

SIGNALI I SUSTAVI

Signali i sustavi

Profesor
Branko
Jeren

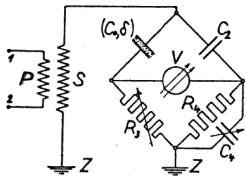
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i
računarstva
Zavod za elektroničke
sustave i obradbu
informacija



Zašto Signali i sustavi?

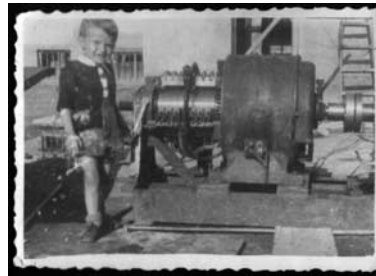
Kako vidimo struku?

Zašto Signali i sustavi?

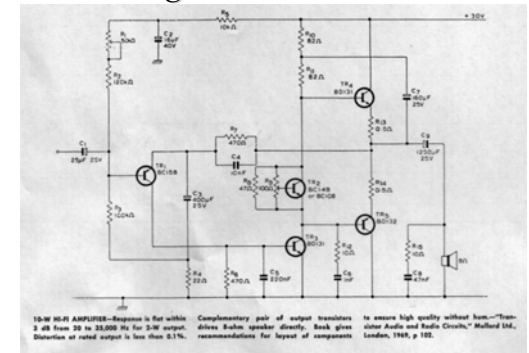


Scheringov most za mjerenje kuta gubitaka
električne opreme i izolacionih materijala

Zašto Signali i sustavi?



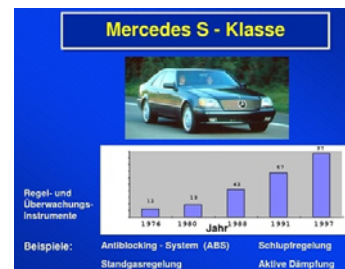
■ Zašto Signali i sustavi?



Zašto Signali i sustavi?



Zašto Signali i sustavi?



■ Zašto Signali i sustavi?

- predmet Signali i sustavi je temeljni predmet za moderni studij računarstva, komunikacija, elektronike, automatike, električnih strojeva
- ovaj predmet postaje temeljni predmet i u studiju strojarstva, geologije, ekonomije, društva

- Laboratorijske vježbe:
Laboratorijske vježbe su obavezne samo za studente Industrijske elektronike.

Studenti s ostalih smjerova zainteresirani za laboratorijske vježbe mogu se prijaviti tijekom prvog tjedna nastave. Studenti koji tako odaberu laboratorijske vježbe nagrađuju se, u slučaju dvojbe, višom ocjenom na usmenom ispitu.

Termini laboratorijskih vježbi će biti naknadno oglašeni.

19

- Literatura:
Edward A. Lee, Pravin Varaiya: Structure and Interpretation of Signals and Systems; Addison Wesley 2003.
Hrvoje Babić: *Signali i sustavi*, Zagreb 1996. (kopija u skriptarnici)
- WWW:
Sve obavijesti, materijali i ostale upute će biti objavljeni na <http://sis.zesoi.fer.hr/>

20

- Demonstratori/studentski predstavnici:
Za potrebe laboratorijskih vježbi nekoliko studenata će biti odabrano za demonstratore.

Zbog boljeg kontakta sa studentima demonstratori će također djelovati kao studentski predstavnici i tjedno će se sastajati s nastavnicima.

Zainteresirani studenti mogu se javiti asistentima tijekom prvog tjedna nastave.

21

- Ispit/kolokviji:

Tijekom semestra održavaju se tri kolokvija, a predviđeni datumi održavanja kolokvija su

petak 14. 11. 2003.,
ponedjeljak 15. 12. 2003.
petak 31. 1. 2004.

22

Ispiti su pismeni i usmeni i održavaju se u redovitim ispitnim terminima.

Studenti koji su položili kolokvije oslobođeni su pismenog ispita a ocjena pismenog ispita određuje se prema tablici danoj na www.stranicama.predmeta.

Stopostotna nazočnost na predavanjima nagrađuje se za jedan stupanj višom ocjenom na pismenom ispitu.

Prisutnost na više od 86% predavanja nagrađuje se sa dva dodatna boda na pismenom ispitu.

