



# על הביטים הללו

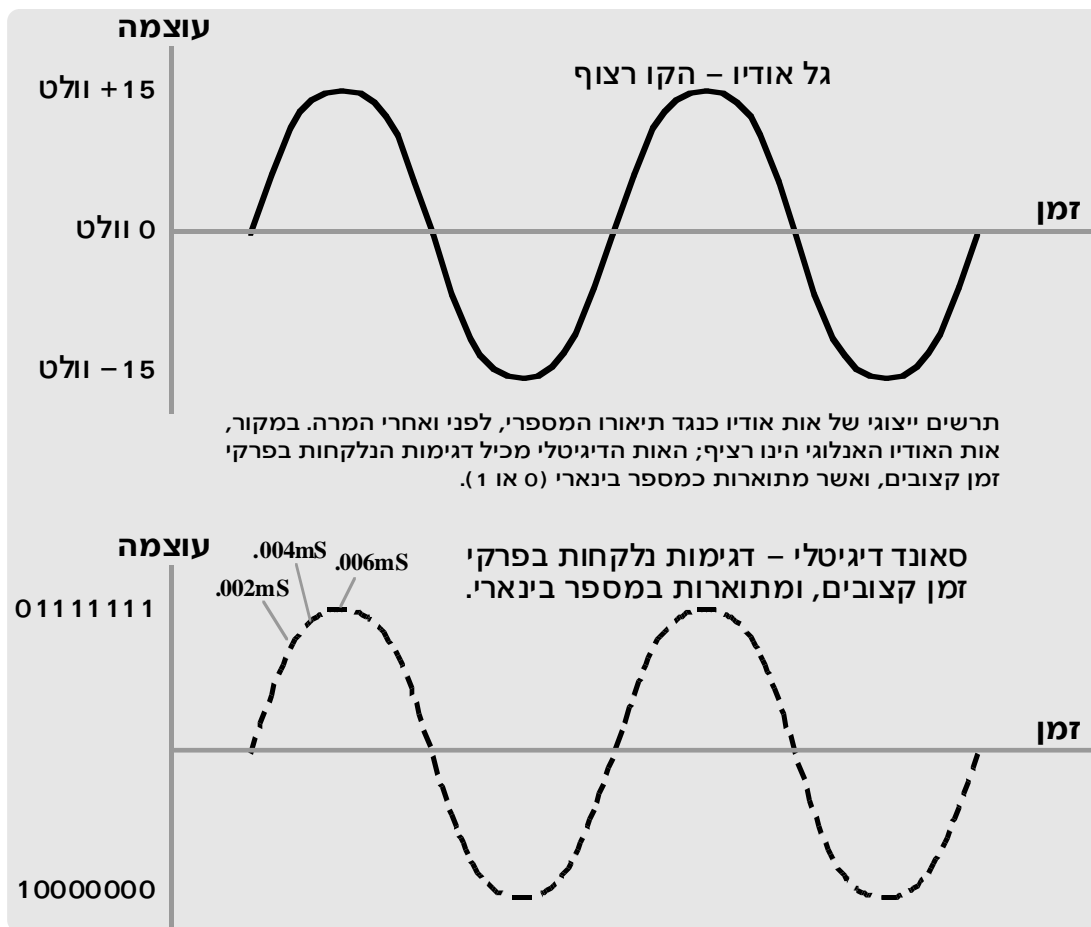
דיגיטל זו מילת המפתח של השנים האחרונות. עובדה היא, שמפיקי מוסיקה מודרנית משתוקקים אל הגמישות, האיכות והיעילות שאודיו דיגיטלי מעניק להם. לרוע המזל, אנחנו לפעמים נוטים ללכת על המספרים הגדולים במקום לשאול מה אנו שומעים. פאול פרינדל מחברת סוני, בילה שנים רבות בתחום הדיגיטלי, והקדיש את רוב הזמן לחקר משמעות המספרים הללו, והאם יש מעבר למשוואת האיכות משהו אחר מאשר מספר הביטים ותדר הדגימה. אנו ניגע כאן בשני דברים: הבליה הטכנוקרטית תוסבר, ולאחריה נצעד לתוך המציאות ונגלה מה זה אומר לגבי כל מי שכבר מצוי, או מתעתד להיכנס, לרכבת הדיגיטלית.

