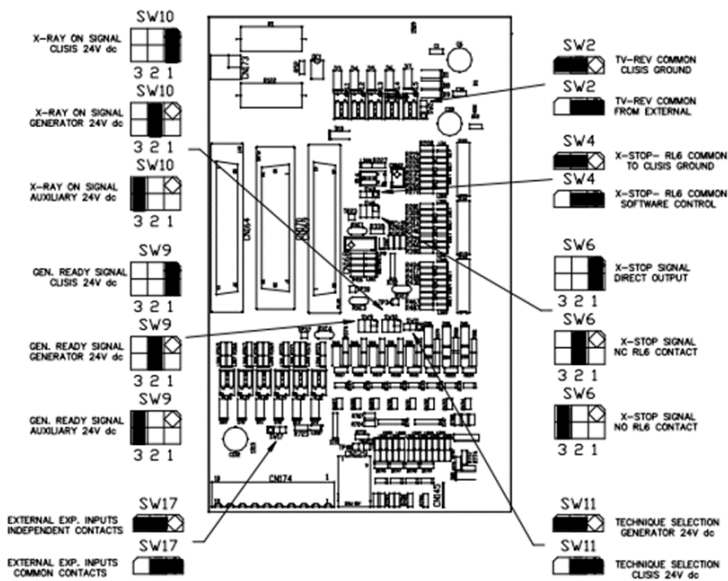
Пример 3.



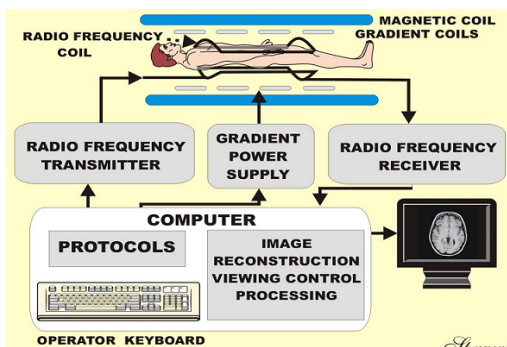
Ко всему прочему, многие функциональные решения, например, на СТ можно встретить на УЗИ или МРТ и наоборот. Один из разделов лекции посвящен этой теме.

#### 4.2. Плановые обслуживания, связанные с коммутацией микро-выключателей на платах (!!! SWITCHING).

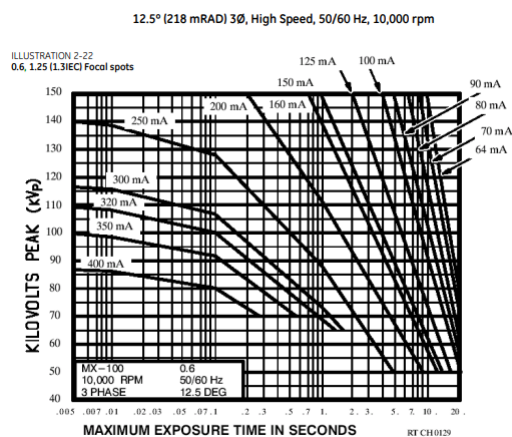




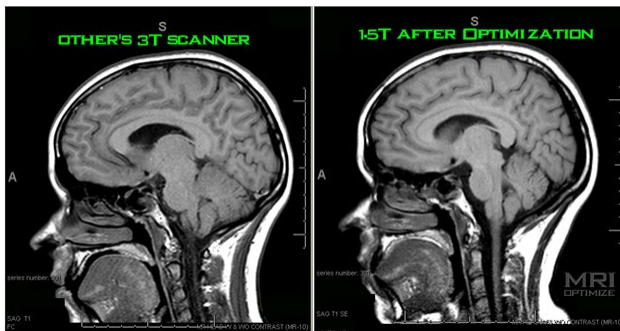
#### 4.3. Связь протоколов с безопасностью системы.



#### 4.4. Корреляционная связь технических параметров с установками клинических протоколов.



#### 4.5. Класс оборудования, методы оптимизации по расширению возможностей моделей оборудования.



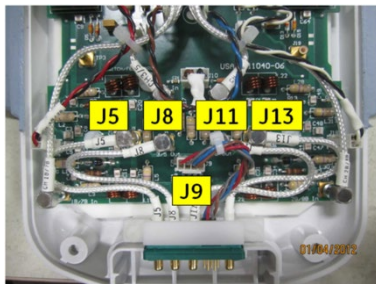
## Фаза 5.

