

УДК 681.2.08

Применение резольверов в многофункциональных производственных роботах серий IRB 6620 и IRB 6640

Назаров. И.А., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная Робототехника и Мехатроника»*

Пискарев Д.М., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная Робототехника и Мехатроника»*

*Научный руководитель: Романова И. К., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная Робототехника и Мехатроника»
sm7@sm.bmstu.ru*

1. Введение

Компания ООО «АББ» является одним из лидеров в области производства промышленных роботов, модульных производственных систем и сопутствующих сервисных услуг. В частности роботы серии *IRB*, такие как *IRB 6620* (рис. 1) и *IRB 6640* (рис. 2), представляют собой робототехнический комплекс, исполнительные механизмы которого способны осуществлять многофункциональные производственные задачи: сварка, окраска, сборка, транспортировка и сортировка. Оси рабочих органов роботов данной серии обладают широким диапазоном углов для ориентации в пространстве, обширным радиусом действия, а также значительными максимальными скоростями переброски. Так, например, диапазон вращения шестой оси (кистевой) робота *IRB 6640* составляет: $-360^{\circ} \dots +360^{\circ}$, максимальная скорость переброски - $235^{\circ}/с$, а радиус действия самого робота – 2,55м [1].

Для качественного результата работы необходима точная фиксация оси робота в рабочем положении, следовательно, должен присутствовать постоянный мониторинг за угловым положением его рабочих осей в абсолютной системе координат. Для реализации данной задачи служат датчики обратной связи по абсолютному положению, назначение которых преобразовывать механический угол поворота оси в пропорциональный ему



Рис. 2. Робот *IRB 6640*

цифровой код, чтобы в дальнейшем производилось сравнения со значением требуемого угла.

Выбор и установка датчика во многом зависит от системы управления роботом. В современных робототехнических и мехатронных системах используются цифровые системы управления, главным элементов которых является однокристальный микроЭВМ (микроконтроллер), который и осуществляет сравнение значений требуемого и истинного углового положения в цифровом двоичном коде.



Рис. 1. Робот *IRB 6620*

Для реализации обратной связи по положению необходимо организовать так называемый канал обратной связи, который подразумевает под собой электронные устройства для сопряжения микроконтроллера с датчиком. Часто вместо термина «канал» используют термин УСО (устройство сопряжения с объектом)

Рассмотрим реализацию данного канала на примере роботов *IRB 6640* и *IRB 6420*.

2. Реализация и принцип работы канала обратной связи

Принцип работы канала обратной связи по положению поясним на примере его реализации для первой оси (главной вертикальной оси) робота *IRB 6640* [2]. Функциональная схема канала обратной связи робота *IRB 6640* представлена на рис. 3. УСО обратной робота *IRB 6420* имеет аналогичную архитектуру.

