

Квазиэлектронный компас для определенного направления

Михаил Бараночников
г. Москва
E-mail: baranochnikov@mail.ru

Введение

Помимо различных приложений для смартфонов, многие фирмы разработали специальные электронные устройства, позволяющие мусульманам определять направление на Мекку. В качестве таких устройств могут использоваться GPS-приборы, мобильные телефоны, радиоприемники и т.п. Одними из этих устройств являются так называемые электронные компасы.

На мировом рынке появилось достаточно много моделей электронных компасов, выпускаемых различными производителями. Эти модели имеют как разные характеристики, наборы функций, так и конструктивное оформление.

Стоимость таких устройств различна, однако вероятно, что наиболее дешевым может быть устройство типа так называемого квазиэлектронного компаса, описание которого приведено в [1].

Квазиэлектронный компас представляет собой сочетание традиционного магнитного компаса и датчика угла поворота стрелки. Такое сочетание позволяет контролировать с достаточной точностью (порядка 1...0,5°) перемещение магнитной стрелки компаса в пределах небольших углов её поворота $\pm(1...10)^\circ$.

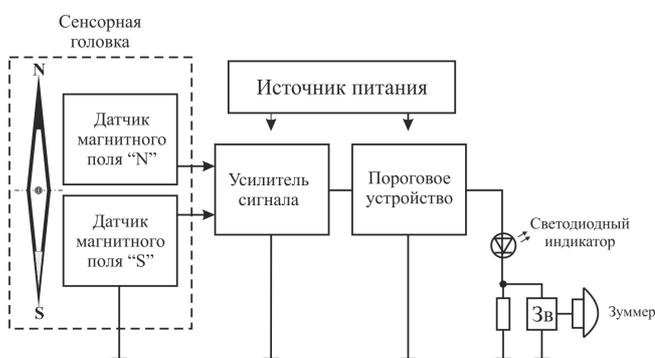


Рис. 1. Структурная схема квазиэлектронного компаса



Рис. 2. Внешний вид жидкостного туристского компаса типа DC-45

Приборная реализация идеи

Для проверки возможности реализации данной идеи был разработан и изготовлен макет квазиэлектронного определителя направления с использованием структурной схемы, приведенной на рис. 1.

В приборе использован отечественный жидкостной туристский компас типа DC45. Цена деления круговой шкалы составляет 5°, время успокоения магнитной стрелки – не более 7 секунд. Внешний вид компаса приведен на рис. 2.

Величина индукция магнитного поля под острыми концами стрелки компаса составляет примерно 0,5 мТл, что на порядок превышает напряженность магнитного поля Земли.

Схематическое устройство сенсорной головки приведено на рис. 3. В качестве источника магнитного поля используется магнитная стрелка компаса, а в качестве датчиков магнитного поля – две магниточувствительные микросхемы, которые размещены на печатной плате, в одну линию. Датчик DA1 расположен под “северным” концом магнитной стрелки, а DA2 – под “южным”.

С обратной стороны печатной платы распаиваются выводы микросхем и устанавливаются бескорпусные

