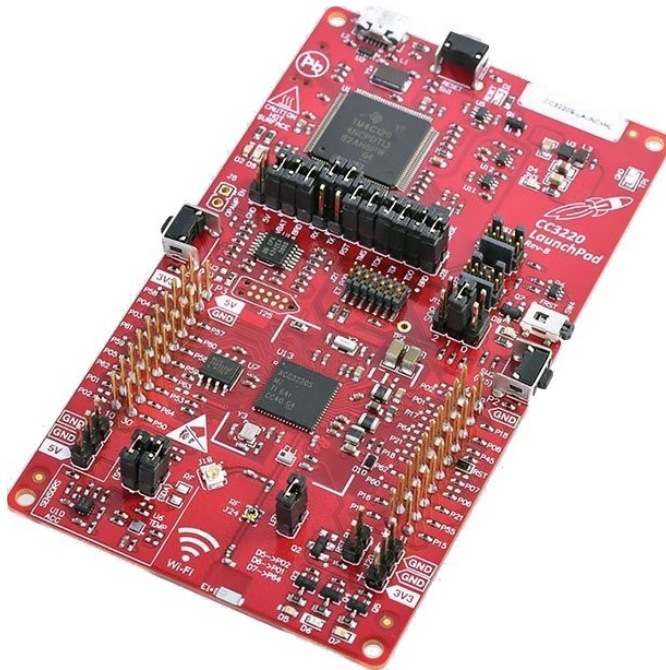


Opdrachten week 1 lab 1 – C programmeren op de CC3220S LaunchPad

Deze week maak je kennis met de SimpleLink™ Wi-Fi® CC3220S LaunchPad™, zie [figuur 1](#). Je kennis van de programmeertaal C wordt in de komende weken flink opgefrist en uitgebreid. Hierbij gebruiken we dezelfde Integrated Development Environment (IDE) als bij EMS10: Code Composer Studio (CCS).



Figuur 1: SimpleLink™ Wi-Fi® CC3220S LaunchPad™.

Je gaat deze les leren hoe je:

- de CC3220S LaunchPad kunt flashen zodat er geen wifi access point meer wordt opgestart als het bord wordt aangezet;
- een C-programma kunt uitvoeren op de CC3220S LaunchPad;
- Booleaanse variabelen kunt gebruiken in een C programma;
- vanuit je C programma, dat draait op de CC3220S LaunchPad, uitvoer kunt printen in een window van Code Composer Studio;

- invoer vanaf je toetsenbord, via Code Composer Studio, kunt doorgeven aan je C programma dat draait op de CC3220S LaunchPad.

Daarnaast herhalen we deze les een aantal onderwerpen betreffende de programmeertaal C die bij EMS10 al zijn behandeld. Je herhaalt hoe je in C-code:

- verschillende typen variabelen kunt gebruiken: gehele getallen, reële getallen en karakters;
- een beslissing maakt om bepaalde code wel of niet uit te voeren;
- bepaalde code herhaald uit kunt voeren;
- een functie kunt definiëren en aanroepen;
- argumenten aan een functie kun meegeven en een returnwaarde vanuit een functie kunt teruggeven;
- arrays en strings kunt definiëren en gebruiken.

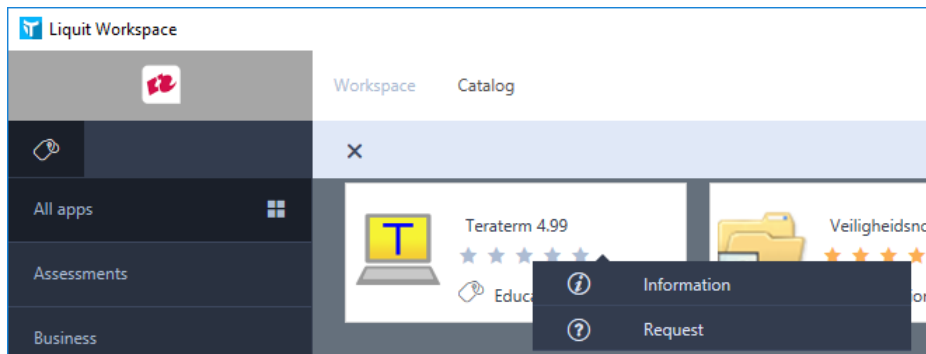
Je kunt gebruik maken van een pc in het lab of je kunt gebruik maken van je eigen laptop. Wij raden je het gebruik van git aan, om je werk tussen verschillend machines te synchroniseren.

