

Raquel Martí Castells

**Automatització d'una planta de classificació de peces
mitjançant Factory I/O**

**Treball Fi de Grau
dirigit pel Dr. Ramon Leyva Grasa**

Grau d'Enginyeria en Electrònica Industrial i Automàtica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona
2023**

Índex

1. Objecte.....	7
2. Abast.....	7
3. Antecedents	8
4. Referències	8
4.1 Webgrafia.....	8
4.2 Bibliografia	9
4.3 Aplicacions de programació i visualització	9
4.4 Definicions.....	9
4.5 Abreviatures	9
5. Introducció.....	10
6. Entorn de programació.....	10
6.1 Factory I/O.....	11
6.2 TIA Portal.....	11
6.3 PLCSIM	12
7. Descripció del procés	13
7.1 Fase de separació.....	13
7.1.1 Alimentació de peces o entrades	13
7.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació	14
7.1.3 Estacions d'identificació i classificació o sortides	15
7.2 Fase d'empaquetament.....	16
7.3 Fase d'emmagatzematge	18
7.3.1 Registre de magatzem.....	20
8. Disseny dels elements de la planta a Factory I/O.....	21
8.1 Fase de separació.....	21
8.1.1 Alimentació de peces o entrades	21
8.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació	22
8.1.3 Estacions d'identificació i classificació i Sortides.....	22
8.2 Fase d'empaquetament.....	27
8.3 Fase d'emmagatzematge	28
9. Assignació de variables i direccions a Tia Portal	29
9.1 Fase de separació.....	29
9.1.1 Alimentació de peces o entrades	29
9.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació	30
9.1.3 Estacions d'identificació i classificació o sortides	32
9.2 Fase d'empaquetament.....	35
9.3 Fase d'emmagatzematge	39
10. Programació de la planta	44
10.1 Guia GEMMA.....	44

10.1.1	Grup F: procediments de funcionament	45
10.1.2	Grup A: procediments d'aturada	45
10.1.3	Grup D: procediments de defecte.....	46
10.1.4	Panell de comandament i control.	46
10.2	GRAF CET	46
10.2.1	Fase de separació.....	48
10.2.1.1	Alimentació de peces o entrades	48
10.2.1.2	Planta circular, també anomenada zona de separació	49
10.2.1.3	Estacions d'identificació i classificació o sortides	49
10.2.2	Fase d'empaquetament.....	56
10.2.3	Fase d'emmagatzematge.....	66
11.	Simulació de la planta	75
12.	Pressupost	76
12.1	Preus dels materials i mà d'obra	76
12.2	Preus descompostos.....	77
12.3	Resum del pressupost.....	78
13.	Conclusions	79
14.	Possibles millores.....	79
15.	Annexos.....	80
15.1	ANNEX A: Codi amb TIA Portal	80

Índex de Taules

Taula 1.	Numeració identificadora de palets.	18
Taula 2.	Elements dels punts d'alimentació.....	21
Taula 3.	Elements de la planta circular.	22
Taula 4.	Elements de l'estació de selecció per mida.....	23
Taula 5.	Elements de l'estació de selecció per pes.....	24
Taula 6.	Elements de les estacions de selecció per material.	26
Taula 7.	Elements de les seccions d'empaquetament.....	27
Taula 8.	Elements de la fase d'emmagatzematge.	28
Taula 9.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'alimentació de peces o entrades.....	29
Taula 10.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de la planta circular.	30
Taula 11.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació de selecció per mida.	32
Taula 12.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació de selecció per pes. .	33
Taula 13.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'Estació de selecció per material.....	34
Taula 14.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 1.	35
Taula 15.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 2.	36
Taula 16.	Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 3.	37

Taula 17. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 4.	38
Taula 18. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 5.	39
Taula 19. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de la fase d'emmagatzematge. ..	39
Taula 20. Preus de material i mà d'obra.	77
Taula 21. Preus descompostos.	77
Taula 22. Resum de pressupost.....	78

Índex de figures

Figura 1. PLCSIM	12
Figura 2. Vista general de la planta.....	13
Figura 3. Punts d'alimentació	14
Figura 4. Planta circular	14
Figura 5. Estació de selecció per mida.....	15
Figura 6. Estació de selecció per pes.....	15
Figura 7. Estació de selecció per material	16
Figura 8. Estació d'empaquetament 1.	16
Figura 9. Estació d'empaquetament 2	17
Figura 10. Estacions d'empaquetament 3, 4 i 5.....	17
Figura 11. Sensor RFID d'escriptura.....	18
Figura 12. Cintes d'emmagatzematge 3,4 i 5.	19
Figura 13. Cintes d'emmagatzematge 1,2,6 i principal.	19
Figura 14. Cinta de càrrega, transelevador i magatzem	20
Figura 15. Taula de gestió del magatzem.	21
Figura 16. Guia GEMMA.	44
Figura 17. Panell de comandament i control.	46
Figura 18. GRAFCET de control general de la planta.....	47
Figura 19. GRAFCETs del primer punt d'alimentació.	48
Figura 20. Esquema de contactes cintes emissores 1 i 2.	48
Figura 21. GRAFCETs del segon punt d'alimentació.	49
Figura 22. GRAFCETs de la planta principal.	49
Figura 23. GRAFCETs de control de l'estació de selecció de peces altes 1.....	50
Figura 24. GRAFCET de control de l'estació de selecció de peces altes 2.	50
Figura 25. GRAFCETs de control de l'estació de selecció de peces mitjanes 1.	51
Figura 26. Esquema de contactes del control de selecció de peces mitjanes.	51
Figura 27. GRAFCET de control de l'estació de selecció de peces mitjanes 2.....	51
Figura 28. GRAFCETs de control de l'estació de selecció per pes.	53
Figura 29. Esquema de contactes de la selecció de peces lleugeres.	53
Figura 30. GRAFCET de control de l'estació de selecció per material (metà·lic).....	54

Figura 31. GRAFCET de control de l'estació de selecció per material (blau) 1.....	55
Figura 32. GRAFCET de control de l'estació de selecció per material (blau) 2.....	55
Figura 33. GRAFCET de control de l'estació de col·lecció per material (verd) 1.....	55
Figura 34. GRAFCET de control de l'estació de col·lecció per material (verd) 2.....	56
Figura 35. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de peces mitjanes i altes.....	57
Figura 36. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de les peces mitjanes i altes.	58
Figura 37. Esquema de contactes del control de la primera cinta de transport de palets de peces altes i mitjanes.	58
Figura 38. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces altes i mitjanes.	58
Figura 39. GRAFCET de control del robot paletitzador cartesià.	59
Figura 40. Posició de les peces lleugeres sobre el palet.	60
Figura 41. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces lleugeres.	60
Figura 42. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces lleugeres.	60
Figura 43. Esquema de contactes del control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces lleugeres.	61
Figura 44. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de les peces metàl·liques.....	62
Figura 45. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces metàl·liques.....	62
Figura 46. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de les peces blaves.	63
Figura 47. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces blaves.	63
Figura 48. Esquema de contactes del control de la primera cinta de transport de les peces metàl·liques.....	64
Figura 49. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces blaves.	64
Figura 50. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de les peces verdes.....	65
Figura 51. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces verdes.....	65
Figura 52. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces verdes.....	66
Figura 53. Taula giratòria materials.....	66
Figura 54. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 3 i taula giratòria de materials.	67
Figura 55. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 4 i taula giratòria de materials.	68
Figura 56. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 5 i taula giratòria de materials.	69
Figura 57. GRAFCET de control de la taula giratòria de materials (recurs compartit).....	69
Figura 58. GRAFCET de control de les cintes intermèdies situades a les cintes d'emmagatzematge 3 i 5	70
Figura 59. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 1 i taula giratòria de magatzem.	70

Figura 60. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 2 i taula giratòria de magatzem.	71
Figura 61. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 6 i taula giratòria de magatzem.	71
Figura 62. GRAFCET de control de la taula giratòria de magatzem (recurs compartit).....	72
Figura 63. GRAFCET de control de les cintes intermèdies situades a les cintes d'emmagatzematge 1 i 6	72
Figura 64. GRAFCETs de control del grup de cintes d'emmagatzematge principal.....	73
Figura 65. GRAFCET de registre de dades del magatzem.	73
Figura 66. Esquema de contactes del control de registre de dades del magatzem	74
Figura 67. GRAFCET de control del transelevador.....	75

1. Objecte

L'objecte d'aquest projecte és el disseny, l'automatització i la simulació d'una planta de classificació de peces de diferents tipus que es pugui adaptar fàcilment a les necessitats de qualsevol indústria. En aquesta planta se separen, s'empaqueten i s'emmagatzemen les peces que hi arriben.

El procés es divideix en tres operacions: identificació i separació, empaquetament i emmagatzematge.

- L'operació de separació es du a terme atenent a les següents característiques:
 - La mida de la peça:
 - Gran
 - Mitjana
 - Petita
 - El pes de la peça:
 - Pesant
 - Lleugera
 - El material i color de la peça:
 - Metall
 - Plàstic de color blau.
 - Plàstic de color verd.
- L'operació d'empaquetament té com a finalitat l'agrupament, en un mateix palet, de diferents objectes de les mateixes característiques, i etiquetar aquest palet amb el número identificador del tipus de peces que conté.
- L'operació d'emmagatzematge consisteix a recollir el palet i portar-lo al lloc adequat del magatzem, alhora que es recullen les dades de l'etiqueta del palet en una taula per tal de saber en tot moment les peces que es tenen emmagatzemades i el lloc concret on es troben.

L'automatització de la planta es dissenyarà utilitzant GRAFCET com a model de representació gràfica i la Guia GEMMA per a establir l'automatització dels diferents estats de treball.

La planta se simularà amb el programari FACTORY I/O i els processos es programaran amb TIA Portal, usant PLCSIM per a simular el PLC d'enllaç entre els dos programes.

2. Abast

L'àmbit d'aplicació d'aquest projecte se centra en:

- Estudi d'un procés de selecció de peces per determinar les parts susceptibles d'automatització.
- Estudi dels elements necessaris per implementar aquest procés i la seva correspondència amb l'entorn FACTORY I/O.
- Disseny de la planta a automatitzar i dels seus elements.
- Estudi, mitjançant GRAFCET de l'automatització de la planta dissenyada.

- Traducció del GRAFCET a pla de contactes amb TIA Portal.
- Programació dels PLCs.
- Simulació de la planta amb FACTORY I/O i PLCSIM.
- Comprovació del funcionament del sistema.
- Documentació de la solució proposada.

3. Antecedents

Actualment, en l'àmbit industrial, es poden identificar diversos processos que són susceptibles d'automatització, ja que es desenvolupen de manera altament mecanitzada i/o poden comportar riscos significatius per als treballadors. L'automatització d'aquests processos pot millorar la seguretat laboral tot reduint la presència de mà d'obra en tasques perilloses o repetitives.

Altrament, tant a la societat en general com en l'àmbit industrial, s'ha detectat un creixent interès per l'estalvi de recursos i matèries primeres amb l'objectiu d'evitar el malbaratament, millorar l'eficiència energètica i promoure la sostenibilitat. L'automatització pot contribuir a aquests objectius mitjançant l'optimització dels processos i la millora en l'ús dels recursos disponibles.

Dins de disciplines com la robòtica industrial, es troba l'oportunitat d'introduir major precisió i eficiència en els processos industrials. La utilització de sistemes de visió per computador permet identificar, classificar i verificar peces de forma automàtica, agilitzant els processos de selecció i millorant la qualitat dels resultats. A més, els sistemes de control i monitoratge, mitjançant l'ús de sensors, actuadors i xarxes de comunicació, ofereixen una supervisió eficient de les operacions, facilitant la presa de decisions i optimitzant el rendiment de la planta.

Amb aquest projecte, es pretén automatitzar el procés de gestió de peces d'una manera versàtil, adaptable a qualsevol empresa i en qualsevol moment de la producció. L'objectiu és facilitar la classificació de les peces, la reutilització d'objectes i fins i tot la separació de materials per al posterior reciclatge. L'automatització d'aquesta planta ha de permetre agilitzar la classificació de peces i materials, contribuint a la millora de la gestió d'aquests.

Aquests antecedents posen de manifest la importància de l'automatització industrial en la millora de la productivitat, eficiència i sostenibilitat de les empreses. Aquest Treball de Fi de Grau explorarà l'aplicació pràctica d'aquestes tecnologies mitjançant l'ús de Factory I/O per automatitzar el procés de classificació de peces.

4. Referències

4.1 Webgrafia

1. Enciclopèdia Catalana, "Gran enciclopèdia catalana," Grup Enciclopèdia. [en línia] Disponible a: <<https://www.enciclopedia.cat/>>. [Consultat el 15 març 2023]
2. Real Games, "Factory I/O About Control I/O", Real Games. [en línia] Disponible a: <<https://docs.factoryio.com/manual/drivers/control-io/>>. [Consultat el 12 març 2023]
3. TECNOPLC.COM, "Programación TIA Portal", tecnoPlc.com. [en línia] Disponible a: <<https://www.tecnopl.com/programacion/tia-portal-v15/>>. [Consultat el 1 març 2023]

4. Oriol Boix, "Curso de GRAFCET Y GEMMA", Recursos UPC. [en línia] Disponible a: <<https://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/>>. [Consultat el 11 març 2023]

5. Abel Domínguez, "Curso de TIA Portal con PLC Siemens". Programación multidisciplinar. [en línia] Disponible a: < <https://www.programacionmultidisciplinar.com/curso-de-tia-portal/>>. [Consultat el 1 abril 2023]

4.2 Bibliografia

1. Boix Aragonès O, Sudrià Andreu A, Bergas Jané J, "Automatització industrial amb GRAFCET." Barcelona: Edicions UPC; 1993.

2. Bossy Jean C, Brard P, Faugère P, Merlaud C, "GRAFCET: Práctica y aplicaciones". Barcelona: Edicions UPC; 1995.

3. Ros Florenza J., "Automatització industrial a les indústries.", Barcelona; 2006, (Núm. 8 : novembre 2005).

4.3 Aplicacions de programació i visualització

- FACTORY I/O: utilitzat per la simulació de la planta.
- TIA Portal: utilitzat per la programació amb esquema de contactes.
- PLCSIM: utilitzat per la simulació del PLC.
- OFT2 Grafcet: utilitzat per la representació gràfica del GRAFCET.
- Shotcut: utilitzat per l'edició de vídeo.

4.4 Definicions

- Esquema GRAFCET: és el model de representació gràfica del seguit de comportaments d'un sistema lògic, contemplat les seves entrades, sortides i accions a realitzar. Permet la creació d'un model del procés a automatitzar.
- Guia GEMMA: guia gràfica que presenta els diferents estats o modes de funcionament d'un procés automatitzat i les condicions de transició entre estats.
- PLC: és un dispositiu electrònic que es pot programar per l'usuari per controlar processos seqüencials.
- SoftPLC: software que permet utilitzar un PC com a controlador lògic programable industrial.

4.5 Abreviatures

- GRAFCET: del francès, Graphe de Commande Etape-Transition. En català, Diagrama de Control amb Etapes i Transicions
- GEMMA: del francès, Guide d'Études des Modes de Marches et d'Arrêts. En català, Guia d'Estudi sobre els Models d'Arrencada i Parada.
- KOP: de l'alemany, Kontaktplan. En català, diagrama de contactes.

- PLC: de l'anglès, Programmable Logic Controller, en català, Controlador Logic Programable.
- RFID: de l'anglès, Radio-frequency identification. En català Identificació per ràdio freqüència.
- TIA Portal: de l'anglès, Totally Integrated Automation Portal, en català, Portal d'automatització totalment integrat.

5.Introducció

En el context actual, la gestió eficient dels recursos és una preocupació creixent tant en l'àmbit mediambiental com econòmic. És fonamental implementar solucions que permetin la classificació i el tractament adequat dels materials, peces, objectes..., que s'utilitzen en una indústria al llarg de tot el procés de producció i també, per què no, un cop acabada la seva vida útil per valoritzar-los. Una bona gestió en aquest àmbit, permetrà a les empreses estalviar recursos i reduir costos amb el consegüent augment de la seva eficiència i sostenibilitat.

En aquest projecte, ens proposem dissenyar, automatitzar i simular una planta circular de classificació de peces utilitzant el programa FACTORY I/O com a eina principal, per tal de conèixer les seves possibilitats en general. Posteriorment, podem adaptar aquesta planta a les necessitats d'una indústria en concret, és a dir, a les característiques i espediment d'un objecte determinat.

La planta de classificació de peces estarà equipada amb sensors, actuadors i un sistema de control basat en PLCs (Controladors Lògics Programables). Mitjançant l'ús de GRAFCET (Grphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition), una tècnica de representació gràfica per a sistemes automatitzats, establirem els diferents estats de treball i seqüències necessàries per dur a terme les operacions de selecció, empaquetament i emmagatzematge de les peces concretes.

Per a la simulació de la planta, farem servir el programari FACTORY I/O, que ens permetrà reproduir virtualment tot el procés de classificació de peces i avaluar el seu funcionament abans de la implementació real. A més, utilitzarem TIA Portal per a la programació dels PLCs i PLCSIM per a la simulació del seu comportament.

Amb aquest treball, esperem contribuir a la millora de la gestió de peces, optimitzant el seu tractament al llarg de tot el procés de producció. A més, l'automatització de la planta pot proporcionar beneficis com la reducció dels costos operatius, l'increment de la seguretat en el procés i la millora de l'eficiència global.

En resum, aquest projecte té com a finalitat el disseny, l'automatització i la simulació d'una planta de classificació de peces, que posteriorment es pot adaptar a una determinada empresa o objecte concret, utilitzant tecnologies avançades per aconseguir una gestió més eficient i sostenible de les peces i materials que intervenen en el procés de producció.

6.Entorn de programació

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar i implementar una solució completa d'automatització utilitzant el Factory I/O com a entorn de simulació i el TIA Portal com a plataforma de programació. El PLCSIM actuarà com a vincle entre aquests dos elements, permetent la comunicació i l'intercanvi de dades entre el Factory I/O i el TIA Portal.

6.1 Factory I/O

Factory I/O és una eina de simulació avançada que desplega tot el seu potencial per a l'estudi i l'aplicació de conceptes complexos en l'automatització industrial. Aquesta potent aplicació ofereix als usuaris una interfície gràfica intuïtiva i interactiva, convertint-se en l'eina perfecta per a estudiants i professionals que desitgen aprofundir en la programació de sistemes automatitzats.

El programa ofereix una variada gamma de dispositius industrials amb diferents característiques. Des de potents motors a sensors ultrasensibles, passant pels actuadors, cintes transportadores, interruptors magnètics, vàlvules de precisió i un infinit nombre de peces més. Aquests elements es col·loquen en un entorn virtual amb l'objectiu de recrear minuciosament una línia de producció o un sistema automatitzat complet.

Però, el que és important destacar, és la seva sorprenent capacitat per simular el comportament realista dels dispositius industrials. Amb aquest programa es pot simular com els motors acceleren amb força i frenen amb precisió mil·limètrica, es pot observar com els sensors detecten els objectes que passen per davant i envien senyals ràpids i precisos, o veure com els actuadors es mouen per a dur a terme tasques específiques. Aquesta autenticitat en la simulació permet als usuaris experimentar, provar i depurar els seus programes de control sense necessitat de tenir accés a una planta industrial física.

A més de la seva funcionalitat espectacular, Factory I/O inclou eines avançades per a la programació i simulació de PLC (Controladors Lògics Programables). Els usuaris poden triar entre llenguatges de programació com ara ladder, FBD (Diagrama de Blocs Funcionals) o text estructurat per a crear els seus propis programes de control. Aquesta exploració, més enllà dels límits dels manuals, permet familiaritzar-se amb els conceptes avançats de programació de PLC i desenvolupar habilitats pràctiques en aquest camp.

Factory I/O, en definitiva, és una eina revolucionària i versàtil que no té fronteres en l'aprenentatge i la pràctica de l'automatització industrial. Mitjançant la seva interfície amigable i les seves capacitats avançades, aquesta plataforma única permet als usuaris aventurar-se en un univers virtual replet de dispositius industrials i programes de control, proporcionant un entorn segur, dinàmic i en constant evolució.

6.2 TIA Portal

En aquest treball de final de grau, es proposa la simulació d'una planta de classificació de peces utilitzant el TIA Portal i la programació KOP (Kontaktplan). L'objectiu principal és desenvolupar una solució d'automatització per a la classificació eficient de peces d'acord amb diferents criteris.

El TIA Portal, una plataforma de programació àmpliament usada en la indústria, serà l'eina principal per a la implementació d'aquesta simulació. A través del TIA Portal, es podrà programar i configurar PLCs (Controladors Lògics Programables), HMIs (Interfícies Humanes-Màquines) i altres dispositius d'automatització necessaris per al funcionament de la planta de classificació de peces.

La programació KOP serà el llenguatge de programació seleccionat per a aquesta simulació. Aquest llenguatge gràfic, basat en un format de diagrama de contactes, facilitarà la representació de les lògiques de control per a la classificació de les peces. Amb l'ús del KOP, es podran implementar els algorismes de selecció, ordenació i distribució de les peces dins de la planta.

En aquest treball, s'estudiarà a fons la sintaxi i les funcionalitats de la programació KOP, amb un enfocament especial en les tasques de classificació de peces. Es desenvoluparan exemples pràctics per a la programació de les funcions de detecció de

peces, actuació dels motors de transport, comunicació amb els sensors i altres aspectes rellevants per a la simulació de la planta.

6.3 PLCSIM

PLCSIM és un softPLC, és a dir, un software que s'instal·la en un aparell electrònic i permet emular les funcionalitats d'un PLC. És una eina potent i essencial per a la simulació i la prova de PLCs (Controladors Lògics Programables) en l'entorn de l'automatització industrial. Desenvolupat com a part del TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de Siemens, el PLCSIM permet als enginyers programar i depurar PLCs en un entorn virtual abans de la seva implementació en un sistema físic.

El principal objectiu del PLCSIM és proporcionar als programadors una plataforma segura i controlada per a desenvolupar i provar els seus programes de control. A través d'aquesta eina, es pot simular el comportament d'un PLC en un entorn virtual, evitant així possibles errors de programació i riscos associats en un entorn real.

Una de les principals característiques del PLCSIM és la seva interfície fàcil d'utilitzar i intuïtiva, que permet als programadors configurar i establir els paràmetres necessaris per a la simulació. A més, ofereix una àmplia gamma de funcionalitats, com ara el monitoratge en temps real de les variables, la depuració de programes i la simulació de diferents escenaris de control.

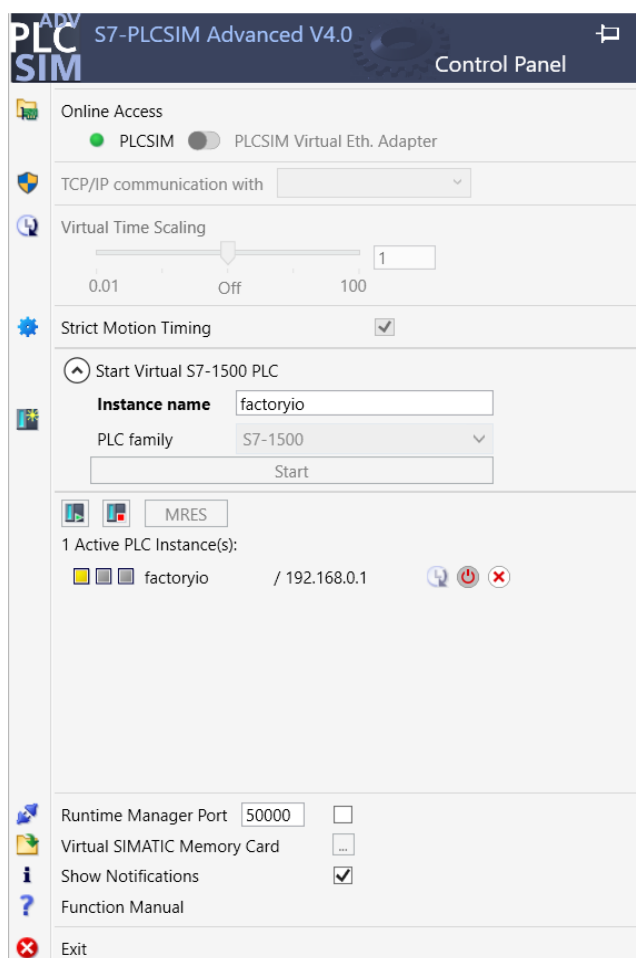


Figura 1. PLCSIM

7.Descripció del procés

Per realitzar el procés de classificació de peces s'ha dissenyat una planta amb quatre punts de recepció repartits en dues zones, de forma que s'alimenta l'estació circular de selecció des de dos punts equidistants fent que el procés sigui més eficient.

Un cop seleccionades i separades les peces, passen a les cintes transportadores on són empaquetades per finalment, ser portades al magatzem.

Aquests processos es duen a terme simultàniament fins a omplir el magatzem, moment en el qual es parerà la planta.



Figura 2. Vista general de la planta

7.1 Fase de separació

El procés de separació consta de tres parts:

- Alimentació de peces o entrades.
- Planta circular, també anomenada zona de separació.
- Estacions d'identificació i classificació o sortides.

7.1.1 Alimentació de peces o entrades

L'alimentació de la planta circular es realitza a través de dos punts d'alimentació que consten de dues entrades cadascun. Els punts d'alimentació es troben equidistants entre si per tal d'alimentar la planta de forma més eficient.

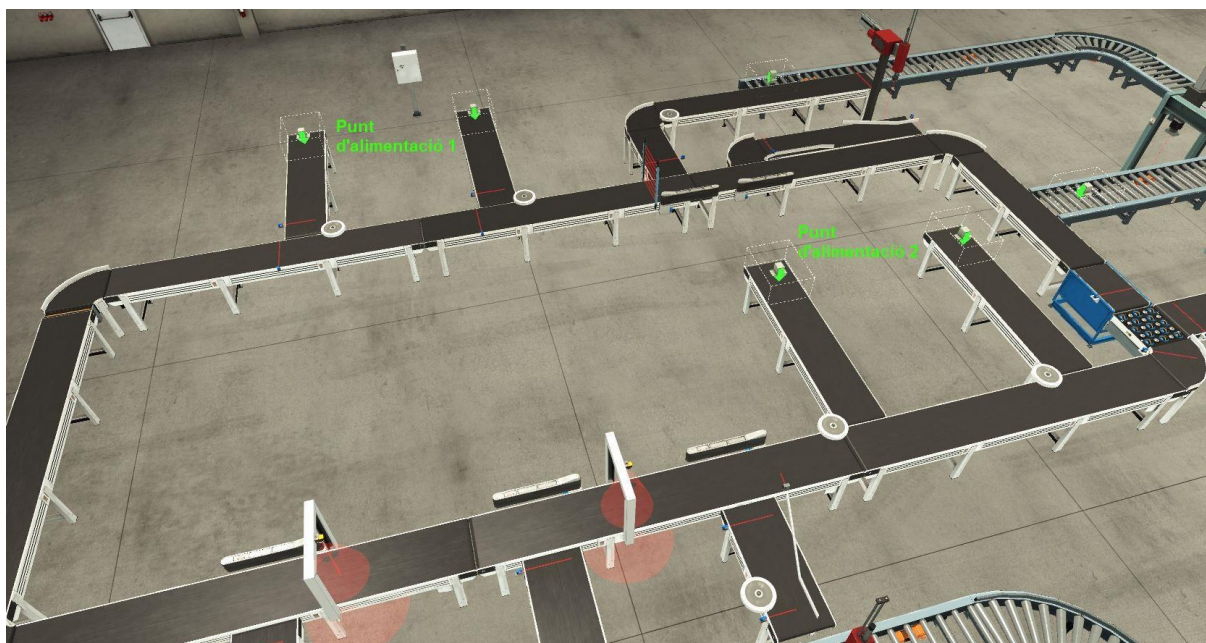


Figura 3. Punts d'alimentació

7.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació

El procés de separació s'ha dissenyat en forma circular per tal que les estacions d'identificació i classificació, que estan repartides al llarg de tota la planta, es realimentin contínuament. D'aquesta manera es pot alimentar la cinta des de dos punts, tal com s'ha dit abans, alhora que, en cas d'haver-hi alguna errada, la peça continua dins del procés de selecció fins que se'n realitza la correcta identificació i separació.

Perquè aquesta planta circular funcioni correctament, les peces que entren a la cinta central han de tenir les mateixes característiques que els elements que proporciona el programa Factory I/O, permetent que només puguin ser identificades per una de les cinc estacions d'identificació i classificació instal·lades al llarg del circuit.

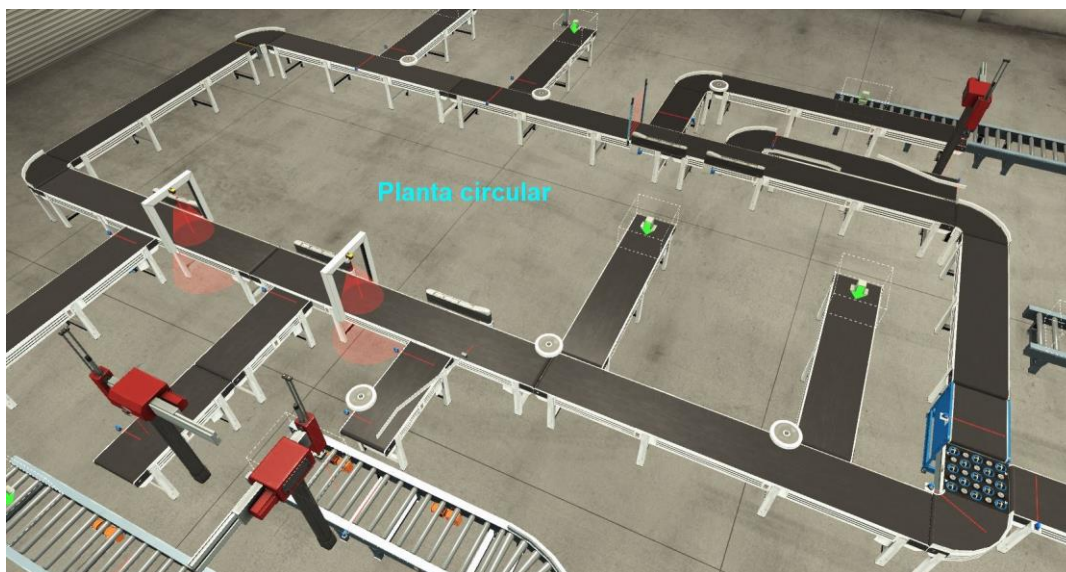


Figura 4. Planta circular

7.1.3 Estacions d'identificació i classificació o sortides

En aquesta primera fase del procés trobem les següents estacions:

- Una estació de selecció per mida amb dues sortides. Per la sortida número 1 van les peces de mida gran, per la sortida número 2 les de mida mitjana i les peces de mida petita continuen el seu recorregut per la cinta circular.

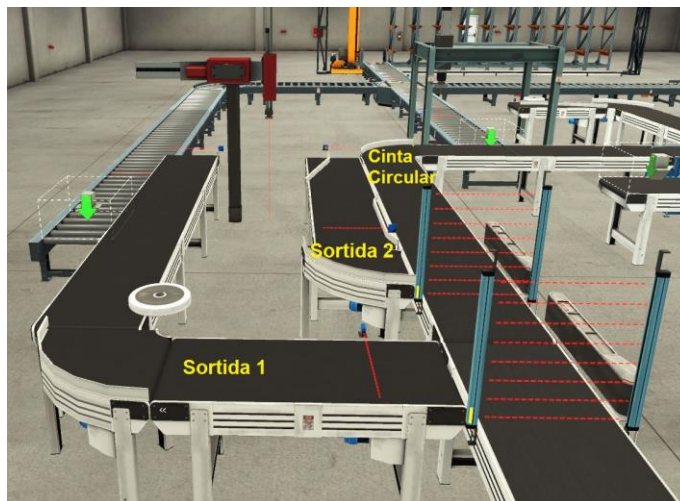


Figura 5. Estació de selecció per mida

- Una Estació de selecció per pes que detecta les peces amb un pes igual o inferior a 3 kg i les fa sortir de la cinta circular per la sortida número 3.

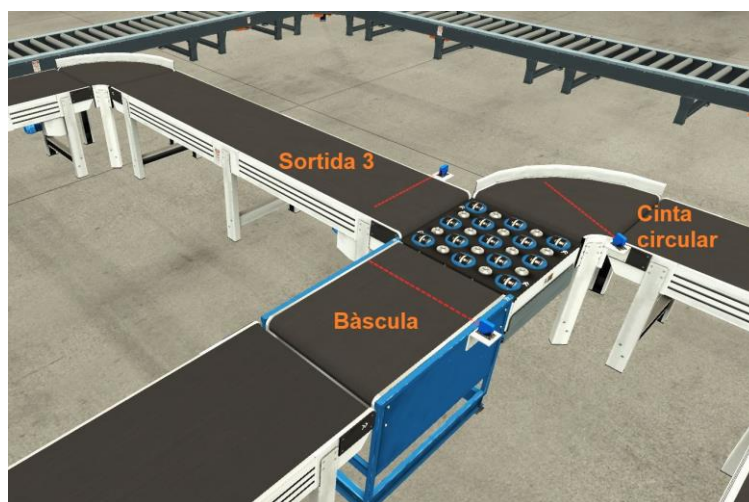


Figura 6. Estació de selecció per pes

- Tres estacions de selecció per material que corresponen a les sortides 4, 5 i 6.

A la primera estació s'identifiquen i classifiquen les peces metàl·liques, a la segona les peces de plàstic blau i a la tercera les de plàstic verd.

Des de cadascuna d'aquestes estacions hi ha una sortida cap a la fase d'empaquetament.

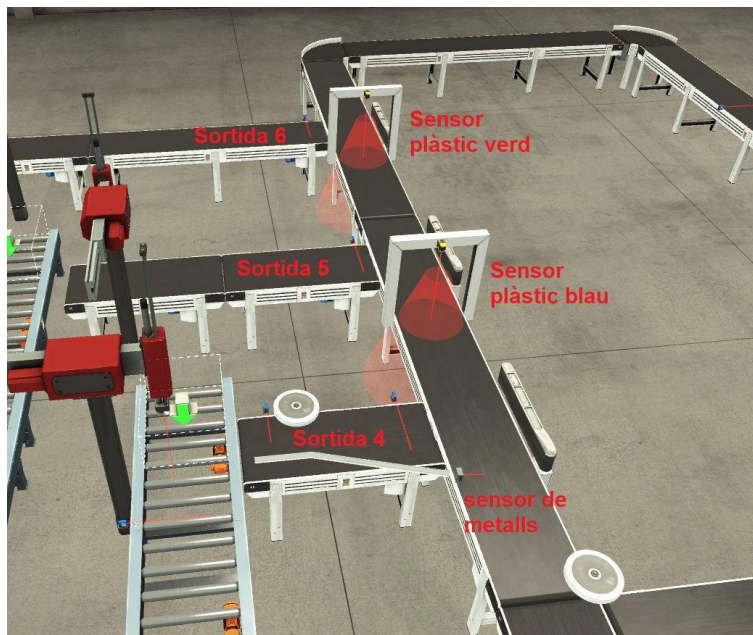


Figura 7. Estació de selecció per material

7.2 Fase d'empaquetament

En aquesta fase les peces s'empaqueten en palets que són etiquetats mitjançant la tecnologia RFID.

La fase d'empaquetament es divideix en tres seccions:

- La secció on es realitza l'empaquetament de les peces seleccionades per la seva mida, on un braç robòtic paletitzador (Estació d'empaquetament 1) recull les que arriben a les sortides 1 i 2 en ordre d'arribada i les diposita individualment sobre els palets que van entrant per la cinta d'emmagatzematge. Si arriben al mateix moment peces per les dues sortides, el programa prioritza la sortida 2 per evitar acumulacions al tractar-se d'una cinta amb un recorregut més curt.

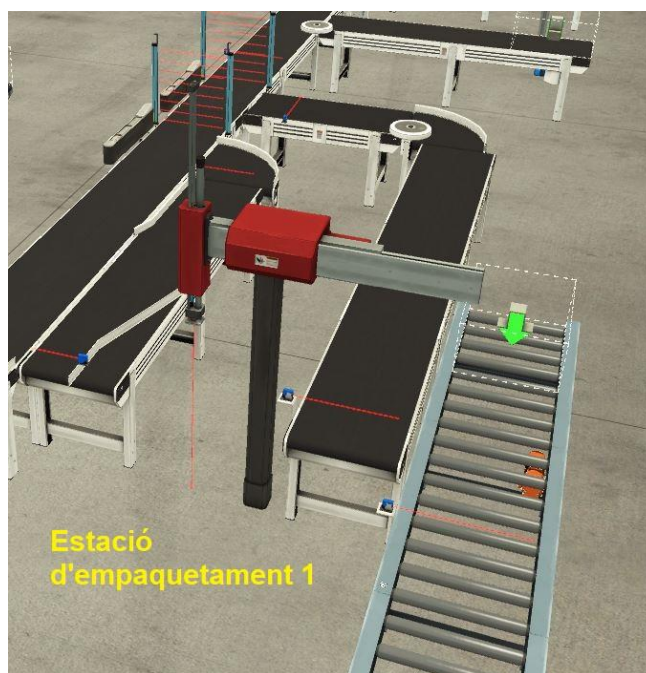


Figura 8. Estació d'empaquetament 1.

- La secció on s'empaqueten les peces separades pel seu pes. En aquesta secció s'ubica el robot paletitzador cartesià que agafa les peces que arriben per la sortida 3 i les diposita en un palet sobre la cinta d'emmagatzematge.



Figura 9. Estació d'empaquetament 2

- La secció d'empaquetament de les peces separades pel tipus de material i color està composta per tres estacions d'empaquetament (Estació d'empaquetament 3, 4 i 5).

Cadascuna d'aquestes estacions té un braç robòtic paletitzador que recull la peça de la sortida corresponent i la diposita en una caixa sobre el palet que circula per la cinta d'emmagatzematge. Els palets no continuen el seu recorregut fins que no s'han dipositat tres peces en el seu interior.

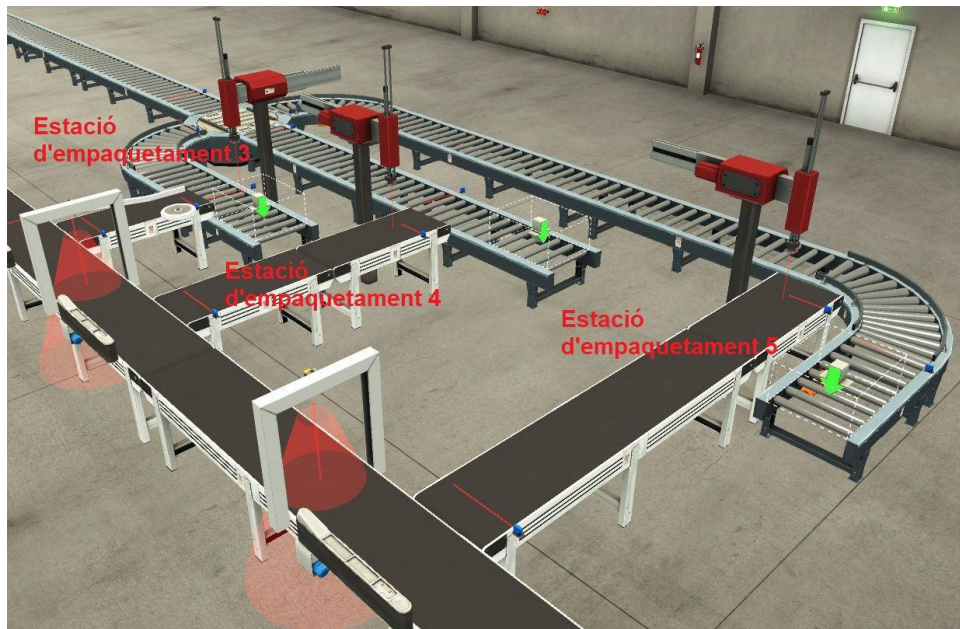


Figura 10. Estacions d'empaquetament 3, 4 i 5.

En el mateix moment en què s'empaqueten les peces, es procedeix a l'etiquetatge dels palets per escriure al microxip, incorporat a l'etiqueta, el número identificador del tipus de peces que conté cada palet. En la següent taula hi ha el llistat de tipus de peces i el corresponent número identificador:

Taula 1. Numeració identificadora de palets.

Tipus de peces	Número identificador
Metàl·liques	0
Blaves	1
Verdes	2
Lleugeres	3
Altes	4
Mitjanes	5

Per dur a terme aquesta funció, a cada estació d'empaquetament hi ha incorporat un sensor RFID d'escriptura, excepte en el cas de les peces metàl·liques, on no és necessari ja que el número 0 és el número d'identificació per defecte dels palets.

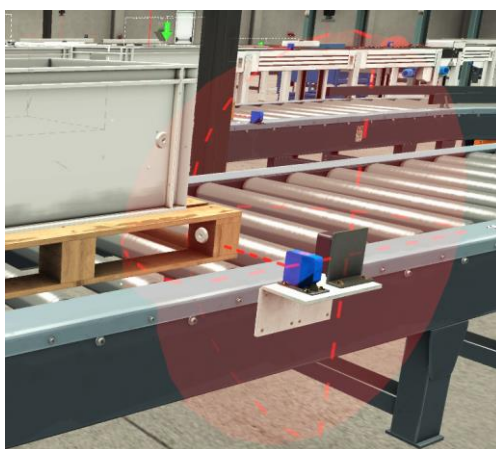


Figura 11. Sensor RFID d'escriptura.

7.3 Fase d'emmagatzematge

Des de cada una de les cinc estacions d'empaquetament surt una cinta d'emmagatzematge que recull els palets provinents de cada sortida i els transporta cap al magatzem.

La cinta d'emmagatzematge 1 prové directament de l'estació d'empaquetament per mida (Estació d'empaquetament 1). Així mateix, la cinta d'emmagatzematge 2 prové directament de l'estació d'empaquetament per pes (Estació d'empaquetament 2). Finalment, la cinta d'emmagatzematge 6, recull mitjançant una plataforma giratòria els palets que provenen de les estacions d'empaquetament per material (Estacions d'empaquetament 3, 4 i 5). En tractar-se d'una zona amb tres estacions d'empaquetament, està proveïda amb tres cintes d'emmagatzematge, les identificades com a cinta d'emmagatzematge 3, 4 i 5.

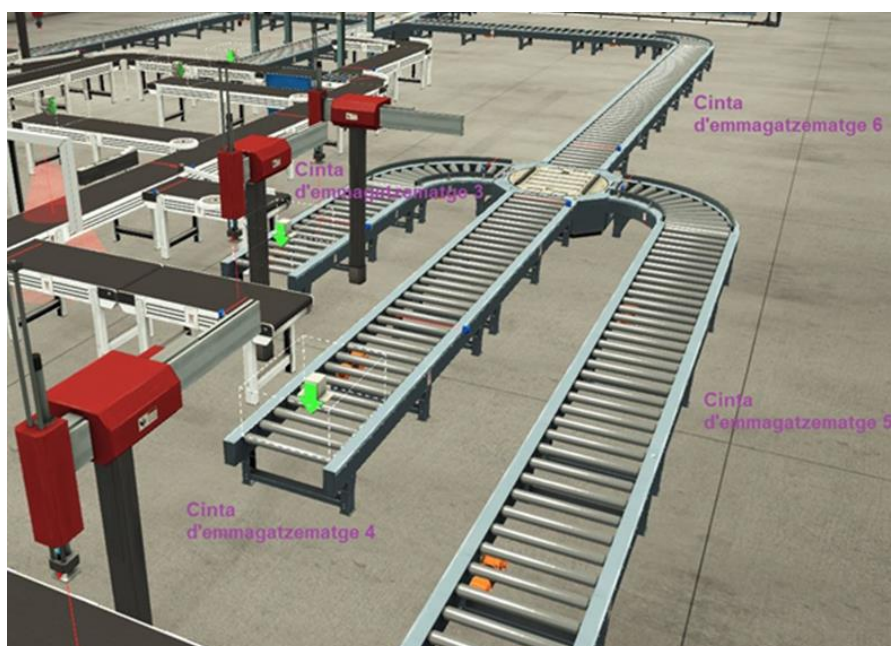


Figura 12. Cintes d'emmagatzematge 3,4 i 5.

Les cintes d'emmagatzematge 1, 2 i 6 conflueixen en una plataforma giratòria d'on surt una única cinta cap al magatzem, identificada com a cinta d'emmagatzematge principal.

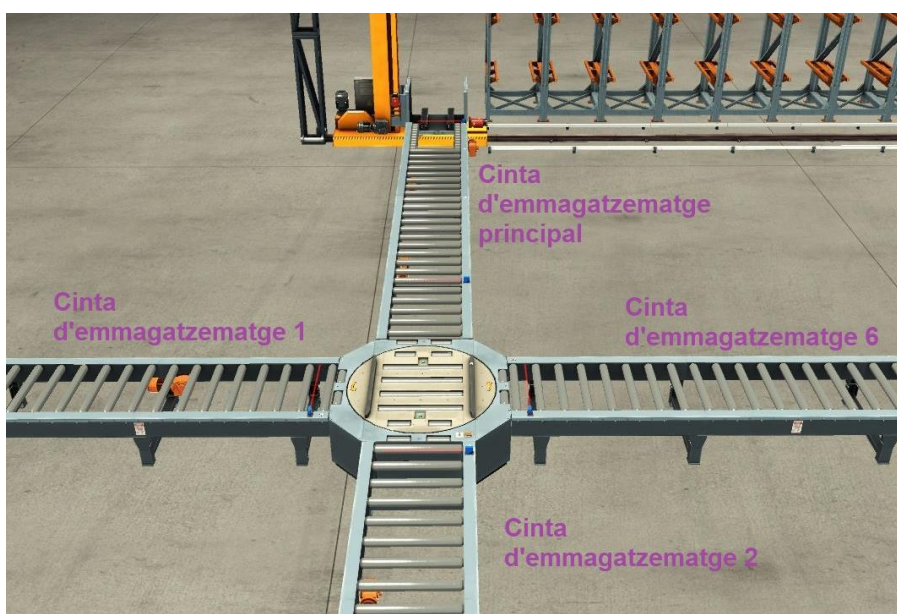


Figura 13. Cintes d'emmagatzematge 1,2,6 i principal.

En aquesta plataforma giratòria tenen prioritat els palets que arriben de la cinta d'emmagatzematge 1, després els que arriben per la cinta d'emmagatzematge 2 i finalment els de la cinta d'emmagatzematge 6.

Al final del recorregut de la cinta d'emmagatzematge principal es troba un tram de cinta de càrrega que es caracteritza per no tenir rodets que la travessen de part a part. D'aquesta forma es permet que les pinces del transelevador puguin situar-se sota el palet i recollir-lo.

En aquest moment, quan el palet es troba sobre la cinta de càrrega, el sensor RFID de lectura llegeix el número d'identificació del palet i registra aquesta informació a la base de dades en ordre ascendent, començant pel número 1.

Per acabar, el transelevador recull el palet i se situa en la posició correcta per dipositar-lo a l'espai assignat pel comptador associat.



Figura 14. Cinta de càrrega, transelevador i magatzem

7.3.1 Registre de magatzem

El control del magatzem es realitza mitjançant el registre automatitzat en una base de dades dels palets que hi arriben.

La base de dades de registre del magatzem automatitzat conté una taula anomenada "Taula de gestió de magatzem", la qual conté informació rellevant dels productes emmagatzemats, com ara el codi identificador del tipus de peça i la seva ubicació en el magatzem.

Específicament, la taula de gestió de magatzem consta de 54 files, que coincideixen amb les 54 prestatgeries del magatzem. Per introduir automàticament el codi del producte a l'espai corresponent de la taula, s'utilitza un lector de RFID. Tal com hem dit en l'apartat anterior, tan aviat com el palet arriba a la cinta de càrrega, el lector RFID llegeix l'etiqueta del palet i n'obté el codi del producte que conté. Automàticament aquest codi s'introdueix en l'ordre correcte a la base de dades, assignant una ubicació específica al palet. Aquest sistema ens permet portar un control eficient i precís dels productes emmagatzemats.

A la Figura 15 podem veure un exemple de la taula de gestió de magatzem. A la columna taronja es veu l'estat actual del magatzem. En el moment que es representa a la taula, el magatzem està ple de palets fins a la fila 27. En aquestes files el codi identificador és un número entre el 0 i el 5 que identifica el tipus de peça que conté cada palet. A partir d'aquesta prestatgeria, el número que hi ha registrat és el número 99, que ens indica que la prestatgeria està buida.

