



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

TEMA:
**SISTEMA PORTÁTIL USB PARA
INTERCAMBIO DE DATOS**

*Tesis de Grado Previa a la
Obtención del Título de:
TECNÓLOGOS EN
ELECTRÓNICA*

Autores:

- Pedro Vicente Masache Masache
- Eduardo Alexander Rivera Vera

Director:

- Ing. Andy Fabricio Vega León

Loja – Ecuador
2013

CERTIFICACIÓN

Ing. Andy Fabricio Vega León

Director de tesis

Certifica:

Que el trabajo de investigación titulado “**SISTEMA PORTÁTIL USB PARA INTERCAMBIO DE DATOS**”, desarrollado por los señores: Pedro Vicente Masache Masache y Eduardo Alexander Rivera Vera, previa a obtener el grado de tecnólogos en electrónica, ha sido realizado bajo mi dirección, mismo que cumple con los requisitos de grado exigidos en las normas de graduación, por lo que autorizo su presentación.

Loja, 27 de Febrero del 2013



Ing. Andy Fabricio Vega León

Director del proyecto

AUTORÍA

Nosotros Pedro Vicente Masache Masache y Eduardo Alexander Rivera Vera, declaramos ser autores del presente trabajo de tesis y eximimos expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de nuestra tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Pedro Vicente Masache Masache

Firma:

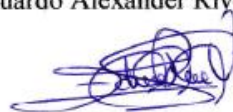


Cédula: 1104768518

Fecha: Lunes 17 de Junio del 2013

Autor: Eduardo Alexander Rivera Vera

Firma:



Cédula: 1900635929

Fecha: Lunes 17 de Junio del 2013

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y en especial a la Carrera de Electrónica, por sus conocimientos impartidos a través de los docentes que han hecho posible nuestro desarrollo profesional que se ve reflejado con el triunfo que hoy estamos logrando.

A las personas que nos han apoyado en los momentos difíciles, además de darnos nuevas ideas y proponernos nuevos retos (Ing. Andy Fabricio Vega León y a la empresa Mega Chip). Y a todos aquellos que nos han apoyado en el desarrollo del proyecto.

Pedro Vicente Masache Masache

Eduardo Alexander Rivera Vera

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia, que gracias a su apoyo he podido concluir con mi carrera profesional.

A mis padres, hermanos y a todo el resto de familia y amigos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante, que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.

A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

Pedro Masache M.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, hermanos que siempre me han están apoyando y a toda mi familia que siempre han sabido motivarme para que siga adelante y pueda cumplir todas mis metas.

Eduardo Rivera V.

ÍNDICE

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1: EL PROTOCOLO USB	5
1.1. USB DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	5
1.1.1. VENTAJAS	6
1.1.2. DESVENTAJAS	6
1.1.3. COMPARACIÓN CON OTRAS INTERFACES	7
1.2. ARQUITECTURA USB	9
1.2.1. PERIFÉRICOS USB	10
1.2.2. DISPOSITIVOS	10
1.2.3. CONCENTRADORES USB	11
1.2.4. INTERFAZ FÍSICO	12
1.2.4.1. Conectores	13
1.2.4.2. Distribución de pines	13
1.2.5. INTERFAZ LÓGICO	14
1.3. FASES DE COMUNICACIÓN DEL PROTOCOLO USB	15
1.3.1. PROCESO DE ENUMERACIÓN	15
1.3.2. MANEJO DE COMUNICACIONES	15
CAPÍTULO 2: DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO MASIVO	16
2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	16
2.1.1. TIPOS DE MEMORIA FLASH	16

2.1.1.1. Memorias flash tipo NOR	17
2.1.1.2. Memorias flash tipo NAND	17
2.1.1.3. Comparación entre memorias flash tipo NOR y NAND	18
2.2. TIPOS DE DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO MASIVO	19
2.2.1. UNIDADES FLASH USB	19
2.2.2. TARJETAS COMPACT FLASH	20
2.2.3. TARJETAS MULTIMEDIACARD (MMC, MMCplus, MMCmobile)	21
2.2.4. TARJETAS SECURE DIGITAL (SD, miniSD, microSD)	21
2.2.5. SMARTMEDIA CARD	23
2.2.6. MEMORY STICK	23
2.2.7. XD PICTURE CARD	24
2.3. USOS Y COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	24
CAPÍTULO 3: PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO	26
3.1. PAQUETE DE SOFTWARE UTILIZADOS	26
3.2. CREACIÓN DE LOS PCB's	28
3.2.1. Proceso de Diseño	28
3.2.2. Proceso de Fabricación	29
3.3. PROTOTIPO DEL HARDWARE	30
3.3.1. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE	30
3.3.1.1. CONTROLADORES USB	31
3.3.1.2. SISTEMA DE CONTROL	34
3.3.1.3. INTERFAZ GRÁFICA	35
3.3.1.4. TECLADO	36
3.3.1.5 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	37
3.3.2. DESARROLLO DEL HARDWARE	38
3.3.2.1. MÓDULO DE DESARROLLO DEL CONTROLADOR USB	38
3.3.2.2. DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA	39
3.3.2.3. MÓDULO DE INTEGRACIÓN	40

CAPÍTULO 4: RESULTADOS	42
4.1. PRUEBAS CON PERIFÉRICOS	42
4.2. PRUEBAS DE CONFIABILIDAD	43
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS	46
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	51
ANEXO A	52
ANEXO B	67
ANEXO C	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Esquema de interconexión USB	10
Fig. 1.2. Ejemplos de productos USB	11
Fig. 1.3 Esquema funcional del cable USB	12
Fig. 1.4. Conectores USB	13
Fig. 1.5. Capas del sistema del protocolo USB	14
Fig. 2.1. Unidad flash USB típica	20
Fig. 2.2. Tarjeta Compact Flash y tarjeta MultiMediaCard	21
Fig. 2.3. Tarjetas de memorias SD, miniSD, microSD, respectivamente	23
Fig. 2.4. Memorias: SmartMedia Card, Memory Stick y XD Picture Card	24
Fig. 2.5. Estimado de ventas de las tarjetas de las memorias flash	25
Fig. 3.1. Esquema general del hardware	30
Fig. 3.2. Controlador Vinculum VNC1L-1A	32
Fig. 3.3. Esquema del modo host del controlador VNC1L-1A	33
Fig. 3.4. Microcontrolador Atmega 128	34
Fig. 3.5. Esquema general del uso del GLCD	36
Fig. 3.6. Diseño del teclado	37
Fig. 3.7. Aplicación típica de los reguladores de voltaje	38
Fig. 3.8. Módulo de desarrollo del controlador USB	39
Fig. 3.9. GLCD JHD12864E	39
Fig. 3.10. Esquema de integración de los distintos módulos y componentes	40
Fig. 3.11. Módulo de integración	41
Fig. 4.1. Prueba realizada con un periférico (ratón de computadora)	42
Fig. 4.2. Directorio raíz de la memoria fuente	43
Fig. 4.3. Directorio raíz de la memoria destino, antes de la operación de copiado ..	44
Fig. 4.4. Directorio raíz de la memoria destino, después de la operación de copiado	44
Fig. 4.5. Contenido del archivo VDIP1.doc de la memoria fuente	45
Fig. 4.6. Contenido del archivo VDIP1.doc de la memoria destino	46
Fig. A.1. Montaje del proyecto en el protoboard para la verificación de su funcionamiento	52
Fig. A.2. Inicialización del dispositivo	53
Fig. A.3. Detección de la memoria flash USB A	53

Fig. A.4. Detección de la memoria flash USB B	54
Fig. A.5. Ingreso del nombre del archivo que va a ser copiado	54
Fig. A.6. Transcurso de copiado del archivo	55
Fig. A.7. Extracción de las memorias flash USB	55
Fig. A.8. Esquema de extensión para el segundo puerto USB en el módulo VDIP1	56
Fig. A.9. Esquema de la placa de integración	57
Fig. A.10. Diagrama de pistas y screen de elementos para el módulo de integración	58
Fig. A.11. Cortado de las placas de 14,4 x 8,4 cm; 8,5 x 3 cm y 4 x 3,6 cm con un estilete	59
Fig. A.12. Limpieza de los filos de los cortes realizados y la lámina de cobre oxidada	59
Fig. A.13. Colocación del papel fotográfico con el lado de la tinta sobre el lado del cobre	60
Fig. A.14. Aplicación de presión con una plancha bien caliente	60
Fig. A.15. Presentación de la placa después de la transferencia térmica	61
Fig. A.16. Proceso de atacado de las placas PCB	61
Fig. A.17. Placa recién sacada del ácido	62
Fig. A.18. Apariencia de la placa libre de tinta	62
Fig. A.19. Perforación de las placas PCB	63
Fig. A.20. Proceso de soldado de los elementos en la placa	63
Fig. A.21. Cortado de los alambres sobrantes	64
Fig. A.22. Apariencia del módulo de integración con todos los materiales incorporados	64
Fig. A.23. Medidas del chasis (centímetros)	65
Fig. a.24. Fabricación del chasis en acrílico	65
Fig. A.25. Ensamblado de los distintos módulos en el chasis	66
Fig. A.26. Presentación final	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación de las características de distintos tipos de interfaces	7
Tabla 1.2. Niveles lógicos y de voltaje	12
Tabla 1.3. Características mecánicas	12
Tabla 1.4. Distribución de pines	13
Tabla 2.1. Aplicaciones y características de memorias NAND y NOR	17
Tabla 2.2. Comparación entre memorias flash tipo NOR y NAND	18
Tabla 2.3. Lista de componentes de una unidad flash USB típica	20
Tabla 2.4. Características de la tarjeta compact flash tipo 1	20
Tabla 2.5. Características de las tarjetas MMC	21
Tabla 4.1. Resultados de pruebas con diferentes periféricos	43
Tabla 4.2. Análisis de costos	47

RESUMEN

En el presente trabajo investigativo se construyó un dispositivo portátil USB para el intercambio de datos entre dispositivos de almacenamiento masivo mediante el módulo VDIP1, que cumpla con la norma USB y cuyo sistema de archivos sea del tipo FAT 32.

Con este dispositivo, se puede manejar o administrar archivos mediante sistemas embebidos, existe un sin número de herramientas de hardware y software que admiten una fácil ejecución del protocolo USB en los sistemas microprocesados, permitiendo el desarrollo de aplicaciones comunes sin que esto implique un aumento de las necesidades energéticas y de espacio de los microprocesadores.

El manejo de archivos mediante el sistema FAT 32 en memorias flash USB, permite ampliar a otro tipo de dispositivos de almacenamiento masivo, como son las tarjetas compact flash, tarjetas multimedia card y tarjetas secure digital.

Los documentos y archivos que son menores a 25 Megabyte, pueden ser distribuidos exitosamente al otro dispositivo de llegada o destino y este puede ser utilizado en cualquier lugar como son las bibliotecas, librerías etc.

SUMMARY

In the present investigative work was built a portable device USB for the data's interchange between massive storage devices through the VDIP1 module, which it complies with the USB norm and whose file system is FAT 32 type.

Whit this device, you can manager or administer files through embedded system, there is a great number of hardware and software tools that they let an easy execution of the USB protocol in the microprocessors system, letting the development of the common application's without it involves an increase of the energetic needs and the microprocessors space.

The management of the files, through FAT 32 system in the flash USB memories, it lets to enlarge to another type of massive device, as are the compact flash cards, multimedia cards and secure digital cards.

The files and documents that are lese 25 Megabyte can be distributed successfully to another arrival device or different and it can be used on anywhere as are the libraries, bookstores, etc.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, hemos experimentado un gran desarrollo científico-tecnológico propiciado, principalmente, por los importantes avances logrados en el campo de la electrónica.

Unos avances que han condicionado, de manera significativa, nuestro estilo de vida, ya que hoy en día resulta muy interesante observar como los avances tecnológicos nos sorprenden por la evolución tan rápida que presentan y algo que gusta es que cada vez son más fáciles de usar para cualquier persona, es decir, se están volviendo muy amigables y no se necesita ser un experto para poder comprender su funcionamiento, usarlos o instalarlos, este es el caso del bus universal en serie, mejor conocido como USB.

Es por ello que nosotros como futuros profesionales en el área técnica y concretamente en la electrónica, se ha creído conveniente la construcción de un **sistema portátil USB para intercambio de datos** entre dispositivos de almacenamiento masivo que cumplan con la norma USB v.1.1 y cuyo archivo sea de tipo FAT 32 (propiedad de Microsoft®) considerado como eje principal de nuestro proyecto de tesis, previo a la obtención del título de tecnólogo en electrónica.

Hoy en día en nuestra sociedad la falta de sistemas portátiles USB es un problema que repercute en nuestro diario vivir, ya que sin un computador no es posible la transferencia de datos de un dispositivo a otro y como en la actualidad ya se está dando el desarrollo de sistemas embebidos con funciones de host USB, se ha hecho los esfuerzos a la elaboración del proyecto antes mencionado el cual permita la conexión, manejo y transferencia de información de memorias flash tipo USB conocidas como “pen drivers” sin la necesidad de un computador, el cual será de gran importancia para la sociedad.

A través de la realización constante de este proyecto se ha propuesto alcanzar los siguientes objetivos.

OBJETIVO GENERAL

Construcción de un sistema portátil USB para el intercambio de datos entre dispositivos de almacenamiento masivo mediante el módulo VDIP1.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Construir un dispositivo USB, el cual permita desarrollar un entendimiento de la operación y manejo de los sistemas embebidos desde el punto de vista de arquitectura, montaje, programación y aplicaciones.

El proyecto también tiene como finalidad el análisis y comprensión del funcionamiento interno de los dispositivos de almacenamiento masivo que usan el protocolo USB como su interfaz serial para su uso.

CAPÍTULO 1: EL PROTOCOLO USB

1.1. USB DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El Bus Universal en Serie USB, es un estándar industrial desarrollado en los años 1990 que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre ordenadores y periféricos y dispositivos electrónicos. La iniciativa del desarrollo partió de Intel que creó el USB Implementers Forum junto con IBM, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC. Actualmente agrupa a más de 685 compañías.

USB fue diseñado para estandarizar la conexión de periféricos, como mouse, teclados, joysticks, escáneres, cámaras digitales, teléfonos móviles, reproductores multimedia, impresoras, módems, etc. Su éxito ha sido total, habiendo desplazado a conectores como el puerto serie, puerto paralelo, puerto de juegos, Apple Desktop Bus o PS/2 a mercados-nicho o a la consideración de dispositivos obsoletos a eliminar de los modernos ordenadores, pues muchos de ellos pueden sustituirse por dispositivos USB que implementen esos conectores.

Su campo de aplicación se extiende en la actualidad a cualquier dispositivo electrónico o con componentes, desde los automóviles (las radios de automóvil modernas van convirtiéndose en reproductores multimedia con conector USB o iPod) a los reproductores de disco Blu-Ray o los modernos juguetes. Se han implementado variaciones para su uso industrial e incluso militar. Pero en el cual se nota su influencia es en los Smartphone, tabletas, PDAs y video consolas, donde ha reemplazado a conectores propietarios casi por completo.

Algunos dispositivos requieren una potencia mínima, así que se pueden conectar varios sin necesitar fuentes de alimentación extra. Para ello existen concentradores (llamados hubs USB) que incluyen fuentes de alimentación para aportar energía a los dispositivos conectados a ellos, pero algunos dispositivos consumen tanta energía que necesitan su propia fuente de alimentación. Los concentradores con fuente de alimentación pueden

proporcionarle corriente eléctrica a otros dispositivos sin quitarle corriente al resto de la conexión.

1.1.1. VENTAJAS

El minucioso trabajo realizado para la creación del protocolo USB le brinda numerosas ventajas, siendo las principales:

- Facilidad de uso, no hay necesidad de conocer el protocolo para su implementación.
- Alta tasa de transferencia, en comparación con los métodos tradicionales (serie, paralelo, PS/2).
- Confiable, detección y corrección de errores mediante retransmisión.
- Versatilidad, ya que cualquier periférico puede usar esta interfaz.
- Consumo bajo de energía, permitiendo el ahorro en dispositivos portátiles ya que estos entran en modo de hibernación y se reactivan de forma automática eliminando, en muchos casos, la necesidad de alimentación externa.
- Bajo costo, ya que es un protocolo abierto (libre de pago de derechos y licencias) y su implementación en hardware es barata tanto en componentes como en cables frente a otras opciones como la interfaz IEEE 1394 (conocido como Firewire).

1.1.2. DESVENTAJAS

Las limitaciones del protocolo USB más destacadas son:

- El protocolo USB no soporta sistemas operativos anteriores a Windows 98. En el caso de Windows 98, el soporte para este sistema operativo en particular es limitado.
- Debido a sus limitaciones de alcance (máximo 5 m) este protocolo se limita a la conexión de periféricos y no es posible utilizarlo en aplicaciones como redes de computadoras. La longitud de un enlace USB puede extenderse hasta 30 m

mediante el uso de concentradores, sin embargo, su implementación es poco práctica y no cubre las necesidades de medianas y grandes instalaciones.

- La velocidad máxima de USB v2.0 alcanza los 400 Mbps, sin embargo, en la actualidad se tienen opciones mucho más eficientes como el protocolo IEEE 1394b cuya interfaz puede alcanzar velocidades de hasta 3.2 Gbps.
- El protocolo USB no admite mensajes de broadcast ya que el único tipo de comunicación es entre pares (o peer-to-peer).

1.1.3. COMPARACIÓN CON OTRAS INTERFACES.

La interfaz USB fue diseñado para permitir la operación de varios tipos de periféricos sin la necesidad de cambiar el conector o las características fundamentales de la comunicación. En la actualidad USB se ha convertido en el reemplazo de varios estándares de los computadores personales, entre ellos: RS-232, PS/2, etc.

En la tabla 1.1 se presenta una comparación de las características de distintos tipos de interfaces.

Tabla 1.1. Comparación de las características de distintos tipos de interfaces

INTERFAZ	FORMATO	NÚMERO MÁXIMO DE DISPOSITIVOS	LONGITUD MÁXIMA (METROS)	VELOCIDAD MÁXIMA (B/S)	USO TÍPICO
USB	Serie asíncrono	127	4,8 (28,8m con 5 concentradores)	1.5M, 12M, 480M	Ratón, teclado, unidades de disco, módems.
RS-232 (EIA/TIA - 232)	Serie asíncrono	2	15-30m	20K (115K con algún hardware)	Modem, ratón.
RS-485 (EIA/TIA - 485)	Serie asíncrono	32 unidades de carga	4000	10M	Adquisición de datos y sistemas de control
IRDA	Infrarrojo Serie asíncrono	2	6	115K	Impresoras y otros dispositivos

INTERFAZ	FORMATO	NÚMERO MÁXIMO DE DISPOSITIVOS	LONGITUD MÁXIMA (METROS)	VELOCIDAD MÁXIMA (B/S)	USO TÍPICO
Microwire	Serie asíncrono	8	10	2M	Comunicaciones con los microcontroladores
SPI	Serie síncrono	8	10	2.1M	Comunicaciones con los microcontroladores
I ² C	Serie síncrono	40	18	3.4M	Comunicaciones con el microcontroladores
IEEE-1394 (Firewire)	Serie	64	15	400M (versión IEEE-1394b hasta 3.2G)	Video, capacidad de almacenaje
IEEE-488 (GPIB)	Paralelo	15	60	8M	Instrumentación
IEEE802.3X (ETHERNET)	Serie asíncrono	1024	1600	10M/ 100M/ 1G	Redes de computadoras
MIDI	Lazo de corriente serie	2	50	31.5K	Música, señales de control
Puerto paralelo de la impresora	Paralelo	2 (Expandible a 8 con ayuda de múltiples conexiones en serie)	10-30	8M	Impresoras, scanner, controladores de disco duro

Fuente: Pérez López, Fernando Marcel

En la actualidad los rivales más importantes de la interfaz USB por su versatilidad y diseño son IEEE 1394 “Firewire” y IEEE 802.3 “Ethernet”. A continuación se realiza una comparación entre estos y la interfaz USB:

USB vs. Firewire

El protocolo IEEE-1394, posterior al protocolo USB, es una opción más rápida y flexible pero más costosa si se la compara con la interfaz USB. La gran diferencia entre ambos es la capacidad de firewire de manejar la comunicación entre periféricos de forma directa sin la necesidad de que intervenga un master (como por ejemplo un computador), además Firewire si posee capacidad de broadcast.

