**Surf PI Pro**  
 В металлоискателях с импульсной индукцией, к которым относится и описываемый ниже Surf Pi Pro, всего одна катушка-датчик, которая используется как для передачи, так и для приема сигнала.  
**Передающая система** состоит из мультивибратора на интегральном таймере 555 и электронного ключа на MOSFET транзисторе IRF 9640.   
Мультивибратор вырабатывает высокостабильные прямоугольные импульсы отрицательной полярности и амплитудой около 12 В. Их длительность t= 0,693хR2хС1= 50,31 мкс. Частота следования импульсов или, так называемая, рабочая частота прибора f = 1,44/[(R1+2R2)хС1] = 614 Гц. Конденсатор С16 служит для снижения влияния помех на длительность формируемых импульсов. Очевидно, что такие значения рабочей частоты прибора и длительности импульсов выбраны американскими специалистами неслучайно и это - оптимальные значения, полученные в результате проведенных ими многочисленных экспериментов. Поэтому эту тему я здесь развивать не буду. Чтобы максимально приблизиться к значениям этих параметров, а также обеспечить их термостабильность, в схеме мультивибратора необходимо использовать высокоточные резисторы (1%) и пленочные конденсаторы (5%).   
Импульсы с выхода мультивибратора (вывод 3 микросхемы 555) поступают на затвор (G)транзистора 9640, работающего в ключевом режиме и на короткое время открывают его. В результате через катушку, из-за ее очень малого сопротивления, протекает ток силой в несколько ампер. Хотя сила тока велика, но время его протекания очень мало. Это предохраняет транзистор 9640 и катушку от перегрева и уменьшает разряд батареи питания. Каждый импульс тока в катушке создает магнитное поле. Когда ток обрывается,магнитное поле вокруг катушки внезапно исчезает, но в этот момент импульс напряжения противоположной полярности и большой амплитуды (от 100 до 130 В) появляется на выводах катушки. Этот выброс напряжения называется противодействующей электродвижущей силой (противо-ЭДС) или импульсом самоиндукции.  
**Приемная система** состоит из блока усиления на операционном усилителе (ОУ) NE5534, блока коммутации на микросхемах 4093 и 4066, дифференциального интегратора и блока автоматической настройки порога чувствительности SAT (self adjusting Threshold) на ОУ LM358, блока звуковой сигнализации на транзисторе MPSA13.

**Блок усиления**  
Входной импульс со стока (D) транзистора 9640 через резистор R7 поступает на неинвертирующий низкошумящий ОУ NE5534 с малыми гармоническими искажениями.  
Коэффициент усиления неинвертирующего ОУ по напряжению очень большой, около 1000. Диоды D1 и D2 служат для ограничения входного сигнала до величины 1 вольт, чтобы не перегружать вход ОУ. Резисторы R6 и R7 – демпфирующие. Их функция подавлять паразитные колебания («звон») возникающие при затухании импульса самоиндукции до нуля. Причем для этого необходимо подобрать значение сопротивления только резистора R6. Подстроечный резистор R10 нужен для балансировки смещения нуля ОУ из-за его очень большого коэффициента усиления и технологических особенностей микросхемы NE5534. Хочу отметить, что в некоторых схемах Surf Pi предлагается между инвертирующим и неинвертирующим входами (выводы 2 и 3 NE5534, соответственно) включать конденсатор с небольшой емкостью 100 пФ. Он служит для подавления различных ВЧ-помех, в том числе электромагнитных помех от люминисцентных ламп. Такое подключение конденсатора еще интересно тем, что, благодаря тому, что напряжение на нем практически постоянно при любом напряжении входного сигнала, его емкость не влияет на время установления ОУ (т.е. времени установления выходного напряжения ОУ при изменении входного).  
**Блок коммутации**  
Импульс с выхода мультивибратора (вывод 3 микросхемы 555) поступает на ключ на транзисторе 2N3906, на нем инвертируется и следует дальше на вход формирователя импульсов задержки «DELAY». Далее уже импульс задержки поступает на формирователь первого стробирующего импульса (С10, R26, 4093), а также на формирователь импульса, обеспечивающего определенный интервал между стробирующими импульсами (С11, R28, 4093). который, в свою очередь, поступает на формирователь второго стробирующего импульса (С12,R29, 4093) (описание формирователей см. в моем предыдущем сообщении). ВременнЫе диаграммы поясняющие этот процесс уже не раз приводились на форуме (см., например, стр.42). Отмечу только, что длительности стробирующих импульсов с вывода 3 и вывода 4 микросхемы 4093 должны быть равны между собой. Ниже станет ясно, почему.  
Стробирующие импульсы управляют работой ключей на микросхеме 4066. В результате формируются два временнЫх окна, одно в начальной части импульса самоиндукции,  
другое в конечной части, когда импульс выходит на ноль. Визуально эти окна (выделены цветом) можно посмотреть на рисунке (см. стр. 40). В случае появления проводящей мишени-объекта импульс самоиндукции меняет свою форму, особенно в своей передней части, происходит ее завал. Причем больше всего он зависит от размеров объекта. Чем объект крупнее, тем сильнее завал. Разность между импульсами при присутствии объекта и его отсутствии образует сигнал, который регистрируется прибором. Сдвигая окна вправо (см. рис. на стр.40) посредством увеличения задержки с помощью регулятора «DELAY» (расстояние между окнами при этом остается неизменным) можно сделать недоступными для регистрации сигналы от мелких предметов. В левое окно (см.рис.) будет поступать часть регистрируемого сигнала, состоящая из полезного сигнала + фон, в правое - только фон. В дальнейшем на дифференциальном интеграторе происходит вычитание фона из полезного сигнала + фон и интегрирование.Таким образом выделяется полезный сигнал. Для того, чтобы выполнить эту операцию корректно, ширина окон должна быть одинаковой, а не такой как показано на стр.40. Кроме того, описываемый блок коммутации обеспечивает выключение блока звуковой сигнализации в течение времени интервала между стробирующими импульсами (см. рис. на стр. 42), тем самым формируя прерывистый звуковой сигнал.

