

Gray code 4 bits



Van 999 naar 1000

Ik heb in mijn jongelingsjaren gelift; kilometervreten als bijrijder. Leuk om te zien hoe de afstandsteller van bijvoorbeeld 9 naar 10 gaat of nog mooier van 99 naar 100. Een digitale teller maakt dat veel vaker mee, omdat die alleen met enen en nullen werkt.

$1=1$, $10=2$, $100=4$, $1.000=8$, $10.000=16$ enzovoorts. Dus door van elk 1 van af te halen:
 $0=0$, $1=1$, $11=3$, $111=7$, $1111=15$ en bij de stap van $0.111=7$ naar $1.000=8$ veranderen er 4 cijfers. Merk op dat je voor een digitaal getal nullen neer kunt zetten zoveel je nodig hebt (blijft hetzelfde).

Gray vond het lastig dat er soms zoveel cijfers veranderden en zocht naar digitale getallen waar er steeds maar een cijfer verandert! Zo is in het algemeen een vierbits Graycode een opeenvolging van 16 verschillende getallen, waarbij er steeds maar een verandert en de zeventiende is gelijk aan de eerste.

MSB = 4

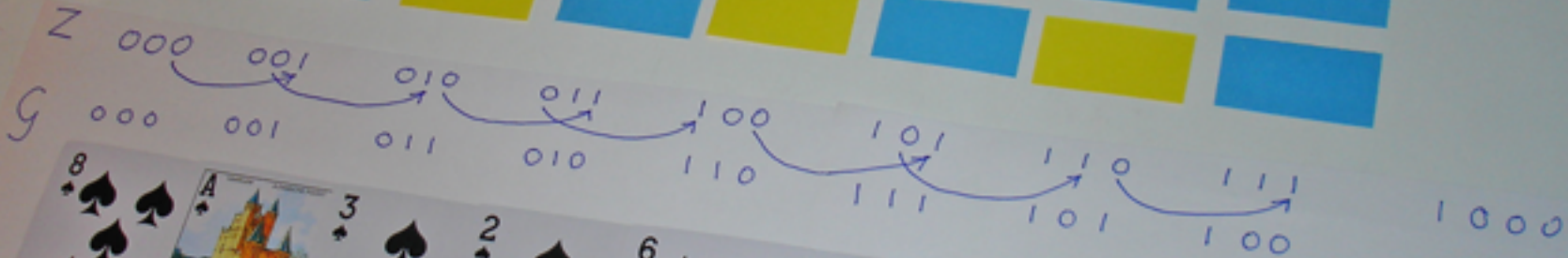
2

LSB = 1



Z 000 001 010 011 100 101 110 111 1000





Via deze definitie bestaan er veel Graycodes, maar de eenvoudigste is wel om gewoon van 0 tot 15 te tellen en voor de Graycode te beginnen met 0000 en alleen de meest significante bit* om te keren!

Dus 0,1,3,2,6,7,5,4,12,13,15,14,10,9,7,8. Zie ook de foto: een print voor een 4 bits Graycode (gelabeld met 1.4C; lees MSB van binnen naar buiten).

* Bij de stap van 15 naar 0 verandert bit 5, maar om de cirkel rond te maken neem dan bit 4. Lees dus voor *: binnen het gestelde aantal bits.

Zaagtand

Gewoon tellen levert een zaagtand 0..15,0..15,0..15.

Een mooier auditief signaal is een driehoek. Door een driehoek te integreren ontstaat bijna een sinusgolf en dat is de harmonische golf van een bepaalde frequentie. Tellen naar driehoek levert 0,2,4,6,8,10,12,14,15,13,11,9,7,5,3,1 en weer 0. Deze functie ZD is eenvoudig digitaal te maken met $3 * \text{exnor}$. De meest significante bit gaat naar alle exnor's en wordt de minst significante van de driehoek, de andere drie bits gaan ieder naar een exnor en worden vermenigvuldigd met 2.

Conclusie: er zijn drie fundamentele digitale aftellingen in een 2^n verzameling:

Z: Tellen = zaagtand, voordeel welordening.

G: Graycode conventioneel, voordeel er verandert maar 1 bit.

D: Driehoek, voordeel klinkt het best als audiosignaal.

De omzettingen: ZG, ZD, GZ, GD, DZ en DG zijn redelijk eenvoudig digitaal te produceren.

MSB=4
2
LSB=1



Z 000 001 010 011 100 101 110 111 1000
 G 000 $\xrightarrow{+1}$ 001 $\xrightarrow{+2}$ 011 $\xrightarrow{-1}$ 010 $\xrightarrow{+4}$ 110 $\xrightarrow{+1}$ 111 $\xrightarrow{-2}$ 101 $\xrightarrow{-1}$ 100 $\xrightarrow{-4}$ 1000
 D 000 $\xrightarrow{+2}$ 010 $\xrightarrow{+2}$ 100 $\xrightarrow{+2}$ 110 $\xrightarrow{+1}$ 111 $\xrightarrow{-2}$ 101 $\xrightarrow{-2}$ 011 $\xrightarrow{-2}$ 001 $\xrightarrow{-1}$ 0
 T 0 2 4 6 7 5 3 1



Zie ook: prioriteits-encoder en pariteits-controller om de moeilijkste van deze omzettingen te realiseren, de anderen zijn te maken met gewone digitale poorten.

Of toch nee er is een vierde:T

Bij Grafen-theorie komt er een trommelcode voorbij: 16 cijfers 1, of 0, waarvan er steeds 4 na elkaar bekeken worden; dat geeft de vier bits trommel code:

0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,0,1,1,0,1 leveren 0,1,3,5,7,15,14,12,9,2,5,11,6,13,10,2,4.

Van deze code is de digitale voorstelling mij nog niet bekend. Laat het een totaal ongesorteerde reeks van 16 verschillende getallen heten; het is wel een manier om met maar een mechanische aftaster en een 16 bits schuifregister, waarvan er vier opeenvolgend afleesbaar zijn 16 verschillende getallen te creëren zijn. Aan de naam alleen al is af te leiden: het kan standen van een ronddraaiende trommel aangeven. De Graycode kan dat ook, maar daarvoor zijn vier mechanische aftasters nodig!

Een opmerking daarbij nog de Graycode is zelfklokkend; zodra er een bit verandert weet je dat je met een nieuw getal te maken hebt. De trommelcode heeft naast de ene aftaster voor de informatie een klokpuls nodig; zo van nu komt er een nieuw signaal.

De Trommelcode is serieel en kan in die zin met USB doorgegeven worden. 4-pins, dus 0,+5, T, K. De Graycode is parallel en kan tot en met 8 bits met een printerkabel doorgegeven worden. Door het wijzigende getal met een prioriteitsregister te bepalen en aan te geven welk bit verandert kan een 256 bits getal door successieve approximatie doorgegeven worden. Iedere 10 bits is duizend dus we hebben het over 10^{75} !

= 4

2

B = 1