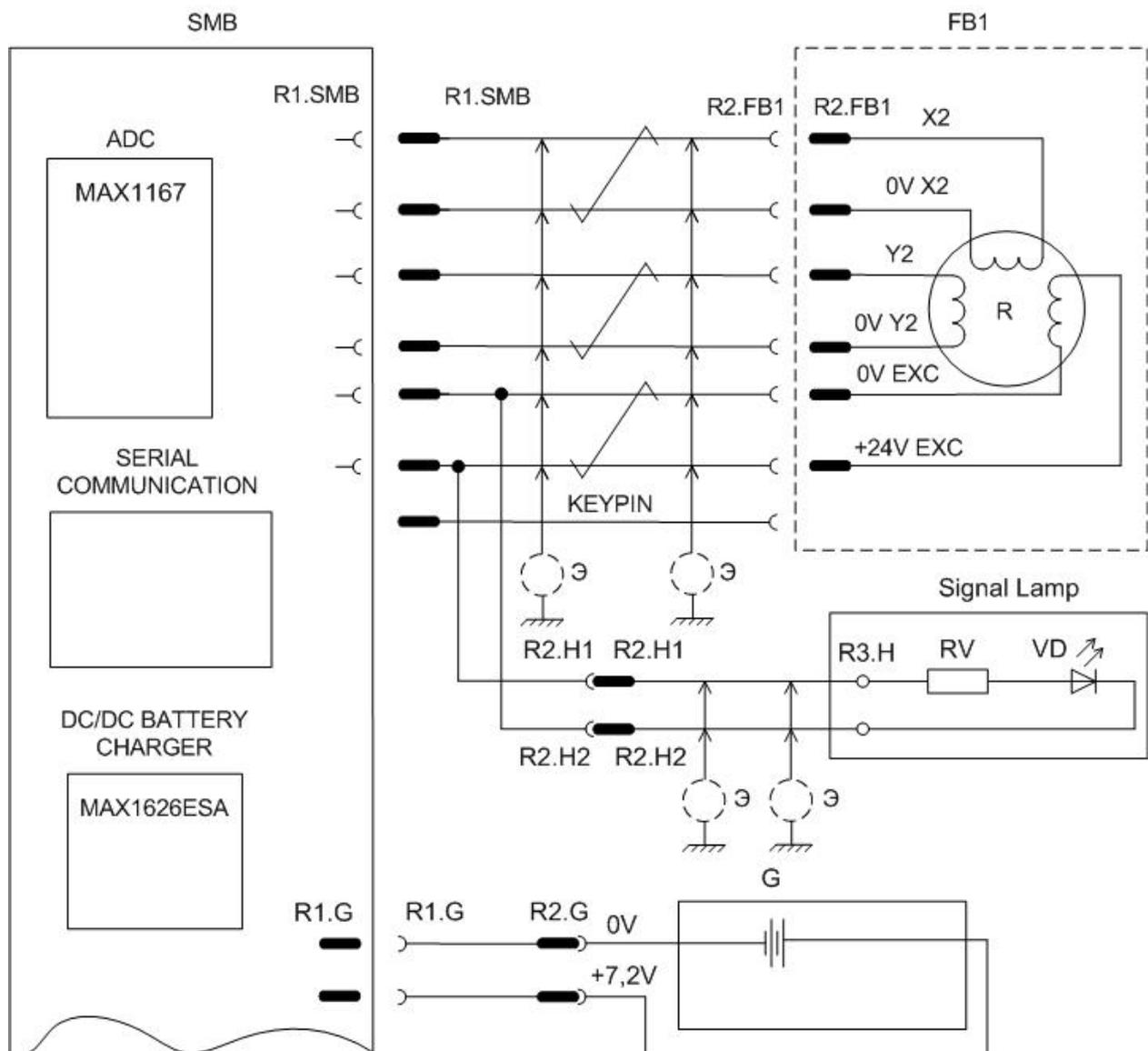


Рис. 3. Функциональная схема канала обратной связи в IRB 6640

Канал обратной связи в роботах серии IRB 6640 принадлежит к типу обратных связей с преобразованием сигнала из непрерывной формы в дискретную.

Главная вертикальная ось (Axis 1) робота серии IRB 6640 приводится в движение выходным валом привода с помощью высокоточного редукторного механизма. На одной оси с выходным валом расположен однооборотный резольвер (R), который вместе с обмоткой возбуждения (EXT) и роторными обмотками: косинусной (X2) и синусной (Y2) образует узел обратной связи (FB1 – feedback unit). Резольвер включен по схеме СКВТ (синусно-косинусного вращающегося трансформатора), а обмотка возбуждения запитывается от сети переменным напряжением с амплитудой $U_B = 24\text{В}$. При повороте выходного вала на угол θ на роторных обмотках индуцируются напряжения U_A и U_B пропорциональные синусу и косинусу угла θ соответственно:

$$\begin{cases} U_A = U_B k_T \sin \theta \\ U_B = U_B k_T \cos \theta \end{cases} \quad (1)$$

где k_T – коэффициент трансформации;

Чтобы избежать внешнего наведения помех на полезные аналоговые сигналы в $X2$ и $Y2$ при передаче их дальше по схеме, синусная и косинусная обмотки оформляются в виде витой пары и экранируются (Э). Далее два аналоговых сигнала посредством разъемов $R2.FB1$ и $R1.SMB$ поступают на плату последовательного интерфейса (SMB – *serial measurement board*).

На плате SMB расположены устройства, необходимые для преобразования сигналов с роторных обмоток из непрерывной формы в дискретную: три АЦП (ADC – *Analog Digital Converter*), понижающий $DC-DC$ преобразователь напряжения (DC/DC *Battery charger*) и последовательный интерфейс (*Serial Communication*) для дальнейшего соединения АЦП с микроконтроллером (МК). Таким образом, одна плата SMD может обслуживать три резольвера.

