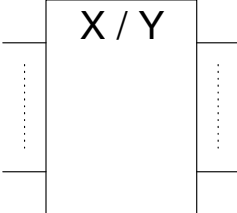


### CODEERELEMENTEN

- **Omzettingen tussen gecodeerde en niet-gecodeerde informatie**
- **3 soorten:**
  - **DECODER** = van gecodeerd naar niet-gecodeerd
  - **ENCODER** = van niet-gecodeerd naar gecodeerd
  - **CODE-CONVERTOR** =  
van de ene code naar een andere code
- **Algemene IEC-symbool**
  - in concreet geval:  
X en Y vervangen door concrete code  
(bv. BIN, DEC, ...)



Codeerelementen
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### DECODERS

= omzetting van gecodeerde naar niet-gecodeerde vorm

- **We behandelen twee soorten:**
  - van **BINAIRE CODE** naar **DECIMAAL GETAL**  
**(BIN/DEC)**
    - » elk binair getal van bv. vier bits decoderen en het overeenstemmende decimaal getal voorstellen door bv. telkens een andere LED te laten oplichten, zoals op de digitale trainers in lab



- van **BINAIRE CODE** naar **7-SEGMENT DISPLAY**  
**(BIN/7-SEG)**
  - » elk binair getal van vier bits decoderen en het overeenstemmende decimaal getal voorstellen op een 7-segment display



Codeerelementen
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- 1-naar-2 decoder**
  - binnenkomende binaire code bestaat uit slechts 1 bit
  - hiermee kunnen slechts twee verschillende decimale getallen voorgesteld worden, nl. 0 of 1
  - dit geven we weer door één van de twee uitgangen X0 of X1 te activeren
  - waarheidstabel:
 

| X | X0 | X1 |
|---|----|----|
| 0 | 1  | 0  |
| 1 | 0  | 1  |
  - schakeling met basispoorten:
  - » tweede schakeling beter omdat ingangssignaal X altijd maar door één ingangspoort wordt belast

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- 2-naar-4 decoder**
  - binnenkomende binaire code bestaat uit 2 bits, waarmee vier verschillende decimale getallen kunnen voorgesteld worden, nl. 0 tot en met 3
  - dit wordt weergegeven door één van de vier uitgangen X0 t/m X3 te activeren; men spreekt ook van een 1-uit-4 decoder
  - met basispoorten:
    - uitgangen actief HOOG

| B | A | X0 | X1 | X2 | X3 |
|---|---|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  |

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- 2-naar-4 decoder**

**Met TTL-IC 74LS139:**

- uitgangen actief LAAG
- actief lage ENABLE ingang
  - » als decoder geDISABLEd is, zal geen enkele uitgang actief zijn (dus allemaal HOOG)

| Inputs |        | Outputs |    |    |    |
|--------|--------|---------|----|----|----|
| Enable | Select |         |    |    |    |
| G      | B A    | Y0      | Y1 | Y2 | Y3 |
| H      | X X    | H       | H  | H  | H  |
| L      | L L    | L       | H  | H  | H  |
| L      | L H    | H       | L  | H  | H  |
| L      | H L    | H       | H  | L  | H  |
| L      | H H    | H       | H  | H  | L  |

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- 3-naar-8 decoder**
  - 3 bits binnenkomende binaire code → 8 verschillende decimale getallen (0 t/m 7)
- TTL-IC 74LS138**
  - actief lage uitgangen
  - gecombineerde ENABLE: twee ingangen moeten laag + één ingang moet hoog

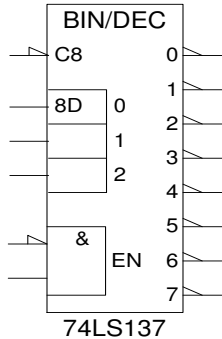
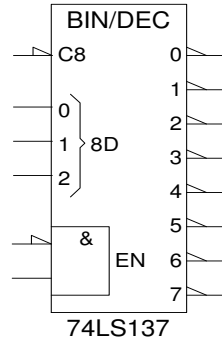
| Enable |     | Select |   |   | Outputs |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|-----|--------|---|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| G1     | G2* | C      | B | A | Y0      | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| X      | H   | X      | X | X | H       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| L      | X   | X      | X | X | H       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L   | L      | L | L | L       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L   | L      | L | H | H       | L  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L   | L      | H | L | H       | H  | L  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L   | L      | H | H | H       | H  | H  | L  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L   | H      | L | L | H       | H  | H  | H  | L  | H  | H  | H  |
| H      | L   | H      | L | H | H       | H  | H  | H  | H  | L  | H  | H  |
| H      | L   | H      | H | L | H       | H  | H  | H  | H  | H  | L  | H  |
| H      | L   | H      | H | H | H       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | L  |

