

Design of an Innovative Triple-Shaft Sports Sequential Gearbox with Tandem Electronic Shifting

Výstup: D7_2- Dokumentácia k riadiacej jednotke a výsledky testovacieho prostredia.

Pracovný balík: WP7

Číslo projektu: 09I03-03-V04-00644



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

„Financované EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 09I03-03-V04-00644“.

1 Účel dokumentácie

Výstup D7_2 nadväzuje na funkčný prototyp riadiacej jednotky zdokumentovaný v D7_1. Jeho účelom je zachytiť hardvérovú konfiguráciu, elektrické rozhrania, logiku programu, postup oživenia a výsledky laboratórneho testovacieho prostredia. Doložené je základné rozpohybovanie lineárneho aktuátora, ovládanie v oboch smeroch, nastavenie referenčných polôh a pozorovanie rozdielu medzi softvérovo určenou a skutočnou polohou.

Tabuľka 1 Rozsah podkladov pre D7_2

Dokumentovaná oblasť	Dostupný dôkaz	Stav
Hardvér	Fotografia Arduino UNO, M542, zdroja a aktuátora	Doložené
Zapojenie	Elektrická schéma prototypu	Doložené
Softvér	Opis Arduino IDE 2, STEP/DIR, EEPROM a sériových povelov	Doložené opisom
Funkčná skúška	Výpis sériového monitora a fotografie polôh	Doložené kvalitatívne
Presnosť	Pozorovaný rozdiel neutrálnej polohy troch aktuátorov	Doložené

2 Technická konfigurácia testovacieho prostredia

Laboratórne pracovisko pozostáva z riadiacej dosky Arduino UNO, výkonového modulu M542, samostatného napájacieho zdroja a lineárneho krokového aktuátora LC-4128-048-03-E06008-25N. Počítač so sériovým monitorom slúži na zadávanie povelov a sledovanie textových stavov. Mechanická časť aktuátora vytvára priamočiary pohyb určený na ovládanie radiacej vidličky.

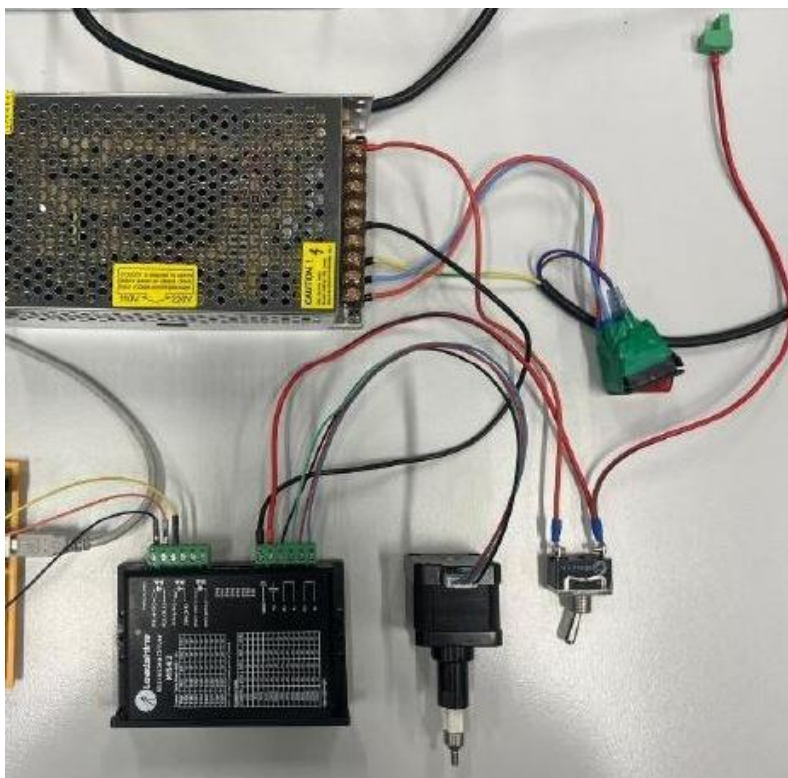


Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Obrázok 1 Základné prvky laboratórneho testovacieho prostredia