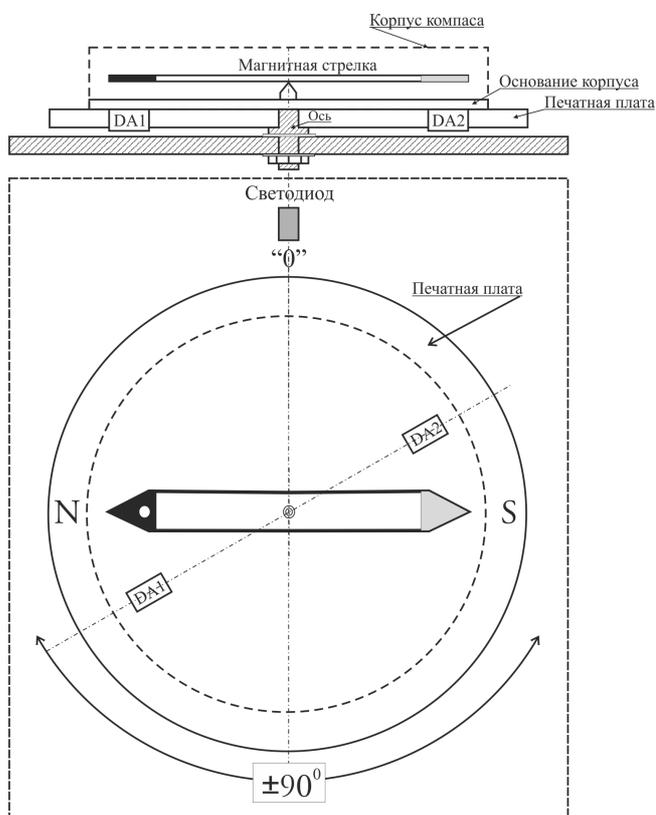


Рис. 3. Схематическое устройство сенсорной головки

ИЗМЕРЕНИЯ

резисторы и конденсаторы. Компас устанавливается на печатной плате при помощи прозрачного пластмассового кольца и 4-х латунных винтов М1,6 мм. Конструкция печатной платы позволяет поворачивать её вокруг своей оси, относительно начального (нулевого) положения – в интервале $\pm 90^\circ$. При этом за нулевое положение принимается направление на “Север”.

Внешний вид сенсорной головки приведен на **рис. 4** и **рис. 5**.

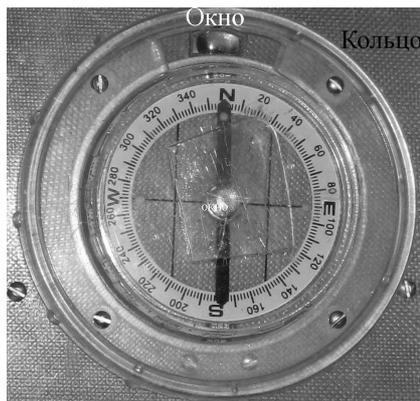


Рис. 4. Внешний вид сенсорной головки (вид с лицевой стороны)

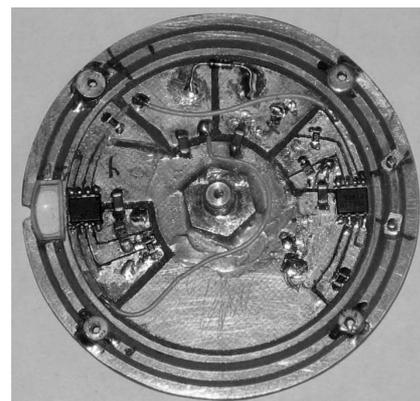


Рис. 5. Внешний вид сенсорной головки (вид с обратной стороны)