\*G2 = G2A + G2B

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- **Variante: 3-naar-8 decoder met adres-latch**
- **TTL-IC 74LS137**
  - actief lage uitgangen
  - gecombineerde ENABLE: één ingang moet laag + één ingang moet hoog
  - elke selectie-ingang is uitgebreid met een D-latch
  - de klok voor de drie D-latches is gemeenschappelijk en actief laag

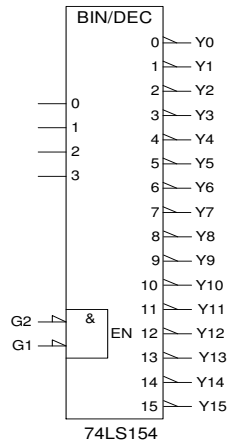



Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- **4-naar-16 decoder**
  - 4 bits binnenkomende binaire code → 16 verschillende decimale getallen (0 t/m 15)
- **TTL-IC 74LS154**
  - actief lage uitgangen
  - gecombineerde ENABLE: twee ingangen moeten laag zijn
  - 24-pins behuizing!!

| Inputs |    |   |   | Outputs |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |   |
|--------|----|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|---|
| G1     | G2 | D | C | B       | A | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |   |
| L      | L  | L | L | L       | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | L | L       | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | L | H       | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | L | H       | H | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | H | L       | L | H | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | H | L       | H | H | H | H | H | L | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | H | H       | L | H | H | H | H | H | L | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | L | H | H       | H | H | H | H | H | H | H | L | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | L | L       | L | H | H | H | H | H | H | H | L | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | L | L       | H | H | H | H | H | H | H | H | H | L | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | L | H       | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | L | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | L | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | L  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | H | L       | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | L  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | H | L       | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | L  | H  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | H | H       | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | L  | H  | H  | H |
| L      | L  | H | H | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | L  | H  | H |
| L      | H  | X | X | X       | X | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| L      | H  | X | X | X       | X | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| H      | H  | X | X | X       | X | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |
| H      | H  | X | X | X       | X | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H |



Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BINAIR naar DECIMAAL DECODERS

- Cascadeschakelingen**
  - > om het aantal uitgangen uit te breiden
  - > kan met bouwstenen met ENABLE-ingang

**Voorbeeld:**

- . vier 3-naar-8 decoders resulteren in een 5-naar-32 decoder
- . extra nodig:
  - één 2-naar-4 decoder
  - selecteert aan de hand van de twee meest-beduidende ingangen welke van de vier aangesloten decoders wordt ge-enable-d.

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BCD naar DECIMAAL DECODERS

- Ingangscodice: 4-bit BCD (cijfers 0 t/m 9 binair gecodeerd)**
- Uitgang: 10 afzonderlijke uitgangen**
- TTL-IC 7445**
  - actief lage uitgangen, open collector (kunnen tot 80mA sinken)
  - toepassing: aansturing NIXIE-tube (voorloper van 7-segment display)

| No. | Inputs |   |   |   | Outputs |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|--------|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|     | D      | C | B | A | 0       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0   | L      | L | L | L | L       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 1   | L      | L | L | H | H       | L | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 2   | L      | L | H | L | H       | H | L | H | H | H | H | H | H | H |
| 3   | L      | L | H | H | H       | H | H | L | H | H | H | H | H | H |
| 4   | L      | H | L | L | H       | H | H | H | L | H | H | H | H | H |
| 5   | L      | H | L | H | H       | H | H | H | H | L | H | H | H | H |
| 6   | L      | H | H | L | H       | H | H | H | H | L | H | H | H | H |
| 7   | L      | H | H | H | H       | H | H | H | H | H | L | H | H | H |
| 8   | H      | L | L | L | H       | H | H | H | H | H | H | L | H | H |
| 9   | H      | L | L | H | H       | H | H | H | H | H | H | H | L | H |
| I   | H      | L | H | L | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| N   | H      | L | H | H | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| V   | H      | H | L | L | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| A   | H      | H | L | H | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| L   | H      | H | H | L | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| I   | H      | H | H | H | H       | H | H | H | H | H | H | H | H | H |

