

2 Schmitt-triggers

Een Schmitt-trigger is een elektronische schakeling die behoort tot de familie van de bistabiele multivibratoren of flipflops; hij kan bijgevolg twee verschillende stabiele toestanden aannemen. Het omkappen van een Schmitt-trigger wordt echter niet gerealiseerd door bepaalde triggerimpulsen zoals bij een klassieke flipflop, maar door sturing met twee verschillende spanningsniveaus aan de ingang.

Deze spanningsniveaus noemt men meestal "TRIGGERNIVEAUS"(threshold voltages) en worden aangegeven met U_{T+} en U_{T-} .

Een Schmitt-trigger kenmerkt zich ook door een snelle verandering van het uitgangsniveau bij het overschrijden van de triggerniveaus en door een betere storingsongevoeligheid. Daarom zal een Schmitt-trigger in digitale systemen vooral toegepast worden om minder steile flanken van het signaal opnieuw een voldoende flanksteilheid te geven.

2.1 Eigenschappen

De eigenschappen van een Schmitt-trigger vatten we als volgt samen :

- Voor een ingangsspanning die lager is dan het hoge triggerniveau U_{T+} (positive going threshold voltage) is het uitgangsniveau laag of logisch "0".
- Zodra de ingangsspanning het niveau U_{T+} bereikt, kipt de Schmitt-trigger om. De uitgang wordt logisch "1". Een verdere stijging van de ingangsspanning heeft dan geen invloed meer op het uitgangsniveau.
- Wordt de ingangsspanning verminderd tot beneden het drempel- of triggerniveau U_{T-} (negative going threshold voltage), dan kipt het uitgangsniveau opnieuw om naar de logische toestand "0".

Het spanningsniveau tussen de twee triggerniveaus noemt men de "HYSTERESSPANNING".

De werking van de Schmitt-trigger wordt nog verduidelijkt in fig. 2.1 aan de hand van de transfertkarakteristiek die het verloop weergeeft van de uitgangsspanning in functie van de ingangsspanning.

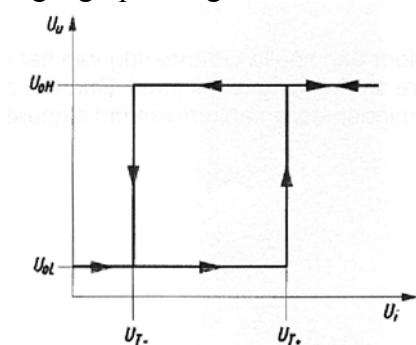


Fig. 2.1 De transfertkarakteristiek $U_o = f(U_i)$ bij een Schmitt-trigger

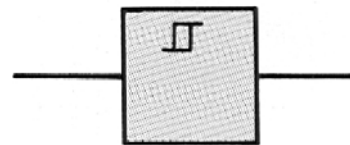


Fig. 2.2 Functiesymbool van een Schmitt-trigger

In fig 2.2 is het algemeen IEC-functiesymbool van een Schmitt-trigger gegeven

Uit deze eigenschappen kunnen we nog afleiden dat een Schmitt-trigger minder storingsgevoelig is dan een gewone digitale poort. We weten dat de typische uitgangsspanningen van een TTL-poort ongeveer 0,2 V en 3,4 V bedragen voor respectievelijk de logische "0" en de logische "1". Stel nu dat na deze TTL-poort een ST geplaatst wordt met triggerniveaus $U_{T+} = 1,7V$ en $U_{T-} = 0,9 V$. De storingsmarge wordt dan

$$U_{T+} - U_{oL} = 1,7 - 0,2 = 1,5V \quad \text{en} \quad U_{oH} - U_{T-} = 3,4 - 0,9 = 2,5 V$$

Dit is de reden waarom een Schmitt-trigger ook gebruikt wordt in toepassingen waar de kans groot is dat er zich stoorimpulsen inplanten op de logische niveaus. Dit is o.a. het geval bij de overdracht van digitale signalen over een relatief grote afstand.

Merken we hierbij op dat deze eigenschap enkel geldig is in de bipolaire technologie. In de MOS-technologie liggen de spanningsniveaus van een poort verder uit elkaar dan de triggerniveaus van een Schmitt-trigger.

Het berekenen van de triggerniveaus U_{T+} en U_{T-} is niet zo moeilijk als we over het inwendig schema van de Schmitt-trigger beschikken.

2.2 De 74LS14 en 74LS13

De 74LS14 is een TTL-IC die 6 inverterende Schmitt-triggers bevat in zijn behuizing.

Een INVERTERENDE SCHMITT-TRIGGER bezit de omgekeerde eigenschappen van de klassieke schakeling. De uitgangsspanning is hoog zolang hetingangssignaal lager is dan U_{T+} . Bereikt de ingangsspanning het drempelniveau dan wordt het uitgangsniveau logisch "0". Dit niveau blijft behouden tot de ingangsspanning lager wordt dan U_{T-} . Het verloop van de uitgangsspanning bij een inverterende Schmitt-trigger is voorgesteld in fig. 2.3 voor een willekeurig variërend ingangssignaal.

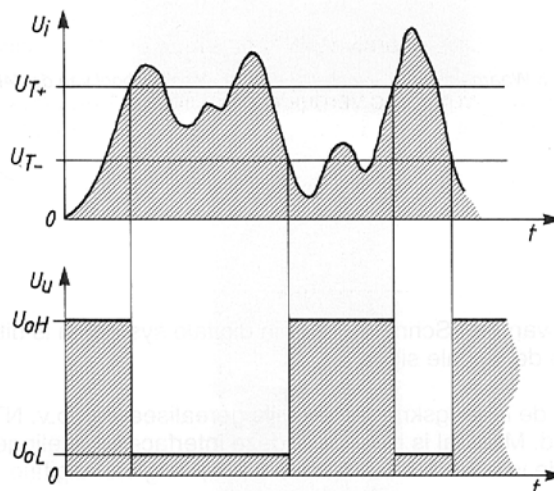


Fig. 2.3 In- en uitgangssignaal bij een inverterende Schmitt-trigger.

In fig. 2.4 zijn nog de nodige gegevens van de 74LS14 getekend.

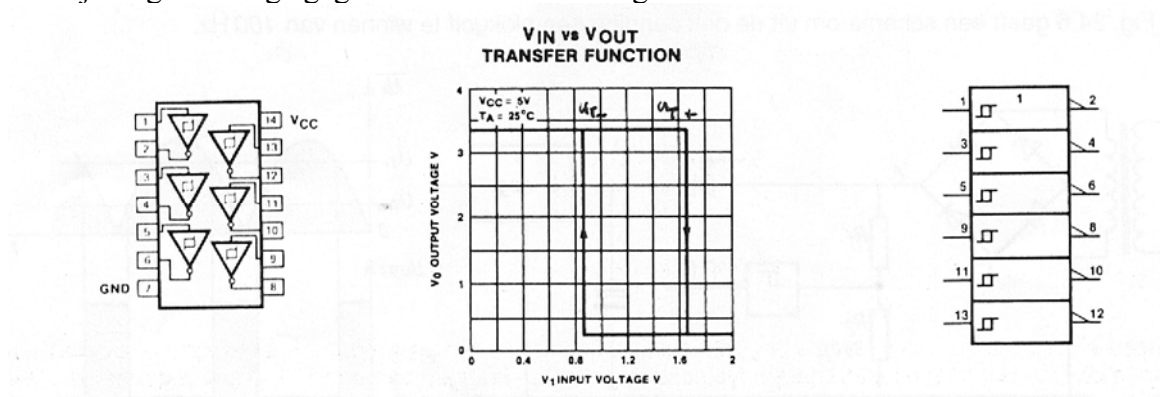


Fig. 2.4 Aansluitingen, transfertkarakteristiek en IEC functiesymbool van de 74LS14.

In de transfertkarakteristiek kunnen we de drempelniveaus van de Schmitt-trigger aflezen. $U_{T+} = 1,7V$ en $U_{T-} = 0,9V$

De 74LS13 bevat in zijn behuizing 2 Schmitt-triggers met elk 4 ingangen die samen een NEN-poort vormen. Dit betekent dat de 4 ingangen het hoge triggerniveau moeten bereiken om de uitgang laag te maken en dat het volstaat 1 ingang laag to maken om de uitgang hoog to maken.

De aanwezigheid van meerdere ingangen laat toe deze Schmitt-trigger to gebruiken als gewone NEN-poort. Met meerdere ingangen hebben we ook de mogelijkheid een schakeling die opgebouwd is rond een Schmitt-trigger, al dan niet te laten werken; er kan dan zonder bijkomende logica een controle op de werking van de schakeling uitgeoefend worden.

