

В статье рассматриваются основные требования к электроинструментам. Предлагаются комплексные решения, базирующиеся на компонентах производства компании Infineon Technologies.

Инструменты с батарейным питанием и бесщеточными двигателями постоянного тока

(Материал предоставлен компанией Симметрон-Украина)

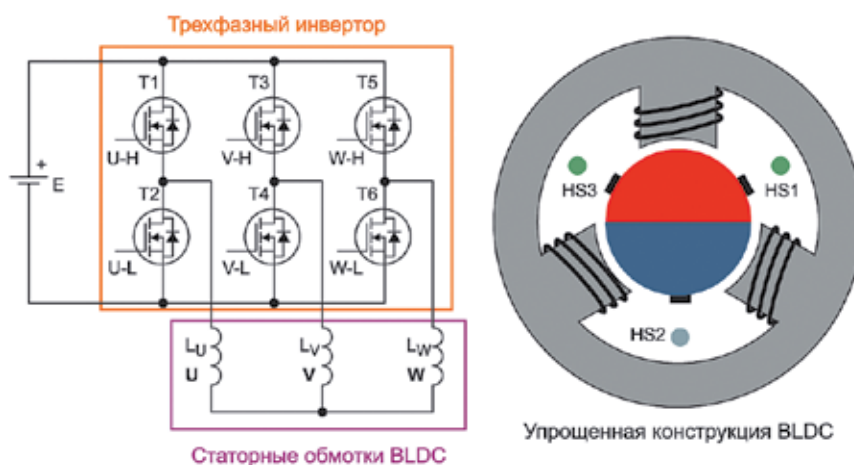
Инструменты с батарейным питанием становятся все более востребованными не только у профессионалов, но и у любителей мастерить своими руками. Эти инструменты портативны, просты в применении, обеспечивают высокую электробезопасность, а установленные бесщеточные двигатели постоянного тока (BLDC) делают их во многом универсальными. Тем не менее, производителям приходится решать задачи по уменьшению массогабаритных показателей инструментов, а также продлевать срок службы батарей.

Одна из главных особенностей устройств с батарейным питанием – управление электродвигателем, характеристики которого обеспечивают требуемую функциональность. В статье рассматриваются проблемы, решение которых позволяет создать электроинструменты, отвечающие актуальным задачам, и обсуждается роль высокоинтегрированных компонентов в этих приборах.

Рынок электроинструментов

Продажи электроинструментов высоки и постоянно увеличиваются. По оценке консалтинговой компании Future Market Insights, в 2015 г. рынок электроинструментов составлял 27 млрд. USD, а в 2025 г. ожидается повышение объема рынка до 45 млрд. USD. Причем, ежегодный рост рынка за период 2021-2030 гг. составит 5.1%. Этому способствуют многие факторы, к которым относятся благоприятные обстоятельства в строительной промышленности.

В связи с увеличением стоимо-



сти переезда при смене жилья многие владельцы предпочитают улучшать жилищные условия своими силами, в частности за счет ремонта, а не смены квартиры. Пандемия в еще большей мере ускорила этот процесс – люди вынуждены проводить больше времени дома, и у них появилась возможность модернизировать свои жилища. Возрастает удельный вес электроинструментов и в промышленности где их все чаще используют на сборочных линиях для повышения эффективности и уменьшения времени сборки.

К основным преимуществам использования электроинструмента в промышленных и домашних условиях относятся его удобство, безопасность и портативность. Немалую роль играет и отсутствие сетевого шнура, о котором можно зацепиться. К тому же, он ограничивает перемещение пользователя.

Ранее в таких инструментах уста-

навливались стандартные двигатели постоянного тока с коллекторно-щеточным узлом и аккумуляторные батареи NiCd или NiMH, что создавало определенные ограничения из-за относительно невысокой надежности электродвигателей. Использование бесщеточных электродвигателей постоянного тока с интегрированным модулем управления значительно улучшило ситуацию и повысило надежность инструмента, а переход на питание от литиево-ионных батарей существенно увеличило время работы инструментов без подзарядки. Конструкция электроинструмента с BLDC схематично показана на рис.1.

