

Onderzoek spanning en stroomvormen van een computer

Spring verstandig om met het elektriciteitsverbruik van uw computer. De leerlingen van de elektronica afdeling (5TEE) van het VTI onderzoeken het stroomverbruik van een computer in diverse omstandigheden.

Opmerking: dit is het tweede rapport rond wetenschappelijk onderzoek dat gebeurt in het kader van een totaal project over rationeel energieverbruik van huishoudelijke toestellen.



Foto: meetopstelling PC 1

Inhoud

1. Inleiding
2. Technische achtergronden
3. Meetapparatuur en toestellen
4. Meetopstelling
5. Configuratie van de PC's
6. Metingen
7. Foto's van spanning- en stroomverloop
8. Verklaring van het stroomverloop en werking van de SMPS
9. Besluiten
10. Tips
11. Bijlagen

1. Inleiding

Met deze test willen we onderzoeken welk vermogen een computer opneemt in diverse omstandigheden. Vervolgens wordt het totale energieverbruik berekend. Aan de hand van de meetresultaten worden een aantal tips belicht waarbij we de school en de studentenpopulatie kunnen aanzetten tot een meer rationeler energie verbruik zonder aan comfort in te boeten.

Vorig jaar (2010) werden dezelfde metingen uitgevoerd, echter zonder gebruik te maken van een oscilloscoop. Aangezien de computer over een schakelende voeding beschikt leek het ons interessant de stroomvormen te bestuderen met behulp van een oscilloscoop.

2 computers worden daarvoor op de testbank gelegd: een gewone PC van 2003 en een gaming PC van 2007.

Uit vorige metingen bleek al dat metingen met behulp van een “gewone” multimeter onbetrouwbaar waren bij stroom- of spanningsvormen die afweken van een zuiver sinusoïdaal signaal bij een frequentie van 50 Hz.

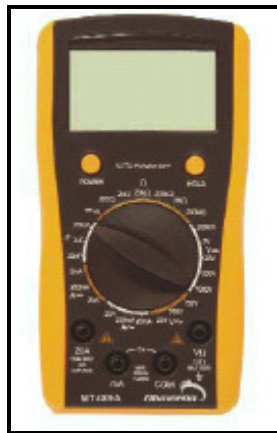
2. Technische achtergronden.

Voor de lezers van dit artikel willen we ook een aantal wijdverspreide misopvattingen uit de weg ruimen:

- Neen, er zit geen stroom op het stopcontact, maar wel spanning (230 Volt), enkel wanneer er een verbruiker is aangesloten kan er een stroom vloeien.
- Het energieverbruik van uw toestel is afhankelijk van de volgende factoren: de netspanning, de opgenomen stroom en de tijd waarbij het toestel is aangesloten. Daarnaast is ook de arbeidsfactor ($\cos \varphi$) belangrijk. De arbeidsfactor is de waarde waarbij spanning en stroom in fase zijn.
- Het opgenomen vermogen $P = U.I. \cos \varphi$ uitgedrukt in Watt of kWatt. Hierbij is φ de faseverschuiving tussen spanning en stroom veroorzaakt door een capacatieve of inductieve belasting. Het actief opgenomen vermogen P , wat als basis wordt gebruikt ter bepaling van uw energieverbruik wordt berekend door het schijnbare vermogen te vermenigvuldigen met $\cos \varphi$. $P = S. \cos \varphi$.
- De verbruikte energie $E = P.t$ uitgedrukt in Joule (Ws) of kWh. Dit is de waarde die je aan jouw energieleverancier moet betalen.
- Stroom I : uitgedrukt in ampère (effectieve waarde).
- Spanning U : effectieve waarde van de netspanning.
- Schijnbaar vermogen: dit zijn de waarden die je meet met een Voltmeter en Ampèremeter. Door deze waarden met elkaar te vermenigvuldigen bekom je het Schijnbaar vermogen S . $S = U.I$ (VA).
- Bij een puur Ohmse belasting (vb een verwarmingstoestel) is $\cos \varphi$ gelijk aan 1

3. Gebruikte apparatuur en toestellen:

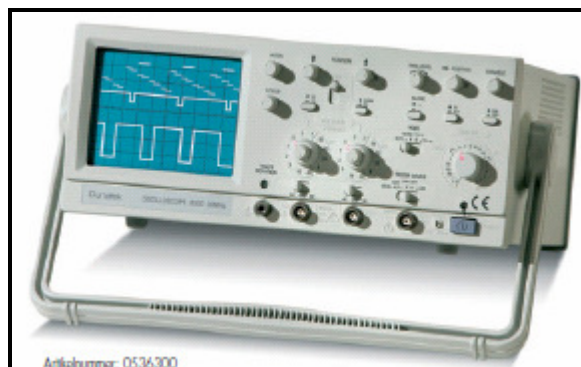
- Multimeter: ohmeron MT488A



- Wattmeter: Matrix PX120



- Oscilloscoop : Dynatek 8120 20Mhz (gebruikt bij PC 1)



