

К. ф.-м. н. Л. Ф. ВИКУЛИНА

Дата поступления в редакцию

24.06 1999 г.

Оппонент д. ф.-м. н. Ш. Д. КУРМАШЕВ

Украина, г. Одесса, Украинская гос. академия связи
им. А. С. Попова

МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ

Разработана полупроводниковая интегральная микросхема, пропускающая или не пропускающая ток в зависимости от внешнего магнитного поля.

The semiconductor microelectronic circuit that is conducting or not conducting in dependence on external magnetic field has been developed.

Полупроводниковые магниточувствительные элементы (датчики Холла и магниторезисторы) давно используются в технике для измерения магнитных полей.

Между тем в автоматике находят все большее применение переключатели, управляемые внешним магнитным полем. Такие переключатели представляют собой схему, где усиленный с датчика Холла сигнал управляет триггером, который, в свою очередь, под действием внешнего магнитного поля переключает из проводящего состояния в запертый выходной транзистор, включаемый в цепь потребителя (электромотор, реле и т. д.). Цель настоящей работы — создание полупроводникового микропереключателя, не имеющего механически соединяемых контактов, включение и выключение которого осуществляется воздействием внешнего магнитного поля.

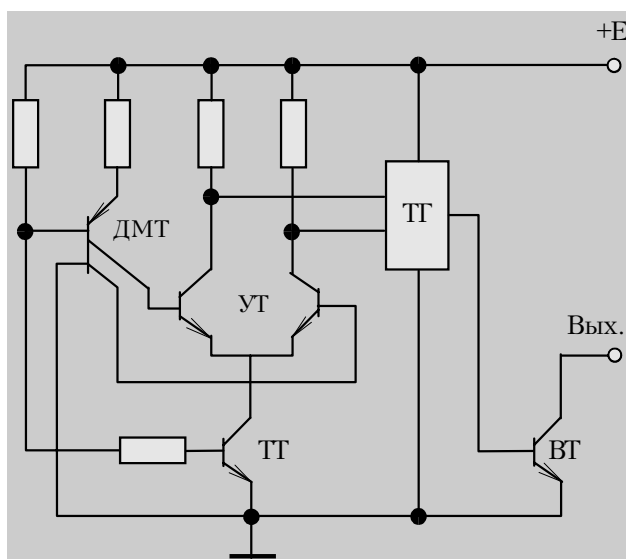
После создания полупроводниковых магниточувствительных транзисторов [1] появилась возможность создавать все элементы схемы переключателя в одной интегральной микросхеме. Такая микросхема была разработана [2] на основе двухколлекторного магниточувствительного транзистора (ДМТ).

ДМТ отличается от обычного транзистора тем, что его коллектор разделен на две части. В отсутствие магнитного поля ток эмиттера разделяется поровну между двумя коллекторами, токи и потенциалы которых равны (при одинаковых нагрузочных резисторах). Внешнее магнитное поле, направленное перпендикулярно движению инжектированных из эмиттера носителей, отклоняет поток носителей в сторону одного из коллекторов, ток которого увеличивается, в то время как ток другого коллектора соответственно уменьшается. Разность токов коллекторов приводит к тому, что потенциал одного коллектора уменьшается, другого — увеличивается. Выходным параметром ДМТ и является разность потенциалов между двумя коллекторами, увеличивающаяся с ростом индукции внешнего магнитного поля.

Магниточувствительность ДМТ составляет 10^5 В/А·Тл, что на два-три порядка выше чувствительности датчиков Холла.

Структура микросхемы показана на рисунке. Она содержит ДМТ, дифференциальный усилитель на двух транзисторах УТ с токозадающим транзистором ТТ, триггер ТГ и выходной транзистор ВТ; последовательно с выходным транзистором включается нагрузка.

Микросхема работает следующим образом. В отсутствие магнитного поля напряжение между коллекторами ДМТ равно нулю, соответственно сигнал



Магнитоуправляемая микросхема

на входе и выходе триггера отсутствует, ток через выходной транзистор и нагрузку не протекает. В магнитном поле (с индукцией выше пороговой величины $B_{п}$) усиленный сигнал с ДМТ переключает триггер в другое устойчивое состояние, на выходной транзистор подается ток, он переходит в проводящее состояние, и через нагрузку протекает ток. При исчезновении магнитного поля триггер переходит в первоначальное состояние и ВТ опять запирается.

Обычным недостатком большинства полупроводниковых датчиков является уменьшение выходного сигнала с ростом температуры. Выходной сигнал с ДМТ с ростом температуры также уменьшается, что приводит к

росту $B_{\text{п}}$. Для термостабилизации $B_{\text{п}}$ в такой схеме в качестве термочувствительного элемента использован сам ДМТ.

Для увеличения магниточувствительности в ДМТ предусмотрены два омических контакта к базе, к которым прикладывается напряжение, ускоряющее поток носителей, движущихся от эмиттера к коллектору. Межбазовая цепь ДМТ по существу является резистором и, как и всякий полупроводниковый резистор, может выполнять роль терморезистора. С ростом температуры сопротивление кремниевого резистора увеличивается (уменьшение подвижности носителей заряда), что приводит к увеличению напряжения на нем, которое подается на вход ТТ. Это приводит к увеличению тока через ТТ и УТ, что, в свою очередь, увеличивает коэффициент усиления УТ. В результате произведение сигнала с ДМТ на коэффициент усиления УТ остается постоянным, и сигнал, поступающий на вход триггера, от температуры не меняется, что и обеспечивает постоянство $B_{\text{п}}$ [3].

Экспериментальные микросхемы изготавливались на основе эпитаксиальных пленок n -кремния толщиной 10 мкм и удельным сопротивлением 1 Ом·см. Все транзисторы микросхемы изготавливались обычным методом диффузии. Коэффициент передачи тока транзисторов не менее 80. Размеры микросхемы в пластмассовом корпусе 10×7×2 мм; магнитное поле направляется перпендикулярно поверхности 10×7 мм. Микросхема переключается при $B_{\text{п}}=50$ мТл; время переключения не более 0,5 мкс. При включении в качестве нагрузки ВТ резистора 100 Ом напряжение на нем при переключении меняется от 0,3 до 7 В при напряжении питания $E=10$ В. Отношение тока во включенном состоянии к току в выключенном состоянии более 100.

Описанная микросхема находит широкое практическое применение. Наиболее простым устройством является бесконтактная переключающая клавиша.

Обычная клавиша имеет два механически замыкаемых металлических контакта. Она имеет малый срок службы и ненадежна при вводе информации (вследствие эффекта дребезга контактов). На основе рассмотренной выше микросхемы разработана бесконтактная клавиша [4, с. 79]. В ней использованы два постоянных магнита, один из которых закреплен неподвижно, а другой перемещается вместе с клавишей.

В исходном положении микросхема пронизывается суммарным магнитным потоком. При нажатой клавише полюса S располагаются друг против друга, и магнитный поток через микросхему равен нулю. Следовательно, при нажатии клавиши магнитный поток через микросхему меняется от его исходного значения до нуля и микросхема переходит из проводящего состояния в закрытое (либо наоборот, в зависимости от первоначального состояния триггера). Возврат клавиши в первоначальное положение происходит за счет сил отталкивания одноименных полюсов магнита, вследствие чего в конструкции нет даже пружины.

Бесконтактные клавиши имеют очень большой ресурс работы ($10^8 - 10^{10}$ переключений), обеспечивают высокую надежность ввода информации благодаря отсутствию ложных срабатываний. Они перспективны для устройств

ручного ввода информации в вычислительной технике, в печатающих устройствах, телефонии и т. д.

Магнитоуправляемые микросхемы находят массовое применение в качестве датчиков положения, угла, скорости вращения.

Установив на вращающемся валу постоянный магнит, а рядом — микросхему, получим, что при одном обороте вала микросхема выдает один импульс. Таким образом, частота вращения вала преобразуется в частоту следования прямоугольных импульсов.

Рассмотренная микросхема эффективна также при использовании в бесколлекторных электродвигателях постоянного тока.

Обычный электродвигатель содержит коллектор и графитовые щетки, которые во время вращения якоря переключают его обмотки. В бесколлекторном двигателе ротором является постоянный магнит, а микросхемы переключают обмотки статора, которые выполняют роль нагрузки. Основным преимуществом такого электродвигателя является отсутствие самой ненадежной части — коллектора и графитовых щеток. Вследствие этого повышается их надежность, взрывобезопасность (отсутствие искрения), срок службы и т. д.

Массовое применение находят магнитоуправляемые микросхемы в автомобильной электронике.

Кроме использования в качестве датчика числа оборотов двигателя, спидометра и т. д., микросхема позволяет упростить и повысить надежность электронной системы зажигания. В обычной системе зажигание коммутируется кулачком и контактами прерывателя, которые быстро изнашиваются и подгорают. В электронной системе они заменяются магнитоуправляемой микросхемой и вращающимся магнитом. Бесконтактная система зажигания практически не требует технического обслуживания и улучшает все технические характеристики двигателя — уменьшает токсичность выхлопных газов, благодаря поддержанию оптимального угла опережения зажигания обеспечивает экономию топлива и т. д.

Таким образом, разработан полупроводниковый микропереключатель, управляемый внешним магнитным полем. Отсутствие в нем механически соединяемых деталей устраняет эффект дребезга контактов, их искрение, что позволяет увеличить надежность переключателя и срок его службы, обеспечить взрывобезопасность и улучшить энергетические характеристики устройств с его применением.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Викулин И. М., Викулина Л. Ф., Стафеев В. И. Гальваномагнитные приборы. — М.: Радио и связь, 1983.
2. А. с. 1338723 СССР. Магниточувствительная микросхема / И. М. Викулин, Л. Ф. Викулина, А. Н. Марченко, В. В. Коновалов. — 10.01.86.
3. Викулина Л. Ф. Схемное решение термостабилизации выходного сигнала полупроводниковых датчиков // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 1998. — № 3–4. — С. 52–53.
4. Хомерики О. К. Полупроводниковые преобразователи магнитного поля. — М.: Энергоатомиздат, 1986.