

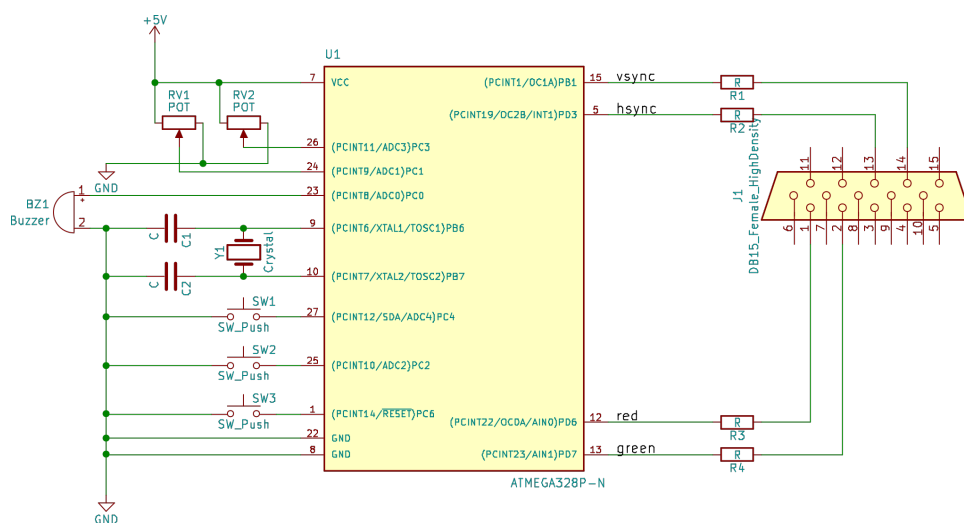
Spelcomputer op breadboard

Jasper ter Weeme

February 12, 2018

Deze tutorial laat u op simpele wijze de basisbeginselen van een (spel)computer leren. Door de stappen in deze tutorial te volgen zal u stap voor stap een simpele spelcomputer in elkaar zetten op een breadboard en gaandewijs toelichting krijgen over de componenten in kwestie. Deze spelcomputer is opgebouwd uit hele goedkope en volop verkrijgbare componenten. De meeste componenten zijn te verkrijgen uit kapotte hardware. Alleen de microcontroller is specifiek gekozen, deze is echter te verkrijgen voor een of twee euro.

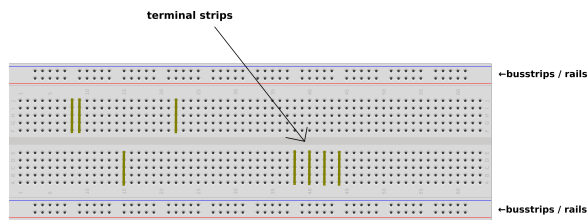
Hieronder volgt het schema van de te ontwerpen computer:



Later in het artikel zal op meerdere plaatsen verwezen worden naar dit schema.

1 Breadboard

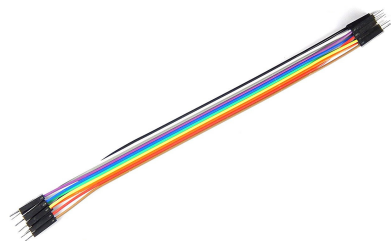
Een breadbord is een handig hulpmiddel om elektronische schakelingen op uit te proberen. Het is allereerst noodzakelijk om te weten hoe een breadboard in elkaar steekt.



Aan beide zeiden van het breadboard bevinden zich twee *bus strips*. Deze zullen worden gebruikt voor de +5V (VCC) lijn en de -0V (ground) lijn en wordt ook wel de *voedingsrails* genoemd. Alle aansluitingen op dezelfde rij zijn met elkaar verbonden, het maakt dus niet uit of je bijvoorbeeld de aansluiting op kolom 20 of kolom 50 gebruikt.

In het midden van het bord bevinden zich de zogenaamde *terminal strips*. Deze staan haaks op de voedingsrails. De terminal strips zijn vijf aansluitpunten breed. Deze vijf punten zijn allemaal met elkaar verbonden en het maakt dus niet uit welke van deze vijf je gebruikt! Hierop worden alle componenten geplaatst. De terminal strips zijn verdeeld in twee kolommen die niet met elkaar verbonden zijn. Deze twee kolommen worden gescheiden door een inkeping. Dit maakt het mogelijk om chips en andere componenten in een zogenaamde Dual-inline package (DIP) te plaatsen. Deze componenten hebben pinnen aan twee zeiden.

