

# Digitale Techniek - Practicum 1: Logische poorten

*Semih Can Karakoç (695258)*

*2 mei 2023*

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Probleemstelling en doelen</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Practicumbenodigdheden</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Theoretisch kader</b>	<b>7</b>
4.1	De basispoorten . . . . .	7
4.2	Waarheidstabellen . . . . .	7
4.3	De wetten van De Morgan . . . . .	8
4.4	Het digiboard en bijbehorende IC-board . . . . .	8
4.5	De 74xx IC series . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Methode en aanpak</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>De 7404</b>	<b>14</b>
6.1	Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort dit IC bevat .	15
6.2	Tot welke logica familie behoort dit type IC . . . . .	15
6.3	Hoeveel poorten bevat dit IC . . . . .	15
6.4	Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board . . . . .	15
6.5	De werking van de poort . . . . .	16
6.6	De bijbehorende waarheidstabel . . . . .	16
6.7	Alternatieve poorten . . . . .	16
6.8	De getekende logische schakeling . . . . .	17
6.9	Ga de werking van deze alternatieve poort na en concludeer of de werking hetzelfde is . . . . .	17
<b>7</b>	<b>De 7420</b>	<b>19</b>
7.1	Welke type poort bevat de 7420 IC? . . . . .	20
7.2	Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board . . . . .	20
7.3	Wat is de werking van de poort en stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	21
<b>8</b>	<b>De 7410</b>	<b>22</b>
8.1	Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort de 7410 bevat	23
8.2	Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board . . . . .	23

8.3	Ga de werking van deze poort na en stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	24
8.4	Controleer hoe de uitgang van de poort zich gedraagt, indien één van de ingangen wordt opengelaten . . . . .	24
<b>9</b>	<b>NAND-poort</b>	<b>25</b>
9.1	Onderzoek het gedrag van de schakeling in figuur 8 door deze op te bouwen op het digiboard . . . . .	25
9.2	Stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	26
9.3	Stel de logische functie (Booleaanse expressie) van X op . . . . .	26
<b>10</b>	<b>OR/NOR-poort</b>	<b>27</b>
10.1	Ga de werking na van een OR-poort met twee ingangen. Stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	27
10.2	Controleer hoe de uitgang van een OR-poort zich gedraagt bij een open ingang . . . . .	28
10.3	Ontwerp een NOR-poort met behulp van basispoorten . . . . .	28
10.4	Bouw deze schakeling op het digiboard . . . . .	28
10.5	Ga de werking van deze schakeling na . . . . .	29
10.6	Stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	29
<b>11</b>	<b>XOR-poort</b>	<b>30</b>
11.1	Ontwerp een XOR-poort met behulp van basispoorten . . . . .	30
11.2	Bouw deze schakeling op het digiboard en controleer de werking . . .	31
11.3	Stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	31
11.4	Vergelijk de werking van bovenstaande schakeling met de 7486 . . . .	31
<b>12</b>	<b>XNOR-poort</b>	<b>32</b>
12.1	Ontwerp een XNOR-poort met behulp van basispoorten . . . . .	32
12.2	Bouw deze schakeling op het digiboard en controleer de werking . . .	33
12.3	Stel de bijbehorende waarheidstabel op . . . . .	33
<b>13</b>	<b>Conclusie</b>	<b>34</b>
<b>14</b>	<b>Bronvermelding</b>	<b>36</b>

# 1 Inleiding

Tijdens dit practicum is er geëxperimenteerd en onderzocht naar de werking van logische poorten en de bijbehorende waarheidstabellen en logische schakelingen. Het algemene doel van dit practicum is om verschillende aspecten van deze logische poorten te begrijpen en toe te kunnen passen. Daarvoor zijn er in totaal zeven experimenten uitgevoerd en zijn de bijbehorende deelopdrachten uitgewerkt in dit verslag. Dit verslag zal zich richten op de volgende onderwerpen:

1. Logische schakelingen lezen, bouwen en ontwerpen;
2. 74XX IC series;
3. Waarheidstabellen;
4. Gedrag van logische poorten;
5. Booleaanse algebra.

Het verslag zal de lezer eerst de probleemstelling en de doelen laten inleiden, daarna een lijst met practicumbenodigdheden doornemen en vervolgens ingaan op het theoretisch kader, de uitgevoerde experimenten en resultaten, de bijbehorende deelopdrachten en tenslotte eindigen met een concrete eindconclusie.

NOTE: *alle getekende logische schakelingen in dit verslag zijn zelf gemaakt met draw.io!*

## 2 Probleemstelling en doelen

Dit verslag bevat slechts één probleemstelling, namelijk:

*“Hoe kunnen we op een efficiënte manier allerlei verschillende logische poorten bouwen met behulp van de basispoorten?”*

De doelen van dit practicum zijn:

1. Inzicht te verkrijgen in logische functies die ten grondslag liggen aan de digitale techniek;
2. Waarnemingen te verrichten aan de bijbehorende eenvoudige logische schakelingen;
3. De bijbehorende meetgegevens en waarheidstabellen op een juiste wijze te verkrijgen en te interpreteren;
4. De vergaarde gegevens te verwerken tot een verslag.

### **3 Practicumbenodigdheden**

Hieronder zijn de benodigdheden die essentieel zijn tijdens het practicum:

1. Digiboard: het digiboard is een bord waarop je gemakkelijk de logische schakelingen kan bouwen door gebruik te maken van de ingebouwde poorten [1];
2. IC-board: het IC bord is de uitbreiding van de digiboard. Op het IC bord kun je allerlei IC's naar keuze erin klemmen en gemakkelijk alles op een juiste manier aansluiten [2];
3. Datasheets: een datasheet is een document dat gepubliceerd is door de fabrikant, dat de technische specificaties omvat van de elektronische componenten (in dit geval de IC's);
4. Verbindingssnoeren: deze snoeren zijn nodig om verbinding te maken tussen allerlei elektronische componenten;
5. Draw.io: dit is een online website waarmee je gemakkelijk logische schakelingen kunt ontwerpen.