- Om thuis of op een laptop te kunnen werken moet je zelf de benodigde software installeren. Een installatiehandleiding kun je vinden op: https://bitbucket.org/HR_ELEKTRO/ems20/wiki/installatie_software.md
- Als je gebruik maakt van een pc in het lab, dan kun je alle benodigde software vinden in de Liquit Workspace. Als voorbeeld leggen we hier uit hoe je het programma TeraTerm kunt gebruiken. Dit terminal-emulatie programma is nodig omdat veel van de demoprogramma's van TI voor de CC3220S LaunchPad gebruik maken van een (virtuele) terminalverbinding om statusinformatie en errors te rapporteren. Wij hebben voor Tera Term gekozen omdat dit programma zelf herkent welke (virtuele) seriële poorten beschikbaar zijn. TI gebruikt deze terminal-emulator ook in zijn handleidingen. Start Liquit Workspace en zoek het programma Tera Term op in de 'Catalog', zie [figuur 2](#).

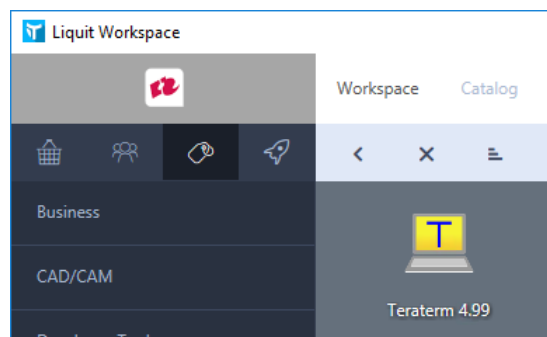
Klik vervolgens op je rechtermuisknop en klik op 'Request'. Het programma is nu beschikbaar in de Liquit Workspace, zie [figuur 3](#).

Door dubbel te klikken op de icoon, kun je het programma starten. Je kunt het programma nu weer sluiten, want we hebben het pas later weer nodig.

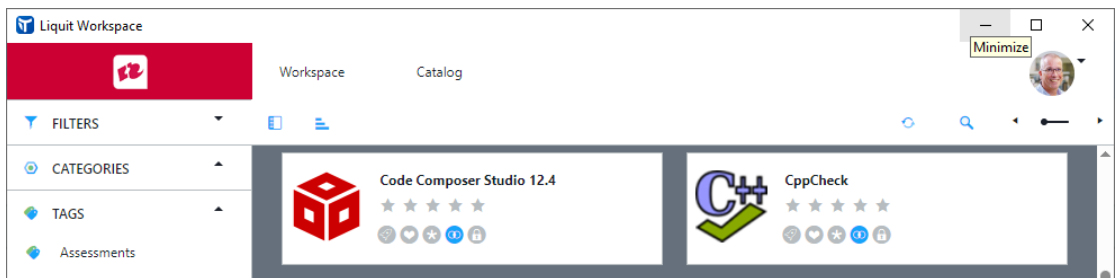
Start nu eerst Code Composer Studie op vanuit Liquit. Let erop dat je Code Composer Studio **versie 12.4** gebruikt, zie [figuur 4](#). De eerste keer dat je dit programma opstart, wordt het geïnstalleerd inclusief de benodigde drivers.