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### OPEN COLLECTOR UITGANG

- 'normale' TTL-uitgang = TOTEMPOLE structuur
  - » uitgangen mogen NIET met elkaar verbonden worden
- 'speciale' TTL-uitgangsstructuur: OPEN COLLECTOR

LS00

LS01

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### OPEN COLLECTOR UITGANG

- 'normale' werking met OPEN COLLECTOR uitgang:
  - plaats zelf uitwendig een 'optrekweerstand'

LS01

- IEC-symbool

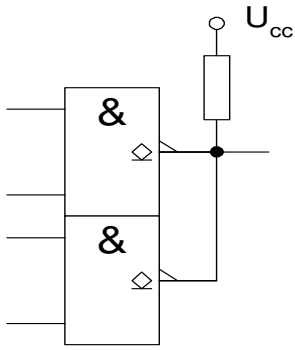
74LS01

◇ = open uitgang  
◇ = open uitgang met laagohmig L-niveau

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### OPEN COLLECTOR UITGANG


- 'WIRED AND' met OPEN COLLECTOR uitgangen:  
 plaats één gemeenschappelijke 'optrekweerstand'
- » als (minstens) één uitgang een 0 (= kortsluiting naar massa) naar buiten stuurt, zal het 'samengeknoopte' net een 0 hebben
- » m.a.w. alleen als beide poorten een 1 willen uitsturen, zal er ook een 1 op het net staan
- » dit is de omschrijving van een AND-functie
- » omdat deze AND eigenlijk met een draad is gemaakt, spreekt men van een 'bedrade EN' of 'WIRED AND'



Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

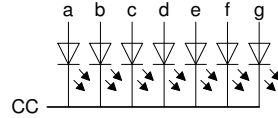
### BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

- 7-SEGMENT DISPLAY

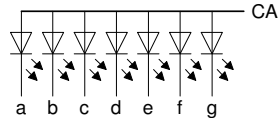


- weergeven van numerieke informatie
- gebaseerd om LEDs (stralen licht uit) [of op LCDs (reflecteren licht)]
- 7 individuele segmenten (= afzonderlijke LEDs), met typische nummering van a t/m g
- twee uitvoeringen:

**CC = Common Cathode**



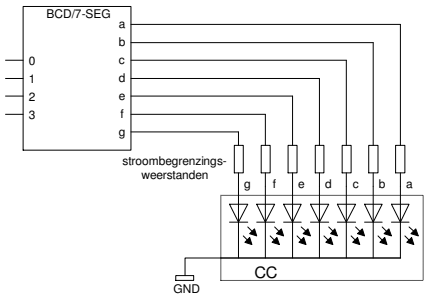
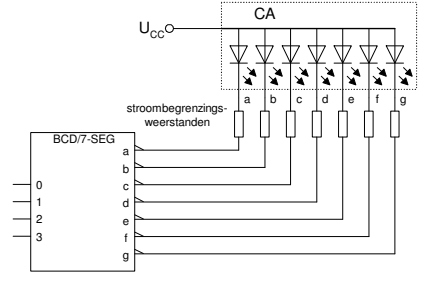
**CA = Common Anode**



Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

- 7-SEGMENT DECODER**
  - krijgt BCD-code binnen (= binaire code beperkt tot cijfers 0 t/m 9)
  - bepaalt welke segmentjes moeten oplichten om overeenstemmend decimaal cijfer te tonen
  - moet voldoende stroom kunnen leveren (*source of sink*) om LEDs behoorlijk te laten oplichten
  - de twee verschillende uitvoeringsvormen van de displays moeten ook anders aangestuurd worden





Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

- TTL-IC: 7447**
  - actief LAGE uitgangen van het OPEN COLLECTOR type
  - dus alleen geschikt om CA-display aan te sturen
  - kan tot 40 mA *sinken* per uitgang ('gewone' TTL-uitgang kan maar 8 mA *sinken*)
  - CA van het display mag op max. +15V aangesloten worden
  - BCD-decodering OK, behalve slechte leesbaarheid voor 6 en 9 (verbeterde versie is uitgebracht als 74247)
  - binaire codes boven 9 resulteren in merkwaardige tekens

SEGMENT IDENTIFICATION



NUMERICAL DESIGNATIONS AND RESULTANT DISPLAYS

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

- 3 extra controle-lijnen:
  - LT = Lamp Test
  - RBI = Ripple Blanking Input
  - BI/RBO = Blanking Input / Ripple Blanking Output