Tabuľka 2 Konfigurácia prvkov pracoviska

Komponent	Úloha
Arduino UNO	Generovanie riadiacich signálov a stavová logika
M542	Výkonové budenie krokového motora
LC-4128-048-03-E06008-25N	Lineárny pohyb mechanizmu
Napájací zdroj	Energia výkonovej časti
Sériový monitor	Povelovanie a diagnostický výpis

3 Elektrické rozhrania a zapojenie

Arduino UNO odovzdáva modulu M542 impulzný signál STEP a smerový signál DIR. Modul vytvára prúdové budenie vinutí aktuátora. Výkonová časť je napájaná zo samostatného zdroja. Funkcia každého pohybu preto závisí od správneho zapojenia párov vinutí, spoločnej referencie riadiacich signálov, logiky vstupov a nastavenia prúdového obmedzenia a mikrokrokovania na M542.

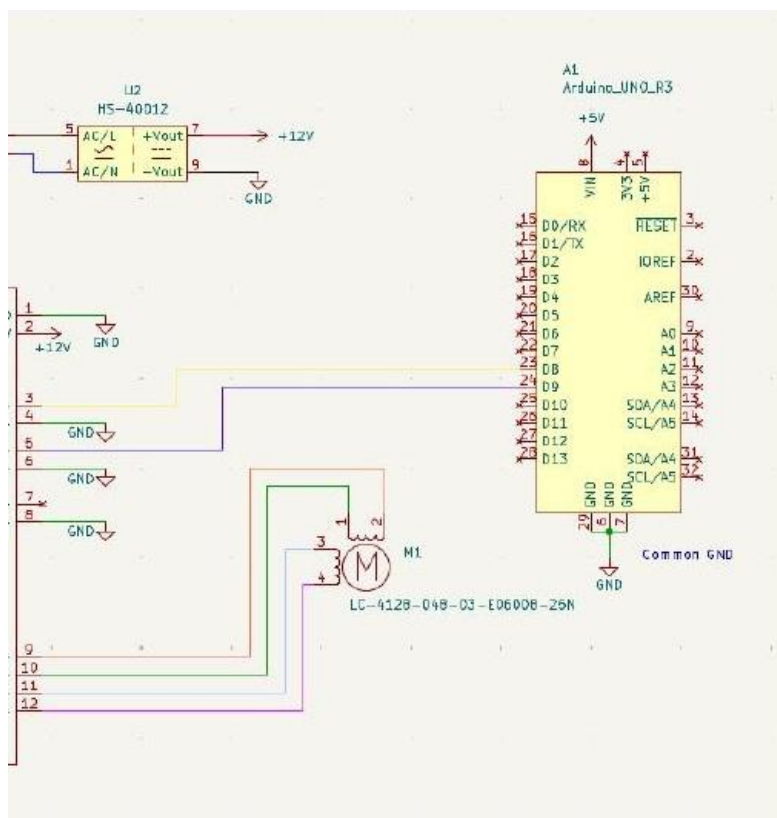


Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Obrázok 2 Schéma elektrického zapojenia skúšobného riadiaceho systému

Tabuľka 3 Rozhrania riadiaceho reťazca

Signál alebo vetva	Smer	Funkcia	Kontrola pred skúškou
STEP	Arduino → M542	Jeden impulz vyvolá krok alebo mikrokrok	Osciloskopom overiť úroveň, šírku a frekvenciu
DIR	Arduino → M542	Určuje smer lineárneho pohybu	Overiť smer krátkym pohybom bez dorazu
ENABLE	Arduino/pevná úroveň → M542	Povolenie výkonového stupňa	Overiť aktívnu logickú úroveň
Vinutia motora	M542 → aktuátor	Prenos výkonu na dve fázy motora	Identifikovať páry vinutí a dotiahnuť svorky
Napájanie	Zdroj → M542	Napájanie výkonovej časti	Skontrolovať polaritu, limit a ochranu

