

Эхолот



- Пределы измерения 2,5; 5; 12,5; 25 м
- Минимальная измеряемая глубина 0,3 м
- Точность измерения..... +/- 4%
- Питание 9 в
- Потребляемый ток 20-30 ма
- Автоматическая регулировка усиления
- Программный фильтр помех
- Светодиодная индикация

Предлагаемый эхолот может быть использован на любительских судах для измерения глубины водоемов, для поиска затонувших предметов, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и глубину. Рыболовы же с его помощью легко смогут отыскать наиболее перспективные места ужения рыбы.

Описание этого прибора было опубликовано в журнале "Радио" № 3 за 1999 год, он прошел опытные испытания в сезон 1998 и 1999 года в речной и морской воде. Эхолот измеряет глубину водоемов на четырех пределах: до 2,5; 5; 12,5 и 25 метров. Минимальная измеряемая глубина - 0,3 м. Погрешность не более 4% от верхнего предела на каждом диапазоне.

Предусмотрена временная автоматическая регулировка усиления (ВАРУ), изменяющая коэффициент усиления в течении каждого цикла от минимального до максимального, что повышает помехоустойчивость прибора.

В качестве индикатора используется линейная шкала глубины из 26 светодиодов, на которой может индицироваться до четырех отраженных сигналов и вспомогательная шкала из 4-х светодиодов, отображающая предел измерения. Период обновления информации на индикаторе около 0,1 сек, что позволяет легко отслеживать рельеф дна. Дополнительно повышает помехоустойчивость, защищая от

случайных помех, программно реализованный импульсный фильтр. Алгоритм работы фильтра заключается в том, что он выводит на индикатор только те отражения, глубина которых при двух последовательных измерениях изменилась не более, чем на 2% включенного предела измерения глубины. Это позволяет в какой-то степени отсеять помехи, например от двигателя.

Питание эхолота осуществляется от 6 элементов типа А316 с общим напряжением 9 В, работоспособность прибора сохраняется при снижении напряжения до 6 В. Потребляемый ток не превышает 7...8 МА + 10 МА на каждый горящий светодиод, в среднем при измерении около 30 МА.

Эхолот весьма прост в наладке и удобен в эксплуатации, не требует калибровки. Предусмотрена возможность оперативного переключения предела измерения, количества индицируемых отражений а также регулировка эффективности ВАРУ. Импульсный фильтр при необходимости может быть отключен. Значения всех параметров могут сохраняться в памяти в режиме пониженного энергопотребления (SLEEP). В этом режиме потребляемый ток составляет около 70 МКА, что практически не сказывается на сроке службы элементов питания.

Почему не в энергонезависимой памяти? Да потому, что АТ89С2051 ее не имеет, а другие типы контроллеров на момент разработки эхолота при-

