

LED-bus-systeem

Met verschillende verlichtingsprogramma's

Jörg Prim

Een LED-verlichtingssysteem kan weliswaar met behulp van alleen voorschakelweerstand worden gerealiseerd, maar dan wordt het hoge energierendement van de LED's niet optimaal benut. Bovendien verwacht je bij een modern verlichtingssysteem toch ook wel een dimfunctie en een mogelijkheid voor afstandsbediening. Dat is allemaal mogelijk met dit microcontroller-bestuurd LED-bus-systeem.

De hier beschreven LED-bus voldoet aan de bovenstaande eisen, en biedt daarnaast de mogelijkheid om een bijna onbeperkt aantal LED's aan te sturen. Er kunnen maximaal tien verlichtingsprogramma's worden gedefinieerd die via een standaard afstandsbediening met een druk op de knop kunnen worden geactiveerd. Elk verlichtingsprogramma heeft een individuele instelling voor de lichtsterkte van de aangesloten LED's. Zo kan bijvoorbeeld een van de programma's de instelling voor helder leeslicht bevatten, en een ander de instelling voor een warme kleur licht om te ontspannen.

Opzet

Het systeem bestaat uit twee verschillende typen prints, één voor de centrale

besturingseenheid en één voor de power-modules (Fig. 1). Via de LED-bus kunnen meerdere power-modules op één centrale besturingseenheid worden aangesloten. Per power-module kunnen maximaal zes LED's van 1 W worden aangestuurd. De lichtsterkte van die zes LED's kan in 256 stappen worden geregeld.

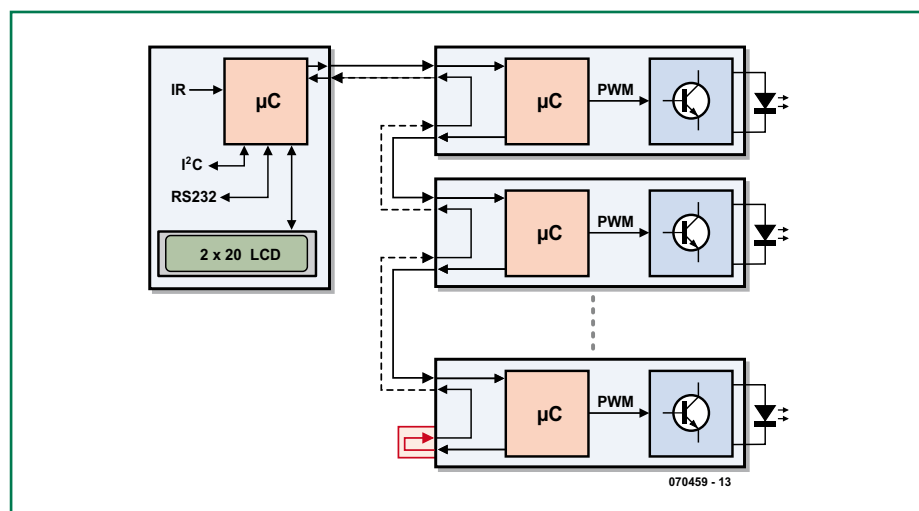
De LED-bus werkt als een schuifregister. Er hoeft dan ook geen adres te worden ingesteld. Naast de lichtsterkte kunnen door de centrale besturingseenheid ook andere instellingen worden gewijzigd. In **figuur 1** is als voorbeeld aangegeven hoe een centrale besturingseenheid met drie power-modules wordt verbonden. De centrale besturingseenheid heeft een uitgangs- en een ingangsschuifregister. Een power-module heeft alleen een

schuifregister in de 'heenweg'. De 'terugweg' wordt direct doorgeschakeld. Daarom is aan het einde van de keten een afsluitsteker nodig om het signaal terug te voeren. Aan een schuifregister moeten gewoonlijk drie signalen worden aangeboden: Klok, Data en Select. Bij de LED-bus worden al deze signalen via één leiding getransporteerd. De signalen worden door software gedecodeerd.

