Кулиев Т. И.
Kuliev T.I.

младший научный
сотрудник Института
конструкторско-технологи-
ческой информатики
Российской академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация

Кулиев Р.И.
Kuliev R.I.

младший научный
сотрудник Института
конструкторско-технологи-
ческой информатики
Российской академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация

Сабанчиев А.М.
Sabanchiev A.M.

бакалавр Московского
государственного
технического университета
им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
Российская Федерация

УДК 519.71

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАМЕРЫ

На сегодняшний день не решена проблема робототехнических систем, в которых оператор мог бы наблюдать и анализировать рабочую область манипулятора без вспомогательных устройств. Такие системы состоят из подсистемы визуализации, включающей камеру, секундомер и балку. Камера, направленная в рабочую область, позволяет снимать более 200 кадров в секунду. Секундомер позволяет измерять и показывать время с точностью не больше 1 мсек. Большинство устройств, имеющих в розничной продаже, решают только задачу измерения, так как имеют сравнительно большой период обновления дисплея. Динамика положения конца балки в разные моменты времени даст нам возможность замерить резонансную частоту.

Единственным источником данных обратной связи для оператора является система визуализации. К данной системе предъявляются высокие требования. Важным параметром в данной системе является задержка изображения, которая, в свою очередь, определяет максимальную скорость работы и комфорта оператора.

Стенд состоит из высокоскоростной камеры и высокоскоростного секундомера. При помощи камеры производится видеофиксация колебательного процесса и индикатора секундомера для последующего расчета резонансной частоты.

Имеется балка, с помощью которой необходимо произвести замер ее резонансной частоты. Для реализации данной задачи было принято решение собрать стенд, который состоит из видеокамеры, позволяющей снимать больше 200 кадров в секунду, очень чувствительного секундомера и балки.

Получив некий импульс, балка начинает колебаться. Высокоскоростная камера снимает балку и секундомер на фоне. В итоге получаем информацию о положении конца балки в разные моменты времени, что и дает нам возможность замерить частоту.

Разработана методика оценки систем визуализации по критерию задержки видеопотока.

Разработано устройство измерения и индикации временных интервалов, на основе которого собран лабораторный стенд для измерения задержки.

Данный стенд позволит проводить исследования допустимой задержки в робототехниче

ских системах с помощью оператора, позволит оценивать качество системы визуализации.

Ключевые слова: Микроконтроллер, индикация, измерения, задержка, лабораторный стенд, семисегментный индикатор.

TRACKING DYNAMICALLY CHANGING OBJECTS OF ROBOTIC SYSTEMS WITH A VIDEO CAMERA

To date, the problem of robotic systems in which the operator could observe and analyze the working area of the manipulator without auxiliary devices has not been solved. Such systems consist of a visualization subsystem, which consists of a camera, a stopwatch and a beam.

The system consists of a camera that allows you to shoot more than 200 frames per second directed into the workspace. The device for measuring and indicating time is a stopwatch that allows you to measure and show time with an accuracy of no worse than 1 ms. Most devices that are available at retail only solve the measurement problem, since they have a relatively long display refresh period. The system also consists of a beam, with the help of which we will receive the positions of the end of the beam at different times, which will give us the opportunity to measure the frequency.

The only source of feedback data for the operator is the visualization system. High demands are made on this system. An important parameter in this system is the image delay, which, in turn, determines the maximum speed and operator comfort.

The stand consists of a high-speed camera and a high-speed stopwatch. With the help of the camera, the oscillation process and the stopwatch indicator are videotaped for the subsequent calculation of the resonant frequency.

There is a beam with which it is necessary to measure its resonant frequency. To accomplish this task, it was decided to assemble a stand, which consists of a video camera, which will allow shooting more than 200 frames per second, a very sensitive stopwatch and beams.

Having given a certain impulse to a beam, it begins to oscillate. High-speed camera shoots the beam and the stopwatch in the background. As a result, we get the position of the end of the beam at different points in time, which gives us the opportunity to measure the frequency.

A technique has been developed for evaluating visualization systems based on the video stream delay criterion.

A device for measuring and indicating time intervals has been developed, on the basis of which a laboratory stand for measuring the delay has been assembled.

This stand will allow to carry out studies of the allowable delay in robotic systems, with the help of an operator, will allow to evaluate the quality of the visualization system.

Key words: Microcontroller, indication, measuring, delay, laboratory equipment, seven-segment indicator.

Введение

Объект исследования: задержка распространения видеосигнала в робототехнических системах.

Предмет исследования: необходимость разработки лабораторного стенда для установления величины задержки между камерой, секундомером и балкой.

Актуальность темы. На сегодняшний день не решена проблема робототехнических систем, в которых оператор мог бы наблюдать и анализировать рабочую область манипулятора без вспомогательных устройств. Такие системы состоят из подсистемы визуализации, включающей камеру, секундомер и балку.

Целью данного исследования является разработка и сборка лабораторного стенда для измерения задержки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработана методика измерения задержки видеосигнала.
2. Разработано устройство измерения и индикации временных интервалов.
3. Практическая реализация измерительного стенда и подтверждение правильности выводов.

Обзор робототехнической системы

Система состоит из камеры, позволяющей снимать более 200 кадров в секунду, направленной в рабочую область, и устройства измерения и индикации времени – секундомера, который позволяет измерять и показывать время с точностью не больше 1 мсек. Большинство устройств, имеющих в розничной продаже, решают только задачу измерения, так как имеют сравнительно большой

период обновления дисплея. Также в систему включена балка, информация о положении конца которой в разные моменты времени даст нам возможность замерить резонансную частоту.