INPUTS				OUTPUT
A	B	C	D	Y
L	X	X	X	H
X	L	X	X	H
X	X	L	X	H
X	X	X	L	H
H	H	H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

The circuit diagram shows a transformer connected to a bridge rectifier. The output of the rectifier is connected to a point labeled 'A'. From point 'A', the circuit branches into three parallel paths: a series combination of resistors R_1 and R_2 (where $R_2 = 330\Omega$), a Zener diode D , and a voltage regulator block labeled 'U-reg.'. A pulse generator, represented by a square wave symbol, is connected to the junction between R_1 and R_2 . A capacitor C is connected in parallel with the Zener diode D . The output of the voltage regulator is labeled 'U-reg.'. To the right, two graphs are plotted against time t . The top graph shows the output voltage U_A as a function of time, featuring a periodic sawtooth waveform with peaks at U_{T+} and troughs at U_{T-} . The bottom graph shows the output current $I_{U_{ST}}$ as a function of time, with shaded rectangular pulses corresponding to the periods where the output voltage U_A is between U_{T-} and U_{T+} .

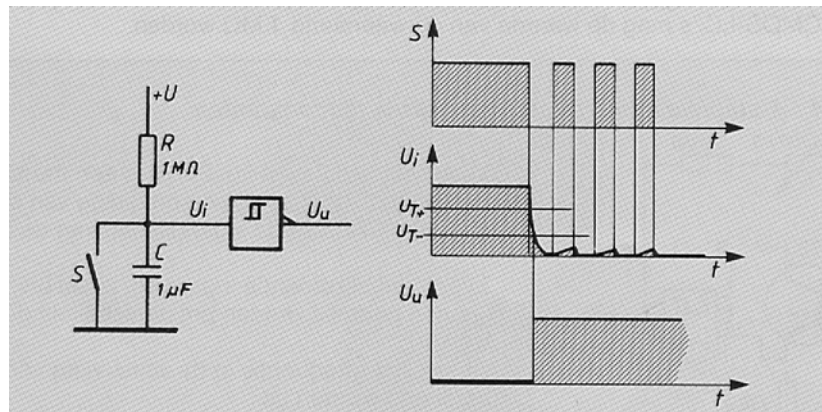


Fig. 2.7 Anti-denderschakeling met Schmitt-trigger en bijhorende tijdvolgordediagrammen.

Merk op dat deze schakeling een zekere vertraging van het uitgangssignaal veroorzaakt t.o.v. het tijdstip waarop de schakelaar gesloten wordt. Meestal zal dit geen bezwaar zijn omdat het schakelbevel handbediend is en de tijd daarom minder belangrijk is. Anderzijds bezit deze schakeling het voordeel dat de gevoeligheid voor stoorimpulsen vermindert.

Voorbeeld 3 : A-stabiele multivibrator

Met behulp van een Schmitt-trigger en een integrator kan op eenvoudige wijze een A.M.V. gebouwd worden. Fig 2.8 geeft de basisschakeling,

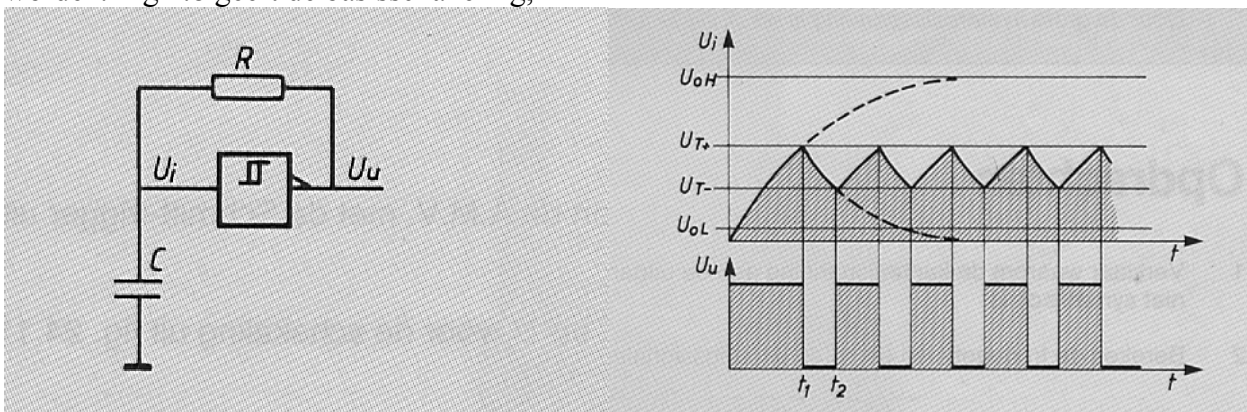


Fig. 2.8 A.M.V. met Schmitt-trigger.

Fig. 2.9 tijdvolgordediagrammen van de A.M.V. met Schmitt-trigger.

Bij het inschakelen van de voedingsspanning is de condensator C uiteraard niet opgeladen. Hierdoor is de ingangsspanning lager dan het hoge triggerniveau van de Schmitt-trigger. De uitgang komt hierdoor op het logisch niveau "1". Via de weerstand R zal de condensator zich hierdoor opladen naar het 1-niveau. Op een bepaald moment bereikt de spanning op de condensator en dus ook de ingangsspanning van de Schmitt-trigger het triggerniveau U_{T+} . Hierdoor zal de Schmitt-trigger omkappen naar het logisch niveau "0" waardoor de condensator zich zal ontladen. Dit is tijdstip t_1 in fig 2.9.

Op een bepaald moment bereikt de ingangsspanning echter het lage triggerniveau U_{T-} waardoor de Schmitt-trigger opnieuw omkapt en het 1-niveau aanneemt. Dit is tijdstip t_2 in fig. 2.9.

Aan de uitgang van de Schmitt-trigger ontstaat bijgevolg een kanteelspanning. De grootteorde van de frequentie ligt tussen 0,1 Hz en 10MHz.

De oscillatiefrequentie kan benaderend berekend worden uit: $f = 0,7 / R.C$

Bij de ontlading van de condensator vloeit door de weerstand in het basisschema van fig. 2.8 ook de ingangsstroom van de Schmitt-trigger. Om die reden moet de waarde van deze weerstand betrekkelijk klein zijn. Meestal wordt hiervoor 330Ω gekozen. Dit heeft tot gevolg dat de waarde van de condensator heel groot moet zijn om een blokvolgspanning met een lage frequentie te verkrijgen.

Dit nadeel kan bij TTL-I.C.'s voor een groot deel opgevangen worden door het toevoegen van een transistor. Hierdoor wordt de schakeling dan bruikbaar voor zeer lage frequenties. Bij gebruik van CMOS-I.C.'s mag de waarde van de weerstand tot $1\text{M}\Omega$ worden.

Voorbeeld 4 : A-stabiele multivibrator voor grote tijdconstanten

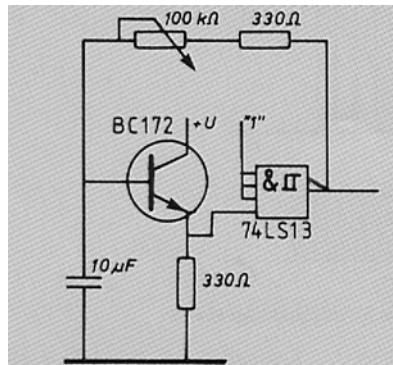


Fig. 2.10 Variante van de AMV uit voorbeeld 3.

In de schakeling van fig. 2.10 is een transistor als buffertrap bijgevoegd zodat de op- en ontlading van de condensator gescheiden is van de ingangskring van de Schmitt-trigger. Eventueel bijkomende ingangen, zoals bv. bij de 74LS13, kunnen gebruikt worden om de schakeling al dan niet to laten werken.

De oscillatorfrequentie in de schakeling van fig. 2.10 kan nu berekend worden uit :

$$f = 1/R.C$$

3 MONOSTABIELE MULTIVIBRATOREN

In digitale systemen bestaat vaak de noodzaak aan een kortstondige impuls om een schakeling of bouwsteen te sturen. Zo zal een flipflop geset of gereset worden met een impuls van zeer korte duur. In tijdschakelingen en controleketens zijn vaak kortstondige impulsen nodig bij het starten of stoppen van opeenvolgende acties.

In digitale technieken wordt dit gerealiseerd d.m.v. een monostabiele multivibrator.

- Een monostabiele multivibrator is een bouwsteen die een eenmalige uitgangsimpuls afgeeft op commando van een triggerimpuls.
- De tijdsduur van de UITGANGSIMPULS IS ALTIJD DEZELFDE onafhankelijk van de tijdsduur van de ingangsimpuls.

Deze tijdsduur is meestal instelbaar m.b.v. een uitwendige weerstand en condensator.

De MMV staat ook bekend onder de benamingen "ONE SHOT", "SINGLE SHOT" en "MONOFLOP".