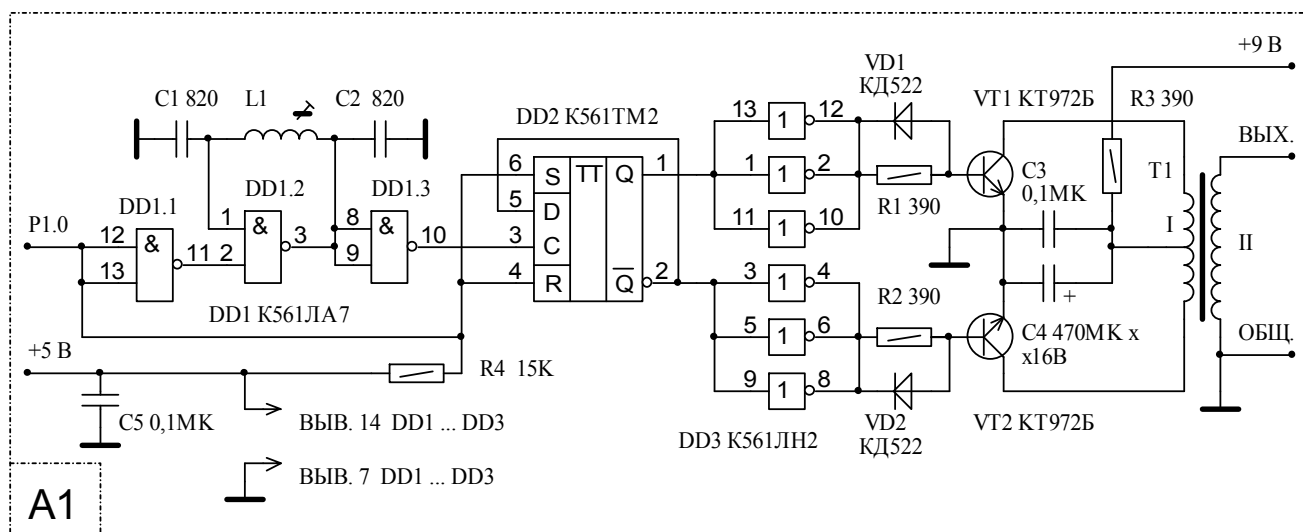


Рис. 1 Генератор импульсов

обрести было невозможно.

Прибор состоит из 4-х функционально законченных блоков: генератора зондирующих импульсов, приемника, блока управления и блока индикации.

Принципиальная схема генератора зондирующих импульсов показана на рис. 1. На микросхеме DD1 собран задающий импульсный генератор на частоту 600 КГц, которая затем делится на 2 триггером на элементе DD2. Усилитель мощности излучаемого сигнала выполнен по двухтактной схеме на составных транзисторах VT1, VT2 и трансформаторе Т1, со вторичной обмотки которого электрические колебания частотой 300 КГц подаются на пьезокерамический излучатель-датчик и в виде ультразвуковых посылок излучаются во внешнюю среду. Работа генератора разрешается при наличии уровня логического нуля на выводах 12, 13 DD1 и 4, 6 DD2.

Разрешающий импульс длительностью 50 мкс поступает на генератор в начале каждого цикла измерения с блока управления. Его схема показана на рис. 2. Основа блока - однокристалльный микроконтроллер AT89C2051, который формирует все сигналы, необходимые для работы прибора. На транзисторах VT1...VT4 собран стабилизатор

напряжения 5 В. Его характерные особенности - очень малый собственный потребляемый ток - 25 мкА и малое падение напряжения на регулирующем транзисторе - менее 1 В. Транзистор VT5 отключает питание от приемника в режиме «SLEEP», снижая потребляемый ток.

Отраженный от дна сигнал принимается в промежутке между посылками излучателем - датчиком и подается на вход приемника (рис. 3). Импульс усиливается трехкаскадным резонансным усилителем на VT1, VT2, VT4...VT7 и детектируется VD4, VD5. Триггер Шмитта на VT8, VT9 формирует стандартные логические уровни. Диоды VD1, VD2 защищают вход приемника от перегрузки. Транзистор VT3 - управляющий элемент ВАРУ, он изменяет в широких пределах коэффициент усиления первого каскада.

Форма управляющего напряжения на конденсаторе С1 при максимальной эффективности ВАРУ показана на рис. 8. Длительность заряда конденсатора определяется постоянной времени R2 C1, а нижний уровень напряжения - номиналом R4 и длительностью разрядного импульса с блока управления, которая может изменяться от 0 до 1,25 мс.