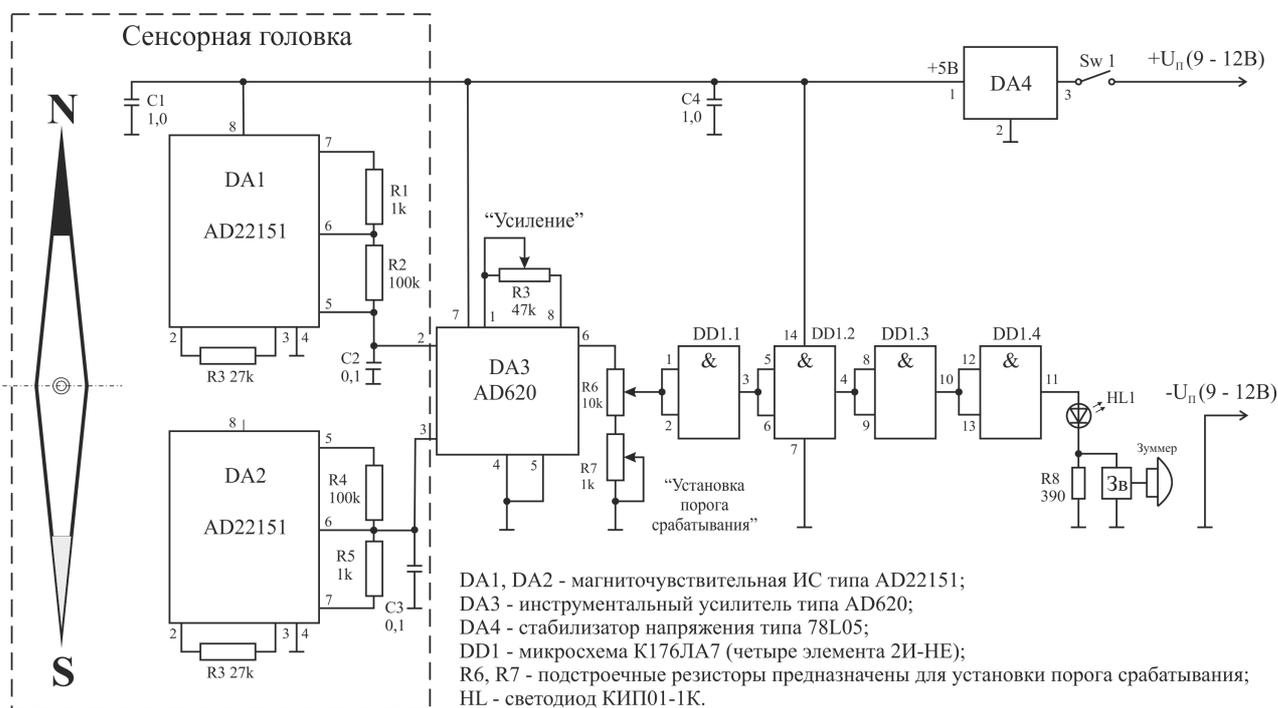


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема макета квазиэлектронного определителя направления

Принципиальная электрическая схема макета квазиэлектронного определителя направления приведена на **рис. 6** и не требует особых пояснений.

В сенсорной головке используются две магниточувствительные ИС типа AD22151 (фирмы Analog Devices). В качестве усилителя сигнала используется ИС инструментального усилителя типа AD620 (фирмы Analog Devices), а в качестве порогового устройства – отечественная логическая микросхема К176ЛА7.

В качестве звукового индикатора использована плата звонка от будильника китайского производства, которая установлена в нижней части корпуса. Звуковой индикатор (зуммер) может использоваться для слабовидящих пользователей.

Инструментальный усилитель (DA3) и пороговое устройство (DD1) установлены на отдельной печатной плате. Внешний вид платы приведен на **рис. 7**.

Все элементы макета квазиэлектронного определителя направления размещены в пластмассовом корпусе с максимальными габаритными размерами 152x78x52 мм. Масса макета прибора, не более 200 г.

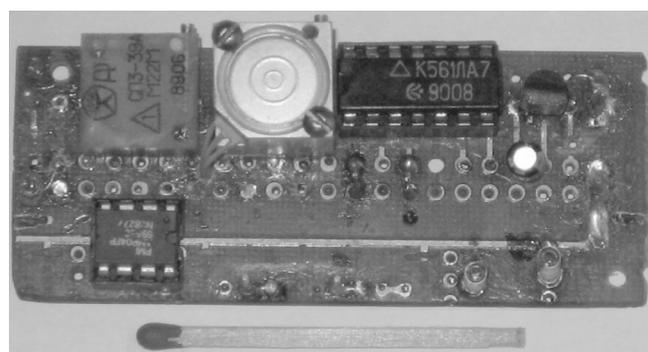


Рис. 7. Внешний вид платы усилителя и порогового устройства

На лицевой поверхности прибора располагаются выключатель питания и светодиод красного цвета, фиксирующий достижение заданного направления. Компас закрывается непрозрачной крышкой.

Все элементы конструкции макета выполнены из немагнитных материалов, т.к. на положение магнитной стрелки влияет любая деталь из ферромагнитного материала, расположенная вблизи.