23

- Udaljeno učenje:

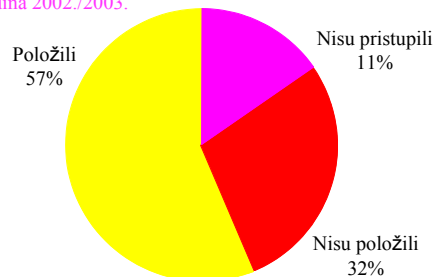
Studentima se umjesto klasične nastave omogućuje i udaljeno učenje (*Distance Learning*) kao eksperimentalni program.

Zainteresirani studenti se tijekom prvog tjedna trebaju javiti Karmeli Aleksić-Maslač

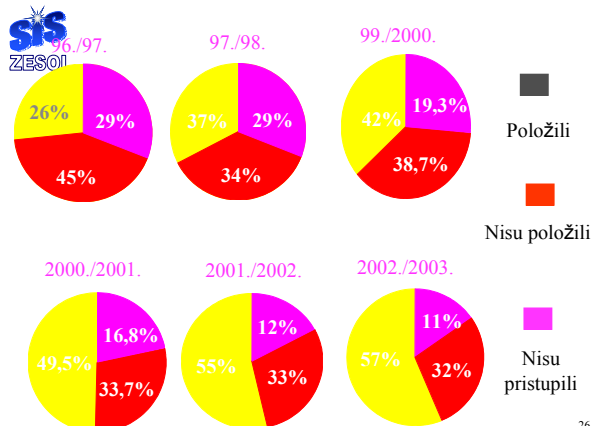
karmela.aleksic@zesoi.fer.hr

24

Školska godina 2002./2003.

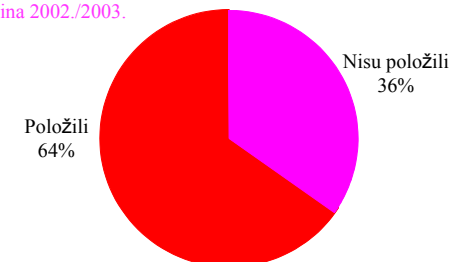


25

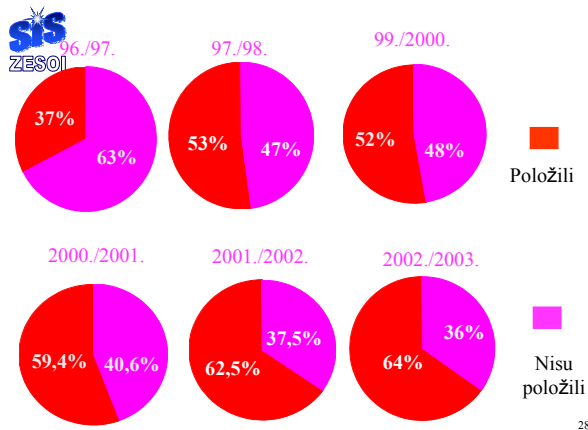


26

Školska godina 2002./2003.



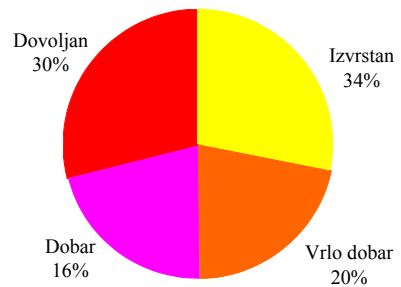
27



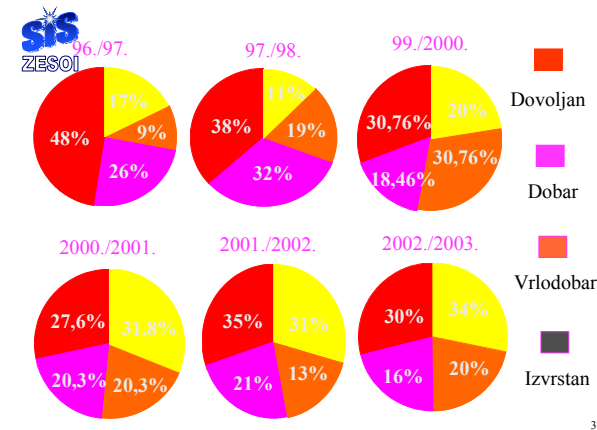
28

SIS - Ocjene

Školska godina 2002./2003.