USB vs. Ethernet

El protocolo IEEE-802.3, anterior al protocolo USB, está destinado a aplicaciones distintas, principalmente a redes de computadores y transferencia de grandes cantidades de datos. Su principal ventaja es el alcance de 100 metros y su capacidad de broadcast. Pensado para brindar soporte al protocolo IP, Ethernet es una mejor opción en redes de computadores pero, al igual que Firewire, es más costosa y compleja que una solución basada en el protocolo USB.

1.2. ARQUITECTURA USB

El modelo de comunicación USB se basa en una relación master-slave, donde un dispositivo, normalmente un computador, controla a una serie de periféricos.

A este dispositivo que ejerce el control de las comunicaciones se le denomina host USB. Estos se comunican mediante un cable de tipo serial y cabe la posibilidad de que varios periféricos utilicen el mismo cable para comunicarse con el host USB, mediante el uso de concentradores. El control de acceso al medio que se implementa en una comunicación vía USB es muy similar al método utilizado en redes Token-Ring (arquitectura de red con topología lógica de anillo) o FDDI (conjunto de estándares para la transmisión de datos en redes de computadoras de área local mediante cable de fibra óptica) y se basa en la utilización de Tokens o permisos para permitir la comunicación entre un host USB y un determinado periférico. La topología física del bus tiene forma de estrella extendida donde cada punto de la estrella es un periférico que se conecta a un puerto de un concentrador, generalmente de 2, 4 o 7 puertos. Se debe tomar en cuenta

que solo se permite comunicación entre pares, esto se hace para incrementar el ancho de banda disponible para cada comunicación.

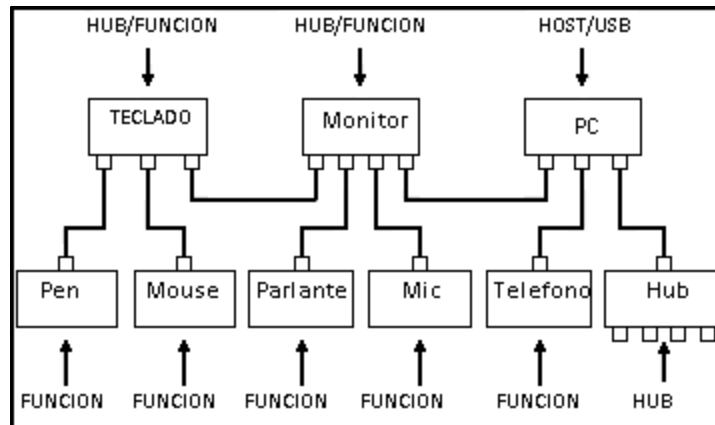


Fig. 1.1. Esquema de interconexión USB

1.2.1. PERIFÉRICOS USB

Muchas de las tareas de los periféricos son complementarias a las que realiza el host USB. Es el host el que inicia una comunicación con el periférico, quien debe responder a sus peticiones. Sin embargo, los periféricos también realizan tareas exclusivas de estos, como iniciar la comunicación por sí mismo. Las tareas de los dispositivos incluyen: detección de comunicaciones con el chip controlador del USB, respuesta a peticiones estándar, chequeo de errores, manejo de la alimentación eléctrica e intercambio de datos con el host.

1.2.2. DISPOSITIVOS

Las especificaciones USB determinan que un dispositivo USB es aquel que realiza una aplicación práctica o un concentrador, salvo el caso de un dispositivo que combine estas dos funciones. En la actualidad existen más de 250 tipos de dispositivos disponibles en el mercado. Muchos de ellos ofrecen múltiples funciones valiéndose de la versatilidad del puerto USB, como por ejemplo las cámaras USB, que pueden funcionar como dispositivos de almacenamiento masivo y como cámaras web, las cuales requieren de transferencia de datos en tiempo real.



Fig. 1.2. Ejemplos de productos USB

1.2.3. CONCENTRADORES USB

Un concentrador USB es un dispositivo que permite tener varios puertos USB a partir de uno sólo. Podría definirse como un distribuidor de puertos USB. La versión USB de un hub condiciona el tipo de dispositivos que se le pueden conectar: USB 1.0: admite dispositivos "low speed" y "full speed" y USB 2.0: además de los anteriores, admite dispositivos "High speed. Para poder usar dispositivos "High speed", tanto el hub como el puerto del ordenador al que se conecta el hub deben ser USB 2.0.

Según el tipo de alimentación que los concentradores utilicen, se los puede clasificar en:

- **Sin fuente de alimentación** o "Bus-powered": toma la energía a través del bus USB. Estos hubs pueden tener cuatro puertos como máximo, y sólo admiten la conexión de dispositivos de bajo consumo [es decir, que tomen menos de 100 miliamperios (mA) cada uno, hasta un máximo de 500 mA en total del bus USB].
- **Con fuente de alimentación** o "Self-powered": tienen su propio alimentador externo. No hay límite teórico para el número de puertos de este tipo de hubs.

1.2.4. INTERFAZ FÍSICO

Los periféricos se comunican con el host USB mediante un cable de dos pares.

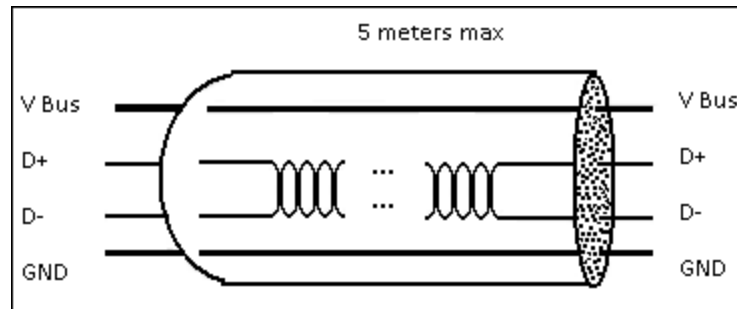


Fig. 1.3. Esquema funcional del cable USB

El par VBus-GND cumple con la función de alimentación eléctrica de 5 voltios en VBus permitiendo un máximo de 500 mA. La transmisión de datos se realiza mediante el par D+, D- codificándolos con el método NRZI (no retorno a cero invertido) para todas las velocidades.

Tabla 1.2. Niveles lógicos y de voltaje

Nivel lógico	Valor limite
1 L	$(D+) - (D-) > 200 \text{ mV}$
0 L	$(D-) - (D+) > 200 \text{ mV}$

Fuente: Pérez López, Fernando Marcel

El sincronismo es transmitido en forma conjunta con los datos.

Tabla 1.3. Características mecánicas

Especificación	Low speed	Full/High speed
Longitud máxima (metros)	3	5
Par trenzado requerido	No, pero recomendado	Si
Calibre del cable	#20 a #28 AWG	#20 a #28 AWG
Retardo del cable	10ns	5ns (por metro)

Fuente: Pérez López, Fernando Marcel

1.2.4.1. Conectores

La especificación USB define 4 tipos de conectores. La versión USB 2.0 define los conectores serie A para la conexión con el host USB y el conector serie B para la conexión con el periférico. Algunos dispositivos debido a su reducido tamaño implementan un nuevo tipo de conector mini B cuyo tamaño es la mitad de un conector serie B. En el suplemento USB ON-THE-GO¹ se especifica el nuevo tipo de conector mini A para los hosts USB.

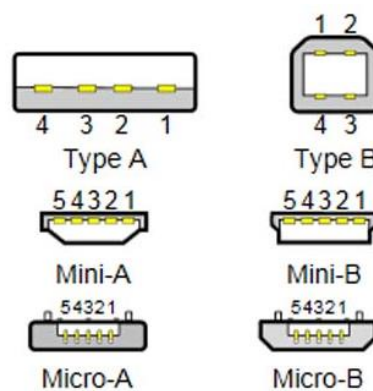


Figura 1.4. Conectores USB

1.2.4.2. Distribución de pines

La siguiente tabla describe los pines, funciones y colores designados para los conectores según la versión USB 2.0

Tabla 1.4. Distribución de pines.

Pines de las Series A o Series B	Pines del mini-B	Función	Color
1	1	VBus(+5v)	Rojo
2	2	D-	Blanco
3	3	D+	Verde
4	5	GND	Negro
-	4	ID	No conectado
Shell		Blindaje	Cable de blindaje

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/universal_serial_bus

¹ OTG: Suplemento desarrollado para la estandarización de sistemas embebidos USB.
http://en.wikipedia.org/wiki/USB_On-The-Go

1.2.5. INTERFAZ LÓGICO

El interfaz lógico de la interfaz USB se basa en un modelo compuesto de 3 capas: capa interface del bus USB, capa del dispositivo USB y capa de función; este modelo guarda cierta similitud con el modelo de interconexión abierto (Open System Interconnection, OSI), la comunicación entre capas lógicas se realiza entre el origen y el destino de los datos.

Capa interface del bus USB.- Esta capa comprende principalmente el hardware y las funciones de este como la modulación, frecuencias, niveles de voltaje y características mecánicas y eléctricas en general. En esta capa ocurre una transmisión real de datos.

Capa del dispositivo USB.- Esta capa tiene la función de facilitar las tareas básicas de comunicación, como control y comandos del dispositivo, y brindar servicio a la capa superior.

Capa de función.- En esta capa se realiza la comunicación entre las aplicaciones del usuario y el dispositivo USB. En este nivel se puede realizar varios tipos de transmisión especificados en el estándar USB. Las peticiones hechas por el host USB y las respuestas dadas por los periféricos se realizan a través de esta capa.

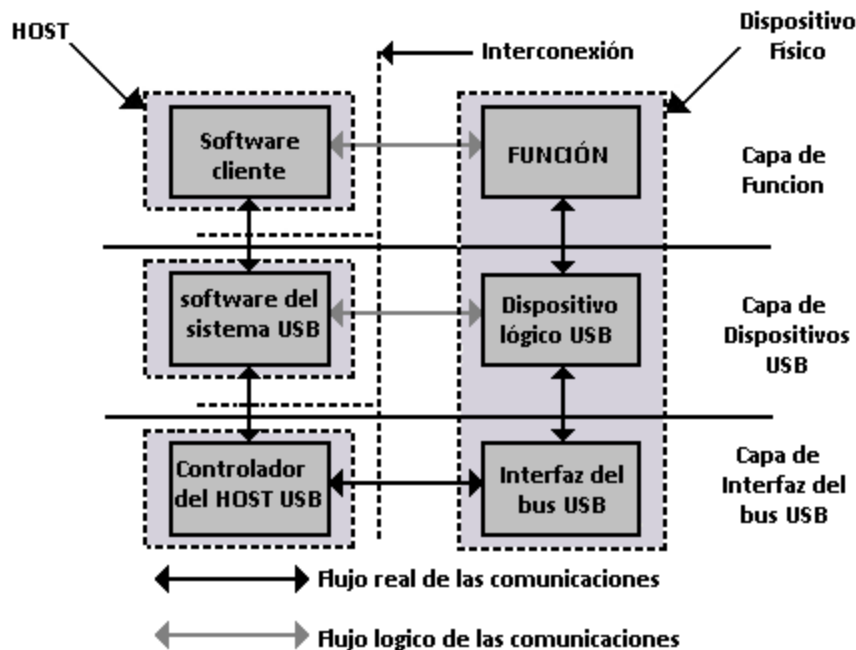


Fig. 1.5. Capas del sistema del protocolo USB

1.3. FASES DE COMUNICACIÓN DEL PROTOCOLO USB

El protocolo define dos fases en la comunicación entre host y un dispositivo USB que son: el proceso de enumeración y la gestión del dispositivo de comunicaciones. Los detalles de estas fases se describen a continuación:

1.3.1. PROCESO DE ENUMERACIÓN²

Antes de que el host pueda establecer comunicación con el dispositivo, debe obtener información acerca de este y asignarle un driver³ adecuado. El proceso de enumeración es el que permite realizar estas tareas mediante el intercambio de información con el dispositivo. El host utiliza transferencias de control a través del endpoint 0 para enumerar al dispositivo, el cual debe responder a todas estas peticiones.

1.3.2. MANEJO DE COMUNICACIONES

Después de terminar el proceso de enumeración, el host ya está en capacidad de utilizar las funciones y características del dispositivo enumerado. En esta fase el usuario ya puede empezar a utilizar este dispositivo.

² <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/usb.pdf>

³ Software controlador que permite la configuración y utilización de un dispositivo

CAPÍTULO 2: DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO MASIVO

2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Las memorias flash se han convertido en el medio común de almacenamiento para dispositivos embebidos, porque provee de un almacenamiento en estado sólido con alta confiabilidad y alta densidad, con un costo relativamente bajo.

Las memorias flash son una versión evolucionada de las memorias tipo EEPROM⁴ que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación, lo cual les permite trabajar con tasas de transferencia muy superiores frente a otro tipo de memorias.

Las principales características de las memorias flash son:

- Tamaño físico pequeño
- Alta confiabilidad de datos
- Retención de datos
- Reasignación automática de sectores defectuosos
- Temperatura y humedad operacional
- Alta capacidad de transferencia
- Bajo consumo de energía
- Soporte de intercambio rápido

2.1.1. TIPOS DE MEMORIA FLASH

En la actualidad existen dos tecnologías importantes de memoria flash: NOR y NAND⁵. Cada tecnología tiene sus propias características, lo que las hace ideales para diferentes clases de aplicaciones, tal como se resume en la tabla a continuación:

⁴ Memoria solo de lectura programable eléctricamente.

⁵ <http://www.infor.uva.es>

Tabla 2.1. Aplicaciones y características de memorias NAND y NOR

	Flash NOR	Flash NAND
Acceso de alta velocidad	SI	SI
Acceso de datos en modo de página	NO	SI
Acceso aleatorio de nivel de bytes	SI	NO
Usos comunes	Teléfonos celulares (sistema operativo) Almacenamiento de BIOS para pc Memoria de dispositivos de red	PDA Cámaras digitales Teléfonos celulares (almacenamiento de datos) Reproductores mp3 Unidades de disco de estado solido Almacenamiento industrial

Fuente: Pérez López, Fernando Marcelo

2.1.1.1. Memorias flash tipo NOR

NOR, denominada así debido a la tecnología de asignación de datos específicos (No OR), es una tecnología flash de alta velocidad. La memoria flash NOR proporciona capacidades de acceso aleatorio de alta velocidad, pudiendo leer y escribir datos en ubicaciones específicas de la memoria sin tener que acceder a la memoria en modo secuencial. Flash NOR es excelente en aplicaciones donde los datos se recuperan o se escriben de manera aleatoria. NOR se encuentra más frecuentemente integrada en teléfonos celulares (para almacenar el sistema operativo del teléfono); también se usa, en computadoras para almacenar el programa de BIOS que se ejecuta para proporcionar la funcionalidad de arranque.

Los bloques de la memoria flash tipo NOR tienen un tamaño típico de 128KBytes. Intel es su fabricante principal. Organiza las celdas de memoria en paralelo, con el drenaje de cada celda conectado a una línea de bits, agrupándose varias líneas de bits para constituir un grupo de E/S (entrada y salida). NOR proporciona acceso aleatorio más rápido, pero su estructura en paralelo reduce la densidad de la memoria.

2.1.1.2. Memorias flash tipo NAND

La memoria flash NAND se inventó después de la memoria flash NOR y tomó su nombre de la tecnología de asignación específica utilizada para datos (No AND). La

memoria flash NAND lee y escribe a alta velocidad, en modo secuencial, manejando datos en tamaños de bloque pequeños (“páginas”).

Este tipo de memoria puede recuperar o escribir datos como páginas sencillas, pero no puede recuperar bytes individuales como la memoria flash tipo NOR.

Las aplicaciones comunes de la memoria flash NAND se encuentra comúnmente en unidades de disco duro de estado sólido, dispositivos de medios digitales de audio y video, cámaras digitales, teléfonos celulares (para almacenamiento de datos) y otros dispositivos donde los datos se escriben o leen, generalmente, de manera secuencial.

Por ejemplo, la mayoría de las cámaras digitales usan tarjetas de memoria basada en memoria flash NAND, ya que las imágenes generalmente se toman y se almacenan de manera secuencial. La memoria flash NAND también es más eficiente cuando se leen las fotos, ya que transfiere páginas completas de datos muy rápidamente.

2.1.1.3. Comparación entre memorias flash tipo NOR y NAND

En la tabla 2.2 se realiza una comparación entre estos tipos de memoria flash.

Tabla 2.2. Comparación entre memorias flash tipo NOR y NAND

	NOR	NAND
Densidad	Sobre los 32 MBytes por circuito	Actualmente 4 GBytes y creciendo
Costo por Mbyte (aproximado)	\$1 - \$2	\$0.25
Acceso	Aleatorio	Acceso secuencial orientado a página
Forma de escritura	Por bit	Por bloque
Velocidad de lectura	50-100ns por byte	10us búsqueda de página + 50ns por byte
Tiempo de escritura	5us por byte	200us por página
Tiempo de borrado	1s por cada bloque de 64 KBytes	2ms por bloque de 16 KBytes

Fuente: Pérez López, Fernando Marcelo

2.2. TIPOS DE DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO MASIVO

2.2.1. UNIDADES FLASH USB

Presentadas en 2002, las unidades flash USB ofrecen una combinación de alta capacidad de almacenamiento, altas velocidades de transferencia de datos y gran flexibilidad. Proclamadas como una alternativa a la unidad de CD o de disco flexible, las unidades flash USB tienen una capacidad de almacenamiento mucho mayor que una unidad de CD-ROM o disco flexible estándar. Éstas proporcionan un método fácil para descargas rápidas y transferencia de archivos digitales desde y hacia su computadora o dispositivo. Las unidades flash USB incorporan flash NAND o NOR y un controlador en una caja encapsulada.

La memoria USB trabaja con la gran mayoría de las computadoras y dispositivos que incorporan la interfaz de bus serie universal, incluyendo la mayoría de las PC y los reproductores MP3.

Componentes primarios

- Un conector USB macho tipo A.
- Controlador USB de almacenamiento masivo.
- Circuito de memoria flash NAND.
- Cristal oscilador.

Componentes adicionales

Un dispositivo típico puede incluir también:

- Pines de prueba.
- Led's.
- Interruptor para protección de escritura.
- Espacio libre.
- Tapa del conector USB.
- Ayuda para el transporte.