## הבסיס

תאר לך 'קופסה שחורה' דיגיטלית לעיבוד צליל; לא משנה מהו המעבד (פרוססור), אנו רק צריכים לדעת שהוא דיגיטלי. המטרה היא לייצג גל אודיו ממושך (הכניסה האנלוגית) כקבוצה של מספרים (אודיו דיגיטלי), לעבד את המספרים האלה, ולבסוף להפוך אותם חזרה לאודיו (יציאה אנלוגית). קודם נדון בדרגות ההמרה, ואז נחזור לשלב האמצעי.

המרה מאנלוג לדיגיטל (A/D) מושגת באמצעות בחינה של אות אודיו רצוף במרווחי זמן קבועים, ותיאור הרמה (level) בכל נקודה שכזו כמספר. במונחי מחשבים מספרים אלה (המכונים "מילה" = word) מורכבים מכמה חלקים ("ביטים"), כאשר כל אחד מהם הוא 1 או 0. ככל שירבו הביטים המתארים את הרמה, ככה המדידה תהיה יותר מדויקת. זה ממש כמו מדידת אורכו של חפץ מסוים בסנטימטר, מילימטר או מיקרומטר. תמיד תהיה מדויק יותר כאשר תמדוד במיקרומטרים, אך תצטרך הרבה מהם. באודיו, מספר הביטים היוצר "מילה" (word) מתואר כ"עומק הביט" (bit depth); ומילה אחת, המתארת נקודה בודדת על צורת הגל או אות האודיו, נקראת "דגימה" (sample).

16 או 24  
ביט? 48  
96  
קילוהרץ?  
מה אומרים  
כל הביטים  
ותדרי  
הדגימה,  
ומה הם  
עושים  
למוסיקה  
שלך?



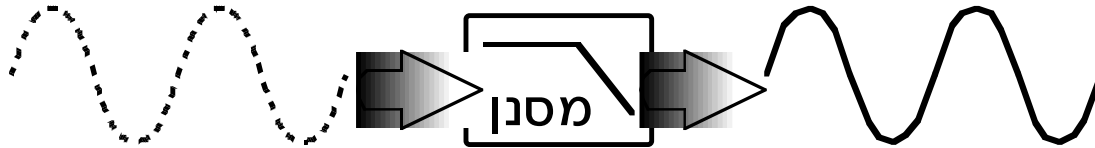
ככל שתרכבה הדגימות בחריץ זמן בודד, כך יגדל תחום התדרים שניתן לתארו בדייקנות. מספר הדגימות הנלקחות בתוך שניה נקראות "מחזוריות הדגימה" (sample rate, או תדר דגימה) וזה נמדד בקילוהרץ (kHz - אלפי דגימות בשניה). "אודיו באיכות תקליטור" מציב עומק של 16 ביט, ומחזוריות דגימה של 44.1 קה"ץ.

כעת יש לנו מיצג מנקודה-לנקודה של אות האודיו, או אלפי רמות עוצמה שונות, אשר בהתחברן אחת לשניה הופכות לאודיו אנלוגי בחזרה. למעשה, זה מה שממיר דיגיטלי-לאנלוג (D/A) עושה, הוא מחבר את הנקודות.

והנה בעיה ראשונה שלנו. המוצא הראשוני של תהליך ההמרה מדיגיטל לאנלוג יהיה מדורג (מדרגות), כאילו ניסינו לבנות קיר עגול באמצעות לבנים מרובעות גדולות. הצורה הכללית אמנם תהיה מעוגלת, אך המשטח יהיה רחוק מחלק. באודיו, הקצוות המחוודים האלה אומרים הרמוניות ורעש, מה שמכונה "שגיאת כימוי" (quantization error).