4 Softvérová konfigurácia

Program vytvorený v Arduino IDE 2 riadi aktuátor v otvorenej slučke. Aktuálnu polohu reprezentuje celočíselná premenná v krokoch. Používateľ manuálne nastaví minimálnu a maximálnu polohu- hodnoty a stav kalibrácie sa ukladajú do EEPROM. Neutrálna poloha sa určí ako aritmetický stred MIN a MAX. Pohyb používa nastaviteľné časovanie impulzov a rozbehovú a dobehovú rampu.



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Tabuľka 4 Softvérové funkcie a kontrolné body

Softvérový prvok	Účel	Riziko alebo kontrola
Počítadlo krokov	Odhad aktuálnej polohy	Pri strate kroku sa odhad odchýli od skutočnosti
MIN a MAX	Definícia pracovného rozsahu	Kalibráciu vykonať bez nárazu do mechanického dorazu
EEPROM	Zachovanie kalibrácie po vypnutí	Použiť identifikátor platnosti a kontrolu MIN < MAX
Neutrál	Stred medzi krajnými polohami	Geometrický stred nemusí byť funkčným neutrálom prevodovky
Rampa	Zníženie rázov pri rozbehu a dobehu	Príliš rýchla rampa môže viesť k strate krokov
Sériové povel	Manuálne ovládanie a stavový výpis	Laboratórne rozhranie, nie vozidlový komunikačný protokol

5 Metodika základnej funkčnej skúšky

Tabuľka 5 Postup funkčnej skúšky

Poradie	Skúšobný krok	Pozorovaný alebo požadovaný výsledok
1	Vizuálna kontrola a zapnutie napájania	Bez prehrievania, zápachu, iskrenia alebo samovoľného pohybu
2	Nahratie programu a otvorenie sériového monitora	Zobrazenie pripravenosti alebo stavu programu
3	Krátky povel v prvom smere	Plynulý lineárny pohyb bez nárazu
4	Krátky povel v opačnom smere	Pohyb opačným smerom
5	Manuálne nastavenie a uloženie MIN	Hodnota zostane dostupná po reštarte
6	Manuálne nastavenie a uloženie MAX	Platný rozsah MAX > MIN
7	Povel na neutrálnu polohu	Presun na vypočítaný stred rozsahu
8	Opakovanie pohybového cyklu	Porovnanie softvérovej a fyzickej polohy
9	Bezpečné vypnutie	Zastavenie impulzov a odpojenie výkonovej vetvy

```

21:51:38.413 -> ----- STAV -----
21:51:38.413 -> Aktualna poloha [kroky]
21:51:38.413 -> MIN / 0 [kroky]: 0
21:51:38.413 -> MAX [kroky]: 13900
21:51:38.413 -> Kalibracia: ANO
21:51:38.413 -> Neutral N [kroky]: 6950
21:51:38.413 -> Posun 10 mm [kroky]: 25

```

Obrázok 3 Výpis krokov zo sériového monitora pri skúške neutrálnej polohy



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

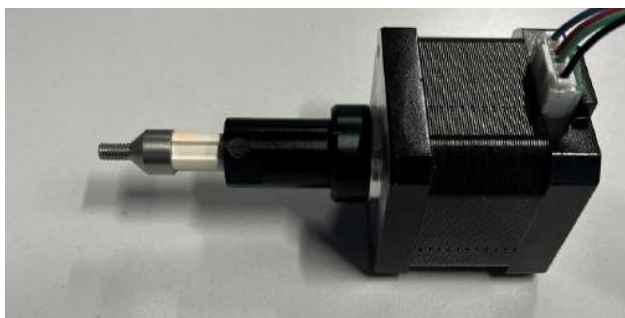
PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

6 Výsledky testovacieho prostredia

Potvrdila sa správna spolupráca Arduino UNO, M542, napájacieho zdroja a lineárneho aktuátora. Sériové povely umožnili pohyb v oboch smeroch a základné nastavenie referenčných polôh. Fotografia dokumentuje aktuátor v strednej neutrálnej polohe. Tieto výsledky potvrdzujú funkčnosť základného elektrického a softvérového reťazca.