Principieel bestaat een monoflop uit een flipflop met slechts een stabiele toestand. In rust bevindt de Q-uitgang zich op een laag niveau. Door een uitwendige triggerimpuls klapt de multivibrator om zodat $Q = 1$ wordt.

Deze toestand is labiel en blijft daarom slechts gedurende een zekere tijd behouden. De tijd van de labiele toestand wordt bepaald door de uitwendige componenten R en C. Daarna neemt de schakeling uit zichzelf terug de oorspronkelijke lage uitgangstoestand aan.

3.1 algemeen

De principiële werking van de monostabiele multivibrator is voorgesteld in de tijdvolgordediagrammen van fig. 3.1 voor een MMV die reageert op de positief gerichte flank van de triggerimpuls. De diagrammen leggen de nadruk op het feit dat de breedte van de uitgangsimpuls constant is onafhankelijk van de breedte van de ingangsimpuls.

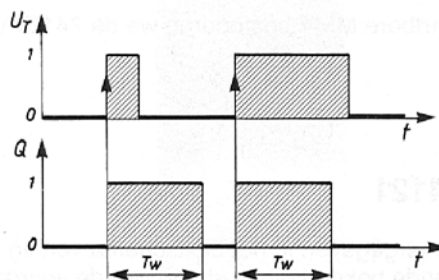


Fig. 3.1 Principiële voorstelling van de werking van een MMV.

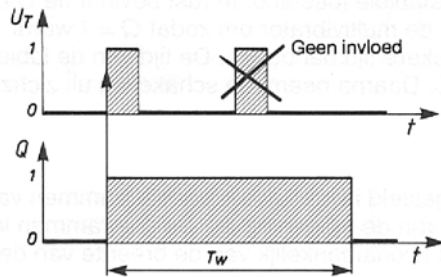
De algemene werking van een MMV is ons bekend vanuit de multivibratoren met discrete componenten. We bestuderen in dit blok de typisch digitale eigenschappen en toepassingen. In de praktijk bestaan er twee basisschakelingen, de niet-herstartbare en de herstartbare monoflop. We behandelen uiteraard beide types.

3.1.1 Niet-herstartbare MMV

De uitgang Q bevindt zich in rust steeds in de logische toestand "0". Om in deze toestand verandering te brengen, moeten we uitwendig energie toevoeren onder de vorm van een triggerimpuls. De uitgang 0 wordt dan voor een zekere tijd logisch "1". Deze tijd wordt bepaald door de waarde van een (meestal) uitwendig aangebrachte weerstand en condensator.

- Een niet-herstartbare MMV is een multivibrator die, eens gestart, zijn cyclus altijd volledig afwerkt.
- Triggerimpulsen die toegepast worden tijdens het "1" zijn van de Q-uitgang veranderen niets aan de duur van de uitgangsimpuls.
- De breedte van de uitgangsimpuls is dus ALTIJD dezelfde m.a.w. de werkingsfactor is constant.

Fig. 3.2 illustreert de werking van de niet-herstartbare MMV. In fig. 3.3 is het IEC-functiesymbool van dit type MMV gegeven. De "1" duidt aan dat de multivibrator niet herstartbaar is; hij geeft dus slechts een impuls af. Bemerkt ook dat een monostabiele multivibrator over twee uitgangen beschikt die steeds een tegengestelde toestand aannemen.



3.2 Werking van de niet-herstartbare MMV.

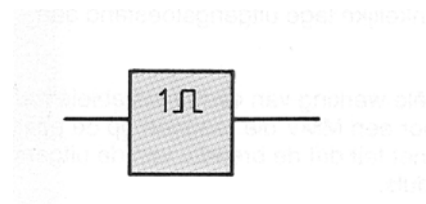
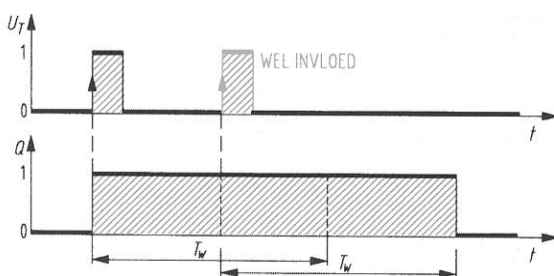


Fig. 3.3 Functiesymbool van de niet-herstartbare MMV.

3.1.2 Herstartbare MMV

- De herstartbare monostabiele multivibrator kan zowel gedurende de labiele als de stabiele toestand getriggerd worden.
- Bevindt de Q-uitgang zich op een hoog niveau of de labiele toestand, dan zal iedere keer dat er een triggerimpuls optreedt, de pulsduur opnieuw ingesteld worden.
- De uitgangsimpuls verdwijnt dus slechts een impulsduur na het optreden van de laatste triggerimpuls.
- De werkingsfactor is bijgevolg onbegrensd.

Fig. 3.4 illustreert de werking van de herstartbare MMV. In fig. 3.5 is het IEC-functiesymbool van dit type MMV gegeven. Om aan te duiden dat de tijd van de labiele toestand onbegrensd is, wordt de "1" niet genoteerd.



3.4 Werking van de herstartbare MMV.

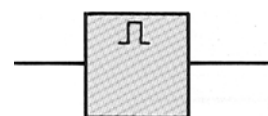


Fig. 3.5 Functiesymbool van de herstartbare MMV.

De fabrikanten van digitale I.C.'s realiseren voor ons dergelijke schakelingen waarvan we enkel nog een weerstand en een condensator uitwendig moeten verbinden. Dit laat ons toe de breedte van de uitgangspuls zelf te bepalen. Daarbij zijn er meestal meerdere triggeringen aanwezig zodat er kan getriggerd worden met positieve of negatieve impulsen.

In dit hoofdstuk bestuderen we de eigenschappen en toepassingen van enkele bestaande IC's

3.2 De 74121

Als voorbeeld van een niet-herstartbare MMV bestuderen we de 74121 uit de TTL-reeks.

3.2.1 Samenstelling van de 74121

De samenstelling van de I.C. is weergegeven in het blokschema van fig. 3.6. De functie van de OF-poort en de Schmitt-trigger zijn ons voldoende bekend uit de studio van de voorgaande blokken. Deze schakelingen gaan vooraf aan de eigenlijke monostabiele multivibrator en hebben tot doel de triggermogelijkheden van de I.C. uit te breiden. Om de tijd van de uitgangsimpuls in te stellen heeft de I.C. nog drie bijkomende aansluitklemmen: R_{ext}/C_{ext} , C_{ext} en R_{int} .

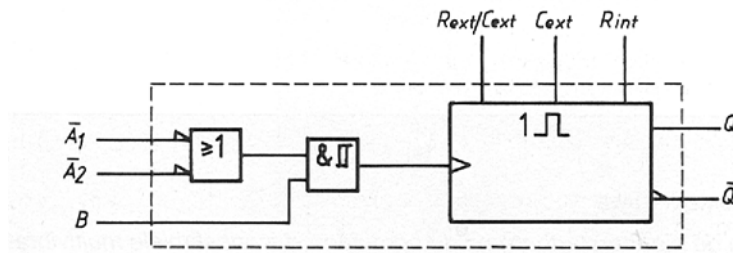


Fig. 3.6 Blokschema van de I.C. 74121.

In rusttoestand bevindt de Q-uitgang zich altijd in de 0-toestand. Om de MMV te doen omschakelen moet aan zijn ingang een positief gerichte flank optreden.

3.2.2 Triggering

Er bestaan 2 triggermogelijkheden bij de 74121.

- een negatief gaande impuls toepassen op een van de ingangen $\overline{A_1}$ of $\overline{A_2}$ (of beide), terwijl de ingang B hoog is;
- een positief gaande impuls toepassen op ingang B, terwijl $\overline{A_1}$ of $\overline{A_2}$ (of beide) laag is.

De Schmitt-trigger aan de ingang B laat toe de MMV te starten met signalen die een kleine flanksteilheid bezitten (kleiner dan 1 V/s).

De waarheidstabel van fig. 3.7 geeft een volledig overzicht van de verschillende triggermogelijkheden. In de tabel staan 0 en 1 voor vast aangesloten logische toestanden, de pijltjes duiden een positief of een negatief gerichte flank aan.

	INGANGEN			UITG.	
	$\overline{A_1}$	$\overline{A_2}$	B	Q	$\overline{Q}$
1	0	X	1	0	1
2	X	0	1	0	1
3	X	X	0	0	1
4	1	1	X	0	1
5	1	↓	1	↑	↓
6	↓	1	1	↑	↓
7	↓	↓	1	↑	↓
8	0	X	↓	↑	↓
9	X	0	↓	↑	↓

Fig. 3.7 Waarheidstabel van de 74121.