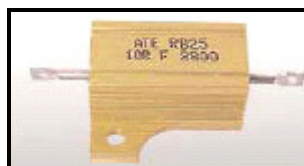
- 1:10 probe



- Oscilloscoop: Hameg 400, 40 MHz analoge oscilloscoop (gebruikt bij PC 2)

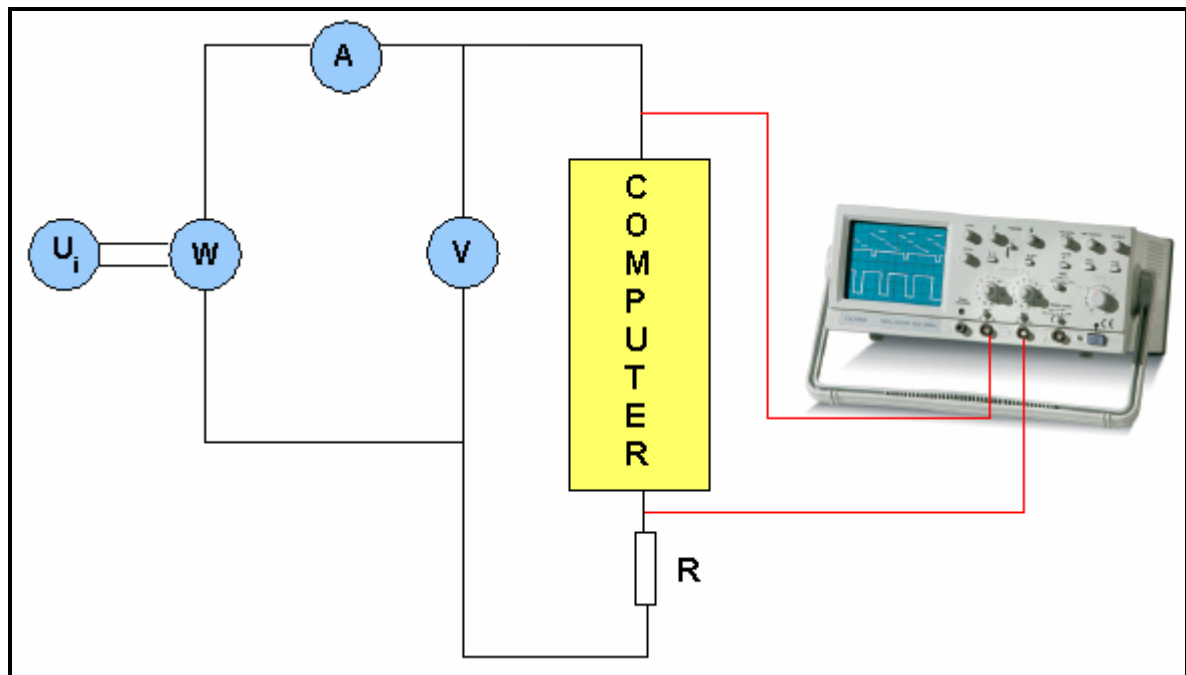


- Meetweerstand: RH15 1,5 Ω 5% (vermogensweerstand)



Figuur: 1 Ω 5 vermogensweerstand

4. Meetopstelling



Figuur: schema meetopstelling voor PC 1 en PC 2

U_i : netspanning
W: Wattmeter
V: Voltmeter
A: Ampèremeter

5. Configuratie van de Pc's

PC 1

Processor: Intel Core i7 920 @ 2.67GHz

RAM geheugen: 4.0GB Dual-Channel DDR3 @ 599MHz (7-8-8-21)

Videokaart: NVIDIA 896MB GeForce GTX 275 (ASUSTek Computer Inc):

MS Windows 7 Ultimate 64-bit

HD : 244 GB Western Digital WDC WD2500BEVS-75UST0

Voeding PC 850 Watt

Moederbord: Gigabyte Technology Co., Ltd. EX58-UD4P (Socket 1366)



Foto: voeding PC 850 Watt



Foto: interne opbouw van de PC

PC 2

Processor: Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.66GHz
RAM: 1.5 GB Dual-Channel DDR3 599MHz
Videokaart: NVIDIA GeForce 6800 GS/XT, 256 MByte
MS Windows XP
HD : 203 GB Maxtor 6L200P0
Voeding PC 350 Watt
Moederbord: ASUSTeK, P4S8X

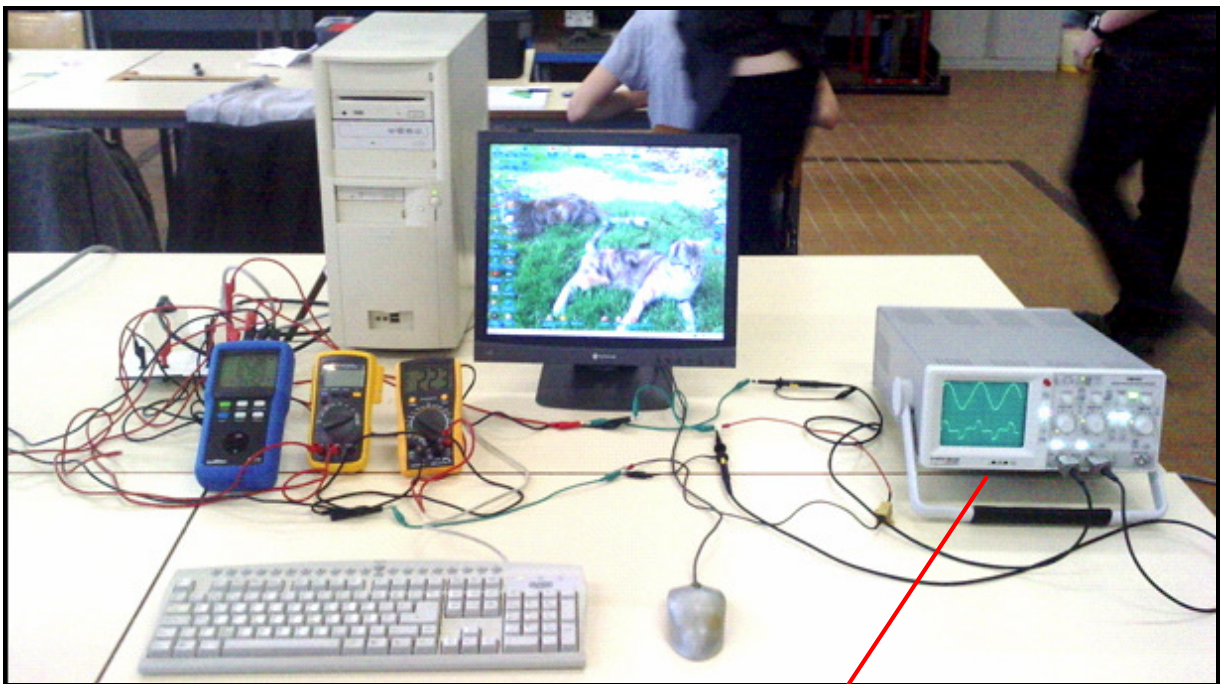


Foto: meetopstelling PC 2



6. Metingen

Tabel 1

PC 1	U (V)	I (A)	P (Watt)	S (VA)	Q (VAR)	Cos φ	φ (°)	U (V)	I (A)
Rust	220	0.05	2.7	20.6	20	0.13	82	224	0.09
Ingeschakeld	220	0.815	181	195	74	0.93	21	224	0.883
Stand-by	220	0.06	4.9	22	21	0.22	77	224	0.097
Virusscan	220	0.825	184	198	74	0.93	21	224	0.89
Gaming	220	1.7	394	422	92	0.98	11	224	1.8
Video	220	0.95	218	227	76	0.94	20	224	1

Tabel 2

PC 2	U (V)	I (A)	P (Watt)	S (VA)	Cos φ	φ (°)
Rust	224	0.122	6.2	27.3	0.23	77
Idle	224	0.78	144	173	0.83	34
Stand-by	224	1.02	97	122	0.79	38
Video	224	0.91	171	203	0.84	33
mp3	224	0.89	166	200	0.84	33
Winzip	224	1.02	196	230	0.84	33
Schermb beveiliging	224	0.76	141	170	0.84	33

Opmerkingen:

De eerste 2 kolommen zijn waarden gemeten met de ohmeron MT488A multimeters.

De rechtse kolommen zijn de metingen uitgevoerd met de Matrix PX120.

Idle: de PC is gewoon ingeschakeld maar voert niets uit.

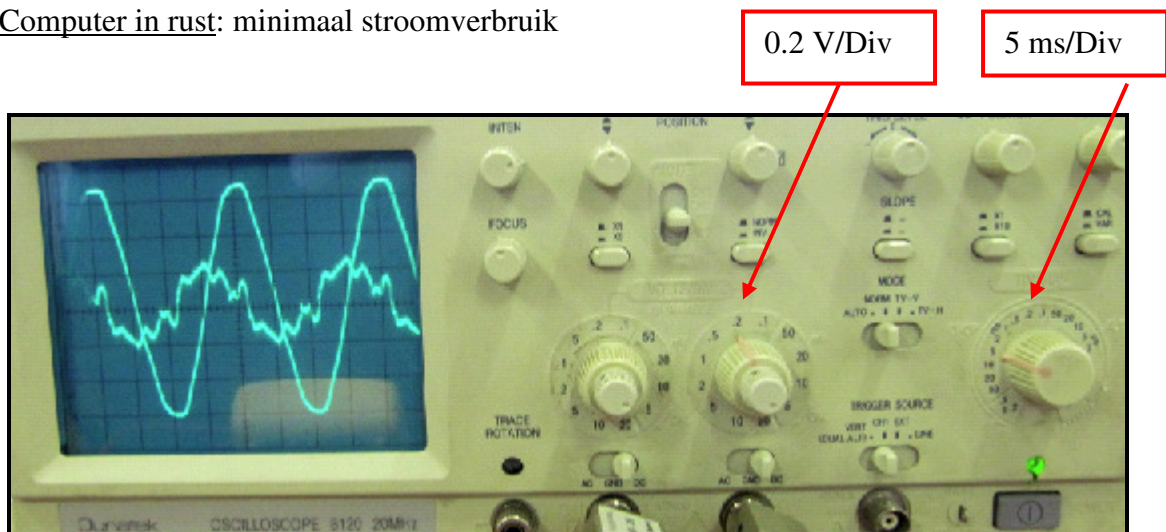
Rust: de computer is gewoon op de netspanning aangesloten.

Winzip: compressieprogramma

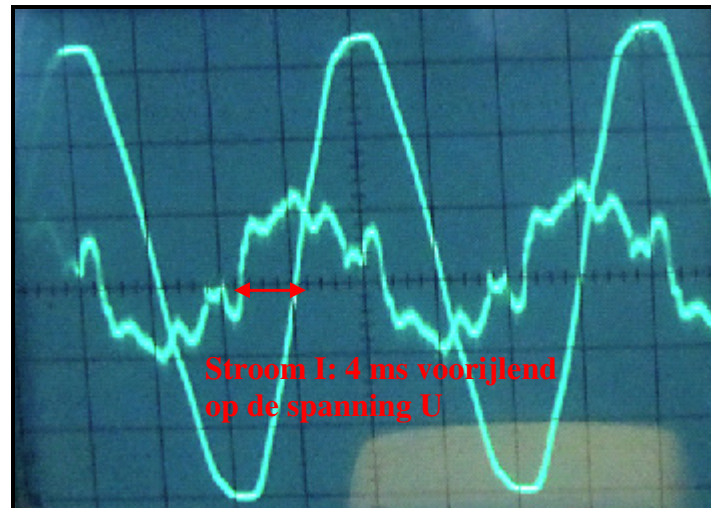
7. Foto's van spanning- en stroomverloop