Конструкция макета квазиэлектронного определителя направления специально не обрабатывалась. Использовались подручные и доступные автору материалы и комплектующие элементы. Проверялся только принцип работы.

Внешний вид макета квазиэлектронного определителя направления приведен на **рис. 8**.

Порядок работы с прибором

Пользователь помещает компас в левую руку, светодиодом вперед и поворачивает пластмассовое кольцо с окном на необходимый угол (см. **рис. 4**). Угол поворота кольца определяется местоположением пользователя и составляет, например, для Мекки 21 градус северной широты, 39 градусов восточной долготы ± поправка на магнитное склонение, которое определяется специальными таблицами или картой.

Затем пользователь включает питание и медленно поворачивается по кругу – до зажигания светодиода и срабатывания звукового сигнала, которые свидетельствуют о достижении заданного направления. После чего выключает питание прибора.

Перспективы разработки

При определенном творческом подходе конструкция квазиэлектронного определителя направления может быть значительно упрощена и микроминиатюризирована. При этом задача сводится к решению двух основных проблем: разработке (или использованию готового) миниатюрного магнитного компаса и применению в качестве датчиков магнитного поля высокочувствительных магнитоуправляемых интегральных схем [2, 3].

Основным элементом такого прибора является оптимально спроектированный жидкостной магнитный компас.

Основная проблема – выбор конструкции миниатюрного магнитного компаса.

Автором были исследованы несколько типов магнитных компасов различной конструкции. Главным критерием являлись величина магнитного поля под стрелкой компаса и резкость границы перехода полюсов. Внешний вид некоторых типов жидкостных компасов приведен на **рис. 9**.

Компас с несимметричной магнитной стрелкой (**рис. 9**, тип 1) имеет один намагниченный полюс (острый).

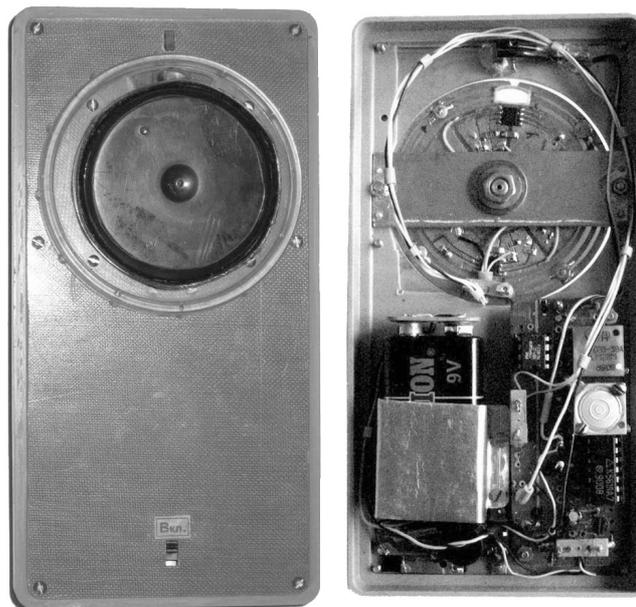


Рис. 8. Внешний вид макета квазиэлектронного определителя направления

Величина индукции магнитного поля под магнитной стрелкой составляет 0,4...0,5 мТл.

Компас с симметричной магнитной стрелкой (**рис. 9**, тип 2) имеет оба намагниченных полюса. Величина индукции магнитного поля под полюсами магнитной стрелки составляет 0,5...0,6 мТл.

Величина магнитной индукции миниатюрных компасов с “дисковой” стрелкой (**рис. 9**, тип 3) составляет порядка 0,1 мТл. При этом диск имеет расплывчатые границы полюсов.

Практически, все стрелки исследованных компасов были изготовлены из магнитомягкой стали и имели невысокую величину магнитной индукции. Длина магнитной стрелки для различных типов компасов лежит в пределах от 16 до 40 мм.

