

ПРИЛОГ ДВА

**РОБОТ  
ВОЗИЛО СА ПРОГРАМОМ**

причвршћен је шестоугаони наглавак који омогућава пренос снаге на редукторске плоче. (Каррактеристике мотора су табеларно приказане).

Редуктор је урађен као механизам епициклоидног облика састављен од четири склопа са дефинисаним редукционом односом: 3, 4, 5 и 6.

Планетарни зупчаник (2) наглављен је на вратило мотора и покреће три "сателита" (3) који се окрећу у телу (1). "Сателити" су узубљени са венцем (4), чији број обртаја зависи од односа планетарног зупчаника и "сателита".

Венац може бити директно повезан са излазним вратилом редуктора или са планетарним зупчаником неког другог склопа (планетарни зупчаник "сателит"). Пречник зупчаника разликује се од једног до другог склопа што омогућава приоддавање склопова са односом 3, 4, 5 и 6, као и њиховом међузаменљивошћу постизање односа 3, 4, 5, 6, 12, 15, 18, 20, 24, 30, 60, 72, 90, 120 и 360.

### Практична употреба

Главни параметар који означава неки мотор је моменат, а редуктора преносни однос. Јединица за моменат је Nm.  $1\text{Nm}=10\text{kgcm}$ , што значи да мотор који има моменат од  $1\text{Nm}$  може подићи терет масе  $10\text{kg}$  ако је постављен на 1cm од центра обртања вратила и управно на његову осу. Ова вредност момента важи само за моторе велике снаге. За робот су изабрани мотори чија је вредност момента изражена у mNm (милињутнметар).

Вредност момента на вратилу мотора и на излазном вратилу редуктора је обрнуто сразмерна. На пример: ако је максимални број обртаја мотора без оптерећења 14500 о/мин уз примену двостепеног редуктора долази се до редукције од  $3 \times 4 \times 5 \times 6 = 360$  при чему се на излазном вратилу редуктора долази до броја обртаја  $14500 / 360 = 40$  о/мин. При оваквом радукционом односу мотор који има моменат од  $0,053\text{Nm}$  изазваће на излазном вратилу редуктора моменат од  $0,053 \times 360 = 1,98\text{Nm}$ .

Наравно, да је ово чисто теоријска вредност, јер ни један од зупчаника у редуктору не би издржао тако оптерећење. Спојница на излазном вратилу редуктора израђена је тако да може да издржи моменат од  $500\text{mNm}$ . преко те вредности спојница се деформише и одваја од последњег зупчаника што спречава квар на редуктору.

## Главне функције

Све операције неопходне за функционисање спроводи једно интегрисано коло MC 68705 Р3. Ово коло као прво, обезбеђује управљање тастатуром и меморисањем свих података унетих преко те тастатуре. Затим омогућава покретање и заустављање једног или оба мотора зависно од меморисаног програма и на крају обезбеђује прорачун пређених растојања уз помоћ два давача импулса (кодера), који су постављени на оба точка

## Мотори

Мотори обезбеђују кретање робота, али и промену правца заустављањем једног од њих.

За дати робот предвиђен је редуктор са односом 3, 5 и 6 који му омогућава потребан моменат са оптималном брзином кретања. Пренос од излазног вратила редуктора до точкова извршен је преко два зупчаника ( $Z_1=45$ ,  $Z_2=96$  зуба). Због одступања разних параметара (електричних или механичких) постоји могућност да робот неће ићи право. Да би се избегло могуће скретање једна "кочница" је предвиђена и поставља се на један од погонских точкова

## Кодери и прорачун растојања

На зупчаницима  $Z_1$  и  $Z_2$  избушено је 24 отвора пречника 2мм по кругу полупречника 17мм.

Са једне стране зупчаника постављена је инфрацрвена LE диода, а наспрам ње са друге стране зупчаника фототранзистор. Сваки пролазак једног отвора између диоде и фототранзистора даје на излазу електронског кола логички ниво 1, а између отвора логички ниво 0. У даљем тексту биће више речи о начину функционисања.

