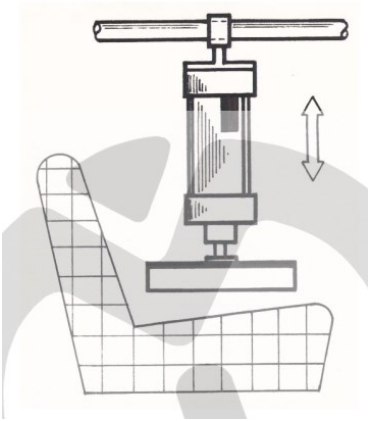


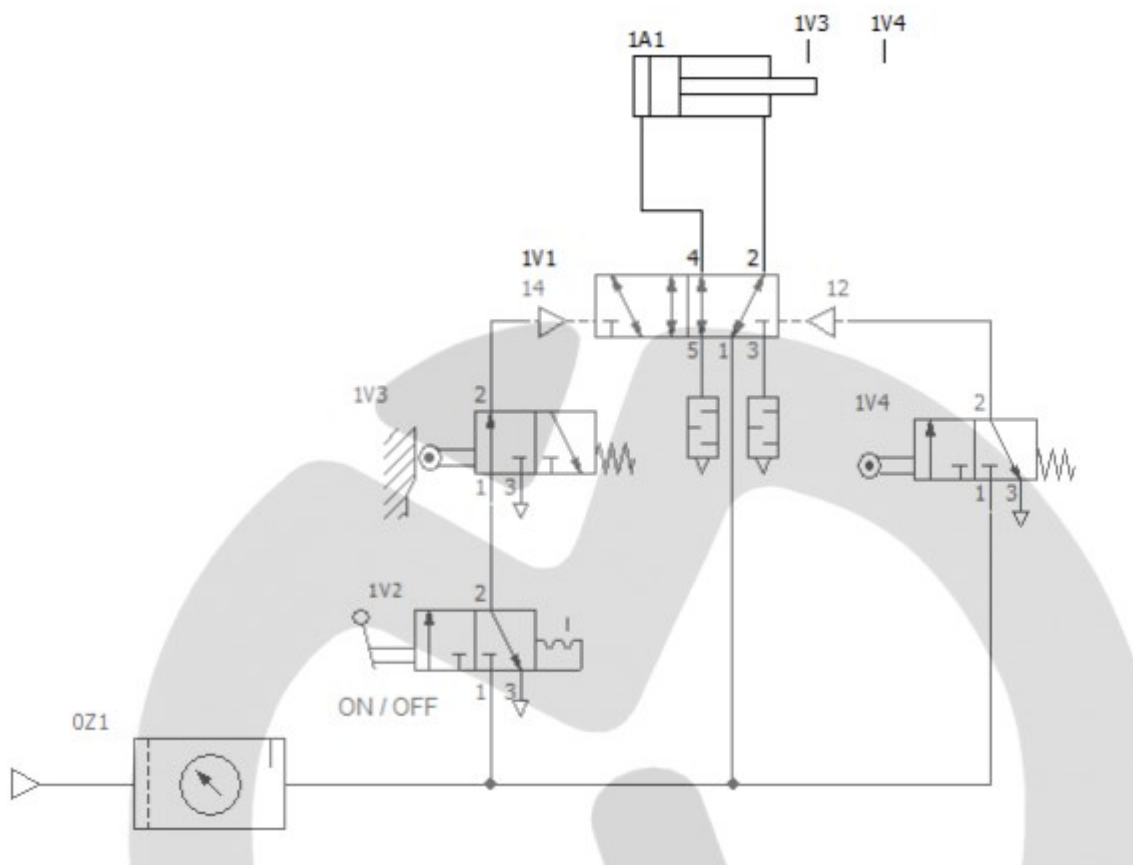
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Άσκηση 8: Μηχανισμός Δοκιμής Εξαρτημάτων (Component Test Machine)



Στόχος της Άσκησης:

Να σχεδιαστεί ένα κύκλωμα όπου ένας κύλινδρος διπλής ενέργειας θα εκτελεί συνεχόμενους κύκλους (έκταση - συστολή) για να ελέγξει την αντοχή μιας καρέκλας. Ο κύκλος ξεκινά με έναν διακόπτη ON/OFF και σταματά, με τον κύλινδρο πάντα σε θέση συστολής, όταν ο διακόπτης τεθεί στη θέση OFF.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

1. Κατάσταση Ηρεμίας (Διακόπτης στο OFF):

- ο Το κύκλωμα είναι ανενεργό. Ο κύλινδρος 1A1 βρίσκεται σε πλήρη συστολή. Σε αυτή τη θέση, το έμβολο πιέζει τον οριακό διακόπτη με ράουλο 1V3.

- ο Η κεντρική βαλβίδα κατεύθυνσης **1V1** (τύπου 5/2 με διπλό πνευματικό πιλότο) δεν δέχεται κανένα σήμα, οπότε παραμένει στην τελευταία της θέση, που είναι αυτή που κρατά τον κύλινδρο σε συστολή.

2. Έναρξη Κύκλου (Διακόπτης στο ON):

- ο Ο χειριστής ενεργοποιεί τη βαλβίδα ON/OFF **1V2** (στο σχέδιο φαίνεται ως 3/2).
- ο Ο πεπιεσμένος αέρας περνά μέσα από τη βαλβίδα **1V2**. Επειδή ο κύλινδρος είναι ήδη σε συστολή και πιέζει τον οριακό διακόπτη **1V3**, ο αέρας συνεχίζει τη διαδρομή του μέσα από αυτόν.
- ο Το σήμα αέρα φτάνει στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει κατάσταση. Τώρα, συνδέει την παροχή αέρα με την πίσω πλευρά του κυλίνδρου **1A1**, προκαλώντας την **έκτασή** του.

3. Εκτέλεση Κύκλου:

- ο **Έκταση:** Καθώς ο κύλινδρος αρχίζει να εκτείνεται, απελευθερώνει τον οριακό διακόπτη **1V3**. Το σήμα προς τη θύρα 14 της **1V1** διακόπτεται. Ωστόσο, η βαλβίδα **1V1** είναι τύπου "μνήμης" (διπλού πιλότου), οπότε διατηρεί τη θέση της μέχρι να λάβει σήμα στην αντίθετη θύρα (12).
- ο Όταν ο κύλινδρος φτάσει στο τέλος της διαδρομής του (πλήρης έκταση), πιέζει τον οριακό διακόπτη **1V4**.
- ο **Συστολή:** Ο διακόπτης **1V4** στέλνει ένα νέο σήμα αέρα στη θύρα πιλότου **12** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει ξανά κατάσταση, επιστρέφοντας στην αρχική της θέση. Συνδέει την παροχή αέρα με την μπροστινή πλευρά του κυλίνδρου, προκαλώντας τη **συστολή** του.
- ο **Επανάληψη:** Μόλις ο κύλινδρος επιστρέψει στην αρχική του θέση, πιέζει ξανά τον διακόπτη **1V3**, και ο κύκλος ξεκινά από την αρχή, εφόσον ο διακόπτης ON/OFF παραμένει ενεργός.

4. Διακοπή Κύκλου (Διακόπτης στο OFF):

- ο Όταν ο χειριστής θέσει τη βαλβίδα ON/OFF **1V2** στη θέση OFF, διακόπτεται η παροχή αέρα προς το κύκλωμα λογικής (δηλαδή προς τους οριακούς διακόπτες).
- ο Αυτό σημαίνει ότι ο οριακός διακόπτης **1V3** δεν μπορεί πλέον να στείλει σήμα για την έναρξη της έκτασης.
- ο Αν ο κύλινδρος βρίσκεται στη μέση της έκτασης, θα την ολοκληρώσει, θα πατήσει το **1V4**, θα πάρει εντολή για συστολή και θα επιστρέψει.
- ο Αν ο κύλινδρος βρίσκεται στη μέση της συστολής, θα την ολοκληρώσει.
- ο Σε κάθε περίπτωση, το τελευταίο βήμα που μπορεί να εκτελεστεί είναι η συστολή. Μόλις ο κύλινδρος βρεθεί σε πλήρη συστολή, ο κύκλος σταματά οριστικά, αφού το σήμα για νέα έκταση έχει κοπεί από τον κεντρικό διακόπτη.
- ο **Σοβαρό Σχεδιαστικό Σφάλμα :** Η λογική διακοπής του κύκλου είναι λανθασμένη και δεν επιτυγχάνει τον στόχο. Ο στόχος είναι ο κύλινδρος να σταματά **πάντα** σε θέση συστολής.
 - **Το Πρόβλημα:** Ο διακόπτης ON/OFF (**1V2**) τροφοδοτεί με αέρα και τους δύο οριακούς διακόπτες (**1V3** για την έκταση και **1V4** για τη συστολή). Αν ο χειριστής θέσει τον διακόπτη στο OFF ενώ ο κύλινδρος εκτείνεται, ο κύλινδρος θα φτάσει στην πλήρη έκταση και

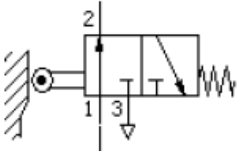
θα **σταματήσει εκεί**. Δεν θα πάρει ποτέ σήμα για να επιστρέψει, διότι ο διακόπτης 1V4 δεν θα έχει παροχή αέρα για να στείλει το σήμα συστολής.

- **Διόρθωση:** Για να λειτουργεί σωστά, ο διακόπτης 1V2 πρέπει να διακόπτει μόνο το σήμα έναρξης του κύκλου (την έκταση). Η γραμμή που δίνει εντολή για συστολή πρέπει να έχει μόνιμη παροχή αέρα. Δηλαδή, ο 1V2 πρέπει να τοποθετηθεί σε σειρά *μετά* την παροχή του 1V4 και *πριν* τον 1V3.

- **Παρατήρηση:** Η χρήση βαλβίδων ρύθμισης ροής (Throttle/Check Valves) στις γραμμές του κυλίνδρου θα επέτρεπε τον έλεγχο της ταχύτητας κίνησης.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Τι αναπαριστά το παρακάτω σύμβολο;



Το σύμβολο αυτό αναπαριστά μια **βαλβίδα κατεύθυνσης 3/2** (3 θυρών, 2 θέσεων), τύπου **κανονικά κλειστής (Normally Closed - NC)**, με **ενεργοποίηση μέσω ράουλου** και **επαναφορά με ελατήριο**. Το σύμβολο είναι σχεδιασμένο για να δείχνει τη βαλβίδα ενώ είναι ενεργοποιημένη (δηλαδή ενώ το ράουλο είναι πατημένο), και γι' αυτό φαίνεται στην αλλαγμένη της κατάσταση.

2. Πώς διαφέρουν αυτές οι βαλβίδες;



Και τα δύο σύμβολα αναπαριστούν βαλβίδες κατεύθυνσης 3/2 που ενεργοποιούνται με χειροκίνητο μοχλό. Η διαφορά τους είναι:

- **α)** Ενεργοποιείται με μοχλό και έχει **επαναφορά με ελατήριο**. Αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής πρέπει να κρατά τον μοχλό πατημένο για να παραμείνει η βαλβίδα στην ενεργοποιημένη θέση. Μόλις τον αφήσει, το ελατήριο την επαναφέρει στην αρχική της κατάσταση.
- **β)** Ενεργοποιείται με μοχλό και έχει **μανδάλωση (detent)**. Αυτό σημαίνει ότι η βαλβίδα παραμένει στην θέση που την τοποθετεί ο χειριστής, ακόμα και όταν αυτός αφήσει τον μοχλό. Για να επιστρέψει στην αρχική της θέση, ο χειριστής πρέπει να μετακινήσει ξανά τον μοχλό χειροκίνητα.

3. Αναφέρετε δύο τύπους πνευματικών μετρητών:

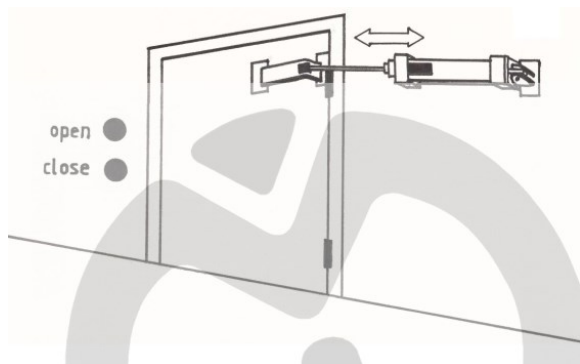
1. **Προκαθορισμένος μετρητής (Predetermined counter):** Ένας μετρητής στον οποίο ορίζουμε έναν αριθμό και αυτός μετρά αντίστροφα προς το μηδέν.

2. **Αθροιστικός μετρητής (Totalising counter):** Ένας μετρητής που ξεκινά από το μηδέν και απλώς μετρά αύξοντα (προς τα πάνω).

4. Πώς μηδενίζονται γενικά οι πνευματικοί μετρητές;

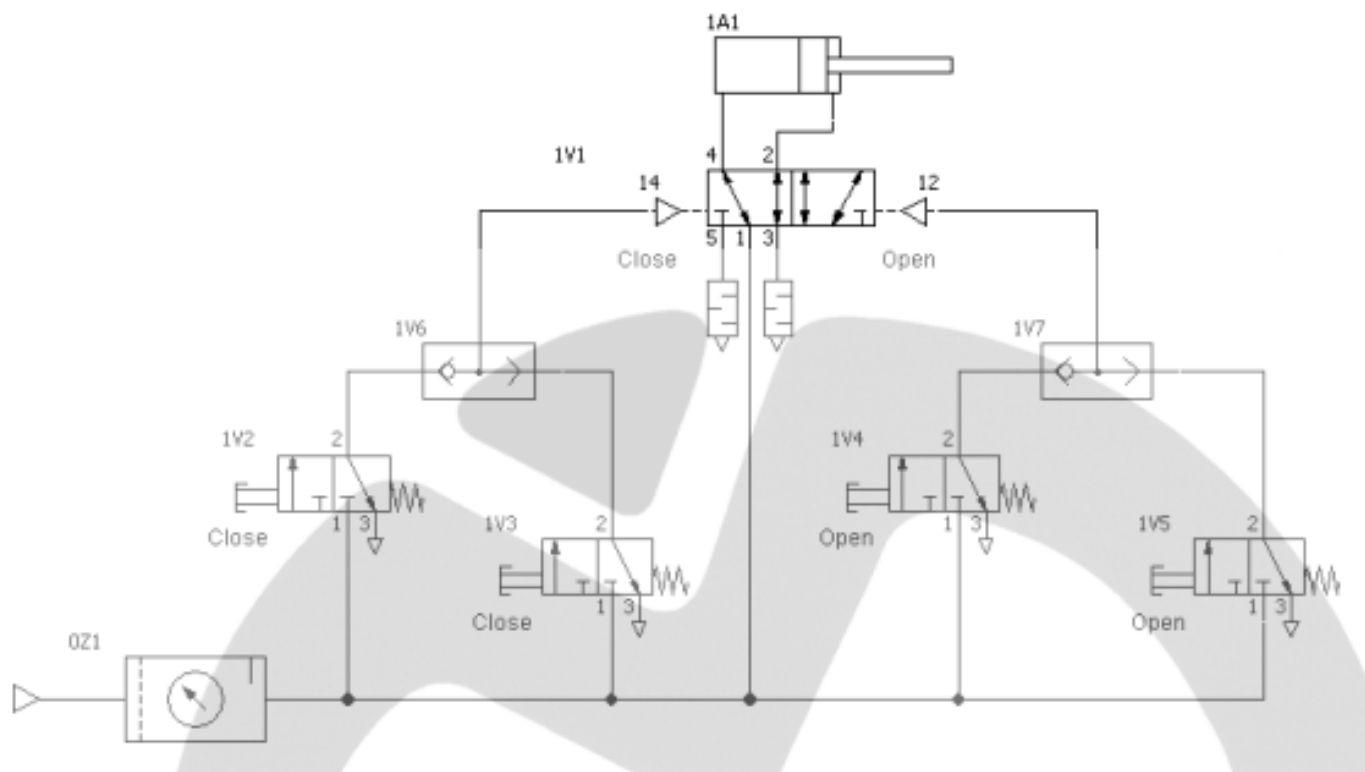
Μηδενίζονται μέσω ενός **πνευματικού σήματος** που εφαρμόζεται στην ειδική θύρα επαναφοράς (reset port) του μετρητή. Συνήθως, ενσωματώνουν και ένα χειροκίνητο μπουτόν επαναφοράς.

Άσκηση 9: Έλεγχος Πόρτας Ψυκτικού Θαλάμου (Coldroom Door Control)



Στόχος της Άσκησης:

Να ελεγχθεί μια πόρτα ψυγείου με έναν κύλινδρο. Υπάρχουν δύο μπουτόν "Άνοιγμα" και δύο μπουτόν "Κλείσιμο" (ένα ζεύγος σε κάθε πλευρά της πόρτας). Η πόρτα πρέπει να ανοίγει με οποιοδήποτε από τα δύο μπουτόν "Άνοιγμα" και να κλείνει με οποιοδήποτε από τα δύο μπουτόν "Κλείσιμο". Η πόρτα σε ηρεμία είναι κλειστή (κύλινδρος σε έκταση).



