

УДК 004.056.53:621.3

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО СЪЕМА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАКОПЛЕНИИ ВИДЕО-СИГНАЛОВ

Стеченко Василий; Танцюра Денис
НИЦ «ТЕЗИС» НТУУ «КПИ»

EVALUATION OF POSSIBILITIES FOR REMOTE READING OF INFORMATION BY LONG-TERM ACCUMULATION VIDEO SIGNALS

Stechenko Vasil; Tantsyura Denis
SRC «TESIS» NTUU «KPI»

Аннотация: Приведена оценка среднего времени обнаружения видеосигнала при побочных электромагнитных излучениях видеосистемы. Рассмотрено влияние нестабильности частоты кварцевого генератора на возможное время накопления видеосигнала статического изображения.

Ключевые слова: Защита информации, излучение, накопление, перехват, видеосигнал.

Summary: In this work we give an estimate of the average time of video signal detection during stray electromagnetic emissions from video system. Considered effect of the instability frequency quartz oscillator to a possible accumulation of video signal's static images.

Keywords: Information security, emission, accumulation, interception, video signal.

Введение

Одна из основных угроз безопасности конфиденциальности информации, которая обрабатывается техническими средствами (автоматизированными системами), является распространение информативного сигнала через физическую среду до перехватывающего технического средства за счет побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) информативных сигналов на проводники.

К числу наиболее опасных видов утечки информации относится отображаемая информация (статическое изображение), которая выводится на средства отображения [1], поскольку сигнал статической картинки видеоизображения многократно повторяется и теоретически его можно накапливать. Некоторые вопросы, связанные с перехватом ПЭМИН, возникающих при выводе изображения на экран монитора, разработка математической модели и методики оценки возможностей перехвата ПЭМИН для аналогового интерфейса VGA были уже рассмотрены в [2], [4].

При отображении информации на экране кроме ПЭМИН самого монитора (проектора) присутствуют и сигналы, излученные соединительными линиями источника сигнала (видеокарты и ее тактового генератора) и самого средства отображения. Протоколы видеосигналов, проходящих через эти соединительные линии, стандартизированы по множеству типов видео-интерфейсов (VGA, DVI, DisplayPort и HDMI и др.). Параметры этих сигналов могут несколько изменяться в зависимости от режимов работы средств отображения: разрешение экрана, частот разверток и др.

Очевидно, что накопление информации о таких повторяющихся сигналах статического изображения не только позволяет существенно повысить соотношение сигнал/шум для их обработки, но и, учитывая допуск на частоту разверток видеотракта [6], выделить сигналы одной из видеосистем из множества других (соседних) видеосистем [3]. При этом возникает вопрос о предельных значениях времени накопления информации (числа

кадров накопления) и целесообразно достигаемом повышении соотношения сигнал/шум.

Влияние нестабильности частоты на возможное время накопления сигнала

В большинстве случаев интерес вызывает смысл отображаемой (текстовой или схематической) информации без точного отображения цветовой гаммы. Само изображение, передающееся для отображения на экране, строится из элементарных составляющих (пикселей), которые передаются соответствующими сигналами. Так, к примеру, при использовании самого простого - VGA-интерфейса, который имеет 15 линий [6], для создания изображения

(информативного видеосигнала), необходимы всего три аналоговых сигнала суб-пикселей (RGB) и два цифровых сигнала строчной и кадровой развертки.

Предположим, что проходит стабильный тестовый сигнал - создается на экране специальная тестовая картинка, которая состоит из черных вертикальных пиксельных полос с периодом в 2 пикселя (параметры монитора при этом: разрешение режима отображения 800 x 600 при частоте кадровой развертки 60 Гц, ширина полосы пропускания монитора – 50 МГц [5]). Такое тестовое изображение позволяет формировать определенные излучаемые импульсы (рис. 1).

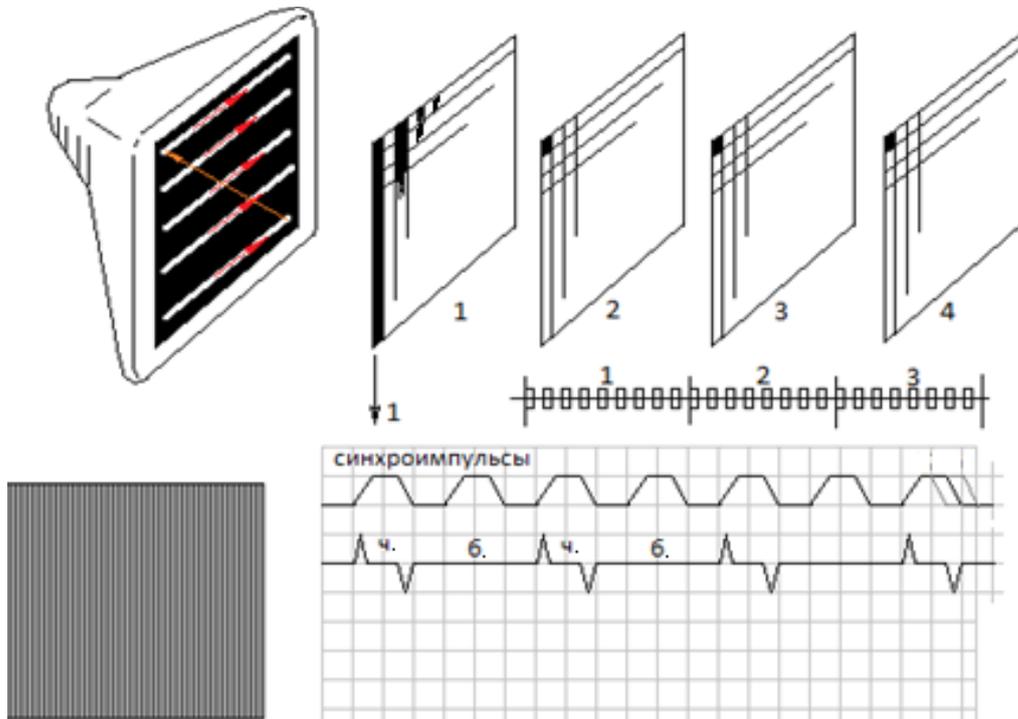


Рис. 1. Тестовый сигнал и определенные излученные импульсы

Сигнал черного пикселя – состоит из 3-х сигналов суб-пикселей (R.G.B. – красный, зеленый, синий) равных логическим 1 1 1 и белого – 0 0 0. Сигналы суб-пикселей "абсолютно синхронны", поскольку они формируются одним генератором.

При этом по аналоговым каналам передаются цифровые сигналы (аналоговые сигналы в виде импульсов) во время строчного синхроимпульса (рис. 2). Повышение вероятности перехвата сигнала

и воспроизведения изображения достигается путем фильтрации шумовых составляющих принятого сигнала и накопления энергии многократно повторяемых импульсов. Для этого необходима четкая синхронизация времени их поступления на вход разведывательного приемника.

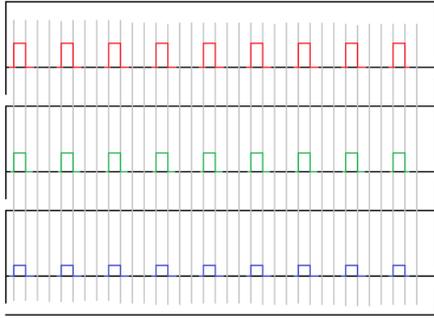


Рис. 2. Сигнальные импульсы трех каналов RGB

Эффективность излучения антенны зависит от ее длины. Поэтому в типичных видеосистемах основным излучающим элементом является соединительный кабель, т. к. его размеры наибольшие среди всех элементов видеосистемы. В действительности, реально улавливаемые сигналы будут отличаться от генерируемых импульсов в линиях видеосистемы (рис. 3).