בנוסף, כאשר דוגמים, העתקים של הגל המקורי מופיעים בתדרים גבוהים יותר (או

פיץ') – המכונה aliasing. מתגברים על כך באופן די ישיר. במטרה להפיק תדרים שהם עד לסף השמיעה הגבוה שלנו, עלינו לדגום את האות במחזוריות הגבוהה בלפחות פי שניים מהתדר הגבוה ביותר הנכנס לממיר.. מחזור הדגימה של 44.1 קה"ץ הינו למעשה גבוה יותר מהכפולה של תדר השמיעה הגבולי שלנו, אשר הוא מקובל להיחשב כ-22 קה"ץ. עדיין, עלינו להחליק את הקצוות, או המעבר בין הנקודות, ולהבטיח שתדרים גבוהים יותר לא יעברו במסלול האודיו הבא בתור, כך שאנו מניחים מסנן (LPF) לסינון של תדר שמעל 22 קה"ץ.



לעכשיו, יש עוד דבר אחד שעליך להבין בנושא ההמרה: אות ברמה נמוכה (חלש) יומר בפחות דייקנות מאשר זה החזק יותר, ואות המנסה לעבור את המספר המקסימלי שאות דיגיטלי יכול לשאת (dB) יישמע רע. ברמות נמוכות, השגיאות המוזמנות (כימיו) תגרומנה לעיוות (דיסטורשן). אז יש לנו רמה אידיאלית שהיא dB, אך בטוח שהיא לא מעבר לזה. זו הסיבה מדוע תוכנות אודיו מעניקות את האופציה "למרב" (מרבי, maximize) או לנרמל (normalize) את האות הדיגיטלי כדי שיהיה מוכן ליציאה נכונה.

עם כל הנתונים האלה בראש, זה מתבקש שנרצה שיהיו יותר ביטים (עומק ביט) כדי להגביר את התחום הדינמי – לא בגלל שיהיו לנו מספרים גבוהים יותר, אלא בגלל שהברירות (רזולוציה) ברמות נמוכות תהיה גבוהה יותר (התחום הדינמי מהווה את היחס שבין רצפת הרעש למקסימום עוצמה). בזאת כיסינו את רוב הבסיס לפרמטרים של אודיו דיגיטלי. כעת אנו פונים לפאול פרינדל, כדי שימציא לנו עובדות דיגיטליות מהעולם הריאלי.



ויוצר למעשה גל ריבועי. זה מה שמכונה "טעות כימיו" (quantisation error), והוא דיסטורשן טהור, לא רעש. לא למימשהו נעים במיוחד! לפני שנים התגלה שאם סוג נכון של רעש מוסף למערכת דיגיטלית, שגיאת כימיו זו עשויה סטטיסטית להיעלם ותוחלף ברעש קבוע, להבדיל מהדיסטורשן המכוער. זו היתה חדשה מרעישה, כיוון שהעיוות עקב כימיו הוסר לגמרי ונשארת עם סאונד נקי וקצת רעש, שכולנו מורגלים אליו.

### ריצוד הביט הנחות

מה הרעיון שמאחורי ה-Dither באודיו דיגיטלי? במערכת דיגיטלית, רמת האות הזעירה ביותר שיכולה לעבור צריכה להיות מעל הביט הנמוך ביותר (LSB) של הקוד הבינארי המייצג את ה"מילה" של הקוד. במערכת של 16 ביט זה עומד על 96dB. זה לגמרי לא קשור להמרה, זו מגבלה מתמטית תיאורטית של קוד דיגיטלי. בנוסף, אתה יכול לתאר לעצמך שעבור אות מאוד חלש לא יחולו הרבה שינויי רמה דיגיטליים. מכאן, שהעיוות הנוצר בגלל הביט הנמוך של 96dB נמצא כשמיע יותר כיוון שהאנרגיה של השגיאה שלו היא קבועה. וכמובן, אתה יכול לתאר לעצמך שעבור אות של, נאמר, 90dB, הקוד הדיגיטלי ביציאה של מערכת 16 ביט יכול את הביט הנמוך עולה ויורד (1,0) עם האות,