PC 1

Computer in rust: minimaal stroomverbruik



Figuur: stroom- en spanningsverloop bij computer in rust

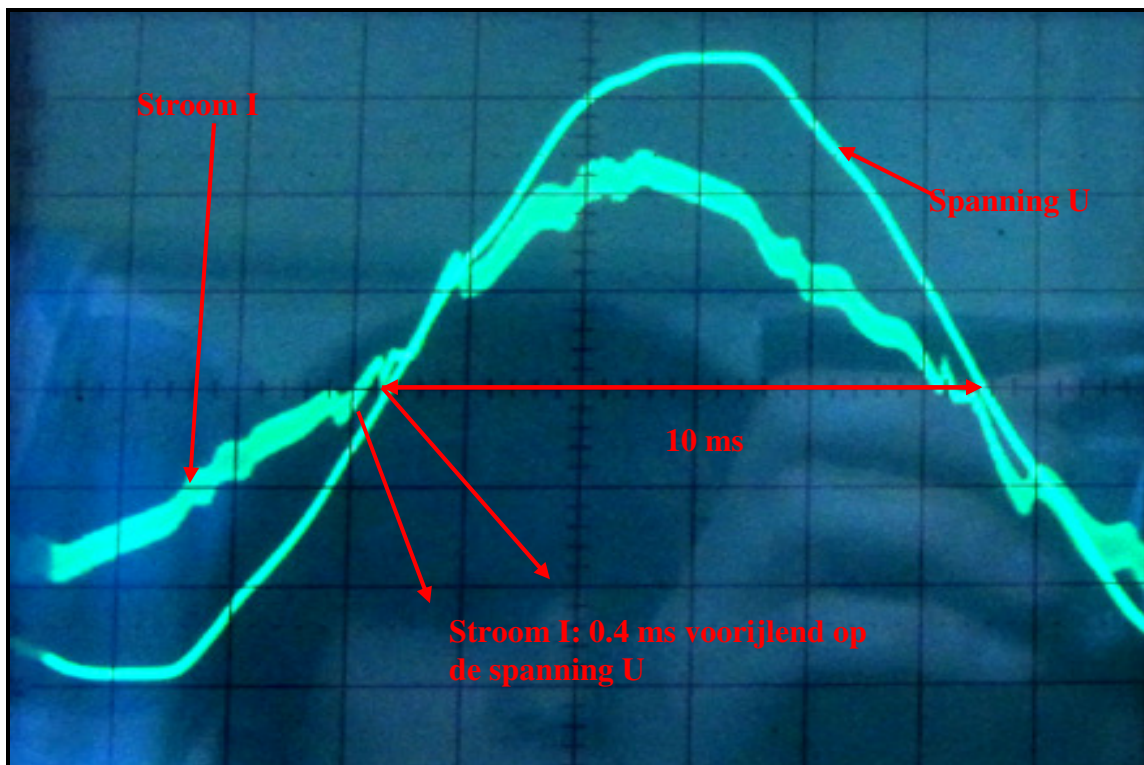


Figuur: stroom- en spanningsverloop in detail

Gaming: maximaal stroomverbruik



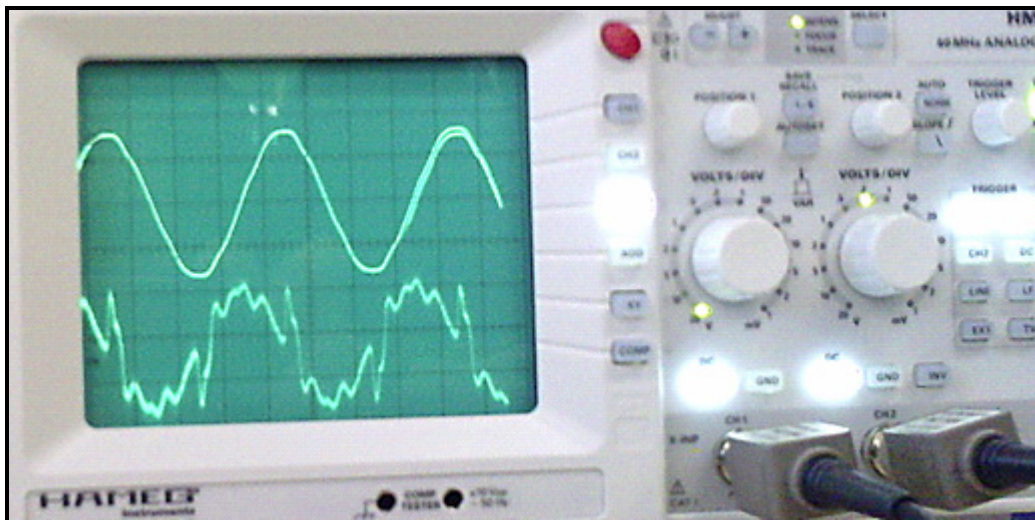
Figuur: stroom- en spanningsverloop bij gaming



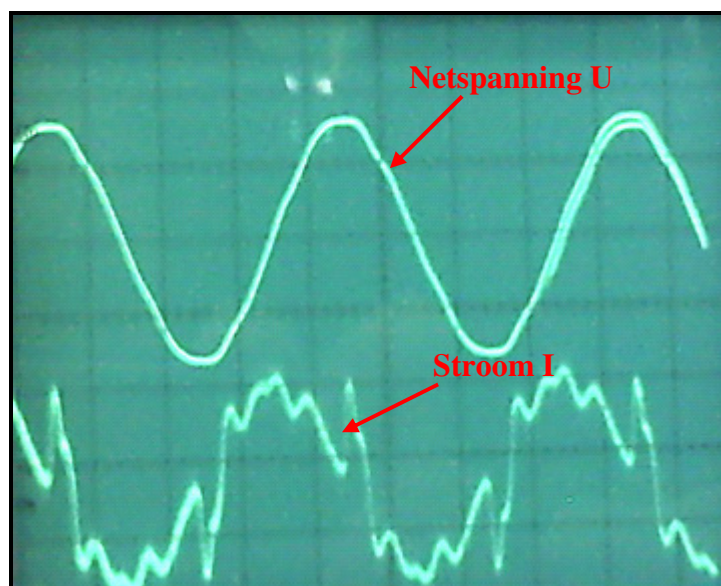
Figuur: stroom- en spanningsverloop in detail

PC 2

Computer in rust: minimaal stroomverbruik

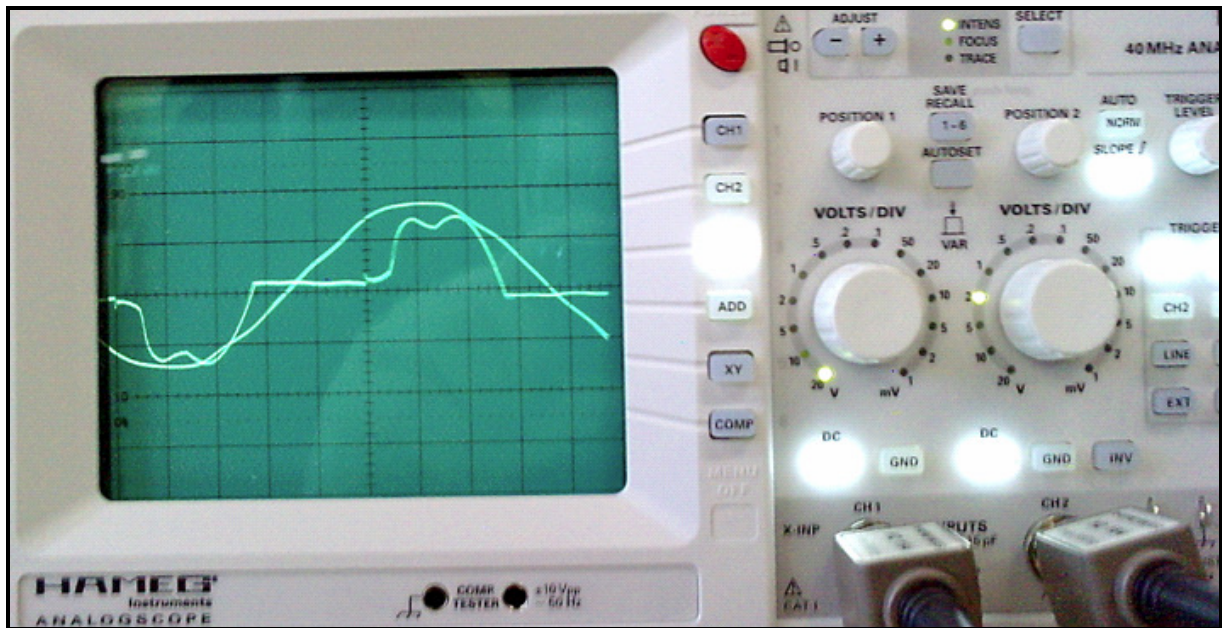


Figuur: stroom- en spanningsverloop bij computer in rust

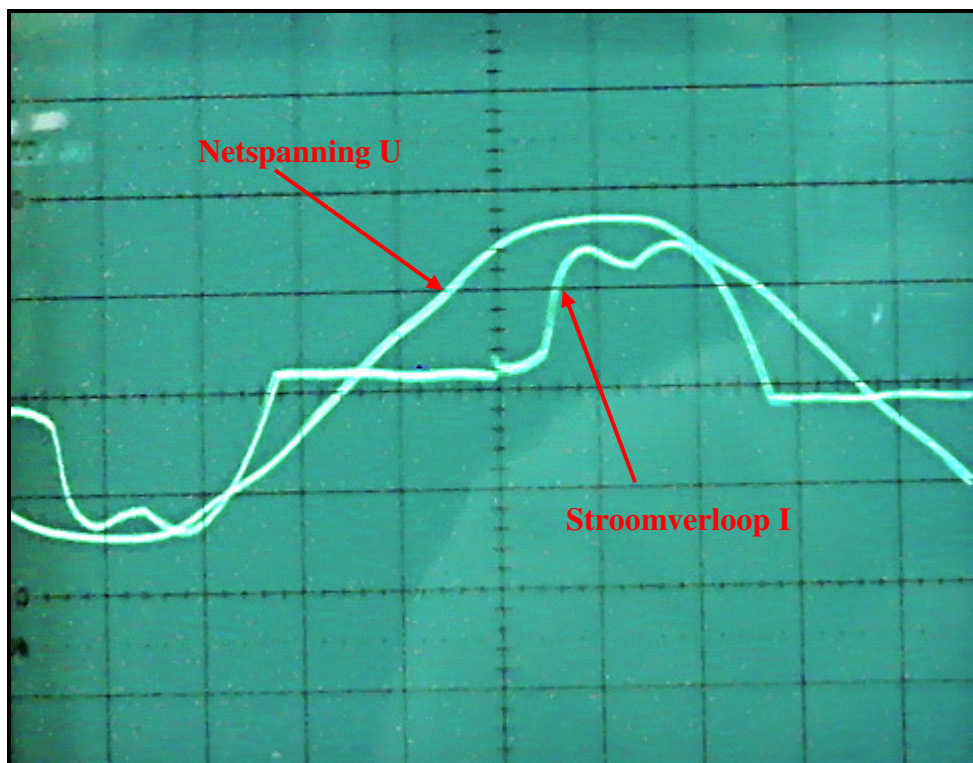


Figuur: detail weergave

Winzip: maximaal stroomverbruik



Figuur: stroom- en spanningsverloop bij het uitvoeren van een rekenintensief programma

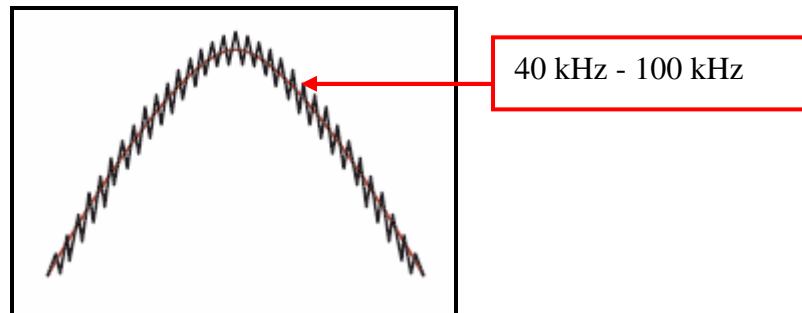


Figuur: detailweergave stroom- en spanningsverloop

8. Verklaring van het stroomverloop en werking van de SMPS:

PC 1

Het stroomverloop bij een schakelende voeding wordt op de onderstaande figuur geïllustreerd: Het signaal lijkt goed op een zaagtandfunctie: dit is te wijten aan de schakelfrequentie van de voeding, typische waarden: 40 kHz - 100 kHz.



Figuur: detail stroomverloop, 100 kHz schakelfrequentie

Bij vollast is de stroom I 7° ($0.4 \cdot 180/10$) voorijlend op de spanning U (gaming)

In rust is de stroom I 72° voorijlend op de spanning U .

Aangezien dit de uiterste waarden zijn kunnen we dus concluderen dat de computer een capacitieve belasting vormt. Bij vollast is deze echter bijna zuiver resistief.

PC 2

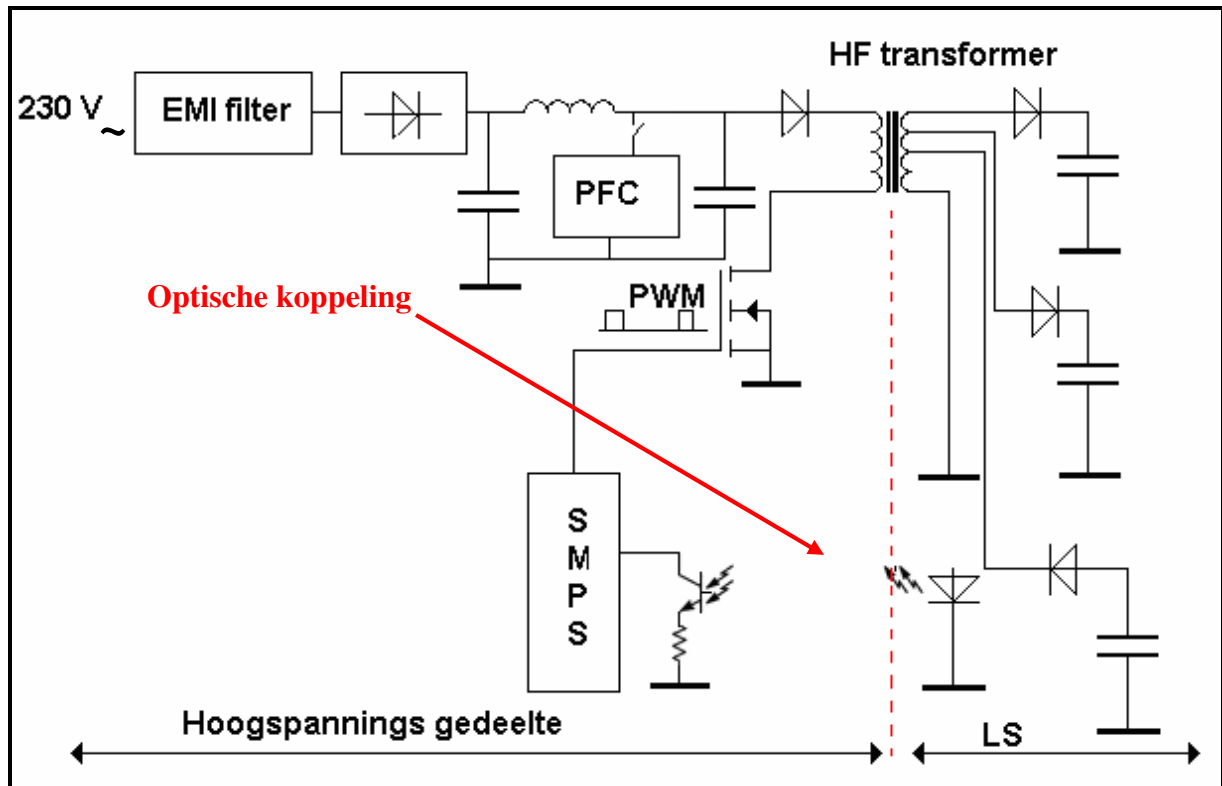
In rust is de stroom I eveneens voorijlend op de spanning U , capacitieve belasting.

Bij vollast echter zijn stroom en spanning “in fase” en vormen dus een resistieve belasting. De stroomvorm I is echter pulsvormig en begint met een vertraging van 4.4 ms te vloeien na de nuldoorgang van de spanning. De stroompuls duurt ongeveer 4.4 ms. Aangezien één periode 10 ms duurt is de faseverschuivingshoek gelijk aan: $4.4 \cdot 180/10 = 79^\circ$. Er vloeit een piekstroom van 1.86 A ($2V8/1\Omega5$)

Als we de bovenstaande berekening vergelijken met de meetresultaten van de Wattmeter (zie tabel 2) kunnen we gerust concluderen dat de digitale waarden niet betrouwbaar zijn.

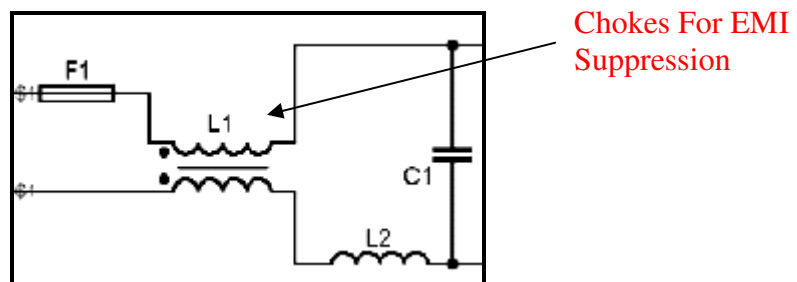
Werking van de schakelende voeding:

Blokschema:



Figuur: veréenvoudigd blokschema van een computervoeding

EMI filter: Electromagnetic interference (Elektromagnetische interferentie).
Doel storingen van en naar het net te elimineren.