Типичное значение тактовой частоты мониторов обычно близко к 50 МГц [5], а реально — может находиться в пределах 25÷365 МГц [6]. Длительность сигнала одного пикселя (t_n) определяется из выражения:

$$t_n = (X_{size} * Y_{size}) / F_t,$$

где X_{size} — горизонтальное разрешение экрана;

Y_{size} — вертикальное разрешение экрана;

F_t — тактовая частота генератора видеосистемы.

Учитывая соотношение сторон изображения по стандарту и коэффициенты синхронизации [5], [6], в зависимости от частоты регенерации экрана (кадровой частоты видеосигнала f_k) можно записать:

$$\begin{aligned} t_n &= \frac{X_{size} * Y_{size}}{Bandwidth} = \\ &= \frac{X_{size} * Y_{size}}{1.3 * X_{size} * 1.05 * Y_{size} * f_k} = \\ &= 1 / (f_k * k_v * k_h), \end{aligned}$$

где k_v — коэффициент синхронизации по вертикали;

k_h — коэффициент синхронизации по горизонтали.

Таким образом, при тактовой частоте монитора 50 МГц длительность сигнала одного пикселя t_n будет равна 10 мс, но может находиться в пределах 12.21÷6.105 мс (при тактовой частоте монитора 25÷365 МГц).

При этом длительность фронта и длительность спада принятых видеоимпульсов составляет около 4 мс. Для реальных мониторов и ПЭМИН эти значения могут находиться в пределах 4.884÷2.442 мс (рис. 3).

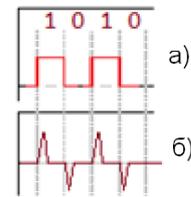


Рис. 3. Видеоимпульсы: а) генерируемые, б) принятые ПЭМИН

Определить значение соотношения сигнал/шум ($\eta_{c/u}$) в результате накопления сигналов одного и того же статического изображения можно из выражения:

$$\eta_{c/u} = \frac{n \cdot U_{c1}}{\sqrt{n} \cdot U_{u1}} = \sqrt{n} \cdot \frac{U_{c1}}{U_{u1}},$$

где U_{c1} — амплитуда сигнала при накоплении от одного кадра;

U_{u1} — амплитуда шума при накоплении сигналов от одного кадра;

n — количество кадров накопления.

Согласно спецификации стандарта VESA [6] отклонение частоты следования сигналов пикселей (при прохождении луча монитора от центра одного пикселя до центра соседнего) должно находиться в пределах $\pm 0.5\%$. Тогда при минимальной ширине полосы пропускания 25.175 МГц (разрешение режима отображения 640 x 480 при частоте кадров 60 Гц) и диапазоне изменения частоты кадров $\pm 0.5\%$ ее значение будет находиться в пределах 59.7 $\leq f_k \leq$ 60.3 Гц. А это означает, что временное

отклонение переднего фронта импульса синхронизации кадра (Δpk) относительно стандартного значения не будет превышать $\pm (1/60-1/59.7) \approx \pm 8.38 \cdot 10^{-5}$ с. При стандартных частотах развертки 75 Гц и 85 Гц значение Δpk будет находиться в пределах $6.7 \cdot 10^{-5}$ и $5.91 \cdot 10^{-5}$ соответственно. Временные изменения длительности периода пикселей ($\Delta T_{нк}$) в кадре

$$\Delta T_{нк} = \pm \frac{\Delta pk}{1.05 \cdot Y_{size} \cdot 1.3 \cdot X_{size}} = \pm \frac{\Delta pk}{Y_r \cdot X_r},$$

где Y_r – вертикальное разрешение экрана с учетом синхронизации;

X_r – горизонтальное разрешение экрана с учетом синхронизации;

будет находиться в пределах $\pm (0.2 \div 0.014)$ нс.

За время накопления информации одного кадра (в одном кадре) временное отклонение импульса синхронизации (генератора отсчета пикселей монитора) вычисленное по формуле

$$\Delta n = \Delta T_{нк} \cdot (Y_r \cdot X_r),$$

не будет превышать $\pm 61.36 \div 43.31$ мкс.

Если генератор отсчета пикселей монитора подстраивается (сбрасывается) под строчный, а не кадровый синхроимпульс, то значение временного отклонения импульса синхронизации (генератора отсчета пикселей монитора) в одной строке кадра не будет превышать

$$\Delta n = \Delta T_{нк} \cdot (X_r) = \pm 127.8 \div 28.2 \text{ нс.}$$

За время накопления (T_n) временное отклонение импульса синхронизации (колебание одного и то же пикселя кадра) не превышает ± 2 нс (4 нс – длительность излученного импульса), а величина отклонения во времени изменяется линейно. Поэтому накопленная энергия будет составлять 0.75 максимального значения энергии. Если энергия первого импульса имеет значение 1 (100%), а последнего (по времени накопления) 0.5 (50%), то среднее значение накопленной

энергии импульса из серии $\approx (1+0.5)/2$ составит 0.75. Исходя из этого условия, вычислить временное отклонение импульса синхронизации Δp можно по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta p &= |t_1 - t_2| = T_n / T_n \cdot |t_1 - t_2| = \\ &= T_n \cdot |t_1 / T_n - t_2 / T_n| = T_n \cdot |f_n / f_1 - f_n / f_2| = \\ &= T_n \cdot f_n \cdot |(f_2 - f_1) / (f_1 \cdot f_2)| \rightarrow \\ &\rightarrow |f_2 > f_1 \rightarrow f_n = f_2| \rightarrow \\ &\rightarrow T_n \cdot f_2 / f_2 \cdot (f_2 - f_1) / f_1 = T_n \cdot (\Delta f / f) \rightarrow \\ &\rightarrow T_n = \Delta p / (\Delta f / f) = \\ &= 2 \cdot 10^{-9} / (\Delta f / f) \rightarrow \Delta T_n (\Delta f / f), \end{aligned}$$

где t_1, t_2 – временные позиции первого и последнего импульса синхронизации во времени накопления;

$\Delta f / f$ – значение кратковременной нестабильности частоты задающего генератора монитора, которое зависит от тепловых шумов, флюктуаций и механических возмущений [7].

Если принять условие, что $\Delta f / f = 10^{-9}$, то возможное время накопления составит $T_n = 2$ с.

При частоте кадровой развертки 60 Гц (период 16.67 мс) количество повторений за время $T_n = 2$ с определится как:

$$k = T_n \cdot f_k = 120 (\sqrt{k} = 10.9545 \approx 11),$$

А при частоте кадровой развертки 120 Гц (период 8.33 мс) и $T_n = 1$ с:

$$k = 240 (\sqrt{k} = 15.4919 \approx 15).$$

При точности установки частоты кварца тактового генератора 10^{-5} среднее время обнаружения сигнала (настройки системы синхронизации) будет определяться как:

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{f_k} \cdot k \cdot \left(\frac{\Delta F}{F} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \cdot T_n \cdot (\Delta F / F), \end{aligned}$$

где $\frac{1}{2}$ -коэффициент усреднения; $\Delta F / F$ – расстройка частоты.

Таким образом, время настройки системы синхронизации составит $T_c = 10000$ с или около 3 часов.

Если принять условие, что среднее значение нестабильности частоты задающего генератора монитора 10^{-9} [7], [8],

а величина отклонения частоты во времени изменяется линейно (в одну сторону), то при разрешении экрана 1366 x 768, частоте кадровой развертки 60 Гц (тактовая частота дисплея 85.92 МГц) длительность импульса τ составит значение порядка $11.638 \cdot 10^{-6}$ с. При этом период кадровой развертки $T_k \approx 16.7 \cdot 10^{-3}$ с, а отклонение этого периода из-за нестабильности частоты тактового генератора будет $\Delta t = T_k \cdot f_n$, $t_n = \tau$, и максимально возможное количество кадров накопления определится как:

$$n_{max} = t_n / \Delta t = \tau / (T_k \cdot f_n).$$

Допуская смещение текста (перехватываемых сигналов пикселей) на

1 пиксель определяем максимально возможное время накопления как:

$$t_{max} = n_{max} \cdot T_k = \frac{t_n}{f_n} = \frac{\tau}{f_n}, = 11.6 \text{ с.}$$

Соотношение сигнал/шум ($\eta_{с/ш}$) при этом определяется как:

$$\eta_{с/ш} = \sqrt{n} = \sqrt{t_n / (T_k \cdot f_n)},$$

и будет иметь значение около 8.

Смоделировав различные варианты процесса накопления во времени, можно отобразить зависимость целесообразного количества кадров для накопления (соответственно времени накопления и соотношения сигнал/шум) от нестабильности частоты кварцевого генератора монитора (рис. 4):

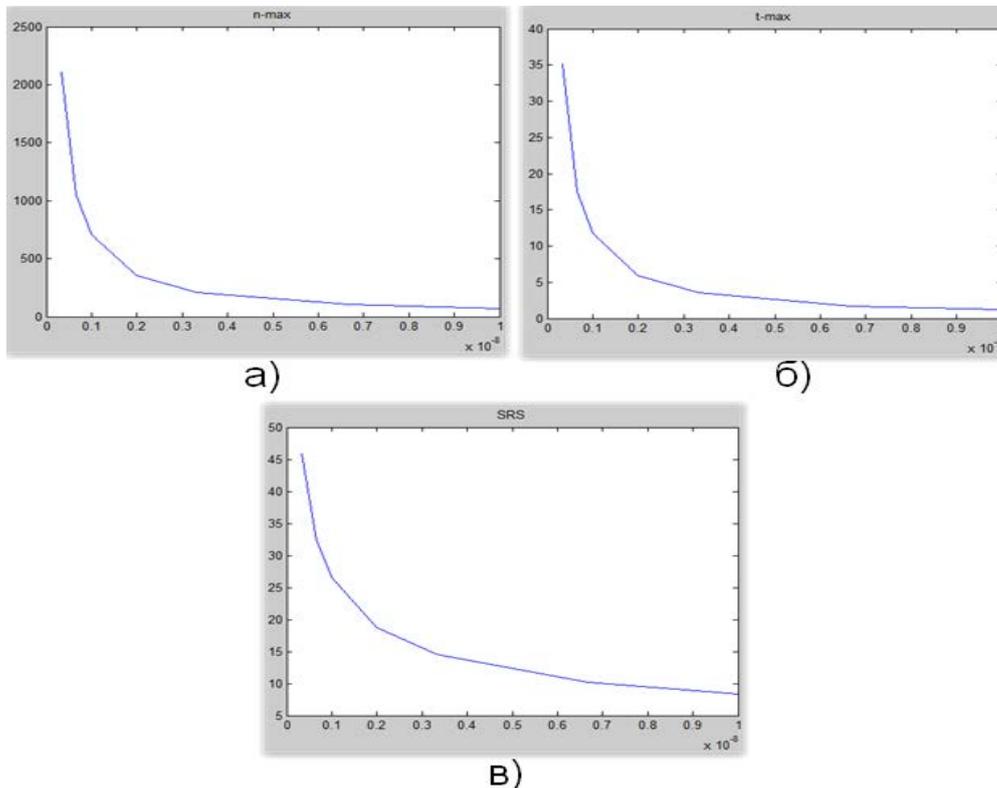


Рис. 4. Зависимость целесообразного количества кадров накопления (n) – рис. 4.а, возможного времени накопления (t) – рис. 4.б, и соотношения сигнал/шум (\sqrt{n}) от нестабильности частоты кварцевого генератора.

