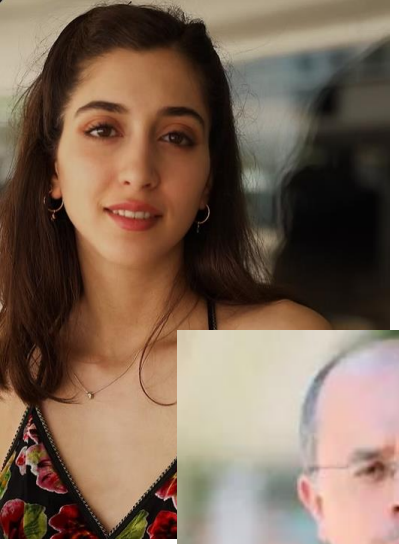
מוזיקה וטכנולוגיה

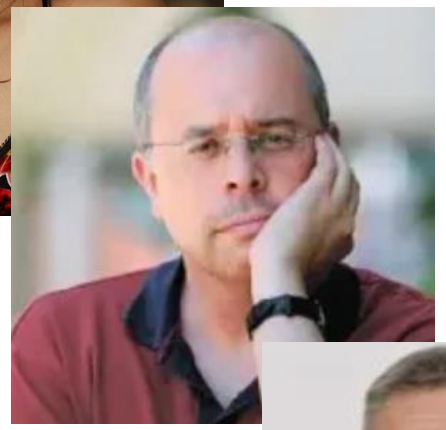
יום פתוח למתעניינים תשפ"ו

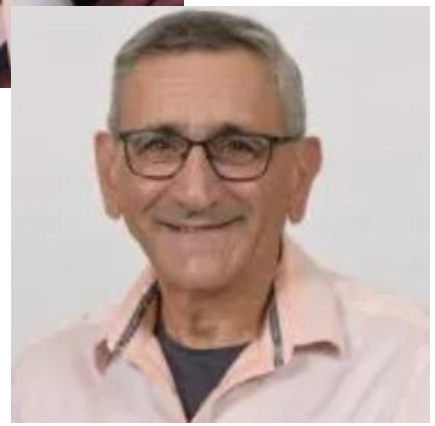
אורי רום, הדס פארי – בית הספר למוזיקה ע"ש בוכמן-מהטה

רמי זמיר – הפקולטה להנדסה

תודות ומה בתוכנית ...







- *תודה לנועם פניני – תלמידת שנה ג' הנדסת חשמל, וזמרת סופרן*
- *תודה לד"ר אורי רום –*
  - *ראש בית הספר למוזיקה היוצא, מנצח, מלחין, מרצה וחוקר מוזיקה*
  - *שותף להקמת תכנית "מוזיקה וטכנולוגיה" מהצד המוזיקלי*
- *אני, פרופ' רמי זמיר –*
  - *מרצה וחוקר הנדסת חשמל, לשעבר ראש בית הספר*
  - *שותף להקמת תכנית "מוזיקה וטכנולוגיה" מהצד ההנדסי*

- מה זה "מיוזיק-טק"? למה כדאי ללמוד?
- תכנית הלימודים החדשה
- סטודנטים מספרים..
- הדגמת כלי אלקטרו-אקוסטי ("סימבליין")
- ביקור במעבדת צלילים

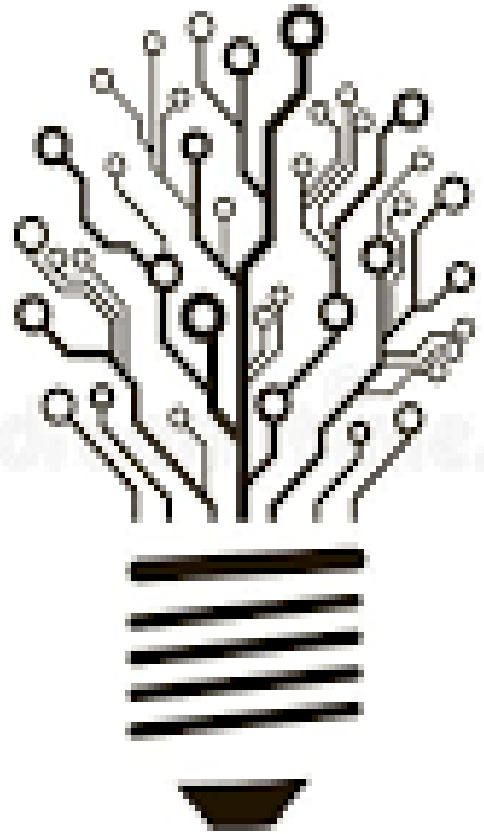
הקבץ "מיוזיק-טק" באתר המרשם ללימודי הנדסה

הקבץ קורסים משותף בבית ספר למוזיקה ובתואר הנדסי חד-חוגי

מוזיקה, מדע וטכנולוגיה שלובים זה בזה ומציתים את דמיונם של אנשים עוד משחר ההיסטוריה. בשנים האחרונות החיבור ביניהם תופס תנופה בעקבות ההתפתחות של תשתיות מחשוב, הפצה ואיחסון של אודיו דיגיטלי, וכלים של בינה מלאכותית.
המהפכה מקיפה את כל תחומי ההנדסה והמחשבים, עם יישומים מגוונים בעולמות של סאונד וסביבה, קוגניציה וביו-הנדסה מוזיקלית, עיבוד מסדי נתונים, חומרים, והתחומים המסורתיים של אקוסטיקה ועיבוד אותות. תכנית הלימודים החדשה במוזיקה וטכנולוגיה מהווה הזדמנות יוצאת דופן לשילוב חוויה, יצירה ורכישה של כישורים הנדסיים ייחודיים. היא חלק מתואר חד-חוגי רגיל בהנדסה (בכל אחת מחמש התוכניות: חשמל, מכנית, ביו, תעשייה, וחומרים), וכוללת אשכול של קורסים בבית-הספר למוזיקה באוניברסיטת תל אביב, מגוון קורסים הנדסיים, ופרוייקט גמר בתחומי ההשקה שבין טכנולוגיה למוזיקה. כל המרכיבים הם חלק משעות החובה-בחירה הרגילות בתואר ואינם מגדילים את היקף השעות הכולל. התוכנית מיועדת לבעלי/ות רקע/מיומנויות במוזיקה והיא כוללת מבחן קבלה לבית-הספר למוזיקה.