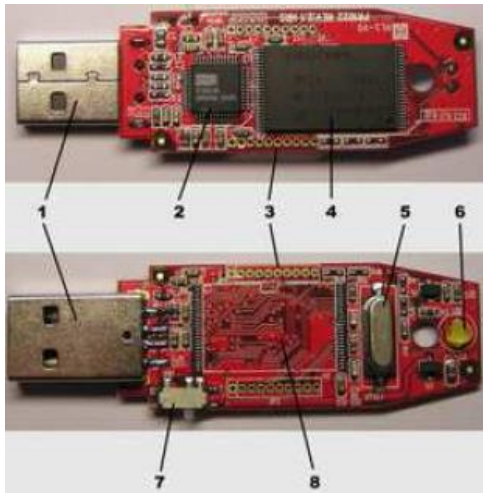


Fig. 2.1. Unidad flash USB típica

1	Conector USB
2	Dispositivo de control de almacenamiento masivo USB
3	Puntos de test
4	Circuito de memoria flash
5	Cristal oscilador
6	Led
7	Interruptor de seguridad contra escrituras
8	Espacio disponible para un segundo circuito de memoria flash

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_USB

Tabla 2.3. Lista de componentes de una unidad flash USB típica

2.2.2. TARJETAS COMPACT FLASH

Compact Flash (Cf) fue originalmente un tipo de dispositivo de almacenamiento de datos, usado en dispositivos electrónicos portátiles. Como dispositivo de almacenamiento, suele usar memoria flash en una carcasa estándar, y fue especificado y producido por primera vez por Sandisk Corporation en 1994. El formato físico sirve ahora para una gran variedad de dispositivos. Principalmente hay dos tipos de tarjetas CF, el Tipo I y el Tipo II, ligeramente más grueso. Hay tres velocidades de tarjetas [CF original, CF de alta velocidad (usando CF+/CF2.0) y CF de alta velocidad (usando CF3.0)]. La ranura CF de Tipo II es usada por Microdrives y algunos otros dispositivos.

Las tarjetas CF pueden ser usadas directamente en una ranura Pc Card con un adaptador para enchufarle, y con un lector, en cualquier puerto común como USB o Firewire.

Tabla 2.4. Características de la tarjeta Compact Flash tipo 1

INTERFAZ	VOLTAJE	NÚMERO DE CONTACTOS (PINS)	TAMAÑO (mm)
Compact Flash	3.3 y 5 voltios	50	Tipo 1: 36.4 x42.8 x3.3

Fuente: Pérez López, Fernando Marcelo



Fig. 2.2. Tarjeta Compact Flash y tarjeta MultiMediaCard

2.2.3. TARJETAS MULTIMEDIACARD (MMC, MMCplus, MMCmobile)

Las tarjetas MultiMediaCard son dispositivos de almacenamiento flash muy versátiles debido a su gran capacidad, y reducido tamaño aproximadamente del tamaño de un sello postal. Esto las convierte en una opción muy interesante a usar en dispositivos móviles como teléfonos, agendas electrónicas o video juegos portátiles. Desde la introducción de la tarjeta Secure Digital y la ranura SDIO (Secure Digital Input/Output), pocas compañías fabrican ranuras MMC en sus dispositivos, pero las MMC, pueden usarse en casi cualquier dispositivo que soporte tarjetas SD.

Tabla 2.5. Características de las tarjetas MMC

NÚMERO DE CONTACTOS (PINS)	VOLTAJE	INTERFAZ	TAMAÑO (mm)
7	3.3 voltios	MultiMediaCard	32 x 24 x 1.4
13	2.7 – 3.3 voltios	MMCplus	32 x 24 x 1.4
8	1.8 – 3.3 voltios	MMCmobile	18 x 24 x 1.4

Fuente: Pérez López, Fernando Marcelo

Las tarjetas MMCplus y MMCmobile ofrecen un desempeño mayor que las tarjetas anteriores MMC, las tarjetas MMCmobile soportan el uso de aplicaciones de menos voltaje para reducir el consumo de energía en los teléfonos celulares.

2.2.4. Tarjetas Secure Digital (SD, MiniSD, MicroSD)

La tarjeta secure digital, presentada a finales de 2001, es una segunda generación y un derivado de la tarjeta estándar MultiMediaCard (MMC).

El formato secure digital incluye varios avances tecnológicos importantes sobre MMC. Estos incluyen la adición de protección de seguridad criptográfica para datos/música con derechos de autor. La SD Card Association establece las especificaciones para las tarjetas Secure Digital. MiniSD y MicroSD son los factores de forma de plataforma móvil de la tarjeta SD para su uso en teléfonos celulares y otros dispositivos portátiles. MiniSD y microSD son una fracción del tamaño de una tarjeta SD estándar y, cuando se usan con el adaptador pueden ser usadas en ranuras para dispositivos SD estándar (por ejemplo, en lectores flash de medios).

Secure Digital: es un formato de tarjeta de memoria flash. Se utiliza en dispositivos portátiles como cámaras fotográficas digitales y ordenadores PDA.

Las tarjetas SD se pueden utilizar directamente en las ranuras de CF o de PC Card con un adaptador. Las tarjetas miniSD y microSD se pueden utilizar directamente en ranuras SD con un adaptador. Hay algunas tarjetas SD que tienen un conector USB integrado con un doble propósito, hay lectores que permiten que las tarjetas SD sean accesibles por medio de muchos puertos de conectividad como USB, Firewire y a un común puerto paralelo.

MiniSD: es un formato de tarjeta de memoria flash. Presentada por primera vez por SanDisk en CeBIT 2003, el miniSD se unió a la Memory Stick Duo y XD Picture en cuanto a dispositivos pequeños.

La tarjeta miniSD fue adoptada en 2003 por la asociación SD como una extensión de tamaño ultra-pequeño para el estándar de tarjeta SD. Dado que las nuevas tarjetas se diseñaron especialmente para ser usadas en teléfonos móviles, están envueltas por un adaptador miniSD que permite la compatibilidad con todos los dispositivos equipados con una ranura de tarjeta SD. También tiene interface SPI.

MicroSD: formato de tarjeta de memoria flash más pequeña que la miniSD, desarrollada por SanDisk; adoptada por la asociación de tarjetas SD (SD Card Association) bajo el nombre de microSD en Julio de 2005. Esto es tres y media veces

más pequeña que la miniSD, que era hasta ahora el formato más pequeño de tarjetas SD, y es alrededor de undécimo del volumen de una SD card. También tienen interfaz SPI.



Fig. 2.3. Tarjetas de memorias SD, MiniSD, MicroSD, respectivamente.

2.2.5. SMARTMEDIA CARD

Uno de los estándares de almacenamiento de imágenes más difundido junto con las tarjetas compact flash. Con una capacidad máxima de 128 Mb, para el uso en cámaras digitales, reproductores de mp3 y otros dispositivos digitales.

Características principales:

- Capacidad: 8, 16, 32, 64 y 128 Mb
- 3.3V de voltaje de operación
- Retención de información: hasta 10 años
- Resistencia: 1, 000,000 ciclos de programación y borrado

2.2.6. MEMORY STICK

Memory Stick es un formato de tarjeta de memoria extraíble (memoria flash), comercializado por Sony en 1998. El término también se utiliza para definir a la familia entera de estos dispositivos de memoria (Memory Stick). Dentro de dicha familia se incluye la Memory Stick Pro, una versión posterior que permite una mayor capacidad de almacenamiento y velocidades de transferencia de archivos más altas, y la Memory Stick Duo, una versión de menor tamaño que el Memory Stick. Normalmente, la Memory Stick es utilizada como medio de almacenamiento de información para un dispositivo portátil, de forma que puede ser fácilmente extraído para tener acceso a un ordenador.

2.2.7. XD PICTURE CARD

Tipo de tarjetas propietaria de Olympus que utilizan para sus cámaras de fotos digitales. Actualmente se las puede encontrar en 8 diferentes modelos: 16MB, 32MB, 64MB, 128MB, 256MB, 512MB, 1GB y 2GB. Al ser una tarjeta propietaria solamente funciona con cámaras Olympus y Fujifilm.



Fig. 2.4. Memorias: SmartMedia Card, Memory Stick y XD Picture Card

2.3. USOS Y COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Como una de las características generales de las memorias flash USB se destaca su pequeño tamaño y su peso liviano. En la actualidad es uno de los métodos más populares de almacenamiento. Debido a su sencillez de uso, muchas personas lo utilizan para transportar datos entre la casa, escuela o lugar de trabajo. Teóricamente, la memoria flash en promedio puede retener los datos durante unos 10 años y escribirse un millón de veces.

Otra utilidad de estas memorias es que si la BIOS de un computador personal lo admite pueden arrancar un sistema operativo sin necesidad de otro medio de almacenamiento (disquete o CD). El arranque desde USB tiene la ventaja que está muy extendido en ordenadores nuevos; un conector USB ocupa mucho menos espacio que un lector de CD-ROM y una disquetera, y es mucho más barato, tanto en componentes para el host USB como en los periféricos.

Fig. 2.5. Estimado de ventas de las tarjetas de memoria flash⁶

Como medida de seguridad, algunas de estas memorias tienen posibilidad de impedir la escritura mediante un interruptor, otras permiten reservar una parte de los datos para ocultarla mediante una clave.

Algunos equipos de telecomunicaciones, como por ejemplo: routers o switches administrables, utilizan memorias flash como el medio de almacenamiento para sus sistemas operativos.

En la actualidad, las memorias flash se presentan como una opción viable para reemplazar a los medios magnéticos de almacenamiento de gran capacidad como los discos duros, ya que al estar compuestos de circuitos de memoria, los discos basados en memorias flash o discos de estado sólido no son vulnerables a fallas electromecánicas.

Las memorias flash implementan el estándar USB (clase de dispositivos de almacenamiento masivo USB). Esto significa que la mayoría de los sistemas operativos modernos pueden leer o escribir en dichas unidades sin drivers.

⁶ www.bitmicro.com

CAPÍTULO 3: PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO

Para desarrollar en forma responsable, válida y confiable este proceso investigativo, es necesario que se utilicen diferentes procedimientos, técnicas e instrumentos.

Así para formular el presente proyecto y llevar a cabo la actual investigación se utilizaron como base los siguientes métodos.

-Método Deductivo: el cual permite recopilar la información necesaria, de donde extraeremos conclusiones adaptables al proyecto, valiéndose de la aplicación, comprensión y demostración de la investigación.

-Método Descriptivo: se lo aplicará para la descripción actual de los fenómenos que nos presente el proyecto, logrando la interpretación racional y el análisis objetivo de dificultad que se nos presente y sus posibles alternativas de implementación.

-Método Constructivo: el cual consiste en utilizar las herramientas y técnicas necesarias para lograr desarrollar de forma confiable el proceso investigativo.

3.1. PAQUETES DE SOFTWARE UTILIZADOS

Para el desarrollo del software de comunicación con la Atmega a través de los conectores USB, se utilizó un entorno de programación basado en C++, muy popular como el WINAVR v2.0.6.1 o el programa CodeVisionAVR v2.05.0, como también se utilizó el software VncFwMod de Vinculum para actualizar el firmware del VNC1L. El diseño en PCB se realizó con el software Proteus. Además fue necesaria la utilización del paquete de Microsoft Office para la elaboración de la parte teórica.

- **CodeVisiónAVR C7:** es un sistema completamente desarrollado para las series de AVR de Atmel de los microcontroladores, disponible en dos versiones: la versión completa que genera código para todas las series de AVR Classic y Mega, y la versión “ligera” que solo genera código para la serie de AVR Classic. Hay una versión gratuita de evaluación, descargable desde el sitio web del fabricante, aunque limita el tamaño del programa que compila a 2 KB, con algunas características añadidas para tomar

⁷ <http://www.codevision.be/download-page-20>
<http://www.codevision.be/documents>

ventaja de la especificidad de la arquitectura AVR y las necesidades de sistemas embebidos.

Además de las bibliotecas estándar de C, el compilador de CodeVisionAVR ha dedicado a las bibliotecas:

- Los módulos LCD alfanumérico
- IST para las fichas ATxmega
- MMC/SD/SD HC tarjetas de memoria flash de acceso de bajo nivel
- Acceso FAT en MMC/SD/ tarjetas de memoria flash SD HC

CodeVisionAVR también contiene el generador automático de código llamado CodeWizardAVR, que le permite escribir, en cuestión de minutos, todo el código necesario para la utilización y configuración de los periféricos internos del microcontrolador utilizando bibliotecas incluidas, e implementar las siguientes funciones:

- Memoria externa de configuración de acceso
- Restablecimiento de chip de identificación de origen
- Entrada/Salida del puerto de inicialización
- Las interrupciones de inicialización externo
- Temporizadores/Contadores de inicialización
- Inicialización UART (USART) e interrupción impulsado por buffer de comunicación en serie
- Inicialización ADC
- Inicialización de interfaz SPI
- La inicialización del módulo LCD.

- **PROTEUS**⁸: es un completo medio de desarrollo de productos electrónicos que cubre todos los aspectos de cualquier proceso de diseño y fabricación de componentes. Entre sus muchas funcionalidades, se encuentran el diseño y la simulación de circuitos electrónicos y se lo utilizará ya que dispone de una gran variedad de microcontroladores de la familia de Intel, Atmel, Pic y Motorola, además de una gran variedad de elementos electrónicos como LCD, resistencias, LED's, diodos, etc. Por tal motivo que se ha

⁸ Carlos A. Reyes, "Microcontroladores PIC Programación en Basic".2008.

incluido su uso para la simulación y creación de circuitos impresos ya que el mismo incluye el ruteador ARES de Proteus.

- **MICROSOFT OFFICE:** ofrece la ayuda necesaria para elaborar documentos de aspecto profesional proporcionando un completo conjunto de herramientas para crear documentos y aplicarles formato a través de una nueva interfaz de usuario. Sus funciones ampliadas de revisión, comentarios y comparación ayudan a recopilar y administrar rápidamente los comentarios.

3.2. CREACIÓN DE LOS PCB'S

El diseño del PCB se ha llevado a cabo en este proyecto mediante la utilidad Proteus que permite la captura de esquemáticos.

Antes de ejecutar el diseño de los PCB, se recomienda tener todos los elementos electrónicos ya comprobados y listos, para no tener el inconveniente de que una vez creada la placa no se encuentren el elemento para soldarlo.

Además se tiene que verificar en el protoboard si el proyecto funciona correctamente con todos los elementos que van en la baquelita o si se tendrá que efectuar las respectivas modificaciones durante y después de la comprobación de su funcionalidad.

3.2.1. Proceso de Diseño

El proceso de diseño del PCB se puede dividir en varias etapas:

- **Captura del esquemático:** se genera un esquemático con todos los componentes que van a ser utilizados, especificando todas sus conexiones.
- **Rutado:** es determinar la ruta que seguirán las pistas hasta las patas de los componentes.

De estos pasos, el que presenta mayores problemas es el rutado, ya que no se presta a una solución perfecta. Después de realizar un rutado automático, lo más habitual es que

obtener una lista de nodos que no han podido ser rutados de manera adecuada y que por lo tanto deberán ser rutados manualmente.

Una vez finalizados todos estos pasos, el programa proporciona una máscara que deberá ser impresa sobre el fotolito. Como fotolito puede utilizarse papel de transferencia térmica **Press-n-Peel** (o papel de transferencia Pcb), acetato o **papel fotográfico**, siendo preferible este último.

Una vez concluido el proceso de diseño, se pasa al proceso de fabricación.

3.2.2. Proceso de Fabricación

El proceso de fabricación consta de los siguientes pasos:

- **Preparación de la placa (baquelita o fibra de vidrio):** se calcula aproximadamente el tamaño de las placas que serán necesarias y se corta con una sierra, estilete o caladora.
- **Transferencia térmica:** es la aplicación de presión con una plancha bien caliente alrededor de toda la baquelita (durante 7 minutos). Y se lo deja enfriar presionando con otro trapo húmedo, para luego retirar el papel cuidadosamente.
- **Atacado:** el objetivo del atacado es eliminar todo el cobre expuesto no protegido por la resina. El proceso se resuelve químicamente. Se ha utilizado una solución en agua de cloruro férrico, el tiempo de corrosión puede variar entre 15 y 30 minutos.
- **Limpieza posterior:** tras el atacado se debe lavar y secar la placa.
- **Soldadura de componentes:** cuando todos los agujeros se han terminado, se puede comenzar a unir los componentes a la placa PCB con la ayuda de un soldador y un poco de estaño.

3.3. PROTOTIPO DEL HARDWARE

3.3.1. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE

El propósito principal del proyecto es la creación de un dispositivo portátil que cumpla funciones de host USB y permita la conexión, manejo y transferencia de información mediante un teclado permitiendo la introducción del nombre del archivo que va a ser copiado, de las memorias flash tipo USB conocidas como “pen drives”. La conexión del dispositivo periférico USB se realizará mediante la implementación de un conector USB hembra tipo A, ya que este tipo de conector es el de mayor uso en las mencionadas memorias.

En cuanto a la transferencia de información entre dispositivos exige también consideraciones acerca de la velocidad con la que se realizan estas transacciones. Así para este caso, se considerará que la velocidad mínima de transferencia aceptable sea de 12 Mbps entre el dispositivo conectado y el controlador del mismo (host USB).

Así, se tendrá el diagrama de bloques según las funciones requeridas en cada parte del proceso:

Fig. 3.1. Esquema general del hardware

3.3.1.1. CONTROLADORES USB

Hoy en día hay una gran variedad de circuitos controladores USB. A continuación se analizan las opciones que cumplen con los requisitos mínimo establecidos, y cuyas aplicaciones típicas incluyan el manejo de dispositivos de almacenamiento masivo.

El Cypress SL811HST: es el primer controlador USB que apareció para sistemas embebidos en el mercado. Cuenta con una interfaz de 8 bits, para su conexión con un microcontrolador, la memoria para interactuar con sistemas embebidos es de tipo RAM (256 bytes), por lo que el microcontrolador es el encargado de manejar las funciones del controlador SL811HST a través de registros de control, soporta low y full speed, detecta automáticamente la velocidad de operación del periférico conectado a este. Basado en tecnología C-MOS opera con una alimentación de 3.3 voltios, aunque es tolerante con voltajes de alimentación TTL (5 voltios). Soporta transferencias de tipo FIFO y DMA y permite una fácil interacción con microcontroladores de distintos fabricantes como Motorola®, Intel®, y Atmel.

El Vinculum VNC1L-1A de FTDI⁹: es un chip controlador host USB especialmente diseñado para sistemas embebidos, con funciones especiales para memorias flash, tales como, el manejo del sistema de archivos FAT. Maneja 2 puertos USB de forma independiente en low y full speed. El consumo de corriente es de 2mA en stand-by, 25mA en operación y el voltaje de operación típico es de 3.3V.

Comparando las características de estos circuitos controladores, se llega a la conclusión de que el chip Vinculum VNC1L-1A, es el adecuado para el desarrollo de este proyecto ya que cuenta con:

- Conector USB tipo “A” para dispositivos de interfaz USB.
- Segundo puerto USB disponible.
- Jumper para seleccionar el tipo de interfaz UART, paralelo FIFO, o SPI (Serial Peripheral Interface).
- Potencia 5V.
- Producción adicional de 3,3V / 200 mA.

⁹ <http://www.ftdichip.com/>

- Led indicador de la alimentación y led de datos USB.
- Firmware actualizable a través de USB flash disk o interfaz UART / FIFO paralelo / SPI.
- El módulo VDIP1 se suelda con aleación de estaño sin plomo, entonces es compatible con RoHS.

Se puede conectar variedad de clases de dispositivos USB al conector USB de la VNC1L. Cada versión del código del Firmware permite una combinación de diferentes dispositivos.