Figuur 2: Het programma Tera Term zoals weergegeven in de Liquit Catalog.

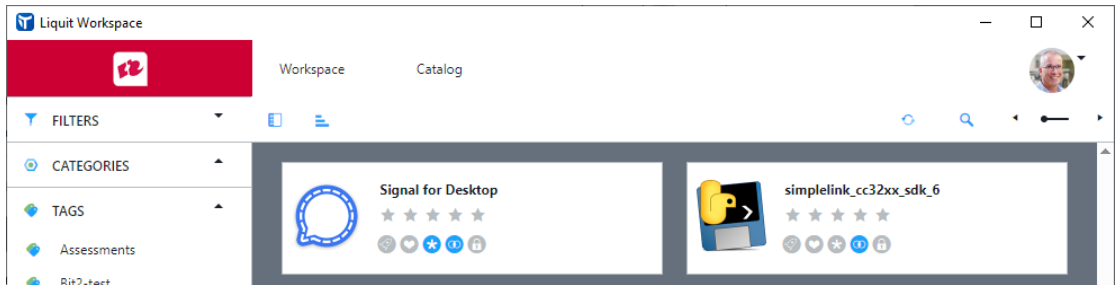


Figuur 3: Het programma Tera Term zoals weergegeven in de Liquit Workspace.



Figuur 4: De juiste versie van Code Composer Studio in Liquit.

De Software Development Kit (SDK) **versie 6.10** moet (als dat nog niet is gedaan) éénmalig apart geïnstalleerd worden vanuit Liquit, zie [figuur 5](#).



Figuur 5: De Software Development Kit (SDK) versie 6.10 in Liquit.

Waarschuwingen

Als je CCS op een school pc gebruikt, dan moet je **geen** updates uitvoeren. Omdat je geen rechten hebt om software te installeren zal CCS na de ‘update’ **niet** meer opgestart kunnen worden!

Als je CCS voor de eerste keer opstart, dan wordt gemeld dat een Workspace zal worden aangemaakt op de **C**-schijf. Op school is het veel handiger om de Workspace op je **H**-schijf te zetten. Zorg ervoor dat er zich **geén spaties** in dit path bevinden!.

De belangrijkste component van de CC3220S LaunchPad is uiteraard de CC3220S chip¹. De CC3220S is een zogenoemde SoC² die twee microcontrollers en een wifiradio bevat. Een van deze twee microcontrollers, een ARM[®] Cortex[®]-M4, is op de gebruikelijke wijze te programmeren. De andere microcontroller is een zogenoemde netwerk processor die alle wifi- en Internetprotocollen implementeert en de wifiradio aanstuurt. Deze laatste processor kan niet geprogrammeerd worden door de gebruiker. Op de architectuur van de CC3220S en het gebruik van wifi komen we later in deze cursus nog uitgebreid terug. Deze les ga je een aantal C-programma's schrijven voor de ARM Cortex-M4 die zich in de CC3220S bevindt. Maar voordat je dit gaat doen, ga je eerst even spelen met het programma dat al op de CC3220S LaunchPad is geïnstalleerd. Dit programma wordt door TI de out-of-box (OOB) applicatie genoemd³.

