

רכיב הקלטה / השמעה ISD 4004

מבוא:

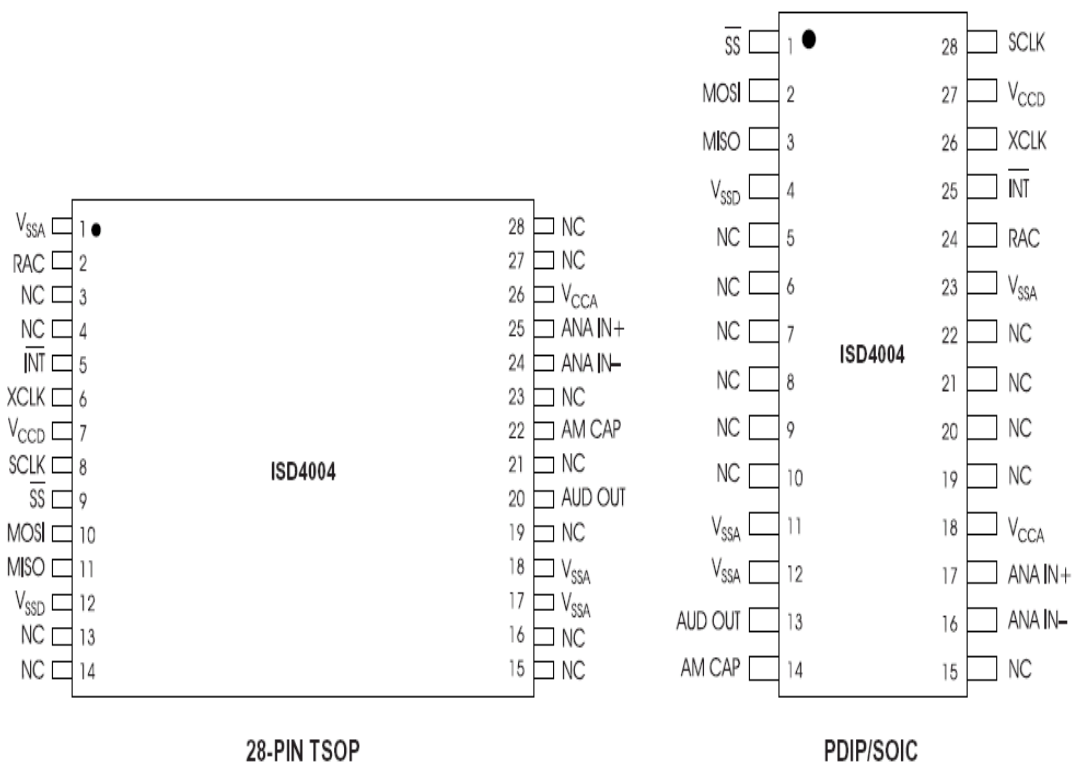
רכיב זה של חברת ISD מקנה פתרון יעיל להקלטות איכותיות של הודעות באורך של עד 16 דקות. הרכיב מתאים לטלפונים סלולאריים, למשיבונים, למרכזיות ועוד. הרכיב בנוי בטכנולוגיית CMOS ומכיל בתוכו מתנד, שני פילטרים, מערך "השתקה אוטומטית", מגבר שמע וזיכרון FLASH.

הרכיב מיועד לעבודה עם מערכות מבוססות מיקרו פרוססורים ומיקרו בקרים. באמצעות כתובות ובקרה הנשלחים ע"י ממשק טורי חיצוני – SPI – Serial Peripheral Interface, יש לנו את היכולת לשלוט באופן מלא ופשוט יחסי בכל הפונקציות והאפשרויות שהרכיב מקנה לנו. ההודעות נשמרות על תאי הזיכרון הבלתי נדיפים, כך שהמידע נשמר גם לאחר כיבוי המתח (היצרן מתחייב לשמירת המידע בתקופת זמן של עד כ-100 שנה ללא מקור מתח).

אותות קול ושמע נשמרים בצורה "אנלוגית" ישירות בזיכרון בצורתם המקורית, טכנולוגיה זו מניבה שחזור קול יציב ובאיכות גבוהה.

הדקי הרכיב:

Figure 1: ISD4004 Series TSOP and PDIP/SOIC Pinouts



תכונות הרכיב

הרכיב ISD4004 הינו רכיב דיבור שבעזרתו ניתן להקליט ולהשמיע הודעות באיכות גבוהה. משך זמן ההקלטה הוא בין 8 ל 16 דקות (תלוי בגרסה הרשומה על הרכיב). בין הרכיב למעבד יש תקשורת טורית, באמצעותה מקליטים או משמיעים את ההודעות המוקלטות.

הרכיב עובד עם מתח של 3V.