В переходном канале $R2.FB1$ – $R1.SMD$ предусмотрен специальный вывод ($KEYPIN$) во избежание неверного подключения разъемов $R1.SMD$. Таким образом, каждый из трех резольверов будет подключен к своему разъему на плате SMD .

Для мониторинга работы канала $R2.FB1$ – $R1.SMD$ предусмотрено наличие резистора R_V и светодиода VD (*Signal Lamp*). Основываясь на свечении светодиода или его отсутствии можно судить о наличии напряжения в обмотке возбуждения. Если напряжение в обмотке возбуждения присутствует, то ток потечёт по маршруту $+24В$ – $R2.H1$ – $R3.H$ – R_V – VD – $R2.H2$ – $0В$, и светодиод будет гореть. Во избежание внешних помех, наводимых в канале $R2.H1$ – $R3.H$ – $R2.H2$, также предусмотрено экранирование.

Питание элементов схемы SMD осуществляется с помощью аккумулятора (G), напряжением $7,2В$, которое через разъемы $R1.G$ и $R2.G$ подается на понижающий преобразователь $MAX1626ESA$, технические характеристики которого приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1

Технические характеристики $MAX1626ESA$

| Параметр | Обозначение | Значение | Размерность |
|---------------------|-------------|--------------------|-------------|
| Входное напряжение | $V +$ | 3...16,5 | В |
| Выходное напряжение | V_{out} | 4,85...5,15 | В |
| Ток потребления | $I +$ | 100 (без нагрузки) | мкА |

| | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----|
| Ток нагрузки | I_{OUT} | от 1мА до 2А | - |
| Мощность рассеивания | P_D | 471 (при температуре +70°C) | мВт |

Данный преобразователь понижает напряжение с аккумулятора до напряжения в 5В, необходимого для питания АЦП.

Аналоговые напряжения U_A , U_B через разъёмы *RI.SMD* подаются на входы АЦП *MAX1167*, технические характеристики которого представлены в таблице 2 [4].

Таблица 2

Технические характеристики *MAX1167*

| Параметр | Обозначение | Значение | Размерность |
|-------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Разрядность | - | 16 | бит |
| Аналоговое напряжение питания | AV_{DD} | 4.75 ... 5.25 | В |
| Цифровое напряжение питания | DV_{DD} | 2,7 ... 5.25 | В |
| Аналоговый ток потребления | I_{AVDD} | 1...3,3 | мА |
| Цифровой ток потребления | I_{DVDD} | 0,005...1,3 | мА |
| Количество отсчетов в секунду | $MSPS$ | 2 | Мб |
| Количество входов | - | 4 | - |

3. Принцип работы АЦП *MAX1167*.

Подробнее рассмотрим назначения основных выводов и функциональную схему аналого-цифрового преобразователя *MAX1167*, рис. 4.