1.1 Jump wires

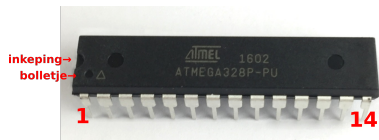


Jump wires zijn onlosmakelijk verbonden met breadboards. Met jump wires kunnen twee aansluitpunten met elkaar verbonden worden.

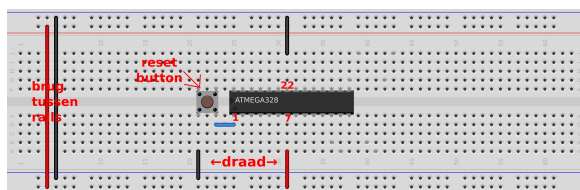
2 Microcontroller

Het hart van het systeem zal een microcontroller unit (MCU) zijn, in dit geval de Atmel ATMega328P. Desktop en laptop computers gebruiken een microprocessor. Een microcontroller lijkt op een microprocessor en bezit ook een microprocessor, maar heeft enkele functies aan boord die een gewone microprocessor niet heeft, zoals flash, werkgeheugen, timers, analoog-digitaal convertors, seriële communicatie. Je zou een MCU dus kunnen beschouwen als een lichtgewicht System-On-Chip (SOC); een chip waar verschillende functionaliteiten samen zijn ondergebracht waardoor het zonder hulp van andere chips een toepassing kan uitvoeren. Een hedendaagse microprocessor die je vindt in laptops, desktops en servers is daarentegen verbonden met allerlei andere chips om een computersys-

teem te vormen, maar is vele malen krachtiger en ook vele malen duurder dan een microcontroller.



Als u goed kijkt ziet u dat er links onder op de chip, onder de inkeping een klein bolletje ingegrafeerd is. Dit geeft pin 1 aan. Pin 28 staat aan de overkant van pin 1, de nummering loopt dus rondom de chip.



Plaats de microcontroller op het bord. Het meest praktische is om deze ergens in het midden aan te sluiten. Zorg er wel voor dat beide kanten van de chip op een verschillende terminal van het breadboard staan, oftewel met de inkeping van het breadboard door het midden van de MCU, anders ontstaat er kortsluiting. Wees voorzichtig dat de pootjes niet afbreken en pas goed op dat 5V en ground niet per ongeluk worden omgewisseld. Microcontrollers hebben een lange levensduur, maar deze genoemde dingen kunnen heel snel de microcontroller defect maken.

Sluit ook meteen een reset button aan op **pin 1** van de MCU zoals aangegeven in het schema. Een standaard drukknop is de meest voor de hand liggende optie om als reset button te gebruiken.

Het is niet noodzakelijk om uw componenten op exact dezelfde insteekpunten van het breadboard te plaatsen; zolang de componenten verbonden zijn met de juiste pinnen van de MCU is het in orde. Op deze afbeelding is zit de inkeping van de MCU links met pin 1 linksonder, maar het is dus toegestaan om de MCU ook andersom te plaatsen mits alle componenten wel op de juiste pinnen van de MCU worden aangesloten.

3 Oscillator

Misschien wel het belangrijkste signaal in een computersysteem is het kloksignaal. Het kloksignaal bepaalt de maat waarop het digitale systeem werkt. In vrijwel alle digitale systemen zoals computers en digitale horloges wordt het kloksignaal gegenereerd met een kwarts kristal.

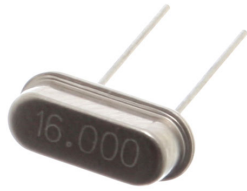


Figure 1: 16MHz kristal

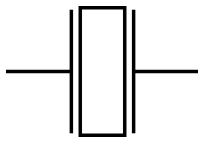
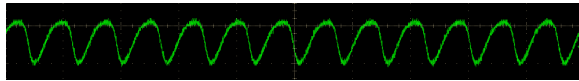


Figure 2: Symbool oscillator

Een kwarts kristal zet stroom om in een elektisch signaal met een zeer preciese frequentie. Dit signaal bepaalt als het ware het ritme van het digitale systeem zoals een pacemaker het ritme van een hart bepaald.