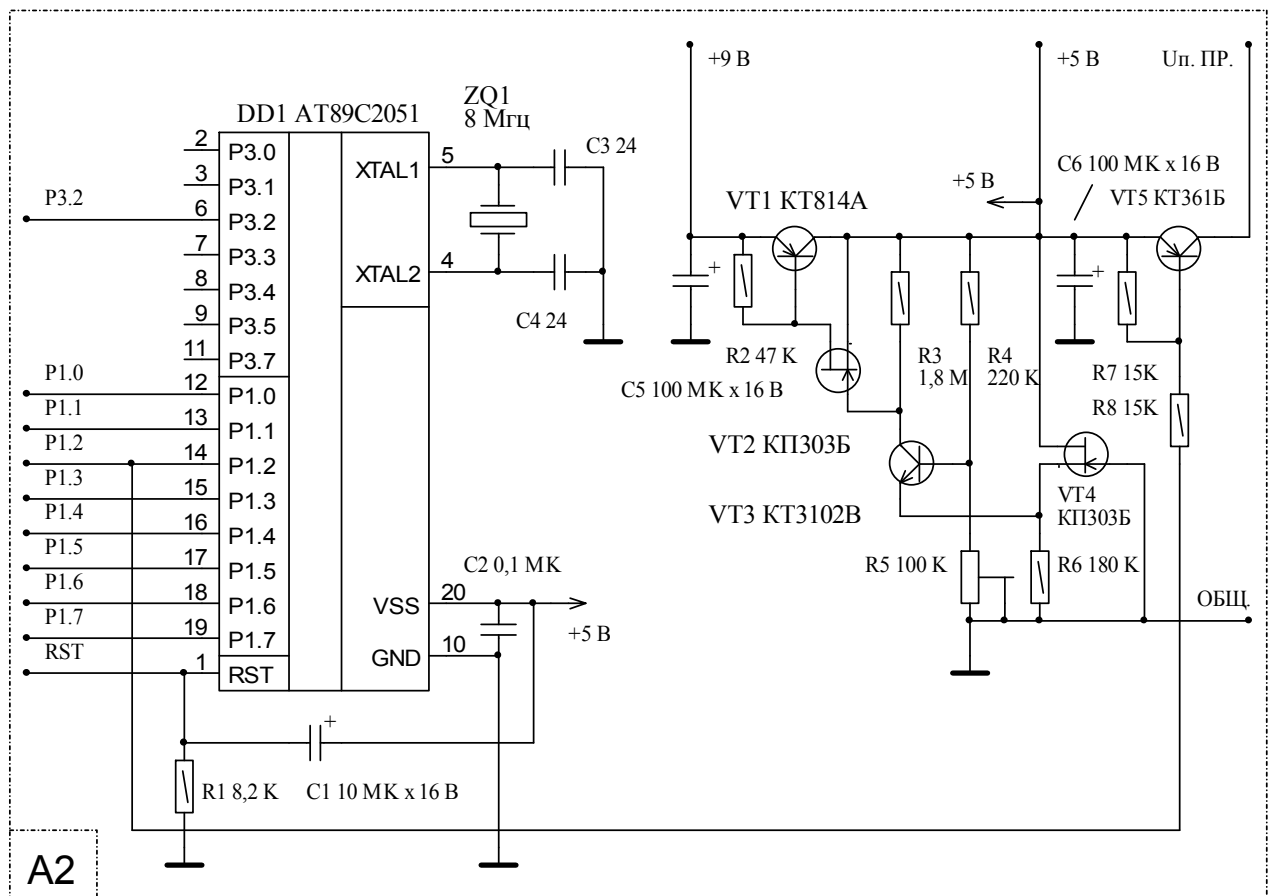


Рис. 2 Блок управления

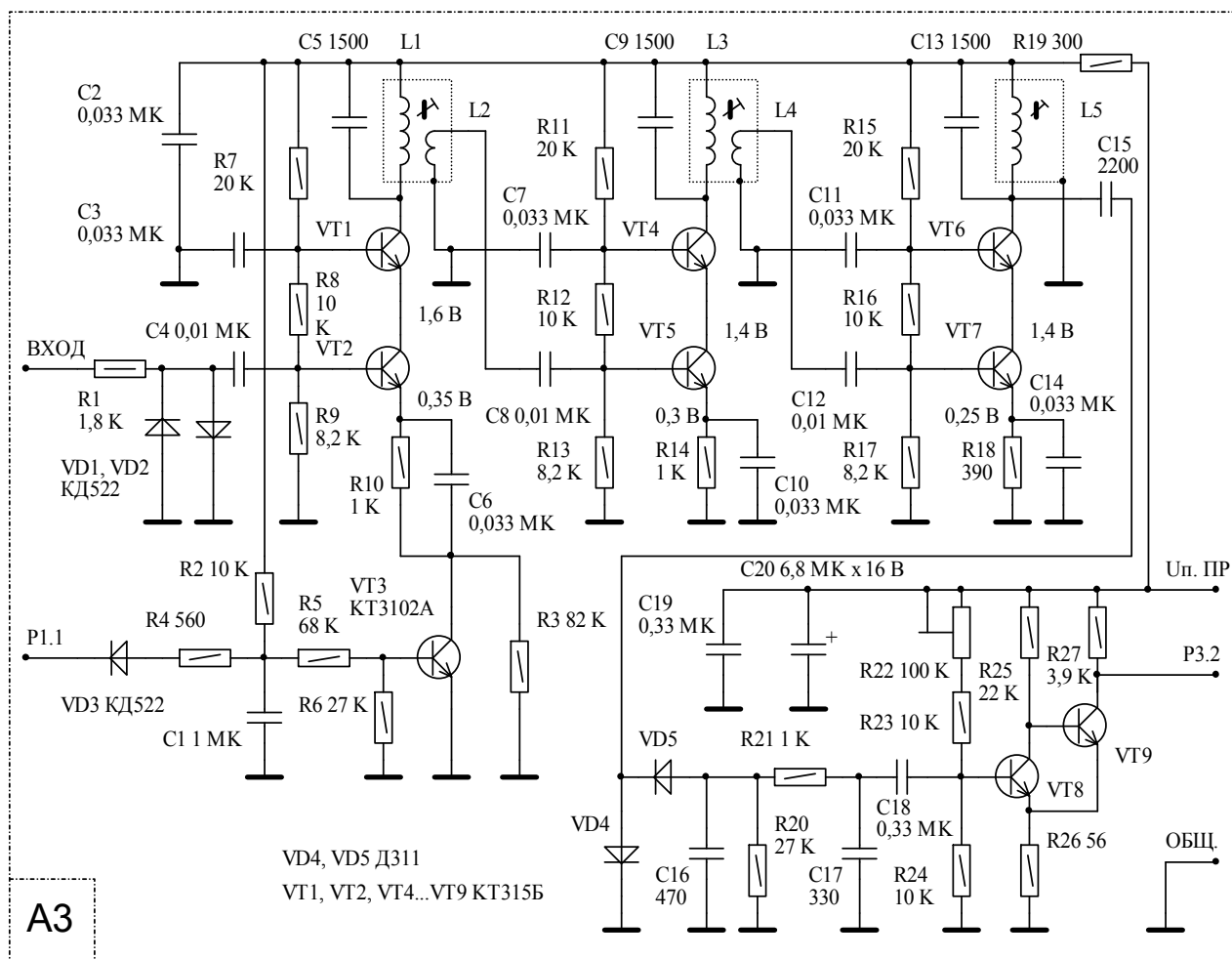


Рис. 3 Приемник

Соответственно изменяется и эффективность ВАРУ, что позволяет оперативно корректировать чувствительность эхолота для конкретных условий работы. С коллектора VT9 сформированный отраженный импульс подается на вывод P3.2 микроконтроллера DD1 блока управления для дальнейшей обработки.

Схема блока индикации показана на рис. 4. Он представляет собой 32-х разрядный сдвиговый регистр на 4-х микросхемах типа K561ИР2 с эмиттерными повторителями на выходе. Резисторы R1...R30 задают ток через светодиоды 10 мА. При таком токе индикатор хорошо виден в любую погоду. Последние 2 разряда DD4 не используются. Светодиоды HL1...HL26 образуют основную шкалу индикатора, а HL27...HL30 индицируют предел измерения, количество индицируемых отражений и включение импульсного фильтра помех. Их размещение на передней панели изображено на рис. 6.

Схема межблочных соединений прибора показана на рис. 5. Кнопки SB1...SB4 также выведены на переднюю панель, с их помощью осуществляется оперативное изменение режимов работы эхолота.

Конструкция ультразвукового излучателя-датчика понятна из рис. 7.