## 4 Theoretisch kader

### 4.1 De basispoorten

In de digitale techniek zijn er drie belangrijke basispoorten, namelijk:

1. De AND-poort: de AND-poort voert een vermenigvuldiging uit tussen de inputs. Dit betekent dat de AND-poort alleen '1' terug geeft wanneer de alle inputs ook '1' zijn, want een vermenigvuldiging met '0' geeft altijd '0' terug. Dit wordt uitgedrukt als:  $A \cdot B$ ;
2. De OR-poort: de OR-poort voert een optelling uit tussen de inputs. Dit betekent dat de OR-poort alleen '1' terug geeft wanneer minimaal een van de twee inputs '1' is, want een optelling met '1' en '0' is altijd '1'. Dit kan worden uitgedrukt als:  $A + B$ ;
3. De NOT-poort: de NOT-poort voert een inversie uit op de input. Dit betekent dat de NOT-poort altijd het tegenovergestelde van de input terug zal geven. Een voorbeeld is:  $A$  wordt  $\bar{A}$  ( $A$  niet) [3].

### 4.2 Waarheidstabellen

Tijdens het practicum wordt ook gebruik gemaakt van waarheidstabellen. Een waarheidstabel is een tabel die overzicht geeft over alle mogelijke combinaties van inputwaarden en de bijbehorende uitvoerwaarden [4]. De waarheidstabel begint aan de linkerkant met de inputwaarden. Nadat alle inputwaarden zijn genoteerd komen er twee verticale strepen. Deze twee strepen geven aan dat de daarop volgende variabelen uitvoerwaarden zijn [5].

Zie hieronder een voorbeeld van een waarheidstabel die twee inputwaarden heeft: 'A' en 'B', en één uitvoerwaarde heeft, namelijk: ' $A \cdot B$ ' (AND-operatie). Met deze waarheidstabel kun je alle mogelijkheden overzichtelijk terug zien.

A	B	$A \cdot B$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

### 4.3 De wetten van De Morgan

De wetten van De Morgan zijn belangrijk voor bij het ontwerpen van logische schakeling en het maken van waarheidstabellen. De wetten van De Morgan zeggen dat:

1.  $\overline{A \cdot B} \equiv \overline{A} + \overline{B}$ ;
2.  $\overline{A + B} \equiv \overline{A} \cdot \overline{B}$ .

In andere woorden: een negatie ( $\bar{x}$ ) bij een AND operatie ( $\cdot$ ) wordt een OR operatie (+) en dat geldt ook net andersom, zoals in wet 2 hierboven. Door deze handige wet toe te passen in de Booleaanse algebra kun je gemakkelijk Booleaanse expressies vereenvoudigen [6].

### 4.4 Het digiboard en bijbehorende IC-board

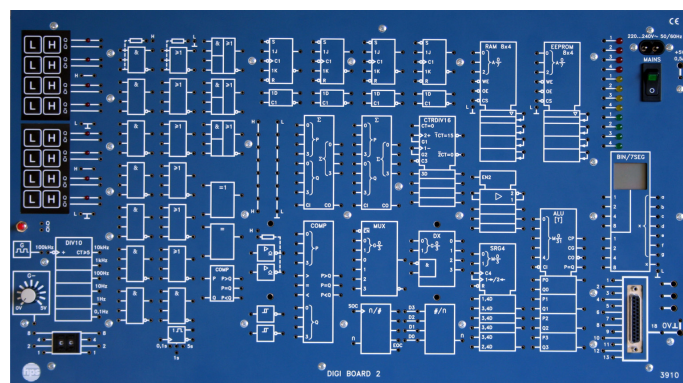
De “Type 3910 DIGI BOARD 2” is gefabriceerd door *hps SystemTechnik* en is bedoeld als een universele trainingsbord om studenten te laten leren omgaan met logische schakelingen en poorten in de digitale techniek [7]. Dit digiboard bevat de volgende ingebouwde componenten: [1]

1. 2 input keyboards with 4 pairs of keys (L/H) each;
2. Clock generator with divider, TTL level, crystal-controlled;
3. DC signal source 0...5 V/ 10 mA;
4. Hexadecimal/dual coding switch (double);
5. LED display, divided into 3 groups with the colors red, yellow, green;
6. HIGH/LOW, for tapping HIGH, LOW states;
7. 7-segment display (2-digit), with decoder: dual/7-segment;
8. Adapter (2 mm jacks/SUB-D socket), for adapting 2 mm jacks to SUB-D connector (25-pin), pins 1...13 and 18 assigned;
9. 8 AND gates, with pull-up Resistors, one gate is disconnectable;
10. 6 OR gates, with pull-down Resistors, one gate is disconnectable;
11. 3 AND/OR combi-gates;
12. 1-bit comparator;
13. 4-bit comparator;
14. 4 JK-flipflops, can also be used as RS flipflops;



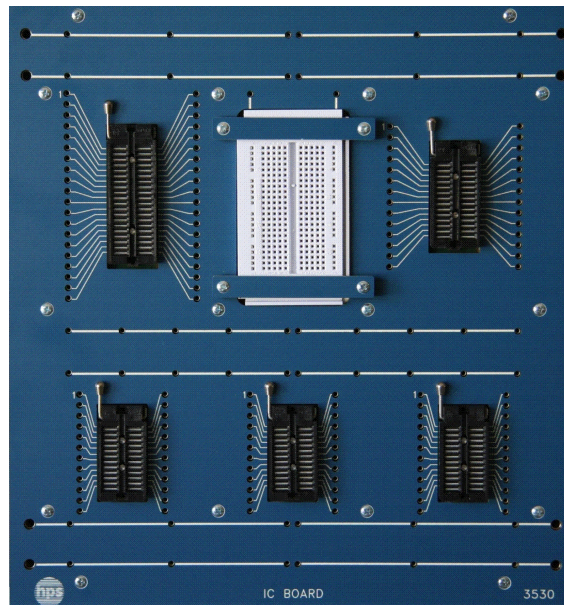
15. 4 D-flipflops;
16. 2 adders (4-bit), with input and output carry;
17. Monoflop, settable times: 0.1s; 1s; 5s;
18. Multiplexer, 4 channels;
19. Demultiplexer, 4 channels;
20. Shift register (4-bit), parallel and serial operation possible, bidirectional;
21. ALU, for conducting 16 arithmetic and 16 logical computing operations with 4-bit dual numbers;
22. Binary counter (4-bit), up/down counter;
23. 2 inverters with open collector (pull-up resistors can be connected);
24. 2 Schmitt triggers, inverting;
25. Units complements for negating a 4-bit binary number;
26. Antivalence and equivalence gates;
27. RAM 8x4, static RAM, 8 addresses, 4 bits data width;
28. EEPROM 8x4, storage time without power supply approx. 1 hour;
29. AD / DA converter (4-bit);
30. Two slots for expanding a circuit with additional plug-in modules.

Zie de afbeelding hieronder voor de representatie van de digiboard:



Figuur 1: Foto van de “Type 3910 DIGI BOARD 2”.

Daarnaast heeft *hps SystemTechnik* meerdere extensie borden gefabriceerd voor de digiboard. Een van deze borden is de “Type 3530 IC-BOARD”. In het practicum is er gewerkt met deze IC-board, omdat het bord het heel makkelijk maakt om logische schakeling te bouwen met IC's. Zie de afbeelding hieronder voor een representatie van de “Type 3530 IC BOARD” [2]:



Figuur 2: Foto van de “Type 3530 IC BOARD”.

## 4.5 De 74xx IC series

In practicum wordt er gewerkt met de 74xx IC series en is het handig om de bijbehorende theorie door te nemen over deze elektronische componenten. De 74xx IC serie maakt gebruik van TTL (Transistor-Transistor Logic) technologie. De TTL-technologie is een van de standaarden voor IC's. Zo hebben deze TTL IC's een voedingsspanning ( $V_{cc}$ ) van 5 V en hebben ze als maximum spanningswaarde voor digitaal input laag: 0,4 V. Daarnaast accepteert een TTL IC alleen digitale inputs (0/laag of 1/hoog). TTL IC's gaan niet snel kapot bij verkeerd gebruik, zoals het verkeerd aansluiten van I/O pennen. Zie hieronder een lijstje met 74xx IC series die logische poorten bevatten (ripple counters, open collector- en Schmitt trigger outputs **niet** meegenomen) [8]:

- 7400 IC bevat vier keer 2-inputs NAND-poorten;
- 7402 IC bevat vier keer 2-inputs NOR-poorten;
- 7404 IC bevat zes keer hex NOT-poorten;
- 7408 IC bevat vier keer 2-inputs AND-poorten;
- 7410 IC bevat drie keer 3-inputs NAND-poorten;
- 7411 IC bevat drie keer 3-inputs AND-poorten;
- 7420 IC bevat twee keer 4-inputs NAND-poorten;
- 7421 IC bevat twee keer 4-inputs AND-poorten;
- 7427 IC bevat drie keer 3-inputs NOR-poorten;
- 7430 IC bevat één keer 8-inputs NAND-poorten;
- 7432 IC bevat vier keer 2-inputs OR-poorten;
- 7486 IC bevat vier keer 2-inputs XOR-poorten.

## 5 Methode en aanpak

Om dit practicum op een juiste manier uit te voeren is de volgende methodiek toegepast:

1. De voorbereiding voor het practicum:

- De practicum benodigdhedenlijst (zie: H3) bekijken en de benodigdheden verzamelen en klaarzetten voor gebruik;
- Het theoretische kader (zie: H4) van dit verslag even goed doornemen zodat je weet hoe bepaalde materialen en de theorie in elkaar zit;
- De vragen van het practicum alvast bekijken en vervolgens zoeken naar mogelijke antwoorden zodat je dat (mogelijk) in ieder geval al klaar hebt staan.

2. Het uitvoeren van het practicum:

- Ga rustig door de vragen heen en noteer je antwoorden, als je iets niet weet kun je het altijd nog op internet zoeken of bij de bijbehorende docent een vraag stellen;
- Maak foto's van de logische schakelingen die je hebt gebouwd tijdens het practicum. Dit zodat je later in je mogelijke verslag kunt bewijzen dat je er ook echt was en alles werkend hebt gekregen.;
- Ruim alle geleende spullen van school, zoals de digiboard, IC-board en snoeren weer netjes terug in het lab. Bewaar je antwoorden en gemaakte foto's op een juiste manier, zodat je later netjes een verslag kunt schrijven.

3. Het schrijven van het verslag:

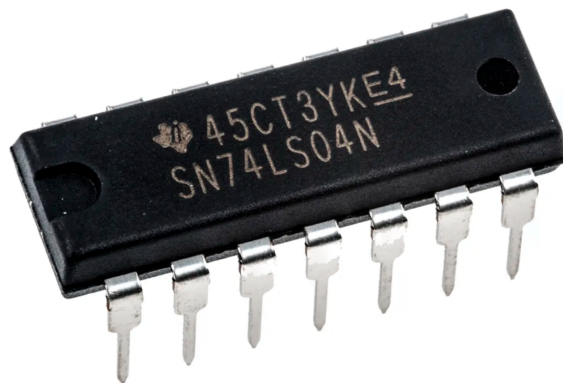
- Maak een document voor dit practicum en geef een gepaste naam aan je document;
- Zorg ervoor dat je in ieder geval een: voorblad, inhoudsopgave, inleiding, probleemstelling, theoretisch kader, methode, resultaten, conclusie en bronvermeldingen in het verslag hebt staan;
- Op het voorblad zet je de naam van het verslag, je eigen naam (met evt. studentnummer erbij) en datum;
- In je inleiding schrijf je kort een introductie over het practicum zelf en geef je het algemene doel van het verslag aan;
- In het theoretisch kader geef je uitleg over de toegepaste theorie tijdens het practicum, hierbij zijn bronnen erg belangrijk;

- In de methode geef je uitleg over hoe je alles hebt aangepakt en uitgewerkt hebt, zodat de lezer het practicum mogelijk zelf zou kunnen uitvoeren;
- De resultaten/antwoorden splits je op in secties net zoals de vragen zijn gesteld in het practicum bestand. Deze resultaten werk je netjes uit en zet je de gemaakte foto's en schema's in de bijbehorende vraag;
- In de conclusie geef je antwoord op je probleemstelling en gestelde doelen aan de hand van je resultaten en bespreek ook de belangrijke bevindingen die je had tijdens het practicum;
- Tenslotte moet je ook bronvermeldingen hebben. Hierin staan alle gebruikte bronnen, zoals datasheets, artikelen, verslagen, literatuur en overige online bronnen. Dit zodat de lezer kan checken waar je bepaalde informatie vandaan hebt gehaald en mogelijk meer kan lezen over de gebruikte informatie.

## 6 De 7404

In de eerste opdracht zijn de volgende deelvragen onderzocht en beantwoord over de 7404 IC:

1. Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort dit IC bevat?
2. Tot welke logica familie behoort dit type IC?
3. Hoeveel poorten bevat dit IC?
4. Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board;
5. Ga de werking van de poort na;
6. Stel de bijbehorende waarheidstabel op;
7. Op het digiboard zelf ontbreekt de poort die wij onderzoeken. Welke poort(en) van het digiboard kunnen eventueel als alternatief worden gebruikt?
8. Teken de bijbehorende logische schakeling;
9. Ga de werking van deze alternatieve poort na en concludeer of de werking hetzelfde is.



Figuur 3: Foto van de 7404 IC [9].

## 6.1 Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort dit IC bevat

Volgens de datasheet van de 7404 IC, bevat deze IC in totaal zes hex NOT-poorten (inverters) [10].

## 6.2 Tot welke logica familie behoort dit type IC

Deze IC behoort tot de Transistor-Transistor-Logica (TTL) familie. Dit is te herkennen aan de 74xx serie nummering van de IC.

## 6.3 Hoeveel poorten bevat dit IC

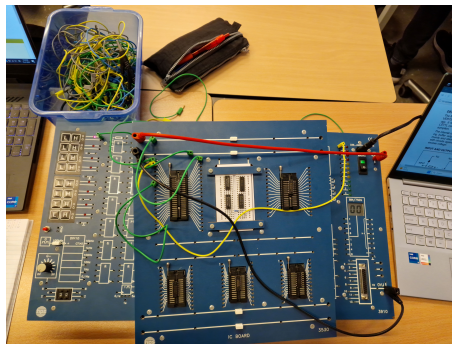
Volgens de datasheet van de 7404 bevat dit IC in totaal zes NOT-poorten, waarvan er zowel zes input-pennen als output-pennen aanwezig zijn.

## 6.4 Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board

Volgens de datasheet zijn:

1. "1, 3, 5, 9, 11, 13" de ingangspinnen;
2. "2, 4, 6, 8, 10, 12" de uitgangspinnen;
3. "7" de *GND* pin;
4. "14" de  $V_{cc}$  pin.

Zie hieronder een foto van het IC board:



Figuur 4: Foto van het IC bord met de 7404 IC aangesloten tijdens het practicum.

## 6.5 De werking van de poort

De werking van de NOT-poort in de 7404 IC is als volgt:

Als de input signaal HOOG (1) is, dan gaat de output signaal naar LAAG (0).

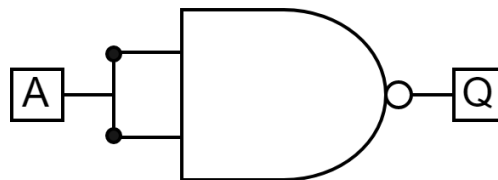
Als de input signaal LAAG (0) is, dan gaat de output signaal naar HOOG (1).

## 6.6 De bijbehorende waarheidstabel

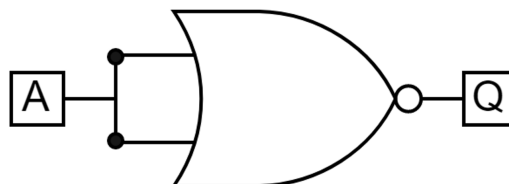
$A_{(input)}$	$Q_{(output)}$
1	0
0	1

## 6.7 Alternatieve poorten

Als alternatief voor de NOT poort kunnen we ook een NAND poort of een NOR poort gebruiken.



Figuur 5: Een alternatieve manier om een NOT poort te maken door middel van een NAND poort.



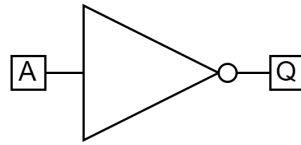
Figuur 6: Een alternatieve manier om een NOT poort te maken door middel van een NOR poort.

Zie hier onder de waarheidstabel van zowel de NAND als die van de NOR poort als bewijs dat beide poorten als een NOT poort gebruikt kunnen worden.

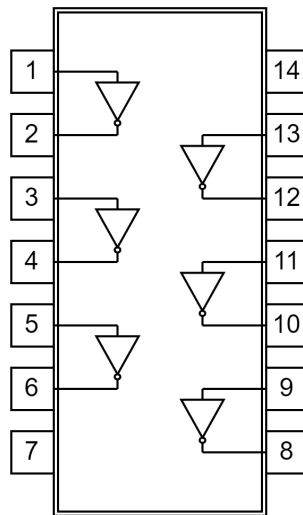
$A$	$B$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A + B}$
1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1



## 6.8 De getekende logische schakeling



Figuur 7: Getekende logische schakeling van de inverter (NOT poort).



Figuur 8: Getekende logische schakeling van de 7404 IC. Hierbij is pin-14 de  $V_{cc}$  aansluiting en is pin-7 de  $GND$  aansluiting.

## 6.9 Ga de werking van deze alternatieve poort na en concludeer of de werking hetzelfde is

De werking van de alternatieve poort moet semantisch equivalent zijn aan die van de NOT poort (inverter). Om te kunnen bewijzen dat beide logische poorten semantisch equivalent zijn moeten we de bijbehorende waarheidstabellen maken. De eerste waarheidstabel is die van de NOT poort (inverter).

$A$	$\bar{A}$
1	0
0	1

Wel is het belangrijk dat bij de NAND poort dat input A en B altijd dezelfde waarde moeten hebben, dus als  $A = 1$  dan is  $B = 1$ , en als  $B = 0$  dan is  $A = 0$ .

$A$	$B$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$A \cdot B$	$\overline{A \cdot B}$
1	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1

We kunnen nu zien dat  $\overline{A}$  dezelfde uitkomsten geeft als  $\overline{A \cdot B}$ , wanneer A en B beide altijd dezelfde Booleaanse waarden als input hebben.

## **7 De 7420**

In deze opdracht is de 7420 IC gebruikt- en onderzocht. Bij deze opdracht horen de volgende deelvragen:

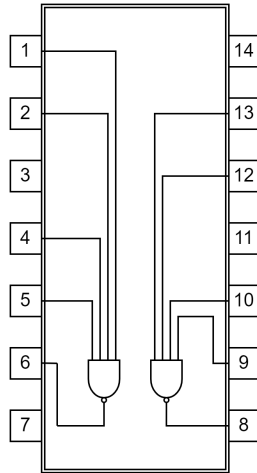
1. Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort de 7420 bevat?
2. Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board;
3. Wat is de werking van de poort?
4. Welke bijbehorende waarheidstabel hoort hier bij?



Figuur 9: Foto van de 7420 IC [11].

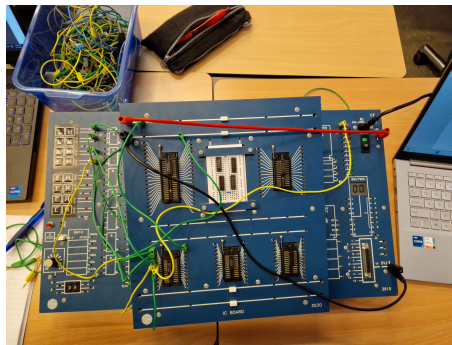
## 7.1 Welke type poort bevat de 7420 IC?

Volgens de datasheet van de 7420 IC bevat deze IC twee NAND poorten. De NAND poort heeft in deze IC vier ingangen en één uitgang [12]. Zie hieronder de schematische aansluitingsdiagram:



Figuur 10: Getekende logische schakeling van de 7420 IC. Hierbij is pin-14 de  $V_{cc}$  aansluiting en is pin-7 de  $GND$  aansluiting. Ook is te zien dat pin-11 en pin-3 niet in gebruik zijn!

## 7.2 Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board



Figuur 11: Foto van het IC bord met de 7420 IC aangesloten tijdens het practicum.

### **7.3 Wat is de werking van de poort en stel de bijbehorende waarheidstabel op**

De werking van de NAND-poort in de 7420 IC is als volgt:

Als alle vier de inputs aan staan (HIGH), dan is de output LOW. De NAND-poort geeft als output HIGH voor de rest van de mogelijke instanties.

Zie hieronder de bijbehorende waarheidstabel van de vier-input NAND-gate:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>X</i>
1	1	1	1	0
1	1	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	0	0	1
1	0	1	1	1
1	0	1	0	1
1	0	0	1	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	1
0	1	1	0	1
0	1	0	1	1
0	1	0	0	1
0	0	1	1	1
0	0	1	0	1
0	0	0	1	1
0	0	0	0	1

## 8 De 7410

In deze derde opdracht is de 7410 IC onderzocht en de volgende opdrachten uitgewerkt:

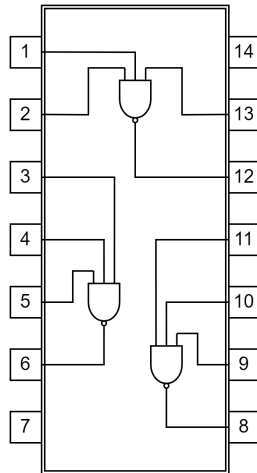
1. Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort de 7410 bevat;
2. Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board;
3. Ga de werking van deze poort na;
4. Stel de bijbehorende waarheidstabel op;
5. Controleer hoe de uitgang van de poort zich gedraagt, indien één van de ingangen wordt opengelaten.



Figuur 12: Foto van de 7410 IC [13].

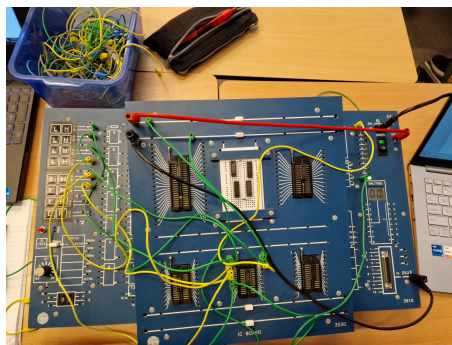
## 8.1 Bepaal aan de hand van de datasheet welke type poort de 7410 bevat

Volgens de datasheet van de 7410 IC bevat deze IC veertien pinnen in totaal waarvan pin-14 de  $V_{cc}$  ingang is en pin-7 de  $GND$  uitgang is [14]. Daarnaast bevat deze IC drie keer drie-ingangs NAND-poorten. Zie hieronder de getekende logische schakeling:



Figuur 13: Getekende logische schakeling van de 7410 IC. Hierbij is pin-14 de  $V_{cc}$  aansluiting en is pin-7 de  $GND$  aansluiting.

## 8.2 Sluit met behulp van de datasheet het IC op correcte wijze aan op het IC board



Figuur 14: Foto van het IC bord met de 7410 IC aangesloten tijdens het practicum.

### 8.3 Ga de werking van deze poort na en stel de bijbehorende waarheidstabel op

Deze NAND-poort bevat drie ingangen en één uitgang. Als alle drie de ingangen actief hoog (HIGH) staan, dan is de output LOW. Alle andere mogelijke instanties met de ingangen zullen als output HIGH geven, aangezien de output alleen LOW wordt als alle ingangen HIGH zijn.

Zie hieronder de waarheidstabel voor de drie-ingangs NAND-poort:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>X</i>
1	1	1	0
1	1	0	1
1	0	1	1
1	0	0	1
0	1	1	1
0	1	0	1
0	0	1	1
0	0	0	1

### 8.4 Controleer hoe de uitgang van de poort zich gedraagt, indien één van de ingangen wordt opengelaten

Als er een poort als ingang weg wordt gelaten, dan gedraagt de NAND-poort zich als een twee-inputs NAND-poort in plaats van drie-inputs NAND-poort.



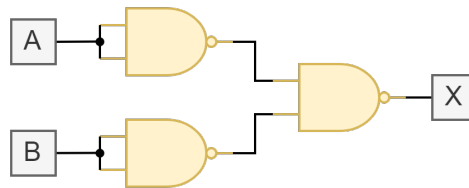
## 9 NAND-poort

In deze vierde opdracht is het gedrag van de NAND-poort onderzocht en zijn volgende deelopdrachten uitgewerkt:

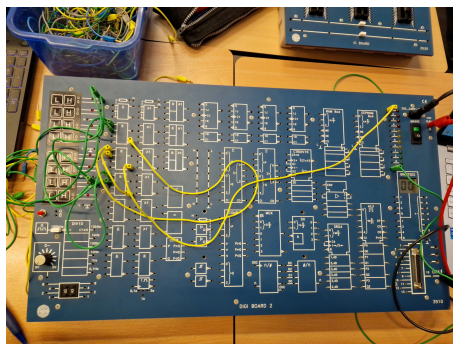
1. Onderzoek het gedrag van de schakeling in figuur 8 door deze op te bouwen op het digiboard;
2. Stel de bijbehorende waarheidstabel op;
3. Stel de logische functie (Booleaanse expressie) van X op.

### 9.1 Onderzoek het gedrag van de schakeling in figuur 8 door deze op te bouwen op het digiboard

Het gedrag van de logische schakeling is dat A en B in eerste instantie worden geïnverteerd. Dit komt, omdat beide ingangen van de NAND-poort zijn aangesloten aan A (wat ook geldt voor B en zijn NAND-poort). Daarna gaan  $\overline{A}$  en  $\overline{B}$  samen in een NAND-poort. Hierbij ontstaat er een dubbele negatie voor zowel A en B en zal de negatie verdwijnen. De AND zal veranderen in een OR, omdat de AND ook geïnverteerd wordt (wet van De Morgan).



Figuur 15: De logische schakeling van de NAND-poort opdracht.



Figuur 16: Foto van de NAND-poort opdracht tijdens het practicum.

## 9.2 Stel de bijbehorende waarheidstabel op

Zie de bijbehorende waarheidstabel hieronder uitgewerkt:

$A$	$B$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$
1	1	0	0	1
1	0	0	1	1
0	1	1	0	1
0	0	1	1	0

## 9.3 Stel de logische functie (Booleaanse expressie) van X op

De logische functie is op te stellen door gebruik te maken van de getekende logische schakeling of door de waarheidstabel af te lezen. In dit geval is er gekozen om gebruik te maken van de waarheidstabel:  $X = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$ . Daarnaast is de bovenstaande Booleaanse expressie te vereenvoudigen met behulp van de wet van De Morgan:  $\overline{\overline{A} \cdot \overline{B}} \equiv A + B$ . Logische functie is dan:  $X = A + B$ .

## 10 OR/NOR-poort

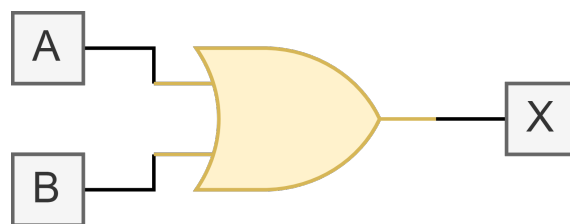
In deze vijfde opdracht is het gedrag van zowel de OR-poort als de NOR-poort onderzocht. Hierbij horen er natuurlijk ook deelopdracht bij, namelijk:

1. Ga de werking na van een OR-poort met twee ingangen. Stel de bijbehorende waarheidstabel op;
2. Controleer hoe de uitgang van een OR-poort zich gedraagt bij een open ingang;
3. Ontwerp een NOR-poort met behulp van basispoorten;
4. Bouw deze schakeling op het digiboard;
5. Ga de werking van deze schakeling na;
6. Stel de bijbehorende waarheidstabel op.

### 10.1 Ga de werking na van een OR-poort met twee ingangen. Stel de bijbehorende waarheidstabel op

De OR-poort werkt net als een plus-operatie. Dit houdt in dat als minimaal een van de twee inputs HIGH zijn, dat de output ook HIGH is. Als er geen een input HIGH is, dan is de output LOW. Zie de waarheidstabel en logische getekende schema hieronder:

A	B	A + B
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0



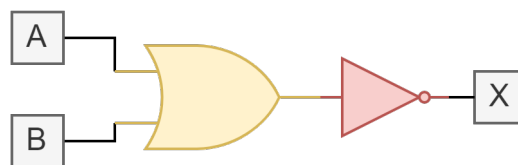
Figuur 17: De logische schakeling van de OR-poort ( $A + B$ ).

## 10.2 Controleer hoe de uitgang van een OR-poort zich gedraagt bij een open ingang

Als er een ingang open wordt gelaten dan gedraagt de OR-poort zich als een doorgetrokken draad. Dus als je ingang A HIGH maakt, dan is de output ook HIGH, hetzelfde principe geldt ook voor LOW signalen.

## 10.3 Ontwerp een NOR-poort met behulp van basispoorten

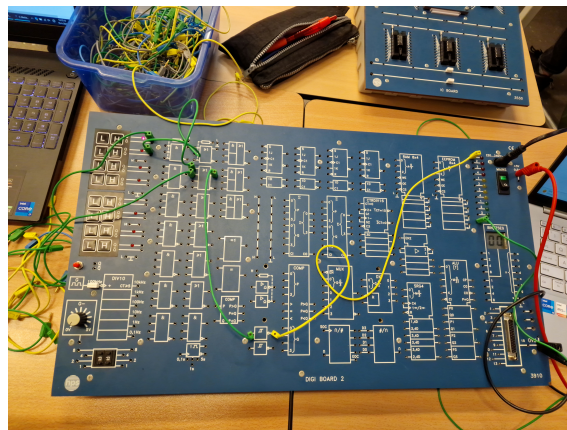
Zie de afbeelding hieronder:



Figuur 18: De logische schakeling van de NOR-poort gebouwd met alleen basispoorten (= NOT, AND en OR).

## 10.4 Bouw deze schakeling op het digiboard

Zie de afbeelding hieronder:



Figuur 19: Foto van het digiboard waarbij er een NOR-poort is gebouwd met basispoorten tijdens het practicum.

### 10.5 Ga de werking van deze schakeling na

De OR-poort heeft twee inputs, namelijk A en B. De OR werkt als een plus-operatie, zoals we al eerder hebben behandeld. Alleen nu wordt de output van de OR-poort ook nog eens in zijn geheel geïnverteerd. In de logische expressies zou dat er zo uit zien:  $A + B$ , wordt:  $\overline{A + B}$  en als we dan de wet van De Morgan toepassen krijgen we:  $\overline{A} \cdot \overline{B}$ .

### 10.6 Stel de bijbehorende waarheidstabel op

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	A + B	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
1	1	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	0	1

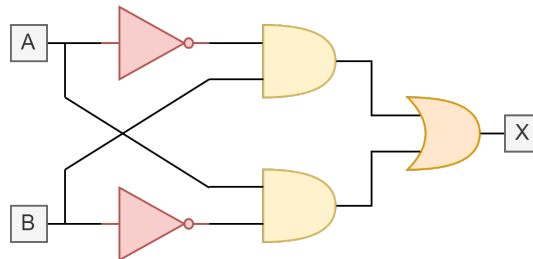
## 11 XOR-poort

In de zesde opdracht is het gedrag van de XOR-poort onderzocht, daarbij zijn de volgende deelopdrachten uitgewerkt:

1. Ontwerp een XOR-poort met behulp van basispoorten;
2. Bouw deze schakeling op het digiboard en controleer de werking;
3. Stel de bijbehorende waarheidstabel op;
4. Vergelijk de werking van bovenstaande schakeling met de 7486.

### 11.1 Ontwerp een XOR-poort met behulp van basispoorten

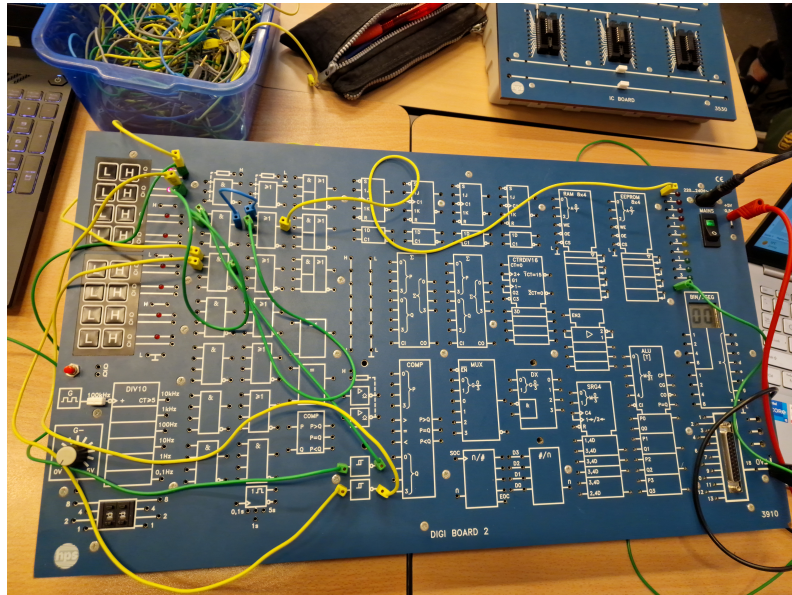
Zie de afbeelding hier onder:



Figuur 20: De logische schakeling van de XOR-poort gebouwd met alleen basispoorten (= NOT, AND en OR).

## 11.2 Bouw deze schakeling op het digiboard en controleer de werking

Zie de foto hieronder:



Figuur 21: Foto van het digiboard waarbij een XOR-poort is gebouwd met alleen basispoorten tijdens het practicum.

## 11.3 Stel de bijbehorende waarheidstabel op

$A$	$B$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$A \cdot \bar{B}$	$\bar{A} \cdot B$	$A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$
1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	0	0	0

## 11.4 Vergelijk de werking van bovenstaande schakeling met de 7486

Het verschil is dat de 7486 IC vier keer twee-inputs XOR-poorten heeft in één IC doosje in plaats van één losse XOR-poort. Voor de rest zijn de poorten identiek met dezelfde logische werking!

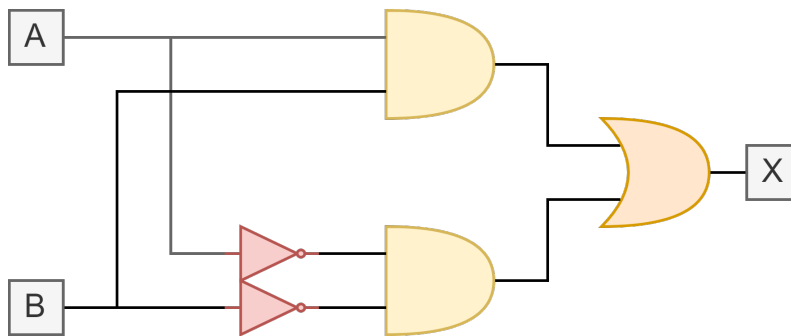
## 12 XNOR-poort

In deze zevende, ook wel de laatste opdracht is het gedrag van de XNOR-poort onderzocht, daarbij zijn de volgende deelopdrachten uitgewerkt:

1. Ontwerp een XNOR-poort met behulp van basispoorten;
2. Bouw deze schakeling op het digiboard en controleer de werking;
3. Stel de bijbehorende waarheidstabel op.

### 12.1 Ontwerp een XNOR-poort met behulp van basispoorten

Zie de afbeelding hier onder:

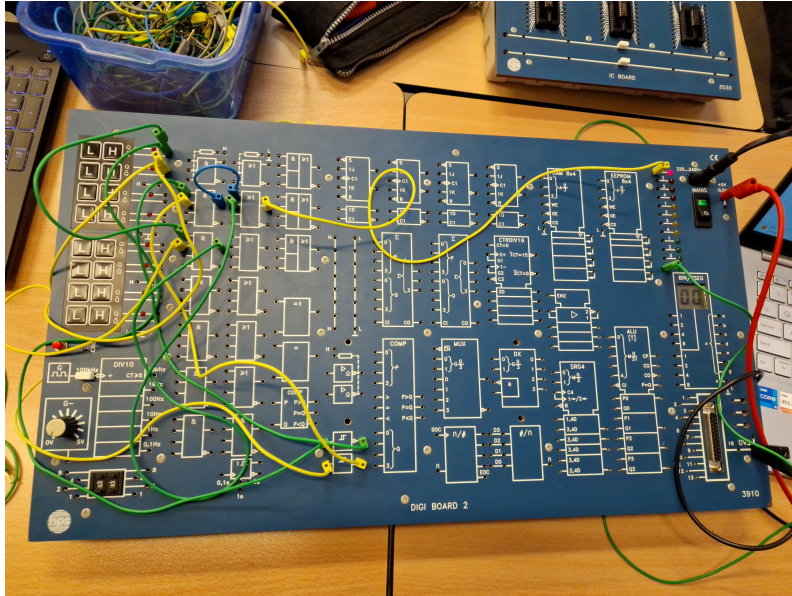


Figuur 22: De logische schakeling van de XNOR-poort gebouwd met alleen basispoorten (= NOT, AND en OR).



## 12.2 Bouw deze schakeling op het digiboard en controleer de werking

Zie de foto hieronder:



Figuur 23: Foto van het digiboard waarbij een XNOR-poort is gebouwd met alleen basispoorten tijdens het practicum.

## 12.3 Stel de bijbehorende waarheidstabel op

$A$	$B$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$A \cdot B$	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$
1	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1

## 13 Conclusie

In dit practicumopdracht is er onderzoek gedaan naar hoe logische poorten werken en hoe je een logische schakeling kunt ontwerpen en vervolgens kunt bouwen. In H2 is de onderstaande probleemstelling en bijbehorende doelstellingen geïntroduceerd:

*“Hoe kunnen we op een efficiënte manier allerlei verschillende logische poorten bouwen met behulp van de basispoorten?”*

De bijbehorende doelstellingen:

1. Inzicht te verkrijgen in logische functies die ten grondslag liggen aan de digitale techniek;
2. waarnemingen te verrichten aan de bijbehorende eenvoudige logische schakelingen;
3. de bijbehorende meetgegevens en waarheidstabellen op een juiste wijze te verkrijgen en te interpreteren;
4. de vergaarde gegevens te verwerken tot een verslag.

Om deze probleemstelling te beantwoorden en de gestelde doelen voor dit practicum te behalen hebben we verschillende opdrachten uitgevoerd. Bij de eerste drie opdrachten moesten we experimenteren met de 7404, 7420 en 7410 IC's. In deze drie opdrachten hebben we onderzocht hoe je de IC's precies moest aansluiten. Daarnaast hebben we ook voor elke opdracht een logische schakeling ontworpen en gebouwd op de IC-board. Vervolgens hebben we de bijbehorende waarheidstabellen gemaakt voor elke opdracht.

Bij de laatste vier opdrachten moesten we experimenteren met de NAND-poort, OR/NOR-poort, XOR-poort en de XNOR-poort. Hierbij hebben we het gedrag van bepaalde logische schakelingen onderzocht door de schakelingen te bouwen op het digiboard. Ook is daarbij onderzocht naar de werking en het gedrag van de vijf bovengenoemde logische poorten en hoe de NOR-poort, XOR-poort en XNOR-poort gebouwd kunnen worden met alleen gebruik te maken van basispoorten (= OR, AND en NOT).

De bovenstaande probleemstelling is met succes beantwoord door:

1. Toepassen van de wetten van De Morgan: door de wetten van De Morgan toe te passen kun je basispoorten omzetten in andere poorten, zoals een NAND-poort of NOR-poort. Hierdoor hoeven we maar beperkt aantal basispoorten te gebruiken en gaat de efficiëntie daardoor omhoog;

2. het gebruik maken van waarheidstabellen: door gebruik te maken van waarheidstabellen kun je gemakkelijk alle mogelijke toestanden overzichtelijk terug zien. Dit helpt bij het begrijpen van de logische functies- en schakelingen;
3. het ontwerpen van logische schakelingen: door het doelgericht ontwerpen van een logische schakeling met behulp van een waarheidstabel kun je ook gemakkelijk een ingewikkeldere logische poort maken. Denk hierbij aan de XOR-poort en XNOR-poort opdracht.

Als we nu terugkijken naar wat we allemaal hebben uitgevoerd tijdens het practicum, kunnen we concluderen dat het een leerzame les is geweest. Het leereffect wordt versterkt door het schrijven van het geleerde in dit verslag.

We kunnen ook concluderen dat de vier doelstellingen van dit practicum succesvol zijn behaald!

Kortom heeft dit practicum ervoor gezorgd dat we een sterke basis hebben gekregen over hoe logische functies- en poorten precies werken. In het vervolg kunnen we deze basis in de praktijk inzetten om ingewikkeldere logische schakelingen op een efficiënte manier te bouwen.

## 14 Bronvermelding

### Referenties

- [1] HPS SystemTechnik GmbH, “3910 DIGI BOARD 2 Datasheet,” <https://hps-systemtechnik.com/wp-content/uploads/content/english/3910.pdf>, 2014, accessed on [29-4-2023].
- [2] —, “DIGI BOARD 2 (Type 3530) Datasheet,” <https://hps-systemtechnik.com/wp-content/uploads/content/english/3530.pdf>, 2014, accessed on [29-4-2023].
- [3] “Logische basispoorten,” Website, accessed: [30-4-2023]. [Online]. Available: <https://electricalengineering123.com/logic-gates-xor-nand-nor-and-gate-truth-table/>
- [4] E. L. Post, “Introduction to a general theory of elementary propositions,” *American Journal of Mathematics*, vol. 43, no. 3, p. 163, Jul. 1921. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2307/2370324>
- [5] iLogic, “3.2.5 truth tables for arguments,” [bit.ly/3Vr0aSf](http://bit.ly/3Vr0aSf), 2008, accessed: [2-5-2023].
- [6] I. M. Copi, C. Cohen, and K. McMahon, *Introduction to Logic*. Routledge, Sep. 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4324/9781315510897>
- [7] “Hps systemtechnik,” Website, accessed: [29-4-2023]. [Online]. Available: <https://hps-systemtechnik.com>
- [8] “74xx series families,” Website, accessed: [30-4-2023]. [Online]. Available: <https://electronicsclub.info/74series.htm>
- [9] “Ic 7404,” Website, accessed: [30-4-2023]. [Online]. Available: <https://potentiallabs.com/cart/buy-7404-not-gate-ic-online-hyderabad-india>
- [10] SGS-THOMSON, “7404 Datasheet,” <https://datasheetspdf.com/datasheet/7404.html>, 1992, accessed: [30-4-2023].
- [11] “Ic 7420,” Website, accessed: [30-4-2023]. [Online]. Available: <https://www.igelectronics.com/products/i88d0848bf/172681000000230282>
- [12] FAIRCHILD, “7420 Datasheet,” <https://datasheetspdf.com/pdf-file/505339/FairchildSemiconductor/7420/1>, 1998, accessed: [30-4-2023].
- [13] “Ic 7410,” Website, accessed: [30-4-2023]. [Online]. Available: <https://www.robotchbd.com/product/electronics-components/ic/analog/driver/ic7410/>

- [14] PHILLIPS, “7410 Datasheet,” <https://datasheetspdf.com/pdf-file/854803/Philips/7410/1>, 1990, accessed: [30-4-2023].