הרכיב שייך למשפחת CMOS והוא כולל בתוכו מתנד, מסננים, מערך השתקה אוטומטי, מגבר שמע, ומערך זיכרון FLASH רב דרגתי.

הרכיב תוכנן לעבוד עם מיקרופרוססור ומיקרו בקרים בתקשורת טורית סינכרונית הנקראת SPI - Serial Peripheral Interface מישק היקפי טורי או בתקשורת הנקראת MSI - Microwire Serial Interface - מישק היקפי חוט זעיר. התקשורת הטורית מפחיתה את כמות הרגליים של הרכיב.

ההקלטות נשמרות ברכיב ללא צורך בהספקת מתח מכיוון שהרכיב משתמש בזיכרון לא נדיף. כך אנו יכולים לשמור הודעות על הרכיב בלי לחשוש שהן ייעלמו עם הפסקת המתח לרכיב. היצרן מבטיח שהמידע יישמר ברכיב בתקופת זמן של עד 100 שנה ללא מקור מתח.

תצרוכת הזרם של הרכיב נמוכה. הזרם הנצרך מהספק הוא 15 ma בזמן השמעה ו 25 ma בזמן הקלטה. בזמן stand by כ 1 מיקרו אמפר.

100000 אפשרויות הקלטה .

איכות השמע של הרכיב היא טבעית לחלוטין מכיוון משהמידע אינו נדחס, האחסון האנלוגי שלו הוא ישיר ולכן הוא מאפשר שחזור צלילים, קולות, טונים ואפקטים בצורה טבעית.

ברכיב ישנן 2 מערכות העובדות במשולב.

- א. מערכת אנלוגית האחראית על אות הדיבור המוקלט ועל אות הדיבור שיוצא .
- ב. מערכת דיגיטאלית הדוגמת את האות ושומרת אותו במערך הזיכרון הבלתי נדיף.

סידרת הרכיבים ISD 4004 שייכת לרכיבי הקלטה/השמעה לזמנים של 8, 10, 12, 16 דקות. לכולם אותו נפח זיכרון אבל תדר הדגימה והמסננות בתוך הרכיב שונות.

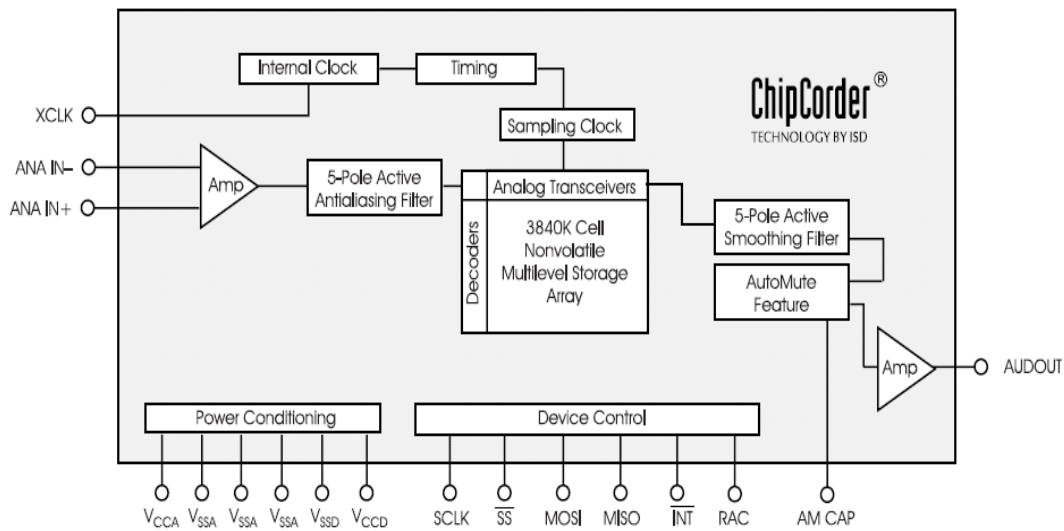
הסיומת שנמצאת בהדפסה שעל הרכיב קובעת את זמן ההקלטה/השמעה כנראה בטבלה הבאה:

Table: ISD4004 Series Summary

Part Number	Duration (minutes)	Input Sample Rate (KHz)	Typical Filter Pass Band (KHz)
ISD4004-08M	8.0	8.0	3.4
ISD4004-10M	10.0	6.4	2.7
ISD4004-12M	12.0	5.3	2.3
ISD4004-16M	16.0	4.0	1.7

ניתן לראות שההבדל בין הרכיבים הוא תדר הדגימה שבו דוגמים את הקול ותדר המסננות הפנימיות המעבירות את אות השמע להקלטה. ניתן להבין שברכיב ל 8 דקות הקלטה/השמעה, איכות הקול תהיה הטובה מבין 4 הרכיבים שבמשפחה כי תדר הדגימה הוא הגבוה ביותר.