Taula_de_dades_magatzem					
	Name	Data type	Start value	Monitor value	
	taula[14]	Int	99	0	
	taula[15]	Int	99	4	
	taula[16]	Int	99	5	
	taula[17]	Int	99	2	
	taula[18]	Int	99	5	
	taula[19]	Int	99	0	
	taula[20]	Int	99	2	
	taula[21]	Int	99	3	
	taula[22]	Int	99	0	
	taula[23]	Int	99	5	
	taula[24]	Int	99	5	
	taula[25]	Int	99	0	
	taula[26]	Int	99	5	
	taula[27]	Int	99	3	
	taula[28]	Int	99	99	
	taula[29]	Int	99	99	
	taula[30]	Int	99	99	
	taula[31]	Int	99	99	
	taula[32]	Int	99	99	
	taula[33]	Int	99	99	
	taula[34]	Int	99	99	

Figura 15. Taula de gestió del magatzem.

8. Disseny dels elements de la planta a Factory I/O



En aquest apartat s'enumeren i descriuen els elements utilitzats en la simulació de la planta. Aquests elements són els proporcionats per Factory I/O i tenen el seu símil en la realitat.


8.1 Fase de separació

8.1.1 Alimentació de peces o entrades

El disseny dels punts d'alimentació consta de les següents peces:

Taula 2. Elements dels punts d'alimentació.





Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Belt Conveyor	4	Cinta transportadora de càrrega lleugera. Longitud 4 m.	
Diffuse sensor	6	Sensor fotoelèctric que pot detectar qualsevol objecte sòlid.	

Emitter	4	Alimentador d'elements per a escenaris concrets, per exemple: una caixa, un palet, etc.	
---------	---	---	---

8.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació

Estructura central composta per cintes en forma d'anell en la que es realitza la separació d'elements i a la qual es troben connectades totes les entrades de peces i les sortides cap a les estacions d'empaquetament.

Taula 3. Elements de la planta circular.

Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Belt Conveyor	8	Cinta transportadora de càrrega lleugera. Longitud de 2, 4 o 6 m.	
Curved Belt Conveyor	4	Cinta transportadora de càrrega lleugera, que permet el canvi de direcció.	
Conveyor Scale	1	Bàscula transportadora d'alta velocitat utilitzada per calcular el pes. Mesura diferents rangs de pes segons la configuració seleccionada.	
Pop-Up Wheel Sorter	1	Classificador de rodes emergents de doble cara de 45° que s'utilitza per desviar articles cap a tres direccions mitjançant rodets pivotants.	

8.1.3 Estacions d'identificació i classificació i Sortides.

El disseny elegit per aquesta part del procés consta de tres Estacions d'identificació i classificació associades a diferents sortides cadascuna, tal com es descriu a continuació:

Estació de selecció per mida (Sortides 1 i 2).


Quan les peces que es desplacen per la cinta circular arriben a aquesta estació, passen per un primer sensor d'alçada, si es detecta que l'objecte és de mida gran, aleshores s'activa un braç pivotador que el desplaça fora de la cinta principal per la sortida 1.



En el moment que el sensor capacitiu detecta la peça a la cinta secundària, el braç pivotador torna al seu lloc i l'element seleccionat es continua desplaçant per aquesta cinta fins a activar el sensor capacitiu del final del recorregut per a peces grans, on s'atura.

Si la peça no és de mida gran, és a dir, el primer sensor no la detecta, continua el seu recorregut per la cinta principal fins a trobar el segon sensor, que detecta peces de mida mitjana. Si aquest segon sensor detecta que la peça és de mida mitjana, realitzarà el mateix procediment amb els mateixos elements, però aquest cop desviarà la peça per la sortida 2.

En el cas que la peça no sigui considerada de mida gran ni mitjana, continuarà el seu recorregut per la cinta principal cap a la següent estació.

Taula 4. Elements de l'estació de selecció per mida.

Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Belt Conveyor	3	Cinta transportadora de càrrega lleugera. Longitud de 2, 4 o 6 m.	
Curved Belt Conveyor	2	Cinta transportadora de càrrega lleugera, que permet el canvi de direcció.	
Pivot Arm Sorter	2	Braç desviador frontal de 45°, accionat per motor reductor. Equipat amb una cinta per transportar peces.	



Light Array (Emitter and Receiver)	2	Conjunt de sensors, emissor-receptor en paral·lel, per crear un camp de detecció.	
Diffuse sensor	4	Sensor fotoelèctric que pot detectar qualsevol objecte sòlid.	




Estació de selecció per pes (Sortida 3).

En arribar a l'estació de selecció per pes un sensor capacitatiu detecta l'objecte, quan aquest es troba sobre la bàscula, i atura la cinta el temps suficient per calcular-ne el pes.

Una vegada obtingudes les dades, la cinta es torna a posar en marxa. Si la peça és pesada, continua per la cinta principal cap a la següent estació, en cas contrari, és redirigida cap a la sortida 3 on es troba la cinta externa per a peces lleugeres. Al final del recorregut per aquesta cinta, un sensor capacitatiu detectarà l'objecte i aturarà la cinta.

Taula 5. Elements de l'estació de selecció per pes.

Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Belt Conveyor	2	Cinta transportadora de càrrega lleugera. Longitud de 2, 4 o 6 m.	
Curved Belt Conveyor	1	Cinta transportadora de càrrega lleugera, que permet el canvi de direcció.	

Conveyor Scale	1	Bàscula transportadora d'alta velocitat utilitzada per calcular el pes. Mesura diferents rangs de pes segons la configuració seleccionada.	
Pop-Up Wheel Sorter	1	Classificador de rodes emergents de doble cara de 45° que s'utilitza per desviar articles cap a tres direccions mitjançant rodets pivotants.	
Diffuse sensor	3	Sensor fotoelèctric que pot detectar qualsevol objecte sòlid.	

Estació de selecció per material (Sortides 4,5 i 6).

Quan les peces que es desplacen per la cinta circular arriben a aquesta estació, passen per diferents sensors que les classifiquen: en primer lloc, hi ha un sensor de metall, si aquest sensor detecta l'objecte s'activa un braç pivotador que el desplaça fora de la cinta principal per la sortida 4.

En el moment que el sensor capacitiu detecta la peça a la cinta secundària el braç pivotador torna al seu lloc i l'element seleccionat es continua desplaçant per aquesta cinta fins a activar el sensor capacitiu del final del recorregut per a peces metàl·liques, on s'atura.

Si l'objecte és detectat pel sensor de peces de plàstic blau, realitzarà el mateix procediment, amb els mateixos elements, però aquest cop desviarà la peça per la sortida 5.

Finalment, si l'objecte és detectat pel sensor de peces de plàstic verd, el procediment és el mateix, però la sortida assignada és la 6.

En el cas que la peça no sigui detectada per cap d'aquests sensors continuarà el seu recorregut per la cinta principal fins a la següent estació.

A continuació s'identifiquen els elements que componen aquestes tres estacions conjuntament:

Taula 6. Elements de les estacions de selecció per material.






Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Belt Conveyor	5	Cinta transportadora de càrrega lleugera. Longitud de 2, 4 o 6 m.	
Pivot Arm Sorter	3	Braç desviador frontal de 45°, accionat per motor reductor. Equipat amb una cinta per transportar peces.	
Bracket	2	Suport de sensor. És una estructura metàl·lica que s'utilitza com a barrera d'alçada i es pot utilitzar per fer de suport de sensors.	 Bracket
Inductive Sensor	1	Sensor de proximitat utilitzat per a la detecció propera de materials conductors. Està equipat amb un LED, que indica la presència d'un objecte dins del seu rang.	
Vision Sensor	2	El sensor de visió reconeix les matèries primeres, les tapes de productes i les bases de productes, i els seus colors respectius.	
Diffuse sensor	6	Sensor fotoelèctric que pot detectar qualsevol objecte sòlid.	


8.2 Fase d'empaquetament

A la fase d'empaquetament un braç robòtic paletitzador agafa les peces que arriben a la sortida i les diposita sobre el palet que es troba a la cinta que uneix l'alimentador de palets amb la següent cinta, la qual pertany a la secció d'emmagatzematge. Prèviament, l'alimentador de palets ha col·locat un palet sobre la cinta, aquesta l'ha fet avançar cap al lloc on es troba el braç robòtic, on un sensor ha detectat la seva arribada i ha aturat la cinta per tal que el palet quedi situat en el lloc precís perquè el braç robòtic hi dipositi la peça corresponent i el sensor RFID escrigui el número d'identificació de tipus de peça a l'etiqueta del palet.

Tal com s'ha explicat anteriorment, la fase d'empaquetament es divideix en tres seccions, però inclourem els seus elements en una única taula perquè estan compostes pels mateixos elements. L'única particularitat és el tipus de braç robòtic, tal com s'especifica a continuació: l'estació d'empaquetament 1 consta d'un braç robòtic paletitzador que recull les peces de les sortides 1 i 2, l'estació d'empaquetament 2 té un robot paletitzador cartesià que recull les peces de la sortida 3 i l'estació d'empaquetament 3 té tres braços robòtics paletitzadors, un per a cada una de les sortides identificades amb els números 4, 5 i 6.

Taula 7. Elements de les seccions d'empaquetament.

Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Pick & Place	4	Aquest braç robòtic paletitzador es pot utilitzar per muntar tapes sobre bases o recollir i col·locar articles d'un lloc a un altre.	
Two-Axis Pick & Place	1	Robot paletitzador cartesià, sovint s'utilitza per traslladar càrrega lleugera (per exemple, caixes de cartró) a altres transportadors o palets. El robot té quatre graus de llibertat, tres corresponen al moviment lineal dels eixos i un altre a la rotació de la pinça.	
Emitter	5	Alimentador d'elements per a escenaris concrets, per exemple: una caixa, un palet, etc.	
Roller Conveyor	5	Cinta transportadora de rodets de gran resistència. Longitud de 2, 4 o 6 m.	
Diffuse sensor	5	Sensor fotoelèctric que pot detectar qualsevol objecte sòlid.	

RFID Reader	4	Sensor RFID que escriu i llegeix informació de les etiquetes dels elements.	
-------------	---	---	---




8.3 Fase d'emmagatzematge

En aquesta fase s'emmagatzemen tots els palets que arriben des de les estacions d'empaquetatge a través de cintes d'emmagatzematge. També es llegeixen les dades dels palets mitjançant el lector RFID i s'introdueixen en una base de dades per portar un registre del magatzem.

Aquesta fase consta de totes les cintes per les quals passen els palets per arribar al magatzem i el mateix magatzem.

Taula 8. Elements de la fase d'emmagatzematge.

Nom	Unitats	Descripció	Imatge
Roller Conveyor	15	Cinta transportadora de rodets de gran resistència. Longitud de 2, 4 o 6 m.	
Curved Roller Conveyor	5	Cinta transportadora de rodets, corbada, de gran resistència.	
Loading conveyor	1	Cinta de càrrega utilitzada principalment per carregar/descarregar càrrega a un transelevador.	
Turntable	2	Taula giratòria de gran resistència, que s'utilitza normalment per classificar palets.	
Stacker Crane	1	Transelevador muntat sobre rails utilitzat per emmagatzemar càrrega pesada. Inclou un carro, una plataforma vertical i dues forquilles que poden lliscar cap als dos costats.	

Rack	1	Els bastidors són marcs d'acer verticals connectats per bigues d'acer horitzontals amb la finalitat d'emmagatzemar càrregues.	
Diffuse sensor	9	Sensor fotoelèctric que pot detectar qualsevol objecte sòlid.	
RFID Reader	1	Sensor RFID que escriu i llegeix informació de les etiquetes dels elements.	

9. Assignació de variables i direccions a Tia Portal

9.1 Fase de separació

9.1.1 Alimentació de peces o entrades

Taula 9. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'alimentació de peces o entrades.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
Start Button	I0.0	start_button	Polsador lluminós	Polsador per iniciar la planta
s_emisor0	I0.6	s_emisor_0	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'inici del punt d'alimentació 1.
s_emisor1	I1.7	s_emisor_1	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a la meitat del punt d'alimentació 1.
s_emisor2	I2.0	s_emisor_2	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final del punt d'alimentació 1.
s_emisor3	I2.1	s_emisor_3	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'inici del punt d'alimentació 2.
s_emisor4	I0.7	s_emisor_4	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a la meitat del punt d'alimentació 2.
s_emisor5	I8.2	s_emisor_5	Sensor	Detecta presència de peces al final del punt

			fotoelèctric	d'alimentació 2.
Cinta emisora1	Q0.1	cinta_emisora_1	Cinta transportadora	Transport de peques des de la seva emissió fins a la planta principal. Punt d'alimentació 1.1
Cinta emisora2	Q0.2	cinta_emisora_2	Cinta transportadora	Transport de peques des de la seva emissió fins a la planta principal. Punt d'alimentació 1.2
Cinta emisora3	Q4.0	cinta_emisora_3	Cinta transportadora	Transport de peques des de la seva emissió fins a la planta principal. Punt d'alimentació 2.1
Cinta emisora4	Q4.1	cinta_emisora_4	Cinta transportadora	Transport de peques des de la seva emissió fins a la planta principal. Punt d'alimentació 2.2
Emisor 1	Q11.6	emisor1	Emissor d'elements	Emet elements de forma aleatòria en el punt d'alimentació 1.1
Emisor 2	Q11.7	emisor2	Emissor d'elements	Emet elements de forma aleatòria en el punt d'alimentació 1.2
Emisor 3	Q12.0	emisor3	Emissor d'elements	Emet elements de forma aleatòria en el punt d'alimentació 2.1
Emisor 4	Q12.1	emisor4	Emissor d'elements	Emet elements de forma aleatòria en el punt d'alimentació 2.2

9.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació

Taula 10. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de la planta circular.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
Cinta 1	Q0.3	cinta_1	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 2	Q0.4	cinta_2	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.

Cinta 3	Q0.5	cinta_3	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 4	Q0.6	cinta_4	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 5	Q0.7	cinta_5	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 6	Q1.0	cinta_6	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 7	Q1.1	cinta_7	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 8	Q1.2	cinta_8	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 9	Q1.3	cinta_9	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 10	Q1.4	cinta_10	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 11	Q1.5	cinta_11	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta 12	Q1.6	cinta_12	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
Cinta pes	Q1.7	cinta_pes	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.
cinta separar	Q2.0	cinta_separar	Cinta transportadora	Transport de peques per la planta principal circular.

9.1.3 Estacions d'identificació i classificació o sortides**Estació de selecció per mida (Sortides 1 i 2).**

Taula 11. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació de selecció per mida.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
s_mitjana	I0.2	s_mitjana	Sensor fotoelèctric	Juntament amb s_alta2, detecta la presència d'una peça de mida mitjana
s_alta	I0.3	s_alta	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència d'una peça de mida alta
s_alta2	I8.3	s_alta2	Sensor fotoelèctric	Juntament amb s_mitjana, detecta la presència d'una peça de mida mitjana
s_entrada_alta	I0.4	s_entrada_alta	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'entrada de la sortida 1
s_entrada_mitjana	I0.5	s_entrada_mitjana	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'entrada de la sortida 2
s_sortida_alta	I1.0	s_sortida_alta	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final de la sortida 1
s_sortida_mitjana	I1.1	s_sortida_mitjana	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final de la sortida 1
cinta alta 1	Q2.5	cinta_alta_1	Cinta transportadora	Transport de peces altes per la sortida 1.
cinta alta 2	Q2.6	cinta_alta_2	Cinta transportadora	Transport de peces altes per la sortida 1.
cinta alta 3	Q2.7	cinta_alta_3	Cinta transportadora	Transport de peces altes per la sortida 1.
cinta mitjana 1	Q3.0	cinta_mitjana_1	Cinta transportadora	Transport de peces mitjanes per la sortida 2.
cinta mitjana 2	Q3.1	cinta_mitjana_2	Cinta transportadora	Transport de peces mitjanes per la sortida 2.
Braç alta (Turn)	Q2.2	braç_alta_gir	Gir del braç	Fa girar el braç

			pivotador	pivotador de peces altes.
Braç alta (Belt+)	Q2.1	braç_alta_cinta	Cinta del braç pivotador	Acompanya el paquet alt en la direcció correcta
Braç mitjana (Turn)	Q2.4	braç_mitjana_gir	Gir del braç pivotador	Fa girar el braç pivotador de peces mitjanes.
Braç mitjana (Belt+)	Q2.3	braç_mitjana_cinta	Cinta del braç pivotador	Acompanya el paquet mitjà en la direcció correcta

Estació de selecció per pes (Sortida 3).

Taula 12. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació de selecció per pes.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
s_Pes(V)	IW10	pes(V)	Sensor de pes	Mesura el pes de l'element que té a sobre en Volts.
Cinta pes	Q1.7	cinta_pes	Cinta transportadora	Transport de peces per la planta principal circular.
cinta separar	Q2.0	cinta_separar	Cinta transportadora	Transporta peces fent girar els rodets.
cinta separar esquerra	Q4.5	cinta_separar_esquerra	Gir dels rodets	Permet girar els rodets per canviar la direcció de transport.
s_sortida lleugeres	I5.5	s_sortida_lleugeres	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final de la sortida 3
s_cont_lleugeres	I6.0	s_cont_lleugeres	Sensor fotoelèctric	Detecta presència en el recorregut de la sortida 3
cinta lleugeres1	Q4.2	cinta_lleugeres1	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 3.
cinta lleugeres2	Q4.3	cinta_lleugeres2	Cinta transportadora	Transport de peces per la

				sortida 3.
cinta lleugeres3	Q4.4	cinta lleugeres3	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 3.

Estació de selecció per material (Sortides 4,5 i 6).

Taula 13. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'Estació de selecció per material.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
braç metalica (Belt+)	Q4.6	braç_metàlica_cinta	Cinta del braç pivotador	Acompanya la peça metàl·lica en la direcció correcta
braç metàl·lica gir	Q4.7	braç_metàlica_gir	Gir del braç pivotador	Fa girar el braç pivotador de peces metàl·liques.
cinta peça metalica	Q5.0	cinta_metalica	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 4.
s_metalica	I2.3	s_metalica	Sensor inductiu	Sensor utilitzat per a la detecció propera de materials conductors
s_entrada_metalica	I2.5	s_entrada_metalica	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'inici de la sortida 4.
s_sortida_metalica	I2.4	s_sortida_metalica	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final de la sortida 4.
s_blau	I2.7	s_blau	Sensor de visió	Reconeix les matèries les peces de color blau.
braç blava cinta	Q5.7	braç_blava_cinta	Cinta del braç pivotador	Acompanya la peça blava en la direcció correcta
braç blava gir	Q6.0	braç_blava_gir	Gir del braç pivotador	Fa girar el braç pivotador de peces blaves.

s_entrada blava	I3.1	s_entrada_blava	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'inici de la sortida 5.
cinta peça blava	Q6.3	cinta_blava	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 5.
cinta peça blava2	Q6.4	cinta_blava2	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 5.
s_sortida blava	I3.6	s_sortida_blava	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final de la sortida 5.
s_verd	I2.6	s_verd	Sensor de visió	Reconeix les matèries les peces de color verd.
braç verda gir	Q6.2	braç verda gir	Gir del braç pivotador	Fa girar el braç pivotador de peces verdes.
braç verda cinta	Q6.1	braç verda cinta	Cinta del braç pivotador	Acompanya la peça verda en la direcció correcta
s_entrada verda	I3.5	s_entrada_verda	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces a l'inici de la sortida 6.
cinta peça verda	Q6.5	cinta_verda	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 6.
cinta peça verda2	Q6.6	cinta_verda2	Cinta transportadora	Transport de peces per la sortida 6.
s_sortida verda	I3.7	s_sortida_verda	Sensor fotoelèctric	Detecta presència de peces al final de la sortida 6.

9.2 Fase d'empaquetament

Estació d'empaquetament 1:

Taula 14. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 1.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia	Descripció	Aplicació
--------------------------	----------	------------------	------------	-----------

		Portal		
Pick&place_s_moure_Z	I1.2	s_p&p_z	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix z.
Pick&place_s_moure_X	I1.3	s_p&p_x	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix x.
Pick&place_s_rotar	I1.4	s_p&p_rotar	Sensor de moviment	Detecta moviment en rotació.
Pick&place_s_ventosa	I1.5	s_p&p_ventosa	Sensor de succió	Detecta si la ventosa agafa algun element.
s_palet1	I1.6	s_palet1	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet en la primera estació d'empaquetament
Pick&place_moure_Z	Q3.3	p&p_z	Actuador vertical del braç robòtic.	Permet moure de forma vertical el braç robòtic.
Pick&place_moure_X	Q3.2	p&p_x	Actuador horitzontal del braç robòtic.	Permet moure de forma horitzontal el braç robòtic.
Pick&place_rotar	Q3.4	p&p_rotar	Actuador de rotació del braç robòtic.	Permet rotar el braç robòtic sobre ell mateix.
Pick&place_ventosa	Q3.5	p&p_ventosa	Ventosa del braç	Permet accionar la ventosa per agafar les peces.
cinta_palet0	Q3.6	cinta_palet0	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 1.
RFID escriure mida	Q12.5	RFID escriure mida	Sensor RFID	Escriu el número identificador (alt o mitjà) a l'etiqueta del palet.
RFID seleccionar mida	QW22	RFID seleccionar mida	Sensor RFID	Conté la informació del número identificador

Estació d'empaquetament 2:

Taula 15. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 2.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
Pick & Place XYZ (X)	QW16	p&p_XYZ_X	Actuador del robot eix X	Permet moure el robot sobre l'eix X.

Pick & Place XYZ (Y)	QW14	p&p_XYZ_Y	Actuador del robot eix Y	Permet moure el robot sobre l'eix Y.
Pick & Place XYZ (Z)	QW18	p&p_XYZ_Z	Actuador del robot eix Z	Permet moure el robot verticalment.
Pick & Place XYZ ventosa	Q8.6	p&p_XYZ_ventosa	Ventosa del robot	Permet accionar la ventosa per agafar les peces.
Cinta palet lleugera	Q9.0	cinta_palet lleugera	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 2.
RFID escriure lleugeres	Q12.3	RFID escriure lleugeres	Sensor RFID	Escriu el número identificador (lleugeres) a l'etiqueta del palet.
s_palet lleugeres	I5.7	s_palet lleugeres	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet en la segona estació d'empaquetament

Estació d'empaquetament 3:

Taula 16. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 3.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
cinta palet metaliques	Q5.1	cinta_palet_metalica	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 3.
Pick & Place X metalica	Q5.4	p&p_metalica_x	Actuador horitzontal del braç robòtic.	Permet moure de forma horitzontal el braç robòtic.
Pick & Place z metalica	Q5.5	p&p_metalica_z	Actuador vertical del braç robòtic.	Permet moure de forma vertical el braç robòtic.
Pick&Place ventosa metalica	Q5.6	p&p_metalica_ventosa	Ventosa del braç	Permet accionar la ventosa per agafar les peces.
s_Pick & Place x metalica	I3.3	s_p&p_metalica_x	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix x.
s_Pick & Place z metalica	I3.4	s_p&p_metalica_z	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix z.
s_Pick & Place ventosa metalica	I3.2	s_p&p_metalica_ventosa	Sensor de succió	Detecta si la ventosa agafa

				algun element.
s_palet metalica	I3.0	s_palet_metalica	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet en la tercera estació d'empaquetament

Estació d'empaquetament 4:

Taula 17. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 4.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
Pick & Place Rotate blava+	Q7.4	p&p_rotate_blava+	Actuador de rotació horari del braç robòtic.	Permet rotar el braç robòtic sobre ell mateix en sentit horari.
Pick & Place Rotate blava-	Q7.5	p&p_rotate_blava-	Actuador de rotació antihorari del braç robòtic.	Permet rotar el braç robòtic sobre ell mateix en sentit antihorari.
Pick & Place ventosa blava	Q8.0	p&p_ventosa_blava	Ventosa del braç	Permet accionar la ventosa per agafar les peces.
Pick & Place X blava	Q8.2	p&p_x_blava	Actuador horitzontal del braç robòtic.	Permet moure de forma horitzontal el braç robòtic.
Pick & Place Z blava	Q8.4	p&p_z_blava	Actuador vertical del braç robòtic.	Permet moure de forma vertical el braç robòtic.
s_Pick & Place Rotating blava	I4.5	s_p&p_rotate_blava	Sensor de moviment	Detecta moviment en rotació.
s_Pick & Place ventosa blava	I4.7	s_p&p_ventosa_blava	Sensor de succió	Detecta si la ventosa agafa algun element.
s_Pick & Place X blava	I5.1	s_p&p_x_blava	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix x.
s_Pick & Place Z blava	I5.3	s_p&p_z_blava	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix z.
s_palet_blava	I4.0	s_palet_blava	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet en la quarta estació d'empaquetament
cinta_palet_blava	Q6.7	cinta_palet_blava	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 4.

RFID escriure blau	Q12.2	RFID escriure blau	Sensor RFID	Escriu el número identificador (blau) a l'etiqueta del palet.
--------------------	-------	--------------------	-------------	---

Estació d'empaquetament 5:

Taula 18. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de l'estació d'empaquetament 5.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
Pick & Place ventosa verda	Q8.1	p&p_ventosa_verda	Ventosa del braç	Permet accionar la ventosa per agafar les peces.
Pick & Place X verda	Q8.3	p&p_x_verda	Actuador horitzontal del braç robòtic.	Permet moure de forma horitzontal el braç robòtic.
Pick & Place Z verda	Q8.5	p&p_z_verda	Actuador vertical del braç robòtic.	Permet moure de forma vertical el braç robòtic.
s_Pick & Place ventosa verda	I5.0	s_p&p_ventosa_verda	Sensor de succió	Detecta si la ventosa agafa algun element.
s_Pick & Place X verda	I5.2	s_p&p_x_verda	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix x.
s_Pick & Place Z verda	I5.4	s_p&p_z_verda	Sensor de moviment	Detecta moviment en l'eix z.
s_palet_verda	I4.1	s_palet_verda	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet en la cinquena estació d'empaquetament
cinta_palet_verda_0	Q7.1	cinta_palet_verda_0	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 5.
RFID escriure verd	Q12.6	RFID escriure verd	Sensor RFID	Escriu el número identificador (verd) a l'etiqueta del palet.

9.3 Fase d'emmagatzematge

Taula 19. Assignació de variables i direccions a Tia Portal de la fase d'emmagatzematge.

Nom variable Factory I/O	Direcció	Nom variable Tia Portal	Descripció	Aplicació
cinta_palet1	Q3.7	cinta_palet1	Cinta	Transport de palets

			transportadora	per la cinta d'emmagatzematge 1.
cinta_palet2	Q10.2	cinta_palet2	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 1.
cinta_palet3	Q10.3	cinta_palet3	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 1.
cinta_palet4	Q10.4	cinta_palet4	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 1.
cinta palet lleugera1	Q9.1	cinta_palet lleugera1	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 2.
cinta palet metaliques 2	Q5.2	cinta_palet_metalica2	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 3.
cinta palet metaliques 3	Q5.3	cinta_palet_metalica3	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 3.
cinta_palet_blava_2	Q7.0	cinta_palet_blava_2	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 4.
cinta_palet_verda_0.1	Q7.6	cinta_palet_verda_0.1	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 5.
cinta_palet_verda_1	Q7.7	cinta_palet_verda_1	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 5.
cinta_palet_verda_2	Q7.2	cinta_palet_verda_2	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 5.
cinta_palet_verda_3	Q7.3	cinta_palet_verda_3	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 5.

Cinta palet materials1	Q9.4	cinta_palet_materials1	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 6.
Cinta palet materials2	Q9.5	cinta_palet_materials2	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 6.
Cinta palet materials3	Q9.6	cinta_palet_materials3	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 6.
Cinta palet materials4	Q9.7	cinta_palet_materials4	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 6.
Cinta palet materials5	Q10.0	cinta_palet_materials5	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 6.
Cinta palet materials6	Q10.1	cinta_palet_materials6	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge 6.
cinta_magatzem0	Q10.5	cinta_magatzem	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge principal.
cinta_magatzem0.1	Q11.5	cinta_magatzem0.1	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge principal.
cinta_magatzem1	Q11.3	cinta_magatzem1	Cinta transportadora	Transport de palets per la cinta d'emmagatzematge principal.
Turtable materials rodets(-)	Q9.3	turtable_m_rodets-	Rodets taula giratòria	Transport de palets per la taula giratòria endavant
Turtable materials rodets(+)	Q9.2	turtable_m_rodets+	Rodets taula giratòria	Transport de palets per la taula giratòria endarrere
Turtable materials girar	Q8.7	turtable_m_girar	Actuador de gir	Permet accionar el gir de la taula giratòria
s_Turtable materials gir 0	I6.2	s_turtable_m_gir0	Sensor de posició	Detecta la posició de la taula

s_Turntable materials gir 90	I6.3	s_turntable_m_gir90	Sensor de posició	Detecta la posició de la taula
s_Turntable materials darrera	I5.6	s_turntable_m_darrera	Sensor de posició	Detecta la posició del palet sobre la taula
s_Turntable materials davant	I6.1	s_turntable_m_davant	Sensor de posició	Detecta la posició del palet sobre la taula
Turntable rodets(-)	Q11.0	turntable_rodets-	Rodets taula giratòria	Transport de palets per la taula giratòria endavant
Turntable rodets(+)	Q10.7	turntable_rodets+	Rodets taula giratòria	Transport de palets per la taula giratòria endarrere
Turntable girar	Q10.6	turntable_girar	Actuador de gir	Permet accionar el gir de la taula giratòria
s_Turntable gir 0	I7.0	s_turntable_gir0	Sensor de posició	Detecta la posició de la taula
s_Turntable gir 90	I7.1	s_turntable_gir90	Sensor de posició	Detecta la posició de la taula
s_Turntable_darrera	I7.2	s_turntable_darrera	Sensor de posició	Detecta la posició del palet sobre la taula
s_Turntable_davant	I7.3	s_turntable_davant	Sensor de posició	Detecta la posició del palet sobre la taula
s_fi palet metaliques	I4.2	s_fi_palet_metaliques	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge 3
s_fi palet blaves	I4.3	s_fi_palet_blaves	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge 4
s_fi palet verdes	I4.4	s_fi_palet_verdes	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge 5
s_inici_palet_materials	I6.4	s_inici_palet_materials	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet a l'inici de la cinta d'emmagatzematge 6

s_final_palet_mida	I6.6	s_fi_palet_mida	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge 1
s_final_palet lleugeres	I4.6	s_fi_palet lleugeres	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge 2
s_final_palet_materials	I6.5	s_fi_palet_materials	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge 6
s_inici_magatzem	I6.7	s_inici_magatzem	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet a l'inici de la cinta d'emmagatzematge principal
s_magatzem	I7.7	s_magatzem	Sensor fotoelèctric	Detecta la presència de palet al final de la cinta d'emmagatzematge principal
elevador_cint(+)	Q11.1	elevador_cint(+)	Actuador cinta de l'elevador	Acciona la cinta de les pinces del transelevador cap endavant
elevador_cinta(-)	Q11.2	elevador_cinta(-)	Actuador cinta de l'elevador	Acciona la cinta de les pinces del transelevador cap a endarrere
elevador_amunt	Q11.4	elevador_amunt	Actuador d'elevació del transelevador	Permet elevar i baixar el transelevador per poder carregar i descarregar palets
elevador_pos	QW20	elevador_pos	Actuador per definir posició	Permet definir la pròxima posició del transelevador
s_elevador(+)	I7.4	s_elevador(+)	Sensor de posició	Detecta la posició de les pinces del transelevador
s_elevador(-)	I7.5	s_elevador(-)	Sensor de posició	Detecta la posició de les pinces del transelevador
s_elevador_mig	I7.6	s_elevador_mig	Sensor de	Detecta la posició

			posició	de les pinces del transelevador
s_elevador_v	I8.1	s_elevador_v	Sensor de moviment	Detecta si el transelevador s'està movent verticalment
s_elevador_h	I8.0	s_elevador_h	Sensor de moviment	Detecta si el transelevador s'està movent horitzontalment
RFID elevador valor	IW12	RFID elevador valor	Sensor RFID	Conté la informació del valor llegit en el palet.

10. Programació de la planta

10.1 Guia GEMMA

La Guia GEMMA és una guia gràfica que permet presentar d'una forma senzilla i entenedora els diferents modes de marxa d'una instal·lació de producció així com les formes i condicions per passar d'un mode a un altre.

Aquesta guia ens mostra les tres situacions en què es pot trobar la planta, que són: en funcionament (F), aturada o en procés d'aturada (A) i en defecte (D). Cadascuna de les situacions es pot subdividir en diverses de forma que al final podem trobar vuit estats possibles, els quals estudiarem a continuació.

La guia també proposa els diferents camins per passar d'un estat a l'altre.

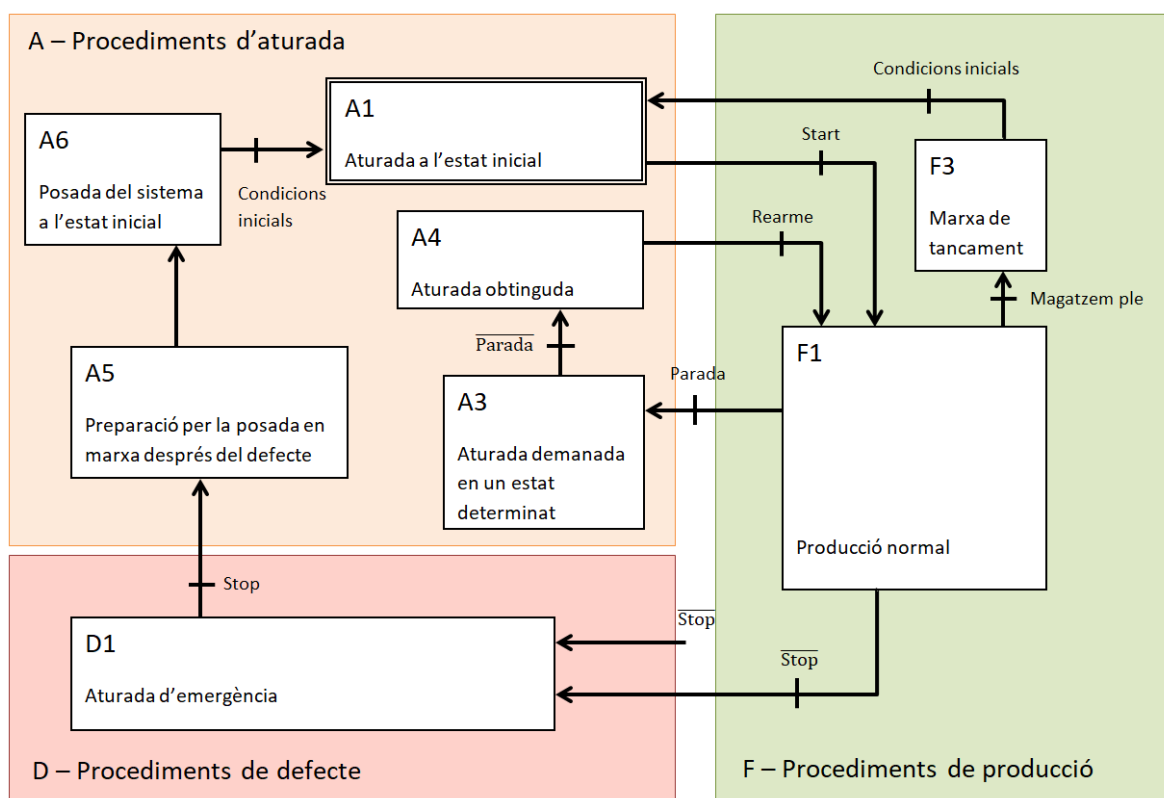


Figura 16. Guia GEMMA.

10.1.1 Grup F: procediments de funcionament

Aquest grup conté els modes de funcionament normal necessaris per a l'obtenció de la producció.

- F1 – Producció normal. És l'estat en què la planta produeix normalment, és a dir, fa la tasca per la qual ha estat dissenyada.
S'arriba a aquest estat quan l'operari prem el botó "Start" per iniciar la planta o el botó "Rearme" després d'una parada.
Se surt d'aquest estat quan està el magatzem ple, quan es vol parar la planta amb el botó "Parada" o mitjançant una aturada d'emergència.
- F3 – Marxa de tancament. Correspon a la fase de buidatge i/o neteja de la planta abans de plegar o de canviar-ne les característiques.
S'entra en aquest estat quan el magatzem està ple i per sortir-ne s'han de restablir les condicions inicials de la planta.

10.1.2 Grup A: procediments d'aturada

Aquest grup conté tots els modes en què el sistema està aturat, els que porten a una aturada del sistema i els que permeten passar al sistema d'un estat de defecte a un estat d'aturada. Correspon a totes les aturades per raó de causes externes al procés.

- A1 – Aturada a l'estat inicial. És l'estat normal de repòs de la planta. Es representa amb un rectangle doble.
En aquest estat tots els actuadors estan desactivats i la màquina està preparada per entrar en funcionament.
S'accedeix a aquest estat des de l'A6 o des de l'estat F3, un cop s'han complert les condicions inicials.
- A3 – Aturada demanada en un estat determinat. És un estat transitori en què la planta, que fins aquell moment estava produint normalment, ha de produir només fins a arribar a un punt del cicle diferent a l'estat inicial.
S'arriba a aquest estat després de polsar el botó de parada de la taula de comandament.
- A4 – Aturada obtinguda. És un estat de repòs de la planta diferent de l'estat inicial.
S'ha d'accionar el botó "Rearme" per sortir d'aquest estat i tornar a la producció nominal.
- A5 – Preparació per la posada en marxa després del defecte. Correspon a la fase de buidatge, neteja o posada en ordre que en molts casos s'ha de dur a terme després d'un defecte.
Per arribar a aquest estat l'operari ha de desenclavar el botó "Stop".
- A6 – Posada del sistema a l'estat inicial. El sistema és portat fins a la situació inicial (normalment situació de repòs), un cop enllestit, passa a estar aturada en l'estat inicial.

10.1.3 Grup D: procediments de defecte

Aquest grup conté els modes en què el sistema està en defecte. Correspon a totes les aturades per raons de causes internes del procés.

- D1 – Aturada d'emergència. No tan sols conté la simple aturada d'emergència sinó també totes aquelles accions necessàries per a portar el sistema a una situació d'aturada segura.

S'arriba a aquest estat mitjançant el botó "Stop" que queda en posició d'enclavament. Per sortir-ne s'ha de desenclavar el botó.

10.1.4 Panell de comandament i control.

Per controlar els diferents estats explicats a la Guia GEMMA, s'ha dissenyat un panell de control amb FACTORY I/O. El comandament es realitza mitjançant polsadors tal com es pot veure en la figura següent.



Figura 17. Panell de comandament i control.

10.2 GRAFCET

Un GRAFCET, també conegut com a GRAF (GRaphes d'Automatismes à Fonction Combinée Et Temporisée) és un diagrama de representació gràfica que permet descriure el funcionament d'un sistema automatitzat.

Aquest diagrama s'utilitza principalment en la programació de sistemes automatitzats de control industrial, i permet representar el comportament dels diferents elements que conformen el sistema, com a sensors, actuadors, motors, entre altres.

Un GRAFCET és una successió d'etapes. Cada etapa té les seves accions associades de forma que, quan l'etapa en qüestió s'activa s'executaran les corresponents accions si les condicions que s'estableixen es compleixen.

Entre dues etapes hi ha una transició. A cada transició li correspon una condició que s'ha de complir per a poder passar-la. Una transició és vàlida quan l'etapa immediatament anterior a ella és activa. Quan una transició és vàlida i la seva condició associada es compleix es pot traspasar quedant desactivades les etapes anteriors i activant-se les posteriors.

En resum, el GRAFCET és una eina molt útil per a la programació i disseny de sistemes automatitzats, ja que permet representar de manera clara i visual el comportament dels elements que conformen el sistema i la seva seqüència d'execució.

Pel que fa a la planta de classificació de peces que ens ocupa, el primer que s'explica a continuació és el GRAFCET del control general de la planta.

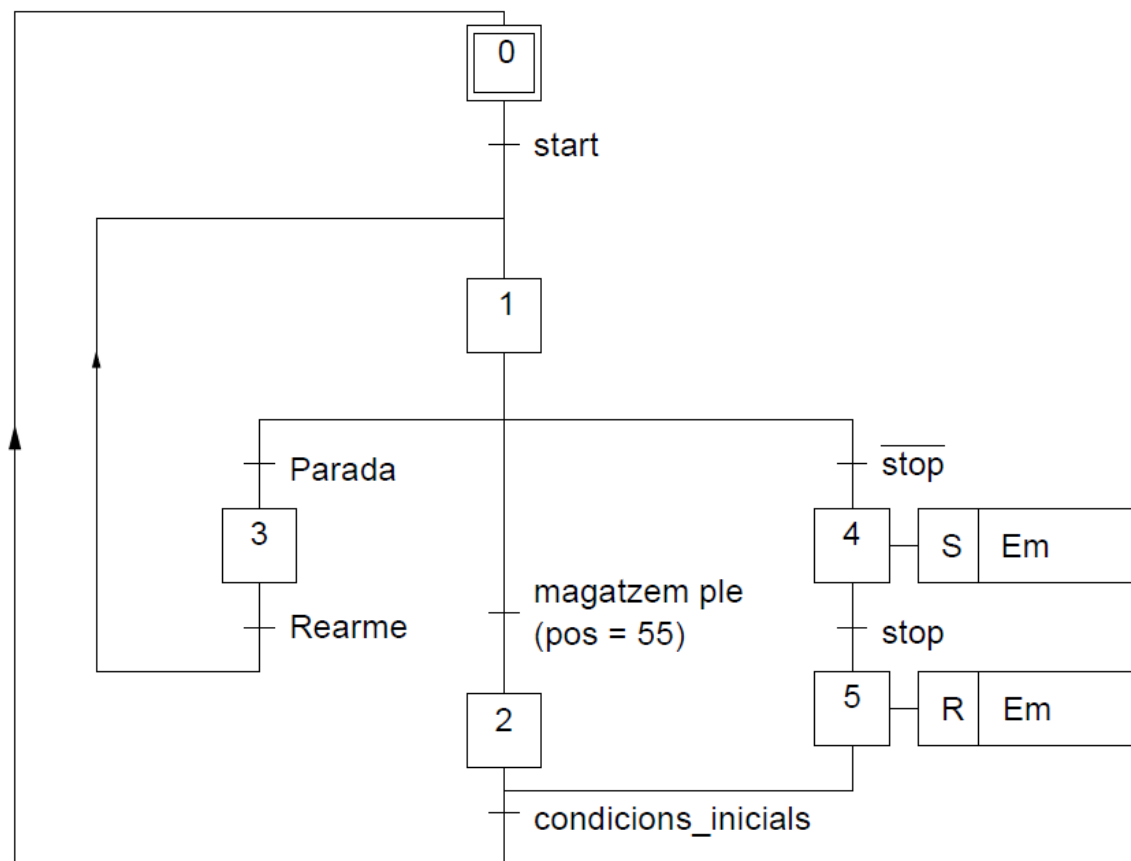


Figura 18. GRAFCET de control general de la planta.

En pulsar "Start", el sistema entra en el mode de funcionament automàtic i tots els components es posen a seguir la programació que tenen assignada per a classificar les peces que van entrant en la planta, mantenint-se en producció nominal fins que es dona una de les següents condicions:

- Que s'accióni el pulsador de parada: en aquest cas s'activa l'etapa 3, la qual pausa tota la planta, tenint en compte que les peces que es troben dintre d'alguna de les sortides continuen el seu recorregut fins a ser dipositades al palet corresponent i que el transelevador del magatzem enllesteix l'acció que té iniciada fins a tornar a la posició de repòs.

Per tornar al mode automàtic de l'etapa 1 i continuar amb la producció des del punt on es troba aturada, s'ha d'accionar el pulsador "Rearme".

- Que s'accióni el pulsador de la parada d'emergència: en accionar-se aquest pulsador s'activa l'etapa 4 en la qual s'aturen tots els actuadors de la planta a excepció de les ventoses que resten activades per evitar accidents en cas que estiguin transportant alguna peça.

Un cop aturada la planta, es desactiva el pulsador de parada d'emergència entrant en l'etapa 5 on es procedeix a realitzar les accions necessàries per a restablir la planta a les condicions inicials.

- Que s'ompli el magatzem. En omplir-se les 54 prestatgeries del magatzem s'activa l'etapa 2 que fa aturar tots els processos en marxa i el procés resta a l'espera de restablir les condicions inicials.

10.2.1 Fase de separació

10.2.1.1 Alimentació de peces o entrades

En el primer punt d'alimentació hi ha dos emissors que emeten peces per dues cintes diferents. Les peces s'emeten cada 10 segons. Aquest temps pot modificar-se a la programació per adaptar-lo a les característiques de la planta.

Les cintes funcionen de manera que s'inicia el seu moviment en mode automàtic i no s'aturen fins que el sensor que hi ha a la cinta circular principal, una mica abans de l'entrada de peces, detecta una peça. Aquesta condició es programa per evitar col·lisions de peces. Per tornar a iniciar la marxa la peça ha de ser detectada pel sensor que es troba a la cinta principal, passada l'entrada de peces.

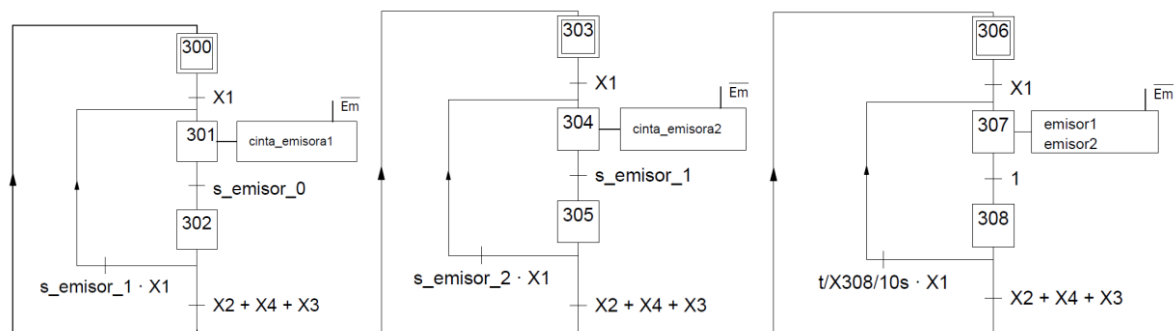


Figura 19. GRAFCETs del primer punt d'alimentació.

En la figura que es mostra a continuació podem veure el símil del control de les cintes emissores 1 i 2 fet amb esquema de contactes a Tia Portal.

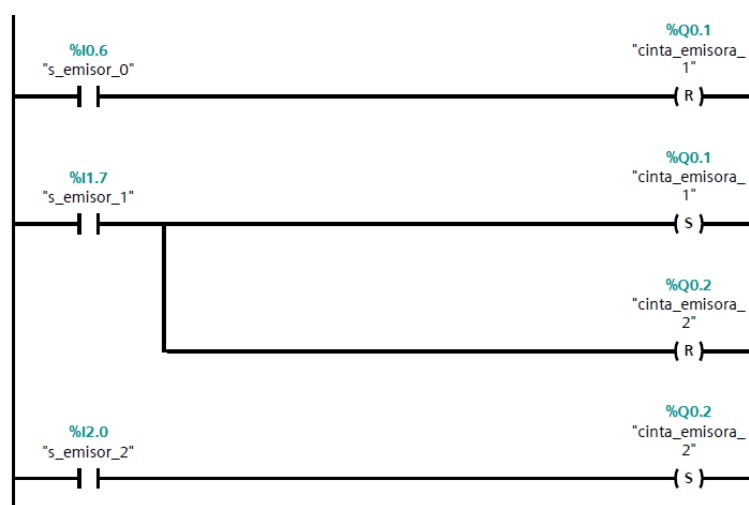


Figura 20. Esquema de contactes cintes emissores 1 i 2.

El funcionament del segon punt d'alimentació és el mateix que l'anterior amb els seus respectius elements.

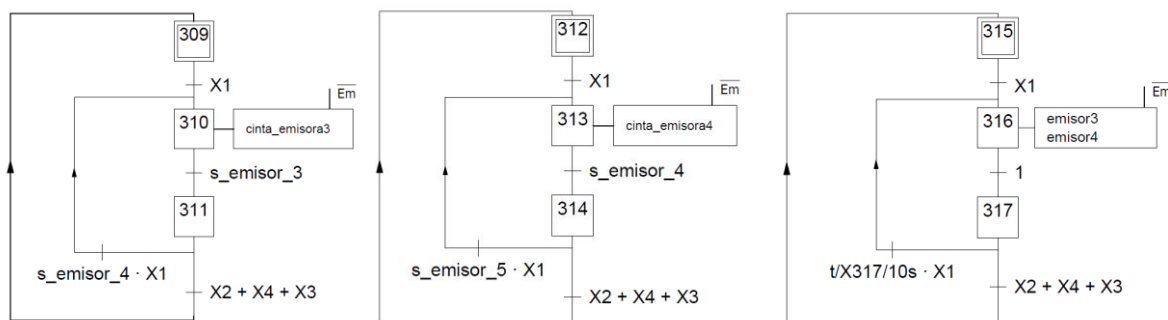


Figura 21. GRAFCETs del segon punt d'alimentació.

La seqüència anteriorment explicada continua mentre la planta es troba en l'etapa de funcionament automàtic, en qualsevol altra etapa para.

10.2.1.2 Planta circular, també anomenada zona de separació

Hi ha 14 cintes a la planta circular principal i totes elles es comporten de la mateixa manera. En accionar-se el mode automàtic comencen la marxa i no s'aturen a no ser que s'acciioni el polsador de parada per aturar la planta, s'acciioni el polsador "stop" per fer una parada d'emergència o s'ompli el magatzem.

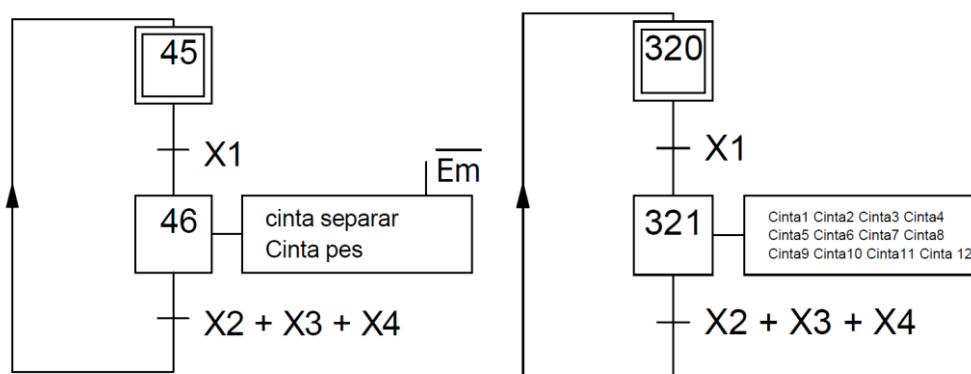


Figura 22. GRAFCETs de la planta principal.

10.2.1.3 Estacions d'identificació i classificació o sortides

Estació de selecció per mida (alta)

El GRAFCET representa el funcionament d'un sistema que selecciona peques en funció de la seva alçada, tenint en compte que l'alçada de l'objecte és directament proporcional a la seva mida, una alçada gran ens indica que l'objecte és gran, una alçada mitjana ens indica que ens trobem davant d'un objecte mitjà i, finalment, si l'objecte no té una alçada gran o mitjana estem davant d'una peça petita.

Per a determinar l'alçada dels objectes s'utilitza un sensor d'alçada. El sistema es completa amb un braç pivotador, que és l'encarregat de dirigir l'objecte cap a la sortida pertinent.

El sistema roman en repòs mentre el sensor d'alçada no detecta un element dins dels paràmetres programats.

En el cas que el sensor detecta que la peça és gran mitjançant el sensor s_alta, es realitza l'acció de dirigir-la cap a la sortida 1 accionant el gir i la cinta del braç pivotador, així com la primera cinta de la sortida1.

En la sortida 1 hi ha dos sensors, el primer ($s_entrada_alta$), s'activa quan entra alguna peça a la sortida, acciona totes les cintes de la sortida a la vegada que fa que el braç pivotador entri en repòs per tal que l'objecte pugui continuar el recorregut, el segon s'activa quan la peça arriba al final de la sortida i fa aturar l'última cinta del recorregut per tal que el braç robòtic paletitzador que s'encarrega de l'empaquetament, la pugui recollir.

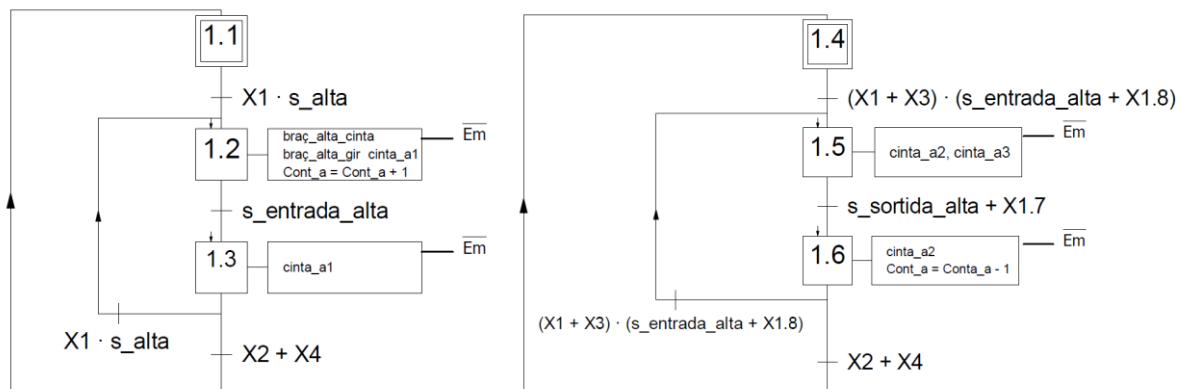


Figura 23. GRAFCETs de control de l'estació de selecció de peques altes 1.

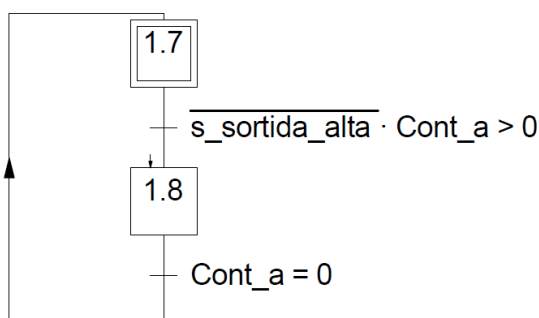


Figura 24. GRAFCET de control de l'estació de selecció de peques altes 2.

Paral·lelament al procés anteriorment descrit, hi ha un comptador que compta el nombre de peques que hi ha dins la sortida perquè, en cas que hi quedi alguna peça i l'última cinta transportadora no estigui accionada, s'accioni. Aquest comptador també permet que quan no hi hagi cap peça a la sortida les cintes parin.

Per últim, si el sensor d'alçada no detecta la peça, és a dir, la peça no és gran, aquesta continuarà el seu recorregut per la cinta central.

Aquesta seqüència no comença si la planta no està en mode automàtic i para si el magatzem s'omple o s'acciona la parada d'emergència.

Si la seqüència ja està iniciada i s'acciona la parada, per fer una pausa, el procés continua fins que no queden peques a la sortida, moment en el qual para.

Estació de selecció per mida (mitjana)

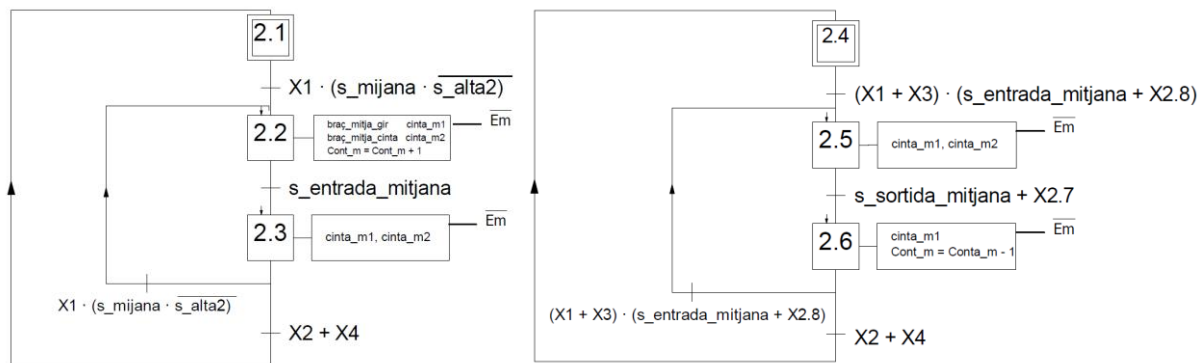


Figura 25. GRAFCETs de control de l'estació de selecció de peces mitjanes 1.

A la figura que es mostra a continuació es pot veure el símil del primer GRAFCET amb l'esquema de contactes fet amb TIA Portal.

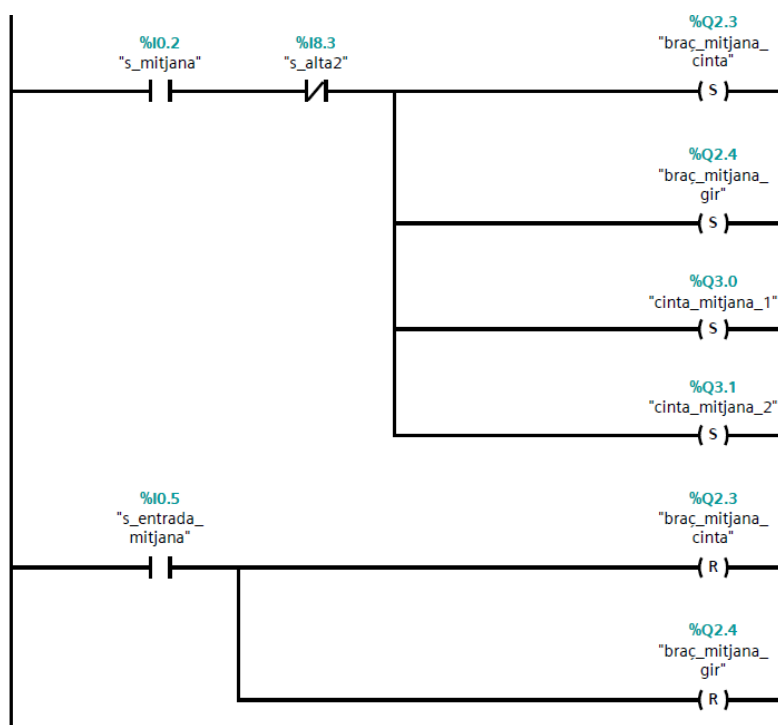


Figura 26. Esquema de contactes del control de selecció de peces mitjanes.

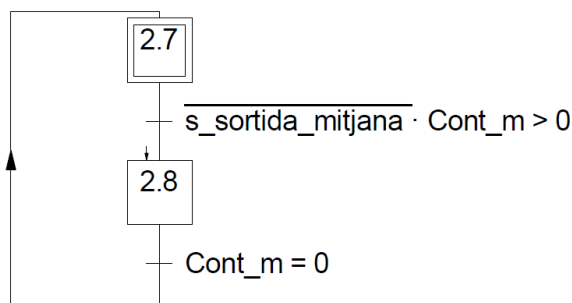


Figura 27. GRAFCET de control de l'estació de selecció de peces mitjanes 2.

El sistema roman en repòs mentre el sensor d'alçada no detecta un element dins dels paràmetres programats.

En el cas que el sensor detecti que la peça és mitjana mitjançant els sensors s_mitjana i s_alta2, es realitza l'acció de dirigir-la cap a la sortida 2 accionant el gir i la cinta del braç pivotador, així com les cintes de la segona sortida.

En la sortida 2 hi ha dos sensors, el primer (s_entrada_mitjana), s'activa quan entra alguna peça a la sortida, i fa que el braç pivotador entri en repòs, el segon (s_sortida_mitjana) s'activa quan la peça arriba al final de la sortida i fa aturar l'última cinta del recorregut per tal que el braç robòtic paletitzador que s'encarrega de l'empaquetament la pugui recollir.

Paral·lelament al procés anteriorment descrit hi ha un comptador comptant les peces que hi ha dins la sortida perquè, en cas que quedi alguna peça i l'última cinta transportadora no estigui accionada, s'accioni. Aquest comptador també permet que quan no hi ha peces a la sortida les cintes parin.

Per últim, si el sensor d'alçada no detecta la peça, és a dir, la peça no és mitjana, aquesta continua el seu recorregut per la cinta central.

Aquesta seqüència no comença si la planta no està en mode automàtic i para si el magatzem s'omple o s'acciona la parada d'emergència.

Si la seqüència ja està iniciada i s'acciona la parada, per fer una pausa, el procés continua fins que no queden peces a la sortida, moment en el qual para.

Estació de selecció per pes

En aquesta estació, mentre el pes detectat per la bàscula no supera els tres kilograms, les cintes estan funcionant i la "cinta_separar_esquerra", que és l'actuador encarregat de seleccionar la direcció en que continuaran les peces, enfoca cap a la sortida 3. Si el pes d'alguna peça supera els tres kilograms, sent així una peça pesada, la direcció dels rodets canvia i la peça pot continuar el seu recorregut per la cinta principal, els rodets tornen a la seva posició de repòs un cop la peça supera el sensor "s_emisor3".

Si la peça és seleccionada com a lleugera, entra a la sortida i continua el seu recorregut per les cintes, ja prèviament activades, fins a arribar al final de la sortida, on el sensor "s_sortida_lleugeres" la detecta i la "cinta_lleugeres3" s'atura. Posteriorment, el robot paletitzador cartesià s'emporta la peça i la cinta es torna a activar.

Aquesta seqüència no comença si la planta no està en mode automàtic i para si el magatzem s'omple o s'acciona la parada d'emergència.

Si la seqüència ja està iniciada i s'acciona la parada, per fer una pausa, el procés continua fins que no queden peces a la sortida, moment en el qual para.

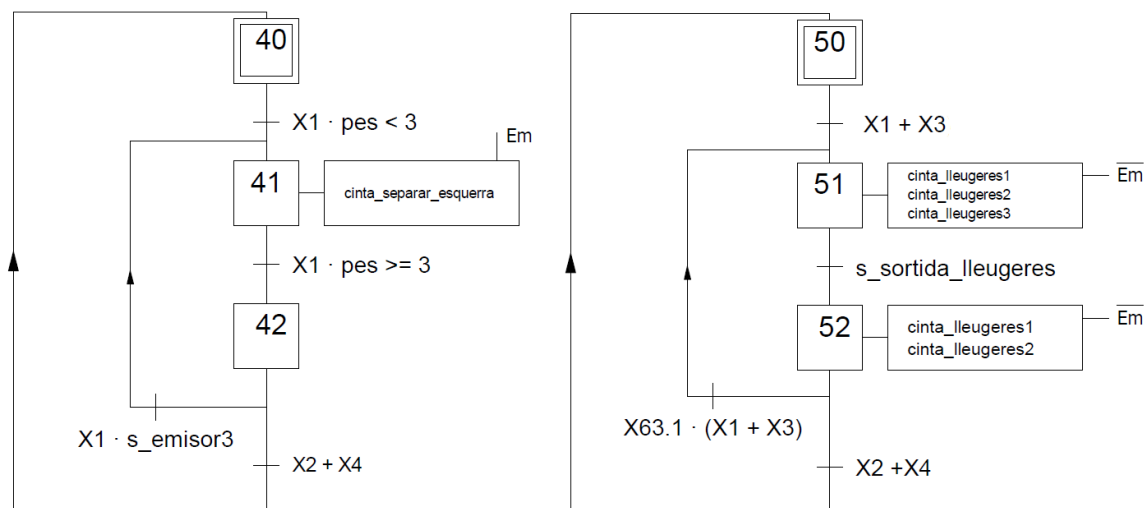


Figura 28. GRAFCETs de control de l'estació de selecció per pes.

A la figura que es mostra a continuació es pot observar el control de la selecció de peques lleugeres, explicat anteriorment, fet amb esquema de contactes.

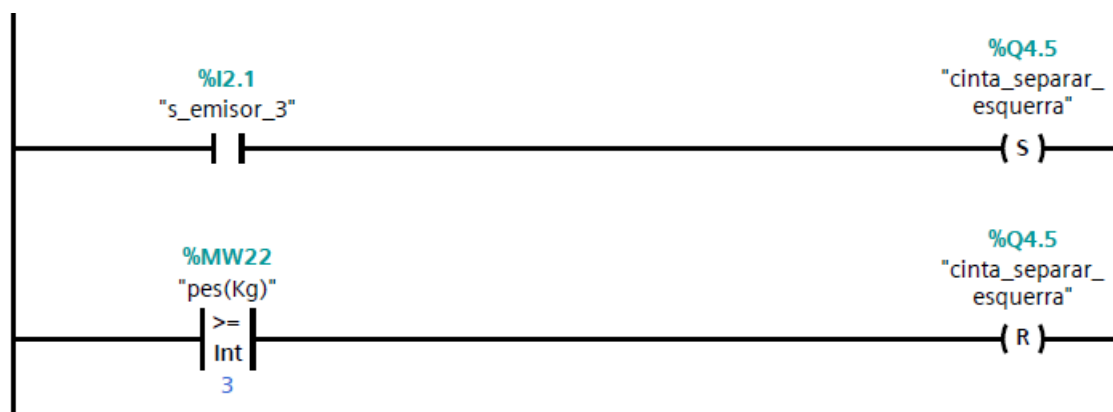


Figura 29. Esquema de contactes de la selecció de peques lleugeres.

Estació de selecció per material (metàlica)

En la figura 30 es veu representat el control de la sortida 4. En aquesta sortida s'accionen la cinta de la sortida i el gir i la cinta del braç pivotador quan el sensor inductiu "s_metalica" s'activa, ja que això vol dir que la peça que passa pel seu davant és metàl·lica.

Quan la peça entra a la sortida, el sensor "s_entrada_metalica" la detecta i la cinta i el gir del braç pivotador s'aturen.

Finalment, quan la peça arriba al final de la sortida la cinta s'atura per tal que el braç robòtic paletitzador la pugui recollir.

Com que la cinta d'aquesta estació és curta no hi pot haver més d'una peça alhora, fins que el braç pivotador no s'emporta la peça que hi hagi a la sortida, no en pot entrar cap més.

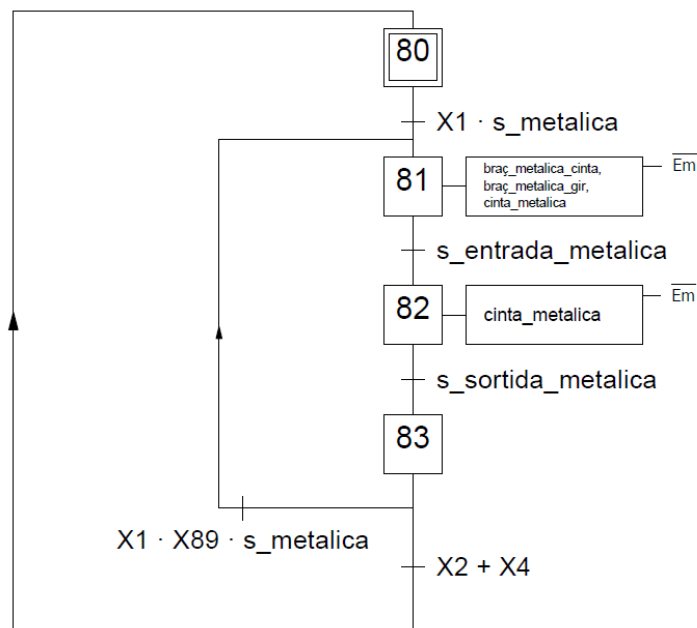


Figura 30. GRAFCET de control de l'estació de selecció per material (metàlic).

Estació de selecció per material (plàstic blau)

Per a determinar el color dels objectes s'utilitza un sensor de visió. El sistema es completa amb un braç pivotador, que és l'encarregat de dirigir l'objecte cap a la sortida pertinent.

El sistema roman en repòs mentre el sensor de visió no detecta un element blau.

Si el sensor detecta que la peça és blava mitjançant el sensor "s_blau", es realitza l'acció de dirigir-la cap a la sortida 5 accionant el gir i la cinta del braç pivotador, així com la primera cinta de la sortida.

En la sortida hi ha dos sensors, el primer (s_entrada_blava), s'activa quan entra alguna peça a la sortida i fa que el braç pivotador entri en repòs per tal que l'objecte pugui continuar el recorregut, el segon s'activa quan la peça arriba al final de la sortida i fa aturar l'última cinta del recorregut per tal que el braç robòtic paletitzador, que s'encarrega de l'empaquetament, la pugui recollir.

Paral·lelament al procés anteriorment descrit hi ha un comptador que compta el nombre de peces que hi ha dins la sortida perquè, en cas que quedi alguna peça i l'última cinta transportadora no estigui accionada, s'accioni. Aquest comptador també permet que quan no hi ha cap peça a la sortida la cinta s'aturi.

Per últim, si el sensor de visió no detecta la peça, és a dir, la peça no és blava, aquesta continua el seu recorregut per la cinta central.

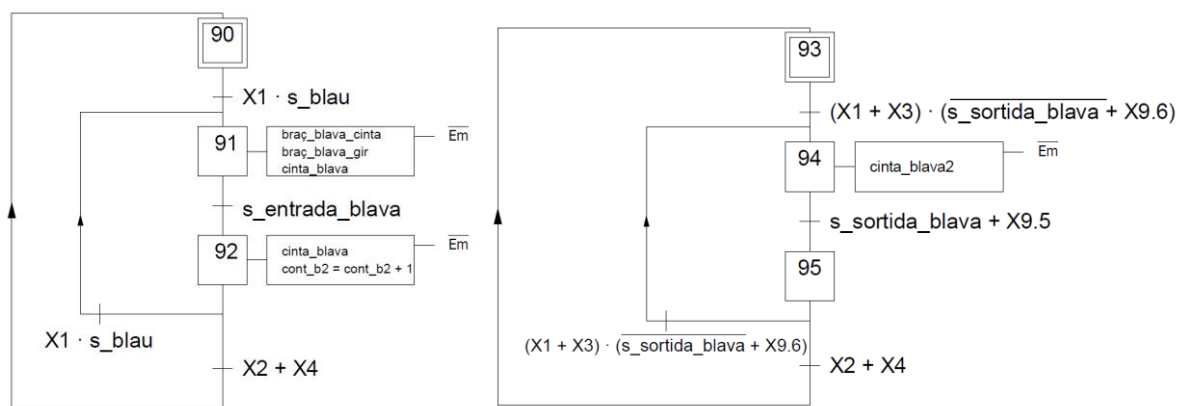


Figura 31. GRAFCET de control de l'estació de selecció per material (blau) 1.

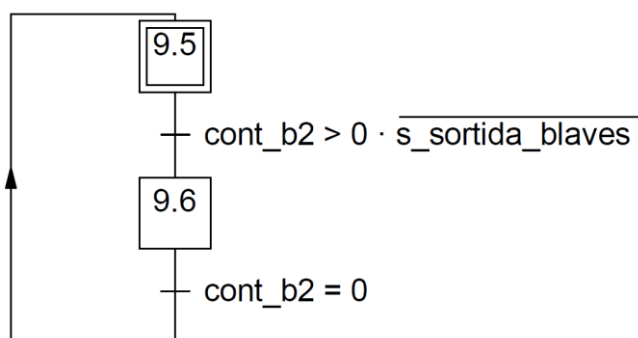


Figura 32. GRAFCET de control de l'estació de selecció per material (blau) 2.

Estació de selecció per material (plàstic verd)

El control d'aquesta estació és el mateix que l'anteriorment descrit per a l'estació de selecció de peces blaves. L'única diferència és que en aquest cas el sensor de visió detecta les peces de color verd.

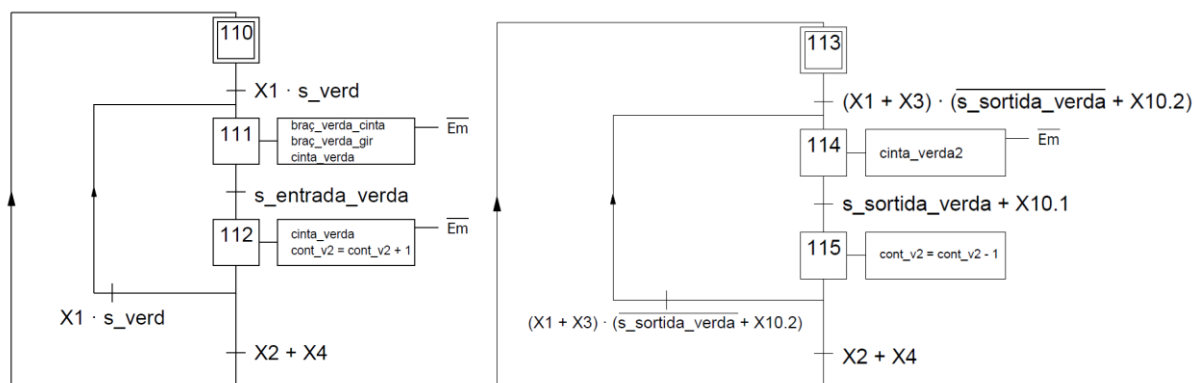


Figura 33. GRAFCET de control de l'estació de col·lecció per material (verd) 1.

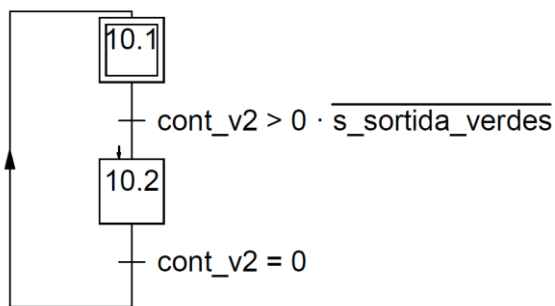


Figura 34. GRAFCET de control de l'estació de col·lecció per material (verd) 2.

10.2.2 Fase d'empaquetament

Secció d'empaquetament de les peces altes i mitjanes

El següent GRAFCET descriu el funcionament que fa el braç robòtic paletitzador per agafar les peces altes o mitjanes i col·locar-les en un palet.

Si es detecten alhora peces al final de les dues sortides, es dona prioritat a la peça mitjana, ja que, el recorregut de la sortida dos és més curt.

El braç activa el seu moviment per recollir la peça un cop aquesta es detecta a la sortida de la cinta i a continuació es diposita en el palet.

Si el braç robòtic paletitzador ja està col·locant una peça i n'arriba una altra, aquesta s'espera al final de la seva sortida.

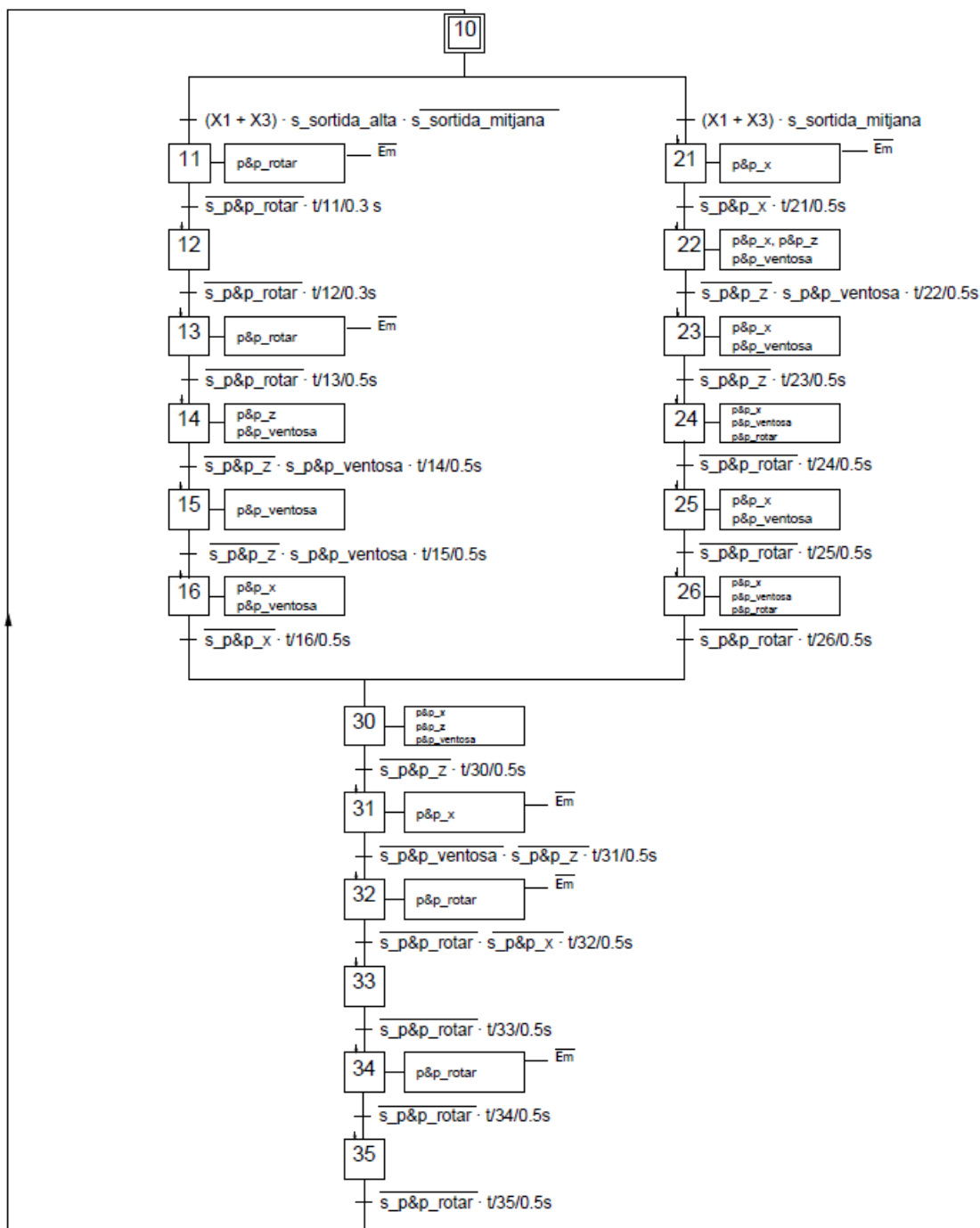


Figura 35. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de peces mitjanes i altes.

La cinta del palet funciona fins que s'activa el sensor "s_palet". Aquest sensor està col·locat de forma que permet que es puguin parar els palets en el lloc adequat per dipositar-hi les peces.

Un cop el braç robòtic paletitzador col·loca la peça sobre el palet, la cinta s'activa perquè aquest pugui anar cap al magatzem.

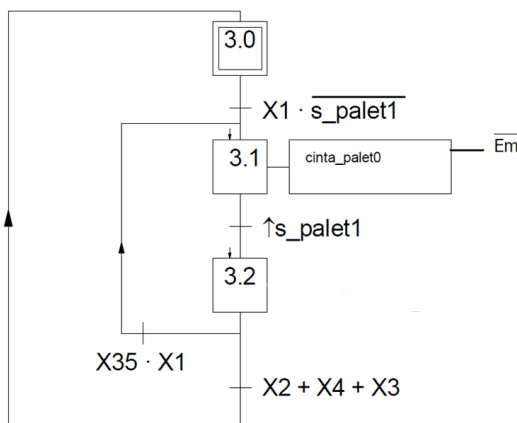


Figura 36. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de les peces mitjanes i altes.

A la figura 37 podem veure l'esquema de contactes del procés anteriorment descrit.

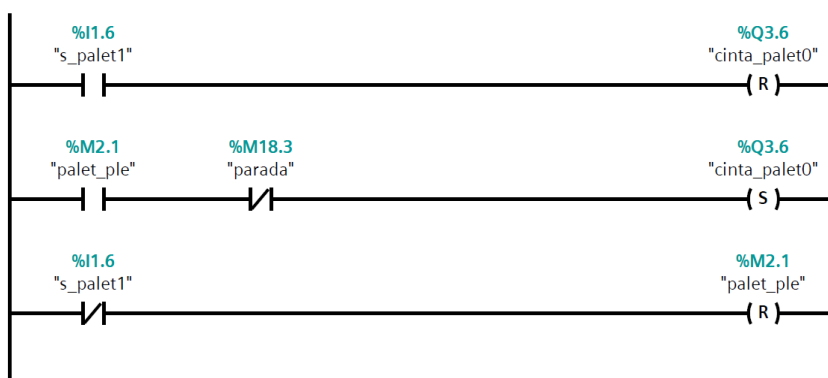


Figura 37. Esquema de contactes del control de la primera cinta de transport de palets de peces altes i mitjanes.

Aquest GRAFCET descriu el sistema RFID d'escriptura de l'estació d'empaquetament de peces altes i mitjanes, que serveix per identificar amb el codi de producte l'etiqueta que porta el palet.

En el moment que el braç robòtic paletitzador està realitzant la seqüència de recollida d'una peça, la variable "RFID seleccionar mida" pren el valor 4 o 5 depenent de si la peça que s'està recollint és alta o mitjana, posteriorment, escriu en l'etiqueta del palet el valor seleccionat.

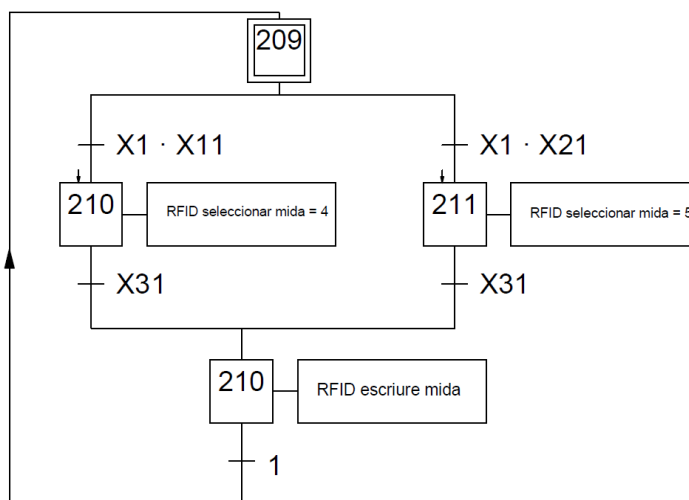


Figura 38. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces altes i mitjanes.

Secció d'empaquetament de de les peces lleugeres

El funcionament del robot paletitzador cartesià que s'encarrega de l'empaquetament de les peces lleugeres, es pot descriure amb el següent GRAFCET (Figura 39):

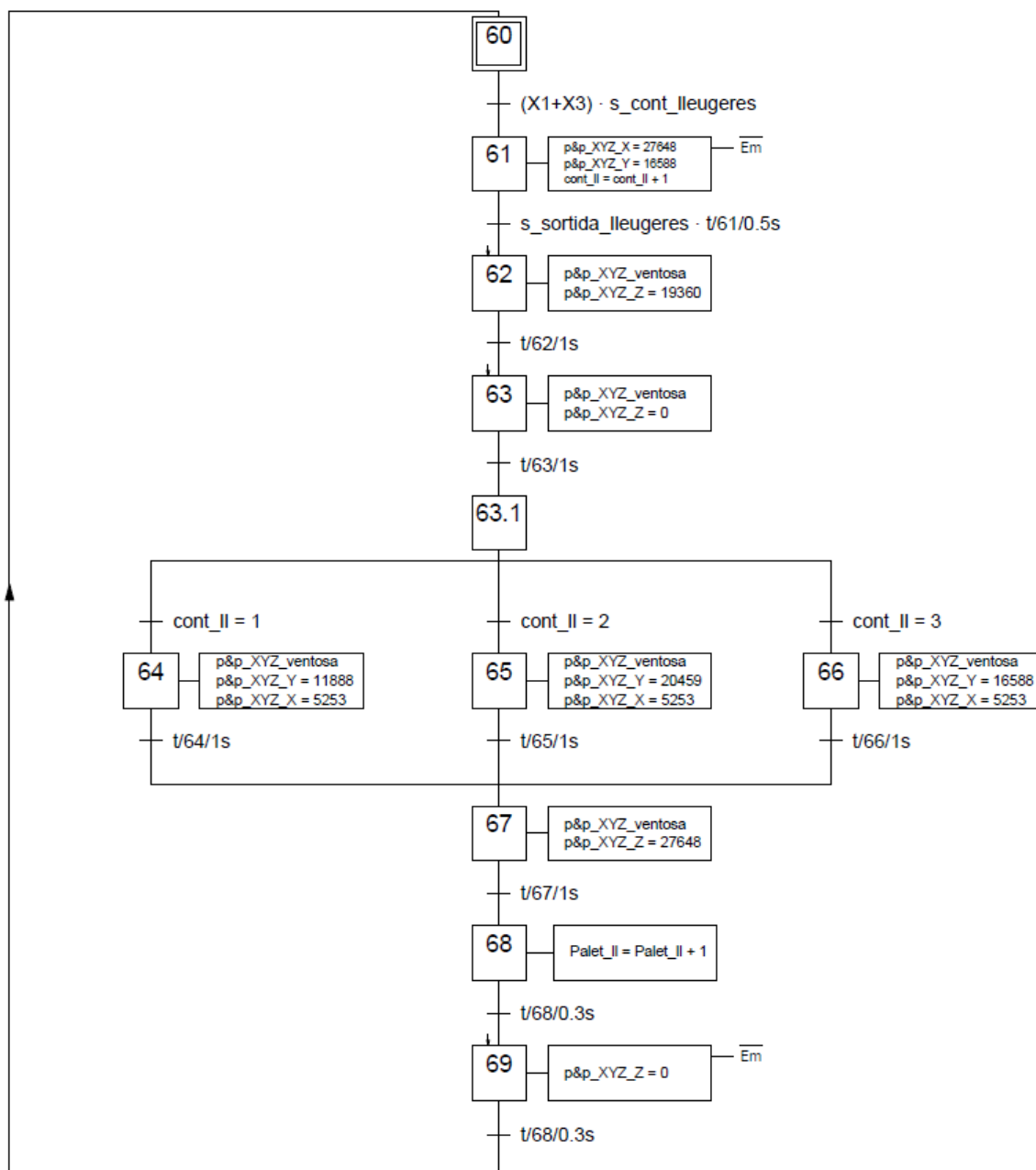


Figura 39. GRAFCET de control del robot paletitzador cartesià.

Si es detecta una peça al final de la sortida 3, mitjançant l'activació del sensor "s_sortida lleugeres", el robot la recull seguint una seqüència de moviment sobre els eixos XYZ i la diposita en el palet.

En aquest mateix moment, el comptador actualitza el nombre de peces que hi ha al palet i informa el braç cartesià de la posició concreta que ha d'ocupar la peça sobre el palet. La primera peça que arriba es diposita a l'esquerra, la segona a la dreta i la tercera a sobre de les anteriors, tal com es mostra a la següent figura.



Figura 40. Posició de les peces lleugeres sobre el palet.

Si el robot paletitzador cartesià està col·locant una peça i n'arriba una altra, aquesta s'espera al final de la seva sortida.

La cinta del palet funciona fins que s'activa el sensor "s_palet_metalica". Aquest sensor està col·locat de forma que permet que es puguin parar els palets en el lloc adequat per dipositar-hi les peces.

Un cop hi ha tres peces dipositades sobre el palet, la cinta s'activa perquè aquest vagi cap al magatzem. (Figura 41)

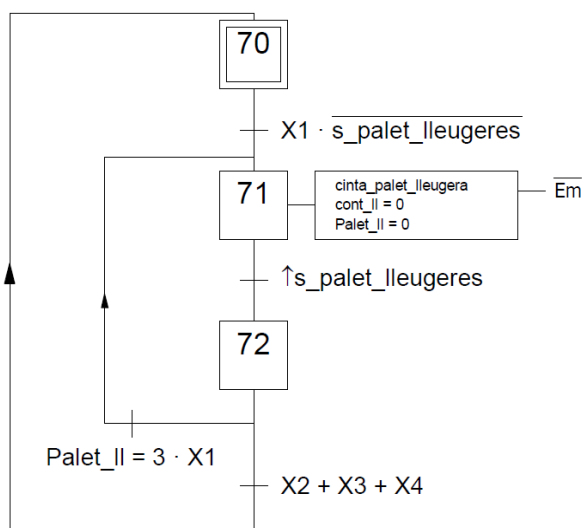


Figura 41. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces lleugeres.

S'utilitza el següent GRAFCET per descriure el sistema RFID d'escriptura de l'estació d'empaquetament de peces lleugeres, que serveix per identificar amb el codi de producte l'etiqueta que porta el palet. Aquesta operació es realitza quan el palet arriba a la posició per que el braç robòtic paletitzador hi dipositi el material.

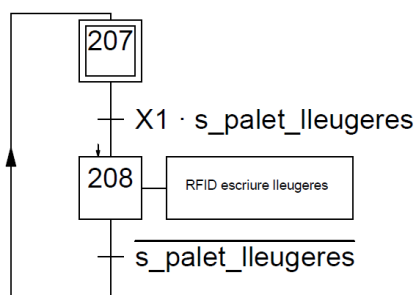


Figura 42. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces lleugeres.

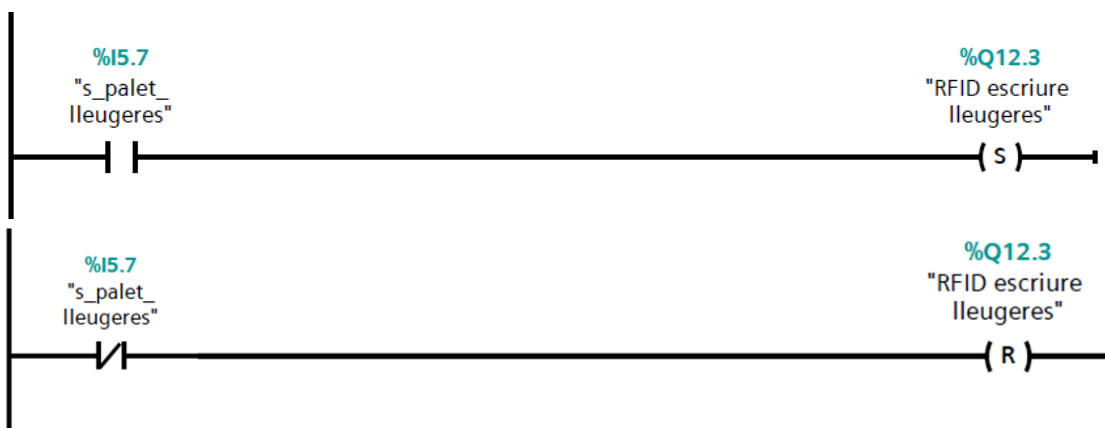


Figura 43. Esquema de contactes del control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces lleugeres.

Secció d'empaquetament per material i color

Las tres estacions que componen aquesta secció tenen un funcionament similar, fet que fa que els GRAFCETs utilitzats per descriure el procés d'empaquetament siguin molt semblants. La principal diferència recau en la seqüència de moviments que segueix cadascun dels braços robòtics paletitzadors quan agafen les peces per dipositar-les als corresponents palets, ja que la posició del palet respecte al lloc de recollida de la peça varia d'una estació a l'altra.

Estació d'empaquetament de les peces metàl·liques

Aquest GRAFCET (Figura 44) descriu la seqüència de moviment que realitza el braç robòtic paletitzador de l'estació d'empaquetament 3 des que arriba una peça al final de la sortida fins que és dipositada a la capça que hi ha sobre el palet.

Quan el nombre de peces dins la capsa és igual a tres, s'activa la cinta que porta el palet cap al magatzem. Per al recompte de peces s'utilitza un comptador. (Figura 45)

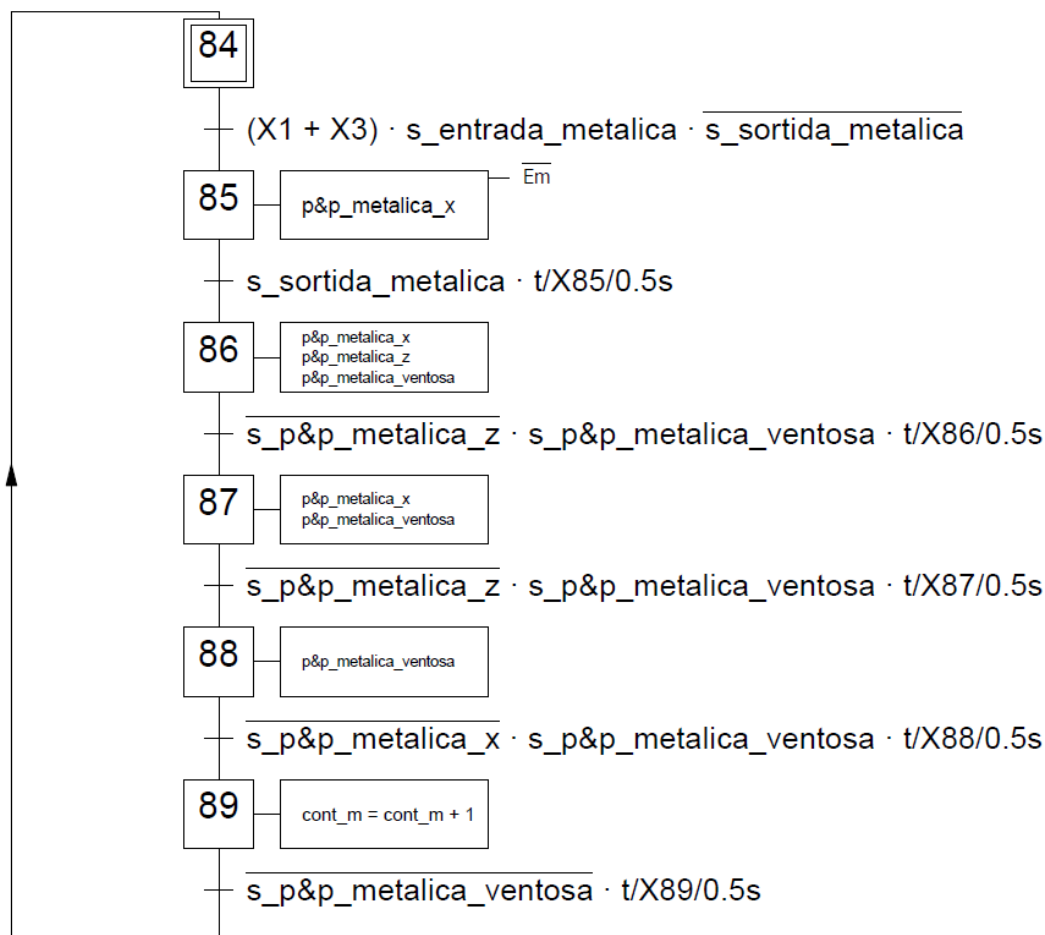


Figura 44. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de les peces metàl·liques.

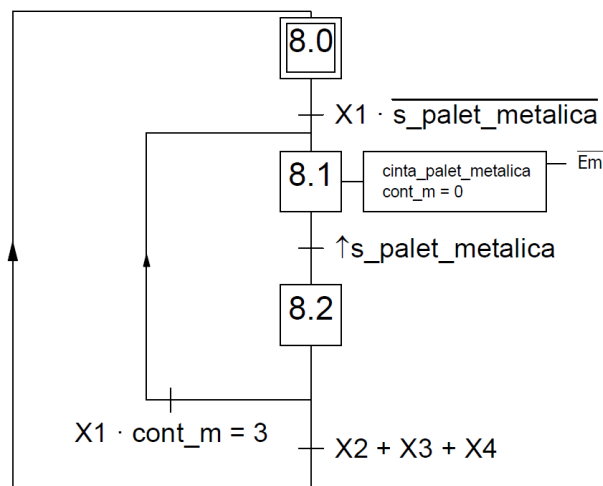


Figura 45. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces metàl·liques.

Estació d'empaquetament de de les peces blaves

La Figura 46 correspon al GRAFCET que descriu la seqüència de moviment que realitza el braç robòtic paletitzador de l'estació d'empaquetament 4 des que arriba una peça al final de la sortida fins que es diposita a la capça que hi ha sobre el palet.

Quan el nombre de peces dins la capsa és igual a tres, s'activa la cinta que porta el palet cap al magatzem. Per al recompte de peces s'utilitza un comptador. (Figura 47)

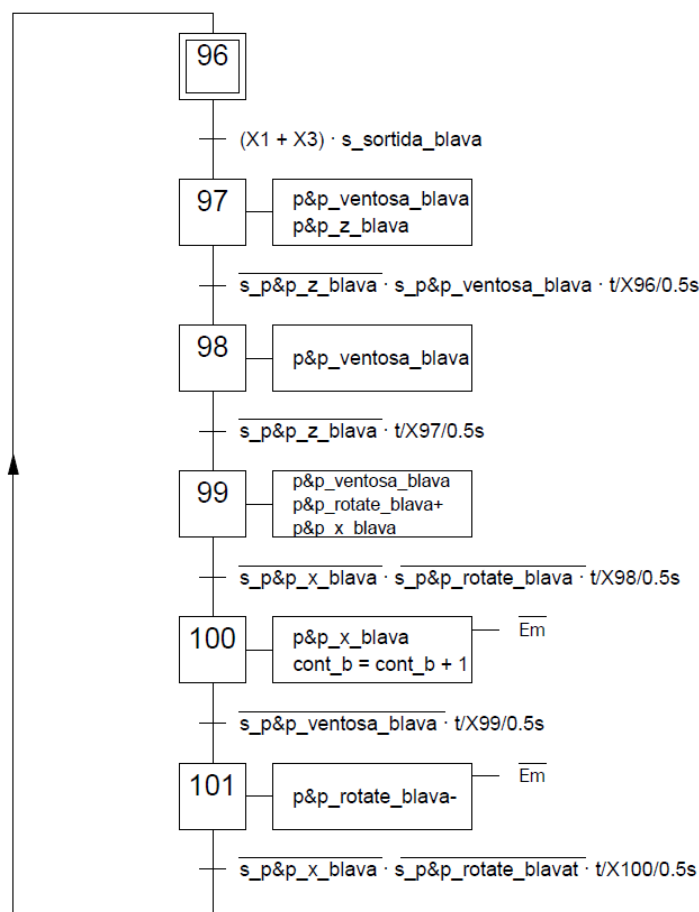


Figura 46. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de les peces blaves.

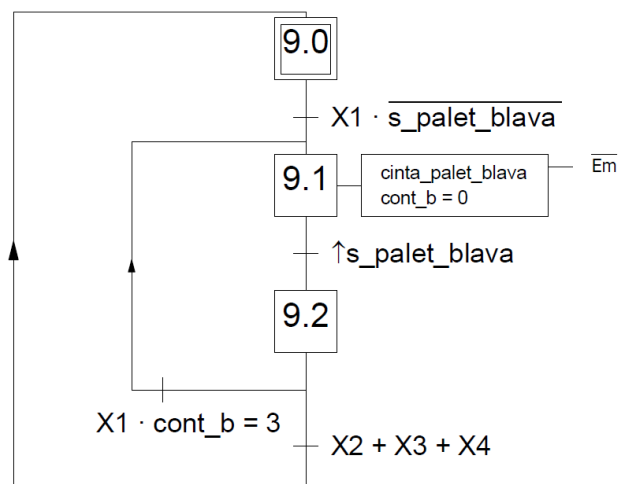


Figura 47. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces blaves.

En la següent figura es pot veure la traducció a esquema de contactes del GRAFCET anterior.

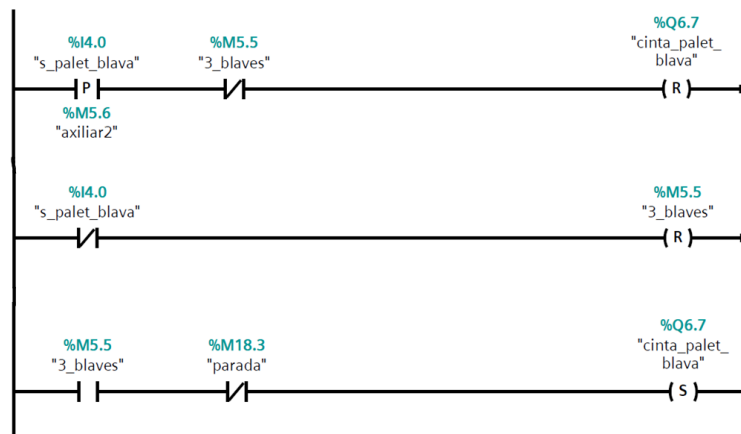


Figura 48. Esquema de contactes del control de la primera cinta de transport de les peces metàl·liques.

Aquest GRAFCET correspon a la programació del sistema RFID d'escriptura de l'estació d'empaquetament de peces blaves, que serveix per identificar amb el codi de producte l'etiqueta que porta el palet. Aquesta operació es realitza quan el palet arriba a la posició perquè el braç robòtic paletitzador hi dipositi el material.

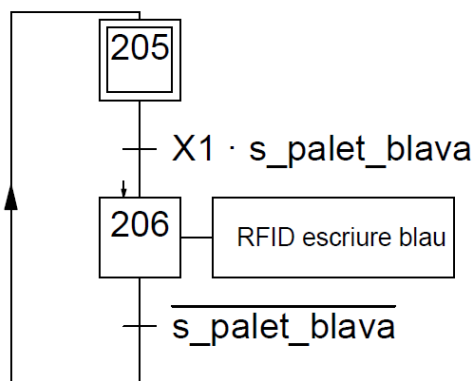


Figura 49. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces blaves.

Estació d'empaquetament de de les peces verdes

La Figura 50 correspon al GRAFCET que descriu la seqüència de moviment que realitza el braç robòtic paletitzador de l'estació d'empaquetament 5 des que arriba una peça al final de la sortida fins que és dipositada a la capça que hi ha sobre el palet.

Quan el nombre de peces dins la capsa és igual a tres, s'activa la cinta que porta el palet cap al magatzem. Per al recompte de peces s'utilitza un comptador. (Figura 51)

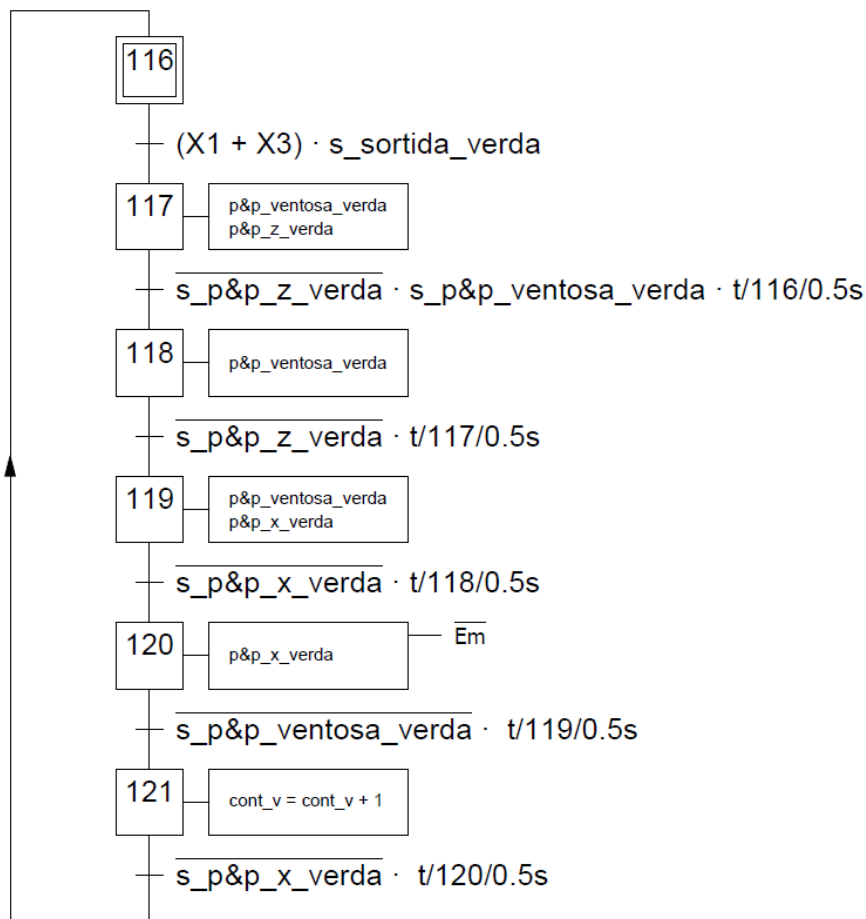


Figura 50. GRAFCET de control del braç robòtic paletitzador de les peces verdes.

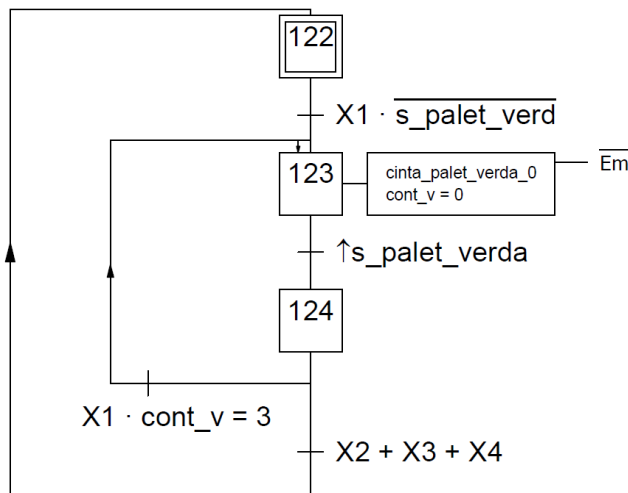


Figura 51. GRAFCET de control de la primera cinta de transport de palets de peces verdes.

El següent GRAFCET correspon a la programació del sistema RFID d'escriptura de l'estació d'empaquetament de peces verdes, que serveix per identificar amb el codi de producte l'etiqueta que porta el palet. Aquesta operació es realitza quan el palet arriba a la posició perquè el braç robòtic paletitzador hi dipositi el material.

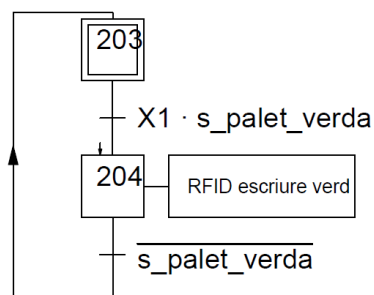


Figura 52. GRAFCET de control del sistema RFID de l'estació d'empaquetament de peces verdes.

10.2.3 Fase d'emmagatzematge

La fase d'emmagatzematge es pot descriure tot agrupant els GRAFCETs corresponents en tres grups:

Un primer grup format per les cintes d'emmagatzematge 3, 4 i 5 i la taula giratòria de materials.

Un segon grup compost per les cintes d'emmagatzematge 1, 2 i 6 i la taula giratòria de magatzem.

Un tercer grup on es troben la cinta d'emmagatzematge principal i el mateix magatzem.

El funcionament del primer i segon grup és idèntic, canviant només els noms dels components, és per aquest motiu que es descriu el funcionament del primer grup sobre els GRAFCETs corresponents, en el cas del segon grup, es faciliten els GRAFCETs amb els noms dels seus elements i es passa a descriure el funcionament del tercer grup.

GRAFCETs i descripció del primer grup:

En el primer grup es descriu la solució proposada per a la programació de la següent taula giratòria, la qual es tracta com a un recurs compartit.

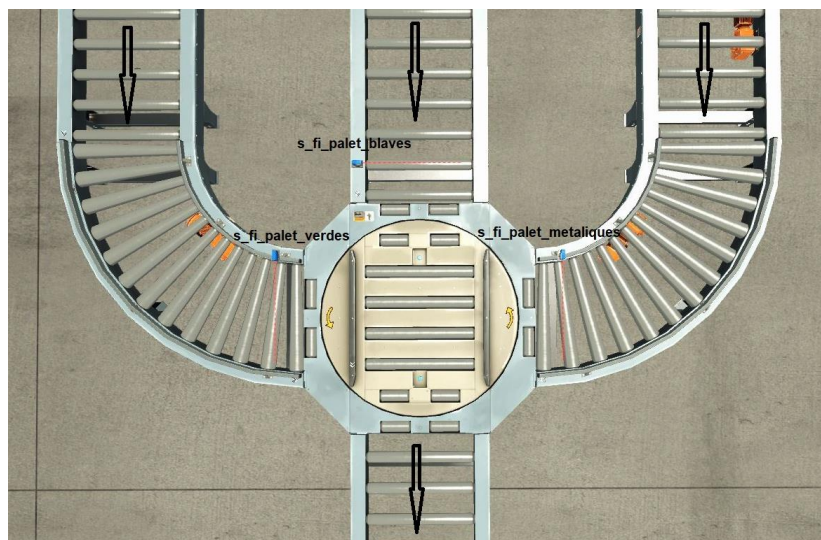


Figura 53. Taula giratòria materials.

En els següents GRAFCETs podem veure com, en el moment que arriba un palet al final de la cinta d'emmagatzematge 3, aquesta s'atura i espera que la taula giratòria es posi en la posició adequada per poder-li transferir el palet, moment en què es torna a activar.

Quan el sensor "s_fi_palet_metaliques" detecta la presència d'un palet al final de la cinta d'emmagatzematge 3 la taula giratòria comença la seqüència de moviments per alienar-se amb la cinta d'emmagatzematge 3, recollir el palet i transferir-lo a la cinta d'emmagatzematge 6.

Aquesta seqüència de recollida de palets de la cinta d'emmagatzematge 3 té prioritat sobre la de les altres dues cintes, i s'activa, sempre i quan, la taula giratòria no estigui realitzant una seqüència de moviments anterior.

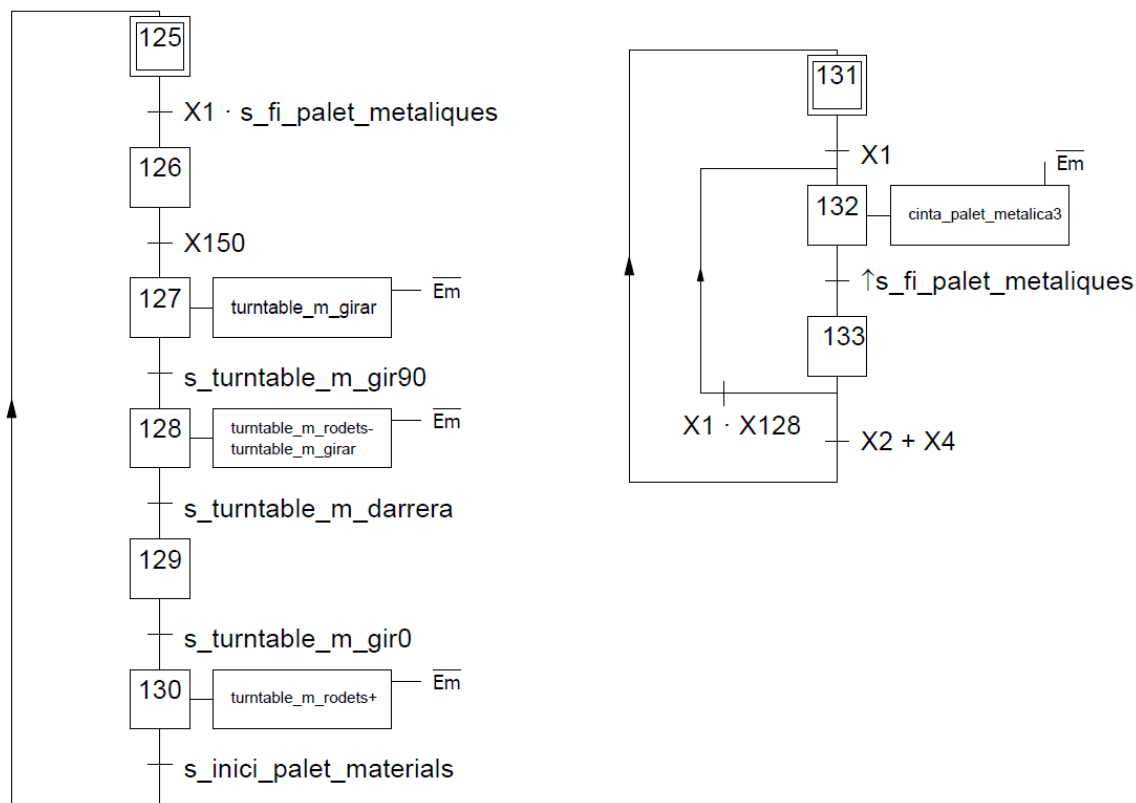


Figura 54. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 3 i taula giratòria de materials.

En els següents GRAFCETs podem veure, els passos que se segueixen en el moment que arribi un palet al final de la cinta d'emmagatzematge 4.

En el moment que "s_fi_palet_blaves" detecta presència d'un palet al final de la cinta d'emmagatzematge 4 s'avalua si la taula giratòria està en repòs i si "s_fi_palet_metaliques" està inactiu, per constatar que la taula giratòria no està realitzant cap seqüència prèvia i que no hi ha cap palet a la cinta d'emmagatzematge 3, que té prioritat sobre aquesta.

En el cas que aquestes dues condicions siguin certes, la taula giratòria es troba alienada amb la cinta d'emmagatzematge 4, en ser la seva posició de repòs, la cinta no s'atura i el palet continua el seu trajecte travessant la taula giratòria i arribant a la cinta d'emmagatzematge 6.

Si es dona el cas que una de les dues condicions o les dues alhora no són certes, la cinta d'emmagatzematge 4 s'atura i espera que sigui el seu torn.

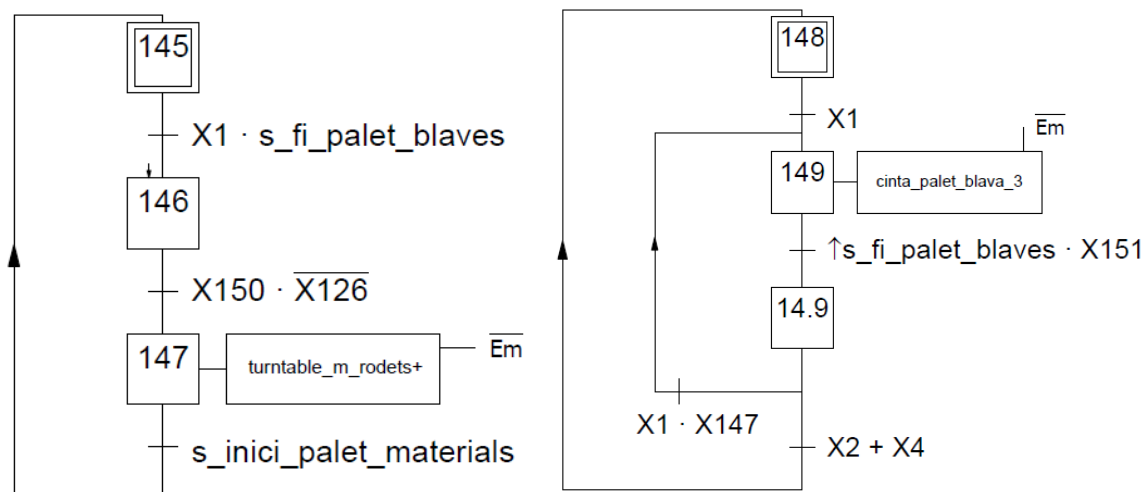


Figura 55. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 4 i taula giratòria de materials.

Es passa a descriure els passos que se segueixen en el moment que arriba un palet a la cinta d'emmagatzematge 5 mitjançant els següents GRAFCETs.

En el moment que "s_fi_palet_verdes" detecta presència d'un palet al final de la cinta d'emmagatzematge 5 s'avalua si la taula giratòria està en repòs i si "s_fi_palet_metaliques" i "s_fi_palet_blaves" estan inactius, per constatar que la taula giratòria no està realitzant cap seqüència prèvia i que no hi ha cap palet ni a la cinta d'emmagatzemat 3 ni a la cinta d'emmagatzemat 4, que tenen prioritats sobre aquesta.

En cas que aquestes tres condicions siguin certes, la taula giratòria comença la seqüència de moviments per alinear-se amb la cinta d'emmagatzematge 5 i recollir el palet per dipositar-lo posteriorment a sobre de la cinta d'emmagatzematge 6.

Només que es doni el cas que una de les tres condicions no sigui certa, la cinta d'emmagatzematge 5 s'atura i espera que sigui el seu torn.

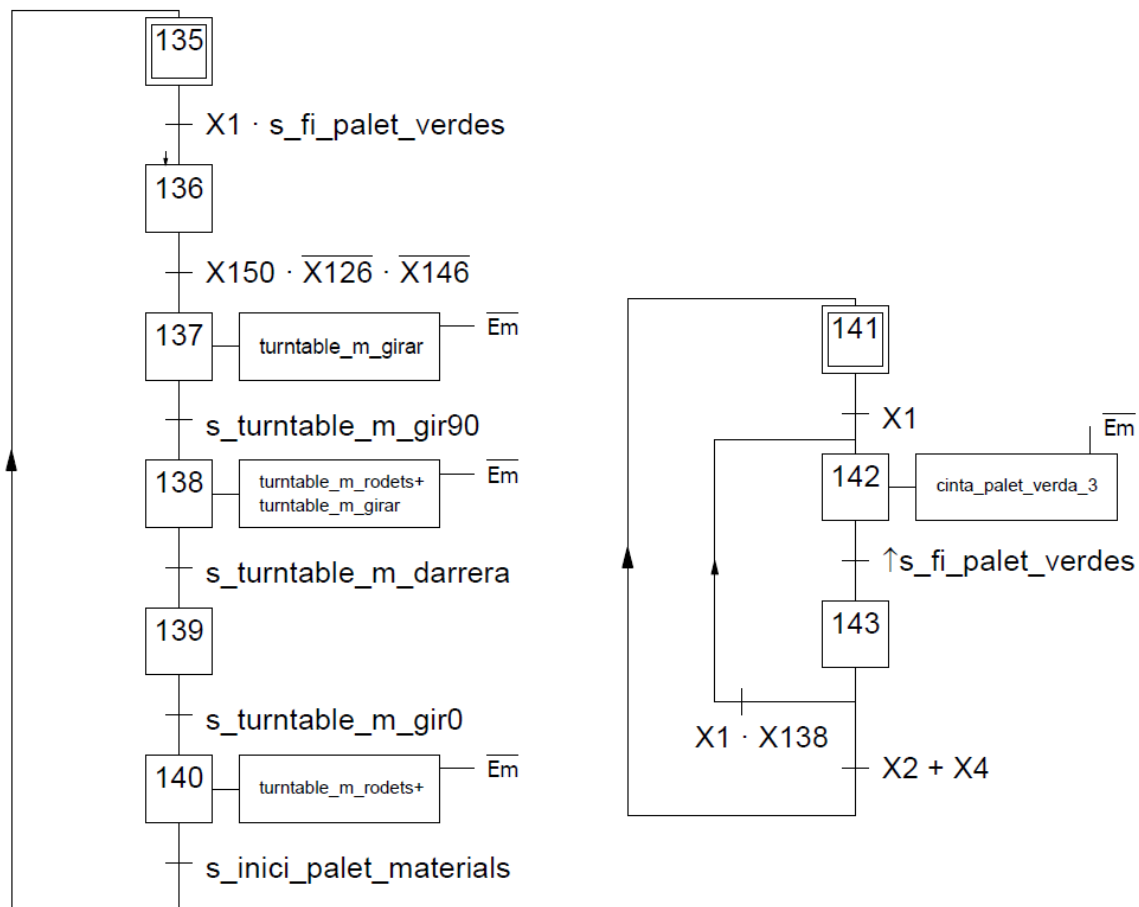


Figura 56. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 5 i taula giratòria de materials.

En el següent GRAFCET es descriu el control de l'ocupació de la taula giratòria. Si la taula giratòria està sent utilitzada, l'etapa 151 està activa. En el moment en què el palet abandona la taula giratòria deixant-la lliure, es passa a l'etapa 150.

L'activació de l'etapa 150 és una de les condicions necessàries per a que la taula giratòria s'alineï amb qualsevol de les cintes d'emmagatzematge per a recollir un palet.

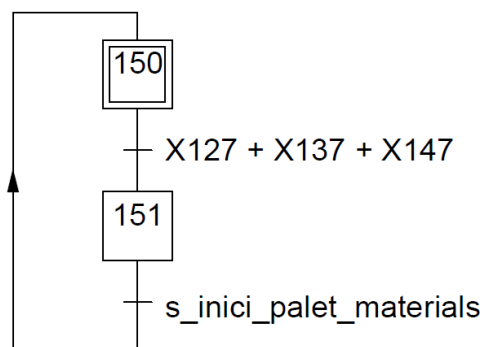


Figura 57. GRAFCET de control de la taula giratòria de materials (recurs compartit).

A continuació es mostren els GRAFCETs de control de les cintes que enllacen les cintes d'empaquetament d'aquesta zona amb les cintes d'emmagatzematge corresponents.

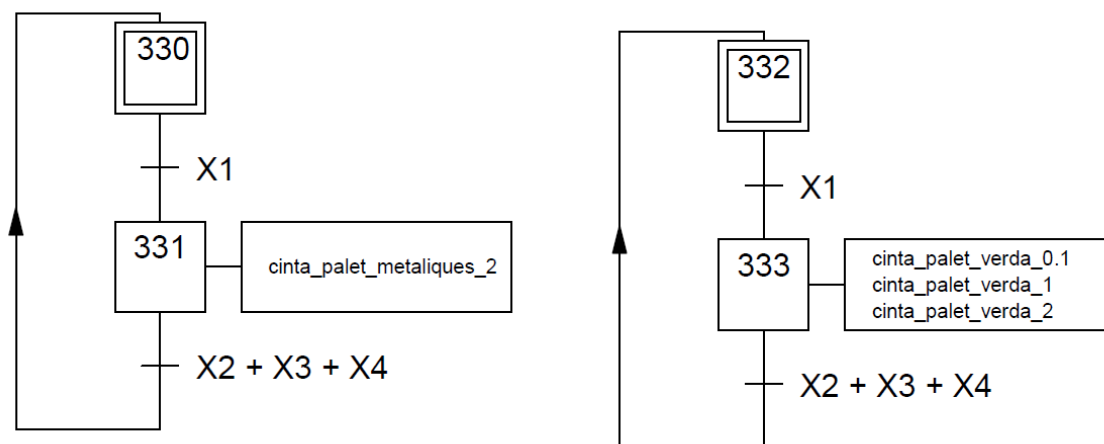


Figura 58. GRAFCET de control de les cintes intermèdies situades a les cintes d'emmagatzematge 3 i 5

GRAFCETs i descripció del segon grup:

Tal com s'ha esmentat amb anterioritat la descripció és la mateixa que la del primer grup canviant els següents elements: la taula giratòria de materials per la taula giratòria de magatzem, la cinta d'emmagatzematge 3 per la cinta d'emmagatzematge 1, la cinta d'emmagatzematge 4 per la cinta d'emmagatzematge 2, la cinta d'emmagatzematge 5 per la cinta d'emmagatzematge 6 i la cinta d'emmagatzematge 6 per la cinta d'emmagatzematge principal.

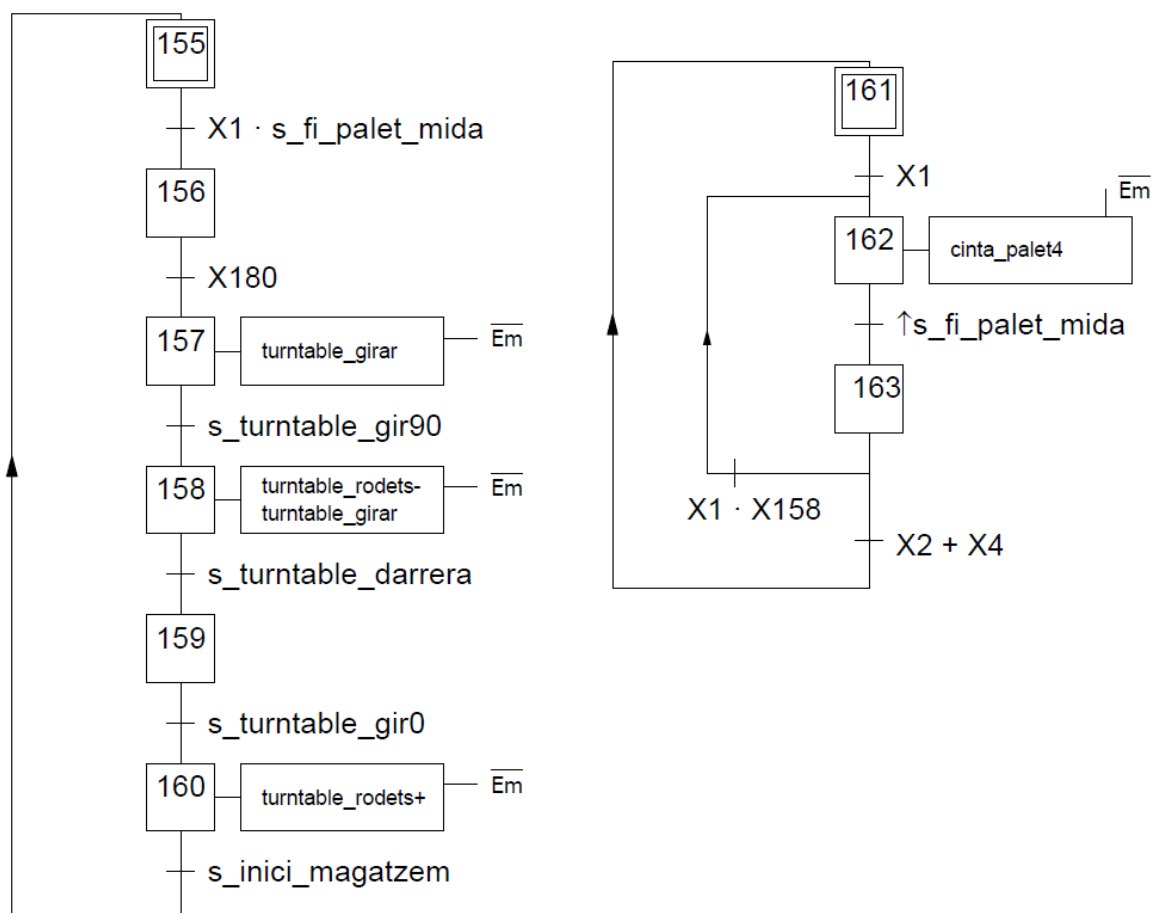


Figura 59. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 1 i taula giratòria de magatzem.

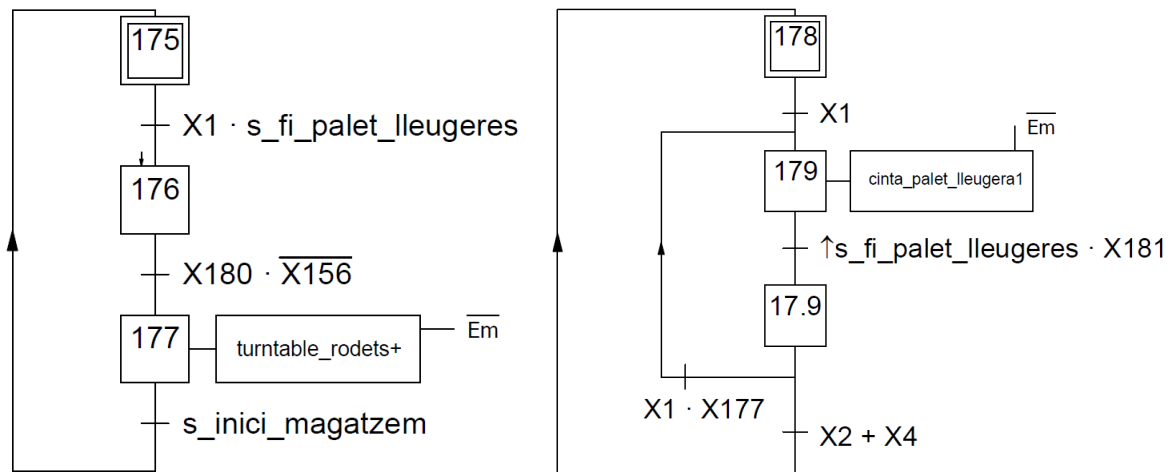


Figura 60. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 2 i taula giratòria de magatzem.

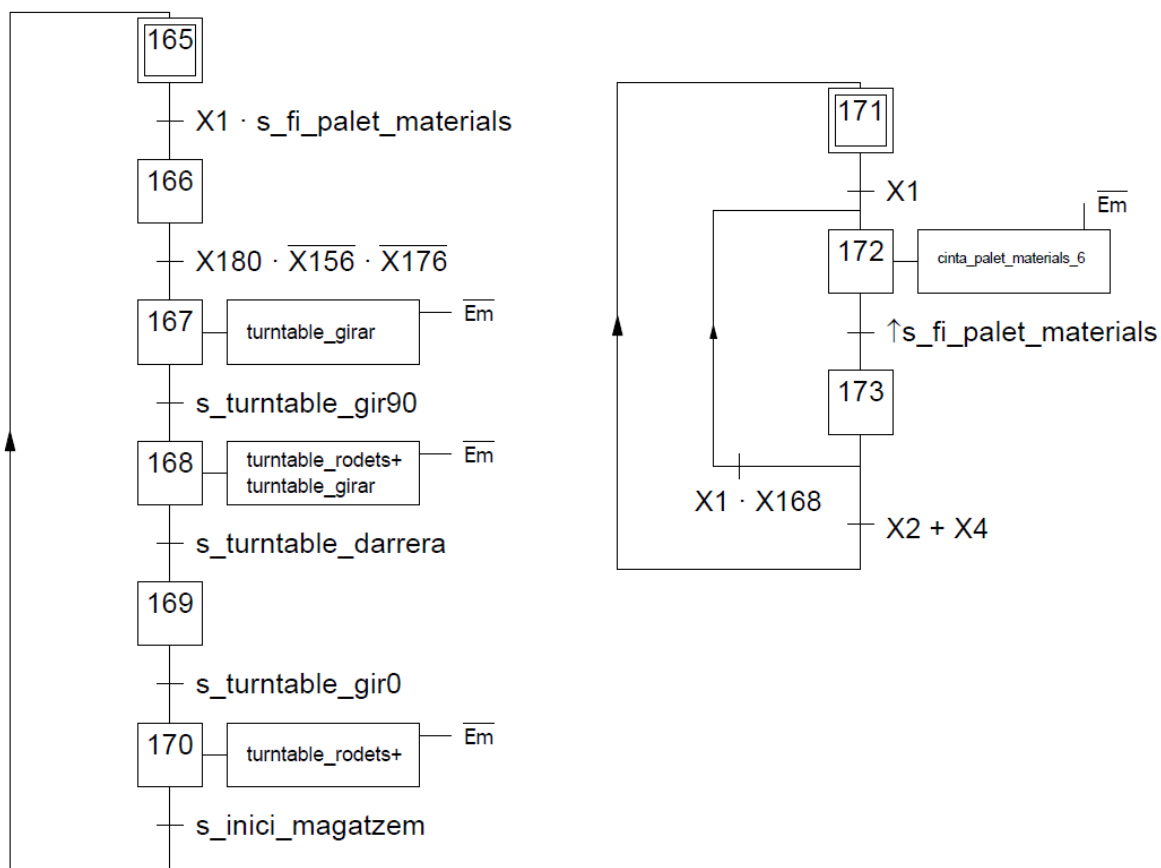


Figura 61. GRAFCET de control de la cinta d'emmagatzematge 6 i taula giratòria de magatzem.

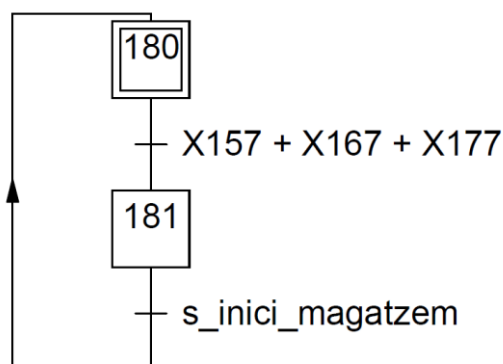


Figura 62. GRAFCET de control de la taula giratòria de magatzem (recurs compartit).

A continuació es mostren els GRAFCETs de control de les cintes que enllacen les cintes d'empaquetament d'aquesta zona amb les cintes d'emmagatzematge corresponents.

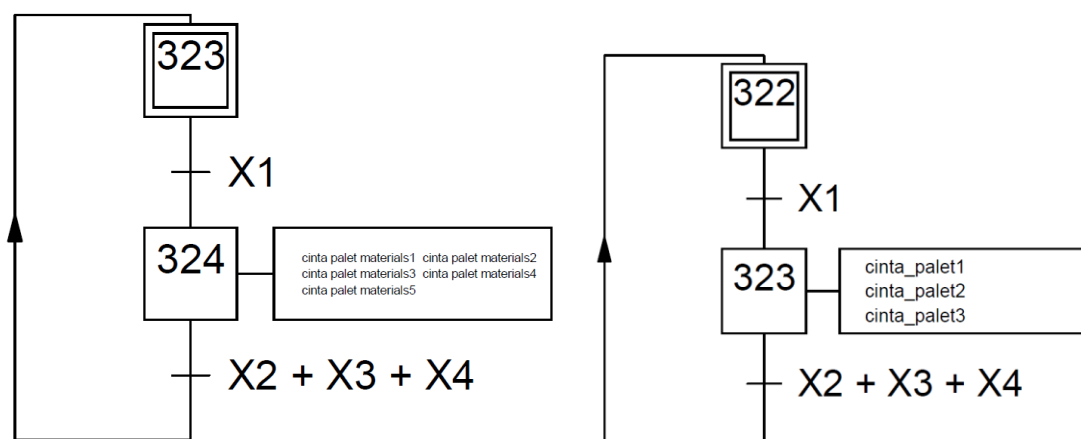


Figura 63. GRAFCET de control de les cintes intermèdies situades a les cintes d'emmagatzematge 1 i 6

GRAFCETs i descripció del tercer grup:

En primer lloc, es descriu el funcionament de les cintes que configuren la cinta d'emmagatzematge principal.

La cinta d'emmagatzematge principal es posa en funcionament quan s'activa la planta en mode automàtic.

L'últim tram d'aquesta cinta s'atura quan el sensor "s_magatzem" detecta l'arribada d'un palet al magatzem i es torna a posar en marxa en el moment que el transelevador s'endú aquest palet.

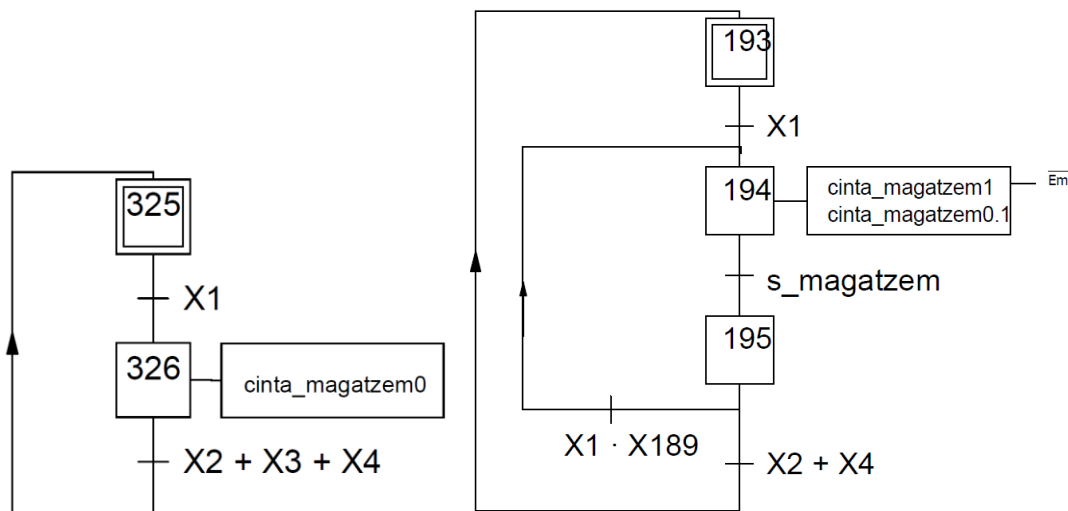


Figura 64. GRAFCETs de control del grup de cintes d'emmagatzematge principal.

El GRAFCET de la figura 28 descriu el procés de lectura de l'etiqueta del palet i el registre dels valors a la taula de dades.

Quan arriba un palet al magatzem, el sensor RFID de lectura llegeix el número de tipus de producte de l'etiqueta i l'introdueix a la taula de dades en la posició que toca, tenint en compte que la taula comença des de la posició 1 i cada cop que arriba un palet la posició augmenta en una unitat i així mateix ho fa l'índex de la taula de dades.

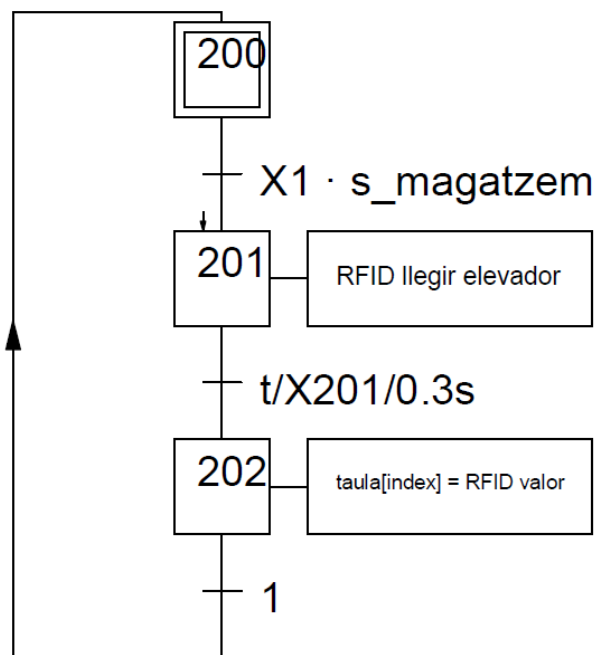


Figura 65. GRAFCET de registre de dades del magatzem.

En la següent figura es pot veure la traducció de GRAFCET anterior a esquema de contactes.

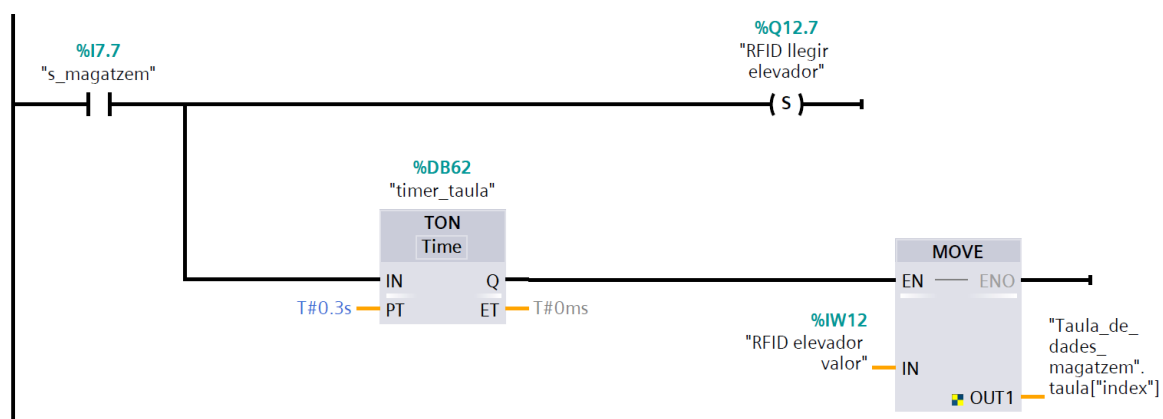


Figura 66. Esquema de contactes del control de registre de dades del magatzem

En el següent GRAFCET es descriu la seqüència de moviments que fa el transelevador des que es detecta que hi ha un palet a l'entrada del magatzem fins que el diposita a la prestatgeria assignada i torna a l'estat inicial de respòs.

En primer lloc, quan el sensor "s_magatzem" detecta que hi ha un palet a la cinta de càrrega, aquesta s'atura, tal com s'ha dit abans, i les pinces del transelevador se situen sota el palet i el recullen.

A continuació es consulta el comptador per saber la prestatgeria a la qual s'ha assignat el palet i el transelevador es desplaça fins al lloc corresponent. Un cop arriba davant de la prestatgeria estén les pinces per dipositar-hi el palet.

Posteriorment, el transelevador recull les pinces i retorna a la seva posició inicial.

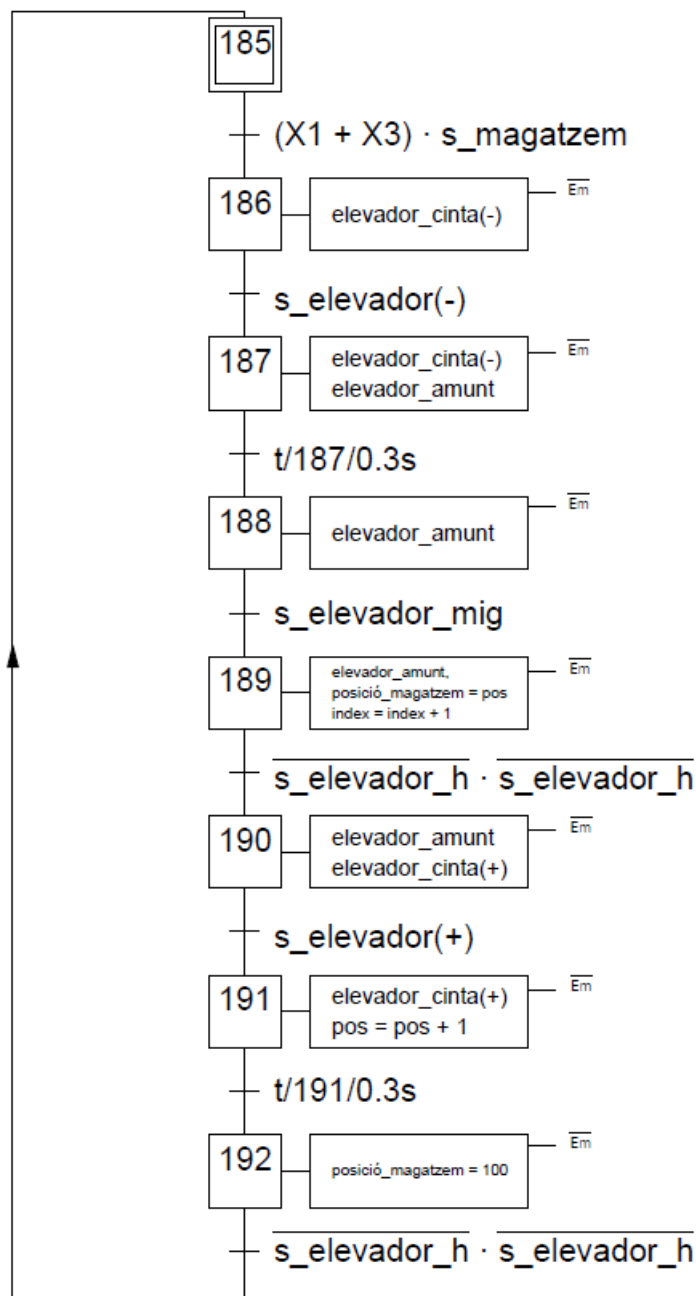


Figura 67. GRAFCET de control del transelevador.

11. Simulació de la planta

S'ha realitzat un vídeo de la simulació del funcionament de la planta amb FACTORY I/O per veure-la en moviment. Aquest vídeo ha estat editat amb el programa Shotcut. Aquest és el contingut del vídeo:

- Posada en marxa de la planta.
- Vista general de la planta.
- Alimentació de peces.
- Classificació i empaquetament de peces mitjanes i altes.
- Classificació i empaquetament de peces lleugeres.

- Classificació i empaquetament de peces per material i color.
- Funcionament de l'etiquetatge amb sensor RFID.
- Funcionament de la taula giratòria de materials i prioritats.
- Funcionament i prioritats de la Taula giratòria de magatzem.
- Arribada dels palets a la cinta de càrrega.
- Funcionament del transelevador i emmagatzematge.
- Emplenament de la taula registre de magatzem.
- Aturada de la planta per magatzem ple.
- Aturada de la planta per pausa.
- Aturada d'emergència.

Aquest és l'enllaç del vídeo a OneDrive:

[Simulació de l'automatització d'una planta de classificació de peces amb FACTORY I/O](#)
[Per Raquel Martí Castells](#)

Aquest és l'enllaç del vídeo a Google Drive:

[Simulació de l'automatització d'una planta de classificació de peces amb FACTORY I/O](#)
[Per Raquel Martí Castells](#)

12. Pressupost

En aquest apartat es detallen els pressupostos per la realització de l'automatització de la línia logística de classificació, paletitzat, etiquetatge i emmagatzematge de peces emprant Factory I/O.

Es determinarà el cost econòmic del programari i del personal que formen part del projecte.

Els preus del maquinari i el PLC utilitzats es considera que són aportats per l'empresa i per aquest motiu no repercutiran al pressupost.

12.1 Preus dels materials i mà d'obra

La llicència del programa FACTORY I/O amb «Siemens Edition» inclou:

- Ethernet connection
- S7-PLCSIM plug and play
- All Siemens PLC

El preu per hora de la mà d'obra s'ha obtingut a partir del salari mitjà anual d'un enginyer

industrial i un director de projectes:

Salari mitjà per hora d'un enginyer industrial = 40.000 euros/any: 1.800 hores/any \approx 22,22 €/h

Salari mitjà per hora d'un director de projectes = 65.000 euros/any: 1.800 hores/any \approx 36,11 €/h

Taula 20. Preus de material i mà d'obra.

	Descripció	Preu unitari
Equip programari		
	Llicència FACTORY I/O	158€/anual
Mà d'obra		
	Director de projecte	22,22 €/h
	Enginyer industrial	36,11 €/h

12.2 Preus descompostos

A continuació es mostren els preus de cada fase del desenvolupament del projecte.

Taula 21. Preus descompostos.

Concepte		Quantitat	Preu	Import total
Disseny GRAFCET's				
	Director de projecte	3 h	36,11 €/h	108,33 €
	Enginyer industrial	60 h	22,22 €/h	1.333,33 €
Disseny de la planta				
	Director de projecte	1 h	36,11 €/h	36,11 €
	Enginyer industrial	50 h	22,22 €/h	1.111,00 €
Implementació del disseny				
	Director de projecte	1 h	36,11 €/h	36,11 €
	Enginyer industrial	40 h	22,22 €/h	888,80 €
	Llicència FACTORY I/O	1	158 €	158,00 €
Programació				
	Director de projecte	1 h	36,11 €/h	36,11 €
	Enginyer industrial	110 h	22,22 €/h	2.444,20 €
Sincronització amb PLC				

	Director de projecte	1 h	36,11 €/h	36,11 €
	Enginyer industrial	6 h	22,22 €/h	133,32 €
Verificació				
	Director de projecte	1 h	36,11 €/h	36,11 €
	Enginyer industrial	15 h	22,22 €/h	333,30 €
Redacció				
	Director de projecte	1 h	36,11 €/h	36,11 €
	Enginyer industrial	65 h	22,22 €/h	1.444,30 €

12.3 Resum del pressupost

El cost total del pressupost s'ha calculat sumant els preus de cada fase del projecte.

En aquest projecte no s'apliquen els següents percentatges: despeses generals (13%), benefici industrial (6%) i IVA (21%).

Taula 22. Resum de pressupost.

Descripció	Preus
Disseny GRAFCET's	1.441,66 €
Disseny de la planta	1.147,11 €
Implementació del disseny	1.082,91 €
Programació	2.480,31 €
Sincronització amb PLC	169,43 €
Verificació	369,41
Redacció	1.480,41
	Total:
	8.171,24 €

El pressupost total puja a la quantitat de vuit mil cent setanta-un euros amb vint-i-quatre cèntims.

13. Conclusions

Aquest projecte comença amb l'objectiu d'automatitzar una planta de classificació de peces mitjançant Factory I/O, TIA Portal i PLCSIM. Després de l'estudi d'un procés de selecció de peces s'ha dissenyat una planta que conta de tres fases: la fase de selecció i classificació de peces, la fase d'empaquetament i la fase d'emmagatzematge.

Un cop realitzat l'estudi dels elements necessaris per a la implementació d'aquest procés, s'han escollit els elements equivalents als que intervenen d'entre els que proporciona el software de simulació FACTORY I/O.

Tan aviat com s'ha enllestit el disseny del hardware de la planta s'ha procedit a realitzar l'estudi de la seva programació mitjançant GRAFCET i Guia GEMMA del sistema de control i monitoratge.

El disseny del GRAFCET s'ha dut a terme subdividint el procés en les fases descrites anteriorment. En la guia GEMMA s'ha tingut en consideració el mode de funcionament automàtic, la parada de fi de cicle i la parada d'emergència. S'ha dissenyat un panell de control per a la gestió de la planta per part de l'operari, considerant els modes de funcionament de la Guia GEMMA.

La traducció dels GRAFCET a llenguatge de contactes KOP s'ha realitzat amb el programa TIA Portal.

Per a la simulació del conjunt format per la programació amb TIA Portal i el disseny amb FACTORY I/O s'ha utilitzat el programa PLCSIM. Aquesta simulació ha permès verificar el funcionament correcte del sistema i totes les seves variables.

Gràcies a tots els passos anteriorment descrits, ha estat possible concloure aquest treball assolint els objectius plantejats inicialment.

14. Possibles millores

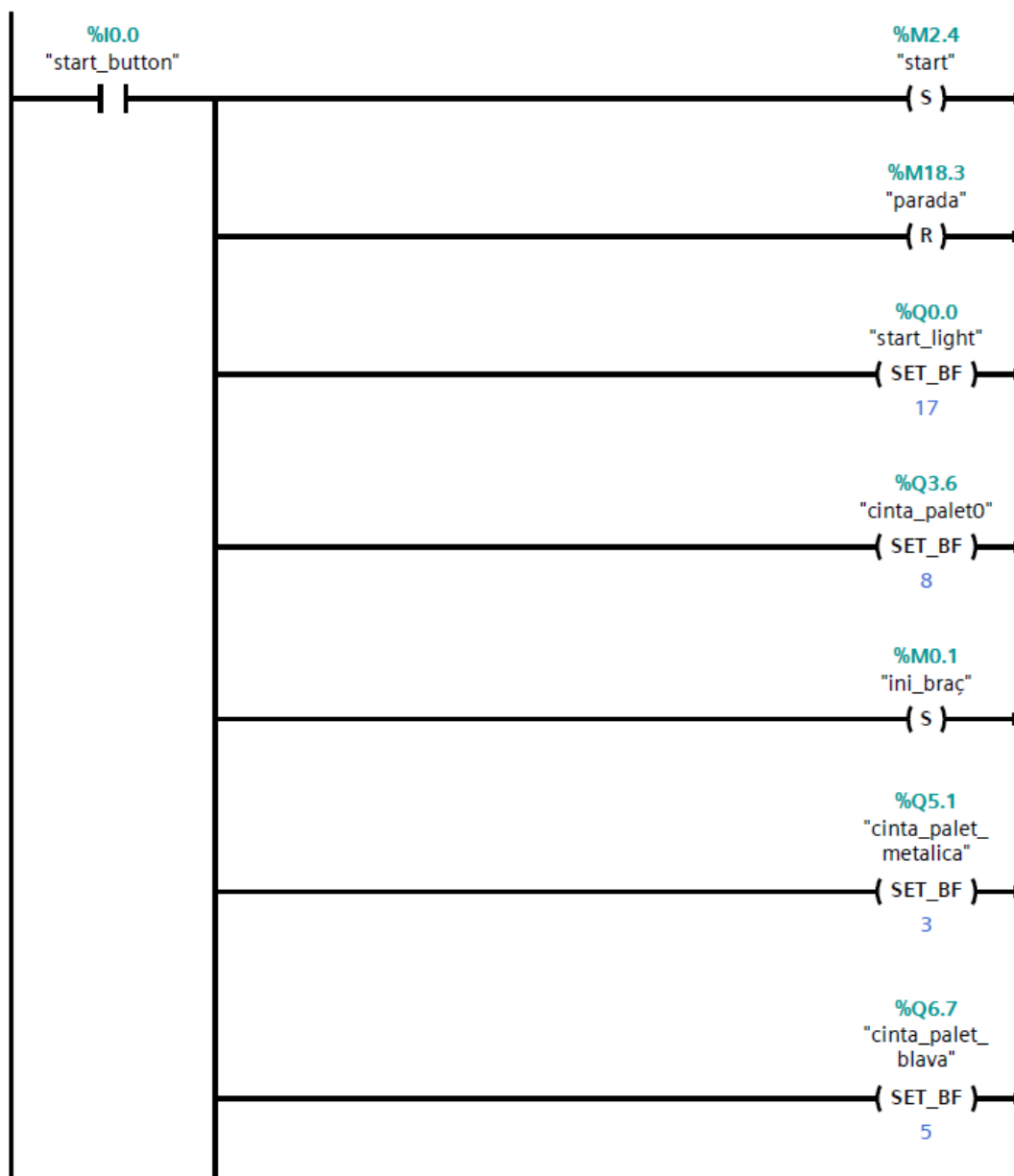
Arribats a aquest punt, es poden considerar algunes millores per aquest projecte com seria:

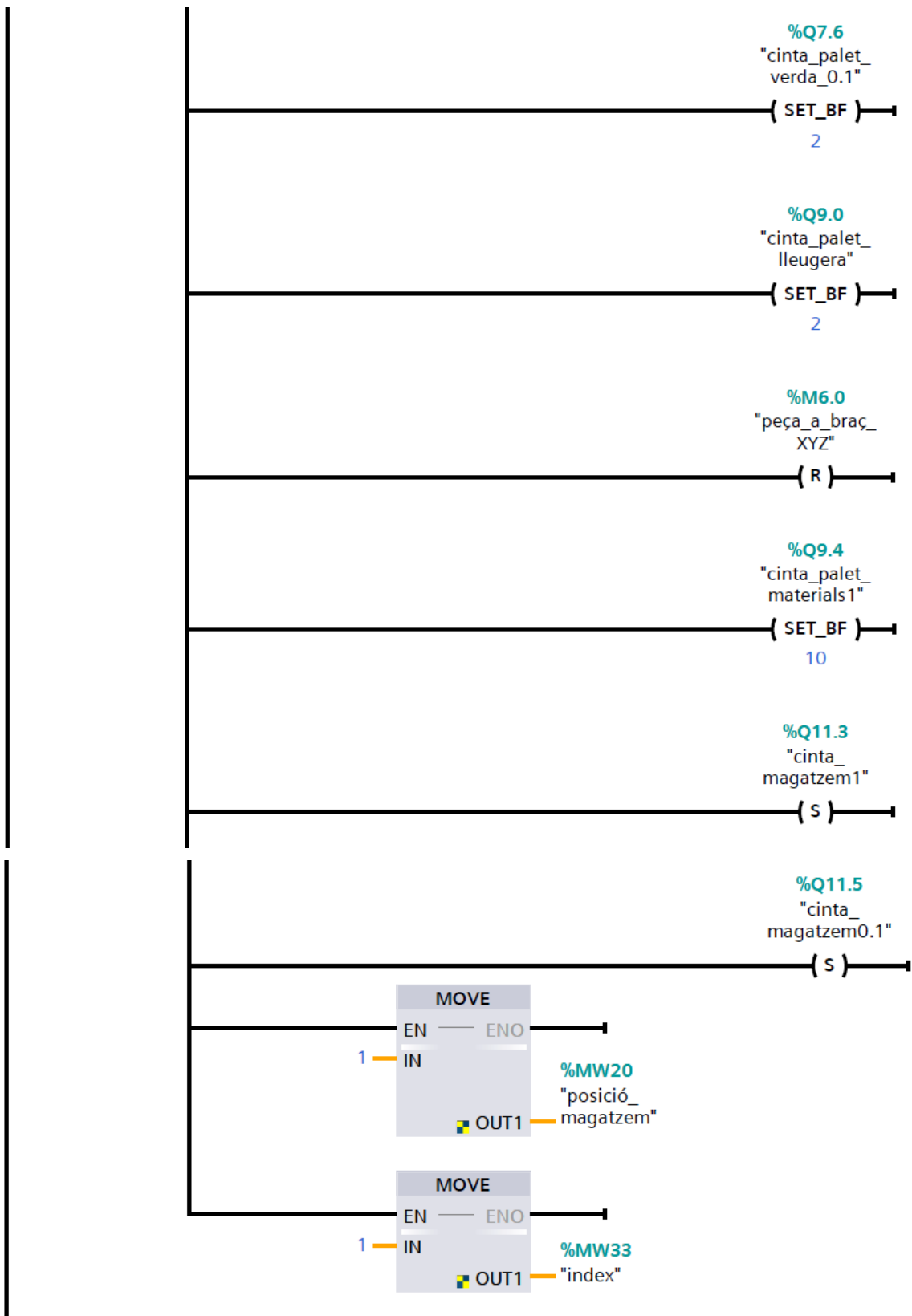
- Aplicar el treball a una indústria real on s'hauria d'adaptar la planta a un producte específic. Per exemple el cas d'una planta d'aprofitament de peces provinents de l'espejament de mòbils.
- Ampliar la planta afegint la sortida de productes del magatzem. En aquest cas s'hauria de poder seleccionar de la base de dades de magatzem el producte que s vol retirar i el transelevador el recolliria.
- Afegir un sensor de visió que detectés i classifiqués les peces per la seva coincidència amb una forma preestablerta.

15. Annexos

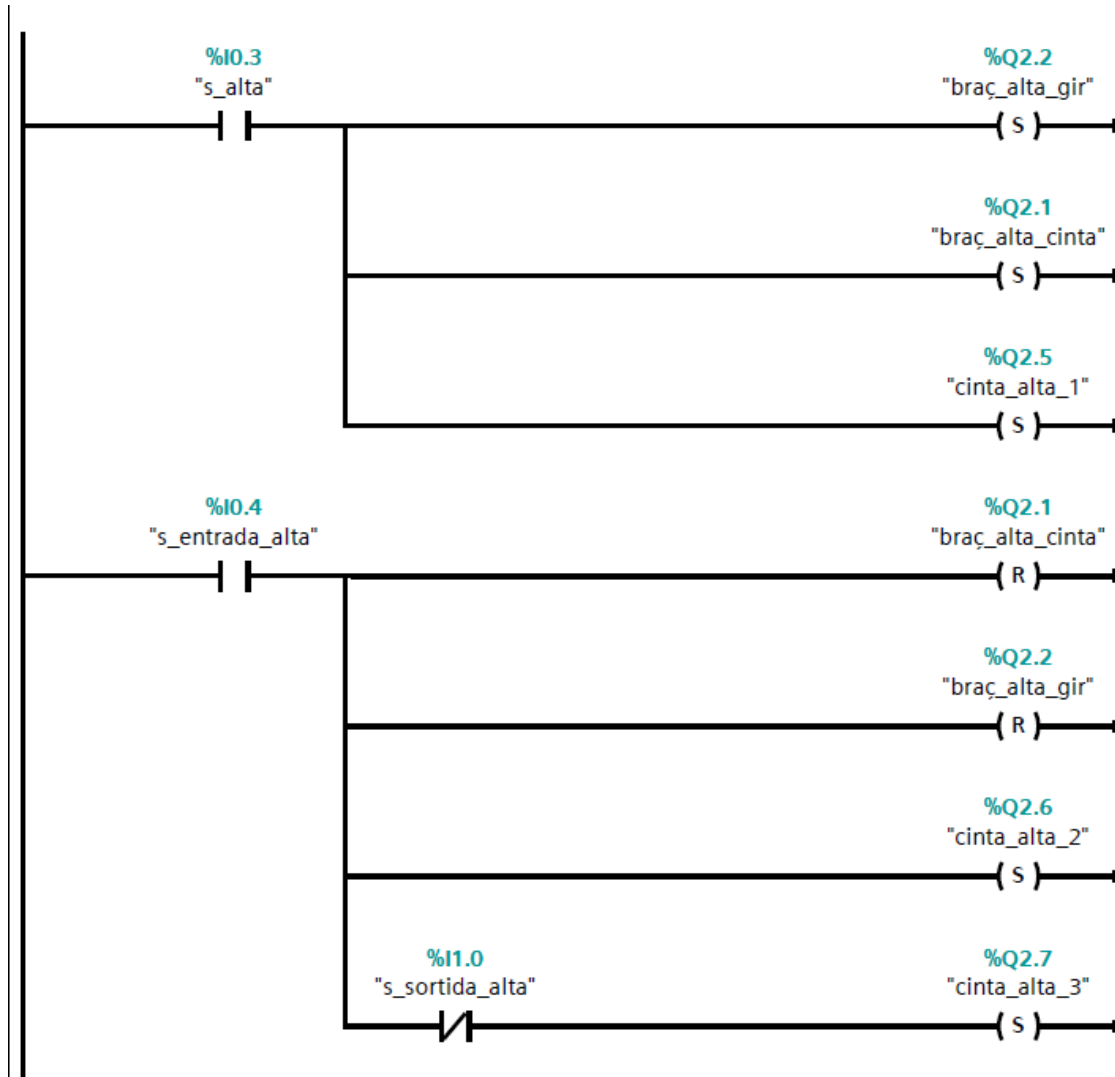
15.1 ANNEX A: Codi amb TIA Portal

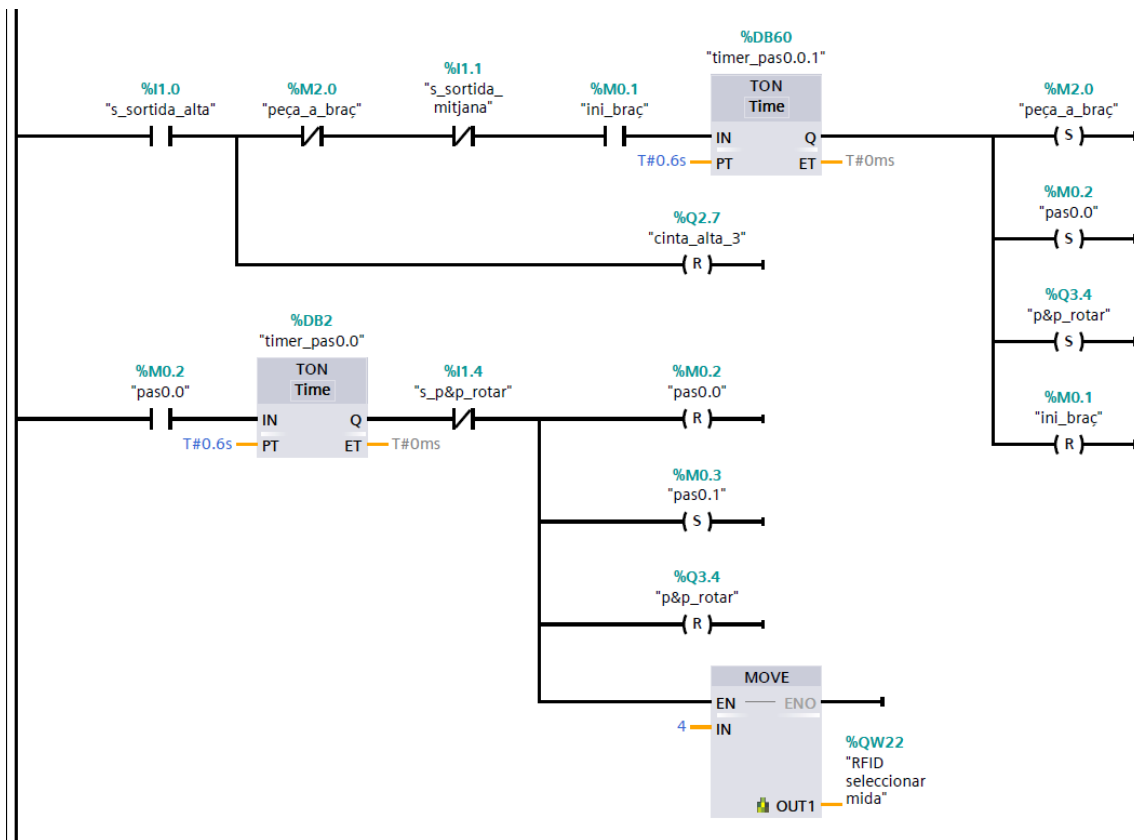
- Network 1: Inicialitzacions

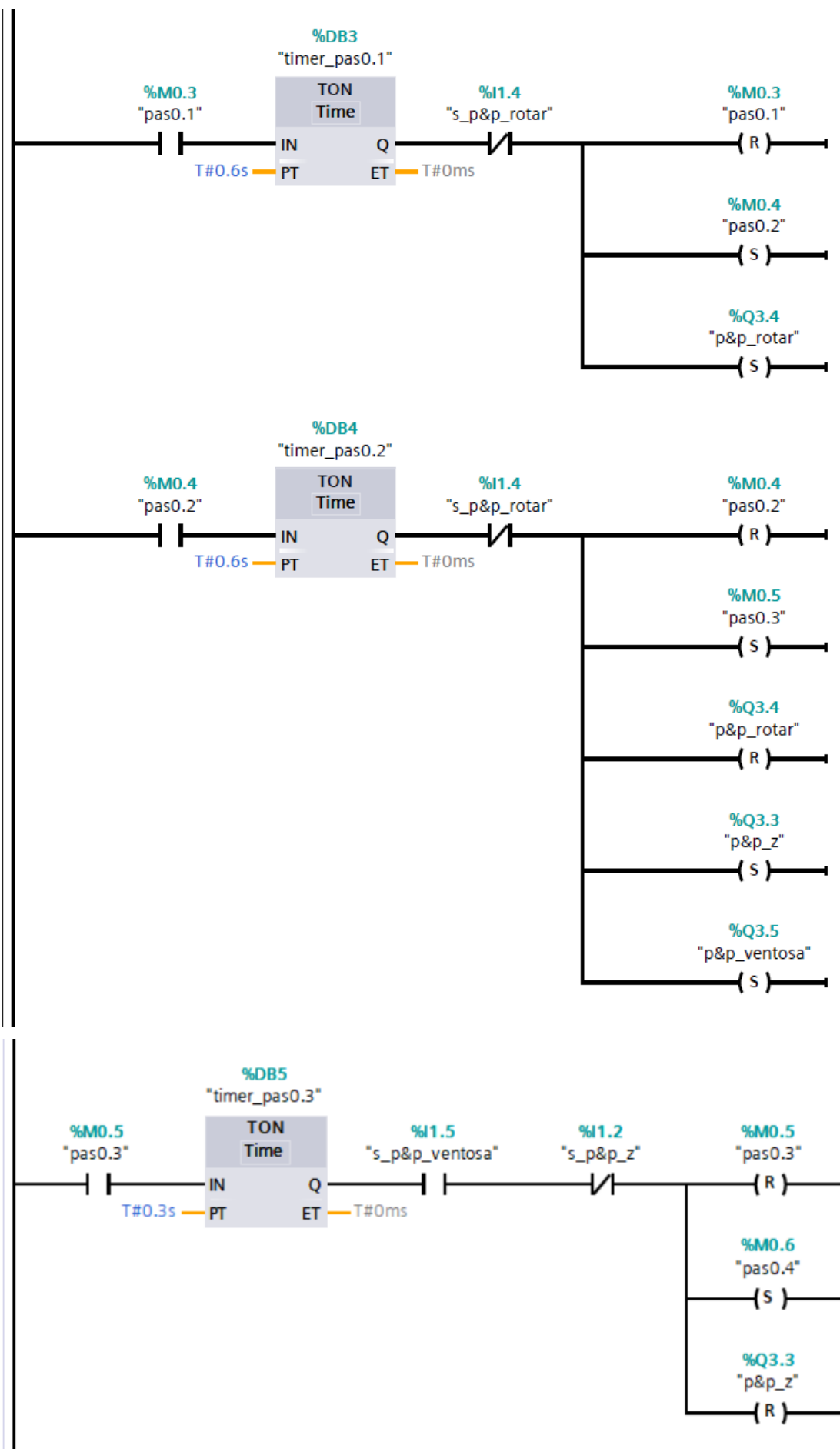


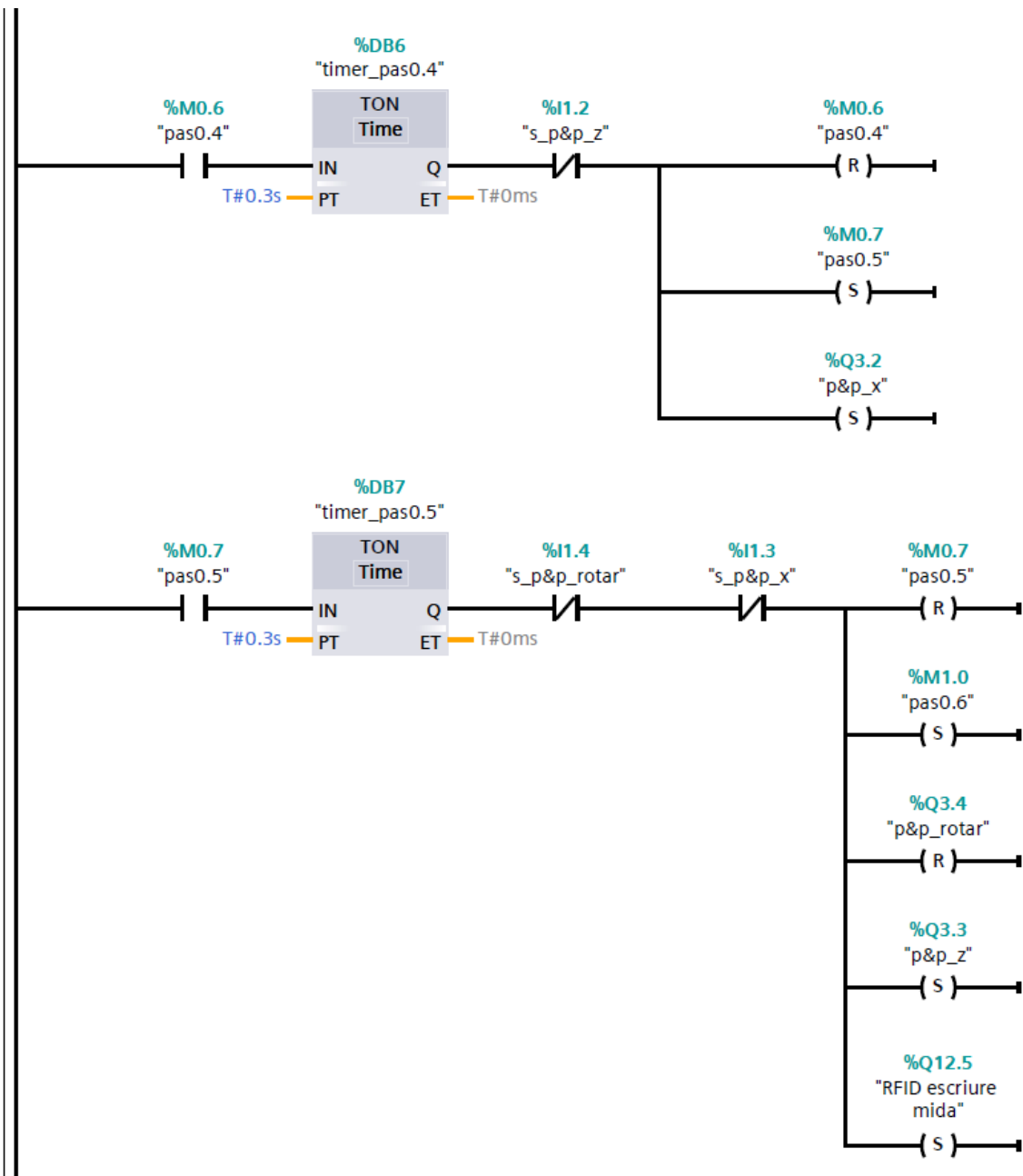


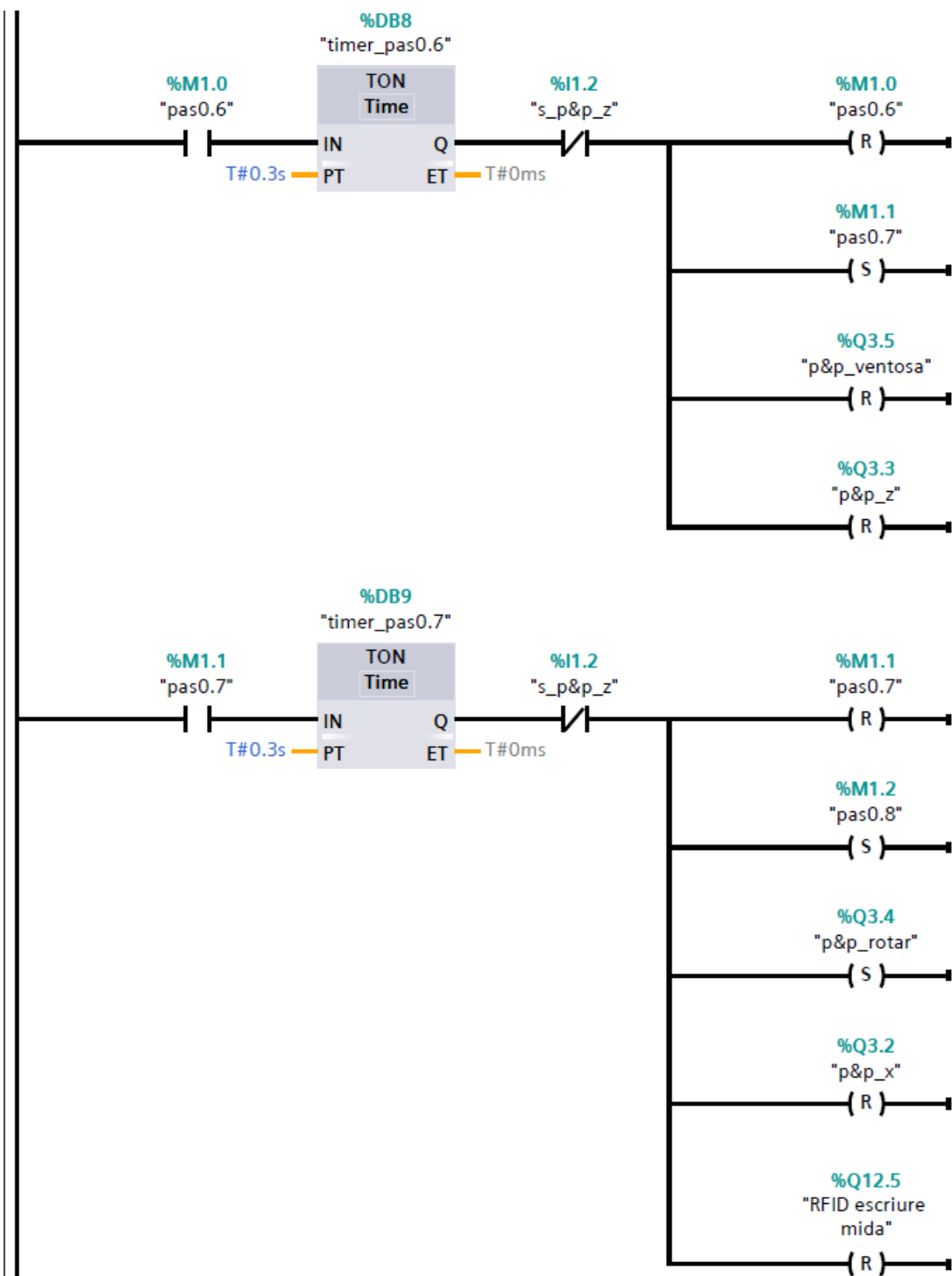
- Network 2: peces altes

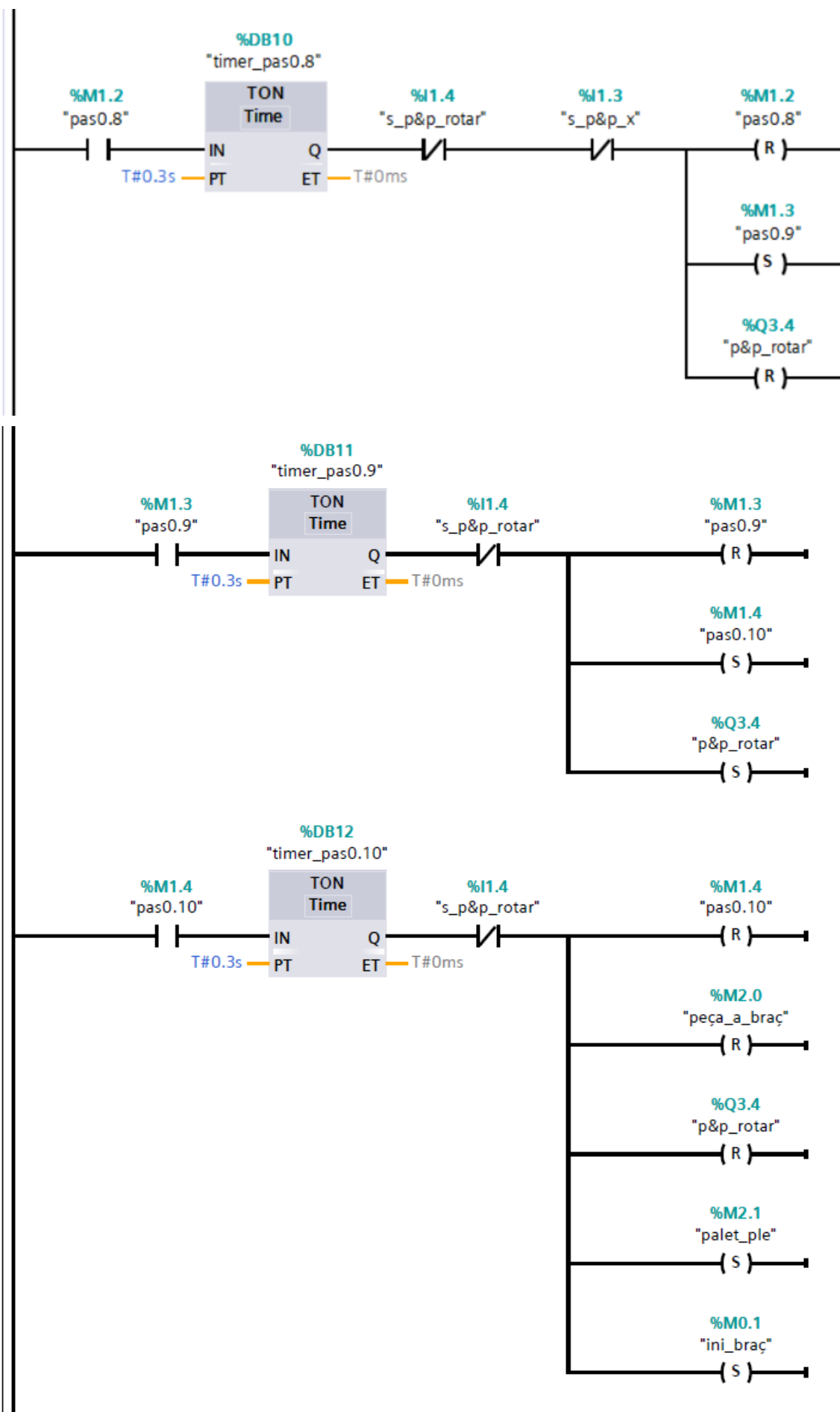




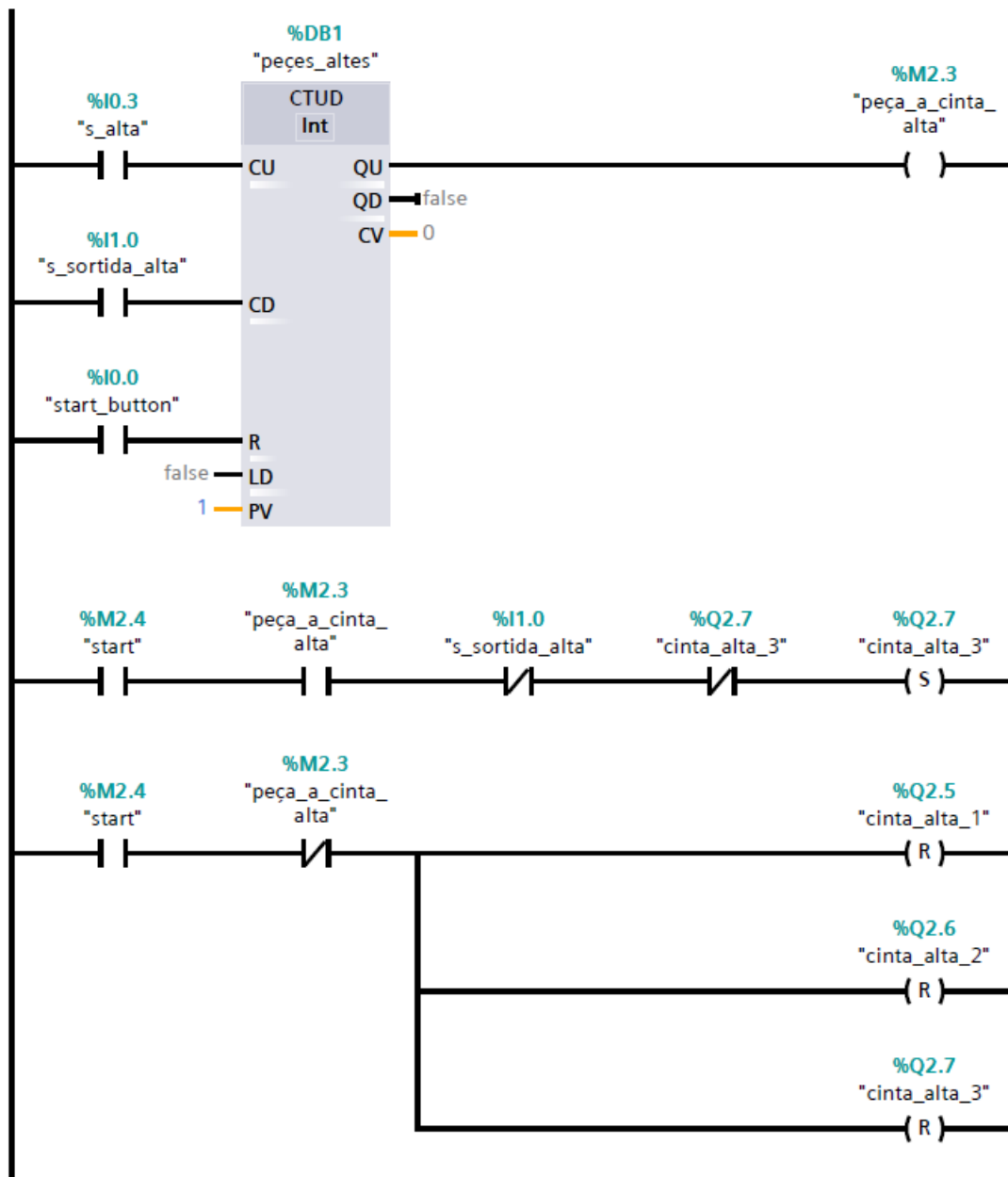




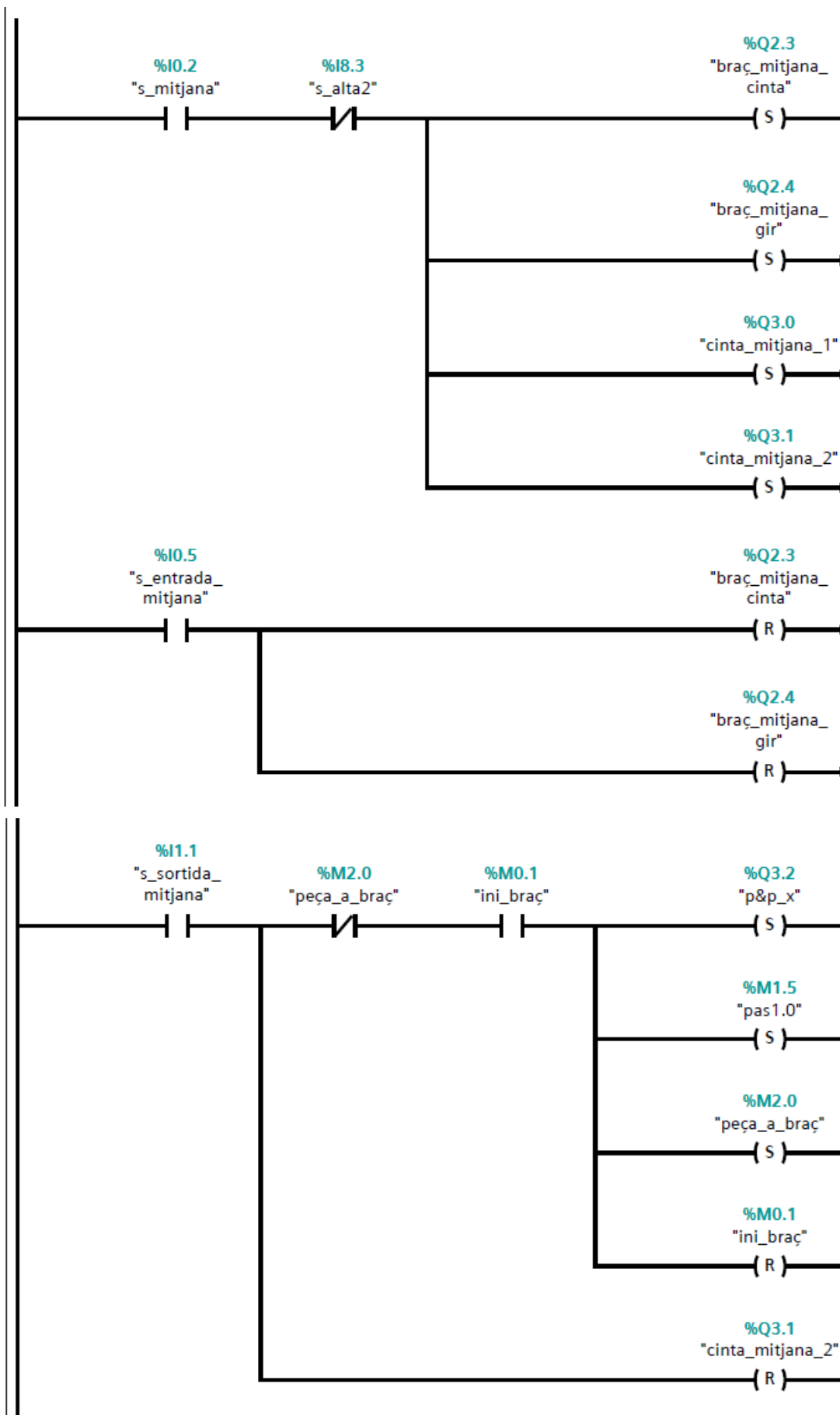


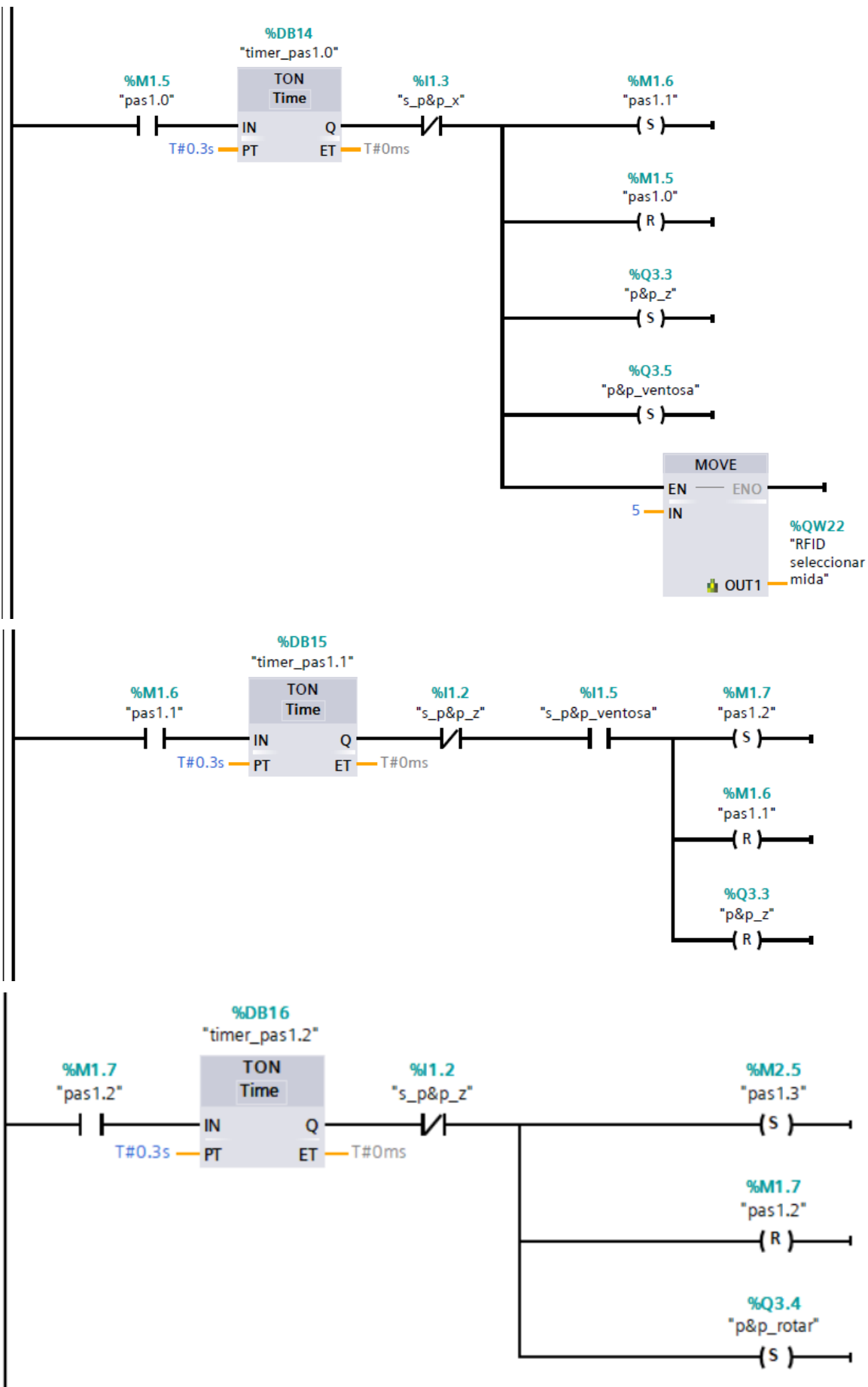


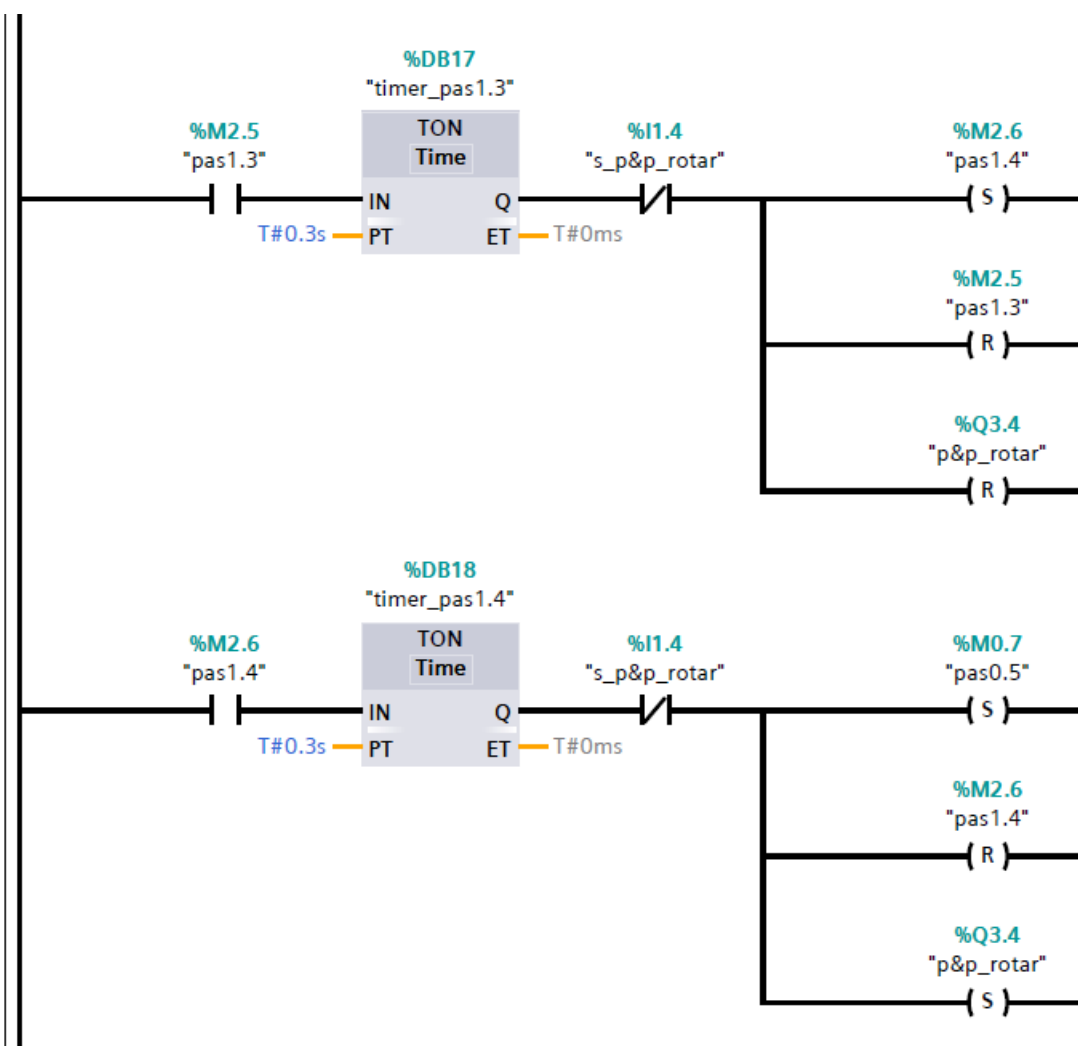
- Network 3: contador peces altes



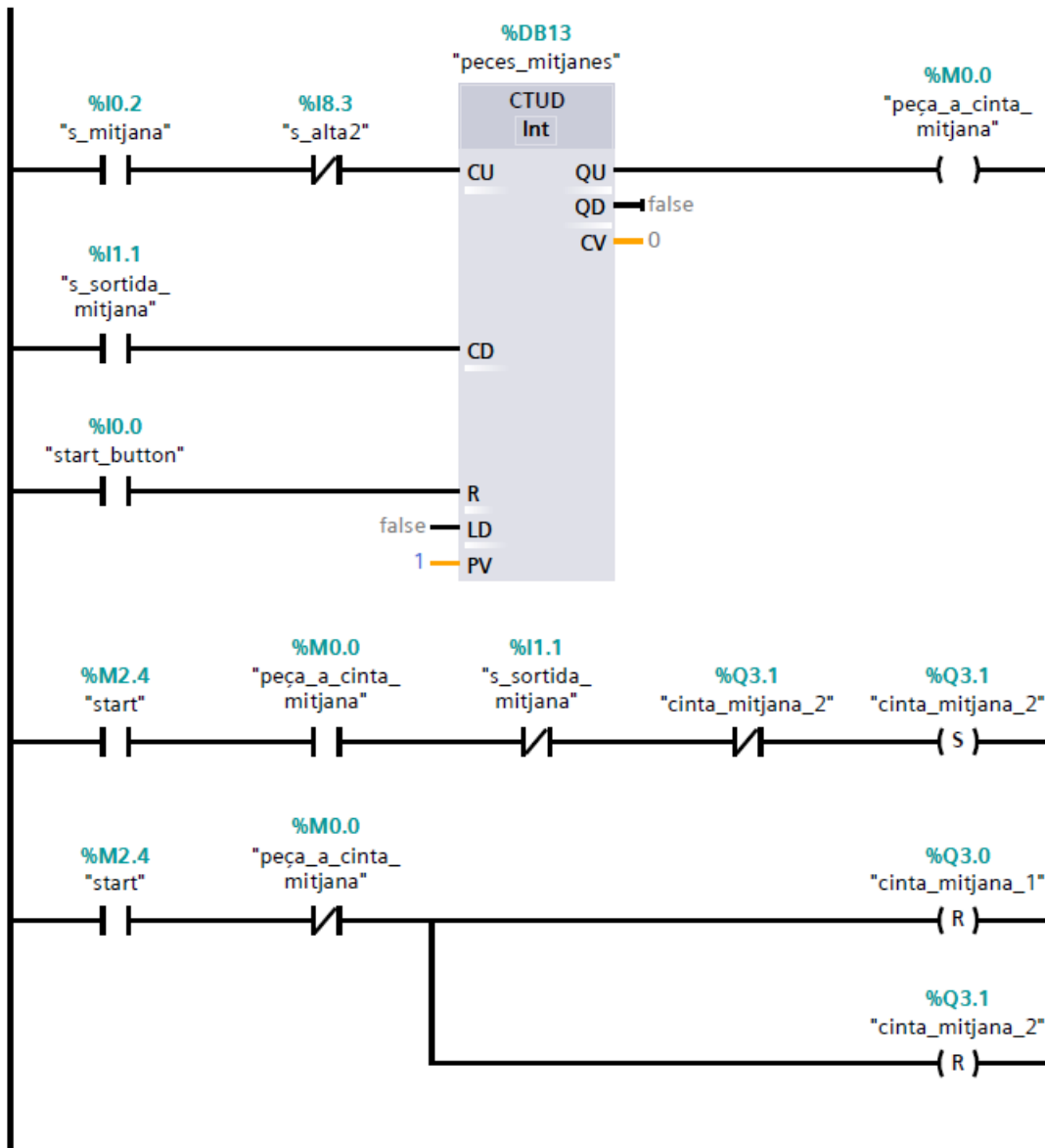
- Network 4: peces mitjanes



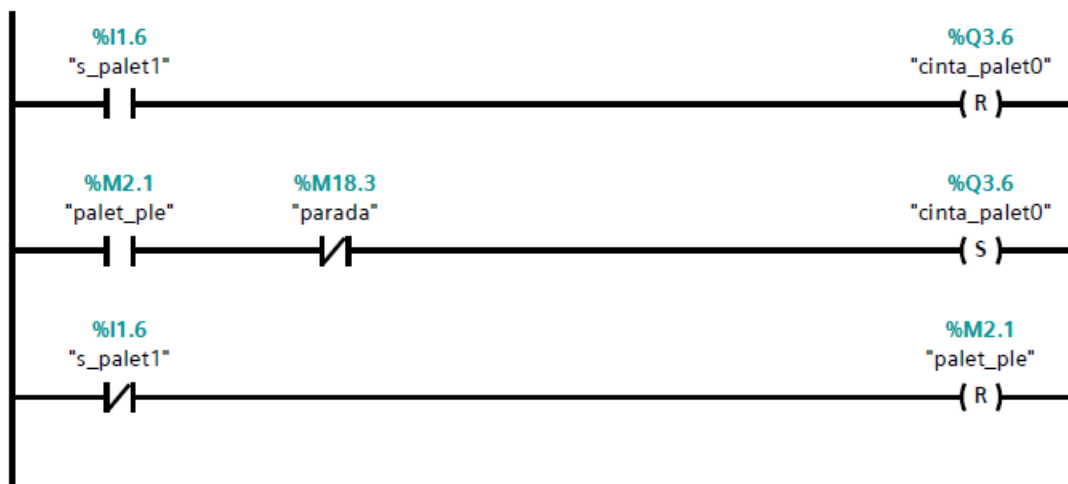




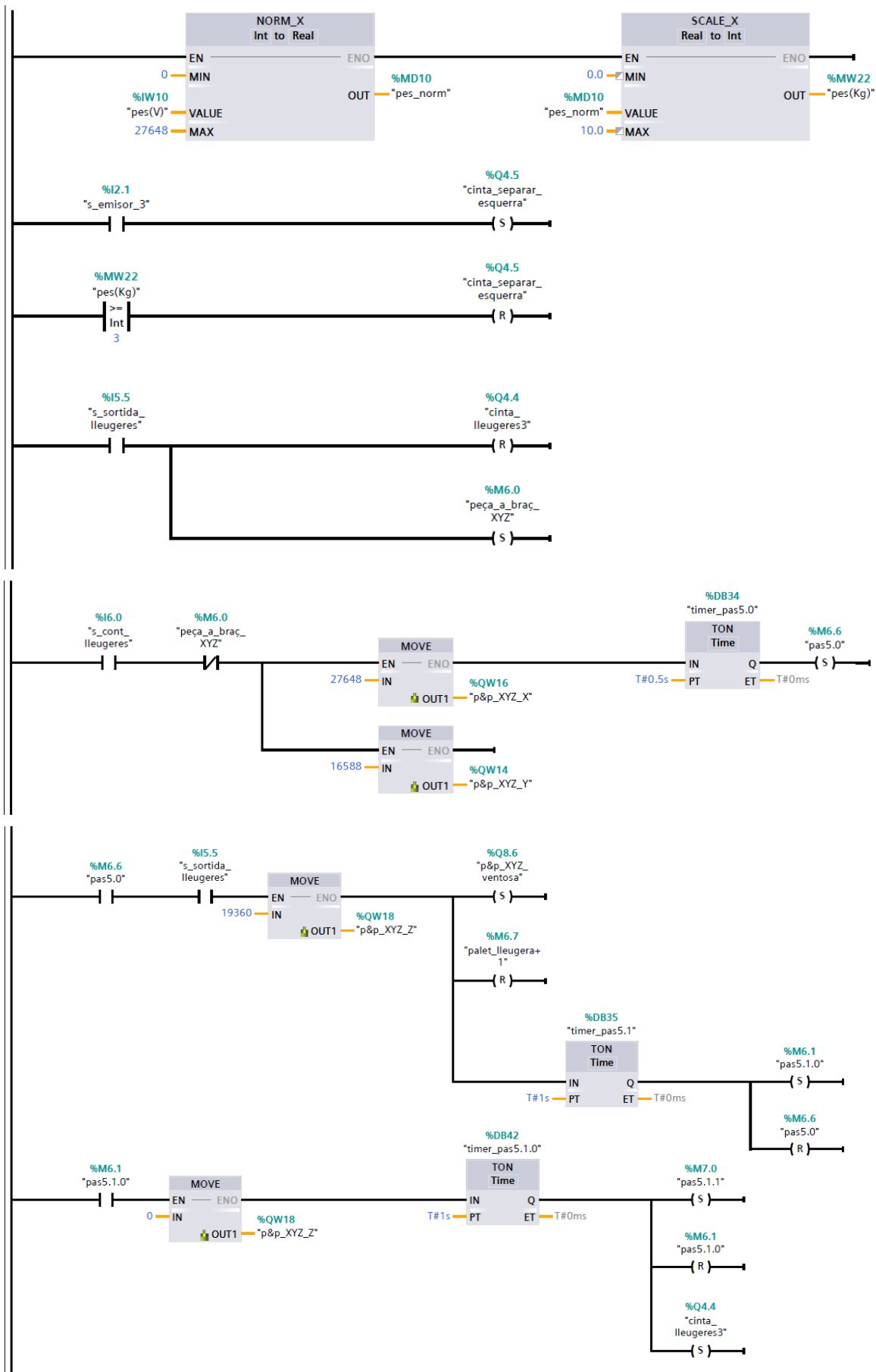
- Network 5: contador peces mitjanes

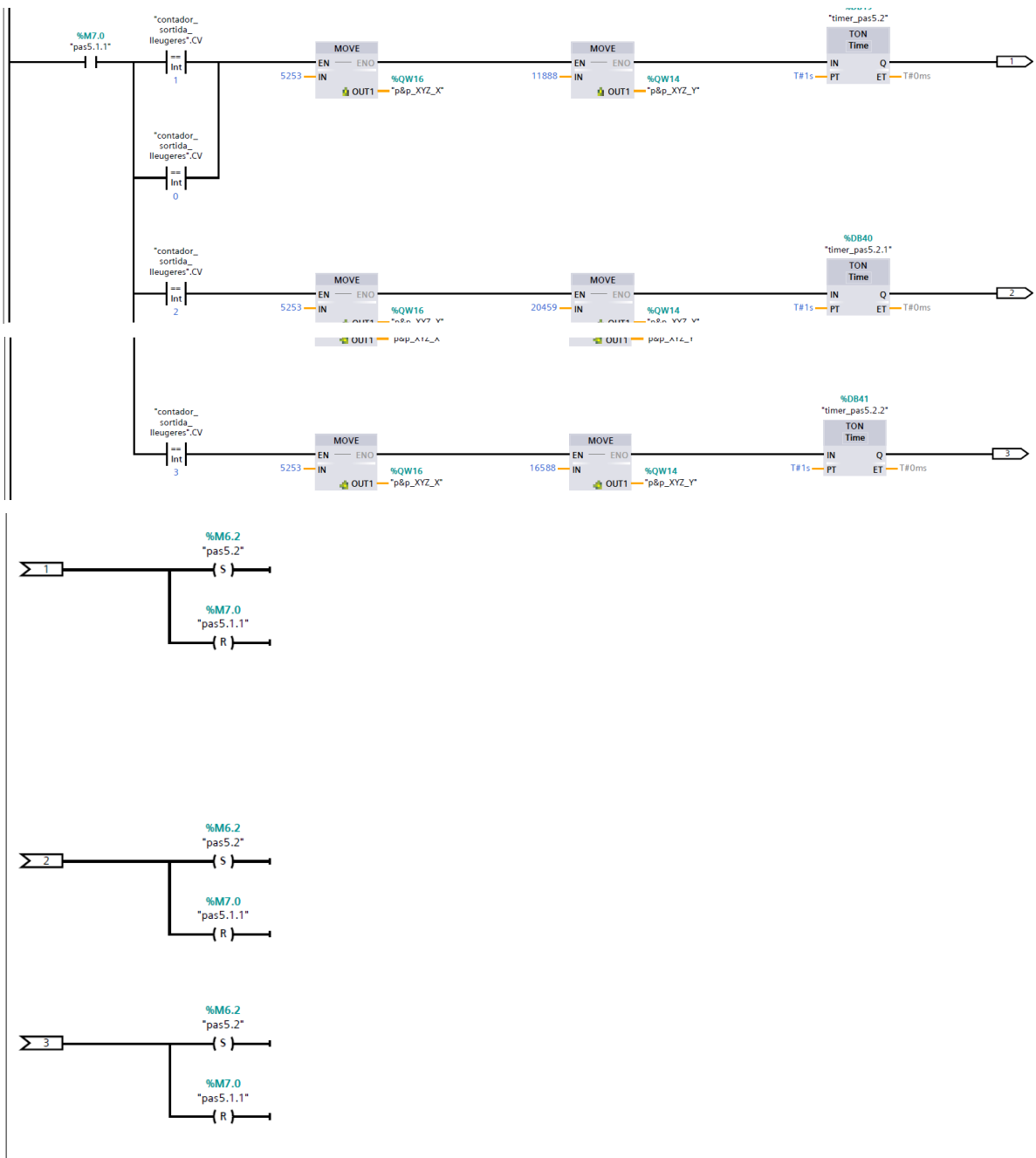


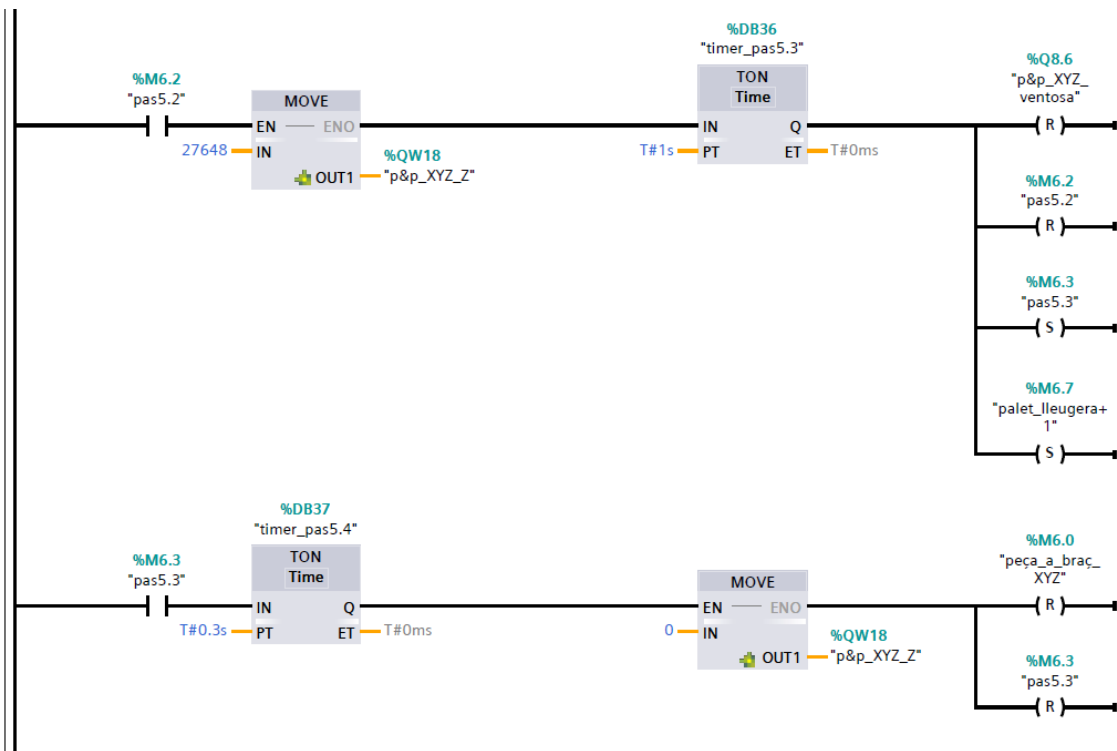
- Network 6: palet mitjanes i altes



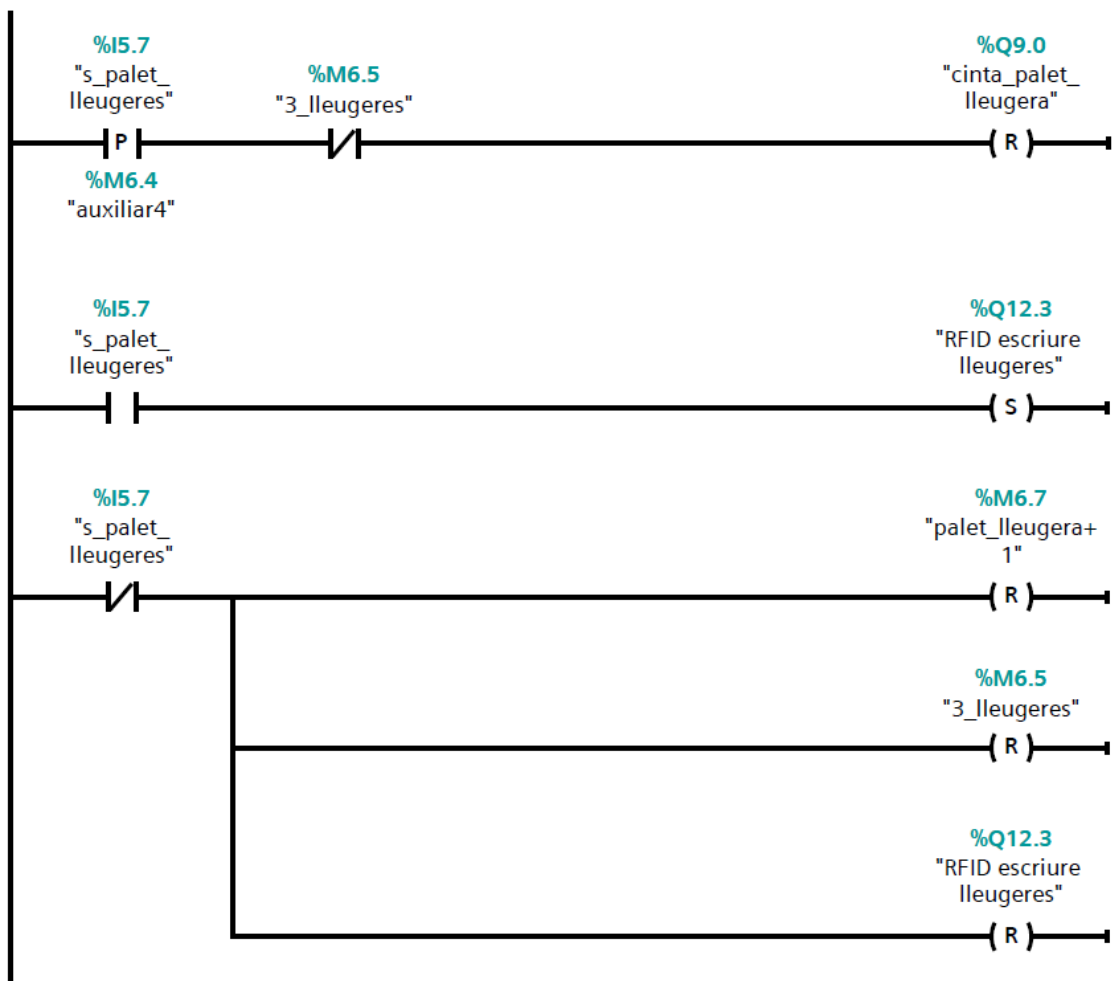
• Network 7: Pes

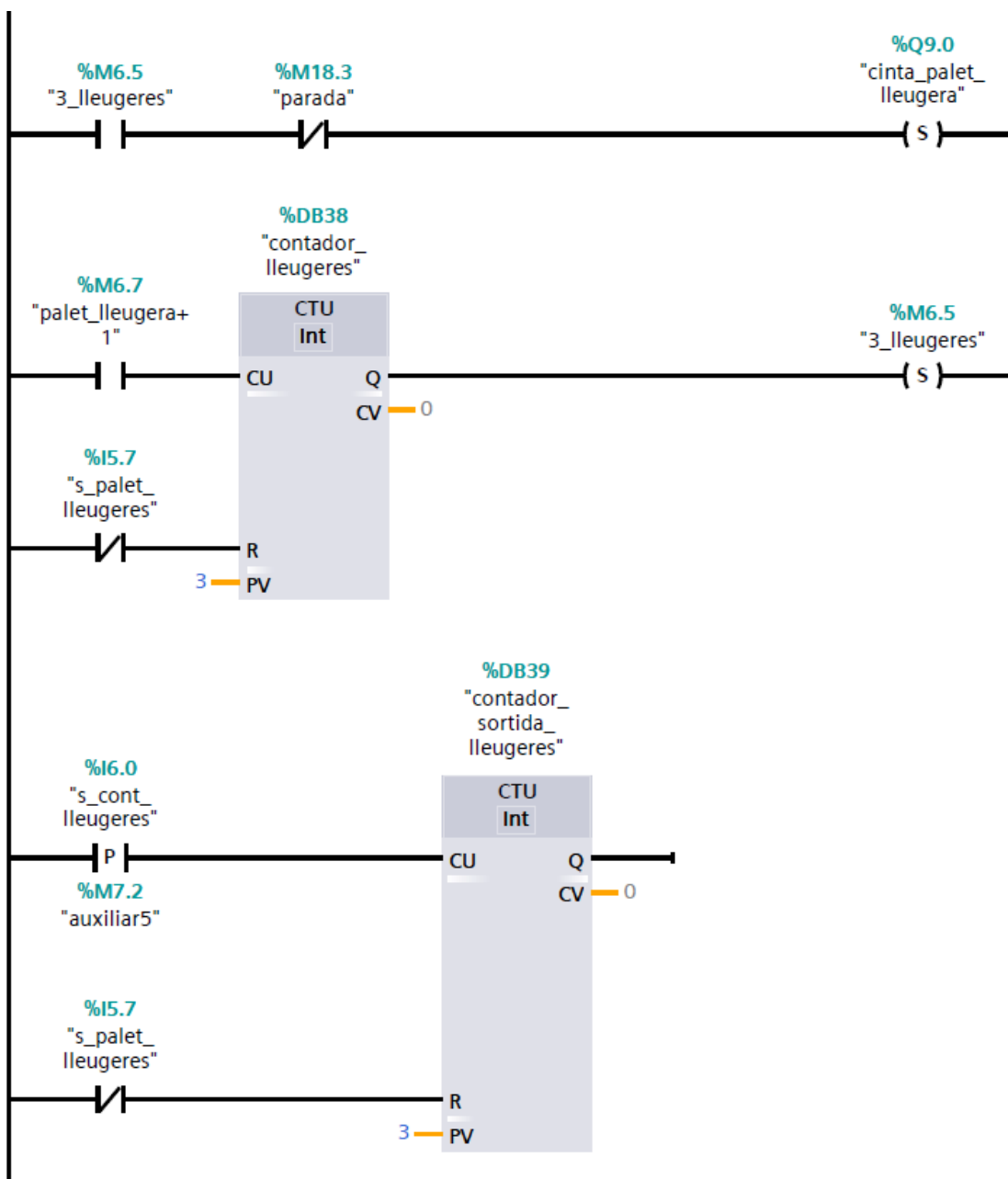




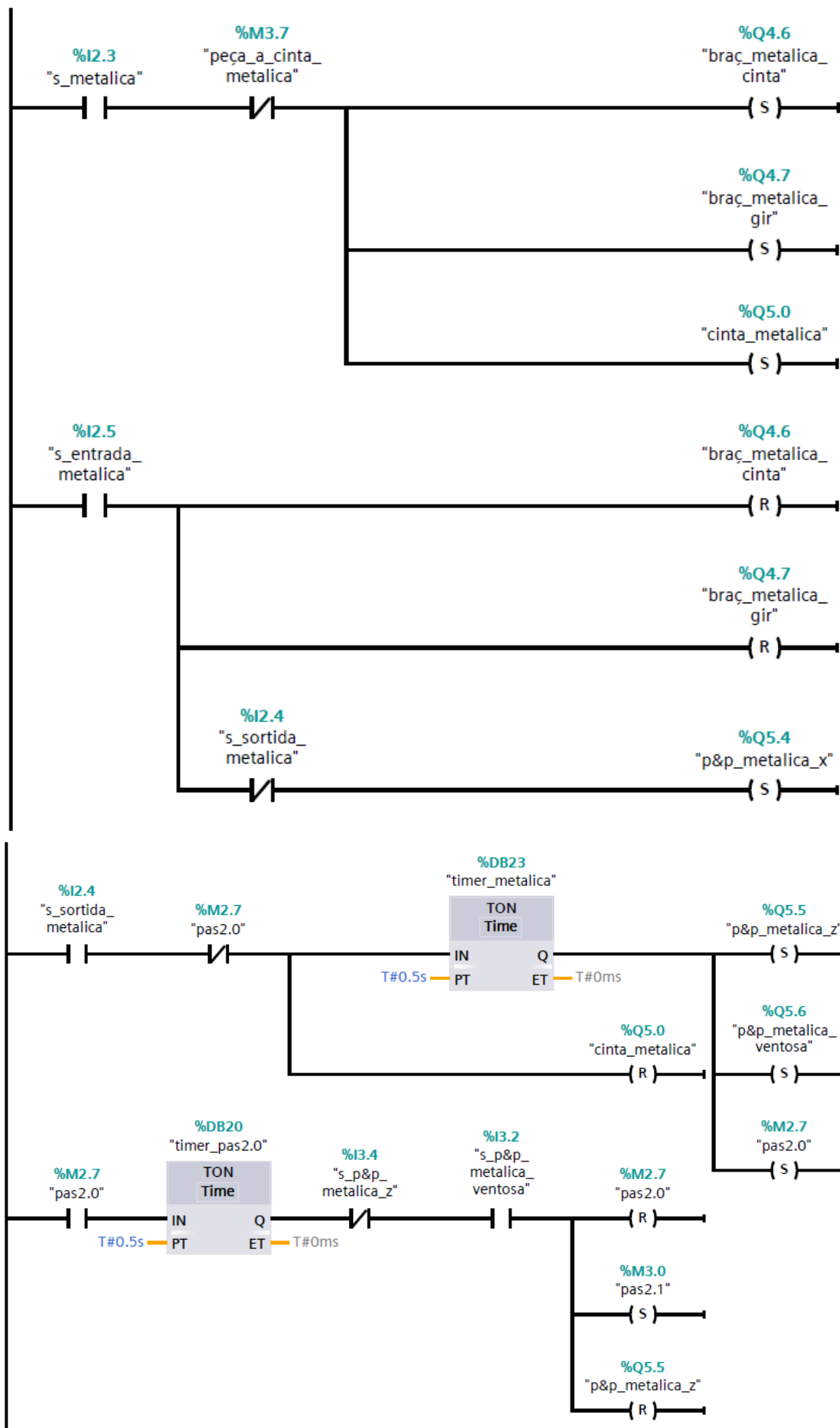


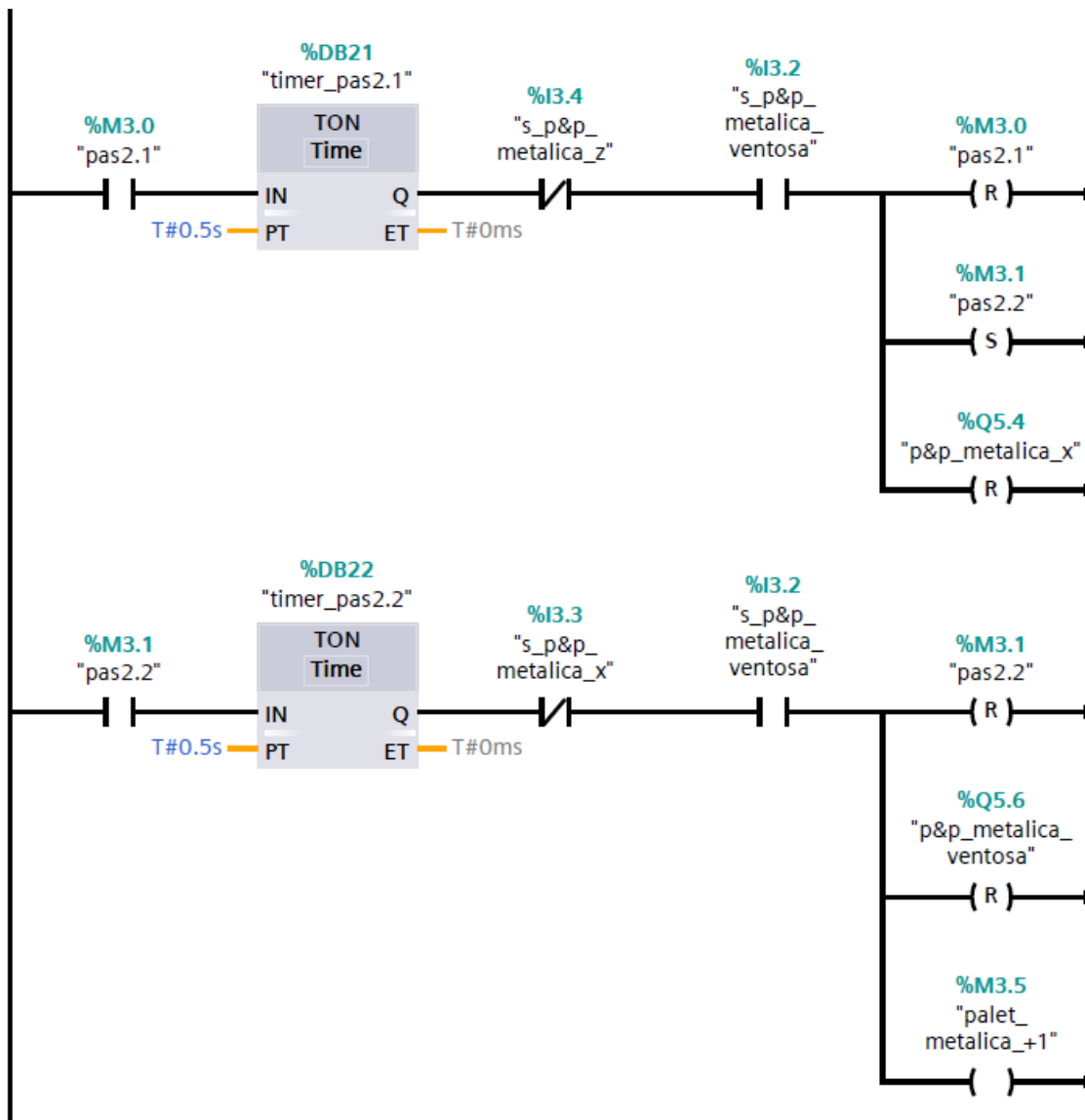
- Network 8: palet lleugeres



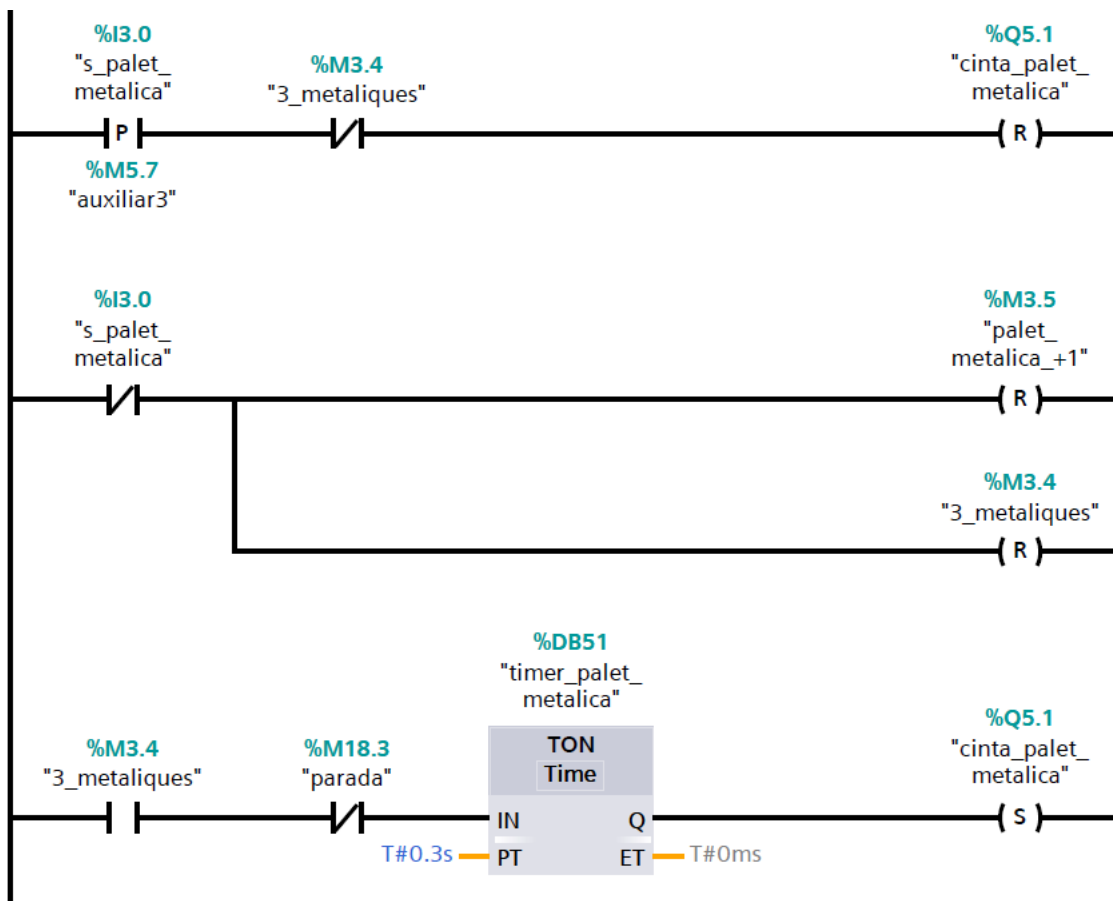


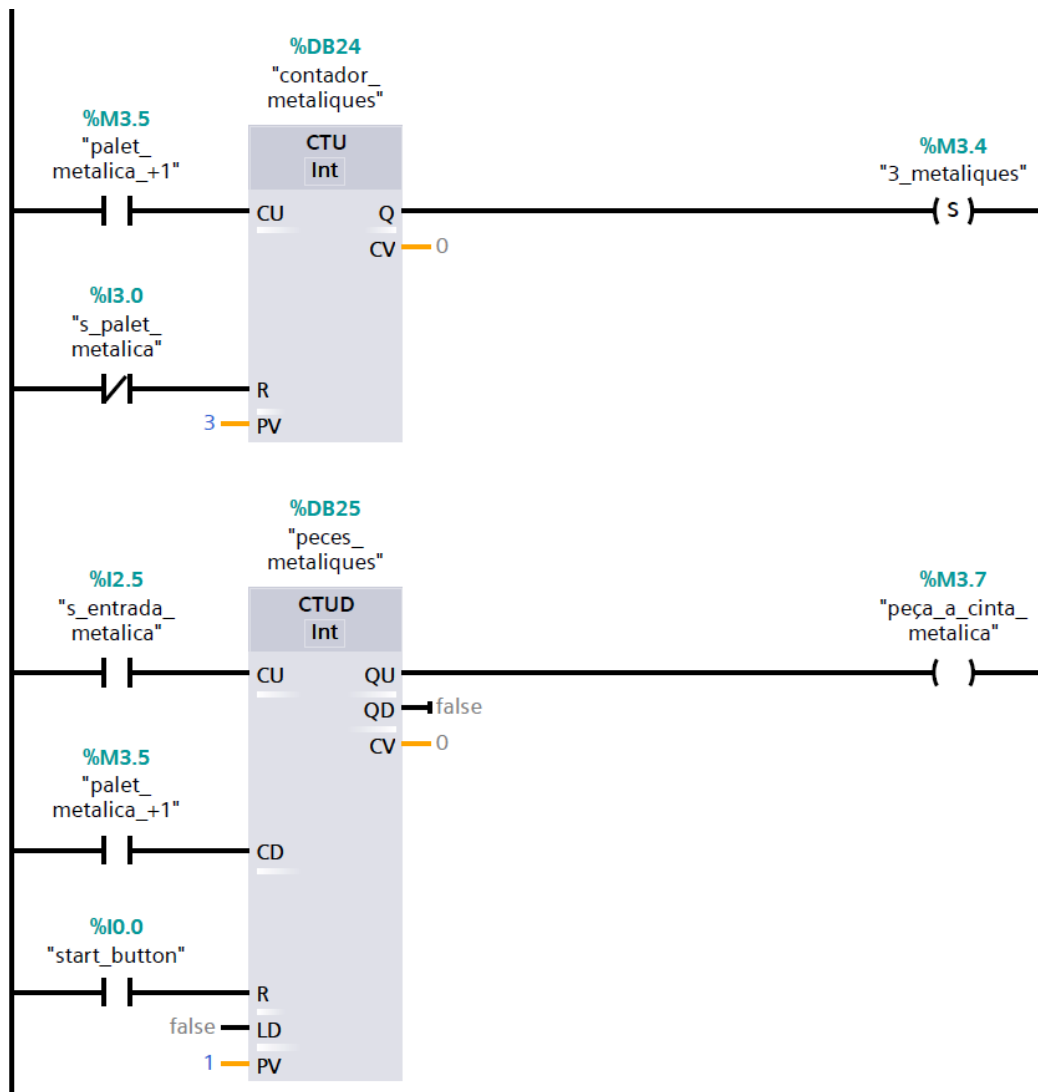
• Network 9: metàl·licas



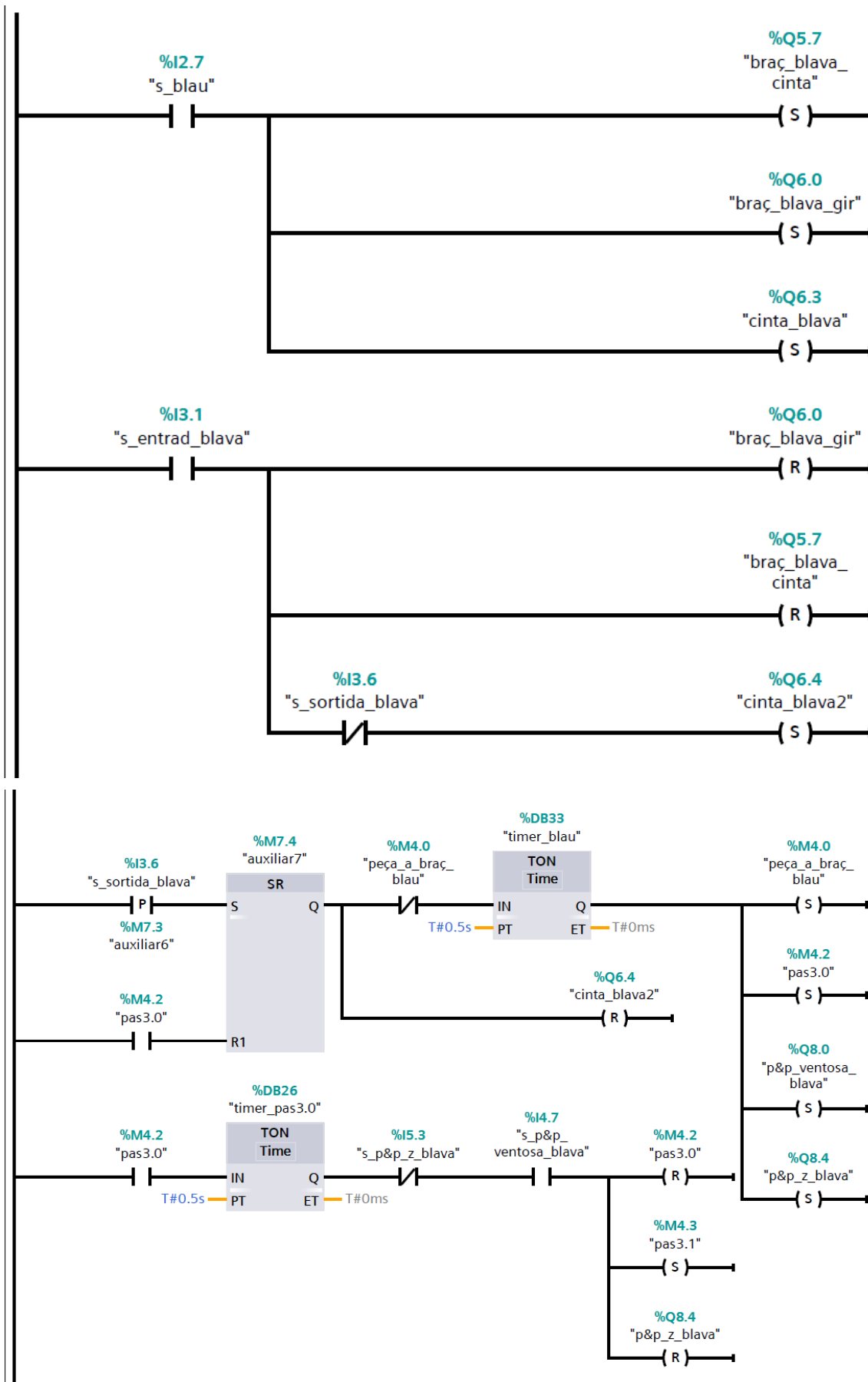


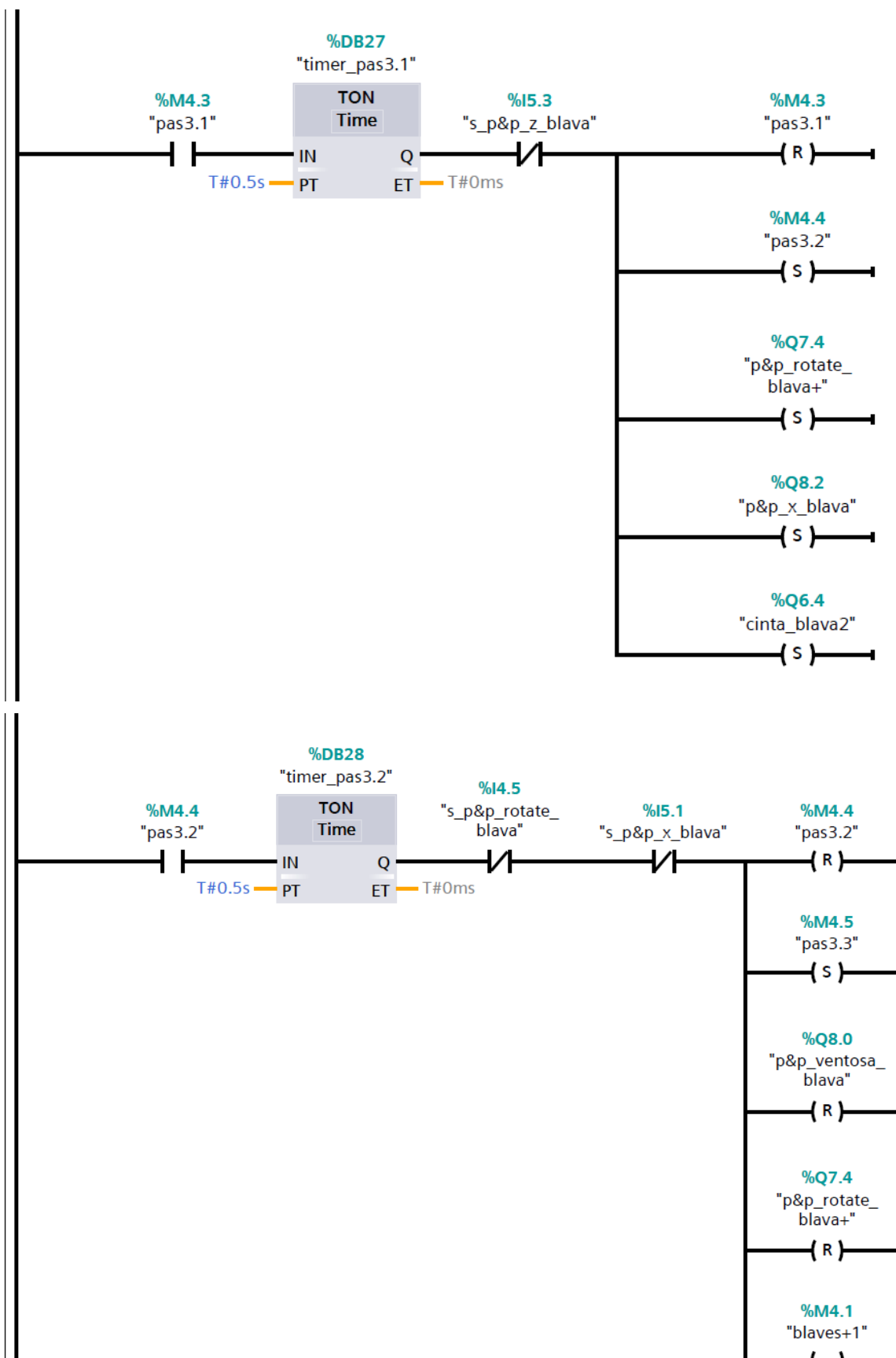
- Network 10: palet metaliques

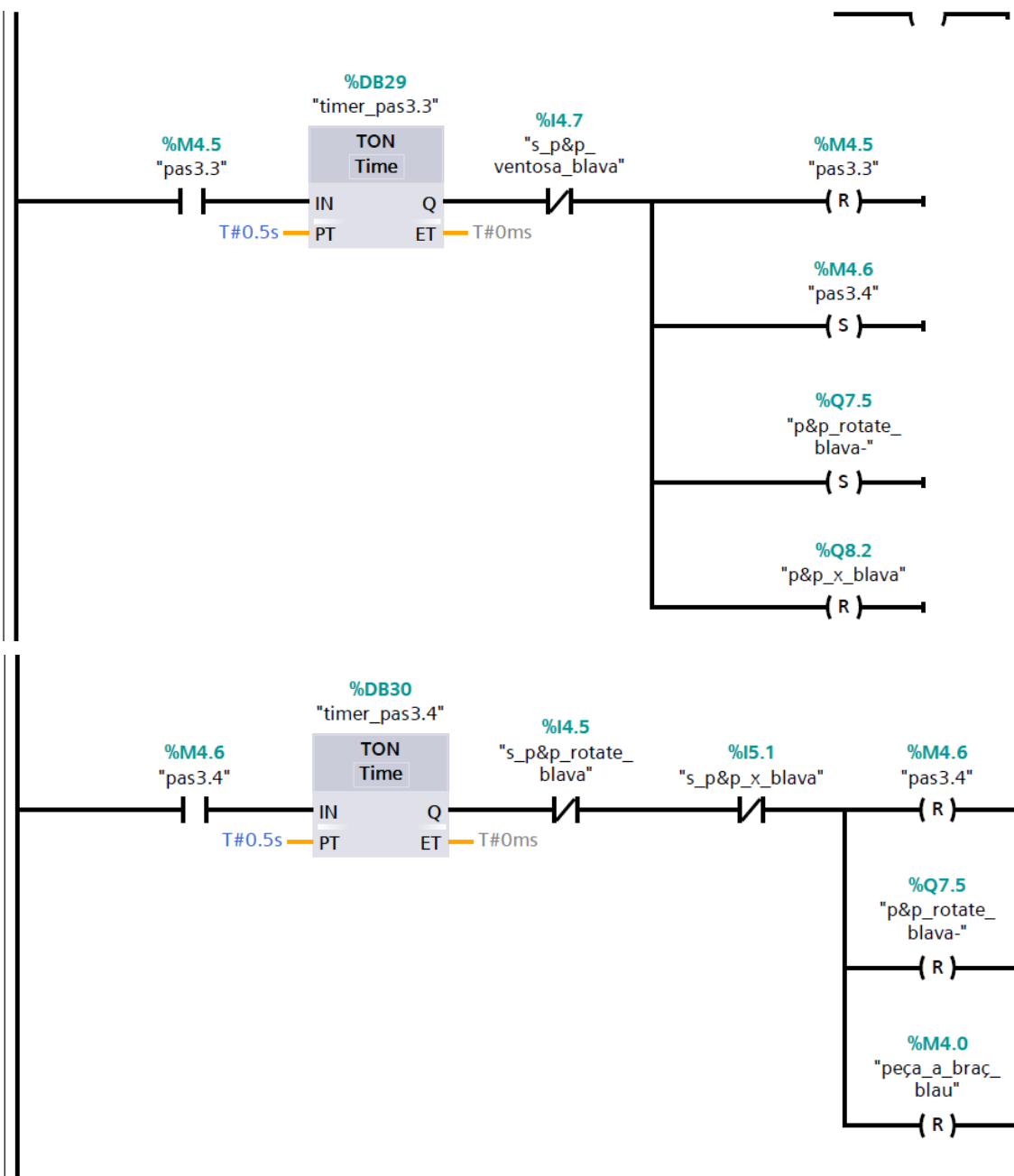




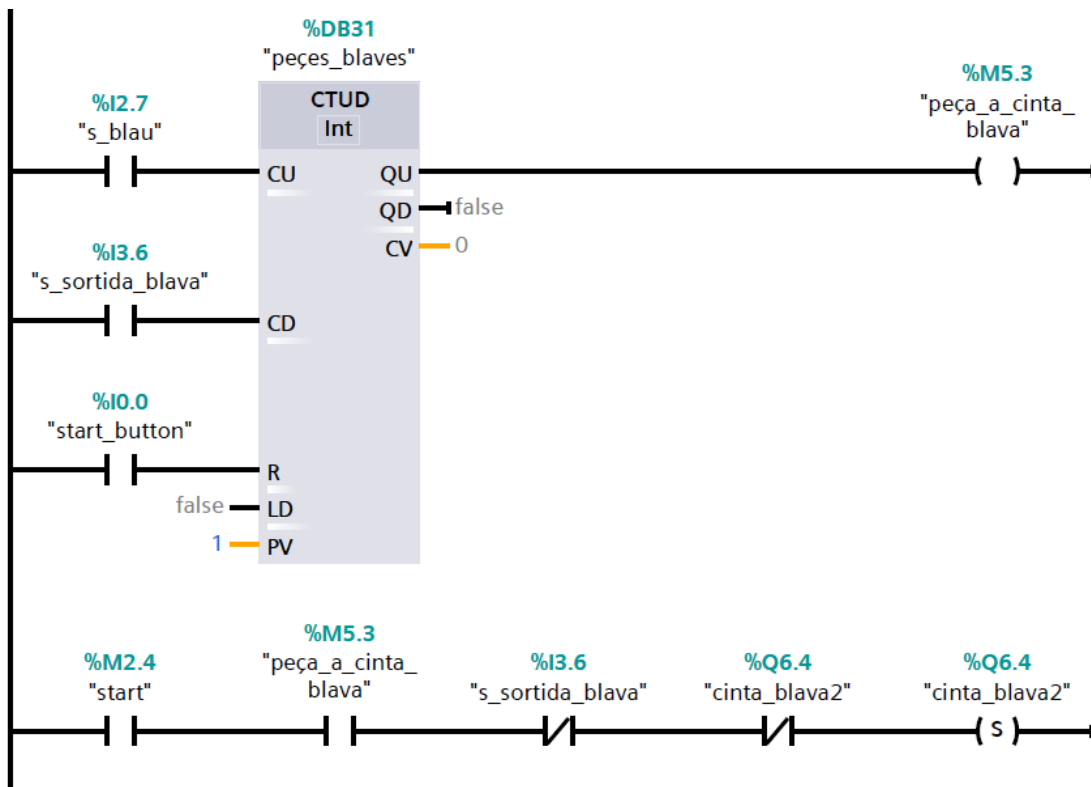
- Network 11: peces blaves



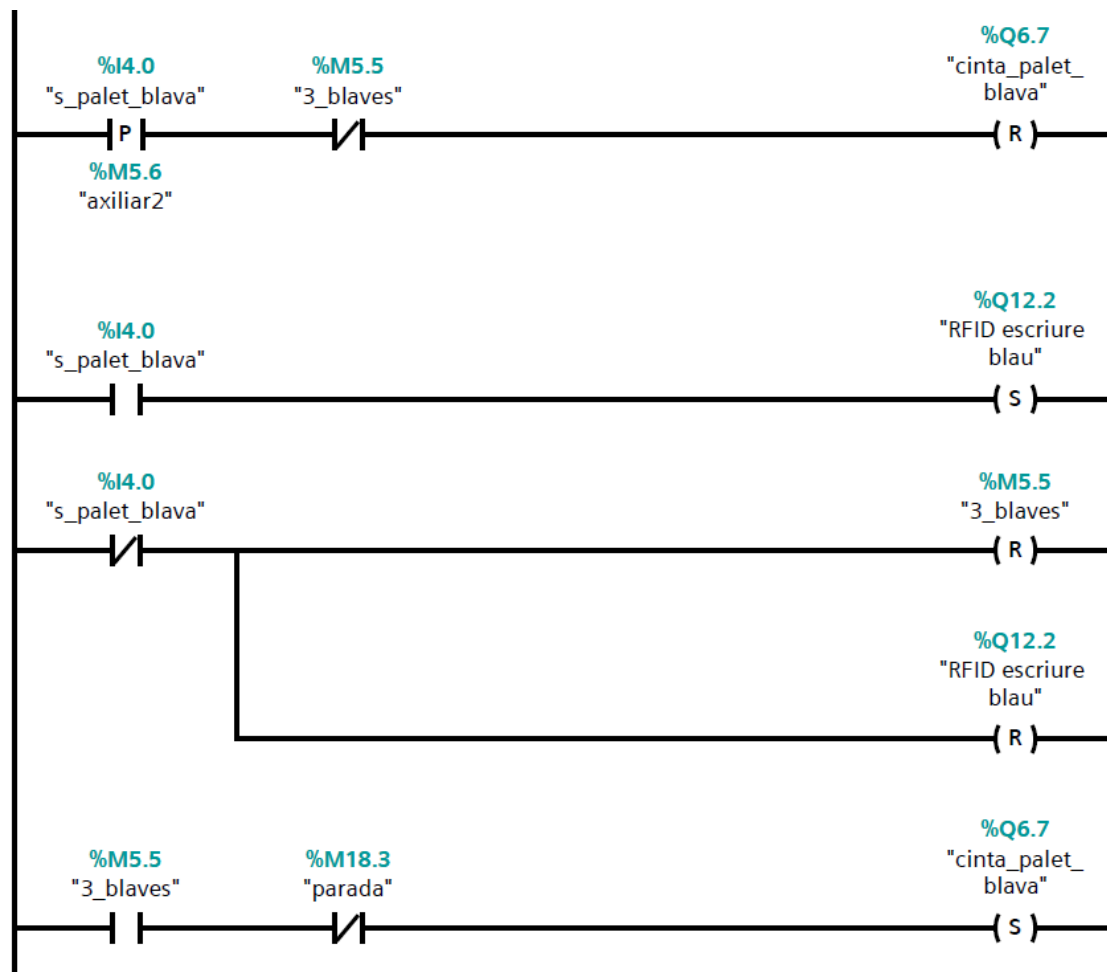


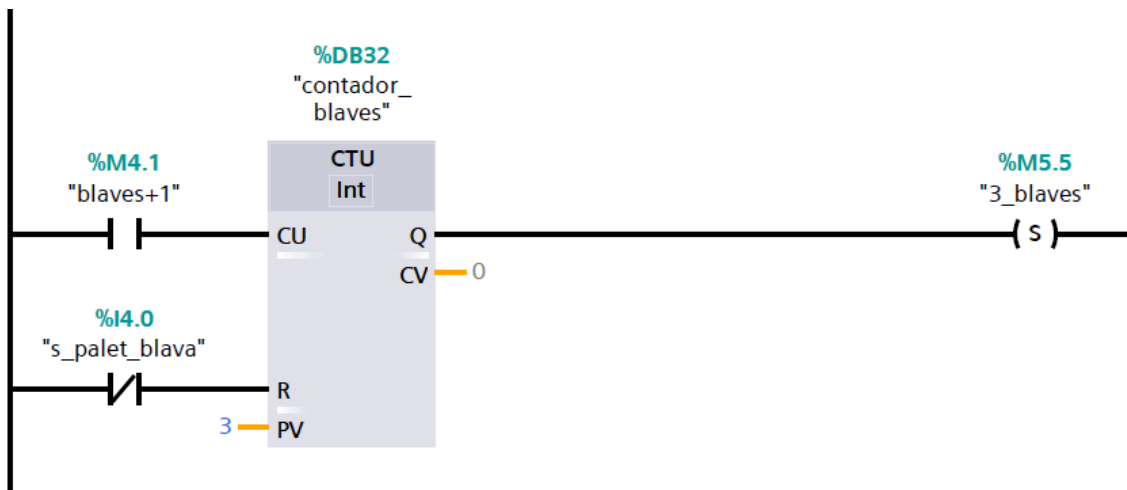


- Network 12: contador peces blaves

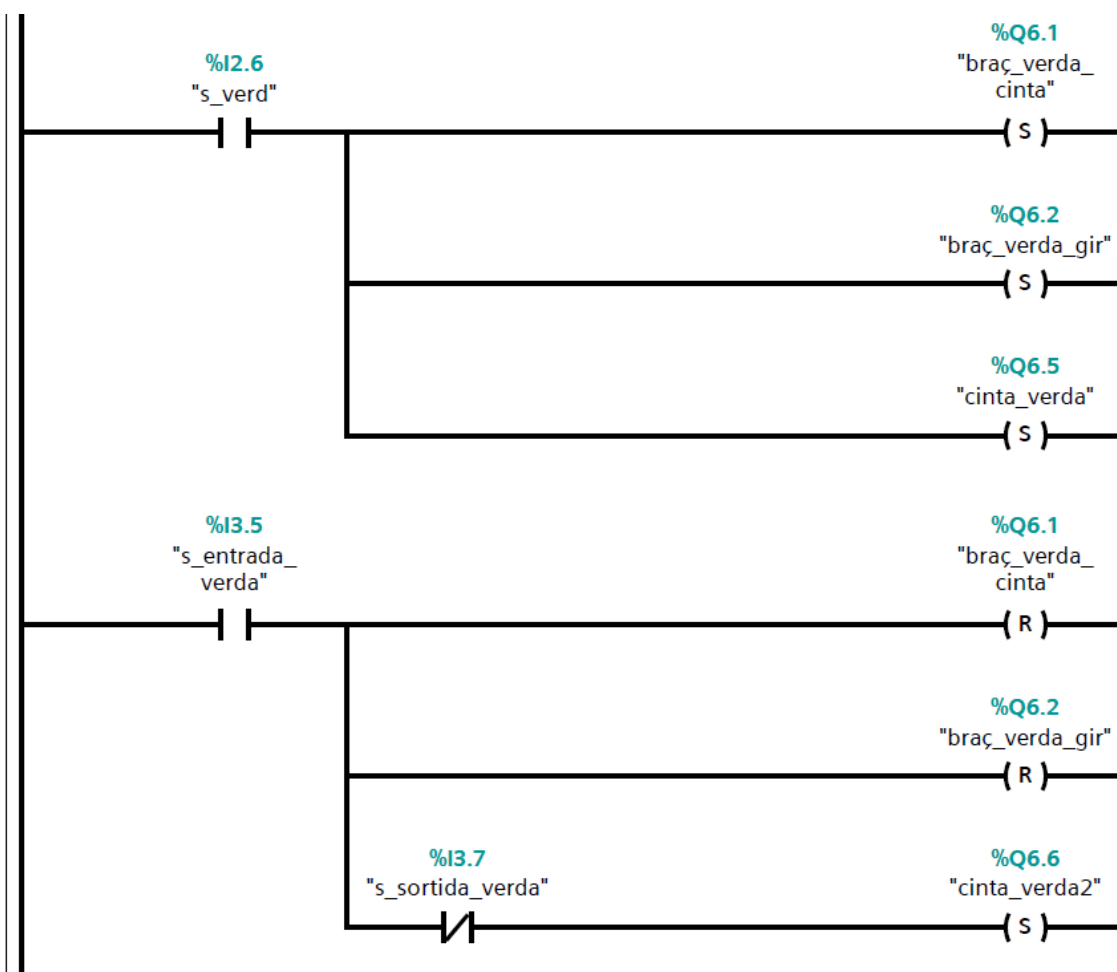


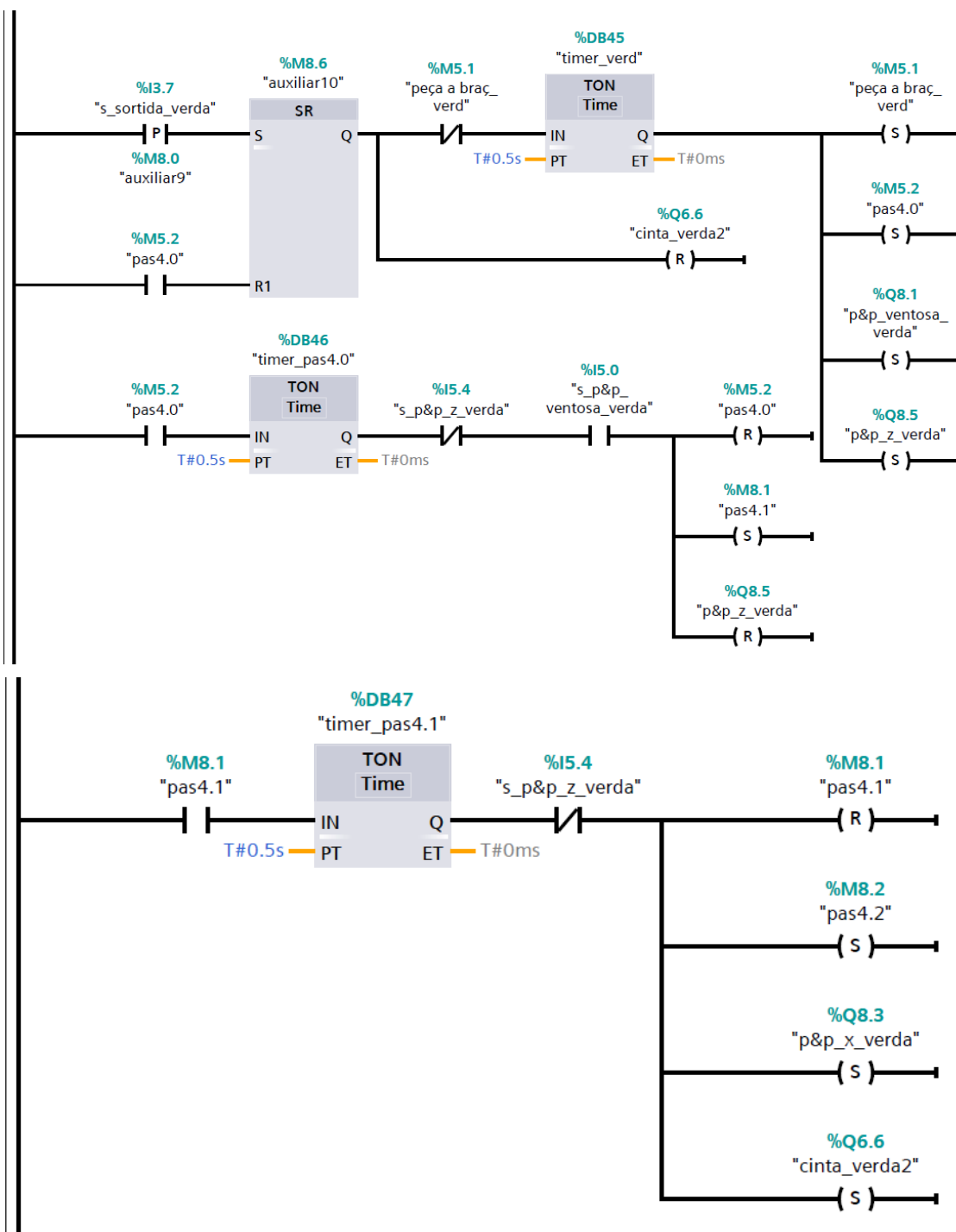
- Network 13: palet blaves

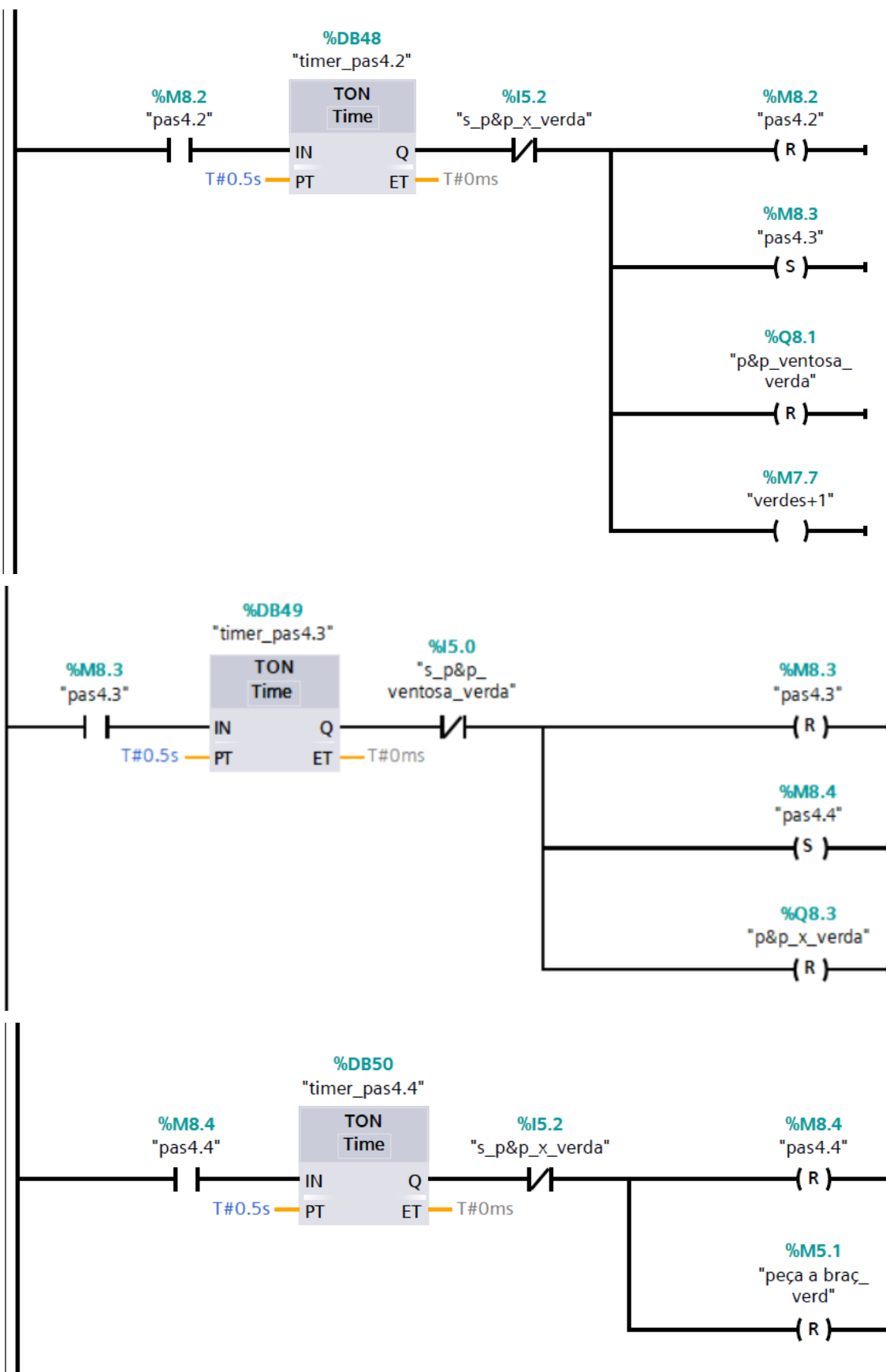




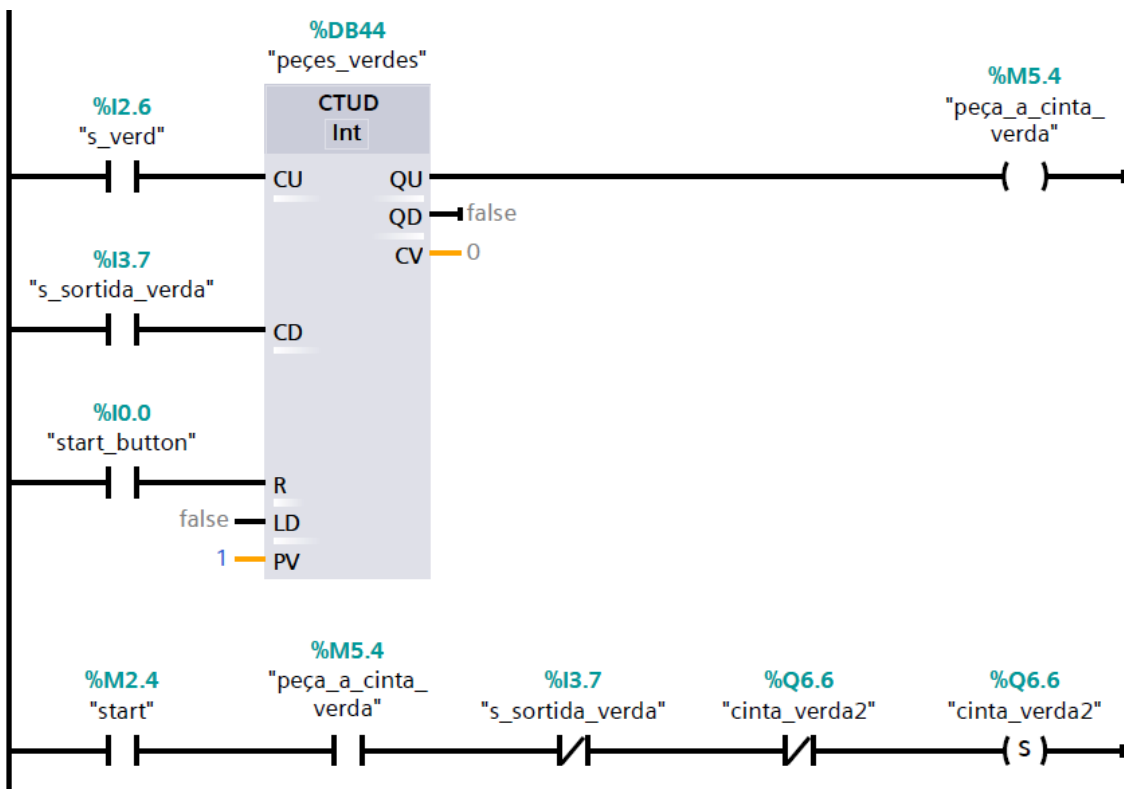
- Network 14: peques verdes



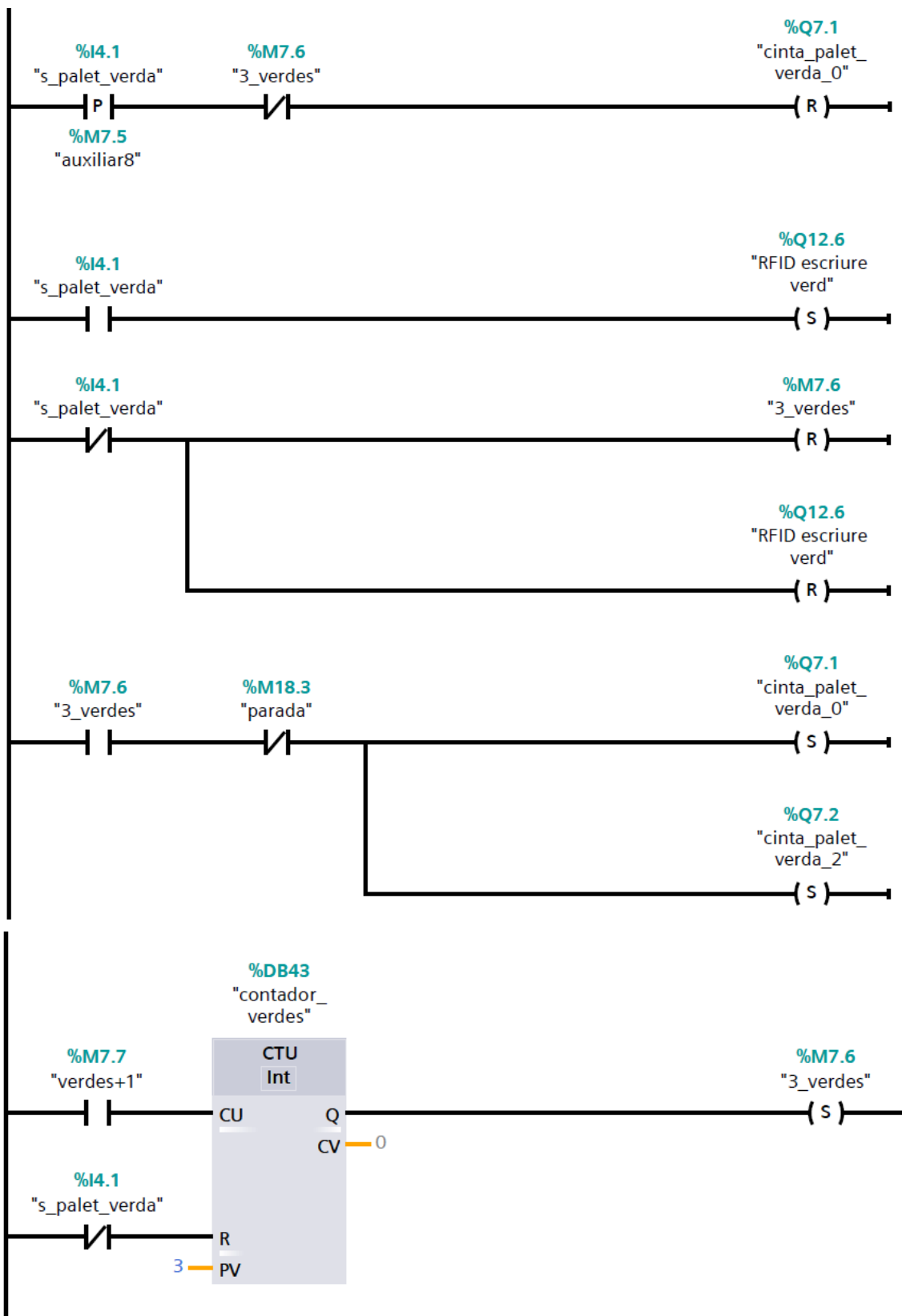




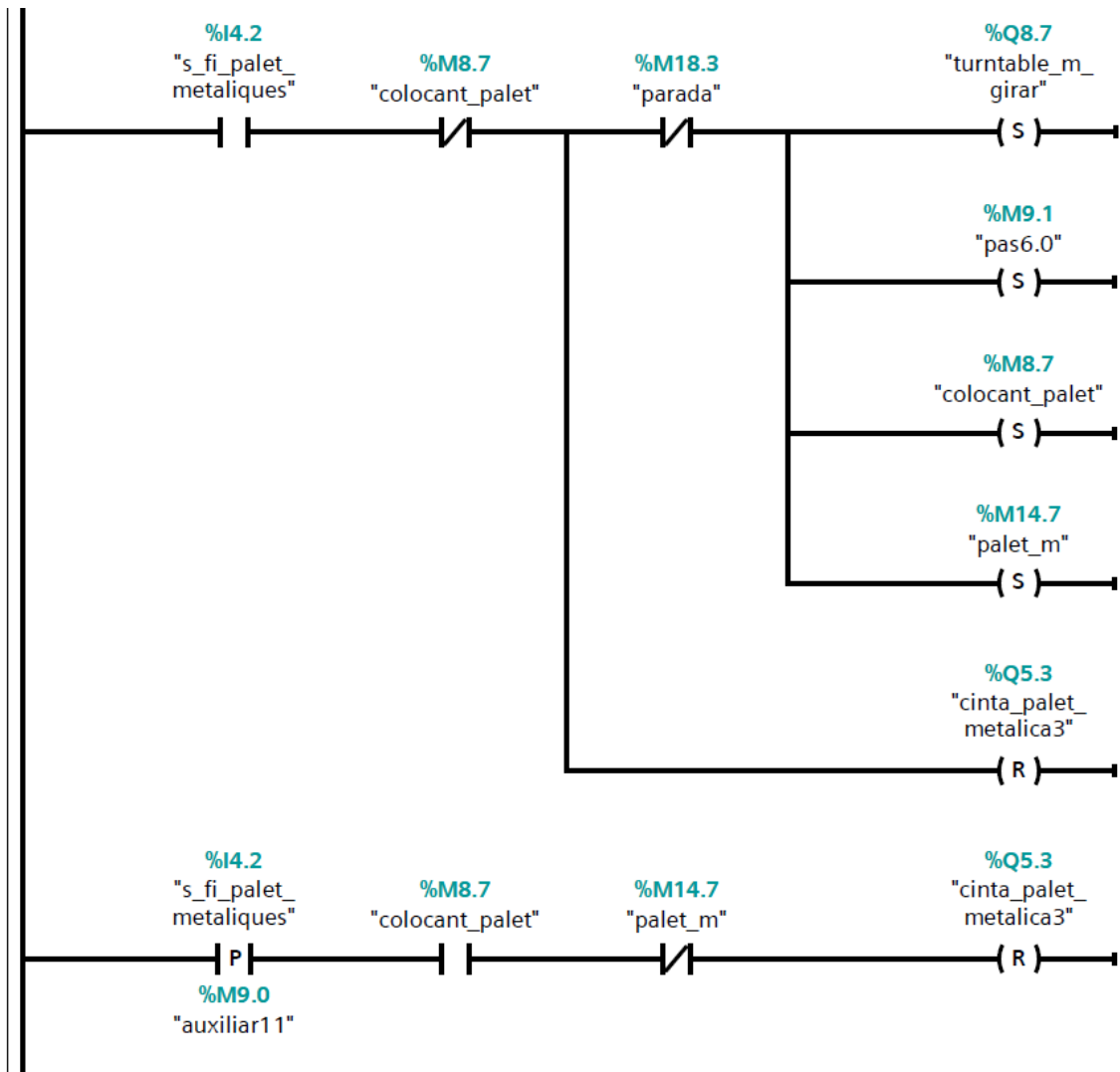
- Network 15: contador peques verdes

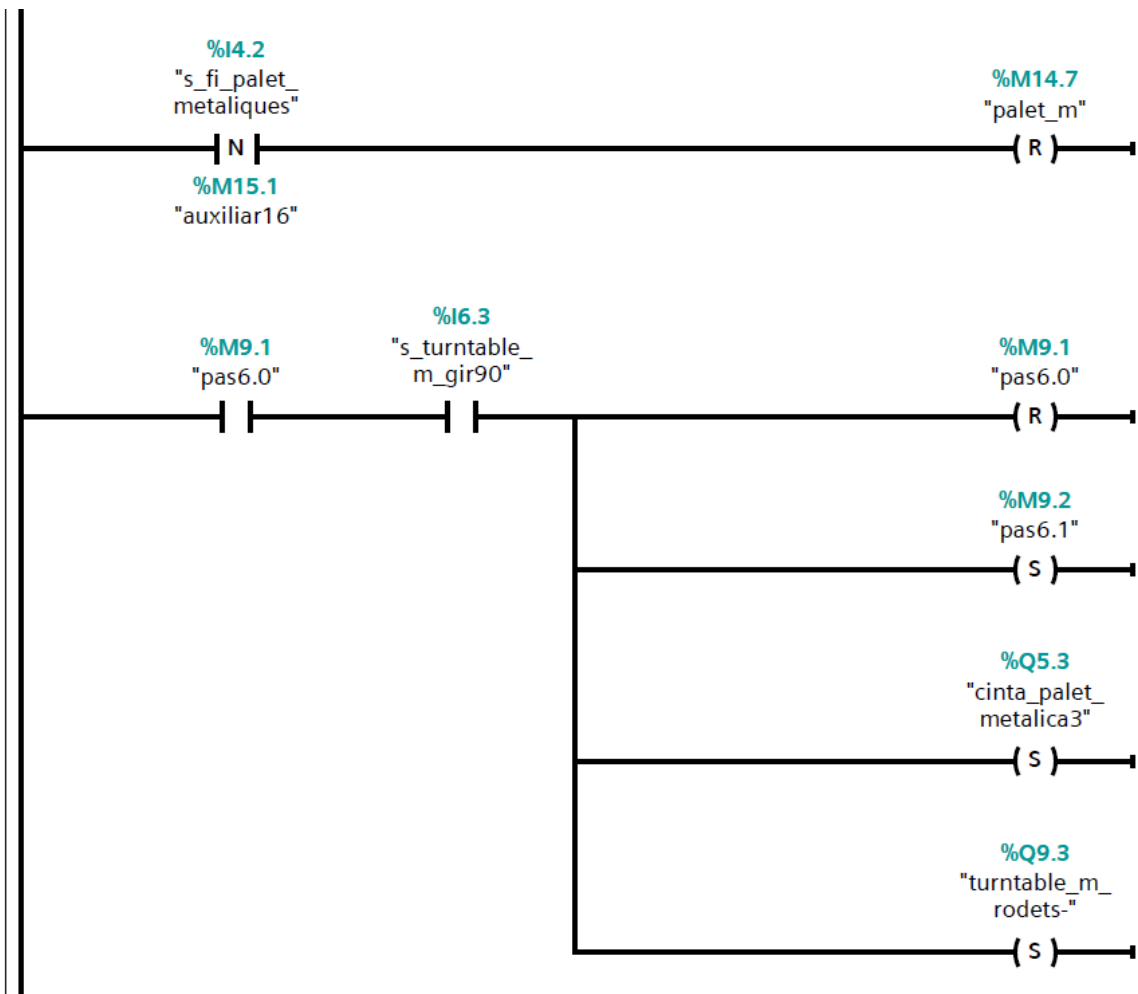


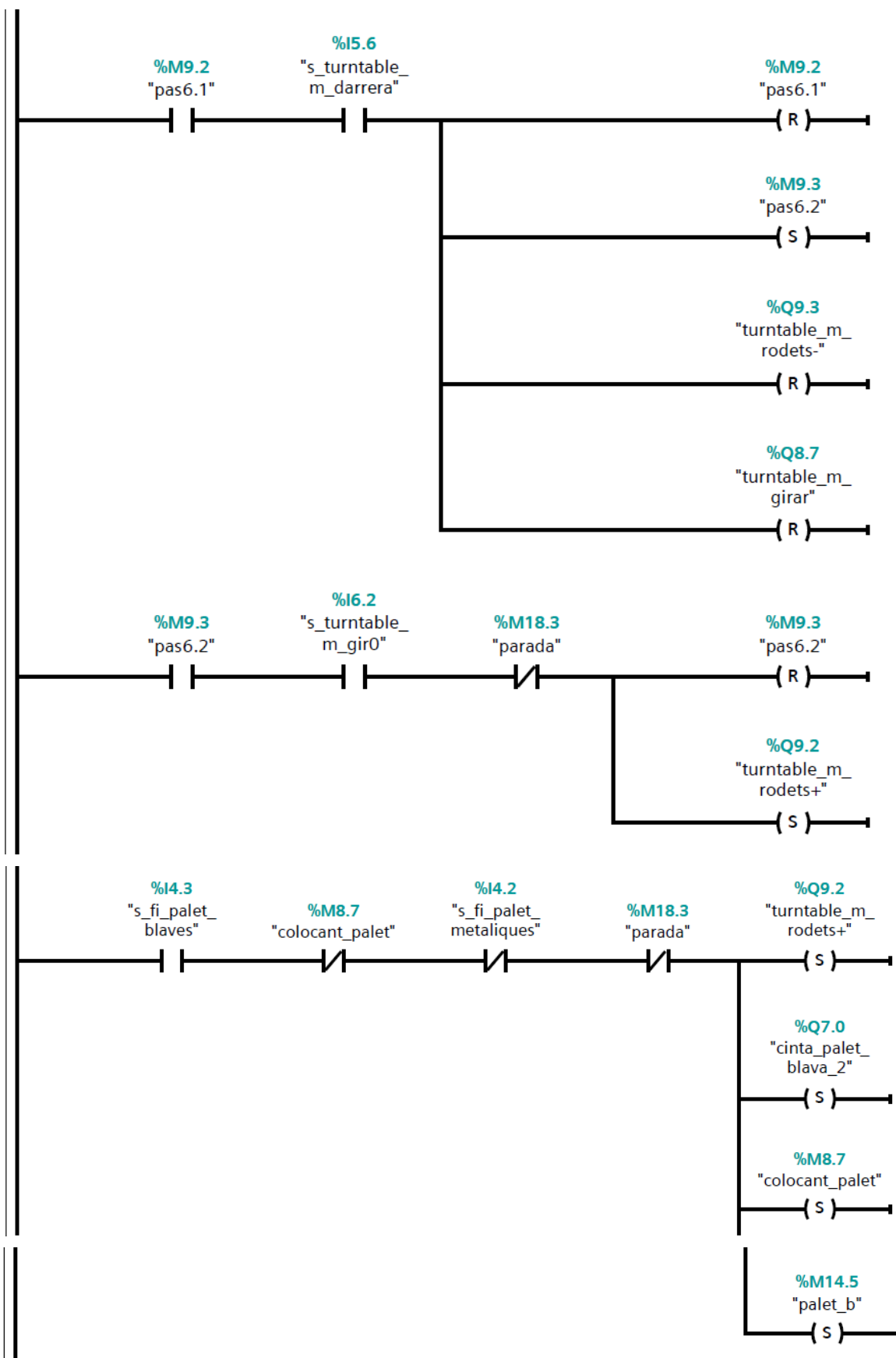
- Network 16: palet verdes

