

# VÍZSZINTES POLÁRGRÁF FEJLESZTÉSE IPARI CÉLOKRA

## DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL GRADE HORIZONTAL POLARGRAPH

Menyhárt Hunor,<sup>1</sup> Forgó Zoltán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [menyhart.hunor@student.ms.sapientia.ro](mailto:menyhart.hunor@student.ms.sapientia.ro)

<sup>2</sup> Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [zforgo@ms.sapientia.ro](mailto:zforgo@ms.sapientia.ro)

### Abstract

This article describes the basis for a horizontal compact drawing robot, its use in the industry, constituent parts and how these parts and methods – drawn from electronics, mechanics and informatics – combine to make up the entirety of this machine.

**Keywords:** *horizontal polargraph, drawing robot, Arduino.*

### Összefoglalás

Ebben a cikkben egy kompakt rajzolórobotnak a különböző működéséhez szükséges alkatrészeit, valamint ezek funkcióinak a megfelelő céljait mutatom be, valamint hogy ezek az elemek miként kapcsolódnak egymáshoz. Mind a mechanikai, elektronikai és informatikai rendszerek egymásba beágyazódásáról szó lesz, valamint ezek a rendszerek szükségéről is.

**Kulcsszavak:** *vízszintes polárgráf, rajzolórobot, Arduino.*

## 1. Bevezetés

Az iparban nagy hangsúlyt kell fektetnünk a megbízhatóság és legfőképp a teljesítmény maximalizálására, bizonyos feladatok leegyszerűsítése jelenti a különbséget a nyereség és veszteség között.

Sok folyamat tapasztalt és képzett munkaerővel gyorsan kivitelezhető ám a képzett munkaerő sokszor túl drága vagy egyszerűen elérhetetlen amennyiben nincs elég érdeklődés az iparág iránt. Kevésbé felkészült vagy kevésbé jártas munkaerő sokszor nem képes ugyanazzal a sebességgel vagy precizitással dolgozni, esetleg problémák esetén nem képesek megoldást kapni a különböző helyzetekben.

Emiatt sok helyen robotokkal helyettesítjük az emberek szerepét, így matematikailag garantálni tudjuk a legtöbb probléma megoldását.

Egyik ilyen probléma megjelenhet a hajlított lemezalkatrészek gyártása során, mivel sokszor az alkatrésztervező mérnök megtervezi a darabot,

és leküldi a plazmagépnek a kivágandó részeket, ám mikor hajlítani kell, a szakember, aki lehet különbözik az alkatrész tervezőjétől, egyenként végig kell, hogy sétáljon a darabon, és lejegyezze a hajlítópontokat kézzel. Ez nagyon időigényes munka, mi több, minél tapasztalatlanabb a szakember, annál nagyobb a hibalehetőség, így akár selejtes termék is keletkezhet. Sokszor az sem segít, ha az alkatrész gyártója és a hajlítást végző ember egy és ugyanaz, hiszen ő sem tudhatja pontosan a hajlítási pontokat fejből minden egyes alkalommal.

Ez a probléma egy automata rendszert igényel, amely kiküszöböli az emberi tényezőt, mint amilyen például egy rajzolórobot.

A gépünk tehát meg kell, hogy feleljen egy pár kritériumnak annak érdekében, hogy ipari és praktikus értelme legyen a használatának:

- nagy munkaterülettel rendelkezzen;
- felszerelése a munkaterület felé és elindítása ne kerüljön több időbe, mint 5 percbé;

–kezelése egyszerű kell, hogy legyen, és magától értetődő.

A piacon a különböző rajzológépek hatalmas támasztószervezetekkel rendelkeznek, ami a precíziót növeli, viszont ez a precízió nekünk nem szükséges ilyen mértékben, valamint a munkaterületükön konstans és nagyobb lemezek esetén ezen gépek nagysága miatt a felszerelésük a munkaterületre akár 3-4 embert is megkövetel, és hatalmas területet foglal el.

Az úgynevezett polárgráf [1] megfelel a feladatnak – változtatható munkatér, egyszerű felhelyezés –, ám a legnagyobb probléma, hogy a gravitáció segítségével valósul meg x tengelyen való haladás, és a motorok mindössze egy irányba terelik a munkapontot.