Figure: ISD4004 Series Block Diagram

**הסבר דיאגרמת המלבנים**

בצד שמאל למעלה רואים את מתנד השעון הפנימי – **INTERNAL CLOCK**. היצרן ממליץ לחבר את רגל **XCLK** לאדמה ואז השעון הפנימי הוא המפעיל את המערכת (הסבר נוסף בתיאור רגלי הרכיב שבהמשך).

פולסי השעון מגיעים למערכת התזמון **TIMING**. זוהי המערכת המתזמנת את כל פעולות הרכיב. ממנה יוצאים פולסי דגימת שעון – **SAMPLING CLOCK** אשר דוגמים את האות האנלוגי המגיע מהמשדרים / מקלטים האנלוגיים – **ANALOG TRANSCEIVERS**.

המקלט האנלוגי הוא מערכת ההגברה האנלוגית והמסננות לאות השמע הנכנס מהמיקרופון ונשמר במערך התאים הלא נדיף.

המשדר האנלוגי הוא המערכת המוציאה את הבתים ממערך הזיכרון אל מגבר היציאה דרך מסננות היציאה.

מערך הזיכרון של 3840 קילו תאים נקרא :

3840K CELL NONVOLATILE MULTILEVEL STORAGE ARRAY -

זהו מערך של תאים המסודר בתוך 2400 שורות. השמירה היא אנלוגית על פי פטנט של יצרן הרכיב. הפנייה לכל שורה מתבצעת בעזרת מפענח **DECODER**.

המפענח דואג לפנות לתא המסוים בשורה הנכונה ולשמור שם את הדגימה הנקלטת או להוציא את הדגימה מהתא שבשורה הנכונה החוצה.

אות השמע נכנס למגבר שרת – **AMP**. הכניסות הפרשיות כדי לבטל השפעה של רעש. (כזכור רעש "מתלבש" על שתי הכניסות באותו מופע ולכן ההפרש שלהם יהיה אפס).

האות מהמגבר עובר אל מסננת - **5 POLE ACTIVE ANTIALIASING FILTER**. זוהי מסננת אקטיבית הדואגת לכניסה של תדרי **דיבור** בלבד למערכת. וחוסמת תדרים מעל או מתחת תדרים אלו.

אות הדיבור נדגם ע"י מערכת הדגימה ונשמר בתא כלשהו בשורה מסוימת הנקבעים ע"י המפענח. המיקום – השורה – שבה נשמר האות בזמן ההקלטה נקבע בעזרת הפקודות הנשלחות אל הרכיב.

כאשר נרצה לשמוע את ההקלטות, נשלח פקודת הוצאה משורה מסוימת ואז האות שנשמר בתאים יוצא אל מסננת החלקה אקטיבית בעלת 5 קטבים - **5 POLE ACTIVE SMOOTHING FILTER**. שתפקידה לדאוג "להחליק" את הדגימות הבדידות שיוצאות מהזיכרון וכמו כן לדאוג שרק תדר הדיבור ולא תדר הדגימה או רעשים יעברו לכיוון היציאה.

האות המשוחזר עובר דרך מערכת השתקה אוטומטית - **AUTOMUTE FEATURE**. מערכת זו דואגת שרק אות מעל רמה מסוימת יצא מהמערכת. לדוגמא את אותם קטעים שבזמן ההקלטה, בקטעים שאין דיבור, המערכת משתיקה ולא מוציאה החוצה. בעזרת קבל המתחבר לרגל **AM CAP**, קובעים את רמת האות שבה תתבצע ההשתקה.

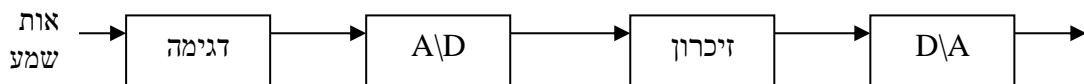
מערכת ההשתקה עובר האות מגבר נוסף **AMP** שתפקידו להגביר את אות הדיבור. בחלק התחתון של הסכימה המלבנית, בצד שמאל משורטט מלבן מתחי הספק וכניסות המתחים שלו – **POWER CONDITIONING**. קיימות 3 רגלי אדמה אנלוגיות - **VSSA** - כדי להקטין רעשים. האות האנלוגי שאותו מקליטים הוא קטן (סדר גודל מילי וולטים) ויש לדאוג שלא יושפע מרעשים.

המלבן הימני בחלק התחתון של השרטוט הוא בקרת הרכיב – **DEVICE CONTROL**. כאן נמצאים רגלי התקשורת של הרכיב עם המיקרו ומעגלי הבקרה השולטים על הרכיב לפי הפקודות שנשלחו אליו.