- De eerste 4 regels van de tabel maken ons duidelijk dat de MMV niet getriggerd wordt bij constante logische toestanden aan de ingangen.
- Regels 5, 6 en 7 leren ons dat de B-ingang met een logische "1" moet verbonden zijn als de A-ingangen getriggerd worden met een negatief gerichte impuls.
- Regels 8 en 9 tenslotte leren ons dat tenminste een van de A-ingangen op het 0-niveau moet geschakeld zijn om de MMV te triggeren met een positief gerichte flank op de B-ingang.

3.2.3 Pulsduur

Om de tijd van de uitgangsimpuls te bepalen heeft de I.C. drie bijkomende aansluitklemmen:

R_{ext}/C_{ext} , C_{ext} en R_{int} . Algemeen wordt een condensator aangesloten tussen de klemmen R_{ext}/C_{ext} en C_{ext} met, in het geval van een elektrolytische condensator, de positieve klem aan de klem R_{ext}/C_{ext} .

De maximum waarde van de uitwendig aangebrachte condensator bedraagt 1000 μF . De tijdbepalende weerstand kan nu op twee manieren gerealiseerd worden:

- Men kan de inwendig geïntegreerde weerstand van 2k Ω gebruiken. De klem R_{int} moet dan met de +5 V verbonden worden.
- Men kan ook uitwendig een weerstand aanbrengen tussen de klem R_{ext}/C_{ext} en de voedingsspanning. De klem R_{int} blijft dan open.

De waarde van de uitwendig aangesloten weerstand R_{ext} moet gelegen zijn tussen 1,4 en 40 k Ω . De duur van de opgewekte impuls T_W kan berekend worden uit de formule:

$$T_W = 0,7 \cdot R_{ext} \cdot C_{ext}$$

Hierin zijn R_{ext} en C_{ext} , de uitwendig aangebrachte elementen.

Met behulp van deze formule kunnen we de minimum en de maximum impulsduur berekenen die de MMV kan afleveren.

- Voor de minimum waarde moeten we weten dat de inwendig geïntegreerde capaciteit ongeveer 15 pF is.
 $T_W = 0,7 \times 2 \cdot 10^3 \times 15 \cdot 10^{-12} = 21 \text{ ns}$.
- Voor de maximum waarde:
 $T_W = 0,7 \times 40 \cdot 10^3 \times 1000 \cdot 10^{-6} = 28000 \text{ ms} = 28 \text{ s}$.

Door de grote toleranties van weerstanden en condensatoren, maar ook van de I.C's zelf, kan de berekende duur van de uitgangsimpuls in de praktijk tot 20 % verschillen.

Verder wordt de stabiliteit van de impulsduur bepaald door de kwaliteit van de gebruikte uitwendige componenten.

De fabrikanten van digitale I.C's stellen ook nomogrammen ter beschikking waarin de pulsbreedte gegeven wordt in functie van de tijdbepalende weerstand en condensator.

3.2.4 Functiesymbool

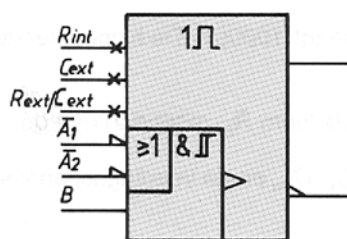


Fig. 3.8 IEC-functionssymbool van de 74121.

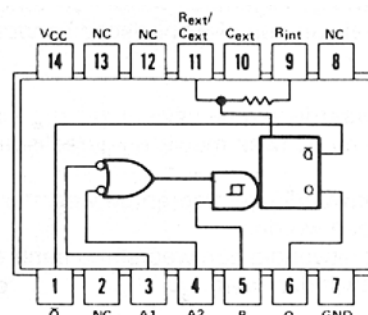


Fig. 3.9 Aansluitingen van de 74121.

Het functiesymbool van de 74121 is gegeven in fig. 3.8. Dit symbool is in principe hetzelfde als het blokschema van fig. 3.6; alle functies worden echter, zoals gebruikelijk, in ben blok samengevoegd om aan te geven dat het een schakeling vormt. De extra aansluitingen voor de tijdbepalende elementen zijn geen klassieke digitale in- of uitgangen omdat ze geen logische toestand bezitten. Dergelijke ingangen worden in de IEC-symboliek met een kruisje gemerkt. Het driehoekje aan de uitgang van de Schmitt-trigger of de ingang van de MMV zelf wijst op de flanksturing.

In fig. 3.9 zijn nog de aansluitingen van de 74121 gegeven.

3.2.5 Nut

Ben van de belangrijkste functies van een MMV is natuurlijk het opwekken van rechthoekimpulsen met een welbepaalde tijdsduur. Men spreekt dan van de MMV gebruikt als "TIJDBASIS". We bestuderen een drietal voorbeelden waarin we de tijdsduur van de uitgangsimpuls of de waarde van de uitwendige componenten berekenen.

Voorbeeld 1

Berekening van R_{ext} en C_{ext}

Ontwerp een monostabiele multivibrator met de I.C. 74121 om een uitgangsimpuls op te wekken van 20 μs .

Bereken hiervoor de waarde van de uitwendig aan te sluiten condensator indien :

- gebruik wordt gemaakt van de inwendige weerstand;
- een uitwendige weerstand van $10\text{ k}\Omega$ wordt aangesloten;
- teken het schema voor triggering op de $\overline{A_1}$ -ingang.

Oplossing

$$a. \quad C_{ext} = \frac{T_w}{0,7 \cdot R_i} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,7 \times 2 \cdot 10^3} = 14,3 \text{ nF}$$

$$b. \quad C_{ext} = \frac{T_w}{0,7 \cdot R_{ext}} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,7 \times 10 \cdot 10^3} = 2,86 \text{ nF}$$

c. Het schema met de nodige aansluitgegevens staat voorgesteld in fig. 3.10.

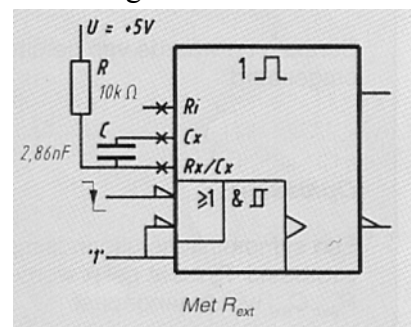
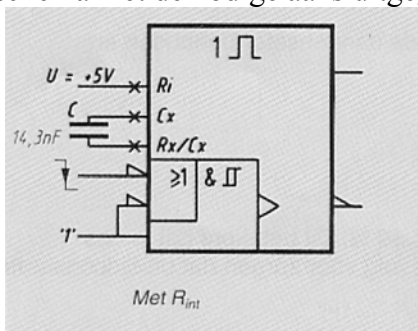


Fig. 3.10.

Voorbeeld 2

We wensen met de gegevens uit voorbeeld 1 een symmetrische uitgangsimpuls te verkrijgen als de frequentie van het ingangssignaal 10kHz is.

Bereken de waarde van de uitwendige weerstand als we dezelfde condensator behouden en omgekeerd.

Oplossing

Een symmetrische uitgangsimpuls bezit een werkingsfactor van 50 %. Dit betekent dat in ons voorbeeld T_w moet gelijk worden aan 50 μs . We moeten er bijgevolg voor zorgen dat de tijdconstante $R_{ext} \cdot C_{ext}$ wordt aangepast.

Houden we $R_{ext} = 10\text{ k}\Omega$ dan wordt:

$$C_{ext} = \frac{T_w}{0,7 \cdot R_{ext}} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0,7 \times 10 \cdot 10^3} = 7,14 \text{ nF}$$

Houden we $C_{ext} = 2,86\text{ nF}$ dan wordt:

$$R_{ext} = \frac{T_w}{0,7 \cdot C_{ext}} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0,7 \times 2,86 \cdot 10^{-9}} = 25 \text{ k}\Omega$$

3.3 De 74LS122

Als voorbeeld bestuderen we de 74LS122 uit de TTL-serie.

3.3.1 Samenstelling

Fig. 3.11 toont de samenstelling van de I.C. 74LS122. Naast de eigenlijke monostabiele multivibrator herkennen we nog een paar pooden die de gebruiksvriendelijkheid van de monoflop vergroten.

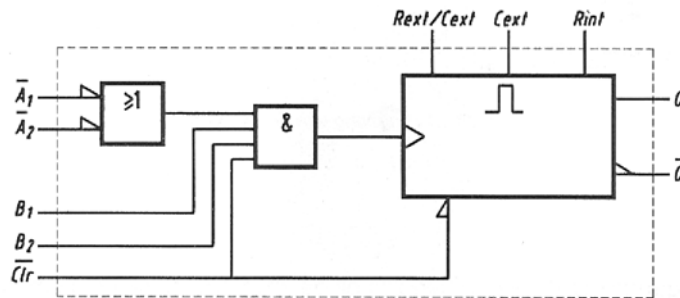


Fig. 3.11 Blokschema van de 74LS 122.