Emiatt erre a feladatra egy új megoldást kellene találni, mivel a létező lehetőségek nem kielégítőek. Itt jön be a képbe egy új megoldása egy már létező ötletnek, illetve a technológiának az újragondolása.

Amit mi keresünk, az egy szalag, mely képes megtartani a súlyát a gravitáció ellenében, képes erőt kifejteni tengelyirányban, és felcsavarodás esetén képes összecukodni és elhajlani. Ennek segítségével két motorral, két tárolócsuklóval és két szalaggal képesek vagyunk létrehozni egy olyan kompakt polárgráfot, amely képes a vízszintes síkon dolgozni is, ezáltal lényegesen megkönnyítve a felszerelést, illetve praktikussá téve a behelyezését a gyártási folyamatba.

## 2. A berendezés geometriai kialakítása

### 2.1. A gép teljes geometriai munkatere és ennek kiszámítása

Legelőször is a két csukló közötti távolságot szeretnénk meghatározni, melyet a (1) képlet ad meg.

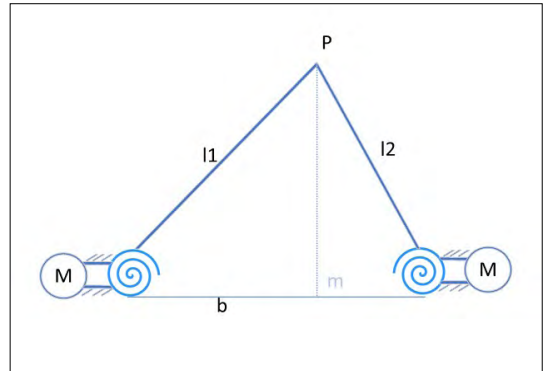
Ezek után a szalagok aktív hosszát határozzuk meg, és a direkt geometria segítségével a rajzolóeszköznek (a berendezés munkapontjának) pozíciója a (3) képlet segítségével kerül meghatározásra. (2.ábra)

$$b = l1 * \cos \theta 1 + l2 * \cos \theta 2 \tag{1}$$

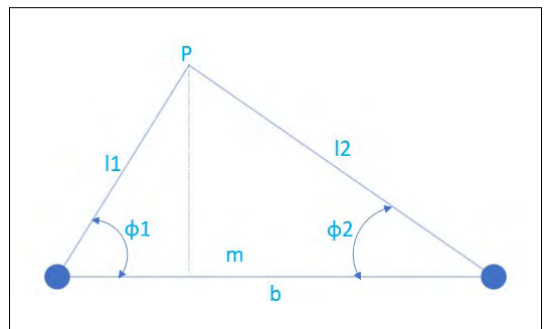
$$l1 = \left( \frac{l2 * \cos \theta 2}{b} \right) \tag{2}$$

$$x = \left( \frac{(l1^2 - l2^2)}{b} \right) \tag{3'}$$

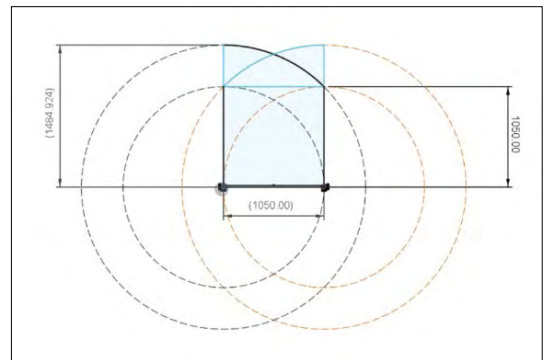
$$y = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} * \sqrt{l1^2 + l2^2 - \frac{b^2}{2} - \frac{(l1^2 - l2^2)}{2 * b^2}} \right) \tag{3''}$$



1. ábra. A gép paramétereit felülnézetből



2. ábra. A berendezés paramétereit felülnézetből



3. ábra. A gép teljes munkaterülete felülnézetből

### 2.2. A gyakorlati munkaterület

A gépet két oldalról irányítjuk, a két motor segítségével bármilyen pontot elérhetünk munkaterületen belül. (3.ábra)

A terület 3 kiemelt zónából áll: az első zóna a primer munkatér, mely egy négyszög és egy polinomiális háromszög összege, ezt a területet mindkét csukló mozgásával el lehet érni, ezáltal lehet benne dolgozni.