Для создания миниатюрного и дешевого квазиэлектронного определителя направления необходима разработка специальной конструкции жидкостного магнитного компаса. Наиболее оптимальной, на мой взгляд, является конструкция компаса с заостренной и намагниченной стрелкой с обеих сторон.



Рис. 9. Внешний вид некоторых типов жидкостных компасов

Для возможного использования в качестве датчиков магнитного поля магнитоуправляемых микросхем необходимо, чтобы величина индукции магнитного поля под стрелкой составляла бы порядка 10 мТл. В этом случае, стрелка компаса должна быть изготовлена из магнитотвердого материала (типа: альнико, магнико или магнитная керамика). Возможно использование микромагнитов, укрепленных на концах стрелки или пленочных магнитов.

Внутренняя полость компаса должна быть заполнена жидкостью, например, глицерином.

В этом случае сенсорная головка должна представлять собой устройство, интегрированное с компасом. Возможный вариант устройства “интегрированной” сенсорной головки схематически приведен на рис. 10.

Величина индукции магнитного поля (**Вмчэ**) на магниточувствительном элементе магнитоуправляемой ИС (DD1, DD2) зависит от расстояния до магнитной стрелки **d** и приблизительно может определяться по следующей формуле:

$$Вмчэ = Вс/d^2 \quad (1),$$

где **Вс** – индукция магнитной стрелки, мТл.

Данные расчета сведены в график, приведенный на рис. 11.

Из рис. 11 следует, что величина индукции магнитного поля на МЧЭ для предельного расстояния 5 мм составляет от 4,5 до 9 мТл.

В этом случае в качестве датчиков магнитного поля могут быть использованы достаточно дешевые магнитоуправляемые ИС, с индукцией срабатывания порядка 6...10 мТл. Например, типа А3134ЕLЛ, А3197LЛТ (фирмы Allegro Micro-Systems), АN48800А3 (фирмы Panasonic), HАL103 (фирмы Micronas Intermet), S5111А (фирмы Honeywell) и др. [2, 3]. Такие микросхемы в розничной продаже в РФ продаются по цене от 1,5 до 2 долларов.

Диапазон контролируемых перемещений при повороте магнитной стрелки определяется по формуле:

$$h = L \cdot \sin \alpha/2 \quad (2),$$

где **h** – длина хорды, мм;

α – угол поворота стрелки, град.

Данные расчета сведены в график, приведенный на рис. 12.

Из рис. 12 следует, что диапазон контролируемых перемещений магнитной стрелки в пределах 1...5° зависит от длины стрелки и составляет от 0,09 до 0,87 мм.

При вполне пригодной для массового пользователя точности определения направления в 5°, можно считать диапазон контролируемых перемещений в