Он изготовлен на основе круглой пластины 1 диаметром 31 мм и толщиной 6 мм из пьезокерамики ЦТС-19 с резонансной частотой 300 КГц. К ее посеребренным плоскостям сплавом Вуда припаивают по 3 отрезка провода МГТФ-0,1 или 0,14. Места паяк должны быть у края пластины и располагаться по окружности равномерно.

Где такой диск может использоваться, кроме эхолотов - не знаю, а заменить его можно только чем-то аналогичным с другими размерами и другой резонансной частотой, соответственно перестроив приемник и передатчик

Датчик собирают в алюминиевом стакане 3 от оксидного конденсатора диаметром около 40 мм и длиной 30...40 мм. В центре дна стакана сверлят отверстие под штуцер 5, через который входит гибкий коаксиальный кабель 6 длиной 1...2,5 м, соединяющий датчик с эхолотом. Пластины датчика приклеивают к диску из мягкой микропористой резины 2 толщиной 5...10 мм и диаметром, равным диаметру пластины. Припаянные к пьезоэлементу выводы собирают в косу так, чтобы ее ось совпадала с осью пьезоэлемента

При монтаже оплетку кабеля припаивают к штуцеру, центральный проводник - к выводам обклад-

ки датчика, приклеенной к резиновому диску, выводы другой обкладки - к оплетке кабеля.