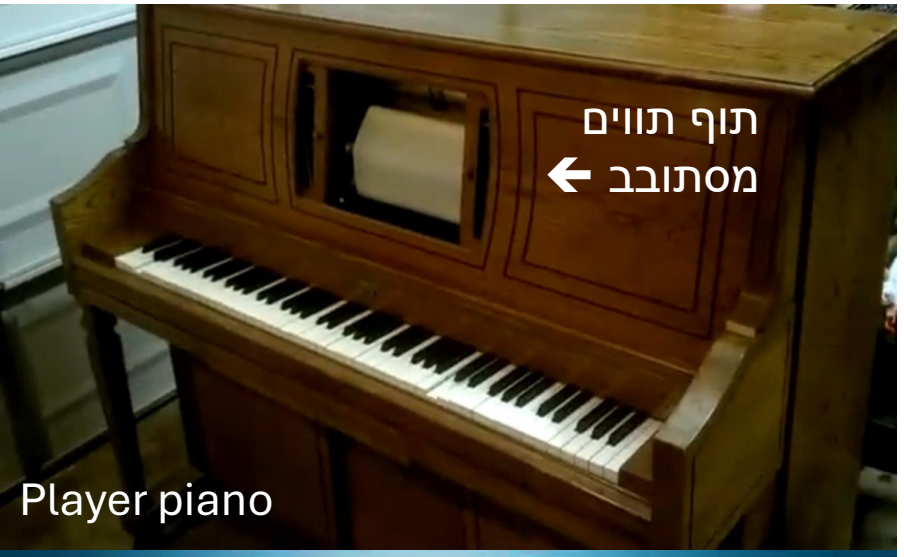
למה כדאי ללמוד הקבץ "מיוזיק-טק"?

- ✓יצירתיות + יישום מעשי = המפתח לקריירה מבטיחה !
- ✓תחום בעלייה בעולם
- ✓ניצנים בתעשייה בארץ
- ✓ללמוד הנדסה בדרך חווייתית
- ✓ליהנות מהדרך



מוזיקה בשירות הטכנולוגיה

המצאת "דילוגי התדר" בהשראת פסנתרים אוטומטיים



- הסיפור המופלא של השחקנית ההוליוודית והממציאה ממוצא יהודי-אוסטרי האדי לאמאר (1914-2000),
- שבמלחמת העולם השנייה כתבה פטנט יחד עם המלחין והמוזיקאי הנסיונאי ג'ורג' אנת'יל,
- על מערכת הנחיית רדיו מדלגת בתדר של טילי טורפדו, כאמצעי נגד חסימות ל"א של הגרמנים
- בהשראת מערכת הסינכרון בין פסנתרים אוטומטיים
- (ברקע - דאגתה לאמה שעמדה להפליג לאמריקה לברוח מאירופה הנאצית).....

UNITED STATES PATENT OFFICE

2,292,387

SECRET COMMUNICATION SYSTEM

Hedy Kiesler Markey, Los Angeles, and George Antheil, Manhattan Beach, Calif.

Application June 10, 1941, Serial No. 397,832

6 Claims. (Cl. 250—11)

This invention relates broadly to secret communication systems employing the use of carrier waves of different frequencies, and is especially useful in the remote control of dirigible craft, such as torpedoes.

An object of the invention is to provide a method of secret communication which is relatively simple and reliable in operation, but at the same time is difficult to discover or decipher.

Briefly, our system as adapted for radio control

Fig. 2 is a schematic diagram of the apparatus at a receiving station;

Fig. 3 is a schematic diagram illustrating a starting circuit for starting the motors at the transmitting and receiving stations simultaneously;

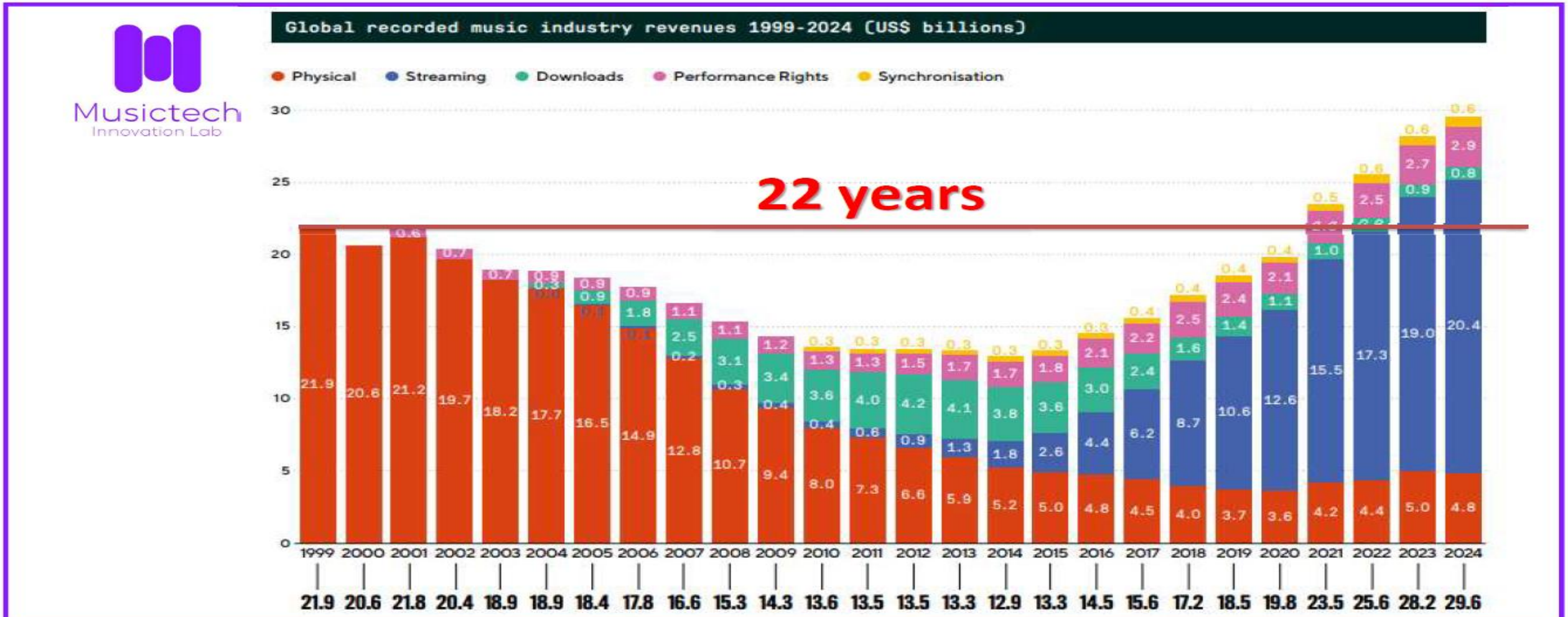
Fig. 4 is a plan view of a section of a record strip that may be employed;

Fig. 5 is a detail cross section through a record-progressive switching mechanism employed in

יצירתיות או יישומיות?