## האם אי פעם נפסיק לראות גידול במספר הביטים ובתדר הדגימה? כבר רואים מכשור של 96 קה"ץ ומעלה, האם זה מוצדק?

–כפי שתראו בהסבר על "ריצוד" (dither, ראה ריבוע), אין כל עיוות או יתרון בהיענות עם "מילה" גדולה יותר. אך היחס הכללי הנרכש של אות לרעש תלוי באורך ה-word. כך שלבטח יש יתרון שמיע לעניין הריבוי הביטים. מערכת של 24 ביט מסוגלת לתחום דינמי של 144 דבי. כאשר מפיקים בהקלטה רב-ערוצית, היכן שמספר רב של אותות ממוזגים יחדיו, היתרון של 24 ביט ניתן להערכה אמיתית.

דגימה ב-96 קה"ץ יכולה לשמש בהפקת תדרים גבוהים יותר. למרות שזמן רב היה נהוג לחשוב שתחום השמע נעצר ב-20 קה"ץ, קיימת אנרגיה מעל גבול זה המגיעה ממיקרופונים ומיכשור טובים יותר, וקיימת אנרגיה אקוסטית זעירה בכלי קצב (מעל 20 קה"ץ). אסכולה שלמה גורסת שאנרגיה זו משפיעה על התפיסה שלנו בצורה זו או אחרת. בכל מקרה, זה יהיה אך הגיוני לנסות וללכוד את כל האנרגיה המגיעה ממקור הצליל. אולם, עד אתה אני אישית לעולם לא הצלחתי לזהות הבדלים בין מוסיקה שהוקלטה עם הגבלה עד ל-20 קה"ץ לבין זו שלא, וכאן ("סוני") ערכנו ניסיונות שמיעה רבים ומפורטים במשך כל השנים.

### סכנה, ביט אחד עשוי להסתיר ביט אחר...

16, 24, 32, או 64 ביט? מה קורה פה? ספרי ההפעלה לרוב מערבבים את סוגי הביטים כיוון שלחצים מסחריים על היצרן גורמים לו להדביק על המוצר את המספר הגבוה ביותר כדי ללכוד את עין הקליינט.

ישנם שלשה מספרים שיש לשים לב אליהם בצידוד דיגיטלי. בתור התחלה, האות האנלוגי צריך לנדוד דרך ממיר ההופך אותו לאות דיגיטלי. להמרה זו יש רזולוציה, רגישות לשינוי צורה, של 16 עד 24 ביט.

עכשיו מגיע מעגל העיבוד הדיגיטלי, ה-DSP. מספר הביטים משתנה כעת, והוא לרוב גבוה מזה של רזולוציית הממיר. זאת כיוון שישנן פונקציות אריתמטיות הדרושות לעיבוד. התוצאה של חישובים אלה יכולה להיות הרבה יותר גבוהה מרמת האות בכניסה.

עבודה עם מספר ביטים גבוה יותר מונעת רווייה של המערכת ומאפשרת את היכולת לבצע חישובים הנושאים נקודה עשרונית. עליך אף להימנע מסיכום הביטים של מערכת בעל מעבד כפול. ברגע שהאות עבר את השלבים האלה, ישנו ממיר נוסף, מדיגיטל לאנלוג, ואף הוא נושא רזולוציה משלו. אתה באמת צריך לקרוא את האותיות הקטנות כדי להבין מה הרזולוציה האמיתית.

ישנם יתרונות אחרים בדגימה מהירה יותר מ-44.1 ו-48 קה"ץ העכשוויות, בכך שקל יותר לייצר ממירים טובים. כפי שהוסבר קודם לכן, מסנני שיחזור בעלי שיפוע חד נחוצים כדי להיפטר מהיענות תדרים מיותרת, המצויה בתחום שבין גבול תדירות השמע ומחצית התדר של הדגימה.

מכאן, במקרה של 48 קה"ץ, המסנן חייב להגיע למקסימום הנחתה ממש לפני 24 קה"ץ. זהו מסנן חד ביותר, והיה אם הוא לא מתוכנן כראוי, הוא עשוי לגרום לבעיות שמע קשות (ריפרוף ופאזה) בתחום האודיו. מסנן שכזה אף יוצר השהייה גדולה בין הכניסה ליציאה, שעשויה להפריע מאוד ביישומי אודיו. מערכת של 96 קה"ץ זקוקה לאותו מסנן, אך ב-48 קה"ץ, אפילו אם נאפשר מעבר עד ל-40 קה"ץ של אודיו, עדיין נחלק בשניים את המורכבות והרגישות של תכנון המסנן, כיוון שיש לנו 8 קה"ץ נותרים 'להעיף' כאן. בנוסף, המסנן הפשוט יציב פחות השהייה.

לאור כל זאת, קל יותר לייצר ממיר של 96 קה"ץ מאשר זה עם מחזוריות דגימה של 48 קה"ץ. רוב התגובות המדווחות של שיפור אורלי ב-96 קה"ץ נובעות יותר מהגורמים הנ"ל מאשר ממתחה של תחום ההיענות.

אתה יכול לקבל ביצועים טובים יותר עד 20 קה"ץ בעבור כספק עם מערכת המציעה ממיר של 96 קה"ץ. אם איחסון ועיבוד (המוכפלים ב-96 קה"ץ)

## קוביות דיגיטליות

- ◆ Bit Splitting – טכניקה להמרת נתוני ביטים/תדר דגימה גבוהים של אודיו דיגיטלי לתצורה אפשרית להקלטה בעומק ביט ורזולוציה נמוכים יותר. יישום אפשרי יהיה הקלטה של שני ערוצי 24bit@96kHz למכשיר A-Dat רגיל (16 או 20 ביט). התקן המסוגל לכך יבצע פיצול של נתוני האודיו לכמה ערוצים של רזולוציה נמוכה יותר. מאוחר יותר ניתן לפענח ערוצים אלה חזרה לרזולוציה הגבוהה. כמה טכניקות יצאו בשנים האחרונות, אך הן לא תואמות אחת לשניה.
- ◆ LSB – קיצור של Least Significant Bit. הביט בעל החשיבות הפחותה ביותר בכל מילה דיגיטלית הוא זה, כאשר הוא מתחלף, יש לו את ההשפעה הנמוכה ביותר על הערך המתמטי של המילה (word). כאשר מסתכלים על המילה כסדרה בינארית של 1 ו-0 (1001001), זו הספרה הימנית ביותר.
- ◆ MSB – ההיפך מה-LSB, זה הקיצור של Most Significant Bit. זהו הביט של כל מילה דיגיטלית שיש לו את ההשפעה הרבה ביותר על התוצאה המתמטית כאשר הוא מתחלף. ביט זה מצוי בצד הנגדי של הביט הבינארי הנחות ביותר (צד שמאל).
- ◆ ברירות (Resolution) – ישנן הגדרות רבות, אך זו הרלבנטית לנושא שלנו היא המידה של הפרטים העדינים ביותר הנלכדים בייצוג של משהו. זה יכול להשתייך לרמת הפרטים הנצפים בתמונה שעל המסך. זה גם יכול להיות כמות המסגרות בשניה של מחזוריות אות וידאו (30 מסגרות זה גבוה יותר מ-25). אנו בדרך כלל מדברים על רזולוציה במונחים של אודיו דיגיטלי, וכמה רזולוציה יש למערכת מסוימת. בתחום זה הרזולוציה מושפעת ע"י תדר הדגימה ועומק הביטים של ההקלטה:

יהיו מספיק זולים, העסק הזה עשוי להיות משתלם. הוויכוח סביב תדר דגימה גבוה עוד יותר (כמו 192 קה"ץ) הוא פחות רלוונטי, כיוון שרוב הבעיות הטכניות מקבלות מענה ב-96 קה"ץ. אין ספק שתחום היענות רחב יותר ופחות השהייה יכולים להתקבל כאן, אך אני באמת מטיל ספק בתחושת האודיו שמעבר ל-40 קה"ץ. ישנן מעט מאוד מקורות צליל טבעיים של אות אקוסטי בתחום זה.