Технологические стойки 4 фиксируют положение пластины таким образом, чтобы ее поверхность была углублена в стакан на 2 мм ниже его кромки.

Стакан закрепляют строго вертикально и заливают до края эпоксидной смолой. При этом нужно следить, чтобы в ней не было воздушных пузырьков

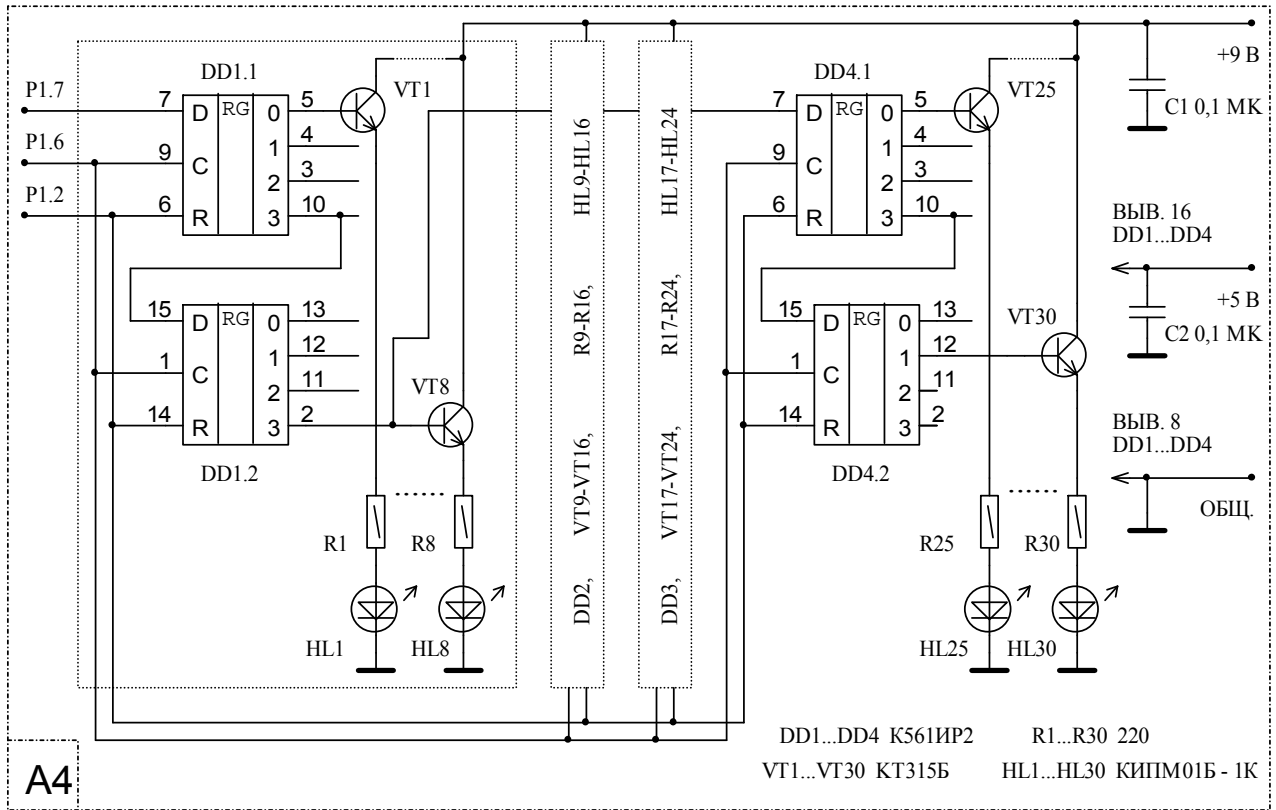


Рис. 4 Блок индикации

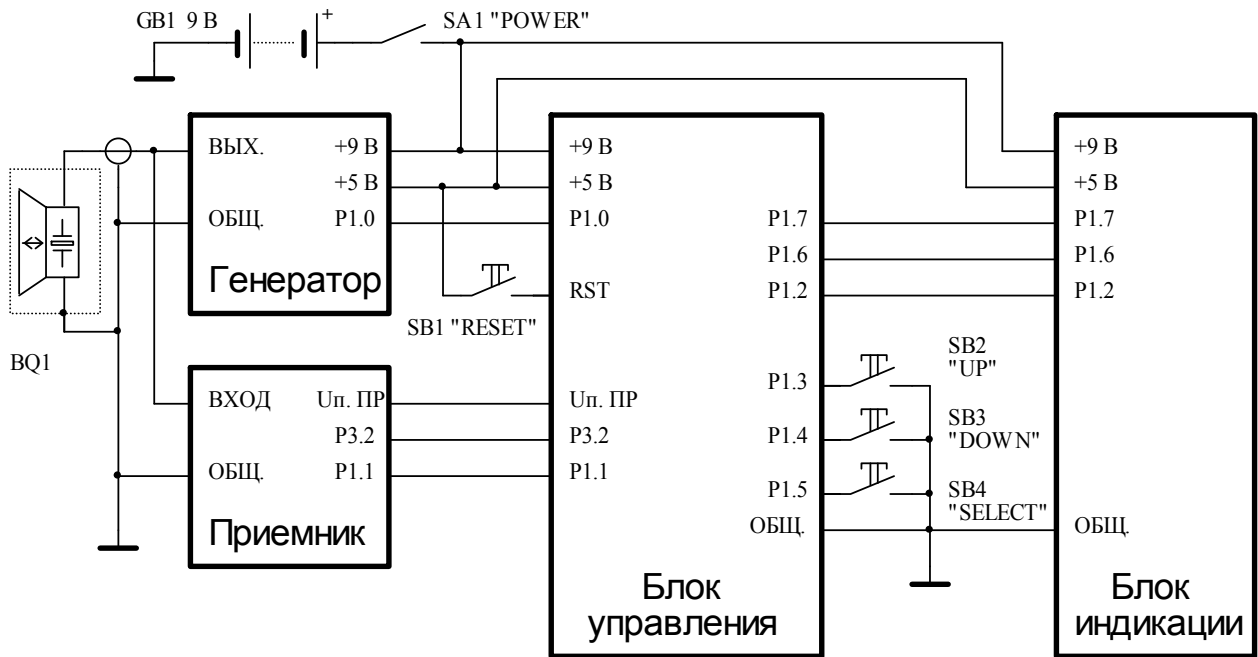


Рис. 5 Схема межблочных соединений

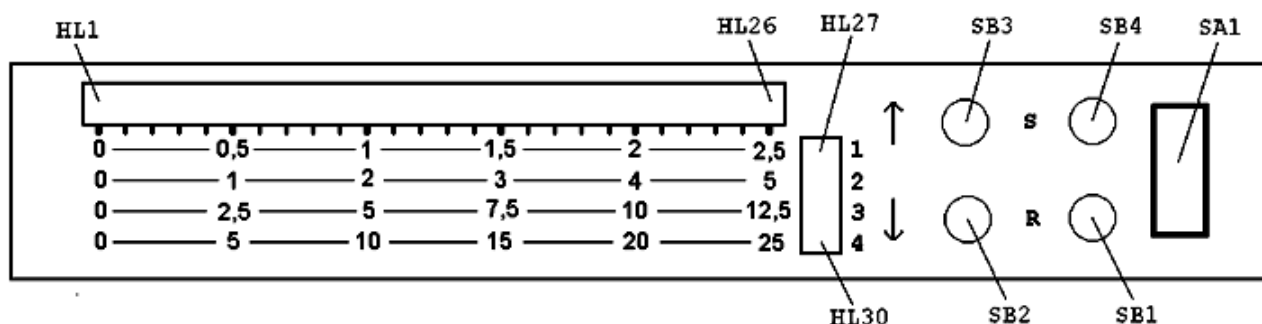


Рис.6 Передняя панель эхолота

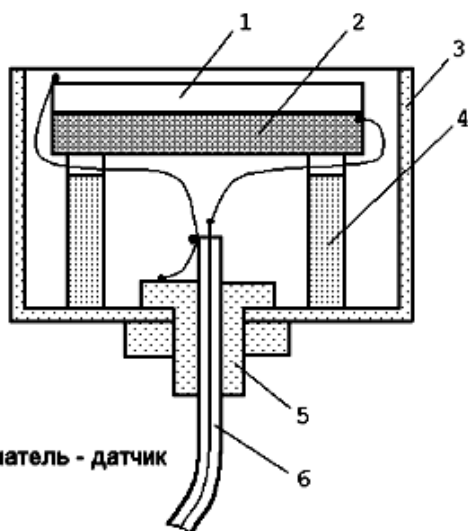


Рис.7 Излучатель - датчик

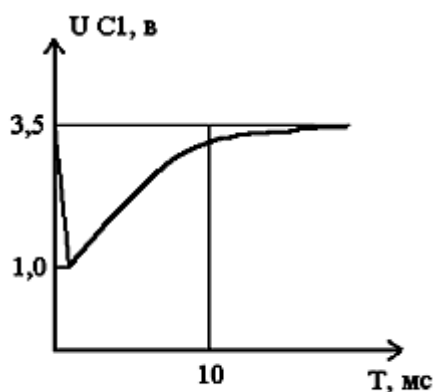


Рис.8 Напряжение на С1

В конструкции эхолота использованы широко распространенные детали. Катушка L1 генератора намотана на каркасе диаметром 5 мм с подстроечником Ф-600. Она содержит 110 витков провода ПЭВ 0,12 мм. Трансформатор Т1 намотан на сердечнике К16х8х6 мм из феррита М1000НМ.

Первичная обмотка наматывается в 2 провода и содержит 2х20 витков, вторичная - 150 витков провода ПЭВ 0,21 мм. Между обмотками необходимо проложить слой лакоткани. Катушки приемника намотаны на каркасах от контуров ПЧ 465 КГц