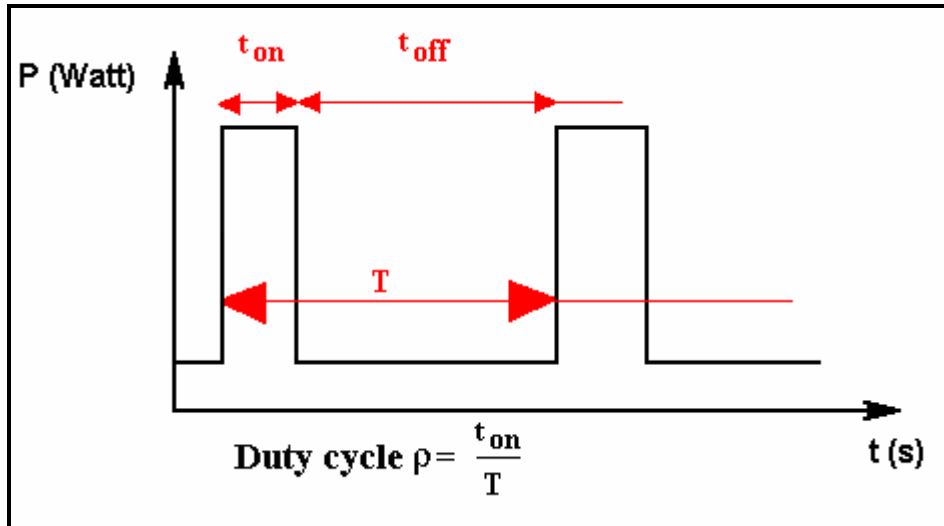


Figuur: EMI filter in detail

PFC: Power Factor Correction: zorgt ervoor dat het reactief vermogen zo klein mogelijk blijft: < 90% (spanning en stroom in fase).

SMPS: switched-mode power supply (schakelende voeding)

PWM: Pulse-width modulation (Pulsbreedte modulatie)



Bij PWM wordt de verhouding tussen t_{on} en t_{off} automatisch aangepast aan de benodigde voedingsstroom van de computeronderdelen.

SMPS transformator:

Dit is een HF transformator, geoptimaliseerd om te werken op een zeer hoge schakelfrequentie (100kHz)



Figuur: HF transformator

Opmerking: ook andere stroom- en spanningsvormen zijn mogelijk:

9. Voorlopige besluiten

- Stand-by verbruik: **computers** verbruiken stiekem stroom, zonder dat we het merken. De geteste computer heeft zonder monitor een stand-by verbruik van 4.9 Watt. Het totale sluimerverbruik van een gemiddelde computer op jaarbasis bedraagt dan gemiddeld 43 kWh. ($0.0049 \text{ kW} \times 24\text{h} \times 365$). Zowel het stand-by verbruik als het sluimerverbruik kan je het best vermijden door de stekker van het apparaat met stand-by functie uit te trekken.
- Het verbruik is afhankelijk welke bewerkingen de computer dient uit te voeren (hoog verbruik wanneer intensief gebruik gemaakt wordt van de rekenkracht van de processor: gaming, virusscan, ...).
- Bij de metingen hebben we opgemerkt dat de computer bij benadering vrijwel een resistieve belasting vormt.
- Digitale meettoestellen zijn onvoldoende nauwkeurig om metingen uit te voeren wanneer de belasting een schakelende voeding vormt. De meest nauwkeurigste meting is die met de oscilloscoop.



- Sommige voedingen vertonen een sinusvormig stroomverloop (PC 1), anderen een pulsvormig stroomverloop (PC 2), dit is eigen aan het ontwerp van de voeding.
- De goedkopere meettoestellen (ohmron MT488A) zijn te onnauwkeurig om correcte metingen uit te voeren. Het duurdere toestel (Matrix PX120) voldoet bij benadering.
- Hoe hoger de CPU snelheid hoe hoger het stroomverbruik. In gewone stand verbruikte de computer (PC 1) 185W en bij Max CPU gebruik 260W (1.8GHz → 3,15GHz). Het aanpassen van de klokfrequentie van de computer heeft dus wel degelijk invloed op het gedissipeerd vermogen. Dit is dan ook de reden waarom de CPU warmer wordt bij een hoge klok frequentie.

10. Tips

- **Gouden tip:** hoe harder je werkt hoe hoger het energieverbruik, pas dus jouw werkhouding aan.



Figuur: ideale werkhouding

- Schakel de computer in stand-by modus indien je hem gedurende een korte tijd niet gebruikt.
- **Gouden tip:** bundel al uw computerapparatuur (scherm, computer, printer, modem, router) en schakel alles hardwarematig uit. Koop en gebruik een verlengsnoer met stekkerdoos zoals weergegeven op de volgende figuur.



- Vele programma's worden automatisch opgestart die niet altijd nodig zijn en uw systeem vertragen, deze kunnen via msconfig worden uitgeschakeld, waardoor ook de opstartfase wordt verkort.