3.3.2 Triggering

Triggering van de I.C. kan gebeuren door actief lage signalen op de $\bar{A}$ -ingangen, ofwel door actief hoge signalen op de B-ingangen. De Clear-ingang zet de Q-uitgang op een laag niveau, onafhankelijk van de triggerimpulsen.

De waarheidstabel van fig. 3.12 geeft een overzicht van de triggermogelijkheden voor de 74LS122.

	INGANGEN					UITG.	
	$\bar{C}lr$	$\bar{A}_1$	$\bar{A}_2$	B_1	B_2	Q	$\bar{Q}$
1	0	X	X	X	X	0	1
2	X	1	1	X	X	0	1
3	X	X	X	0	X	0	1
4	X	X	X	X	0	0	1
5	1	0	X	↓	1	↑	↓
6	1	0	X	1	↓	↑	↓
7	1	X	0	↓	1	↑	↓
8	1	X	0	1	↓	↑	↓
9	1	1	↓	1	1	↑	↓
10	1	↓	↓	1	1	↑	↓
11	1	↓	1	1	↓	↑	↓
12	↓	0	X	1	1	↑	↓
13	↓	X	0	1	1	↑	↓

Fig. 3.12 Waarheidstabel voorde hertriggerbare MMV 74LS122.

De werking van de triggerimpulsen en de Clear-ingang wordt nog nader geïllustreerd in fig. 3.13. Hierbij wordt een positief gerichte impuls gegeven op een van de B-ingangen; het is dan noodzakelijk dat tenminste een van de $\bar{A}$ -ingangen "0" is.

Bij triggering met een negatief gerichte impuls op een van de $\bar{A}$ -ingangen, moeten beide B-ingangen "1" zijn.

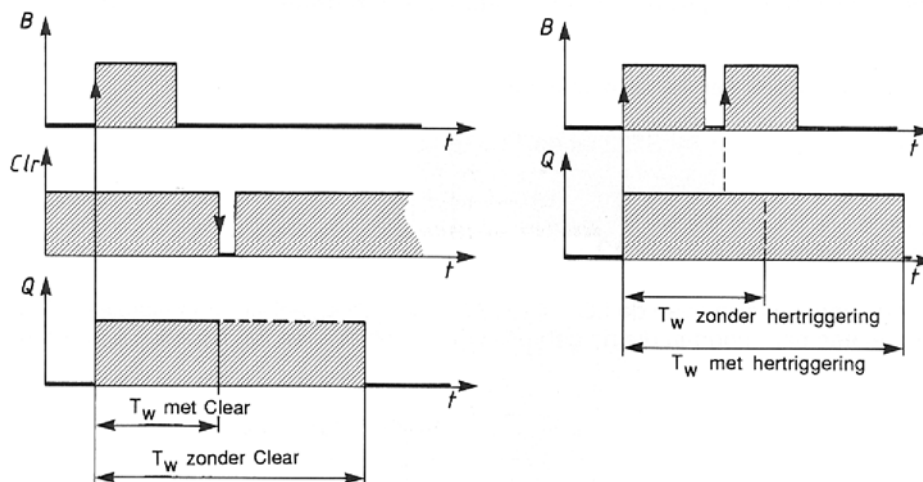


Fig. 3.13 triggerring van de 74LS 122.

3.3.3 Pulsduur

Om de duur van de uitgangsimpuls te bepalen zijn bij de 74LS122 dezelfde klemmen aanwezig als bij de 74121. De inwendig geïntegreerde weerstand is hier 10 kΩ; hij wordt geschakeld door de klem R_{int} aan de +5V te verbinden.

De tijdbepalende condensator moet aangesloten worden tussen de klemmen R_{ext}/C_{ext} en C_{ext} . Een uitwendige weerstand moet tussen R_{ext}/C_{ext} en de +5 V aangesloten worden; de klem R_{int} blijft dan open. De aansluiting van de uitwendige elementen is geïllustreerd in fig. 3.14.

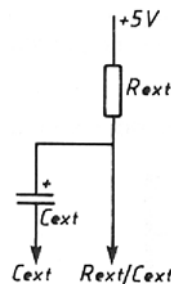
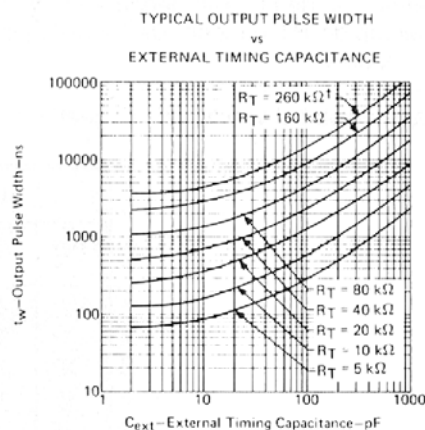


Fig. 3.14 Aansluiting van de uitwendige R en C.

Voor het bepalen van de impulsbreedte moet, bij een capaciteitswaarde die kleiner is dan 1 nF, het nomogram van fig. 3.15 gebruikt worden. Bij capaciteitswaarden die groter zijn dan 1 nF is de breedte van de uitgangsimpuls te berekenen met de formule :

$$T_w = 0,45 \cdot R_{ext} \cdot C_{ext}$$



¹ This value of resistance exceeds the maximum recommended for use over the full temperature range of the SN54LS circuits.

Fig. 3.15 Nomogram voor de 74LS122.

3.3.4 Functiesymbool

Het basissymbool van een herstartbare MMV is afgebeeld in fig. 3.16. Door het feit dat er geen "1" bij de impuls geschreven wordt, weten we dat de werkingsfactor onbegrensd is. Het IEC-functiesymbool en de aansluitingen van de 74LS122 zijn gegeven in fig. 3.17 en 3.18.

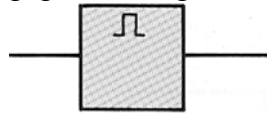


Fig. 3.16 Symbool van een herstartbare MMV.

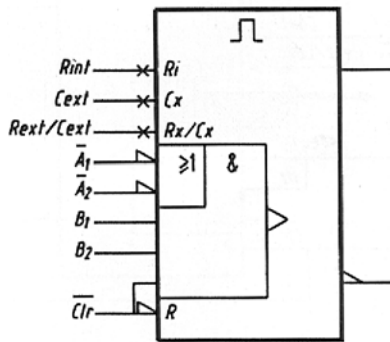


Fig. 3.17 Functiesymbool van de 74LS122.

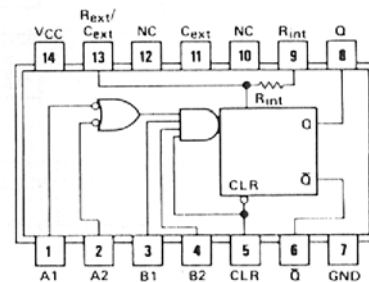


Fig. 3.18 Aansluitingen van de 74LS122.

3.3.5 Nut

Het gebruik van een hertriggerbare monostabiele multivibrator is aan te raden in enkele welbepaalde toepassingsgebieden.

We bespreken een aantal typische voorbeelden.

Voorbeeld 3 :

Onderdrukking van het dendereffect

Een herstartbare of hertriggerbare MMV is ook met succes toe te passen ter onderdrukking van het dendereffect bij gewone drukknoppen of schakelaars.

De tijdvolgordediagrammen van fig. 3.19 illustreren de werking. De diagrammen zijn getekend voor een actief lage ingangskring.

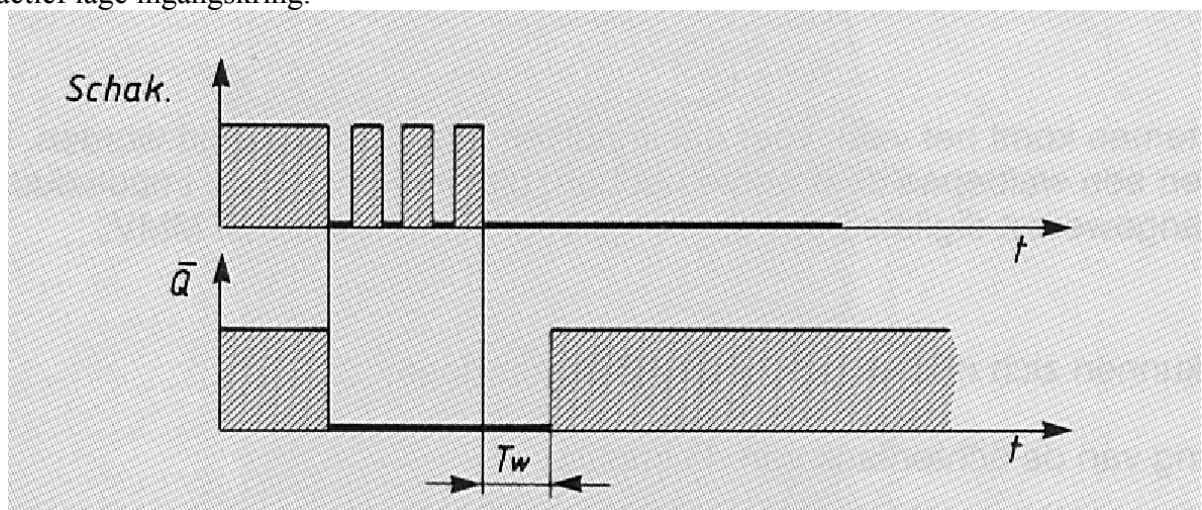


Fig. 3.19 Tijdvolgordediagrammen bij de onderdrukking van het dendereffect met een herstartbare MMV.