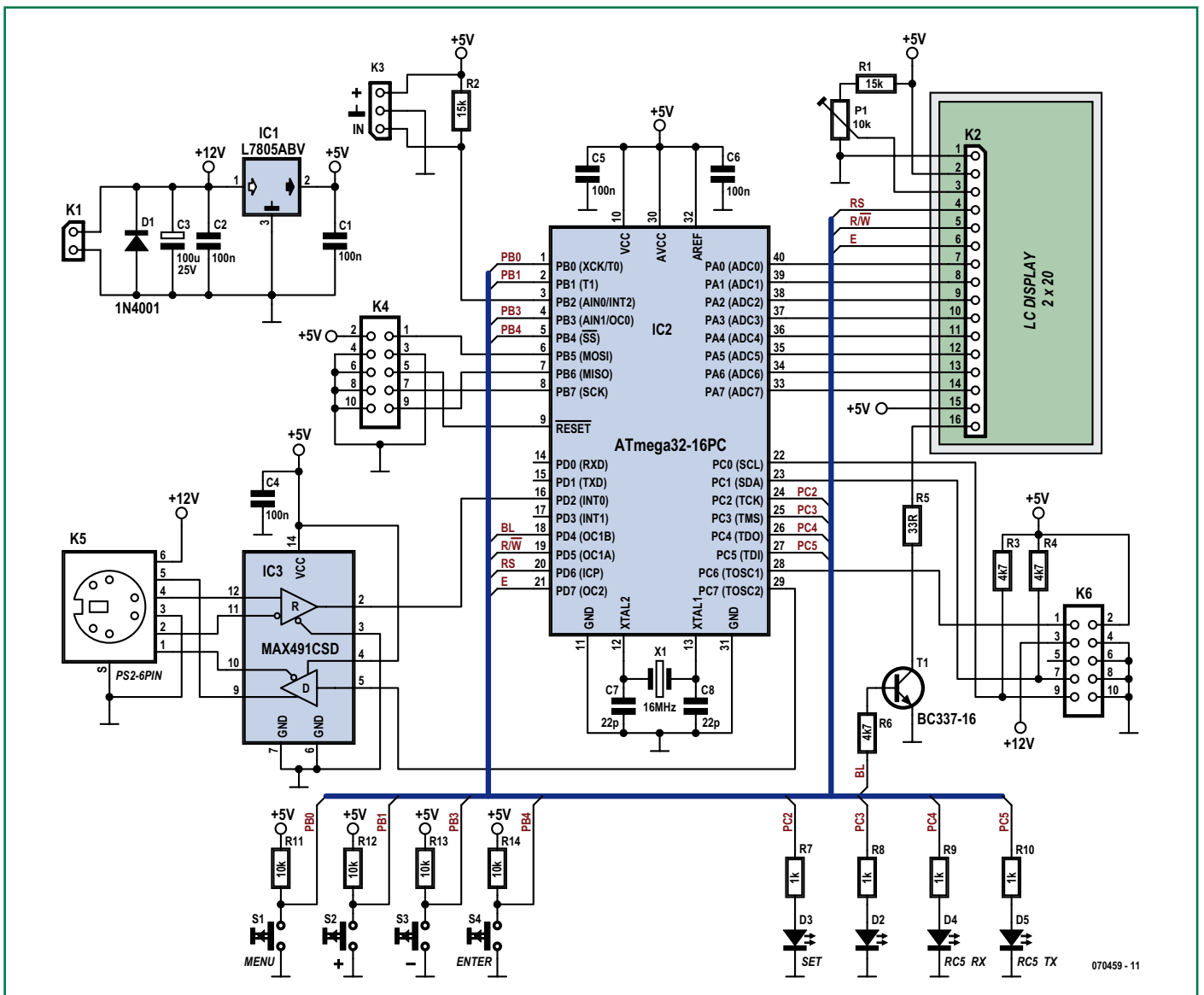
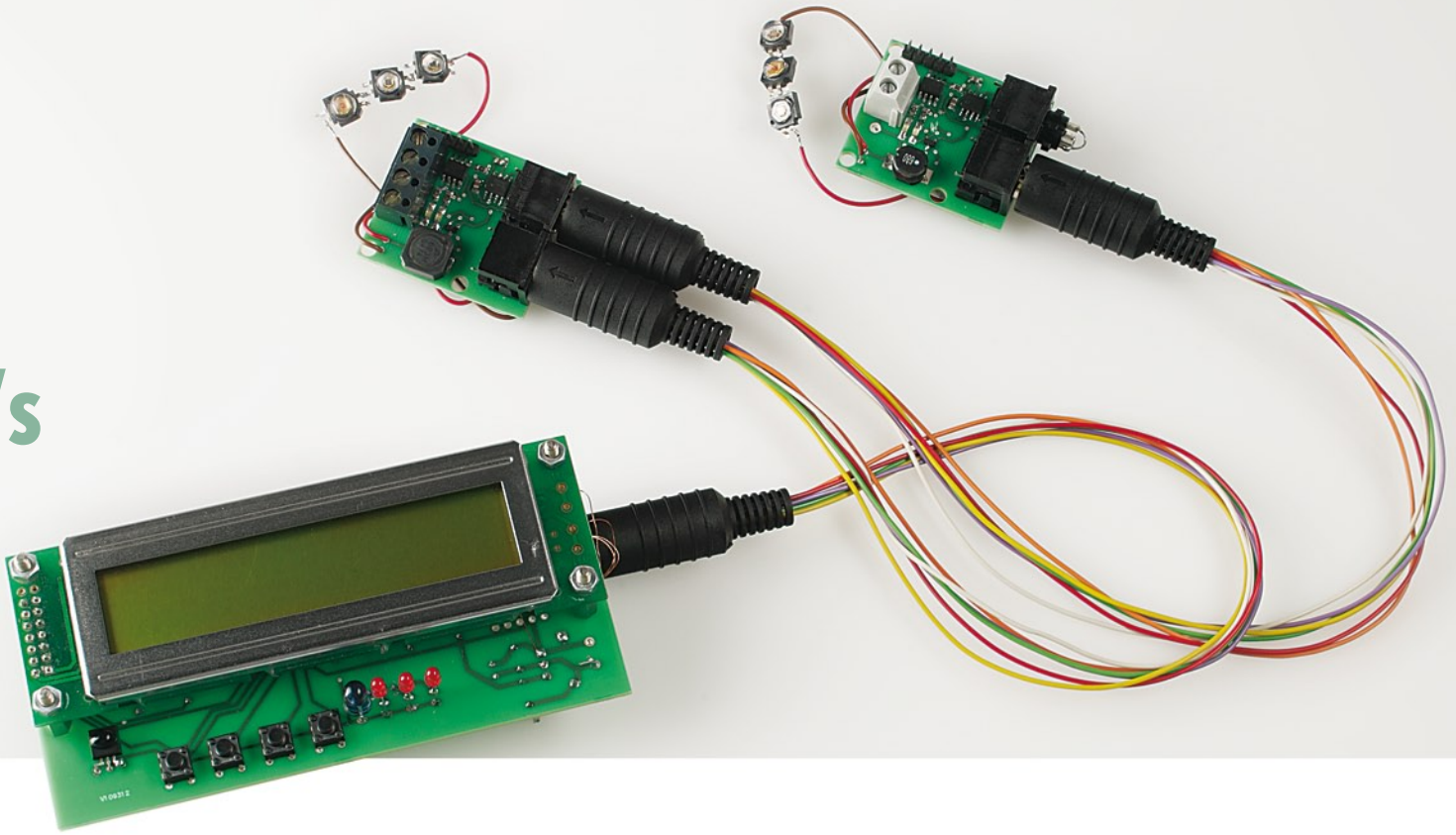
Onderaan figuur 1 is te zien hoe een informatiebyte is opgebouwd. Eerst komt het startbit met de halve bitlengte, gevolgd door een 0-sigitaal met dezelfde lengte. Daarna volgt met een hele bitlengte het commandobit en de bits 7...0. Met het commandobit wordt aangegeven of de bits 7...0 een commando (1) of data (0) bevatten. Een commando wordt direct aan de uitgang doorgegeven. Hierdoor ontvangen alle power-modules het commando vrijwel op hetzelfde moment. Bij data wordt de inhoud van het interne dataschuifregister doorgegeven. Daarbij wordt niet gewacht tot het register helemaal gevuld is, maar wordt de data na ontvangst van het startbit direct aan de uitgang doorgegeven. Dit beperkt de vertragingstijd per power-module tot slechts één bit. Uitgebreidere uitleg vindt u in het kader **Bitdetails**.

