

EPIC — НОВАЯ ЭРА В ИЗМЕРЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

ШОН КОННОР (SEAN CONNOR), главный инженер, Plessey Semiconductors

В статье рассматривается новый электрометр, в котором надежность сочетается с высокой чувствительностью, что позволяет применять его в медицинских и других приложениях.

Традиционно взаимодействие твердотельных устройств с электромагнитным полем осуществлялось, главным образом, путем обнаружения возмущений в магнитном поле. Датчики Холла, например, обеспечивают надежную работу во многих аналоговых и цифровых приложениях. В повседневной жизни мы пользуемся информацией, которая закодирована в электромагнитных сигналах, принимаемых нашими мобильными телефонами и телевизорами.

Электрометры измеряют электрический заряд или разность потенциалов и, по сути, являются вольтметрами с таким высоким входным импедансом, что их входной ток можно полагать равным нулю. До недавних пор электрометры пользовались репутацией неточных приборов, в которых часто использовались компоненты, чувствительные к механическим ударам. Описываемый в статье датчик

EPIC является очень надежным твердотельным электрометром с высоким входным импедансом, благодаря чему этот прибор можно считать идеальным вольтметром. Перспективы его использования разнообразны, а недавние демонстрации возможностей электрометра получили одобрение со стороны инженерного сообщества.

ЧТО ТАКОЕ EPIC?

EPIC (Electric Potential Integrated Circuit) представляет собой микросхему с датчиком для измерения электрического потенциала. По сути, это система со своими физическими принципами работы.

EPIC — бесконтактный электрометр, электрод которого защищен слоем диэлектрика для изоляции от измеряемого объекта. По принципу действия микросхему EPIC можно уподобить затвору полевого транзистора. Полоса пропускания устройства по уровню

-3 дБ лежит в диапазоне от нескольких десятков до 200 МГц и выше. Эта характеристика подстраивается под нужды конкретного приложения. Такой электрометр не может иметь связи по постоянному току, т.к. электрическое поле Земли на уровне моря составляет около 100–150 В/м.

В несимметричном режиме это устройство применяется для определения электрического потенциала; в дифференциальном режиме оно измеряет локальное электрическое поле либо используется для отображения пространственного распределения потенциала.

На рисунке 1 представлена базовая структурная схема датчика EPIC [1]. Размер его электрода выбирается отчасти произвольно и зависит от входной емкости, определяемой конкретным приложением. Размер этого электрода критичен для помещаемых рядом с ним объектов, а работа прибора описывается в терминах емкостной связи. Для устройств, находящихся в нескольких метрах от измеряемого объекта, емкостная связь определяется только собственной емкостью электрода, а их характеристика в большой мере зависит от входного импеданса при взаимодействии устройства с полем. При этом следует учесть, что в активном режиме датчик EPIC забирает у поля очень малое количество энергии.

Входное сопротивление устройства повышается с помощью обратной связи, а снижение входной емкости достигается за счет методов защиты. Входную емкость можно снизить до 10–17 Ф, а входное сопротивление увеличить до 10¹⁵ Ом, сведя взаимодействие с измеряемым полем к абсолютному минимуму, когда остаются только малые токи смещения.

Чтобы лучше понять механизмы работы обратной связи, следует рассмотреть входной буфер усилителя и соответствующие импедансы (см. рис. 2). Для задания в первом каскаде коэффициента усиления, номинально рав-

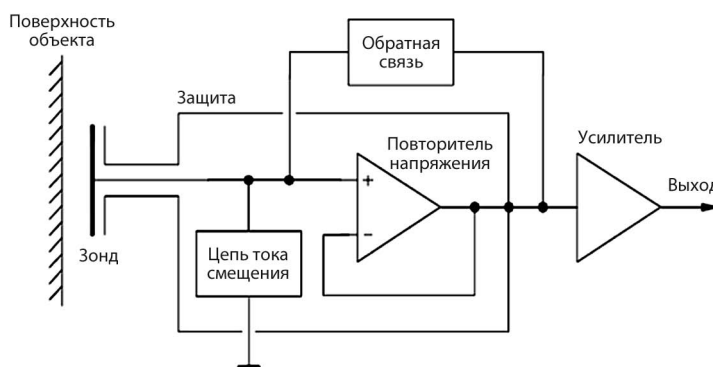


Рис. 1. Базовая структурная схема датчика EPIC

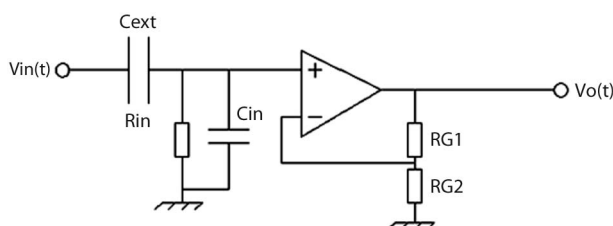


Рис. 2. Входной каскад датчика EPIC

Ваши задачи

www.sensorica.ru

наше решение



Датчики и измерительные элементы для решения любых задач:

- ⟨ Датчики положения
- ⟨ Датчики расстояния
- ⟨ Датчики уровня
- ⟨ Датчики цвета
- ⟨ Датчики давления
- ⟨ Датчики температуры, влажности
- ⟨ Датчики магнитного поля
- ⟨ Датчики ускорения
- ⟨ Датчики тока
- ⟨ Датчики газа

Не нашли нужный вам датчик?

Обязательно найдете на нашем сайте www.sensorica.ru!

СЕНСОРИКА

Москва 1-й Щемилковский пер., д. 16, стр. 2

Тел./факс: 495 223 0038, e-mail: info@sensorica.ru

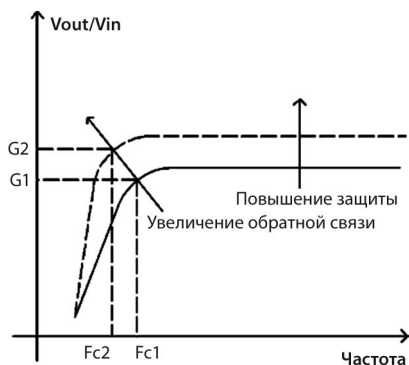


Рис. 3. График Бode с передаточной функцией, определяемой уравнением 3

ного единице, используются резисторы R_{G1} и R_{G2} . C_{in} и R_{in} представляют входную емкость и сопротивление усилителя, соответственно, учитывающие паразитные компоненты схемы или подложки. Емкость C_{ext} моделирует емкостную связь с объектом измерения.

В условиях сильной связи ($C_{ext} \gg C_{in}$) C_{ext} определяется уравнением 1:

$$C_{ext} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r a}{d}, \quad (1)$$

где a — эквивалентная общая площадь электрод/объект; d — расстояние между объектом и датчиком; ϵ_0 — диэлектрическая проницаемость свободного пространства; ϵ_r — относительная проницаемость диэлектрической среды, в которую помещен датчик.

В условиях слабой связи ($C_{ext} \ll C_{in}$) C_{ext} определяется уравнением 2:

$$C_{ext} = \epsilon_0 \epsilon_r r, \quad (2)$$

где r — диаметр пластины датчика.

Анализ схемы показывает, что мы имеем дело с классической однополюсной передаточной функцией, что видно из уравнения 3:

$$\frac{Vo(t)}{Vin(t)} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + Z_{ext}}$$

На рисунке 3 представлен график Бode.

Частота излома (F_{c1}) определяется уравнением 4:

$$F_{c1} = \frac{1}{2\pi R_{in}(C_{ext} + C_{in})}, \quad (4)$$

Используя обратную связь, можно задавать эффективные значения C_{in} и R_{in} для контроля пологого участка коэффициента усиления и частоты излома (при изменении с F_{c1} до F_{c2}). Характеристика датчика контролируется также с помощью последующих каскадов и контуров положительной обратной связи, благодаря чему датчик настраивается в соответствии с

потребностями конкретного приложения.

МЕДИЦИНСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Большой интерес к датчику EPIC проявляют медики, которые применяют его в электрокардиографии (ЭКГ), электромиографии (ЭМГ), электроэнцефалографии (ЭЭГ) и электроокулографии (ЭОГ).

Датчики EPIC нашли применение в качестве замены влажных электрокардиографических электродов, поскольку не требуют ни геля, ни других веществ, улучшающих контакт. ЭКГ-сигнал наблюдается при наложении или приближении датчиков EPIC к пациенту. Датчик не только обеспечивает «мониторинг» ЭКГ, но и более точные диагностические измерения. Эти датчики можно применять вместо традиционных 12-выводных контактов электрокардиографа, которые накладываются на конечности человека и его туловище для измерения электрической активности сердца. При этом датчики EPIC позволяют получить более правильную картину работы сердца пациента. Массив датчиков EPIC, помещенный на грудь пациента, обеспечивает даже лучшее разрешение, чем то, которое достигается с помощью традиционных систем (см. рис. 4) [2].

Датчики EPIC также используются для восстановления других физиологических сигналов, например, вызванных электрической активностью мышц глаза, когда он последовательно смотрит в разных направлениях. У этих сигналов единственные в своем роде признаки. Информация, полученная путем контроля положения глаз методами ЭОГ, используется в военных приложениях и играх. Возможно, к числу наиболее интересных приложений этих датчиков в медицине относится электроэнцефалография, где регистрируется электрическая активность мозга. Применения датчиков EPIC в медицине еще находятся на стадии

развития, но запись опознаваемых сигналов, меняющихся в зависимости от мыслей человека, открывает такие возможности, которые прежде существовали лишь в воображении фантастов.

ДРУГИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Безопасность. В силу своих особенностей датчики EPIC могут применяться для обнаружения любого возмущения в локальном электрическом поле на расстоянии до нескольких десятков метров. Поскольку человеческое тело является совокупностью проводящих и поляризуемых веществ, оно вызывает большое возмущение в электрическом поле, которое очень легко обнаруживается с помощью датчиков. Например, незначительное изменение положения руки становится причиной появления сигнала, который легко регистрируется датчиком, находящимся в нескольких метрах от человека. Массивы датчиков используются с тем, чтобы обеспечить локализацию объекта в пространстве и отличить на больших дистанциях, например, человека от четвероногого животного или организовать охрану удаленной территории.

Человеко-машинный интерфейс. Способность датчиков EPIC различать сигналы, поступающие от разных групп мышц, позволяет усовершенствовать человеко-машинные интерфейсы. Например, люди, у которых парализованы четыре конечности, могут подавать сигналы компьютеру с помощью глазных мышц. И наоборот, сигналами с датчиков можно обеспечить управление протезами инвалидов.

Микроскопия. Небольшие датчики, сканирующие интегральную микросхему, могут определять области высокого или низкого потенциала, позволяя проследить распределение тока по металлическим дорожкам и другим элементам цепи. Дефекты в диэлектрических материалах обнаруживаются либо пассивными методами (с помощью пьезо-



Рис. 4. Данные ЭКГ, полученные с помощью датчиков EPIC (вверху) и влажных электродов (внизу)

электрических эффектов), либо путем определения цепей утечки в активных цепях.

С помощью датчиков размером 6 мкм можно обнаружить отпечатки пальцев на тефлоновой пластине или проследить ее разрушение со временем [3]. Используя такие датчики, судмедэксперты получают несколько преимуществ, т.к. данный метод определения отпечатков пальцев не является разрушающим и после него не остаются посторонние вещества на изучаемой поверхности, благодаря чему эксперты могут взять образцы ДНК в удобное для них время.

ВЫВОДЫ

Внедрение технологии EPIC в коммерческие приложения открывает широкие возможности для решения многих технических проблем. В этой статье мы коснулись только некоторых областей применения датчиков EPIC. К числу других областей деятельности относятся строительство и диагностика технического состояния транспорта, связь и сейсмология. У этой технологии много перспектив. Вполне возможно, что EPIC станет своеобразной вехой на пути совершенствования датчиковых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Private communication from Professor Robert Prance, University of Sussex, U.K.