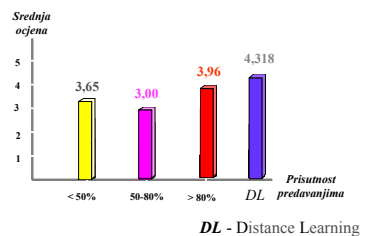


29

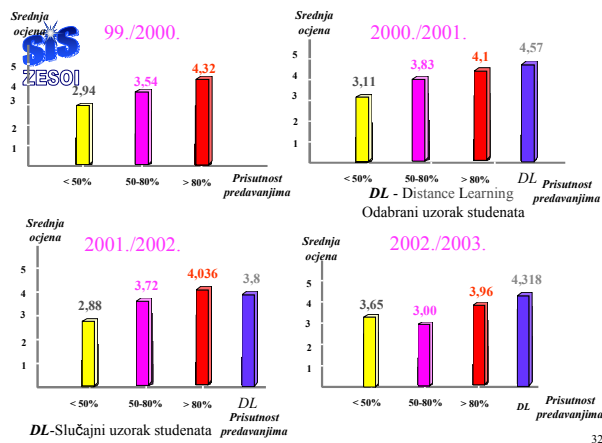


30

Veza prisutnost predavanja - Srednja ocjena (2002/2003)



31



32

Veza kolokvija i prolaznosti

- Na prva dva ispitna roka SIS je položilo 59 studenata (32.7%)
 - od toga 49 studenata koji su položili kolokvij
 - srednja ocjena 3.94.
- Do 7. mjeseca ispit su položila 94 studenta (52.2%)
 - od toga 72 studenta koji su položili kolokvij
 - srednja ocjena 3.91.

33

Dakle, u ovom predmetu izučavamo

signale
i
sustave

34

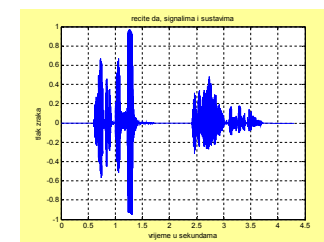
Signali i sustavi

- signali su funkcije koje nose informaciju
 - signali su najčešće funkcije vremena ili prostora
- sustavi pohranjuju, transformiraju i prenose signale

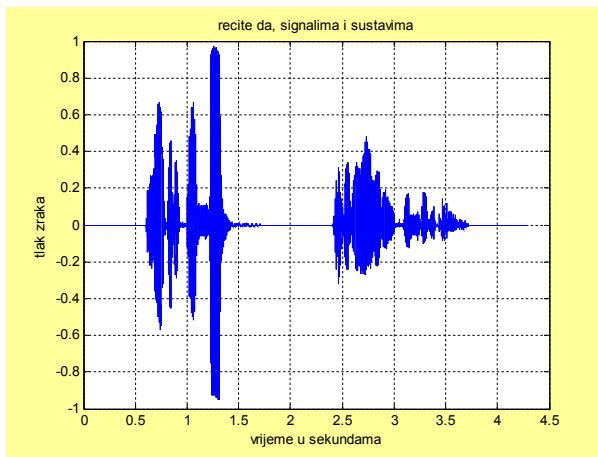
35

Signali i sustavi

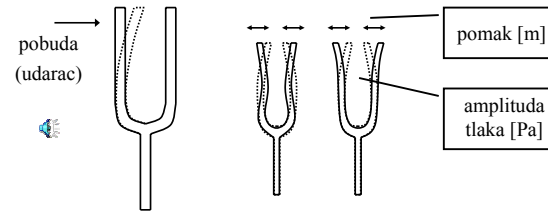
Ja ću sada izgovoriti:
Recite da, signalima i sustavima



36



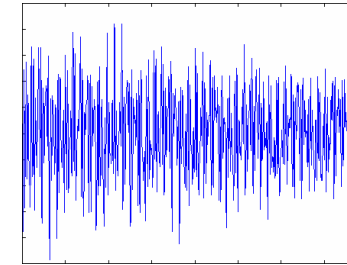
Sustavi i ...



- varijable sustava: mjerljive veličine.
- nezavisna varijabla – vrijeme t .
- ulazne i izlazne varijable.