**Дифференциальный интегратор**Интегрирование является одной из основных математических операций, но для того, чтобы понять, как оно выполняется, необходимо знать хотя бы основы высшей математики. А их знают далеко не все. Тем не менее, можно сказать, что в электронной реализации интегрирование означает построение схемы, которая обеспечивает напряжение на выходе, которое в графической интерпретации пропорционально площади под кривой напряжения входного сигнала.  
На инвертирующий и неинвертирующий входы дифференциального интегратора на ОУ LM358 поступают сигналы из временнЫх окон, сформированных в блоке коммутации. На нем происходит интегрирование разности напряжений этих сигналов по времени для выделения полезного сигнала (см. мое предыдущее сообщение, стр.47).   
Корректно такое интегрирование будет выполняться только тогда, когда постоянные времени интегратора t1 = R13хС6 и t2 = R14хС5 будут равны между собой.  
Кроме того, для обеспечения одинаковых постоянных времени разряда конденсаторов С5 и С6 необходимо обеспечить равенство соответственно сопротивлений R15 и R16 (функция этих резисторов описана также в моем сообщении на стр. 46). Для выполнения таких требований к этим параметрам, а также обеспечения их термостабильности необходимо применять высокоточные резисторы (1%) и пленочные конденсаторы или керамические с низким значением ТКЕ.   
  
**Блок автоматической настройки порога чувствительности SAT** (self adjusting Threshold)   
С выхода дифференциального интегратора сигнал поступает на регулятор чувствительности сигнала, представляющий собой изменяемый c помощью переменного резистора Р1 «GAIN» делитель напряжения. В отличие от классической схемы (его там нет), в SURF PI PRO он позволяет, в случае необходимости, когда сигнал слишком большой, например, в случае сильно минерализованной почвы, уменьшать чувствительность прибора. С выхода делителя сигнал поступает на неинвертирующий вход ОУ LM 358, где усиливается с коэффициентом усиления по напряжению около 200, что в два раза больше, чем в классической схеме. Конденсатор С8 служит для дополнительного сглаживания сигнала.  
Переменный резистор Р5 «THRESHOLD» путем изменения напряжения смещения по инвертирующему входу ОУ обеспечивает регулировку порога чувствительности принимаемого сигнала и отстройку его от фона. Сигнал амплитудой меньше порога чувствительности не будет проходить на выход ОУ. Установленный в начале поиска порог чувствительности будет автоматически поддерживаться неизменным, за счет отрицательной обратной связи по постоянному току ОУ через резистор R22.  
Здесь я хотел бы пояснить, что отстройка от фона все равно нужна, поскольку идеального выделения полезного сигнала, реализуемого на дифференциальном интеграторе, на практике не происходит. Всегда присутствует, даже при отсутствии фона, создаваемого индустриальными помехами, так называемый фон Земли или геофон.

**Блок звуковой сигнализации**Сигнал с выхода блока SAT поступает на базу составного транзистора MPSA13, обеспечивающего необходимое усиление сигнала и в качестве нагрузки в цепи коллектора использующего высокоомные (более 100 Ом) наушники. Подстроечный резистор R33 служит для установления желаемой громкости звукового сигнала .Блок коммутации формирует сигнал длительностью, равной длительности между стробирующими импульсами (см. мое сообщение на стр. 47), который, поступая на вывод 12 микросхемы 4066 открывает соответствующий ключ и замыкает базу транзистора на землю, закрывая его и, тем самым, формируя прерывистый звуковой сигнал.  
Единственным блоком, который я вывел за рамки описания прибора SURF PI PRO, является блок питания. Он, очевидно, также является очень важным функциональным блоком прибора.Блок питания представляет собой батарею из восьми элементов питания типоразмера АА и общим напряжением 12 В. Питание ОУ на микросхемах NE5534 и LM358, триггеров Шмитта на микросхеме 4093 и ключей на микросхеме 4066 осуществляется от стабилизатора напряжения +5 на микросхеме 7805 и от инвертора этого напряжения до напряжения около – 5 В на микросхеме 7660. В отличие от классической схемы в SURF PI PRO снижена внутренняя рабочая частота этой микросхемы 10 кГц до 614 Гц путем подключения выхода мультивибратора (вывод 3 микросхемы 555) к выводу 7 инвертора через резистор R17 . Диод Шоттки D4 (1N5819) совместно с этим резистором формирует необходимый входной логический сигнал напряжением около +5 В. Такое включение инвертора синхронизировано с циклом работы прибора, что уменьшает уровень посторонних помех. А снижение рабочей частоты повышает его КПД. Хочу отметить, что из-за того, что КПД инвертора не 100%, напряжение на его выходе для данного прибора составляет около – 5 В, но не менее - 4,6 В.