### Обслуживание, диагностика и восстановление элементов архитектуры «Front-End».

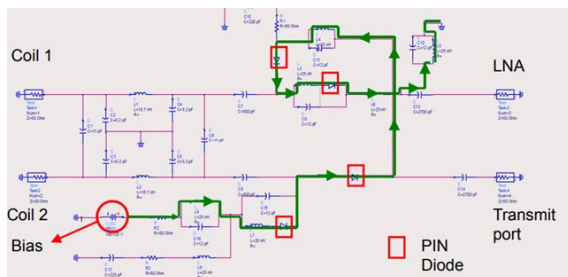
Элементы архитектуры модуля Front-End наиболее подвержены отказам и проблемам различного характера.

#### 1.1. Обслуживание, диагностика и восстановление радиочастотных катушек МРТ.

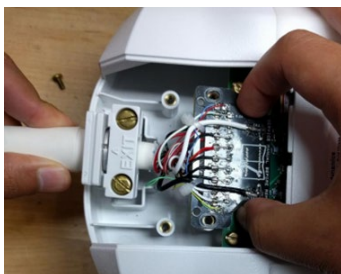
Внутренний вид катушки RF.



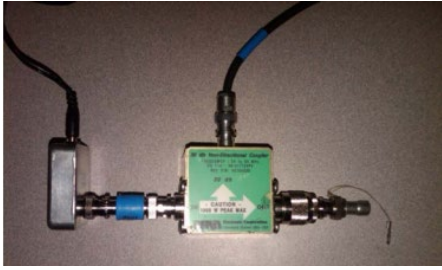
Особенности принципиальных схем.



Демонтаж катушек.



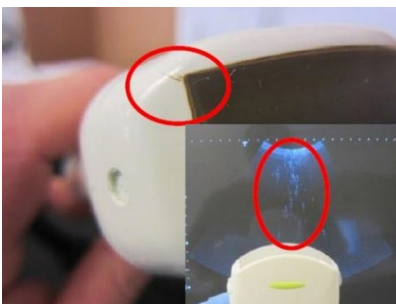
Тестирование.



## 1.2. Обслуживание, диагностика и восстановление ультразвуковых датчиков.

**Датчик**, отказ его или визуальные признаки, указывающие на проблемы в нем. Все датчики откалиброваны на заводе изготовителе на специальном оборудовании. Не профессиональное вмешательство без специальных знаний в конструкцию датчика в лучшем случае приводит к ухудшению качества визуализации, а в худшем к отказу элементной базы Front-End. Необходимо выделить главное в ремонте акустической линзы, отсутствие акустического согласования приводит также к отказу элементной базы в коннекторе и т.д. Другими словами правильный выбор материала для восстановления линзы гарантирует безопасную эксплуатацию как для пациента, так и для техники в целом. Ультразвуковой аппарат, как система, не имеет встроенных диагностических средств для датчика, поэтому ему особое внимание при обслуживании. В случае неисправности датчика, количество проблем неизмеримо больше, а элементная база модуля Front-End находится под угрозой. При этом необходимо учитывать, замена элементной базы или платы в модуле подразумевает процедуры калибровки системы, что потребует высокой квалификации сервисного инженера. Другой важный аспект, серийный номер на некоторых платах имеет важное значение, указывающий на волновое согласование (импеданс) с коннекторами датчиков. Источник питания высокого напряжения, наиболее чувствительный элемент модуля. Отказ источника высокого указывает на очень серьезную проблему, вероятнее всего с массовым отказом элементной базы. Замена элементной базы при таком отказе требует специальных знаний и дело здесь не в мастерстве пайки, а в особенностях элементной базы. Непоправимый вред наносят токи утечки в модуле. Это особая тема для лекции.

Пример, признак отказа датчика.

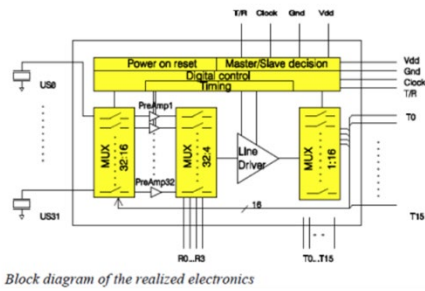


Отсутствие инструментальных средств контроля и диагностики датчиков, добавляет проблем с лихвой, не соизмеримые с другими известными проблемами. На лекции рассматриваются доступные инструментальные средства и как ими пользоваться.