38

Signali i sustavi

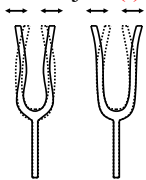


- sustav: glazbena vilica

39

Model glazbene vilice

- udarcem u vrh vilice pobuđujemo titranje.
- elastična sila $F(t) = -ky(t)$ uzrokuje vraćanje vrha vilice u početni položaj.
- kako je $F(t) = ma(t) = my''(t)$ imamo



$$y''(t) = -(k/m)y(t)$$

odnosno za $\omega_0^2 = k/m$

$$y''(t) + \omega_0^2 y(t) = 0$$

40

Glazbena vilica

- zvuk prave vilice
- osnovni ton vilice
- zvuk dobiven rješavanjem modela



41

Primjer tehničkog sustava



- sustav: kotač – amortizer – vozilo

42

Atributi sustava



- varijable sustava: mjerljive veličine.
- nezavisna varijabla – vrijeme t .
- ulazne i izlazne varijable.

43

Model sustava kotač – amortizer – vozilo

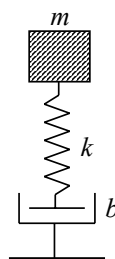
- slično primjeru glazbene vilice i ovdje je moguće napisati diferencijalnu jednadžbu za model kotač – amortizer – vozilo

$$m \cdot y''(t) + b \cdot y'(t) + k \cdot y(t) = F(t)$$

- uz zamjenu

$$\zeta = \frac{b}{2m} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

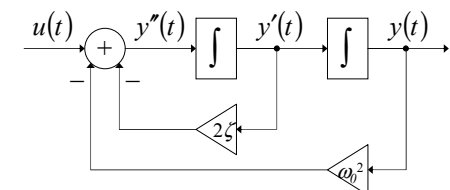
$$y''(t) + 2\zeta \cdot y'(t) + \omega_0^2 y(t) = u(t)$$



44

Mehanički sustav II reda

$$y''(t) + 2\zeta \cdot y'(t) + \omega_0^2 y(t) = u(t)$$



45

MATLAB / SIMULINK

46

Primjer ista pobuda a različiti sustavi:

- izvorni signal
- modifikacija vremenske osi (ponavljanjem ili izbacivanjem vremenskih uzoraka signala)
- modifikacija trajanja izgovora poruke
- modifikacija visine glasa govornika
- modeliranje govora LPC modelom
 - u svrhu učinkovitog prijenosa ili pohrane , tj. kodiranja

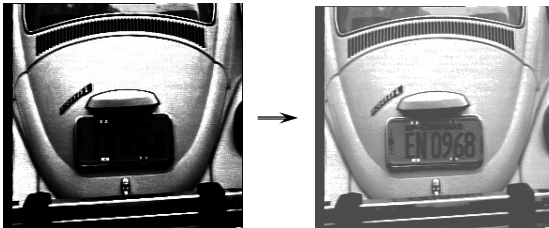
47

Primjer isti sustav a različite pobude:

- primjer sustava za vremensku kompresiju signala govora i glazbe
- recite da, signalima i sustavima
- recite da, signalima i sustavima
- Wild Thing
- Wild Thing

48

- Poboljšanje slike operacijama na histogramu



49

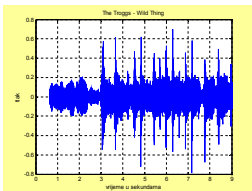
- analiziramo sustave koji pohranjuju, transformiraju i prenose signale
- multidisciplinarni problem: odrediti, podesiti, predvidjeti vladanje sustava, ili pak realizirati sustav željenih svojstava.

50

- kvantitativna analiza sustava u različitim disciplinama vodi na iste matematičke postupke
- matematički postupci omogućavaju uvođenje apstraktne koncepcije
- pogodan matematički opis nekog realnog sustava naziva se matematičkim modelom tog sustava ili apstraktni sustav

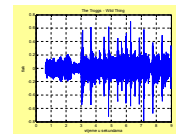
51

- signale opisujemo kao funkcije koje preslikavaju domenu (skup) u područje vrijednosti ili kodomenu (opet skup)
- u većini primjena domena signala, dakle nezavisna varijabla, je vrijeme ili prostor



