

очень равномерная характеристика АРУ по всей сигнальной динамике.

10. Заключение

Глубокий анализ ИМС К174ХА2 показал её профессиональный класс, реализуемый путём несложных модификаций давно известных и популярных схем. Много из вышеотмеченного можно применить к подобным ИМС, а также к более современным высокочастотным ИМС. И в наше время документация ИМС ориентирована на коммерческую оптимизацию и не всегда отражает все возможности изделий. В этом радиолобители могут продолжать давнюю традицию, найти передовые решения для сложных задач вне массовой коммерции.

От редакции. Дополнительные справочные материалы находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/rpu-6.zip> на нашем FTP-сервере.

Вышла в свет новая книга



**Бакулин М. Г.,
Бен Режеб Т. Б. К.,
Крейнделин В. Б.,
Миронов Ю. Б.,
Панкратов Д. Ю.,
Смирнов А. Э.**

Мобильная связь на пороге 6G / Под редакцией доктора техн. наук, проф. В. Б. Крейнделина. — М.: Горячая линия —

Телеком, 2024. — 248 с.: ил.
ISBN 978-5-9912-1088-1.

Описаны основные технологии, которые развиваются в настоящее время в рамках исследований по системам 6G. Изложены общие сведения о системах мобильной связи 6G, кратко рассмотрено применение методов машинного обучения в системах связи, дан краткий анализ проблемы организации связи в терагерцовом диапазоне частот, описаны возможности применения атмосферной оптической связи в системах 6G, рассмотрена проблема определения местоположения объектов в этих системах, дан сравнительный анализ различных технологий обработки сигналов в системах со многими несущими, даны общие сведения о различных методах неортогонального множественного доступа (NOMA). Кроме того, рассмотрена проблема совместного применения технологии NOMA и технологии многоантенных систем MIMO.

Для широкого круга читателей — научных работников, инженеров-разработчиков систем связи, специалистов в области инфокоммуникаций, будет полезна студентам и аспирантам соответствующих специальностей.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

Приставка к цифровому мультиметру для измерения магнитной индукции

А. ГАВРИЛОВ, г. Таллинн, Эстония

Используя современные элементы Холла, можно весьма просто измерять значительную магнитную индукцию постоянных магнитных полей. В статье [1] была описана простая приставка к цифровому мультиметру для измерения магнитной индукции до 1 Тл. В качестве датчика Холла использовался элемент THS144.

В предлагаемой статье приведён усовершенствованный вариант подобной приставки. Во-первых, в этом варианте применён элемент Холла THS103А фирмы Toshiba, который, согласно справочным данным, имеет линейную характеристику (линейную зависимость выходного напряжения элемента от магнитной индукции) вплоть до значений магнитной индукции 1,5...1,6 Тл [2]. Во-вторых, для автономности измерений вместо блока питания с выходным напряжением 5 В, который использовался в качестве источника, в приставке применены два гальванических элемента по 1,5 В каждый. И, наконец, введена регулировка нуля при отсутствии заметного магнитного поля, что помогает упростить измерения слабых магнитных полей и уменьшить погрешность этих измерений.

Схема приставки крайне проста (рис. 1). Для включения и контроля напряжения питания, а также переключения приставки в положения "Контроль" и "Измерение" используются сдвоенные выключатель и переключатель. Выключателем SA1 включают и выключают приставку. Переключатель SA2 используется для контроля напряжения питания приставки и для измерения магнитной индукции.

При включении приставки напряжение 1,5 В подаётся на вход преобразователя А1, повышающего напряжение до 5 В. Этот DC-DC-преобразователь работает при входном напряжении 0,9...5 В, т. е. практически до полной разрядки источника питания. Например, использованный преобразователь имел при входном напряжении 1,5 В на нагрузке 100 Ом выходное напряжение, равное 4,87 В, которое при снижении напряжения питания до 1,1 В снижалось до 4,85 В, т. е. всего лишь на 0,4 %.

Выход преобразователя нагружен на два сопротивления. Первое — подстроечный резистор R1. Поскольку он используется при первоначальной точной регулировке, то применён десятиоборотный подстроечный резистор. Второе сопротивление — входное сопротивление элемента Холла (выводы 1—3). Выходное напряжение с элемента Холла (выводы 2—4) в положении переключателя "Измерение" подаётся на вход цифрового мультиметра. Выводы элемента THS103А располагаются в таком же порядке, как и у датчика THS144 [1].

Для налаживания приставки необходимо иметь источник постоянного магнитного поля с известной индукцией, желательнее не менее 200 мТл. Здесь подойдёт, например, цилиндрический неодимовый магнит с точно измеренной на торце магнитной индукцией [1]. Регулировкой подстроечного резистора R1, изменяя входное напряжение элемента Холла (его выходное напряжение прямо пропорционально входному), добиваются,

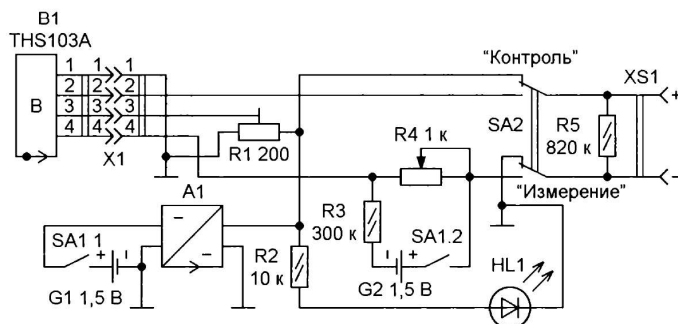


Рис. 1

чтобы выходное напряжение в вольтах, фиксируемое цифровым мультиметром, равнялось бы известной магнитной индукции в теслах. В нашем конкретном случае при полном напряжении на подстроечном резисторе 4,87 В это достигалось при входном напряжении на элементе Холла, равном 4,14 В. При такой регулировке будет действительным соотношение $U_{\text{вых}} \text{ (В)} = k \cdot B \text{ (Тл)}$, где $U_{\text{вых}} \text{ (В)}$ — напряжение в вольтах, фиксируемое мультиметром; $B \text{ (Тл)}$ — магнитная индукция в теслах; k — коэффициент пропорциональности, равный 1 В/Тл.