Merken we op dat in voorbeeld 3 ook een niet-hertriggerbare MMV kan gebruikt worden. Er is dan wel een bijkomende voorwaarde. Welke?

Voorbeeld 4 :

Netbewakingssysteem

In de schakeling van fig. 3.20 wordt aan de triggeringang $\overline{A_1}$ een blokvolgspanning aangesloten die via een Schmitt-trigger uit het net afgeleid wordt. De impulsherhalingsfrequentie van het triggersignaal is dus 50 Hz. De MMV wordt hierdoor om de 20 ms getriggerd.

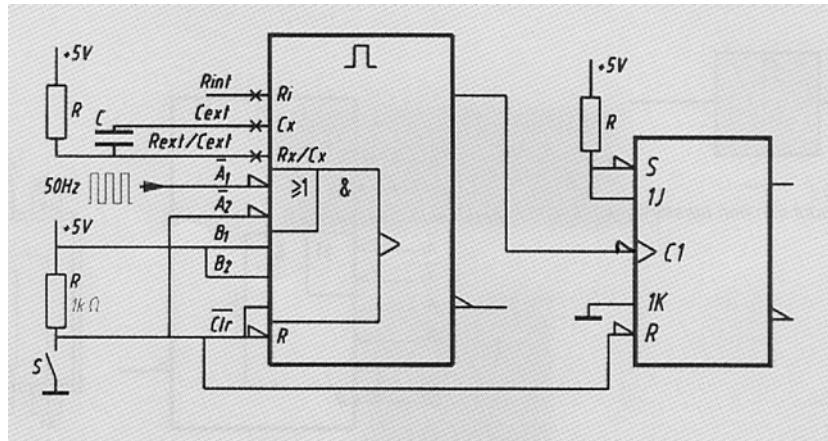


Fig. 3 20 Netbewakingssysteem met hertriggerbare MMV.

De duur van de uitgangsimpuls van de herstartbare MMV wordt m.b.v. de uitwendige componenten ingesteld op een tijd die iets hoger is dan 20 ms (b.v. 25 ms). Door de keuze van die instelling zal de MMV altijd in de labiele toestand blijven en is de Q-uitgang altijd "1".

Zodra een of meerdere perioden in de netspanning wegvallen wordt de MMV niet meer getriggerd binnen de ingestelde tijd van 25 ms zodat de uitgang "0" wordt. Deze 1-0 overgang zal de flipflop doen zetten waardoor een alarmsignaal kan ingeschakeld worden.

Het sluiten van de schakelaar S zal de flipflop en de MMV resetten. Na het terug openen van S wordt de werking van de schakeling hersteld.

Een dergelijk netbewakingssysteem moet uiteraard gevoed worden met batterijen.

Voorbeeld 5:

Automatische resetschakeling

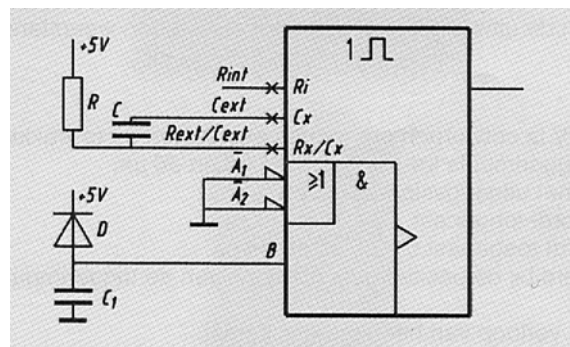


Fig. 3.26 Automatische resetschakeling.

Bij het opkomen van de voedingsspanning zal de condensator C, zich opladen met de ingangsstroom I_{IL} van de Schmitt-triggeringang van de MMV. Het moment dat de condensatorspanning U_{T+} bereikt wordt de MMV getriggerd; hij zal dan een impuls afgeven waarvan de breedte bepaald wordt door de waarde van de uitwendige R en C.

Bij het uitschakelen van de voedingsspanning zal C_1 zich snel ontladen via de diode D.

4 Astabiele multivibratoren

In de voorgaande blokken hebben we reeds verschillende keren een klokimpuls toegepast om bv. een flipflop te sturen. Deze klokimpuls kan eenmalig zijn maar treedt meestal continu op. Om een eenmalige puls op te wekken gebruiken we een MMV. Om een continue impulsvorm of blok golf op te wekken gebruiken we de zogenaamde “**ASTABIELE MULTIVIBRATOR**”.

Een astabiele multivibrator is een elektronische schakeling, die uit zichzelf een blok golfspanning aflevert op zijn uitgang. De benaming "Astabiel" wijst er op dat er geen enkele stabiele toestand aanwezig is zoals dit het geval is bij een monostabiele of een bistabiele multivibrator.

De schakeling heeft dus geen triggerimpulsen nodig om van toestand te wisselen.

Een astabiele multivibrator wekt uit zichzelf een signaal op dat periodiek wisselt tussen “0” en “1”.

In synchroon werkende digitale systemen zoals computers e.d. wordt een astabiele multivibrator gebruikt als "KLOKOSCILLATOR" om de tijdskritische aspecten van de schakeling te regelen. De schakeling zorgt er dus voor dat alle gegevens op een bepaald ritme verwerkt worden. Dit gebeurt altijd op één van de flanken van de blok golfspanning.

Omdat de klokoscillator de timing regelt in een complex systeem worden hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van de blok golfspanning. Het is immers van groot belang dat de frequentie van dit signaal stabiel is en dat de flanken van het signaal een voldoende steilheid bezitten. Deze laatste eigenschap is van groot belang bij de sturing van flipflops, MMV, registers, tellers... Een signaal met onvoldoende flanksteilheid kan de oorzaak zijn van niet zeker werkende schakelingen omdat de transistoren of mosfets een te lange tijd in hun analoog gebied werken.

In fig. 4.1 is een ideale blok golfspanning voorgesteld met een werkingsfactor of duty-cycle van 50%. Dit betekent dat de tijd dat het signaal "1" is even groot is.

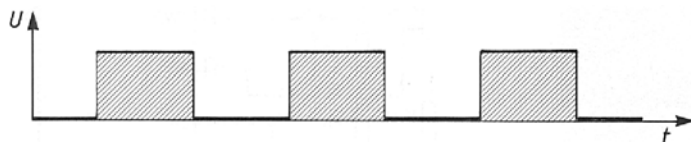


Fig. 4.1 Blok golfspanning met een werkingsfactor van 50 %.

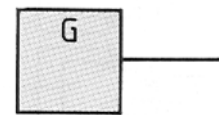


Fig. 4.2 Basissymbool van een AMV.

In fig. 4.2 wordt nog het algemeen functiesymbool van een generator of blok golfoscillator gegeven. Als in de schakeling de mogelijkheid bestaat de multivibrator in en/of uit te schakelen, dan gebeurt dit altijd m.b.v. een extra controle-ingang. Men zegt dan dat de AMV gesynchroniseerd wordt. In het functiesymbool wordt dit aangegeven door een uitroepteken. Fig. 4.3 toont de drie verschillende mogelijkheden met hun respectievelijk symbool.