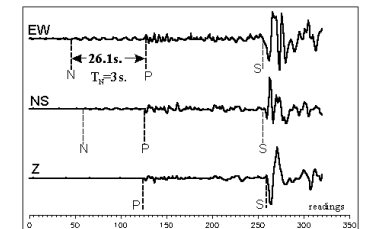
52

- zvuk je signal
- slika je signal



53

- seizmički signal

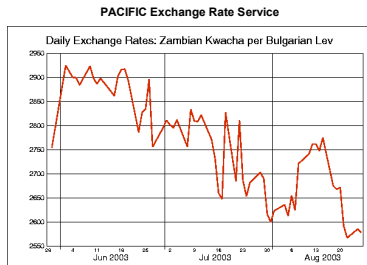


May 29, 1982, earthquake on Hokkaido (origin time 12:21:13; coordinates 42.43°N, 143.16°E; M = 5.9; H = 120 km); P and S denote the onsets of P and S waves, respectively; N marks the beginning of the low-frequency precursory signal in EW and NS components. The records were made with Russian broadband seismographs at the Yuzhno-Sakhalinsk station. One reading is 0.373 s.
tz: E.V. Sassorova, B.W. Levin, and A.O. Mostrioukov. A comparison analysis of the low-frequency seismic signal foregoing the main shock and the acoustic signal preceding a rock rupture in laboratory experiments.

54

Primjeri signala

- omjer valutnih tečajaja je signal



© 2003 by Prof. Werner Antweiler, University of British Columbia, Vancouver BC, Canada.
Permission is granted to reproduce the above image provided that the source and copyright are acknowledged.
Time period shown in diagram: 28/May/2003 - 26/Aug/2003

55

Primjeri signala

- video je signal
- ekg je signal



56

Audio signali

- zvuk je brza promjena tlaka zraka u vremenu i možemo ga prikazati kao funkciju

Zvuk : Vrijeme \rightarrow Tlak

ovdje je **Tlak** skup koji se sastoji od mogućih vrijednosti tlaka zraka a **Vrijeme** je skup koji predstavlja vremenski interval u kojem definiramo signal

57

Audio signali – kontinuirani

- devet sekundi signala **Glazba** je funkcija:

Glazba : $[0,9] \rightarrow$ Tlak

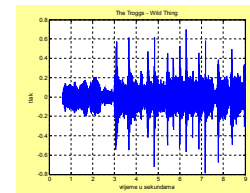
gdje je $[0,9]$ vremenski interval od devet sekundi u kojem definiramo signal

- grafički prikaz signala često se naziva valni oblik signala

58

Audio signali - kontinuirani

Glazba : $[0,9] \rightarrow$ Tlak



- vrijednosti tlaka u ovom prikazu su normirane i u stvarnosti signal zvuka varira oko tlaka zraka ambijenta (oko 100 000 N/m²)

59

Audio signali - kontinuirani

- prethodni prikaz signala **Glazba** sugerira da je domena iz skupa **Realni***, dakle vrijeme se mijenja kontinuirano od 0 do 9 sekundi. Isto tako ovaj prikaz sugerira da **Tlak** poprima vrijednosti iz skupa **Realni**
 - u stvarnosti signal **Glazba**, kako ga čujemo sa zvučnika, ima upravo značajku da su mu i domena (vrijeme) i kodomena (tlak) iz skupa **Realni** i takve signale nazivamo *analognim signalima*
- * **Realni** = $(-\infty, \infty)$ realni brojevi

60

Audio signali – kontinuirani i diskretni

- prethodni prikaz signala **Glazba** je međutim prikaz signala pohranjenog u računalu i stoga se njegov prikaz svodi na niz brojeva pohranjenih u memoriju računala
- zbog konačne dužine riječi računala (neka je to u ovom slučaju 16 bita) vrijednosti koje poprima **Tlak** će biti iz skupa

Cjelobrojni₁₆ = $\{-32768, \dots, 32767\}$

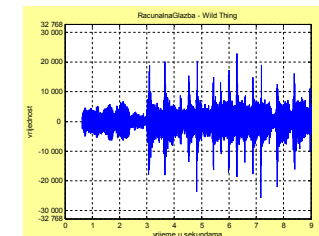
61

Audio signali - diskretni

- zbog konačne dužine memorije nije moguće pohraniti sve vrijednosti signala **Glazba** u intervalu $[0,9]$ i u ovom slučaju pohranjeno je ukupno 99 225 diskretnih vrijednosti signala (11025 vrijednosti po sekundi – kod pohrane na CD je to 44 100 po sekundi zvuka po stereo kanalu)
- sukladno rečenom prvih 9 sekundi pjesme Wild Thing pohranjene u računalu označiti ćemo signalom **RacunalnaGlazba**