Выводы

Учет влияния нестабильности частоты генератора монитора, при точности установки частоты кварца 10^{-5} позволяет определить возможное время обнаружения видеосигнала

статического изображения (время настройки системы синхронизации), которое может в среднем достигать 3 часов. Время возможного накопления видеосигнала обратно пропорционально зависит от значения кратковременной нестабильности частоты

монитора, и реально может находиться в пределах десятков, а то и единиц секунд. При такой длительности периода накопления сигналов улучшение соотношения сигнал/шум может достигать десятки раз.

Таковы результаты для сигнала, представленного чередованием черных вертикальных пиксельных полос с периодом в 2 пикселя. На практике информационный сигнал (текст) намного сложнее. Поле изображения, содержащее даже один символ черно-белого текста – реально состоит не только из полностью черных и белых символов, а и других – переходных (цветных) вследствие программного сглаживания шрифтов. Поэтому интересно было бы оценить возможности перехвата текстовой информации при различных шрифтах и масштабах отображения, точнее оценить перехват смысловой видеoinформации (соотношение информация/шум).

Перечень источников

- [1] Markus G. Kuhn "Optical Time-Domain Eavesdropping Risks of CRT Displays" Proceedings 2002 IEEE Symposium on Security and Privacy, 12–15 May 2002, Berkeley, California, pp. 3–18, ISBN 0-7695-1543-6. (Электронный ресурс – свободный режим доступа: <https://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/ieee02-optical.pdf>, (дата последнего обращения: 14.03.2014 г.).
- [2] А. А. Хорев "Оценка возможности по перехвату побочных электромагнитных излучений видеосистемы компьютера. Ч. 2" // Специальная техника. – 2011. – № 4. – С. 51–62.
- [3] Markus G. Kuhn "Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays", Technical Report based on a dissertation submitted June 2002, UCAM-CL-TR-577, ISSN 1476-2986. (Электронный ресурс – свободный режим доступа: <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-577.pdf>, (дата последнего обращения: 22.05.2014 г.).
- [4] А. А. Хорев "Оценка возможности обнаружения побочных электромагнитных излучений видеосистемы компьютера", Доклады ТУСУРа, № 2 (32), июнь 2014, (Электронный ресурс – свободный режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozmozhnosti-obnaruzheniya-pobochnyh-elektromagnitnyh-izlucheniya-videosistemy-kompyuter.pdf>, (дата последнего обращения: 12.05.2016 г.).
- [5] "Основные параметры мониторов" (Электронный ресурс – свободный режим доступа: http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=65&layer=2&tutindex=28, дата последнего обращения: 22.05.2015 г.).
- [6] "VESA PLUG and DISPLAY (P&D TM) STANDARD Version 1 Revision 0 RevisionDate: June 11 th, 1997" – информация с интернет-источника (Электронный ресурс – свободный режим доступа: https://www.tu-chemnitz.de/informatik/RA/news/stack/kompendium/vortraege_99/peripherie/standards/p&d/Plug&Display.pdf, дата последнего обращения: 17.05.2016 г.).
- [7] В. А. Кузнецов, В. А. Долгов, В. М. Корневских и др. "Измерения в электронике: Справочник"; Под ред. В. А. Кузнецова.-М.: Энергоатомиздат, 1987. (Электронный ресурс – свободный режим доступа: <http://kepstr.eltech.ru/tor/ptri/Literatura/Kuznetzov.pdf>, (дата последнего обращения: 06.06.2016 г.).
- [8] "Основные параметры пьезоэлектрических резонаторов" (Электронный ресурс – свободный режим доступа: <http://www.piezotron.ru/infor.shtml>, дата последнего обращения: 06.06.2016 г.).

References

- [1] Markus G. Kuhn "Optical Time-Domain Eavesdropping Risks of CRT Displays" Proceedings 2002 IEEE Symposium on Security and Privacy, 12–15 May 2002, Berkeley, California, pp. 3–18, ISBN 0-7695-1543-6. (Electronic resource - free access: <https://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/ieee02-optical.pdf>, (last access date: 14.03.2014).
- [2] А. А. Horev "Ocenka vozmozhnosti po perehvatu pobochnyh jelektromagnitnyh izlucheniya videosistemy komp'jutera. Ch. 2" // Special'naja tehnik. – 2011. – № 4. – S. 51–62.
- [3] Markus G. Kuhn "Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays", Technical Report based on a dissertation submitted June 2002, UCAM-CL-TR-577, ISSN 1476-2986. (Electronic resource - free access: <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-577.pdf>, (last access date: 22.05.2014).
- [4] А. А. Horev "Ocenka vozmozhnosti obnaruzheniya pobochnyh jelektromagnitnyh izlucheniya videosistemy komp'jutera", Doklady TUSURa, № 2 (32), ijun' 2014, (Electronic resource - free access: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozmozhnosti-obnaruzheniya-pobochnyh-elektromagnitnyh-izlucheniya-videosistemy-kompyuter.pdf>, (last access date: 12.05.2016).
- [5] "Osnovnye parametry monitorov" – information from internet sources (Electronic resource - free access:

- http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=65&layer=2&tutindex=28, last access date: 22.05.2015).
- [6] "VESA PLUG and DISPLAY (P&D TM) STANDARD Version 1 Revision 0 Revision Date: June 11 th, 1997" – інформація с інтернет-источника (Electronic resource - free access: https://www.tu-chemnitz.de/informatik/RA/news/stack/kompendium/vortraege_99/peripherie/standards/p&d/Plug&Display.pdf, last access date: 17.05.2016).
- [7] V. A. Kuznecov, V. A. Dolgov, V. M. Kornevskiih dr. "Izmerenija v jelektronike: Spravochnik"; Pod red. V. A. Kuznecova.-M.: Jenergoatomizdat, 1987. (Electronic resource - free access: <http://kepstr.eltech.ru/tor/ptri/Literatura/Kuznetzov.pdf>, (last access date: 06.06.2016).
- [8] "Osnovnye parametry p'ezoelektricheskikh rezonatorov" (Electronic resource - free access: <http://www.piezotron.ru/infor.shtml>, last access date: 06.06.2016).

Реферат

Стеченко Василь, Танцюра Денис

Оцінка можливості дистанційного знімання інформації при тривалому накопиченні відео-сигналів

Можливість накопичення інформативного сигналу статичного зображення за рахунок побічних електромагнітних випромінювань і наведень інформативних сигналів на провідники є однією з основних загроз безпеки інформації. Основну роль при побічному електромагнітному випромінюванні і наведенні відіграє випромінювання від з'єднувальних ліній генератора відеосигналу і засобу відображення. Інформативний сигнал, що проходить по цих з'єднувальних лініях, може бути декількох стандартів (VGA, DVI, DisplayPort і HDMI і ін.). Накопичення інформації повторюваних сигналів статичного зображення дозволяє істотно підвищити співвідношення сигнал / шум для їх обробки і виділити сигнали однієї відеосистеми з безлічі інших відеосистем. Час накопичення такої інформації має обмеження, і таким чином має обмежене досягнення підвищення співвідношення сигнал / шум.

Зазвичай достатньо визначити зміст інформації, що відображається з інформативного сигналу без визначення

колірної гама статичного зображення. При використанні стабільного тестового сигналу можна визначити гранично можливий час накопичення статичного відеозображення, і відповідно досягне при цьому значення співвідношення сигнал/шум. Час накопичення інформативного сигналу за рахунок побічних електромагнітних випромінювань і наведень буде обмежуватися нестабільністю частоти генератора монітора.

Таким чином, приймаючи деякі допущення, можна змоделювати різні варіанти процесу накопичення в часі і визначити залежність можливої кількості кадрів накопичення, часу накопичення і співвідношення сигнал/шум від нестабільності частоти кварцевого генератора, для тестового сигналу. Час можливого накопичення відеосигналу обернено пропорційний значенню короткочасної нестабільності частоти монітора і реально може перебувати в межах десятків, а то і одиниць секунд. При такій тривалості періоду накопичення сигналів поліпшення співвідношення сигнал/шум може досягати десятки разів.