Пример классического инструментария для диагностики датчика.

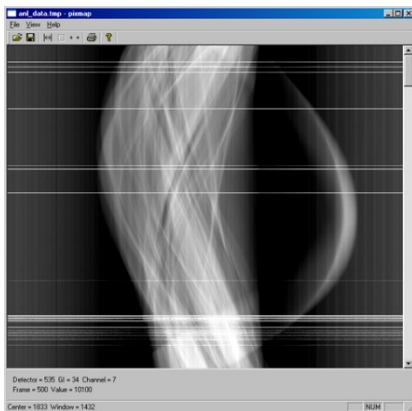


Структура Front-End ультразвукового аппарата.



### 1.3. Контроль качества. Виртуальный инструментарий контроля.

Инструментарий QUALITY CONTROL IN MEDICAL IMAGING.



**Дополнения.**  
Патентная библиотека на тему лекции.

## **Заключение.**

**На что следует обратить внимание сервисному инженеру, проявившему интерес к данной теме:**

2. Процедуры по техническому обслуживанию представлены только на английском языке. Если необходим перевод, клиенту следует самостоятельно обеспечить перевод.
3. Опыт работы со снимками в техническом смысле. Отсутствие удовлетворительной визуализации, повод для серьезной диагностики всей системы в целом. Отсутствие кода ошибки при неудовлетворительной визуализации не является гарантией технической исправности системы.
4. История оборудования, предмет для анализа проблемы (сколько сервисных бюллетеней выпущено компанией с момента инсталляции данной модели, количество ремонтов, характер отказов в период эксплуатации и т.д.).
5. Версия программных средств и принципиальные схемы на модель, тесно связаны друг с другом. Серийный номер на модули системы имеют определенную корреляционную связь с версией программных средств, необходимо учитывать и при работе с принципиальными схемами.
6. Понимать особенности процедуры контроля качества. Документация поставляется на русском языке.

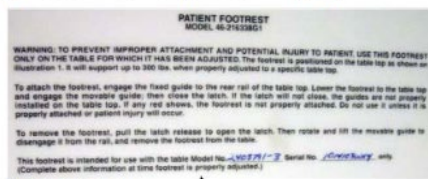
## **Минимум знаний, необходимый по данному курсу широкого профиля:**

1. Каким образом сохранить пользовательские установки, архив и системные рабочие калибровки.
2. Конструктивные особенности плат. Например, почему в платы, связанные с источниками питания может устанавливаться элементная база, в которую «защит» серийный номер модели и т.д.?
3. Практика владения пользовательским интерфейсом.
4. Знать в общих чертах процедуры проведения калибровок.
5. Виды функционального контроля.
6. Понимать процесс оптимизации пользовательских протоколов.
7. Особенности использования операционных систем.
8. Основная роль операционным системам реального времени.
9. Технологии, связанные с особенностями программных средств. Например, некоторые встроенные в оборудование программные средства, могут использоваться в том числе в качестве тренинга на компьютере. Они могут вести себя в определенных случаях, как вирус «убийца». Кроме того, сервисные программы удаленного доступа формата «Link» при размещении на компьютере могут «сносить» Вашу полезную информацию.
10. Понимать значение «Safety Labels», размещаемых на стенках шкафов оборудования. Например, вида:





**RCIM2 Label**  
(5179365-2 – German, 5179365 – English)



**Footrest Label**  
(5269007-2 – German, 2124754 - English)



**Table Top Label**  
(46-257756P2 – German, 46-257756 - English)  
(2 labels, one placed on the front of the table and one placed at the head end of the table.)



**Collimator Label**  
(5291068-16 – German)  
(English –Already on system)



**OTS Console Label**  
(5234953 - German)  
(5234953-17 – English)

**Лекция завершается контролем знаний по пройденному материалу.**

**Ожидаемый результат.**

В случае востребованности, в дальнейшем можно организовать аналогичные лекции по этой же группе оборудования на модули «Mid-End» и «Back-End»!!!