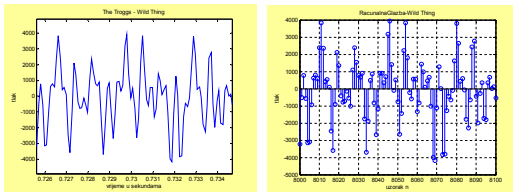
62

Audio signali



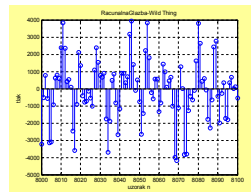
iz ovoga prikaza teško je prepoznati da se radi o signalu koji poprima diskretne vrijednosti u diskretnim trenucima vremena – to će biti moguće tek za odsječak signala

63



- desna slika prikazuje 100 vrijednosti signala – uzoraka
- koristimo *peteljasti prikaz* – *stem plot* – uobičajen u prikazu vremenski diskretnih signala

64



- kako je signal *Racunalna Glazba* definiran s 11025 uzoraka po sekundi 100 prikazanih uzoraka predstavlja 9 msec signala kako je to i prikazano na prethodnoj slici

65

- vremenski diskretni signali definirani su samo u diskretnim trenucima vremena
- signal *Racunalna Glazba* je diskretni signal i možemo ga prikazati

Racunalna Glazba: Diskretno Vrijeme \rightarrow Cjelobrojni₁₆

gdje su *Diskretno Vrijeme* = $[0, 1/11025, \dots, 99225/11025]$ skup diskretnih trenutaka vremena u kojem je definiran signal a *Cjelobrojni*₁₆ = $\{-32768, \dots, 32767\}$

66

- funkciju koja definira signal *Glazba* nije moguće opisati matematičkim izrazom
- primjer kontinuiranog signala koji je moguće opisati matematičkim izrazom
 - primjer idealizirane glazbene vilice 440 Hz
- nazovimo ovaj signal *CistiTon* i definirajmo ga kao:

67

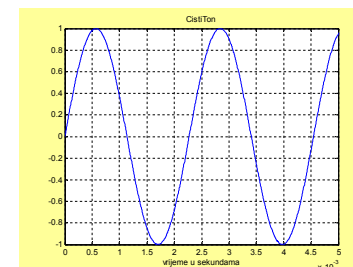
CistiTon: Realni \rightarrow Realni

gdje je:

$$\forall t \in \text{Realni}, \quad \text{CistiTon}(t) = A \sin(2\pi \cdot 440 \cdot t) \quad A = 1$$

- ovaj sinusni signal frekvencije 440 Hz odgovara muzičkoj noti A

68



69

- interesantan je primjer zbroja dvaju signala oblika *CistiTon* koji će dati naslutiti da je i signal *Glazba* zapravo zbroj niza signala oblika *CistiTon* - dakle sinusoida - različitih frekvencija i amplituda
- ZbrojTonova* je funkcija koja neka predstavlja zbroj dva sinusna signala frekvencija 440 Hz (nota A) i 523 Hz (nota C)

70

- funkcija *ZbrojTonova* definirana je tada kao:

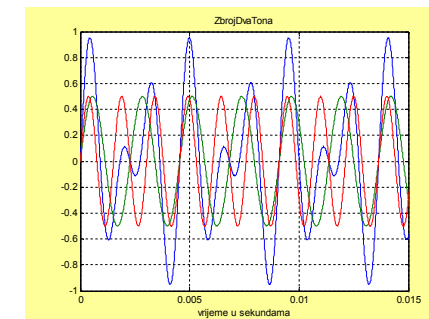
ZbrojTonova: Realni \rightarrow Realni

gdje je:

$$\forall t \in \text{Realni} \quad A_1 = A_2 = 0.5$$

$$\text{ZbrojTonova}(t) = A_1 \sin(2\pi \cdot 440 \cdot t) + A_2 \sin(2\pi \cdot 523 \cdot t)$$

71



nota A
440 Hz

nota C
523 Hz

note
A & C



72