איכות קול ודיבור:

בכדי שהאות יתקבל לנו ללא עיוותים כאשר נשחזר אותו, קצב הדגימה חייב להיות לפחות פי 2 מהאות. כלומר אם 4khz זהו תדר הדגימה שלנו אז התדר המקסימאלי של אות השמע יהיה 2khz. מכיוון שבפרויקט אנו מקליטים דיבור (ההקלטות הן בקולו של המשתמש), ותדר הדיבור הוא ממאות הרצים עד 1khz אז כלל הדגימה נשמר, מכיוון שתדר הדגימה של הרכיב (4khz) הוא לפחות פי 2 מתדר הדיבור (1khz).

במערכות קול "רגילות", כאשר רוצים להקליט דוגמים את האות ואת הדגימות האלו ממירים לצורה דיגיטאלית בעזרת A/D ואת הדגימות האלו שומרים בזיכרון, כאשר נרצה להשמיע אז מוציאים את המידע מהזיכרון וממירים אותו לצורה אנלוגית בעזרת D/A.

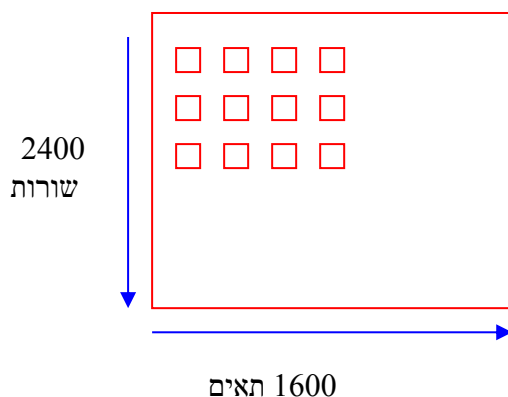


מכיוון שהממירים מאנלוגי לדיגיטאלי ולהיפך הם בעלי מספר סיביות קטן ולרוב אינם איכותיים התוצאה הסופית היא אחוז רעשים הרמוניים ושחזור ברמה יחסית נמוכה של האות. ברכיב isd-4004 אין את תהליך ההמרה, כלומר שאנו חוסכים 2 תהליכי המרה, מכיוון שאות השמע נשמר בצורה ישירה בזיכרון בצורתו המקורית, דבר זה משפר את איכות הקול.

זיכרון ה-FLASH:

אחד היתרונות של טכנולוגית הקלטת הקול של ISD היא השימוש בזיכרון בלתי נדיף אשר מעניק צריכת הספק אפסית בשמירת ההודעות. החברה מתחייבת שההודעה תשמר לפחות 100 שנים ללא מתח והזיכרון ניתן לשכתוב לפחות 100 אלף פעם.

הזיכרון בנוי מ-3840K תאי זיכרון. ישנן 2400 שורות ובכל שורה 1600 תאים. כל תא מסוגל לאחסן בתוכו רמת מתח, דבר זה מאפשר לשמור את האות בצורתו המקורית.



הזיכרון שומר את המטען שנמצא בתאים ולא נותן לו להתפרק, בגלל התכונה הזו המידע לא נמחק והזיכרון לא נדיף.

מכיוון שתדר הדגימה ברכיב של ה 16 דקות הוא 4khz אז הזמן הלוקח להקלטת תא אחד הוא:

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{4K} = 0.25\text{msec}$$

מכיוון שישנם 1600 תאים בשורה אז הזמן הלוקח להקלטת שורה אחת הוא:

$$T = 1600 * t = 1600 * 0.25\text{msec} = 0.4 \text{ sec}$$

זמן הקלטה מירבי של כל הרכיב:

$$0.4 * 2400 = 960\text{sec} = 16 \text{ min}$$

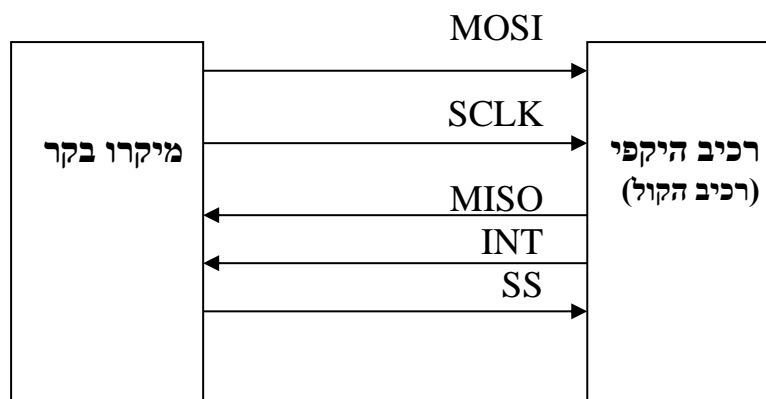
כלומר הרכיב שלנו מסוגל להקליט 16 דקות.

