

# **SOLAR MOBIX – UN SISTEM INTELIGENT CU PANOURI SOLARE REGLABILE, OPTIMIZAT PENTRU CAPTAREA MAXIMĂ A ENERGIEI REGENERABILE**

**Magda Darius (IX A), Magda Robert (IX A)**  
*Profesor coordonator: Teodorescu Mircea*  
*Liceul Tehnologic Alexandru Domsa*

**ABSTRACT:** *Prezenta lucrare descrie conceperea, proiectarea și realizarea unui vehicul robotizat modular, echipat cu un sistem activ de orientare solară (Solar Tracker) și control wireless prin Bluetooth. Vehiculul este construit pe o platformă modulară proiectată în mediul CAD Tinkercad și fabricată prin tehnologie aditivă FDM, utilizând filament PLA pe imprimanta Craftbot Plus Pro. Mecanismul de direcție este acționat de un servomotor de 180°, propulsia fiind asigurată de un servo cu rotație continuă (360°), cu transmisie prin curea polimeric. Sistemul de tracking solar integrează doi senzori fotoelectrici (LDR), un servomotor de orientare de 180° și un modul BMS pentru două acumulatori Li-Ion 18650, cu logică hibridă Power Path și revenire automată temporizată din modul manual după 15 secunde. Controlul ansamblului este realizat prin microcontrolerul Arduino Uno R3, cu comunicație Bluetooth prin modulul HC-05 și o aplicație Android dezvoltată în Android Studio.*

*Cuvinte cheie: vehicul robotizat modular, solar tracking, fabricație aditivă FDM, Arduino Uno R3, senzori LDR, management energetic, Bluetooth HC-05*

## **1. Introducere și Obiectivele Proiectului**

Prezentul proiect abordează problema randamentului energetic în robotica mobilă prin integrarea unei soluții de captare a energiei solare într-o platformă robotizată. Prototipul realizat include un sistem activ de orientare solară (Solar Tracker) bazat pe senzori fotoelectrici de tip LDR și un ecosistem software personalizat, vehiculul putând fi controlat wireless prin Bluetooth printr-o aplicație Android concepută de echipa proiectului. Obiectivul principal constă în demonstrarea fezabilității tehnice a integrării energiei regenerabile solare într-o platformă robotizată mobilă, concepută ca instrument educațional în domeniul ingineriei mecanice, al electronicii și al dezvoltării software.

Un element distinctiv al arhitecturii software îl constituie implementarea logicii hibride Auto/Manual cu revenire temporizată. Operatorul poate prelua oricând controlul manual al panourilor solare din aplicația Android; un timer non-blocant de 15 secunde asigură revenirea automată la modul de tracking bazat pe senzori LDR în absența unor comenzi manuale, prevenind imobilizarea panourilor într-o poziție ineficientă.

## **2. Arhitectura 3D și Design-ul Modular**

Vehiculul este construit pe o platformă strict modulară, proiectată în mediul CAD online Tinkercad [3] și fabricată prin tehnologie aditivă FDM (Fused Deposition Modeling), utilizând filament PLA pe imprimanta Craftbot Plus Pro [4]. Platforma de bază a fost secționată în două bucăți masive pentru optimizarea procesului de imprimare 3D, piesele fiind asamblate mecanic ulterior. Arhitectura modulară permite asamblarea, demontarea și extinderea ușoară a vehiculului,

pe platforma de bază fiind montate patru module distincte:

Modulul Față: suportul central pentru articulația roților față și sistemul de direcție.

Modulul Mijloc: suportul de rigidizare și fixare a componentelor electronice (Anexa 1.1).

Modulul Spate: suportii verticali (stânga/dreapta) ce adăpostesc rulmenții pentru axul de tracțiune.

Modulul Superior (Tracker): suportul înalt, axul principal de 400 mm și platforma pentru panourile solare.

### **2.1. Procesul de Asamblare și Ajustări Dimensionale**

Etapa de montaj mecanic a utilizat un set de soluții tehnice pentru asigurarea rigidității structurale a vehiculului [7]:

Rulmenți capsulați de precizie (D: 7 mm, d: 4 mm), montați prin presare (press-fit) în modulul spate (Anexa 1.2). Axul de oțel de 4 mm a fost prelucrat manual până la obținerea unui ajustaj fără joc față de inelul interior al rulmenților. Transmisia puterii se realizează printr-o curea polimeric.

Organe de asamblare: fixarea modulelor pe platformă s-a realizat exclusiv cu șuruburi cu cap imbus M3, cu aplicarea unui cuplu de strângere precis în inserțiile metalice, fără deteriorarea structurii de plastic.

Solidarizarea modulului central: suportul din mijloc a fost lipit de baza șasiului pentru eliminarea vibrațiilor care ar fi afectat precizia senzorilor și stabilitatea bateriilor, rezultând un ansamblu monobloc cu rigiditate structurală ridicată.

Ajustări dimensionale: în cazurile în care toleranțele de imprimare au impus intervenție post-procesare, a fost utilizat un burghiu de precizie pentru lărgirea sau adâncirea canalelor de trecere în PLA, asigurând îngroparea capetelor șuruburilor și o asamblare fără jocuri mecanice.

Transmisia prin curea polimeric: randamentul mecanic ridicat este asigurat prin calibrarea dimensională a elementului de tracțiune și tensionarea optimă între fulia conducătoare (pe axul servomotorului de 360°) și fulia condusă (solidarizată cu axul spate).

Suprastructura sistemului de tracking este susținută de trei piloni verticali robusti, echipați cu alezaje de precizie ce servesc drept puncte de lagăruire pentru axul principal (Anexa 1.3). Axul cu lungimea de 400 mm a fost proiectat din două segmente solidarizate printr-o îmbinare cu știft, garantând coaxialitatea ansamblului.

Inserțiile metalice filetate M3 (aliaj de cupru, înălțime 5 mm, diametru exterior 3 mm), integrate termic la 180°C în alezajele din PLA, previn uzura filetelor la solicitări mecanice repetate (Anexa 5).

Manevrabilitatea vehiculului este asigurată de o bară de direcție rigidă care funcționează ca element de legătură cinematică, transmițând mișcarea de la servomotorul de 180° către fuzete, asigurând un unghi de bracăj identic și menținând geometria corectă a direcției în timpul deplasării.

### **3. Dezvoltarea Software și Comunicația Bluetooth**

Sistemul de control și telemetrie integrat combină un microcontroler Arduino Uno R3 [1], un modul Bluetooth HC-05 și o aplicație Android dezvoltată intern.

Modulul HC-05 [6]: configurat în modul Slave, comunică cu placa Arduino prin interfața serială UART (pinii RX/TX) la 9600 bps. A fost ales pentru fiabilitatea sa și ușurința integrării în circuite logice de 5 V.

Aplicația Android Studio [2]: implementată în Java, utilizând clasele BluetoothAdapter și BluetoothSocket din API-ul Android [8]. Aplicația transmite comenzi text (ex: „F” pentru înainte, „L” pentru stânga) către modulul HC-05, iar Arduino le traduce în semnale PWM pentru servomotoare (Anexa 2).

Dispozitivul de control (Motorola Moto G05): a asigurat o conexiune Bluetooth stabilă și o latență minimă între comenzile transmise și răspunsul vehiculului.

Proiectarea aplicației a urmat o arhitectură stratificată pe două paliere: interfața grafică, definită

declarativ în XML, și logica de business, implementată în Java. Gestionarea stivei de protocol Bluetooth a presupus instanțierea socket-urilor de comunicare și securizarea fluxului de date. Utilizând consola Logcat din Android Studio a fost posibilă depanarea în timp real a pachetelor de date, asigurând o latență minimă și o execuție deterministă a comenzilor (Anexa 3).

Placa Arduino Uno R3 a fost aleasă datorită popularității în mediul educațional și a documentației ample disponibile. Modulul HC-05 a fost montat pe o plăcuță suplimentară conectată la Arduino prin pinii de alimentare (VCC și GND) și pinii de comunicație serială (TX și RX), respectând nivelurile de tensiune prin intermediul unui divizor rezistiv de tensiune.

#### **4. Subsistemul de Tracking Solar și Managementul Energetic**

Sistemul este conceput cu o logică energetică de tip Power Path: panourile solare alimentează direct consumatorii în condiții de iluminare optimă, excedentul de curent fiind direcționat către reîncărcarea acumuloarelor.

Orientarea (Tracking): modulul superior susține axul principal pe care sunt montate panourile. Cei doi senzori LDR inserați la extremitățile stânga-dreapta ale suportului furnizează valori rezistive comparate de microcontroler: dacă senzorul din dreapta recepționează o intensitate luminoasă mai mare, servomotorul de 180° înclină panourile în acea direcție până la egalizarea valorilor citite (Anexa 4).

Încărcare și BMS: energia este gestionată de un modul BMS (Battery Management System) care administrează două celule Li-Ion 18650. Sistemul hibrid permite utilizarea curentului solar direct la consumatori; în condiții de iluminare redusă, bateriile preiau sarcina tracțiunii.

##### **4.1. Parametrii Tehnici ai Componentelor**

Analiza necesarului de putere confirmă că acumulatorii pot susține consumul simultan al celor trei servomotoare și al plăcii de control.

##### **A. Servomotoarele**

Servomotor 360° (tracțiune – modul spate): tensiune 4,8–6,0 V DC; cuplu 0,18 Nm (la 4,8 V) – 0,22 Nm (la 6,0 V); curent 100 mA (repaus) – 600 mA (sarcină maximă).

Servomotoare 180° (direcție și tracker): tensiune 4,8–6,0 V DC; cuplu 0,16 Nm; viteză 0,12 s/60°.

##### **B. Sistemul de Tracking și Comunicare**

Senzori LDR: rezistență la lumină (10 Lux) 8–20 kΩ; rezistență la întuneric 1 MΩ; putere maximă disipată 90 mW.

Modul Bluetooth HC-05 [6]: tensiune 3,6–6 V; curent 30–40 mA în transmisie; frecvență 2,4 GHz (banda ISM).

##### **4.2. Sistemul de Stocare și Management Energetic**

Subsistemul de alimentare asigură atât densitatea energetică necesară autonomiei, cât și siguranța în exploatare (Anexa 6) [5].

##### **1. Acumulatorii Li-Ion 18650**

Chimie: Litiu-Ion (Li-Ion) – raport optim putere/greutate.

Tensiune nominală: 3,7 V/celulă (maximă încărcată: 4,2 V).

Capacitate: 2500–3000 mAh/celulă; energie stocată: ~11,1 Wh/celulă.

Curent de descărcare susținut: 10–20 A, mult peste necesarul de ~2 A al vehiculului.

##### **2. Modulul BMS (Battery Management System)**

Protecție la supraîncărcare:  $4,25 \text{ V} \pm 0,05 \text{ V}$  – oprește curentul solar când celulele sunt pline.

Protecție la descărcare excesivă:  $2,5 \text{ V}$  – protejează chimic bateriile.

Curent maxim de lucru: 5–8 A.

Protecție la scurtcircuit: decuplare instantanee la conexiune accidentală.

### **3. Panourile Solare**

Tensiune de ieșire: 5–9 V DC (în condiții de lumină optimă).

Curent de încărcare: 500 mA – 1 A (funcție de intensitatea solară captată).

Logica Power Path: curentul solar alimentează direct consumatorii, restul reîncarcă bateriile.

### **5. Procesul de Fabricație Aditivă**

Componentele personalizate – platforma de bază, modulele funcționale (față, mijloc, spate, tracker), suportii pentru rulmenți, axul principal și fuliile transmisiei – au fost proiectate în Tinkercad.com [3] și exportate în format STL. Fișierele STL au fost procesate în CraftWare Pro [4], cu parametrii optimizați: infill 20%, 3 pereți interiori, suporti automatizați pentru geometriile cu console.

Piese finite au fost fabricate pe imprimanta Craftbot Plus Pro [4], procesul de fabricație aditivă FDM confirmând viabilitatea tehnologiei pentru producerea componentelor mecanice funcționale cu geometrie complexă în condiții de laborator educațional. Post-procesarea a inclus prelucrarea cu burghiu de precizie pentru ajustarea dimensională a alezajelor.

Axul principal al tracker-ului (400 mm total) a fost proiectat din două segmente distincte pentru a depăși limitările de volum ale camerei de imprimare, solidarizarea realizându-se printr-o îmbinare mecanică cu știft, garantând coaxialitatea ansamblului și transmiterea rigidă a cuplului de torsiune.

### **6. Concluzii**

Proiectul Solar Mobix demonstrează fezabilitatea integrării unui sistem activ de captare a energiei solare într-o platformă robotizată mobilă de dimensiuni reduse. Arhitectura strict modulară bazată pe componente fabricate prin tehnologie aditivă FDM și modelate în Tinkercad a permis realizarea unui vehicul cu grad ridicat de adaptabilitate constructivă și ușurință în mentenanță.

Mecanismul de direcție cu servomotor de  $180^\circ$  și bara de direcție rigidă asigură precizia controlului unghiului de braț. Transmisia prin curea polimerică de la servomotorul de  $360^\circ$  optimizează transferul cuplului motor la puntea spate, minimizând pierderile mecanice. Sistemul de tracking solar, bazat pe algoritm de comparare continuă a valorilor celor doi senzori LDR, demonstrează eficiența orientării active a panourilor pentru maximizarea energiei captate.

Platforma de control bazată pe microcontrolerul Arduino Uno R3, cuplată cu comunicația Bluetooth prin modulul HC-05 și aplicația Android, asigură un grad înalt de flexibilitate operațională. Logica hibridă Auto/Manual cu temporizare de revenire automată după 15 secunde constituie o soluție de management al modurilor de funcționare care combină eficiența automatizării cu posibilitatea de intervenție manuală.

Ca direcții viitoare de dezvoltare se recomandă: implementarea unui algoritm de urmărire solară pe două axe; integrarea unui sistem de telemetrie a parametrilor energetici (tensiune, curent, putere instantanee) în aplicația Android; extinderea capacității de stocare prin adăugarea de panouri suplimentare sau acumulate cu capacitate mai mare.

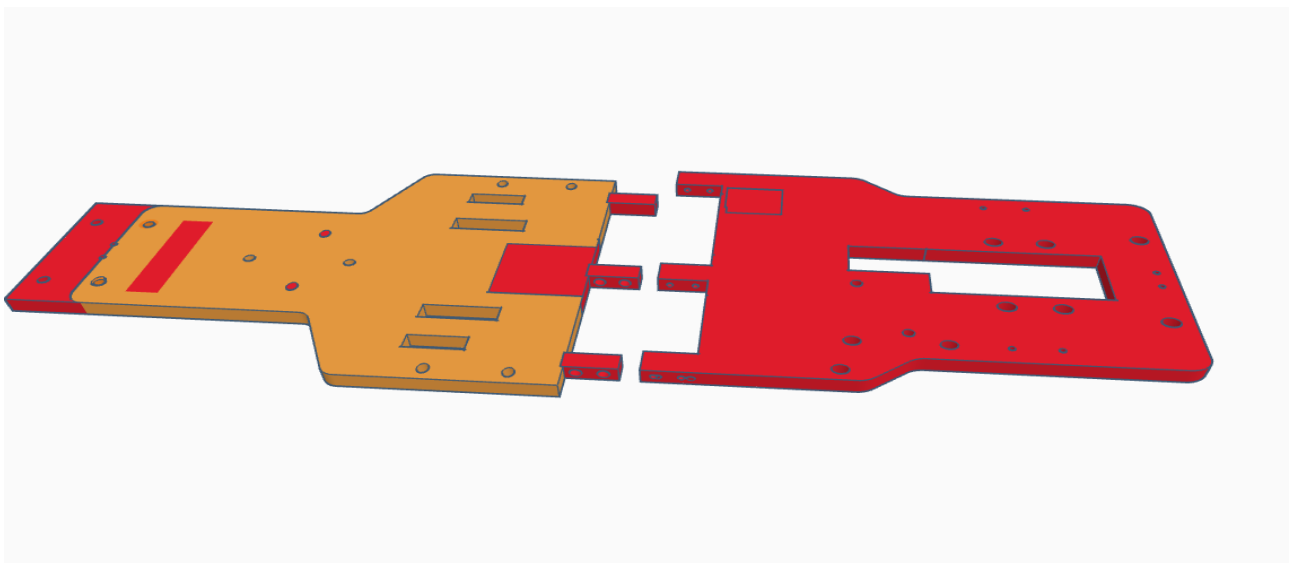
## Bibliografie:

1. Pătruț, B., 2013. Aplicații cu Arduino: Ghid practic pentru începători. Polirom, Iași.
2. Pătruț, B., Morăreanu, O., 2014. Programarea aplicațiilor Android. Polirom, Iași.
3. Autodesk Inc., 2023. Tinkercad User Guide: 3D Design and STEM Learning Platform. Autodesk, San Rafael, CA.
4. CraftBot, 2023. Craft Bot Plus Pro: Technical Specification and User Manual. CraftBot, Budapesta.
5. Gîrdea, R., Ionescu, M., 2016. Surse regenerabile de energie și sisteme de stocare. Edit. Politehnica Press, București.
6. Waveshare Electronics, 2022. HC-05 Bluetooth Serial Pass-Through Module: User Manual and Datasheet. Waveshare Electronics, Shenzhen.
7. Antonescu, P., Petrescu, F.I., 2005. Mecanisme și robotică. Edit. Printech, București.
8. Bluetooth Special Interest Group, 2016. Bluetooth Core Specification, Version 4.2. Bluetooth SIG, Kirkland, WA.

## Anexa 1 – Etapele realizării componentelor 3D (CAD/CAM)

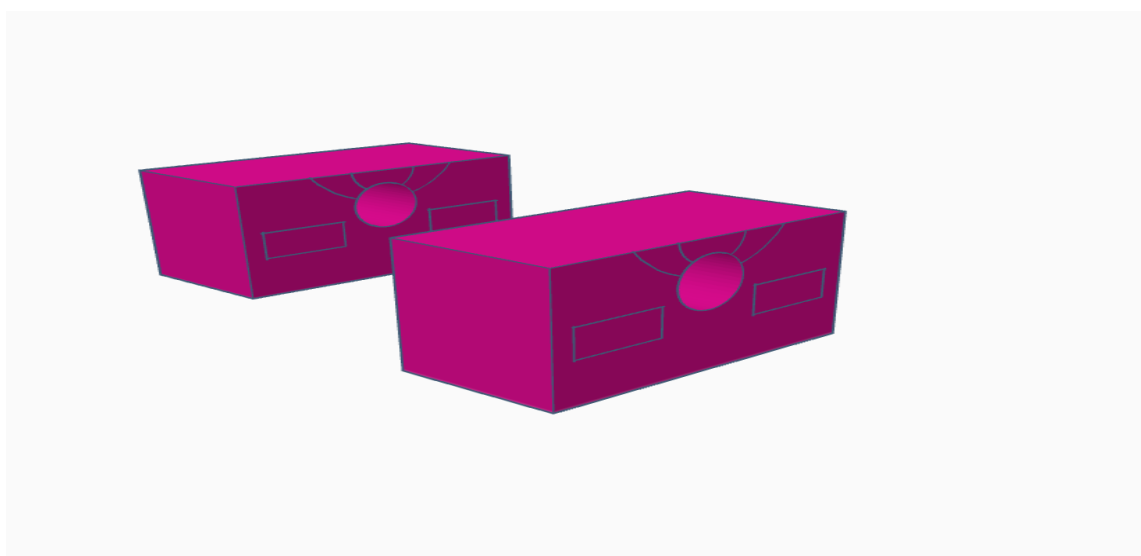
### Anexa 1.1. Platforma de Bază (Șasiul)

NR.	Operație	Mod de realizare	Program
1	Modelare obiect	Utilizare forme predefinite (cuburi, planuri)	Tinkercad.com
2	Secționare platformă	Tăierea bazei în 2 părți pentru optimizare print	Tinkercad.com
3	Slicing și suporți	Generare G-code (infill 20%)	CraftWare Pro
4	Imprimare 3D	Depunere filament PLA	Craftbot Plus Pro
5	Îmbinare mecanică	Utilizarea inserțiilor M3 pentru solidarizare	Manual



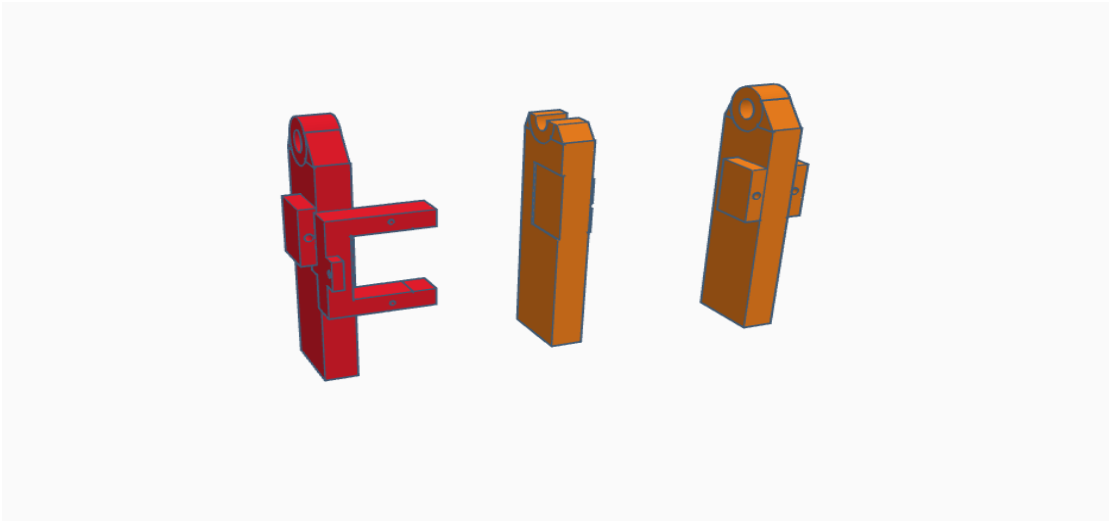
### **Anexa 1.2. Suportul Spate (Ax și Rulmenți)**

<b>NR.</b>	<b>Operație</b>	<b>Mod de realizare</b>	<b>Program</b>
1	Proiectare piloni	Modelare 2 suporti (stânga/dreapta)	Tinkercad.com
2	Realizare alezaje rulmenți	Cilindru gol (Hole) cu diametru exact 7,0 mm	Tinkercad.com
3	Slicing avansat	Mărirea numărului de pereți interiori pt. rezistență	CraftWare Pro
4	Imprimare 3D	Depunere filament PLA	Craftbot Plus Pro
5	Montare rulmenți	Inserție forțată axială (Press-fit)	Manual



### **Anexa 1.3. Modulul Superior (Solar Tracker)**

<b>NR.</b>	<b>Operație</b>	<b>Mod de realizare</b>	<b>Program</b>
1	Modelare pilon central	Crearea suportului înalt fixat pe bază	Tinkercad.com
2	Proiectare panouri ax	Modelare cadru susținere panouri solare (2 segmente)	Tinkercad.com
3	Locașuri senzori	Creare mici cavități la extremități pt. fotocelule LDR	Tinkercad.com
4	Slicing și printare	Generare G-code și printare 3D	CraftWare Pro / Craftbot



## Anexa 2 – Etapele Dezvoltării Aplicației Android (Software)

NR.	Operație	Mod de realizare	Platformă / Limbaj
1	Configurare mediu	Creare proiect nou (Empty Activity)	Android Studio
2	Permișiuni hardware	Adăugare permisiuni <b>BLUETOOTH</b> în <b>AndroidManifest.xml</b>	XML
3	Creare interfață (UI)	Proiectare butoane control și status conexiune	XML (Layout Editor)
4	Logica Bluetooth	Implementare clase <b>BluetoothAdapter</b> și <b>socket-uri</b>	Java
5	Trimitere date	Creare funcții pentru transmiterea de caractere (ex: „F”, „S”)	Java
6	Testare fizică	Compilare și instalare pe Dispozitiv fizic telefonul Motorola Moto G05	

```

140:
141:     if (btSocket != null) {
142:         sendCommand("X");
143:         Toast.makeText(MainActivity.this, "Tilting Solar Panels Left", Toast.LENGTH_SHORT).show();
144:         Log.d("BT_COMMAND", "Sent command: X (Solar Left)");
145:     }
146: });
147:
148: // Manual Solar Tracker control logic ('X' and 'Y' commands)
149: // Manual Solar Tracker control logic ('X' and 'Y' commands)
150:
151: btnSolarLeft.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
152:     @Override
153:     public void onClick(View v) {
154:         // Send command 'X' via Bluetooth to tilt panels LEFT
155:         if (btSocket != null) {
156:             sendCommand("X");
157:             Toast.makeText(MainActivity.this, "Tilting Solar Panels Left", Toast.LENGTH_SHORT).show();
158:             Log.d("BT_COMMAND", "Sent command: X (Solar Left)");
159:         }
160:     }
161: });
162:
163: btnSolarRight.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
164:     @Override
165:     public void onClick(View v) {
166:         // Send command 'Y' via Bluetooth to tilt panels RIGHT
167:         if (btSocket != null) {
168:             sendCommand("Y");
169:             Toast.makeText(MainActivity.this, "Tilting Solar Panels Right", Toast.LENGTH_SHORT).show();
170:             Log.d("BT_COMMAND", "Sent command: Y (Solar Right)");
171:         }
172:     }
173: });
174:
175:
176:
177:
178:
179:
180:
181:
182:
183:
184:
185:
186:
187:
188:
189:
190:
191:
192:
193:
194:
195:
196:
197:
198:
199:
200:
201:
202:
203:
204:
205:
206:
207:
208:
209:
210:
211:
212:
213:
214:
215:
216:
217:
218:
219:
220:
221:
222:
223:
224:
225:
226:
227:
228:
229:
230:
231:
232:
233:
234:
235:
236:
237:
238:
239:
240:
241:
242:
243:
244:
245:
246:
247:
248:
249:
250:
251:
252:
253:
254:
255:
256:
257:
258:
259:
260:
261:
262:
263:
264:
265:
266:
267:
268:
269:
270:
271:
272:
273:
274:
275:
276:
277:
278:
279:
280:
281:
282:
283:
284:
285:
286:
287:
288:
289:
290:
291:
292:
293:
294:
295:
296:
297:
298:
299:
300:
301:
302:
303:
304:
305:
306:
307:
308:
309:
310:
311:
312:
313:
314:
315:
316:
317:
318:
319:
320:
321:
322:
323:
324:
325:
326:
327:
328:
329:
330:
331:
332:
333:
334:
335:
336:
337:
338:
339:
340:
341:
342:
343:
344:
345:
346:
347:
348:
349:
350:
351:
352:
353:
354:
355:
356:
357:
358:
359:
360:
361:
362:
363:
364:
365:
366:
367:
368:
369:
370:
371:
372:
373:
374:
375:
376:
377:
378:
379:
380:
381:
382:
383:
384:
385:
386:
387:
388:
389:
390:
391:
392:
393:
394:
395:
396:
397:
398:
399:
400:
401:
402:
403:
404:
405:
406:
407:
408:
409:
410:
411:
412:
413:
414:
415:
416:
417:
418:
419:
420:
421:
422:
423:
424:
425:
426:
427:
428:
429:
430:
431:
432:
433:
434:
435:
436:
437:
438:
439:
440:
441:
442:
443:
444:
445:
446:
447:
448:
449:
450:
451:
452:
453:
454:
455:
456:
457:
458:
459:
460:
461:
462:
463:
464:
465:
466:
467:
468:
469:
470:
471:
472:
473:
474:
475:
476:
477:
478:
479:
480:
481:
482:
483:
484:
485:
486:
487:
488:
489:
490:
491:
492:
493:
494:
495:
496:
497:
498:
499:
500:
501:
502:
503:
504:
505:
506:
507:
508:
509:
510:
511:
512:
513:
514:
515:
516:
517:
518:
519:
520:
521:
522:
523:
524:
525:
526:
527:
528:
529:
530:
531:
532:
533:
534:
535:
536:
537:
538:
539:
540:
541:
542:
543:
544:
545:
546:
547:
548:
549:
550:
551:
552:
553:
554:
555:
556:
557:
558:
559:
560:
561:
562:
563:
564:
565:
566:
567:
568:
569:
570:
571:
572:
573:
574:
575:
576:
577:
578:
579:
580:
581:
582:
583:
584:
585:
586:
587:
588:
589:
590:
591:
592:
593:
594:
595:
596:
597:
598:
599:
600:
601:
602:
603:
604:
605:
606:
607:
608:
609:
610:
611:
612:
613:
614:
615:
616:
617:
618:
619:
620:
621:
622:
623:
624:
625:
626:
627:
628:
629:
630:
631:
632:
633:
634:
635:
636:
637:
638:
639:
640:
641:
642:
643:
644:
645:
646:
647:
648:
649:
650:
651:
652:
653:
654:
655:
656:
657:
658:
659:
660:
661:
662:
663:
664:
665:
666:
667:
668:
669:
670:
671:
672:
673:
674:
675:
676:
677:
678:
679:
680:
681:
682:
683:
684:
685:
686:
687:
688:
689:
690:
691:
692:
693:
694:
695:
696:
697:
698:
699:
700:
701:
702:
703:
704:
705:
706:
707:
708:
709:
710:
711:
712:
713:
714:
715:
716:
717:
718:
719:
720:
721:
722:
723:
724:
725:
726:
727:
728:
729:
730:
731:
732:
733:
734:
735:
736:
737:
738:
739:
740:
741:
742:
743:
744:
745:
746:
747:
748:
749:
750:
751:
752:
753:
754:
755:
756:
757:
758:
759:
760:
761:
762:
763:
764:
765:
766:
767:
768:
769:
770:
771:
772:
773:
774:
775:
776:
777:
778:
779:
780:
781:
782:
783:
784:
785:
786:
787:
788:
789:
790:
791:
792:
793:
794:
795:
796:
797:
798:
799:
800:
801:
802:
803:
804:
805:
806:
807:
808:
809:
810:
811:
812:
813:
814:
815:
816:
817:
818:
819:
820:
821:
822:
823:
824:
825:
826:
827:
828:
829:
830:
831:
832:
833:
834:
835:
836:
837:
838:
839:
840:
841:
842:
843:
844:
845:
846:
847:
848:
849:
850:
851:
852:
853:
854:
855:
856:
857:
858:
859:
860:
861:
862:
863:
864:
865:
866:
867:
868:
869:
870:
871:
872:
873:
874:
875:
876:
877:
878:
879:
880:
881:
882:
883:
884:
885:
886:
887:
888:
889:
890:
891:
892:
893:
894:
895:
896:
897:
898:
899:
900:
901:
902:
903:
904:
905:
906:
907:
908:
909:
910:
911:
912:
913:
914:
915:
916:
917:
918:
919:
920:
921:
922:
923:
924:
925:
926:
927:
928:
929:
930:
931:
932:
933:
934:
935:
936:
937:
938:
939:
940:
941:
942:
943:
944:
945:
946:
947:
948:
949:
950:
951:
952:
953:
954:
955:
956:
957:
958:
959:
960:
961:
962:
963:
964:
965:
966:
967:
968:
969:
970:
971:
972:
973:
974:
975:
976:
977:
978:
979:
980:
981:
982:
983:
984:
985:
986:
987:
988:
989:
990:
991:
992:
993:
994:
995:
996:
997:
998:
999:
1000:

```

### Anexa 3 – Implementarea Software (Android Studio – Java)

#### *Fragment cod Android (control tracțiune și orientare panouri):*

```
// Gestioneaza evenimentele de apasare (ACTION_DOWN) si eliberare (ACTION_UP)
btnForward.setOnTouchListener(new View.OnTouchListener() {
    @Override
    public boolean onTouch(View v, MotionEvent event) {
        if (event.getAction() == MotionEvent.ACTION_DOWN) {
            sendCommand("F"); // Trimite comanda Fata
        } else if (event.getAction() == MotionEvent.ACTION_UP) {
            sendCommand("S"); // Trimite Stop cand ridici degetul
        }
        return false;
    }
});

btnBackward.setOnTouchListener(new View.OnTouchListener() {
    @Override
    public boolean onTouch(View v, MotionEvent event) {
        if (event.getAction() == MotionEvent.ACTION_DOWN) {
            sendCommand("B"); // Spate - Merge mai incet (conf. cod Arduino)
        } else if (event.getAction() == MotionEvent.ACTION_UP) {
            sendCommand("S"); // Stop cand lasi butonul
        }
        return false;
    }
});

// Butoane pentru controlul manual al panourilor solare
btnSolarLeft.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        sendCommand("X"); // Inclina manual stanga (reintra in AUTO dupa 15 sec)
    }
});
btnSolarRight.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        sendCommand("Y"); // Inclina manual dreapta (reintra in AUTO dupa 15 sec)
    }
});
```

### Anexa 4 – Codul Sursă Arduino

```
#include <Servo.h>

// --- Definire Pini Servomotoare ---
Servo servoSteer; // Servo 180 - Directie
```

```

Servo servoDrive; // Servo 360 - Tractiune
Servo servoTracker; // Servo 180 - Orientare Solara

// --- Definire Pini Fotocelele (LDR) ---
const int LDR_LEFT = A0;
const int LDR_RIGHT = A1;

// --- Variabile Control General ---
char command;
int posTracker = 90; // Pozitia initiala a panourilor (centru)
int pragLumina = 20; // Toleranta intre cei doi senzori LDR

// --- Variabile pentru Modul AUTO / MANUAL (15 Secunde Timeout) ---
unsigned long ultimulTimpManual = 0;
bool modManual = false;
const unsigned long TIMP_REVENIRE_AUTO = 15000;

void setup() {
  servoSteer.attach(9);
  servoDrive.attach(10);
  servoTracker.attach(11);
  servoSteer.write(90);
  servoDrive.write(90);
  servoTracker.write(posTracker);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // 1. VERIFICARE TIMEOUT (Revenire la AUTO dupa 15 secunde)
  if (modManual == true) {
    if (millis() - ultimulTimpManual >= TIMP_REVENIRE_AUTO) {
      modManual = false;
    }
  }
}

// 2. LOGICA CONTROL BLUETOOTH
if (Serial.available() > 0) {
  command = Serial.read();
  switch (command) {
    case 'F': servoDrive.write(180); break; // INAINTE
    case 'B': servoDrive.write(70); break; // INAPOI
    case 'L': servoSteer.write(60); break; // STANGA
    case 'R': servoSteer.write(120); break; // DREAPTA
    case 'S': // STOP
      servoDrive.write(90);
      servoSteer.write(90);
      break;
    case 'X': // Inclinare panouri STANGA
      modManual = true; ultimulTimpManual = millis();
      if (posTracker > 0) { posTracker -= 5; servoTracker.write(posTracker); }
  }
}

```

```

break;
case 'Y': // Inclinare panouri DREAPTA
  modManual = true; ultimulTimpManual = millis();
  if (posTracker < 180) { posTracker += 5; servoTracker.write(posTracker); }
  break;
}
}

```

### // 3. LOGICA AUTOMATA SOLAR TRACKING

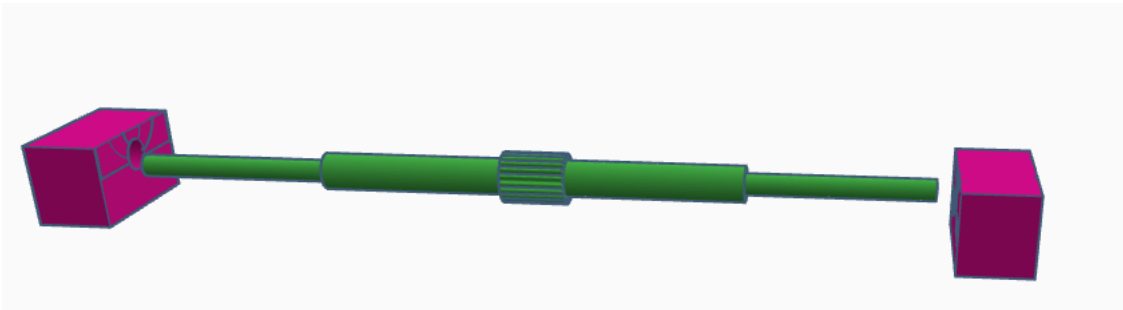
```

if (!modManual) {
  int valLeft = analogRead(LDR_LEFT);
  int valRight = analogRead(LDR_RIGHT);
  if (abs(valLeft - valRight) > pragLumina) {
    if (valLeft > valRight && posTracker > 0) posTracker--;
    else if (valRight > valLeft && posTracker < 180) posTracker++;
    servoTracker.write(posTracker);
    delay(20);
  }
}
}
}

```

## Anexa 5 – Parametri Tehnici: Inserții, Rulmenți și Ax Spate

Element	Specificații	Tehnologie de Montaj
Inserții Metalice	M3, Aliaj Cupru, Ø5,3 mm	Încălzire la 180°C și presare în alezaj Ø5,0 mm
Rulmenți Spate	Capsulați, D: 7 mm, d: 4 mm	Inserție forțată (Press-fit) în suportii laterali
Ax Tracțiune	Oțel 4 mm	Polishat manual pentru trecere fără joc prin rulmenți
Transmisie	Curea și fulii printate	Cuplare pe servo 360° și ax spate



## Anexa 6 – Inventar Electronice (Tabel Recapitulativ)

Componentă	Parametru Principal	Valoare Tehnică
Arduino Uno R3	Tensiune / Curent de consum	5 V / 50 mA

Baterii 18650	Capacitate / Energie	3,7 V / ~2500 mAh (11,1 Wh per celulă)
Servo 360°	Cuplu (Stall Torque)	0,22 Nm (la 6 V)
Servo 180°	Cuplu (Stall Torque)	0,16 Nm
HC-05 Bluetooth	Curent transmisie	30–40 mA
BMS	Limite de protecție	4,25 V (Max) / 2,5 V (Min)
Senzori LDR	Rezistență la lumină (10 Lux)	8–20 kΩ
Panouri Solare	Tensiune / Curent de ieșire	5–9 V DC / 500 mA – 1 A