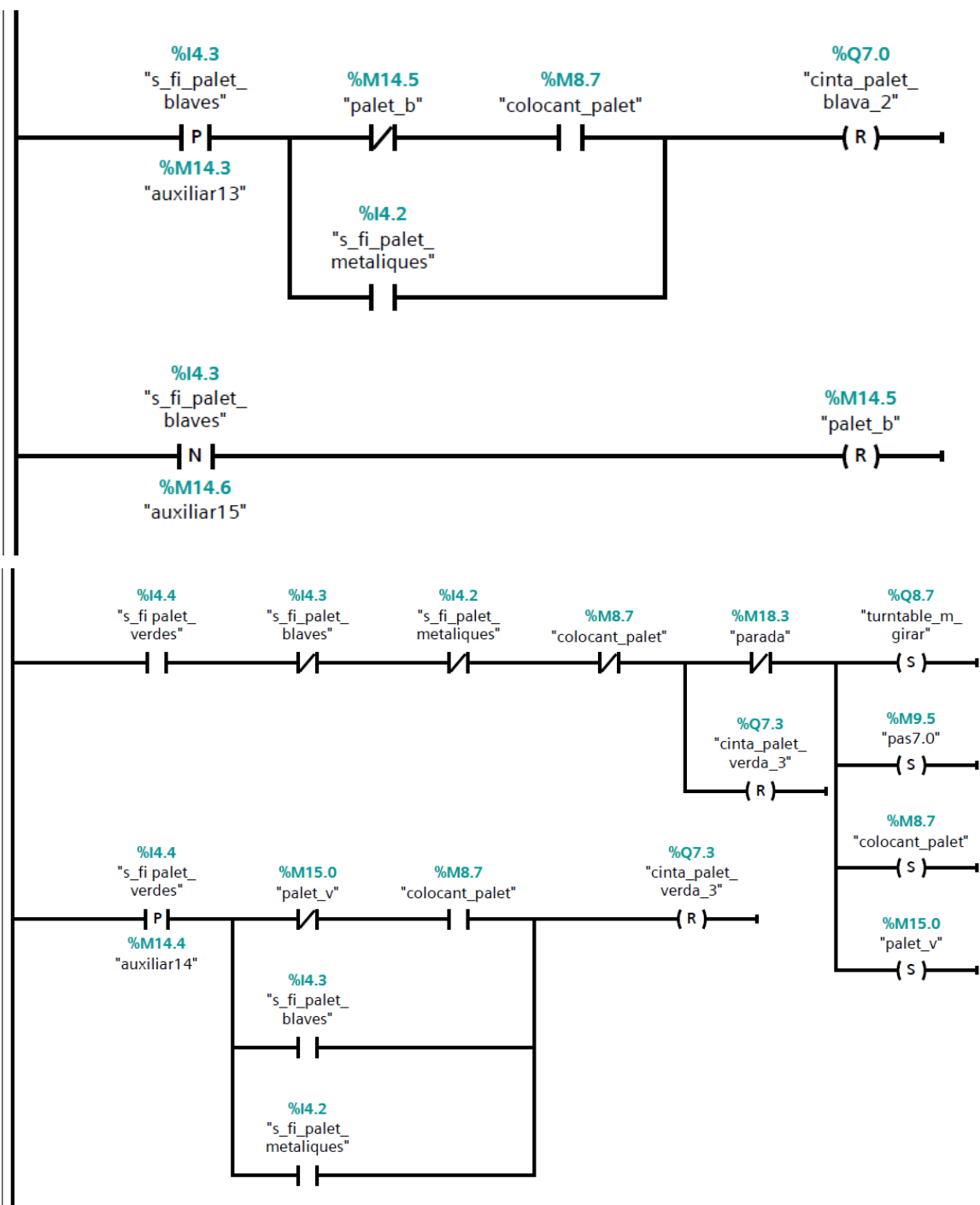


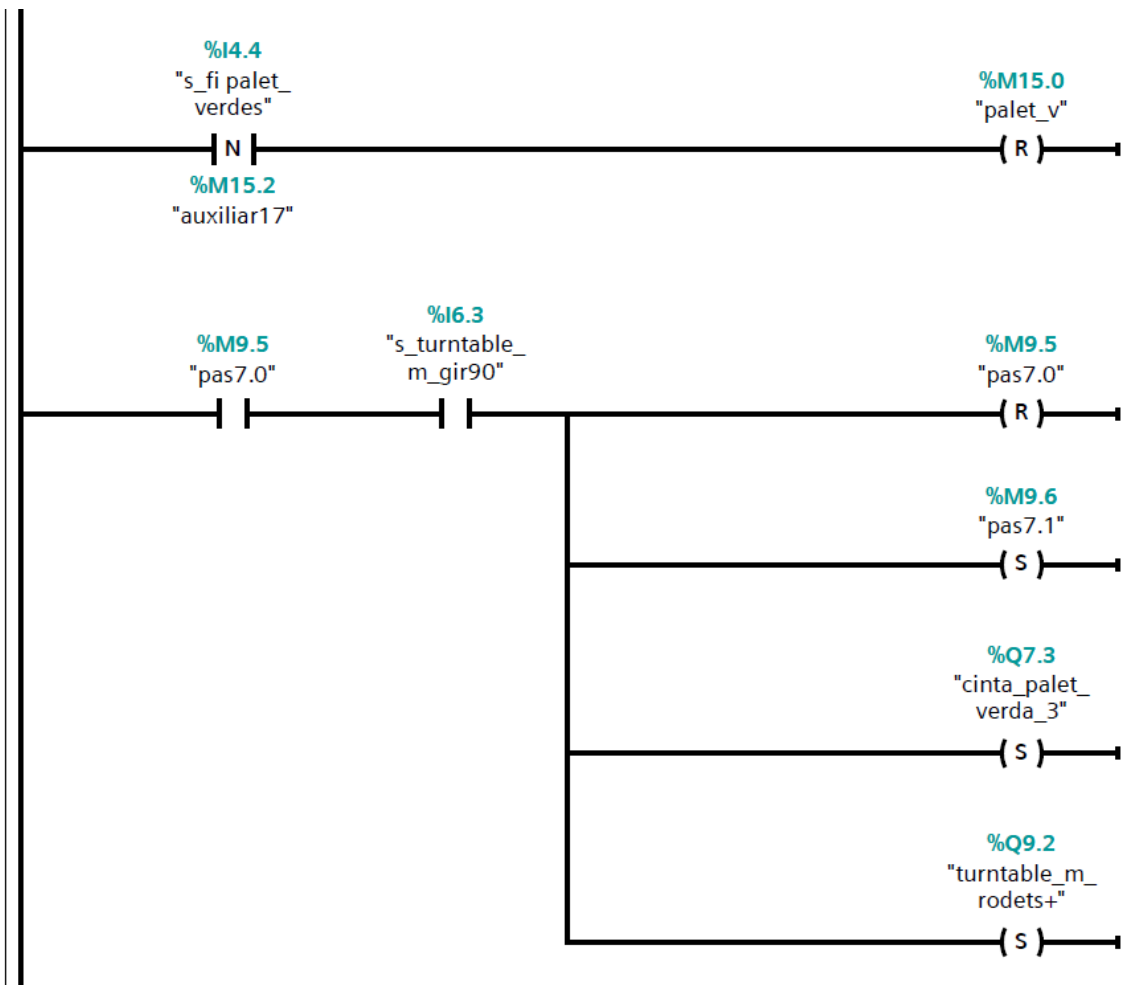
- Network 17: turntable materials

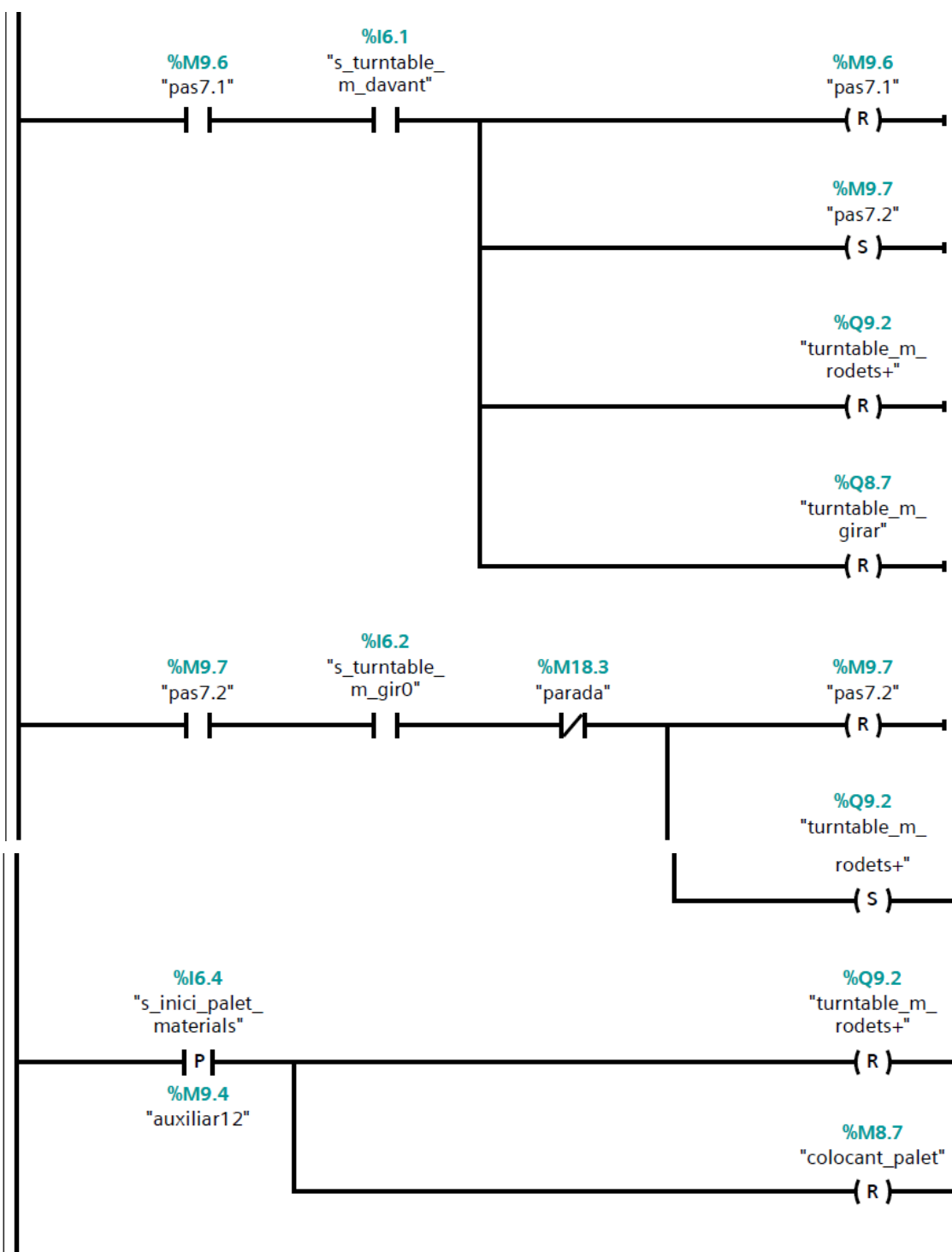




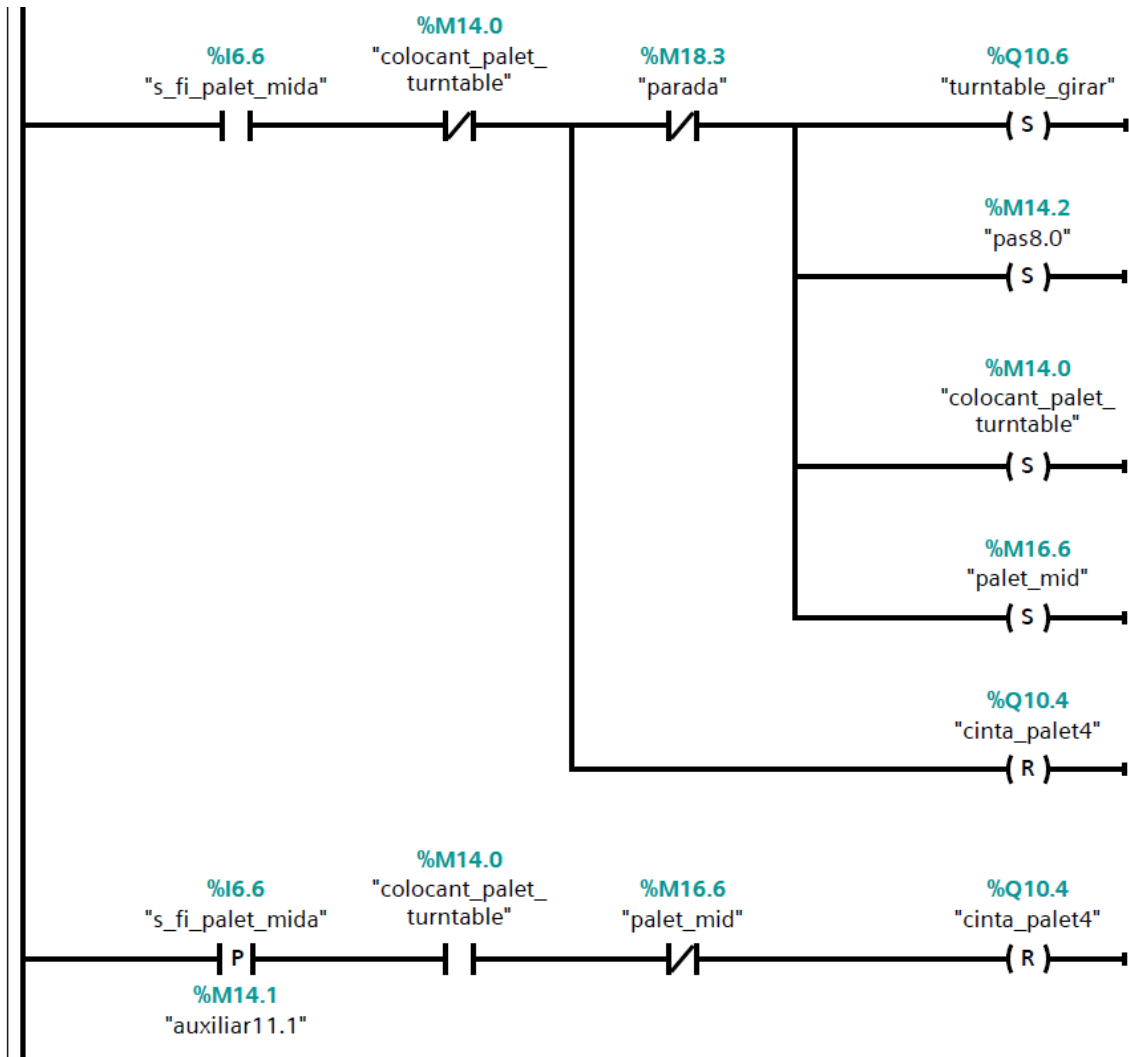


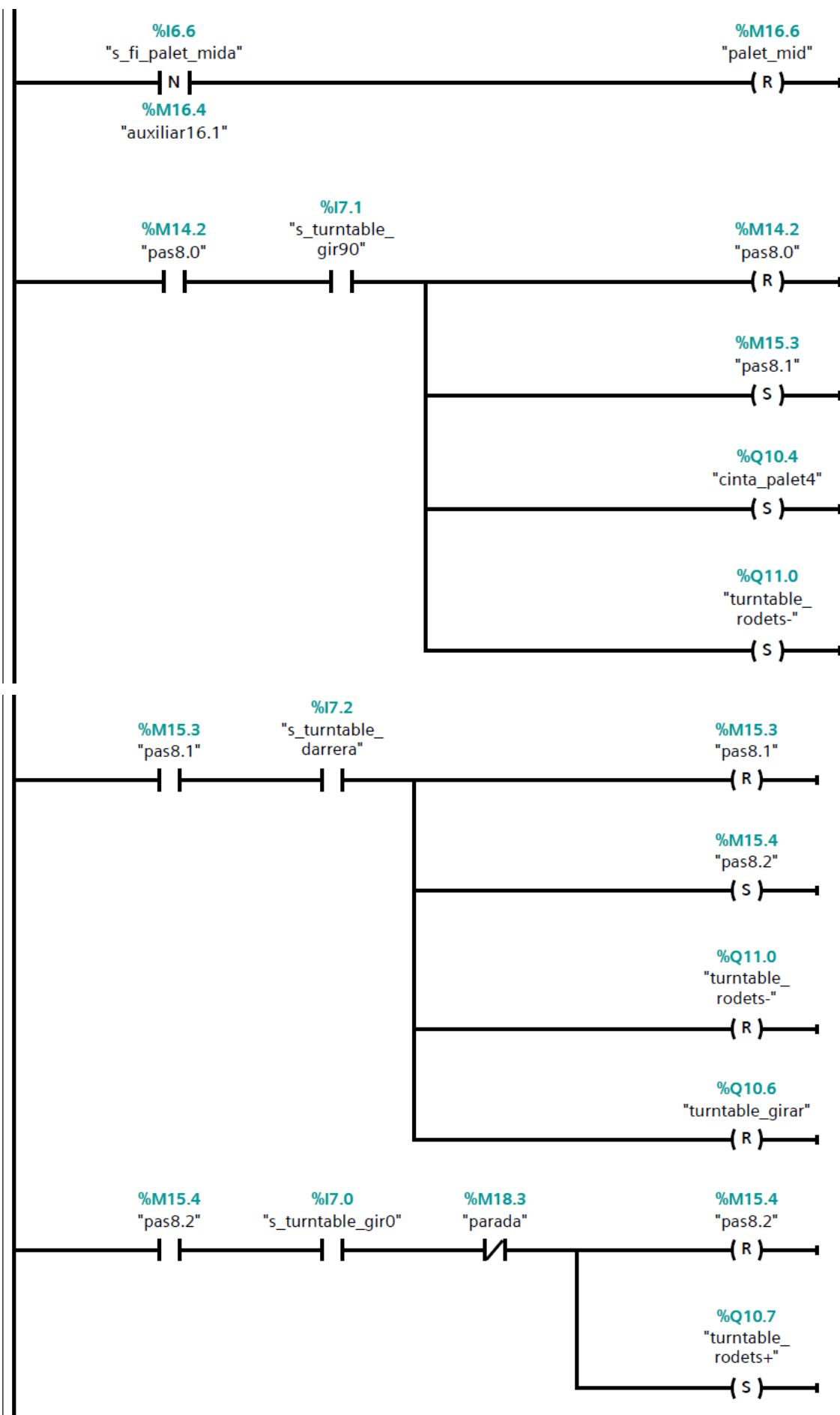


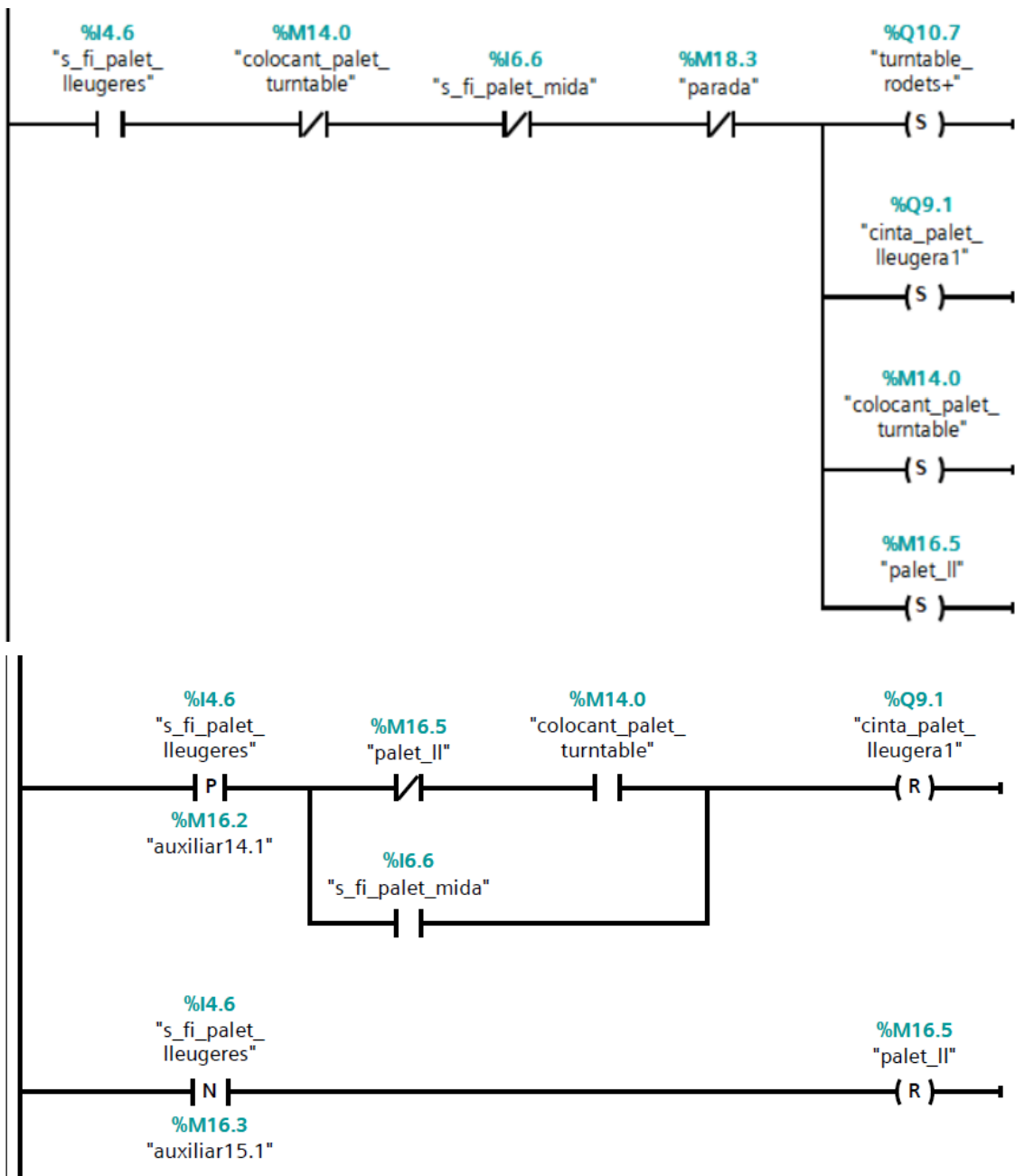


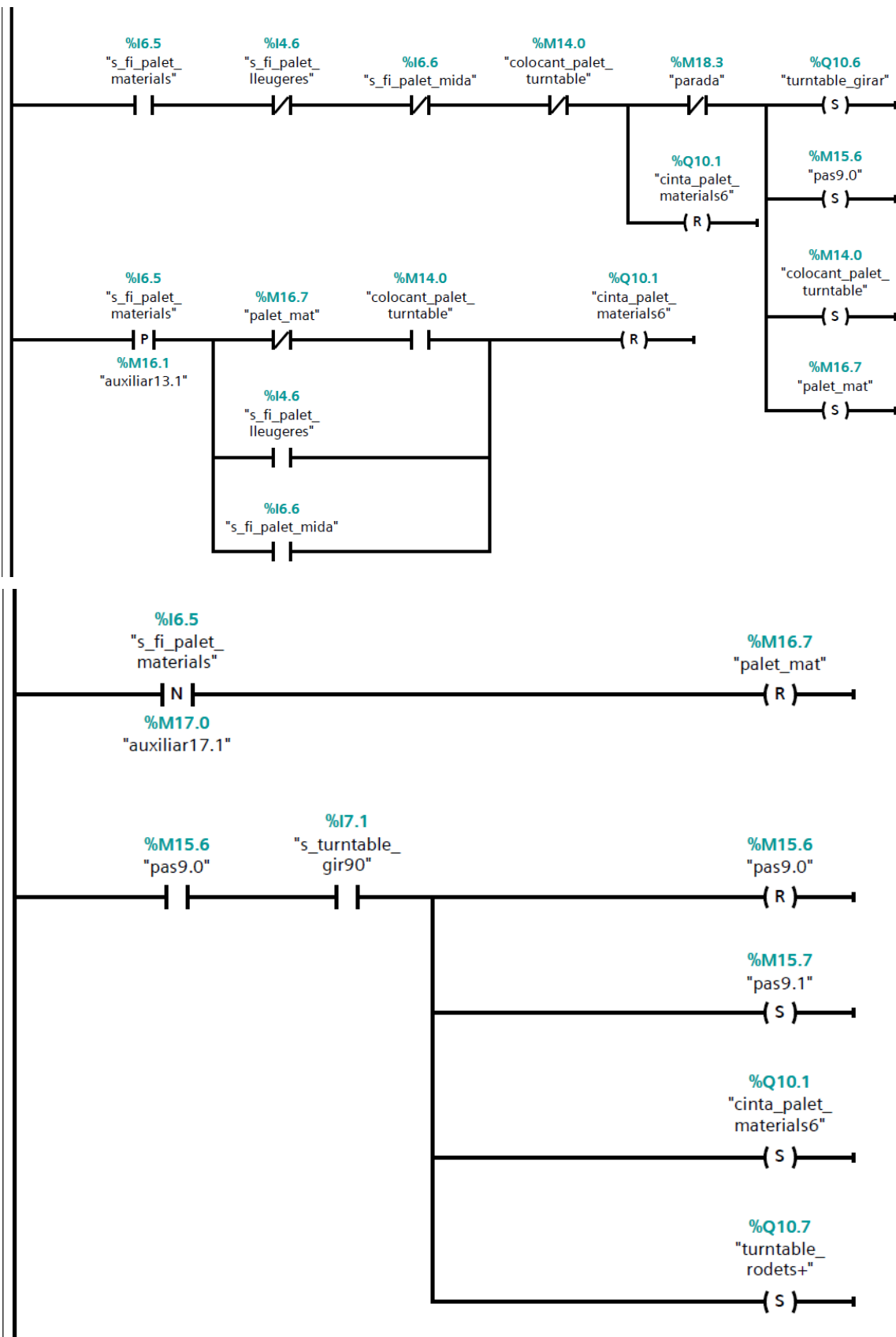


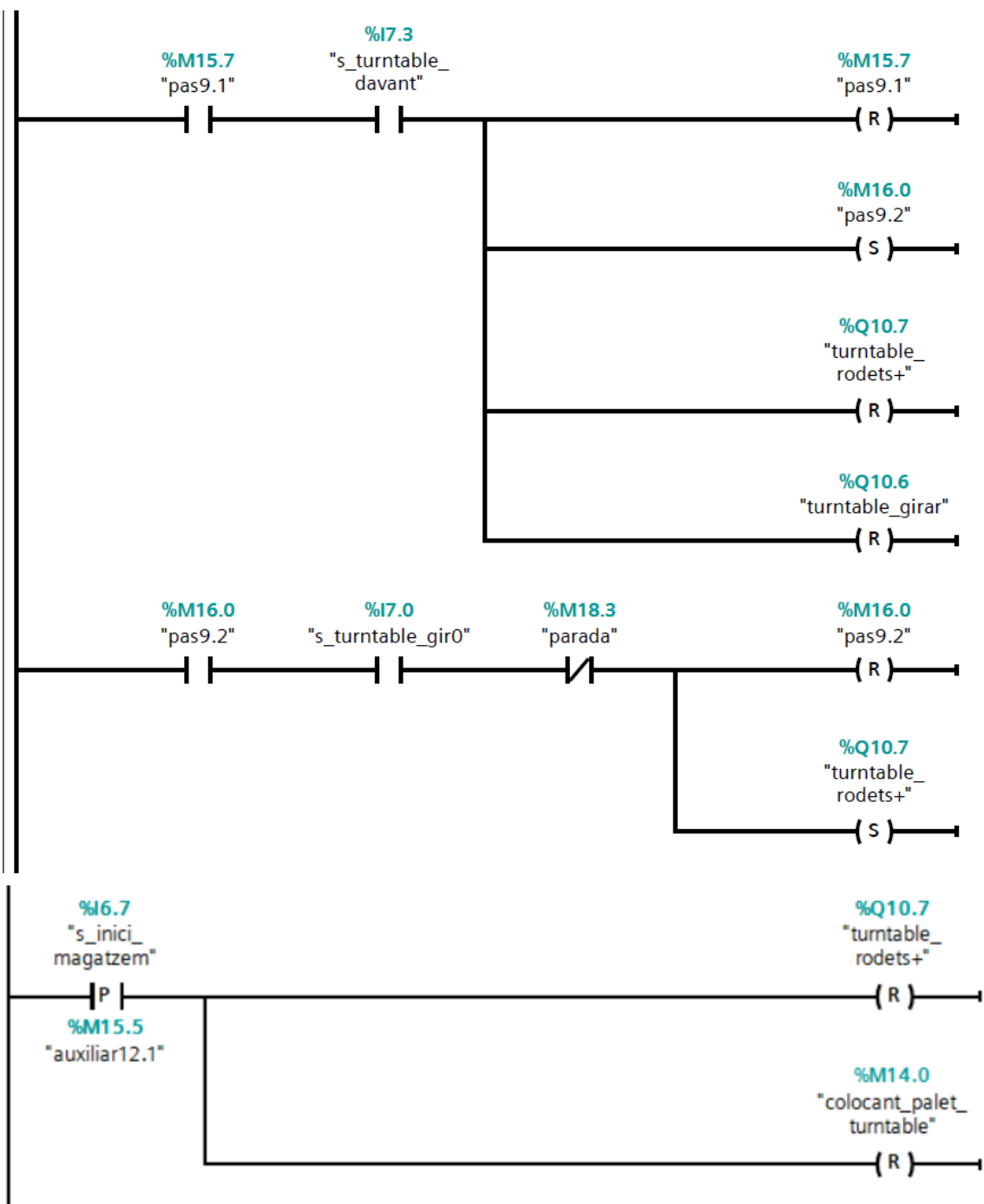
- Network 18: turntable magatzem



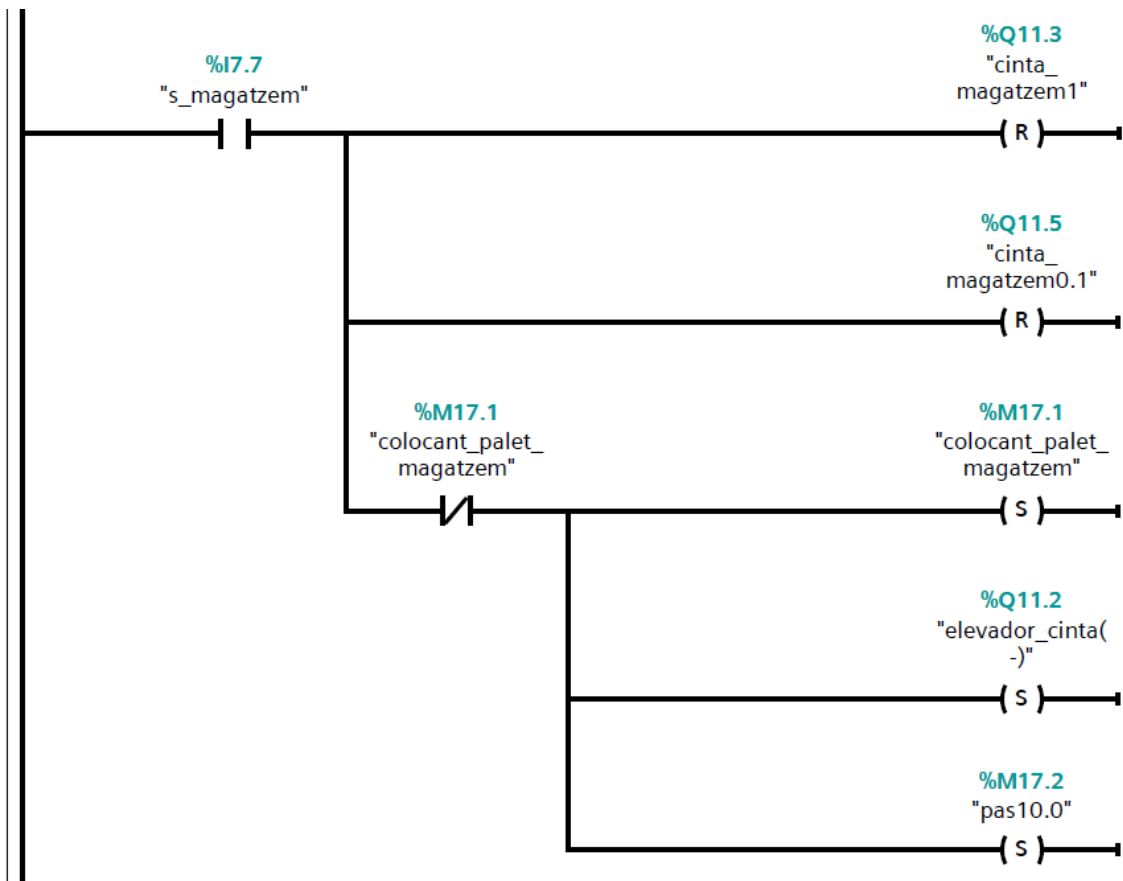


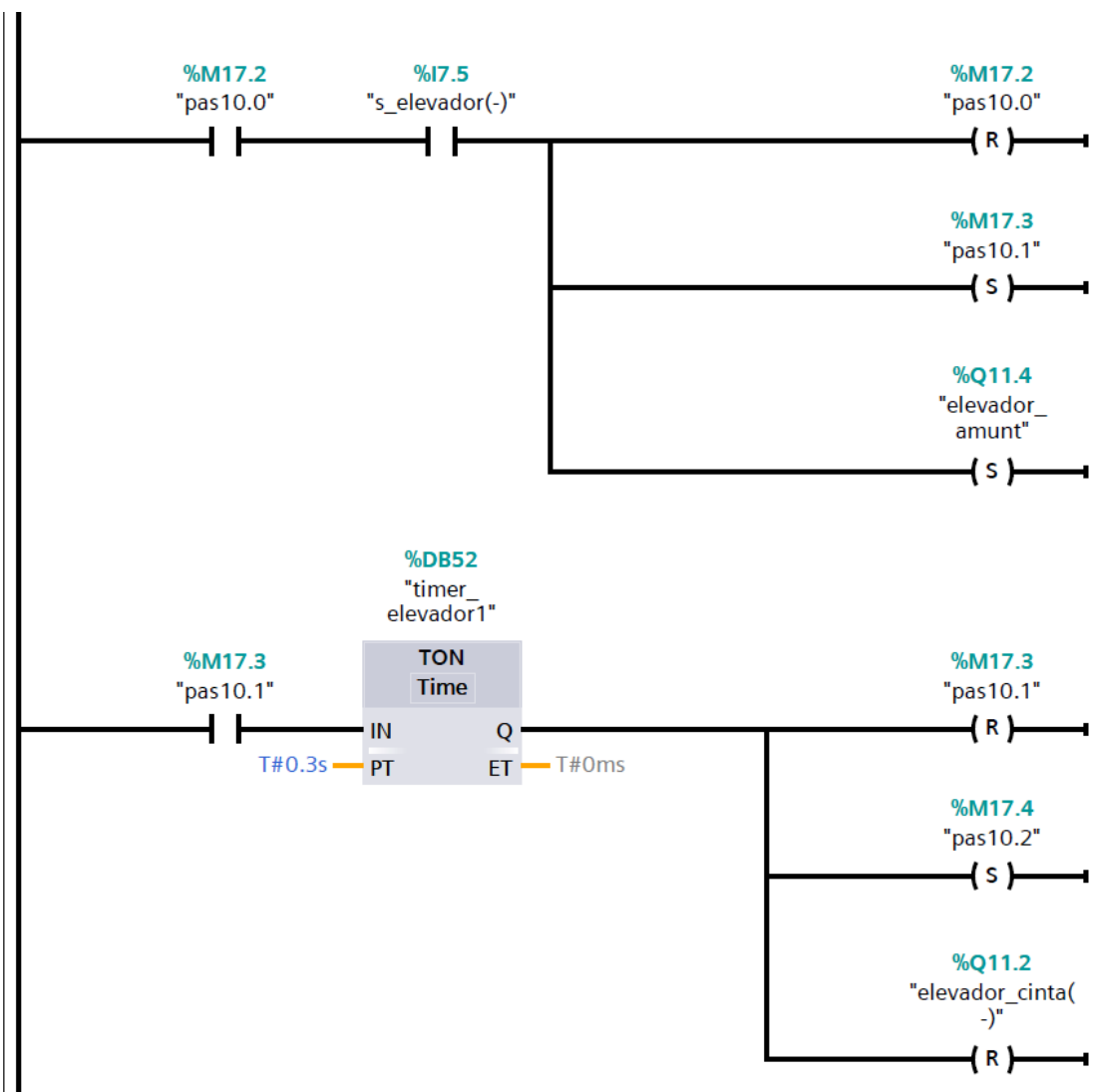


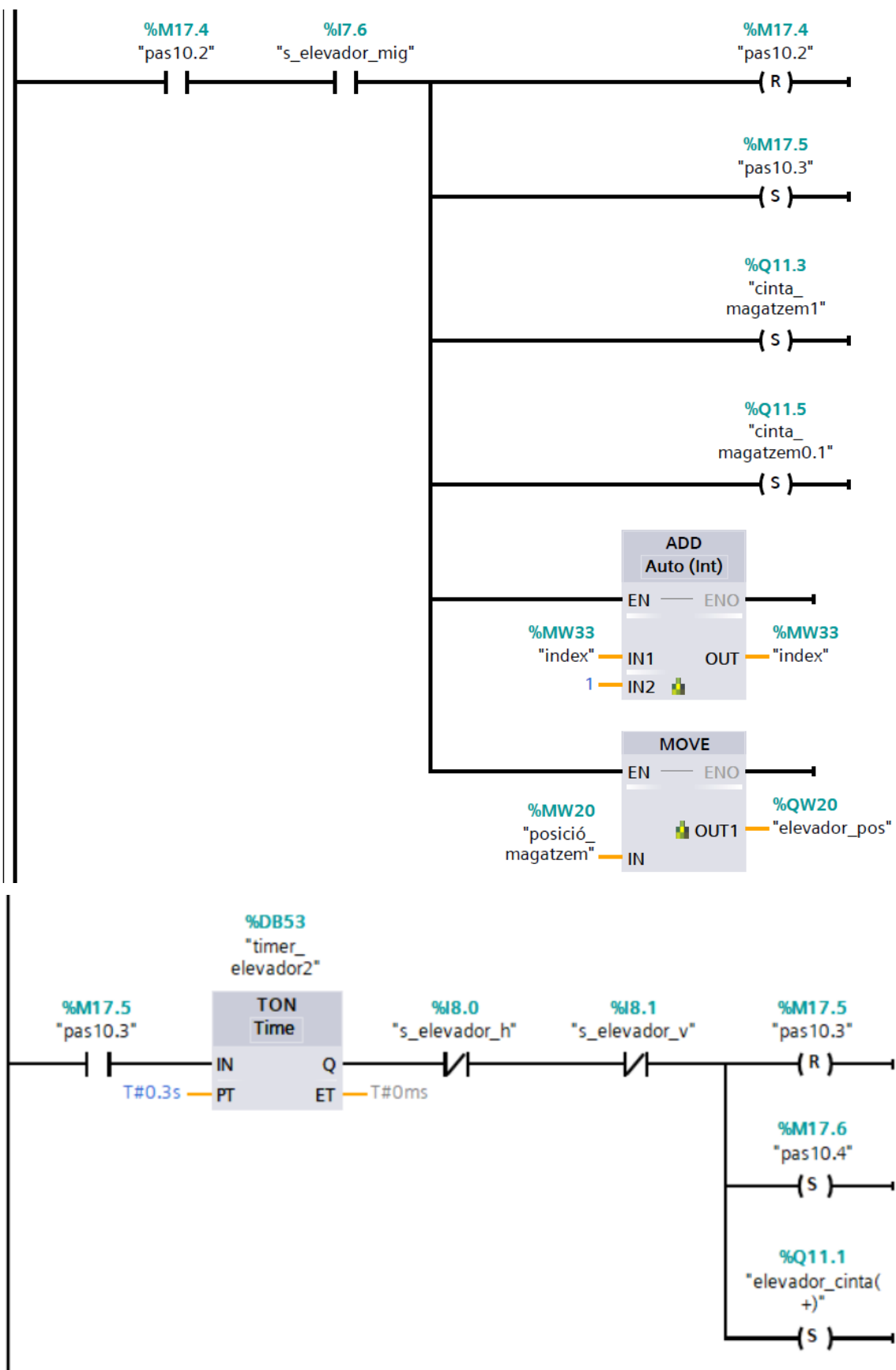


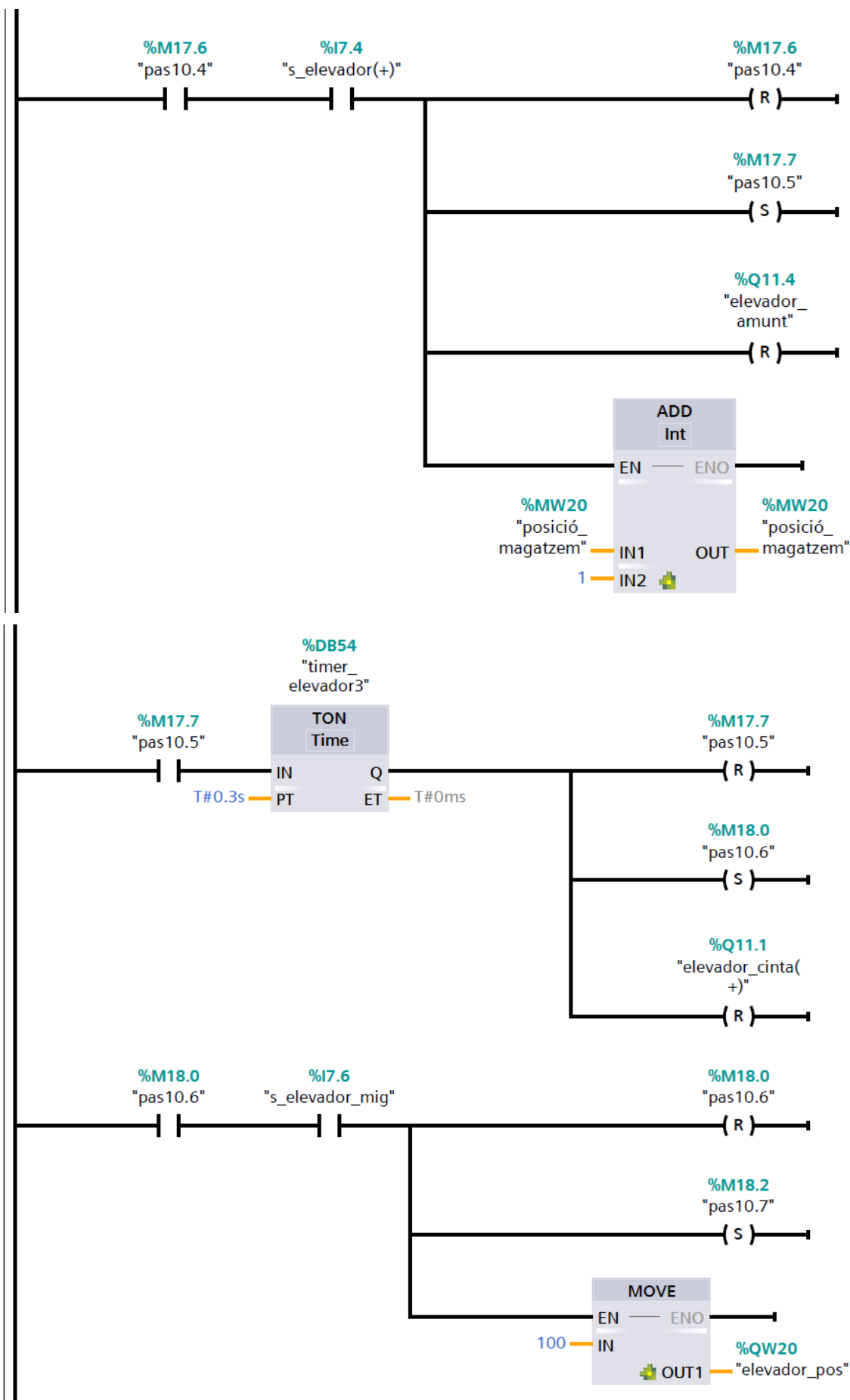


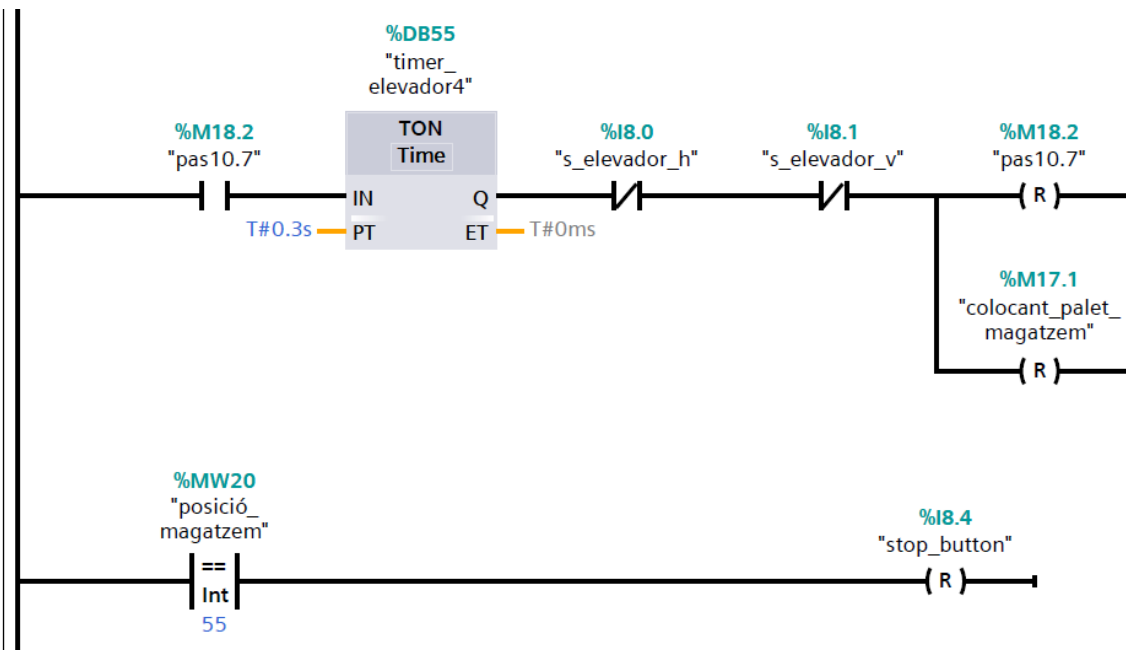
- Network 19: magatzem



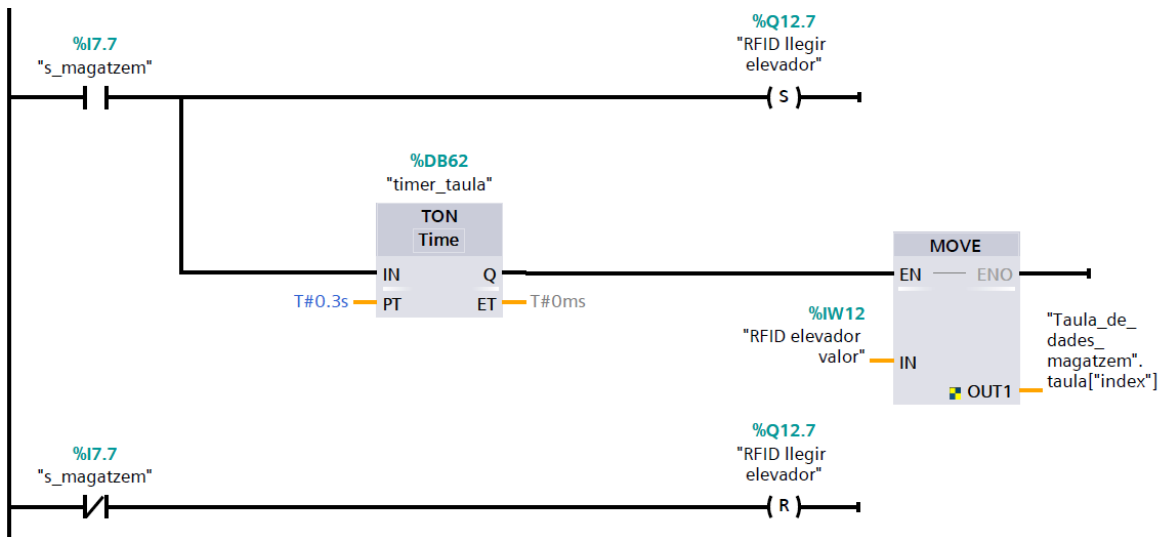




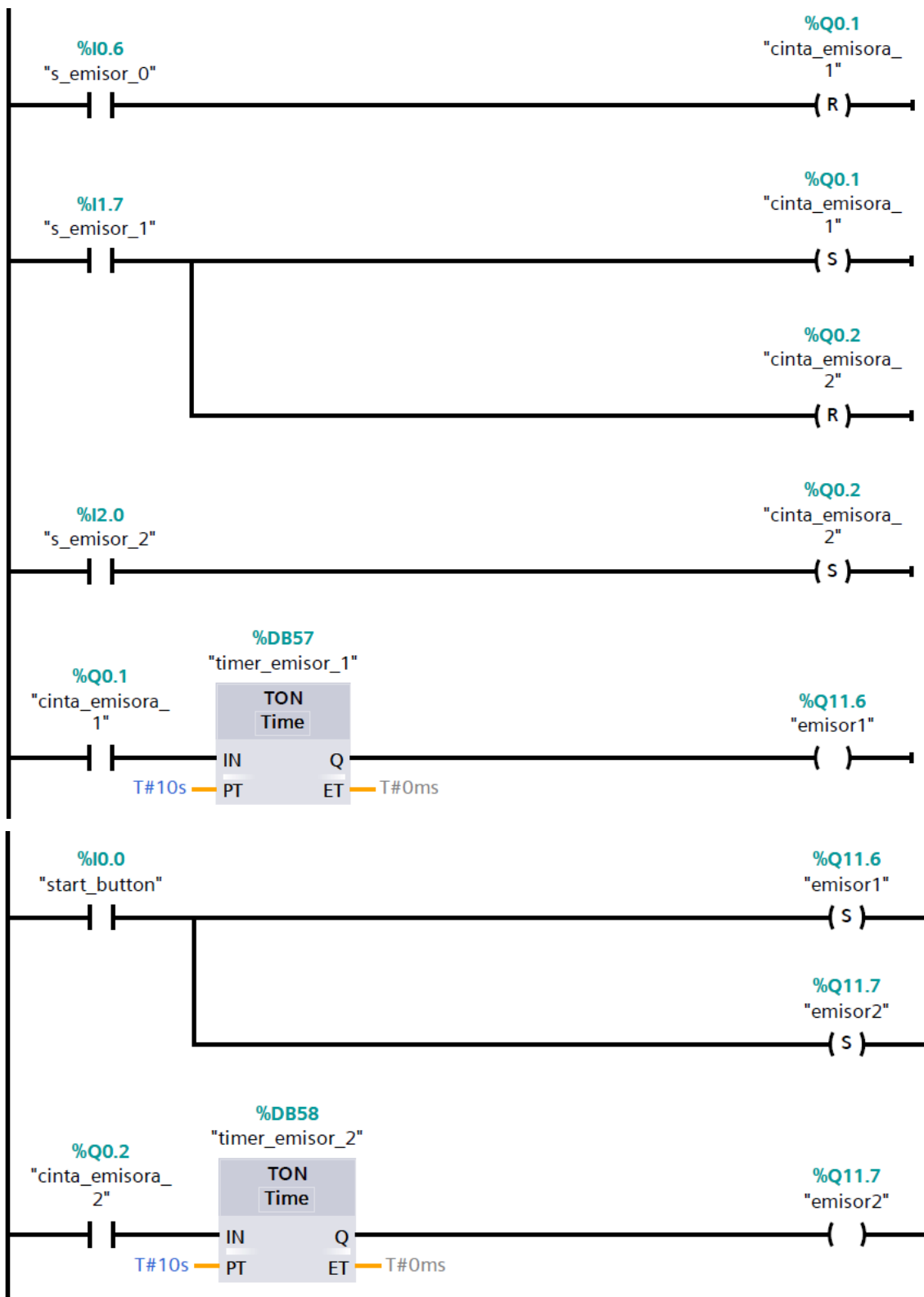




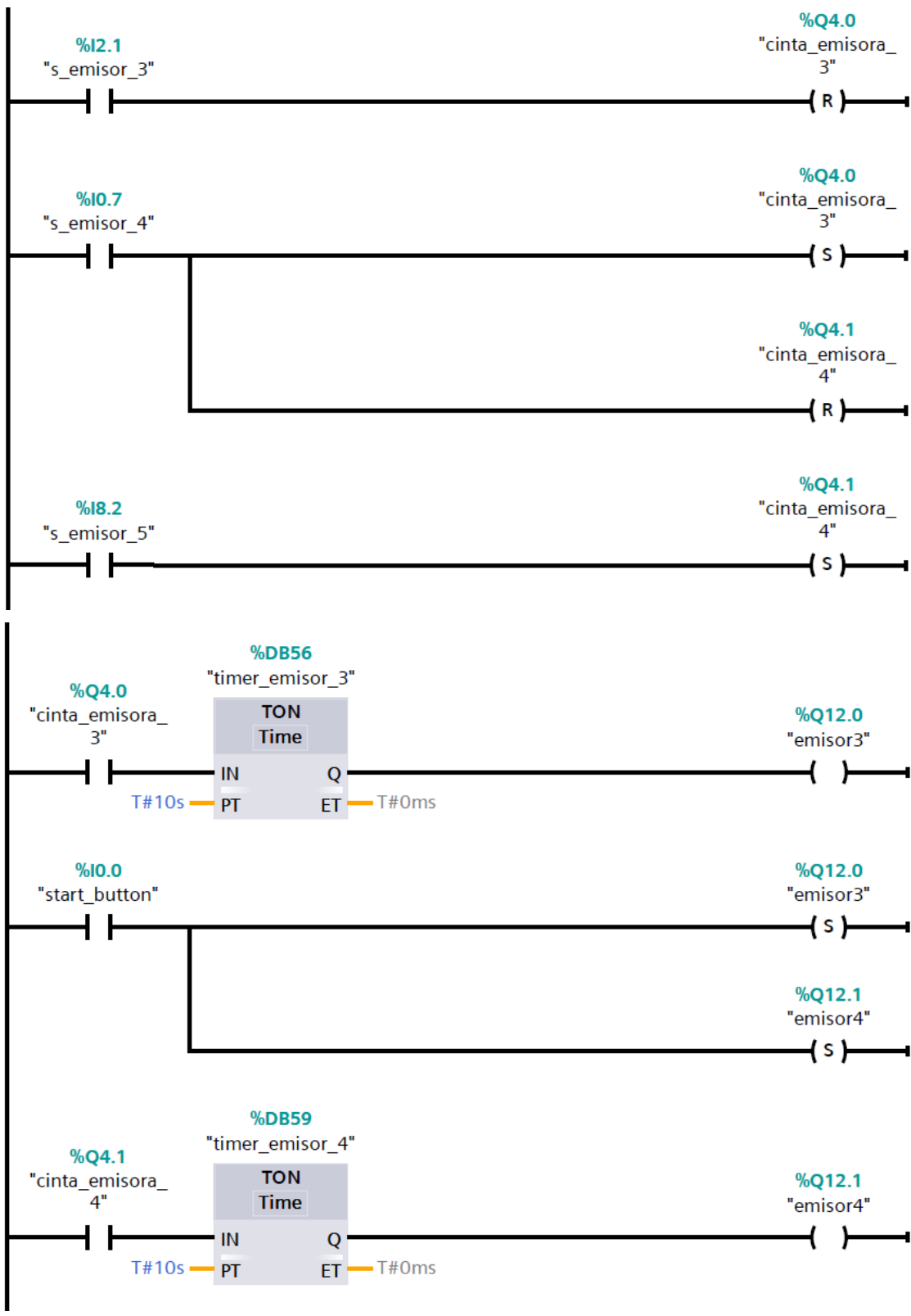
- Network 20: taula de dades magatzem



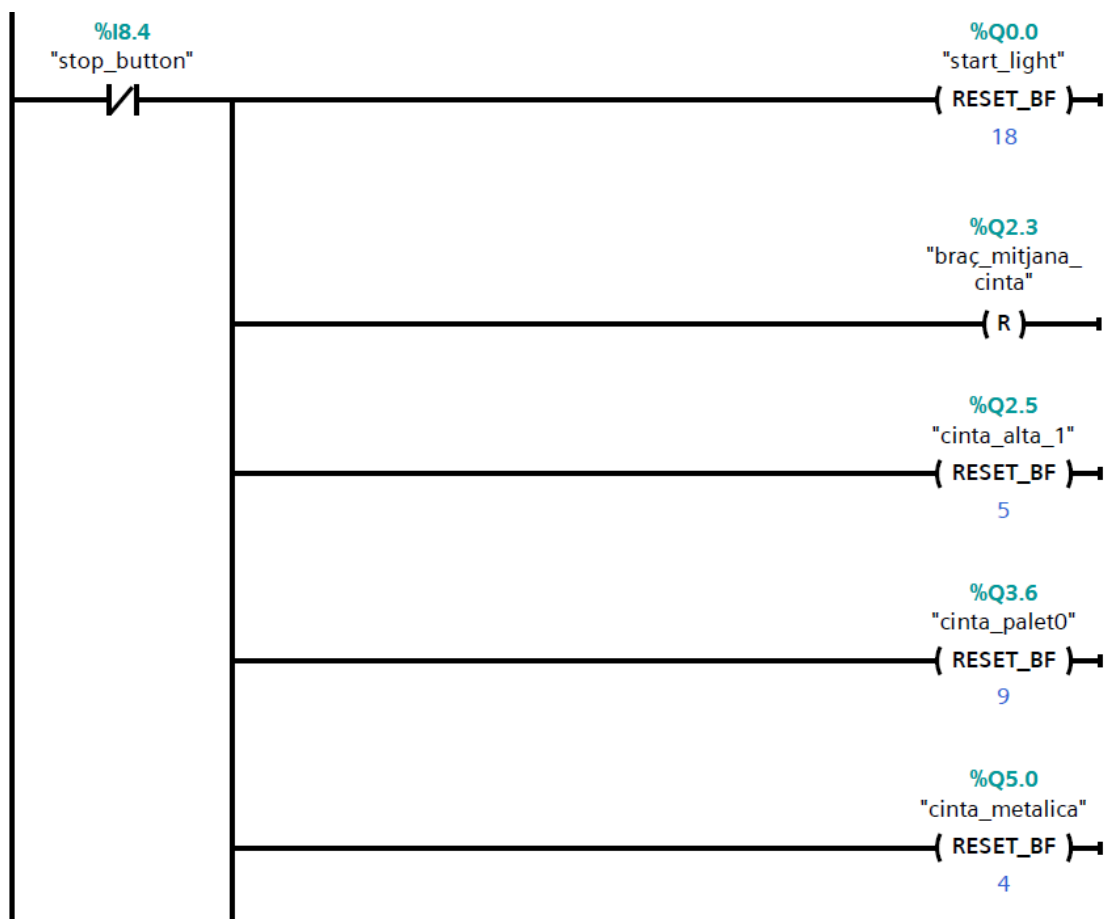
• Network 21: emisors1

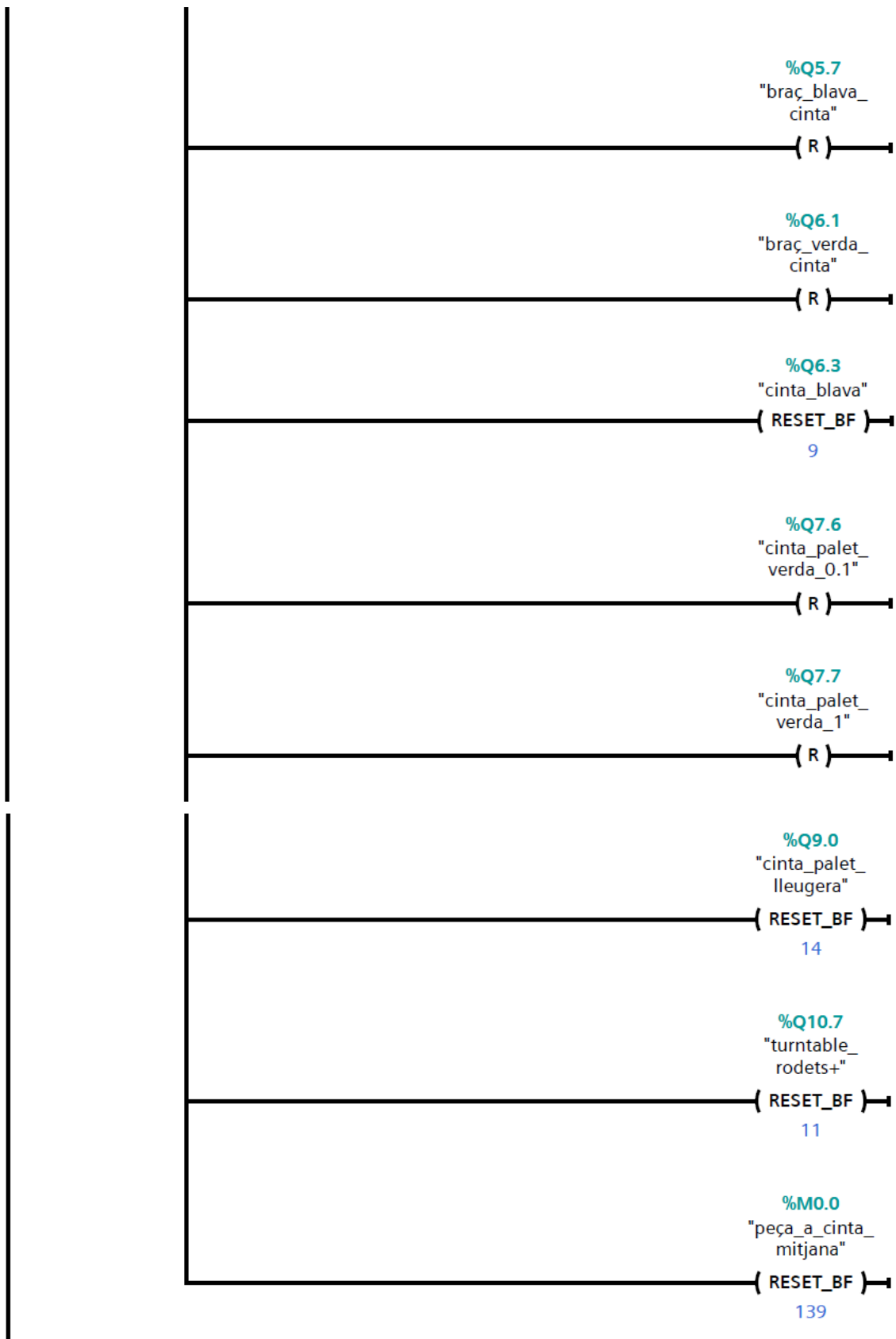


• Network 22: emissors2



- Network 23: parada d'emergència





- Network 24: pausa i rearme