* ניתן לארגן את ההקלטות לפי שורות (בכל שורה הקלטה שונה) כך שאם נרצה הקלטה מסוימת אנו נפנה לשורה המסוימת בזיכרון ונשמע את ההודעה.
ברכיבים של 8, 10 ו 12 דקות תדרי הדגימה שונים ולכן זמן של השמעה/הקלטה של שורה אחת שונה.

ממשק המיקרו בקר:

תקשורת SPI - Serial Peripheral Interface ממשק טורי היקפי

זוהי צורת תקשורת טורית דו כיוונית בין מחשב (MASTER) ורכיב היקפי (SLAVE) הכוללת 5 קווים. הקווים נראים בשרטוט הבא:



MOSI - Master Out Slave In - יציאת אדון (המיקרו בקר) כניסת עבד (רכיב היקפי). יציאת הנתון הטורי מהמיקרו אל הרכיב ההיקפי.

SCLK - Serial CLock - השעון הטורי המתזמן את כניסת הנתון הטורי אל הרכיב ההיקפי.
MISO - Master In Slave Out - כניסת אדון יציאת עבד. זוהי כניסת הנתון הטורי הנשלח מהרכיב ההיקפי אל המיקרו.

INT - INTerrupt - בעזרת רגל זו מודיע הרכיב למיקרו שהסתיימה ההודעה או שהגענו לסוף הזיכרון.

SS - Slave Select - בחירת עבד. בעזרת רגל זו מודיע המיקרו לרכיב שהוא פעיל. הרכיב פעיל בנמוך.

ישנם 2 בתים של כתובת מכיוון שאנו צריכים להגיע ל-2400 שורות, ובית אחד של כתובת לא יספיק להגיע לכל השורות.

BYTE 3

Run	Play\Rec	Power up	Ignore address	Message cueing	*	*	*
-----	----------	----------	----------------	----------------	---	---	---

3 סיביות נמוכות ללא תפקיד.

Run: מאפשר או לא מאפשר את הפעולה.
"1" - מאפשר פעולה.
"0" - לא מאפשר פעולה.

Play\Rec: "1" מבצע השמעה.
"0" מבצע הקלטה.

Power Up: כאשר יש "1" הרכיב מחובר במצב On.
כאשר יש "0" הרכיב נכנס למצב Stand By.

Ignore Address: אם יש בביט זה "1" אז הרכיב יתעלם מהכתובת שנמצאת ב-byte 1 וב-byte 2, מכיוון שישנם פקודות שלא דורשות כתובת (כלומר אם נבקש לבצע השמעה ונתעלם מהכתובת אז הרכיב יבצע השמעה מהכתובת שהוא נמצא בה עכשיו). אם נשים בביט זה "0" הרכיב לא יתעלם מהכתובת.

Message Cueing: ברכיב זה כאשר מתבצעת הקלטת הודעה אז הוא מסמן את התחלת ההודעה. כאשר לא נדע את כתובת התחלת ההודעה אנו נשתמש ב-MC. כלומר כאשר נקליט הודעות אחת אחרי השנייה ולא נדע את כתובת התחלת כל הודעה אז נתן cue בהתחלת כל הודעה וכך נדע איפה מתחילה למעשה כל הודעה. כאשר נרצה לבצע MC נשים בביט זה "1".

רגלי הרכיב:

Vcca, Vccd - אלו כניסות המתחים של הרכיב. כדי להקטין את הרעש, המעגלים האנלוגיים והדיגיטאליים משתמשים בקווי הספקה נפרדים, קווים אלו פועלים במתח של 3V.

Vssa, Vssd - כניסות האדמה של הרכיב גם הן נפרדות. רגלי האדמה צריכות להיות מחוברות כמה שיותר קרוב אחת אל השנייה ואל הרכיב. כולן צריכות להתחבר לקו בעל התנגדות נמוכה מאוד, וזאת כדי להבטיח שבין רגל האדמה האנלוגית לרגל האדמה הדיגיטאלית תהיה התנגדות נמוכה מ-0.3Ω.

Aud Out - יציאה זו מספקת את אות השמע היוצא למגבר השמע LM-386.

SS - מוסבר לעיל.

Mosi - מוסבר לעיל.

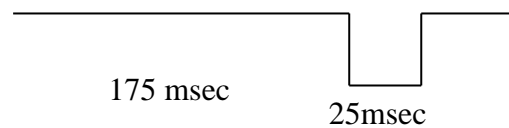
Miso - מוסבר לעיל.

Sclk - מוסבר לעיל.