Obrázok 4 Lineárny aktuátor v strednej neutrálnej polohe

Tabuľka 6 Vyhodnotenie doložených skúšok

Skúška	Výsledok podľa podkladu	Hodnotenie
Inicializácia zostavy	Program a riadiaci reťazec boli uvedené do činnosti	Vyhovel na úrovni prototypu
Pohyb v kladnom smere	Aktuátor vykonal požadovaný pohyb	Vyhovel kvalitatívne
Pohyb v zápornom smere	Aktuátor vykonal požadovaný pohyb	Vyhovel kvalitatívne
Referenčné polohy	Bolo možné nastaviť krajné a neutrálnu polohu	Vyhovel funkčne
Opakovateľnosť	Zistený nesúlad softvérovej a skutočnej polohy	Nevyhovel pre presné polohovanie

6.1 Porovnanie troch aktuátorov

Skúška troch aktuátorov rovnakého typu ukázala rozdiely v dosiahnutej neutrálnej polohe. Výsledok poukazuje na kumuláciu stratených krokov, rozdiely mechanického odporu alebo vplyv nastavenia rampy a napájania.



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Obrázok 5 Rozdiel neutrálnej polohy pri troch lineárnych aktuátoroch

Otvorená slučka je použiteľná na základné oživenie, ale neposkytuje dôkaz, že radiaca vidlička dosiahla požadovanú polohu. Pre ďalšiu etapu sa odporúča merať skutočný zdvih samostatným snímačom a vyhodnocovať chybu $e = x_{\text{požadovaná}} - x_{\text{skutočná}}$ v každom cykle.

7 Evidencia odchýlok a chýb

Tabuľka 7 Register odchýlok a nápravných opatrení

Identifikovaná odchýlka	Možná příčina	Navrhované opatrenie
Posun neutrálnej polohy	Strata krokov alebo zmena odporu	Lineárny Hallov snímač a uzavretá slučka
Nedosiahnutie cieľa	Nedostatočný moment, vysoká rýchlosť alebo doraz	Znížiť zrýchlenie, merať prúd a zaviesť timeout
Opačný smer	Nesprávna polarita DIR alebo mechanická orientácia	Kontrola smeru pri krátkom bezpečnom pohybe
Strata kalibrácie	Neplatný obsah EEPROM	Magic identifikátor, kontrolný súčet a bezpečný stav INIT
Prehriatie	Vysoký prúd alebo dlhé držanie	Nastaviť prúd, merať teplotu a obmedziť dobu budenia
Elektrické rušenie	Dlhé vedenia a výkonové spínanie	Tienenie, filtrácia, oddelenie trás a robustné konektory



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Záver

Dokumentované testovacie prostredie potvrdilo základnú funkciu riadiaceho reťazca Arduino UNO - M542 - lineárny aktuátor. Program umožnil manuálne povelovanie, pohyb v oboch smeroch, uloženie referenčných polôh a presun do neutrálnej polohy. Skúška troch aktuátorov však odhalila rozdiel medzi vypočítanou a skutočnou polohou, čím sa potvrdila nedostatočnosť otvoreného riadenia pre presné a opakovateľné radenie.

Výstup D7_2 preto uzatvára dokumentáciu prototypového pracoviska a stanovuje overiteľný postup ďalšieho vývoja. Prioritou je doplnenie priameho snímania polohy, bezpečnostných stavov, kvantitatívneho merania času, polohovej chyby, prúdu a teploty a následné overenie koordinovanej sekvencie.



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY