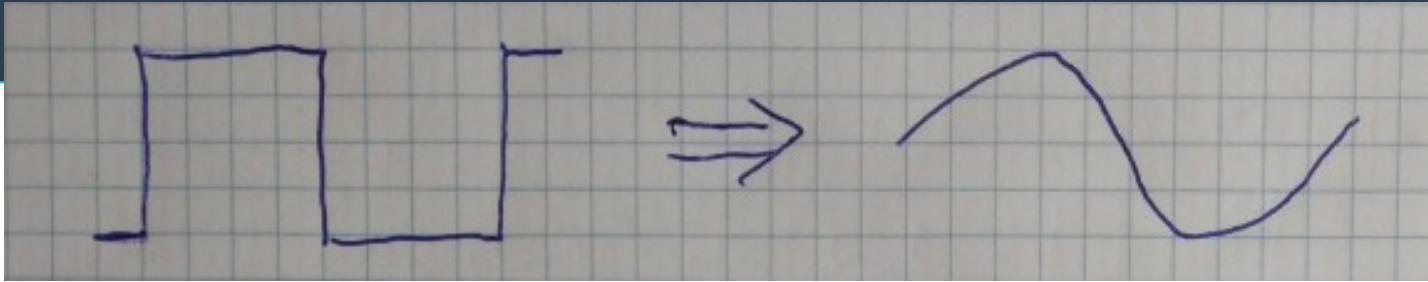


Van

Naar



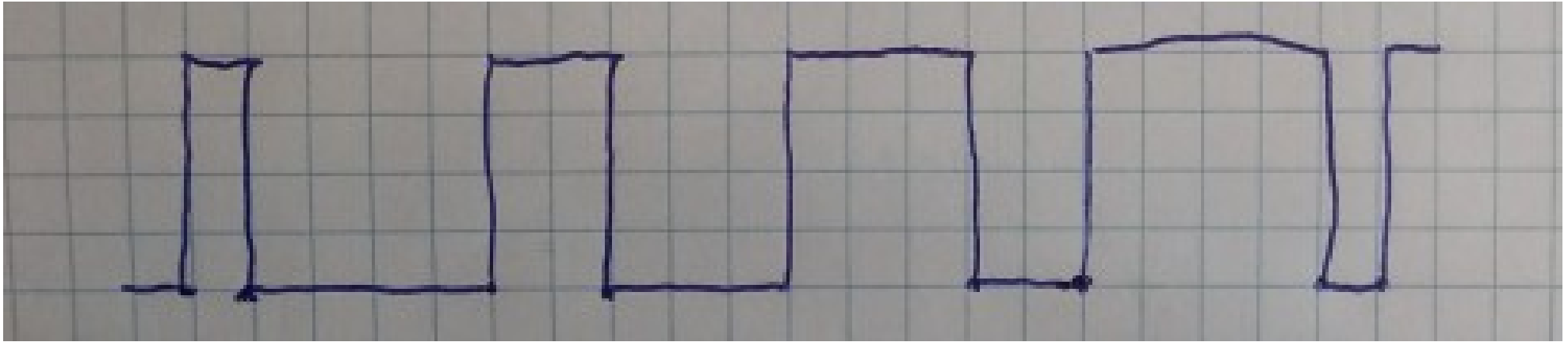
Met PWM en DMA

Begrippen

- **Wat doet PWM?**
- **Wat doet DMA?**

PWM: Pulse Width Modulation

Puls Breedte Modulatie

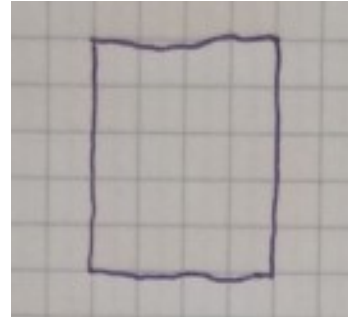
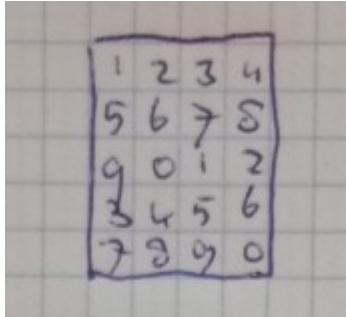


Smalle pulsen: lage spanning, brede pulsen: hoge spanning
Digitaal-Analoog omzetting

DMA: Direct Memory Access

Data kopieer machine

- Staat los van CPU, apart, onafhankelijk mechanisme
- Van de ene geheugenplaats naar een andere



Vraag:

Hoe maken we een analoog audio signaal met een RP2040?

Aanpak

- **Zoek uit welke mechanismen er zijn en wat ze doen**
 - In datasheet:
 - DMA, USB, PWM, UART, GPIO, PIO, I2C, SPI, RTC, ADC, ...

Aanpak

- Zoek uit welke mechanismen er zijn
- Leer wat ze kunnen en welke beperkingen er zijn

Aanpak

- **Zoek uit welke mechanismen er zijn**
- **Leer wat ze kunnen doen**
- **Besturen via registers (details in datasheet)**
 - Kies welke registers nodig zijn en bepaal wat je erin moet zetten
 - Experimenteer als de documentatie niet duidelijk is
 - Zoek voorbeeld programma's

Aanpak

- Zoek uit welke mechanismen er zijn
- Leer wat ze kunnen doen
- Besturen via registers
- Werk stapsgewijs naar het doel

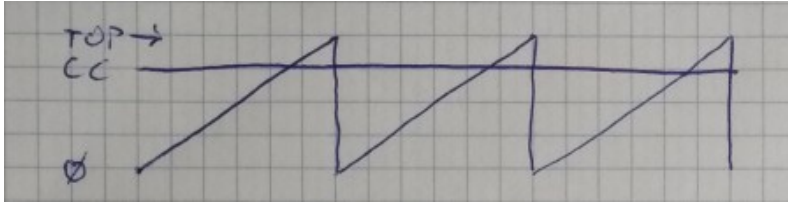
Aanpak

- Zoek uit welke mechanismen er zijn
- Leer wat ze kunnen doen
- Besturen via registers
- Werk stapsgewijs naar het doel
- Doe een stapje terug naar een werkende versie als iets niet werkt

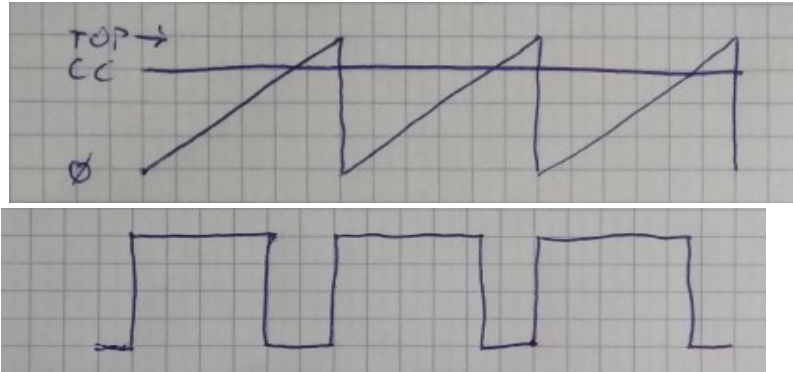
PWM registers

- 4005003c constant CH3_CSR \ enable
- 40050040 constant CH3_DIV \ systemclock frequency divider
- 40050048 constant CH3_CC \ compare counter with waveform value
- 4005004c constant CH3_TOP \ set for audio sampling frequency

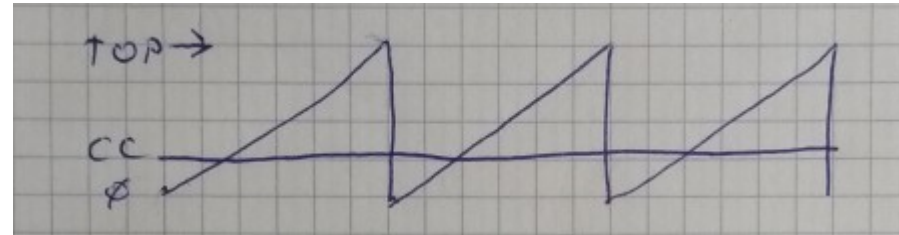
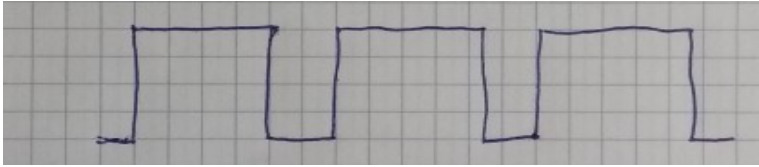
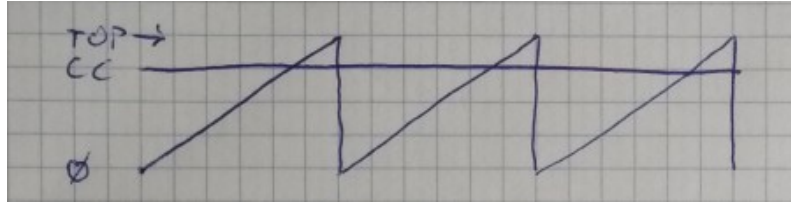
PWM werking



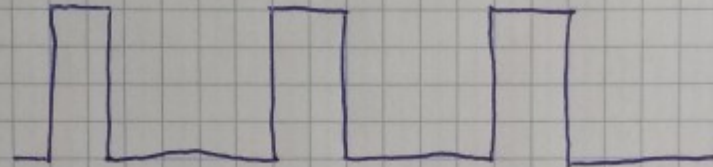
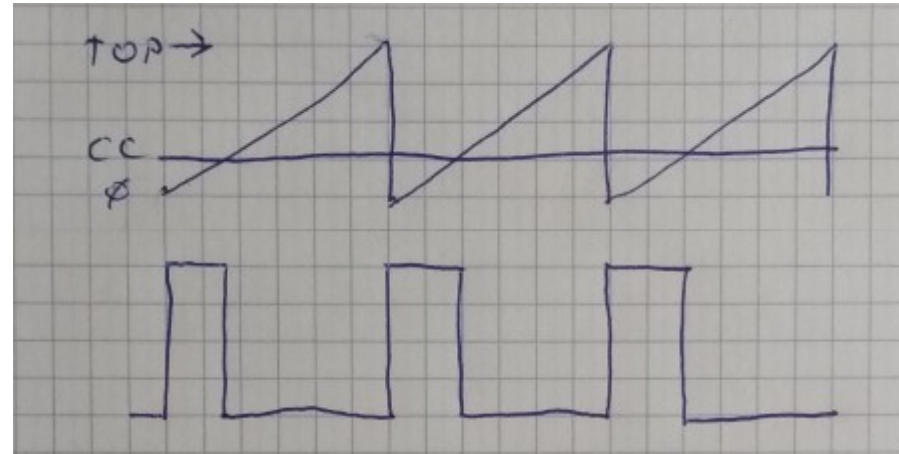
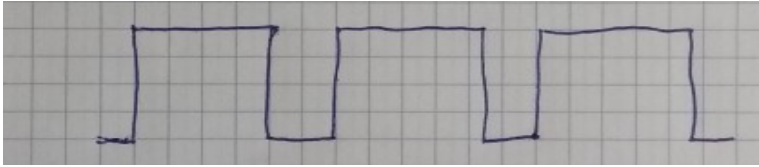
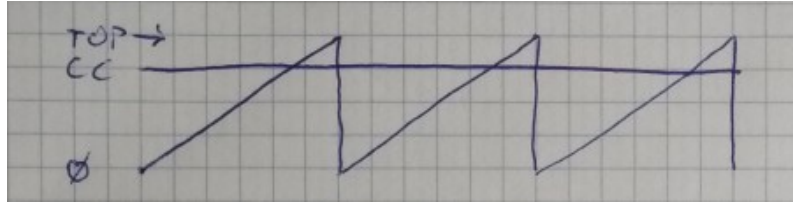
PWM working



PWM werking



PWM working



PWM instellingen

- Frequentie is instelbaar, hoog t.o.v. audio frequenties, b.v. 40kHz
- Spanningsbereik (0V - Voedingsspanning)
- Uitgangen (max 16, 4 in gebruik) op GPIO 6, 8, 10 en 12

PWM test

- Maak een tabel met 256 waarden die een sinus beschrijven
- Draai een lus waarin een voor een die 256 waarden naar CC register worden gestuurd, steeds opnieuw
- Luister naar het signaal: klinkt het als een sinus?
- Ja, maar de CPU is voortdurend bezig en ik wil meer dan een sinus tegelijk genereren met verschillende frequenties, op deze manier lukt dat niet

Wat is er nu nog meer nodig?

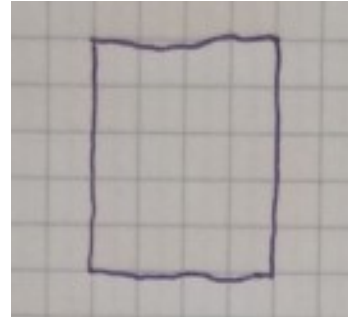
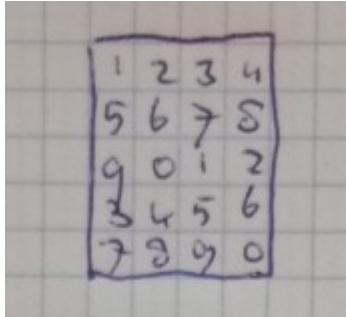
Een manier om data uit een golfvorm
tabel naar een aantal CC registers te
sturen met een instelbaar ritme, zodat we
verschillende tonen tegelijk kunnen
maken

Dus:

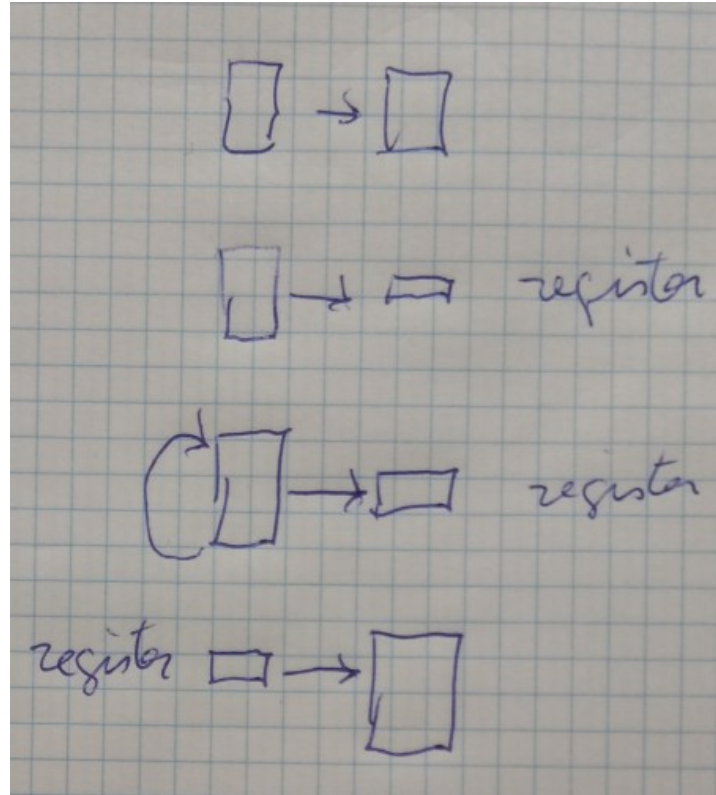
DMA: Direct Memory Access

Data kopieer machine

- Staat los van CPU, apart, onafhankelijk mechanisme
- Van de ene geheugenplaats naar een andere



DMA: Mogelijkheden

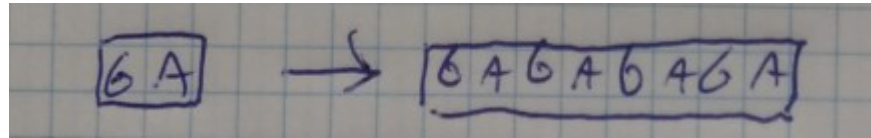


DMA: Instellingen

- **DMA**
 - Doel = CC register van PWM
 - Bron = tabel met 256 golfvorm getallen
 - Adressering: circulair, dus onbeperkt aantal perioden
 - Frequentie = toonhoogte x 256
 - Opties: Bytes of 2 bytes of 4 bytes per kopieer actie

Probleem:

- Oorspronkelijk gekozen voor een golfvormtabel van 256 bytes (goed genoeg)
- Maar:



- Registers zijn niet per byte adresseerbaar
- (Het was wel even zoeken naar de oorzaak van het slechte geluid)
- Dus uiteindelijk werd het een tabel van 256 cellen (32 bits)

DMA registers

- 50000000 constant CH0_READ_ADDR \ offset +40 for CH1..11
- 50000004 constant CH0_WRITE_ADDR
- 5000000c constant CH0_CTRL_TRIG \ verdere instellingen
- 5000001c constant CH0_TRANS_COUNT_TRIG \ # kopieën
- 50000420 constant TIMER0 \ offset + 4 for TIMER1 .. 3

Probleem:

- Storende schakelklikken bij begin/einde van de toon
- Eerst volume in de golfvormtabel gemaximaliseerd (tussen 0 en 4095), dat hielp
- Daarna het berekende aantal hele perioden in de `CH0_TRANS_COUNT_TRIG` zetten, zodat de toon altijd op een nuldoorgang start en eindigt, dat hielp nog meer

Uiteindelijke versie

- CC loopt van 0 tot 4095, met klok van 125MHz geeft dat ongeveer 30,5 kHz
- Dat geeft audio signalen van (in theorie, met ideale filtering) ongeveer 15,25 Khz – met simplistische filtering (RC) zeg 4Khz
- Instelling van MIDI noten of frequentie
- Optie voor extra golformen
- Nu maximaal 4 tonen tegelijk (het aantal pacing timers voor de DMA is de beperkende factor)
- Uitgewerkte demo versie voor noForth in <https://home.hccnet.nl/w.jager/blog/pwm-dma-rp2040/>

Nog vragen?