Int - זוהי רגל הפסיקה של הרכיב, רגל זו תרד ל-"0" בשני מקרים:

1. כאשר ההקלטה נמשכת מעבר לתחום הזיכרון.
2. כאשר הרכיב יזהה תו סוף הודעה (EOM). כך ניתן להפריד בין הודעות ולדעת מתי כל הודעה מסתיימת.

Rac - ביציאת רגל זו מתקבל גל אות ריבועי באורך כולל של 200msec, כאשר הרכיב פועל בתדר דגימה של 8khz. אות זה מייצג שורה אחת בזיכרון, שורה אחת מתוך 2400 שורות שיש לרכיב. אות זה נשאר במצב "1" לוגי למשך 175msec ולאחר מכן יורד ל"0" למשך 25msec כאשר הוא מגיע לסוף השורה.



ANA IN+, ANA IN- - כניסת שמע אנלוגית מהפכת ולא מהפכת. כאשר (ANA IN-) זוהי כניסת השמע מהפכת, (ANA IN+) זוהי כניסת שמע לא מהפכת. שתי הכניסות הן כניסות הפרשיות על מנת לצמצם את רמת הרעשים.

XCLK - ברכיב זה ישנה אפשרות להכנסת אות שעון חיצוני שיקבע את תדר הדגימה של הרכיב בעזרת רגל זו, אך חיבור זה אינו מומלץ וזאת בגלל שהמתנדים שמיוצרים כיום הם בעלי תדר עם אחוז דיוק של כ-1%, הם מושפעים מהטמפרטורה והמתח הנופל עליהם, ולכן הם לא מדויקים. בנוסף לכך היצרן של הרכיב ממליץ לא לנסות להעלות את תדר הדגימה של הרכיב וזאת מפני שהמסננים הפנימיים נבנו במיוחד סביב תדר זה וכל ניסיון לשינוי יגרום לעיוותים או לחוסר פעולה של הרכיב. את רגל זו מומלץ לחבר לאדמה.

AM CAP - רגל זו משמשת לשליטה במערך ה-"השתקה אוטומטית", מערך זה משתיק את האות בכניסה כאשר האות חלש מאוד, וכך אנו מסננים את הרעש כאשר אין אות בכניסה. את הרגל מחברים לקבל של 1uf אשר מהווה חלק ממערך הבדיקה שמודד את המשרעת של האות. משרעת זו עוברת השוואה לרמה מסוימת שנקבעה על ידי היצרן לאותות גדולים. רמת ההשתקה שנקבעה היא 6db ובמצבי שתיקה הרמה קבועה ל-0 את כל המערך הזה ניתן למסך על ידי חיבור הרגל ל-"1" לוגי.

אופן הפעלת הרכיב:

כדי שנוכל להקליט ולהשמיע הודעות בעזרת רכיב הקול עלינו לתכנת את הרכיב לפי מבנה פקודות קבוע המוגדר על ידי היצרן בדפי הנתונים.

תבנית פקודות ההקלטה:

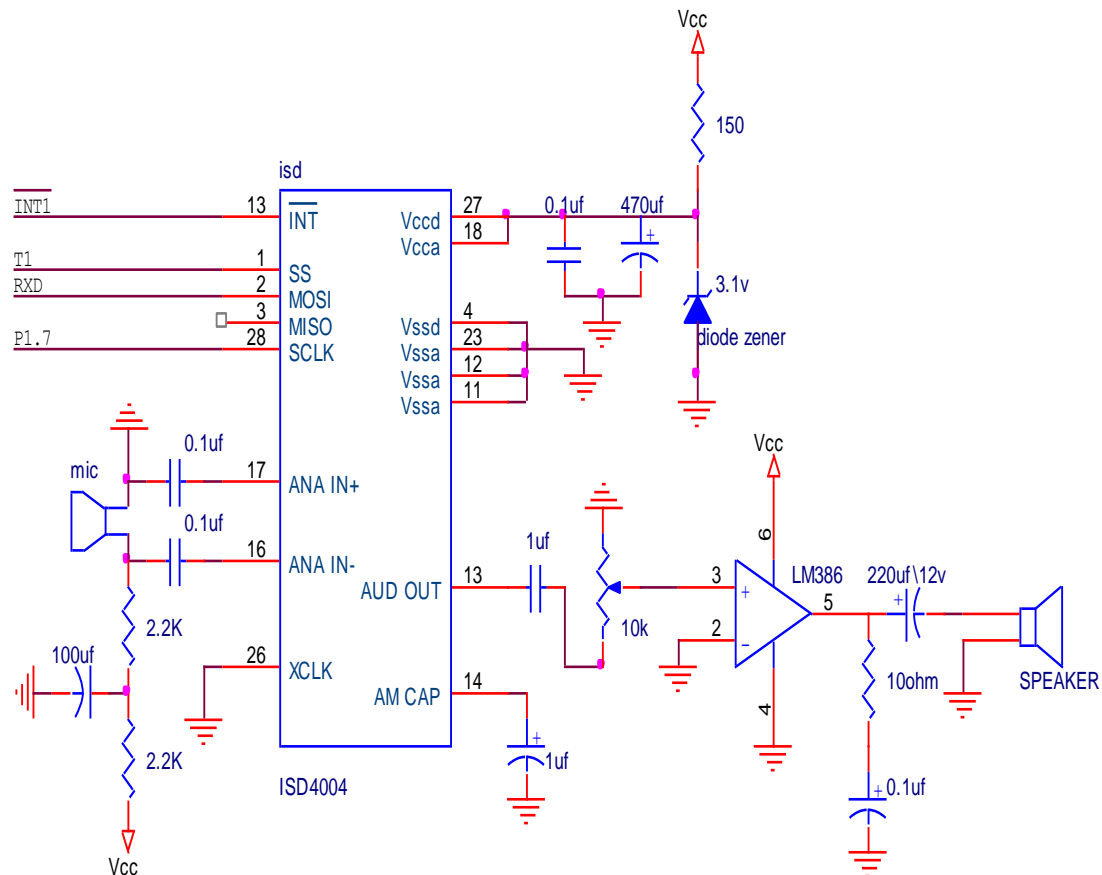
1. שולחים פקודת הפעלה power up = 00100xxx (x יכול להיות 0 או 1)
2. מבצעים השהייה של לפחות 50msec.
3. שולחים שוב את פקודת ההפעלה power up.
4. שולחים את פקודת היכון להקלטה עם הכתובת ממנה רוצים להתחיל את ההקלטה - setrecord
5. שולחים את פקודת ההקלטה .rec = 10110xxx