ООО
СМП



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные КОМПОНЕНТЫ
для ПОВЕРХНОСТНОГО
МОНТАЖА

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК
Керам. конденсаторы большой ёмкости, до 1000 мкФ
АЛЬТЕРНАТИВА ДОРОГОСТОЯЩИМ ТАНТАЛОВЫМ КОНДЕНСАТОРАМ


Москва, ул. Балтийская, 13; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

2. C. J. Harland, N. S. Peters, et al., «A compact electric potential sensor array for the acquisition and reconstruction of 7-lead ecg without electrical charge contact with the skin,» *Physiol. Meas.* 26 (2005) 939–950, doi:10.1088/0967-3334/26/6/005.

3. P. Watson, R. J. Prance, and S. T. Beardsmore-Rust, «Latent electrostatic fingerprints and their decay: towards a forensic timeline,» submitted to *Nature*.

4. Sean Connor. EPIC: A New Epoch in Electric Potential Sensing// www.sensorsmag.com.

НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

| НА ПУТИ К МИЛЛИВОЛЬТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ | Ученые из Университета Калифорнии в Беркли создают на основе нанотехнологий устройства будущего поколения электроники, которые будут потреблять в миллион раз меньше мощности. Известно, что современные электронные устройства, как правило, работают при номинальном напряжении 1,25–5 В. Ученые из Центра E3S (Energy Efficient Electronics Science) при Университете Калифорнии исследуют технологии создания таких устройств, которые могли бы работать при подаче на них милливольтовых напряжений. В результате потребляемая мощность таких устройств может снизиться в миллионы раз.

Ученые под руководством Эли Яблоновича (Eli Yablonovitch) работают в нескольких направлениях. Группа по наноэлектронике исследует возможность понизить напряжение питания цепей до милливольтового уровня при достаточно большом запасе устройств по помехоустойчивости. Эта группа изучает возможность модулирования тока термоионной эмиссии и туннельного тока через барьер. Исследователям предстоит решить задачу моделирования и управления туннелированием, определить и получить материалы с заданной шириной границы энергетической зоны.

Ученые из группы наномеханических исследований пытаются снизить токи утечки в закрытом состоянии в КМОП-ключках, которая определяют нижний уровень потребления устройств. Использование механических ключей дает нулевой ток утечки в закрытом состоянии, однако у них имеются ограничения по скорости достижения насыщения — 340 м/с. Точка насыщения при использовании ключей на основе алмазной архитектуры близка к той, которая достигается в устройствах с КМОП-ключками. Ученые пытаются создать цепи с большей плотностью.

Группа нанофотоники занимается разработкой схемы передачи данных с использованием света. Фотонные устройства потребляют меньше энергии и обеспечивают связь на большие расстояния. Недавно ученые продемонстрировали системы оптической связи, где при обработке 1 бита информации выделяется всего 10^{-12} Дж. Перед исследователями стоит задача создать фундаментально новые передатчики и детекторы для оптической связи, в которой на 1 бит будет расходоваться 10^{-17} Дж энергии.

Еще одна группа инженеров занимается исследованием устройств на основе наномангнетиков, которые будут использоваться вместо традиционных материалов устройств памяти. Предполагается, что логические устройства на основе наночастиц, чувствительных к электромагнитному полю, будут рассеивать меньше энергии, чем тот объем, который определен принципом Ландауэра. (Этот принцип устанавливает минимальную энергию, необходимую для обработки бита). Теоретически устройство памяти, функционирующее при комнатной температуре в соответствии с этим принципом, обеспечивает скорость обработки данных до 1 Гбит/с и расходует лишь 2,85 триллионных Вт.

Исследователям удалось разработать цепи, потребление которых ниже этого предела. И, наконец, еще одним направлением деятельности ученых из Центра E3S является разработка систем на основе устройств и методов реализации стандартных функций электронных цепей с помощью нанотехнологий.

www.elcomdesign.ru