Пречник погонских точкова износи 76мм што по обиму износи 238,64мм. Пошто је зупчаник причвршћен на точак подељен на 24 сегмента, пређено растојање између два отвора биће  $238,64:24=9,94\text{мм}$  (заокружено на 10мм). Имајући у виду овај податак јасно је да ће растојање од 20цм одговарати одбројавању 20 логичких нивоа 1 на излазу из кодера (20 позитивних импулса). Микропроцесор преbroјава ове импулсе и утврђује пређени пут робота. Принцип је исти и за заокрет. Уколико робот мора да промени смер за 180, а то је полуокрет, микропроцесор одбројава  $180:2=90$  импулса (88 или 89 је довољно због инерције редуктора што се подешава при проби робота)

## ИЗРАДА РОБОТА

### МЕХАНИКА

#### Шасија

Састоји се од основне плоче и кутије за електронска кола.

Сви делови шасије израђени су од органског стакла (плексигласа) дебљине 3мм уз слободан избор боја.

Сва сечења и бушења треба пажљиво и прецизно извести. Једино део AD има отвор пречника 5мм док су остали отвори пречника 2,5мм у које се урезује навој M3. Састављање кутије треба извести пажљиво обраћајући пажњу на положај свих делова. Отвори од 3мм на деловима AB, AC и AD треба ставити на доњем делу кутије. Спајање делова треба извршити Супер лепком.

Након тога треба залепити појачања AG, AH, AI и AJ испод основне плоче AA као и четири носача за батерије. При лепљењу треба проверити да ли су отвори пречника 1,5мм на деловима AI и AJ постављени на супротној страни од основне плоче јер су намењени за причвршћење жица. Исечени доњи штитник AK из полистирена дебљине 3мм треба залепити по ободу основне плоче. Спојеве треба лепљењем ојачати помоћу четири дела AL. Израђена кутија лепи се на основну плочу AA тако да се задњи део AE постави по симетрални плоче AA на 50мм од задње ивице. Након тога треба приступити облагању шасије по жељи

#### Браник

Састоји се од делова BA, BB, BC, BD, BE, BF, BG, BH, BI, BJ, BK, BL и BM. Сви делови израђени су од плексигласа 3мм изузев дела BF који је израђен од плексигласа 4мм. Број комада појединих делова назначен је на цртежима. Део BN треба употребити приликом постављања давача импулса. На деловима BD треба нарезати навој M3.

По изради свих делова може се приступити склапању браника. При лепљењу, део BI треба савити уз грејање на топлом ваздуху тако да буде подударан са закривљеношћу дела BJ. Најбоље је закривљење извести уз коришћење пламена плинског штедњака пазећи да се плексиглас не истопи. Израђене делове треба браника треба поставити на шасију. Као прво, залепити део BA на део AI, а затим залепити делове BF и BG. Браник мора слободно да се креће између делова BF и BG а напред део BA треба својим крајем да га придржава. Испод основне плоче AA треба залепити делове BB, BC и BE

наспрам делова BL. Проверити да ли се браник слободно креће како би био стално напред и увек покретљив. Залепити опругу дужине 12 до 14мм између делова BL, BB и BC. Помоћу делова BD и четири завртња M3x15мм причврстити два микропрекидача на део BA. Подесити их тако да прекидају контакт при најмањем додиру браника.

### Носачи мотора

Од плексигласа 3мм исечи делове CA, CB, CC и CD. Део CD савити према профилу. Израђене делове спојити Супер лепком. При спајању треба обратити пажњу на положај дела CB према осталим због разлике између носача првог и другог мотора.

### Редуктор

На изводима мотора треба залемити керамички кондензатор од 10nF, затим склопити редуктор са мотором слагањем редукторских склопова следећим редом: уз мотор склоп са односом 3 па са 5 и на крају са 6. Склопљен редуктор са мотором причврстити за носач са четири завртња и навртке. На излазном вратилу редуктора фином турпијом обрадити место за притеzaње погоњског зупчаника. На главчини зупчаника избушити отвор од 2,5мм и нарезати навој M3. Поставити овај зупчаник на излазно вратило редуктора и причврстити га завртњем M3x5мм. Све ово исто урадити и на другом редуктору.