מוח ימין + מוח שמאל, מזרח ומערב הקמפוס

הפצת מוזיקה בעולם 1994 – 2024
התקן פיזי ← הורדות ← האזנה בענן
(אנלוגי ← דיגיטלי, זיכרון, כוח חישוב, תקשורת)



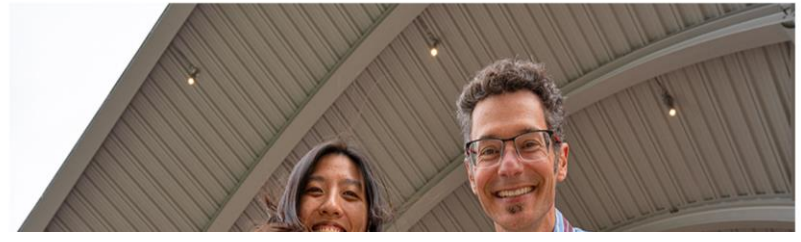
מה חם בתעשייה? אפליקציות מוזיקליות מבוססות AI

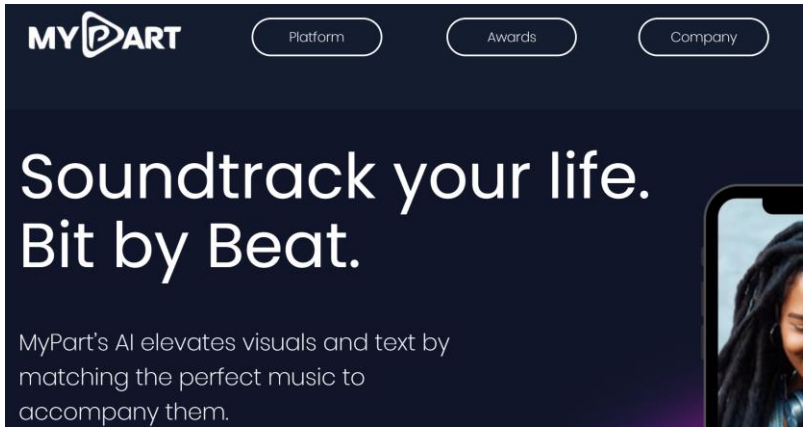
- הזזת טמפו, פיץ', הפרדת ערוצים

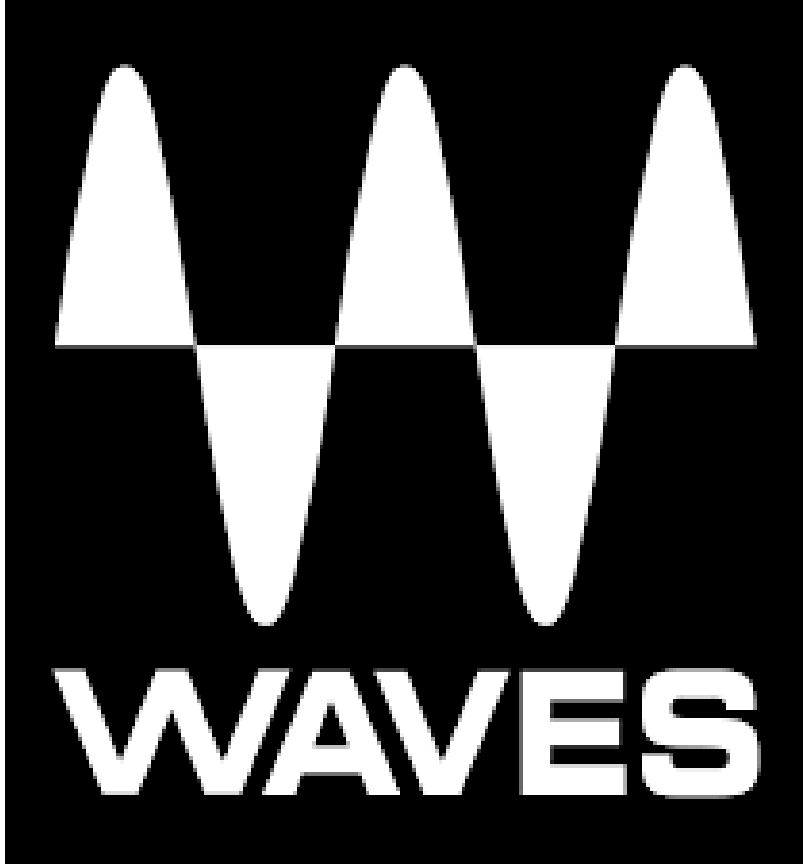
- תכנות מוזיקלי –
  - צלילים דיגיטליים
  - עיבוד והפקה (DAW)
- בינה מלאכותית יוצרת מוזיקה