карманных приемников. Контурные катушки L1, L3, L5 содержат по 90 витков, а катушки связи L2 и L4 по 10 витков провода ПЭВ 0,12 мм. Можно использовать и готовые контуры от карманных приемников 70-х - 80-х годов, подобрав конденсаторы для получения резонансной частоты 300 КГц.

Конденсаторы C1, C2 генератора и C5, C9, C13 приемника должны быть с малым ТКЕ, группы не хуже М75, например КСО-Г. C1 приемника типа К73-17. Светодиоды индикатора HL1...HL30 красного цвета свечения прямоугольной формы, например типа КИПМ01Б-1К. Полевые транзисторы VT2, VT4 стабилизатора (рис. 2) типа КП303, КП307 с любым буквенным индексом, но с напряжением отсечки не более 2 В. Микроконтроллер AT89C2051 можно заменить на AT89C51 или 87C51. При этом необходимо учесть различия в нумерации выводов. К остальным деталям особых требований не предъявляется.

Все блоки прибора смонтированы на одной или нескольких печатных платах, размеры и конфигурация которых определяются размерами имеющегося в наличии корпуса, а также типом применяемых деталей, поэтому не приводятся. Приемник желательно смонтировать на отдельной плате «в линейку» и разместить в корпусе по возможности дальше от блока управления. Для уменьшения нагрева прямыми солнечными лучами корпус должен быть светлого цвета.

Налаживание эхолота начинают с установки на выходе стабилизатора блока управления напряжения +5 В с помощью резистора R5. При этом DD1 следует вынуть из панельки. После установки микроконтроллера на место необходимо убедиться в работоспособности блока управления и блока индикации.

После включения питания на индикаторе должен светиться один из светодиодов дополнительной шкалы (HL27...HL30), индицирующий предел измерения. Нажимая на кнопки SB2 «UP» и SB3 «DOWN» можно переключать пределы. Однократное нажатие на кнопку SB4 «SELECT» переключает прибор в режим установки количества индицируемых отражений. Аналогично, нажимая SB2 и SB3, можно изменять их количество от 1 до 4. Это индицируется мигающим светодиодом на шкале пределов. При следующем нажатии кнопки «SELECT» включается режим установки степени ВАРУ, которая также устанавливается SB2 или SB3

и индицируется мигающим светодиодом на основной шкале глубины. Нажав «SELECT» еще раз можно выключить или включить импульсный фильтр помех также с помощью SB2 и SB3 соответственно. Наконец, четвертое нажатие «SELECT» возвращает прибор в основной режим переключения пределов.