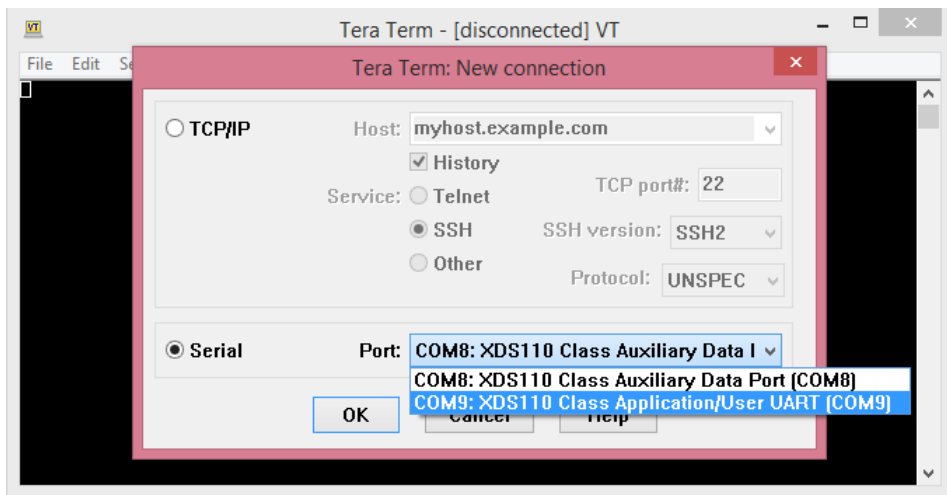
¹ Zie eventueel <http://www.ti.com/product/CC3220>.

² Een SoC (System on Chip) is een chip waarop een heel systeem geïntegreerd is. Vaak is dit een combinatie van digitale en analoge elektronica.

³ Gedetailleerde informatie kun je vinden in de [OOB Application Quick Start Guide](#) en [OOB Application User's Guide](#).

Om via wifi verbinding te maken met jouw CC3220S LaunchPad, is het belangrijk te weten welke van de wifi-netwerken van jou is. De laatste 6 karakters van het MAC-adres⁴ van jouw CC3220S LaunchPad wordt gebruikt om het wifi-SSID⁵ op te zetten. Het is nu dus tijd om te achterhalen welk MAC-adres jouw bordje heeft.

- 1.1.1** Verbind je CC3220S LaunchPad met de pc via de meegeleverde USB-kabel. Start vervolgens het programma Tera Term. Selecteer de optie ‘Serial’ en selecteer de ‘XDS110 Class Application/User UART’. Zie [figuur 6](#), het nummer van de betreffende (virtuele) COM-poort kan op jouw systeem anders zijn.



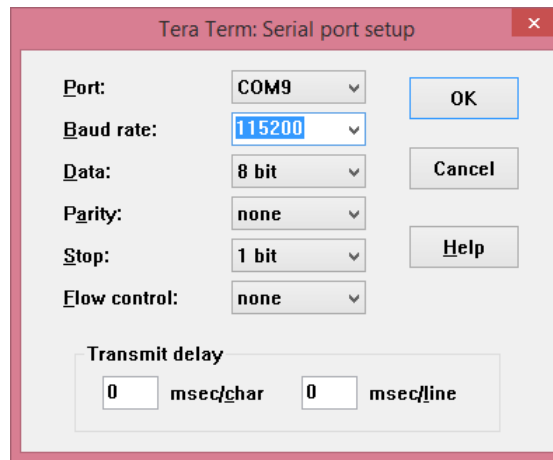
Figuur 6: Open de juiste seriële verbinding met Tera Term.

Kies nu de menuoptie `Setup > Serial port...` en zet de baudrate op 115 200 baud, zie [figuur 7](#).