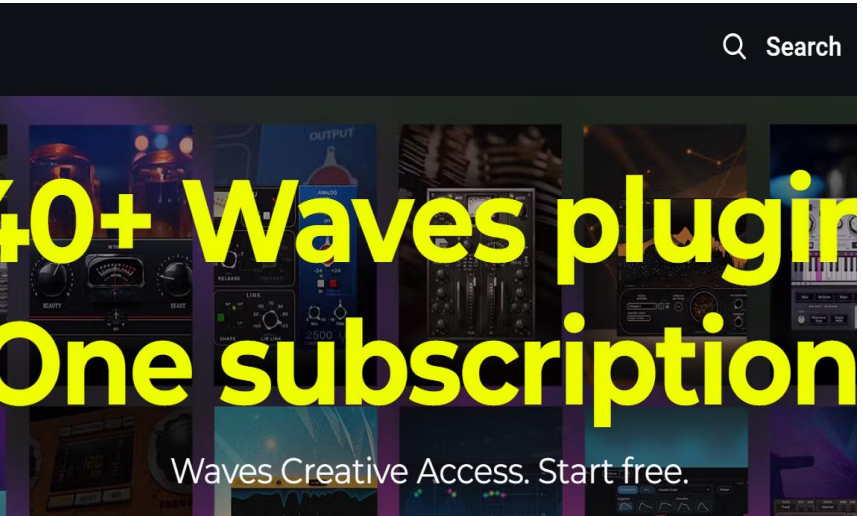
Music-Tech @ World Academy

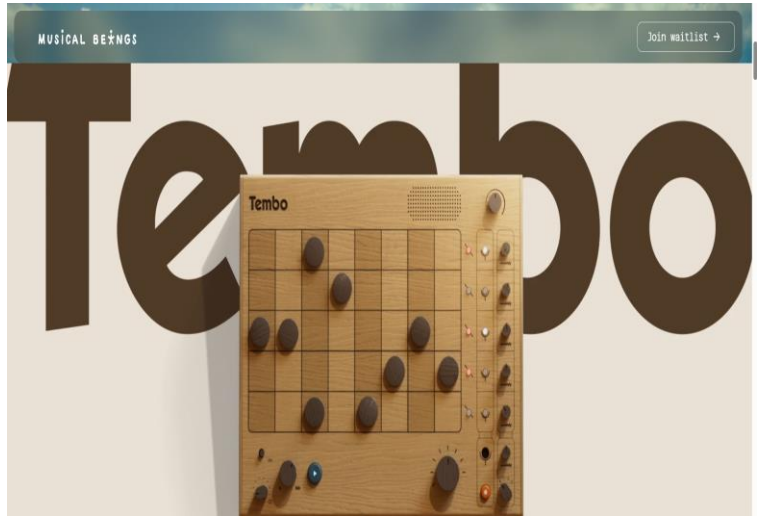
- Stanford, Georgia-Tech, McGill, MIT…
- Queen Mary London, IRCAM Paris,…
- New driving forces:
  - Digital Music over the Internet
  - Generative Music AI









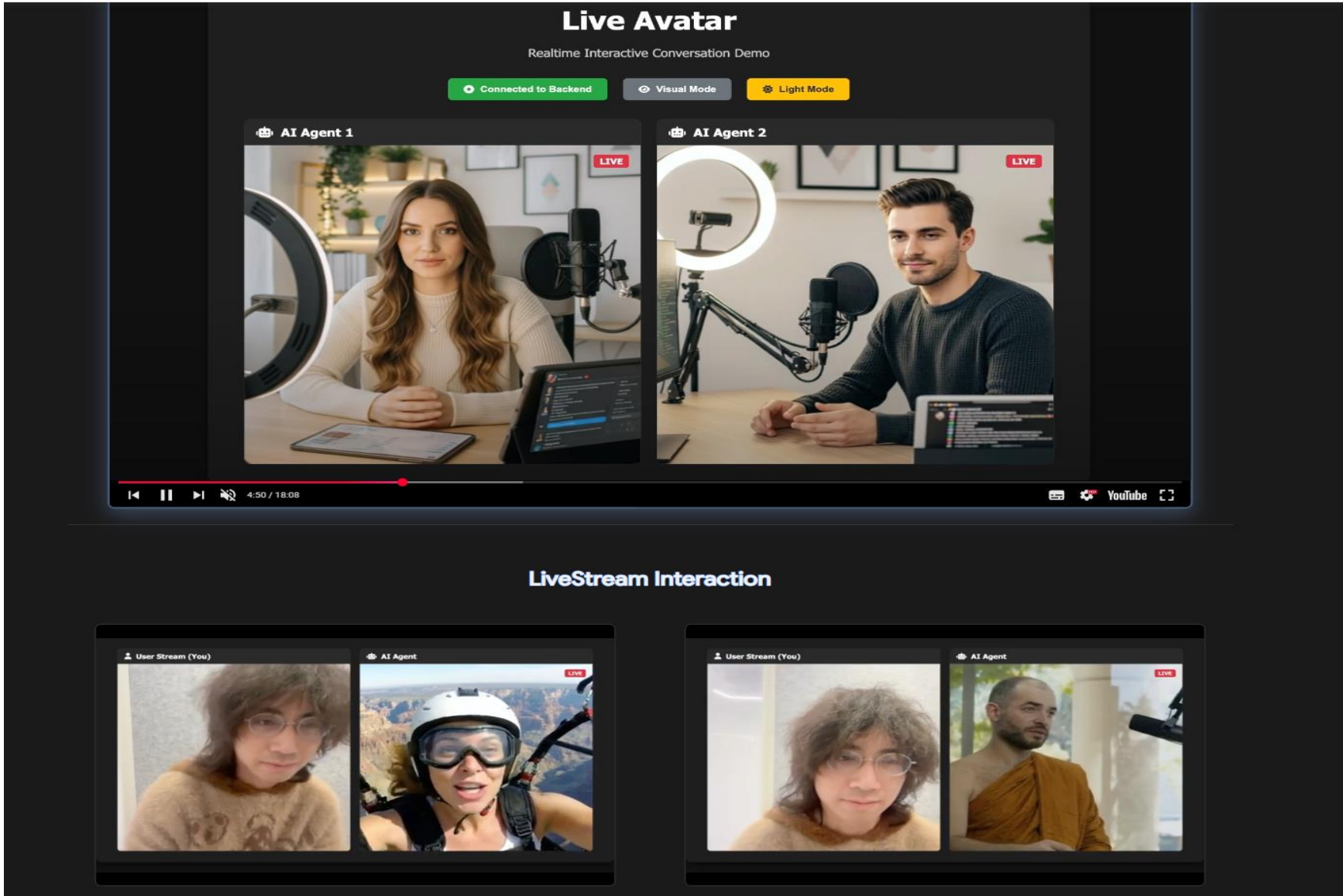


מיוזיק-טק בתעשייה בישראל

תחומים משיקים

בינה מלאכותית מדברת:
Speech ➔ Text ➔ LLM ➔ Text ➔ Speech, Video

- https://liveavatar.github.io/



אקוסטיקת מבנים ואולמות
גילוי שרפות

Home > Startups > Firewave > Overview

Claimed by owner • Last Update Jan 4, 2026 • Suggest Edits • Claim Profile

Firewave

AI-Powered Sound-Based Fire Detection

Overview | Business | Financials | Lifecycle | News | Team | Similar companies

Firewave Overview

Firewave develops an advanced wildfire detection system that uses IoT sensors and AI

א.עדי אקוסטיקה
https://a-adi.co.il › תכנון-אקוסטי-למבני-ציבור
תכנון אקוסטי למבני ציבור - מומחים באקוסטיקה! • ADI ACOUSTIC
מבני ציבור שאנו מספקים להם תכנון אקוסטי · גני ילדים ומעונות יום · בתי ספר ואוניברסיטאות · בתי תרבות · אולמות ספורט · מבנים קהילתיים · קופות חולים ...

אום אקוסטיקס
https://www.om-acoustics.net › תכנון-אקוסטי-למתחמי-אירועים
מתחמי אירועים | אינג' עמרי אבס יועץ אקוסטיקה מומחה
משרד יועץ אקוסטיקה לתכנון אקוסטי לגני אירועים, מסעדות חוף רופ-טופים ועוד. הפחתת רעש לסביבה, אפיון סאונד - והכל ברמה הגבוהה ביותר.

east-tlv.co.il
https://east-tlv.co.il › אקוסטיקה-באולמות-אירועים
אקוסטיקה באולמות אירועים - אולם אירועים בתל אביב איסט אירועים ...
בשל הרעש הרב שיש באולמות אירועים יש חשיבות גבוהה ביותר לנושא של בידוד אקוסטי. כך שאם יש לכם אול
וכל הנושא של הרעש מטריד אתכם, ואתם לא רוצים לפגוע ...
חסר: ייעוץ | התוצאות חייבות לכלול: ייעוץ

acoustics.co.il
http://acoustics.co.il › אקוסטיקה › אקוסטיקה-לגני-אירועים
אקוסטיקה לגני אירועים
ייעוץ אקוסטי לבניית קיר מיוחד לבידוד רעש קיצוני בין אולם האירועים (השוכן במפלס תת קרקעי,) עם מערכת ה
חזקה, המשמיעה מוסיקת "דיסקו" לבין אגף משרדים חדש.

lorber.co.il
auditoriums › services › https://www.lorber.co.il
אולמות - לורבר רעש ורעידות בע"מ
אנו מציעים תכנון וייעוץ אקוסטי מקיף תוך התייחסות לכל הפרמטרים המשפיעים על התוצאה הסופית - צורת ה
חומרי הבידוד, בידוד למערכות מיזוג האוויר, בחירת חומרי ...

מיוט אקוסטיקה
https://muteacoustics.co.il
מיוט אקוסטיקה — Mute Acoustics — ייעוץ ותכנון אקוסטיקה
אנו מתמחים ביצירת פתרונות בידוד קול מקסימליים לכל חלל. עם שנים של ניסיון בייעוץ אקוסטי, יש לנו את ה
והידע לספק פתרונות בידוד קול ברמה הגבוהה ביותר.

Sonic weapons (US in Venezuela) ?

Trump Reveals "Secret Sonic Weapons" Used to Capture Maduro During Raid | Firstpost America | N18G

מוזיקה, מדעי המוח, ורפואה

- מתח - הרפייה ← הפתעה - וודאות ← הנאה
  - בה סה מה מוצ'ו (סולם מי מינור) –
  - מי דומיננטי E7 שמותח ומשתחרר ללה מינור Am
  - איך מודדים? EEG, דמיון צבע, ...

- הדוקטורט של נטע מימון
  - מעבדה אקוסטית של מרים פירסט
  - זיהוי מוקדם באמצעות טריגר מוזיקלי של התפתחות דמנציה, אלצהיימר, פרקינסון

- בקרה מוזיקלית של קצב לב
  - טיפול בהפרעות קצב
  - פרופ' איליין צ'ו – קינגס קולג', לונדון

מבנה תואר חד חוגי בהנדסה

מבנה תואר חד חוגי בהנדסה רגיל

- שנים א-ב: קורסי תשתית
- שנים ב-ג: קורסי ליבה
- שנים ג-ד: קורסי התמחות ובחירה + פרויקט גמר
- שאר רוח

מבנה תואר חד חוגי בהנדסה רגיל

- שנים א-ב: קורסי תשתית (~50 שעות)
  - מתמטיקה, פיזיקה, תכנות
- שנים ב-ג: קורסי ליבה (~70-100 שעות)
  - אותות ומערכות / מכניקה ותרמו-דינמיקה / בסיסי נתונים / כלכלה / פיזיולוגיה / כימיה / ..
- שנים ג-ד: קורסי התמחות ובחירה + פרויקט גמר (~10-50 שעות)
  - עיבוד תמונות, לייזרים, אווירונאוטיקה וחלל, דימות, מערכות מידע, מיקרו-סקופיה ...
- שאר רוח (6 שעות)
  - קורסי בחירה ממדעי הרוח

מבנה תואר חד חוגי בהנדסה רגיל

- שנים א-ב: קורסי תשתית (~50 שעות)
- שנים ב-ג: קורסי ליבה (~70-100 שעות)
- שנים ג-ד: קורסי התמחות ובחירה + פרויקט גמר (~10-50 שעות)
- שאר רוח (6 שעות)

- סה"כ לתואר כ- 180 ש"ס (= שעות סימסטריליות)

מבנה תואר חד חוגי בהנדסה + הקבץ מיוזיק-טק

- שנים א-ב: קורסי תשתית
- שנים ב-ג: קורסי ליבה
- שנים ג-ד: קורסי התמחות ובחירה + פרויקט גמר
- ~~שאר רוח~~

אשכול קורסים במוזיקה
(16 שעות)

קורסי קדם הנדסיים
+
קורסי מיוזיק-טק יעודיים
+
פרויקט גמר במיוזיק-טק

- סה"כ השעות לתואר לא משתנה!
  - אשכול קורסי מוזיקה על חשבון "שאר רוח" וקורסי הבחירה בתואר הנדסי רגיל
  - קורסים הנדסיים (קדם + ייעודיים + פרויקט) – הם חלק מקורסי החובה/בחירה בתואר רגיל

בית הספר למוזיקה
ואשכול הקורסים המוזיקליים

BMSM Study program

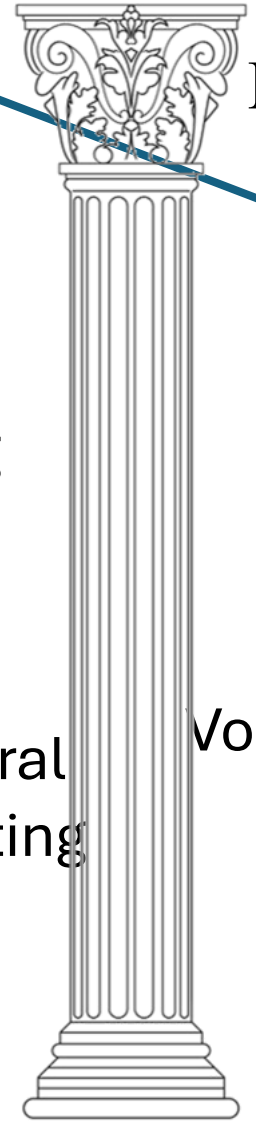
Music research

Musicology department

Music composition

Composition & conducting department

- Composition
- Choral conducting
- Orchestral conducting



Music performance

Music performance studies

- Voice
- Piano
- Orchestral instruments

בית הספר למוזיקה ע"ש בוכמן-מהטה
THE BUCHMANN - MEHTA SCHOOL OF MUSIC
Yoel Levy ©

מוזיקה ווקאלית ואופרה

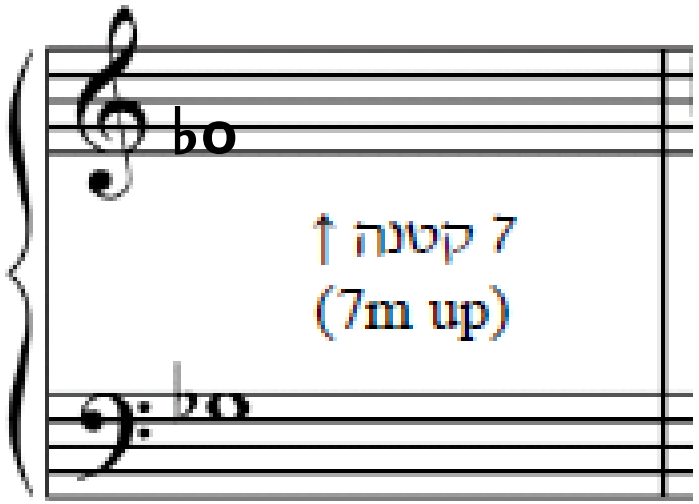
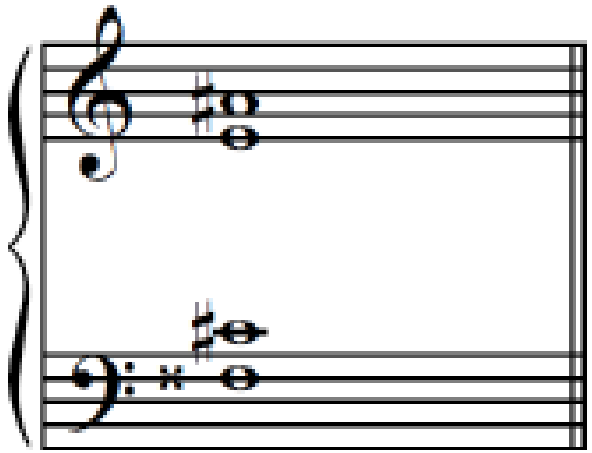
מוזיקה כלית

פופ ישראלי ועוד...

אשכול הקורסים בבית הספר למוזיקה (16 ש"ס)

- **א.** <u>מיומנויות מוזיקליות תיאורטיות (**חובה, 6 ש"ס**)</u>:
  - 0845-1006 מבוא לניתוח מוזיקלי (2 ש"ס) – חובה לכולם
  - 0842-1206 יסודות המרקם והצורה 1 (4 ש"ס)
- **ב.** <u>היבטים פיזיקליים וטכנולוגיים של המוזיקה (**חובה, 2 ש"ס**)</u>:
  - 0843-1507 יסודות תורת הצליל ומבוא למחשב (2 ש"ס)
- **ג.** <u>קורסי בחירה למיומנויות והכשרה מוזיקלית (**8 ש"ס**)</u>:
  - 0842-1400 / 0845-1005 / 0843-1500 פיתוח שמיעה וסולפז' א' (4 ש"ס)
  - קורסים בתולדות המוזיקה האמנותית: ניתן לבחור מהיצע תוכנית הלימודים של ביה"ס למוזיקה, למשל: 0842-1826 תולדות המוזיקה א' - חלק א'
  - קורסי בחירה בקוגניציה מוזיקלית, מוזיקה ומוח, למשל: 0845-2164 מערכת השמע, תפיסה ופסיכופיזיקה
  - מקהלה (3 ש"ס): 0842-1394 מקהלה אורטורית – סמסטר א', 0842-1395 מקהלה קאמרית – סמסטר א'

בחינת קבלה לבית הספר למוזיקה

מבחן קבלה במקצועות התיאוריה המוזיקלית

מבחן קבלה במקצועות התיאוריה המוזיקלית

סמסטר קיץ מועד א' שנת תשפ"ג

קורס עיבוד אותות מוזיקליים (הנדסת חשמל)

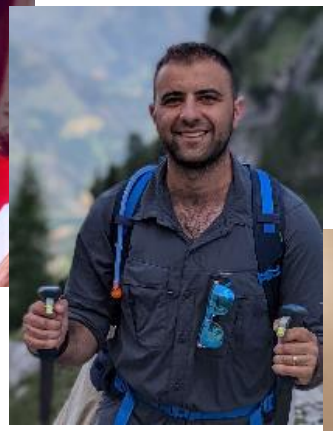
Course Number	Course Name
0512-4295-01	Musical Signal Processing

Academic Unit	Lecturer
The Iby and Aladar Fleischman Faculty of Engineering - Electrical Engineering	Prof. Ram Zamir Contact ›

- קורס ייעודי למיוזיק-טק
  - זיהוי אוטומטי של אקורדים, מטרונום
  - איך מזיזים טמפו?
  - איך מפרידים ערוצים?

- ***סטודנטים מספרים על הקורס ..***

ועוד תודות ...



- אן קיסלוק – מדריכת מעבדת צלילים
- חדיג'ה אטרש – סטודנטית בקורס MSP
- ניצן צעירי – סטודנט בקורס MSP
- סהר כספי – סטודנט בקורס MSP

- ד"ר ליאור ארבל –
  - מנחה פרויקטים במיוזיק-טק
  - מרצה קורס סינתזה של צלילים ומידול פיזיקלי
  - ממציא ה "סימבליין"
- מתן גרנות – תלמיד שנה ד'
  - מבצע פרויקט גמר במיוזיק-טק
  - למד בעבר את הקורס
- נדב משען – תלמיד מחקר
  - יצירת מוזיקה בגישה אינפורמציונית

פרויקט גמר (שנה ד') במיוזיק טק
מחקרים (מאסטר) במיוזיק-טק

- סטודנט / מנחה מספרים ...

אשכול קורסים הנדסיים – עוד דוגמאות

- **הנדסת חשמל**

מספר קורס	שם הקורס	סוג הקורס בתוכנית הלימודים בהנדסה	סמסטר	ש"ס	נ.ז.
0509-1820	תכנות - (פייתון)	חובה	א' (ו- ב')	4	3.5
0512-1820	תכנות 2 – שפת C	בחירה	א' (ו- ב')	4^{13}	3.5
0512-4295	עיבוד אותות מוזיקליים	בחירה	א'	4	4
0510-7255	למידה עמוקה	בחירה	א'	3	3
יקבע בהקדם	סינתזה של צלילים מוזיקליים	בחירה	?	4	4

אשכול קורסים הנדסיים – עוד דוגמאות

- **הנדסה מכנית**

מספר קורס	שם הקורס	סוג הקורס בתוכנית הלימודים בהנדסה	סמסטר	ש"ס	נ.ז.
0542-4220	תורת התנודות	בחירה	ב'	4	3.5
0542-4221	מבוא לתורת האלסטיות	בחירה	ב'	4[17]	3.5
0542-4455	בינה חישובית	בחירה	ב'	4	3.5
0542-4622	דינמיקה ובקרה של מערכות	בחירה	ב'	4	3.5
0512-1203	מבוא לעיבוד אותות	בחירה	ב'	4	3.5
יקבע בהקדם	סינתזה של צלילים מוזיקליים[16],	בחירה	?	4	4
יקבע בהקדם	קורס מבוא לאקוסטיקה	בחירה	?	4	3.5

אשכול קורסים הנדסיים – עוד דוגמאות

- **הנדסה ביו-רפואית**

מספר קורס	שם הקורס	סוג הקורס בתוכנית הלימודים בהנדסה	סמסטר	ש"ס	נ.ז.
0555-2106	מערכות פיסיולוגיות בגוף האדם	חובה	א'	4	4
0555-2280	בקרת מערכות ביולוגיות	חובה	א'	4	4
0555-4422	תכן הנדסי: מבוא ושיטות	חובה	א' או ב'	4	4
0512-1203	מבוא לעיבוד אותות	חובה	ב'	4	4
0555-4510	שיטות ומערכות לעיבוד אותות פיזיולוגים	בחירה. (חובה במסלול דימות וחישה)	ב'	4	4
0555-2910	מעבדת הנדסה יצירתית	בחירה	א' או ב'	4	3.5
0555-4712	מבוא לנוירו-פרוטזות	בחירה	א'	4	4
0512-4138	ביואלקטרוניקה וממשקי אדם מכונה	בחירה	ב'	4	4
0555-3122	למידה עמוקה	בחירה	א'	4	4
0512-2532	אותות אקראיים ורעש	בחירה	א' או ב'	4	4

אשכול קורסים הנדסיים – עוד דוגמאות

- **הנדסת תעשייה וניהול**

מספר קורס	שם הקורס	סוג הקורס בתוכנית הלימודים בהנדסה	סמסטר	ש"ס	נ.ז.
0571-4182	מבוא ללמידה עמוקה	חובה	א'	4	3.5
0571-4160	איחזור מידע ומערכות המלצה	בחירה	ב'	3	3
0571-4166	תכן והערכה של ממשק אדם-מחשב	בחירה	ב'	3	3
	או				
0571-4164	מודלים כמותיים של ביצועי אנוש	בחירה	א'	3	3
0571-4184	נושאים מתקדמים בלמידה עמוקה	בחירה	ב'	4	4
	או				
0571-4185	כלים ויישומים לניתוח סדרות עתיות	בחירה	ב'	4	3

אשכול קורסים הנדסיים – עוד דוגמאות

- **מדע והנדסה של חומרים**

מספר קורס	שם הקורס	סוג הקורס בתוכנית הלימודים בהנדסה	סמסטר	ש"ס	נ.ז.
0581-2111	מבוא למדע והנדסה של חומרים	חובה	ב'	5	4.5
0581-3112	חומרים פולימריים	חובה	א'	3	3
0581-4112	חומרים מרוכבים	חובה	א'	3	3
0509-1820	תכנות - (פייתון)	חובה	ב'	4	3.5
0581-2191	מבוא למכניקה קוואנטית (מבוא לגלים)	חובה	א'	4	3.5
0512-1205	מבוא למעגלים, מערכות ואותות חשמליים	חובה	ב'	4	3.5
0581-4115	בחירת חומרים	חובה	ב'	4	3.5
0581-4241	חומרים ותהליכים מתקדמים במיקרו-אלקטרוניקה	בחירה	ב'	3	3
0581-4341	יסודות ייצור מתוסף - הדפסת תלת מימד	בחירה	א'	3	3

הצגת הסימבליין – ליאור ארבל

סיכום ושאלות שלכן/ם?