### Предњи точкови

Пречник предњих точкова треба да износи 76мм уз могућу толеранцију плус минус 1мм.

Отвор точкова и оба вођења зупчаника су 8мм. При монтажи потребно је обратити пажњу на саосност точкова и зупчаника. Да би се то постигло треба од пластичне цеви DA 8x5мм исечи два комада и убацити их у точкове и вођене зупчанике спајајући их лепком.

Претходно, на оба вођена зупчаника потребно је избушити по 24 отвора намењена давачима импулса. Вишак цеви исечи а спољну површину оба зупчаника обојити црном мат бојом како би се избегли могући одсјаји на фототранзистору.

### **Склапање погонског механизма**

У све отворе делова AI и AJ потребно је убацити комад месингане цеви 5/4x10мм и залепити их супер лепком. Од шипке пречника 4мм исећи осовину DE и провући је кроз цеви делова AJ и AI.

Поставити два подметача са сваке стране осовине и наместити точкове. Од плексигласа или сличног материјала пречника од 15 до 20x10мм исећи два дела DF и избушити отвор од 4мм. Са спољне стране точкова поставити по два подметача и наглавити делове DE. Проверити да ли се точкови слободно okreћу без зазора.

Поставити носаче мотора на њихово место уз контролу исправности узубљења. Причврстити сваки носач са завртњевима M3x15мм, подметачима и наврткама. Узубљење подесити додавањем или одузимањем подметача са унутрашње стране точкова. Након тога треба осигурати делове DF Супер лепком.

### **Задњи точак**

Пречник му је 34мм. Делове EA и EB треба спојити поступком лепљења, а цео склоп учврстити завртњем и навртком. Поставити један подметач на завртањ M4x20мм уз претходну обраду подметача, како би завртањ ушао између оба дела EA. Са друге стране завртња поставити други подметач и навртку. Навртку притећи тако да део EB може слободно да се okreће око завртња без зазора.

Точак поставити на осовину EC пречника 4мм којој су на крајевима пробушени отвори пречника 1мм. По потреби убацити подметаче и учврстити са осовиницама које представљају осигураче. На крају цео склоп треба поставити са доње стране основне плоче и учврстити га навртком M4.

### **Ручица за ношење**

Израђена је од пластичне цеви 16/12мм и уз помоћ топлоте савијена. Због деформације цеви при савијању једну страну треба затворити чепом, затим је напунити финим песком, добро протрести ради слегања и допунити је до врха. Затворити други крај и обликовати. Након хлађења скинути чепове и истрести песак. Од пластичне шипке (PVC) израдити два дела FB. Супер лепком спојите завртњеве и израђене делове, а на крајевима цеви PVC лепком. Ручицу поставити на плочу AA испод кутије за електронска кола и причврстити је помоћу два подметача и две навртке.

### Тастатура

Састоји се од 16 тастера распоређених у 4 колоне и 4 реда. Редови (горизонтално распоређени тастери) повезани су са изводима PA4 до PA7 микропроцесора 68705 у излазном споју, док су колоне (усправно распоређени тастери) спојени са изводима PA0 до PA3 микропроцесора у улазном споју.

### Напајање

Напајање мотора напоном од 9V обавља се преко два управљачка релеја RL1 и RL2.

За напајање електронског дела захтева се нешто сложенији систем.

Са једне стрне микропроцесор и релеји раде под једносмерним напоном од 5V. Према томе, потребно је да се напон од 9V из батерија преко регулатора снизи. Са друге стране, за исправан рад, овај регулатор захтева минимални улазни напон од 7,8V. Зато је потребно знати када ће напон из батерија после пражњења пасти на ту минималну вредност. Због тога је дато коло приказано на цртежу. Диода D1 је зенер диода од 7,5V и омогућава укључење LE диоде D2 тек кад напон на њеним изводима падне на 7,5V или чак ниže што је знак за брзу промену батерија.

### Браник и ручица за ношење

Програмирano кретање робота ретко ће бити успешно у првом покушају и то због нетачне процене растојања. Према томе, робот ће сигурно срести неку препреку на свом путу. Због тога је предвиђен браник у директној вези са два микро прекидача. Они су повезани са колом за поништавање програма у микропроцесору који делује на заустављање оба мотора при најмањем додиру браника. Наравно, да тада треба започети ново програмирање са исправком претходних грешака.

Једна ручица је уграђена да би се робот могао преносити и да би штитила делове робота приликом могућег сусрета са препреком.

## Кочница

Мало је вероватноће да ће се робот кретати правом линијом, због тога је предвиђена кочница која ће реаговати на погонском точку који прелази дужи пут. Да би се направила ова кочница потребни су: плексигласна коцка 20 x 20 x 20 mm, квадратна шипка 10 x 10 mm од плексигласа, округла шипка о 16 mm, три комада челика о 4 mm, један завртањ M3 x 40 mm, два завртња M3 x 30 mm и дугме за осовину од 6 mm. Све делове треба исећи и избушити. Делове GA међусобно спојити лепком и стегнути са завртњевима M3 x 30 mm. Пробушити отворе од 2,5 mm на средини и урезати навој M3 mm, а са сваке стране избушити по један отвор од 4,2 mm. Исећи две осовине о 4 x 20 mm и залепити их у два задња отвора делова GB. Проверити да ли се осовине слободно крећу између делова GA.

Кроз средину точка GC избушити отвор о 5 mm и убацити месингану цев 5 x 4 mm. Израђени склоп убацити у део GB и провући осовину о 4 mm, учвршћујући је капљицом лепка. Точак GC мора се слободно окретати. Дугме треба залепити на главу завртња M3 x 40 и све то уврнути у навој између делова GA. Точак GC мора бити у додиру са гумом једног од погонских точкова, а потребна сила кочења постиже се окретањем завртња са дугметом. Цео склоп поставља се на основну плочу AA на одговарајућу страну причвршћујући га помоћу два завртња и две навртке.

## ЕЛЕКТРОНИКА

Функционирање левог давача импулса базирано је на проласку једног отвора на зупчанику између диоде D3 и фототранзистора PH1 који изазива поларизацију транзистора T3. Транзистор T3 обезбеђује предпојачање добијеног сигнала. Овај сигнал се по други пут појачава транзистором T4, на чијем колектору се добија напон близак напону напајања. При недостатку светlostи на фототранзистору, то јест између два отвора на зупчанику, напон на колектору транзистора T4 биће практично једнак нули. Како би вредност сигнала који се доводи микропроцесору била стална, напон који даје транзистор T4 уобличава се посредством две инверторске капије кола Ic2. Тако се добија на изводу РВО микропроцесора два логичка стања: један или нула које он може обрадити. Функционисање десног давача импулса је истоветно као и за леви, а за прорачун растојања у правој линији користе се оба давача импулса.

## Микропроцесор

Пошто при градњи овог робота није неопходна велика временска тачност, усвојен је принцип примене отпорника. Вредност отпорника  $R18=47\text{K}\Omega$  спојеног између  $+5V$  и извода XTAL, даје радну учесталост од  $1,5\text{MHz}$  која је довољна.

Као што је већ напоменуто, веза тастатуре са микропроцесором остварује се преко улазног извода PA0 до PA7. Управљање релејима остварује се преко извода од PB2 и PB3 и транзистора T7 и T8.

Сваки ред од релеја омогућава укњучивање једног мотора. Кондензатор C1 омогућава повратак на почетно стање ("ресет") микропроцесора одмах по укључивању напона за напајање.

## Штампана кола

Цела електроника је постављена на пет штампаних кола чији су цртежи у прилогу. После израде свих кола, све отворе треба пробушити бургијом  $01\text{mm}$ , а оне предвиђене за причвршћивања проширити бургијом  $03,5\text{mm}$ . Отвор предвиђен за прекидач I1 на коло за тастатуру проширити са бургијом  $07\text{mm}$ .

## Постављање тастатуре

Треба почети са постављањем краткоспојника и тастера на штампано коло намењено тастатури водећи рачуна о правилном положају. Затим, поставити LE диоду D2 и делове међусобно залемити. Из десетожилног тракастог кабла одсећи комад дужине  $80\text{mm}$  и на једном његовом крају поставити десетополни женски конектор HE10. Обратити пажњу на боју проводника, а затим га залемити. Одговарајући мушки конектор треба поставити на главно штампано коло. Скинути изолацију са проводника на другом крају и залемити га на одговарајуће место на штампаном колу. Како се проводник не би покидао услед савијања при изради треба га залепити на штампано коло. Користећи летрасет слова или слично треба обележити свих 16 тастера. Обележене тастере препрскати безбојним лаком у спреју како би се заштитили од додира.

## Штампано коло давача импулса

Поставити трнзисторе PH1 и PH2 пазећи на изводе емитера и колектора што ближе штампаном колу. Диодама D3 и D4 продолжити изводе комадима кругог проводника за шемирање, а затим савити изводе тако да се глава диоде нађе наспрам постављеног и залемљеног фототранзистора. Подесити диоду на  $14\text{mm}$  од штампаног кола и залемити је. Исећи два комада месингане цеви пречника

5/4мм, дужине 8,5мм и навући их на фототранзисторе, а затим их залепити капљицом суперлепка.

Према плану постављања делова на основну плочу АА, залепити делове ВН на њихова места. На спољној страни сваке диоде залепити квадратни комадић картона, претходно црно мат обојен. Након тога, поставити оба штампана кола на робот, тако да доиде буду постављене између вођених зупчаника и точкова, а затим све то причврстити завртњевима и наврткама. Пре причвршћивања штампана кола треба тако наместити да фототранзистори буду тачно наспрам отвора на вођеним зупчаницима.

### Главно коло

Израду почети са постављањем седам краткоспојника и отпорника спајајући их поступком лемљења. Наставити са диодама, подножјем интегрисаног кола Ic3, затим са транзисторима и кондензатором С1. Поставити регулатор напона Ic1 на штампано коло и причврстити га завртњем и навртком. Завршити са постављањем оба релеја, мушки конектор НЕ и деветоплном редном стезаљском за доводе и одводе проводника. Лемљења обавити пажљиво.

### Монтажа и завршно повезивање

На одговарајућа места причврстити штампано коло кодера и тастатуре. Користећи се цртежима, извршити повезивање штампаних кола проводницима малог пресека. Обратити пажњу на боје проводника како би се избегла грешка при повезивању. Минус полове оба мотора (сиве жице) повезати директно са батеријом. Плус пол преко двоструког прекидача I1 и релеја повезати са главним штампаним колом.

Минус пол за електронику (црна жица) повезати на главно штампано коло, а плус преко другог дела прекидача I1 са главним штампаним колом. Све проводнике сложити у снопове и учврстити их уз штампана кола помоћу парчића проводника провлачећи их кроз отворе пречника 1,5мм предвиђеним за ове сврхе.

Поставити микропроцесор MC68705 Р3 у његово лежиште.

## Функционисање

Робот је пре свега предвиђен за градњу на часовима слободних техничких активности. За проверу његове функционалности потребно је одабрати одређени пут, као на пример обилажење око неког стола, вијугање између препрека, полазак из једног места до неког другог, итд. Проверу треба извршити на тај начин што ће се робот поставити на одговарајућу подлогу, и извршити програмирање низа операција које ће обавити да би се вратио на полазни положај, или зауставио на дефинисаном. Ако се растојања и углови добро процене и програмирају, робот ће свој пут прећи без сусретања са препрекама. У противном, при првом сусрету са неком препреком, програм ће се потпуно избрисати. У том случају потребно је извршити ново програмирање.

## Програмирање

За програмирање датог робота као пример узето је:

- права линија 100цм,
- окретање у десно за 90 ,
- права линија 50цм,
- окретање у лево 45 ,
- права линија 120цм

Притиснути тастер "права линија", затим тастере 1, 0, 0 и затим VAL. Тиме је прва инструкција пута забележена. Након тога, притиснути тастер "окретање у десно" па потом 4, 5 и VAL чиме је завршено и бележење друге инструкције. Што се окретања тиче, треба имати на уму да сваки импулс из кодера вреди 2 . Према томе, при програмирању жељеног угла окретања број степени треба поделити са два.

Наставити програмирање следећих двеју инструкција на исти начин. Код последње инструкције, треба притиснути тастер "права линија" па затим 1, 0, 0 и VAL. Опет притиснути тастер "права линија" и за крај тастере 2, 0 и DEP. Тада ће робот кренути и обавити све инструкције по задатом програму.

## Напомена

1. Само једном инструкцијом робот може прећи растојања која су вишекратници броја 10, то јест 20 или 200 .....
2. Не може прећи растојања у правој линији која се не завршавају са нулом (растојање од 103цм не може се меморисати).

3. У датом примеру програма може извршити праволинијска кретања од 120цм (или 150, 180цм ..... ) програмирањем кретања прво од 100цм па затим од 20цм такође право.
4. Између сваке инструкције кретања право или окретања, обавезно је притиснути тастер VAL.
5. Код последње инструкције треба притиснути тастер DEP уместо тастера VAL.

## СПИСАК ДЕЛОВА

### Механика

- Мотор 2 ком
- Редуктор 2 ком
- Моделарски точак о76мм 2 ком
- Точак о34мм 1ком
- Меки челик о4x500мм 1ком
- Месингана цев о5x4x200мм 1ком
- Цев од плексигласа о8x5x100мм 1 ком
- PVC цев о16x12,2x700мм 1 ком
- PVC шипка о20x100мм 1 ком
- Шипка од плексигласа о16x100мм 1 ком
- Шипка од плексигласа пресека10x10x200мм 1 ком
- Шипка од плексигласа пресека 20x20x100мм 1 ком
- Шипка од плексигласа пресека 8x8x50мм 1 ком
- Плексиглас 4x50x50мм 1 ком
- Плексиглас 3x800x800мм 1 ком
- Ливени зупчаник Z96-0,5 2 ком
- Ливени зупчаник Z45-0,5 2 ком
- Опруга о10 до о12мм дужине 12 до 16мм мале снаге 2ком
- Дугме за осовину обмм 1 ком
- Суперлепак
- Завртњи и навртке
- Боја у спреју за украсавање

## Електроника

- Лежиште за батерије 4xR14 2 ком
  - Лежиште за батерије 2xP14 2 ком
  - Двоструки прекидач (l1) 1 ком
  - Мушки конектор HE 10 1 ком
  - Женски конектор HE 10 1 ком
  - Микропрекидач 2 ком
  - Инфрацрвена LE диода CQY 58 A1 (D3, D4) 2 ком
  - Фототранзистор BPW 22 A1 (PH1, PH2) 2 ком
  - Црвена LE диода (D2) 1 ком
  - Транзистор BC 237 (T1 до T8) 8 ком
  - Релеј D31A3100 2 ком
  - Подножје за микропроцесор -ножица доброг квалитета 28 ком
  - Микропроцесор MC68705 P3 (Ic 3) 1ком
  - Позитивни регулатор напона 5V 7805 (Ic1) 1 ком
  - Коло CMOS 4049 (Ic2) 1 ком
  - Зенер диода 7,5 V (D1) 1 ком
  - Диода 1N4007 (D5, D6) 2 ком
  - Керамички кондензатор 10nF (C2, C3) 2 ком
  - Тантал кондензатор 1 $\mu$ F (C1) 1 ком
  - Тастер И sostat D6 16 ком
  - Клема за штампано коло 16 ком
  - Проводник за шемирање разних боја
  - Отпорници, сви 1/4W
- R1: 180 $\Omega$  R2, R12, R17: 1M $\Omega$  R3, R7: 47  $\Omega$  R4, R6: 270 $\Omega$   
R5, R11, R16: 1K $\Omega$  R8, R13: 2,2 K $\Omega$  R9, R14: 18K $\Omega$   
R10, R15: 120 K $\Omega$  R18: 47 K $\Omega$  R19, R20, R21, R22: 4,7K $\Omega$   
R23, R24: 1,5K $\Omega$