Schema's

Figuur 2 toont het schema van de centrale besturingseenheid. Statusinformatie en programmakeuze worden op een LCD van 20*2 karakters weergegeven. Alle functies kunnen via een menustructuur worden ingesteld. Ook



Figuur 1. Blokschema van de complete opzet. Hier zijn als voorbeeld een centrale besturingseenheid en drie power-modules aan elkaar gekoppeld.



Figuur 2. Schema van de centrale besturingseenheid. De kern van deze schakeling wordt gevormd door een ATMEGA32.

Bitdetails

Een commandobyte bestaat uit twee nibbles van 4 bits. Met het hoge (most significant) nibble worden de 16 commandogroepen geselecteerd:

- 0: Groep 0, zie hieronder
- 1: Register schrijven, lage nibble = adres
- 2: Register lezen, lage nibble = adres
- 3 .. F: niet geïmplementeerd

Commando's in groep 0 (Device = power-module)

- 0: Dataschuiregister wissen
- 1: Device Select: Als het dataregister = 0 wordt de power-module gedeselecteerd, anders wordt deze geselecteerd
- 2: Device Activate
- 3: Query Selection: Als de power-module is geselecteerd, wordt een '1' in het dataregister geschreven
- 4 .. E: niet geïmplementeerd
- F: Permanent Save

Een power-module heeft de status 'geselecteerd' of 'niet geselecteerd'. Als een power-module is geselecteerd, brandt de groene LED en neemt de module deel aan het dataverkeer. Als de power-module niet is geselecteerd, neemt deze geen deel aan het dataverkeer en is de ingang direct doorgeschakeld naar de uitgang. Een niet-geselecteerde power-module reageert alleen op commando's uit groep 0.

Met commando 02 (Device Activate) wordt een power-module altijd geactiveerd. Met het commando 01 (Device Select) wordt een power-module alleen geactiveerd als het dataschuiregister een waarde ongelijk aan nul bevat. Hiermee kan de centrale besturingseenheid individuele power-modules activeren en er gegevens mee uitwisselen, zonder dat de informatie de hele LED-bus moet worden doorgeschoven.

Met behulp van de commandogroepen 1 en 2 kunnen 16 registers worden gelezen en geschreven:

0:	Instelling lichtsterkte, na het schrijven wordt de lichtsterkte direct aangepast
1:	Omschakelsnelheid, 0 = snel, 1 = langzaam
2:	Instelling lichtsterkte, na het schrijven wordt de lichtsterkte aangepast met de snelheid die is opgeslagen in register 1.
3...12	Niet gebruikt
13:	0: 0= uit, FF= maximale helderheid, 1: geïnverteerd
14:	Minimale helderheid
15:	PWM-frequentie: 2: 500Hz, 1: 2 kHz, 0: 8 kHz

Om een power-module op maximum helderheid in te stellen moet eerst de waarde FF in het dataregister worden geschreven. Vervolgens kopieert commando 10 de waarde naar register 0 en de PIC zet de power-module op maximum lichtsterkte. Om de lichtsterkte langzaam terug te regelen naar de helft wordt eerst de waarde 80 in het dataregister geschreven. Vervolgens zorgt commando 12 er voor dat het PWM-signaal langzaam (afhankelijk van de waarde in register 1) terugregelt naar lichtsterkte 80.

De PIC kan worden gekalibreerd voor verschillende LED-regel-IC's. Als in register 13 een '0' staat, geldt: FF = max. lichtsterkte en 0 = uit. Omdat in deze schakeling het PWM-signaal door transistor T1 wordt geïnverteerd, moet in register 13 een '1' staan.