תבנית פקודות ההשמעה:

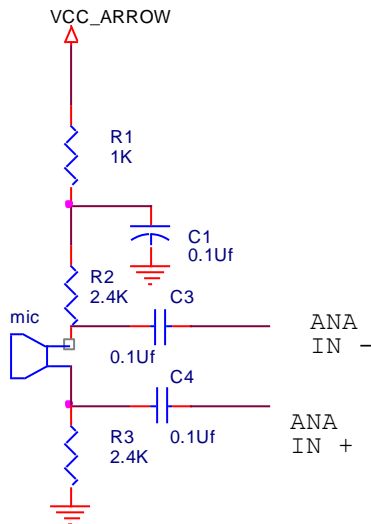
1. שולחים פקודת הפעלה $power\ up = 00100xxx$
2. מבצעים השהייה של לפחות $50msec$.
3. שולחים את פקודת היכון להשמעה עם הכתובת שממנה רוצים להתחיל את ההשמעה. $setplay$
4. שולחים את פקודת ההשמעה $play = 11110xxx$

בכדי לאפשר את שליחת הפקודות אנו צריכים לאפס את רגל ה-SS המאפשרת שליחת נתונים, בנוסף אנו צריכים לסנכרן את המידע שנשלח באמצעות רגל ה-SCLK מכיוון שהמידע הנשלח הוא טורי. בסיום שליחת הפקודות/המידע רגל ה-SS תעלה שוב לגבוה.

חיבור הרכיב למערכת מיקרו :

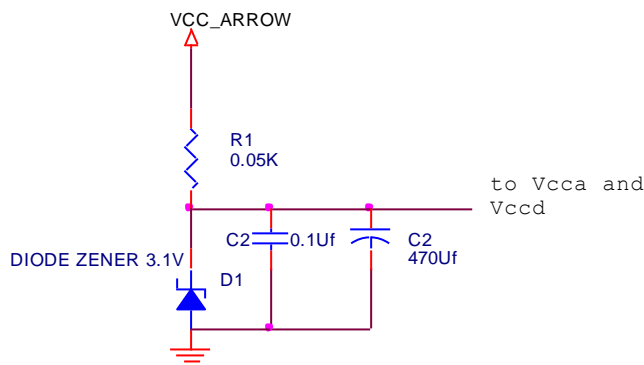


מעגל הכניסה מהמיקרופון אל המגבר נראה כך :



נגד R1 וקבל C1 הם מערכת ביטול צימוד. תפקידם לדאוג שרעש מהספק לא יגיע אל רכיב הקול ולהיפך שהאות אותו מקליטים לא ישפיע על ה Vcc. הנגדים R2 ו R3 הם נגדים שווים עליהם אנו מוציאים את האות שנותן המיקרופון כשני אותות בגודל שווה ובהיפוך מופע אל רכיב הקול. תפקיד נוסף שלהם הוא לתת ממתח נכון למיקרופון האלקטרוני שבו השתמשנו בפרויקט. הקבלים C3 ו C4 הם קבלי צימוד המעבירים רק את אות החילופין מהמיקרופון ללא רמות ה DC שעל הנגדים.

