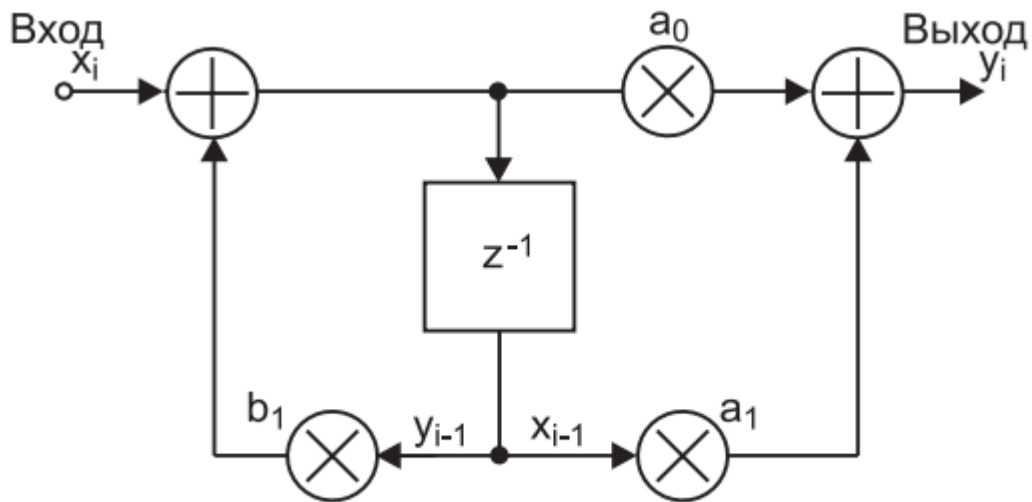


## 1. Цель работы

С помощью программы Micro-Cap получить основные временные и частотные характеристики фильтров с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтров).

## 2. Предварительные расчеты

2.1 Найти передаточную функцию  $H(z)$  типового звена БИХ-фильтра первого порядка. Структурная схема фильтра изображена на рисунке 1.



**Рис. 1**

Рисунок 1

Где

$y_i = a_0x_i + a_1x_{i-1} + b_1y_{i-1}$  — алгоритм работы цифрового фильтра первого порядка;

$a_0 = 0, a_1 = 1, b_1 = 0,4$  — коэффициенты.

Передаточная функция БИХ-фильтра  $H(z)$ :

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1}}{1 - b_1 z^{-1}} = \frac{z^{-1}}{1 - 0,4z^{-1}}$$

## 2.2 Проверить фильтр на устойчивость

$1 - 0,4z^{-1} = 0$  ;  $z = 0,4$  — полюс передаточной функции находится внутри единичной окружности  $z$ -плоскости, значит данный БИХ-фильтр устойчивый.

## 2.3 Рассчитать и построить импульсную характеристику данного фильтра.

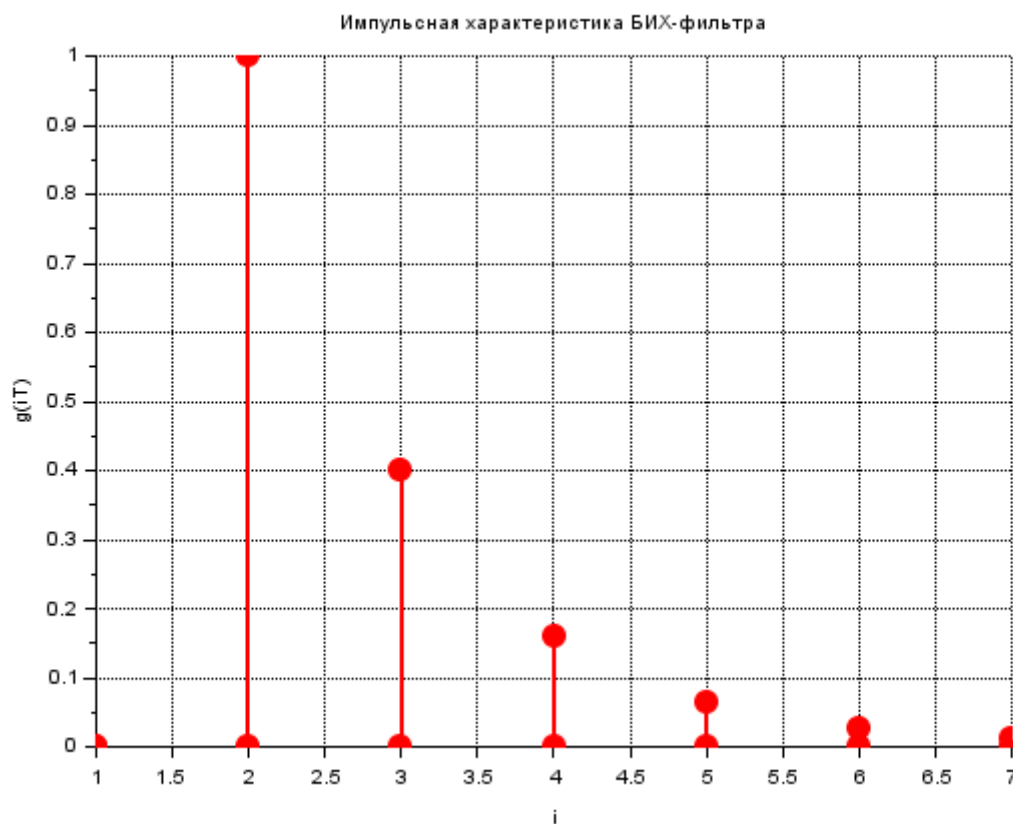


Рисунок 2

## 2.3 Найти выражение для комплексного коэффициента передачи $H(j\omega T)$ .

Построить графики АЧХ —  $|H(j\omega T)|$  и ФЧХ —  $\arg(H(j\omega T))$  от частоты  $\omega T \in [0; 2\pi]$ .

Для получения дальнейших характеристик проведем замену в  $H(z)$ :  $z = e^{j\omega T}$

Комплексный коэффициент передачи:

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 e^{-j\omega T}}{1 - b_1 e^{-j\omega T}} = \frac{e^{-j\omega T}}{1 - 0,4 e^{-j\omega T}}$$

Построение графиков АЧХ и ФЧХ КИХ-фильтра.

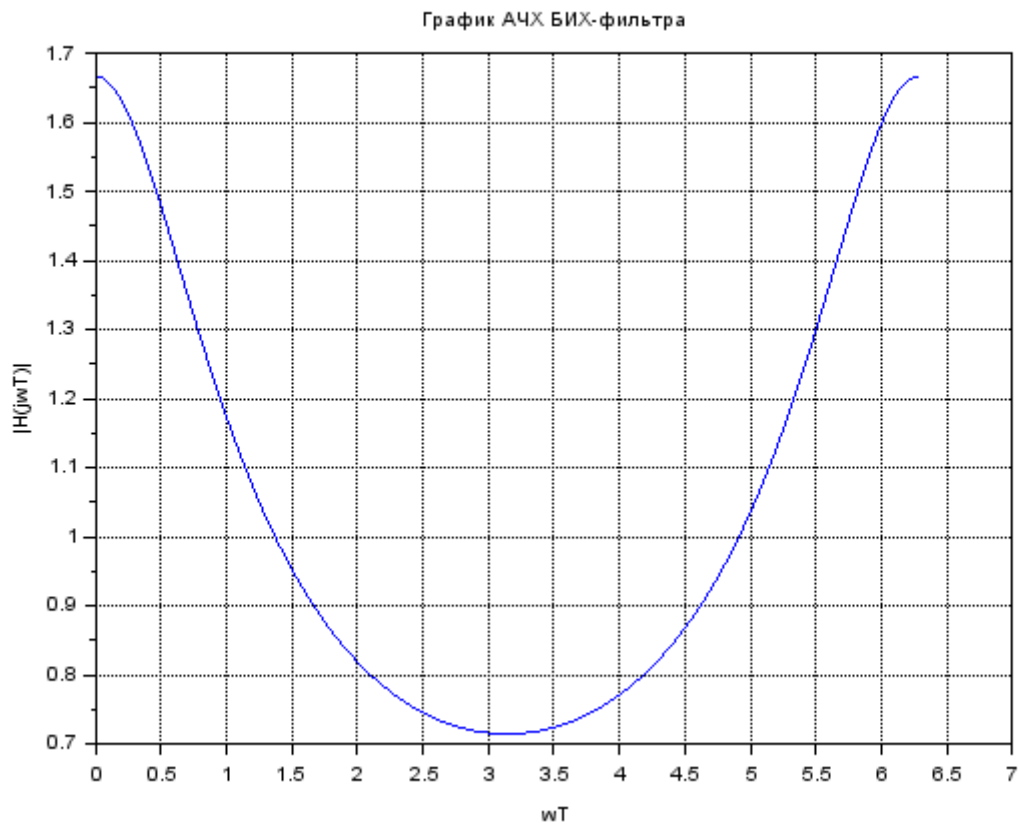


Рисунок 3 — АЧХ БИХ-фильтра при  $b = 0,4$

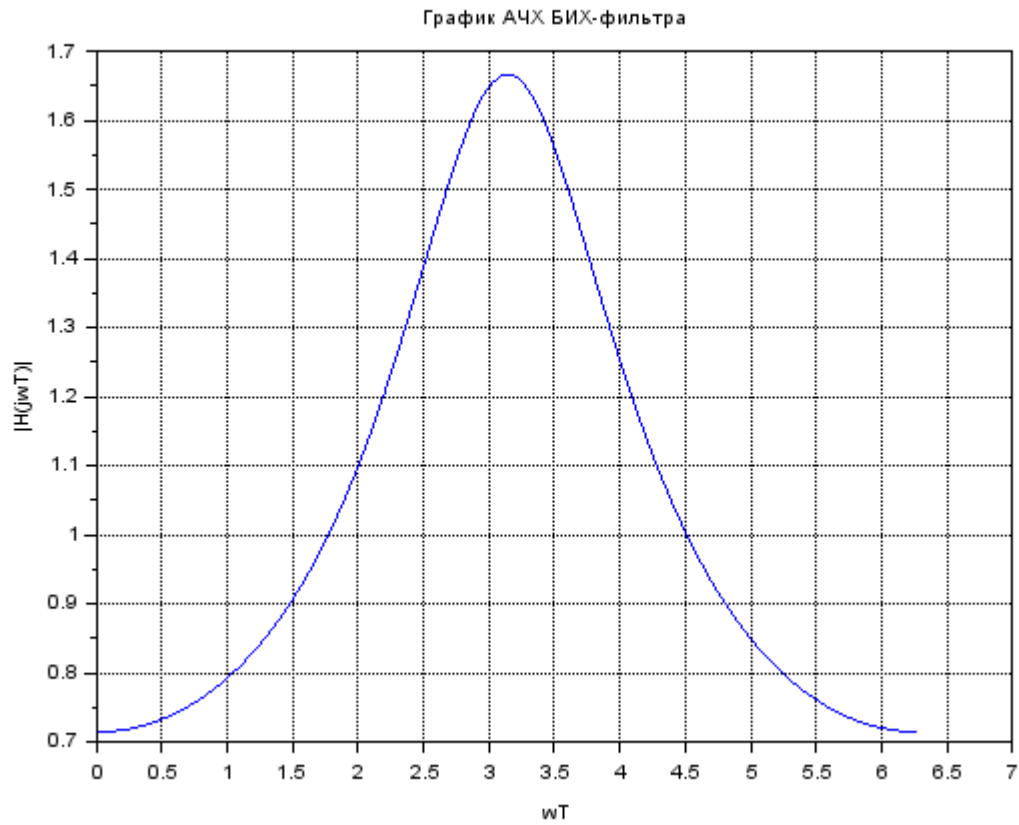
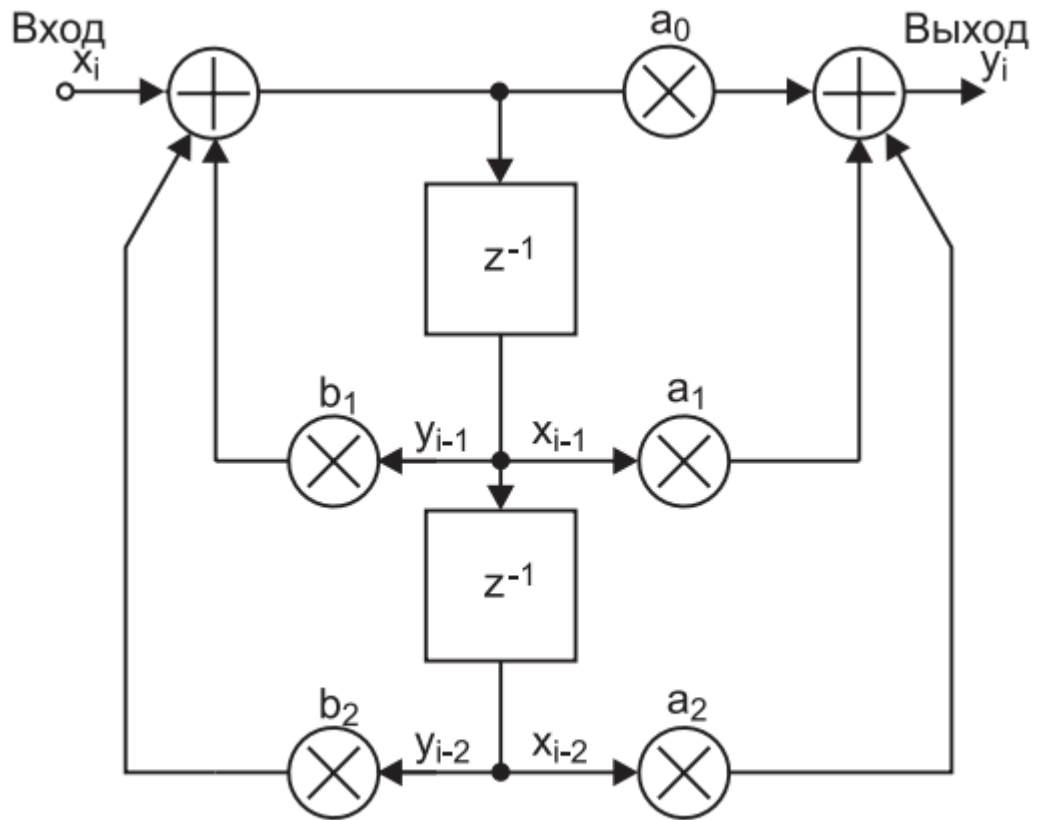


Рисунок 4 — АЧХ БИХ-фильтра при  $b = -0,4$

2.4 Найти передаточную функцию  $H(z)$  типового звена БИХ-фильтра второго порядка. Схема фильтра изображена на рисунке 5.



**Рис. 2**

Рисунок 5

Где

$y_i = a_0x_i + a_1x_{i-1} + a_2x_{i-2} + b_1y_{i-1} + b_2y_{i-2}$  — алгоритм работы цифрового фильтра второго порядка.

$a_0 = 1, a_1 = 1, a_2 = -2; b_1 = 0,2; b_2 = -0,4$  — коэффициенты.

### 2.5 Проверка фильтра на устойчивость.

График единичной  $z$ -окружности изображен на рисунке 6.

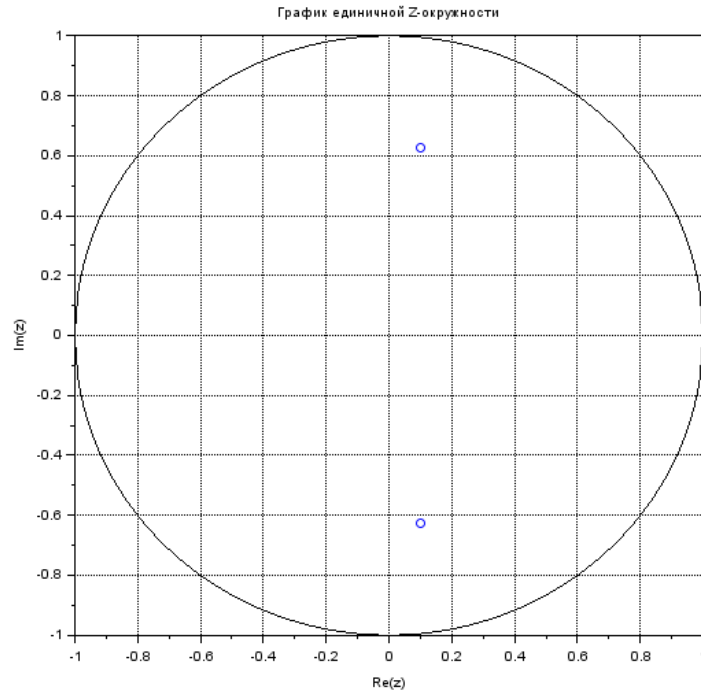


Рисунок 6

2.6 Рассчитать и построить импульсную характеристику данного фильтра.

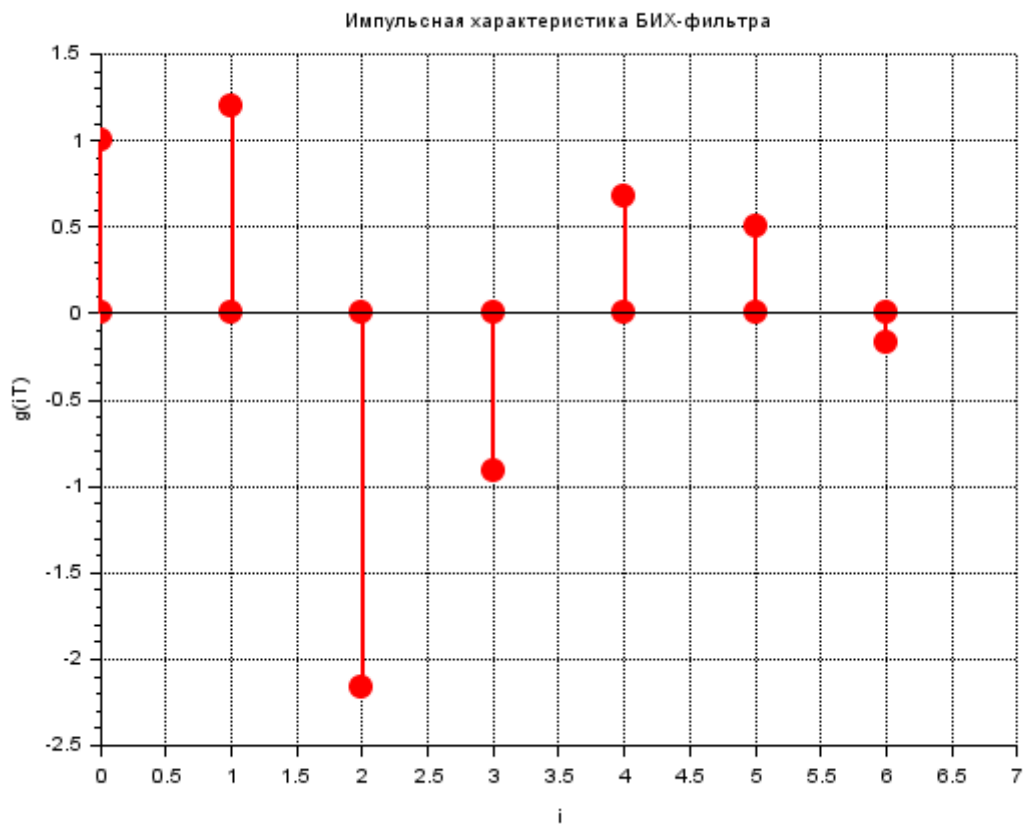


Рисунок 7

2.7 Найти комплексный коэффициент передачи  $H(j\omega T)$ . Построить графики

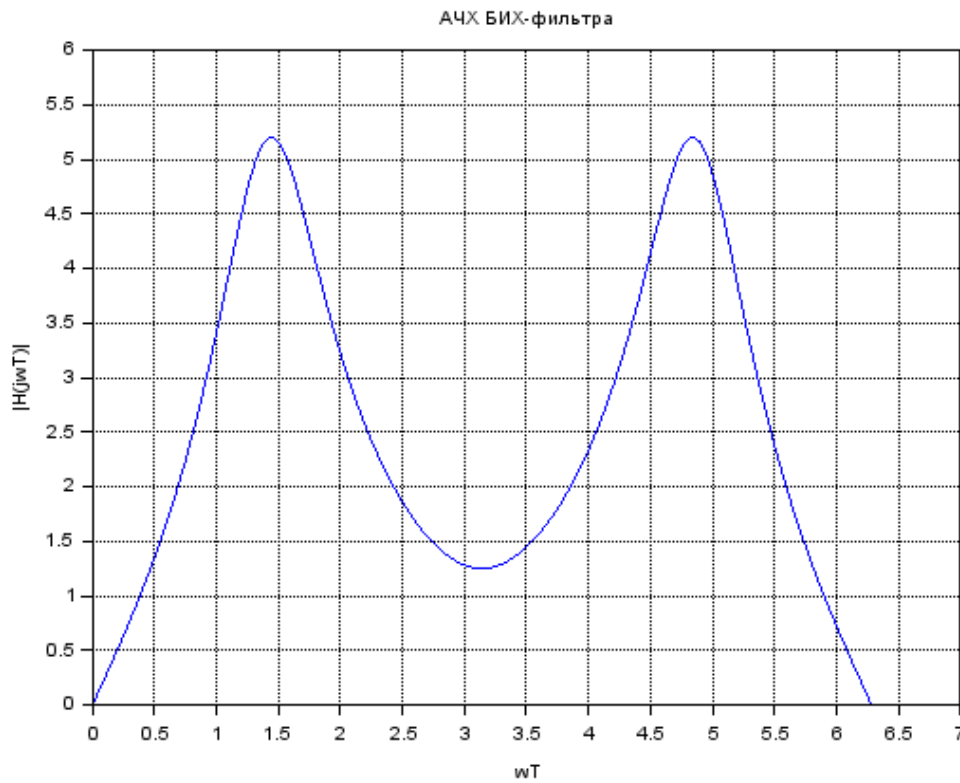


Рисунок 8. АЧХ —  $|H(j\omega T)|$  от частоты  $\omega T \in [0; 2\pi]$  данного фильтра.

### 3. Экспериментальная часть

#### 3.1 Исследуемая схема

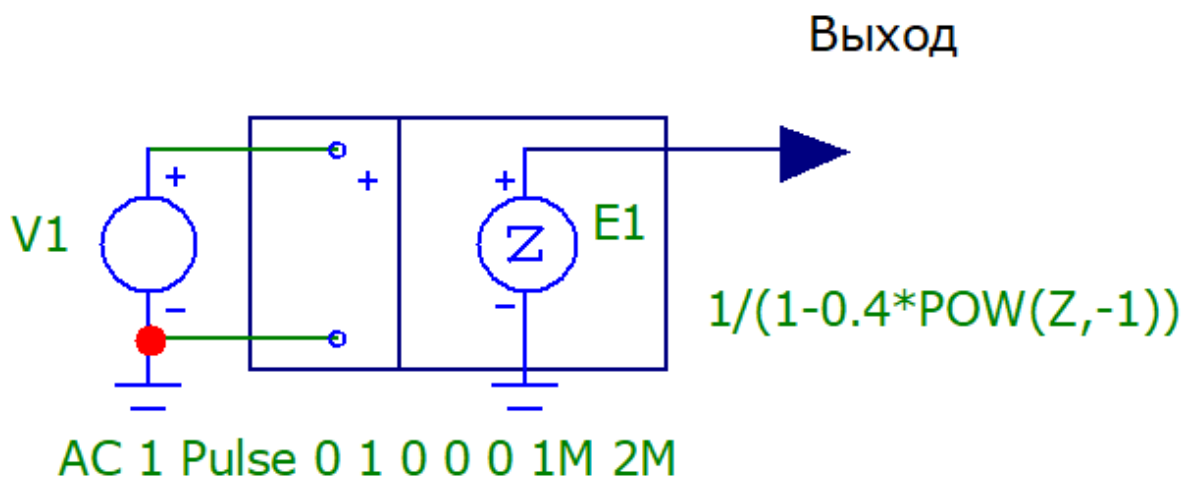


Рисунок 9

3.2 АЧХ БИХ-фильтра первого порядка при  $b_1 = 0,4$ .  
U, В

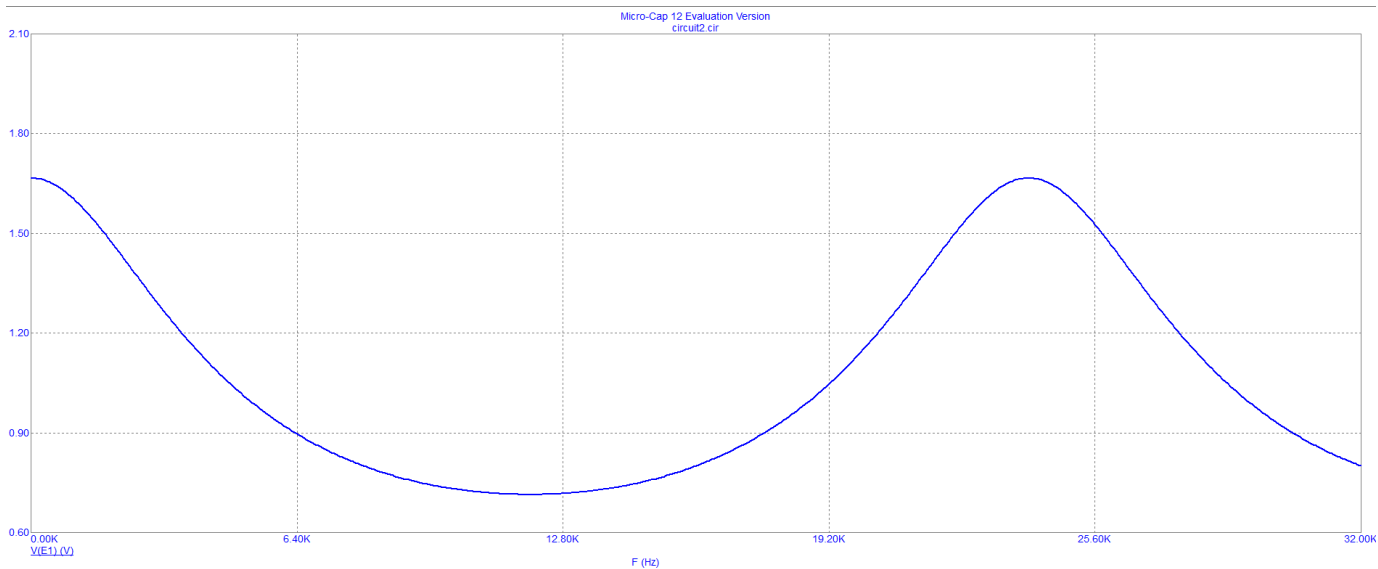
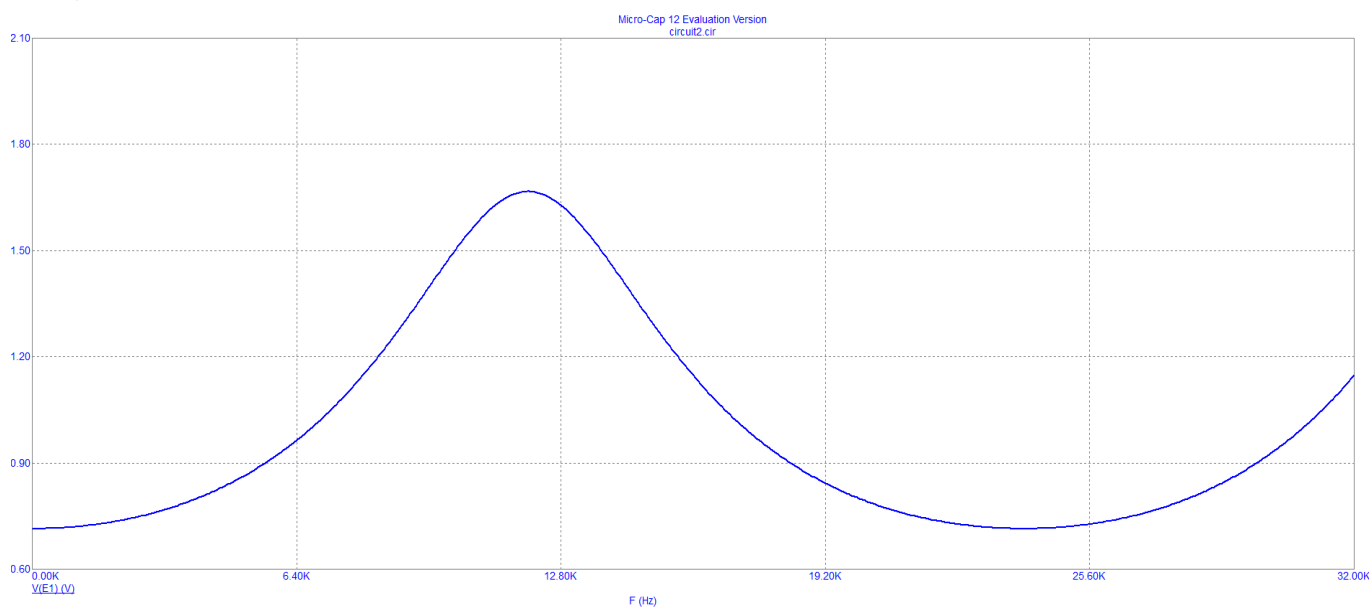


Рисунок 10

f,

Гц

3.3 АЧХ БИХ-фильтра первого порядка при  $b_2 = -0,4$ .  
U, В



f, Гц



Рисунок 11

### 3.4 АЧХ БИХ-фильтра второго порядка

U, В

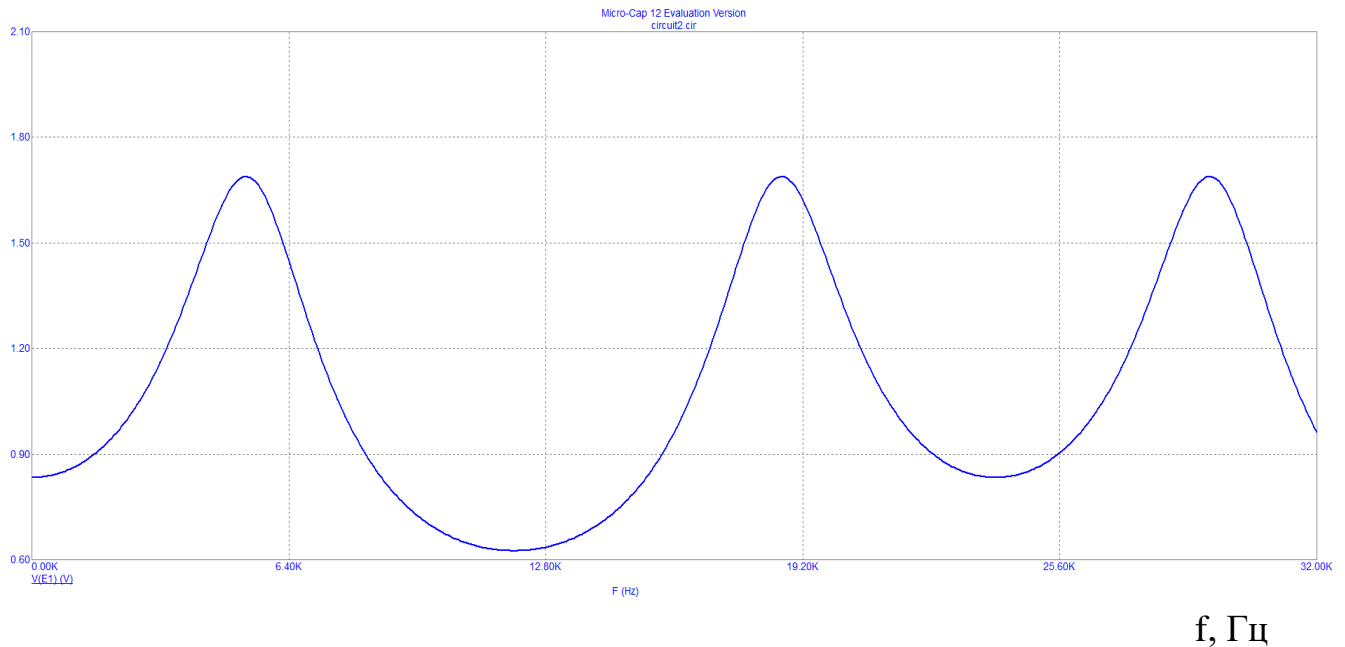


Рисунок 12

### Контрольные вопросы

- 1.1 Какие фильтры называются БИХ-фильтрами?
- 1.2 Привести условие устойчивости БИХ-фильтров.
- 1.3 Дать определение импульсной характеристики цифрового фильтра.
- 1.4 Дать определение передаточной функции цифрового фильтра.
- 1.5 Какова связь между импульсной и частотной характеристиками цифрового фильтра?