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT



## BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

## • TTL-IC: 7447

controle-lijn **LT = Lamp Test**

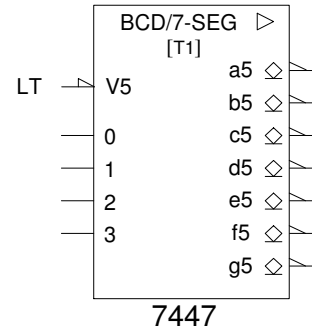
- als deze lijn actief wordt (hier: LAAG), dan zullen uitgangen actief worden
- hierdoor moeten alle aangesloten LEDs van het display gaan oplichten
- kan dus gebruikt worden als test voor het aangesloten display

## • IEC-symbool (onvolledig)

- versterkersymbool ▷
- [T1] verwijst naar een tabel
- bij ingang LT staat V5
- V is de notatie voor een OR-afhankelijkheid (zoals G dit is voor de AND-afhankelijkheid)
- uitgangen worden dus actief bij normale decoderwerking (volgens T1)

**OF**

als LT actief is



Codeerelementen

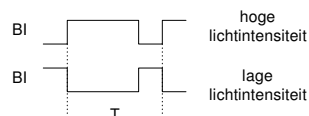
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

## BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

## • TTL-IC: 7447

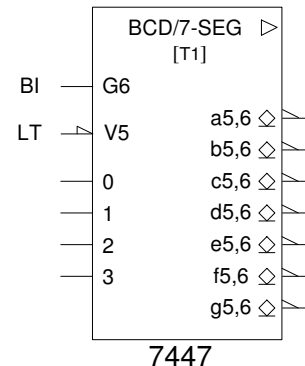
controle-lijn **BI = BLANKING INPUT**

- als deze lijn LAAG wordt, dan zullen uitgangen niet meer actief kunnen worden
- hierdoor zal het aangesloten display volledig doven
- kan gebruikt worden om de lichtintensiteit van het display te verminderen
- stroomverbruik door LEDs zal dalen



## • IEC-symbool (onvolledig)

- bij ingang BI staat G6
- G is de notatie voor een AND-afhankelijkheid
- 'normale' decoderwerking wordt verkregen als BI-ingang HOOG is



Codeerelementen

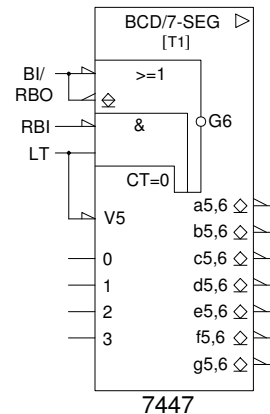
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

## BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

## • TTL-IC: 7447

controle-lijn **RBI = RIPPLE BLANKING INPUT**

- als deze lijn LAAG is, dan zal alleen het decimale cijfer 0 niet getoond worden
- kan gebruikt worden in een meer-cijfer display om de voorlopende nullen (*leading zeroes*) te onderdrukken
- meldt dit gelijktijdig op de RBO-uitgang (RBO = Ripple Blanking Output)
- RBO-uitgang is geen afzonderlijke pen, maar is samen genomen met de BI-ingang (zeer merkwaardige constructie)



## • IEC-symbool (volledig)

- zeer moeilijk rond de controle-ingangen
- > zie detailtekening

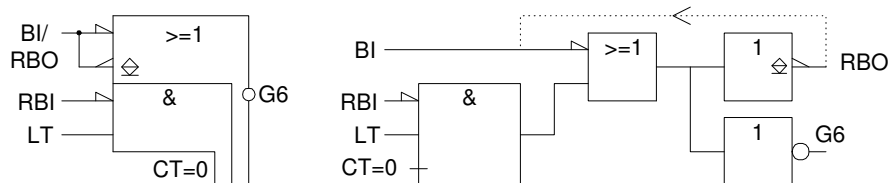
Codeerelementen

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

## BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

## • TTL-IC: 7447

detailtekening van controle-ingangen in IEC-symbool



- Voor 'normale' decoderwerking moet voorwaarde 6 voldaan zijn
- Voorwaarde 6 is NIET meer voldaan (inversie-teken achter de OR) als
  - » de BI-ingang LAAG is (dan worden alle cijfers geblankt)
- OF ALS
  - » LT niet-actief (hoog) is, RBI actief (laag) is EN de inhoud van de teller 0 is
- In dat geval wordt de RBO-uitgang laag
- RBO is een 'passieve pull-up': er mag extern eventueel een optrekweerstand
- RBO komt op dezelfde pin als BI (zeer merkwaardige constructie)

Codeerelementen

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

- TTL-IC: 7447 - MULTI-DISPLAY**  
meerdere decoders achter elkaar schakelen  
elke decoder stuurt rechtstreeks een 7-segment display

Hoe zullen volgende getallen op het display verschijnen?