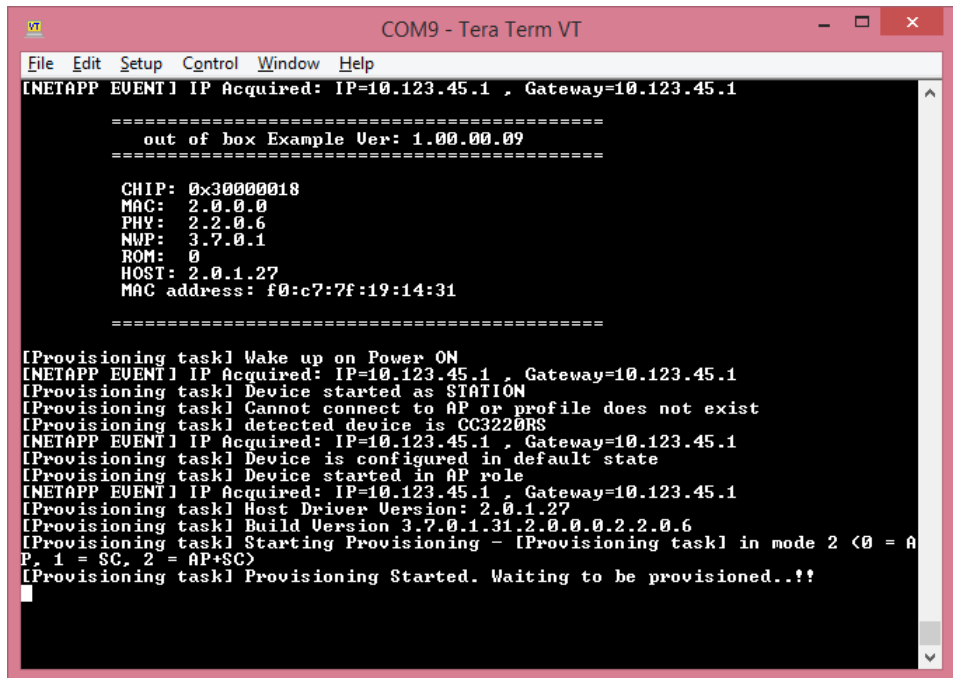
Wanneer verbinding is gemaakt kun je jouw CC3220S LaunchPad resetten door op de RESET-knop te drukken. Op de terminal verschijnt nu tekst zoals in [figuur 8](#). In de tabel staat onder meer het MAC-adres van jouw CC3220S LaunchPad. De laatste 6 karakters geven aan welk wifi-SSID van jou is. In dit geval zou het wifi-netwerk *mysimplelink-191431* heten.

⁴ MAC staat voor Media Access Control. Het MAC-adres wordt ook wel het hardware-adres of fysiek adres genoemd. Vrijwel ieder netwerkapparaat heeft een vast, door de fabrikant bepaald MAC-adres.

⁵ SSID staat voor Service Set Identifier. Het SSID van een wifi-netwerk is niets anders dan de naam van het wifi-netwerk.

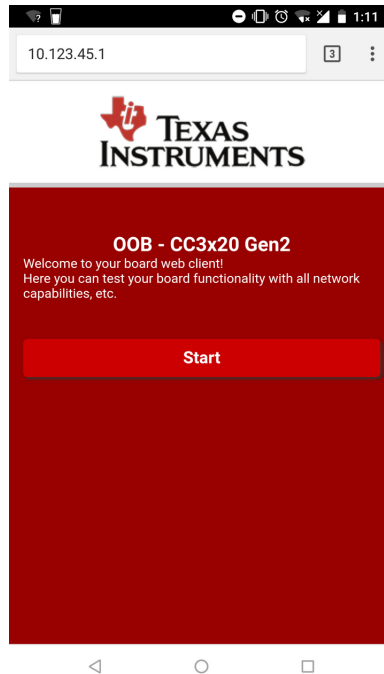


Figuur 7: Stel de juiste baudrate in.



Figuur 8: Terminal window na het resetten van de CC3220S LaunchPad.

1.1.2 Op je telefoon kun je verbinding maken met jouw wifi-netwerk. Ga vervolgens in je browser naar IP-adres⁶ 10.123.45.1. Dit IP-adres kun je intypen in de adresbalk. De website van het bordje (figuur 9) zal laden en je kunt hier de rode led schakelen en de versnellingssensor van het bord uitlezen. Gefeliciteerd, alles werkt!



Figuur 9: De startpagina van de CC3220S LaunchPad.