### היכן האיכות במערכת דיגיטלית? האם הנתונים אומרים את כל האמת?

–כללית, כמעט כל רכיב איחסון דיגיטלי אמור לפעול טוב יותר על הניר מאשר זה האנלוגי שהתרגלו אליו. אפילו רכיב ההמרה בעל הנתונים הירודים ביותר, המצוי בצידו עכשווי, יציג פחות רעש ועיוותים מרוב מכשירי ההקלטה המקצועיים למחצה. לאחר הכל, ביצוע אמיתי של 16 ביט אמור להניב יחס אות לרעש של יותר מ-90 דבי, מה שתכלס זה 20 דבי יותר מהטייפ האנלוגי האיכותי ביותר! מה שחשוב לזכור הוא שהאיכות האנלוגית אותה אתה למעשה שומע היא זו שחשובה, ולא מילות קסם כמו מספר הביטים, רזולוציה או שכאלה. העיוות של אות דיגיטלי אין לו ולא כלום עם מספר הביטים או 'רזולוציה' אם המכשיר מתוכנן נכון והאות עובר "ריצוד" תקני.

חשיבות רבה יותר יש להציב לטבעו של העיוות שההמרה הדיגיטלית (והעיבוד) יכולים להחדיר. הבעיה היא שמדידות מסורתיות ששימשו במערכות אנלוגיות אינן מספקות בתיאור ממשי של איכות סאונד במערכת דיגיטלית. זה אומר שאפילו אם אתה חמוש עם נתוני היצרן על רזולוציה, מספר הביטים, רעש ועיוותים, עדיין אין לך מספיק אינפורמציה כדי להחליט כיצד המערכת תישמע באמת.

המרה דיגיטלית יכולה לגרום לשינויים בסאונד עקב גורמים רבים שאינם נחשפים בבדיקות מסורתיות. מכולן, החשובה ביותר היא פרופיל העיוות עם העוצמה. במערכת אנלוגית מקובל לצפות שהעיוות יופחת בהתאם להורדה בעוצמה.

אך מערכת דיגיטלית יכולה להניב אפקט הפוך, בכך ששיגאות יכולות להישאר קבועות בכל עוצמה, ואפילו להיות יותר ויותר משמעותיות ככל שהעוצמה יורדת. זה עשוי להעניק סאונד 'מגורען' בכלי נגינה ובזנבות של ריוור אותם אנו שומעים מדי פעם. במבחני שמיעה A/B (השוואה מיידית בין אחד לשני) שערכנו, התגלה שאפקט זה עשוי להיחשף גם אם הוא מתחת

## קוביות דיגיטליות

אודיו ב-24 ביט הוא בעל רזולוציה גבוהה יותר מזה שב-16 ביט, ותדר דגימה של 48 קה"ץ הוא בעל רזולוציה יותר גבוהה מזו של 44.1 קה"ץ.

◆ Byte – בנתונים דיגיטליים הביטים מסודרים בתצורה הידועה כ"מילה" (השאק). "בייט" היא מילה בינארית בעלת 8 ביטים. קילובייט מכיל 1024 ביטים (לא אלף). כיוון ש-1024 הוא חזקת 2, שזה הבסיס לנתונים בינאריים.

◆ דגימה (Sample) – מילה שכיחה בימים אלה. בהפקות מוסיקה ואודיו דגימה היא פיסה מוקלטת של אודיו. לדגום זה התהליך של הקלטת דגימות אלה. כדי לדגום (להקליט) דגימה, התקן המכונה ממיר מאנלוג לדיגיטל (A/D) מודד את שינויי המתח הרגעיים של צורת גל במחזוריות המכונה "תדר דגימה". כל אחת מהדגימות האלה מומרת ל"מילה" דיגיטלית, כאשר מספר הביטים בדגימה קובעים את הרזולוציה (ברירות) שלה, או כמה היא ברורה בפרטים העדינים.

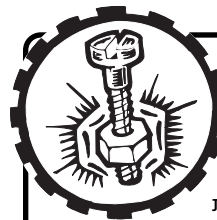
◆ Direct I/O – השם המסחרי של עזרי מערכת (drivers) של Digidesign, המאפשרים לתוכנות כמו סיקוונסר אודיו מחברות שונות, נגישות ישירה לחומרה של החברה המותקנת במחשב. ללא עזרים אלה רוב התוכנות יכולות להתחבר לחומרה רק באמצעות תוכנת המערכת של המחשב, מה שעשוי לגרום להתנגשות והפרעות בזרימת האודיו. החיסרון בשימוש המערכת הקיימת, שהוא מאפשר רק לשני ערוצים (בהם תומך המחשב בד"כ) של כניסה/יציאה לתפקד. בעזרת ה-Direct I/O התוכנה יכולה להגיע לכמות ערוצים גדולה יותר (פרוטולס, פרוג'קט, 001), כך שאתה זוכה לכניסות/יציאות מרובות בו-זמנית. עזרים אלה חייבים להיכתב ספציפית לכל חומרה, כך שמרבית יצרניות התוכנה כתבו Direct I/O לסיקוונסרים שלהם.

לרצפת הרעש של המערכת. מערכת המרה טובה תפיק פחות מתופעה זו ותעניק תוצאת סאונד טובה יותר.

עוד תופעה המצויה לעתים בציוד דיגיטלי היא סטיות מופע. אפשרי שממיר עם כיוול קלוקל של תיקון מופע (phase correction) יאפשר לתדרים נמוכים לעבור לפני אלה הגבוהים. זה גורם ל'התרככות', במיוחד של צלילים פרקסיביים (עם התקף מהיר). ממיר טוב יתקן מופע ע"י התאמת התיזמון של כל תחום התדרים (נאמר, יעכב את התדר הנמוך כדי שיזרום במקביל לזה הגבוה) כדי שישמר היחס המדויק ביניהם.

תופעות נוספות אפשריות שמצאנו כוללות 'עצבנות' של שעון (clock jitter), המסוגל לגרום לרעש ועיוות, במיוחד אם הציוד משתמש בסינכרון חיצוני; ואנרגיה של תדר גבוה מעל 20 קה"ץ. כלומר, תדר גבוה (HF) בלתי רצוי מתוך הממיר עשוי להשפיע על הביצועים של הציוד הבא בתור, כמו מיקסר, מגבר ורמקולים.

? מה בדיוק אתה מרוויח אם אתה רוכש ממיר נפרד/עצמאי, להבדיל מפשוט להסתמך על הממיר המגיע עם המערכת?  
- כיוון שהגורמים לגירעון באיכות הסאונד הם



### דגימת יתר

פחות עלויות, יותר ביצועים - האם אפשר שכולם נהנים? כדי שממיר מדיגיטל לאנלוג (DAC) יוכל לשחזר את האודיו מתוך הדגימות הדיגיטליות, הוא חייב במסנן (פילטר) חד להסרת התדרים שמעל תחום האודיו (20 קה"ץ בשבילך). זה היה נהוג להתבצע עם מסננים אנלוגיים מורכבים ורועשים. אולם, כל הציוד העכשווי עושה שימוש במסננים דיגיטליים עוד לפני הממיר, כדי לחסוך במסנן שכזה. הפילטר הדיגיטלי הזה דורש תדר דגימה גבוה יותר במוצא כדי להשלים משימה זו, (כמו פי 4 או פי 8 מ-44.1 קה"ץ). תוצאות טובות יותר מתקבלות מסידור שכזה, כיוון שחוסכים כאן במערכת אנלוגית, וזה זול יותר לייצור. אתה זוכה ליותר ביצועים עבור השקל שלך.

מורכבים ולרוב תלויים בחיבור שבין היחידות השונות, זה לגמרי בטוח שממירים חיצוניים יעניקו ביצועים טובים יותר מאלה הבנויים במערכת. לדוגמא, ממיר D/A חיצוני ללא מנגנון התאוששות-שעון טוב (clock recovery) עשוי לסבול מעצבנות-שעון הודות לכבלים המחברים בין המערכת לממיר, מה שלא קורה עם זה הפנימי, הקרוב ביותר למערכת.

כללית -תמיד תקבל את מה ששילמת בשבילו. חברה שמייצרת ממירים ספציפיים, ושהמוניטין שלה תלוי בתוצאות מאותם ממירים, סביר שנצפה ממנה לתשומת לב זהירה בהתמודדות עם בעיות אלה. אולם, זה גם ברור שממירים הבנויים לתקציב נמוך, לבטח לא יכילו את האלקטרוניקה הדרושה להפקת סאונד איכותי ביותר, במיוחד תחת תנאי החייווט החיצוני.

לדוגמא, הממירים שאנו מספקים עם הציוד הסופר מקצועי שלנו, מכיל יותר מעגלים ועיבוד צליל ממה שתוכל למצוא במכשיר אפקטים אולפני שלם! קשה לצפות לרמת מורכבות ותחכום שכזו בממיר פנימי במכשיר דאט (DAT).

כמה מכשירי אפקטים מציעים את היכולת לשמש כממירים חיצוניים. נקודה חשובה לזכור כאן, כאשר רוצים להשתמש בתכונה זו שלהם, שעדיין יכול לשרור עיבוד אקטיבי בתוך המכשיר. אפילו מיצוב האי.קיו. במכשיר על flat או מצב עקיפה יכול להשפיע על היענות התדרים, המופע והרעש. Bypass הוא לא תמיד שקוף.



4. השמע הקלטה של פסנתר עם קצת ריוורב חדר, תוך הקשבה לזנבות ריוורב ארוכים הנשמעים גם (דעיה של תו או ריוורב). אפשר לשמוע עיוות לא-ליניארי וצלילי לוואי אם יש כאן בעיה.
  5. השמע סולו פסנתר כמו מקודם, והקשב לרעש מיותר סביב התו שדועך לתוך שקט. זה יכול להישמע גם עם גיטרה בס רכה, וזה מצביע על קפיצות של שעון (clock).
  6. השמע שירת סולו עם קצת ריוורב חדר והקשב לשינויים במרכז של הצליל בתמונת הסטריאו או באמביאנס. הבדלים בהשהיות בין הערוצים יכולים להתגלות כאן ביתר רגישות.
  7. לבסוף, מומלץ להשמיע את המוסיקה שאתה מאוד אוהב ולהחליט אם נחשפת לאיזשהו מחסור בהנאה אליה הורגלת בקטע זה. האם זה באמת מעניק אותה תחושה?
- אם המערכת עברה את כל המבחנים מעלה ללא בעיות, אתה יכול להיות רגוע נפשית ואורלית גם יחד, שהיא לא תגרע מהאיכות שלהן הורגלת יותר מדי.

### מדריך לקונה דיגיטלית

1. אם אפשרי, הבא מוסיקה אנלוגית לבדיקה, והשווה את התוצאה המוקלטת והמושמעת כנגד המקור. בעיות במערכת דיגיטלית קשה שתשמענה זהות לבעיות באנלוג, ומה שאנו מחפשים היא השוואה בלבד. מיותר לציין שעוצמת השמיעה משתי המערכות (האנלוגית והדיגיטלית) צריכה להיות זהה ככל האפשר. שינוי קטן בעוצמה עשוי להטעות אותך שמערכת אחת טובה מהאחרת.
2. סביר להניח שתחום היענות הוא טוב, שכן כיום רוב המערכות הן כאלה. אולם, הייתי מקשיב לבלאנס (איזון) הכללי או ל"מתקנות" של הצליל. שינוי בגוון או האופי של החומר המושמע מצביע על בעיה משמעותית, אך לא לגמרי מוגדרת, של הממיר. אל תלך שולל אחר סאונד שנשמע "יותר טוב" מהמקור. זה יקרה בשל שגיאות שעשויות להישמע רגוע יותר על חומר מוסיקלי אחר. חשוב לזכור שהדיוק הוא מה שאתה מחפש, ולא 'ממתיק' צליל.
3. השמע חומר עם הרבה כלי הקשה (פרקשיין) חזקים והקשב לריכוך ההתקפים של המכות. ההשוואה כאן אפשרית, שכן נדיר שהקלטה תישמע חדה יותר עקב שגיאות. ריכוך של התקף (attack) מצביע על בעיות מופע.