A szekunder területhez csak egy-egy csukló fér hozzá, így ámbár az egyenkénti szalaghossz elég lenne az elérésére, a teljes terület elérhetetlen mindkét csukló mozgásintervallumait figyelembe véve.

A legutolsó terület pedig a primer és a szekunder területen kívül eső terület, melyet a gép sehogyan sem tud elérni.

### 3. Megvalósítás

#### 3.1. Szalagrugó

Ezek a szalagok képesek megtartani a formájukat egyik irányba, és hajlani a másikba (4. ábra). Ez különleges mechanikai tulajdonság a robotikában, kompakt kis terhelésű mozgókarokat lehet ezzel létrehozni. [2, 3]

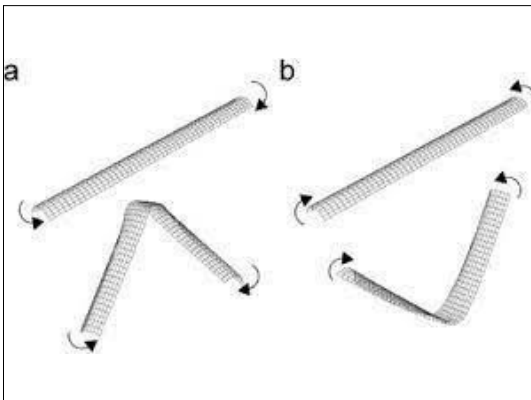
Amennyiben az erő nem haladja meg a kritikus értéket, a kar képes kifejteni egy erőt a tengellyel egy irányban, bár ez nagy teljesítményű feladatokra alkalmatlan, de mi a könnyű rajzolóceruzákat probléma nélkül mozgathatjuk [4]. (5. ábra)

#### 3.2. Csukló

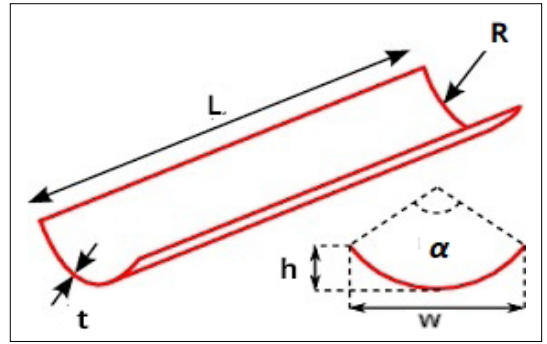
A gépünk csuklójának feladata felcsavarva tárolni, illetve keresztben, összenyomni a szalagot a domború konfigurációjára. Minderre két szembe elhelyezett korongot használunk spirálbemélyedéssel. (6. ábra)

A csuklótárcsák fémből készülnek; a magasabb strapabíróság és jobb csúszás végett ezeket majd egy műanyag orsó köti össze, melynek magassága precízen követi a szalagszélességet. [5] (7. ábra)

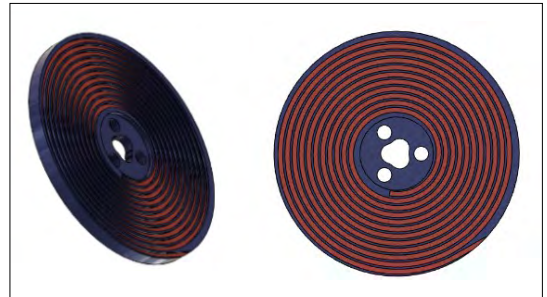
Mivel a két korong távolsága kisebb mind a feltekert szalag szélessége, letekeredésnél, a kinyúló szalag domború formára erőlteti. Emiatt a lemez erőnek képes ellenállni, úgy kereszt, mint hossz irányban.



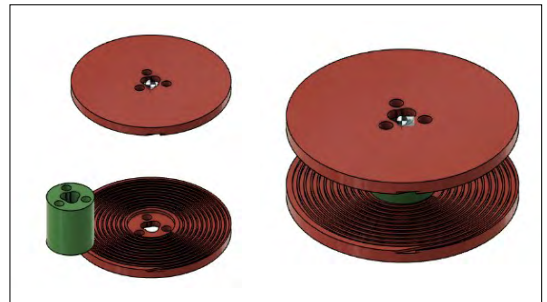
4. ábra. Szalagrugók és mozgás típusai



5. ábra. Egy szalagrugó felépítése



6. ábra. A csukló tárcsájának geometriai felépítése



7. ábra. A teljes csukló összeszerelés előtt, majd után



8. ábra. Egy nema 17 es léptetőmotor



9. ábra. A rajzolószerkezet kialakítása

### 3.3. A hajtás

Szerepe forgatni a csuklót, ezáltal ki-be mozgatva a lemezeket, így elérve egy megfelelően nagy lineáris erőt, amely mozgatja a ceruzát.

Erre a szerepre egy NEMA 17 bipoláris, 1,8° fokos lépéssel rendelkező motort használunk, (8. ábra) a nagy pontosság és könnyű kezelés végett.

A léptetőmotort egy A4988-as 2A-es motorvezérlővel irányítjuk, mivel ez a vezérlő könnyen elérhető, és könnyen helyettesíthető probléma esetén. Az előnyök közé tartozik az is, hogy a vezérlő elégséges sebességgel és pontossággal tudja irányítani a motort.

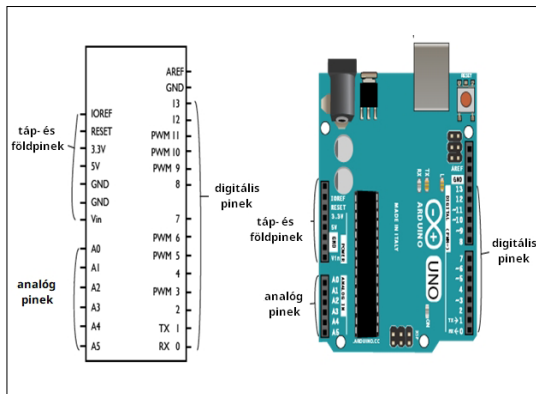
### 3.4 Rajzolószerkezet

A szalagok végén egy szerkezet helyezkedik el, ennek több része is van, az első rész a 2 hengeres csuklóból áll, mely csatlakozik a szalagokhoz, a második rész tartja a SR 90-es szervómotor vázát, mely motor tengelyén egy fogaskerék-fogasléc kapcsolással képes fel-le mozgatni bilincset, melyben különböző méretű és formájú rajzolóeszközök rögzíthetők. (9. ábra)

### 3.5 Arduino és irányítás

A gép irányítására egy Arduino Unót használunk (10. ábra), és a kompaktabb kivitelezés elérésére egy CNC-shieldet használunk mely az arduinóval egy direkt kapcsolatot létesít.

Majd ezekre rákerülnek a motorvezérlők és a hozzájuk kapcsolódó léptetőmotorok.



10. ábra. Egy ARDUINO UNO lábkiosztása és grafikus bemutatása

## 4. Következtetések

Az ipar fejlődése érdekében az új technológiák lehetővé kell, hogy tegyék a könnyebb és gyorsabb termékgyártást, annak érdekében, hogy utolérhesse a piaci keresletet. A bemutatott felépítéssel, a rajzológép képes betölteni egy kis feladatot ebben a láncban,

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Polargraph UK, Polargraph on Hiatus 2019, <http://www.polargraph.co.uk/>, (Letöltve 2021.02.15)
- [2] Project Scribble-Theorz Craft, 2021, <https://invalidentry.engineer/blog/project-scribble-part-1/> (Letöltve 2022.04.17)
- [3] S.J.I. Walker, Guglielmo Aglietti: *A Study of Tape Spring Fold Curvature for Space Deployable Structures*. Engineering Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part G Journal of Aerospace 221/3 (2007) 313–325. <https://doi.org/10.1243/09544100JAERO209>
- [4] Dewalque F., Collette J. P., Brüls O.: *Mechanical Behaviour of Tape Springs Used in the Deployment of Reflectors around a Solar Panel*. Acta Astronautica, 123. (2016) 271–282. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576515302952>
- [5] Ekelöw J.: *Design and Manufacturing of Thin Composite Tape Springs*. 2014. (Letöltve 2021.02.03) <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:805332/FULLTEXT01.pdf>