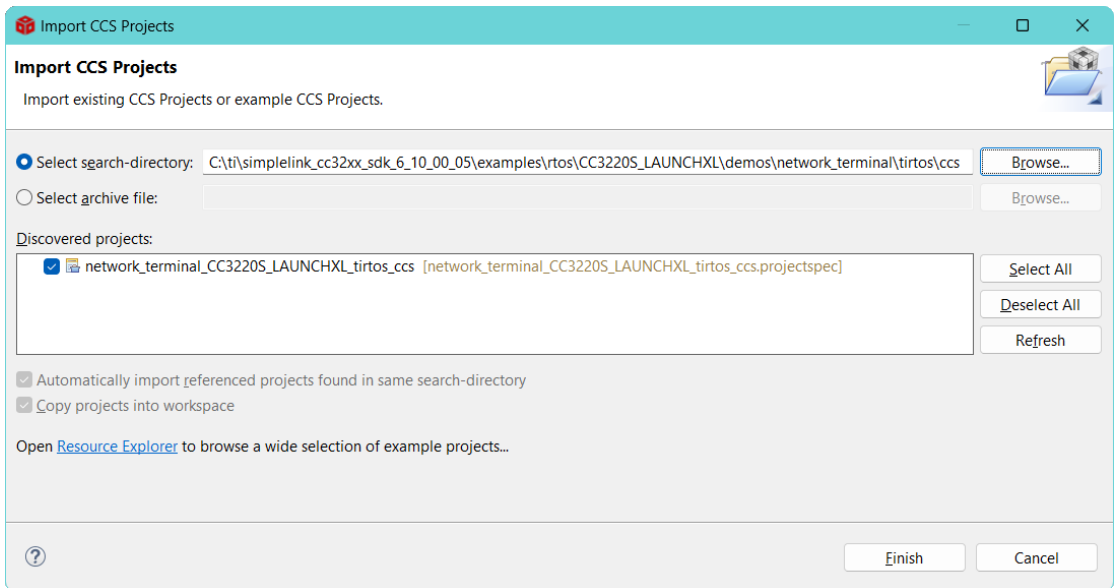
Natuurlijk is het niet handig om op school in een pc-lokaal tientallen wifi-netwerken open te hebben staan. Wat we daarom als eerste gaan doen is het standaard out-of-box programma vervangen door een network-terminal programma. Dit zorgt ervoor dat de CC3220S LaunchPad bij power-on niet zelf een wifi-netwerk op zal zetten.

1.1.3 Het network-terminal project kun je vinden in de Software Development Kit (SDK).

- Sluit als eerste Tera Term af als deze nog open staat van [opdracht 1.1.1](#).

⁶ IP staat voor Internet Protocol. Een IP-adres is in een computernetwerk een adres waarmee een NIC (network interface card of controller), in het netwerk eenduidig geadresseerd kan worden.

- Kies in het hoofdmenu van CCS voor **Project** > **Import CCS Projects...**, klik op **Browse...** en navigeer naar `C:\ti\simplelink_cc32xx_sdk_6_10_00_05\examples\rtos\CC3220S_LAUNCHXL\demos\network_terminal\tirtos\ccs`, zie [figuur 10](#).



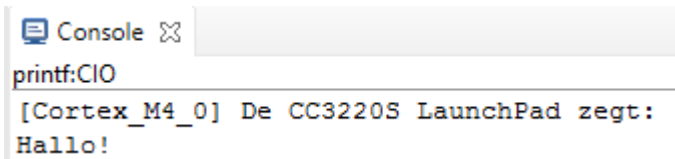
Figuur 10: Importeer project Network_Terminal.

- Druk op **Finish** om het project te importeren in jouw workspace.
- Druk op het hamertje om het project te *builden*. In dit geval kun je eventuele compiler warnings negeren.
- Zorg ervoor dat de launchpad nog is aangesloten op de computer. Via **Run** > **Load** > **Load SLI image to serial flash** kun je nu het project schrijven naar de flash chip van de launchpad.
- Reset de CC3220S LaunchPad na het flashen en controleer of jouw wifi-netwerk nog op je telefoon verschijnt. Als je het netwerk niet langer ziet kun je verder gaan met de opdrachten⁷.