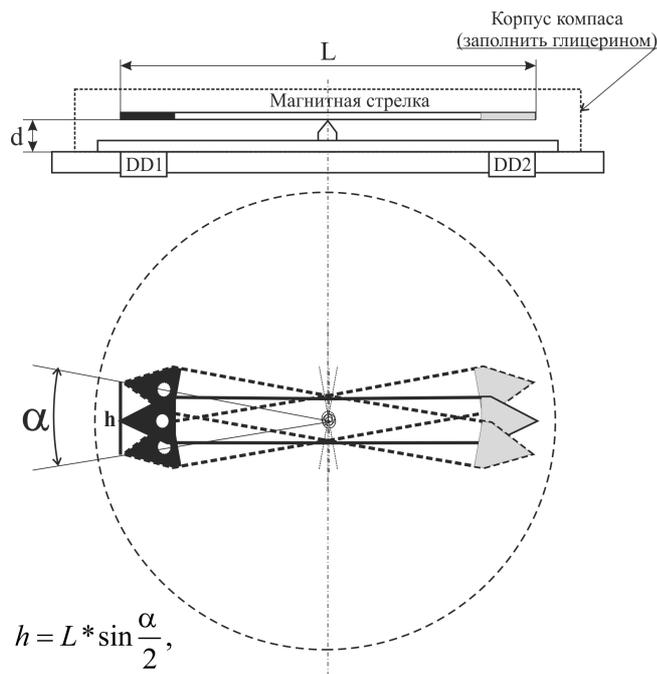


Рис. 10. Возможный вариант “интегрированной” сенсорной головки

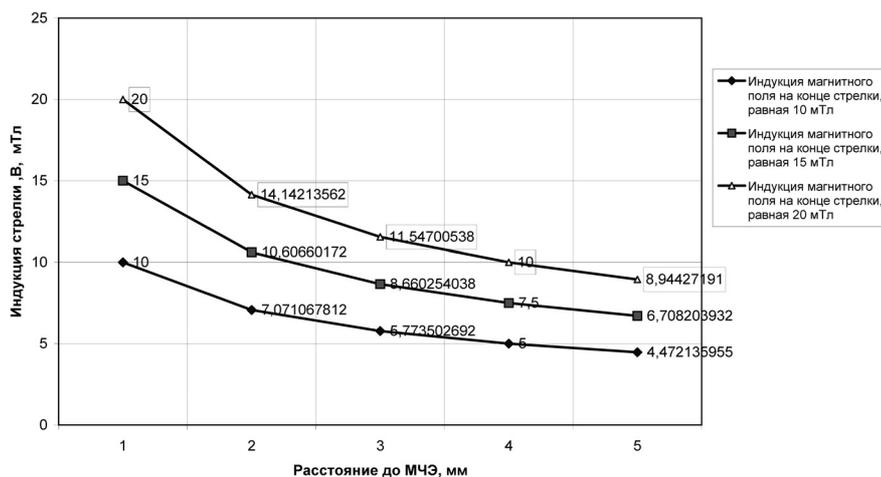


Рис. 11. Зависимость индукции магнитного поля от расстояния до МЧЭ

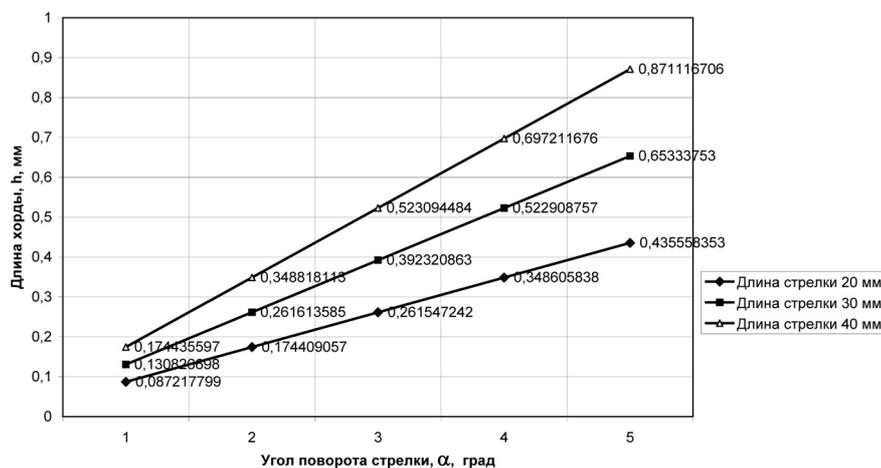


Рис. 12. Зависимость длины хорды от угла поворота стрелки

пределах 0,5...0,9 мм вполне реализуемым с использованием современной элементной базы.

Возможная принципиальная схема квазиэлектронного определителя направления приведена на **рис. 13**.

Схема определителя (**рис. 13**) содержит сенсорную головку с двумя магнитоуправляемыми микросхемами (DD1, DD2), пороговое устройство на микросхеме, выполняющей функцию "И" (DD3), а также световой и звуковой индикаторы.

Принцип работы квазиэлектронного определителя предельно прост. При точном совпадении положения магнитной стрелки с датчиками "N" и "S", происходит срабатывание обеих микросхем (DD1 и DD2), что приводит к срабатыванию порогового устройства (DD3), включению светодиодного индикатора и зуммера.

Все детали, электрорадиоэлементы и источник питания прибора монтируются на одной микросхемной плате, которая может поворачиваться вокруг своей оси на $\pm 180^\circ$. Для обеспечения минимальных размеров используются элементы в бескорпусном исполнении, изготовленные из немагнитных материалов.

Определенные трудности могут возникнуть при подборе источника питания, большинство корпусов которых изготавливаются из магнитных материалов.

При использовании более совершенных 2-х элементных высокочувствительных магнитоуправляемых микросхем, например, типа A1230 (фирмы Allegro MicroSystems) [3], схема, приведенная на **рис. 13**, может быть предельно упрощена.

В этом случае необходима только одна магнитоуправляемая ИС, размещаемая под одним из концов магнитной стрелки и пара микромощных светодиодов. При этом отпадает необходимость использования дополнительной логики (DD3).

В случае возможного повторения радиолюбителями аналогичной конструкции с целью реализации

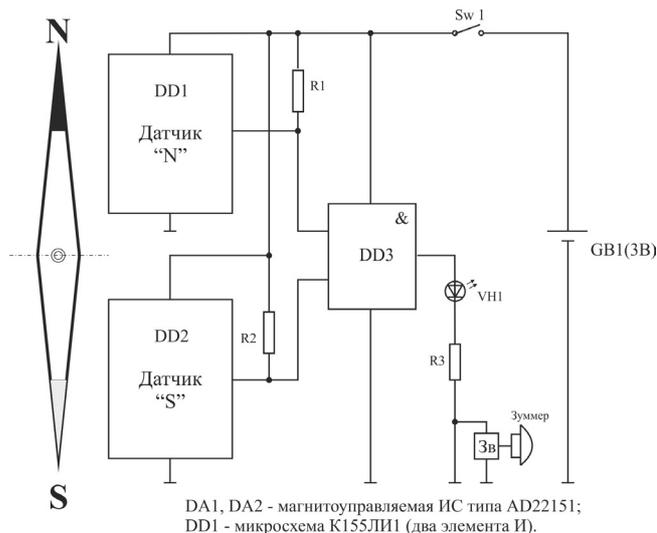


Рис. 13. Возможная принципиальная схема квазиэлектронного определителя направления, с использованием магнитоуправляемых ИС

максимально простого и экономичного можно рассмотреть два варианта:

Вариант 1.

С фиксированным датчиком угла поворота. В этом случае датчик угла поворота фиксируется изготовителем на координатах необходимого объекта \pm поправка на склонение.

Вариант 2.

На поворотном датчике наносятся названия стран (или городов), и пользователь самостоятельно устанавливает и фиксирует свое местоположение (угол поворота датчика).

Предварительная калибровка датчика при обоих вариантах конструкции может производиться изготовителем с использованием мировой карты магнитных склонений и необходимых расчетов.

Литература

1. Бараночников М.Л. Несколько слов об электронном компасе. - Радиолюбитель, 2006, №2, стр. 35-37; №3, стр. 18-21; №4, стр. 25-27.
2. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника. Том 1 (2-ое изд. испр.). ДМК Пресс, г. Москва, 2011 г., - 544 с. Размещен на сайте журнала "Радиолюбитель": http://www.radioliga.com/Books/Mikromagnitoelektronika_T1-pdf.zip
3. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника. Том 2. Справочник. (Изд. 2, дополненный). ДМК Пресс, г. Москва, 2014 г. - 887 с. Размещен на сайте журнала "Радиолюбитель": http://www.radioliga.com/Books/Mikromagnitoelektronika_T2-pdf.zip
4. Устройство для определения направления на Мекку. Патент на изобретение №2327108 по заявке №2006134557 от 29.09.2006 г. Авт. М.Л. Бараночников, В.Н. Мордкович, А.Ю. Орлов.



**Официальный канал журнала «Радиолюбитель» на YouTube:
<https://www.youtube.com/user/RadiolubitelMagazin>**

**Видео работы устройств,
описание которых опубликовано на страницах нашего журнала.**