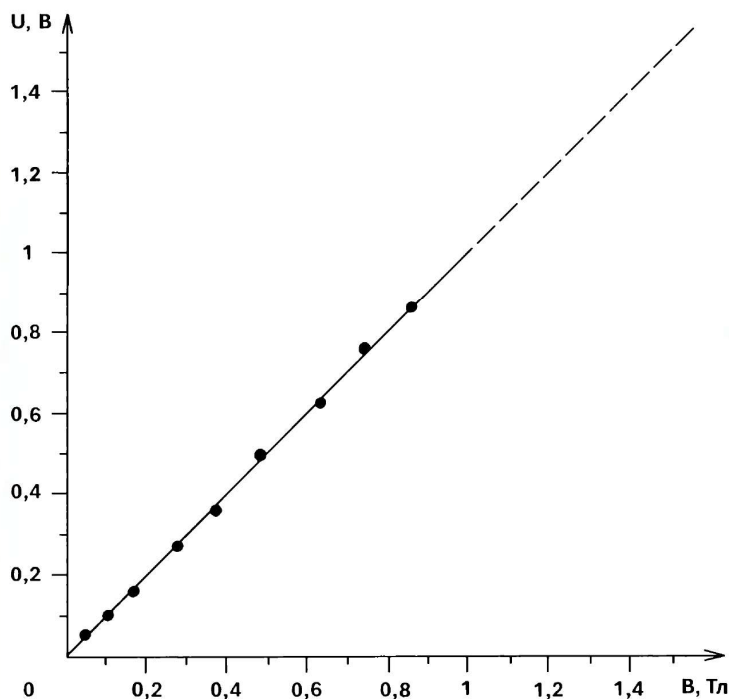


Рис. 2

Таким образом, измеренное мультиметром напряжение в вольтах будет численно равно магнитной индукции в теслах или измеренное напряжение в милливольтках будет соответственно равно магнитной индукции в миллитеслах. При отсутствии магнитного поля на выходных контактах элемента Холла имеется небольшое напряжение, обусловленное обычно неполной симметричностью выходных (холловских) контактов на плоскости элемента. В моём случае это напряжение было равно 1,2 мВ — это как бы соответствует магнитной индукции 1,2 мТл. Поэтому при измерении слабых магнитных полей со значениями магнитной индукции, меньшими, чем ≈ 40 мТл [1], для уменьшения погрешности измерения нужно проверять с целью компенсации остаточного напряжения установку нуля при отсутствии заметного магнитного поля.

Регулировка нуля производится переменным резисто-

ром R4 в реостатном включении. В моём случае при остаточном напряжении 1,2 мВ регулировкой можно было изменять показания мультиметра при отсутствии магнитного поля в пределах $-1,1...+1,1$ мВ. В случае использования конкретного экземпляра THS103A могут потребоваться подборка резистора R3 и изменение направления тока в нём. Поскольку ток регулировки нуля очень мал, источник напряжения в этой цепи может быть маломощным, например "пуговичная" батарея AG13 или LR44. В цепи питания элемента Холла нужно использовать более мощ-

на справочных данных датчика Холла THS103A, можно утверждать, что это совпадение будет действительно и до значений магнитной индукции 1,5...1,6 Тл.

Приставка собрана в алюминиевом корпусе (рис. 3). Датчик TH103A расположен на полоске из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Толщина полоски с приклеенным датчиком не превышает 2,3 мм, так что индукцию поля можно измерять в довольно узких пространствах. Сама полоска длиной приблизительно три сантиметра клеится с помощью эпоксидной смолы в пустой корпус от авто-



Рис. 3

ные источники тока, например гальванические элементы типоразмера AA или AAA. В заключение можно ещё отметить, что магнитная индукция поля Земли имеет значение, меньшее, чем 0,1 мТл, так что при измерениях учитывать её нет необходимости.

На рис. 2 приведено экспериментальное сравнение измеренных с помощью предлагаемой приставки холловского напряжения и магнитной индукции, определённой мультиметром (тестламетром) SJ200. Из графика видно, что численно измеренные значения напряжения в вольтах и магнитной индукции в теслах практически совпадают. Это сравнение проведено до значения магнитной индукции 0,85 Тл. К сожалению, автор не располагал источником магнитного поля с большей, чем это значение, индукцией. Однако основываясь

ручки с внешним диаметром 8,5 мм. С приставкой датчик соединяется четырёхжильным кабелем диаметром 4,5 мм и четырёхконтактным коаксиальным разъёмом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов А. Измерение магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне 0...1 тесла. — Радиолюбитель, 2025, № 2, с. 22—24.
2. THS103A Datasheet (PDF) — Toshiba Semiconductor. — URL: alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1918593/TOSHIBA/THS103A.html (16.04.25).