Je bent nu klaar om de CC3220S LaunchPad te gaan programmeren in de programmeertaal C.

⁷ Als je de out-of-box applicatie later weer terug wilt zetten, dan kun je alle bovenstaande stappen herhalen, maar dan met het *Out of box* project. Een en ander is ook beschreven in de [SimpleLink™ Wi-Fi® CC3220 Out-of-Box Application User's Guide](#).

1.1.4 Een nieuw project aanmaken zoals we bij de MSP430 hebben gedaan is helaas nogal bewerkelijk⁸. Door de docent is een project gemaakt dat een eenvoudig C-programma voor de CC3220S LaunchPad bevat. Fork het project van https://bitbucket.org/HR_ELEKTRO/ems20_ccs_projecten/fork en importeer het project CC3220S_printf_project naar jouw workspace. Indien je bent vergeten hoe dit moet, kun je opnieuw [Opdrachten_Week_5_Les_2.pdf](#) bekijken van EMS10. De functie printf is een standaard C-functie die gebruikt kan worden om iets op een beeldscherm af te drukken. De CC3220S LaunchPad beschikt echter niet over een beeldscherm. Daarom heeft TI de functie printf zo geïmplementeerd dat de uitvoer van deze functie in een apart window in CCS wordt weergegeven. Als je dit programma uitvoert, verschijnt de uitvoer van de functie printf in de debugger, zoals weergegeven in [figuur 11](#).



```
Console X
printf:CIO
[Cortex_M4_0] De CC3220S LaunchPad zegt:
Hallo!
```

Figuur 11: De uitvoer van het programma verschijnt in het window genaamd Console van CCS.

Lees nu paragraaf 1.4 van het boek *C for Python programmers* dat je ook bij EMS10 hebt gebruikt.⁹

1.1.5 Kopieer het project CC3220S_printf_project en geef het de naam opdr1.1.5. Vervang het bestand main.c door de code die gegeven is in [listing 1](#). Gebruik de functie printf om het programma de uitvoer te laten produceren die gegeven is in [figuur 12](#). Details betreffende het gebruik van de functie printf kun je vinden op <http://en.cppreference.com/w/c/io/fprintf>.

1.1.6 De standaard C-functie scanf kan gebruikt worden om de waarde van een variabele in te lezen. Deze waarde moet dan worden ingevoerd op het toetsenbord. TI heeft de functie scanf zo geïmplementeerd dat de invoer die je intypt in het Console window in CCS wordt doorgegeven aan het programma dat draait op de CC3220S LaunchPad.

⁸ Dit wordt ook afgeraden door TI zelf: zie [paragraaf 5.4](#) van de Quick Start Guide for SimpleLink™ CC32xx SDK.

⁹ Carl Burch. *C for Python programmers*. 2011. URL: <http://www.cburch.com/books/cpy/>.

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int i = 51966;
    char c = '?';
    double d = 3.141592653;
    char s[] = "Dit is een string!";

    // Vul hier je code in

    while (1);
    return 0;
}
```

Listing 1: Code bij [opdracht 1.1.5](#), zie [opdr1.1.5.c](#)