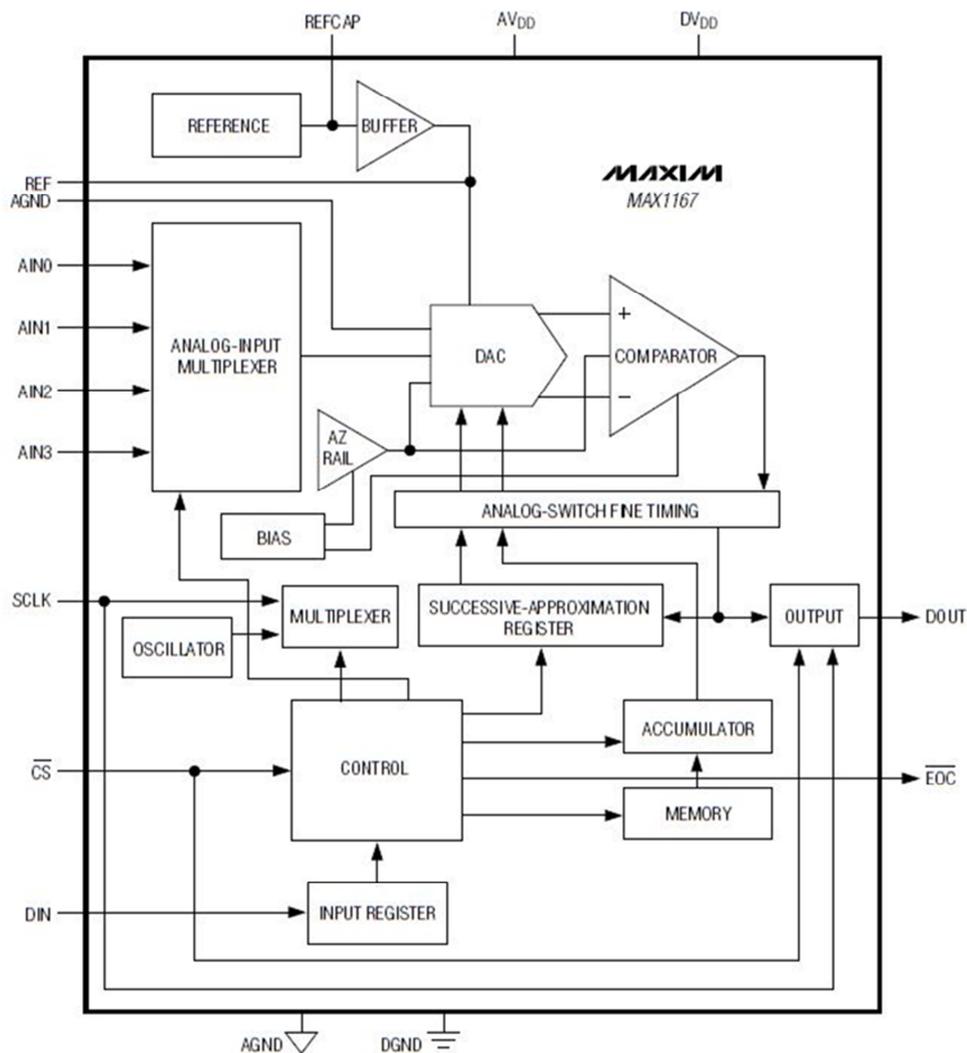


Рис. 4. Функциональная схема АЦП MAX1167

Аналого-цифровой преобразователь *MAX1167* широко используется в промышленности, в том числе в схемах управления двигателями.

Аналоговый входной мультиплексор (*Analog input multiplexer*) имеет 4 входных порта для ввода обрабатываемых данных – *AIN1*, *AIN2*, *AIN3* и *AIN4*. АЦП работает в режиме *последовательного приближения*.

При подаче на вход \overline{CS} высокого напряжения (логической «1») АЦП отключен и находится в так называемом режиме останова (*shutdown mode*). При подаче низкого напряжения (логического «0») активируется нормальный режим (*normal operating mode*). Подача заднего фронта на вывод \overline{CS} активирует схему, позволяя выводу *SCLK* генерировать импульсы. Другими словами ввод и обработка (конвертация) данных инициализируется тактовыми импульсами с порта *SCLK*.

В результате преобразования и, соответственно, наличия напряжения низкого уровня (логического «0») на выводе \overline{EOC} (*End-of-Conversion Output*) данные поступают в блок *OUTPUT* и становятся доступными на выводе *DOUT* в однополярном последовательном формате. Важно отметить, что данные на *DOUT* будут доступны только по заднему фронту восьмого бита в 8-битном режиме передачи.

Канал *REFCAP* (*Reference Bypass Capacitor Connection*) шунтирует аналоговую землю *AGND* с внутренним источником опорного напряжения *REF* с помощью конденсатора емкостью 0,1 мкФ. Это необходимо для предотвращения высокочастотных помех и выравнивания напряжения. Сам по себе вывод *REF* (*Reference Voltage Input/Output*) может работать в двуполярном режиме, т.е. быть как входом, так и выходом.

В схеме имеется вывод *DIN*, при помощи которого осуществляется последовательный обмен с регистрами команд, конфигурации и управления. Тем самым данный АЦП является программируемым и может быть подключен к ведущему устройству, например к микроконтроллеру.

AV_{dd} и DV_{dd} – это выводы питания аналоговой и цифровой части микросхемы соответственно.

На рисунке 5 представлена типовая схема включения АЦП *MAX1167*.

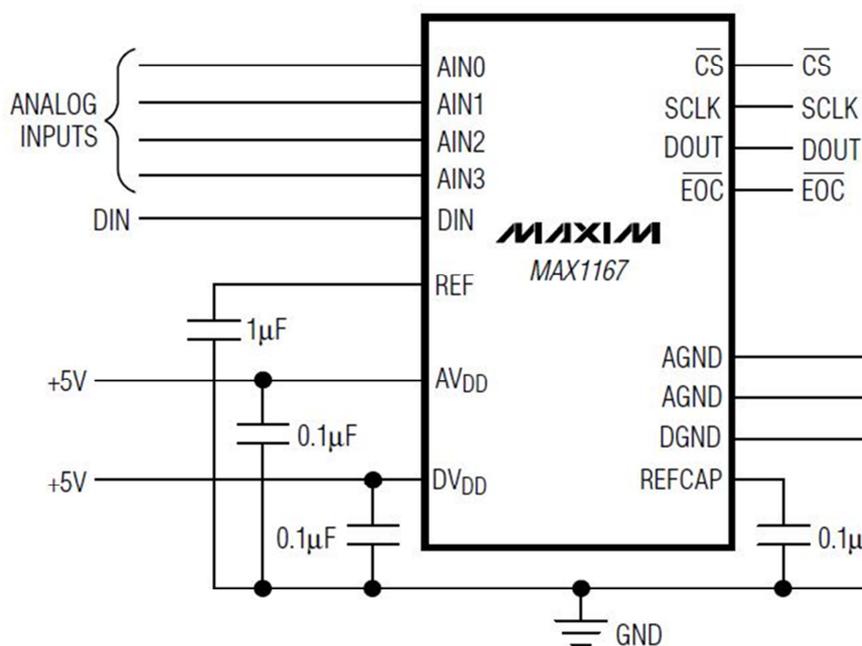


Рис. 5. Типовая схема включения АЦП *MAX1167*

4. Технический анализ реализации канала обратной связи в работе IRB 6640

На основе вышеописанного принципа работы и реализации канала обратной связи по положению в работе *IRB 6640* можно выделить следующие преимущества и недостатки:

Преимущества:

- Применение резольверов позволяет использовать силовой источник питания для подачи напряжения на обмотку возбуждения напрямую, без преобразования;
- Резольвер и его интерфейсная плата (*SMB*) расположены отдельно, а не представляют собой единое целое, как в энкодерах. Данный факт позволяет использовать резольверы в более широком диапазоне температур и повышает его эксплуатационные свойства.

Недостатки:

- Главным недостатком применение резольвера является более сложное построение канала обратной связи. Наличие АЦП и дополнительных экранированных кабелей в значительной мере усложняет реализацию УСО и подключение резольвера к управляющей части, по сравнению с абсолютным энкодером;
- Точность полученных данных о положении рабочего органа будет определяться не только техническими параметрами резольвера, но и разрядностью АЦП, а также качеством экранирование кабелей;
- Из-за того, что резольвер и плата *SMB* расположены отдельно друг от друга, увеличиваются габаритные характеристики всего канала, в отличии от энкодера, где энкодер и соответствующая плата представляют единое устройство.

5. Заключение.

В результате исследования промышленного робота компании АББ серии *IRB 6620* был проведен функциональный анализ канала обратной связи одной из осей комплекса. Были представлены схемы подключения и описаны назначения основных выводов датчика и микросхем, входящих в состав канала обратной связи.

Подробно был рассмотрен аналого-цифровой преобразователь *MAX1167*, являющийся ключевым звеном в организации взаимодействия между аналоговым сигналом резольвера и цифровой платой управления *SMB*. Приведены функциональная и типовая схемы включения, а также описаны элементы, входящие в них.

Следует отметить, что данная статья разрабатывалась с целью наглядно показать, как могут быть использованы датчики обратной связи на практике в реальных робототехнических и мехатронных системах.

Список литературы

1. Промышленный робот АBB IRB 6640. Режим доступа: <http://alphajet.ru/robots/abb/abb-irb-6640.html>. (дата обращения 12.04.2015).
2. АBB. Resolver drawings IRB 6640. Available at: [www09.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/454bd802ebbeb834c1257bf30029a1ab/\\$file/ROB0001EN_F.pdf](http://www09.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/454bd802ebbeb834c1257bf30029a1ab/$file/ROB0001EN_F.pdf), accessed 12.04.2015.
3. MAXIM. 5V/3.3V or Adjustable, 100% Duty-Cycle, High-Efficiency, Step-Down DC-DC Controllers. Available at: <http://www.maximintegrated.com/en/products/power/switching-regulators/MAX1626.html#popuPDF>, accessed 12.04.2015.
4. MAXIM. Multichannel, 16-Bit, 200ksps Analog-to-Digital Converters. Available at: <http://www.maximintegrated.com/en/products/analog/data-converters/analog-to-digital-converters/MAX1167.html#popuPDF>, accessed 12.04.2015.