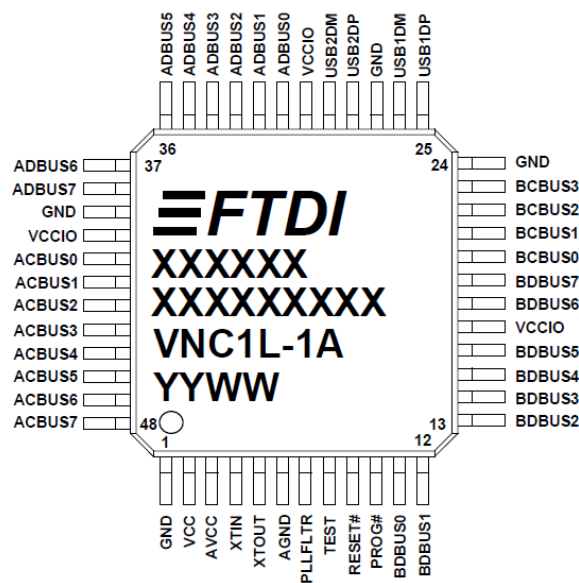


Fig. 3.2. Controlador Vinculum VNC1L-1A

El esquema típico de uso del VNC1L en modo de host para un sistema embebido, con un sistema de transferencia de datos es:

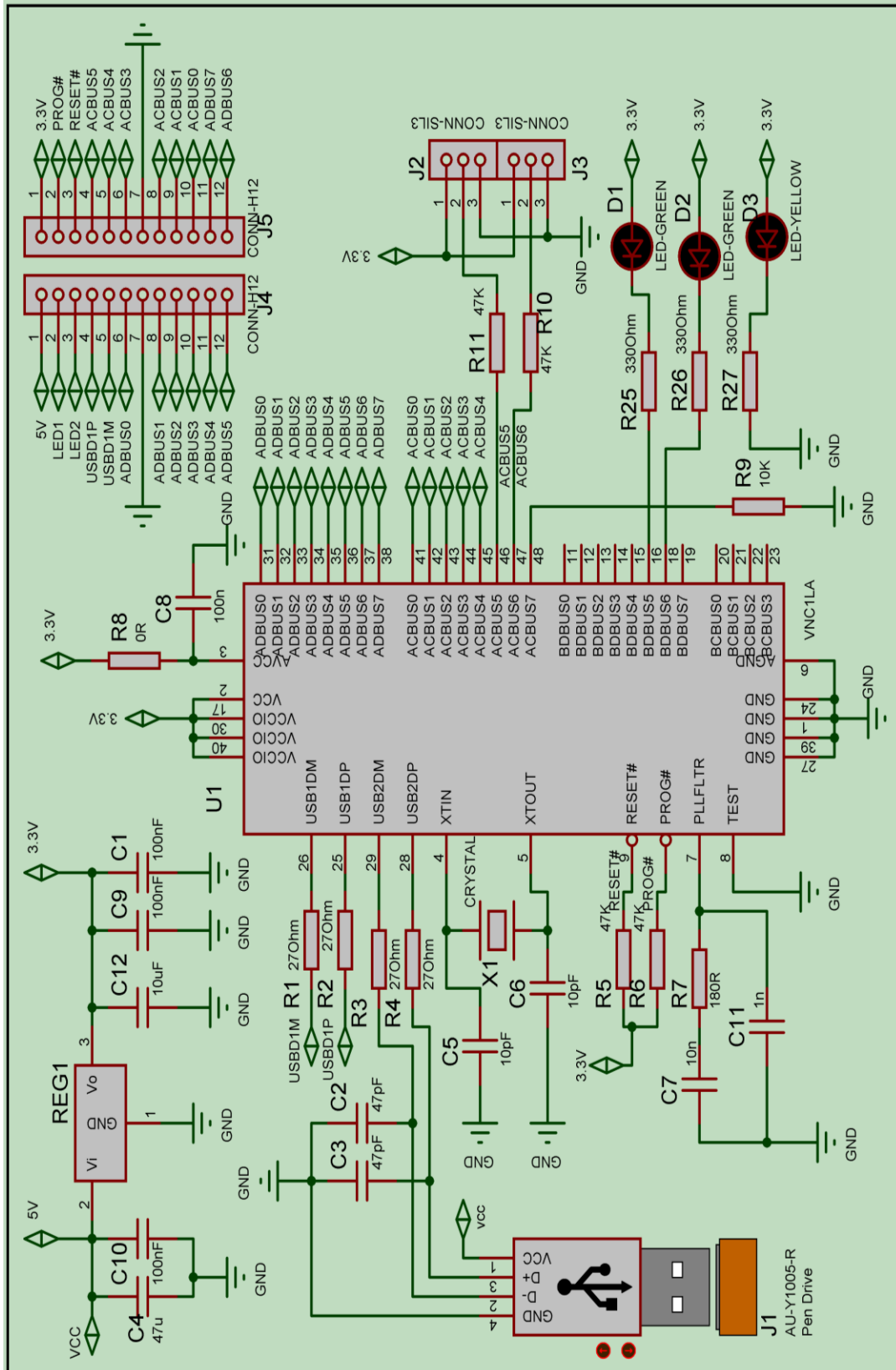


Fig. 3.3. Esquema del modo host del controlador VNC1L-1A

3.3.1.2. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control está destinado principalmente al manejo e interpretación de los datos de la estructura de archivos residentes en las memorias flash, a atender las peticiones del usuario, mediante interrupciones generadas por el teclado y a la presentación de datos y resultados de las operaciones.

El sistema de control también debe ser compatible con el controlador USB escogido (VNC1L), ya que el microprocesador maestro es el encargado de configurar y manejar mediante registros el controlador VNC1L. Se requiere por tanto un tamaño de memoria de programa suficiente para alojar los controladores requeridos para la parte gráfica, sistema de archivos y protocolo USB.

Además, debe ser capaz de atender las peticiones del usuario en cualquier momento del proceso (mediante un número suficiente de interrupciones). También se debe tener en cuenta el bajo consumo y el tamaño que este sistema requiere.

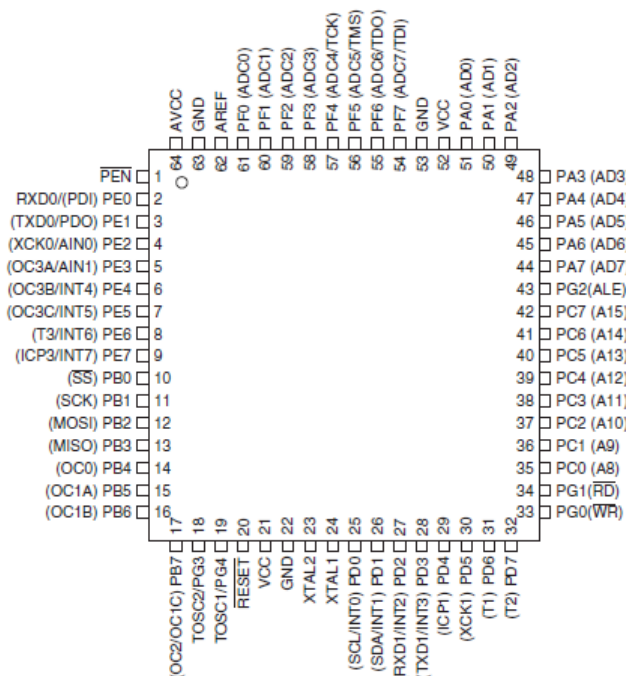


Fig. 3.4. Microcontrolador Atmega 128

La familia de microcontroladores AVR de Atmel¹⁰ se destaca por su versatilidad, capacidad de procesamiento y capacidad de programación mediante lenguaje C y ensamblador, la cantidad de buses bidireccionales (6 en general) e interrupciones (3 en general), la disponibilidad de herramientas de programación gratuitas y la disponibilidad de librerías para el manejo del controlador USB compatibles con microcontroladores ATMEL.

Por todas las características que obtiene se eligió trabajar con este microcontrolador como elemento central del sistema de control. Se prefiere trabajar con este microcontrolador en forma de módulo de desarrollo para comprobar las distintas posibilidades del proyecto.

3.3.1.3. INTERFAZ GRÁFICA

Para la interacción con el usuario, se utilizará a una GLCD, ya que es la mejor opción debido a su sencillez de uso, su probada compatibilidad con microcontroladores y sus requerimientos de alimentación similares a los de un sistema microprocesado (generalmente estos dispositivos requieren 5 voltios).

A través de 8 líneas de datos (bus de datos) que envían códigos, comandos o instrucciones que se desean visualizar y que permiten realizar diferentes efectos de visualización en el LCD gráfico. Igualmente mediante líneas el módulo devuelve información de su estado interno. Con seis líneas más (bus de control) se controla el flujo de información entre el GLCD y el microcontrolador que lo gestiona. Además pueden ser manipulados de forma que presenten datos, letras, números, iconos e incluso imágenes.

La GLCD JHD12864E cuenta con una configuración de 128x64, basado en el controlador KS0108, cuenta con iluminación posterior y control de contraste, con un bus de 8 bits de datos y 6 bits de control requiere una alimentación de 5 voltios y consume 480 mA (con iluminación posterior incluida) cuando está activo.

¹⁰ www.atmel.com

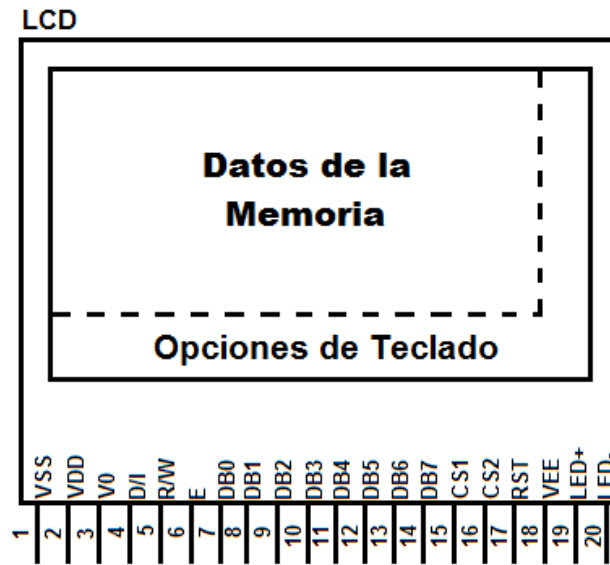


Fig. 3.5. Esquema general del uso del GLCD

3.3.1.4. TECLADO

El teclado debe ser capaz de brindar al usuario una completa y fácil interacción con el dispositivo. Debe permitir al usuario elegir que archivo copiar dentro de esta y realizar la acción deseada y dar la posibilidad de realizar una nueva transacción de datos o entrar a revisar el contenido de la otra memoria Flash USB conectada al dispositivo. Por ello se puede utilizar un teclado de 4 pulsantes como la mejor opción, ya que cumple estos requisitos, sin desperdiciar puertos en el sistema microprocesado (Atmega 128).

O también se puede manipular mediante un teclado de computadora permitiendo una mejor comunicación, entre el usuario y el dispositivo. El cual permite ingresar el nombre del archivo en la memoria flash origen, para transferirla hacia la memoria flash destino con mejores resultados de transferencia.

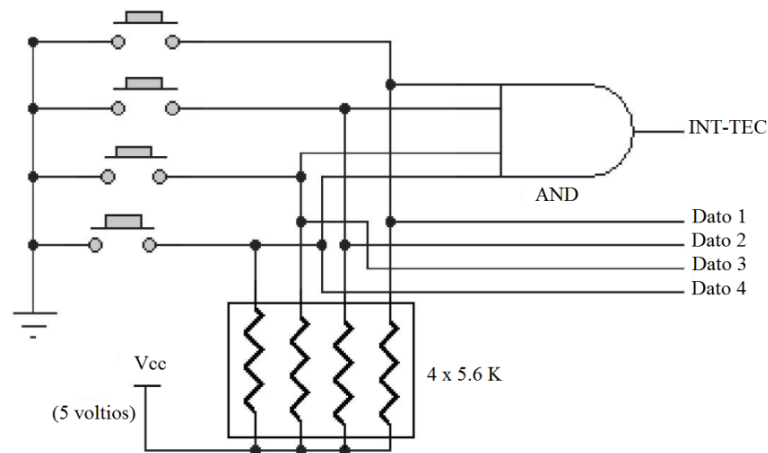


Fig. 3.6. Diseño del teclado

El teclado estará conectado a una interrupción del microprocesador para atender de forma inmediata las peticiones del usuario, para ello se trabajara con un microcontrolador PIC¹¹, de forma que cualquier petición hecha sea atendida de forma inmediata. El teclado ocupara 4 pines de datos y 1 pin de interrupción del sistema microprocesado.

3.3.1.5. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Debido a las características de portabilidad del dispositivo, la fuente de energía eléctrica debe ser pequeña, ligera y en la medida de lo posible eficiente. La alimentación típica de los sistemas microprocesados coincide en niveles de voltaje a la alimentación requerida por las memorias flash USB que es de 5 V, mientras que el controlador USB escogido requiere de una alimentación de 3.3 V.

Además debido a la característica de host del dispositivo, este es el encargado de proporcionar la alimentación necesaria para el funcionamiento de los periféricos. Por ello es preferible la utilización de un alimentador basado en rectificación y filtrado de corriente alterna, el cual es muy común en el mercado que supere los 6 voltios y 1.5 amperios de salida.

Por tanto se requiere reguladores de 5 (LM7805) y 3.3 voltios (LT1086) para la alimentación del sistema microcontrolador, el LCD y los controladores USB. La

¹¹ Carlos A. Reyes, "Microcontroladores PIC Programación en Basic".2008.

alimentación de 5 voltios está destinada al microcontrolador Atmega 128 y al GLCD, y a su vez a los reguladores de 3.3 voltios para los controladores USB. Ambos reguladores utilizan el mismo tipo de esquemático, diferenciándose únicamente en el voltaje de entrada necesario para operar.

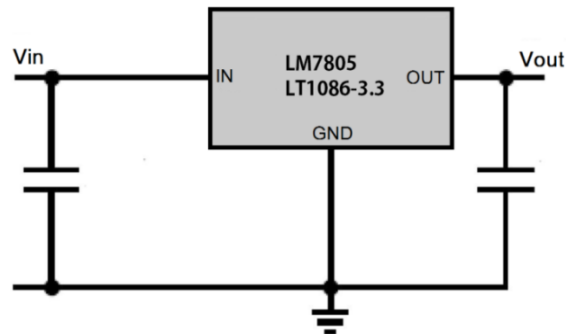


Fig. 3.7. Aplicación típica de los reguladores de voltaje

3.3.2. DESARROLLO DEL HARDWARE

Se decidió trabajar de forma modular para lograr el mayor aprovechamiento de los recursos de cada componente, en especial, del sistema de control para evitar el desperdicio de puertos que pueden ser utilizados en nuevas funciones del dispositivo. De la misma forma se trabajara con el controlador USB escogido, mediante el diseño de un módulo de desarrollo que facilite el uso del mismo, incluyendo los elementos necesarios para su funcionamiento dentro de la misma tarjeta y brindando una fácil conexión con el sistema de control mediante jumper para la comunicación del bus de datos y de control que requiera cada controlador.

3.3.2.1. MÓDULO DE DESARROLLO DEL CONTROLADOR USB

Hay dos opciones para obtener el circuito que controla el pen drive. El primero se retrasa porque sugiere la fabricación del circuito desde cero (la disposición, la corrosión de la placa de circuito impreso, adquisición de componentes, pruebas de soldadura, etc.). La segunda es mucho más práctica, un módulo listo para su uso y ser añadido al proyecto. El módulo utilizado en nuestro proyecto fue el VDIP1 diseñado por la compañía FTDI que facilita la utilización del mismo.

El desarrollo del hardware del dispositivo depende en gran medida de las necesidades del controlador USB VNC1L-1A. Se necesita de un controlador USB, ya que consta con dos puertos USB, los cuales están destinados a la configuración y manejo de una memoria flash USB, mediante las funciones del VNC1L-1A como elemento principal del módulo.

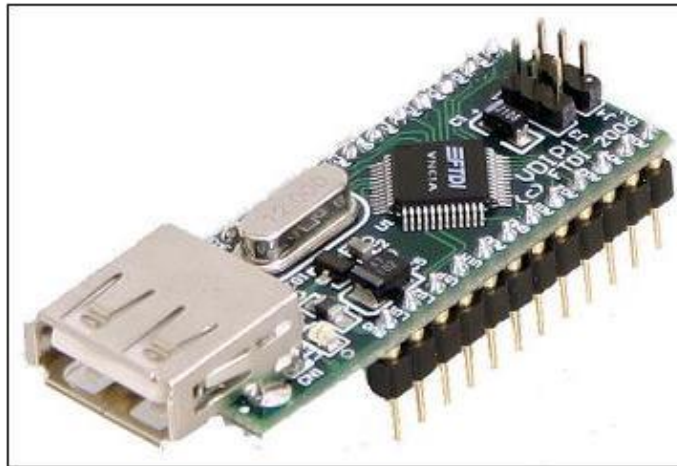


Fig. 3.8. Módulo de desarrollo del controlador USB

3.3.2.2. DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

El GLCD posee 20 terminales de los cuales 14 (bus de control más bus de datos) son para el manejo del GLCD y los restantes son destinados a su polarización, para el control de la luz de fondo (back light) y variación del contraste de la pantalla. La señal de control R/W siempre está conectada a tierra, ya que el GLCD solo está destinado a mostrar información, mas no a la lectura del contenido del mismo.



Fig. 3.9. GLCD JHD12864E

3.3.2.3. MÓDULO DE INTEGRACIÓN

Los distintos módulos del proyecto se integran priorizando la mejor forma de optimizar la comunicación entre el sistema de control y el módulo del controlador USB.

Para el desarrollo del módulo de integración se utilizará como elemento principal el microcontrolador Atmega 128, que facilita la utilización del mismo implementando todo el hardware necesario dentro de la misma tarjeta y colocando todos los puertos disponibles del microcontrolador para facilitar su interacción con el resto de componentes. Además consta con tres puertos USB, de los cuales 2 puertos están destinados a la conexión de las memorias flash y el otro para la conexión del teclado. El modulo cuenta con tres led que indica la presencia de alimentación eléctrica y la transferencia de datos.

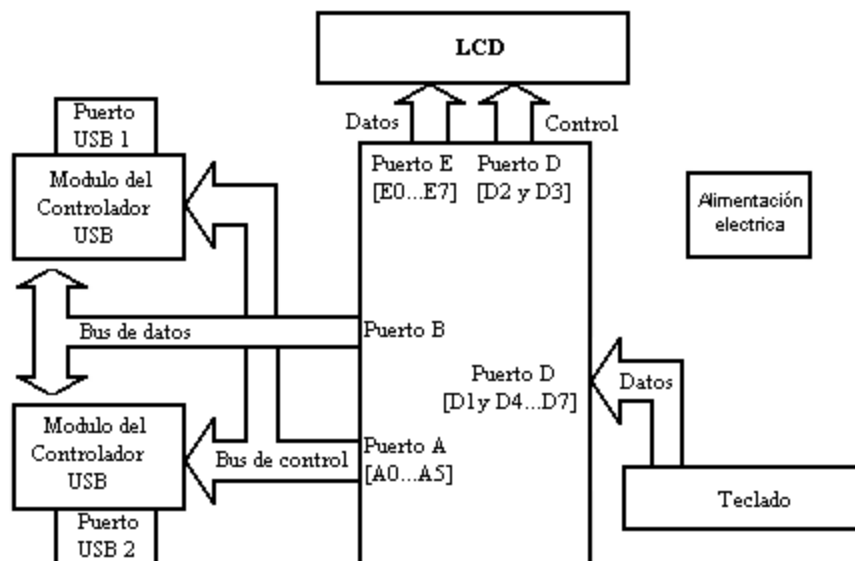


Fig. 3.10. Esquema de integración de los distintos módulos y componentes

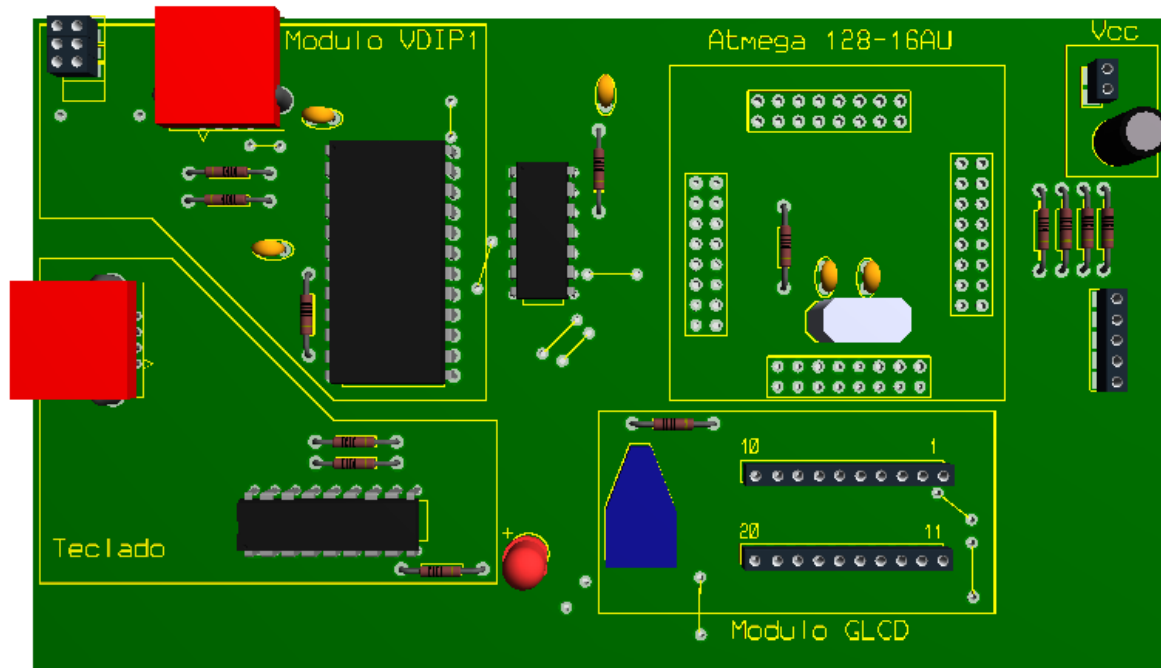


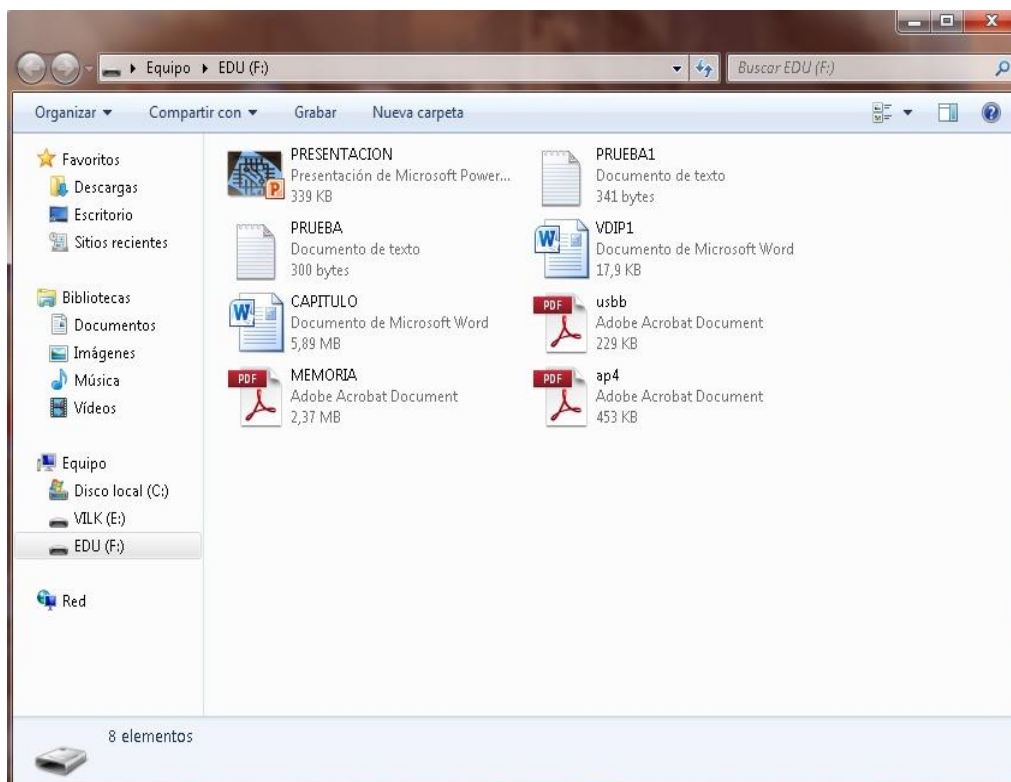
Fig. 3.11. Módulo de integración

Tabla 4.1. Resultados de pruebas con diferentes periféricos.

Dispositivo	Full Speed	MSD	FAT 32	Marca Comercial
Ratones de computadora	No	-	-	-
Teclados	No	-	-	-
Impresoras	No	-	-	-
Lectores de tarjetas SD y microSD	Si	Si	En su mayoría Si	En su mayoría Si
Cámaras	Si	Depende de la marca	Depende de la marca	Depende de la marca
Dispositivos de almacenamiento masivo	Si	Si	Si	Kingston, HP y LG

Fuente: Los Autores.

4.2. PRUEBAS DE CONFIABILIDAD

**Fig. 4.2.** Directorio raíz de la memoria fuente

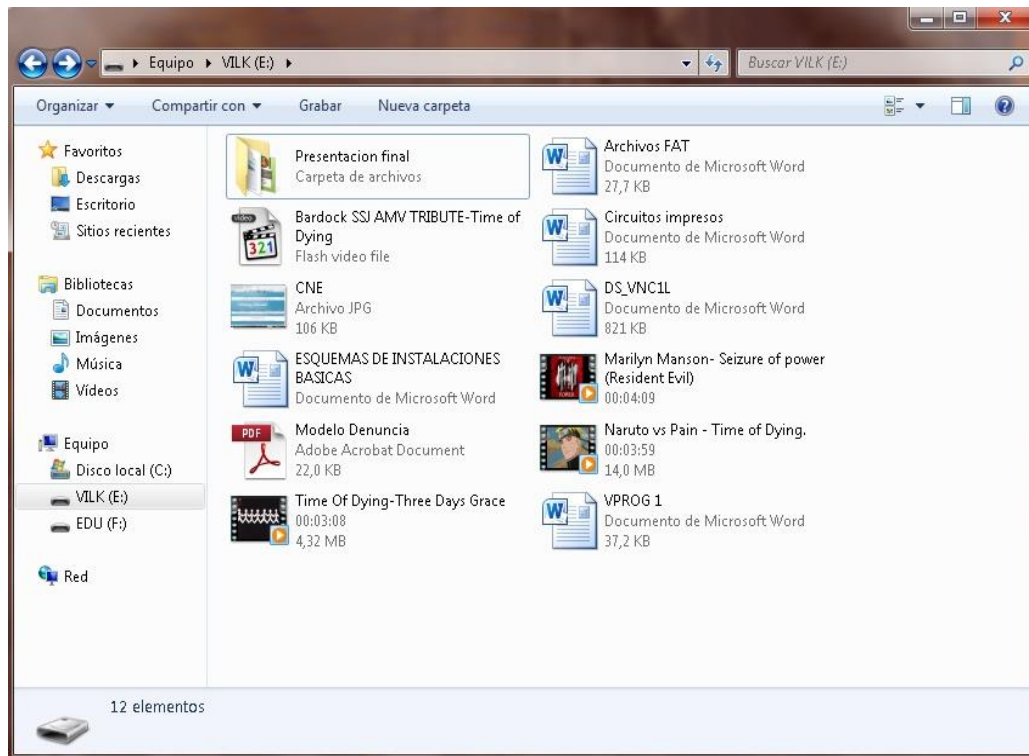


Fig. 4.3. Directorio raíz de la memoria destino, antes de la operación de copiado

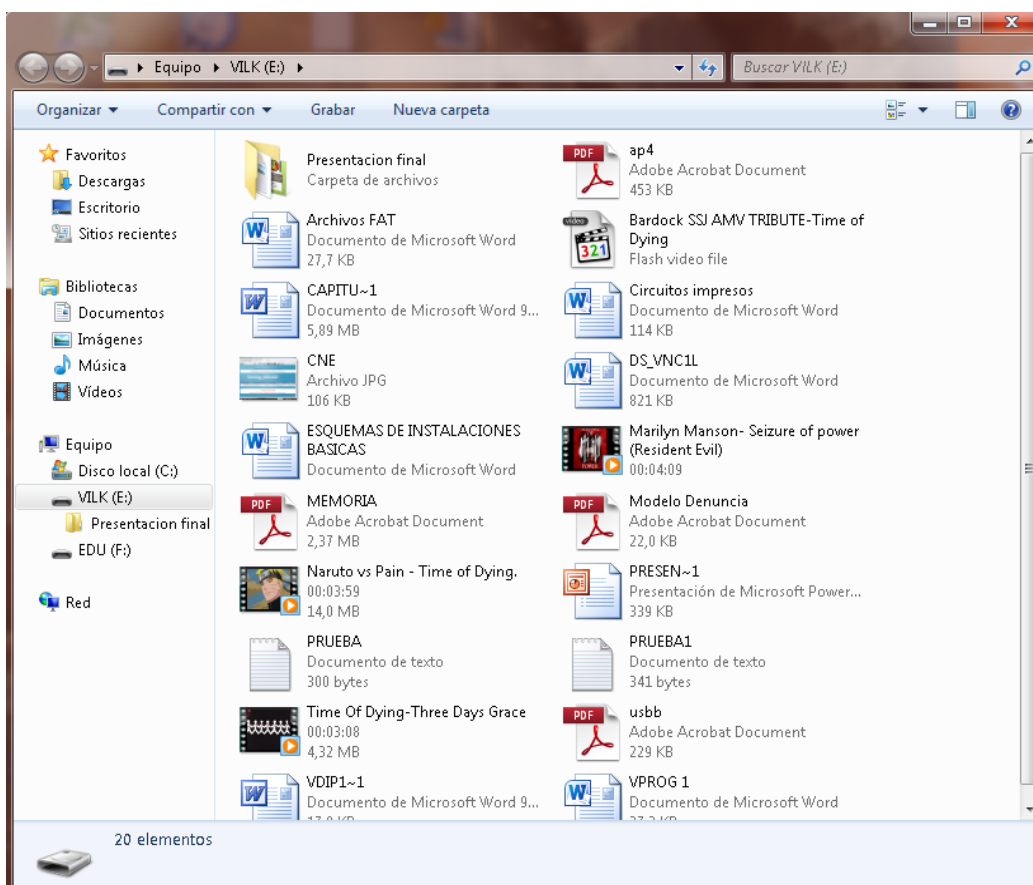


Fig. 4.4. Directorio raíz de la memoria destino, después de la operación de copia

A continuación se muestra el contenido del archivo VDIP1.doc en ambas memorias para verificar la validez de los datos transferidos.

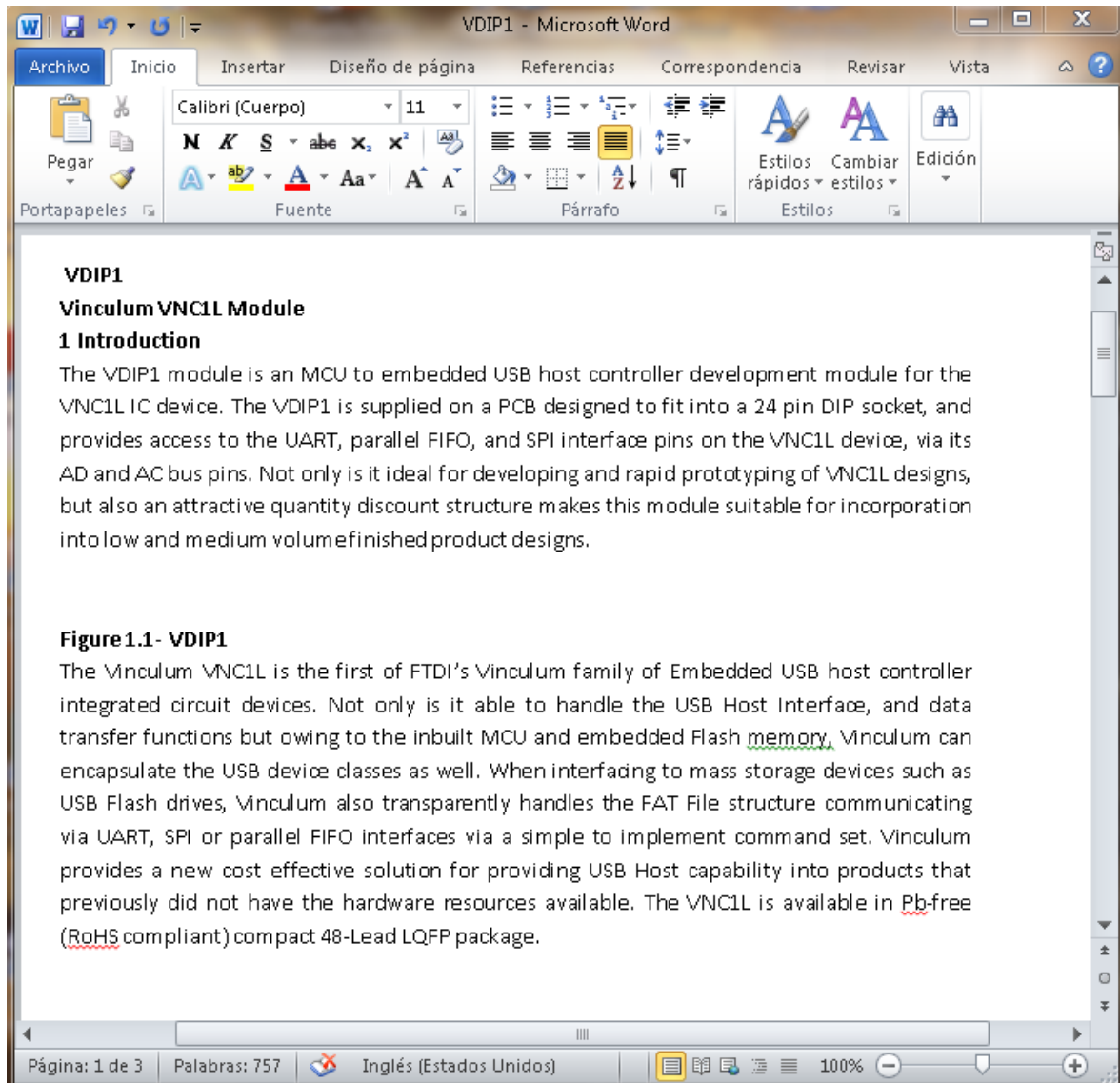


Fig. 4.5 Contenido del archivo VDIP1.doc de la memoria fuente

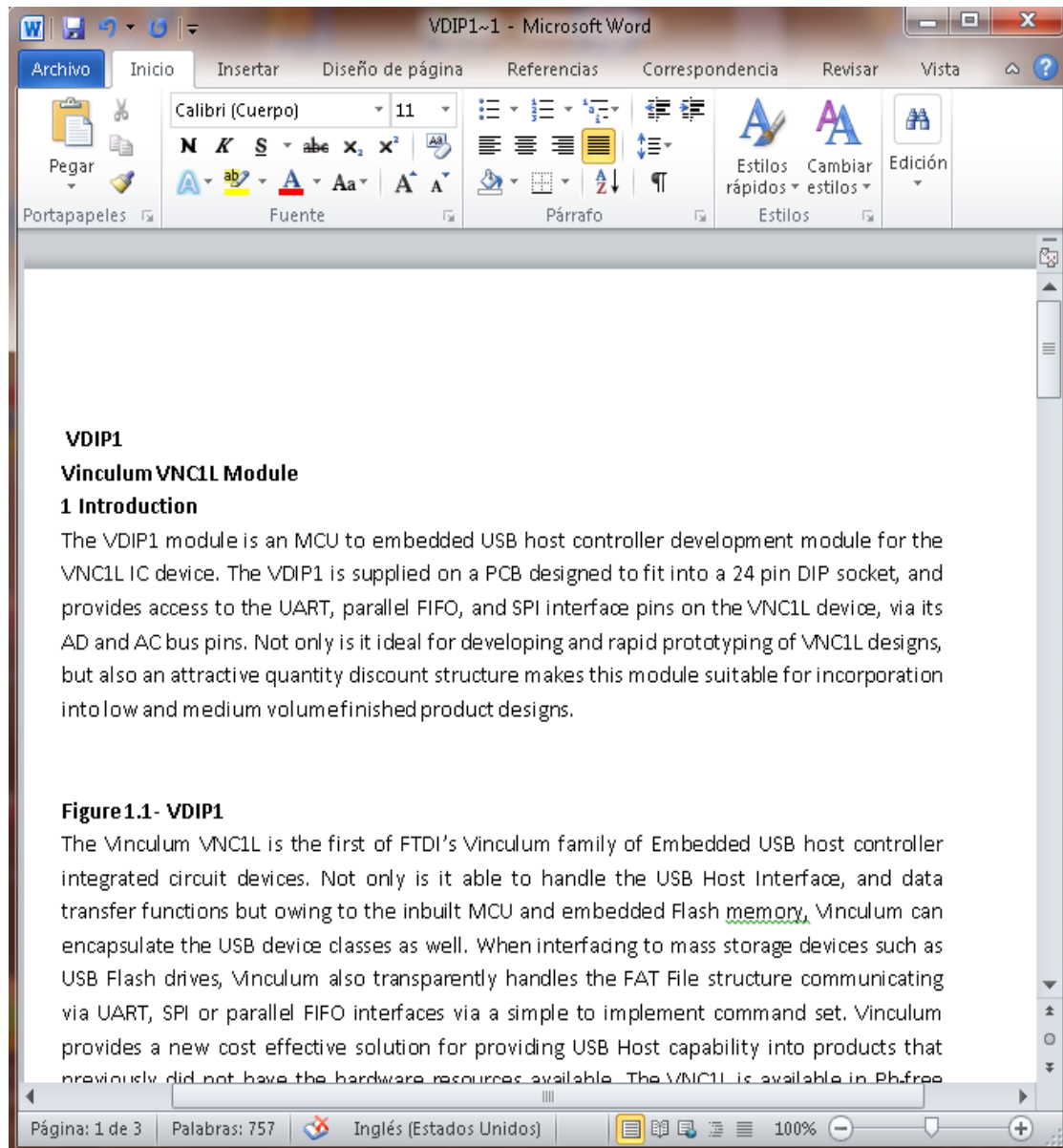


Fig. 4.6. Contenido del archivo VDIP1.doc de la memoria destino

4.3. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos se realizó en base a los precios ofrecidos por la compañía Digi-Key y Mega Chip las cuales contempla la configuración y presentación comercial del dispositivo. Los costos han sido reducidos al mínimo, sin embargo, dado que el precio de cada elemento varía según la cantidad adquirida. La tabla 4.2 presenta los costos de cada elemento y el costo total sin tomar en cuenta el valor por los envíos y mano de obra.

Tabla 4.2. Análisis de costos.

Elemento	Cantidad	Precio Unitario	Total Elementos
Módulo VDIP1	1	70.00	70.00
Atmega 128	2	20.00	40.00
GLCD JHD12864E	1	34.00	34.00
PIC 16F628A	1	6.00	6.00
SN74LS126AN	1	1.00	1.00
LM7805	1	1.00	1.00
Capacitor	5	0.10	0.50
Cristal 16 MHz	1	1.00	1.00
Conector USB tipo A	2	1.00	2.00
Resistencias	20	0.05	1.00
Potenciómetro 10k	1	0.25	0.25
Diodo LED	4	0.10	0.40
Zócalos	11	0.30	3.30
Caja acrílico	1	15.00	15.00
Otros...	6	30.00
		Total	205,45

Fuente: Los Autores

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Tras la observación de los resultados de la aplicación, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- La implementación del protocolo USB en sistemas embebidos es muy común hoy en día ya que existen un sin número de herramientas de hardware y software que permiten una fácil ejecución del protocolo USB en los sistemas microprocesados.
- La tecnología y capacidad actual de microprocesadores permite el desarrollo de aplicaciones con un alto grado de complejidad, sin que esto implique un aumento de las necesidades energéticas y de espacio de dichos microprocesadores lo que permite avizorar un futuro provisorio para los sistemas embebidos.
- Un sistema embebido proporciona a un producto un valor añadido puesto que está diseñado para cumplir una serie de tareas específicas. De esta forma su costo es mínimo porque el valor de hardware es bajo y el software utilizado, generalmente, es de licencia pública evitando el pago de derechos de autor.
- La posibilidad de manejar o de administrar archivos mediante sistemas microprocesados abre grandes oportunidades para la creación de nuevas aplicaciones incluso aquellas que requieran la interpretación y ejecución del archivo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Dado que el manejo de archivos mediante el sistema FAT 32 en memorias flash USB se ha completado de forma exitosa en el presente proyecto se recomienda su ampliación a otro tipo de dispositivos de almacenamiento masivo, como por ejemplo tarjetas Compact Flash, tarjetas MultiMediaCard y tarjetas Secure Digital.
- Ya que es posible la lectura y escritura de datos residentes en memorias flash USB se recomienda el desarrollo de nuevas aplicaciones para el presente dispositivo como reproductores multimedia, lectores y editores de texto, data loggers, etc.

- El programa para el manejo del dispositivo ha sido desarrollado en lenguaje c estándar por lo cual se recomienda su uso y aprovechamiento en distintos tipos de sistemas microprocesados con la capacidad suficiente para ejecutarlos, sin importar la marca o arquitectura que usen dichos sistemas.
- Se recomienda el uso de este dispositivo en la distribución de documentos electrónicos y archivos en general, cuyo tamaño sea menor a 25 Megabyte, en lugares públicos como bibliotecas y librerías, su uso garantiza el contenido de los archivos transferidos.

BIBLIOGRAFÍA**➤ LIBROS DE REFERENCIA:**

- [1] AXELSON, Jan. "USB complete". Tercera edición. Editorial Lakeview Research. Madison. 2005.
- [2] KIM, Jin-Soo. "Introduction to Flash Memories". 2006.
- [3] PARK, Song-Hwa, Lee, Tae-Hoon, and Ki-dong Chung. "Design of a NAND Flash Memory File System to Improve System Boot Time". 2006.
- [4] REYES, Carlos A, "Microcontroladores Pic Programación en Basic".2008.
- [5] VALDÉS Pérez, Fernando E, PALLAS Areny, Ramón "Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con Pic". 2007.

➤ PÁGINAS WEB:

- [1] <http://www.alegsa.com.ar/dic/multimediacard.php>
- [2] <http://www.bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1007>
- [3] <http://www.cypress.com/?mpn=s1811hst-axc>
- [4] <http://www.codevision.be/download-page-20>
- [5] http://www.espelectronicdesign.com/protocolos/protocolo_ieee_1284.php
- [6] <http://www.ipdemexico.com/html/np/memdig/smart.html>
- [7] <http://www.kingston.com/latam/flash>: "guía de memoria flash.pdf"
- [8] <http://www.masadelante.com/faqs/teclado>
- [9] <http://www.monografias.com/trabajos11/usbmem/usbmem.shtml>
- [10] <http://www.pjrc.com/tech/8051/ide/fat32.html>
- [11] <http://www.rogercom.com/microcontrolador/pag01.htm>
- [12] http://www.to-laemon.com/site/las_tarjetas_multimedia_card_y_sd
- [13] <http://www.usb.org/developers/docs/>
- [14] http://www.vinculum.com/documents/fwspeccs/um_vinculumfirmware_v205.pdf
- [15] <http://www.w3c.org/tr/1999/rec-html401-19991224/loose.dtd>

**A
N
E
X
O
S**

ANEXO A: TRANCURSO DE LA FABRICACIÓN DEL PROYECTO

- Pruebas en el protoboard



Fig. A.1. Montaje del proyecto en el protoboard para la verificación de su funcionamiento

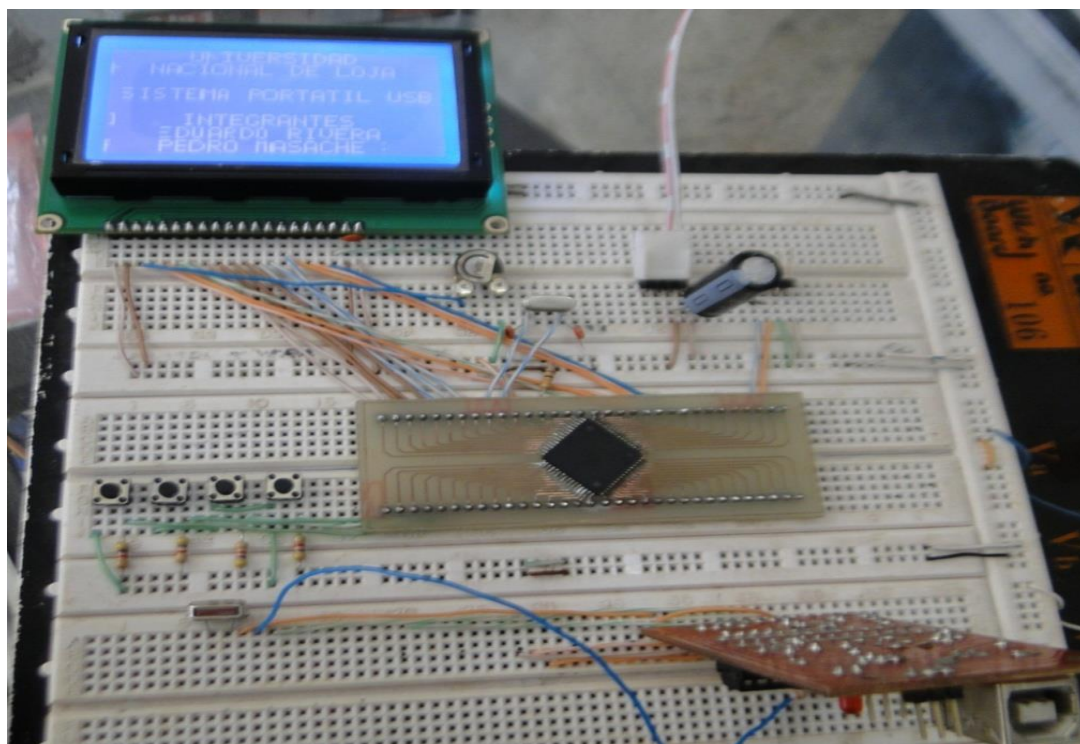


Fig. A.2. Inicialización del dispositivo

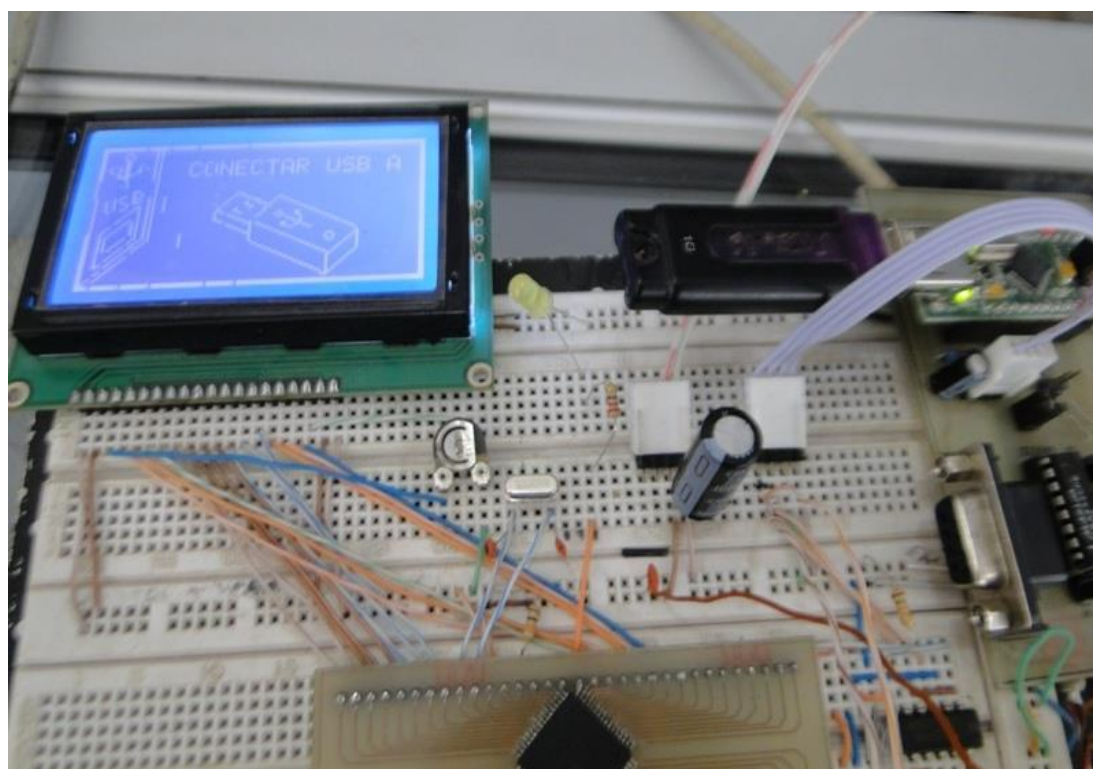


Fig. A.3. Detección de la memoria flash USB "A"

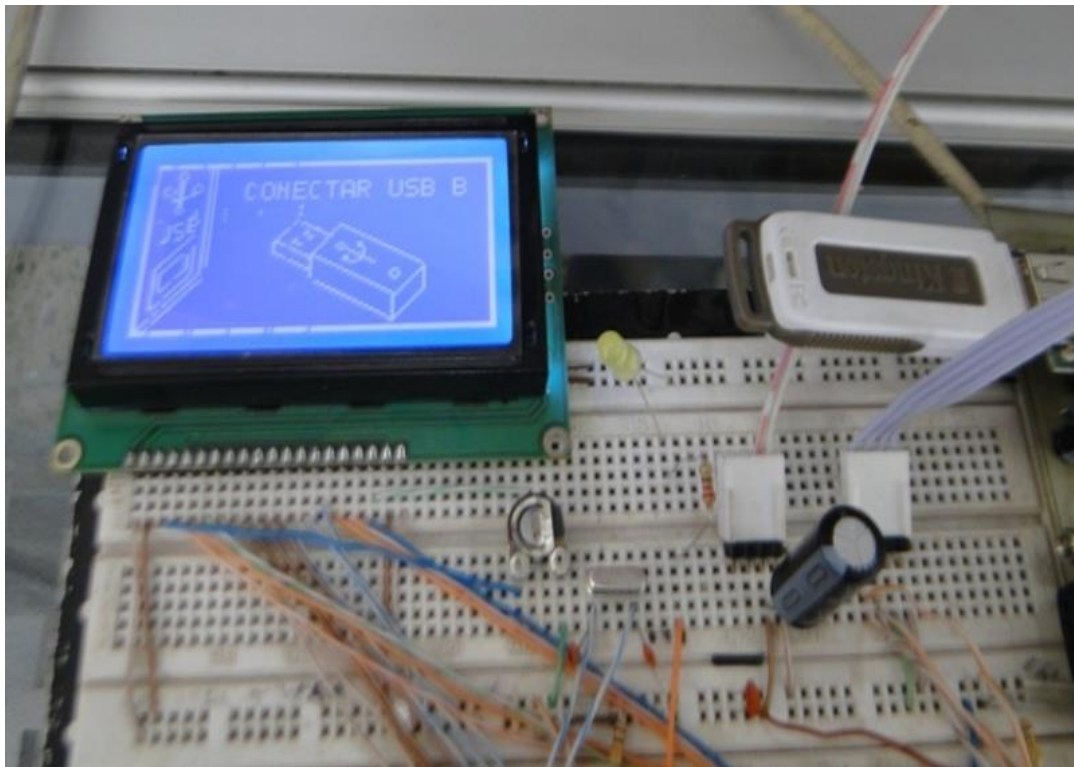


Fig. A.4. Detección de la memoria flash USB "B"



Fig. A.5. Ingreso del nombre del archivo que va a ser copiado

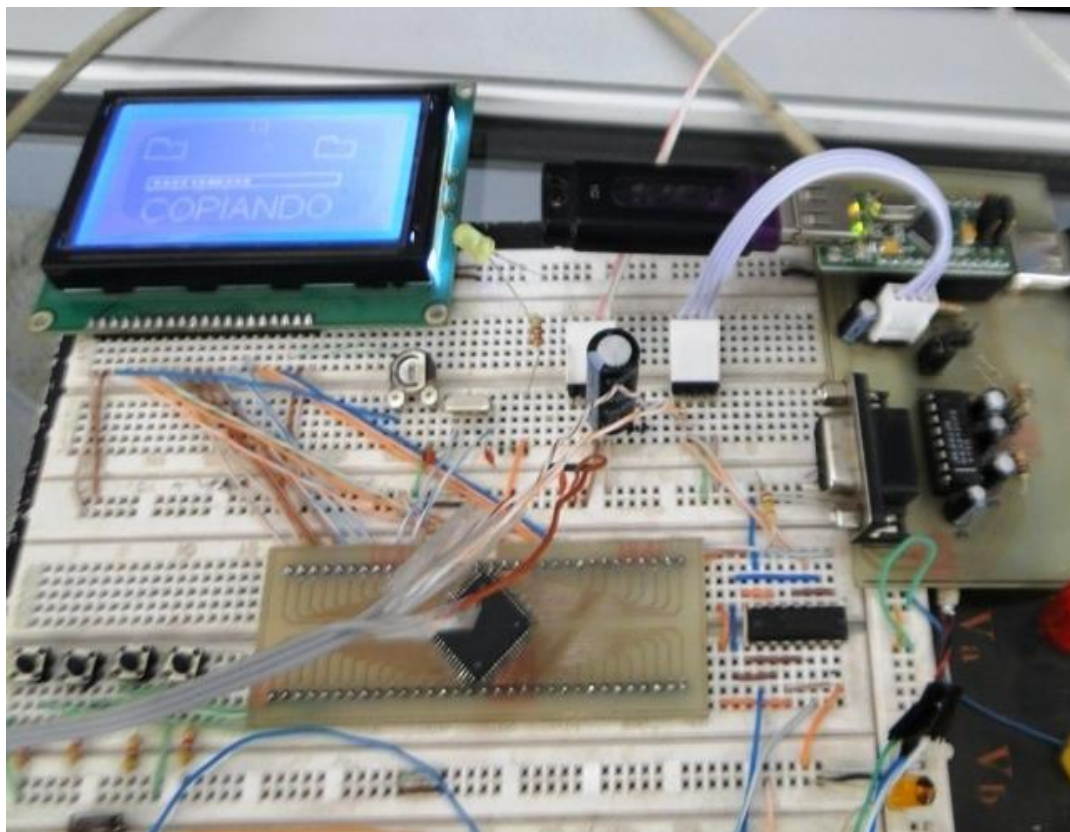


Fig. A.6. Transcurso de copiado del archivo

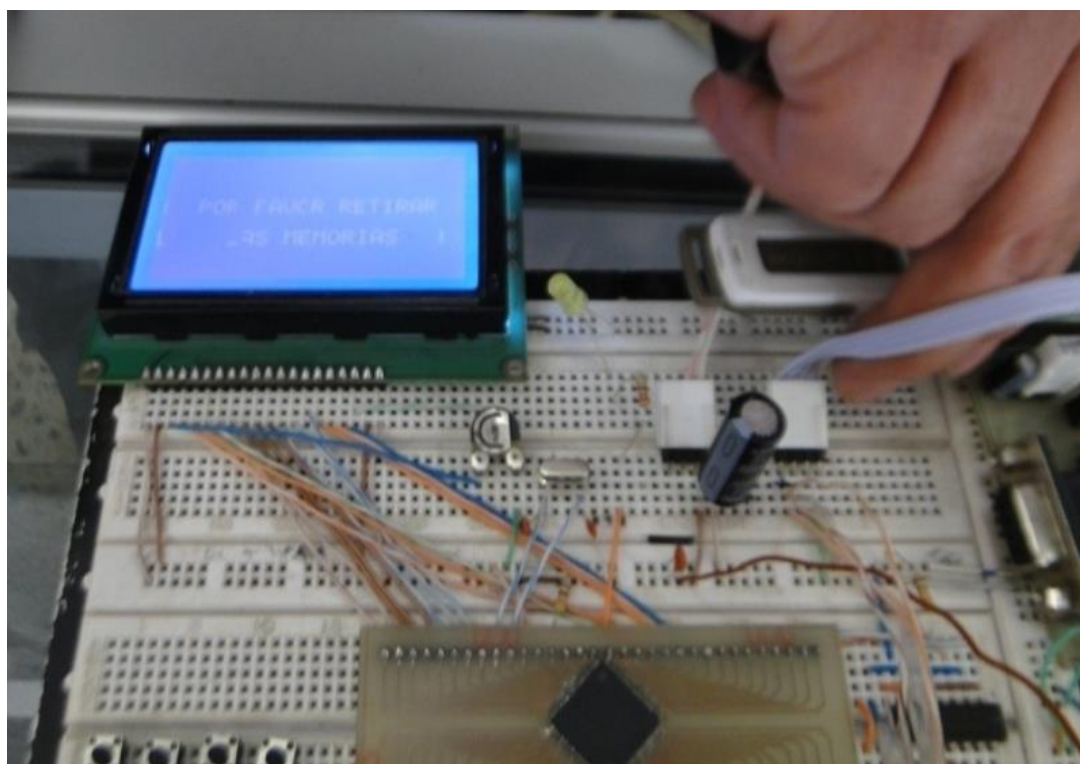


Fig. A.7. Extracción de las memorias flash USB

- **Construcción de las placas o PCB's**

Diseño del circuito impreso por software

- **Captura del esquemático**

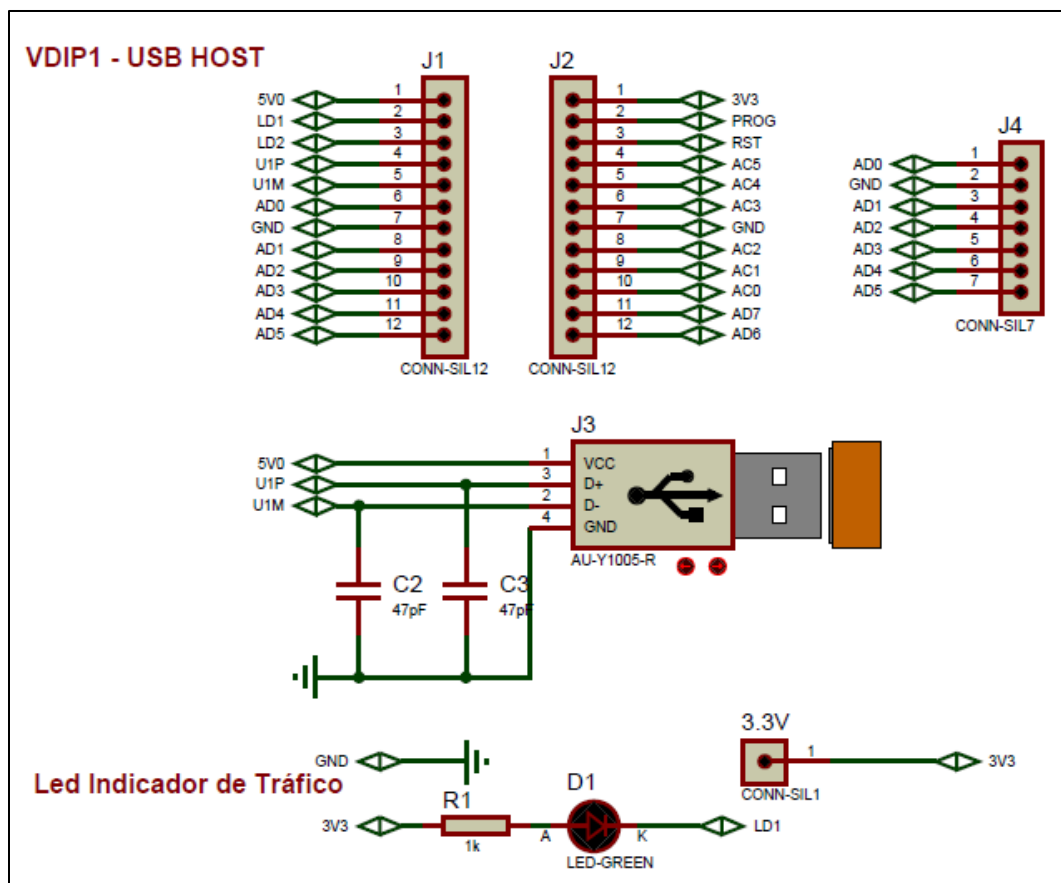


Fig. A.8. Esquema de extensión para el segundo puerto USB en el módulo VDIP1

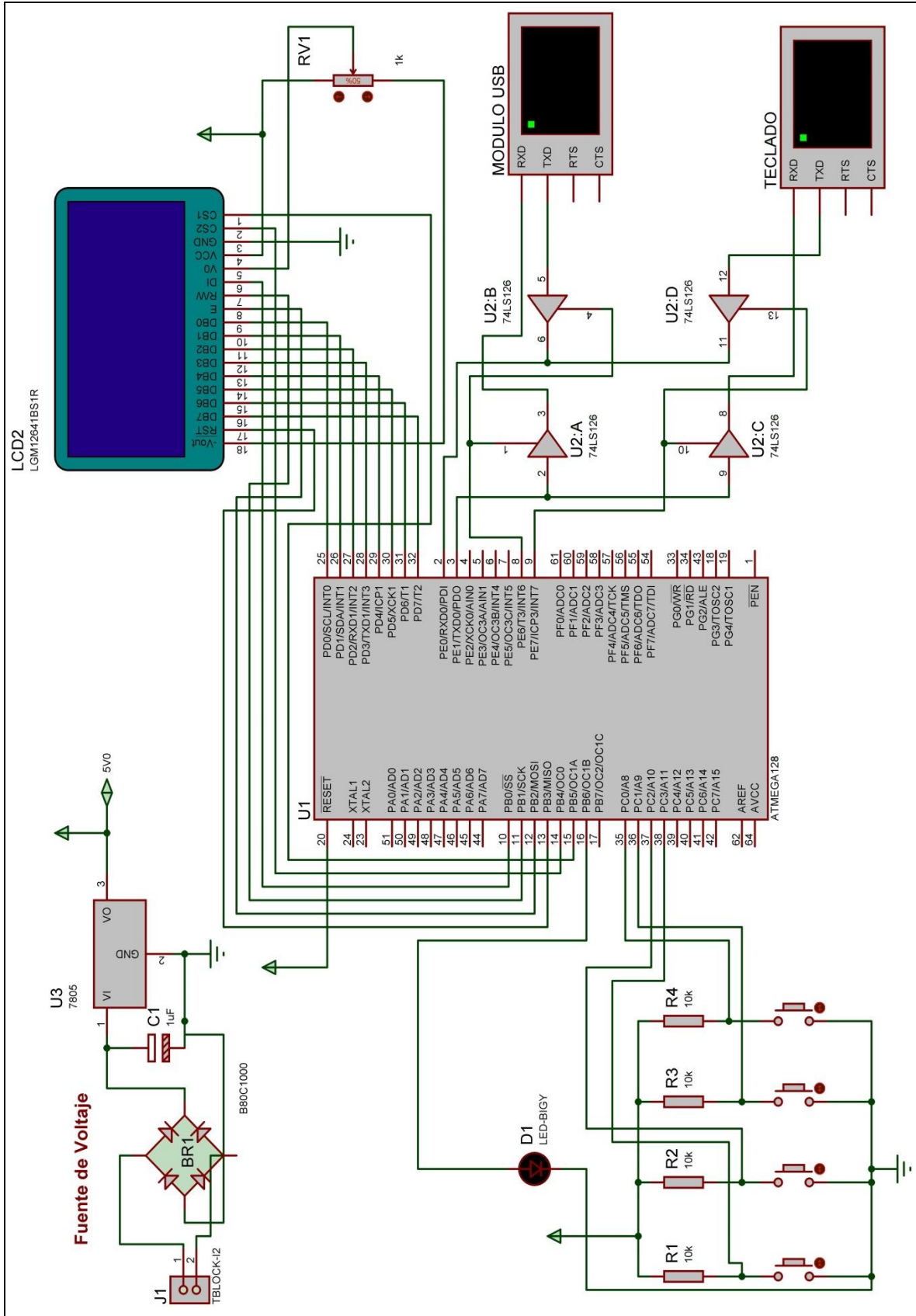


Fig. A.9. Esquema de la placa de integración

- *Diagrama de pistas y screen de los componentes*

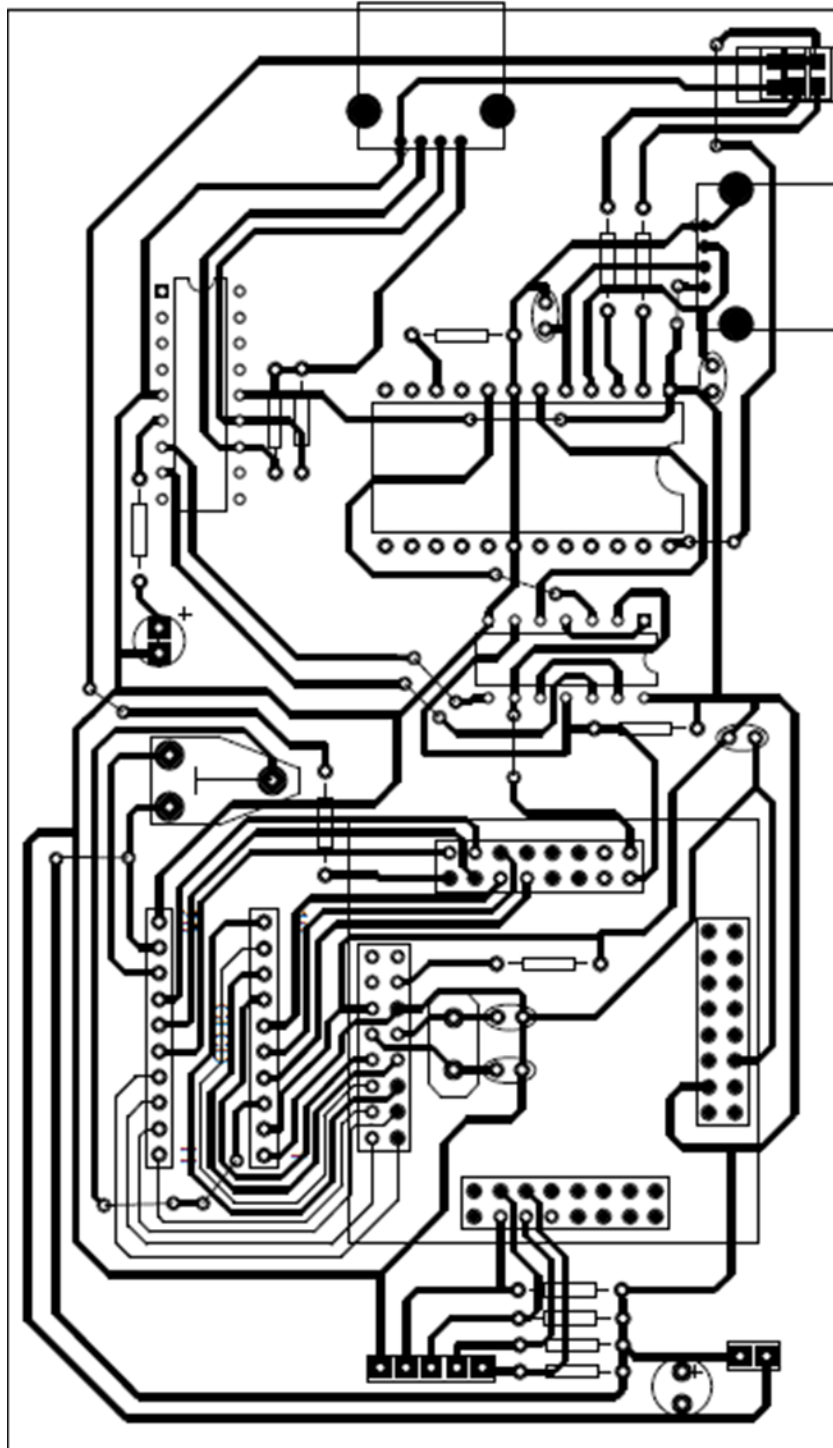


Fig. A.10. Diagrama de pistas y screen de elementos para el módulo de integración

Proceso de fabricación

El proceso de fabricación consta de los siguientes pasos:

- *Preparación de la placa (baquelita o fibra de vidrio)*



Fig. A.11. Cortado de las placas de 14.4 x 8.4 cm; 8.5 x 3 cm y 4 x 3,6 cm con un estilete



Fig. A.12. Limpieza de los filos de los cortes realizados y la lámina de cobre oxidada

- *Transferencia térmica*

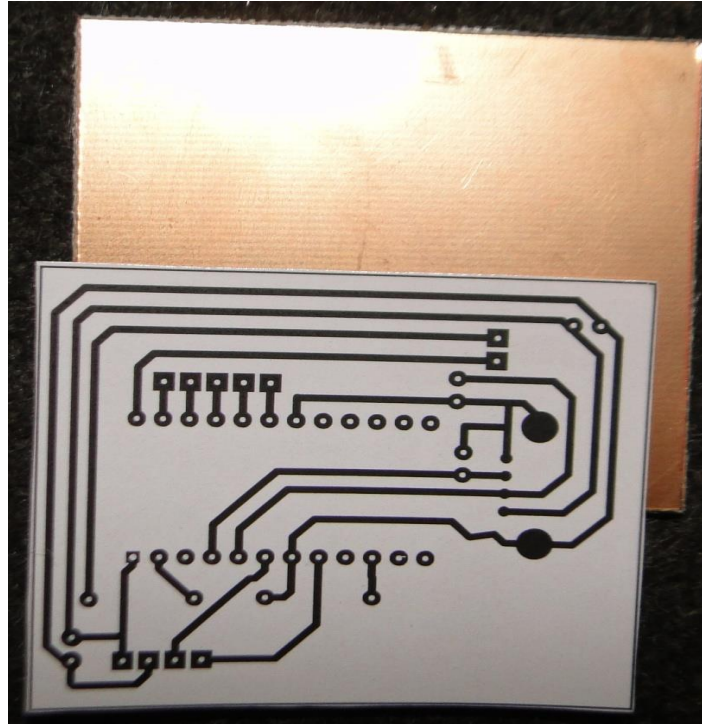


Fig. A.13. Colocación del papel fotográfico con el lado de la tinta sobre el lado del cobre



Fig. A.14. Aplicación de presión con una plancha bien caliente

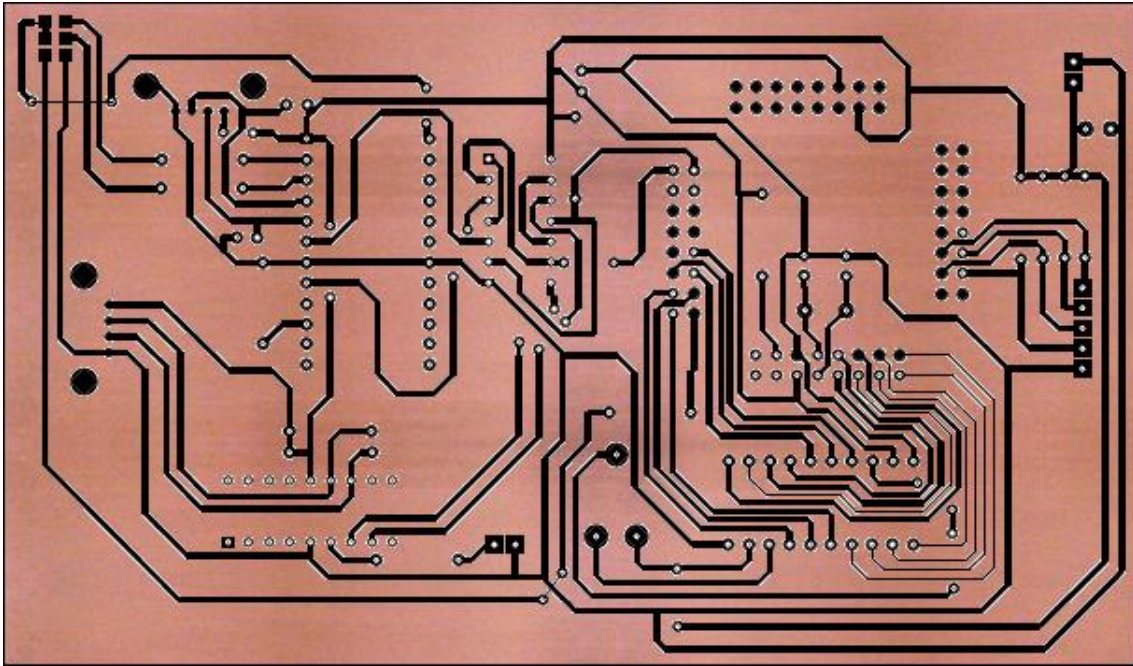


Fig. A.15. Presentación de la placa después de la transferencia térmica

- *Proceso de atacado (reducción) del cobre*

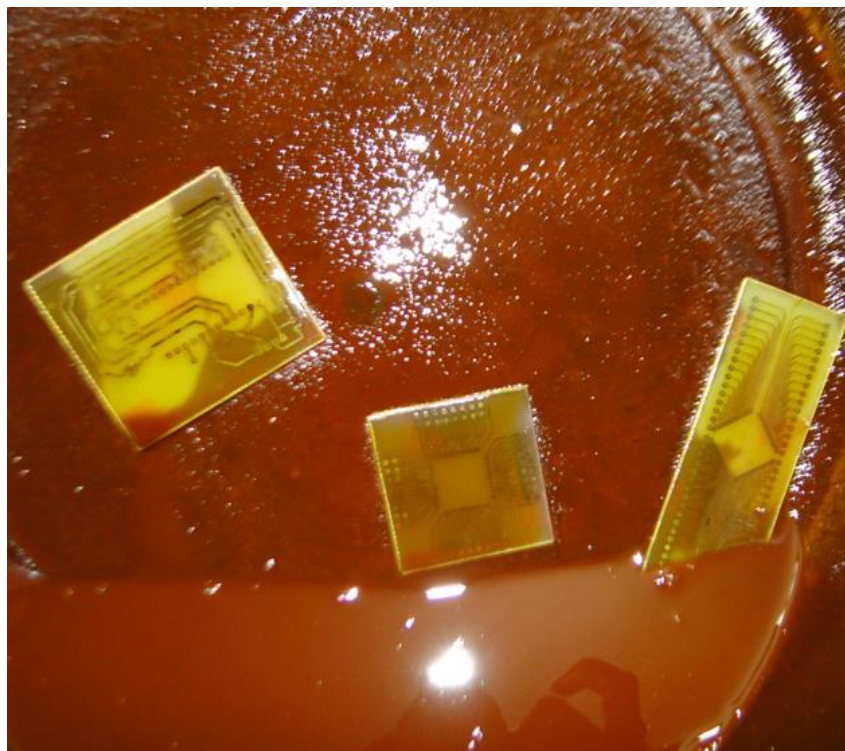


Fig. A.16. Proceso de atacado de las placas PCB

- *Limpieza posterior*

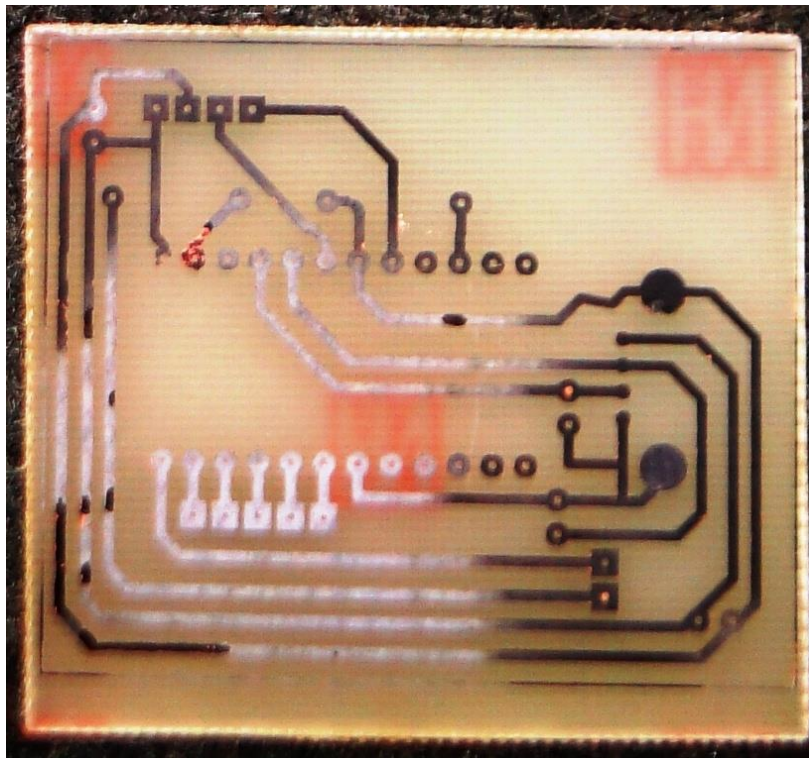


Fig. A.17. Placa recién sacada del ácido

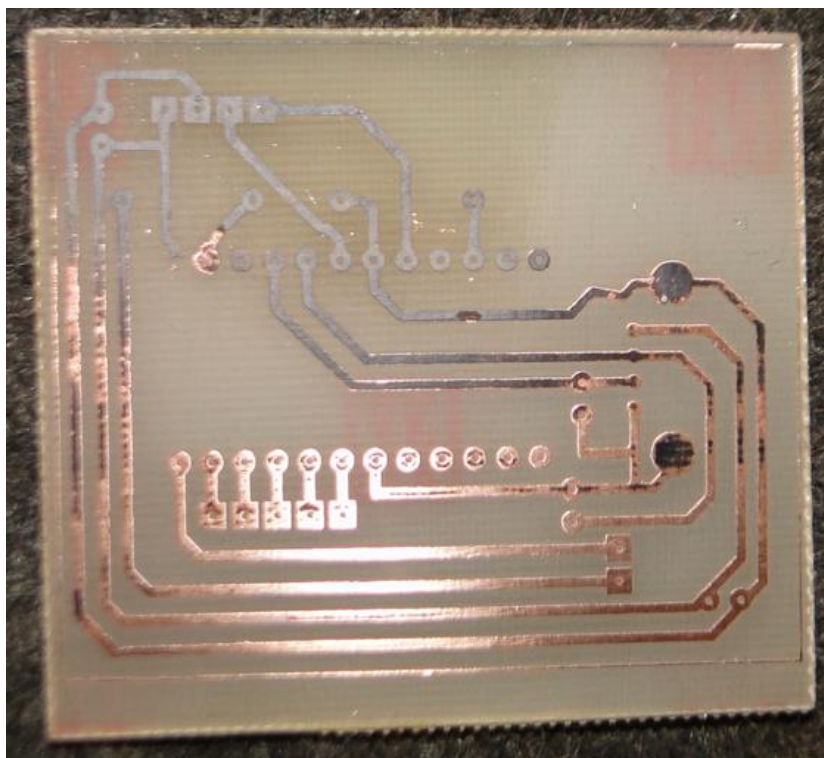


Fig. A.18. Apariencia de la placa libre de tinta

- *Soldadura de los elementos*

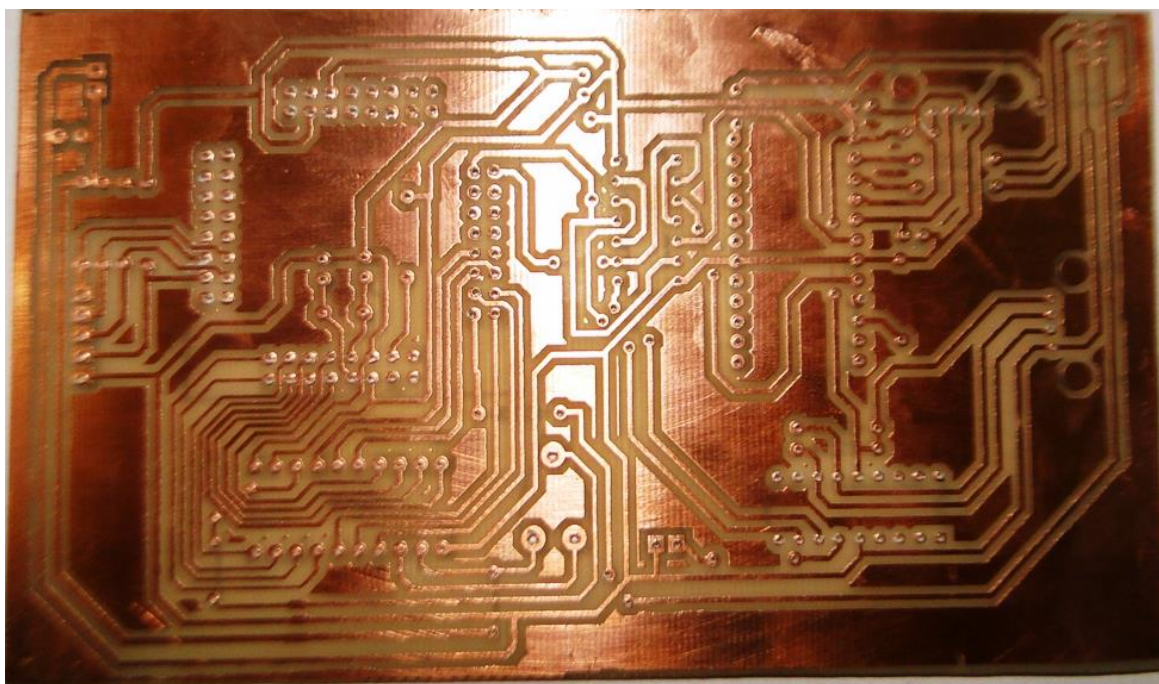


Fig. A.19. Perforación de las placas Pcb

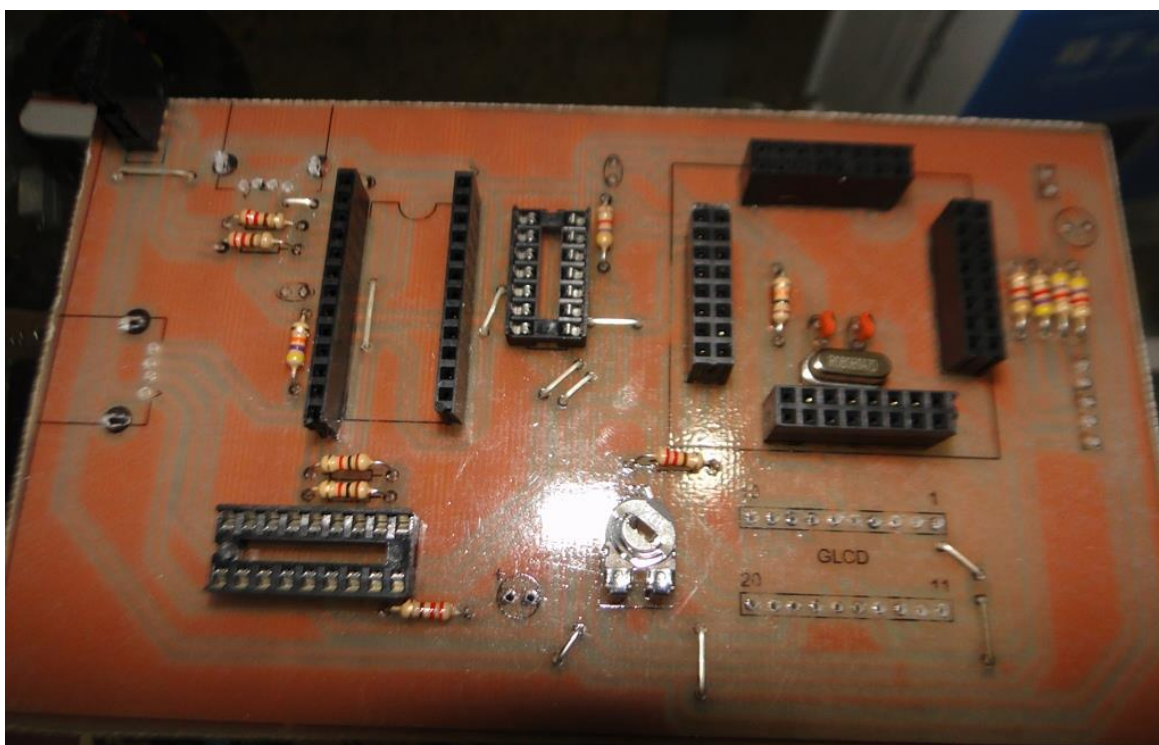


Fig. A.20. Proceso de soldado de los elementos en la placa

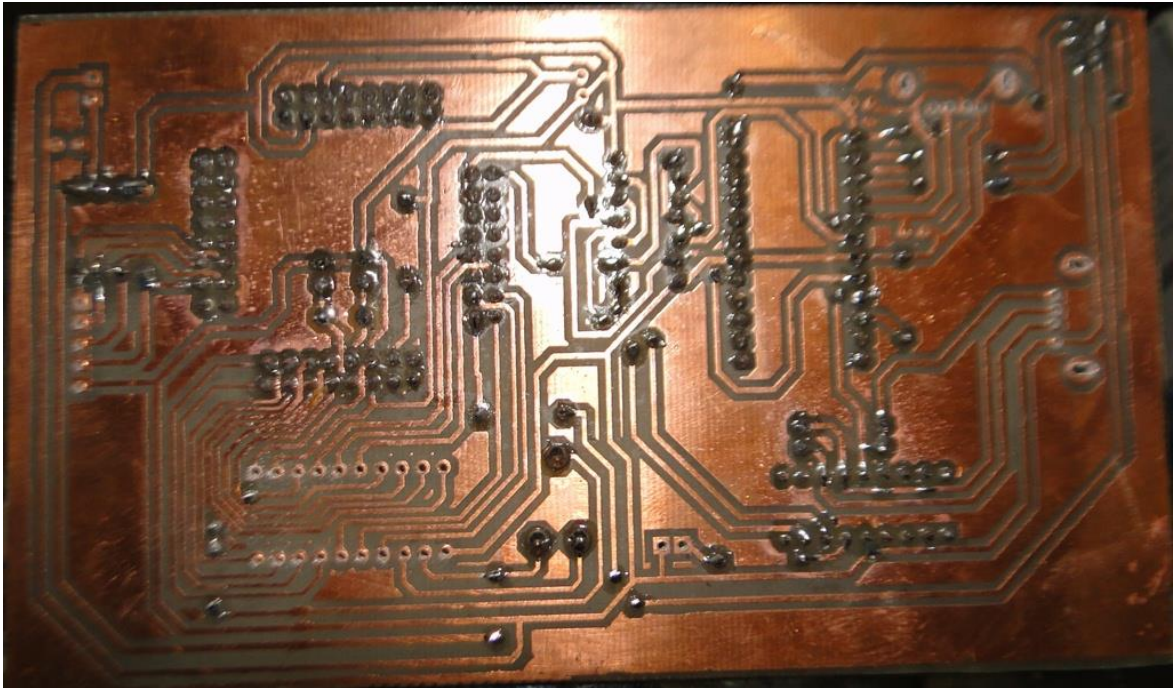


Fig. A.21. Cortado de los alambres sobrantes

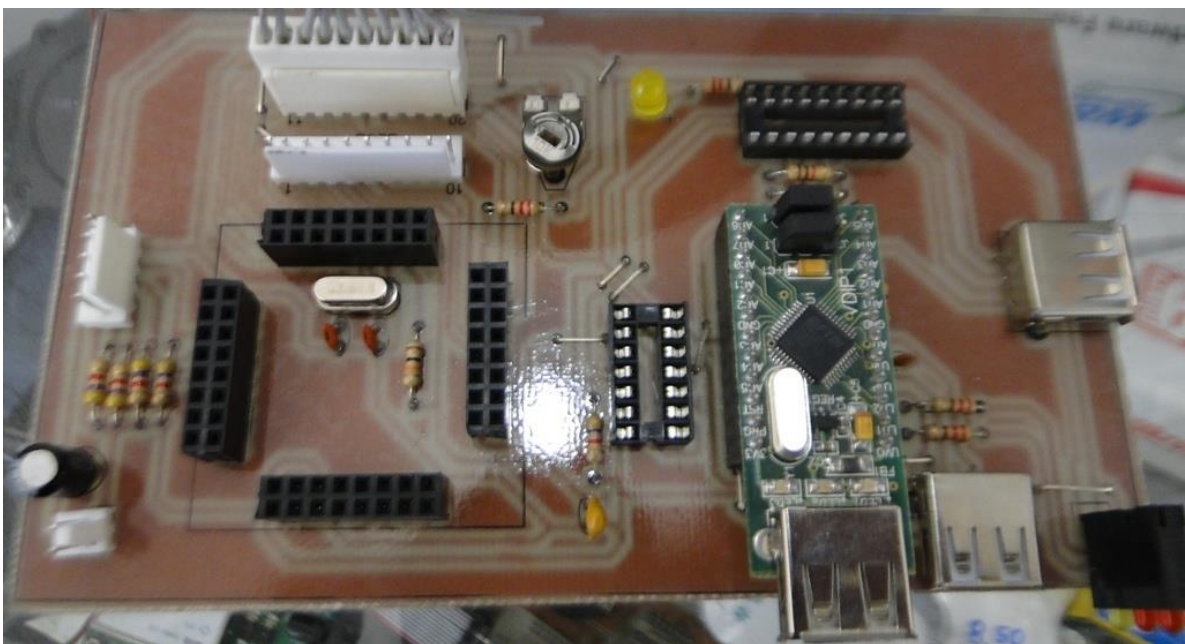


Fig. A.22. Apariencia del módulo de integración con todos los componentes incorporados

- *Fabricación del chasis o caja para el proyecto*

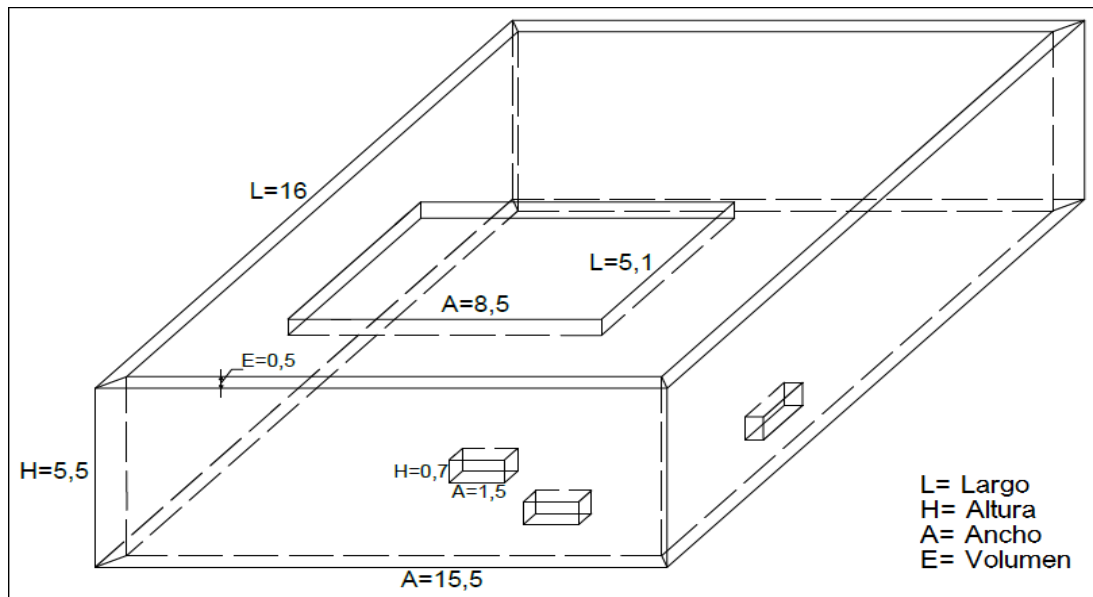


Fig. A.23. Medidas del chasis (centímetros)

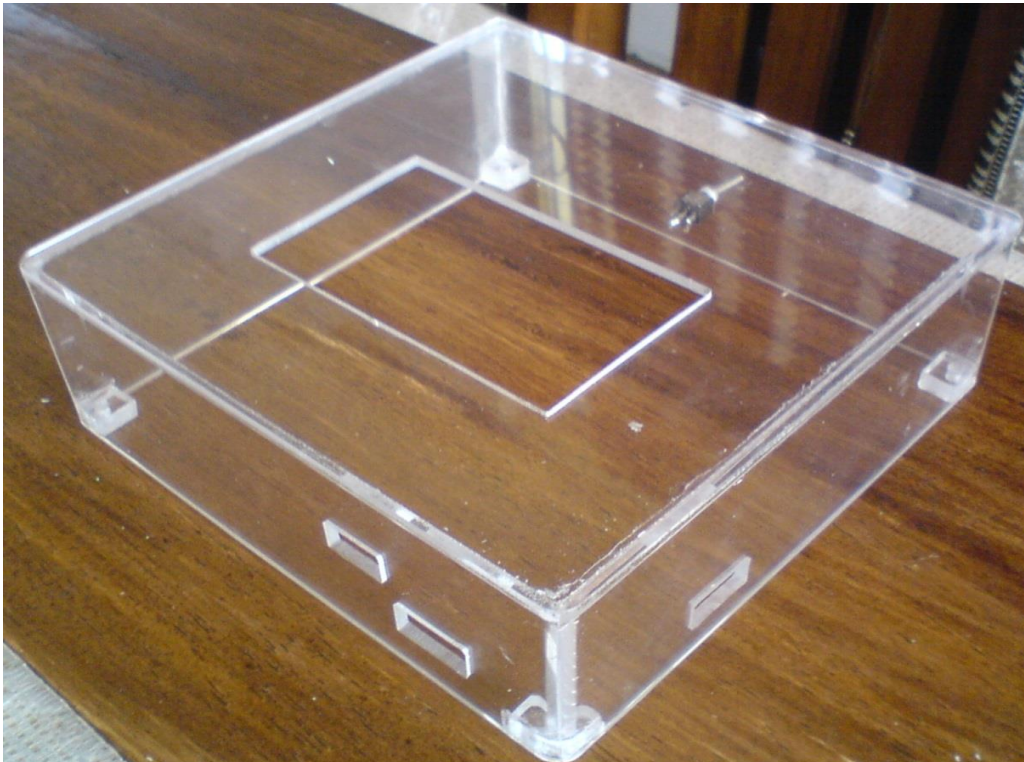


Fig. A.24. Fabricación del chasis en acrílico

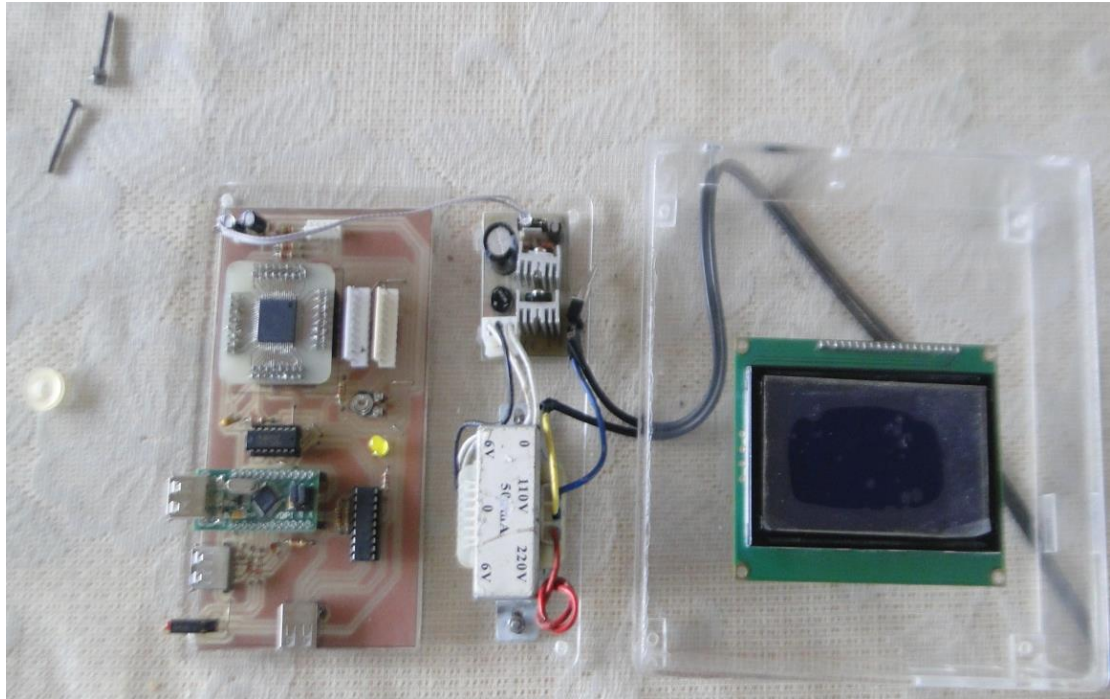


Fig. A.25. Ensamblado de los distintos módulos en el chasis



Fig. A.26. Presentación final

ANEXO B: DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL PROYECTO.

Todo lo relacionado a la programación se adjuntara en un documento digital.

ANEXO C: ACTUALIZACIÓN DE FIRMWARE DEL MÓDULO VDIP1.

Todo lo relacionado a la actualización se adjuntara en un documento digital.