**Зміст**

1. Electronic construction techniques……………………………….…………..3
2. Ukrainian translation ….……………………………………………………….9
3. Vocabulary……………………………………………………………………..16

List of references………………..……………………………………………….19

ELECTRONIC CONSTRUCTION TECHNIQUES

Between completing a circuit design and testing a finished product, you’ve got a number of decisions to make: Is the in­strument going in a benchtop case, a “re­lay rack” enclosure, or perhaps some sort of modular “bin” chassis? Should the cir­cuit itself be constructed with point-to- point wiring, on a “breadboard” card, with Wire-Wrap connections, or on a printed- circuit board? Are connections to the cir­cuit board made with solder lugs, flat ribbon-cable connectors, or edge connec­tors? Should individual circuit cards be housed in a card “cage,” plug into a motherboard, or what? Does it pay to design a printed-circuit motherboard or use hand-wired backplane connections? Which adjustments should be on the cir­cuit board, and which on the front (or rear) panel? Decisions like these are important for the appearance, reliability, and service­ability of the finished product, not to men­tion cost and ease of construction and test­ing.

Printed Circuit:

The best method of constructing any electronic circuit in quantity is to use a printed circuit, a stable insulating sheet of material with thin plated copper lines bonded to the sheet forming the circuit paths. Although early printed circuits were associated with poor reliability, the process of manufacturing board material and producing finished boards has been perfected to the point that printed-circuit boards now have very few problems. In fact, PC boards offer the most reliable fabrication technique. They are routinely used in computers, space-craft, and military electronics where high reliability is essential.

Manufacturing:

The board material (usually 1/16 inch of so-called FR-4 board, a fire-resistant epoxy-bonded fiberglass) comes clad on both sides with copper (“2 ounce” thickness is standard; the copper is 0.0027 inch thick). The first step is to drill the holes, using a template or automated drilling machine keyed to the full-size photopositive from the photoplotter or the Mylar pattern. The holes are then “plated through” by a tricky multistep copper plating process, creating continuous conducting paths from one side of the board to the other.

The next step is to create a tough “resist” material, adhering to both sides of the board everywhere except where the foil for the circuit is to remain, then exposing the board to light with the full-size photopositive accurately sandwiched on top, and chemically “developing” the film (as in conventional photography) to make the exposed areas permanent. Then the board, with the pattern of resist now masking the areas where the copper foil is ultimately to be removed, is immersed into a solder-plating bath. The result is to plate solder (a tin/lead alloy) everywhere that the foil pattern is to re-main, including the insides of the holes.

Next the resist is removed chemically, exposing the copper that is to be removed, and the board is treated with a copper- etching compound.

PC board design:

There are several important decisions you have to make during PC board design, during component “stuffing,” and finally when the board is used in an instrument.

To make a printed-circuit board, you must ultimately convert your schematic diagram into a corresponding pattern of desired copper-foil traces that will compose the finished board. There are basically two ways: (a) Working from the manually drawn schematics, you can use pencil and paper to figure out a set of interconnection paths (“routes”) that does the job, then manually apply opaque tape and preformed connection patterns accurately onto clear polyester film to make the finished “Mylar” masters, or (b) you can convert your hand-drawn schematic to a connection “netlist,” then use a CAD (computer-aided design) program to figure the trace routing, producing a set of precision machine-drawn “photoplots” directly; better still, you can replace the manual schematic drafting with CAD-based “schematic capture,” in which you draw the diagrams directly on a graphics work-station, using a graphic tablet or mouse.

Connections to the board:

For the majority of boards it is probably best to bring out all connections through “edge-connector” contacts, which mate directly with sockets available in a variety of contact configurations. The most commonly used spacings are 0.156 inch, 0.125 inch, and 0.100 inch between fingers. Generally you’ll put an edge-connector pattern at one end of the card, bringing power- supply voltages and signals through that connector.

Often you see an edge-connector pattern at the other end of the card also, used instead of a flat ribbon connector to bring some other signals off the board or to other boards. Another method for bringing out signals is to use flat ribbon cable terminated in DIP plugs; such cables plug right into 1C sockets on the board. You can buy these cables prefabricated in various lengths, or you can make them yourself with a kit consisting of flat cable, unassembled DIP plugs, and a crimping tool. Ribbon cables can also connect to the board via in-line or “mass-termination” connectors, which use one or two rows of pins on 0.1 inch centers.

Sockets:

There is great temptation to use IC sockets everywhere, for ease of troubleshooting. However, if you’re not careful, the sockets may well cause more trouble than they prevent. In general, sockets are a good idea at the prototyping phase, where 1C substitution may be necessary to convince you that the trouble you’re having is a design error, not a bad component. They should also be used for expensive ICs (e.g., a D/A converter, microprocessor, or the like), ICs that you’re likely to want to change from time to time (e.g., a program ROM), and ICs that have a good chance of being damaged sooner or later (e.g., chips that buffer input or output signals from outside the instrument).

Advanced techniques:

Hand-drawn schematics, manually converted first to PC board layouts and then to hand-taped Mylars, are the traditional steps in PC board design technique, and they were used nearly universally through the mid-1970s. It still makes sense to do simple boards this way, particularly if you aren’t trying to break new records in board component density. With a little kit of double-sized patterns, some opaque tape, a gridded table, and some clear Mylar, you’re ready to go. And you don’t have to buy expensive CAD software (and learn how to use it!), pay photoplotting charges, etc.

However, as soon as you strive for high- density boards, paved wall to wall with fifty or a hundred IC’s, often requiring four or six layers laid out to 10-10 design rules, the honeymoon is over. Even with extraordinary effort and quadruple-sized Mylar, you can hardly achieve the precision interlayer alignment required.

CAD/CAM:

The solution is CAD/CAM (computer- aided design/computer-aided manufacture). These software packages are powerful, and with the advent of desktop workstations with multimegabyte memory, dazzling graphics, and processing speeds of tens of MIPS (million instructions per second), you don’t need special hardware to run them.

Schematic capture:

You begin by “capturing” your schematic directly into the graphics workstation. You can draw and edit diagrams, using standard electronic symbols from a “library.” Just as with word processing, you can pull up old work, extract sections you want to reuse (e.g., a DRAM memory control circuit, an active filter, etc.). With a mouse (or joystick, trackball, or graphic tablet) you can move things around, with the wiring following you around (not always totally successfully!).

You name signals, give the ICs part numbers, and so on. Good CAD systems assist you by looking up the ICs and assigning pin numbers. And good CAD systems are hierarchical: You can, for example, do a top-level diagram in which the major subcircuits are indicated by big boxes; each box opens up to reveal its sub-boxes, eventually displaying the lowest (gate-level) description. At any stage of the design you can get handsome laser- printed schematics.

A good CAD system can help you out, by flagging obvious errors, for example an output tied to ground, or to another output. You can ask the system to simulate digital circuit operation, but you must provide it with test “vectors” that describe machine states, and you must describe the function of each chip in your circuit that is not already described in the library. Since a complex chip like a microprocessor requires lots of description, some CAD systems have a socket into which you can plug such a chip; it then uses the chip itself for hardware modeling.

At this point, too, you can ask the CAD system to disgorge voluminous documentation showing (a) for each named signal, all the pins (“nodes”) it visits and (b) for each pin of each component, all other nodes to which it is connected. Good systems will even inform you if you have violated loading rules for digital outputs, etc.

Placement and routing:

The next step is component placement and routing. One of the great beauties of an integrated CAD/CAM system is that it automatically extracts the netlist from its representation of the schematic - if the schematic is correct, the final PC board will be too. Although some CAD systems claim to be able to juggle the component placements into a near-ideal configuration, it’s usually best to do component placement manually. As with schematic capture, this is done with mouse, joystick, or graphic tablet. You begin by setting up the board outline (it’s often the same as some previous board you have designed), within which you now position the parts. Since the component library has outline and pin information, you get to play with the characteristic IC and component shapes. Good CAD systems can flag design-rule errors as you make them, so you can see if the parts are too close together, etc.

Once the parts have been placed, the wiring must be routed. At this point it is conventional to display what’s called the “rat’s nest,” a display of the board with all the connections shown as straight lines connecting their respective pins. It’s a tangled mess. With creative use of color you can make some sense of it, for example by selectively turning on only power and ground connections.

Testing:

For any new PC board design, always get a few prototypes made first. Stuff them with sockets, and test the dickens out of the circuit. You can expect several kinds of bugs, namely (a) your circuit had a design error, (b) the circuit was OK, but you made an error in schematic capture (which you should have caught earlier), (c) an error crept in during routing (which also should have been caught earlier), (d) the board has flaws, usually shorts or opens, due to blemishes, misalignments, or other problems during manufacture (see below), or, finally, (e) there are some bad components or solder joints.

Assuming circuit changes are needed during debugging, the usual procedure is to cut existing foil traces with a small knife, then solder in wires to make the new connections. This may be impossible in a multilayer board with buried signal layers, however. In that case you have to make your changes at the final destinations - the IC or component pins.

Instrument construction:

Circuit cards, whether printed circuits, Wire-Wrap panes, or breadboarding cards, have to be mounted in some sort of enclosure and connected to power supplies, panel controls and connectors, and other circuitry. In this section we will discuss some of the popular methods of putting instruments together so that circuits are neatly mounted and accessible for testing and repair. We will begin with methods for holding the circuit cards themselves, then discuss the business of cabinets, front and rear controls, power-supply mounting, etc.

Circuit card mounting:

In simple instruments you may have only a single circuit card, whether printed circuit, Wire-Wrap, breadboard card, or whatever. In that case a simple solution is to drill holes near the corners and mount the card with screws (and standoff bushings) to a flat surface, component side up. Connections can then be made with a card-edge connector socket (if the card has plated fingers), with flat cable terminated with a connector to mate with a plug on the board, or with individual soldered connections to swaged terminals on the board. With edge or ribbon connectors, the card will support the connector adequately, so no extra connector supports have to be used.

Whatever the method of connection, it is wise to arrange the wiring such that the board can be tipped upward for access to the underside so that you can make modifications or repairs.

**Український переклад тексту.**

**КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ**

Щоб перейти до тестування готового продукту після завершення розробки схеми, потрібно вирішити наступні питання:

* Чи буде прилад мати настільне оформлення, розміщуватиметься у змінному корпусі, чи можливо у певному типі модульних відсіків?
* Чи буде схема сконструйована за допомогою спаювання проводів від точки до точки, на макетній платі за допомогою намотуваних з’єднань, або ж на друкованій платі?
* Яким чином буде зроблено з’єднання з платою: колодками для розпайки, плоскими стрічковими кабелями, або можливо точковими з’єднувачами?
* Чи будуть окремі схемні плати розміщені в блоці для плат, встановлюватимуться в материнську плату, або за допомогою іншого способу?
* Чи будуть вони включені в друковану схему на материнській платі, або ж будуть підключатись вручну на задню панель?
* Які засоби регулювання будуть розміщені на самій схемній платі, а які розміщуватимуться на передній/ задній панелі?

Вирішення подібних питань є дуже важливим для зовнішнього вигляду, надійності та зручності у користуванні завершеного продукту, але не впливає на вартість, простоту розробки та тестування.

**Друковані плати:**

Найкращим методом виробництва електронних схем у великій кількості є використання друкованих плат – пластин із ізолюючого матеріалу із тонкими нанесеними на пластину мідними лініями, котрі утворюють схеми шляхів. Незважаючи на те, що перші друковані плати вважались малонадійними , процес виготовлення матеріалів для друкованих плат був доведений до такого рівня, що на даний момент не створює жодних технічних проблем. Насправді, друковані плати пропонують найнадійнішу технологію виготовлення. Зазвичай вони використовуються у комп’ютерах, космічній апаратурі, воєнній техніці, де висока надійність має надзвичайно велике значення.

**Виготовлення:**

Зазвичай, матеріалом для виготовлення плат є так звана плата FR-4 - вогнестійке скловолокно товщиною 1/16 дюйма, просочене епоксидом, воно покривається міддю із двох боків ( 2 унції – стандарт товщини міді, забезпечує товщину 0.0027 дюйма). Першим кроком є свердління отворів за допомогою використання трафарету, або автоматичної машини для свердління, настроєну під повно розмірний фото позитив з фотоплотера або із майларової плівки. Потім отвори металізуються наскрізь за допомогою використання комбінованого багатошарового осадження міді, створюючи неперервні провідні з’єднання з однієї сторони на іншу.

Наступним кроком є створення жорсткого резистивного матеріалу, що наноситься на обидві сторони плати всюди, окрім місць, де фольга для схеми має залишитись. Потім, піддають плату випромінюванню через повнорозмірний фотопозитив, точно покладений зверху, та хімічно проявляють плівку (так само як і при звичайній фотографії), щоб отримати опромінені ділянки. Після цього, плата із рисунком із резисту, котрий тепер захищає ділянки із котрих потрібно видалити фольгу, погружають у ванну із розплавленим припоєм. В результаті, всі необхідні ділянки рисунку із фольги, включаючи внутрішню поверхню отворів, виявляються покритими шаром припою.

Потім за допомогою хімічних методів знімають резист, утворюючи доступ до мідної фольги, що також видаляється, а плата обробляється засобами для витравлювання міді, які залишають бажаний рисунок із міді та металізовані отвори, покриті припоєм.

**Проектування схем із друкованими платами:**

Під час проектування схем із друкованими платами є декілька дуже важливих завдань, які необхідно вирішити, а саме під час розміщення компонентів та коли плата вже використовується у приладі.

Щоб виготовити плату для друкованої схеми необхідно кардинально перетворити принципову схему у відповідний рисунок необхідних мідних ліній- доріжок, які складають основу плати. Існує два базових напрямки: а) робота із вручну нарисованою схемою, використовуючи олівець та папір, виділяючи необхідні міжз’єднання (доріжки), потім вручну акуратно накладати непрозорі полоски, заготовлені шаблони з’єднань, щоб створити остаточний майларовий плакат, або ж: б) можна перетворити вашу вручну нарисовану схему у таблицю з’єднань, потім, використовуючи САПР – програму для створення розмітки доріжок, отримати комплект точних «фотоплакатів», виготовлених автоматичним режимом. А ще краще використовувати замість ручного виготовлення схеми використовувати САПР-пакети, у яких можна рисувати схему безпосередньо на графічній автоматичній робочій станції, використовуючи графічний планшет або мишку.

**Під’єднання до плати:**

Для більшості плат ймовірно найкращим шляхом створення контактів є використання контактних роз’ємів, котрі безпосередньо вставляються в гнізда, в котрих розміщення контактів може змінюватись. Найчастіше використовуються з проміжком в 0.156 дюйма, 0.125 дюйма, та 0.100 дюйма поміж контактами. Контактні роз’єми зазвичай розміщуються на одному кінці плати, проводячи в основному напругу живлення та сигнали. Плата закріплюється механічним способом, коли вставляється цим кінцем в гніздо.

Дуже часто можна зустріти шаблон печатного роз’єма також і на іншому кінці карти, що використовується замість плоских стрічкових конекторів, щоб передати інші сигнали на іншу плату. Для зняття сигналу існують також інші способи – використання плоских стрічкових кабелів, що закінчуються вставскою у DIP штекер. Такі кабелі вставляються безпосередньо у DIP роз’єми плати. Ви можете придбати готові кабелі необхідних розмірів, або можете виготовити їх своїми руками, за допомогою набору, у який входить плоский кабель, не приєднана вставка DIP та інструмент. Плоский кабель можна з’єднувати до плати за допомогою лінійних конекторів, або багато контактних роз’ємів, котрі використовують один або два рядки контактів через 0.1 дюйма.

**Гнізда:**

Існує дуже велике бажання використовувати гнізда для інтегральних схем (ІС) всюди, для того щоб полегшити процес вирішення неполадок. Проте, якщо бути надто необережними, гніздо може створити набагато більше проблем, аніж передбачити їх. В загальному, гнізда є хорошим рішенням на етапі розробки, коли необхідна заміна ІС, для того, щоб впевнитись що проблема спричинена поганим проектуванням, а не поганим компонентом. Також їх можна використовувати і для дорогих мікросхем, мікропроцесорів та ін..,а також ІС, які можуть бути замінені з часом (наприклад програмовані РОМ), або ІС, котрі можуть рано чи пізно вийти із ладу – чіпи, котрі служать для сприйняття вхідних або видачі вихідних сигналів апаратури.

**Передові технології:**

Ручна розробка схеми, перетворення спочатку в монтажну схему плати а потім у майлар є основними етапами при створення плат друкованих схем, котрі використовувались майже всюди із середини 70-х років. При виготовленні простих плат вони і на даний час є основними, якщо тільки ви не намагаєтесь встановити нових рекордів по густині елементів на платі. Маючи невеликий набір двохсторонніх шаблонів, декілька непрозорих полосок і координатний стіл та кілька чистих май ларів можна починати проектування. Для цього вам не потрібно буде купувати дороге програмне забезпечення САПР, вчитись ним користуватись, витрачати гроші на графо побудову та ін..

Однак, як тільки ви почнете намагатись створювати плати високо щільні плати, розміщувати одну біля одної 50 або 100 ІС, для чого необхідне 4 або 6 шарове 10-10 моделювання, у вас почнуться справжні проблеми. Навіть прикладаючи неймовірні зусилля та використовуючи майлар 4-х кратних розмірів вам буде важко досягти заданої точності суміщення між шарами.

**САПР:**

Вирішенням проблеми є САПР (система автоматизованого проектування / автоматизованого виробництва). Ці пакети програмного забезпечення є потужним засобом, а із появою настільних робочих станцій із пам’яттю в декілька мегабайт, блискучою графікою та швидкодією в десятки MIPS (мільйон операцій в секунду), вам більше не потрібно додаткового обладнання для роботи.

**Створення схеми:**

Робота починається із створення схеми безпосередньо на графічній робочій станції. Ви можете малювати та редагувати схему використовуючи стандартні електронні символи із бібліотеки. Так, як і в текстовому редакторі, ви можете використовувати старіші роботи, витягувати фрагменти, котрі бажаєте використати (наприклад схема управління пам’яттю ДРАМ, активний фільтр і т.д.). за допомогою мишки, (джойстика, трекбола, або графічного планшета) ви можете їх перемішати навколо, а лінії з’єднань будуть переміщатись також (але не завжди успішно). Вам потрібно нумерувати сигнали, надавати номер ІС. Хороші САПР є ієрархічними, наприклад можна зробити схему верхнього рівня, у якій основні вузли схеми вказуються у вигляді великих блоків, а кожен блок відкривається для показу його під блоків, показуючи найнижчий (елементний) рівень опису. Також в кожен момент можна отримати красиві схеми, надруковані лазерною порізкою.

Хороша САПР може допомагати вам, позначаючи грубі помилки, наприклад, коли вихід з’єднано на землю, або на інший вихід. Ви можете дати САПР запит на моделювання роботи цифрової схеми, але при цьому вам треба забезпечити її тестовими «векторами», які описують машинні стани, а також певною необхідністю є надання опису функцій кожної схеми, котра не внесена до бібліотеки. Оскільки складні чіпи, такі як мікропроцесор, потребують багато описового довідкового матеріалу, деякі САПР мають гнізда, у котрі ви можете вставити такий чіп. В подальшому його можна використовувати для апаратного моделювання. Також у вас є можливість подати запит у САПР на видачу всієї документації, котра показує: а) для кожного названого сигналу – всі піни – ноди – до яких він під’єднаний; б) для кожного піна любого компонента всі ноди, з якими він контактує.

Хороша САПР навіть може поінформувати вас, якщо буде порушено норми загрузки цифрових виходів і т.д.

**Розміщення і трасування:**

На цьому етапі ви встановлюєте компоненти й формуєте розведення з'єднань. Одним з найбільших переваг комплексної САПР є те, що вона авто-автоматично виділяє таблицю з'єднань відповідно до подання вашої схеми, і, якщо схема правильна, то створена плата також буде вірною. Хоча з допомогою деяких САПР можна добитися майже ідеального розміщення компонентів, все ж краще це робити вручну. Також, як і при введенні опису схеми тут використовується миша, джойстик або графічний планшет. Спочатку установлюються контури плати, в межах котрих ви тепер маєте частини схеми. Оскільки в бібліотеці компонентів міститься інформація про контури і виводи, вам потрібно підбирати лише характеристики ІС та форму компонентів. Якщо ви допустили помилки в нормах проектування, то в хороших САПР вони висвічуються, і ви можете бачити, наприклад, що частини розташовані дуже близько один до одного і т.д.

Коли розміщення закінчено, треба перейти до формування розводки. Зазвичай спочатку виводять на екран дисплея так зване «мишаче гніздо», тобто плата зображується з усіма з’єднаннями у вигляді прямих ліній, що з’єднують відповідні контакти. Це дуже заплутаний безлад. Творчо використовуючи колір, ви можете вибірково виділити, наприклад, тільки лінії з’єднання з живленням та із землею.

**Тестування**:

Для створення будь-якої плати завжди спочатку роблять кілька прототипів. Їх встановлюють у гнізда і перевіряють вихідні параметри схеми. Можна очікувати дефекти декількох типів, а саме: а) ваша схема має помилки проектування, б) схема була вірною, але ви допустили помилку при введенні опису (яку ви повинні були помітити раніше), в) мають місце помилки в процесі трасування (вони також повинні бути поміченими раніше), г) дефекти в платі, зазвичай короткі замикання або обриви, викликані плямами, поганою підгонкою або іншими причинами під час виготовлення (див. нижче ), і, нарешті, д) є деякі погані компоненти або паяні з’єднання.

Враховуючи те, що зміни схеми необхідно під час налагодження, звичайна процедура при цьому зводиться до розрізання маленьким ножем існуючої фольгової доріжки і впаювання дроту, щоб зробити нове з'єднання. Однак у багатошарових платах із закритим сигнальним шаром ця процедура практично неможлива. В такому випадку ви можете змінити кінцевий пункт сполучної доріжки, виводу ІМС та компонентів.

**Конструювання приладів:**

Схемні плати, друкована схема, панель з монтажем накруткою або ж електромонтажна карта, повинні монтуватися до відповідного корпусу, з’єднаного із джерелом живлення, панеллю управління, з роз'ємами або з іншими електричними схемами. У цьому розділі розглядаються деякі поширені способи компонування приладів, що забезпечують хорошу установку схем та їх доступність для перевірки і ремонту. Почнемо зі способу кріплення самої схемної карти, а потім обговоримо створення корпусів, управління на передній та задній панелях, монтажу джерела живлення та ін..

**Установка друкованої плати:**

У простому приладі може бути тільки одна схемна плата: або друкована, або з монтажем накруткою, або ж просто макетна плата. В цьому випадку по кутах просвердлюють отвори і плата кріпиться гвинтами на плоскій поверхні компонентною стороною вверх. З'єднання можуть здійснюватися через гніздо друкованого роз'єму, з допомогою плоского кабелю з роз'ємом на кінці, відповідним вставці на платі, або за допомогою окремих паяних з'єднань з обтискними клемами. Плата досить міцно утримуватиме цей роз'єм, і зовнішні кріплення для нього, як правило, не потрібні. Незалежно від способу з'єднання варто передбачати таку організацію розводки, при якій плату можна було б підняти і нахилити так, щоб був доступ до нижньої сторони для модифікацій та ремонту.