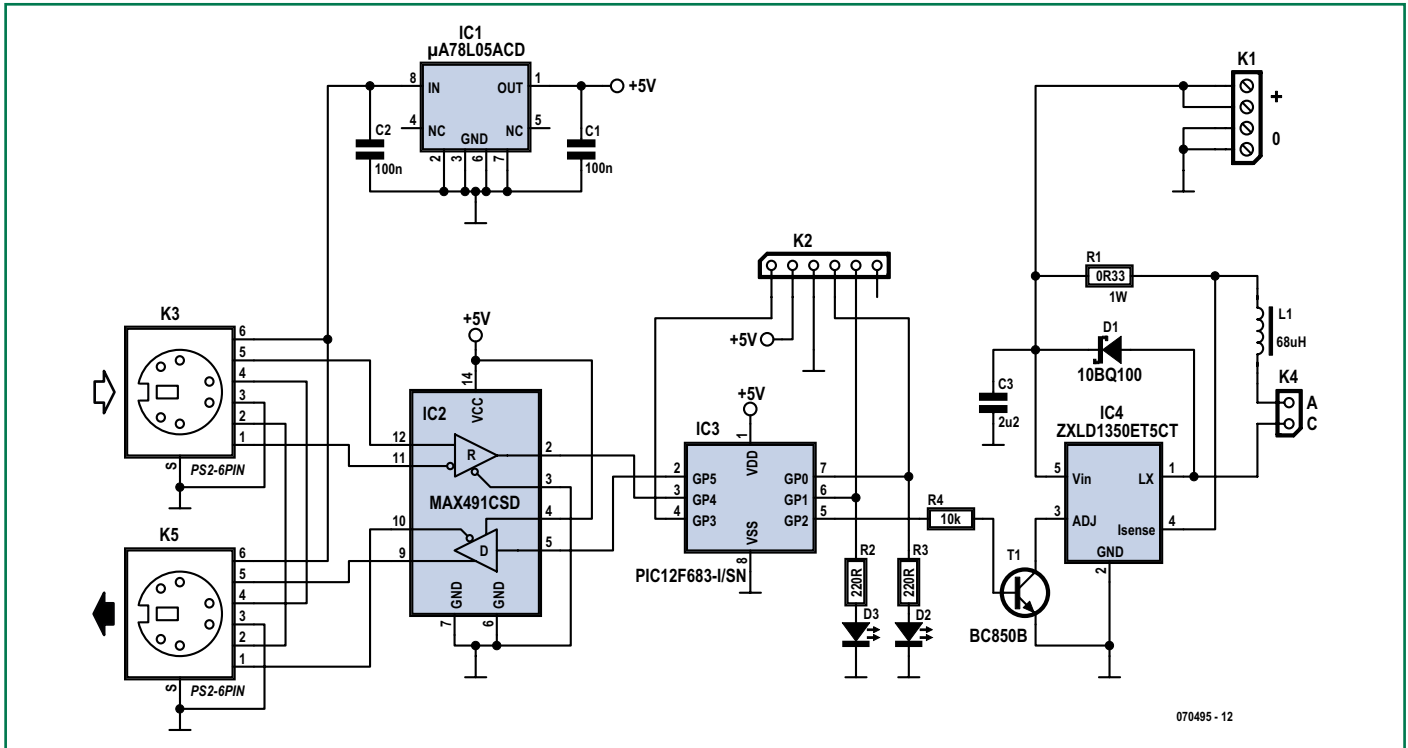
In register 14 wordt de minimale lichtsterkte opgeslagen. Afhankelijk van het type regel-IC gaat de LED pas aan bij een waarde van bijvoorbeeld 05, terwijl het de bedoeling is dat deze al bij een waarde 01 aan gaat. Daarom kan de waarde voor de minimale lichtsterkte in register 14 worden aangepast. Register 15 bevat de gewenste PWM-frequentie. De PIC kan worden ingesteld op 500 Hz, 2 kHz of 8 kHz. Wil men bijvoorbeeld voor het regel-IC een LT 1532 toepassen, dan wordt 500 Hz aanbevolen. Het voorgaande betekent niet dat er later allerlei bitwaarden moeten worden uitgerekend. Dit wordt door de eenvoudig te bedienen centrale besturingseenheid geregeld.

Om er voor te zorgen dat na het inschakelen niet alles opnieuw moet worden ingesteld, kunnen de instellingen met het commando 0F in de interne EEPROM van de PIC worden opgeslagen. Na een reset worden de instellingen door de PIC in de 16 registers geladen en wordt daarmee de power-module op de laatst gebruikte lichtsterkte ingesteld.

is er een I²C-connector voor toekomstige uitbreidingen. Een 230 V relaisprint wordt nog door de auteur ontwikkeld. Het hart van de centrale besturingseenheid wordt gevormd door een ATMEGA32 met daarop aangesloten een LCD-interface, een I²C-bus voor toekomstige uitbreidingen, 4 status-LED's, 4 druktoetsen, een IR-ontvanger-ingang en een programmeer-interface. De LCD-interface maakt gebruik van poort A voor data-overdracht en PD5, -6 en -7 voor respectievelijk de signalen R/W,