Единственным источником данных обратной связи для оператора является система визуализации. К данной системе предъявляются высокие требования. Важным параметром

в данной системе является задержка изображения, которая, в свою очередь, определяет максимальную скорость работы и комфорт оператора.

Задержкой в системе визуализации называется время, требуемое для того, чтобы событие, которое произошло в рабочей области, было отображено на мониторе оператора (рисунок 1).

Рисунок 1. Задержка визуализации рабочей области

Расчет времени производится по формуле:

$$t_3 = t_1 - t_0 \quad (1)$$

t_3 – время задержки.

Так как t_3 может быть различным из-за особенностей системы визуализации и погрешности измерения, для оценки качества системы визуализации по критерию задержки

$$t_{cp} = \frac{\sum_1^n t_3}{n} \quad (2)$$

видеосигнала можно провести серию измерений, в результате которой рассчитать среднее время задержки

t_{cp} – среднее время задержки.

Методика измерения

Стенд состоит из высокоскоростной камеры и высокоскоростного секундомера. При помощи камеры производится видеофиксация колебательного процесса и индикатора секундомера для последующего расчета резонансной частоты.

Имеется балка, резонансную частоту которой следует измерить. Для реализации данной задачи было принято решение собрать стенд, который состоит из видеокамеры, позволяющей снимать больше 200

кадров в секунду, очень чувствительного секундомера и балки.

Получив некий импульс, балка начинает колебаться. Высокоскоростная камера снимает балку и секундомер на фоне. В итоге мы получаем информацию о положении конца балки в разные моменты времени, что и дает нам возможность замерить резонансную частоту.

В процессе проектирования лабораторного стенда было принято решение о разработке устройства измерения и индикации времени на основе микроконтроллера Atmega2560 и дисплея на семисегментных индикаторах. Для съемки результатов измерений используется фотоаппарат с малой выдержкой. Дисплей устройства должен обладать высокой яркостью. На сегодняшний день есть два принципа управления дисплеем на основе семисегментных индикаторов: статический и динамический.

Динамическая индикация подразумевает поочередное зажигание индикаторов с частотой, не воспринимаемой человеческим глазом. Структурная схема динамической индикации показана на рисунке 2.

Рисунок 2. Структурная схема динамической индикации

Преимущества динамической индикации:

1. Объединение сегментов при подключении не требует от микроконтроллера большого количества выводов для нескольких индикаторов.

2. Динамическая индикация более энергоэффективна за счет поочередного зажигания сегментов.

3. Конструкция дает возможность отрегулировать яркость с помощью широтно-импульсной модуляции.

Недостатки:

1. Большие импульсные токи, являющиеся источником помех.

2. Усложнение программного обеспечения микроконтроллера за счет необходимости постоянного обновления экрана.

3. Из-за необходимости поочередного зажигания индикаторов возможно возникновение битых цифр при фиксации результатов измерений.

При статическом управлении разряды индикатора подключены к микроконтроллеру независимо друг от друга, и информация на них выводится постоянно. Структурная схема реализации статического управления представлена на рисунке 3.

Рисунок 3. Структурная схема статической индикации

Преимущества:

1. Полное отсутствие мерцания индикаторов, информация выводится атомарно и отображается до следующего вывода.

2. Все общие аноды/катоды подключены к одной точке, что позволяет управлять общей яркостью (при наличии транзистора в цепи питания индикаторов).

Недостатки:

1. Чем больше количество индикаторов, тем выше энергопотребление.

2. Требуется большое количество выводов микроконтроллера при подключении нескольких индикаторов.

3. Большое количество токоограничивающих резисторов.

Важным критерием для стенда является мгновенное отображение всех цифр, поэтому нами был выбран статический вид управления. Остальные недостатки не имеют существенного влияния на систему.

Далее был спроектирован и собран лабораторный стенд. На рисунке 4 представлена схема электрическая принципиальная устройства измерения и индикации времени.

Рисунок 4. Схема электрическая принципиальная

Использовался аппаратный 16-битный счетчик для обеспечения достаточной точности измерения времени, который ведет изме-

рения независимо от выполнения программы. Блок-схема программы представлена на рисунке 5.

Рисунок 5. Блок-схема программы

Выводы

В результате проделанной работы были получены следующие результаты:

1. Разработана методика оценки систем визуализации по критерию задержки видеопотока.
2. Разработано устройство измерения и индикации временных интервалов, на основе которого собран лабораторный стенд для измерения задержки.
3. Данный стенд позволит проводить исследования допустимой задержки в робототехнических системах с помощью оператора, позволит оценивать качество системы визуализации.

Список литературы

1. Колонтарев К.Б., Пушкарь Д.Ю., Говоров А.В., Шептунов С.А. История развития роботических технологий в медицине.
2. Стюарт Р. Болл. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров. – М.: Додэка XXI, 2007.
3. Керниган Б.В. The C Programming Language / Д.М. Ричи. – М.: Вильямс, 2017.
4. AN4550 Application note “Getting started with STM32F373/378CC/RC/VC SDADC” Rev, 1. July 2015.
5. RM0313 Reference manual STM32F37xxx Rev, 5 June 2016.

References

1. Kolontarev K.B., Pushkar D.Yu., Govorov A.V., Sheptunov S.A. The history of the development of robotic technology in medicine.
2. Stewart R. Bol. Analog Interfaces of Microcontrollers. – Moscow: Dodeka XXI Publishing House, 2007.
3. Kernighan B.V. The C Programming Language / D.M. Richie. – Moscow: Williams Publishing House, 2017.
4. AN4550 Application note “Getting started with STM32F373 / 378CC / RC / VC SDADC” Rev, 1. July 2015.
5. RM0313 Reference manual STM32F37xxx Rev, 5 June 2016.