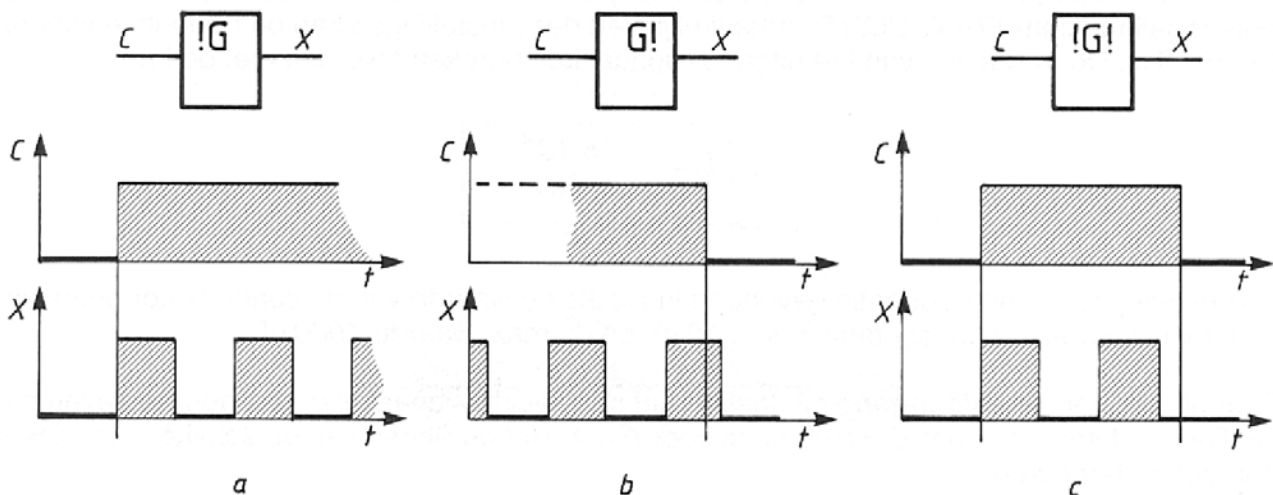


Fig. 4.3 Symbolen en signalen van gesynchroniseerde AMV.

In fig. 4.3a hebben we een synchroon startende AMV; zodra het C-signaal "1" wordt, wordt de eerste puts opgewekt.

Fig. 4.3b is een synchroon stoppende AMV. Zodra het C-signaal "0" wordt stopt de AMV, de laatst opgewekte impuls wordt wel volledig afgewerkt.

Fig. 4.3c toont een combinatie van de twee voorgaande methoden.

In dit blok bestuderen we een aantal typische mogelijkheden om een astabiele multivibrator te realiseren.

4.1 Spanningsgestuurde oscillatoren

De meeste digitale logische families bieden een aantal I.C.'s aan die een z.g. "SPANNINGS-GESTUURDE OSCILLATOR" bevatten.

Zo een I.C. bevat een schakeling die een blokvolgspanning kan afleveren op zijn uitgang als uitwendig tussen 2 bepaalde klemmen een condensator of een kristal wordt aangesloten. De frequentie van het uitgangssignaal kan geregeld worden door de waarde van een gelijkspanning op een aansluitpin te variëren m.b.v. een al dan niet regelbare spanningsdeler.

4.1.1 De 74S124

Als praktijkvoorbeeld uit de TTL-familie bestuderen we de 74S124, een "DUAL-CONTROLLED-OSCILLATOR". De I.C. bevat dus 2 identieke schakelingen. Fig. 4.4 geeft de aansluitingen van deze digitale bouwsteen.

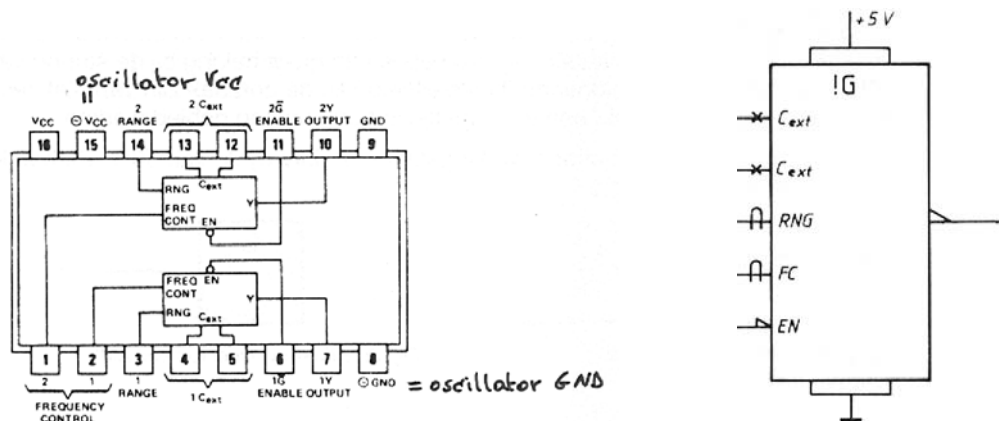


Fig. 4.4 Aansluitingen en symbool van de 74S124.

Om de astabiele multivibrator te laten werken moet tussen de klemmen 4 en 5 (of 12 en 13) uitwendig een condensator of een kristal verbonden worden. De oscillator beschikt verder over 2 ingangen om de frequentie in te stellen, een voor het frequentiebereik (klem RNG = Range of bereik) en een voor de frequentieregeling (klem FREQ.CONT). Afhankelijk van deze instellingen kan de frequentie variëren van 1 Hz tot 85 MHz. De frequentie van het uitgangssignaal kan berekend worden met de formule:

$$f_o = \frac{5 \cdot 10^4}{C_{ext}}$$

Bij de berekening wordt de frequentie gevonden in Hz als de waarde van de condensator gegeven is in farad. De min. waarde van de condensator is 10 pF en de max. waarde 10001.1F.

De I.C. heeft ook een enable-ingang die toelaat het opgewekte signaal al of niet door te geven naar zijn uitgang. De oscillator start voor E = 0 en stopt voor E = 1. Het oscilleren van de schakeling zelf wordt hierdoor niet onderbroken.

4.1.2 Nut

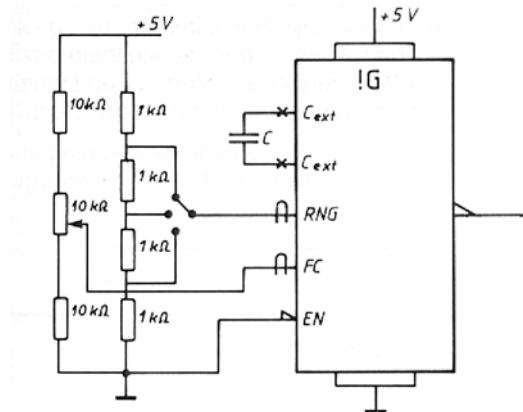


Fig. 4.5 AMV met de 74S124.

Een praktijkschakeling met de 74S124 is gegeven in fig. 4.5.

Om het frequentiebereik in te stellen wordt gebruik gemaakt van een vaste spanningsdeler die 3 verschillende spanningen kan sturen naar de RNG-ingang. Hierdoor zijn 3 verschillende frequentiebereiken in te stellen. Voor de fijnregeling van de frequentie wordt een klassieke regelbare spanningsdeler toegepast.

Vermelden we nog dat in de I.C. twee gescheiden aansluitingen voor de voedingsspanning en de massa toegepast werden. Dit wordt gedaan om inwendig een betere scheiding tussen bepaalde delen van de schakeling te realiseren.

4.2 Astabiele multivibrator met 2 MMV.

Naast de ontwikkeling van typische I.C.'s voor de bouw van astabiele multivibratoren, kunnen nog ander technieken gebruikt worden om een blok golfgenerator te realiseren. We bespreken een AMV die opgebouwd is met behulp van 2 monostabiele multivibratoren van het type 74LS121. Het schema van de schakeling is gegeven in fig. 4.6.

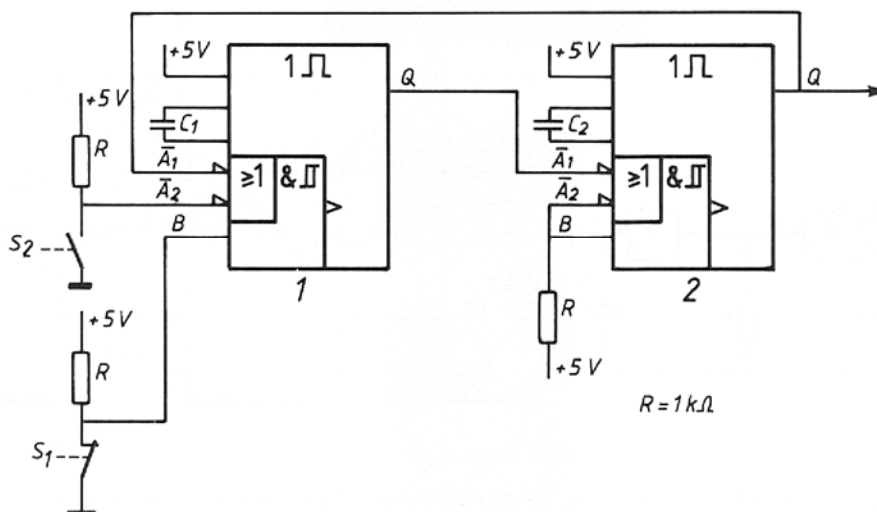


Fig. 4.6 AMV met tweemaal de 74S121.

Principieel is de AMV opgebouwd met een cascadeschakeling van 2 monostabiele multivibratoren.

Wordt schakelaar S1 van de ruststand naar de werkstand gezet, dan ontstaat een positief gerichte spanningsprong op de B-ingang van de eerste MMV. Hierdoor wordt de eerste MMV getriggerd en ontstaat een positief gerichte impuls op zijn Q-uitgang.