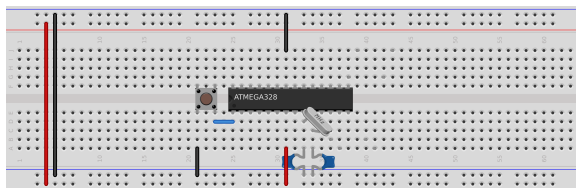


Onze microcontroller zal draaien op 16MHz, dus zullen we een 16MHz kristal gebruiken. Het kristal zal geplaatst worden tussen **pinnen 9 en 10** van de MCU. Om ruis te verminderen is het nodig om twee condensatoren van 22 pF te plaatsen tussen het kristal en de ground.



Figure 3: Condensatoren

Achter beide pinnen van het kristal een. Zie het schema. Zowel het kristal als de condensatoren hebben geen polariteit. Het maakt dus niet uit welke kant op de componenten geplaatst worden.



4 Video

Het is mogelijk om met de ATmega een VGA videosignaal te genereren, ook al is dit erg omslachtig. Het VGA signaal bestaat uit vijf signalen, plus ground. De eerste drie signalen zijn voor rood, groen en blauw. Dit zijn analoge signalen en verschillende sterktes geven uiteraard verschillende kleuren. Microcontrollers hebben geen analoge uitgang dus zullen we het met digitaal moeten doen. Dit betekent dus dat rood, groen en blauw of vol aan staan, of vol uit. Dit geeft ons dus $2^3 = 8$ kleuren. Ons spelsysteem zal echter alleen rood en groen gebruiken, dus hebben we $2^2 = 4$ kleuren.

De kleursignalen hebben een weerstand van 470Ω nodig. Weerstanden hebben evenals het kristal geen polariteit. Rood zit op **pin 12**, en groen zit op **pin 13** van de MCU.

De sterkte van een weerstand wordt aangegeven met een kleurcodering:



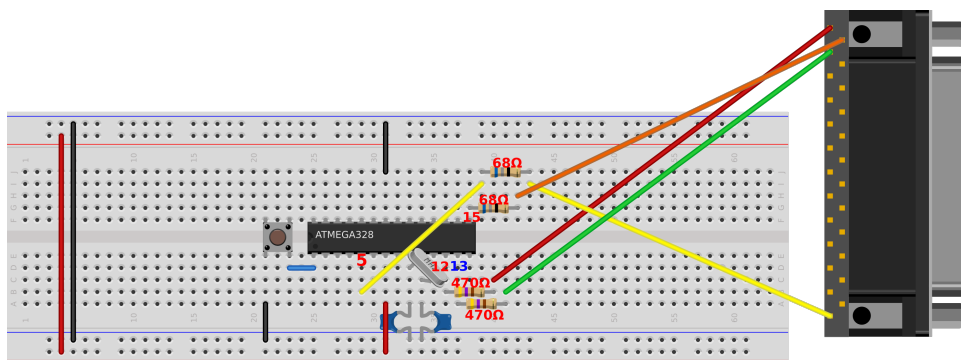
Figure 4: 470Ω



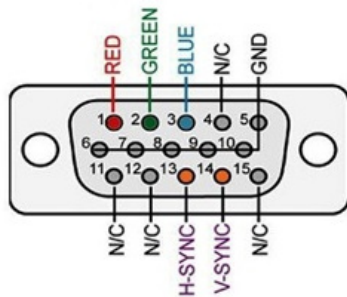
Figure 5: 68Ω

Meet in geval van twijfel de sterkte van weerstanden door met een multimeter.

De twee overige signalen betreffen de HSync en VSync, oftewel de horizontale en verticale synchronisatie. Hiermee wordt de resolutie en refresh rate bepaald. Deze twee signalen hebben een weerstand van 68Ω nodig. Het HSync signaal komt van **pin 5** en VSync van **pin 15** van de MCU.



De pinout van de VGA header is als volgt:



Als u heel goed kijkt ziet op op de VGA header in het klein nummers gegraveerd om aan te geven wat de pin nummering is.