```
[Cortex_M4_0]
De variabele i heeft de waarde: 51966
In hexadecimale notatie is dit: cafe
De variabele c heeft de waarde: ?
De variabele d heeft de waarde: 3.14159265
De variabele s heeft de waarde: Dit is een string!
```

Figuur 12: Gewenste uitvoer van het programma van [opdracht 1.1.5](#).

Dit programma kan dan de functie `scanf` gebruiken om deze invoer te verwerken. Details betreffende het gebruik van de functie `scanf` kun je vinden op <http://en.cppreference.com/w/c/io/fscanf>. Maak een nieuw project met de naam `opdr1.1.6`. Laat de C-code in dit project de volgende acties uitvoeren:

- Vraag de gebruiker om 4 gehele getallen in te voeren en lees deze getallen in.
- Bereken de gemiddelde waarde van deze getallen (als floating-point getal) met behulp van [vergelijking \(1\)](#).

$$avg = \frac{v1 + v2 + v3 + v4}{4} \quad (1)$$

- Druk deze waarde af in het Console window van CCS.

1.1.7 De standaard afwijking van dit gemiddelde zegt iets over de spreiding van de getallen waarvan het gemiddelde is bepaald. Om de standaardafwijking te berekenen kun je gebruik maken van [vergelijking \(2\)](#). De wortel van een getal kun je bepalen met behulp van de functie `sqrt`, die gedefinieerd is in de include file `math.h`. Breidt het programma dat je hebt gemaakt bij [opdracht 1.1.6](#) uit zodat ook de standaardafwijking wordt afgedrukt.

$$sd = \sqrt{\frac{(v1 - avg)^2 + (v2 - avg)^2 + (v3 - avg)^2 + (v4 - avg)^2}{4}} \quad (2)$$

1.1.8 Een priemgetal is een natuurlijk getal groter dan 1 dat slechts twee natuurlijke getallen als deler heeft, namelijk 1 en zichzelf. De zeef van Eratosthenes¹⁰ (bibliothecaris van Alexandrië vanaf ca. 240 v.Chr.) is een al zeer lang bekend algoritme om priemgetallen te vinden.

Bij dit algoritme voer je achtereenvolgens de volgende stappen uit:

1. Maak een gesorteerde lijst van alle getallen van 2 tot een zelf te kiezen maximum.
2. Kies het kleinste getal uit de lijst.
3. Streep alle veelvouden van het gekozen getal door (maar niet het getal zelf).
4. Kies het volgende getal uit de lijst en ga verder met stap 3. De getallen die op deze manier overblijven zijn alle priemgetallen tot het maximum.

De procedure kan op enkele manieren versneld worden.

- Het heeft geen zin in stap 4 een getal te kiezen dat al doorgestreept is, want alle veelvouden daarvan zijn al doorstreept.
- Je kunt met doorstrepen beginnen bij het kwadraat van het gekozen getal. Alle kleinere veelvouden zijn al doorstreept.
- Is het gekozen getal groter dan de wortel uit het maximum, dan is de procedure voltooid.

Schrijf een functie die in een array met n Booleaanse variabelen¹¹ voor elke index aangeeft of deze index een priemgetal is. Maak daarbij gebruik van de zeef van Eratosthenes (zonder versnellende maatregelen).

¹⁰ Zie: https://nl.wikipedia.org/wiki/Zeef_van_Eratosthenes.

¹¹ In het boek dat we bij EMS10 hebben gebruikt staat dat de programmeertaal C geen ingebouwd type heeft voor Booleaanse variabelen. Dit is echter sinds de C99 standaard niet meer waar. Als je de include file `stdbool.h` gebruikt kun je in C gebruik maken van het variabele type `bool`.

Maak eerst een flowchart met behulp van het programma Flowgorithm¹² Implementeer je flowchart in C. Schrijf ook een programma om de functie te testen. Maak het programma zo snel mogelijk door de hierboven beschreven versnellende maatregelen toe te passen.

1.1.9 Vergelijk de flowchart en het programma dat je hebt geschreven bij [opdracht 1.1.8](#) met de flowchart en het programma dat je kunt vinden op https://bitbucket.org/HR_ELEKTRO/ems20/wiki/priemgetallen.md.

Beantwoord de volgende vragen:

- Wat heb jij anders/beter/slimmer gedaan?
- Wat heb je geleerd toen je beide oplossingen met elkaar vergeleek?

Bespreek je bevindingen met de practicumdocent.

¹² Zie: <http://www.flowgorithm.org>.