RS en E. Via PD4 en transistor T1 kan de ATMEGA de achtergrondverlichting van het display regelen. Met potmeter P1 wordt het contrast ingesteld. De I²C-connector is verbonden met de aansluitingen PC0 (SCL), PC1 (SDA) en PC6 van de ATMEGA. De overige pennen van de connector zijn verbonden met GND, +5 V en +12 V. Naast de +5 V voedingsspanning is ook de ongestabiliseerde +12 V op de connector beschikbaar voor de aansturing van 12-V-relais. PC6 is beschikbaar voor een

extra stuursignaal. Wie niet is geïnteresseerd in toekomstige I²C-uitbreidingen van de LED-bus kan de de componenten K6, R3 en R4 gewoon weglaten. In de huidige versie van de software is I²C niet geïmplementeerd. De status-LED's zijn aangesloten op PC2, -3, -4 en -5. D5 is een IR-LED voor het zenden van RC5-code om 'lerende' afstandsbedieningen mee te programmeren. Op PB0, -1, -3 en -4 zijn druktoetsen aangesloten. Deze toetsen hebben bij het normale gebruik van

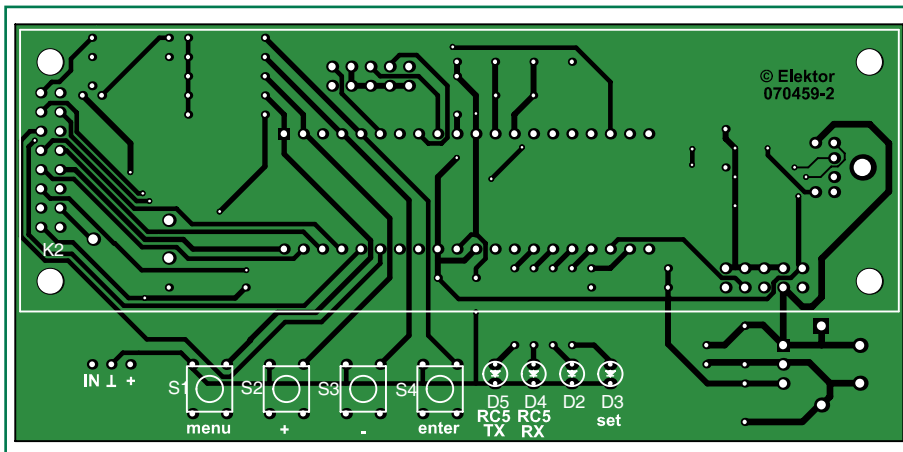


Figuur 3. Schema van een power-module. Hier zorgt een PIC 12F683 voor de verwerking van de ontvangen commando's.

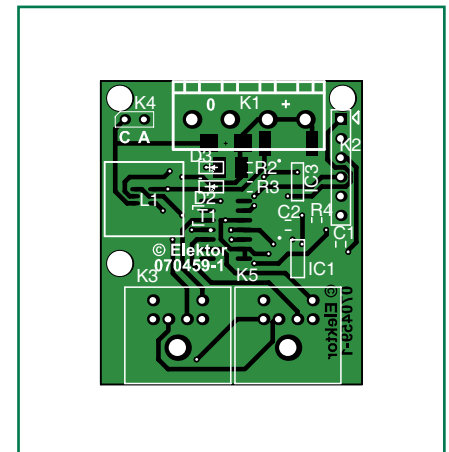
de LED-bus geen functie, maar zijn bedoeld voor het invoeren van basisinstellingen zoals taal en RC5-code. Besturing van alle andere functies gebeurt met de afstandsbediening. De LED-bus bestaat uit een MAX491 (IC3) die de signalen omzet naar symmetrische RS422, waarmee een hoge storingsongevoeligheid wordt bereikt. Via de LED-bus-connector is de ongestabiliseerde +12 V beschikbaar voor de voeding van de PIC's in de power-modules. De ontvanger voor de afstandsbediening is een TSOP1736 die met PB2 is verbonden. Dit IC zet de 36 kHz IR-signalen van een afstandsbediening om in impulsen. De TSOP1736

kan op de print worden gemonteerd, maar het is in veel gevallen handiger de IR-ontvanger naar buiten uit te voeren. In het prototype van de schakeling is PB2 via een stereo-stekkerbus uitgevoerd om het IR-'oog' via een kabel aan te sluiten. Hierdoor is het mogelijk de centrale besturingseenheid op een niet zichtbare plaats neer te zetten. Alleen het IR-oog moet dan zichtbaar zijn. Op een 2,5 mm klinkstekkerbus kan bijvoorbeeld een IR-ontvanger van een Hauppauge tv-kaart worden aangesloten. In het prototype is de IR-ontvanger parallel (met de voedingsspanning via een diode ontkoppeld) aan de centrale besturingseenheid en de Hauppauge-

kaart aangesloten en stuurt beide aan. Wie niet zo'n kaart bezit, kan met de TSOP1736 en een stukje krimpkous een eigen oplossing realiseren. De programmeerconnector is geschikt voor USBProg. In de power-module (figuur 3) wordt een ZXL1350 van Zetex gebruikt voor het aansturen van de LED's. Dit onderdeel (IC4) is een step-down converter met stroomregeling. Met R1 wordt de stroom door de LED's bepaald. Een waarde van 0,33 Ω betekent een stroom van 300 mA. Hierrmee kunnen bij een voedingsspanning van 24 V zes LED's van 1 W in serie worden aangestuurd. Door het hoge rendement van IC4 pro-



Figuur 4. De print voor de centrale besturingseenheid.



Figuur 5. Zo ziet de print voor de power-module er uit.

Onderdelenlijst power-module 070459-1

Weerstanden:

R1 = 0,33 Ω, 1 W (SMD 2515)
R2,R3 = 220 Ω (SMD 0805)
R4 = 10 k (SMD 0805)

Condensatoren:

C1,C2 = 100 n (SMD 0805)
C3 = 2μ2 (SMD 1210, diëlectricum X7R of X5R)

Halfgeleiders:

D1 = 10BQ100 Schottky
D2,D3 = SMD-LED (SMD 1206)
T1 = BC850
IC1 = μA78L05ACD
IC2 = MAX491CSD
IC3 = PIC12F683-I/SN (geprogrammeerd, EPS 070459-41)
IC4 = ZXLD1350ET5CT

Diversen:

L1 = SMD-spoel 68 μH 10x10, bijv. Ep-cos B82464G4683M
K1 = 4-polige printkroonsteen, steek 5 mm
K2 = 6-polige SIL-header
K3,K5 = 6-polige mini-DIN-bus voor printmontage
LED's, bijv. Luxeon 1-W-typen (zie tekst)
Print EPS 070459-1 (leverbaar via www.elektor.nl)

Onderdelenlijst centrale besturingseenheid 070459-2 (alleen IC3 SMD)

Weerstanden:

R1,R2 = 15 k
R3,R4,R6 = 4k7
R5 = 33 Ω
R7..R10 = 1 k
R11..R14 = 10 k
P1 = 10 k instel

Condensatoren:

C1,C2,C4...C6 = 100 n
C3 = 100 μ/25 V radiaal
C7,C8 = 22 p

Halfgeleiders:

D1 = 1N4001
D3,D4 = LED 3 mm, low-current (D2 niet bestukt)
D5 = LD271 IR-LED
T1 = BC337
IC1 = 7805
IC2 = ATmega32-16PC (geprogrammeerd, EPS 070459-42)
IC3 = MAX491CSD

Diversen:

S1...S4 = 6x6 mm druktoets
X1 = kristal 16 MHz
K4,K6 = 10-polige boxheader
K5 = 6-polige mini-DIN-bus voor printmontage
RC-5 ontvanger, bijv. SFH5110-36 (op K3)
LCD-module 2 x 20 karakters, bijv. Displaytech 202A (op K2)
Print EPS 070459-2 (leverbaar via www.elektor.nl)

Alle software en de print-layouts voor dit project zijn gratis te downloaden van www.elektor.nl

duceert deze nauwelijks warmte. Een PIC12F683 zorgt voor het verwerken van de besturingscommando's.

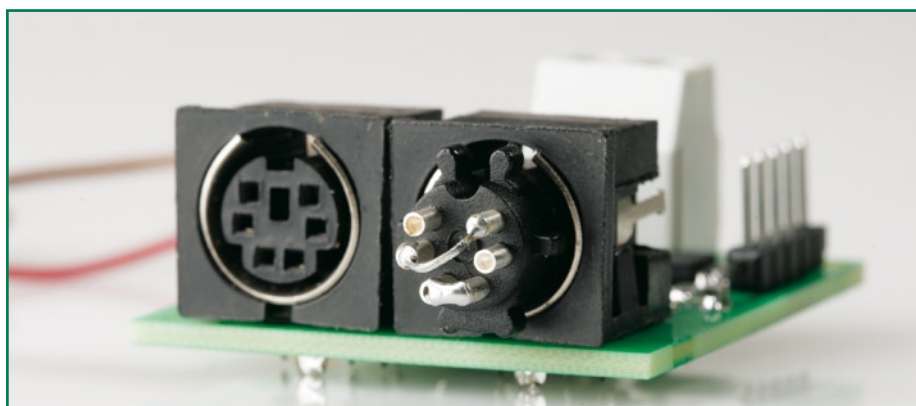
De power-module heeft een aparte voorziening voor de voedingsspanning. De PIC krijgt zijn voeding van de LED-bus-connector, via een 78L05 spanningsstabilisator.

Microcontroller IC3 levert een PWM-sig-naal waarmee de power-module via transistor T1 kan worden gedimd. Het PWM-sig-naal kan op 256 pulsbreedten (lees: lichtsterkteniveaus) worden ingesteld. De instelling van de lichtsterkte vindt plaats via de LED-bus (K3 en K5).

De software voor de centrale besturingseenheid is ontwikkeld met AVR Studio 4 en de (gratis) C/C++-compiler WinAVR. De interruptroutines zijn in assembler geschreven en de 'hogere' functies in C. De software voor de PIC is ontwikkeld met het bij Microchip gratis verkrijgbare MPLAB. Via connector K5 kan de PIC bijvoorbeeld

PICkit2 om de processor te kunnen programmeren. Pen 1 van de PICkit2 (driehoekige markering op de behuizing) komt aan de hoek van de print. Wie een geprogrammeerde controller bij Elektor bestelt, kan deze connector laten vervallen. Het verdient sowieso aanbeveling printkroonsteen K1 pas te plaatsen na het programmeren, anders past de programmeerinterface niet rechtstreeks op de connector. Van de power-modules worden zoveel exemplaren opgebouwd als men wil gaan gebruiken.

De centrale besturingseenheid bevat maar één SMD (IC3). Let op: De druktoetsen, LED's, LCD-connector en eventueel de IR-ontvanger moeten op de soldeerszijde worden gemonteerd! Na de montage kan de ATMEGA met USBProg of Ponyprog worden geprogrammeerd. Alle software kan gratis worden gedownload van de Elektor-website (EPS-nummer 070459-11), maar u kunt bij Elektor natuurlijk ook voorgeprogrammeerde exemplaren van beide controllers kopen (070459-



Figuur 6. Enkele opgebouwde printen in actie.

met een PICkit2 worden geprogrammeerd. De software initialiseert allereerst de interne hardware van de ATMEGA, en komt daarna in een lus. Interrupt-routines nemen vervolgens de aanvragen van de RS232-, infrarood- en LED-bus-interfaces aan. Zo'n interrupt-routine zet vervolgens een vlag en de hoofdlus zorgt voor afhandeling van de aanvraag.

Opbouw

In **figuur 4 en 5** zijn de printen afgebeeld voor respectievelijk de centrale besturingseenheid en de power-module. De power-module bevat voornamelijk SMD-onderdelen. Met name de LED-driver is behoorlijk klein, maar met een fijne soldeerbout en vooral een dosis geduld is dit goed te solderen. Header K2 is de aansluiting voor een

41 en -42, zie ook de onderdelenlijsten). Let er wel op dat u net zoveel geprogrammeerde PIC's nodig hebt als power-modules.

De power-modules worden via 6-polige mini-DIN-stekers met elkaar verbonden. De eerste kabel gaat van de centrale naar K3 van de eerste module. Vanaf K5 vertrekt dan de verbinding naar K3 van de volgende module, etc. Bij de laatste module wordt K5 afgesloten met een stekker zoals afgebeeld in **figuur 7**.

Voor de bediening en programmering van het systeem heeft de auteur een aparte handleiding gemaakt die vanwege de lengte niet hier is afgedrukt, maar gratis kan worden gedownload van de Elektor-website (kijk bij de extra info bij 'LED-bus-systeem', februari 2008).

(070459)