5 Joysticks

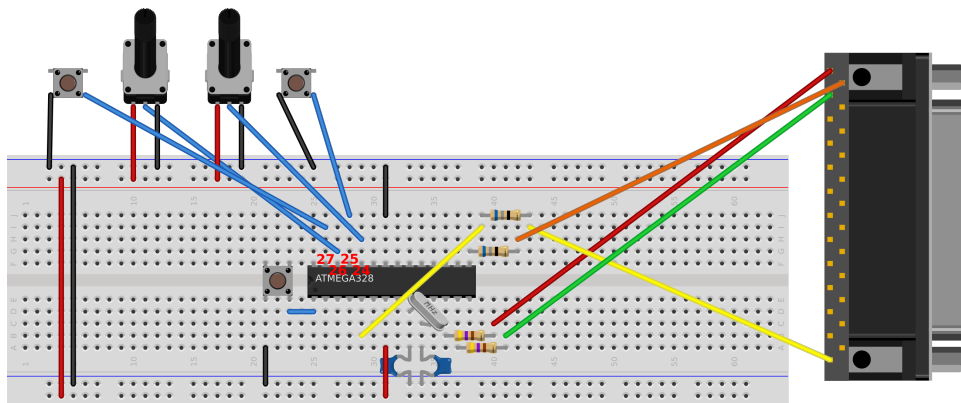
Om te kunnen spelen heeft de gebruiker een controller nodig. We zullen twee joysticks plaatsen.



Deze joysticks hebben zoals gebruikelijk twee assen; de x, en y-as. Wij zullen echter slechts een van de twee assen gebruiken bij dit systeem. Het maakt dus voor de functionaliteit niet uit welke van de twee u kiest om aan te sluiten. Het pookje kan worden ingedrukt om een button te activeren. Deze button zullen we ook gebruiken in het systeem.

De joystick is een analoog apparaat; het pookje beweegt een potentiometer waardoor afhankelijk van de stand een volledig variabel signaal van tussen de 0- en 5V zal worden afgegeven. De joystick heeft dus een 5V ingang, welke door de potentiometer verdeeld worden over het uitgangspoort verbonden met de microcontroller en de ground. De microcontroller zal de analoog-digitaalconverter (ADC) gebruiken om het voltage te meten.

De button van de joystick zal net als ieder ander digitaal signaal worden ingelezen door de MCU. Let er wel op dat in de schema en de afbeelding van het breadboard de potmeter en de button van de joysticks als aparte componenten staan afgebeeld.



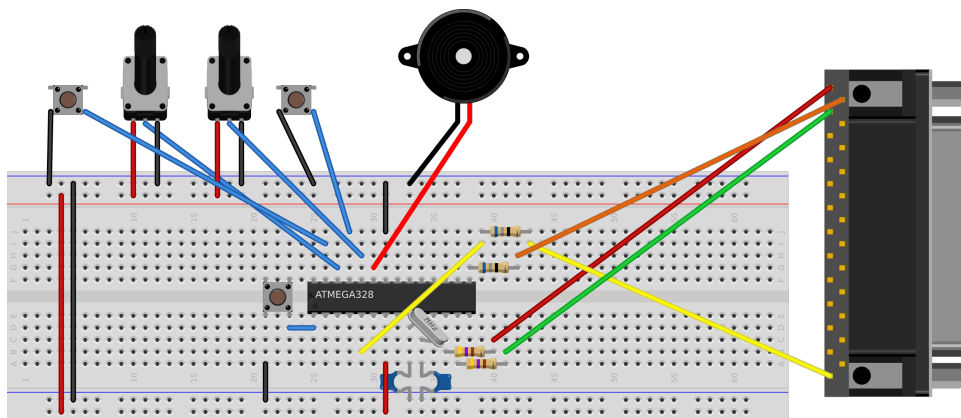
Sluit de analoge uitgang van joystick 1 aan op **pin 24**, en de button van joystick 1 op **pin 27** van de MCU. Sluit de analoge uitgang van joystick 2 en zijn button op respectievelijk **pin 26 en pin 25** van de MCU. (Op dit moment is dit verkeerd aangegeven in de afbeelding!)

6 Luidspreker

Er is ook nog de mogelijkheid om een luidspreker aan te sluiten, dit is echter optioneel. De luidspreker moet aangeloten worden op **pin 23** van de MCU.

7 Resultaat

Als u alle stappen gevolgd heeft, zal het breadboard er ongeveer zo uitzien:



Sluit nu de 5V en de ground aan. We gebruiken in dit voorbeeld de spanning van een USB kabel. Het voordeel hiervan is dat de USB bus een stabiele 5V spanning afgeeft waardoor een volt regulator niet nodig is.

Gefeliciteerd! Als het goed is kunt u nu spelen.