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Το κλειδί για τη λύση αυτής της άσκησης είναι η χρήση δύο **βαλβίδων εναλλαγής (Shuttle**

Valves ή Λογική Πύλη "OR"). Μια βαλβίδα OR επιτρέπει τη διέλευση του αέρα από οποιαδήποτε από τις δύο εισόδους της προς μία κοινή έξοδο.

1. Κατάσταση Ηρεμίας:

- ο Ο κύλινδρος **1A1** είναι σε πλήρη έκταση, κρατώντας την πόρτα κλειστή.
- ο Η κεντρική βαλβίδα **1V1** (5/2 διπλού πιλότου) βρίσκεται στη θέση που στέλνει αέρα στην πίσω πλευρά του κυλίνδρου.

2. Λειτουργία "Άνοιγμα" (Συστολή Κυλίνδρου):

- ο Υπάρχουν δύο μπουτόν για το άνοιγμα, τα **1V4** και **1V5**.
- ο Αυτά τα δύο μπουτόν συνδέονται στις δύο εισόδους της βαλβίδας OR **1V7**.
- ο Όταν ο χειριστής πατήσει είτε το μπουτόν **1V4** είτε το **1V5**, η βαλβίδα OR **1V7** θα δώσει σήμα εξόδου.
- ο Αυτό το σήμα κατευθύνεται στη θύρα πιλότου **12** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει κατάσταση. Τώρα στέλνει αέρα στην μπροστινή πλευρά του κυλίνδρου, προκαλώντας τη **συστολή** του και το **άνοιγμα** της πόρτας.

3. Λειτουργία "Κλείσιμο" (Έκταση Κυλίνδρου):

- ο Υπάρχουν δύο μπουτόν για το κλείσιμο, τα **1V2** και **1V3**.
- ο Αυτά συνδέονται στις δύο εισόδους της άλλης βαλβίδας OR **1V6**.
- ο Όταν ο χειριστής πατήσει είτε το μπουτόν **1V2** είτε το **1V3**, η βαλβίδα OR **1V6** θα δώσει σήμα εξόδου.
- ο Αυτό το σήμα κατευθύνεται στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει ξανά θέση, επιστρέφοντας στην αρχική της κατάσταση. Στέλνει αέρα στην πίσω πλευρά του κυλίνδρου, προκαλώντας την **έκτασή** του και το **κλείσιμο** της πόρτας.

Συμπέρασμα: Χάρη στις βαλβίδες OR, επιτυγχάνουμε την επιθυμητή λογική "ή το ένα ή το άλλο" για τις λειτουργίες ανοίγματος και κλεισίματος από διαφορετικά σημεία ελέγχου.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Ποια είναι η λειτουργία μιας βαλβίδας εναλλαγής (shuttle valve);

Μια βαλβίδα εναλλαγής είναι ουσιαστικά μια διπλή βαλβίδα αντεπιστροφής σε μία μονάδα. Η λειτουργία της είναι να επιτρέπει σε μία από τις δύο (ή και στις δύο) εισόδους της να γίνουν έξοδος, ενώ ταυτόχρονα φράζει την άλλη διαδρομή εισόδου, ώστε ο αέρας να μην μπορεί να διαφύγει προς την εξαγωγή. Συχνά αποκαλείται και πνευματική **Πύλη 'OR'**.

2. Πού απαιτείται η χρήση βαλβίδων εναλλαγής;

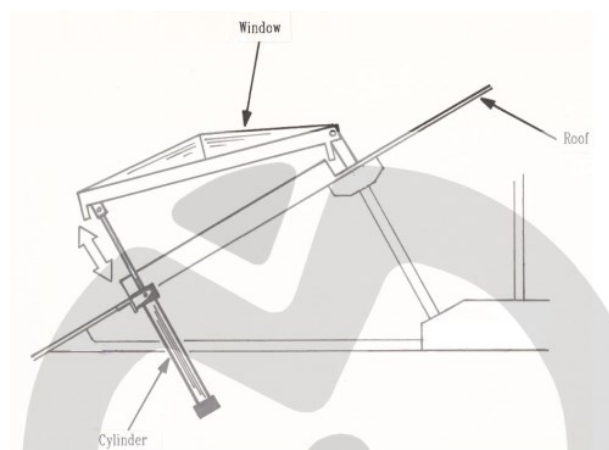
Απαιτούνται οπουδήποτε δύο γραμμές πνευματικού σήματος ενώνονται και χρειαζόμαστε ένα σήμα εξόδου όταν είναι παρούσα η πίεση σε **οποιαδήποτε** από τις δύο γραμμές εισόδου.

3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα "ΤΑΦ" αντί για μια βαλβίδα εναλλαγής; Αν όχι, γιατί;

Όχι, ένα ΤΑΦ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αν χρησιμοποιούσαμε ΤΑΦ, ο αέρας από τη μία γραμμή σήματος (π.χ. από το ένα πατημένο μπουτόν) θα εκτονωνόταν (θα έφευγε) μέσα από την άλλη γραμμή σήματος (προς το άλλο, μη πατημένο μπουτόν). Ο αέρας πάντα ακολουθεί τη διαδρομή με τη μικρότερη αντίσταση. Η λειτουργία αντεπιστροφής της βαλβίδας εναλλαγής αποτρέπει αυτό το πρόβλημα.

4. Δώστε ένα άλλο όνομα για τη βαλβίδα εναλλαγής shuttle valve: Πύλη OR.

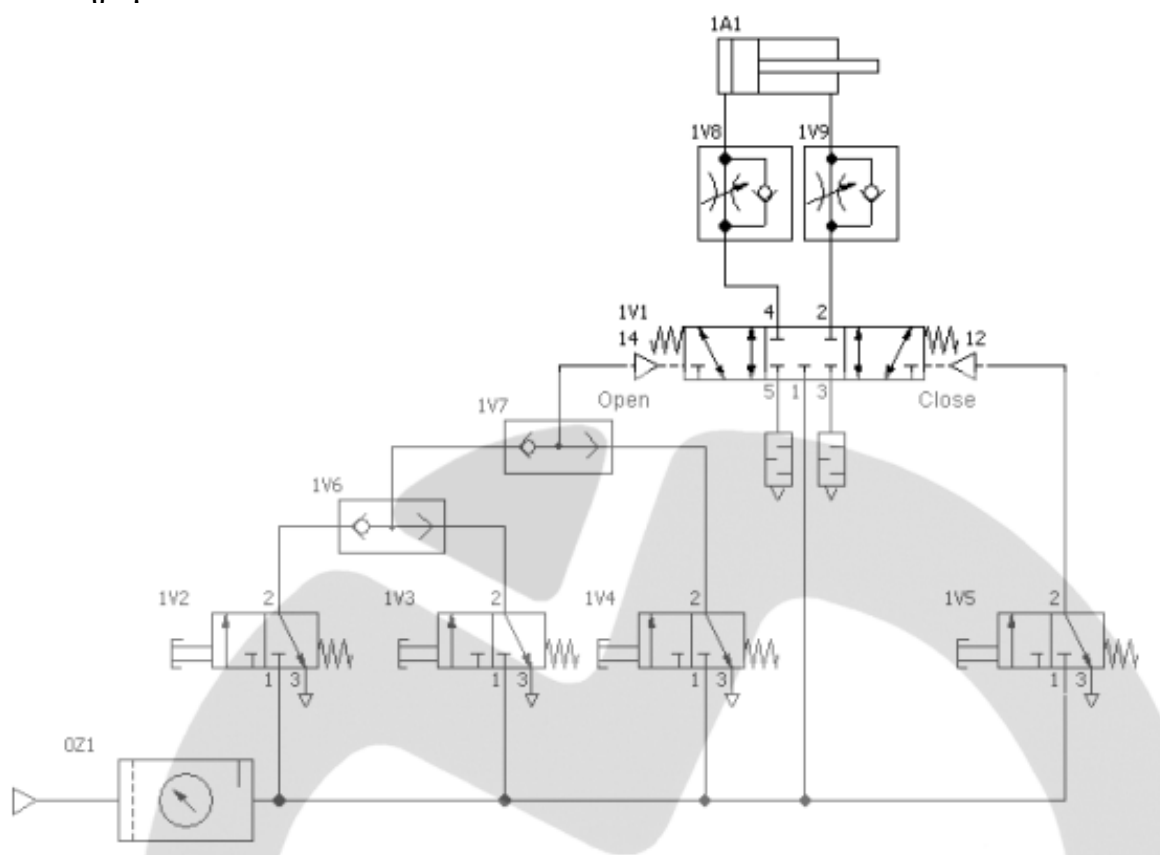
Άσκηση 10: Έλεγχος Εξαεριστήρα Οροφής (Roof Ventilator Control)



Στόχος της Άσκησης:

Να σχεδιαστεί ένα κύκλωμα για τον έλεγχο ενός παραθύρου οροφής με έναν κύλινδρο. Οι απαιτήσεις είναι:

1. Το παράθυρο να ανοίγει (κύλινδρος σε έκταση) πατώντας **οποιοδήποτε από τρία** διαφορετικά μπουτόν.
2. Το παράθυρο να κλείνει (κύλινδρος σε συστολή) πατώντας ένα **τέταρτο** μπουτόν.
3. **Το πιο σημαντικό:** Αν ο χειριστής αφήσει οποιοδήποτε μπουτόν κατά τη διάρκεια της κίνησης (είτε στο άνοιγμα είτε στο κλείσιμο), ο κύλινδρος πρέπει να **σταματήσει αμέσως και να παραμείνει ακίνητος** στη θέση που βρίσκεται. Αυτό ονομάζεται "inching" ή "βηματική κίνηση".
4. Για λόγους ασφαλείας, το παράθυρο πρέπει να είναι κλειστό όταν το σύστημα είναι σε ηρεμία.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης (Η κύρια λύση με τη βαλβίδα 5/3):

Για να πετύχουμε τη λειτουργία "σταμάτημα σε ενδιάμεση θέση", δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια απλή βαλβίδα 5/2. Χρειαζόμαστε μια ειδική βαλβίδα που να έχει μια τρίτη, "νεκρή" κατάσταση. Το εξάρτημα-κλειδί σε αυτή την άσκηση είναι η **πνευματική βαλβίδα 5/3 με κεντρική θέση κλειστών θυρών και επαναφορά με ελατήρια**.

Ας δούμε τι σημαίνει αυτό:

- **5/3:** Έχει 5 θύρες (όπως η 5/2) αλλά 3 θέσεις λειτουργίας.
- **Θέσεις Λειτουργίας:**
 1. **Θέση 1 (π.χ. Αριστερά):** Στέλνει αέρα για έκταση του κυλίνδρου.
 2. **Θέση 2 (π.χ. Δεξιά):** Στέλνει αέρα για συστολή του κυλίνδρου.
 3. **Θέση 3 (Κεντρική):** Όλες οι θύρες είναι μπλοκαρισμένες. Ο αέρας παγιδεύεται και στις δύο πλευρές του εμβόλου του κυλίνδρου. Αυτό **κλειδώνει υδραυλικά** (στην περίπτωσή μας "πνευματικά") τον κύλινδρο στη θέση που βρίσκεται.
- **Επαναφορά με Ελατήρια (Spring Centered):** Η βαλβίδα έχει ελατήρια και στις δύο πλευρές της. Αν δεν δέχεται κανένα σήμα πιλότου, τα ελατήρια την επαναφέρουν αυτόματα στην κεντρική (μπλοκαρισμένη) θέση.

Λειτουργία του Κυκλώματος:

1. Κύκλωμα Ανοίγματος (Έκταση):

- Έχουμε τρία μπουτόν ανοίγματος (**1V2, 1V3, 1V4**). Για να συνδυάσουμε τη λειτουργία τους (να δουλεύει *οποιοδήποτε* από αυτά), χρησιμοποιούμε δύο **βαλβίδες εναλλαγής (OR gates)**, τις **1V6** και **1V7**.
- Το σήμα από τα **1V2** και **1V3** μπαίνει στην πρώτη OR (**1V6**). Η έξοδος της **1V5** και το σήμα από το **1V4** μπαίνουν στη δεύτερη OR (**1V7**).
- Έτσι, πατώντας οποιοδήποτε από τα τρία μπουτόν, θα έχουμε ένα τελικό σήμα εξόδου από τη βαλβίδα **1V6**.
- Αυτό το σήμα πηγαίνει στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας 5/3 (**1V1**).
- Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει θέση και στέλνει αέρα για την **έκταση** του κυλίνδρου. Το παράθυρο ανοίγει.
- **Τι συμβαίνει όταν αφήνουμε το μπουτόν;** Το σήμα πιλότου στη θύρα 14 χάνεται. Αμέσως, τα ελατήρια της βαλβίδας **1V1** την επαναφέρουν στην **κεντρική, μπλοκαρισμένη θέση**. Ο κύλινδρος **σταματά και κλειδώνει**.

2. Κύκλωμα Κλεισίματος (Συστολή):

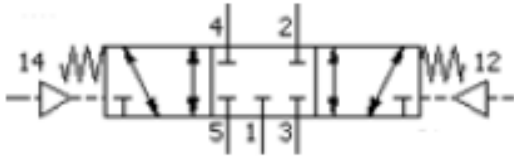
- Ο χειριστής πατά το μπουτόν κλεισίματος (**1V5** στο σχέδιο).
- Το σήμα πηγαίνει κατευθείαν στη θύρα πιλότου **12** της βαλβίδας **1V1**.
- Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει θέση προς την άλλη κατεύθυνση και στέλνει αέρα για τη **συστολή** του κυλίνδρου. Το παράθυρο κλείνει.
- **Τι συμβαίνει όταν αφήνουμε το μπουτόν;** Ακριβώς το ίδιο. Το σήμα πιλότου στη θύρα 12 χάνεται, τα ελατήρια επαναφέρουν τη βαλβίδα στο κέντρο και ο κύλινδρος **σταματά αμέσως**.

Συμπέρασμα:

Η χρήση της βαλβίδας 5/3 με κεντρική θέση κλειστών θυρών είναι η επαγγελματική και ασφαλής λύση για εφαρμογές που απαιτούν το σταμάτημα ενός κυλίνδρου σε οποιαδήποτε ενδιάμεση θέση. Ο χειριστής μπορεί να "παίξει" με τα μπουτόν για να ρυθμίσει με ακρίβεια το άνοιγμα του παραθύρου.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Πώς περιγράφεται η βαλβίδα που αναπαριστάται από το παρακάτω σύμβολο;



Το σύμβολο αναπαριστά μια **βαλβίδα κατεύθυνσης 5/3** (5 θυρών, 3 θέσεων), με **διπλό πνευματικό πιλότο** και με **κεντρική θέση** όπου όλες οι θύρες είναι κλειστές (μπλοκαρισμένες).

2. Πώς επιλέγεται η κεντρική (νεκρή) κατάσταση;

Η κεντρική θέση επιλέγεται **αυτόματα** (μέσω των εσωτερικών ελατηρίων) όταν **κανένα** από τα δύο σήματα πιλότου δεν είναι ενεργό στη βαλβίδα.

3. Πώς διαφέρουν αυτές οι δύο βαλβίδες που αναπαριστώνται από τα σύμβολα;



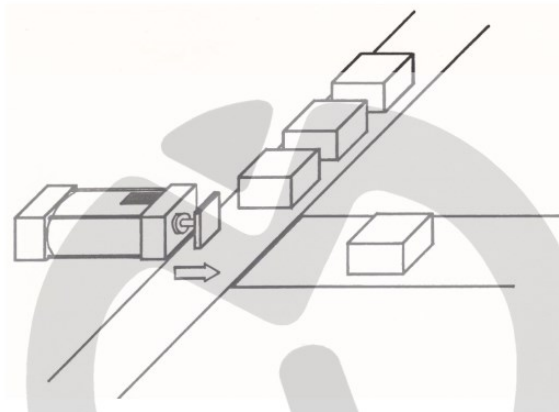
Και οι δύο είναι βαλβίδες 3/2 που ενεργοποιούνται με μπουτόν και έχουν επαναφορά με ελατήριο. Διαφέρουν στο ότι:

- **α)** είναι τύπου **κανονικά κλειστής (Normally Closed - NC)**.
- **β)** είναι τύπου **κανονικά ανοικτής (Normally Open - NO)**.

4. Ποιο θα μπορούσε να είναι ένα πιθανό πρόβλημα στη λύση με τις βαλβίδες 2/2, που την καθιστά μη δημοφιλή για πρακτικούς σκοπούς;

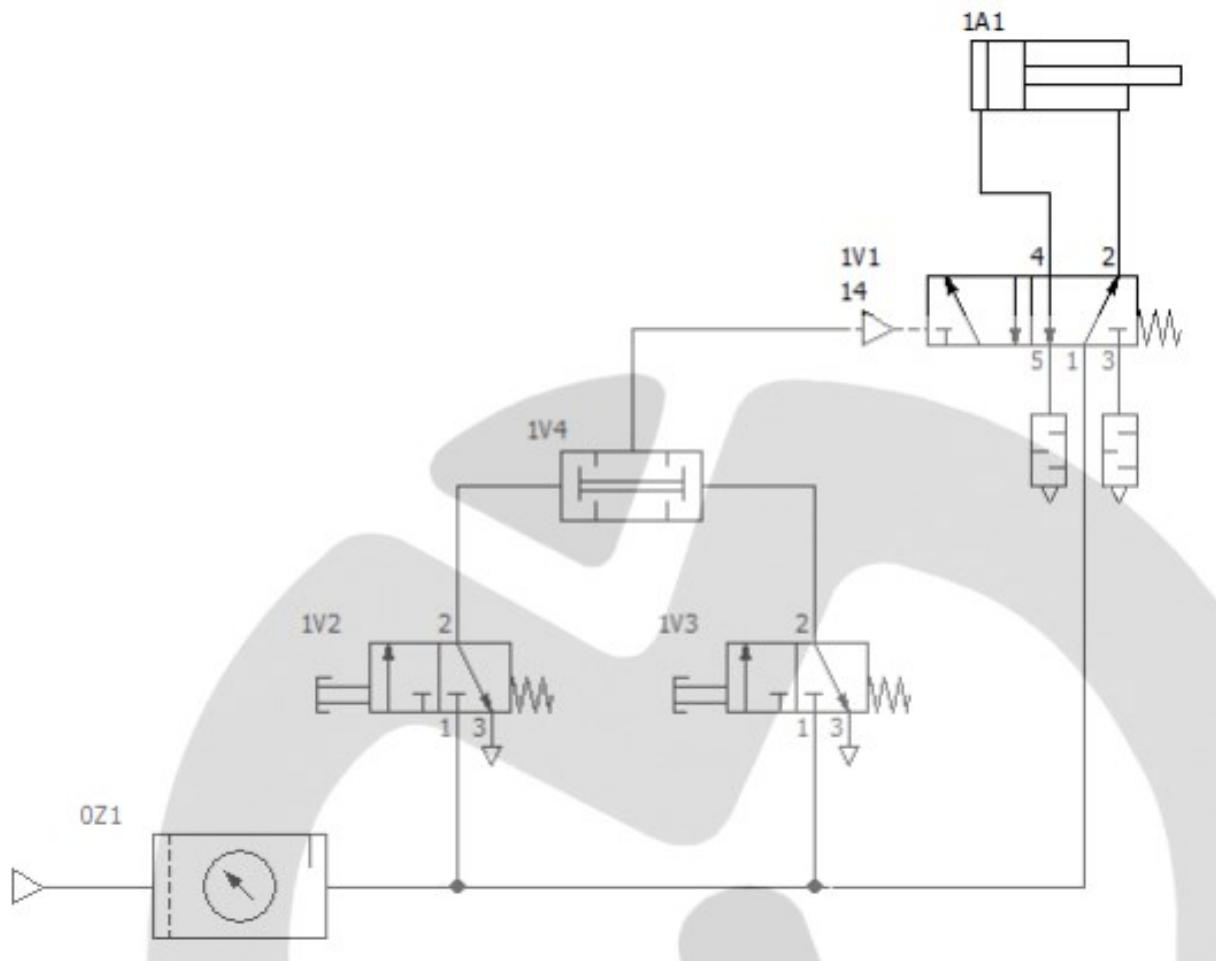
Η λύση που χρησιμοποιεί βαλβίδες 2/2 **βασίζεται σε ένα απόλυτα στεγανό σύστημα** για να λειτουργήσει σωστά. Αν υπάρχει οποιαδήποτε διαρροή (όσο μικρή κι αν είναι), τότε θα υπάρξει ανεπιθύμητη κίνηση στον κύλινδρο (φαινόμενο "creep"). Αυτό θα ήταν προφανώς ανεπιθύμητο και σε ορισμένες εφαρμογές θα μπορούσε να είναι επικίνδυνο. Με τον αριθμό των συνδέσεων σε ένα σύστημα, είναι δύσκολο να εγγυηθεί κανείς απόλυτη στεγανότητα, ειδικά μετά από συντήρηση.

Άσκηση 11: Διαλογή Προϊόντων (Product Sorting)



Στόχος της Άσκησης:

Ένας κύλινδρος πρέπει να εκτείνεται για να σπρώξει ένα προϊόν, μόνο όταν ο χειριστής πατά **και τα δύο** μπουτόν ταυτόχρονα. Αν οποιοδήποτε από τα δύο μπουτόν απελευθερωθεί, ο κύλινδρος πρέπει να επιστρέψει αμέσως.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Το κλειδί εδώ είναι η **βαλβίδα δύο πιέσεων (Two-pressure Valve ή Λογική Πύλη "AND")**. Αυτή η βαλβίδα επιτρέπει τη διέλευση του αέρα μόνο όταν δέχεται πίεση και στις δύο εισόδους της ταυτόχρονα.

1. Κατάσταση Ηρεμίας:

- Ο κύλινδρος **1A1** είναι σε συστολή.

- ο Η κεντρική βαλβίδα **1V1** (5/2 με πιλότο και επαναφορά με ελατήριο) βρίσκεται στην κατάσταση ηρεμίας της (λόγω του ελατηρίου), στέλνοντας αέρα στην μπροστινή πλευρά του κυλίνδρου.

2. Ενεργοποίηση (Εκταση Κυλίνδρου):

- ο Ο χειριστής πρέπει να πατήσει ταυτόχρονα και τα δύο μπουτόν, **1V2** και **1V3**.
- ο Το σήμα από το **1V2** πηγαίνει στη μία είσοδο της βαλβίδας **AND 1V4**.
- ο Το σήμα από το **1V3** πηγαίνει στην άλλη είσοδο της βαλβίδας **AND 1V4**.
- ο Μόνο όταν **και οι δύο** εισόδους της **1V4** έχουν πίεση, αυτή θα δώσει σήμα εξόδου.
- ο Το σήμα εξόδου της **1V4** πηγαίνει στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει κατάσταση, υπερνικώντας τη δύναμη του ελατηρίου της. Στέλνει αέρα στην πίσω πλευρά του κυλίνδρου, προκαλώντας την **έκτασή** του.

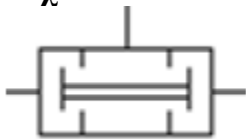
3. Απενεργοποίηση (Συστολή Κυλίνδρου):

- ο Αν ο χειριστής αφήσει *έστω και ένα* από τα δύο μπουτόν (**1V2** ή **1V3**), η βαλβίδα **AND 1V4** χάνει μία από τις εισόδους της και σταματά να δίνει σήμα εξόδου.
- ο Το σήμα από τη θύρα πιλότου **14** της **1V1** χάνεται.
- ο Το ελατήριο επαναφοράς της βαλβίδας **1V1** την επαναφέρει αμέσως στην αρχική της θέση.
- ο Ο αέρας κατευθύνεται ξανά στην μπροστινή πλευρά του κυλίνδρου, προκαλώντας την άμεση **συστολή** του.

Συμπέρασμα: Αυτό το κύκλωμα υλοποιεί μια συνθήκη ασφαλείας "με τα δύο χέρια", διασφαλίζοντας ότι ο χειριστής έχει και τα δύο του χέρια απασχολημένα στα μπουτόν και μακριά από τον μηχανισμό κατά τη λειτουργία του.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Σχεδιάστε το σύμβολο κατά ISO 1219-1 για μια βαλβίδα δύο πιέσεων:

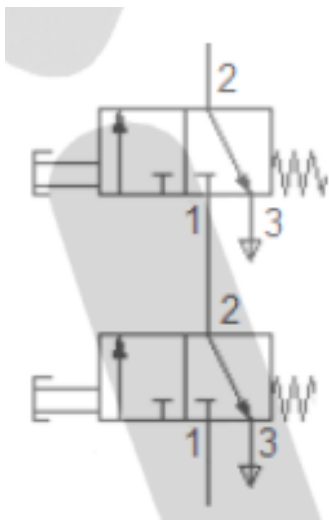


2. Δείξτε τη λειτουργία της χρησιμοποιώντας έναν πίνακα αλήθειας:

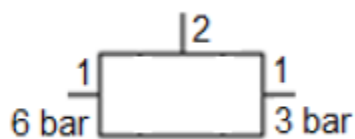
1	1	2
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

3. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα όπου τα μπουτόν πρέπει να πατηθούν για να πάρουμε σήμα εξόδου, αλλά χωρίς τη χρήση βαλβίδας δύο πιέσεων:

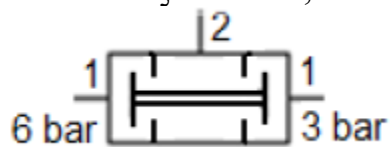
Το κύκλωμα θα αποτελείται από δύο βαλβίδες 3/2 (τα δύο μπουτόν) συνδεδεμένες **σε σειρά**. Η έξοδος της πρώτης βαλβίδας συνδέεται στην είσοδο της δεύτερης. Μόνο αν πατηθούν και οι δύο, θα υπάρξει σήμα στην τελική έξοδο.



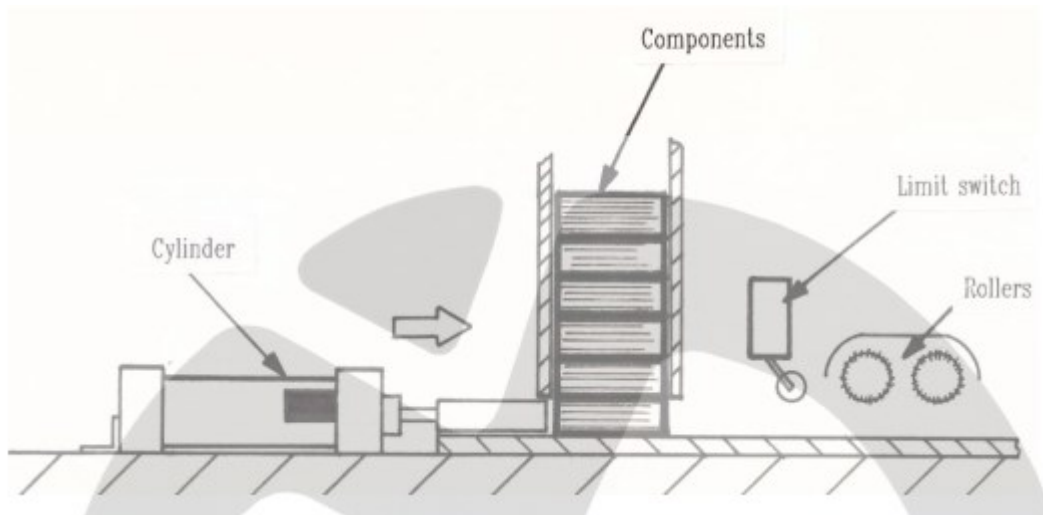
4. Συμπληρώστε το σύμβολο... και δηλώστε ποια πίεση θα έχει η έξοδος:



Θα υπάρχει σήμα εξόδου στη θύρα '2'. Η διαθέσιμη πίεση θα είναι **η χαμηλότερη από τις δύο πιέσεις εισόδου**, και σε αυτή την περίπτωση θα είναι **3 bar**.



Άσκηση 12: Τροφοδοσία Μηχανής (Machine Feed)

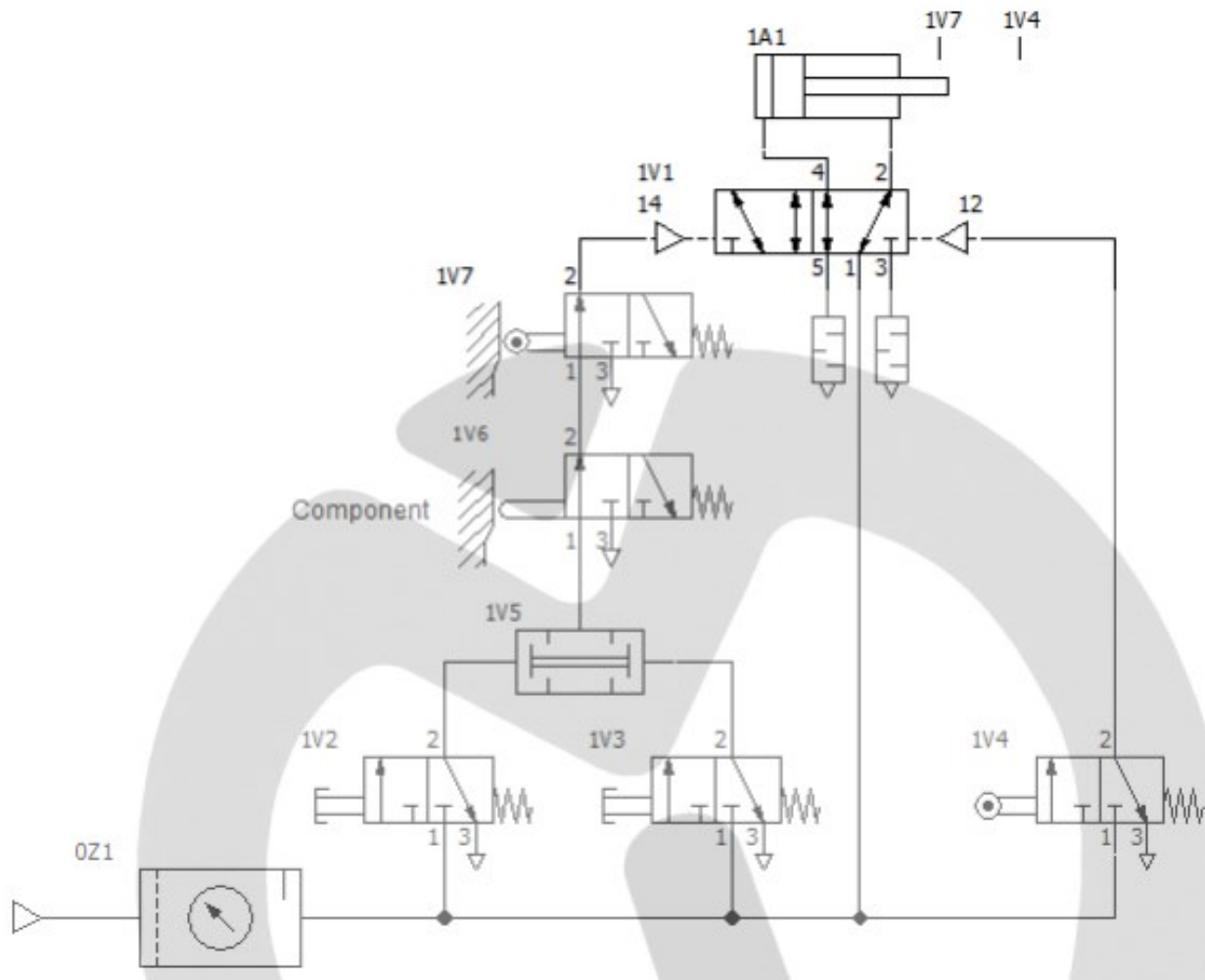


Στόχος της Άσκησης:

Ένας κύλινδρος πρέπει να εκτείνεται για να τροφοδοτήσει ένα εξάρτημα σε μια μηχανή, μόνο όταν ισχύουν ταυτόχρονα τρεις συνθήκες:

1. Υπάρχει εξάρτημα στον γεμιστήρα (ανιχνεύεται από έναν αισθητήρα).
2. Ο κύλινδρος είναι σε πλήρη συστολή.
3. Ο χειριστής πατά δύο μπουτόν ταυτόχρονα.

Μόλις ο κύλινδρος φτάσει στην πλήρη έκταση, πρέπει να επιστρέψει αυτόματα.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Αυτό το κύκλωμα συνδυάζει τη λογική AND της προηγούμενης άσκησης με επιπλέον συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται "σε σειρά".

1. Κατάσταση Ηρεμίας:

- Ο κύλινδρος 1A1 είναι σε πλήρη συστολή, επομένως ο οριακός διακόπτης 1V6 είναι πατημένος.
- Η κεντρική βαλβίδα 1V1 (5/2 διπλού πιλότου) είναι στη θέση που κρατά τον κύλινδρο σε συστολή.

2. Έναρξη Κύκλου (Έκταση):

- Για να ξεκινήσει ο κύκλος, πρέπει το σήμα εκκίνησης να φτάσει στη θύρα πιλότου 14 της βαλβίδας 1V1. Η διαδρομή αυτού του σήματος είναι η εξής:
 - Συνθήκη 1 (Δύο μπουτόν):** Ο χειριστής πατά ταυτόχρονα τα μπουτόν 1V2 και 1V3. Η βαλβίδα AND 1V5 δίνει σήμα εξόδου.
 - Συνθήκη 2 (Παρουσία εξαρτήματος):** Το εξάρτημα πιέζει τον αισθητήρα 1V6 (μια βαλβίδα με πείρο). Το σήμα από τη βαλβίδα AND πρέπει να περάσει μέσα από την 1V6.
 - Συνθήκη 3 (Κύλινδρος σε συστολή):** Το σήμα που πέρασε από την 1V6 πρέπει στη συνέχεια να περάσει και μέσα από τον οριακό διακόπτη 1V7 (ο οποίος είναι ήδη πατημένος).
- Μόνο αν όλες αυτές οι βαλβίδες είναι ανοικτές (πατημένες), το τελικό σήμα φτάνει στη θύρα 14 της 1V1.
- Η βαλβίδα 1V1 αλλάζει θέση και ο κύλινδρος αρχίζει να **εκτείνεται**.

3. Αυτόματη Επιστροφή (Συστολή):

- Μόλις ο κύλινδρος ξεκινήσει την έκτασή του, απελευθερώνει τον οριακό διακόπτη 1V7. Αυτό διακόπτει αμέσως το σήμα προς τη θύρα 14. Η βαλβίδα 1V1 όμως διατηρεί τη θέση της (λειτουργία μνήμης).
- Όταν ο κύλινδρος φτάσει στο τέλος της διαδρομής του (πλήρης έκταση), πιέζει τον οριακό διακόπτη 1V4.
- Ο διακόπτης 1V4 στέλνει σήμα στη θύρα πιλότου 12 της βαλβίδας 1V1.
- Η βαλβίδα 1V1 αλλάζει θέση και ο κύλινδρος **επιστρέφει αυτόματα (συστολή)**.
- Μόλις επιστρέψει πλήρως, πατά ξανά το 1V7 και το κύκλωμα είναι έτοιμο για τον επόμενο κύκλο, περιμένοντας ξανά τις τρεις αρχικές συνθήκες.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Ποια λογική συνάρτηση παρέχεται στο κύκλωμα από τις βαλβίδες 1.5 και 1.6;

Παρέχουν τη λογική συνάρτηση AND (ΚΑΙ), καθώς είναι συνδεδεμένες σε σειρά.

2. Αν το κύκλωμα λειτουργούσε σε 'συνεχή' κύκλο, πού θα σταματούσε ο κύλινδρος όταν ο γεμιστήρας ξεμείνει από εξαρτήματα και γιατί;

Ο κύλινδρος θα σταματούσε στην **πλήρως συ retracted (συσταλμένη) θέση**. Αυτό συμβαίνει επειδή ο αισθητήρας παρουσίας εξαρτήματος βρίσκεται στη γραμμή σήματος που δίνει την εντολή για έκταση. Το σήμα για τη συστολή θα μπορούσε ακόμα να ολοκληρώσει τη λειτουργία του.

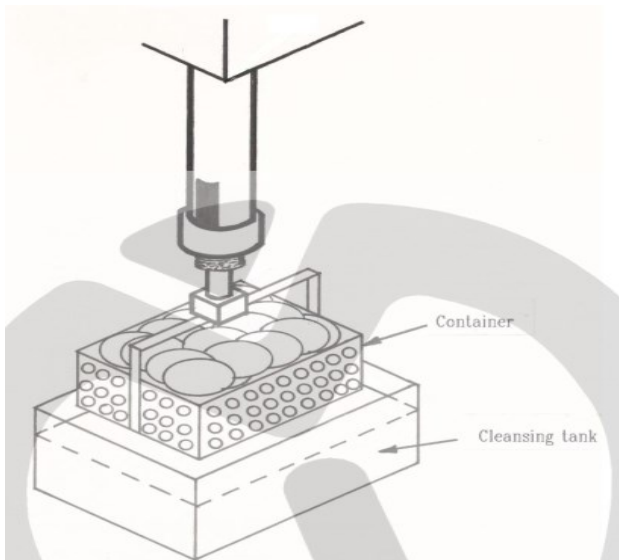
3. Αν το κύκλωμα έπρεπε να λειτουργεί όταν πατιέται 'είτε' το 1.1 'είτε' το 1.2 αντί για 'και τα δύο', ποιες τροποποιήσεις θα απαιτούνταν;

Η βαλβίδα δύο πιέσεων (AND) (1.4) θα έπρεπε να αντικατασταθεί με μια **βαλβίδα εναλλαγής (OR)** (shuttle valve).

4. Τι μειονέκτημα θα είχε το κύκλωμα αν όλες οι βαλβίδες 1.1, 1.2, 1.5 και 1.6 τοποθετούνταν σε σειρά;

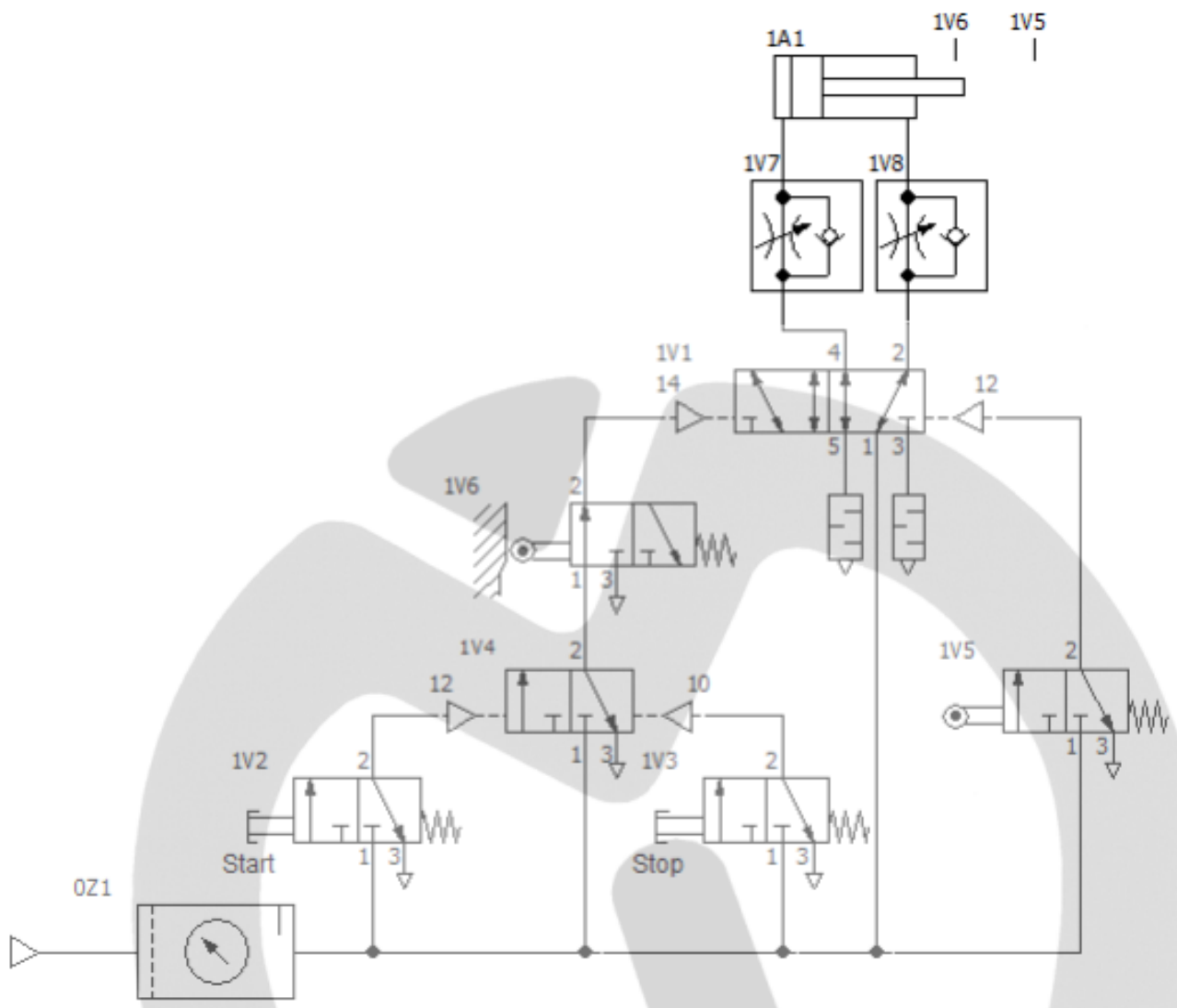
Το σήμα που τροφοδοτεί τη θύρα 14 της βαλβίδας 1.7 θα έπρεπε πλέον να περάσει μέσα από τέσσερις βαλβίδες, οι οποίες τροφοδοτούνται από ένα μόνο σημείο. Επομένως, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η ισχύς (πίεση) αυτού του σήματος όταν φτάσει στη βαλβίδα 1.7 να είναι πολύ ασθενής. Με τη λύση που φαίνεται, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα για ένα ισχυρό σήμα στη βαλβίδα 1.7, καθώς υπάρχουν δύο κύριες παροχές και το σήμα ταξιδεύει μέσα από τρεις βαλβίδες.

Άσκηση 13: Καθαρισμός Προϊόντος (Product Cleansing)



Στόχος της Άσκησης:

Ένας κύλινδρος βυθίζεται και ανασύρει συνεχώς ένα καλάθι με προϊόντα σε μια δεξαμενή καθαρισμού. Ο κύκλος ξεκινά με ένα μπουτόν START και σταματά (με το καλάθι πάνω, δηλαδή κύλινδρο σε συστολή) με ένα μπουτόν STOP. Η κίνηση προς τα κάτω πρέπει να είναι αργή.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

1. Έναρξη και Διατήρηση Κύκλου (Latching):

- Το κύκλωμα χρησιμοποιεί μια βαλβίδα **1V4** (στο σχέδιο είναι 3/2 με διπλό πιλότο) ως "μνήμη" ή "μανδάλωση" (latch).
- Όταν πατηθεί το μπουτόν **START 1V2**, στέλνει σήμα στη μία πλευρά της **1V4**, θέτοντάς τη σε κατάσταση λειτουργίας (ON). Σε αυτή τη θέση, επιτρέπει τη συνεχή ροή αέρα προς το υπόλοιπο κύκλωμα.
- Ακόμα και όταν το μπουτόν **START** αφαιρεθεί, η βαλβίδα **1V4** παραμένει στη θέση ON, διατηρώντας το κύκλωμα ενεργό.

2. Λειτουργία Κύκλου:

- Με τη βαλβίδα **1V4** στη θέση ON, ο αέρας περνά μέσα από τον οριακό διακόπτη **1V6** (που είναι πατημένος αφού ο κύλινδρος είναι σε συστολή).
- Το σήμα φτάνει στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1** (5/2 διπλού πιλότου).
- Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει θέση και ο κύλινδρος **εκτείνεται** (κατεβάζει το καλάθι).
- **Έλεγχος Ταχύτητας:** Στην έξοδο του κυλίνδρου που αδειάζει κατά την έκταση, υπάρχει μια βαλβίδα στραγγαλισμού-αντεπιστροφής **1V7**. Αυτή επιβραδύνει την έξοδο του αέρα, κάνοντας την κίνηση του κυλίνδρου αργή και ελεγχόμενη (meter-out control).
- Όταν ο κύλινδρος φτάσει στο τέλος της διαδρομής (πλήρης έκταση), πατά τον οριακό διακόπτη **1V5**.
- Ο **1V5** στέλνει σήμα στη θύρα πιλότου **12** της βαλβίδας **1V1**.
- Η **1V1** αλλάζει θέση και ο κύλινδρος **συστέλλεται** (σηκώνει το καλάθι).
- Μόλις συσταλεί πλήρως, πατά ξανά τον **1V6** και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

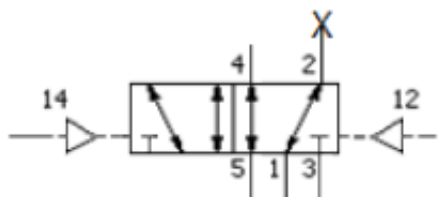
3. Διακοπή Κύκλου:

- Όταν πατηθεί το μπουτόν **STOP 1V3**, στέλνει σήμα στην άλλη πλευρά της βαλβίδας "μνήμης" **1V4**.
- Η **1V4** επιστρέφει στην αρχική της θέση (OFF), διακόπτοντας την παροχή αέρα προς το κύκλωμα.
- Όπως και στην άσκηση 8, το σήμα για έκταση χάνεται. Ο κύλινδρος θα ολοκληρώσει τη συστολή του και θα σταματήσει στην πάνω θέση.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

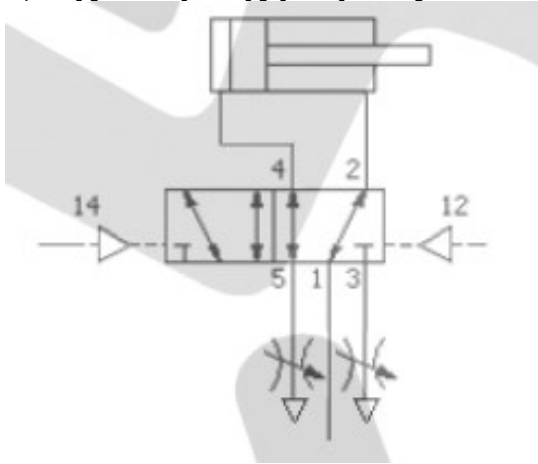
1. Αν μια βαλβίδα 3/2 δεν ήταν διαθέσιμη για χρήση στη θέση 1.3, δείξτε πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια βαλβίδα 5/2 ως υποκατάστατο:

Θα χρησιμοποιούσαμε τη μία είσοδο (θύρα 1), τη μία έξοδο (π.χ. θύρα 2) και τη μία εξαγωγή (π.χ. θύρα 3) της βαλβίδας 5/2. Οι αχρησιμοποίητες θύρες (4 και 5) θα έπρεπε να **ταπωθούν**.



2. Δείξτε πώς η ταχύτητα του κυλίνδρου μπορεί να επηρεαστεί ρυθμίζοντας τη ροή εξαγωγής μέσω της βαλβίδας...

Αντί για μια βαλβίδα στραγγαλισμού-αντεπιστροφής στη γραμμή του κυλίνδρου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε **ρυθμιστές στραγγαλισμού απευθείας στις θύρες εξαγωγής (3 και 5) της κεντρικής βαλβίδας 5/2.**

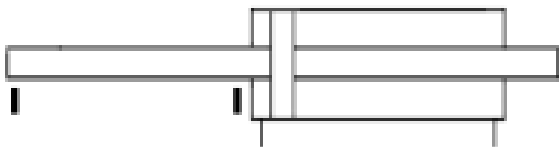


3. Στην παραπάνω απάντηση, ποιο είναι το όνομα του εξαρτήματος...

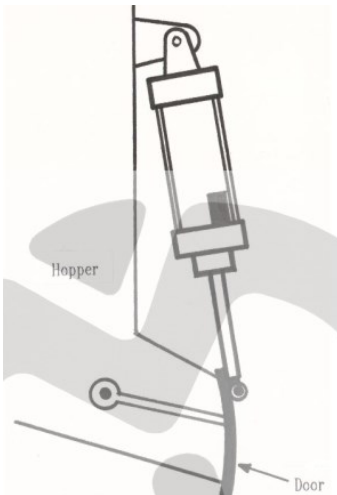
Ρυθμιστής Στραγγαλισμού στην Εξαγωγή (Exhaust Port Throttle Valve).

4. ...δείξτε πώς ένας κύλινδρος διπλής ενέργειας με διαμπερές έμβολο (through rod) μπορεί να χρησιμοποιηθεί...

Ένας κύλινδρος με διαμπερές έμβολο έχει το έμβολο να εξέρχεται και από τις δύο πλευρές. Αυτό επιτρέπει την τοποθέτηση των οριακών διακοπών (roller valves) στην πίσω πλευρά του κυλίνδρου, οι οποίοι θα ενεργοποιούνται από την κίνηση του πίσω μέρους του εμβόλου. Αυτό είναι χρήσιμο όταν δεν υπάρχει χώρος μπροστά.

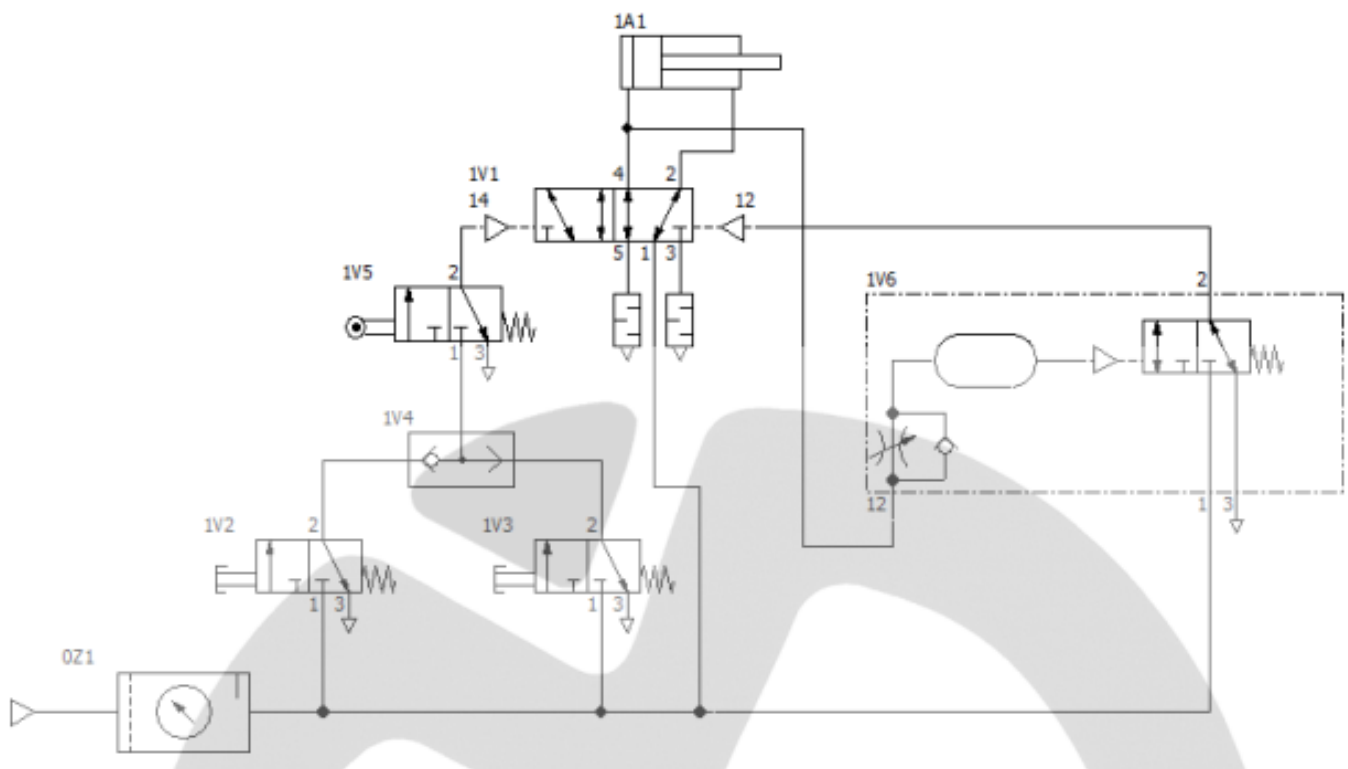


Άσκηση 14: Έλεγχος Πόρτας Χοάνης (Hopper Door Control)



Στόχος της Άσκησης:

Μια πόρτα χοάνης ανοίγει για 5 δευτερόλεπτα για να γεμίσει ένα δοχείο και μετά κλείνει αυτόματα. Ο κύκλος ξεκινά αν υπάρχει δοχείο στη θέση του και πατηθεί ένα από τα δύο μπουτόν.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Το βασικό εξάρτημα εδώ είναι ένα **πνευματικό χρονικό (Pneumatic Timer)**, το οποίο καθυστερεί τη μετάδοση ενός σήματος.

1. Έναρξη Κύκλου:

- **Συνθήκη 1 (Παρουσία Δοχείου):** Το δοχείο πιέζει τον αισθητήρα **1V5**.
- **Συνθήκη 2 (Μπουτόν):** Ο χειριστής πατά το μπουτόν **1V2** ή το **1V3**. Η βαλβίδα OR **1V4** δίνει σήμα εξόδου.

- ο Το σήμα από τη βαλβίδα OR περνά μέσα από τον αισθητήρα **1V5** και φτάνει στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει θέση, και ο κύλινδρος **εκτείνεται** (ανοίγει η πόρτα της χοάνης).

2. Λειτουργία Χρονικού:

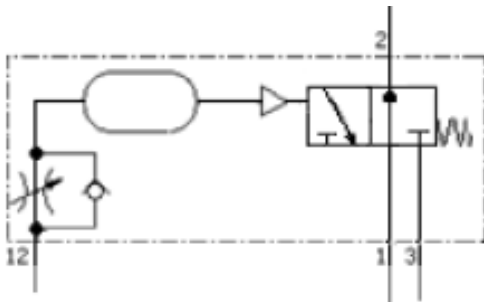
- ο Ταυτόχρονα με την έκταση του κυλίνδρου, ο αέρας που πηγαίνει προς αυτόν, τροφοδοτεί και τη θύρα σήματος **12** του πνευματικού χρονικού **1V6**.
- ο Το χρονικό αρχίζει να μετρά. Αποτελείται από μια βαλβίδα στραγγαλισμού, ένα μικρό δοχείο αέρα και μια βαλβίδα 3/2. Ο αέρας γεμίζει αργά το δοχείο.
- ο Όταν η πίεση στο δοχείο φτάσει σε ένα ορισμένο επίπεδο (μετά από 5 δευτερόλεπτα), ενεργοποιεί την εσωτερική βαλβίδα του χρονικού.

3. Αυτόματο Κλείσιμο:

- ο Μετά τα 5 δευτερόλεπτα, το χρονικό **1V6** δίνει σήμα εξόδου.
- ο Αυτό το σήμα πηγαίνει στη θύρα πιλότου **12** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Η βαλβίδα **1V1** αλλάζει θέση, επιστρέφοντας στην αρχική της. Ο κύλινδρος **συστέλλεται** (κλείνει η πόρτα).
- ο Με την αλλαγή της **1V1**, διακόπτεται η παροχή αέρα προς το χρονικό, το οποίο μηδενίζεται αμέσως και είναι έτοιμο για τον επόμενο κύκλο.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Σχεδιάστε το πλήρες σύμβολο... για ένα πνευματικό χρονικό του 'κανονικά ανοικτού' τύπου:



2. Πότε ξεκινά η χρονομέτρηση σε αυτό το κύκλωμα/άσκηση;

Η χρονομέτρηση ξεκινά από τη στιγμή που η βαλβίδα κατεύθυνσης αλλάζει θέση για να τροφοδοτήσει με αέρα την πίσω πλευρά του κυλίνδρου, καθώς το σήμα για το χρονικό λαμβάνεται απευθείας από τη γραμμή τροφοδοσίας του κυλίνδρου.

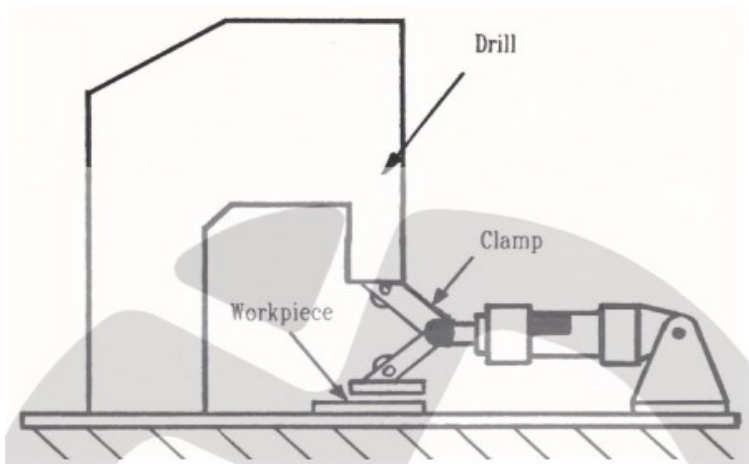
3. Αν η απαίτηση ήταν η χρονομέτρηση να ξεκινά μόνο αφού ο κύλινδρος φτάσει στην πλήρως εκτεταμένη του θέση, ποιο άλλο εξάρτημα απαιτείται και πού θα τοποθετούνταν;

Θα απαιτούνταν ένας **αισθητήρας θέσης** (π.χ. **οριακός διακόπτης με ράουλο**) στο τέλος της διαδρομής του κυλίνδρου. Η έξοδος αυτής της βαλβίδας θα τροφοδοτούσε το σήμα στο χρονικό. Αυτό θα εξασφάλιζε ότι η χρονομέτρηση δεν θα ξεκινούσε μέχρι ο αισθητήρας θέσης να ενεργοποιηθεί.

4. Ποια θα ήταν η επίδραση στην καθορισμένη χρονική καθυστέρηση αν η πίεση του συστήματος:

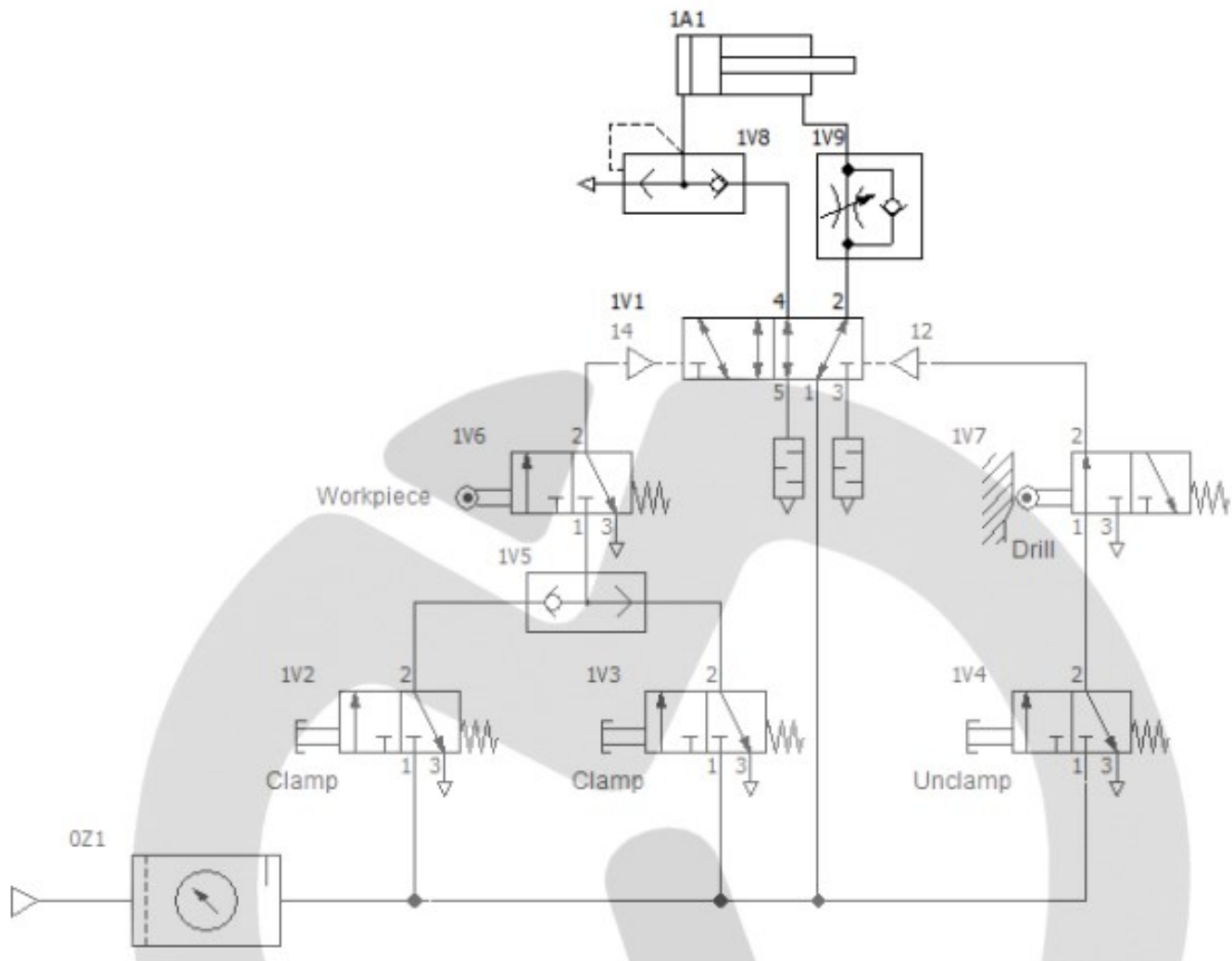
- **α) Πέσει:** Η χρονική καθυστέρηση **θα αυξανόταν** σε σχέση με την αρχική ρύθμιση (ο αέρας θα γέμιζε πιο αργά το δοχείο του χρονικού).
- **β) Αυξηθεί:** Η χρονική καθυστέρηση **θα μειωνόταν** σε σχέση με την αρχική ρύθμιση.

Άσκηση 15: Σύσφιξη σε Καλύπτρα (Clamping Fixture)



Στόχος της Άσκησης:

Ένας κύλινδρος συσφίγγει ένα αντικείμενο για κατεργασία (π.χ., διάτρηση). Η σύσφιξη (έκταση) γίνεται αργά και μόνο αν: α) υπάρχει αντικείμενο και β) πατηθεί ένα από τα δύο μπουτόν. Η αποσύσφιξη (συστολή) γίνεται πολύ γρήγορα, με ένα τρίτο μπουτόν, μόνο όταν το τρυπάνι έχει επιστρέψει στην αρχική του θέση.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

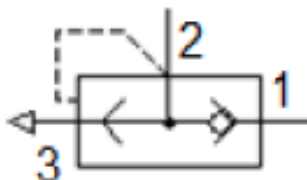
1. Κύκλωμα Σύσφιξης (Εκταση):

- **Συνθήκες:** Για να ξεκινήσει η σύσφιξη, το σήμα πρέπει να περάσει από:

1. Τη βαλβίδα OR **1V5** (που δέχεται σήμα από τα μπουτόν σύσφιξης **1V2** ή **1V3**).
2. Τον αισθητήρα παρουσίας αντικειμένου **1V6**.
 - ο Όταν και οι δύο συνθήκες ισχύουν, το σήμα φτάνει στη θύρα πιλότου **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1** (5/2 διπλού πιλότου).
 - ο Η **1V1** αλλάζει θέση, και ο κύλινδρος **1A1** αρχίζει να **εκτείνεται**.
 - ο **Αργή Ταχύτητα**: Η βαλβίδα στραγγαλισμού-αντεπιστροφής **1V9** στην έξοδο του κυλίνδρου επιβραδύνει την κίνηση, εξασφαλίζοντας ομαλή σύσφιξη.
2. **Κύκλωμα Αποσύσφιξης (Συστολή)**:
 - ο **Συνθήκες**: Για την αποσύσφιξη, το σήμα πρέπει να περάσει από:
 1. Το μπουτόν αποσύσφιξης **1V4**.
 2. Τον οριακό διακόπτη **1V7**, που επιβεβαιώνει ότι το τρυπάνι είναι στην ασφαλή (πάνω) θέση.
 - ο Όταν και οι δύο αυτές συνθήκες ισχύουν, το σήμα φτάνει στη θύρα πιλότου **12** της βαλβίδας **1V1**.
 - ο Η **1V1** αλλάζει θέση, και ο κύλινδρος **συστέλλεται**.
 - ο **Γρήγορη Ταχύτητα**: Στη γραμμή που τροφοδοτεί την πίσω πλευρά του κυλίνδρου (για τη συστολή) είναι τοποθετημένη μια **βαλβίδα ταχείας εξαγωγής (Quick Exhaust Valve) 1V8**. Όταν ο κύλινδρος συστέλλεται, ο αέρας από την μπροστινή πλευρά δεν χρειάζεται να επιστρέψει μέχρι την κεντρική βαλβίδα. Αντ' αυτού, εκτονώνεται ταχύτατα στην ατμόσφαιρα μέσω της **1V8**, επιτρέποντας πολύ γρήγορη κίνηση.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Σχεδιάστε το σύμβολο για μια βαλβίδα ταχείας εξαγωγής quick exhaust valve:



2. Ποια θα ήταν η επίδραση αν εισαγόταν ένας σιγαστήρας στη θύρα εξαγωγής... και πώς οι κατασκευαστές ξεπερνούν συχνά αυτή την κατάσταση;

Ο θόρυβος της εξαγωγής θα μειωνόταν, αλλά **με κόστος στην ταχύτητα** με την οποία ο αέρας εξέρχεται (ο σιγαστήρας λειτουργεί ως περιορισμός). Για να ξεπεραστεί αυτό, μια συνηθισμένη μέθοδος είναι η θύρα εξαγωγής της βαλβίδας ταχείας εξαγωγής να είναι ένα μέγεθος μεγαλύτερη (π.χ. σε μια βαλβίδα 1/4", η θύρα εξαγωγής να είναι 3/8") για να χωρέσει έναν μεγαλύτερο σιγαστήρα.

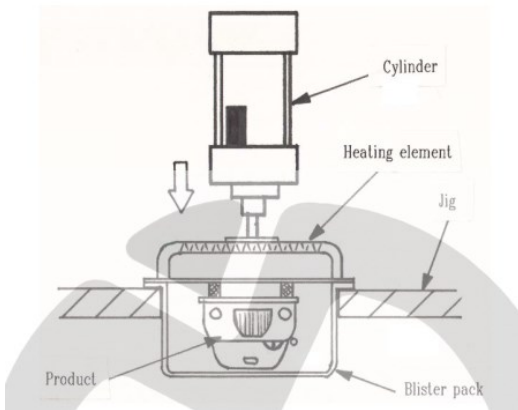
3. Πού αλλού στο κύκλωμα θα μπορούσε να τοποθετηθεί ο αισθητήρας παρουσίας αντικειμένου (1.5)...;

Ο αισθητήρας θα μπορούσε να τοποθετηθεί στο κύκλωμα **πριν από τα μπουτόν σύσφιξης (1.1 και 1.2)**. Θα τροφοδοτούνταν απευθείας από την κεντρική παροχή και η έξοδος του θα τροφοδοτούσε τις εισόδους των μπουτόν. Αυτό θα σήμαινε ότι για να εκταθεί ο κύλινδρος, πρέπει να υπάρχει αντικείμενο ΚΑΙ να πατηθεί ένα από τα μπουτόν.

4. Έχει καμία διαφορά στο αποτέλεσμα αν η βαλβίδα 1.3 τροφοδοτεί την 1.6 ή το αντίστροφο και γιατί;

Δεν θα είχε καμία διαφορά στη λειτουργία του κυκλώματος, καθώς οι βαλβίδες είναι σε σειρά (λογική AND). Ωστόσο, **αν ο οριακός διακόπτης τροφοδοτούσε το μπουτόν (1.6 τροφοδοτεί το 1.3)**, θα σήμαινε ότι η είσοδος του μπουτόν είναι "live" (υπό πίεση) καθ' όλη τη διάρκεια που το τρυπάνι είναι στη θέση του. Σε ορισμένες εφαρμογές, αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί μη ασφαλές.

Άσκηση 16: Συναρμολόγηση Blister Pack

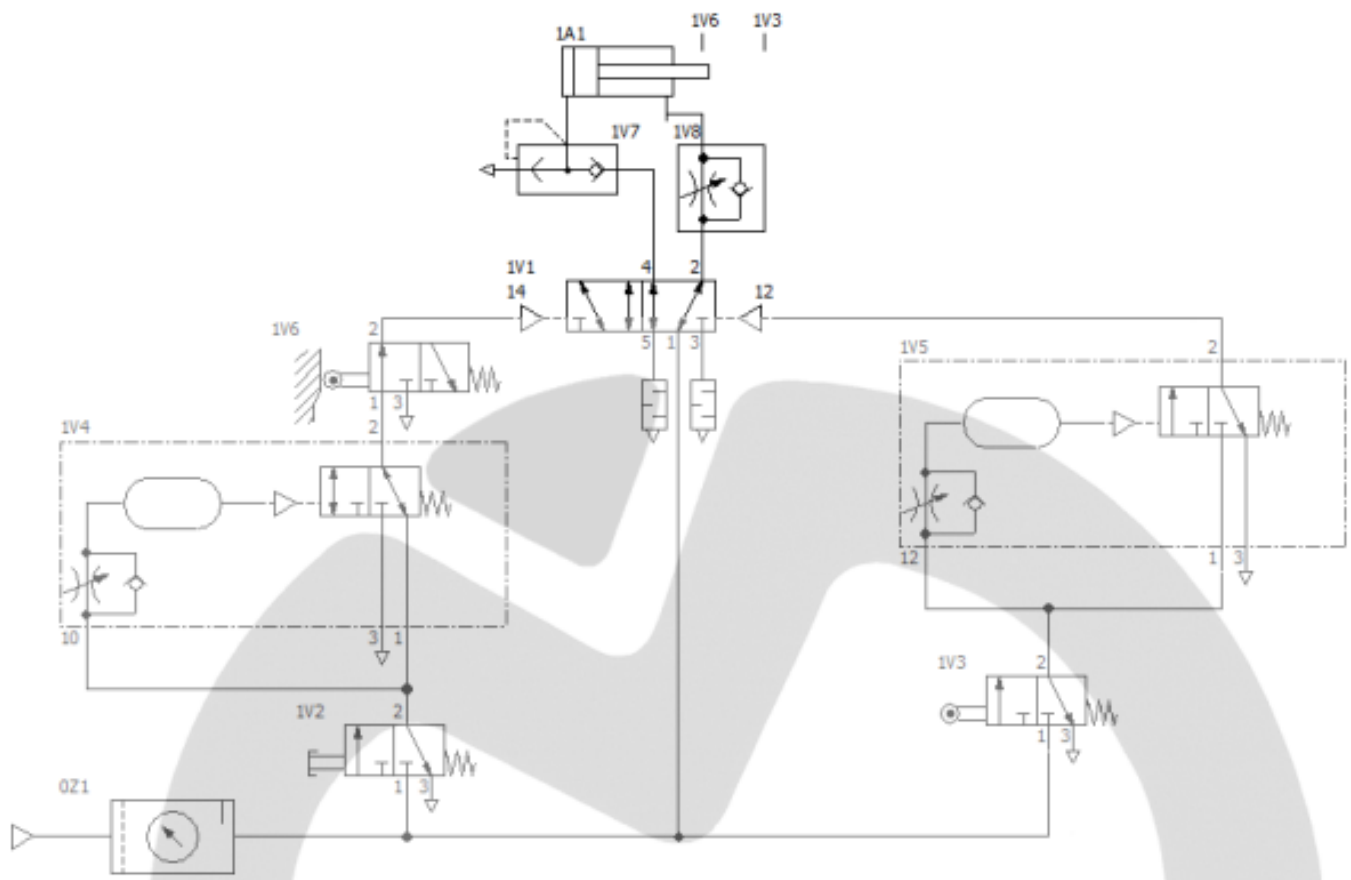


Στόχος της Άσκησης:

Ένας κύλινδρος εκτείνεται αργά για να συγκολλήσει μια συσκευασία. Παραμένει εκτεταμένος για 5 δευτερόλεπτα και μετά επιστρέφει γρήγορα.

Επιπλέον απαιτήσεις:

1. Ο κύλινδρος πρέπει να επιστρέψει ακόμα κι αν το μπουτόν εκκίνησης παραμένει πατημένο.
2. Για να ξαναρχίσει ο κύκλος, ο κύλινδρος πρέπει να έχει επιστρέψει πλήρως και το μπουτόν να έχει αφεθεί και να ξαναπατηθεί (αποφυγή επαναλαμβανόμενων κύκλων).



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Αυτό είναι ένα πιο σύνθετο κύκλωμα που συνδυάζει πολλαπλά στοιχεία.

1. Έναρξη Κύκλου:

- ο Το μπουτόν εκκίνησης **1V2** στέλνει σήμα.

- ο Το σήμα περνά μέσα από ένα **χρονικό κανονικά ανοικτό (Normally Open Timer) 1V4**. Αυτό επιτρέπει στο σήμα να περάσει αμέσως, αλλά αν το μπουτόν μείνει πατημένο, το χρονικό θα κλείσει τη δίοδο μετά από λίγο, αποτρέποντας τη συνεχή επανάληψη (απαίτηση 2).
- ο Στη συνέχεια, το σήμα περνά μέσα από τον οριακό διακόπτη **1V6**, που επιβεβαιώνει ότι ο κύλινδρος είναι σε συστολή.
- ο Το τελικό σήμα φτάνει στη θύρα **14** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Ο κύλινδρος **εκτείνεται αργά**, ελεγχόμενος από τη βαλβίδα στραγγαλισμού **1V8**.

2. Καθυστέρηση και Επιστροφή:

- ο Καθώς ο κύλινδρος εκτείνεται, απελευθερώνει τον διακόπτη **1V6**. Αυτό διακόπτει το αρχικό σήμα εκκίνησης, ικανοποιώντας την απαίτηση 1.
- ο Στο τέλος της διαδρομής του, πατά τον οριακό διακόπτη **1V3**.
- ο Ο **1V3** ενεργοποιεί ένα **χρονικό κανονικά κλειστό (Normally Closed Timer) 1V5**.
- ο Μετά από 5 δευτερόλεπτα, το χρονικό **1V5** δίνει σήμα εξόδου στη θύρα **12** της κεντρικής βαλβίδας **1V1**.
- ο Ο κύλινδρος **συστελλεται γρήγορα** μέσω της βαλβίδας ταχείας εξαγωγής **1V7**.

3. Επαναφορά:

- ο Μόλις ο κύλινδρος επιστρέψει πλήρως, πατά ξανά το **1V6**, και το κύκλωμα είναι έτοιμο για έναν νέο κύκλο, μόνο αν το μπουτόν **1V2** πατηθεί ξανά.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Πώς διαφέρουν οι βαλβίδες 1.3 και 1.5;

Και οι δύο είναι πνευματικά χρονικά. Η βαλβίδα **1.3** είναι τύπου 'κανονικά ανοικτή' (Normally Open), ενώ η **1.5** είναι τύπου 'κανονικά κλειστή' (Normally Closed).

2. Ποιος είναι ο σκοπός της βαλβίδας 1.3 στο κύκλωμα;

Η βαλβίδα 1.3, όντας ένα κανονικά ανοικτό χρονικό, **θα κλείσει μετά την πάροδο μιας χρονικής καθυστέρησης**, αν το σήμα διατηρηθεί στη θύρα Z (10) της. Για να διατηρηθεί αυτό το σήμα, το μπουτόν 1.1 πρέπει να παραμένει πατημένο. Η άσκηση ορίζει συγκεκριμένα ότι αν το μπουτόν παραμείνει πατημένο, το κύκλωμα πρέπει να ολοκληρώσει έναν κύκλο και μετά να σταματήσει. Αυτή η λειτουργία παρέχεται από αυτό το χρονικό, το οποίο, αν αλλάξει θέση (κλείσει), θα σταματήσει το σήμα εκκίνησης.

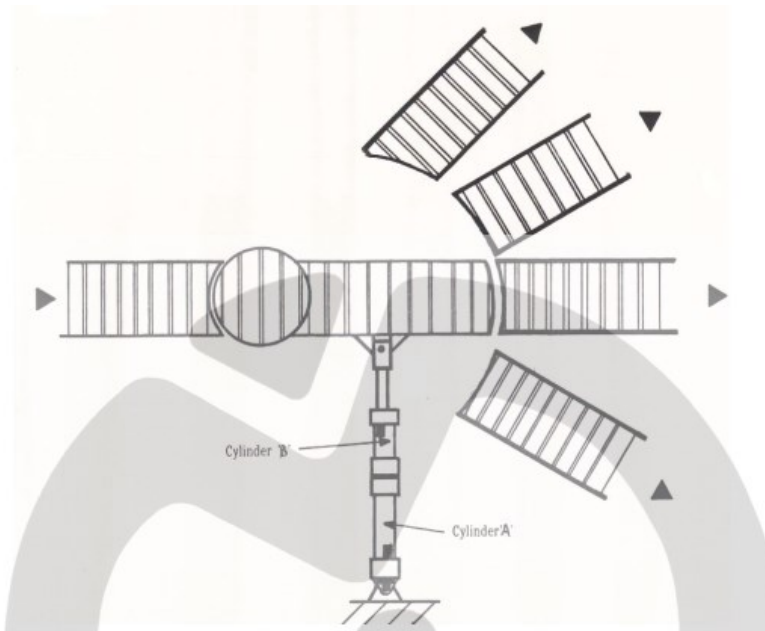
3. Ποια θα ήταν η επίδραση αν η βαλβίδα 1.3 τοποθετούνταν μετά τη βαλβίδα 1.4;

Το χρονικό (1.3) δεν θα έμπαινε σε λειτουργία, καθώς το σήμα τροφοδοσίας του θα αφαιρούνταν κάθε φορά που ο οριακός διακόπτης 1.4 απελευθερωνόταν (καθώς ο κύλινδρος εκτείνεται). Επομένως, η βαλβίδα 1.3 θα ήταν περιττή και η απαίτηση του κυκλώματος να σταματά μετά από έναν κύκλο (αν το μπουτόν μείνει πατημένο) δεν θα επιτυγχανόταν.

4. Ποια θα ήταν η επίδραση αν η βαλβίδα 1.5 τοποθετούνταν πριν από τη βαλβίδα 1.2;

Το χρονικό (1.5), αν τοποθετούνταν πριν από τον οριακό διακόπτη 1.2, θα ενεργοποιούνταν μόνιμα, καθώς το σήμα του θα ερχόταν απευθείας από την κεντρική παροχή. Έτσι, η βαλβίδα θα γινόταν αναποτελεσματική και η λειτουργία της χρονικής καθυστέρησης θα χανόταν. Ο κύλινδρος θα συστελλόταν αμέσως μόλις έφτανε στο τέλος της διαδρομής του και ενεργοποιούσε τον οριακό διακόπτη.

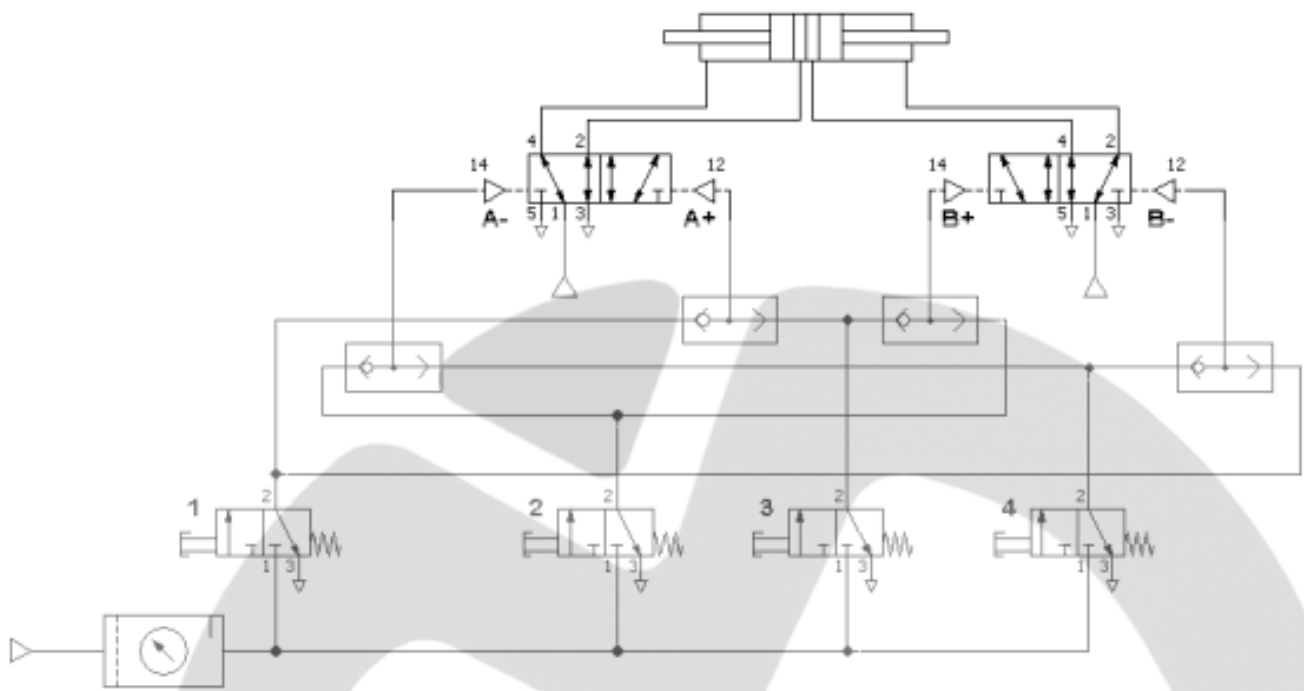
Άσκηση 17: Επιλογή Μεταφορικής Ταινίας (Conveyor Selection)



Στόχος της Άσκησης:

Δύο κύλινδροι (A και B) τοποθετημένοι "πλάτη με πλάτη" κατευθύνουν δέματα σε μία από τις τέσσερις εξόδους. Τέσσερα μπουτόν ελέγχουν τις θέσεις ως εξής:

- Μπουτόν 1: Εκτείνει τον A, Συστέλλει τον B.
- Μπουτόν 2: Συστέλλει τον A, Εκτείνει τον B.
- Μπουτόν 3: Εκτείνει και τον A και τον B.
- Μπουτόν 4: Συστέλλει και τον A και τον B.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Το κύκλωμα χρησιμοποιεί βαλβίδες OR για να συνδυάσει τα σήματα από τα μπουτόν προς τις κεντρικές βαλβίδες των κυλίνδρων. Κάθε κύλινδρος ελέγχεται από τη δική του βαλβίδα 5/2 διπλού πιλότου.

- **Κύλινδρος Α (Βαλβίδα 1.7 στο σχέδιο):**
 - ο **Για Έκταση (Σήμα στη θύρα 12):** Πρέπει να πατηθεί το **Μπουτόν 1** ή το **Μπουτόν 3**. Τα σήματά τους οδηγούνται μέσω βαλβίδων OR στη θύρα 12.
 - ο **Για Συστολή (Σήμα στη θύρα 14):** Πρέπει να πατηθεί το **Μπουτόν 2** ή το **Μπουτόν 4**. Τα σήματά τους οδηγούνται μέσω άλλων βαλβίδων OR στη θύρα 14.
- **Κύλινδρος Β (Βαλβίδα 2.7 στο σχέδιο):**
 - ο **Για Έκταση (Σήμα στη θύρα 14):** Πρέπει να πατηθεί το **Μπουτόν 2** ή το **Μπουτόν 3**.
 - ο **Για Συστολή (Σήμα στη θύρα 12):** Πρέπει να πατηθεί το **Μπουτόν 1** ή το **Μπουτόν 4**.

Πατώντας οποιοδήποτε από τα τέσσερα μπουτόν, ενεργοποιείται ο σωστός συνδυασμός σημάτων πιλότου στις δύο κεντρικές βαλβίδες για να επιτευχθεί η επιθυμητή θέση και των δύο κυλίνδρων.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Γιατί χρησιμοποιούνται οι βαλβίδες εναλλαγής 1.5, 1.6, 2.5 και 2.6;

Οι βαλβίδες εναλλαγής χρησιμοποιούνται επειδή τα σήματα αλλαγής θέσης για τις βαλβίδες κατεύθυνσης 1.7 και 2.7 μπορούν να προέλθουν, σε κάθε περίπτωση, από **οποιοδήποτε από δύο διαφορετικά σημεία** (από οποιοδήποτε από δύο μπουτόν).

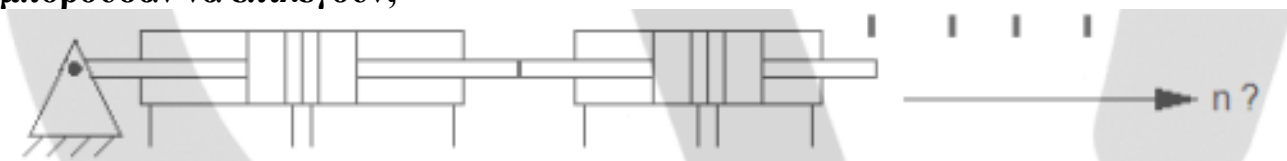
2. Τι είναι αυτό στους κυλίνδρους που δημιουργεί τη δυνατότητα επιλογής 4 θέσεων;

Μπορούν να επιλεγούν 4 θέσεις λόγω του γεγονότος ότι οι δύο κύλινδροι είναι τοποθετημένοι πλάτη με πλάτη και το ένα έμβολο είναι σταθερό. Ο πραγματικός αριθμός θέσεων καθορίζεται από τον αριθμό των κυλίνδρων και από το αν έχουν **την ίδια ή διαφορετική διαδρομή (stroke)**. Δύο κύλινδροι διαφορετικής διαδρομής θα δώσουν 4 θέσεις (2 θέσεις για κάθε κύλινδρο).

3. Αν απαιτούνταν 3 θέσεις, ποιες αλλαγές θα έπρεπε να γίνουν στους κυλίνδρους;

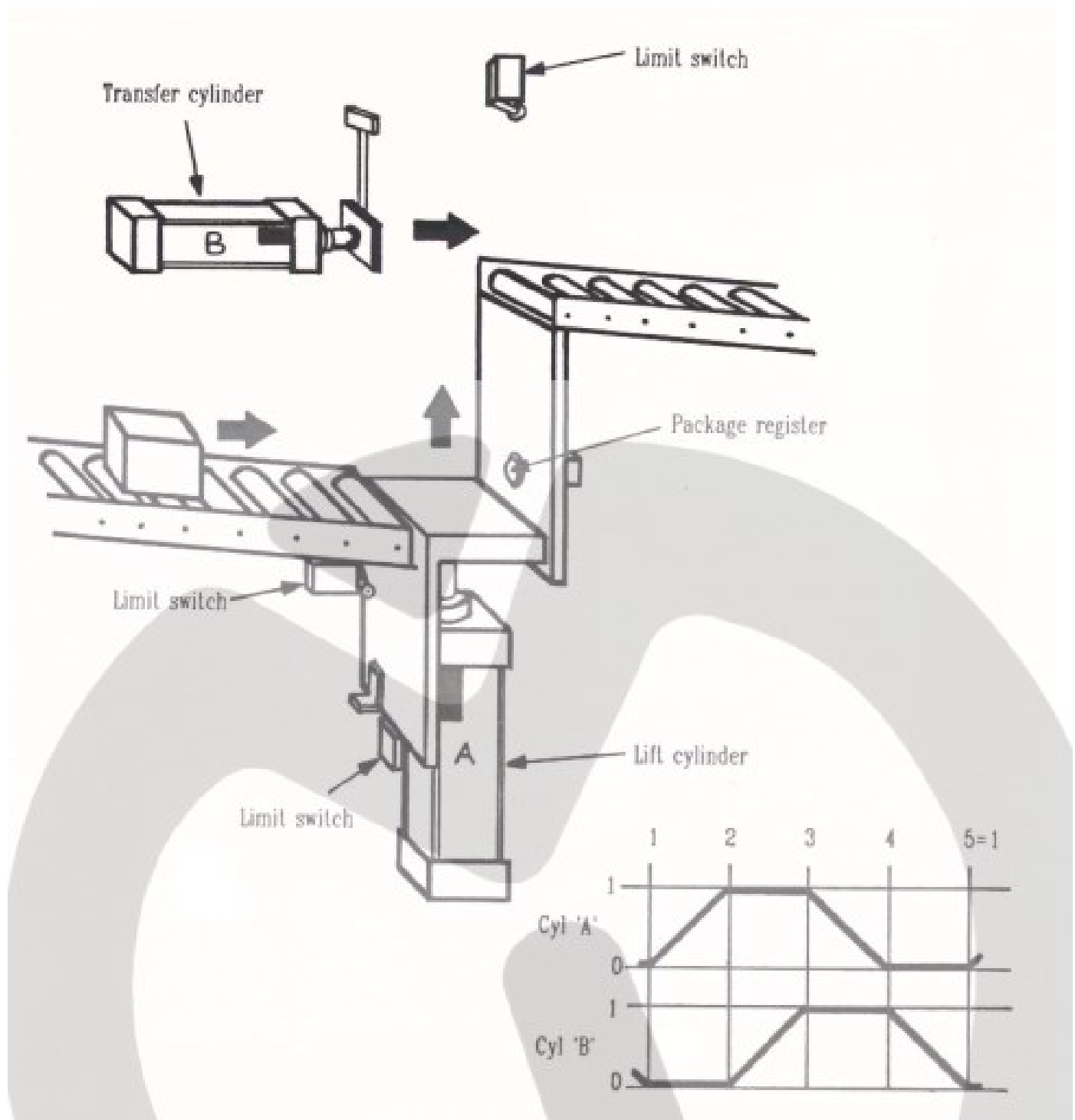
Και οι δύο κύλινδροι θα έπρεπε να έχουν την **ίδια διαδρομή**.

4. Αν 4 κύλινδροι τοποθετούνταν πλάτη με πλάτη... πόσες διαφορετικές θέσεις θα μπορούσαν να επιλεγούν;



Υποθέτοντας ότι κάθε κύλινδρος έχει διαφορετική διαδρομή, τότε ο αριθμός των διαθέσιμων θέσεων για επιλογή θα ήταν **16**. Ο αριθμός των θέσεων καθορίζεται από το ότι κάθε κύλινδρος έχει 2 θέσεις, και ο συνολικός αριθμός κυλίνδρων γίνεται ο εκθέτης. Επομένως, σε αυτή την περίπτωση, το αποτέλεσμα είναι 2 υψωμένο στη δύναμη του 4 (2^4).

Άσκηση 18: Σταθμός Ανύψωσης και Μεταφοράς (Lift and Transfer Station)



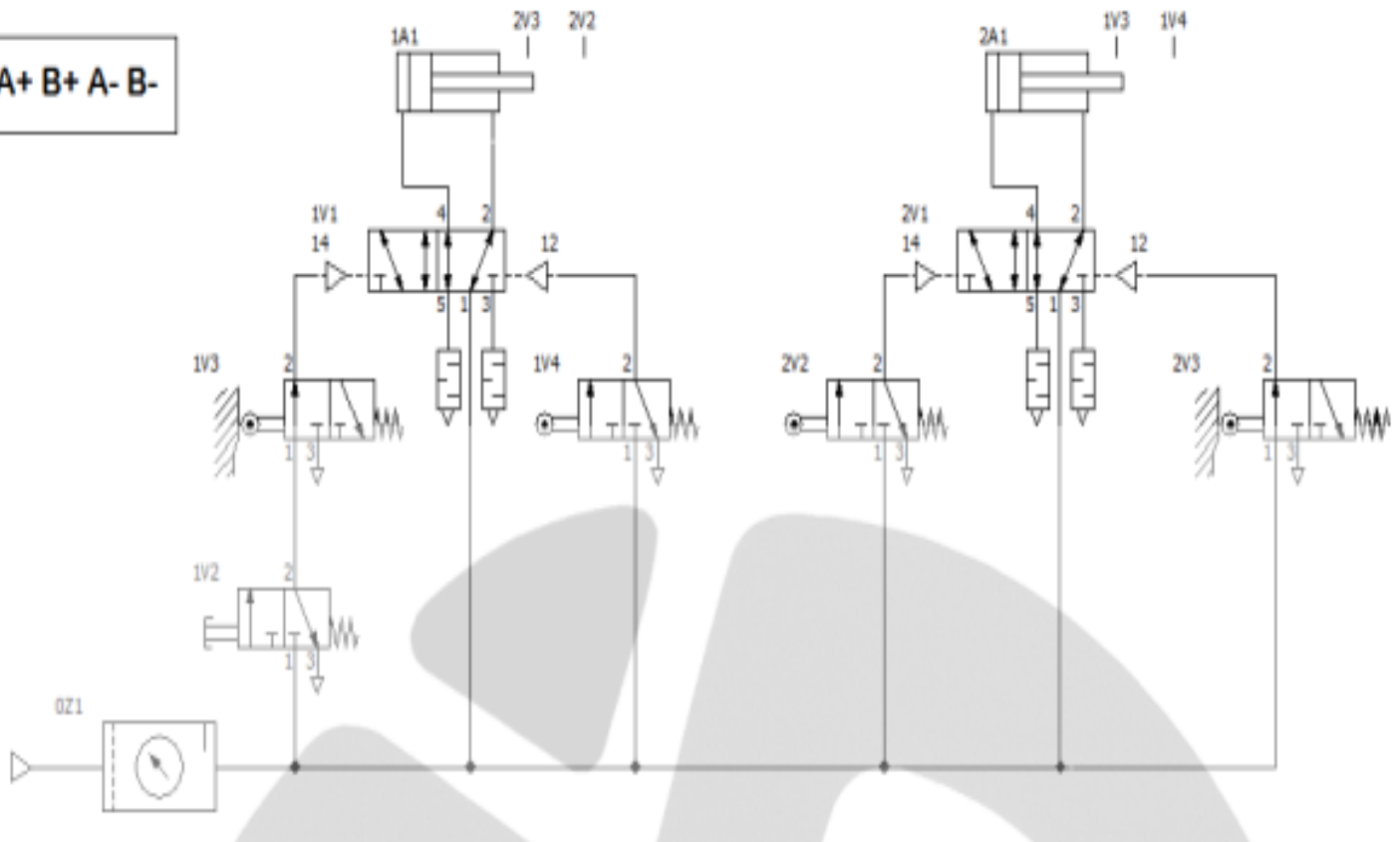
Στόχος της Άσκησης:

Να υλοποιηθεί μια ακολουθία κινήσεων **A+ B+ A- B-**.

1. Ο κύλινδρος A εκτείνεται (A+).
2. Ο κύλινδρος B εκτείνεται (B+).
3. Ο κύλινδρος A συστέλλεται (A-).
4. Ο κύλινδρος B συστέλλεται (B-).

Ο κύκλος ξεκινά όταν ένα πακέτο πατήσει έναν αισθητήρα.

A+ B+ A- B-



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης:

Αυτή είναι μια κλασική άσκηση διαδοχικού κυκλώματος, όπου το τέλος μιας κίνησης δίνει το σήμα για την έναρξη της επόμενης.

1. A+ (Εκταση του A):

- Ένα πακέτο πατά τον αισθητήρα εκκίνησης **1V2**.
- Το σήμα περνά μέσα από τον οριακό διακόπτη **1V3** (που επιβεβαιώνει ότι ο B είναι σε συστολή).
- Το σήμα φτάνει στη θύρα **14** της βαλβίδας του A (**1V1**). Ο κύλινδρος A εκτείνεται.

2. B+ (Εκταση του B):

- Στο τέλος της διαδρομής A+, πατιέται ο οριακός διακόπτης **2V2**.
- Ο **2V2** στέλνει σήμα στη θύρα **14** της βαλβίδας του B (**2V1** στο δεύτερο κύκλωμα). Ο κύλινδρος B εκτείνεται.

3. A- (Συστολή του A):

- Στο τέλος της διαδρομής B+, πατιέται ο οριακός διακόπτης **1V4**.
- Ο **1V4** στέλνει σήμα στη θύρα **12** της βαλβίδας του A (**1V1**). Ο κύλινδρος A συστέλλεται.

4. B- (Συστολή του B):

- Στο τέλος της διαδρομής A- (δηλαδή όταν ο A επιστρέψει), πατιέται ο οριακός διακόπτης **2V3**.
- Ο **2V3** στέλνει σήμα στη θύρα **12** της βαλβίδας του B (**2V1**). Ο κύλινδρος B συστέλλεται.
- Όταν ο B επιστρέψει, πατά ξανά τον δικό του οριακό διακόπτη **1V3** (στο πρώτο κύκλωμα), και το σύστημα είναι έτοιμο για τον επόμενο κύκλο.

Λύση (Με Μέθοδο Cascade):

- **Αρχή Λειτουργίας:** Η ακολουθία χωρίζεται σε "ομάδες" (groups). Μόνο μία ομάδα είναι ενεργή κάθε φορά, αποφεύγοντας συγκρούσεις σημάτων.
- **Στοιχεία:**
 - **Βαλβίδα Επιλογής Ομάδας (Group Selector Valve - GSV):** Μια βαλβίδα μνήμης που εναλλάσσει την παροχή αέρα μεταξύ των ομάδων.
 - **Ομάδα 1:** Ελέγχει τις κινήσεις A+ και B+.
 - **Ομάδα 2:** Ελέγχει τις κινήσεις B- και A-.
 - **Βαλβίδες Τέλους Διαδρομής (a0, a1, b0, b1):** a0=A υποχωρημένος, a1=A επεκταμένος, κ.λ.π.
- **Περιγραφή Λειτουργίας:**
 1. Νέο πακέτο -> Βαλβίδα πακέτου ενεργή. START -> GSV ενεργοποιεί την **Ομάδα 1**.
 2. **Ομάδα 1:** Κύλινδρος A επεκτείνεται (A+). Στο τέλος (a1), ο B επεκτείνεται (B+).
 3. Στο τέλος του B+ (b1), σήμα προς GSV -> Απενεργοποίηση Ομάδας 1, Ενεργοποίηση **Ομάδας 2**.
 4. **Ομάδα 2:** Κύλινδρος B υποχωρεί (B-). Στο τέλος (b0), ο A υποχωρεί (A-).
 5. Στο τέλος του A- (a0), το σύστημα είναι έτοιμο για νέο κύκλο.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

1. Ποιος όρος δίνεται σε μια ακολουθία όπου οι κύλινδροι κινούνται με την ίδια σειρά, π.χ. A+ B+ A- B- ή A+ B+ C- A- B- C+;

Αυτές οι ακολουθίες ονομάζονται ακολουθίες '**επαναλαμβανόμενου μοτίβου**' (repeat pattern). Οι κύλινδροι 'επαναλαμβάνουν' την ίδια ακολουθία κινήσεων σε κάθε κύκλο. Αν η ακολουθία κινήσεων των κυλίνδρων ακολουθούσε ένα διαφορετικό μοτίβο, αυτό είναι γνωστό ως ακολουθία 'μη επαναλαμβανόμενου μοτίβου'.

2. Αν ο αισθητήρας πακέτου "κολλήσει" στην ενεργοποιημένη κατάσταση, τι θα συνέβαινε και γιατί;

Το σύστημα θα συνέχιζε να εκτελεί κύκλους ασταμάτητα μόλις ο αέρας ενεργοποιούνταν, και ο μόνος τρόπος να σταματήσει θα ήταν να κλείσει η παροχή αέρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μόνιμη παροχή στη βαλβίδα 1.2, οπότε κάθε φορά που αυτή η βαλβίδα ενεργοποιείται (από το τέλος του προηγούμενου κύκλου), ο κύκλος ξεκινά ξανά.

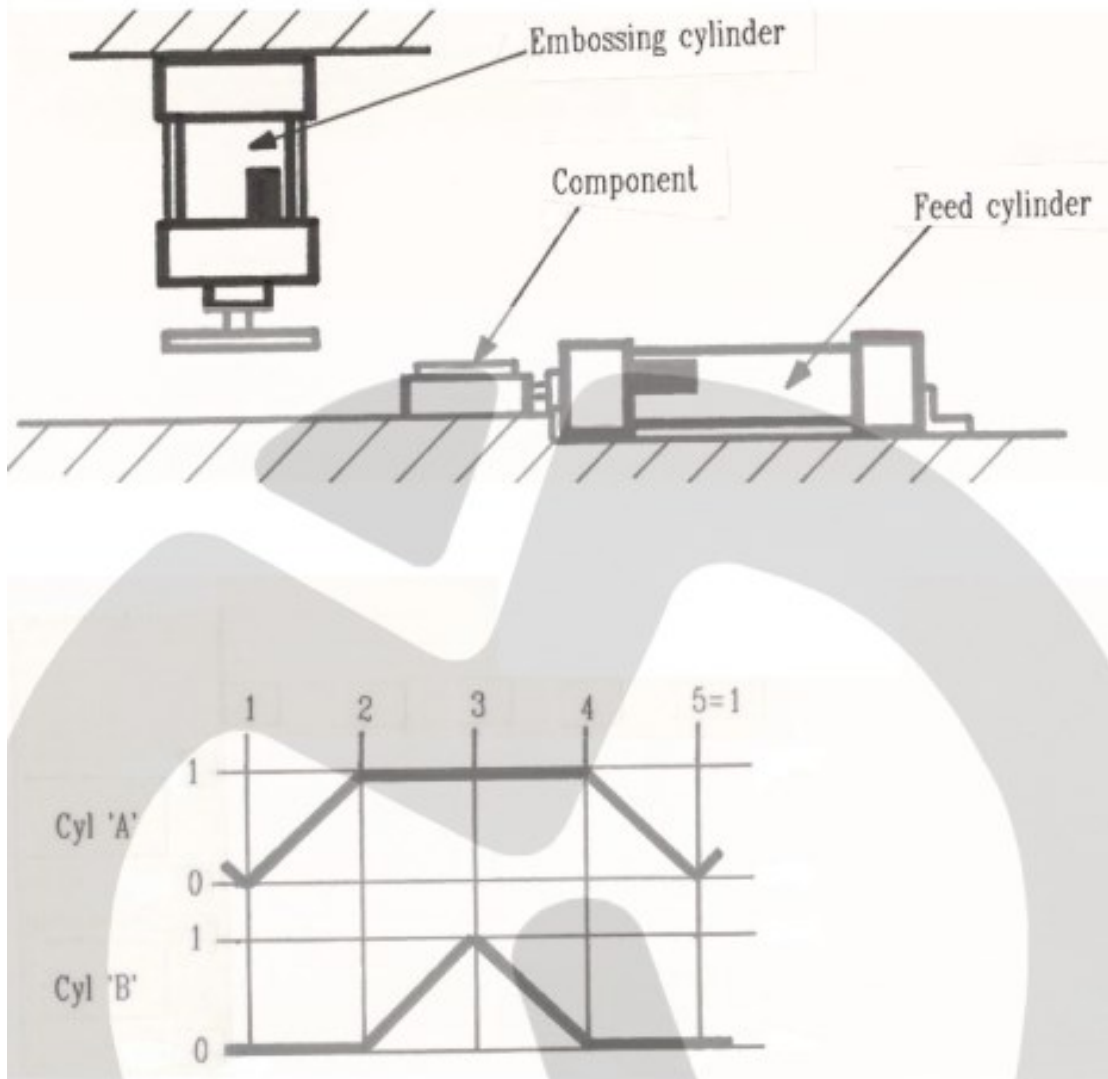
3. Ποιος είναι ο σκοπός της βαλβίδας 1.2 σε αυτό το κύκλωμα;

Η βαλβίδα 1.2 παρέχει μια **αλληλασφάλιση (interlock)** για να διασφαλίσει ότι ο κύκλος των λειτουργιών πρέπει να ολοκληρωθεί πριν να είναι δυνατόν να ξεκινήσει ο επόμενος κύκλος.

4. Ο κύλινδρος ανύψωσης (A) απαιτείται να παράγει έργο μόνο στην κίνηση έκτασης... γιατί δεν χρησιμοποιείται ένας κύλινδρος απλής ενέργειας;

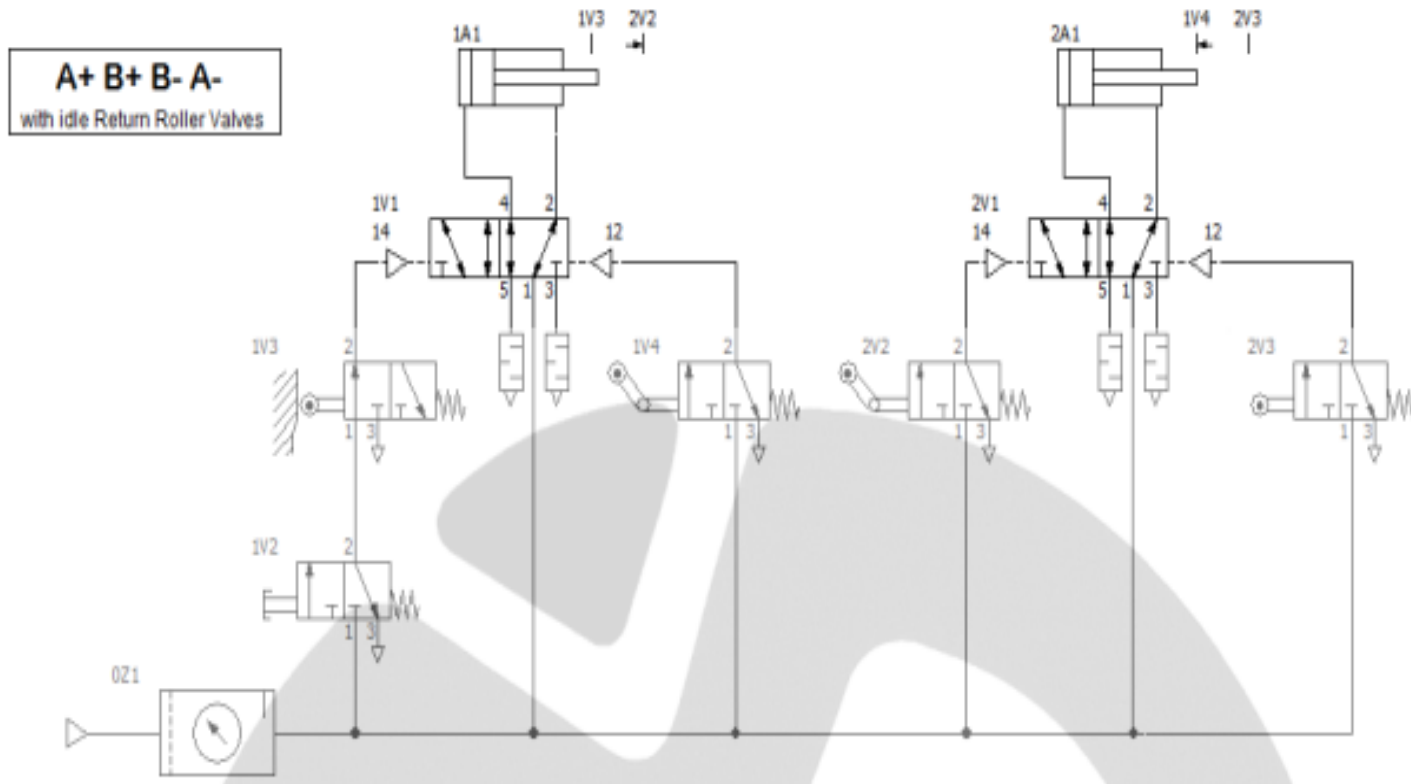
Τυπικοί κύλινδροι απλής ενέργειας δεν θα ήταν διαθέσιμοι σε αρκετά μεγάλη διαδρομή (stroke) για αυτή την εφαρμογή.

Άσκηση 19: Μηχανή Αποτύπωσης (Embossing Machine)



Στόχος της Άσκησης:

Να υλοποιηθεί η ακολουθία $A + B + B - A -$. Αυτή είναι η ίδια ακολουθία με την προηγούμενη άσκηση, αλλά εδώ παρουσιάζεται μια πιο στιβαρή και σωστή λύση, η **μέθοδος Cascade (Καταρράκτη)**.



Ανάλυση Κυκλώματος Λύσης (Cascade Version):

Η μέθοδος Cascade λύνει το πρόβλημα των εγκλωβισμένων σημάτων χωρίζοντας το κύκλωμα σε "ομάδες" (groups). Μόνο μία ομάδα μπορεί να είναι ενεργή (να έχει παροχή αέρα) κάθε φορά.

1. Διαχωρισμός σε Ομάδες:

- ο Η ακολουθία A+ B+ B- A- χωρίζεται εκεί όπου αλλάζει το "όνομα" του κυλίνδρου.
 - **Ομάδα 1:** A+, B+
 - **Ομάδα 2:** B-, A-

2. Λειτουργία του Κυκλώματος:

- ο **Βαλβίδα Επιλογής Ομάδας (Group Selector Valve - GSV):** Μια κεντρική βαλβίδα 5/2 (στο σχέδιο η 1V1/2V1) ελέγχει ποια ομάδα παίρνει αέρα. Ας πούμε ότι στην αρχή, η Ομάδα 2 είναι ενεργή.
- ο **Έναρξη (Μετάβαση στην Ομάδα 1):**
 - Ο χειριστής πατά το μπουτόν Start (**Start**).
 - Το σήμα περνά από τον οριακό διακόπτη 1V3 (επιβεβαιώνει ότι ο A είναι μέσα).
 - Αυτό το σήμα αλλάζει την κατάσταση της GSV, **ενεργοποιώντας την Ομάδα 1** και απενεργοποιώντας την Ομάδα 2.
- ο **Εκτέλεση Ομάδας 1:**
 - **A+:** Τώρα που η Ομάδα 1 έχει αέρα, το πρώτο σήμα που μπορεί να δοθεί είναι αυτό για την έκταση του A. Η παροχή για τη βαλβίδα του A έρχεται από τη γραμμή της Ομάδας 1.
 - **B+:** Όταν ο A βγει έξω, πατά τον διακόπτη 2V2. Ο 2V2 παίρνει αέρα από την Ομάδα 1 και δίνει εντολή για την έκταση του B.
- ο **Μετάβαση στην Ομάδα 2:**

- Όταν ο Β βγει έξω, πατά τον διακόπτη **2V3**. Ο **2V3** παίρνει αέρα από την Ομάδα 1 και στέλνει σήμα στην GSV για να αλλάξει κατάσταση.
 - Η GSV αλλάζει, **ενεργοποιώντας την Ομάδα 2** και απενεργοποιώντας την Ομάδα 1. Όλα τα σήματα της Ομάδας 1 μηδενίζονται.
 - **Εκτέλεση Ομάδας 2:**
 - **B-:** Τώρα που η Ομάδα 2 έχει αέρα, το πρώτο σήμα που μπορεί να δοθεί είναι για τη συστολή του Β (η παροχή της βαλβίδας του Β τώρα συνδέεται με τη γραμμή της Ομάδας 2).
 - **A-:** Όταν ο Β μπει μέσα, πατά τον διακόπτη **1V4**. Ο **1V4** παίρνει αέρα από την Ομάδα 2 και δίνει εντολή για τη συστολή του Α.
 - Όταν ο Α επιστρέψει, πατά τον **1V3**. Το κύκλωμα έχει επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση, με την Ομάδα 2 ενεργή, περιμένοντας το επόμενο σήμα Start.
- Η μέθοδος αυτή είναι εξαιρετικά αξιόπιστη γιατί διασφαλίζει ότι δεν υπάρχουν ποτέ αντικρουόμενα σήματα.

Λύση 1 (Με Βαλβίδες Idle Return - "One-Way Trip"):

- **Αρχή Λειτουργίας:** Ειδικές βαλβίδες που δίνουν σήμα μόνο όταν ο κύλινδρος περνάει από μία κατεύθυνση, αποφεύγοντας "παγιωμένα σήματα".
- **Μειονεκτήματα:** Ευαίσθητες στη ρύθμιση, δυσκολία στον εντοπισμό βλαβών.

Λύση 2 (Με Βαλβίδα Latching):

- **Αρχή Λειτουργίας:** Μια επιπλέον βαλβίδα μνήμης (latching valve) χρησιμοποιείται για να "κλειδώνει" και "ξεκλειδώνει" τμήματα του κυκλώματος, απομονώνοντας σήματα και αποφεύγοντας συγκρούσεις. Πιο αξιόπιστη από την Idle Return.

Λύση 3 (Με Cascade ή Stepper):

Αρχή Λειτουργίας: Όπως στην Άσκηση 18, η ακολουθία χωρίζεται σε ομάδες. Αυτή είναι η πιο **συστηματική και αξιόπιστη** μέθοδος για σύνθετες ακολουθίες, καθώς εγγυάται ότι μόνο ένα βήμα είναι ενεργό κάθε φορά.

Ερωτήσεις – Απαντήσεις

(Έκδοση με Idle Return Roller Valves)

1. Ποιο όνομα δίνεται στις βαλβίδες 1.3 και 2.1;

Βαλβίδα 3/2 μονόδρομης ενέργειας με ράουλο (Idle return roller valve), τύπου κανονικά κλειστής, που μερικές φορές ονομάζεται και **βαλβίδα one-way trip**.

2. Γιατί χρησιμοποιούνται οι βαλβίδες 1.3 και 2.1;

Αν χρησιμοποιούνταν κανονικοί οριακοί διακόπτες σε αυτό το κύκλωμα, θα δημιουργούνταν 'εγκλωβισμένα' σήματα... Η χρήση των βαλβίδων μονόδρομης ενέργειας εξαλείφει αυτό το πρόβλημα.

3. Τι υποδηλώνουν τα βέλη στη θέση 2.1... και 1.3...;

Αυτά τα βέλη δείχνουν την **κατεύθυνση κίνησης του κυλίνδρου** όταν η βαλβίδα μονόδρομης ενέργειας ενεργοποιείται (η "ζωντανή" κατεύθυνση). Όταν ο κύλινδρος κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση, το ράουλο της βαλβίδας γίνεται ανενεργό (διπλώνει).

4. Δώστε δύο μειονεκτήματα που σχετίζονται με τη χρήση αυτού του τύπου βαλβίδας:

1. Η **θέση τοποθέτησης** της βαλβίδας είναι πολύ κρίσιμη (περισσότερο από ό,τι με τους κανονικούς οριακούς διακόπτες).
2. Το ράουλο επαναφέρεται μέσω ενός **αδύναμου ελατηρίου**, το οποίο έχει πάντα την πιθανότητα να αποτύχει.

(Έκδοση Cascade)

1. Σε τι αναφέρονται τα παρακάτω σε σχέση με ένα κύκλωμα cascade; a0, a1, b0, b1

- **a0:** Οριακός διακόπτης (roller valve) που βρίσκεται στη θέση **πλήρους συστολής (instroke)** του κυλίνδρου A.
- **a1:** Οριακός διακόπτης που βρίσκεται στη θέση **πλήρους έκτασης (outstroke)** του κυλίνδρου A.
- **b0:** Οριακός διακόπτης που βρίσκεται στη θέση **πλήρους έκτασης (outstroke)** του κυλίνδρου B.
- **b1:** Οριακός διακόπτης που βρίσκεται στη θέση **πλήρους συστολής (instroke)** του κυλίνδρου B.

2. Ποιο όνομα δίνεται στη βαλβίδα 5/2 που είναι σχεδιασμένη κάτω από τις γραμμές των ομάδων (1 και 2);

Βαλβίδα Επιλογής Ομάδας (Group Selector Valve).

3. Χωρίστε την παρακάτω ακολουθία σε ομάδες για ένα κύκλωμα cascade: A+ B+ B- C+ C- B+ B- A-

- Ομάδα I: A+ B+
- Ομάδα II: B- C+
- Ομάδα III: C- B+
- Ομάδα IV: B- A-

4. Πού αλλού στο κύκλωμα θα μπορούσε να τοποθετηθεί το μπουτόν 'start' και να διατηρηθεί το ίδιο αποτέλεσμα;

Το μπουτόν 'start' θα μπορούσε να εγκατασταθεί στη γραμμή που προέρχεται από τη γραμμή της ομάδας 1 και τροφοδοτεί τη θύρα σήματος 14 της βαλβίδας ελέγχου για τον κύλινδρο A. Το αποτέλεσμα θα ήταν το ίδιο, αν και η βαλβίδα επιλογής ομάδας θα άλλαζε θέση στο τέλος του κύκλου, ενώ με το παρόν σύστημα η βαλβίδα επιλογής ομάδας δεν αλλάζει θέση μέχρι να πατηθεί το μπουτόν 'start'.