- *תחום מרתק, חוויתי, ייחודי, מעשיר, ומהנה !*

- פרטים וקשר: מוקד פניות + אתר הפקולטה
  ← יועצי התוכנית: ד"ר אורי רום (מוזיקה), פרופ' רמי זמיר (הנדסה)

- הזמנה לביקור במעבדת צלילים

בהצלחה והחלטות טובות !

ניספחים

Music Mixture in time-frequency

(magnitude of) vocals, drums, bass, guitar

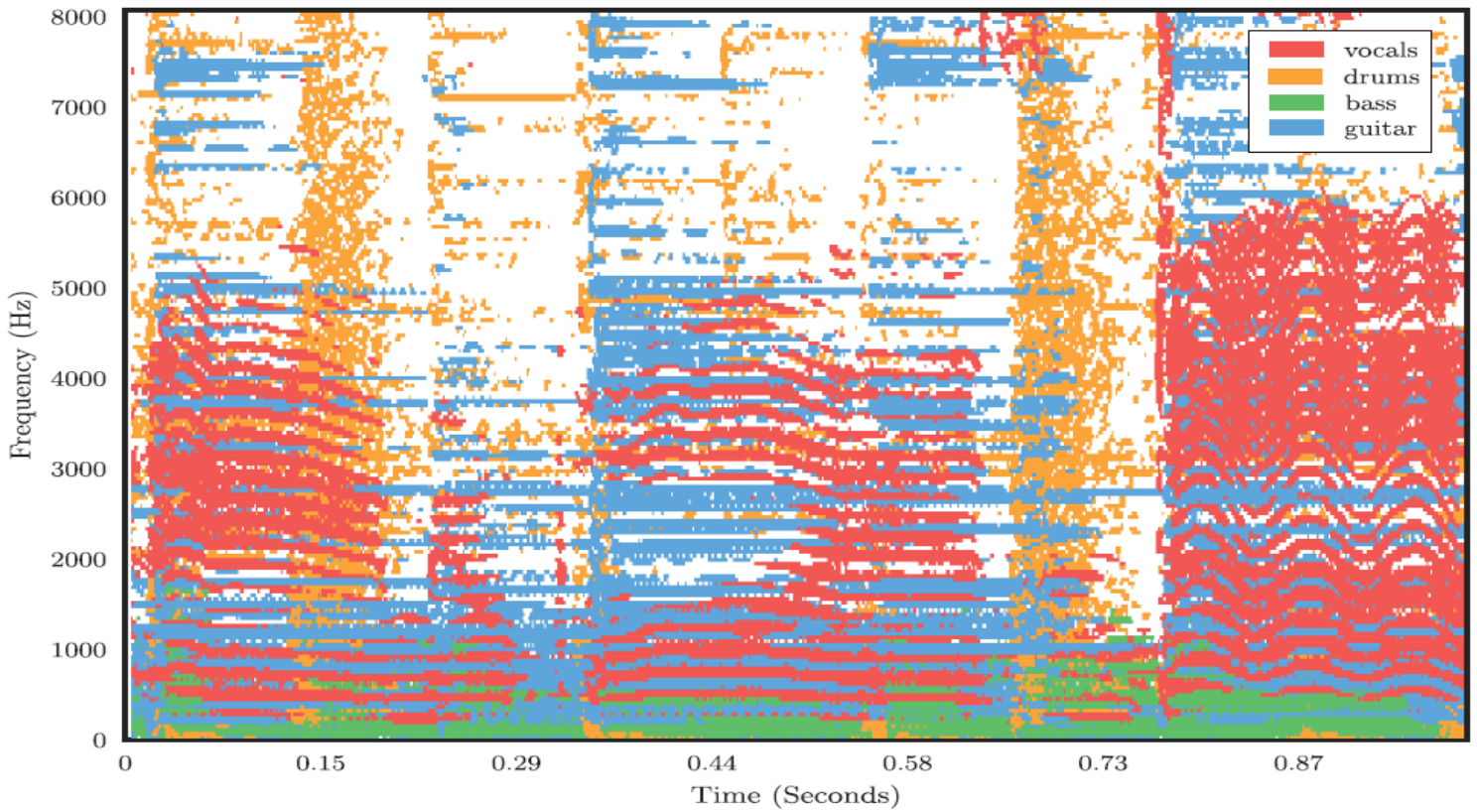


Figure 1: Representation of a music mixture in the time-frequency domain. The dominant musical source in each time-frequency bin is displayed with a different color.

תוכנית שקפים - 1

- תודה לאורי רום ונועם פניני ... אכן מעורר השראה ...
- תיאור קצר של התוכנית מאתר המרשם
- מה זה? למה כדאי?
  - מדע ואומנות, סטיב ג'ובס
  - האדי לאמאר
  - חברות ישראליות:
    - ווייבס, סימפלי, מיי פארט, נטע מימון..
    - graph of music distribution and streaming over the internet in the last 20 years שקף היסטורי
  - מעגלים משיקים:
    - מחקר דיבור בגוגל, פייסבוק (speech 2 text, text 2 speech)
    - אקוסטיקה, גילוי שרפות, תקשורת תת ימית, רחפנים ונשק סוני (תעשייה ביטחונית),
  - Music-Tech באקדמיה בעולם

תוכנית שקפים - 2

- דוגמאות מהשטח: קורס עיבוד אותות מוזיקליים, פרוייקטי שנה ד'
  - סטודנטים מספרים (דני תדמור, אן ודור? מתן ויוגב? ניצן וחדיג'ה?)
- תוכנית הלימודים (הקבץ "מוזיקה וטכנולוגיה" בתוכניות הנדסה חד חוגיות)
  - ממה מורכב תואר חד חוגי בהנדסה? (רמי)
  - מעטפת כללית של מוזיקה וטכנולוגיה (אורי והדס)
    - אשכול מוזיקה, אשכול טכנולוגי כללי, קורסים ייעודיים, פרויקט סיום תואר ב-music-tech
  - תנאי קבלה במוזיקה (אורי והדס)
  - אשכול קורסי מוזיקה (אורי והדס)
  - אשכולות קורסי הנדסה לפי תואר: חשמל, מכנית, ביו, תעשייה, חומרים (רמי)
- ליאור ארבל – כלי מוזיקלי אלקטרו-אקוסטי
- שאלות??
- ביקור במעבדת צלילים