Bij het wegvallen van deze uitgangsimpuls wordt door de dalende flank de tweede MMV getriggerd. Hierdoor ontstaat op zijn Q-uitgang eveneens een positieve impuls. Valt deze impuls weg dan wordt door zijn dalende flank de eerste MMV opnieuw getriggerd waardoor de cyclus zich herhaalt.

Met schakelaar S2 kan de schakeling als AMV of als MMV ingesteld worden.

- Met de schakelaar in de open stand is de ingang A2 op het logisch niveau "1" geschakeld. De waarheidstabel van de 74LS121 uit het voorgaande blok leert ons dat de MMV dan kan getriggerd worden op de A1-ingang.
- Met de schakelaar in de gesloten stand is de A2-ingang continu "0". De MMV kan dan niet getriggerd worden. De overgang van "0" naar "1" zal daarom slechts een eenmalige impuls opwekken.

Dit type AMV heeft het voordeel dat de beide tijden (puls en pauze) onafhankelijk van elkaar kunnen ingesteld worden. Bij de meeste astabiele multivibratoren is dit niet het geval. Een eventuele instelling regelt de totale periodetijd van het blokvolgsignaal. Een afzonderlijke instelling van de puls/pauze tijden is in veel gevallen zelfs niet mogelijk.

4.3 Astabiele multivibratoren met poorten

Met behulp van twee poorten en R-C elementen of een kristal is het ook mogelijk een astabiele multivibrator te bouwen.

4.3.1 Basisschakeling

De basisschakeling van de RC-oscillatoren is gegeven in fig. 4.7.

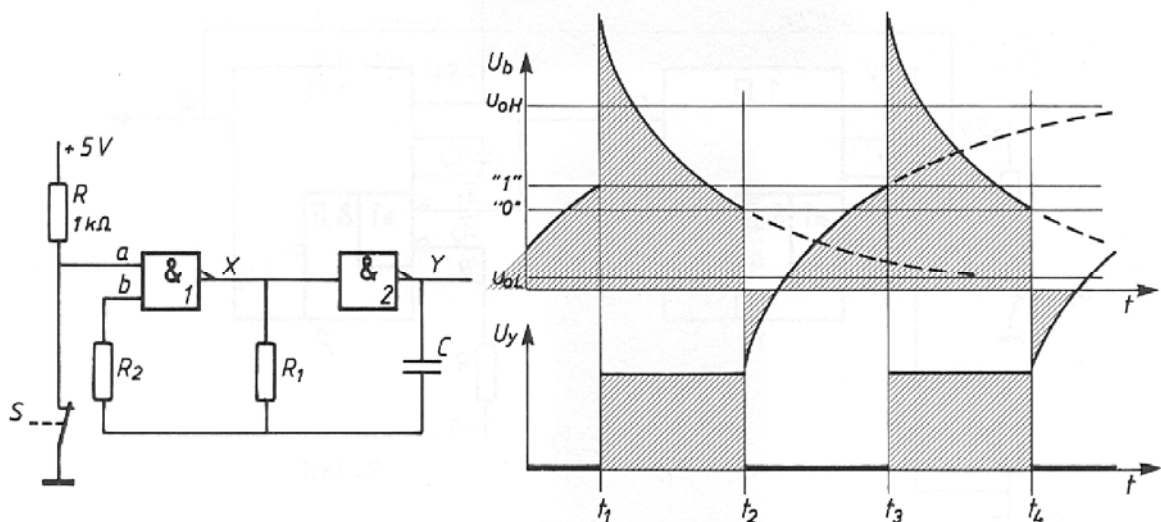


Fig. 4.7 Basisschakeling van RC-oscillatoren met poorten en bijhorende tijdvolgordediagrammen.

Zolang de schakelaar S zich in de ruststand bevindt, is ingang a van de NEN-poort "0". Dit maakt dat de uitgang X de 1-toestand aanneemt waardoor uitgang Y zich in de 0-toestand bevindt. Hierdoor is de condensator C opgeladen met de positieve kant naar uitgang X. De spanning op de condensator is $U_{OH} - U_{OL}$. Via R_2 is ingang b van de NEN-poort eveneens logisch "1". Deze toestand is weergegeven op tijdstip t_1 in fig. 4.7.

Op tijdstip t_1 openen we de drukknop. Hierdoor komt ingang a van de NEN-poort eveneens op het 1-niveau zodat uitgang $X = 0$ wordt en uitgang $Y = 1$. De spanningsprong op uitgang Y wordt via C en R_2 overgebracht op ingang b van de NEN-poort zodat deze ingang logisch "1" wordt. Door de spanningsverandering op beide uitgangen wordt de condensator nu omgekeerd geladen via R_1 . De spanning op het knooppunt R_1 -C daalt. Via R_2 wordt deze spanningsdaling doorgegeven naar ingang b van de NEN-poort. Op een bepaald moment bereikt deze ingangsspanning het 0-niveau. Dit is tijdstip t_2 in fig. 4.7.

Zodra ingang b logisch "0" wordt, wordt $X=1$ en $Y=0$. De spanningssprong van uitgang Y (van U_{OH} naar U_{OL}) wordt weer via C en R_2 doorgegeven naar ingang b. Dit zorgt ervoor dat ingang b negatief komt.

De condensator zal zich nu weer omgekeerd laden via R_1 naar het spanningsverschil tussen X en Y. De spanning op het knooppunt R_1 -C gaat dus stijgen naar U_{OH} . Via R_2 is dit ook voor ingang b het geval. Op een bepaald moment bereikt deze ingangsspanning het 1-niveau. Dit is tijdstip t_3 in fig. 4.7. Gezien op het tijdstip t_3 ingang b het 1-niveau bereikt, wordt nu weer uitgang $X=0$ en $Y=1$. Deze positief gerichte spanningssprong aan Y wordt nu weer via C en R_2 overgebracht naar ingang b. Condensator C zal zich nu opnieuw via R_1 omgekeerd laden. Hierdoor daalt de spanning op ingang b, enz...

Bemerkt dat de schakeling astabiel werkt. De schakelaar S kan daarom weggelaten worden en de schakeling kan gerealiseerd worden met 2 NIET-poorten.

Voorwaarde tot het oscilleren van de schakeling is dat de waarde van R_2 2 tot 10 keren groter moet gekozen worden dan de waarde van R_1 .

4.3.2 Varianten

In de schakeling van fig. 4.8 is de waarde van de weerstand R_2 uit de basisschakeling tot 0Ω herleid. Met dit type oscillator zijn blokvolgsignalen te realiseren tot 10 MHz.

In het schema dat gegeven is in fig. 4.9 is de weerstand vervangen door een spoel. Hierdoor kunnen signalen met frequenties tot 20 MHz opgewekt worden.

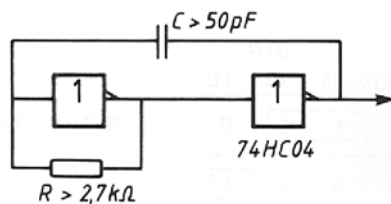


Fig. 4.8 AMV tot 10 MHz met de 74HC04.

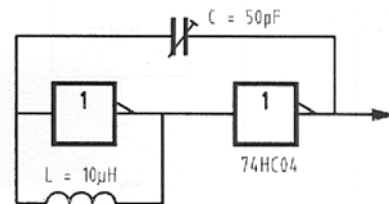


Fig. 4.9 AMV tot 20 MHz met de 74HC04.

De opstelling uit fig. 4.10 is een z.g. Pierce-oscillator waarin de frequentie stabiel gehouden wordt m.b.v. een kristal. De maximum haalbare frequentie is ongeveer 4 MHz.

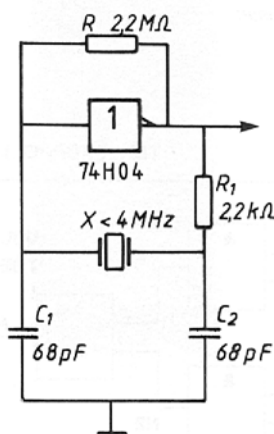


Fig. 4.10 Pierce-oscillator met de 74H04.

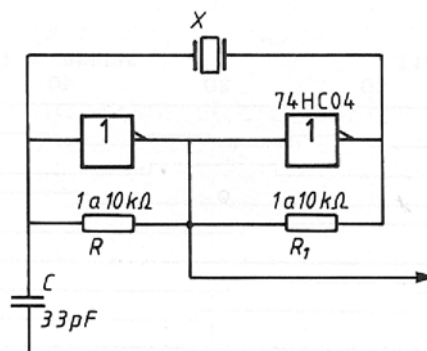


Fig. 4.11. AMV met NIET-poorten.

De schakeling uit fig. 4.11 geeft nog een andere mogelijkheid om een AMV met NIET-poorten te realiseren.