Во всех режимах на индикаторе глубины будут индицироваться отраженные импульсы (если они есть), причем, если глубина больше установленного предела, в основном режиме будет мигать последний светодиод индикатора глубины - HL26. Для запоминания выбранных режимов следует нажать и удерживать кнопку SB4 «SELECT» в течение примерно 2 сек. После этого индикатор гаснет и прибор переходит в режим пониженного энергопотребления «SLEEP». Выход из этого режима происходит при нажатии SB1 «RESET». Однако, если нажать SB1 в рабочем режиме, произойдет сброс всех параметров в исходное, записанное в ПЗУ состояние.

Убедившись в исправной работе микроконтроллера, переходят к наладке генератора зондирующих импульсов. Вначале необходимо с помощью осциллографа убедиться в наличии отрицательного импульса длительностью 50 мкс с периодом 100 мс на выводе P1.0 микроконтроллера. Затем осциллограф подключают параллельно излучателю - датчику и наблюдают формируемые зондирующие импульсы. Их амплитуда может достигать 100 в. Опустив излучатель в сосуд с водой глубиной не менее 40 см можно наблюдать и отраженные импульсы. Вращая подстроечный сердечник L1 следует настроить генератор на резонансную частоту излучателя ориентируясь по максимальной амплитуде отраженных импульсов. Амплитуда первого из них может достигать 5...10 В. Амплитуда же зондирующего импульса практически не зависит от частоты.

Наладку приемника начинают с проверки режимов транзисторов по постоянному току, указанных на принципиальной схеме. Эту операцию следует проводить при вынутом из панельки микроконтроллере. При необходимости режимы можно подкорректировать резисторами делителей в базовой цепи транзисторов.

Затем необходимо настроить резонансные контуры на частоту генератора. Для этого излучатель в воздухе располагают на расстоянии 15...20 см от какого-либо препятствия и с помощью осциллографа настраивают контуры по максимальной ам-

плитуде импульсов на коллекторах VT1, VT4, VT6. При этом необходимо учитывать, что диаграмма направленности излучателя в воздухе очень узкая.

По мере настройки следует увеличивать эффективность ВАРУ или увеличивать расстояние до препятствия, чтобы избежать ограничения сигнала. Окончательно контуры подстраивают, наблюдая сигнал после детектора в точке соединения R21, C17, C18. Наконец, переключив осциллограф на коллектор VT9, подстроечным резистором R22 устанавливают порог срабатывания триггера Шмитта, добиваясь максимальной чувствительности и отсутствия ложных срабатываний. Чувствительность приемника - около 15 МКВ.

Работу ВАРУ контролируют, наблюдая форму напряжения на конденсаторе C1 приемника. При необходимости она может быть изменена подбором номиналов R4 и C1.

С теорией и практикой измерения глубины водоемов ультразвуковым эхолотом можно ознакомиться в приводимой ниже литературе.

Литература:

- И. Подымов. Эхолот спортсмена - подводника. - Радио, 1993, № 2, стр. 7-9.
- В. Войцехович, В. Федорова. Эхолот рыбака - любителя. - Радио, 1988, № 10, стр. 32-36.
- В. Тимофеев. Эхолот. Сб.: В помощь радиолюбителю, вып. 92, стр. 23-41 - М.: ДОСААФ, 1986.
- А. Владимиров, Л. Корлякова. Любительский эхолот «Поиск». Сб.: В помощь радиолюбителю, вып. 80, стр. 47-57. - М.: ДОСААФ, 1983.
- В. Бокитко, Д. Бокитко. Портативный эхолот. - Радио, 1981, № 10, стр. 23-25.
- А. Кравченко. Транзисторный эхолот. - Радио, 1973, № 12, стр. 15-16.

Программу для AT89C51 и чертежи печатных плат к этой конструкции можно загрузить с сайта автора по адресам:

<http://ra4nal.qrz.ru>
<http://ra4nal.lanstek.ru>
<http://ra4nalr.tut.ru>

Разработка 1995 г.

Коммерческое использование с согласия автора. Перепечатка со ссылкой на первоисточник.