Стеченко Василь, Танцюра Денис

Оценка возможности дистанционного съема информации при длительном накоплении видео-сигналов

Возможность накопления информативного сигнала статического изображения за счет побочных электромагнитных излучений и наводок информативных сигналов на проводники является одной из основных угроз безопасности информации. Основную роль при побочном электромагнитном излучении и наводках играет излучение от соединительных линий генератора видеосигнала и средства отображения. Информативный сигнал, проходящий по этим соединительным линиям, может быть нескольких стандартов (VGA, DVI, DisplayPort и HDMI и др.). Накопление информации повторяющихся сигналов статического изображения позволяет

существенно повысить соотношение сигнал/шум для их обработки и выделить сигналы одной видеосистемы из множества других видеосистем. Время накопления такой информации имеет ограничение и, таким образом, имеет ограниченное достижимое повышение соотношения сигнал/шум.

Обычно достаточно определить смысл отображаемой информации с информативного сигнала без определения цветовой гаммы статического изображения. При использовании стабильного тестового сигнала можно определить предельное возможное время накопления статического видеоизображения, и соответственно достигаемое при этом значение соотношения сигнал/шум. Время накопления информативного сигнала, за счет побочных электромагнитных излучений и наводок будет ограничиваться нестабильностью частоты задающего генератора монитора.

Таким образом, принимая некоторые допущения можно смоделировать различные варианты процесса накопления во времени, и определить зависимость возможного количества кадров накопления, времени накопления и соотношения сигнал/шум от нестабильности частоты кварцевого генератора для тестового сигнала. Время возможного накопления видеосигнала обратно пропорционально значению кратковременной нестабильности частоты монитора и реально может находиться в пределах десятков, а то и единиц секунд. При такой длительности периода накопления сигналов улучшение соотношения сигнал/шум может достигать десятки раз.

Stechenko Vasil, Tantsyura Denis

Evaluation of possibilities for remote reading of information by long-term accumulation video signals

The possibility of accumulation of informative signal static image, due to adverse emanations informative signals on the conductors, is a major information security threats. The main role in the side

electromagnetic radiation and interference plays radiation from connecting the video signal generator lines and display means. Informative signal, passing on those trunks can be several standards (VGA, DVI, DisplayPort and HDMI, etc.). The accumulation of information repeated signals a still image can significantly improve the signal / noise ratio for processing the signals and select a video from a variety of other video systems. Time accumulation of such information is limited, and thus has a limit attainable increase signal / noise ratio.

Usually it is sufficient to determine the meaning of the displayed information with the informative signal, without defining the color gamut of the static image. If you are using a stable test signal can be determined limit possible time of static video image, and thus the value achieved with the signal / noise ratio. Time savings informative signal due to stray electromagnetic radiation and crosstalk, will be limited to frequency instability of the master monitor generator.

Thus, by taking some assumptions, it is possible to simulate different versions of the accumulation process in time, and to determine the dependence of the potential number of staff accumulation, the accumulation of time and signal / noise ratio of the instability of the quartz oscillator frequency for the test signal. video possible accumulation time is inversely proportional to depend on the value of short-term instability of the monitor frequency, and can actually be in the range of tens or even units of seconds. In this duration signal accumulation period improved signal / noise ratio can be up to ten times.

Відомості про авторів

Стеченко Василь Митрофанович

Освіта: вища.

Місце роботи: НДЦ «ТЕЗІС» НТУУ «КПІ»,
к.т.н.

Email: v.stechenko@kpi.ua

Танцюра Денис Васильович

Освіта: вища, спеціальність – магістр
електронних апаратів (РТФ НТУУ КПІ 2008 г.).

Місце роботи: НДЦ «ТЕЗІС» НТУУ «КПІ».

Email: tantsyura@kivra.kpi.ua