

Лю Янхун (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Арышева Галина Владиславовна, к.т.н., доцент

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТОТИПА ИНСУЛИНОВОЙ ПОМПЫ

В настоящее время, наиболее распространенным методом лечения сахарного диабета является инсулинотерапия, путем дополнительного введения инсулина, для регулирования гомеостаза глюкозы у пациентов. Как правило, внешняя инъекция трудна и болезненна для людей. По этой причине ученые изобрели инсулиновую помпу, которая представляет собой новый интеллектуальный инструмент.

Диабет является болезнью обмена веществ, которая характеризуется гипергликемией. Целью работы является разработка системы управления прототипа инсулиновой помпы для лечения больных сахарным диабетом. Иными словами, инсулиновая помпа заменит человеческую инъекцию, т.е. избавит от негативного воздействия человеческого фактора.

Основное содержание работы: исследовать общую структуру инсулиновой помпы, рассчитать оптимальную схему работы для каждой части. Кроме этого, выбрать элементы полной схемы и, в итоге, спаять модуль требуемой схемы.

Инсулиновая помпа состоит из четырех частей: системы контроля искусственного интеллекта с микроэлектронной микросхемой, механической насосной системы с батарейным питанием, резервуара, подключенной к нему инфузионной трубки и набора для подкожной инфузии.

В настоящее время стало возможным введение микродоз инсулина, что значительно расширяет возможности использования инсулиновой помпы, а различные методы сигнализации повышают ее безопасность [1]. Инсулиновая помпа или любое электронное устройство, используемое в критически важных медицинских целях, подобных этому, должно соответствовать стандартам FDA, следовательно, в работе учитываются все эти стандарты [2].

Общая структурная схема инсулиновой помпы включает в себя (рис. 1): блок управления, резервуар или картридж и одноразовый инфузионный набор [3]. Связанным датчиком для контроля/управления диабетом является монитор уровня глюкозы в крови. Это устройство обеспечивает мониторинг уровня глюкозы в режиме реального времени через подкожный датчик. Датчик можно оставлять на месте на несколько дней, что снижает необходимость для пациента проверять несколько

отдельных образцов крови. Дальнейшие разработки приведут к созданию системы с замкнутым контуром, с монитором глюкозы в качестве датчика обратной связи с целью своевременного изменения уровня дозировки.

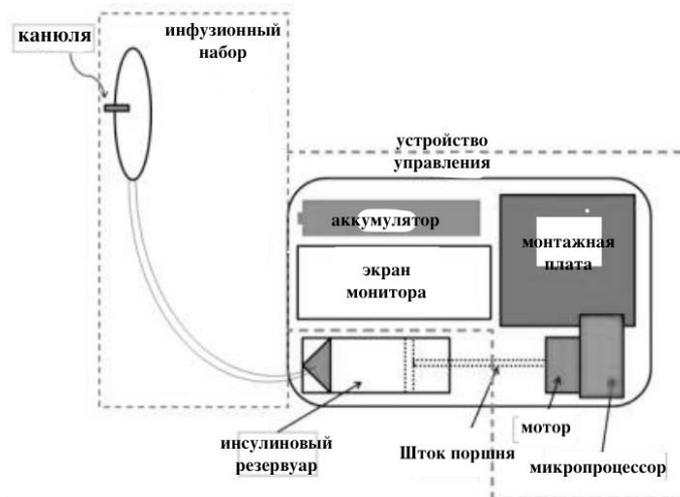


Рис. 1. Общая блок-схема инсулиновой помпы [4]

Причины выбора полевого транзистора: большое входное сопротивление, отсутствие пробоя, быстрое переключение.

Причины выбора MOSFET-транзисторов: при работе транзисторов нет возможности гарантировать, что они будут обеспечивать быстрое и своевременное переключение, т.к. обычно происходит задержка. Поэтому для обеспечения нормальной работы двигателя необходимо использовать диоды для прохождения тока. В работе используется MOSFET-транзистор, т.к. это устройство уже непосредственно содержит диод, который упрощает схему, что еще приводит к экономии финансовых затрат.

Требования для выбора транзистора: $U_{обр}=3В$, $I_{пр}=0,13А$, $P=0,7Вт$.

В схеме управления необходимо использовать зарядный диод, также называемый бутстрап-диодом, который используется для того, чтобы предотвратить попадание высоковольтного тока на вход V_{cc} у усилителя IR2111 и перегорания внутренних элементов низкого напряжения при включении транзистора.

Требования выбора диода: $U_{обр}=3В$, $I_{пр}=500мА$.

Микроконтроллеры (МК) C8051F06x – это полностью интегрированные на одном кристалле системы для обработки смешанных сигналов, имеющие 24 (C8051F061/3/5/7) или 59 (C8051F060/2/4/6) цифровых входа/выхода, а также два встроенных 16-разрядных аналого-цифровой преобразователях (АЦП) с производительностью 1 млн. преобразований в секунду [5]. Все МК представляют собой функциональ-

но–законченную систему на кристалле и имеют тактовый генератор, встроенные схему слежения за напряжением питания и сторожевой таймер.

Принцип действия работы управления мотором.

Когда питание подключено положительное, то VT1 и VT3 открыты, а VT2 и VT4 выключены. Ток протекает по первому пути: $VCC \rightarrow VT1 \rightarrow M \rightarrow VT3 \rightarrow GND$, мотор двигается в одном направлении.

Когда входное напряжение питания находится на отрицательном значении, то VT2 и VT4 открыты, а VT1 и VT3 выключены. Тогда ток протекает уже по второму путь: $VCC \rightarrow VT4 \rightarrow M \rightarrow VT2 \rightarrow GND$. И мотор двигается в противоположном направлении.

Путем изменения выключенного или включенного времени питания изменяется γ – коэффициент заполнения входного сигнала. Когда $\gamma = t1/t2$ больше чем 0,5, то UA больше чем UB; Когда $\gamma = t1/t2$ меньше чем 0,5, то UA меньше чем UB; Когда $\gamma = t1/t2$ равно 0,5, то мотор не двигается.

В момент $t=0$, ток протекает: $L (+) \rightarrow M \rightarrow VD1 \rightarrow e \rightarrow VD3 \rightarrow L(-)$

В момент $t=t0$, ток протекает: $e(+)\rightarrow VT1 \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow VT3 \rightarrow e(-)$

В момент $t=tu$, ток протекает: $L(+)\rightarrow M \rightarrow VD2 \rightarrow e \rightarrow VD4 \rightarrow L(-)$

В момент $t=t1$, ток протекает: $e(+)\rightarrow VT2 \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow VT4 \rightarrow e(-)$

Таким образом, возможно достичь функции вращения двигателя в двух противоположных направлениях. Эта функция особенно важна для инсулиновой помпы. Т.е., двигатель может вращаться в одном направлении и толкать инсулин в тело пациента, а при необходимости добавления инсулина в насос – двигается в другом направлении (обратном).

На двух диаграммах рисунка 2 показаны сигнал схемы работы мотора нормальной работы (рисунок 2 – а) и ненормальной работы из-за задержки (рисунок 2 – б), соответственно.

В ходе эксперимента с помощью осциллографа успешно получает идеальный сигнал (модель сигналы показана на рисунке 2 – а). Из формы волны видно, что паяная плата работает стабильно и сигнал не имеет явного явления задержки.