היות ומתח ה Vcc במעגל הוא 5 וולט והיצרן ממליץ להשתמש ב 3 וולט נוריד את המתח בעזרת דיודת זנר. (ניתן להפעיל את הרכיב גם עם מתח של 5 וולט).
מעגל הספק נראה כך :



הנגד R1 הוא נגד העבודה של דיודת הזנר. הקבלים הם קבלי סינון.

אחד הגורמים החשובים בנושא הקטנת הרעש הוא חיבור הקבלים שבשרטוט קרוב ככל האפשר אל רגלי המתח של הרכיב !! ובמיוחד קווי האדמה האנלוגית חייבים להיות קצרים במיוחד. (בהקלטה האות הנכנס קטן מאד וכל רעש קטן גורם לעיוות בהקלטה). שני הקבלים דואגים שמתח ה DC של 3.1 וולט המגיע אל הרכיב יהיה "נקי" מרכיבי חילופין כלשהם. הקבל הגדול מקצר את רכיבי החילופין בתדרים הנמוכים ואילו הקבל הקטן מקצר את התדרים הגבוהים.

לרכיב הקול יש שתי מערכות, האחת אנלוגית והשנייה דיגיטלית ולכן יש שתי כניסות Vccd ו-Vcca שיכולות לקבל 2 מתחים נפרדים, אצלנו הן מקוצרות ומקבלות 3.1 וולט מהזנר. כמובן שגם רגלי האדמה האנלוגית והדיגיטלית מחוברות יחד.

רגל 1 של הרכיב היא רגל האפשר של Slave Select – SS היא מתחברת אצלנו לרגל T1 בה אנו משתמשים כביט פלט המאפשר את הרכיב). ניתן לחבר אותה לכל רגל פנויה אחרת באחד הפורטים. רגל 2 של הרכיב היא רגל כניסה טורית אל הרכיב. Master Out Slave In – MOSI. הכנסת נתון זה בצורה טורית מתבצעת בתאום עם פולסי שעון אותם אנו מספקים בעזרת תוכנה ברגל SCLK של הרכיב. שתי רגלים אלו מתחברות ל-RXD ו-P1.7 בהתאמה שמשמשים אותנו כביטים של פלט. רגל 13 (INT') של הרכיב משמשת ליציאה ומודיעה שהרכיב סיים את השמעת ההודעה הרצויה. אנו מחברים את רגל זו ל-INT1 של המעבד. רגל זו נמצאת במצב "רגיל" ב '1' וכאשר נגיע לסיום ההודעה או לסוף הזיכרון, רגל זו תרד ל '0' ואז נקבל פסיקה במיקרו וניתן פקודת עצירת השמעה לרכיב. (ניתן לעבוד עם פסיקה או לעשות polling-שאילתא - על הרגל).

ברגליים 16-17 נכנס דרך המיקרופון אות השמע, האות נכנס למגבר הפרש שתפקידו לבטל רעשים שמתלכשים על אות השמע (יש את אותה רמת רעש בשני הדקי המגבר ולכן הרעש מתחסר משני ההדקים).

את רגל 26 (XCLK) אנו מחברים לאדמה מכיוון שאנו לא רוצים לעבוד עם אות שעון חיצוני שיקבע את תדר הדגימה אלא אנו רוצים לעבוד עם תדר הדגימה של הרכיב, דבר זה מומלץ על ידי היצרן.

כאשר מבצעים השמעה האות יוצא ברגל 13 של הרכיב ומגיע אל מגבר 386 שהוא מגבר הספק, כאשר הפוטנציומטר המחובר בכניסה לרגל 3 שלו קובע את עוצמת השמע (volume). הקבל (1uf) המחובר אל רגל 13 זהו קבל צימוד המעביר רק את המתח החילופי AC (האות המתאר את הקול).

מגבר השמע שמימין לרכיב הקול הוא מגבר הספק שתפקידו להזין את הרמקול. הקבל של 220uf בטור לרמקול הוא קבל צימוד (מניעת DC והעברת AC). המערכת של הנגד $\Omega 10$ והקבל 0.1uf לאחר מגבר השמע, תפקידה לדכא תנודות בתדר גבוה שהיו יכולות להתפתח בגלל ההגברה הגבוהה של המגבר.

את רגל 14 חיברנו לקבל של 1uf ולאדמה. (אופן פעולת מערך ה"השתקה האוטומטי" הוסבר לעיל).

לפרטים נוספים עיין באתר זה בנושא של רכיב ISD 4003 .

את דפי הנתונים של היצרן ניתן להשיג בכתובת :

<http://www.isd.com/products/chipcorder/datasheets/4004/ISD4004.pdf>