Основные проблемы разработки электроинструмента

У специалистов, занятых разработкой электроинструментов с батарейным питанием, есть две проблемы: сократить его массогабаритные пока-

затели и увеличить время работы без подзарядки аккумуляторов. Фактически оба требования противоречат друг другу, поскольку чтобы увеличить время работы без подзарядки, необходима большая емкость и, следовательно, размер батареи. Однако при этом возрастают габариты и вес инструмента.

Устранить это противоречие способен электродвигатель BLDC т.к. его КПД и надежность выше, чем у простого двигателя постоянного тока, из-за отсутствия коллекторно-щеточного узла. Двигателям BLDC не требуются ни щетки, ни коллектор, а значит, у них гораздо меньше потери на трение и механический износ. К тому же, габариты BLDC-двигателей меньше при той же мощности. К сожалению, они дороже и ими сложнее управлять.

Поскольку профессиональным пользователям инструменты требуются в течение всего рабочего дня, при проектировании немало внимания следует уделять эргономике. Инструмент должен удобно лежать в руке. Необходимо тщательно продумать его компоновку, размещение батареи и двигателя. Кроме того, инструмент должен быть ударо- и виброустойчив, ведь при работе он постоянно подвергается подобным механическим воздействиям. Его требуется надежно защитить от проникновения влаги и пыли, а такая защита ухудшает охлаждение. Соответственно, рассеиваемая мощность электропривода инструмента должна быть как можно меньше. И наконец, ненадежный в эксплуатации инструмент нанесет ущерб репутации компании и приведет к финансовым потерям.

Основные узлы электроинструмента

К основным узлам электроинструмента относятся аккумуляторные батареи, схема управления электроприводом, электродвигатель, схема защиты электродвигателя и микроконтроллер (МК), который нередко входит в состав схемы управления. В большинстве случаев аккумулятор съемный и заряжается от внешнего зарядного устройства.

Частота питающего напряжения электродвигателей BLDC обычно регулируется силовым трехфазным ин-



Be Cool

CoolGaN 600 В

транзисторы — це технологічний прорив у галузі дискретних напівпровідників.



Для серверів,
телекомунікаційного обладнання,
джерел безперебійного живлення,
зарядних пристроїв та аудіопідсилювачів
класу D



Сімметрон

Україна

www.symmetron.ua

Єдиний національний офіційний
дистриб'ютор Infineon в Україні

КИЇВ

вул. Є. Сверстюка, 13, оф. 903
+38 0 (44) 239-2065, 494-2525
kiev@symmetron.ua

ХАРКІВ

вул. Мironосицька, 72
+38 0 (57) 750-8022, 754-5807
kharkov@symmetron.ua

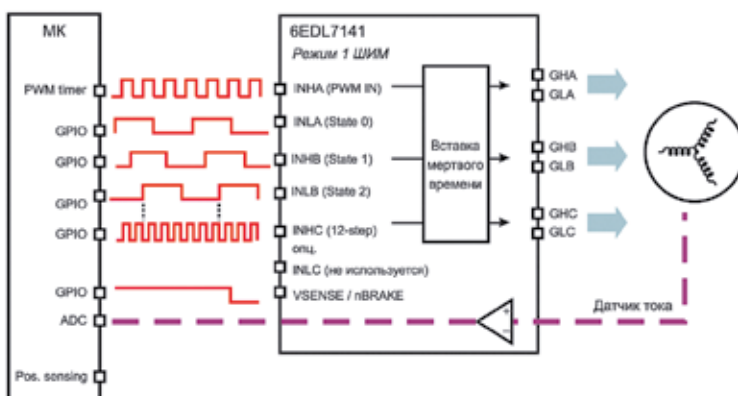
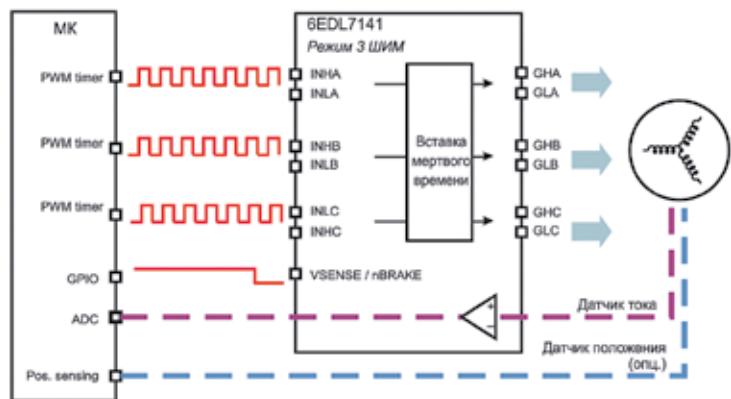
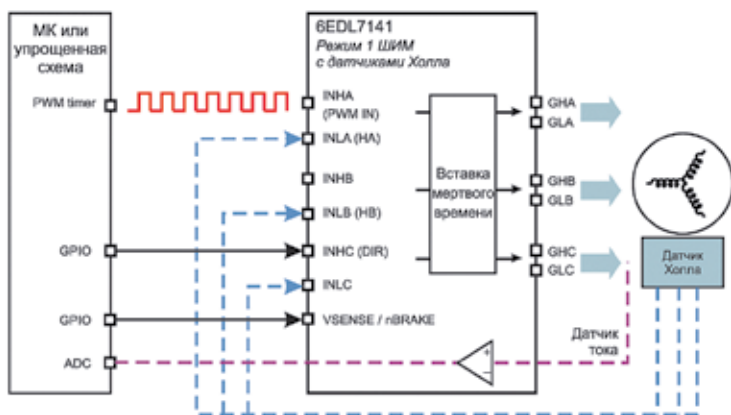
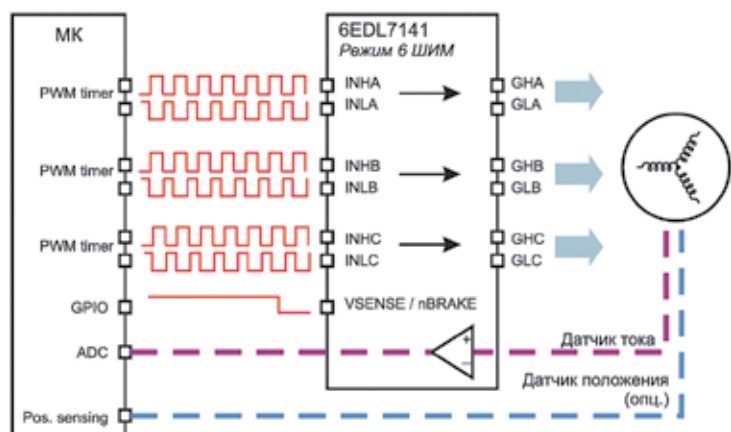


Рис.2

вертором, который управляется ШИМ последовательностью, формируемой МК. Каждая из трех статорных обмоток BLDC подключается к одной из фаз инвертора; фазы напряжения инвертора сдвинуты на 120° друг относительно друга, измерения выполняются с помощью трех датчиков Холла.

Существуют два подхода к формированию ШИМ последовательности. В первом случае МК формирует однофазный ШИМ сигнал, а фазовый сдвиг и направление вращения двигателя осуществляется с помощью дополнительных линий порта ввода/вывода. Во втором случае МК формирует трехфазную последовательность для прямого управления инвертором.

В составе схемы защиты предусмотрены операционные усилители или аналоговые компараторы, измеряющие токи фаз и температуру BLDC-двигателя. Выходные сигналы схемы защиты могут непосредственно воздействовать на режим работы электродвигателя, но чаще они поступают в МК, который обеспечивает безопасную работу двигателя. Конечно, можно создать систему управления электроприводом из отдельных компонентов, но она окажется довольно громоздкой и сложной, поэтому разработчики предпочитают использовать интегрированное решение.

Компоненты компании Infineon Technologies

Одно из последних изделий компании – высокоинтегрированная микросхема 6EDL7141, которая предназначена для управления трехфазным электроприводом в приложениях с аккумуляторным питанием. Она содержит все основные компоненты для создания электропривода инструмента. Её основу составляет программируемый полумостовой драйвер затвора трехфазного инвертора с настраиваемым «мертвым» временем, напряжением и током затвора.

На рис.2 приведены структурные схемы включения 6EDL7141 для разных режимов управления электродвигателем BLDC: а) в режиме 6 ШИМ; б) в режиме 1 ШИМ с датчиками Холла; в) в режиме 3 ШИМ и в режиме 1 ШИМ без датчиков Холла.

Кроме того, реализованы три режима торможения (верхнее плечо, нижнее плечо и переменный). Драйверы могут настраиваться на работу с разными MOSFET, при этом не требуется вводить резисторы в цепь затворов или дополнительные диоды, что уменьшает число внешних компонентов.

В 6EDL7141 встроены три компаратора, к которым можно подключить датчики Холла, и

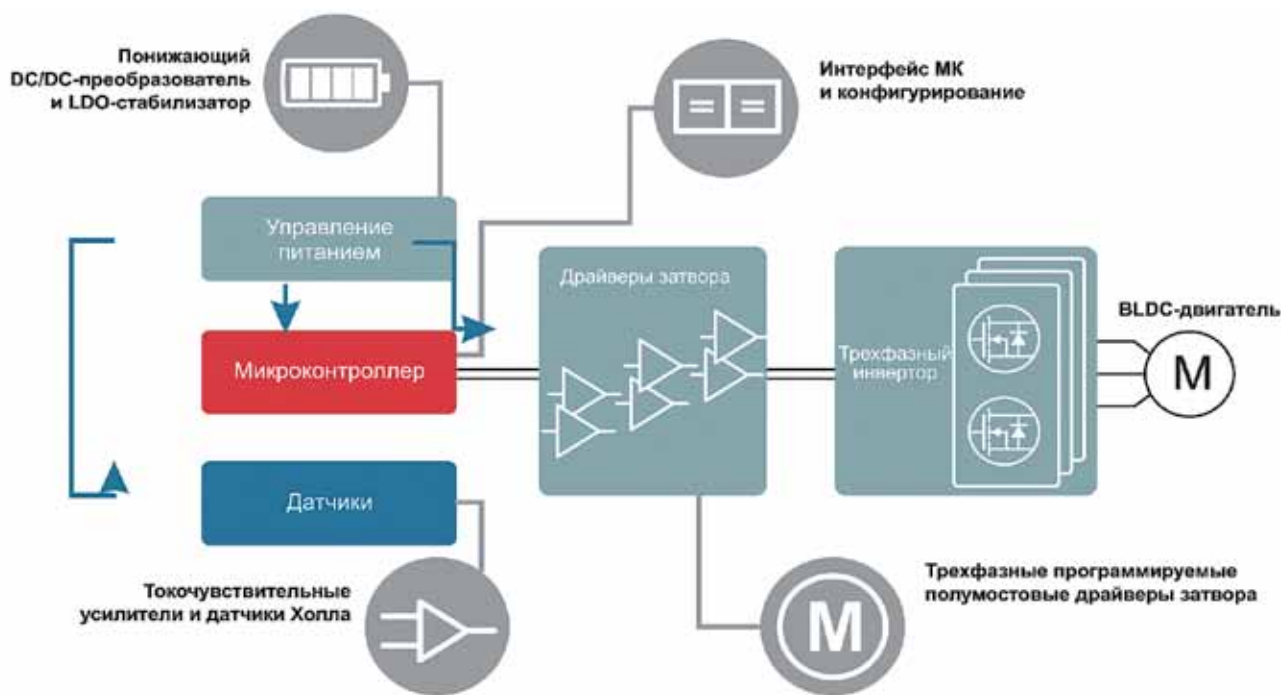


Рис.3

три операционных усилителя с регулируемым усилением и смещением, которые можно использовать в схеме защиты двигателя для повышения надежности системы. понижающий DC/DC-преобразователь расширяет диапазон входного напряжения до 5.5...70 В при максимальном выходном токе 600 мА, а LDO-стабилизаторы формируют напряжение питания системы с током потребления до 300 мА. В составе силового каскада имеются драйверы затвора верхнего и нижнего плеча и зарядные насосы для питания драйверов.

Микросхема 6EDL7141 отвечает требованиям стандартов электромагнитной совместимости. Тем не менее предусмотрена возможность изменения скорости нарастания выходного сигнала для снижения уровня электромагнитных помех. Структурная схема 6EDL7141 приведена на рис.3.

MOSFET семейства OPTIMOS 6 для электроинструментов

Итак, микросхему 6EDL7141 можно настроить для работы с любыми MOSFET, но оптимальным вариантом являются MOSFET BSC007N04LS6 от компании Infineon Technologies. Эти 40-В MOSFET принадлежат к семейству OptiMOS 6, а их сопротивление открытого канала $R_{DS(ON)} = 0.7$ мОм

считается лучшим в своем классе.

Следует обратить внимание и на отличные переключательные характеристики за счет низкой величины суммарного заряда затвора Q_G . Приведенные характеристики наряду с максимально допустимой температурой перехода 175°C и способностью рассеивать мощность 180 Вт делают эти силовые ключи хорошим выбором для использования в самых сложных электроинструментах.

Показатель качества $Q_G \times R_{DS(ON)}$ MOSFET семейства OptiMOS 6 улучшен на 29% по сравнению с MOSFET предыдущего поколения, а величина $Q_{GD} \times R_{DS(ON)}$ – на 46%. Такие параметры обеспечивают необходимую эффективность электроинструмента. MOSFET BSC007N04LS6 выпускаются в 8-выводном корпусе для поверхностного монтажа SuperSO8 (см. рис.4) размером 5x6 мм и легко встраиваются в конструктив электроинструмента.



Рис.4

Поддержка разработки

Микросхема 6EDL7141 легко конфигурируется и настраивается с помощью графического интерфейса пользователя (GUI) и входит в программное обеспечение от Infineon, которое находится в свободном доступе. Интуитивно понятный интерфейс позволяет выбрать параметры системы из всплывающих меню и сохранить параметры конфигурации в отдельном файле, а также создать прошивку управления электроприводом, которую затем можно загрузить в МК через встроенный интерфейс SPI.

С помощью GUI можно контролировать состояние 6EDL7141 и содержимое его регистров в процессе работы, что делает его в высшей степени полезным при разработке и отладке. Вскоре в помощь разработчику компания начнет производить оценочную плату (EVAL_6EDL7141_TRAP_1SH), показанную на рис.5. Она оптимизирована для питания от 18 В батарей и реализует трапецевидную форму напряжения питания BLDC-двигателей. Для приобретения платы рекомендуется связаться со службой технической поддержки компании.

В состав платы входят шесть MOSFET BSC007N04LS6, которые позволяют увеличить мощность управляемого двигателя BLDC. При необхо-

димости на плату для них устанавливаются радиаторы. Система управления базируется на МК XMC1400 компании Infineon. В ее состав входит отладчик, подключаемый к компьютеру через порт USB. Исходный код МК создан в интегрированной среде Eclipsebased DE, DAVE.

С помощью платы EVAL_6EDL7141_TRAP_1SH удобно оценить возможности системы управления с использованием 6EDL7141 и МК XMC1400, а также отладить алгоритмы управления с функциями, встроенными специально для использования в электроинструменте.

Выводы

Многие пользователи предпочитают инструменты с батарейным питанием благодаря их портативности, мобильности и безопасности. После

того как в электроинструментах стали использоваться литиево-ионные батареи и электродвигатели BLDC, они практически сравнялись по характеристикам с сетевыми инструментами.

При проектировании электроинструментов разработчикам приходится решить несколько проблем: создать удобное в использовании изделие с длительным временем работы без подзарядки батарей и придерживаться ограничений по размеру и весу инструмента. Кроме того, электродвигатели BLDC хотя и более легкие, но управлять ими сложнее.

Преодолеть все препоны можно только с помощью высокоинтегрированного решения. В составе недавно выпущенной микросхемы управления трехфазным двигателем 6EDL7141 компании Infineon предусмотрено большинство элементов схемы управ-

ления электроинструментом. Силовые MOSFET не входят в состав 6EDL7141, что позволяет подобрать оптимальные MOSFET из семейства OptiMOS для решения разных задач.

Совместно с 6EDL7141 используется МК семейства XMC. При этом для проектирования всего изделия применяется среда разработки DAVE IDE, также в свободном доступе имеется графический интерфейс пользователя, облегчающий настройку, конфигурирование и отладку всего решения.

Поскольку рынок электроинструментов демонстрирует стабильный рост, компания Infineon продолжает инвестировать в разработку комплексных решений для него. Продукция, которая появится в ближайшее время, будет иметь более высокий уровень интеграции и работать с более высоким батарейным напряжением.

Более детальную информацию можно получить в компании «Симметрон-Украина»: тел.: (044) 494-25-25, e-mail: info@symmetron.ua, <http://www.symmetron.ua>



Рис. 5