

УДК 520.253

В. Л. Карбовський¹, В. В. Клещонок²

¹Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України
03680 Київ, вул. Академіка Зabolотного 27

²Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка
04053 Київ, вул. Обсерваторна 3

Система точного часового ведення телескопа

Для реалізації можливостей ПЗЗ-спостережень виготовлено систему точного часового ведення телескопа. Програмно-апаратний комплекс дозволяє керувати системою у двох режимах: автономному та під керуванням персонального комп’ютера.

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЧАСОВОГО ВЕДЕНИЯ ТЕЛЕСКОПА, Карбовський В. Л., Клещонок В. В. — Для реализации возможностей ПЗС-наблюдений изготовлена система точного часового ведения телескопа. Программно-аппаратный комплекс позволяет управлять системой в двух режимах: автономном и под управлением персонального компьютера.

PRECISION SYSTEM OF TELESCOPE SIDEREAL TRACKING, by Karbovsky V. L., Kleshchonok V. V. — To perform CCD observations, a precision system of telescope sidereal tracking is constructed. The hardware and software complex allows one to exert control over the system in two operating modes, namely, in autonomous mode and under the control of a personal computer.

Важливий етап спостережної астрономії розпочався після появи ПЗЗ-приймачів зображення. З’явилася можливість точніше і ефективніше визначати положення, паралакси, власні рухи та фотометричні характеристики зірок, тіл Сонячної системи та позагалактичних об’єктів. Завдяки високій квантовій ефективності, широкому динамічному діапазону і малому рівню шумів цих приймачів можлива похибка вимірювань положень зірок на ПЗЗ-матриці складає 1—2 % пікселя, а точність фотометричних вимірювань сягає 0.02”.

Для реалізації можливостей ПЗЗ-спостережень потрібна точна система часового ведення телескопа, тому що навіть невеликі зміщення зображень по полю зору значно погіршують точність фотометричних та позиційних вимірювань [5]. З цією метою було розроблено і виготовлено апаратно-програмний комплекс системи часового ведення телескопа (СЧВТ), що дозволяє керувати його установкою в автономному режимі та у режимі управління персональним комп’ютером.

Склад і принцип роботи системи часового ведення телескопа. При створенні СЧВТ були враховані такі вимоги. Частота імпульсів керування криволінійним двигуном має бути високостабільною, встановлюватися за допомогою комп'ютера та програмно змінюватися для відслідковування руху різних небесних об'єктів, що мають різні кутові швидкості. Для налагодження обладнання телескопа та профілактичних робіт система повинна мати можливість працювати автономно. З урахуванням цих вимог було розроблено електронну систему часового ведення телескопа. На рис. 1 показана її блок-схема.

До складу СЧВТ входять два блоки: модуль керування (МК) і адаптер. Адаптер забезпечує роботу системи СЧВТ у режимі керування персональним комп'ютером (ПК). Він приєднується до ПК через стандартний LPT-порт. Живлення адаптера здійснюється від системного блока комп'ютера. У системі часового ведення використано криволінійний двигун ШД-5Д1М-У3. Модуль керування забезпечує роботу криволінійного двигуна у вибраному режимі, здійснюючи комутацію підключення джерела живлення до фаз ШД-5Д1М-У3 у відповідній послідовності. Керування криволінійним двигуном здійснюється за дванадцятитактною схемою комутації з почерговим включеннем двох і трьох фаз [4]. Передбачено можливість роботи модуля керування у двох режимах: автономному і у режимі керування персональним комп'ютером.

На рис. 2 приведено принципову електричну схему модуля керування. На мікросхемі D2 (K1006BVI) виготовлено опорний внутрішній генератор тактових імпульсів, який забезпечує роботу модуля керування в автономному режимі. Його частота визначається з виразу $F_{\text{ген}} = 0.69(R_3 + R_4 + R_5 + R_6)C_1$. Потенціометром R_3 здійснюється груба установка частоти генератора, а R_6 — тонка. З виходу мікросхеми D2 тактова частота надходить на вхід логічного елемента D1A комутатора тактових імпульсів. Другий вхід цього ж елемента підключено до виходу транзисторного ключа T1. В автономному режимі роботи модуля керування транзистор T1 закритий, і на вихід комутатора (D1B) поступають тактovi імпульси внутрішнього тактового генератора D2. У режимі керування персональним комп'ютером імпульси з програмованого тактового генератора адаптера заряджають конденсатор C3, закриваючи транзисторний ключ T1, і на вихід комутатора поступають тактovi імпульси T1 з генератора тактових імпульсів адаптера. З виходу комутатора (D1B) тактovi імпульси поступають на тригери D3 — D5 синтезатора фазових імпульсів (СФІ). СФІ виготовлено на мікросхемах D1, D3 — D9. Він здійснює почергове включення двох і трьох фаз (F1 — F6)

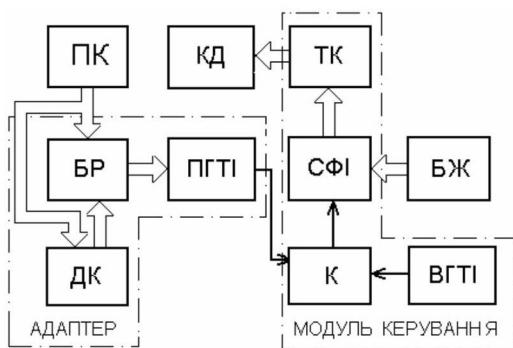


Рис. 1. Блок-схема системи часового ведення телескопа: ПК — персональний комп'ютер, БР — буферний реєстр, ДК — дешифратор команд, КД — криволінійний двигун, ПГТИ — програмований генератор тактових імпульсів, ВГТИ — внутрішній генератор тактових імпульсів, ТК — струмові ключі, СФІ — синтезатор фазових імпульсів, К — комутатор, БЖ — блок живлення

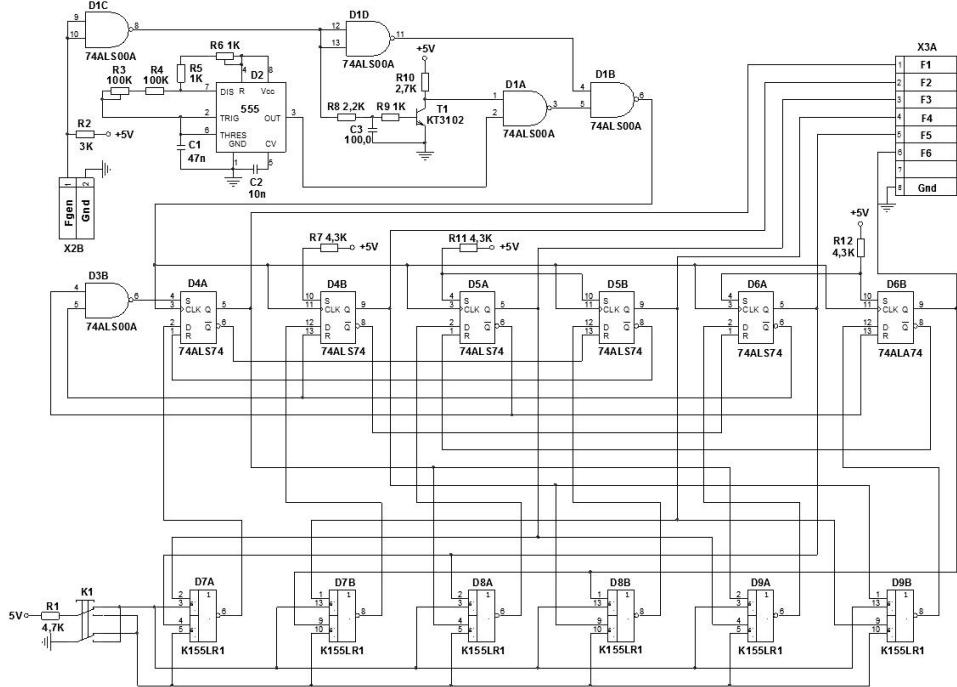


Рис. 2. Принципова електрична схема модуля керування (див. текст)

ШД-5Д1М-У3 у послідовності, вказаній на рис. 3. Кнопкою K1 вибирається порядок чергування перемикання фаз (F1 — F6), що забезпечує вибір напрямку обертання ротора крокового двигуна ШД-5Д1М-У3 [7].

З виходу СФІ фазові імпульси F1 — F6 надходять на плату шести однотипних підсилювачів струму (TK1 — TK6), виготовлених за схемою струмових ключів (ТК) з електронною схемою форсування, яка забезпечує високий к.к.д. ТК. У колектори вихідних транзисторів струмових ключів включено обмотки (DL1 — DL6) ШД-5Д1М-У3. Струмові імпульси подаються на обмотки крокового двигуна. Кожному імпульсу команди відповідає одне переключення обмоток і відпрацювання одного кроку. Принципову електричну схему струмових ключів приведено на рис. 4.

Роботу модуля керування забезпечує блок живлення (БЖ). З досліджень системи часового ведення телескопа виявилося, що нормальні робота крокового двигуна без пропусків безпосередньо на телескопі забезпечується при напрузі живлення струмових ключів 7—9 В. При цьому система споживає струм 5—7 А. Такі вимоги потребують блоку живлення потужністю не менше 70 Вт. Його побудовано на базі комп’ютерного БЖ. Стандартна напруга +12 В комп’ютерного блоку живлення з додатковим параметричним стабілізатором напруги використовується для роботи логічної частини модуля керування. Ця ж напруга +12 В використовується також для живлення струмових ключів. Для встановлення необхідної напруги на них використовується ряд послідовно з’єднаних діодів. Кількість підключених діодів визначає напругу на струмових ключах.

Робота системи СЧВТ у режимі керування персональним комп’ютером забезпечується адаптером [1—3, 6, 8]. Адаптер здійснює стикування ПК з

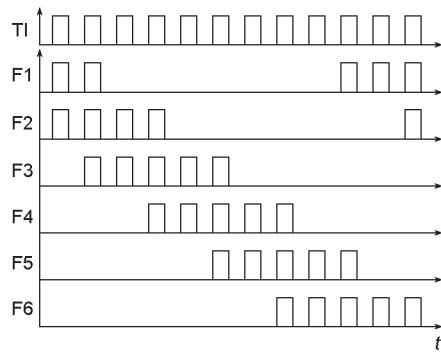


Рис. 3. Послідовність включення фаз F1 — F6

модулем керування, а також генерує опорну тактову частоту для роботи модуля керування в даному режимі. Принципову електричну схему адаптера приведено на рис. 5.

У адаптері використовується опорний генератор частотою 1 МГц на транзисторі T1. Частоту його стабілізовано кварцовим резонатором. Тактову частоту для модуля керування отримуємо за допомогою таймера D5 (K580ВИ53) з програмованим коефіцієнтом ділення. З виходу першого лічильника таймера D5 тактова частота через оптронну розв'язку D7 подається на комутатор модуля керування. Решта схеми (мікросхеми D1—D4) використовується для організації керування таймера D5 за допомогою комп'ютера.

Шина даних LPT порту через буферний реєстр D1 підключена до шини даних таймера D5. На мікросхемах D2, D3 зроблено дешифратор команд. Електрична ланка R11C1 забезпечує початкову установку тригера D2

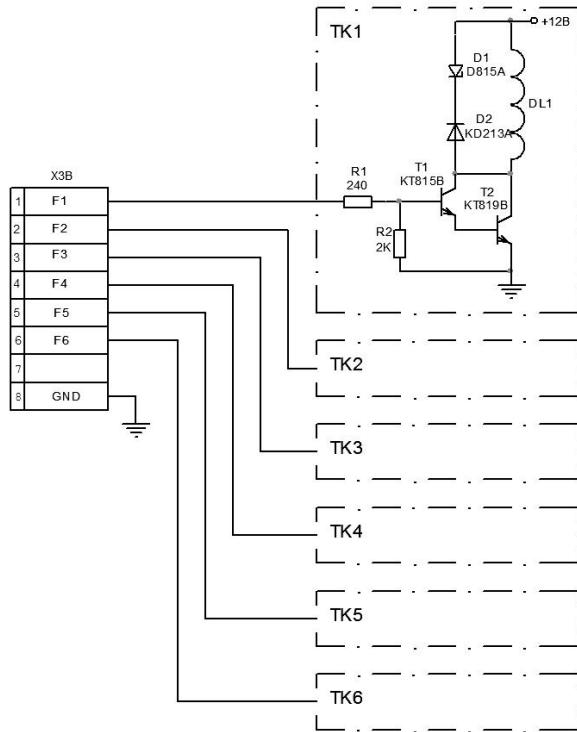


Рис. 4. Принципова електрична схема струмових ключів

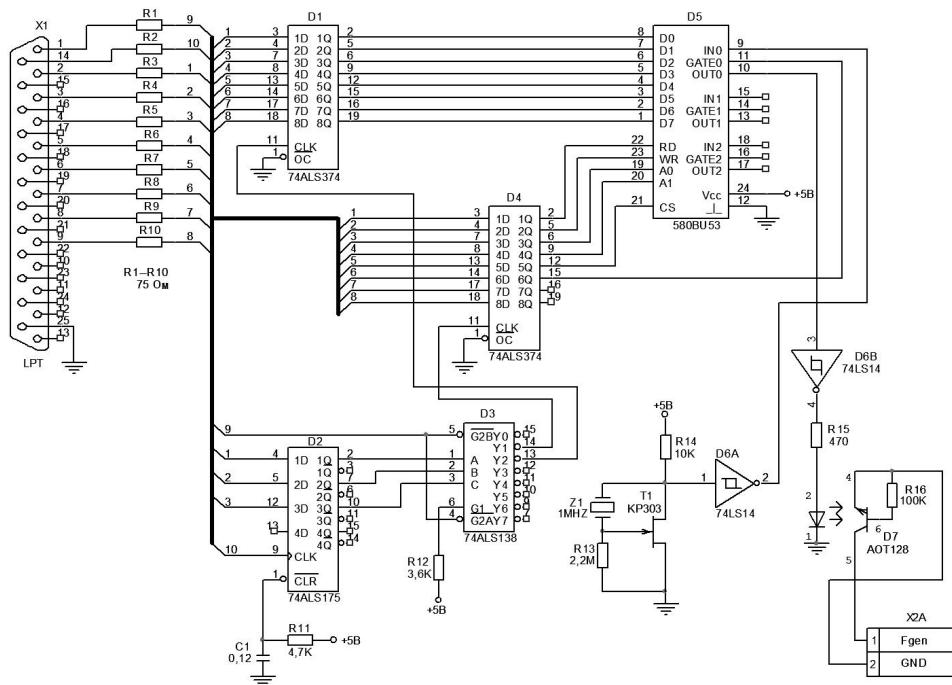


Рис. 5. Принципова електрична схема адаптера

(1533TM8) у нульовий стан. Регістр D4 слугує для установки відповідних потенціалів на входах RD, WR, A0, A1, CS, GATE0 таймера D5 під час його програмування і роботи.

Програмне забезпечення системи часового ведення телескопа. Для керування системою СЧВТ було розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє використати всі можливості даної системи часового ведення телескопа. Електронну схему системи розраховано для програмного керування через LPT-порт. Тому програмна частина системи часового ведення була орієнтована на роботу з LPT-портом. Для забезпечення можливості роботи системи з комп’ютерами з будь-якою операційною системою «Windows» вибрано схему роботи за допомогою спеціального драйвера [<http://valery-us4leh.narod.ru/XpCoding/XPlpt.html>].

Програмне забезпечення управління СЧВТ написано з урахуванням використання плати розширення PCI MN9815 фірми NetMos Technology inc. Ця плата має два додаткові LPT-порти, які використовувалися для управління СЧВТ. Один стандартний порт комп’ютера був зайнятий для підключення ПЗЗ-камери ST-7. На жаль, ці порти не мають стандартних параметрів. Вони відрізняються адресами вводу/виводу від стандартних портів. Через це драйвер та інші програми не могли працювати з такими додатковими портами. Для того щоб драйвер [<http://valery-us4leh.narod.ru/XpCoding/XPlpt.html>] міг працювати з платою MN9815, були внесені деякі зміни у вихідні тексти драйвера на мові асемблер. Після цього було виконано компіляцію за допомогою макроасемблера MASM32 фірми «Майкрософт» [<http://www.masm32.com/>]. Далі отриманий драйвер стандартним чином додавався до системи. Після такої процедури з’явилася можливість звертатися програмно до регістрів додаткових портів.

Програма дозволяє: вибрати LPT-порт, через який здійснюється керування системою часового ведення; задати частоту генератора тактових імпульсів часового ведення телескопа безпосередньо, вводячи значення частоти, або задаючи старший і молодший розряди лічильника таймера K580ВИ53 (мікросхеми D5); зберігати установки вINI-файлі для їхнього використання при наступному завантаженні.

Висновки. Розроблено апаратно-програмний комплекс системи часового ведення телескопа, що дозволяє отримати стабільну частоту часового ведення телескопа з програмним керуванням тактovoю частотою крокового двигуна ШД-5Д1М-УЗ за допомогою комп'ютера. Дану систему часового ведення телескопа встановлено на телескопі АЗТ-14 спостережної станції Лісники. Неточність установки частоти тактового генератора викликана дискретністю вибору коефіцієнта ділення тактової частоти. Зміна на один молодший розряд коефіцієнта дільника для частоти часового ведення відповідає зміщенню зображення на 1 пкл за 6 хв 40 с експозиції на телескопі АЗТ-14 (фокус Ньютона $F = 2.16$ м) з ПЗЗ-камерою ST8 (1530 1020 пкл, розмір піксела 9 9 мкм). Максимальна можлива помилка через дискретність вибору тактової частоти дорівнює половині цього значення, тобто зміщення зображення на 1 пкл буде відбуватися за час 13 хв.

Під час розробки принципової електричної схеми модуля керування системи СЧВТ змістовні поради авторам надавав Л. І. Федоренко.

1. Гук М. Интерфейсы ПК. Справочник. — С-Пб.: Питер, 1999.—528 с.
2. Драневич В. А., Пятигорский Г. А., Суворов Е. А. и др. Устройство обмена информацией с IBM-совместимым персональным компьютером через порт принтера // Приборы и техн. эксперимента.— 1996.—№ 5.—С. 74—76.
3. Ефименко В. Б. Секреты LPT-порта // РА.—2002.—№ 7.—С. 32.
4. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Пацков В. С. Чубей М. С. Компенсация «смазы» изображения в оптико-электронных датчиках с матричными фотоприемниками // Всерос. научно-техн. конф. «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов». — Таруса, 2008.—С. 18.
6. Сорокин А. В. Сопряжение лабораторного оборудования с IBM-совместимыми компьютерами через параллельный порт, работающий в режиме EPP // Приборы и техн. эксперимента.—2002.—№ 4.—С. 87—91.
7. Тарабрин Б. В., Якубовский С. В., Барканов Н. А. Справочник по интегральным микросхемам. — М.: Энергия, 1981.—816 с.
8. Томпkins У., Уэбстер Дж. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC. — М.: Мир, 1992.— 589 с.

Надійшла до редакції 15.03.10