- . 1234
- . 2000
- . 7890
- . 0789
- . 0056
- . 0007
- . 0000

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### BCD naar 7-SEGMENT DECODERS

- TTL-IC: 7447 - MULTI-DISPLAY - variante**

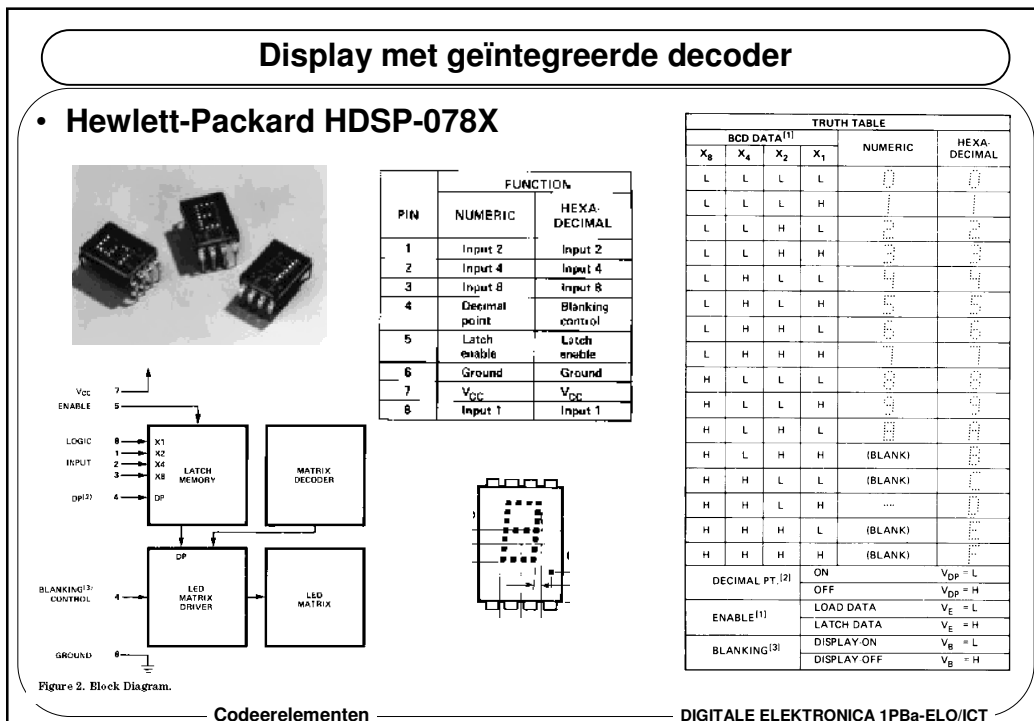
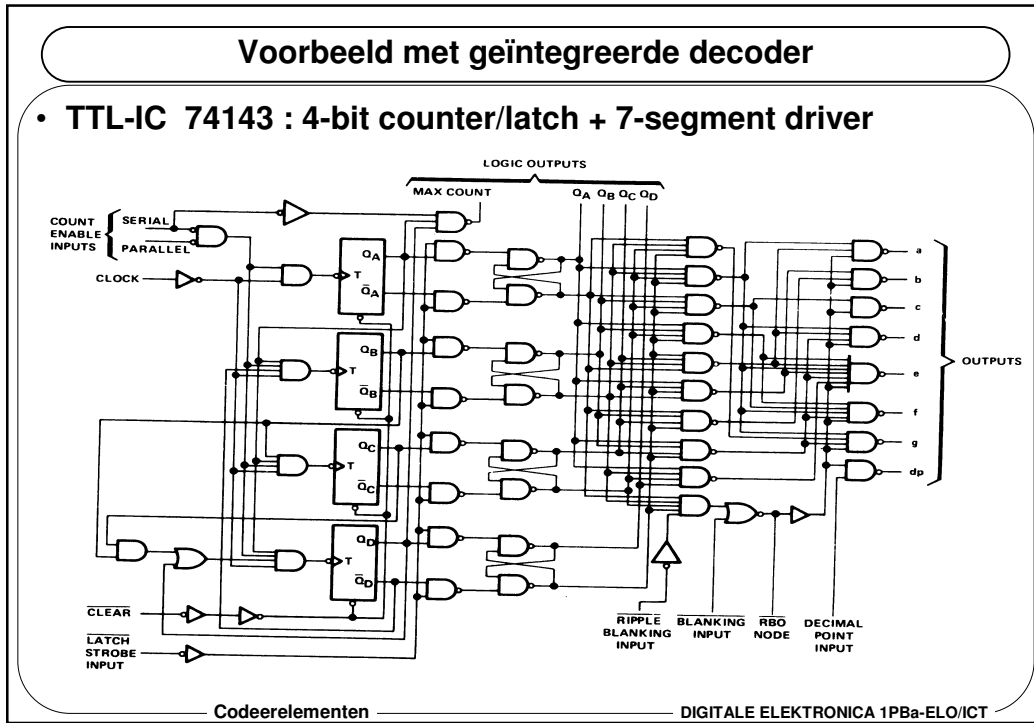
- Gemeenschappelijke LT-schakelaar
- Doorverbinding RBO-RBI behalve bij LSD

Hoe zullen volgende getallen op het display verschijnen?

- . 1234 - 2000 - 7890 - 0789 - 0056 - 0007 - 0000

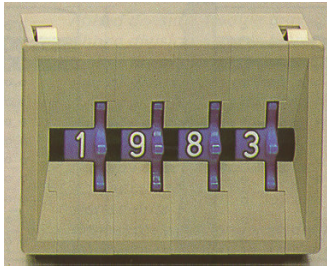
- AMV stuurt BI ingangen via inverter met open-collector uitgang (RBO is ook een open-collector uitgang)

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT



### ENCODER

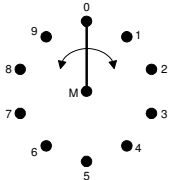
- **ENCODER zet niet-gecodeerde informatie om in code**
- **Voorbeelden:**
  - > toetsenbord → *'keyboard encoder'*
  - > duimwielchakelaar of *'rotary switch'*
    - **decimaal-naar-binair encoder**
- 10 ingangsschakelaars, waarvan maar één tegelijkertijd actief
- de 10 lijnen worden via weerstanden LAAG gemaakt
- 'master' contact ligt aan de +5V
- door een cijfer in te stellen wordt die lijn aan de voeding gelegd (actief hoge ingangen)
- encoder moet binair getal genereren voor ingesteld decimaal getal (10-naar-4 lijn encoder)



Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

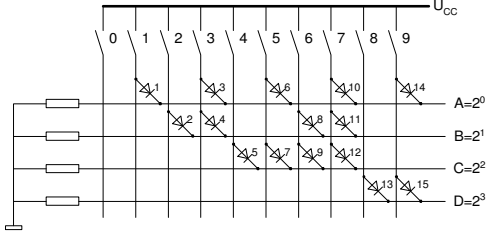
### ENCODER decimaal - binair

- **10 ingangsschakelaars, waarvan maar één tegelijkertijd actief**

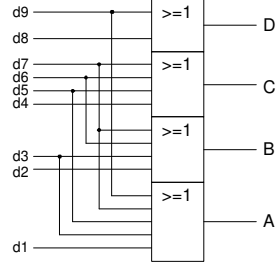


| actieve ingang | D | C | B | A |
|----------------|---|---|---|---|
| d0             | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d1             | 0 | 0 | 0 | 1 |
| d2             | 0 | 0 | 1 | 0 |
| d3             | 0 | 0 | 1 | 1 |
| d4             | 0 | 1 | 0 | 0 |
| d5             | 0 | 1 | 0 | 1 |
| d6             | 0 | 1 | 1 | 0 |
| d7             | 0 | 1 | 1 | 1 |
| d8             | 1 | 0 | 0 | 0 |
| d9             | 1 | 0 | 0 | 1 |

**Diode-matrix**



**Basispoorten**



Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

**Encoder decimaal - binair**

**PROBLEMEN:**

- **Hoe maken we het verschil tussen 0 en geen toets ingedruwd?**
  - “Data valid” signaal toevoegen
  
- **Wat als we 2 toetsen gelijktijdig induwen?**
  - “Data valid” signaal toevoegen
  - “Priority encoder” geeft prioriteit aan het hoogste cijfer en zal dit gaan coderen

Codeerelementen
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

**ENCODER decimaal - binair**

• **TTL-IC 74147 = 10-to-4 line PRIORITY ENCODER**

| Inputs |   |   |   |   |   |   |   |   | Outputs |   |   |   |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|
| 1      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | D       | C | B | A |
| H      | H | H | H | H | H | H | H | H | H       | H | H | H |
| X      | X | X | X | X | X | X | X | L | L       | H | H | L |
| X      | X | X | X | X | X | X | L | H | L       | H | H | H |
| X      | X | X | X | X | X | L | H | H | H       | L | L | L |
| X      | X | X | X | X | L | H | H | H | H       | L | L | H |
| X      | X | X | X | L | H | H | H | H | H       | L | H | L |
| X      | X | X | L | H | H | H | H | H | H       | L | H | H |
| X      | X | L | H | H | H | H | H | H | H       | H | L | L |
| X      | L | H | H | H | H | H | H | H | H       | H | L | H |
| L      | H | H | H | H | H | H | H | H | H       | H | H | L |

74LS147

- **Ingangen actief LAAG**
- **UITGANGEN OOK ACTIEF LAAG!!!**
- **HPRI = Highest PRIORITY**
- **resulteert in *don't cares* voor lagere cijfers in de waarheidstabel**
- **ingang 0 ontbreekt → als geen enkele ingang actief is, wordt 0 gecodeerd**

Codeerelementen
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### CODE-CONVERTOR

- **CODE-CONVERTOR zet gecodeerde informatie om van de ene code naar een andere code**
- **Voorbeelden:**
  - van GRAY-code naar zuiver binaire code
  - van BCD naar zuiver binair
  - van zuiver binair naar BCD

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### GRAY-CODE

- **GRAY-code**
  - de code voor twee opeenvolgende cijfers verschilt slechts in één bit
  - gebruikt ‘spiegel-assen’
  - wordt vaak toegepast voor mechanische positionering
    - » mogelijke fout blijft beperkt tot naastligende plaats
  - voorbeeld van codeer-schijf

| dec | bin  | Gray | Gray |
|-----|------|------|------|
| 0   | 0000 | 0    | 0000 |
| 1   | 0001 | 1    | 0001 |
| 2   | 0010 | 11   | 0011 |
| 3   | 0011 | 10   | 0010 |
| 4   | 0100 | 110  | 0110 |
| 5   | 0101 | 111  | 0111 |
| 6   | 0110 | 101  | 0101 |
| 7   | 0111 | 100  | 0100 |
| 8   | 1000 | 1100 | 1100 |
| 9   | 1001 | 1101 | 1101 |
| 10  | 1010 | 1111 | 1111 |
| 11  | 1011 | 1110 | 1110 |
| 12  | 1100 | 1010 | 1010 |
| 13  | 1101 | 1011 | 1011 |
| 14  | 1110 | 1001 | 1001 |
| 15  | 1111 | 1000 | 1000 |

GRAY code

■ = contact vlak = 1  
□ = geen contact = 0

binair code

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Van GRAY-CODE naar BINAIRE CODE

• **Herschikte omzettingstabel**

| GRAY | BIN  |
|------|------|
| 0000 | 0000 |
| 0001 | 0001 |
| 0010 | 0011 |
| 0011 | 0010 |
| 0100 | 0111 |
| 0101 | 0110 |
| 0110 | 0100 |
| 0111 | 0101 |
| 1000 | 1111 |
| 1001 | 1110 |
| 1010 | 1100 |
| 1011 | 1101 |
| 1100 | 1000 |
| 1101 | 1001 |
| 1110 | 1011 |
| 1111 | 1010 |

$$B_3 = G_3$$

$$B_2 = G_3 \oplus G_2$$

$$B_1 = G_3 \oplus G_2 \oplus G_1$$

$$B_0 = G_3 \oplus G_2 \oplus G_1 \oplus G_0$$

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Van BCD naar ZUIVER BINAIRE CODE

• **Omzettingstabel van 6-bits BCD-code naar zuiver binair**

|   | BCD    | BIN    |    | BCD    | BIN    |    | BCD    | BIN    |    | BCD    | BIN    |
|---|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|
| 0 | 000000 | 000000 | 10 | 010000 | 001010 | 20 | 100000 | 010100 | 30 | 110000 | 011110 |
| 1 | 000001 | 000001 | 11 | 010001 | 001011 | 21 | 100001 | 010101 | 31 | 110001 | 011111 |
| 2 | 000010 | 000010 | 12 | 010010 | 001100 | 22 | 100010 | 010110 | 32 | 110010 | 100000 |
| 3 | 000011 | 000011 | 13 | 010011 | 001101 | 23 | 100011 | 010111 | 33 | 110011 | 100001 |
| 4 | 000100 | 000100 | 14 | 010100 | 001110 | 24 | 100100 | 011000 | 34 | 110100 | 100010 |
| 5 | 000101 | 000101 | 15 | 010101 | 001111 | 25 | 100101 | 011001 | 35 | 110101 | 100011 |
| 6 | 000110 | 000110 | 16 | 010110 | 010000 | 26 | 100110 | 011010 | 36 | 110110 | 100100 |
| 7 | 000111 | 000111 | 17 | 010111 | 010001 | 27 | 100111 | 011011 | 37 | 110111 | 100101 |
| 8 | 001000 | 001000 | 18 | 011000 | 010010 | 28 | 101000 | 011100 | 38 | 111000 | 100110 |
| 9 | 001001 | 001001 | 19 | 011001 | 010011 | 29 | 101001 | 011101 | 39 | 111001 | 100111 |

- LSBs zijn steeds gelijk voor beide codes
- Overige omzetting zou resulteren in ingewikkelde schakeling
- Wordt in de praktijk met een ROM-geheugen gerealiseerd

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT



### Van BCD naar ZUIVER BINAIRE CODE

- **TTL-IC 74184**
  - LSBs worden niet aangesloten
  - Aan binaire zijde worden de bits aangegeven met de exponenten van hun gewicht
  - Aan BCD-zijde worden de gewichten voluit genoteerd
  - IC is 'cascadeerbaar' om grotere woordbreedtes aan te kunnen

| BCD WORDS |    | Inputs |   |   |   |   | Outputs |    |    |    |    |    |
|-----------|----|--------|---|---|---|---|---------|----|----|----|----|----|
|           |    | E      | D | C | B | A | G       | Y5 | Y4 | Y3 | Y2 | Y1 |
| 0         | 1  | L      | L | L | L | L | L       | L  | L  | L  | L  | L  |
| 2         | 3  | L      | L | L | L | H | L       | L  | L  | L  | L  | H  |
| 4         | 5  | L      | L | L | H | L | L       | L  | L  | L  | H  | L  |
| 6         | 7  | L      | L | L | H | H | L       | L  | L  | L  | H  | H  |
| 8         | 9  | L      | L | H | L | L | L       | L  | L  | L  | H  | L  |
| 10        | 11 | L      | H | L | L | L | L       | L  | L  | L  | H  | L  |
| 12        | 13 | L      | H | L | L | H | L       | L  | L  | L  | H  | H  |
| 14        | 15 | L      | H | L | H | L | L       | L  | L  | L  | H  | H  |
| 16        | 17 | L      | H | L | H | H | L       | L  | L  | H  | L  | L  |
| 18        | 19 | L      | H | H | L | L | L       | L  | L  | H  | L  | H  |
| 20        | 21 | H      | L | L | L | L | L       | L  | L  | H  | L  | H  |
| 22        | 23 | H      | L | L | L | H | L       | L  | L  | H  | L  | H  |
| 24        | 25 | H      | L | L | H | L | L       | L  | L  | H  | H  | L  |
| 26        | 27 | H      | L | L | H | H | L       | L  | L  | H  | H  | L  |
| 28        | 29 | H      | L | H | L | L | L       | L  | L  | H  | H  | L  |
| 30        | 31 | H      | H | L | L | L | L       | L  | L  | H  | H  | H  |
| 32        | 33 | H      | H | L | L | H | L       | L  | L  | L  | L  | L  |
| 34        | 35 | H      | H | L | H | L | L       | L  | L  | H  | L  | H  |
| 36        | 37 | H      | H | L | H | H | L       | L  | L  | L  | H  | L  |
| 38        | 39 | H      | H | H | L | L | L       | L  | L  | H  | L  | H  |
| ANY       |    | X      | X | X | X | X | H       | H  | H  | H  | H  | H  |

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Van ZUIVER BINAIRE CODE naar BCD

- **TTL-IC 74185**
  - realiseert de omgekeerde omzetting: van zuiver binair naar BCD
  - tegenhanger van de 74184

Codeerelementen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT